

Suvestinė redakcija nuo 2009-11-04

Įsakymas paskelbtas: Žin. 2005, Nr. [17-550](#), i. k. 105301MISAK000D1-44

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTRO

Į S A K Y M A S

**DĖL STATYBOS TECHNINIO REGLAMENTO STR 2.05.05:2005 „BETONINIŲ IR
GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMAS“ PATVIRTINIMO**

2005 m. sausio 26 d. Nr. D1-44

Vilnius

Vadovaudamasis Lietuvos Respublikos statybos įstatymo (Žin., 1996, Nr. [32-788](#); 2001, Nr. [101-3597](#); 2004, Nr. [73-2545](#)) 8 straipsnio 5 dalimi ir Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002 m. vasario 26 d. nutarimo Nr. 280 „Dėl Lietuvos Respublikos statybos įstatymo įgyvendinimo“ (Žin., 2002, Nr. [22-819](#); 2004, Nr. [30-983](#), Nr. [103-3787](#)) 1.2 punktu,

1. T v i r t i n u statybos techninį reglamentą STR 2.05.05:2005 „Betonių ir gelžbetonių konstrukcijų projektavimas“ (pridedama).

2. N u s t a t a u, kad 1 punkte nurodyto statybos techninio reglamento nuostatos privalomos projektuojant statinius, kuriems prašymai dėl statinio projektavimo sąlygų sąvado išdavimo pateikti po šio įsakymo įsigaliojimo.

APLINKOS MINISTRAS

ARŪNAS KUNDROTAS

PATVIRTINTA

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro

2005 m. sausio 26 d. įsakymu Nr. D1-44

STATYBOS TECHINIS REGLAMENTAS

STR 2.05.05:2005

BETONINIŲ IR GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMAS

I SKYRIUS. BENDROSIOS NUOSTATOS

1. Šis statybos techninis reglamentas (toliau – Reglamentas) nustato privalomuosius techninius statinių iš betono, gelžbetonio ir iš anksto įtemptojo gelžbetonio konstrukcijų, pagamintų iš sunkiojo, lengvojo ir smulkiagrūdžio betono, kurio tankis ne mažesnis kaip 2000 ir ne didesnis kaip 2800 kg/m³, ir naudojamų esant ne aukštesnei kaip +50 °C ir ne žemesnei kaip – 40 °C temperatūrai, projektavimo reikalavimus.

2. Reglamento reikalavimai gali būti taikomi ir hidrotechniniams statiniams, tiltams, viadukams, transporto tuneliams ir vamzdžiams, slėginių talpyklų betoninėms ir gelžbetoninėms konstrukcijoms projektuoti, atsižvelgiant į specifinius poveikius, reikalavimus statybos produktams ir konstrukcijų naudojimo sąlygas.

3. Reglamento reikalavimai netaikomi armocementinių ir silikatbetoninių konstrukcijų, taip pat pagamintų iš betono su necementine rišamąja medžiaga arba su specialiaisiais ir organiniais užpildais, stambiaporės struktūros ir dispersinio armuotojo betono konstrukcijų projektavimui.

4. Pagal šį Reglamentą projektuojamos konstrukcijos turi atitikti patikimumo, tinkamumo naudoti, ilgaikiškumo, technologiško ir ekonomiško reikalavimus.

5. Patikimumo reikalavimams įvykdyti konstrukcija turi būti suprojektuota ir pastatyta taip, kad esant nustatytai tikimybei ji atlaikytų visas apkrovas ir poveikius, kurie gali pasireikšti statant ir naudojant konstrukciją.

6. Tinkamumo naudoti reikalavimams garantuoti reikia nustatyti tokius pradinis konstrukcijos kokybės rodiklius, kad užtikrinant patikimumą, esant pačiam pavojingiausiam poveikių deriniui, neatsivertų neleistino dydžio plyšių, neatsirastų įlinkių, vibracijų ir kitų reiškinių, sutrikdančių normalų statinio naudojimą, neigiamai veikiančių žmonių sveikatą, aplinką, statinio estetiškumą, technologinį procesą ir kita.

7. Konstrukcijos ilgaikiškumo reikalavimams užtikrinti reikia numatyti tokius pradinis jos kokybės rodiklius, kad visą nustatytą eksploataavimo laiką, esant pačioms pavojingiausiomis sąlygoms, ji atitiktų saugumo, patikimumo ir tinkamumo naudoti reikalavimus. Kad šie reikalavimai būtų įvykdyti, reikia parinkti tinkamus statybos produktus (betoną, armatūrą), atlikti skaičiavimus, nurodant (jei tai reikia konkrečiam projektui) gamybos, statybos ir eksploataavimo kontrolės procedūras. Konstrukcija turi būti suprojektuota taip, kad visą naudojimo laiką ji atitiktų savo paskirties reikalavimus, įvertinant naudojimo ir tinkamumo remontuoti sąlygas.

8. Šis Reglamentas yra pagrįstas teisės aktų [9.4], [9.5] privalomaisiais reikalavimais, Tarybos direktyvos 89/106/EEC esminiu reikalavimu Nr. 1 „Mechaninis atsparumas ir patvarumas“ bei reikalavimu Nr. 2 „Gaisrinė sauga“.

II SKYRIUS. NUORODOS

9. Reglamente pateikiamos nuorodos į šiuos dokumentus:

9.1. LST ISO 8930:2004 „Bendrieji konstrukcijų patikimumo principai. Terminai“;

9.2. LST ISO 3898:2002 „Konstrukcijų projektavimo pagrindai. Žymėjimo sistema. Bendrieji žymenys“;

9.3. LST EN 206-1:2002 „Betonas. 1 dalis. Techniniai reikalavimai, savybės, gamyba ir atitiktis“;

9.4. STR 2.05.03:2003 „Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai“ (Žin., 2003, Nr. [59-2682](#));

9.5. STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ (Žin., 2003, Nr. [59-2683](#));

9.6. RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“;

9.7. LST ISO 1000:1997/A1:2002 „SI vienetai ir jų kartotinių bei tam tikrų kitų vienetų vartojimo rekomendacijos“;

9.8. LST EN 196-2:1996 „Cementas. Bandymo metodai. 2 dalis. Cheminė analizė“;

9.9. LST ISO 4316:1997 „Aktyviosios paviršiaus medžiagos. Vandeninių tirpalų pH nustatymas. Potenciometrinis metodas“;

9.10. LST ISO 7150-1:1998 „Vandens kokybė. Amonio kiekio nustatymas. 1 dalis. Rankinis spektrometrinis metodas“;

9.11. LST ISO 7150-2:1998 „Vandens kokybė. Amonio kiekio nustatymas. 2 dalis. Automatizuotas spektrometrinis metodas“;

9.12. LST EN ISO 7980:2000 „Vandens kokybė. Kalcio ir magnio nustatymas. Spektrometrinis atominės absorbcijos metodas“;

9.13. LST EN ISO 15630-1:2003 „Armatūrinis plienas betonui sutvirtinti ir įtempti. Bandymo metodai. 1 dalis. Suvirintieji strypai, vielos ruošiniai ir viela“;

9.14. LST EN ISO 17660-1:2006 „Suvirinimas. Armatūrinio plieno suvirinimas. 1 dalis. Apkraunamosios suvirintosios jungtys;

Papildyta punktu:

Nr. [D1-622](#), 2009-10-23, Žin., 2009, Nr. 131-5712 (2009-11-03), i. k. 109301MISAK00D1-622

9.15. LST EN ISO 17660-2:2006 „Suvirinimas. Armatūrinio plieno suvirinimas. 2 dalis. Neapkraunamosios suvirintosios jungtys.

Papildyta punktu:

Nr. [D1-622](#), 2009-10-23, Žin., 2009, Nr. 131-5712 (2009-11-03), i. k. 109301MISAK00D1-622

III SKYRIUS. PAGRINDINĖS SĄVOKOS

10. Reglamente vartojamos Lietuvos standartuose [9.1], [9.2] nurodytos sąvokos. Kitos sąvokos ir jų apibrėžimai pateikiami atskiruose Reglamento skyriuose.

11. Reglamente vartojami SI vienetai pagal Lietuvos standartą [9.7]. Skaičiavimams vartojami tokie vienetai:

11.1. jėgos ir apkrovos – kN, kN/m, kN/m²;

11.2. masės tankis – kg/m³;

11.3. įtempiai ir stipriai – kN/mm² (MN/m² arba MPa);

11.4. momentai (lenkimo, sukimo) – kN·m.

IV SKYRIUS. ŽYMENYS IR SUTRUMPINIMAI

12. Reglamente vartojamos lotyniškos didžiosios raidės:

A – plotas, ypatingasis poveikis;

B – lenkiamojo gelžbetoninio elemento standis;

C – betono klasė, konstanta, nustatytoji reikšmė;

D – betono tankio klasė;

E – tamprumo modulis, poveikio efektas;

F – poveikis, jėga bendruoju atveju, atsparumo šalčiui markė;

G – šlyties modulis, nuolatinis (pastovusis) poveikis;

H – jėgos horizontalioji komponentė;

I – skerspjūvio ploto inercijos momentas;

M – momentas (bendruoju atveju), lenkimo momentas;

N – normalinė (ašinė) jėga;
 P – išankstinio įtempimo (apspaudimo) jėga;
 Q – kintamasis poveikis;
 R – atsparumas, atstojamoji jėga, reakcijos jėga;
 S – skerspjuvio ploto statinis momentas, vidinė jėga;
 T – sukimo momentas, temperatūra, laiko periodas;
 V – kerpamoji (skersinė) jėga, tūris;
 W – pjūvio atsparumo momentas, vėjo poveikis;
 X – medžiagos savybės rodiklio reikšmė.

13. Reglamente vartojamos lotyniškos mažosios raidės:

a – matmuo;
 b – plotis;
 c – apsauginio sluoksnio storis;
 d – įlinkis, gylis, skerspjuvio naudingasis aukštis;
 e – ekscentricitetas;
 f – stipris (medžiagos);
 g – išskirstytoji pastovioji apkrova;
 h – aukštis, storis;
 i – ploto inercijos momento spindulys;
 k – koeficientas;
 l – tarpatramis, elemento ilgis;
 m – masė, lenkimo momentas ilgio arba pločio vienetui;
 n – ašinė (normalinė) jėga ilgio vienetui; kokių nors elementų skaičius;
 q – išskirstytoji kintamoji apkrova;
 r – spindulys;
 s – išskirstytoji sniego apkrova;
 t – plonasienių elementų storis; sukimo momentas ilgio vienetui, laikas;
 u – perimetras;
 v – kerpamoji jėga ilgio arba pločio vienetui;
 w – išskirstytoji vėjo apkrova, plyšio plotis;
 x – gniuždomosios zonos aukštis;
 x, y, z – koordinatės;
 z – jėgų poros petys.

14. Reglamente vartojamos graikiškos mažosios raidės:

α – kampas, santykis;
 β – kampas, santykis, daugiklis (koeficientas), patikimumo indeksas;
 γ – dalinis (patikimumo) koeficientas, šlyties deformacija, vienetinis svoris;
 ε – deformacija (santykinė);
 λ – liaunis, santykis, daugiklis;
 μ – trinties koeficientas;
 ν – Puasono santykis, skersinės deformacijos koeficientas;
 π – apskritimo ilgio ir skersmens santykis ($\pi = 3,14159\dots$);
 ρ – vienetinio tūrio masė (masės tankis), armavimo koeficientas, kreivis;
 σ – normaliniai (statmenieji) įtempiai;
 τ – šlyties (tangentiniai) įtempiai;
 φ – valkšnumo koeficientas, klupumo koeficientas, kampas.

15. Reglamente vartojami indeksai:

a (ac) – ypatingieji poveikiai;
abs – absoliutūs;
 c – betonas, gniuždymas bendruoju atveju;
cr – pleišėjimas, plyšiai;
crit – kritinis;

d – skaičiuotinis;
 eff – efektyvusis, ekvivalentinis;
 ext – išorinis;
 el – tamprusis;
 int – vidinis;
 k – rodiklis (pvz., jėgos F charakteristinė reikšmė – F_k);
 l – žemesnioji reikšmė;
 m – medžiaga, vidutinė reikšmė, lenkimas;
 max, min – maksimumas, minimumas (didžiausias, mažiausias);
 nom – nominalusis;
 p – įtemptoji armatūra;
 pl – plastiškasis;
 s – armatūrinis plienas;
 sh – susitraukimas;
 sup – viršutinė (aukštesnioji) reikšmė;
 $t (tem)$ – tempimas bendruoju atveju;
 tor – sukimas;
 $u (ul)$ – ribinė reikšmė;
 v – vertikalusis;
 y – takumas.

16. Reglamente vartojamos lotyniškos raidės su indeksais:

16.1. lotyniškos didžiosios raidės su indeksais:

A_c – suminis betono dalies plotas;
 A_{cc} – betono gniuždomosios zonos plotas;
 $A_{c,eff}$ – skerspjūvio efektyvusis (ekvivalentinis) plotas;
 $A_{c,0}$ – gniuždomasis plotas;
 A_{c1} – pasiskirstymo plotas, skaičiuojant glemžimui;
 A_{core} – skerspjūvio plotas skersinio (žiedinio) armavimo ribose;
 A_{crit} – kritinis plotas, esantis kritinio skerspjūvio ribose;
 A_{ct} – tempiamosios betono zonos plotas;
 A_d – ypatingojo poveikio skaičiuojamoji reikšmė;
 A_{load} – paviršiaus, kuriame pridėta koncentruota jėga, plotas;
 A_p – įtemptosios armatūros skerspjūvio plotas;
 A_{p1} – įtemptosios armatūros tempiamojoje arba mažiau gniuždomoje skerspjūvio zonoje plotas;
 A_{p2} – įtemptosios armatūros gniuždomojoje zonoje (nuo jėgų poveikio) skerspjūvio plotas;
 A_s – neįtemptosios armatūros skerspjūvio plotas;
 A_{s1} – tempiamosios arba mažiau gniuždomos neįtemptosios armatūros skerspjūvio plotas;
 A_{s2} – gniuždomosios arba mažiau tempiamos neįtemptosios armatūros skerspjūvio plotas;
 A_{sf} – armatūros tęjinio skerspjūvio lentynoje plotas;
 $A_{s,tot}$ – suminis išilginės armatūros skerspjūvio plotas;
 A_{sw} – skersinės armatūros skerspjūvio plotas;
 $E_{c,eff}$ – naudingasis betono tamprumo modulis (liestinis, kai $\sigma_c = 0$);
 E_{cm} – betono tamprumo modulis (kirstinis);
 E_s – armatūros tamprumo modulis;
 F_c – įrašų betono gniuždomojoje zonoje atstojamoji;
 F_s – įrašų armatūroje atstojamoji;
 I_c – betono skerspjūvio inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu;
 I_s – armatūros skerspjūvio ploto inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu;
 M_{cr} – plyšių atsiradimo momentas;
 M_{Rd} – skerspjūvio lenkiamasis stipris;
 M_{Ed} – skaičiuotinis lenkimo momentas nuo išorinių apkrovų poveikio;
 $M_{Ed,x}$ – skaičiuotinis lenkimo momentas nuo išorinių apkrovų x ašies atžvilgiu;

$M_{Ed,y}$ – skaičiuotinis lenkimo momentas nuo išorinių apkrovų y ašies atžvilgiu;
 N_{cr} – ašinė jėga, sukelianti plyšių atsiradimą;
 N_{crit} – sąlyginė išilginė kritinė jėga;
 N_{Rd} – skerspjūvio stiprumas veikiant išilginei jėgai;
 N_{Ed} – skaičiuotinė išilginė išorinių apkrovų poveikio jėga;
 $N_{Ed,lt}$ – skaičiuotinė išilginė pastoviosios apkrovos jėga;
 P_d – skaičiuojamoji išankstinio įtempimo jėgos reikšmė;
 $P_{k,inf}$ – išankstinio įtempimo jėgos naudojimo stadijoje apatinė riba;
 $P_{k,sup}$ – išankstinio įtempimo jėgos naudojimo stadijoje viršutinė riba;
 $P_{m,0}$ – išankstinio įtempimo jėgos $t = t_0$ laiku vidutinė reikšmė;
 $P_{m,t}$ – išankstinio įtempimo jėgos $t > t_0$ laiku vidutinė reikšmė;
 $P_{m,\infty}$ – išankstinio įtempimo jėgos vidutinė reikšmė, įvertinus visus įtempių nuostolius;
 P_0 – pradinio įtempimo jėgos reikšmė (be įtempių nuostolių įvertinimo);
 ΔP_{ir} – išankstinio įtempimo jėgos nuostoliai, atsiradę dėl įtempių armatūroje relaksacijos;
 ΔP_{sl} – išankstinio įtempimo jėgos nuostoliai, atsiradę dėl įtemptosios armatūros praslydimo ankeriuose;
 ΔP_A – išankstinio įtempimo jėgos nuostoliai, atsiradę dėl inkarų deformacijų;
 $\Delta P_t(t)$ – išankstinio įtempimo t laiku jėgos nuostoliai, atsiradę dėl betono susitraukimo, valkšnumo ir įtempių armatūroje relaksacijos;
 $\Delta P_{\Delta T}$ – išankstinio įtempimo jėgos nuostoliai, atsiradę dėl temperatūrų skirtumo;
 $\Delta P_{\mu(x)}$ – išankstinio įtempimo jėgos nuostoliai, atsiradę dėl armatūros elementų trinties į konstrukcijos (kanalų) sienelės;
 S_c – betono gniuždomosios zonos statinis momentas tempiamosios armatūros centro atžvilgiu;
 S_{cN} – betono gniuždomosios zonos statinis momentas išilginės N_{Ed} jėgos, esančios su e_{0d} ekscentricitetu, atžvilgiu;
 T_d – išilginės armatūros skaičiuotinė jėga tikrinant įstrižojo pjūvio stiprumą;
 T_{Rd1} – ribinis sukimo momentas, kurį atlaiko betonas;
 T_{Rd2} – ribinis sukimo momentas, kurį atlaiko armatūra;
 T_{Ed} – skaičiuotinis sukimo momentas nuo apkrovų poveikio;
 $V_{Rd,c}$ – skersinės jėgos dalis, kurią atlaiko betonas skersinio armavimo elemente;
 $V_{Rd,ct}$ – skaičiuotinė skersinė jėga, kurią atlaiko elementas be skersinės armatūros;
 $V_{Rd,max}$ – skaičiuotinė skersinė jėga, kurią atlaiko gniuždomieji spyriai, apskaičiuojant įstrižąjį pjūvį;
 $V_{Rd,sy}$ – skersinės jėgos dalis, kurią atlaiko armatūra skersinio armavimo elemente;
 V_{Ed} – skaičiuotinė skersinė jėga nuo apkrovų poveikio;
 W_c – betoninio skerspjūvio atsparumo momentas, apskaičiuotas kaip tampriajai medžiagai.

16.2. lotyniškos mažosios raidės su indeksais:

d_{lim} – ribinis įlinkis;
 a_p – armatūros strypo praslydimas inkare;
 b'_{eff} – tėjinio skerspjūvio lentynos efektyvusis plotis;
 b_w – tėjinio skerspjūvio sienelės plotis;
 d_g – didžiausias užpildų stambumas;
 e_a – atsitiktinis ekscentricitetas;
 e_e – skaičiuotinis ekscentricitetas;
 e_0 – pradinis išilginės jėgos ekscentricitetas;
 f_c – betono gniuždomasis stipris;
 f_{cd} – skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris;
 f_{ck} – charakteristinis betono gniuždomasis stipris;
 f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris;
 f_{ctk} – charakteristinis betono tempiamasis stipris;
 f_{pd} – skaičiuotinis įtemptosios armatūros stipris;

f_{pk} – charakteristinis įtemptosios armatūros stipris;
 f_{yd} – skaičiuotinis armatūros (ne įtemptosios) stipris;
 f_{scd} – skaičiuotinis armatūros (ne įtemptosios) gniuždomasis stipris;
 $f_{yk}(f_{0,2k})$ – charakteristinis armatūros stipris;
 f_{ywd} – skaičiuotinis skersinės armatūros stipris;
 h_f' – tėjinio skerspjūvio lentynos storis;
 k_f – koeficientas, įvertinantis betono šoninio apspaudimo nevienodumą, apskaičiuojant glemžimui;
 k_u – šoninio betono apspaudimo efektyvumo koeficientas, apskaičiuojant glemžimui;
 l_b – bazinis armatūros inkaravimo ilgis;
 l_{bd} – skaičiuotinis armatūros inkaravimo ilgis;
 l_{eff} – skaičiuotinis tarptraimis;
 l_n – atstumas tarp atramų (šviesoje);
 l_0 – skaičiuotinis kolonos (statramsčio) aukštis;
 n_w – skersinių strypų skaičius skerspjūvyje;
 s_w – atstumas tarp skersinės armatūros strypų;
 s_e – atstumas tarp armatūros strypų (šviesoje);
 s_n – atstumas tarp skersinio armavimo strypynų (tinklų) gniuždomojoje zonoje, arba spiralės žingsnis;
 s_m – vidutinis atstumas tarp plyšių;
 v_{Ed} – skaičiuotinė skersinė jėga ilgio vienetui;
 w_k – plyšio atsivėrimo plotis;
 w_{lim} – ribinis (leistinasis) plyšio plotis;
 $x_{eff,lim}$ – sąlyginės gniuždomosios zonos aukščio ribinė reikšmė;
 z_{cp} – atstumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos iki betoninio skerspjūvio centro.

17. Reglamente vartojamos graikiškos mažosios raidės su indeksais:
 α_e – plieno E_s tamprumo modulio santykis su betono E_{cm} tamprumo moduliui;
 α_t – temperatūrinio ilgėjimo koeficientas;
 γ_c – betono dalinis patikimumo koeficientas;
 γ_s – armatūros dalinis patikimumo koeficientas;
 γ_F – apkrovos dalinis patikimumo koeficientas;
 γ_p – išankstinio įtempimo jėgos dalinis patikimumo koeficientas;
 ε_c – betono santykinė deformacija;
 $\varepsilon_{c,shr,u}$ – betono susitraukimo ribinė reikšmė;
 ε_s – armatūros santykinė deformacija;
 ε_{sm} – elemento su plyšiais armatūros santykinė deformacija;
 ε_{su} – armatūros santykinės deformacijos ribinė reikšmė;
 ε_{yd} – armatūros santykinė deformacija, atitinkanti takumo ribą;
 ρ_l – išilginio armavimo koeficientas;
 ρ_p – išilginio armavimo įtemptąja armatūra koeficientas;
 ρ_w – skersinio armavimo koeficientas;
 σ_c – normaliniai betono gniuždymo įtempiai;
 σ_{cg} – betono įtempiai ties įtemptosios armatūros masės centru nuo savojo konstrukcijos svorio;
 σ_{cN} – betono įtempiai nuo išorinės išilginės įrašos (jėgos);
 σ_{cp} – betono įtempiai nuo apspaudimo iš anksto įtemptąja armatūra;
 $\sigma_{cp,0}$ – pradiniai betono įtempiai ties įtemptosios armatūros masės centru nuo apspaudimo šia armatūra;
 σ_{cR} – leidžiamieji betono įtempiai, veikiant daugkartinę apkrovą;
 σ_{ctm} – vidutiniai betono tempimo įtempiai;
 $\sigma_{0,max}$ – didžiausi išankstiniai įtemptosios armatūros įtempiai;

σ_p – išankstiniai įtemptosios armatūros įtempiai;
 σ_{p1} – tempiamosios zonos armatūros išankstiniai įtempiai;
 σ_{p2} – gniuždomosios zonos armatūros išankstiniai įtempiai;
 σ_{pmo} – iš anksto įtemptosios armatūros pradiniai įtempiai, perdavus tempimą į betoną;
 $\Delta\sigma_{pc+s+r}$ – išankstinio armatūros įtempimo nuostoliai dėl betono susitraukimo, valkšnumo ir įtempių relaksacijos laiku $t > t_0$;
 σ_{pr} – armatūros įtempimo nuostoliai dėl įtempių relaksacijos;
 σ_s – armatūros įtempiai;
 $\sigma_{s,max}$ – didžiausi armatūros įtempiai nuo daugkartinių apkrovų;
 $\sigma_{c,max}$ – didžiausi betono įtempiai nuo daugkartinių apkrovų;
 $\Delta\sigma_{sR}$ – armatūros įtempių kitimo leistinoji sritis, veikiant daugkartinę apkrovą;
 τ_{Rd} – skaičiuotinis betono kerpamasis stipris;
 $\phi(t, t_0)$ – betono valkšnumo koeficientas laiku nuo t_0 iki t ;
 $\phi(\infty, t_0)$ – ribinė betono valkšnumo koeficiento reikšmė;
 ω_t – koeficientas, įvertinantis betono glemžiamojo stiprio padidėjimą;
 $\omega_{u,max}$ – didžiausioji koeficiento, įvertinančio betono glemžiamojo stiprio padidėjimą, reikšmė.

V SKYRIUS. PAGRINDINIAI BETONINIŲ IR GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMO REIKALAVIMAI

18. Projektuojant betonines ir gelžbetonines konstrukcijas, naudojamos skaičiuojamosios poveikių, betono ir armatūros reikšmės, atsižvelgiant į jų charakteristines reikšmes, dalinius patikimumo koeficientus ir statinio patikimumo klasę. Charakteristinės poveikių ir jų dalinių patikimumo koeficientų reikšmės yra pateiktos [9.5]. Skaičiuojant saugos ribiniam būviui, poveikių deriniai imami pagal [9.5] 79–85 punktų nurodymus. Pagrindinis poveikių derinys yra (6.4) [9.5]. Tinkamumo ribiniam būviui poveikių deriniai yra 6.8a–6.10b [9.5], atsižvelgiant į skaičiavimo tikslą. Poveikiai ir apkrovos gali būti pasiūlyti ir užsakovo arba priimti projektuotojui pasikonsultavus su juo, jeigu išlaikomi mažiausieji reglamentuojami poveikių ir apkrovų dydžiai.

19. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų skaičiavimas, nustatius atitinkamą patikimumo lygį, gali būti atliekamas tikimybinio metodu, jeigu yra pakankamai duomenų apie pagrindinių veiksmų, įeinančių į skaičiavimą, sklaidą.

20. Atliekant betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų skaičiavimą, reikia įvertinti skaičiuojamąsias situacijas, kurios charakterizuojamos konstrukcijos skaičiuotine schema, poveikių deriniu, aplinkos sąlygomis, konstrukcijos gyvavimo stadija ir kita. Turi būti nagrinėjamos šios skaičiuojamosios situacijos:

- 20.1. nuolatinė (pastovioji), kurios trukmė lygi statinio naudojimo trukmei;
- 20.2. laikinoji (trumpalaikė), trunkanti nedidelį laiko tarpą;
- 20.3. ypatingoji, galinti susidaryti dėl netikėtų įvykių (sprogimai, smūgiai, gaisras, tam tikrų elementų avarija ir pan.).

21. Betoninės ir gelžbetoninės konstrukcijos skaičiuojamos ribinių būvių metodu. Ribiniai būviai yra tokie konstrukcijos būviai, kuriuos viršijus konstrukcija neatitinka projektinių savybių reikalavimų. Jie skirstomi į saugos ir tinkamumo ribinius būvius. Skaičiavimais reikia garantuoti, kad su nurodytu patikimumu konstrukcija nepasiektų ribinio būvio. Daugiau žr. STR 2.05.04:2003 [9.5].

Skaičiavimai saugos ribinių būvių reikalavimams užtikrinti apima stiprumo, nuovargio (veikiant daugkartinėms apkrovoms), formos ir padėties pastovumo apskaičiavimą.

Stiprumo užtikrinimo ir nuovargio apskaičiavimas atliekamas pagal sąlygą, kad įrašos, įtempiai ir deformacijos konstrukcijoje nuo skaičiuojamųjų apkrovų ir jų derinių, įvertinant pradinį įtempimų būvį (pvz., nuo išankstinio armatūros įtempimo), neviršytų tam tikrų ribinių reikšmių.

22. Tinkamumo ribiniams būviams apskaičiavimas apima:

22.1. deformacijų (įlinkių), kurios turi įtakos konstrukcijos vaizdui arba efektyviam jos naudojimui, gali sugadinti apdailą arba laikančiuosius elementus, nustatymą;

22.2. vibracijų, gadinančių pastatą ar jo dalis (elementus), mažinančių jų naudojimo efektyvumą, nustatymą;

22.3. plyšių, kurie gali pakenkti konstrukcijos išvaizdai, ilgalaikiškumui, vandens nepralaidumui, pločio ir betono pažeidimui dėl per didelio gniuždymo, galinčio sumažinti jo ilgalaikiškumą, nustatymą.

23. Plyšių atsiradimas betoninėse ir gelžbetoninėse konstrukcijose apskaičiuojamas iš sąlygos, pagal kurią įrašos, įtempimai ir deformacijos nuo įvairių poveikių ir jų derinių neturi viršyti atitinkamų ribinių dydžių, kurias gali atlaikyti konstrukcija plyšių atsiradimo momentu.

Plyšių pločio apskaičiavimas atliekamas iš sąlygos, kad plyšių plotis konstrukcijoje dėl veikiančių poveikių ir jų derinių neviršytų ribinės reikšmės, nurodytos 24 lentelėje, ir priklauso nuo konstrukcijai keliamų reikalavimų, jos naudojimo sąlygų ir aplinkos agresyvumo. Agresyvioje aplinkoje naudojamoms konstrukcijoms reikia numatyti papildomas priemones apsaugai nuo korozijos.

24. Konstrukcijų deformacijos apskaičiuojamos su sąlyga, kad įlinkiai, posūkio kampai, poslinkiai ar konstrukcijos virpėjimo nuo įvairių poveikių ir jų derinių parametrai negali viršyti atitinkamų leidžiamųjų ribinių reikšmių, kurios priklauso nuo konstrukcijos ir viso statinio charakteristikų, gretimų ar tarpinių elementų pažeidimų galimybių, technologinių įrengimų, taip pat galimybės susidaryti pavojingoms situacijoms statinio naudojimo metu.

Visiškam ar įlinkio dalies kompensavimui konstrukcija gali turėti pradinį išlinkį, kurio dydis neturi viršyti 1/250 angos.

25. Surenkamosios monolitinės gelžbetoninės konstrukcijos, taip pat monolitinės su laikančiąja (standžiąja) armatūra abiem ribiniams būviams apskaičiuojamos dviem apkrovų atvejams:

25.1. kol betonas pasiekia numatytą stiprį – apkrovoms nuo betono svorio ir kitų apkrovų, veikiančių šiame konstrukcijos gamybos (statybos) etape;

25.2. betonui pasiekus visą numatytą stiprį – apkrovoms, veikiančioms per šį etapą ir naudojimo metu.

26. Betoninės ir gelžbetoninės konstrukcijos skaičiuojamos atsižvelgiant į galimą plyšių ir netampriųjų deformacijų atsiradimą betone ir armatūroje. Konstrukcijos ribinės įrašos ir deformacijos nustatomos naudojantis skaičiuotinėmis schemomis ir modeliais, geriausiai atitinkančiais nagrinėjamo ribinio būvio tikruosius konstrukcijų ypatumus.

VI SKYRIUS. BETONINIŲ IR GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ ILGAAMŽIŠKUMAS

27. Konstrukcija laikoma ilgaamžė, jeigu per visą numatytą naudojimo laiką ji atlieka savo funkcijas, susietas su stiprumu ir pastovumu, tinkamumu naudoti. Reikalingam ilgaamžiškumui pasiekti reikia numatyti konstrukcijos naudojimo sąlygas, be to, reikia įvertinti apkrovų specifikaciją. Į konstrukcijos naudojimo laiką ir priežiūros programą taip pat reikia atsižvelgti, nustatant reikalingą apsaugos lygį.

28. Aplinkoje, kurioje yra konstrukcija, susidaro cheminiai ir fiziniai poveikiai, kurie veikia visą konstrukciją, tam tikrus elementus, patį betoną bei armatūrą, ir sukelia efektus, kurie projektuojant laikančiąsias konstrukcijas neįeina į apkrovimo sąlygas.

Projektuojant pastatus, aplinkos sąlygos klasifikuojamos pagal 1 lentelę, kad būtų numatytas reikalingas apsaugos lygis. Papildomai gali prireikti įvertinti poveikius, atsirandančius dėl cheminio ir fizinio aplinkos agresyvumo.

29. Cheminis agresyvumas konstrukcijoms gali kilti iš:

29.1. pastato naudojimo paskirties (skysčių laikymas ir kt.);

29.2. agresyvios aplinkos;

29.3. sąlyčio su dujomis arba daugeliu cheminių tirpalų, bet dažniausiai dėl rūgščių tirpalų arba sulfatinių druskų tirpalų poveikio;

29.4. betone esančių chloridų; reakcijų tarp betono medžiagų (pvz., šarmų ir užpildų reakcija).

30. Kenksmingų cheminių poveikių daugelyje pastatų galima išvengti pritaikius tinkamus statybos produktus. Be to, reikalingas pakankamas apsauginis sluoksnis armatūrai apsaugoti.

Aplinkos sąlygų klasifikavimas

Klasių žymėjimas	Aplinkos aprašymas	Pasitaikančių naudojimo aplinkos klasių informaciniai pavyzdžiai	Žemiausia betono klasė
1. Nėra korozijos ar agresijos rizikos			
XO	Betonui be armatūros arba metalinių įdėtinių detalių: visos naudojimo aplinkos, išskyrus tas, kuriose yra šaldymo ir šildymo, erozijos ir cheminių poveikių Betonui su armatūra arba metalinėmis įdėtinėmis detalėmis: labai sausa	Konstrukcijos patalpų, kuriose labai mažas oro drėgnis, viduje	C12/15
2. Karbonizacijos sukeliama korozija			
XC1	Sausa arba nuolat šlapia	Konstrukcijos patalpų, kuriose mažas oro drėgnis arba nuolat yra grunte ar vandenyje, viduje	C16/20
XC2	Šlapia, retai sausa	Konstrukcijos paviršiai ilgai mirksta vandenyje; daugelis pamatų	C20/25
XC3	Vidutiniškai drėgna	Konstrukcijos patalpų, kuriose mažas oro drėgnis arba jos yra veikiamos atmosferos kritulių (lietaus), viduje	C25/30
3. Chloridų, bet ne jūros vandens, sukelta korozija			
XC4	Cikliškai šlapia ir sausa	Konstrukcijos paviršiai mirksta vandenyje, bet nepriklauso XC2 klasei	C30/37
XD1	Vidutinio drėgnumo	Atviras betono paviršius taškomas chloringo vandens purslais	C30/37
XD2	Drėgna, retai sausa	Plaukimo baseinai; Konstrukcijos, veikiamos pramoninio chloringo vandens	C35/37
XD3	Cikliškai drėgna ir sausa	Tiltų dalys, kurias aptaško chloringas vanduo, grindiniai, šaligatviai, automobilių aikštelių plokštės	C35/45
4. Jūros vandens chloridų sukeliama korozija			
XS1	Veikia purslų druska, bet ne tiesioginis jūros vanduo	Konstrukcijos arti kranto arba ant kranto	C30/37
XS2	Nuolat panardinta	Jūrinių konstrukcijų dalys	C35/45
XS3	Potvynio, purslų ir taškymo zonos	Jūrinių konstrukcijų dalys	C35/45
5. Šaldymo/šildymo poveikis be druskos arba su ja			
XF1	Vidutinis vandens įmirkis be ledo tirpinimo medžiagos	Vertikalūs konstrukcijų betono paviršiai, veikiami lietaus ir šalčio	C30/37
XF2	Vidutinis vandens įmirkis su ledo tirpinimo medžiaga	Vertikalūs konstrukcijų betono paviršiai, veikiami šalčio ir ledą tirpinančių druskų	C25/30
XF3	Didelis vandens įmirkis be ledo tirpinimo medžiagos	Horizontalūs betono paviršiai, veikiami lietaus ir šalčio	C30/37
XF4	Didelis vandens įmirkis su ledo tirpinimo medžiaga	Betono paviršiai, tiesiogiai veikiami druskų ir šalčio; Šalčio veikiamos konstrukcijos jūros purslų zonoje; Kelių ir tiltų dangos, veikiamos druskų	C30/37
6. Cheminis poveikis			
Kai betonas atviras cheminiam poveikiui, veikiant gamtiniam gruntui arba gruntiniam vandeniui, kaip nurodyta 2 lentelėje, naudojimo aplinkos sąlygos klasifikuojamos toliau pateikta tvarka. Jūros vandens poveikio klasifikacija priklauso nuo geografinės vietos padėties, be to, taikoma betono naudojimo vietoje galiojanti klasifikacija. PASTABA. Gali prireikti specialių aplinkos sąlygų tyrimų, kai: – poveikio rodikliai kitokie, nei nurodyti šioje lentelėje; – veikia kiti agresyvūs reagentai;			

– reagentais užterštas gruntas arba vanduo; – didelis vandens greitis kartu su šioje lentelėje nurodytais reagentais.			
XA1	Silpno cheminio agresyvumo aplinka pagal šią lentelę		C30/37
XA2	Vidutinio cheminio agresyvumo aplinka pagal šią lentelę		C30/37
XA3	Didelio cheminio agresyvumo aplinka pagal šią lentelę		C35/45

2 lentelė

Grunto agresyvumo klasės

Toliau pateikta cheminio agresyvumo aplinkos klasifikacija parengta imant, kad gamtinio grunto ir gruntinio vandens temperatūra gali būti nuo 5 iki 25 °C, o vandens greitis labai mažas – artimas stovinčiam. Klasė nustatoma pagal blogiausią bet kurios vienos cheminės charakteristikos vertę. Kai dvi ar daugiau agresyvumo charakteristikų nurodo tą pačią klasę, aplinka priskiriama artimiausiai aukštesnei klasei, nebent yra ištirta, kad šiuo specialiu atveju tai nebūtina.				
Cheminė charakteristika	Standartinis bandymo metodas	XA1	XA2	XA3
Gruntinis vanduo				
SO ₄ ²⁻ , mg/l	LST EN 196-2:1996 [9.8]	≥ 200 ir ≤ 600	> 600 ir ≤ 3000	> 3000 ir ≤ 6000
pH	LST ISO 4316:1997 [9.9]	≤ 6,5 ir ≥ 5,5	< 5,5 ir ≥ 4,5	< 4,5 ir ≥ 4
Agresyvusis CO ₂ , mg/l		≥ 15 ir ≤ 40	> 40 ir ≤ 100	> 100 persotintas
NH ₄ ⁺ , mg/l	LST ISO 7150-1:1998 [9.10] arba LST ISO 7150-2:1998 [9.11]	≥ 15 ir ≤ 30	> 30 ir ≤ 60	> 60 ir ≤ 100
Mg ²⁺ , mg/l	LST EN ISO 7980:2000 [9.12]	≥ 300 ir ≤ 1000	> 1000 ir ≤ 3000	> 3000 persotintas
Gruntas				
SO ₄ ²⁻ , mg/kg ^a (bendras)	LST EN 196-2:1996 ^b [9.8]	≥ 2000 ir ≤ 3000 ^c	> 3000 ^c ir ≤ 12000	> 12000 ir ≤ 24000
^a Molingas gruntas, kurio laidumas nuolat mažesnis kaip 10 ⁻⁵ m/s, gali būti perkeltas į žemesnę klasę. ^b Nurodytu bandymo metodu SO ₄ ²⁻ ekstrahuojamas hidrochlorine rūgštimi; kaip alternatyvų metodą galima taikyti ekstrahavimą vandeniu, jeigu betono naudojimo vietoje yra tokia patirtis. ^c 3000 mg/kg ribą galima sumažinti iki 2000 mg/kg, jei sulfato jonų susikaupimo betone rizika atsiranda tik dėl cikliškausiai pasikartojančio išdžiūvimo ir sudrėkimo arba dėl kapiliarinio įsiurbimo.				

31. Konstrukcijų ilgalaikiškumui esminę įtaką turi betono atsparumas šalčiui ir vandens nepralaidumas. Šios betono ypatybės imamos atsižvelgiant į naudojimo režimą ir išorės temperatūrą:

31.1. pastatų ir statinių konstrukcijos (išskyrus šildomų pastatų sienas) – ne žemesnės, kaip nurodyta 3 lentelėje;

31.2. šildomų pastatų išorės sienoms – ne žemesnės, kaip nurodyta 4 lentelėje.

3 lentelė

Betono atsparumo šalčiui ir nepralaidumo vandeniui markės, atsižvelgiant į naudojimo sąlygas

Konstrukcijos naudojimo sąlygos		Betono markės					
Naudojimo sąlygų klasė	Skaičiuotinė išorės oro temperatūra, °C	Atsparumo šalčiui			Nelaidumo vandeniui		
		Konstrukcijoms (išskyrus šildomų pastatų sienas) pagal pastato patikimumo klases					
		RC III	RC II	RC I	RC III	RC II	RC I

1. Kaitaliojantis užšaldymo–atšildymo poveikiams							
XC4, XF3, XF4	Žemesnė nei minus 20, iki minus 40 imtinai	F200	F150	F100	W4	W2	Nenormuojama
	Žemesnė nei minus 5, iki minus 20 imtinai	F150	F100	F75	W2	Nenormuojama	
XC2, XF1, XF2	Žemesnė nei minus 20, iki minus 40 imtinai	F150	F100	F75	W2	Nenormuojama	
	Žemesnė nei minus 5, iki minus 20 imtinai	F75	F50	Nenormuojama			
XD1	Žemesnė nei minus 20, iki minus 40 imtinai	F75	F50	Nenormuojama			
	Žemesnė nei minus 5, iki minus 20 imtinai	F75	Nenormuojama				

2. Galimas epizodinis temperatūros, žemesnės kaip 0 °C, poveikis				
XC2, XC4	Žemesnė nei minus 20, iki minus 40 imtinai	F100	F75	Nenormuojama
	Žemesnė nei minus 5, iki minus 20 imtinai	F100	Nenormuojama	
XC1, XC3	Žemesnė nei minus 20, iki minus 40 imtinai	F100	Nenormuojama	
	Žemesnė nei minus 5, iki minus 20 imtinai	Nenormuojama		

4 lentelė

Žemiausios betono atsparumo šalčiui markės

Konstrukcijos naudojimo sąlygos		Žemiausia betono atsparumo šalčiui markė šildomų pastatų išorės sienoms		
Vidaus patalpų santykinis oro drėgnis RH, %	Skaičiuotinė išorės žiemos temperatūra, °C	RC III	RC II	RC I
RH > 75	Žemesnė nei minus 20, iki minus 40 imtinai	F100	F75	F50
	Žemesnė nei minus 5, iki minus 20 imtinai	F75	F50	Nenormuojama
60 < RH ≤ 75	Žemesnė nei minus 20, iki minus 40 imtinai	F50	Nenormuojama	
	Žemesnė nei minus 5, iki minus 20 imtinai	Nenormuojama		
RH ≤ 60	—	Nenormuojama		

32. Fizinė agresija, į kurios pasireiškimo galimybes reikia atsižvelgti projektuojant konstrukcijas, gali kilti dėl dilinimo, užšaldymo ir atšildymo poveikio, vandens įgeriamumo. Daugelio statinių ir konstrukcijų atsparumas fizinei agresijai gali būti užtikrintas naudojant tinkamus statybos produktus.

33. Viso pastato deformacija, kai kurių laikančiųjų arba nelaikančiųjų konstrukcijų deformacijos (pvz., dėl naudingosios apkrovos, temperatūros, valkšnumo, susitraukimo, mikropleišėjimo ir kt.) gali sukelti netiesioginių efektų padarinius, ir į tai reikia atsižvelgti projektuojant. Daugelį pastatų ir konstrukcijų galima priderinti prie netiesioginių efektų, paisant

bendrųjų ilgalaikiškumo, pleišėjimo, deformacijų, konstravimo ir konstrukcijų stiprumo, stabilumo ir tvirtumo reikalavimų. Papildomai gali reikėti įvertinti tokius veiksnius:

33.1. deformacijų ir supleišėjimo nuo laiko priklausančių veiksnių sumažinimą iki minimumo (pvz., ankstyvosios deformacijos, valksnumas, susitraukimas ir kt.);

33.2. deformacijų suvaržymų sumažinimą iki minimumo (pvz., įrengiant atraminius guolius arba sandūras, kartu garantuojant, kad per juos nepatektų agresyvūs reagentai);

33.3. jeigu suvaržymų yra, reikia užtikrinti, kad bet kokie esminiai efektai būtų įvertinti projektuojant.

VII SKYRIUS. STATYBOS PRODUKTAI

I SKIRSNIS. BETONAS

34. Pagal šį Reglamentą projektuojamų betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų betonas turi atitikti Lietuvos standarto [9.3] reikalavimus. Atsižvelgiant į projektuojamų konstrukcijų paskirtį ir darbo sąlygas, nurodomi pagrindiniai betono rodikliai:

34.1. betono gniuždomojo stiprio klasės C (normaliojo ir sunkiojo betono) arba LC (lengvojo betono);

34.2. betono atsparumo šalčiui markė F;

34.3. betono nelaidumo vandeniui markė W;

34.4. lengvojo betono tankio klasė D.

Pastabos:

1. Betono klasės atitinka 0,95 patikimumui garantuojamas betono stiprumo vertes MPa;

2. Prireikus gali būti nurodomi papildomi betono rodikliai.

35. Projektuojant betonines ir gelžbetonines konstrukcijas, naudojamas šių klasių ir markių betonas:

35.1. betono gniuždomojo stiprio klasės:

35.1.1. normalusis ir sunkusis betonas: C8/10; C12/15; C16/20; C20/25; C25/30; C30/37; C35/45; C40/50; C45/55; C50/60; C55/67; C60/75; C70/85; C80/95; C90/105; C100/115;

35.1.2. lengvasis betonas: LC8/9; LC12/13; LC16/18; LC20/22; LC25/28; LC30/33; LC35/38; LC40/44; LC45/50; LC50/55; LC55/60; LC60/66; LC70/77; LC80/88;

35.1.3. smulkiagrūdis betonas:

35.1.3.1. A grupės (dalelių stambumas didesnis nei 2,0): C8/10; C12/15; C16/20; C20/25; C25/30; C30/37; C35/45;

35.1.3.2. B grupės (dalelių stambumas lygus arba mažesnis nei 2,0): C8/10; C12/15; C16/20; C20/25; C25/30;

35.2. lengvojo betono tankio klasės: D1,0; D1,2; D1,4; D1,6; D1,8; D2,0;

35.3. betono atsparumo šalčiui markės:

35.3.1. sunkusis ir smulkiagrūdis betonas: F50; F100; F150; F200; F300; F400; F500;

35.3.2. lengvasis betonas: F25; F35; F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500;

35.4. betono nelaidumo vandeniui markės (sunkusis, smulkiagrūdis ir lengvasis betonas): W2; W4; W6; W8; W10; W12.

36. Projektuojant konstrukcijas betono gniuždomojo stiprio klasės turi būti:

36.1. gelžbetoninėms konstrukcijoms, pagamintoms iš sunkiojo arba lengvojo betono, kurias veikia daugartinės apkrovos – ne žemesnės kaip C12/15 arba LC16/8;

36.2. gniuždomosioms strypinėms gelžbetoninėms konstrukcijoms, pagamintoms iš normaliojo, sunkiojo arba smulkiagrūdžio betono – ne žemesnė kaip C12/15;

36.3. gniuždomosioms strypinėms gelžbetoninėms konstrukcijoms, pagamintoms iš lengvojo betono – ne žemesnė kaip LC16/18;

36.4. didelių apkrovų veikiamoms gniuždomosioms strypinėms gelžbetoninėms konstrukcijoms (pvz., kranų apkrovų veikiamoms kolonomis ir daugiaaukščių pastatų apatinių aukštų kolonomis) – ne žemesnė kaip C20/25.

37. Iš anksto įtemptųjų gelžbetoninių elementų, pagamintų iš sunkiojo normalaus, smulkiagrūdžio betono, klasė parenkama atsižvelgiant į įtemptosios armatūros tipą, jos skersmenį ir inkaravimą, bet ne žemesnė kaip:

37.1. vielinei armatūrai:

37.1.1. su inkarais – C16/20;

37.1.2. be inkarų – C25/30;

37.2. lynams – C25/30;

37.3. strypinei armatūrai (be inkarų) – C25/30.

Betono apspaudimo stipris f_{cp} (betono stipris apspaudimo metu, kuris nustatomas kaip betono stiprumo klasė C) turi būti ne mažesnis kaip 11 MPa, o naudojant stipriąją strypinę armatūrą (takumo įtempiai didesni arba lygūs 980 MPa), stipriąją vielą arba lynus – ne mažesnis kaip 15,5 MPa. Be to, betono apspaudimo stipris turi būti ne mažiau kaip 50 % skaičiuotinės betono klasės.

Jeigu konstrukcijas veikia daugkartinė apkrova, žemiausioji betono gniuždomojo stiprio klasė ir betono apspaudimo stipris didinamas 5 MPa.

Skaičiuojant gelžbetonines konstrukcijas apspaudimo laikotarpiu, skaičiuotinės betono charakteristikos nustatomos kaip betono, kurio gniuždomojo stiprio klasės lygios apspaudimo stipriui, skaičiuotinės charakteristikos.

38. Ilgesnės nei 12 m gelžbetoninės iš anksto įtemptosios konstrukcijos, veikiamos daugkartinių apkrovų, ir armuotos stipriąja viela arba lynais, gali būti gaminamos iš smulkiagrūdžio betono tik atlikus specialius eksperimentinius tyrimus.

Smulkiagrūdžio betono, naudojamo apsaugoti nuo korozijos iš anksto įtemptąją armatūrą ir sukibimui su iš anksto įtemptąja armatūra, esančia grioveliuose arba ant konstrukcijos paviršiaus, užtikrinti, klasė turi būti ne žemesnė kaip C12/15, o injektuojant kanalus – ne žemesnė kaip C20/25.

Surenkamųjų gelžbetoninių konstrukcijų sandūroms monolitinti naudojamo betono klasė nustatoma atsižvelgiant į jungiamųjų elementų darbo sąlygas, tačiau turi būti ne žemesnė kaip C8/10.

39. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų betono atsparumo šalčiui ir nelaidumo vandeniui markės, atsižvelgiant į naudojimo sąlygas ir žiemos lauko temperatūrą, parenkamos:

39.1. pastatų ir statinių konstrukcijoms (išskyrus šildomų pastatų išorines sienas) ne žemesnės, negu nurodyta 3 lentelėje;

39.2. šildomų pastatų išorinėms sienoms – ne žemesnės, negu nurodyta 4 lentelėje.

40. Jeigu surenkamosios gelžbetoninės konstrukcijos statybos arba naudojimo metu gali būti veikiamos neigiamųjų temperatūrų, tai jų sandūroms monolitinti naudojamo betono atsparumo šalčiui ir nelaidumo vandeniui markės turi būti ne žemesnės už jungiamųjų elementų atsparumo šalčiui ir nelaidumo vandeniui markes.

Betono amžius, atitinkantis gniuždomojo betono klasę, yra nurodomas atsižvelgiant į galimą apkrovimo projektinėmis apkrovomis laiką, statybos būdą, betono kietėjimo sąlygas. Nenurodžius šių duomenų, betono klasė turi būti nustatoma po 28 parų betono kietėjimo. Pagrindinės betono stiprumo reikšmės, naudojamos skaičiuojant konstrukcijas, yra charakteristinis betono gniuždomasis stipris f_{ck} ir charakteristinis betono tempiamasis stipris f_{ctk} .

Šios reikšmės pateiktos Reglamento 5 lentelėje.

41. Betono gniuždomasis stipris t amžiuje priklauso nuo cemento rūšies, temperatūros ir kietėjimo sąlygų. Standartinėmis sąlygomis saugojamų konstrukcijų įvairaus amžiaus betono gniuždomasis stipris $f_{cm}(t)$ gali būti apskaičiuotas taip:

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm}, \quad (7.1)$$

$$\text{čia } \beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}, \quad (7.2)$$

čia:

$f_{cm}(t)$ – vidutinis betono gniuždomasis stipris;
 f_{cm} – 28 parų amžiaus vidutinis betono gniuždomasis stipris nurodytas 5 lentelėje;
 $\beta_{cc}(t)$ – koeficientas, įvertinantis betono amžių t ;
 t – betono amžius paromis;
 s – koeficientas, įvertinantis cemento rūšį:
 greitai kietėjančio labai stipraus cemento – 0,20;
 normaliai ir greitai kietėjančio cemento – 0,25;
 lėtai kietėjančio cemento – 0,38.
 Vidutinis betono tempiamasis stipris $f_{ctm}(t)$ gali būti apskaičiuotas taip:

$$f_{ctm}(t) = (\beta_{cc}(t))^{\alpha} \cdot f_{ctm}, \quad (7.3)$$

čia:

$\beta_{cc}(t)$ – koeficientas, apskaičiuojamas pagal (7.2) formulę;

$\alpha = 1$, kai $t < 28$ paros;

$\alpha = 2/3$, kai $t \geq 28$ paros;

f_{ctm} – 28 parų amžiaus vidutinis betono tempiamasis stipris, nurodytas 5 lentelėje.

42. Charakteristinis tempiamojo betono stipris $f_{ctk,0,95}$ skaičiuojant betonines ir gelžbetonines konstrukcijas įvertinamas tuo atveju, kai padidintas betono tempiamasis stipris sukelia neigiamą efektą.

43. Sunkiojo ir smulkiagrūdžio betono skaičiuotiniai stipriai yra apskaičiuojami taip:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c; \quad (7.4)$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c. \quad (7.5)$$

Lengvojo betono skaičiuotiniai stipriai yra apskaičiuojami taip:

$$f_{lcd} = \alpha \cdot \alpha_{lcc} \cdot f_{lck} / \gamma_c; \quad (7.4a)$$

$$f_{lctd} = \alpha \cdot \alpha_{lct} \cdot f_{lctk,0,05} / \gamma_c. \quad (7.5a)$$

Koeficientai α_{cc} ir α_{ct} turi būti imami lygūs 1,0. Koeficientai α_{lcc} ir α_{lct} turi būti imami lygūs 0,85. Skaičiuojant konstrukcijas, įvertinant stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagramą, koeficientas $\alpha = 0,9$, kai charakteristinis betono stipris ≤ 50 MPa, $\alpha = 0,9 - \frac{f_{ck} - 50}{200}$, kai $50 < f_{ck} \leq 90$ MPa. Kitais atvejais $\alpha = 1,0$.

Betonuojant vertikalias konstrukcijas, kai sluoksnio storis didesnis kaip 1,5 m, betono skaičiuotinis stipris f_{cd} mažinamas 15 %.

Jeigu kolonų skerspjūvio didžiausios kraštinės matmuo mažesnis kaip 300 mm, betono skaičiuotinis stipris f_{cd} mažinamas 15 %.

Patikimumo koeficientas γ_c :

43.1. apskaičiuojant saugos ribiniam būviui:

43.1.1. betonines konstrukcijas – 1,8;

43.1.2. gelžbetonines konstrukcijas – 1,5;

43.2. apskaičiuojant tinkamumo ribiniam būviui – 1,0.

Apskaičiuojant stipriojo betono (stiprumo klasė aukštesnė nei C50/60) skaičiuotiną stiprį, dalinis patikimumo koeficientas γ_c apskaičiuojamas:

$$\gamma_c = 1,5 \gamma_{nsc}, \quad (7.6)$$

$$\text{čia } \gamma_{nsc} = \frac{1}{(1,1 - f_{ck}/500)}. \quad (7.7)$$

44. Betono tampriosios deformacijos priklauso nuo betono rūšies ir gamybos ypatumų. Betono tampriosios deformacijos yra apibūdinamos tamprumo moduliu (E_{cm}), Puasono koeficientu, betono skersinių deformacijų pradiniu koeficientu (ν_c) ir tiesinio temperatūrinio plėtimosi koeficientu (α_t).

Betono tamprumo modulio E_{cm} (nustatomas betono įtempiams esant tarp $\sigma_c = 0$ ir $\sigma_c = 0,4f_{cm}$) reikšmės pateiktos 5 lentelėje.

Sunkiojo ir smulkiagrūdžio betono stipriai ir deformacijos

	Betono klasė	C8/ 10	C12/ 15	C16/ 20	C20/ 25	C25/ 30	C30/ 37	C35/ 45	C40/ 50	C45/ 55	C50/ 60	C55/ 67	C60/ 75	C70/85	C80/9 5	C90/10 5	
1	f_{ck} (MPa)	8	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
2	$f_{ck,cube}$ (MPa)	10	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
3	f_{cm} (MPa)	16	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
4	f_{ctm} (MPa)	1,2	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
5	$f_{ctk;0,05}$ (MPa)	0,85	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk;0,05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5 %
6	$f_{ctk;0,95}$ (MPa)	1,55	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk;0,95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95%
7	E_{cm} (GPa)	24	27	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0,3}$ (f_{cm} – MPa)
8	ε_{c1} (‰)	-1,7	-1,8	-1,9	-2,0	-2,1	-2,2	-2,25	-2,3	-2,4	-2,45	-2,5	-2,6	-2,7	-2,8	-2,8	Žr. 2 pav. ε_{c1} (‰) = $-0,7 f_{cm}^{0,31}$
9	ε_{cu1} (‰)	-3,5										-3,2	-3,0	-2,8	-2,8	-2,8	Žr. 2 pav., čia $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu1} (‰) = $-2,8 - 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
10	ε_{c2} (‰)	-2,0										-2,2	-2,3	-2,4	-2,5	-2,6	Žr. 3 pav., čia $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{c2} (‰) = $-2,0 - 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
11	ε_{cu2} (‰)	-3,5										-3,1	-2,9	-2,7	-2,6	-2,6	Žr. 3 pav., čia $f_{ck} \geq 50$ MPa ε_{cu2} (‰) = $-2,6 - 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
12	n	2,0										1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	Kur $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$
13	ε_{c3} (‰)	-1,75										-1,8	-1,9	-2,0	-2,2	-2,3	Žr. 4 pav., čia $f_{ck} \geq 50$ MPa

								$\varepsilon_{c3}(\text{‰}) = -1,75 - 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$
1 4	$\varepsilon_{cu3}(\text{‰})$	-3,5	-3,1	-2,9	-2,7	-2,6	-2,6	Žr. 4 pav., čia $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu3}(\text{‰}) = -2,6 - 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

Pastaba. Stiprių ir įtempių vienetas MPa=N/mm² ir gali būti vienodai naudojamas.

Lengvojo betono stipriai ir deformacijos

	Betono klasė	LC 12/13	LC16/18	LC20/22	LC25/28	LC30/33	LC35/38	LC40/44	LC45/50	LC50/55	LC55/60	LC60/66	LC70/77	LC80/88	
1	f_{lck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	
2	$f_{lck,cube}$ (MPa)	13	18	22	28	33	38	44	50	55	60	75	77	88	
3	f_{lcm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	$f_{lcm} = f_{lck} + 8$ (MPa)
4	f_{lctm} (MPa)	$f_{lctm} = f_{lctm} \eta_1$ (MPa)													$\eta_1 = 0,40 + 0,60 \rho / 2200$
5	$f_{lctk,0,05}$ (MPa)	$f_{lctk,0,05} = f_{lctk,0,05} \eta_1$ (MPa)													5 % – fraktilis
6	$f_{lctk,0,95}$ (MPa)	$f_{lctk,0,95} = f_{lctk,0,95} \eta_1$ (MPa)													95 % – fraktilis
7	E_{lcm} (GPa)	$E_{lcm} = E_{cm} \eta_E$													$\eta_E = (\rho / 2200)^2$
8	ε_{lc1} (‰)	$-k f_{lcm} / (E_{lci} - \eta_E)$, $k = 1,1$ ir $k = 1,0$, esant lengviems betono užpildams													Žr. 2 pav.
9	ε_{lcu1} (‰)	ε_{lc1}													Žr. 2 pav. $\varepsilon_{lcu1} \geq \varepsilon_{lc1}$
10	ε_{lc2} (‰)	2,0									-2,2	-2,3	-2,4	-2,5	Žr. 2 pav.
11	ε_{lcu2} (‰)	$-3,5 \eta_1$									$-3,1 \eta_1$	$-2,9 \eta_1$	$-2,7 \eta_1$	$-2,6 \eta_1$	Žr. 3 pav. $\varepsilon_{lcu2u} \geq \varepsilon_{lc2}$
12	n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	
13	ε_{lc3} (‰)	-1,75									-1,8	-1,9	-2,0	-2,2	Žr. 4 pav.
14	ε_{lcu3} (‰)	$-3,5 \eta_1$									$-3,1 \eta_1$	$-2,9 \eta_1$	$-2,7 \eta_1$	$-2,6 \eta_1$	Žr. 4 pav. $\varepsilon_{lcu3} \geq \varepsilon_{lc3}$

Betono tamprumo modulio kitimas laike $E_{cm}(t)$ gali būti apskaičiuotas taip:

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} \cdot E_{cm}, \quad (7.8)$$

čia:

$f_{cm}(t)$ – vidutinis betono gniuždomasis stipris t amžiuje, apskaičiuojamas pagal (7.1);

f_{cm} – 28 parų amžiaus vidutinis betono stipris, nustatomas iš 5 lentelės;

E_{cm} – 28 parų amžiaus betono tamprumo modulis, nustatomas iš 5 lentelės.

Betono šlyties modulis $G_c = 0,4E_c$. Visų rūšių betono Puasono koeficientas $\nu_c = 0,20$.

Sunkiojo ir smulkiagrūdžio betono temperatūrinio plėtimosi koeficientas, kai temperatūra kinta nuo -40°C iki $+50^{\circ}\text{C}$, $\alpha_t = 1 \cdot 10^{-5} 1/\text{C}$. Lengvojo betono – $8 \cdot 10^{-6}$.

Žinant užpildų mineraloginę sudėtį, cemento kiekį, betono drėgnumą, atsparumą šalčiui ir kt., gali būti įvertinta kita tiesinio temperatūrinio plėtimosi koeficiento reikšmė.

45. Skaičiuojant betonines ir gelžbetonines konstrukcijas reikia įvertinti betono savybių pasikeitimą laike bei įrašų, įtempių ir deformacijų pasikeitimą dėl ilgalaikių procesų (susitraukimo ir valksnumo). Apskaičiuojant tai galima įvertinti valksnumo koeficientu $\varphi(t, t_0)$ ir ribinėmis susitraukimo deformacijomis ε_{cs} .

Ribinės betono valksnumo koeficiento reikšmės $\varphi(\infty, t_0)$ gali būti nustatomos pagal 1 pav. pateiktus grafikus. Šios reikšmės naudojamos, kai pirminio apkrovimo metu t_0 gniuždomieji betono įtempiai neviršija $0,45f_{ck}(t_0)$. Norint tiksliai įvertinti valksnumo kitimą laike, gali būti atliekami skaičiavimai, nurodyti 2 ir 3 prieduose.

Betono valksnumo deformacijos $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$ laike $t = \infty$, kai betono gniuždomieji įtempiai yra pastovūs, gali būti apskaičiuotos taip:

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \left(\frac{\sigma_c}{E_{co}} \right), \quad (7.9)$$

čia:

σ_c – pastovūs gniuždomieji nagrinėjamo momento betono įtempiai;

E_{co} – betono tamprumo modulis t_0 metu.

Jeigu pirminio apkrovimo metu t_0 gniuždomieji betono įtempiai viršija $0,45f_{ck}(t_0)$, apskaičiuojama netiesinio valksnumo koeficiento reikšmė:

$$\varphi_k(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp(1,5(k_\sigma - 0,45)), \quad (7.10)$$

čia:

$\varphi_k(\infty, t_0)$ – netiesinio valksnumo koeficiento ribinė reikšmė;

k_σ – koeficientas, priklausantis nuo apkrovos dydžio $\sigma_c/f_{cm}(t_0)$;

σ_c ir $f_{cm}(t_0)$ – atitinkamai gniuždomieji betono įtempiai ir betono vidutinis gniuždomasis stipris apkrovimo metu.

Ribinės betono valksnumo koeficiento reikšmės nurodytos 1 pav. Jos taikomos konstrukcijoms skaičiuoti kintant temperatūrai nuo -40°C iki $+40^{\circ}\text{C}$ ir esant aplinkos drėgnumui RH nuo 40 % iki 100 %. Skerspjūvį apibūdinantis dydis $h_0 = 2A_c/u$. Čia: A_c – skerspjūvio plotas, u – skerspjūvio perimetras.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-157](#), 2005-03-21, Žin., 2005, Nr. 98-3711 (2005-08-13), i. k. 105301MISAK00D1-157

46. Betono susitraukimo deformacijos sudaro susitraukimo deformacijos dėl drėgmės išgaravimo ir betono kietėjimo sukeltos susitraukimo deformacijos. Susitraukimo deformacijos apskaičiuojamos taip:

$$\varepsilon_{\text{csh}} = \varepsilon_{\text{cd}} + \varepsilon_{\text{ca}}, \quad (7.11)$$

čia:

ε_{csh} – visos betono susitraukimo deformacijos;

ε_{cd} – drėgmės išgaravimo sukeltos betono susitraukimo deformacijos;

ε_{ca} – betono kietėjimo sukeltos susitraukimo deformacijos.

Susitraukimo deformacijos ε_{cd} apskaičiuojamos taip:

$$\varepsilon_{\text{cd}}(t) = \beta_{\text{ds}}(t - t_s) \varepsilon_{\text{cd},\infty}, \quad (7.12)$$

$$\text{čia } \beta_{\text{ds}}(t - t_s) = \left[\frac{(t - t_s)}{350(h_0/h_1)^2 + (t - t_s)} \right]^{0,5}, \quad (7.13)$$

čia:

t – betono amžius, kuriam esant apskaičiuojamos betono susitraukimo deformacijos (paromis);

t_s – betono amžius baigus drėgnai laikyti betoną;

$h_1 = 100$ mm;

$h_0 = 2A_c/u$.

Ribinės betono susitraukimo deformacijų reikšmės pateiktos 7 lentelėje.

7 lentelė

Ribinės betono susitraukimo deformacijos, ‰

$f_{\text{ck}}/f_{\text{ck,cube}}$ (MPa)	Santykiniis drėgnis					
	20	40	60	80	90	100
20/25	–0,75	–0,70	–0,59	–0,20	–0,20	0,12
40/50	–0,60	–0,56	–0,47	–0,29	–0,16	0,10
60/75	–0,48	–0,45	–0,38	–0,24	–0,13	0,08
80/95	–0,39	–0,36	–0,30	–0,19	–0,11	0,06
90/105	–0,35	–0,33	–0,27	–0,17	0,06	0,06

Susitraukimo deformacijos ε_{ca} apskaičiuojamos taip:

$$\varepsilon_{\text{ca}}(t) = \beta_{\text{cc}}(t) \varepsilon_{\text{ca},\infty}, \quad (7.14)$$

$$\text{čia } \varepsilon_{\text{ca},\infty} = -2,5(f_{\text{ck}} - 10) \cdot 10^{-6}, \quad (7.15)$$

$$\beta_{\text{cc}}(t) = 1 - \exp(-0,2t^{0,5}), \quad (7.16)$$

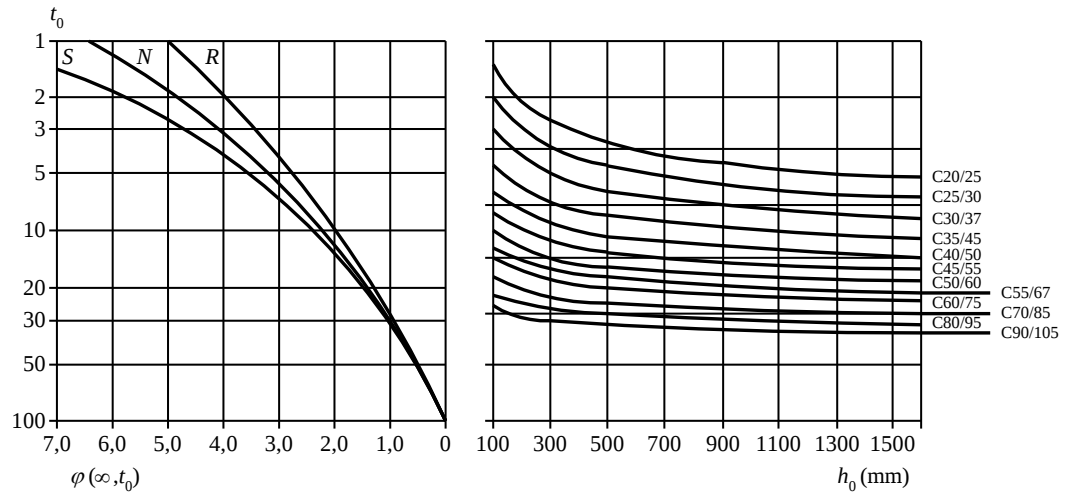
čia t – laikas paromis.

47. Betono įtempių (σ_c) ir deformacijų (ε_c) priklausomybė, nurodyta 2 pav., gali būti apskaičiuota taip:

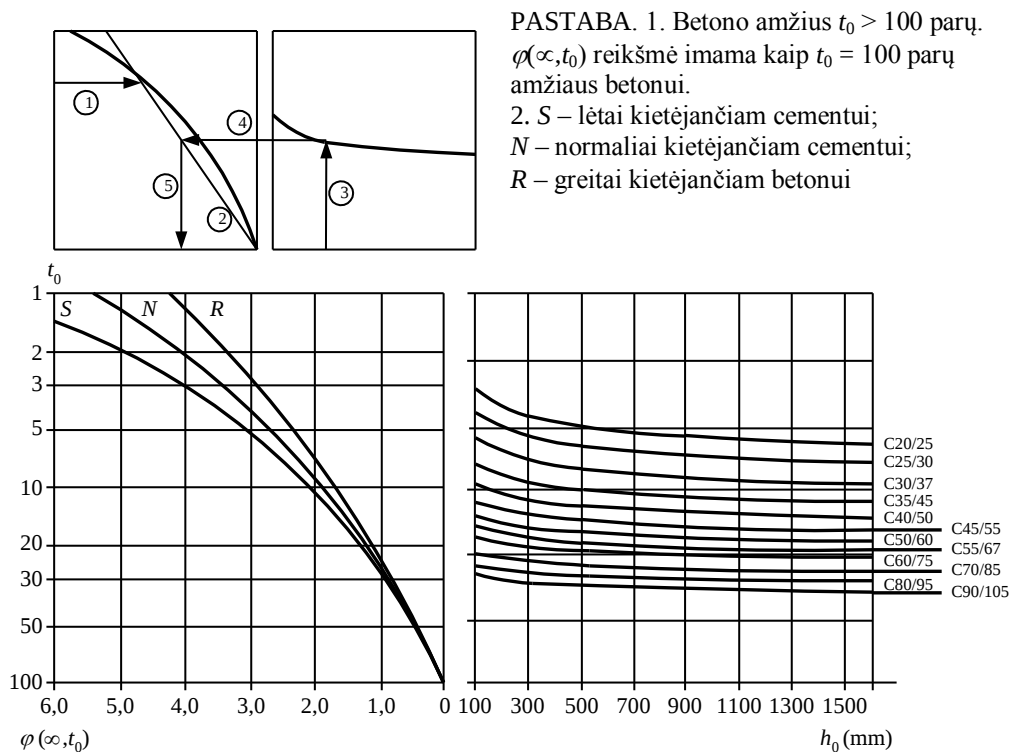
$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}, \quad (7.17)$$

čia $\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$ (žr. 2 pav.).

a)



b)

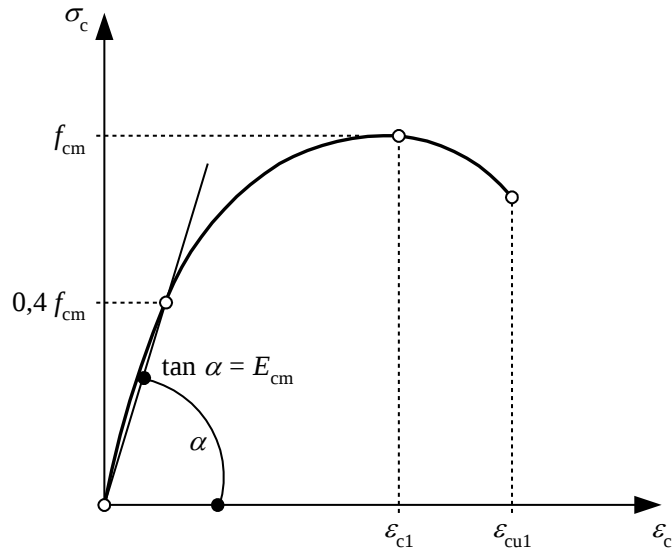


1 pav. Betono valkšnumo koeficiento $\varphi(\infty, t_0)$ ribinės reikšmės nustatymo grafikai:

a – kai RH = 50 % ir b – kai RH = 80 %

$$k = \frac{1,1E_{cm} \cdot |\varepsilon_{c1}|}{f_{cm}}, \quad (7.18)$$

čia f_{cm} – betono vidutinis gniuždomasis stipris pateiktas 5 lentelėje.



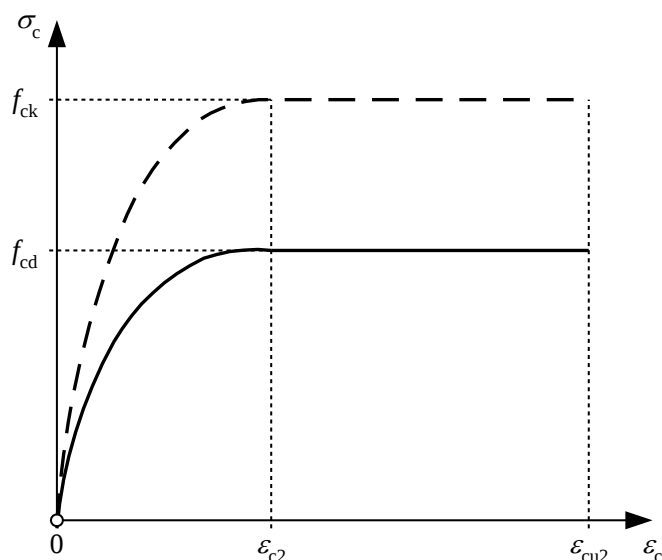
2 pav. Betono deformacijų ir įtempių priklausomybė

Išraiška (7.17) gali būti taikoma santykinų deformacijų ribose $0 \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{cu,1}|$. $\varepsilon_{cu,1}$ – ribinė betono santykinė deformacija, nurodyta 5 lentelėje.

Apskaičiuojant gelžbetoninių konstrukcijų statmenąjo pjūvio stiprumą, gali būti naudojama parabolės–tiesės diagrama (žr. 3 pav.):

$$\begin{cases} \sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right], & \text{kai } 0 \leq |\varepsilon_c| < |\varepsilon_{c2}| \\ \sigma_c = f_{cd}, & \text{kai } |\varepsilon_{c2}| \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{cu2}| \end{cases}$$

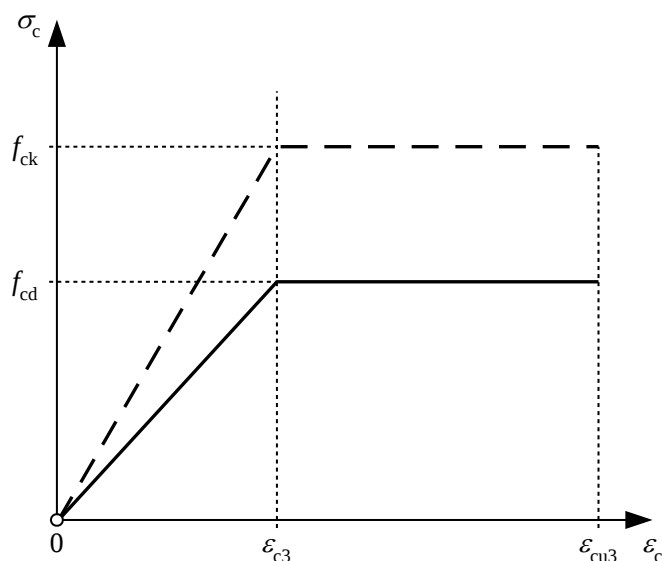
čia n , ε_{c2} ir ε_{cu2} dydžiai pateikti 5 lentelėje.



3 pav. Gniuždomojo betono parabolės–tiesės diagrama, įvertinama apskaičiuojant gelžbetonines konstrukcijas

Apskaičiuojant gali būti naudojama supaprastinta bitiesinė įtempių-deformacijų priklausomybė (žr. 4 pav.).

Skaičiuojant nesudėtingos skerspjūvio formos konstrukcijas, kuriose armatūra išdėstyta labiausiai gniuždomoje ir tempiamoje zonose, galima naudoti stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagramą.



4 pav. Gniuždomojo betono supaprastinta įtempių-deformacijų diagrama, įvertinama apskaičiuojant gelžbetonines konstrukcijas

II SKIRSNIS. ARMATŪRA

48. Armatūros gamybos būdai, savybių rodikliai, bandymo ir tinkamumo testavimo metodai yra apibrėžti atitinkamuose standartuose.

Tempiamasis stipris (f_t), takumo stipris (f_{yk}), tempiamojo ir takumo stiprių santykis (f_t/f_{yk}), pailgėjimas esant didžiausiai apkrovai (ϵ_u) ir periodinio profilio armatūros rumbo išsikišimo koeficientas (f_R) yra specifikuoti atitinkamais standartais ir nustatyti standartiniais bandymais. Jie nurodomi charakteristinėmis reikšmėmis.

Armatūros plienui imamos tokios fizinės savybės: tankis – 7850 kg/m^3 ir temperatūrinio plėtimosi koeficientas – $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Projektuojant konstrukcijas naudojamas armatūros plienas turi atitikti tokius mechaninių savybių reikalavimus:

48.1. armatūros gaminiai turi būti reikiamo plastiškumo tempiant, kaip nustatyta atitinkamuose standartuose;

48.2. armatūra laikoma pakankamo plastiškumo pailgėjimo atžvilgiu, jeigu ji atitinka šiuos plastiškumo reikalavimus:

$$\text{didelio plastiškumo: } \varepsilon_{uk} > 5 \% \text{ ir } \frac{f_{tk}}{f_{yk}} > 1,08;$$

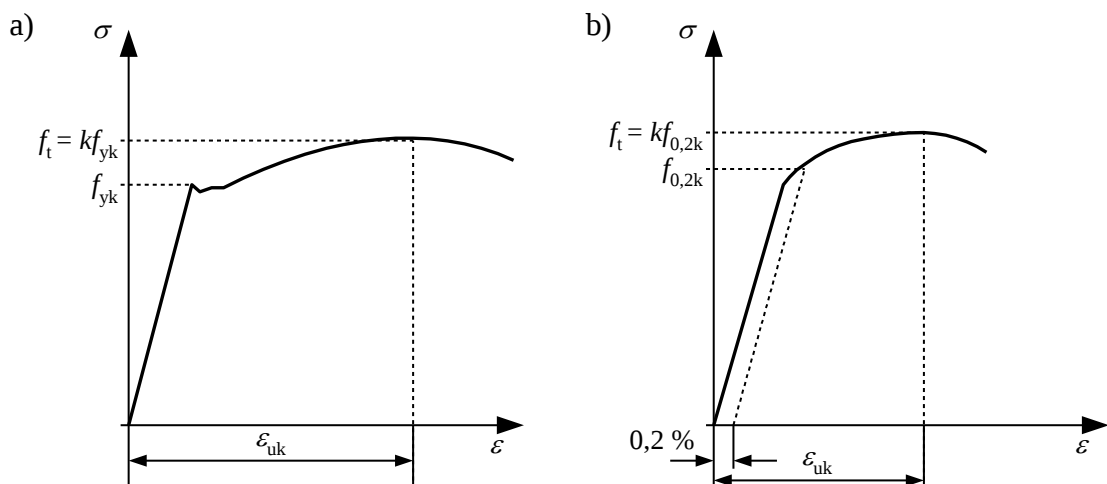
$$\text{normalaus plastiškumo: } \varepsilon_{uk} > 2,5 \% \text{ ir } \frac{f_{tk}}{f_{yk}} > 1,05.$$

Čia ε_{uk} reiškia charakteringąjį pailgėjimo dydį esant didžiausiai apkrovai. Didelio sukibimo, mažesnio negu 6 mm skersmens strypai neturi būti laikomi didelio plastiškumo.

49. Jeigu armatūra neturi aiškių takumo įtempimų f_{yk} , juos galima pakeisti 0,2 % liekamosios deformacijos įtempimais $f_{0,2k}$ (5 b pav.).

Tikrųjų takumo įtempimų f_y normuotų charakteristinių takumo įtempimų f_{yk} santykis neturi viršyti reikšmių, nustatytų atitinkamų standartų. Tamprumo modulio reikšmę galima imti vidutiniškai 200 kN/mm^2 .

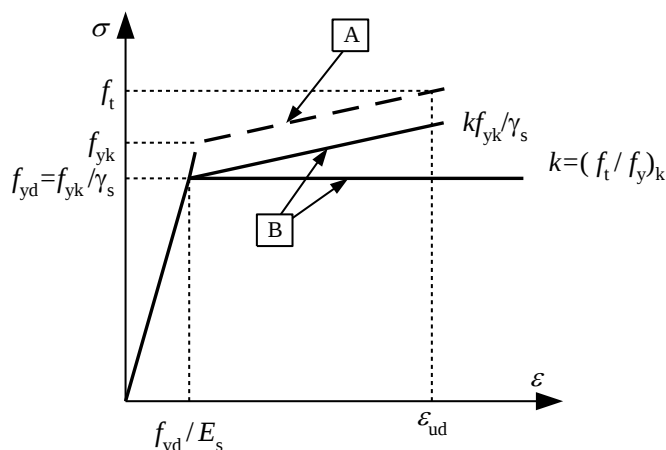
50. Armatūros fizinės ir mechaninės savybės charakterizuoja įtempių-deformacijų diagrama. Tipinė jos forma pateikta 5 paveiksle, kuriame parodyta visų pagrindinių fizinių ir mechaninių charakteristikų priklausomybė nuo apkrovos.



5 pav. Armatūrinio plieno įtempių-deformacijų diagrama:

a – karštai valcuoto plieno, b – šaltai apdirbto plieno

Praktiniam apskaičiavimui galima naudotis dviejų tiesių idealizuota diagrama, pateikta 6 paveiksle. Ši diagrama laikoma armatūros plieno skaičiuojamąja įtempių-deformacijų diagrama. Ją galima modifikuoti, pvz., su labiau pasvirusia arba horizontalia viršutine linija, atliekant lokalius patikrinimus arba projektuojant skerspjuvius.



6 pav. Armatūros plieno skaičiuojamoji įtėpių-deformacijų diagrama:
A – charakteristinė, B – skaičiuotinė

51. Armatūros skaičiuojamosios reikšmės yra gaunamos naudojantis idealizuota charakteristine diagrama, t. y. charakteristinę reikšmę dalijant iš armatūros plieno dalinio patikimumo koeficiento γ_s (žr. 6 pav.). Strypinei armatūrai $\gamma_s = 1,1$, vielinei $\gamma_s = 1,2$. Pagrindinių klasių armatūros savybės ir joms keliami reikalavimai nurodyti 8 lentelėje. Projektuojant konstrukciją galima imti kurią nors iš šių prielaidų:

51.1. horizontali viršutinė skaičiuojamosios diagramos tiesė (žr. 6 pav.), t. y. armatūros įtempimai (skaičiuotinis stipris), yra apriboti iki f_{yk} / γ_s , be jokios ribos plieno deformacijai, nors kai kuriais atvejais gali būti patogu imti ribą;

51.2. pasvirusi viršutinė tiesė su ribota plieno deformacija iki 0,02 (strypinei S500 ir aukštesnės klasės armatūrai).

8 lentelė

Armatūros savybės

Armatūros savybės		Strypai ir ritiniai, kai armatūros klasės			Tinklai, kai armatūros klasės			Kvantilio reikšmės reikalavimai, %
		A	B	C	A	B	C	
Charakteristinis takumo stipris f_{yk} arba $f_{0,2k}$ (MPa)		Nuo 400 iki 600						5,0
$k = (f_t / f_y)_k$		$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$	Mažiausioji 10,0
Charakteristinė deformacija, kai didžiausioji jėga ε_{uk} (%)		$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10,0
Atsparumas nuovargiui ($N = 2 \cdot 10^6$ ciklų), kai įtempių viršutinė riba ne didesnė kaip $0,6f_{uk}$		150			100			10,0
Tinkamumas lankstyti		Nustatoma bandant pagal LST EN ISO 15630- 1:2003 [9.13]						
Kerpamasis suvirinimo stipris		–			$0,3Af_{yk}$			Mažiausioji
Sukibimas* Išsikišusių rumbų (briaunų) rodiklis $f_{R,min}$	Nominalusis strypo skersmuo (mm) 5–6 6,5–12 >12	0,035 0,040 0,056						Mažiausioji 5,0

Leidžiamasis nuokrypis (%) nuo vardinės masės (atskiram strypui ar vielai), kai nominalusis skersmuo ≤ 8 mm > 8 mm	±6,5 ±4,5	Didžiausioji 5,0
* Sukibimo stipris gali būti apskaičiuojamas pagal tokias formules: $\tau_m \geq 0,098 (80-1,2 \varnothing)$ $\tau_r \geq 0,098 (130-1,9 \varnothing)$ Čia: $\varnothing$ – nominalusis strypo skersmuo (mm); τ_m – sukibimo įtempių reikšmė (MPa), kai pasislinkimas 0,01; 0,1 ir 1 mm; τ_r – sukibimo įtempiai irimo metu.		

Dažniau naudojamų armatūros klasių savybės

Armatūros klasė	Nominalusis skersmuo, mm	Paviršiaus forma	$\frac{f_{tk}}{f_{yk}}$	Stipris (MPa)		Skersinės armatūros skaičiuotinis stipris (MPa)	
				charakteristinis $f_{yk}(f_{0,2k})$	skaičiuotinis $f_{yd}(f_{0,2d})$		
S240	5,5–40,0	lygi	1,08	240	218	174*	157
S400	6,0–40,0	rumbuota	1,05	400	365	290*	263
S500	3,0–40,0	lygi ir rumbuota	1,05	500	450(410)	360* (328)	324 (295)
* – naudojant rištuose strypuose ar tinkluose. () – skliausteliuose – vielinės armatūros.							

52. Apskaičiuojant įstrižųjų pjūvių stiprumą, skersinės armatūros skaičiuotinis stipris (sankabų, atlenktų strypų) f_{ywd} mažinamas dauginant iš darbo sąlygų koeficientų γ_{s1} ir γ_{s2} tokiais atvejais:

52.1. $\gamma_{s1} = 0,8$ – kai įvertinamas įtempių pasiskirstymas pagal skaičiuojamojo pjūvio ilgį;

52.2. $\gamma_{s2} = 0,9$ – strypinei armatūrai, jeigu jos skersmuo mažesnis nei 1/3 išilginės armatūros skersmens, taip įvertinant galimą trapų suvirinto sujungimo suirimą.

53. Iš anksto įtemptosioms gelžbetoninėms konstrukcijoms taikomi armatūros gamybos metodai, savybių rodikliai, bandymo ir tinkamumo sertifikavimo metodai yra apibrėžti atitinkamuose standartuose, skirtuose išankstinio įtempimo armatūros plienui.

Armatūros tempiamasis stipris (f_{pk}), sąlyginė takumo riba ($f_{p0,1k}$), santykis $f_{pk}/f_{p0,1k}$ ir pailgėjimas esant didžiausiai apkrovai (ε_{uk}) yra normuojami atitinkamų standartų bei nustatyti bandymais. Šie parametrai pateikiami charakteristinėmis reikšmėmis.

Fizinės savybės yra tokios pačios, kaip ir neįtemptosios armatūros

54. Vielų ir strypų tamprumo modulio vidutinė reikšmė yra $205 \cdot 10^3$ MPa. Tikroji reikšmė gali kisti nuo $195 \cdot 10^3$ iki $210 \cdot 10^3$ MPa ir priklauso nuo gamybos proceso.

Lynų tamprumo modulis $190 \cdot 10^3$ kN/mm². Tikroji reikšmė kinta nuo $175 \cdot 10^3$ iki $195 \cdot 10^3$ kN/mm² ir priklauso nuo gamybos proceso. Sertifikatuose turi būti nurodoma tamprumo modulio reikšmė.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

55. Armatūra turi būti atspari nuovargiui. Apie nuovargio reikalavimus nurodoma atitinkamuose standartuose. Ji taip pat turi būti mažai jautri įtempimų korozijai.

56. Skaičiuojamosios stiprio reikšmės yra gaunamos naudojantis idealizuotąja charakteristine diagrama, dalijant charakteristines stiprio reikšmes iš dalinio iš anksto įtemptosios armatūros patikimumo koeficiento γ_s (žr. 6 pav.).

57. Apskaičiuojant konstrukcijos pjūvį galima imti kurią nors iš šių prielaidų:

57.1. horizontali viršutinė skaičiuojamosios diagramos (žr. 6 pav.) tiesė ir iš anksto įtemptojo plieno stiprumas yra apribotas iki $f_{pd} = f_{p0,1} \gamma_s$ be jokios plieno deformacijos ribos, nors kai kuriais atvejais gali būti patogų ją riboti;

57.2. pasvirusi viršutinė tiesė su didėjančia deformacija apribota $\varepsilon_{ud} = 0,9\varepsilon_{uk}$. Jeigu žinoma $\sigma - \varepsilon$ kreivė, tai reikiamas reikšmės galima nustatyti pagal 6 paveikslą. Jei tikslų duomenų nėra, imti $\varepsilon_{ud} = 0,02$ ir $f_{p0,1k}/f_{pk} = 0,9$.

58. Armatūra turi būti reikiamo plastiškumo ilgėjant, kaip nustatyta standartuose. Skaičiuojant konstrukcijas, kai armatūra įtempama po betonavimo (į betoną), gali būti naudojama didelio plastiškumo armatūra, kai įtempama prieš betonavimą – normalaus plastiškumo. Armatūros sertifikatuose kartu su visomis reikalingomis charakteristikomis pateikiami ir duomenys apie relaksaciją. Tai būtina apskaičiuojant išankstinio įtempimo nuostolius.

III SKIRSNIS. IŠANKSTINIO ARMATŪROS ĮTEMPIMO NUOSTOLIAI

59. Apskaičiuojant iš anksto įtemptuosius elementus reikia įvertinti išankstinio armatūros įtempimo nuostolius. Išankstinių armatūros įtempimų dydžiai nustatomi pagal XII skyriaus nuostatas. Įtemptiant armatūrą į atsparas būtina įvertinti:

59.1. pirmuosius nuostolius, atsirandančius dėl inkarų deformacijos, armatūros trinties su atlenkiančiais įrenginiais, temperatūrų skirtumą, klotinių deformavimąsi (įtemptiant į klotinius atsparas), dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo;

59.2. antruosius nuostolius dėl betono susitraukimo ir valkšnumo.

9 lentelė

Išankstinio armatūros įtempimo nuostoliai

Veiksniai, sukeliantys išankstinio armatūros įtempimo nuostolius	Išankstinio įtempimo nuostolių dydžiai, MPa, įtemptiant armatūrą	
	į atsparas	į betoną
1	2	3
A. Pirmieji nuostoliai		
1. Armatūros įtempimų relaksacija: įtemptiant armatūrą mechaniniu būdu: a) vielinę, b) strypinę įtemptiant armatūrą elektroterminiu ir elektroterminiu-mechaniniu būdais: a) vielinę, b) strypinę	$\left(0,22 \frac{\sigma_p}{f_{pk}} - 0,1\right) \sigma_p,$ $0,1\sigma_p - 20$ $0,05\sigma_p,$ $0,03\sigma_p,$ čia σ_p – neįvertinus nuostolių, MPa. Jeigu apskaičiuotieji nuostolių dydžiai bus neigiami, juos reikia laikyti lygiais nuliui	 – – – –
2. Temperatūrų skirtumas (įtemptosios armatūros, esančios įkaitimo zonoje, ir įrenginio, atlaikančio įtempimo jėgą kaitinant (šildant) betoną, temperatūrų skirtumas)	C12/15 – C30/37 klasių betono $1,25\Delta t,$ $\geq$ C35/45 klasių betono $1,0\Delta t,$ čia Δt – temperatūros skirtumas tarp įtemptosios armatūros ir nepaslinkusių atsparų (už įkaitinimo zonos), atlaikančių tempimo jėgą, °C. Kai nėra tikslų duomenų, laikoma, kad $\Delta t = 65$ °C. Papildomai įtemptiant armatūrą terminio apdorojimo proceso metu iki dydžio, kompensuojančio nuostolius dėl temperatūrų skirtumo, pastarieji laikomi lygūs nuliui	–

3. Tempimo įrenginių inkarų deformacijos	$(\Delta l/l)E_s$, $\Delta l = 2 \text{ mm}$ – presuotų poveržlių apgniuždymas, pastorintų galų glemžimas ir pan., naudojant inventorinius inkarus $\Delta l = 1,25 + 0,15\phi$, ϕ – strypo skersmuo, mm; l – įtempiamo strypo ilgis (atstumas tarp atsparų išorinių pusių), mm. Įtemptiant elektroterminiu būdu dėl inkarų deformacijų atsiradę nuostoliai neįvertinami	$\frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{l} E_s$, čia $\Delta l_1 = 1 \text{ mm}$ – poveržlių ir plokštelių tarp inkarų ir elementų betono apgniuždymas; $\Delta l_2 = 1 \text{ mm}$ – inkarų griebtuvų, veržlių ir pan. deformacijos; l – įtempiamo strypo (elemento) ilgis, mm
4. Armatūros trintis: a) su kanalų sienelėmis arba konstrukcijų betono paviršiumi b) su atlenkiančiais įrenginiais	– $\sigma_p \left(1 - \frac{1}{e^{\delta \Theta}} \right)$, čia: e – natūrinio logaritmo pagrindas; $\delta = 0,25$; Θ – suminis armatūros ašies posūkio kampas; σ_p – nepaisant nuostolių	$\sigma_p \left(1 - \frac{1}{e^{wx + \delta \Theta}} \right)$, čia: e – natūrinio logaritmo pagrindas; w ir δ – koeficientai, surandami iš 10 lentelės; x – atstumas nuo įtempiamojo įrenginio iki skaičiuojamojo pjūvio, m; Θ – suminis armatūros ašies posūkio kampas, rad; σ_p – nepaisant nuostolių
5. Plieninio klojinio gaminant iš anksto įtemptąsias gelžbetonines konstrukcijas deformacija	$\eta \frac{\Delta l}{l} E_s$; čia: η – koeficientas, nustatomas pagal formules: armatūrą įtemptiant domkratu $\eta = \frac{n-1}{2n}$; armatūrą įtemptiant elektromechaniniu būdu armatūros vyniotuvu (50 % jėgos sudaro krūvis) $\eta = \frac{n-1}{4n}$; n – strypų grupių, įtempiamų ne kartu, skaičius; Δl – atsparų suartėjimas įtempimo jėgos P veikimo linijos linkme, nustatomas apskaičiuojant klojinio deformacijas; l – atstumas tarp atsparų išorinių pusių. Kai duomenų apie gamybos technologiją ir klojinio konstrukciją nėra, nuostoliai dėl jų deformacijos yra 30 MPa. Įtemptiant elektroterminiu būdu nuostoliai dėl klojinio deformacijos neįvertinami	–
6. Greitai pasireiškiantis betono valkšnumas	$\chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \right)$, kai $\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \leq \alpha$,	–

	$\chi \left(40\alpha + 85\beta \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} - \alpha \right) \right), \text{ kai}$ $\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} > \alpha,$ čia: α ir β – koeficientai $\alpha = 0,25 + 0,025f_{cp} \leq 0,8;$ $\beta = 5,25 - 0,185f_{cp} \quad \leq 2,5,$ $ \geq 1,1.$ σ_{cp} – įtempiai, nustatomi išilginės armatūros A_{p1} ir A_{p2} masės centrų lygyje, įvertinus nuostolius pagal šios lentelės 1–5 punktus; f_{cp} – charakteristinis kubinis betono stipris apspaudimo armatūra metu; χ – koeficientas: a) natūraliai kietėjusio betono $\chi = 1,0$ b) šildyto betono $\chi = 0,85.$ Lengvojo betono, kai $f_{cp} \leq 11$ MPa, daugiklis 40 pakeičiamas į 60	
--	--	--

B. Antrieji nuostoliai

7. Armatūros įtempių relaksacija:	–	$\left(0,22 \frac{\sigma_p}{f_{pk}} - 0,1 \right) \sigma_{sp},$
a) vielinės		
b) strypinės	–	$0,1\sigma_p - 20$ (žr. šios lentelės 1 punkto paaiškinimus)

8. Betono susitraukimas: sunkiojo:	Natūraliai kietėjusio betono	Betono, šildyto esant atmosferos slėgiui	Neatsižvelgiant į betono kietėjimo sąlygas
a) C30/37 klasė,	50	40	35
b) C35/45 ir aukštesnių klasių smulkiagrūdžio:	60	50	40
c) A grupė,	Nuostoliai nustatomi pagal šios lentelės 8 a, b punktus, padauginus iš 1,3.		40
d) B grupė	Nuostoliai nustatomi pagal šios lentelės 8 a punktą, padauginus iš 1,5.		50
lengvojo su smulkiais užpildais:			
e) tankiais	50	45	40
f) poringais	70	60	50

9. Betono valkšnumas (žr. Reglamento 60 punktą): a) sunkiojo ir lengvojo su tankiais smulkiais užpildais b) smulkiagrūdžio: A grupė B grupė c) lengvojo su poringais lengvaisiais užpildais	$150\chi \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}}, \text{ kai } \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \leq 0,75;$ $300\chi \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} - 0,375 \right), \text{ kai } \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} > 0,75,$ čia: σ_{cp} – tas pats kaip šios lentelės 6 punkte, įvertinus nuostolius pagal 1–6 punktus; χ – koeficientas: natūraliai kietėjusio betono $\chi = 1,0$; betono, šildyto esant atmosferos slėgiui $\chi = 0,85$. Nuostoliai nustatomi pagal šios lentelės 9 a punktą, padauginus iš 1,3. Nuostoliai nustatomi pagal šios lentelės 9 a punktą, padauginus iš 1,5. Nuostoliai nustatomi pagal šios lentelės 9 a punktą, padauginus iš 1,2.	
10. Betono glemžimas po spiralinės arba žiedinės armatūros vijomis (kai konstrukcijos skersmuo iki 3 m)	–	$70 - 0,22\phi_{ext}$, čia ϕ_{ext} – konstrukcijos išorinis skersmuo, cm
11. Sandūrų tarp blokų apgniuždymo deformacijos (konstrukcijoms iš blokų)	–	$\frac{n \Delta l}{l} E_s$, čia: n – konstrukcijos siūlių skaičius, įtempiamas armatūros ilgyje; Δl – sandūros apgniuždymas; 0,3 mm, kai jos užpildomos betonu; 0,5 m – kai sandūra sausa; l – įtempiamas armatūros ilgis, mm

Lentelės pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

Pastaba. Įtemptosios A_{p2} armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai nustatomi taip pat, kaip A_{p1} armatūros.

Pastabos pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

60. Nustatant išankstinio įtempimo nuostolius dėl betono susitraukimo ir valkšnumo pagal 8 ir 9 poz., nurodytas 9 lentelėje, būtina atsižvelgti į nurodymus:

60.1. esant iš anksto žinomam konstrukcijos apkrovimo laikui, nuostolius reikia dauginti iš $\mu(t)$ koeficiento, nustatomo pagal formulę

$$\mu(t) = \frac{4t}{100 + 3t}, \quad (7.19)$$

čia t – laikas paromis, nustatant nuostolius: 1) dėl valkšnumo apskaičiuojamas nuo betono gniuždymo dienos; 2) dėl betono susitraukimo – nuo betonavimo dienos;

10 lentelė

Koeficientų ω ir δ reikšmės

Kanalas arba paviršius	Nuostolių dėl armatūros trinties nustatymo koeficientai (žr. 9 lentelės 4 punktą)		
	ω	δ esant armatūros rūšiai (tipui)	
		lynai	rumbuotieji strypai
1. Kanalas, kurio:			
– metalinis paviršius	0,0030	0,35	0,40
– betoninis paviršius, padarytas standžiuoju kanalo sudarytuvu	0	0,55	0,65
– tas pats lanksčiuoju kanalo sudarytuvu	0,0015	0,55	0,65
2. Betoninis paviršius	0	0,55	0,65

60.2. konstrukcijoms, naudojamoms mažesnės kaip 40 % drėgmės sąlygomis, nuostoliai didinami 25 %, išskyrus konstrukcijas, pagamintas iš sunkiojo ir smulkiagrūdžio betono ir neapsaugotas nuo saulės spinduliavimo, kai nuostoliai didinami 50 %.

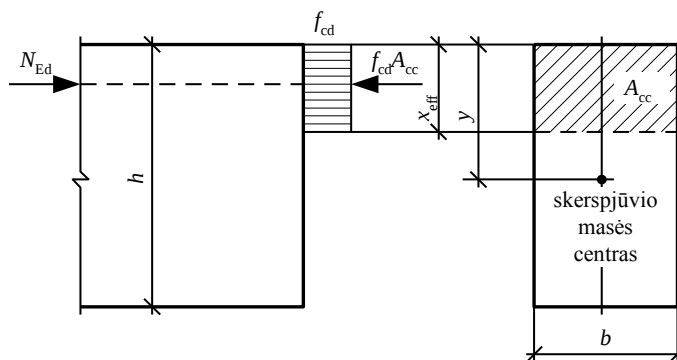
60.3. nuostoliams nustatyti leidžiami ir tikslesni apskaičiavimo metodai, kurie yra nustatyta tvarka pagrįsti, jeigu yra žinoma cemento rūšis, betono sudėtis, konstrukcijų pagaminimo ir naudojimo sąlygos ir pan.

VIII SKYRIUS. BETONINIŲ IR GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS SAUGOS RIBINIAM BŪVIUI

I SKIRSNIS. BETONINIŲ ELEMENTŲ STIPRUMO APSKAIČIAVIMAS

61. Apskaičiuojamas betoninių elementų statmeno išilginei ašiai pjūvio stiprumas. Atsižvelgiant į elemento darbo sąlygas, stiprumas apskaičiuojamas įvertinant arba neįvertinant skerspjūvio tempiamąją zoną.

Apskaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius elementus, esant mažam ekscentricitetui, daroma prielaida, kad ribinis būvis pasiekiamas suirus skerspjūvio gniuždomosios zonos betonui. Todėl skerspjūvio tempiamosios zonos betonas neįvertinamas. Taip pat daroma prielaida, kad gniuždomojo betono stipris sąlygiškai yra lygus įtempiams f_{cd} , tolygiai pasiskirsčiusiems sąlyginėje gniuždomojoje zonoje (žr. 7 pav.), kuri sutrumpintai vadinama skerspjūvio gniuždomąja zona.



7 pav. Ekscentriškai gniuždomojo betoninio elemento, apskaičiuojamo neįvertinant skerspjūvio tempiamosios zonos įtakos, statmeno išilginei ašiai pjūvio skaičiuotinė schema

62. Apskaičiuojant gniuždomuosius betoninius elementus su dideliais ekscentricitetais, taip pat lenkiamuosius betoninius elementus, kai jų suirimas nekelia pavojaus, taip pat elementus, kuriuose dėl naudojimo reikalavimų negali būti plyšių (vandens slėgio veikiamų elementų, karnizų, parapetų ir kt.), yra įvertinamas skerspjūvio tempiamosios zonos betono darbas. Daroma prielaida, kad ribinis būvis yra pasiekiamas skerspjūvio tempiamojoje zonoje atsivėrus plyšiams. Šiuo atveju stipris apskaičiuojamas įvertinant šias prielaidas (žr. 8 pav.):

62.1. deformuojantis elementui pjūviai išlieka plokšti;

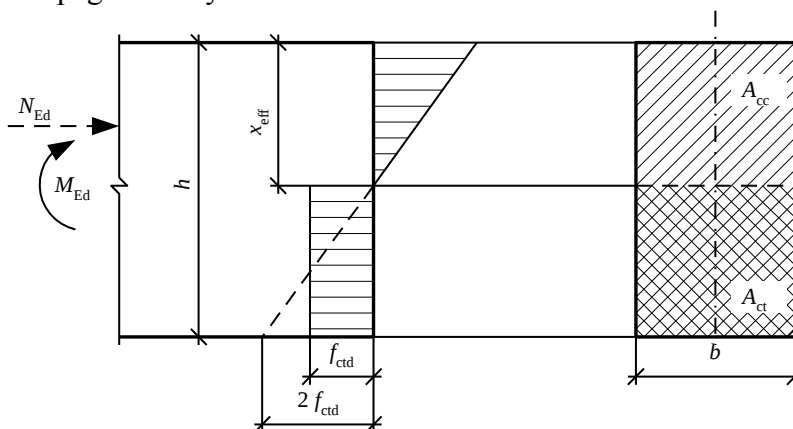
62.2. labiausiai tempiamo skerspjūvio sluoksnio didžiausia santykinė deformacija lygi $2f_{ctd}/E_{cm}$;

62.3. skerspjūvio gniuždomosios zonos betono įtempiai apskaičiuojami neįvertinant plastinių deformacijų (tam tikrais atvejais įvertinant);

62.4. tempiamosios zonos įtempiai per visą jos aukštį pasiskirstę tolygiai ir lygūs f_{ct} .

Tais atvejais, kai betoniniame elemente yra galimybė atsirasti įstrižiesiems plyšiams (pvz., dvitėjo arba tėjinio skerspjūvio elementai, kuriuose sukeliamos skersinės jėgos), jis apskaičiuojamas tikrinant (14.19) ir (14.20) sąlygas. Šiose formulėse betono stipriai f_{ck} ir f_{ctk} yra keičiami atitinkamais skaičiuotiniais stipriais f_{cd} ir f_{ctd} .

Betoniniai elementai turi būti apskaičiuojami vietiniam apkrovos poveikiui (glemžimui). Skaičiavimai atliekami pagal IX skyriaus reikalavimus.



8 pav. Ekscentriškai gniuždomųjų ir lenkiamųjų betoninių elementų, apskaičiuojamų įvertinant skerspjūvio tempiamosios zonos įtaką, skaičiuotinė schema

63. Apskaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius betoninius elementus, turi būti įvertintas atsitiktinis ekscentricitetas e_a . Visais atvejais jis imamas ne mažesnis kaip $1/600$ elemento ilgio ir $1/30$ skerspjūvio aukščio. Be to, skaičiuojant surenkamąsias elementų konstrukcijas reikia įvertinti galimą elementų pasislinkimą vienas kito atžvilgiu.

Statiškai nesprenžiamų konstrukcijų elementų jėgos pridėjimo ekscentricitetas masės centro atžvilgiu e_0 yra nustatomas pagal statinių skaičiavimų rezultatus, tačiau turi būti ne mažesnis už atsitiktinį ekscentricitetą e_a . Statiškai sprenžiamų konstrukcijų elementuose ekscentricitetas e_0 yra lygus statiniais skaičiavimais apskaičiuoto ekscentriciteto ir atsitiktinio ekscentriciteto sumai.

Būtina įvertinti ašinės jėgos veikimo plokštumoje atsirandančio įlinkio įtaką liaunų elementų, kurių $l_0/i > 14$, stiprumui. Įlinkis įvertinamas ekscentricitetą e_0 dauginant iš koeficiento η (žr. Reglamento 66 p.). Apskaičiuojant elemento stiprumą statmenoje ekscentriciteto buvimo plokštumoje, daroma prielaida, kad dydis e_0 yra lygus atsitiktiniam ekscentricitetui.

Ekscentriškai gniuždomieji elementai negali būti betoniniai (išskyrus Reglamento 62 p. nurodytus atvejus), kai išilginės jėgos veikimo ekscentricitetas, įvertinant įlinkį, yra didesnis už:

63.1. atsižvelgiant į apkrovų derinius: esant pagrindiniams deriniams – 0,9y; esant ypatingajam deriniui – 0,95y.

63.2. atsižvelgiant į betono klasę ir rūšį: sunkiajam, smulkiagrūdžiam ir lengvajam betonui, kai klasė didesnė kaip C8/10 – y–1; kitų rūšių ir klasių betonams – y–2 (čia y – atstumas nuo skerspjūvio centro iki labiausiai gniuždomo betono sluoksnio, cm).

64. Ekscentriškai gniuždomiesiems elementams, nurodytiems 275 skirsnyje, būtina numatyti konstrukcinę armatūrą.

65. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų (žr. 7 pav.) stiprumas pakankamas, jeigu atitinka nelygbę

$$N_{Ed} \leq f_{cd} \cdot A_{cc}, \quad (8.1)$$

čia A_{cc} – elemento gniuždomosios zonos betono plotas, nustatomas darant prielaidą, kad jos masės centras sutampa su išorinių jėgų atstojamosios pridėties tašku.

Stačiakampio skerspjūvio elementams A_{cc} apskaičiuojamas taip:

$$A_{cc} = b \cdot h \left(1 - \frac{2 \cdot e_0 \cdot \eta}{h} \right). \quad (8.2)$$

Ekscentriškai gniuždomieji elementai, kuriuose neleidžiama plyšiams susidaryti, nepaisant 8.1 nelygybės, turi būti apskaičiuojami įvertinant skerspjūvio tempiamosios zonos betono įtaką (žr. Reglamento 62 punktą ir 8 pav.) pagal nelygbę

$$N_{Ed} \leq \frac{f_{ctd} \cdot W_{pl}}{e_0 \cdot \eta - r}. \quad (8.3)$$

Stačiakampio skerspjūvio elementams 8.3 formulė įgyja tokią formą

$$N_{Ed} \leq \frac{1,75 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot h}{\frac{6 \cdot e_0 \cdot \eta}{h} - \varphi}. \quad (8.4)$$

(8.1)–(8.4) formulėse nurodyti dydžiai yra:

η – koeficientas, apskaičiuojamas pagal (8.8) formulę;

W_{pl} – skerspjūvio atsparumo momentas, apskaičiuojamas skerspjūvio labiausiai tempiamo sluoksnio atžvilgiu, įvertinant plastines tempiamojo betono deformacijas ir darant prielaidą, kad nėra išilginės jėgos

$$W_{pl} = \frac{2I_{co}}{h - x} + S_{co}, \quad (8.5)$$

r – atstumas nuo skerspjūvio centro iki skerspjūvio branduolio taško, labiausiai nutolusio nuo tempiamosios zonos:

$$r = \varphi \frac{W}{A}. \quad (8.6)$$

φ – žr. Reglamento 164 p.

Neutraliosios ašies padėtis apskaičiuojama pagal sąlygą

$$S_{co,2} = \frac{(h-x)A_{ct}}{2}. \quad (8.7)$$

66. Koeficiento η , įvertinančio ašinės jėgos ekscentriciteto e_0 padidėjimą dėl įlinkio, vertė apskaičiuojama pagal formulę

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}}, \quad (8.8)$$

čia N_{crit} – sąlyginė kritinė jėga. Sąlyginė kritinė jėga apskaičiuojama taip:

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm} I_c}{\varphi_1 \cdot l_0^2} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right), \quad (8.9)$$

čia φ_1 – koeficientas, įvertinantis ilgalaikių poveikių įtaką elemento įlinkiui ribiniame būvyje:

$$\begin{cases} \varphi_1 = 1 + \beta \frac{M_{Ed,1}}{M_{Ed}}; \\ \varphi_1 \leq 1 + \beta, \end{cases} \quad (8.10)$$

čia:

β – koeficientas, įvertinantis betono rūšį ir nustatomas pagal 11 lentelę;

M_{Ed} – nuolatinių ir kintamųjų poveikių sukeltas momentas, apskaičiuotas skerspjūvio labiausiai tempiamo arba labiausiai gniuždomo sluoksnio atžvilgiu;

$M_{Ed,1}$ – nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių sukeltas momentas, apskaičiuotas skerspjūvio labiausiai tempiamo arba labiausiai gniuždomo sluoksnio atžvilgiu;

l_0 – nustatomas pagal 12 lentelę;

$$\begin{cases} \delta_e = \frac{e_0}{h}, \\ \delta_e \geq \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd}. \end{cases} \quad (8.11)$$

8.11 formulėje f_{cd} reikšmė yra MPa.

11 lentelė

Koeficiento β (8.10 formulė) reikšmės

Betonas	β
1. Sunkusis	1,0
2. Smulkiagrūdis:	
A grupės	1,3
B grupės	1,5
3. Lengvasis:	
kai stambūs užpildai dirbtini, o smulkūs	
– tankūs	1,0
– poringi	1,5

12 lentelė

Ekscentriškai gniuždomųjų elementų skaičiuotinis ilgis

Sienų ir kolonų atrėmimo būdas	Ekscentriškai gniuždomųjų elementų skaičiuotinis ilgis l_0
1. Atremtos apačioje ir viršuje:	
a) abu galai atremti šarnyriškai	l
b) vienas elemento galas įtvirtintas standžiai ir galimas atramų pasislinkimas:	
– daugiatarpatramis pastatas	1,25 l
– vieno tarpatramio pastatas	1,50 l
2. Laisvai stovinčios	2,00 l

Pastaba. l – sienos (kolonos) vieno aukšto aukštis, atmetus perdangos plokštės storį, arba laisvai stovinčios konstrukcijos aukštis.

Jeigu apskaičiuoti lenkimo momentai (arba ekscentricitetai), įvertinant visus poveikius ir nuolatinis bei tariamai nuolatinis poveikius, yra skirtingų ženklų, tai visos apkrovos sukeliamam ekscentricitetui e_0 viršijus $0,1h$, koeficientas $\varphi_1 = 1,0$. Jeigu ši sąlyga neatitinka, tai $\varphi_1 = \varphi_{1,1} + 10(1 - \varphi_{1,1}) \frac{e_0}{h}$. Koeficientas $\varphi_{1,1}$ apskaičiuojamas pagal (8.10) formulę, nuolatinių ir kintamųjų poveikių sukeltą išilginę jėgą padauginus iš atstumo nuo skerspjūvio centro iki skerspjūvio tempiamojo arba mažiausiai gniuždomo sluoksnio, kai elementą veikia nuolatiniai ir tariamai nuolatiniai poveikiai.

67. Betoninių elementų vietinis gniuždomasis (glemžiamasis) stipris tikrinamas pagal IX skyriaus nurodymus.

68. Lenkiamieji betoniniai elementai apskaičiuojami tikrinant sąlygą

$$M \leq f_{ctd} \cdot W_{pl}, \quad (8.12)$$

čia:

f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris, nustatomas įvertinant patikimumo koeficientą $\gamma_c = 1,8$;

W_{pl} – apskaičiuojamas pagal (8.5) formulę. Stačiakampio skerspjūvio elementams W_{pl} gali būti apskaičiuojamas taip:

$$W_{pl} = \frac{b h^2}{3,5}. \quad (8.13)$$

II SKIRSNIS. BENDRIEJI GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ STATMENOJO PJŪVIO STIPRUMO APSKAIČIAVIMO NURODYMAI

69. Gelžbetoninių elementų stiprumas turi būti tikrinamas statmenajame išilginei ašiai pjūvyje ir įstrižajame labiausiai pavojingame pjūvyje. Sukimo momentams veikiant elementą reikia tikrinti erdvinių pjūvių, tempiamoje zonoje apribotų labiausiai pavojingos krypties spiraliniu plyšiu, stiprumą. Be to, reikia patikrinti atsparumą vietiniams poveikiams (glemžimui, praspaudimui, atplėšimui).

70. Statmenojo išilginei elemento ašiai pjūvio stiprumas apskaičiuojamas darant šias prielaidas:

70.1. tempiamojo betono stipris lygus nuliui;

70.2. gniuždomojo betono stipris yra lygus įtempiams f_{cd} ir visoje gniuždomoje zonoje yra pastovus;

70.3. armatūros deformacijos (įtempiai) nustatomos atsižvelgiant į skerspjūvio gniuždomosios zonos aukštį, įvertinant išankstinio įtempimo deformacijas (įtempius);

70.4. tempiamosios armatūros tempimo įtempiai yra ne didesni už skaičiuotinį armatūros tempiamąjį stiprį f_{yd} ;

70.5. gniuždomosios armatūros gniuždymo įtempiai yra ne didesni už skaičiuotinį armatūros gniuždomąjį stiprį f_{scd} .

71. Kai išorinės jėgos veikia skerspjūvio simetrijos ašies plokštumoje, o armatūra sutelkta statmenuose nurodytai plokštumai elemento skerspjūvio kraštuose, statmenųjų elemento išilginei ašiai pjūvių stiprumas apskaičiuojamas atsižvelgiant į elemento gniuždomosios zonos santykinio aukščio $\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d}$, apskaičiuoto iš atitinkamų pusiausvyros sąlygų, ir elemento gniuždomosios zonos santykinio aukščio ξ_{lim} (žr. Reglamento 72 p.) santykį, kuriam esant elementas ribinį būvį pasiekia tempiamosios armatūros įtempiams pasiekus reikšmę, lygią skaičiuotiniam armatūros stipriui f_{yd} .

72. Elemento gniuždomosios zonos santykinis aukštis ξ_{lim} apskaičiuojamas pagal formulę

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}, \quad (8.14)$$

čia ω – betono gniuždomosios zonos charakteristika.
Ši charakteristika apskaičiuojama pagal formulę

$$\omega = \alpha - 0,008 f_{cd}, \quad (8.15)$$

čia:

α – koeficientas, įvertinantis betono rūšį:

sunkiajam betonui – 0,85;

smulkiagrūdžiam betonui: A grupės – 0,80; B grupės – 0,75;

lengvajam betonui – 0,80;

f_{cd} – skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris, MPa;

$\sigma_{s,lim}$ – armatūros įtempiai, MPa, atsižvelgiant į armatūros takumo ribą:

$\sigma_{s,lim} = f_{yd} - \sigma_p$, kai takumo įtempiai ≤ 400 MPa;

$\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - \sigma_p - \Delta\sigma_p$, kai strypinė armatūra ir jos takumo įtempiai > 400 MPa;

$\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - \sigma_p$, kai naudojama stiprioji viela arba lynai;

čia:

f_{yd} – skaičiuotinis armatūros tempiamasis stipris;

σ_p – įtempiai įvertinant koeficientą $\gamma_p < 1,0$;

$\Delta\sigma_p$ – žr. 1 priedą;

$\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai. Kai konstrukcijos gaminamos iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono – $\sigma_{sc,lim} = 500$ MPa. Apskaičiuojant konstrukcijų stiprį išankstinio apspaudimo metu $\sigma_{sc,lim} = 330$ MPa.

73. Apskaičiuojant gelžbetoninius elementus, armuotus stipriąja armatūra ($\sigma_y > 550$ MPa), kai $\xi_{eff} < \xi_{lim}$, skaičiuotinis armatūros stipris f_{yd} dauginamas iš koeficiento γ_{sy} :

$$\gamma_{sy} = \eta - (\eta - 1) \left(2 \frac{\xi_{eff}}{\xi_{lim}} - 1 \right) \leq \eta, \quad (8.16)$$

čia:

$\eta = 1,2$, kai strypinės armatūros plieno takumo riba ≤ 750 MPa;

$\eta = 1,15$, kai strypinės armatūros plieno takumo riba > 750 MPa, ≤ 950 MPa, bei stipriajai vielai ir lynams;

$\eta = 1,10$, kai strypinės armatūros plieno takumo riba > 950 MPa.

Apskaičiuojant centriškai tempiamuosius elementus ir ekscentriškai tempiamuosius elementus, kai išilginė jėga yra tarp armatūros įtempių atstojamųjų jėgų, koeficientas $\gamma_{sy} = \eta$.

Jeigu elemento pjūviuose, kuriuose lenkimo momentas $M_{Ed} > 0,9 M_{Ed,max}$ ($M_{Ed,max}$ – didžiausias skaičiuotinis elemento lenkimo momentas), armatūra yra suvirinta, tai koeficiento γ_{sy} reikšmės:

$\gamma_{sy} \leq 1,10$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai $\sigma_y \leq 800$ MPa;

$\gamma_{sy} \leq 1,05$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai $\sigma_y > 800$ MPa.

Koeficientas γ_{sy} neįvertinamas, kai:

73.1. veikia daugkartinės apkrovos;

73.2. elementas armuotas stipriąja viela, kuri išdėstyta be tarpų (vielos susiliečia);

73.3. elementai naudojami agresyvioje aplinkoje.

Punkto pakeitimai:

74. Gniuždomojoje zonoje esančios iš anksto įtemptosios armatūros skaičiuotinis gniuždomasis stipris f_{scd} , veikiant išorės apkrovoms arba betono gniuždymo metu (jai sukibus su betonu) (žr. Reglamento 75, 76, 79, 86 p.), turi būti pakeistas įtempiais σ_{sc} , lygiais $(\sigma_{sc,lim} - \sigma_{p2})$, MPa, bet ne didesniais už f_{scd} . Įtempiai σ_{p2} apskaičiuojami su koeficientu $\gamma_p > 1,0$. $\sigma_{sc,lim}$ imamas pagal Reglamento 72 p. nurodymus.

III SKIRSNIS. STAČIAKAMPIO, TĖJINIO, DVITĖJO IR APVALIOJO SKERSPJŪVIO LENKIAMŲJŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS

75. Stačiakampio skerspjūvio lenkiamieji elementai, atitinkantys Reglamento 71 p. (9 pav.), kai $\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d} \leq \xi_{lim}$, yra apskaičiuojami tikrinant sąlygą

$$M_{Ed} \leq f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{scd} \cdot A_{s2} (d - a_2). \quad (8.17)$$

Gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} apskaičiuojamas taip:

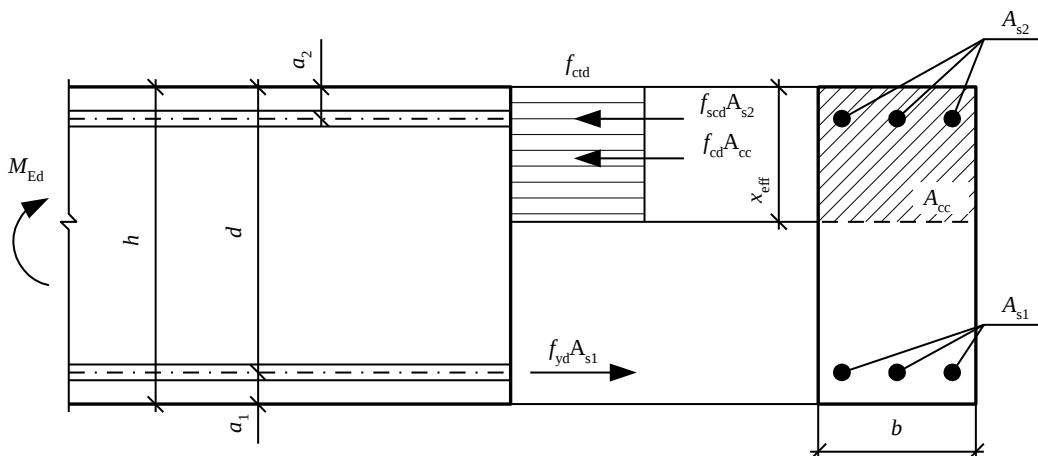
$$f_{yd} A_{s1} - f_{scd} A_{s2} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}. \quad (8.18)$$

76. Gniuždomojoje zonoje gelžbetoniniai elementai, turintys lentyną, kai $\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d} \leq \xi_{lim}$, yra apskaičiuojami atsižvelgiant į neutraliosios ašies padėtį:

76.1. jeigu neutralioji ašis yra lentynoje (žr. 10 a pav.), t. y. galioja nelygybė

$$f_{yd} A_{s1} \leq f_{cd} b_{eff} h_f + f_{scd} A_{s2}, \quad (8.19)$$

elementą apskaičiuojame kaip b_{eff} pločio stačiakampio skerspjūvio elementą (žr. Reglamento 75 p.).



9 pav. Stačiakampio skerspjūvio lenkiamųjų elementų statmenojo pjūvio stiprio skaičiuotinė schema

76.2. jeigu neutralioji ašis yra sienelėje (žr. 10 b pav.), t. y. negalioja (8.19) nelygybė, elementas apskaičiuojamas nagrinėjant sąlygą

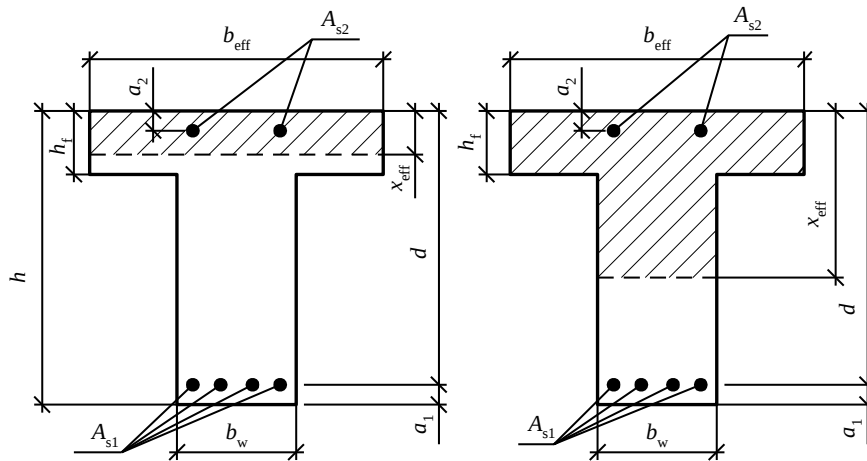
$$M_{Ed} \leq f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{cd} (b_{eff} - b_w) h_f (d - 0,5 h_f) + f_{scd} A_{s2} (d - a_2). \quad (8.20)$$

Gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas nagrinėjant lygtį

$$f_{yd} \cdot A_{s1} - f_{scd} A_{s2} = f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} + f_{cd} (b_{eff} - b_w) h_f. \quad (8.21)$$

Skaičiuotinis tęjinio skerspjūvio elemento lentynos plotis į abi puses nuo briaunos turi būti ne didesnis kaip 1/6 elemento ilgio ir ne didesnis kaip: $\frac{1}{2}$ atstumo tarp išilginių briaunų, kai tarp išilginių briaunų yra skersinės briaunos arba $h_f \geq 0,1h$; $6h_f$, kai skersinių briaunų nėra arba jos išdėstytos atstumu, didesniu už atstumą tarp išilginių briaunų ir $h_f < 0,1h$; lentynoms esant gembinėmis iškyšomis $6h_f$, kai $h_f \geq 0,1h$, $3h_f'$, kai $0,05h \leq h_f < 0,1h$; lentynos nevertinamos, kai $h_f < 0,05h$.

77. Apskaičiuojant lenkiamųjų elementų stiprumą $x_{eff} \leq \xi_{lim} d$. Jeigu atsižvelgiant į konstravimo arba tinkamumo ribinio būvio reikalavimus tempiamasis armatūros kiekis yra didesnis, nei reikalauja sąlyga $x_{eff} \leq \xi_{lim} d$, skaičiuojama pagal bendrojo apskaičiavimo atvejo formules (žr. 1 priedą).



10 pav. Tęjinio skerspjūvio lenkiamojo elemento neutralioji ašis lentynoje (a) arba sienelėje (b)

Jeigu gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} , apskaičiuotas pagal (8.18) arba (8.21) formules, yra $x_{eff} > \xi_{lim} d$, pakartotinai apskaičiuojant gniuždomosios zonos aukštį pasitelkiama viena iš formulių:

$$\sigma_s A_{s1} - f_{scd} A_{s2} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}; \quad (8.22)$$

$$\sigma_s A_{s1} - f_{scd} A_{s2} = f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} + f_{cd} (b_{eff} - b_w) h_f, \quad (8.23)$$

čia:

$$\sigma_s = \frac{0,2 + \xi_{lim}}{0,2 + \xi_{eff} + 0,35 \frac{\sigma_p}{f_{yd}} \left(1 - \frac{\xi_{eff}}{\xi_{lim}} \right)} f_{yd}. \quad (8.24)$$

(8.24) formulėje $\xi_{eff} = x_{eff}/d$, čia x_{eff} apskaičiuojama su f_{yd} . Įtempiai σ_p apskaičiuojami įvertinant koeficientą $\gamma_p > 1,0$.

Gelžbetoninius elementus, kurių betonas yra C25/30 arba žemesnės klasės, armatūra silpna arba vidutinio stiprumo, esant $x_{eff} > \xi_{lim} d$, galima apskaičiuoti į (8.17) arba (8.20) formulę įrašant gniuždomosios zonos aukštį $x_{eff} = \xi_{lim} d$.

IV SKIRSNIS. STAČIAKAMPIO IR ŽIEDINIO SKERSPJŪVIO EKSCENTRIŠKAI GNIUŽDOMŲJŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS

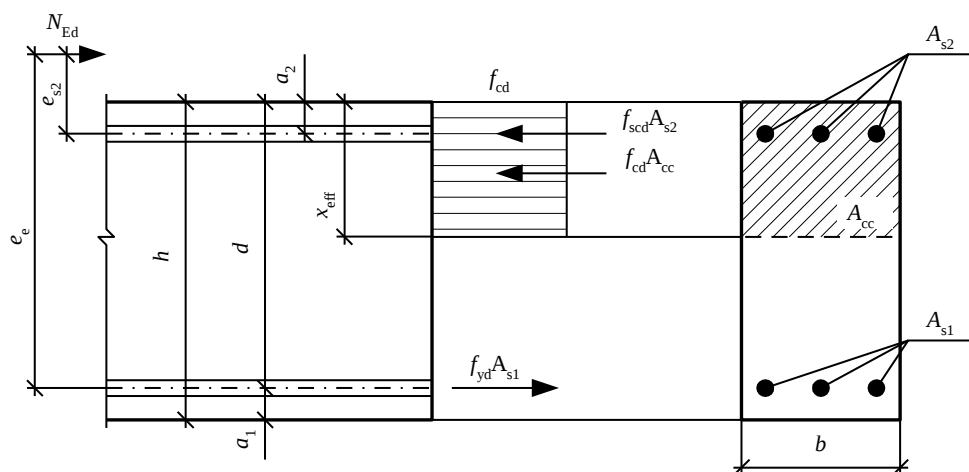
78. Ekscentriškai gniuždomieji elementai yra apskaičiuojami pagal Reglamento 63 p. nurodymus, įvertinant pradinį atsitiktinį ekscentricitetą ir pagal Reglamento 83 p. nurodymus įlinkio įtaką elementų stiprumui.

79. Stačiakampio skerspjūvio ekscentriškai gniuždomieji elementai, nurodyti Reglamento 71 p., apskaičiuojami taip:

$$79.1. N_{Ed} e_e \leq f_{cd} b x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{sc,d} A_{s2} (d - a_2). \quad (8.25)$$

Šiuo atveju, kai $\xi_{eff} = x_{eff}/d \leq \xi_{lim}$ (žr. 11 pav.), gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} apskaičiuojamas pagal sąlygą

$$N_{Ed} + f_{yd} A_{s1} - f_{scd} A_{s2} = f_{cd} b x_{eff}; \quad (8.26)$$



11 pav. Ekscentriškai gniuždomųjų gelžbetoninių elementų statmenojų pjūvio stiprumo skaičiuotinė schema

79.2. jeigu $\xi_{\text{eff}} = x_{\text{eff}}/d > \xi_{\text{lim}}$, tikrinama (8.25) nelygybė, tačiau gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas pagal lygtį

$$N_{\text{Ed}} + \sigma_s A_{s1} - f_{\text{scd}} A_{s2} = f_{\text{cd}} b x_{\text{eff}}, \quad (8.27)$$

kai elemento betono klasė ne aukštesnė kaip C25/30, o armatūra iš anksto neįtempta, strypinė ir jos takumo įtempiai σ_{yk} arba $\sigma_{0,2k}$ yra ne didesni kaip 400 MPa.

$$\sigma_s = \left(2 \frac{1 - x_{\text{eff}}/d}{1 - \xi_{\text{lim}}} - 1 \right) f_{yd}. \quad (8.28)$$

Kai elemento betono klasė yra didesnė nei C25/30 arba elemento išilginės armatūros takumo įtempiai σ_{yk} arba $\sigma_{0,2k}$ yra didesni nei 400 MPa (neįtempta arba iš anksto įtempta), gniuždomasis zonos aukštis apskaičiuojamas taikant 1 priedo (2), (3) arba (4) formules.

80. Žiedinio skerspjuvio ekscentriškai gniuždomųjų elementų stiprumas, kai vidinio ir šoninio paviršių spindulių santykis $r_1/r_2 \geq 0,5$ ir armatūra yra tolygiai išdėstyta visame apskritime (ne mažiau kaip 6 išilginiai strypai), apskaičiuojamas tikrinant nelygybę:

$$N_{\text{Ed}} \cdot e_0 \leq (f_{\text{cd}} A_c \cdot r_m + f_{\text{scd}} A_{s,\text{tot}} \cdot r_s) \frac{\sin \pi \cdot \xi_{\text{cir}}}{\pi} + f_{yd} A_{s,\text{tot}} \varphi_s z_s. \quad (8.29)$$

Gniuždomosios zonos santykinis plotas apskaičiuojamas taip:

$$\xi_{\text{cir}} = \frac{N_{\text{Ed}} + (\sigma_p + \omega_1 f_{yd}) A_{s,\text{tot}}}{f_{\text{cd}} A_c + (f_{\text{scd}} + \omega_2 f_{yd}) A_{s,\text{tot}}}. \quad (8.30)$$

Jeigu pagal (8.30) formulę apskaičiuota $\xi_{\text{cir}} < 0,15$, gniuždomosios zonos santykinis plotas ξ_{cir} yra apskaičiuojamas taip:

$$\xi_{\text{cir}} = \frac{N_{\text{Ed}} + (\sigma_p + \varphi_s f_{\text{yd}}) A_{\text{s,tot}}}{f_{\text{cd}} A_c + f_{\text{scd}} A_{\text{s,tot}}}. \quad (8.31)$$

Dydžiai φ_s ir z_s apskaičiuojami (8.32), (8.33) formulėmis, darant prielaidą, kad $\xi_{\text{cir}} = 0,15$.
Čia:

r_m – išorinio ir vidinio paviršių spindulių vidurkis;

r_s – apskritimo, nubrėžto per išilginės armatūros centrus, spindulys;

$A_{\text{s,tot}}$ – visas išilginės armatūros skerspjūvių plotas;

z_s – atstumas nuo tempiamosios armatūros masės centro iki elemento skerspjūvio centro:

$$\left. \begin{aligned} z_s &= (0,2 + 1,3\xi_{\text{cir}}) r_s, \\ z_s &\leq r_s. \end{aligned} \right\} \quad (8.32)$$

Koeficientai φ_s , ω_1 ir ω_2 apskaičiuojami taip:

$$\varphi_s = \omega_1 - \omega_2 \cdot \xi_{\text{cir}}, \quad (8.33)$$

$$\omega_1 = \eta_r - \frac{\sigma_p}{f_{\text{yd}}}, \quad (8.34)$$

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \delta, \quad (8.35)$$

čia η_r – koeficientas, kuris yra lygus:

1,0 – kai strypinės armatūros takumo riba yra iki 400 MPa;

1,1 – kai armatūros takumo riba yra didesnė nei 400 MPa;

$$\delta = 1,5 + 6f_{\text{yd}} \cdot 10^{-4}, \quad (8.36)$$

čia f_{yd} , MPa.

Jeigu pagal (8.33) formulę apskaičiavus $\varphi_s \leq 0$, tai į (8.29) formulę įrašoma $\varphi_s = 0$ ir ξ_{cir} apskaičiuojama pagal (8.30) formulę, darant prielaidą, kad $\omega_1 = \omega_2 = 0$.

81. Ištisinio skerspjūvio gelžbetoniniai elementai, pagaminti iš įprasto sunkiojo arba smulkiagrūdžio betono, įvertinant skersinį armavimą, yra apskaičiuojami pagal Reglamento 79 p., 1

ir 3 priedų nurodymus. Apskaičiuojant įvertinamas tik armatūros tinklo arba spiralės kraštinių strypų apriboto betono plotas A_{eff} . (8.25), (8.26), (8.27) formulių dydis f_{yd} keičiamas $f_{cd, \text{eff}}$ dydžiu, o esant stipriajai išilginei armatūrai f_{scd} , keičiamas $f_{sc, \text{eff}}$ reikšme.

Įvertinant elemento skersinį armavimą, liaunis $\lambda = l_0/i_{\text{eff}}$ turi būti:

81.1. $\lambda = l_0/i_{\text{eff}} \leq 55$, kai elementas armuotas tinklais;

81.2. $\lambda = l_0/i_{\text{eff}} \leq 35$, kai elementas armuotas spiralėmis,

čia i_{eff} – apskaičiuojant įvertinamos skerspjūvio dalies inercijos spindulys.

Kai elementas armuotas suvirintiniais skersiniais tinklais, dydis $f_{cd, \text{eff}}$ apskaičiuojamas:

$$f_{cd, \text{eff}} = f_{cd} + \varphi \cdot \rho_{xy} f_{yd, xy}, \quad (8.37)$$

čia $f_{yd, xy}$ – tinklo armatūros skaičiuotinis stipris;

$$\rho_{xy} = \frac{n_x A_{sx} l_x + n_y A_{sy} l_y}{A_{\text{eff}} \cdot s_n}, \quad (8.38)$$

čia:

n_x, n_y – tinklo armatūros strypų skaičius skerspjūvio x ir y ašių kryptimi;

A_{sx}, A_{sy} – tinklo vieno armatūros strypo skerspjūvio plotas skerspjūvio x ir y ašių kryptimi;

l_x, l_y – tinklo armatūros strypo (vertinant tarp kraštinių strypų) ilgis x ir y ašių kryptimi;

A_{eff} – armatūros tinklo apriboto betono skerspjūvio plotas;

s_n – tinklų išdėstymo žingsnis;

φ – skersinio armavimo efektyvumo koeficientas:

$$\varphi = \frac{1}{0,23 + \psi}, \quad (8.39)$$

$$\psi = \frac{\rho_{xy} \cdot f_{yd, xy}}{f_{cd} + 10}. \quad (8.40)$$

Į formulę (8.40) $f_{yd, xy}$ ir f_{cd} reikšmės įrašomos MPa.

Gelžbetoniniams elementams, pagamintiems iš smulkiagrūdžio betono, koeficientas $\varphi \leq 1,0$. Tinklo armatūros strypų skerspjūvio plotas ilgio vienetu abejomis skerspjūvio kryptimis neturi skirtis daugiau kaip 1,5 karto.

Kai elementas armuotas spiraline arba žiedine armatūra, dydis $f_{cd, \text{eff}}$ apskaičiuojamas:

$$f_{cd, \text{eff}} = f_{cd} + 2\rho_{\text{cir}} f_{yd, \text{cir}} \left(1 - \frac{7,5e_0}{d_{\text{eff}}} \right), \quad (8.41)$$

čia:

$f_{yd,cir}$ – spiralinės armatūros skaičiuotinis stipris;
 ρ_{cir} – armavimo koeficientas:

$$\rho_{cir} = \frac{4 \cdot A_{s,cir}}{\phi_{eff} \cdot s_n}, \quad (8.42)$$

čia:

$A_{s,cir}$ – spiralinės armatūros skerspjūvio plotas;

ϕ_{eff} – skerspjūvio skersmuo spiralės viduryje;

s_n – spiralės žingsnis;

e_0 – ašinės jėgos ekscentricitetas (neįvertinant įlinkio įtakos).

Gelžbetoniniams elementams, pagamintiems iš smulkiagrūdžio betono, armavimo koeficientas, apskaičiuotas pagal (8.38) ir (8.42) formules, neturi būti didesnis nei 0,04.

Stipriosios strypinės armatūros skaičiuotinis stipris $f_{sc,eff}$ apskaičiuojamas taip:

$$f_{sc,eff} = f_{scd} \left\{ \frac{1 + \delta_1 \left[\left(\frac{f_{yd}}{f_{scd}} \right)^2 - 1 \right]}{1 + \delta_1 \left(\frac{f_{yd}}{f_{scd}} - 1 \right)} \right\}, \quad (8.43)$$

$$f_{sc,eff} \leq f_{yd}$$

$$\text{čia } \delta_1 = \frac{8,5E_s \cdot \psi \cdot \Theta}{f_{yd} \cdot 10^3}, \quad (8.44)$$

$$\text{čia } \Theta = 0,8 + \eta \frac{A_{s,tot}}{A_{eff}} \left(1 - \frac{f_{cd}}{100} \right); \quad (8.45)$$

$\eta = 10$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai ≤ 600 MPa;

$\eta = 25$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai > 600 MPa;

$A_{s,tot}$ – visos stipriosios išilginės armatūros skerspjūvio plotas;

A_{eff} – armatūros tinklu apriboto betono skerspjūvio plotas;

f_{cd} reikšmės imamos MPa;

$\Theta \geq 1,0$
 $\Theta \leq 1,2$ } , kai armatūros takumo įtempiai ≤ 600 MPa;

$\Theta \geq 1,0$
 $\Theta \leq 1,6$ } , kai armatūros takumo įtempiai > 600 MPa.

Apskaičiuojant elementų su skersiniu armavimu gniuždomosios zonos santykinį aukštį pagal (8.14) formulę:

$$\omega = \alpha - 0,008 f_{cd} + \delta_2 \leq 0,9 ; \quad (8.46)$$

čia:

α – koeficientas pagal Reglamento 72 p.;

$\delta_2 = 10\rho \leq 0,15$,

čia ρ – armavimo koeficientas, apskaičiuojamas pagal (8.38) ir (8.42) formules, atitinkamai naudojant tinklus arba spirales.

Apskaičiuojant elementus su stipriąja viela (8.14), formulėje:

$$\sigma_{sc,lim} = (2 + 8,5\rho\Theta)E_s \cdot 10^{-3} , \quad (8.47)$$

$\sigma_{sc,lim} \leq 900$ MPa, kai armatūros takumo įtempiai ≤ 600 MPa,

$\sigma_{sc,lim} \leq 1200$ MPa, kai armatūros takumo įtempiai > 600 MPa.

Skersine armatūra armuotų elementų stipris, įvertinant įlinkio įtaką, apskaičiuojamas atsižvelgiant į Reglamento 83 p. reikalavimus. Apskaičiuojant N_{crit} pagal (8.50) formulę įvertinamas tinklų kraštiniais strypais arba spirale apribotos skerspjūvių dalies inercijos momentas. Pagal (8.50) formulę apskaičiuota N_{crit} reikšmė turi būti padauginta iš koeficiento $\varphi_1 = 0,25 + 0,05 \frac{l_0}{c_{ef}} \leq 1,0$; c_{ef}

reikšmė yra lygi atliekant skaičiavimus įvertinamam skerspjūvio dalies aukščiui arba skersmeniui.

Apskaičiuojant elementus su skersine armatūra

$$\delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{c_{eff}} \varphi_2 - 0,01 f_{cd} , \quad (8.48)$$

$$\text{čia } \varphi_2 = 0,1 \frac{l_0}{c_{ef}} - 1 \leq 1,0 .$$

Elementų skersinis armavimas įvertinamas tuo atveju, kai elemento stipris, apskaičiuotas pagal šio skirsnio nurodymus, viršija elemento, apskaičiuoto be skersinio armavimo, stiprį ir atitinka Reglamento 251 p. nurodytus konstravimo reikalavimus.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-157](#), 2005-03-21, Žin., 2005, Nr. 98-3711 (2005-08-13), i. k. 105301MISAK00D1-157

82. Apskaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius elementus, armuotus skersine armatūra, be stiprumo, apskaičiuoto pagal Reglamento 81 p. reikalavimus, būtina patikrinti apsauginio sluoksnio supleišėjimą.

Šie skaičiavimai atliekami pagal Reglamento 79 p., 1 ir 3 priedų nurodymus, įvertinant skaičiuotines apkrovas su apkrovų patikimumo koeficientu $\gamma_f = 1,0$ ir atsižvelgiant į visą elemento betono skerspjūvį. Atliekant šiuos skaičiavimus įvertinamos tinkamumo ribiniam būviui apskaičiuoti betono ir tempiamosios armatūros skaičiuojamosios reikšmės f_{ck} ir f_{yk} . Gniuždomosios armatūros skaičiuojamoji reikšmė yra lygi f_{sck} , bet ne didesnė kaip 400 MPa.

Apskaičiuojant gniuždomosios zonos santykinio aukščio ribinę reikšmę pagal (8.14) ir 1 priedo (6) formules, $\sigma_{sc,lim} = 400$ MPa, o (8.15) formulėje koeficiento 0,008 reikšmė yra keičiama 0,006 reikšme. Įvertinant elementų liaunį, būtina atsižvelgti į Reglamento 83 p. reikalavimus. Koeficientas $\delta_{e,min}$ apskaičiuojamas taip:

$$\delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,008 f_{ck}. \quad (8.49)$$

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-157](#), 2005-03-21, Žin., 2005, Nr. 98-3711 (2005-08-13), i. k. 105301MISAK00D1-157

83. Apskaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius elementus, įlinkio įtaka stiprumui įvertinama nagrinėjant jų deformuotąją schemą.

Ekscentriškai gniuždomosios konstrukcijos gali būti apskaičiuojamos pagal nedeformuotąją schemą, tačiau kai liaunis $\frac{l_0}{i} > 14$, įlinkio įtaka jų stiprumui yra įvertinama išilginės jėgos pridėjimo ekscentricitetą e_0 dauginant iš koeficiento η . Apskaičiuojant η pagal (8.8) formulę sąlyginę kritinę jėgą

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_1} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right]; \quad (8.50)$$

čia:

l_0 – elemento skaičiuotinis ilgis, nustatomas atsižvelgiant į Reglamento 84 p. nurodymus;

δ_e – koeficientas, nustatomas pagal Reglamento 66 p. nurodymus;

φ_1 – koeficientas, nustatomas pagal (8.10) formulę.

Šiuo atveju lenkimo momentai M_{Ed} ir $M_{Ed,lt}$ apskaičiuojami ašies, einančios per tempiamosios arba labiausiai gniuždomos (esant visam gniuždomam skerspjuviui) armatūros strypo centrą. Momentas M_{Ed} yra apskaičiuojamas nuo visų poveikių, o $M_{Ed,lt}$ – nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių. Jeigu visų poveikių ir nuolatinių bei tariamai nuolatinių poveikių sukelti lenkiantieji momentai (arba ekscentricitetai) yra priešingų ženklų, būtina atsižvelgti į Reglamento 66 p. nurodymus;

φ_p – koeficientas, įvertinantis armatūros išankstinio įtempimo įtaką elemento standžiui. Esant tolygiam skerspjuvio apspaudimui įtemptąją armatūrą, koeficientas φ_p apskaičiuojamas taip:

$$\varphi_p = 1 + 12 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \cdot \frac{e_0}{h}, \quad (8.51)$$

čia:

σ_{cp} – betono įtempiai, apskaičiuojami įvertinant koeficientą $\gamma_p < 1,0$;

f_{cd} – betono skaičiuotinis stipris; formulėje (8.51) santykis $\frac{e_0}{h} \leq 1,5$.

$$\text{Koeficientas } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}.$$

Apskaičiuojant iš smulkiagrūdžio B grupės betono pagamintas konstrukcijas, (8.50) formulėje koeficientas 6,4 yra keičiamas koeficientu 5,6.

Apskaičiuojant gniuždomąsias konstrukcijas plokštumoje, statmenoje lenkimo momento veikimo plokštumai, išilginės jėgos ekscentricitetas yra lygus atsitiktiniam ekscentricitetui (žr. Reglamento 63 p.).

13 lentelė

Vienaaukščių pastatų kolonų skaičiuotiniai ilgiai

Pastato ir kolonų charakteristikos					Kolonų skaičiuotinis ilgis l_0 apskaičiuojant		
					Skersinio rėmo arba statmenoje estakados ašiai plokštumoje	Statmenoje skersiniam rėmui arba lygiagrečiai estakados ašiai plokštumoje	
						esant	nesant
						ryšiams arba inkaruojančioms atramoms išilginėje kolonų eilėje	
Pastatas	Su tiltiniais kranais	Įvertinant kranų apkrovas	Pokraninė (apatinė) kolonų dalis, esant pokraninėms sijoms	Karpytoms	$1,5l_1$	$0,8l_1$	$1,2l_1$
				Nekarpytoms	$1,2l_1$	$0,8l_1$	$0,8l_1$
			Virškraninė (viršutinė) kolonų dalis, esant pokraninėms sijoms	Karpytoms	$2,0l_2$	$1,5l_2$	$2,0l_2$
				Nekarpytoms	$2,0l_2$	$1,5l_2$	$1,5l_2$
		Neįvertinant kranų apkrovų	Pokraninė (apatinė) kolonų dalis, esant pokraninėms sijoms	Vieno tarpatramio	$1,5l$	$0,8l_1$	$1,2l$
				Kelių tarpatramių	$1,2l$	$0,8l_1$	$1,2l$
			Virškraninė (viršutinė) kolonų dalis, esant pokraninėms sijoms	Karpytoms	$2,5l_2$	$1,5l_2$	$2,0l_2$
				Nekarpytoms	$2,0l_2$	$1,5l_2$	$1,5l_2$
	Be tiltinių kranų	Kintamojo skerspjūvio kolonos	Apatinė kolonų dalis	Vieno tarpatramio	$1,5l$	$0,8l$	$1,2l$
				Kelių tarpatramių	$1,2l$	$0,8l$	$1,2l$
			Viršutinė kolonų dalis		$2,5l_2$	$2,0l_2$	$2,5l_2$
		Pastovaus skerspjūvio kolonos		Vieno tarpatramio	$1,5l$	$0,8l$	$1,2l$
				Kelių tarpatramių	$1,2l$	$0,8l$	$1,2l$
		Estakada	Kranų	Su pokraninėmis sijomis	Karpytoms	$2,0l_1$	$0,8l_1$
Nekarpytoms	$1,5l_1$				$0,8l_1$	l_1	
Vamzdynų	Kolonos sujungtos su perdanga		Šarnyriškai	$2,0l$	1	$2,0l$	
			Standžiai	$1,5l$	$0,7l$	$1,5l$	

Pastabos:

1. l – visos kolonos aukštis nuo pamato viršaus iki horizontaliosios konstrukcijos apačios atitinkamoje plokštumoje;
2. l_1 – kolonos pokraninės dalies aukštis nuo pamato viršaus iki pokraninės sijos apačios;

3. l_2 – kolonos virškrantinės dalies aukštis nuo kolonos pakopos iki horizontaliosios konstrukcijos atitinkamoje plokštumoje.

84. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų skaičiuotinis ilgis l_0 apskaičiuojamas kaip deformuotojo rėmo elemento, veikiant šį elementą nepalankiausioje vietoje išdėsčius apkrovas, be to, įvertinant medžiagų plastines deformacijas ir elementuose atsirandančius plyšius. Dažniausiai pasitaikančių konstrukcijų elementų skaičiuotinį ilgį l_0 galima nustatyti:

84.1. daugiaaukščių pastatų, kurie yra ne mažiau kaip dviejų tarpatramių, kolonoms, standžiai sujungtoms su rygeliais:

$l_0 = l$, kai perdangos konstrukcijos surenkamos,

$l_0 = 0,7l$, kai konstrukcijos perdangos monolitinės,

čia l – aukšto aukštis (atstumas tarp mazgų centrų);

84.2. vienaaukščių pastatų kolonoms, kurios yra standžios savo plokštumoje (sugebančioms perduoti horizontaliąsias apkrovas) ir į kurias šarnyriškai atremtos denginio konstrukcijos, bei estakadų kolonoms pagal 13 lentelę;

84.3. santvarų ir arkų – pagal 14 lentelę.

14 lentelė

Santvarų ir arkų elementų skaičiuotiniai ilgiai

Elemento pavadinimas	Santvarų ir arkų elementų skaičiuotiniai ilgiai, l_0
1. Santvarų elementai: a) viršutinė juosta, apskaičiuojant: – santvaros plokštumoje kai $e_0 < 1/8h_1$ kai $e_0 \geq 1/8h_1$ – statmenoje santvaros plokštumai zonai po stoglangiu (kai stoglangio plotis 12 m arba daugiau) – kitais atvejais b) spyriai ir statramsčiai apskaičiuojant: – santvaros plokštumoje – statmenoje santvaros plokštumai, kai: $b_1/b_2 < 1,5$ $b_1/b_2 \geq 1,5$	 0,9l 0,8l 0,8l 0,9l 0,8l 0,9l 0,8l
2. Arkos: a) apskaičiuojant arkos plokštumoje: – trijų šarnyrų arkai – dviejų šarnyrų arkai – bešarnyrei arkai b) apskaičiuojant statmenoje arkos plokštumoje (bet kurioje)	 0,580l 0,540l 0,365l l

Pastabos:

1. l – elemento ilgis tarp gretimų santvaros mazgų, o apskaičiuojant viršutinę juostą statmenoje santvaros plokštumoje, atstumas tarp juostos įtvirtinimo taškų. Apskaičiuojant arkas jų plokštumoje – arkos ilgis išilgai geometrinės ašies, o apskaičiuojant arkai statmenoje plokštumoje – arkos ilgis tarp arkos įtvirtinimo taškų šioje plokštumoje;

2. h_1 – viršutinės juostos skerspjūvio aukštis;

3. b_1, b_2 – santvaros viršutinės juostos ir statramsčio (spyrio) skerspjūvio pločiai.

V SKIRSNIS. CENTRIŠKAI TEMPIAMŲJŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS

85. Apskaičiuojant centriškai tempiamuosius gelžbetoninius elementus, tikrinama sąlyga

$$N_{Ed} \leq f_{yd} A_{s,tot}, \quad (8.52)$$

čia $A_{s,tot}$ – visos išilginės armatūros skerspjūvio plotas.

86. Stačiakampio skerspjūvio ekscentriškai tempiamieji elementai, nurodyti Reglamento 71 p., apskaičiuojami atsižvelgiant į išilginės jėgos N_{Ed} padėtį:

86.1. jeigu išilginė jėga N_{Ed} yra tarp A_{s1} ir A_{s2} armatūros atstojamųjų jėgų (žr. 12 a pav.), apskaičiuojama pagal sąlygą:

$$N_{Ed}e_e \leq f_{yd}A_{s2}(d - a_2), \quad (8.53)$$

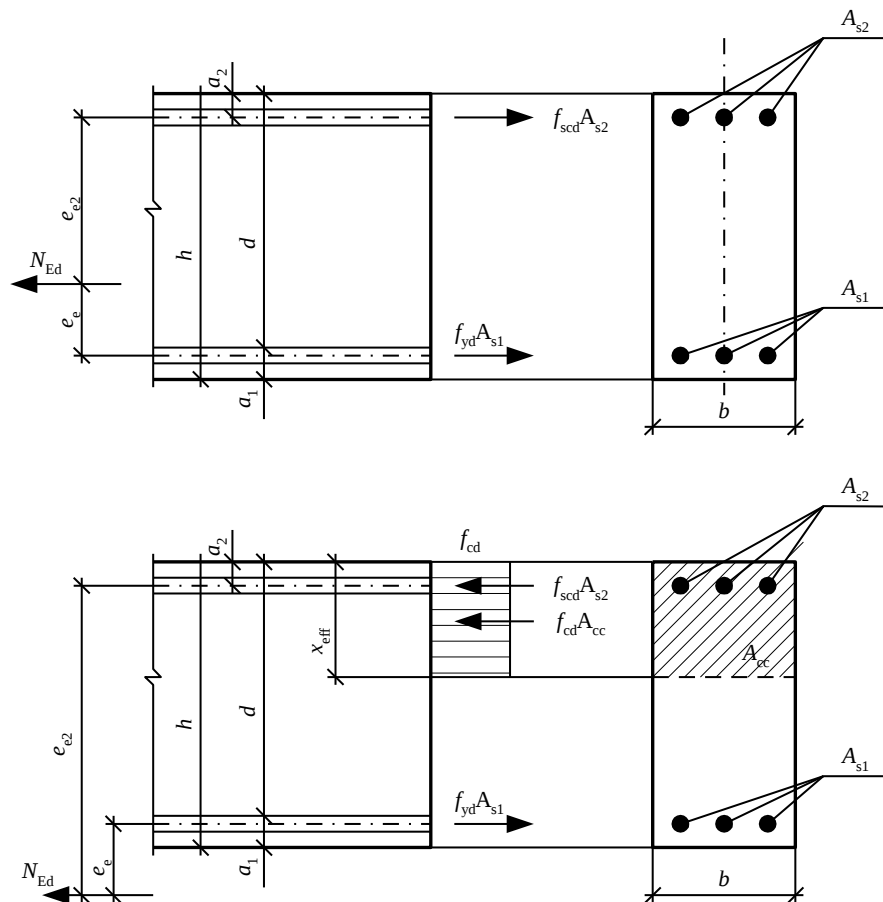
$$N_{Ed}e_{e2} \leq f_{yd}A_{s1}(d - a_2). \quad (8.54)$$

Papunkčio pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

86.2. jeigu išilginė jėga N_{Ed} yra už A_{s1} ir A_{s2} armatūros atstojamųjų jėgų (žr. 12 b pav.), apskaičiuojama tikrinant sąlygą:

$$N_{Ed}e_e \leq f_{cd}b x_{eff}(d - 0,5x_{eff}) + f_{scd}A_{s2}(d - a_2). \quad (8.55)$$



12 pav. Ekscentriškai tempiamųjų gelžbetoninių elementų statmenojo pjūvio stiprumo skaičiuotinės schemas, kai išilginė jėga N_{Ed} veikia tarp A_{s1} ir A_{s2} armatūrų (a) ir už armatūros ribų (b)

Gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas taip:

$$f_{yd}A_{s1} - f_{scd}A_{s2} - N_{Ed} = f_{cd} b x_{eff}. \quad (8.56)$$

Jeigu pagal (8.56) formulę nustatytas gniuždomosios zonos aukštis $x_{eff} > \xi_{lim}d$, tai į (8.55) formulę yra įrašoma gniuždomosios zonos aukščio reikšmė $x_{eff} = \xi_{lim}d$, čia ξ_{lim} yra nustatoma pagal Reglamento 72 p. nurodymus.

VI SKIRSNIS. ELEMENTŲ ĮSTRIŽŲJŲ PJŪVIŲ STIPRUMO SKERSINIŲ JĖGŲ ATŽVILGIU APSKAIČIAVIMAS

87. Elementų įstrižųjų pjūvių stiprumą reikia patikrinti skersinės jėgos ir lenkimo momento atžvilgiu. Trumpųjų ($l \leq 0,9 d$) atraminių gembių stiprumas skersinių jėgų atžvilgiu apskaičiuojamas patikrinant betono tarp krūvio ir atramos atsparumą gniuždant. Elementų skersinis armavimas, skersinės ir išilginės armatūros inkaravimas, jos nutraukimo vietos turi atitikti reikalavimus, nurodytus XVII skyriuje.

88. Elementų atsparumas skersinių jėgų atžvilgiu tikrinamas pagal formulę

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}; \quad (8.57)$$

čia:

V_{Ed} – skaičiuotinė poveikių sukelta skersinė jėga;

V_{Rd} – skaičiuotinis elemento atsparumas skersinių jėgų atžvilgiu.

89. Elementų įstrižųjų pjūvių stiprumui skersinės jėgos atžvilgiu apskaičiuoti nustatomos atsparumo skersinių jėgų veikimui skaičiuojamosios reikšmės. Didžiausioji skaičiuotinė skersinė jėga, kurią gali atlaikyti elementas, atsižvelgiant į betono tarp įstrižųjų plyšių gniuždymą, apskaičiuojamas pagal tokias formules:

$$V_{Rd,max} = 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{c1} f_{cd} b d, \text{ kai } \sigma_c \leq 0,5 f_{cd}; \quad (8.58)$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 \varphi_{w1} \varphi_{c1} f_{cd} (1 - \sigma_c / f_{cd}) b d, \text{ kai } 0,5 f_{cd} \leq \sigma_c \leq f_{cd}; \quad (8.59)$$

čia:

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \alpha \rho_w \leq 1,3; \quad (8.60)$$

$$\alpha = E_s / E_c \text{ ir } \rho_w = A_{sw} / (b s_w); \quad (8.61)$$

A_{sw} – sankabų, esančių vienoje plokštumoje skersai elemento, skerspjūvio plotas;

s_w – atstumas statmena kryptimi tarp sankabų, statmenų elementų išilginei ašiai ir pasvirusių į ją ne mažesniu kaip 45° kampų;

$$\varphi_{c1} = 1 - \beta f_{cd}; \quad (8.62)$$

β – koeficientas, imamas iš 15 lentelės;

f_{cd} – imamas MPa;

σ_c – vidutiniai skerspjūvio normaliniai įtempimai dėl skaičiuotinių poveikių.

90. Gelžbetoninių elementų be skersinės armatūros skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms apskaičiuojamas pagal formulę

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2}{c}. \quad (8.63)$$

Apibrėžiamos tokios kitimo ribos:

$$2,5 f_{ctd} b d \geq V_{Rd,ct} \geq \varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d, \quad (8.64)$$

čia:

φ_{c4} – koeficientas, imamas iš 15 lentelės;

c – pavojingiausiojo įstrižojo pjūvio projekcijos į elemento išilginę ašį ilgis;

$$\varphi_n = 0,1 \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} b d} \leq 0,5, \quad (8.65)$$

kai N_{Ed} yra išilginė gniuždomoji jėga, apspaudimo jėga P nuo išankstinio armatūros įtempimo traktuojama kaip išilginė gniuždomoji jėga; išilginių gniuždomųjų jėgų palankios įtakos nepaisoma, jeigu jos sukelia tokio paties ženklo lenkimo momentus, kaip ir veikiančios skersinės apkrovos;

$$\varphi_n = -0,2 \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} b d}, \text{ bet ne daugiau kaip } 0,8 \text{ absoliutine reikšme,} \quad (8.66)$$

kai N yra išilginė tempiamoji jėga.

15 lentelė

Koeficientų β , φ_{c2} , φ_{c3} ir φ_{c4} reikšmės

Betono tipas	β	φ_{c2}	φ_{c3}	φ_{c4}
Normalaus svorio	0,01	2,0	0,6	1,5
Smulkiagrūdis	0,01	1,7	0,5	1,2
Lengvasis, ne žemesnės kaip D1,9 tankio klasės	0,02	1,9	0,5	1,2
Lengvasis, ne aukštesnės kaip D1,8 tankio klasės				

su smulkiais tankiaisiais užpildais	0,02	1,75	0,4	1,0
lengvaisiais užpildais	0,02	1,5	0,4	1,0
PASTABA. Kai elementų išilginė tempiamoji armatūra yra iš anksto neįtemptųjų strypų, kurių $f_{yk} > 500$ MPa, tai φ_{c2} , φ_{c3} ir φ_{c4} reikšmės, pateiktos šioje lentelėje, dauginamos iš 0,8.				

Kai nagrinėjamoje skersinių jėgų veikimo zonoje nėra normalinių plyšių, t. y. 14.3 sąlyga atitinka, kurioje vietoje f_{ctk} taikomas f_{ctd} , galima padidinti elemento stiprumą, apskaičiuojant jį pagal 14.19 sąlygą, f_{ctk} ir f_{ck} stiprius pakeičiant atitinkamais f_{ctd} ir f_{cd} stipriais.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

91. Elementų su skersine armatūra skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms skersinės armatūros, kertančios įstrižą pjūvį, atžvilgiu (žr. 13 pav.) apskaičiuojamas pagal formulę

$$V_{Rd,sy} = V_{Rd,c} + V_{Rd,sw} + V_{Rd,s,inc}. \quad (8.67)$$

Skersinė jėga $V_{Rd,c}$, kurią atlaiko betonas, apskaičiuojamas pagal formulę

$$V_{Rd,c} = \frac{\varphi_{c2}(1 + \varphi_n)f_{ctd}bd^2}{c} \geq \varphi_{c3}(1 + \varphi_n)f_{ctd}bd. \quad (8.68)$$

Koeficientai φ_{c2} ir φ_{c3} imami iš 15 lentelės, o φ_n apskaičiuojamas pagal (8.65) arba (8.66) formulę. Apskaičiuojant gelžbetoninius elementus su skersine armatūra, privalu užtikrinti įstrižųjų pjūvių stiprumą tarp sankabų, tarp atramos ir atlankos bei tarp atlankų.

Skersinės jėgos $V_{Rd,sw}$ ir $V_{Rd,s,inc}$ nustatomos pagal jėgas, veikiančias atitinkamai sankabose ir atlankose, kertančiose įstrižą pjūvį, kurio projekcija į elemento išilginę ašį yra c_0 (žr. 13 pav.). Tokiu būdu $V_{Rd,sw} \approx v_{sw} \cdot c_0$.

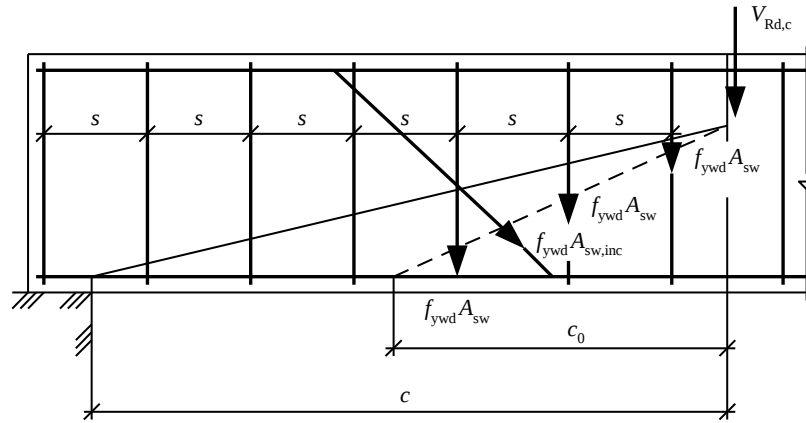
92. Projekcijos c_0 į elemento išilginę ašį ilgis nustatomas iš $V_{Rd,sy}$ išraiškos pagal (8.67) formulę minimumo, (8.68) formulėje vietoje c įrašius c_0 . Gautoji c_0 reikšmė imama ne didesnė kaip $2d$ ir ne didesnė kaip c , taip pat ne mažesnė kaip d , jeigu $c > d$.

Kai elementai armuoti sankabomis, statmenomis elemento išilginei ašiai, o jų žingsnis s_w yra pastovus nagrinėjamojo įstrižojo pjūvio ribose, c_0 reikšmė atitinka $V_{Rd,c} + V_{Rd,sw}$ išraiškos minimumą ir nustatoma pagal formulę

$$c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{c2}(1 + \varphi_n)f_{ctd}bd^2}{v_{sw}}}, \quad (8.69)$$

čia v_{sw} – sankabų elemento ilgio vienetu atlaikoma jėga, apskaičiuojama pagal formulę

$$v_{sw} = \frac{f_{ywd}A_{sw}}{s_w}. \quad (8.70)$$



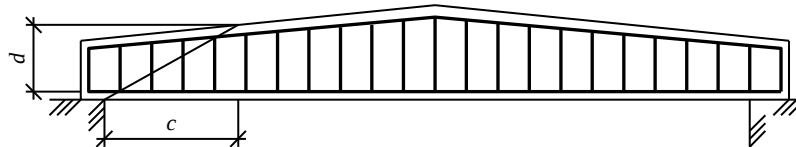
13 pav. Elemento įstrižojo pjūvio atsparumo skersinei jėgai skaičiuotinė schema

Jeigu sankabos pagal skaičiavimą yra reikalingos, tai turi atitikti sąlygą

$$v_{sw} \geq \frac{\varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b}{2}. \quad (8.71)$$

Skersinė armatūra taip pat turi atitikti konstrukcinius reikalavimus, nurodytus XVII skyriuje.

Gelžbetoninių elementų, kurių viršutiniai kraštai (juostos) yra su nuolydžiais (žr. 14 pav.), įstrižųjų pjūvių atsparumas skersinėms jėgoms apskaičiuojamas pagal Reglamento 90 arba 91 p. Naudingasis elemento skerspjūvio aukštis d nagrinėjamojo įstrižojo pjūvio zonoje imamas lygus didžiausiajai d reikšmei, apskaičiuojant elementus su skersine armatūra, o vidutinei d reikšmei – apskaičiuojant elementus be skersinės armatūros.



14 pav. Gelžbetoninės sijos su nuolaidžiais viršutiniais kraštais įstrižųjų pjūvių atsparumo skaičiuotinė schema

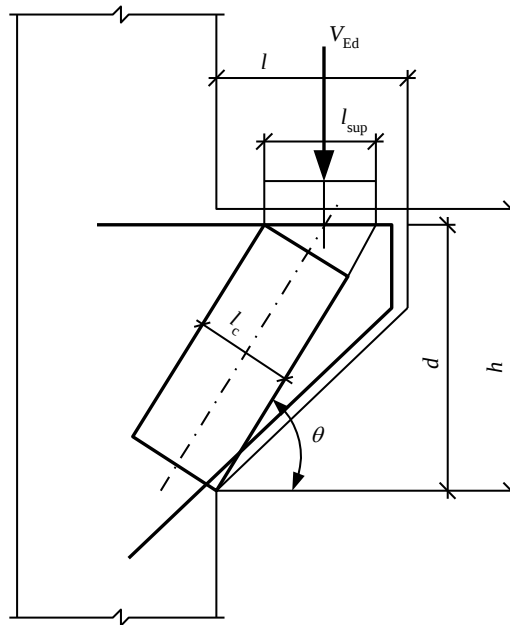
Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

93. Trumpųjų ($l \leq 0,9 d$) gelžbetoninių gėmių atsparumas skersinių jėgų veikimui apskaičiuojamas atsižvelgiant į betono juostos tarp krūvio ir atramos atsparumą gniuždant (žr. 15 pav.) pagal formulę

$$V_{Rd,cc} = 0,8 \varphi_{w2} f_{cd} b l_c \sin \theta; \quad \varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d \leq V_{Rd,cc} \leq 3,5 f_{ctd} b d, \quad (8.72)$$

čia θ – kampas tarp skaičiuotinės gniuždomosios juostos ir horizontalės.



15 pav. Trumposios gembės atsparumo skersinėms jėgoms skaičiuotinė schema

Istrižos gniuždomosios juostos plotis nustatomas pagal tokią formulę:

$$l_c = l_{sup} \sin \theta, \quad (8.73)$$

l_{sup} – krūvio perdavimo ploto ilgis išilgai gembės.

Nustatant l_{sup} ilgį, reikia atsižvelgti į krūvio perdavimo ypatybes, nes konstrukcijos ant gembės gali būti atremtos įvairiais būdais (išilgai gembės nukreiptos sijos gali būti atremtos laisvai arba standžiai; sijos gali būti nukreiptos skersai gembės ir pan.).

Koeficientu φ_{w2} atsižvelgiama į sankabas, išdėstytas gembės aukštyje, kuris apskaičiuojamas pagal formulę

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \alpha_l \rho_{w1}; \quad (8.74)$$

$$\text{čia } \rho_{w1} = A_{sw} / (b s_w),$$

čia:

A_{sw} – horizontaliųjų ir pasvirusių į horizontalę ne mažesniu kaip 45° kampu sankabų, esančių vienoje plokštumoje, skerspjūvio plotas;

s_w – atstumas tarp sankabų statmena kryptimi.

Trumpųjų gėbių skersinis armavimas turi atitikti reikalavimus, nurodytus Reglamento 257 p.

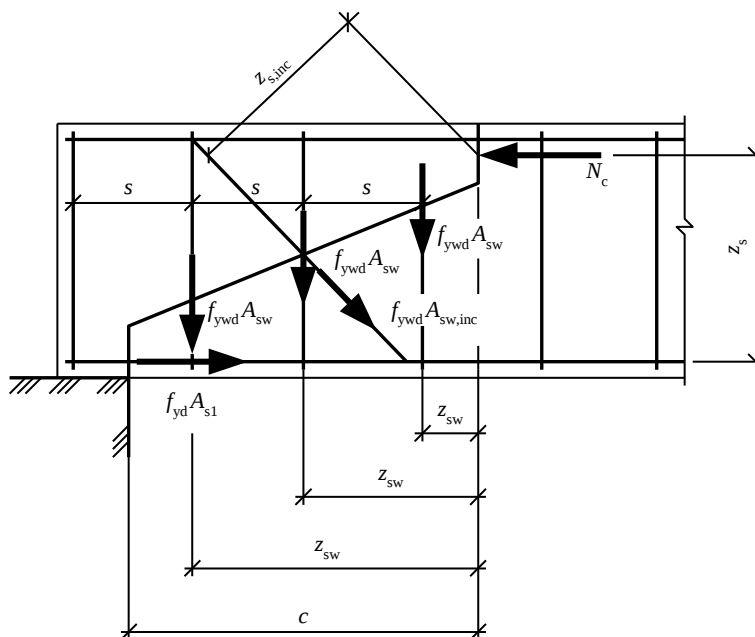
Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

VII SKIRSNIS. GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ ISTRIŽŲJŲ PJŪVIŲ STIPRUMAS LENKIMO MOMENTO ATŽVILGIU

94. Gelžbetoninių elementų įstrižųjų pjūvių stiprumas lenkimo momento atžvilgiu tikrinamas pagal formulę

$$M_{Ed} \leq M_{Rd,s} + M_{Rd,sw} + M_{Rd,s,inc}. \quad (8.75)$$



16 pav. Gelžbetoninio elemento įstrižojo pjūvio stiprumo lenkimo momento atžvilgiu skaičiuotinė schema

Lenkimo momentas M_{Ed} apskaičiuojamas kaip visų išorinių jėgų, veikiančių vieną elemento nuo nagrinėjamojo įstrižojo pjūvio pusę, momentų apie ašį, statmeną lenkimo momento veikimo plokštumai ir einančiai per gniuždomosios zonoje veikiančių jėgų atstojamosios N_c pridėties tašką, suma.

$M_{Rd,s}$, $M_{Rd,sw}$ ir $M_{Rd,s,inc}$ yra jėgų, veikiančių įstrižojo pjūvio tempiamąją zoną kertančioje išilginėje armatūroje, sankabose ir atlankose atitinkamai momentų apie tą pačią ašį, sumos. Nustatant įstrižąjį pjūvį kertančioje armatūroje veikiančias jėgas, reikia atsižvelgti į šios armatūros inkaravimą už įstrižojo pjūvio.

Įstrižojo pjūvio gniuždomosios zonos aukštis nustatomas iš jėgų, veikiančių gniuždomajame betone ir įstrižąjį pjūvį kertančioje armatūroje, projekcijų į elemento išilginę ašį pusiausvyros sąlygos.

95. Įstrižųjų pjūvių stiprumą veikiant lenkimo momentui reikia patikrinti ties išilginės armatūros nutraukimo arba atlenkimo, elemento matmenų staiga pasikeitimo (įpjovos ir pan.) vietomis, taip pat sijų atraminėse zonose ir ties atraminės gembės galu.

96. Elemento atraminės zonos išilginės armatūros, kertančios įstrižojo pjūvio tempiamąją zoną, atlaikomas lenkimo momentas $M_{Rd,s}$ apskaičiuojamas pagal formulę

$$M_{Rd,s} = f_{yd} A_{s1} z_s, \quad (8.76)$$

čia:

A_{s1} – išilginės armatūros, kertančios įstrižojo pjūvio tempiamąją zoną, skerspjūvio plotas;

z_s – atstumas tarp jėgų, veikiančių išilginėje armatūroje, atstojamosios iki jėgų, veikiančių gniuždomosios zonoje, atstojamosios.

Jeigu išilginė armatūra yra be inkarų, jos skaičiuotinį stiprį susikirtimo su įstrižuoju pjūviu vietoje reikia sumažinti dydžiu l_x/l_{bd} – neįtemptajai armatūrai ir l_x/l_{bpd} – įtemptajai armatūrai (čia: l_x – atstumas nuo inkaravimo krašto iki nagrinėjamojo pjūvio; l_{bd} ir l_{bpd} – pagal (17.1) ir (17.6) formules).

Konstrukcijų iš akytojo betono jėgas, veikiančias išilginėje armatūroje, reikia apskaičiuoti atsižvelgiant į skersinių inkarų atraminiuose ruožuose efektyvumą.

97. Sankabų, statmenų elemento išilginei ašiai ir tolygiai išdėstytų nagrinėjamojo įstrižojo pjūvio tempiamosios zonos ruože, atlaikomas lenkimo momentas $M_{Rd,sw}$ apskaičiuojamas pagal formulę

$$M_{Rd,sw} = v_{sw} c^2 / 2, \quad (8.77)$$

čia:

v_{sw} – jėga, veikianti sankabose elemento ilgio vietoje, apskaičiuojama pagal (8.70) formulę;
 c – pavojingiausiojo įstrižojo pjūvio projekcija į elemento išilginę ašį.

VIII SKIRSNIS. SUKAMŲJŲ IR KARTU LENKIAMŲJŲ ELEMENTŲ ERDVINIŲ PJŪVIŲ STIPRUMO APSKAIČIAVIMAS

98. Apskaičiuojant sukamuosius ir kartu lenkiamuosius elementus, reikia patikrinti erdvinį pjūvių stiprumą. Erdvinį pjūvį sudaro sraigtinės formos plyšys ir plokščioji gniuždomoji zona, pasvirusi kampų θ elemento išilginės ašies atžvilgiu.

99. Bendruoju atveju erdvinio pjūvio stiprumas tikrinamas pagal visų išorinių ir vidinių jėgų plokštumoje, statmenoje tiesei, apribojančiai gniuždomąją zoną, momentų apie ašį, statmeną šiai plokštumai ir išvestą per gniuždymo jėgų atstojamosios jėgos pridėties tašką, pusiausvyros sąlygą.

100. Vidinių jėgų erdviniam pjūvyje ribinės reikšmės nustatomos darant šias prielaidas:

100.1. betono tempiamasis stipris lygus nuliui;

100.2. betono gniuždomoji zona yra plokštumoje, pasvirusioje tam tikru kampų θ elemento išilginės ašies atžvilgiu;

100.3. betono įtempiai vienodi visame gniuždomosios zonos plote ir lygūs $f_{cd} \sin^2 \theta$;

100.4. kertančios erdvinio pjūvio tempiamąją zoną išilginės ir skersinės armatūros tempimo įtempiai atitinkamai lygūs f_{yd} ir f_{ywd} ;

100.5. kertančios erdvinio pjūvio gniuždomąją zoną paprastosios išilginės armatūros įtempiai lygūs f_{yd} , o įtemptosios armatūros įtempiai nustatomi pagal Reglamento 74 punktą.

101. Sukamųjų ir kartu lenkiamųjų stačiakampio skerspjūvio elementų matmenys turi būti tokie, kad atitiktų sąlygą:

$$T_{Ed} \leq 0,1 f_{cd} b^2 h, \quad (8.78)$$

čia b ir h – atitinkamai mažesnis ir didesnis skerspjūvio matmenys.

Stipresnio kaip C25/30 klasės betono f_{cd} reikšmė imama tokia, kaip C25/30 klasės betono.

102. Erdvinių pjūvių (žr. 17 pav.) stiprumas tikrinamas pagal sąlygą

$$T_{Ed} \leq f_{yd} A_{s1} \frac{1 + \varphi_w \delta \eta^2}{\varphi_v \eta + \chi} (d - 0,5x). \quad (8.79)$$

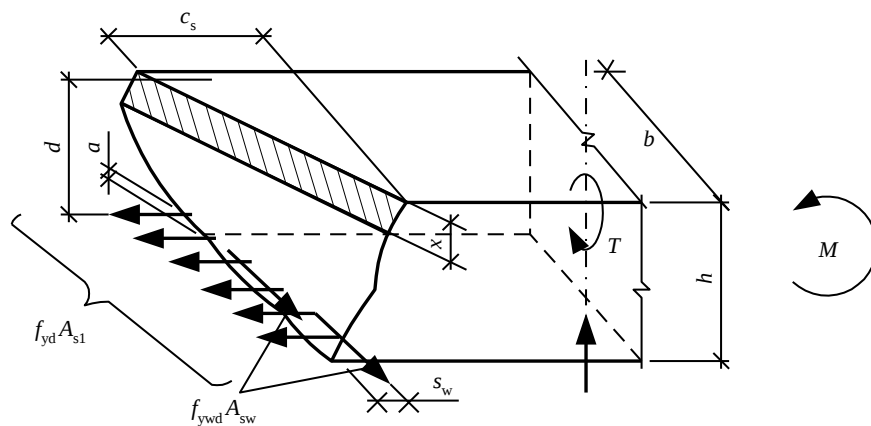
Gniuždomosios zonos aukštis x apskaičiuojamas iš lygties

$$f_{yd} A_{s1} - f_{yd} A_{s2} = f_{cd} b x. \quad (8.80)$$

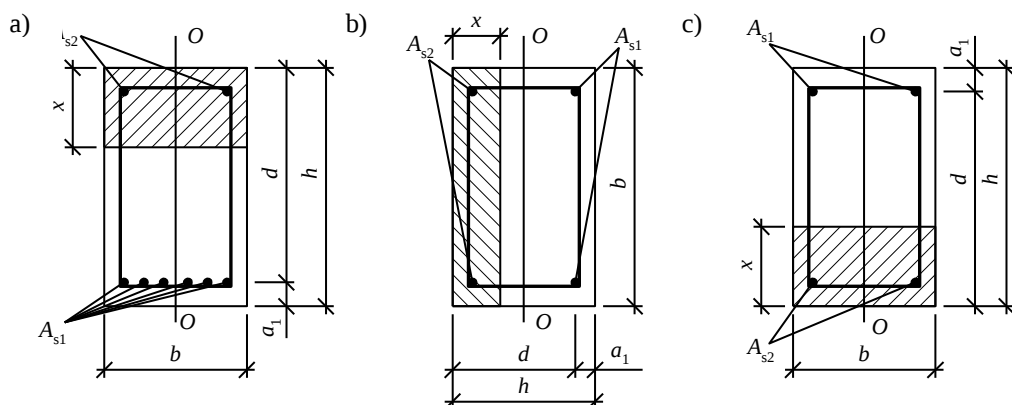
Čia $f_{yd} \leq 500 \text{ MPa}$.

Stiprumas tikrinamas atsižvelgiant į tris gniuždomosios zonos padėties skaičiuojamąsias schemas:

- 1 schema – gniuždomoji zona yra prie gniuždomos dėl lenkimo momento skerspjūvio briaunos (žr. 18 a pav.);
- 2 schema – gniuždomoji zona yra prie lygiagrečios lenkimo momento veikimo plokštumai skerspjūvio briaunos (žr. 18 b pav.);
- 3 schema – gniuždomoji zona yra prie tempiamos dėl lenkimo momento skerspjūvio briaunos (žr. 18 c pav.).



17 pav. Sukamojo ir kartu lenkiamojo elemento erdvinio pjūvio stiprumo skaičiuotinė schema



18 pav. Erdvinio pjūvio gniuždomosios zonos padėtys:

a – prie gniuždomos dėl lenkimo momento skerspjūvio briaunos; b – prie lygiagrečios lenkimo momento veikimo plokštumai skerspjūvio briaunos; c – prie tempiamos dėl lenkimo momento skerspjūvio briaunos; O–O – lenkimo momento plokštuma

(8.79) ir (8.80) formulėse:

A_{s1} ir A_{s2} – skerspjūvio plotai armatūrų, esančių atitinkamai tempiamojoje ir gniuždomojoje zonoje;

b, h – ilgiai briaunų, atitinkamai lygiagrečių ir statmenų apribojančiai gniuždomąją zoną tiesei;

$$\delta = \frac{b}{2h + b}; \quad (8.81)$$

$$\eta = \frac{c}{b}, \quad (8.82)$$

čia c – apribojančios gniuždomąją zoną tiesios atkarpos projekcijos į elemento išilginę ašį ilgis; apskaičiuojama įvertinant pavojingiausią c reikšmę, kuri nustatoma nuosekliu priartėjimu ir imama ne didesnė kaip $2h + b$.

Įrašų T_{Ed} , M_{Ed} ir V_{Ed} santykinius dydžius įvertinančios χ ir φ_V reikšmės yra:

102.1. kai lenkimo momentas lygus nuliui, $\chi = 0$ ir $\varphi_V = 1$;

102.2. apskaičiuojant pagal 1 schemą, $\chi = \frac{M_{Ed}}{T_{Ed}}$ ir $\varphi_V = 1$;

102.3. apskaičiuojant pagal 2 schemą, $\chi = 0$ ir $\varphi_V = 1 + \frac{V_{Ed}h}{2T_{Ed}}$;

102.4. apskaičiuojant pagal 3 schemą, $\chi = -\frac{M_{Ed}}{T_{Ed}}$ ir $\varphi_V = 1$,

čia T_{Ed} , M_{Ed} ir V_{Ed} – sukimo momentas, lenkimo momentas ir skersinė jėga pjūvyje, išvestame per gniuždomosios zonos centrą ir statmename elemento išilginei ašiai.

Skersinės ir išilginės armatūros santykį įvertinantis koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę

$$\varphi_w = \frac{f_{ywd}A_{sw}b}{f_{yd}A_{s1}s_w}, \quad (8.83)$$

čia:

A_{sw} – sankabos vieno strypo, esančio prie tempiamosios briaunos, skerspjūvio plotas;

s_w – atstumas tarp gretimų sankabų.

Koeficiento φ_w reikšmė imama ne mažesnė kaip

$$\varphi_{w, \min} = \frac{0,5}{1 + 0,5 M_{Ed} / (\varphi_w M_{Rd})}, \quad (8.84)$$

ir ne didesnė kaip

$$\varphi_{w, \max} = 1,5 \left(1 - \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right); \quad (8.85)$$

čia:

M_{Ed} – lenkimo momentas, kurio reikšmė skaičiuojant pagal 2 schemą yra lygi nuliui, o pagal 3 schemą – imama su minuso ženklu;

M_{Rd} – ribinis lenkimo momentas, kurį atlaiko statmenas elemento išilginei ašiai pjūvis.

Kai pagal (8.83) formulę apskaičiuota φ_w reikšmė mažesnė nei $\varphi_{w, \min}$, jėgos $f_{yd} A_{s1}$ reikšmė (8.79) ir (8.80) formulėse dauginama iš santykio $\varphi_w / \varphi_{w, \min}$.

103. Kai galioja sąlyga

$$T_{Ed} \leq 0,5 V_{Ed} b, \quad (8.86)$$

pagal 2 schemą neskaičiuojama, tačiau tikrinama sąlyga

$$V_{Ed} \leq V_{Rd, sw} + V_{Rd, c} - 3 \frac{T_{Ed}}{b}, \quad (8.87)$$

čia b – statmenos lenkimo momento veikimo plokštumai skerspjūvio briaunos ilgis, o $V_{Rd, sw}$, $V_{Rd, c}$ reikšmės apskaičiuojamos pagal Reglamento 91 punktą.

IX SKYRIUS. GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ STIPRUMO APSKAIČIAVIMAS, ESANT VIETINIAM APKROVŲ VEIKIMUI

I SKIRSNIS. GLEMŽIMO APSKAIČIAVIMAS

104. Skaičiuojant betonines ir gelžbetonines konstrukcijas, kurios yra veikiamos vietinių gniuždomųjų apkrovų, kaip betono stiprumo charakteristika yra imamas jo skaičiuotinis glemžiamasis stipris f_{cud} . Jis priklauso nuo skaičiuotinio gniuždomojo stiprio ir santykio tarp glemžimo ploto (ant kurio padėta vietinė apkrova) ir ploto, kuriame pasiskirsto šios apkrovos poveikis

$$f_{cud} = \alpha w_u f_{cd}, \quad (9.1)$$

čia:

f_{cd} – skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris;

α – koeficientas, įvertinantis ilgalaikį apkrovos poveikį, jos netinkamiausią pridėjimą:

0,85 – kai betono klasė C50/60 ir mažesnė;

0,80 – kai betono klasė C55/67 ir aukštesnė.

Kai betono klasė C70/85 ir aukštesnė, betono stipris f_{cd} su koeficientu α dauginamas iš papildomo koeficiento λ , kuris imamas pagal 16 lentelės duomenis;

16 lentelė

Koeficiento λ reikšmės

Betono klasė	C70/85	C80/95	C90/105
λ	0,95	0,93	0,91

w_u – koeficientas, įvertinantis betono glemžiamojo stiprio padidėjimą ir apskaičiuojamas pagal formulę

$$w_u = 1 + k_u k_f \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \leq \omega_{u,max}, \quad (9.2)$$

čia:

k_u – šoninio apspaudimo gniuždant efektyvumo koeficientas. Sunkiajam betonui

$k_u = 0,8 \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14,0$; smulkiagrūdžiam betonui $k_u = 12,5$;

k_f – imama pagal 17 lentelę;

$\omega_{u,max}$ – ribinė betono glemžiamojo stiprio padidėjimo reikšmė, imama pagal 17 lentelę;

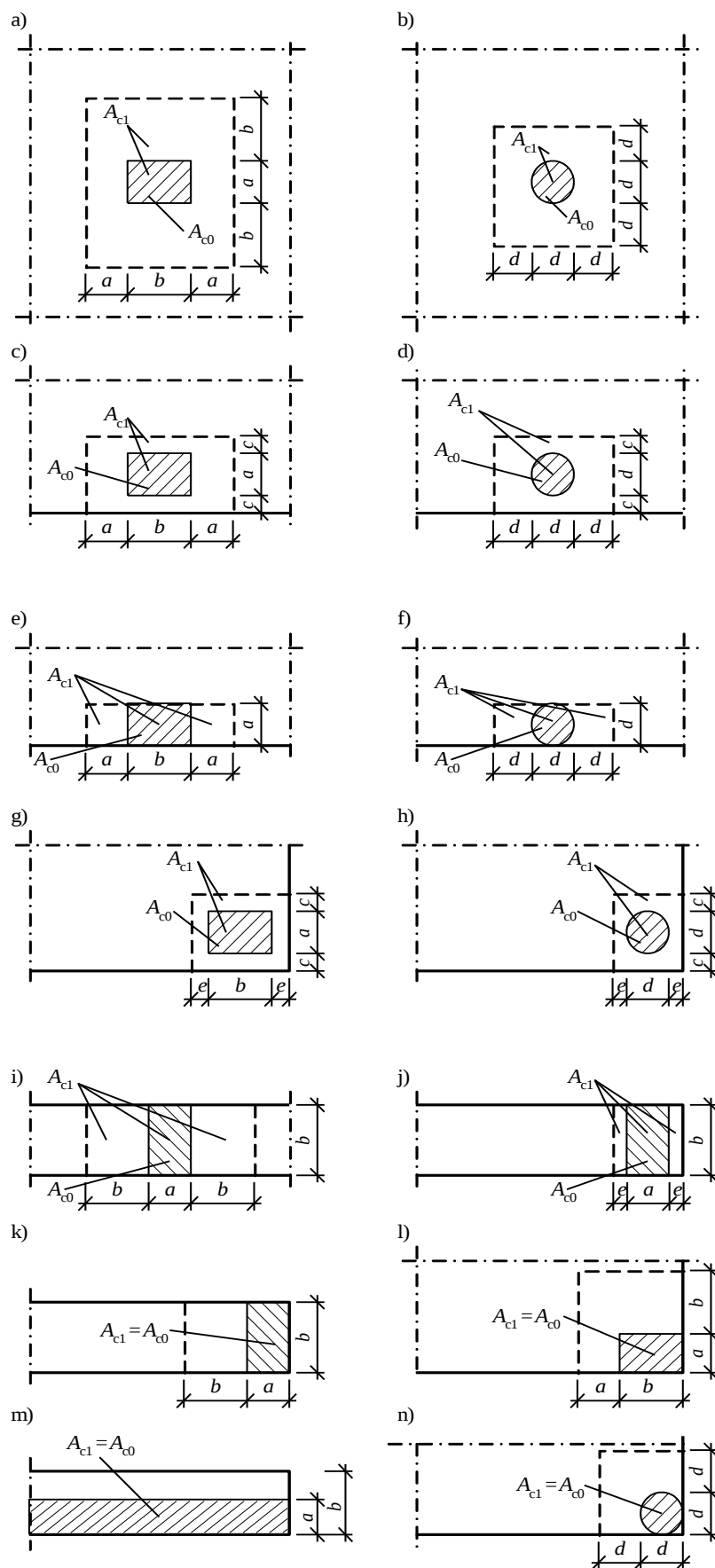
A_{c0} – glemžimo plotas (žr. 19 pav.);

A_{c1} – pasiskirstymo plotas, kuris yra simetrinis glemžiamojo ploto centro atžvilgiu.

17 lentelė

Koeficientų k_f ir $\omega_{u,max}$ reikšmės

Vietinės apkrovos pridėjimo schemos pagal 19 pav.	k_f	$\omega_{u,max}$	
		betoniniams elementams	elementams su skersiniu armavimu
a), b) atvejai	1,0	2,5	3,5
c) atvejis	$0,8 + 0,2c/b$	2,5	3,5
d) atvejis	$0,8 + 0,2c/b$	2,5	3,5
e), f), i), j) atvejai	0,8	2,5	3,5
g) atvejis	$0,8 + 0,2 \frac{\min(c/b; e/a)}{\max(c/b; e/a)}$	2,5	3,5
h) atvejis	$0,8 + 0,2 \frac{\min(c; e)}{\max(c; e)}$	2,5	3,5
k), l), m), n) atvejai	0,8	1,0	1,0



19 pav. Ploto A_{c1} nustatymo schemas

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

105. Jeigu šalia veikia daugiau kaip viena jėga, kiekvienai iš jų reikia atskirai nustatyti pasiskirstymo plotą A_{c1} (žr. 19 pav.). Jeigu šie plotai kerta vienas kitą, tai plotus, pasirenkamus skaičiavimui, reikia imti tokius, kad jie vienas kito nekirstų.

Jeigu elementą, veikiamą vietinės gniuždomosios apkrovos, veikia ir kitos apkrovos, kurios sukelia tempimo įtempius betone, tai tokį elementą reikia armuoti skersiniais tinklais.

106. Betoninio elemento, veikiamo vietinės glemžiamosios apkrovos, stiprumas tikrinamas pagal sąlygą

$$N_{Ed} \leq \alpha_u f_{cud} A_{c0}, \quad (9.3)$$

čia:

N_{Ed} – skaičiuotinių įtempių, veikiančių glemžimo plote A_{c0} , atstojamoji;

f_{cud} – skaičiuotinis betono glemžiamasis stipris, apskaičiuojamas pagal (9.1) formulę, imant skaičiuotinius betono gniuždomąjį f_{cd} ir tempiamąjį f_{ctd} stiprius, nustatomas su daliniu patikimumo koeficientu $\gamma_c = 1,8$;

α_u – koeficientas, priklausantis nuo įtempių pasiskirstymo glemžimo plote, ir yra lygus

$$\alpha_u = \frac{1}{4} \left(3 + \frac{\sigma_{u, \min}}{\sigma_{u, \max}} \right) \geq \frac{3}{4}; \quad (9.4)$$

čia $\sigma_{u, \max}$ ir $\sigma_{u, \min}$ – atitinkamai didžiausieji ir mažiausieji gniuždymo įtempiai.

107. Jeigu elementas yra armuojamas skersiniais armatūros tinklais, tai tokių vietinė glemžiamąją apkrovą veikiamų elementų stiprumas tikrinamas pagal sąlygą

$$N_{Ed} \leq f_{cud, \text{eff}} \cdot A_{c0}, \quad (9.5)$$

čia:

N_{Ed} – įtempimų, veikiančių A_{c0} plote, atstojamoji;

$f_{cud, \text{eff}}$ – ekvivalentinis betono glemžiamasis stipris, apskaičiuojamas pagal formulę

$$f_{cud, \text{eff}} = f_{cud} + \varphi_0 \cdot \rho_{xy} f_{yd, xy} \cdot \varphi_s, \quad (9.6)$$

čia φ_s – koeficientas, įvertinantis skersinio armavimo įtaką vietinio gniuždymo zonoje: k), l) ir n) (žr. 19 pav.). $\varphi_s = 1,0$, skersinį armavimą įvertinant pagal sąlygą, skersinės armatūros tinklai uždėti plote, ne mažesniame kaip 19 pav. pažymėta punktyrinėmis linijomis. Kai apkrauta pagal a), b), c), d), e), f), g), h), i), j) (žr. 19 pav.), φ_s koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę

$$\varphi_s = 4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{\text{eff}}}, \quad (9.7)$$

čia A_{eff} – betono plotas, apibrėžtas kraštiniais tinklo strypais ir esantis A_{c1} plote.

$$\varphi_0 = \frac{1}{0,23 + \psi}; \quad \psi = \frac{\rho_{xy} \cdot f_{yd, xy}}{\alpha_x f_{cd} + 10}.$$

čia:

ρ_{xy} – skersinio armavimo koeficientas;

$f_{yd, xy}$ – tinklų armatūros skaičiuotinis stipris.

Jeigu glemžimo ploto kontūrai išeina už skersinio armavimo tinklo ribų, tai nustatant glemžimo plotą A_{c0} ir pasiskirstymo plotą A_{c1} įvertinamas tik betono plotas, esantis tinklelio kontūre. Tinklelio strypų skerspjūvio plotas jo ilgio ir pločio kryptimis neturi skirtis daugiau kaip 1,5 karto, o jų išdėstymo žingsnis neviršyti 100 mm ir $\frac{1}{4}$ mažesniosios skerspjūvio kraštinės.

II SKIRSNIS. GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ ATPLĖŠIAMOJO STIPRIO APSKAIČIAVIMAS (ESANT VIETINIAM TEMPIMUI)

108. Gelžbetoninių elementų atplėšiamasis stipris, veikiant vietiniam tempimui nuo apkrovų, pridėtų elemento apačioje arba aukščiau (pagal skerspjūvio aukštį) (žr. 20 pav.), apskaičiuojamas pagal sąlygą

$$F \left(1 - \frac{d_s}{d} \right) \leq \sum (f_{ywd} \cdot A_{sw}), \quad (9.8)$$

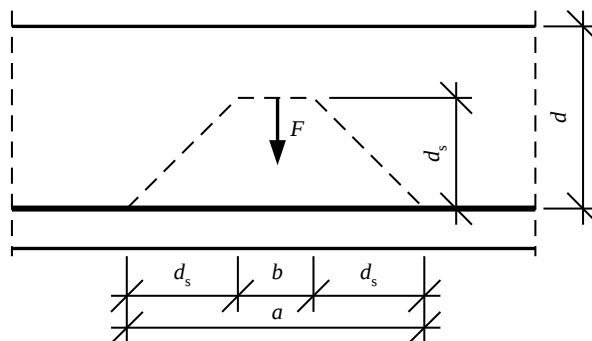
čia:

F – atplėšiamoji (tempiamoji) jėga;

d_s – atstumas nuo jėgos pridėties taško iki išilginės armatūros masės centro;

$\sum (f_{ywd} \cdot A_{sw})$ – skersinių įrąžų, kurias perima sankabos, papildomai įdėtos pagal atplėšimo zonos ilgį a , suma;

$a = 2d_s + b$; čia b – atplėšiamosios jėgos perdavimo ploto plotis.



20 pav. Gelžbetoninių elementų atplėšiamojo stiprio apskaičiavimo schema

d_s ir b reikšmės nustatomos atsižvelgiant į atplėšiamosios apkrovos pobūdį ir jos uždėjimą ant elemento (per gembes, priglauštus kitus elementus, įdėtines detales ir pan.).

III SKIRSNIS. PRASPAUDIMO APSKAIČIAVIMAS

109. Šiame skirsnyje pateikti praspaudimo modeliai ir apskaičiavimo metodai tinka gelžbetoninėms ištisinėms ir kesoninėms plokštėms prie kolonų ir pamatams po kolonomis projektuoti. Vietinė sutelktoji jėga nuo kolonų į plokštę ar pamatą perduodama per sąlygiškai mažą plotelį A_{load} .

110. Principinė gelžbetoninės plokštės (elemento) praspaudimo skaičiuotinė schema pateikta 21 pav. Plokštės, veikiamos vienodai išskirstytąja apkrova, praspaudžiamasis stipris apskaičiuojamas pavojingajame pjūvyje.

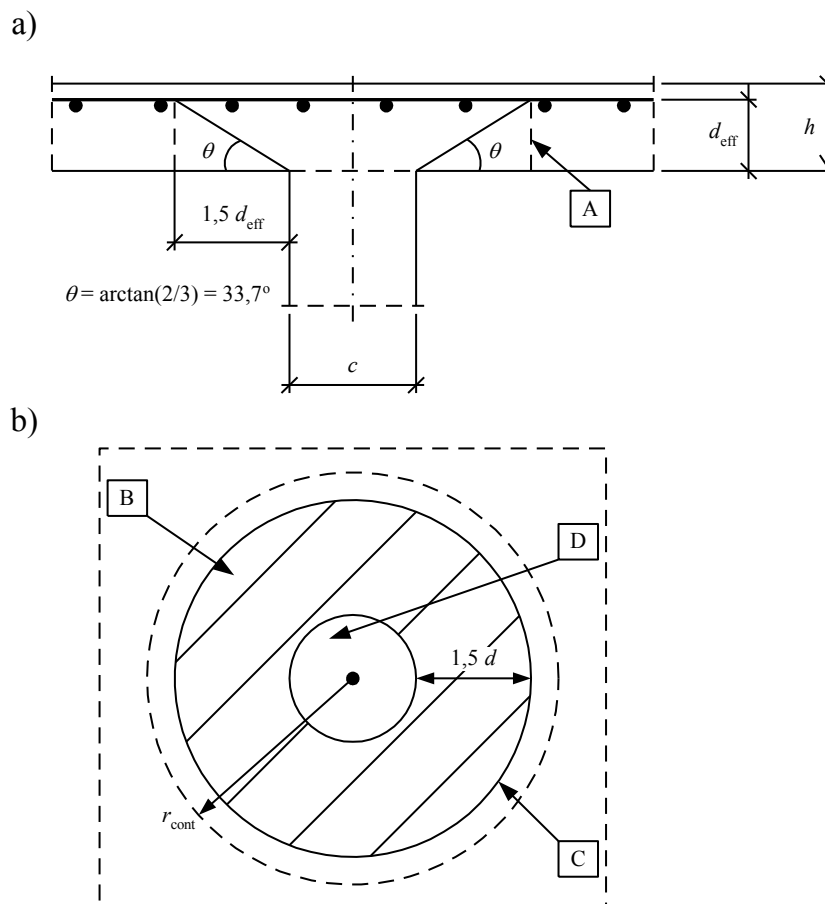
111. Šio skirsnio nuostatos tinka, kai praspaudžiamųjų elementų matmenys yra:

111.1. apvalaus skersmens ir kai skersmuo ne didesnis kaip $3,5d$;

111.2. stačiakampio skerspjūvio, kurio perimetras ne didesnis kaip $11d$, ir skerspjūvio kraštinių c_1 ir c_2 santykis ne didesnis kaip 2;

111.3. kitų skerspjūvio formų, taikant analogiškus matmenų apribojimo reikalavimus.

Kai skerspjūvis neatitinka Reglamento 111 p. reikalavimų, plokštės stipris apskaičiuojamas sumuojant jos praspaudžiamąjį ir kerpamąjį stiprius. Kerpamųjų pjūvių zonos nustatomos remiantis 22 pav. pateiktomis schemomis.



21 pav. Plokštės praspaudimo skaičiuotinė schema:

a) pjūvyje, b) plane: A – pavojingasis pjūvis; B – kritinė plokštuma; C – kritinis perimetras; D – vietinės apkrovos veikiamas plotas

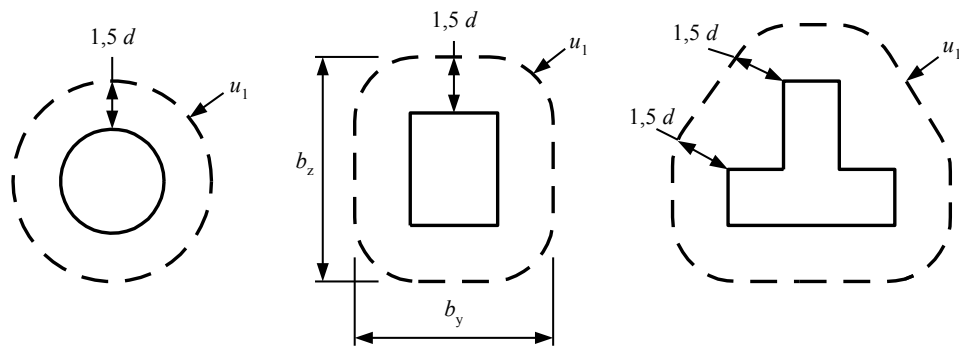
112. Apskaičiuojant praspaudžiamąjį stiprį yra nustatomas praspaudžiamąjo elemento kritinis perimetras, kuris plokštėms yra lygus minimaliam perimetrai $1,5d$ atstumu nuo praspaudžiamąjo elemento išorinio krašto. Panašiai nustatoma ir kitokios skerspjūvio formos elementams (žr. 22 pav.).

Kritinis perimetras ir kolonos perimetras apriboja vadinamąją kritinę plokštumą.

Kaip naudingasis plokštės storis imamas pastovus. Kai jis skirtingas y ir z ašyse, imamas jų vidurkis:

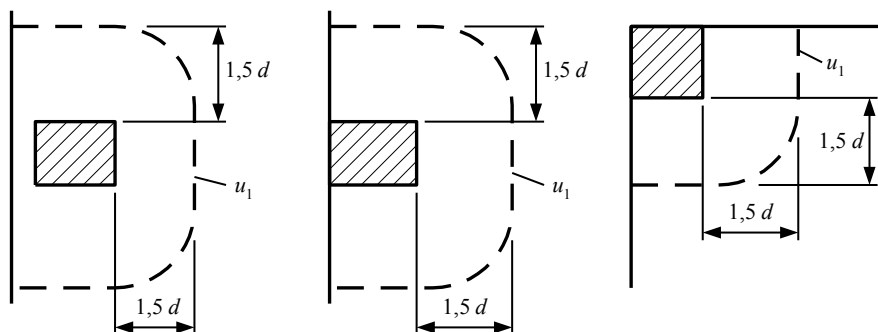
$$d_{\text{eff}} = \frac{(d_y + d_z)}{2}, \quad (9.9)$$

čia d_y ir d_z yra naudingasis plokštės aukštis statmenose ašyse.

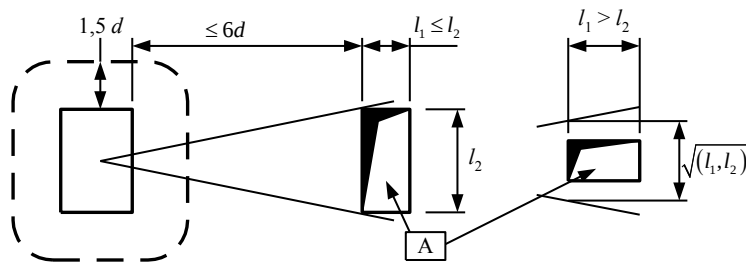


22 pav. Kritinio perimetro nustatymo būdingiausieji atvejai

Jei nuo kritinio perimetro arčiau nei $6d$ atstumu yra laisvas (neparemtas) plokštės kraštas, kampas ar anga, kritinio perimetro ilgis nustatomas remiantis schemomis, pateiktomis 23 ir 24 paveiksluose.



23 pav. Kritinio perimetro nustatymas plokštės pakraštyje ar kampe



24 pav. Kritinio perimetro nustatymas prie angos (A – anga)

113. Praspaudžiamosios plokštės pjūvis ties kritinio perimetro linija naudingą aukščio ribose yra pavojingasis pjūvis. Kai plokštė pastoviojo aukščio, jis statmenas plokštės plokštumai. Kai plokštė kintamojo aukščio – statmenas tempiamajam (labiau tempiamam) plokštės kraštui.

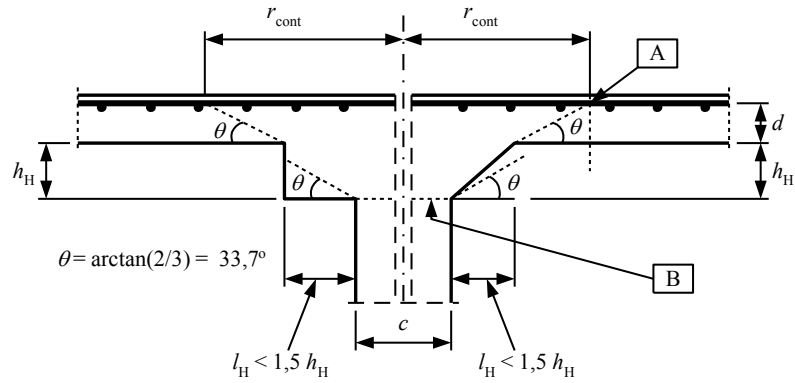
114. Kai plokštė remiasi į apskritą kolonos kapitelį, kurio $l_H < 1,5h_H$ arba posvyrio kampas γ didesnis nei θ , skaičiuotinis kritinis pjūvis nustatomas remiantis schema, parodyta 25 paveiksle. Šio pjūvio atstumas nuo kolonos centro r_{cont} apskaičiuojamas pagal 9.10 formulę

$$r_{\text{cont}} = 1,5d + l_H + 0,5c, \quad (9.10)$$

čia:

l_H – kapitelio plotis;

c – kolonos skersmuo.



25 pav. Kolona su kapiteliu, kurio $l_H < 1,5 h_H$:
A – pavojingasis pjūvis; B – vietinės apkrovos veikiamas plotas

Stačiakampei kolonai su stačiakapiu kapiteliu, kurio $l_H < 1,5 h_H$ ir matmenys l_1 ir l_2 ($l_1 = c_1 + 2l_{H1}$, $l_2 = c_2 + 2l_{H2}$, $l_1 \leq l_2$), apskaičiuojant praspaudimą imama mažesnioji r_{cont} reikšmė iš dviejų:

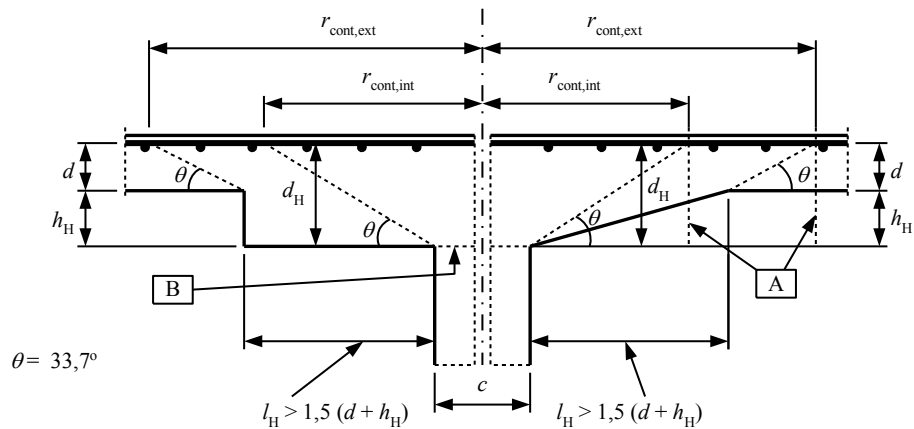
$$r_{cont} = 1,5d + 0,56\sqrt{l_1 \cdot l_2}, \quad (9.11)$$

$$r_{cont} = 1,5d + 0,69l_1. \quad (9.12)$$

115. Kolonom su kapiteliais, kurių $l_H > 1,5(d + h_H)$ arba posvyrio kampas γ mažesnis nei θ (žr. 26 pav.), atstumas nuo kolonos centro iki kritinio pjūvio apskaičiuojamas pagal tokias formules:

$$r_{cont,ex} = l_H + 1,5d + 0,5c, \quad (9.13)$$

$$r_{cont,int} = 1,5(d + h_H) + 0,5c. \quad (9.14)$$

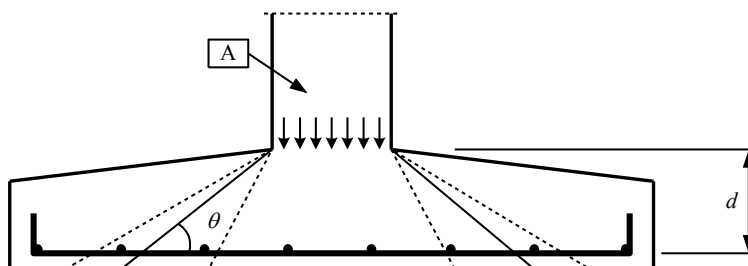


26 pav. Kolona su kapiteliu, kurio $l_H > 1,5(d + h_H)$:
A – pavojingasis pjūvis; B – vietinės apkrovos veikiamas plotas

116. Kai kapitelio $1,5h_H < l_H < 1,5(d + h_H)$, atstumas nuo kolonos centro iki kritinio pjūvio apskaičiuojamas pagal formulę

$$r_{cont} = 1,5l_H + 0,5c. \quad (9.15)$$

117. Apskaičiuojant pamatų plokštės praspaudžiamąjį stiprį, pavojingąjo pjūvio aukštį imti tokį, koks parodytas 27 paveiksle.



27 pav. Pamatų plokštės praspaudimo schema:
A – vietinės apkrovos veikiamas plotas; $\theta \geq \arctan(2/3)$

118. Plokštės (ar pamatų) praspaudžiamąjį stiprį skaičiavimas grindžiamas sąlyga, kad betoninės plokštės storis yra pakankamas atlaikyti kerpamąją vietinę apkrovą (v_{Ed}). Jei ši sąlyga neįvykdoma, būtina įrengti kapitelius ar papildomai armuoti.

119. Didžiausi kirpimo įtempiai, veikiantys ties kolonos perimetru ar vietinės apkrovos veikiamo ploto perimetre, turi būti:

$$v_{Ed} < v_{Rd,max}, \quad (9.16)$$

čia $v_{Rd,max}$ – didžiausias skaičiuotinis plokštės nagrinėjamojo pavojingąjo pjūvio atsparumas praspaudimui.

120. Skersinė armatūra nereikalinga, jei:

$$v_{Ed} < v_{Rd,c}, \quad (9.17)$$

čia $v_{Rd,c}$ – skaičiuotinis plokštės be skersinės armatūros nagrinėjamojo pavojingąjo pjūvio atsparumas praspaudimui.

Jei pavojingajame pjūvyje v_{Ed} viršija $v_{Rd,c}$, būtina dėti skersinę armatūrą.

121. Jei atraminė reakcija veikia ekscentriškai nagrinėjamojo kerpamojo pjūvio atžvilgiu, didžiausi kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}, \quad (9.18)$$

čia:

d – plokštės naudingasis aukštis;

$d = (d_z + d_y)/2$, d_z , d_y – plokštės naudingasis aukštis atitinkamai z ir y ašių linkmėmis;

u_i – nagrinėjamojo kerpamojo pjūvio perimetro ilgis.

Koeficientas β apskaičiuojamas pagal formulę

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}, \quad (9.19)$$

čia:

u_1 – kritinio perimetro ilgis;

k – koeficientas, priklausantis nuo kolonos matmenų c_1 ir c_2 santykio, randamas 18 lentelėje;

W_1 – perimetro u_1 funkcija (žr. 28 pav.):

$$W_1 = \int_0^{u_i} |e| dl, \quad (9.20)$$

čia:

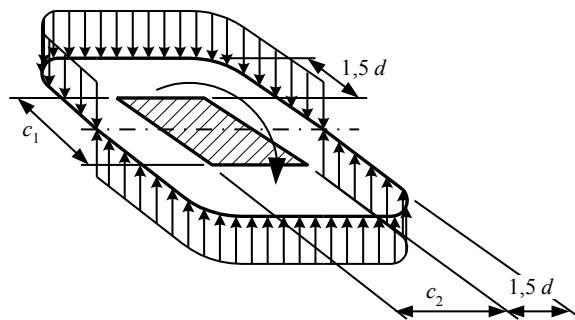
dl – perimetro elementarusis ilgis;

e – atstumas nuo dl iki ašies, apie kurią veikia momentas M_{Ed} .

18 lentelė

Koeficiento k priklausomybė nuo kolonos matmenų santykio

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,60	0,70	0,80



28 pav. Kirpimas plokštės ir vidinės kolonos sandūroje, veikiant nepusiausvyriems lenkimo momentams

Stačiakampio skerspjūvio kolonoms:

$$W_1 = c_1^2/2 + c_1c_2 + 3c_2d + 9d^2 + 1,5\pi dc_1, \quad (9.21)$$

čia:

c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus jėgos ekscentricitetui;

c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui.

Skritulio skerspjūvio vidinei kolonai:

$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D + 4d}, \quad (9.22)$$

čia D – skritulio skerspjūvio kolonos skersmuo.

Kai apkrova veikia ekscentriškai abiem kryptimis, stačiakampio skerspjūvio kolonoms koeficientas β apskaičiuojamas taip:

$$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2}, \quad (9.23)$$

čia:

e_y ir e_z – ekscentricitetas M_{Ed}/N_{Ed} atitinkamai y kryptimi nuo momento, veikiančio apie z ašį, ir z kryptimi nuo momento, veikiančio apie y ašį;

b_y ir b_z – kritinio perimetro matmenys (žr. 22 pav.).

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

122. Kraštinių kolonų sandūroms, kur ekscentricitetai, statmeni plokštės kraštui (kaip rezultatas lenkimo momento apie ašį, lygiagrečią plokštės kraštui), eina vidaus link ir nėra ekscentriciteto, lygiagretaus plokštės kraštui, praspaudžiamoji jėga gali būti nagrinėjama kaip vienodai pasiskirsčiusi išilgai kritinio perimetro u_1 , pagal 22 paveikslą.

Jei ekscentricitetas yra abiem statmenomis linkmėmis, β gali būti nustatytas pagal formulę

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}} + k \frac{u_1}{W_1} e_{\text{par}}, \quad (9.24)$$

čia:

u_1 – visas kritinis perimetras (žr. 23 pav.);

u_{1*} – ekvivalentinis kritinis perimetras (žr. 29 pav.);

e_{par} – ekscentricitetas, lygiagretus plokštės kraštui, nuo momento, veikiančio apie ašį, statmeną plokštės kraštui;

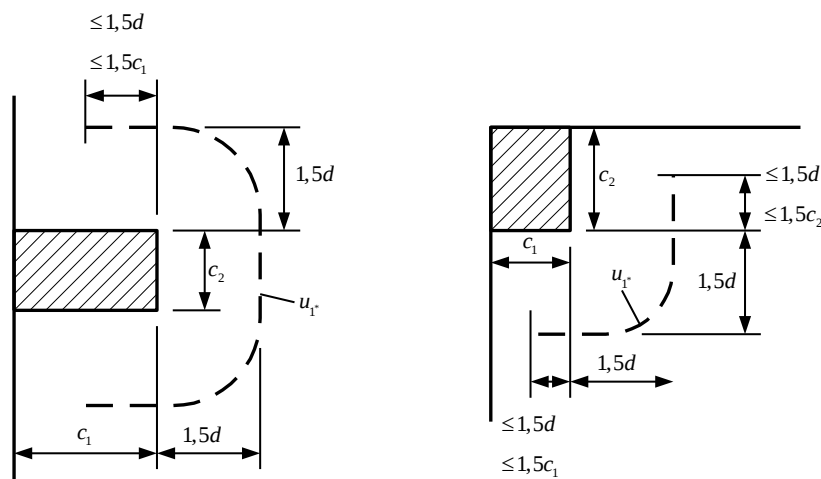
k – iš 18 lentelės;

W_1 – apskaičiuojamas kaip visam perimetrui u_1 (žr. 22 pav.).

Stačiakampio skerspjūvio kolonai W_1 apskaičiuojamas pagal 9.25 formulę (žr. 28 pav.)

$$W_1 = c_1^2/2 + c_1c_2 + 3c_1d + 4,5d^2 + 0,75\pi dc_2. \quad (9.25)$$

Jei statmenas plokštės kraštui ekscentricitetas neina vidaus link, galioja 9.19 formulė. Apskaičiuojant W_1 , ekscentricitetas e imamas nuo kolonos centro iki kritinio perimetro.



29 pav. Ekvivalentinis kritinis perimetras: a) kraštinei kolonai; b) kampinei kolonai

Punkto pakeitimai:

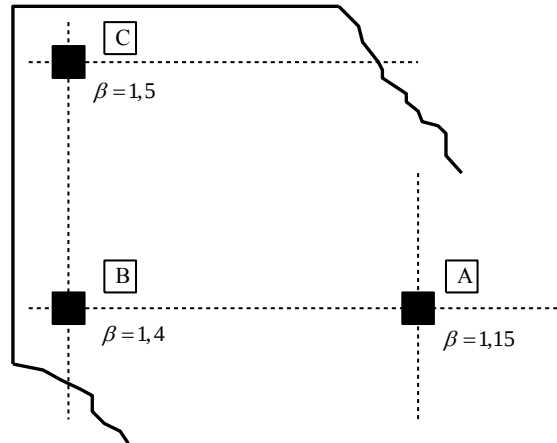
Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

123. Kampinių kolonų sandūroms, kai ekscentricitetas eina į plokštės vidų, laikoma, kad praspaudimo jėga vienodai pasiskirsto išilgai ekvivalentinio kontrolinio perimetro u_{1*} , kaip parodyta 29 paveiksle. Koeficientas β apskaičiuojamas taip:

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}}. \quad (9.26)$$

Jei ekscentricitetas eina į išorę, galioja 9.19 formulė.

124. Konstrukcijoms, kurių horizontaliam stabilumui (standumui) neturi įtakos rėmo plokštės ir kolonų tarpusavio sąveika ir iš eilės einančių tarpatramių ilgių skirtumas, ne didesnis kaip 25 %, gali būti imamos apytikslės koeficiento β reikšmės, kaip nurodyta 30 paveiksle.



30 pav. Apytikslės koeficiento β reikšmės:
A – vidinė kolona; B – kraštinė kolona; C – kampinė kolona

125. Skersinė jėga, kurią atlaiko betonas plokštės pavojingojo pjūvio ploto vienetu $v_{Rd,c}$, apskaičiuojama pagal formulę

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} - 0,10 \sigma_{cp} \geq (0,4 f_{ctd} - 0,10 \sigma_{cp}), \quad (9.27)$$

čia f_{ck} ir f_{ctd} imti MPa;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0, \quad d \text{ (mm)};$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02,$$

čia ρ_{ly} , ρ_{lz} – armavimo koeficientai, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis; ρ_{ly} ir ρ_{lz} apskaičiuojama ruože, kurio plotis lygus kolonos pločiui, pridedant po $3d$ į kiekvieną kolonos pusę;

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz})/2,$$

čia σ_{cy} , σ_{cz} – normaliniai įtempiai betono pavojingajame pjūvyje, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis (MPa), gniuždymo atveju imamas minuso ženklas;

$$\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \text{ ir } \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}},$$

čia:

$N_{Ed,y}$, $N_{Ed,z}$ – išilginė jėga nuo išorinės apkrovos ar išankstinio apspaudimo į visą piramidę vidinėms kolonoms ir išilginė jėga į pavojingą pjūvį kraštinėms kolonoms;

A_c – betono skerspjūvio plotas, nusakomas kaip ir N_{Ed} .

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

126. Kai nagrinėjamoje kritinėje plokštumoje veikia priešingos krypties nei V_{Ed} išorinė jėga, pvz., grunto slėgis, praspaudžiamoji jėga apskaičiuojama pagal formulę

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}, \quad (9.28)$$

čia:

V_{Ed} – koloną veikianti jėga;

ΔV_{Ed} – nagrinėjamoje kritinėje plokštumoje į viršų veikianti jėga, t. y. į viršų veikiantis grunto slėgis minus savasis plokštės svoris.

$$V_{Ed} = V_{Ed,red} / u d.$$

$$v_{Rd} = \frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho f_{ck})^{1/3} \cdot 2d/a \geq 0,4 f_{ctd} \cdot 2d/a, \quad (9.29)$$

čia a – atstumas nuo kolonos krašto iki nagrinėjamos kritinės plokštumos.

Ekscentriniam apkrovimui:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{u d} \left[1 + k \frac{M_{Ed} u}{V_{Ed,red} W} \right], \quad (9.30)$$

čia k – randamas 18 lentelėje.

veikia priešingos krypties nei V_{Ed} išorinė jėga, pvz., grunto slėgis, praspaudžiamoji jėga apskaičiuojama pagal formulę.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

127. Jei skersinė armatūra reikalinga, ji apskaičiuojama pagal formulę

$$v_{Rd,cs} = 0,75v_{Rd,c} + 1,5(d/s_r)A_{sw}f_{ywd,ef}(1/(u_1d))\sin\alpha, \quad (9.31)$$

čia:

A_{sw} – kolonos perimetru vienoje eilėje esančias skersinės armatūros skerspjuvio plotas (mm^2);

s_r – atstumas tarp skersinės armatūros eilių radialine linkme;

α – kampas tarp skersinės armatūros ir plokštės ašies;

$f_{ywd,ef}$ – skersinės armatūros efektyvusis skaičiuotinis praspaudžiamasis stipris,

$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$ MPa);

d – plokštės naudingasis aukštis (mm).

Reikalavimai skersinei armatūrai duoti XVII skyriaus VI skirsnyje.

Didžiausias gretimo kolonai pjūvio betono praspaudžiamasis stipris $v_{Rd,max}$:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{u_0d} \leq v_{Rd,max} = 0,5v_{cd}, \quad (9.32)$$

čia:

u_0 imama:

u_0 = kolonos kraštinių ilgiui – vidinėms kolonomis;

$u_0 = c_x + 3d \leq c_x + 2c_y$ – kraštinėms kolonomis;

$u_0 = 3d \leq c_x + c_y$ – kampinėms kolonomis; c_y , c_z – kolonos kraštinių matmenys, c_y – kolonos

matmuo, lygiagretus plokštės kraštui.

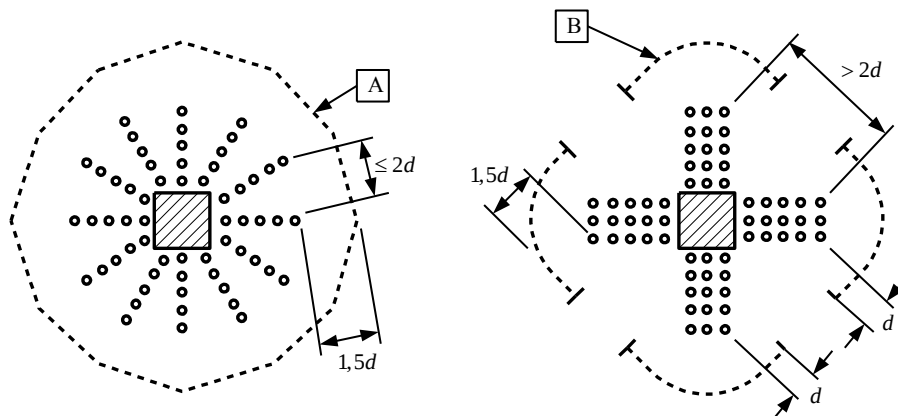
Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

128. Kritinis perimetras u_{out} (ar $u_{out,edf}$, žr. 31 pav.), kuriam skersinė armatūra nebereikalinga, gali būti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$u_{out,ef} = V_{Ed}/(v_{Rd,c}d). \quad (9.33)$$

129. Skersinę armatūrą būtina išdėstyti zonoje, kurios plotis ne mažesnis nei atstumas nuo kolonos iki šią zoną ribojančio perimetro $u_{out} - 1,5d$ (ar $u_{out,edf}$) atstumu nuo kolonos (žr. 31 pav.).



31 pav. Vidinių kolonų kritinis perimetras:

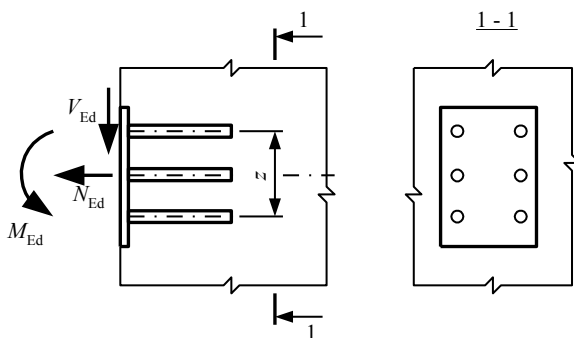
A – perimetras u_{out} ; B – perimetras $u_{out,ef}$

Kito tipo skersinei armatūrai – atlankoms ar tinkleliams – $v_{Rd,cs}$, skaičiuotinis plokštės su skersine armatūra nagrinėjamojo pavojingąjo pjūvio praspaudžiamasis stipris gali būti nustatytas bandymais.

X SKYRIUS. ĮDĖTINIŲ DETALIŲ APSKAIČIAVIMAS

130. Inkarų, privirintų tėjine jungtimi prie plokščių metalinių įdėtinių detalių, skaičiavimas lenkimo momentui, ašinei ir šlyties jėgoms, išdėstytoms vienoje įdėtinės detalės simetrijos plokštumoje (žr. 32 pav.), veikiant statinei apkrovai, atliekamas pagal formulę

$$A_{an} = \frac{1,1 \sqrt{N_{an}^2 + \left(\frac{V_{an}}{\lambda \delta} \right)^2}}{f_{yd}}, \quad (10.1)$$



32 pav. Įrąžų, veikiančių įdėtinę detalę, schema

čia:

A_{an} – suminis labiausiai apkrautos inkarų eilės skerspjūvio plotas;

N_{an} – didžiausioji tempimo įrąža vienoje inkarų eilėje, lygi:

$$N_{an} = \frac{M_{Ed}}{z} + \frac{N_{Ed}}{n_{an}}; \quad (10.2)$$

V_{an} – šlyties jėga vienai inkarų eilei:

$$V_{an} = \frac{V_{Ed} - 0,3 N'_{an}}{n_{an}}; \quad (10.3)$$

N'_{an} – didžiausioji gniuždymo įrąža vienoje inkarų eilėje, nustatoma pagal formulę

$$N'_{an} = \frac{M_{Ed}}{z} - \frac{N_{Ed}}{n_{an}}. \quad (10.4)$$

Formulėse (10.1)–(10.4): M_{Ed} , N_{Ed} , V_{Ed} – atitinkamai momentas, normalinė ir šlyties jėgos, veikiančios įdėtinę detalę; momentas veikia įdėtinės detalės plokštelės išoriniame paviršiuje visų inkarų masės centre; n_{an} – inkarų eilių skaičius šlyties jėgos veikimo kryptimi; jeigu šlyties jėga V tolygiai neperduodama į visas inkarų eiles, tai apskaičiuojant šlyties jėgą V_{an} įvertinamos ne

daugiau kaip keturios inkarų eilės; z – atstumas tarp labiausiai nutolusių inkarų eilių; λ – C12/15–C40/50 klasių betono koeficientas, kai inkarų skersmuo 8–25 mm, apskaičiuojamas pagal formulę

$$\lambda = \frac{4,75 \sqrt[3]{f_{cd}}}{(1 + 0,15 A_{an1}) \sqrt{f_{yd}}} \beta, \quad (10.5)$$

bet imamas ne didesnis kaip 0,7; aukštesnės nei C40/50 klasės betonui λ imamas kaip C40/50 klasės, čia f_{cd} , f_{yd} – MPa; A_{an1} – labiausiai apkrautos eilės inkarų plotas, cm^2 ; β – koeficientas, imamas lygus 1,0 sunkiajam, 0,8 smulkiagrūdžiam ir $\rho_m/2300$ lengvajam betonui (ρ_m – betono tūrio masė, kg/m^3); δ – koeficientas, nustatomas pagal formulę

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega}}, \quad (10.6)$$

bet imamas ne mažesnis kaip 0,15;

$$\omega = 0,3 \frac{N_{an}}{V_{an}} \text{ kai } N'_{an} > 0 \text{ (prispaudimas);}$$

$$\omega = 0,6 \frac{N_{an}}{V_{an}}, \text{ kai } N'_{an} \leq 0 \text{ (be prispaudimo); jeigu inkaruose nėra tempimo įrašos,}$$

koeficientas δ imamas lygus vienetui.

Visų kitų eilių inkarų plotas turi būti pasirenkamas lygus labiausiai apkrautos eilės inkarų plotui.

Formulėse (10.2) ir (10.4) statmenoji jėga N imama teigiama, jei ji nukreipta nuo įdėtinės detalės (žr. 32 pav.), ir neigiama – jei nukreipta į ją. Tais atvejais, kai statmenosios jėgos N_{an} ir N'_{an} , taip pat šlyties jėga V_{an} apskaičiuojant pagal (10.2)–(10.4) formules gaunamos neigiamos, (10.1)–(10.3) ir (10.6) formulėse jos imamos lygios nuliui. Be to, jeigu N_{an} gaunama neigiama, tai (10.3) formulėje imama $N'_{an} = N$.

Kai betonuojamos konstrukcijos įdėtinės detalės yra elemento viršuje, koeficiento λ reikšmė mažinama 20 %, o N'_{an} reikšmė pasirenkama lygi nuliui.

131. Įdėtinėse detalėse su inkarais, privirintais užleistine jungtimi nuo 15 iki 30° kampų, pasvirę inkarai apskaičiuojami šlyties jėgai (kai $V_{Ed} > N_{Ed}$, čia N_{Ed} – atplėšiamoji jėga) pagal formulę

$$A_{an,inc} = \frac{V_{Ed} - 0,3N'_{an}}{f_{yd}}, \quad (10.7)$$

$A_{an,inc}$ – suminis pasvirusių inkarų skerspjūvio plotas;

N'_{an} – žr. (10.4) formulę.

Be to, turi būti įrengiami ir statmeni inkarai, apskaičiuojami pagal (10.1) formulę. Kai $\delta = 1,0$ ir esant V_{an} reikšmėms, lygioms 0,1 šlyties įrašos, apskaičiuoti pagal (10.3) formulę.

132. Suvirintinių įdėtinių detalių konstrukcija su privirintais prie jų elementais, perduodančiais apkrovą įdėtinėms detalėms, turi užtikrinti inkarų įjungimą į darbą pagal pasirinktą skaičiuotinę schemą. Apskaičiuojant plokštelių ir valcuotųjų profilių atsparumą atplėšiamajai jėgai, imama, kad jie yra šarnyriškai sujungti su statmenais inkarais. Be to, skaičiuojamosios įdėtinės detalės plokštelės, prie kurios tęjine jungtimi privirinti inkarai, storis t turi būti patikrintas pagal sąlygą

$$t \geq 0,25d_{an} \frac{f_{yd}}{f_{yv}}, \quad (10.8)$$

čia:

ϕ_{an} – pagal skaičiavimus reikalingas inkaro skersmuo;

f_{yv} – skaičiuotinis plieno kerpamasis stipris.

Taikant įvairius suvirinimo būdus, kurie užtikrina didelės plokštelės dalies pasipriešinimą inkaro ištraukimui, pagrindus, galimas (10.8) lygties patikslinimas.

Plokštelės storis taip pat turi atitikti virinimui keliamus technologinius reikalavimus.

XI SKYRIUS. PATVARUMO (NUOVARGIO) APSKAIČIAVIMAS

133. Konstrukcijų patvarumas, atsparumas nuovargiui tikrinamas tik tada, jei jas veikia daugkartinis apkrovimas. Tikrinant gelžbetoninių konstrukcijų patvarumą, atskirai tikrinamas betono ir armatūros patvarumas.

Skaičiavimas grindžiamas tuo, kad veikiant daugkartiniam apkrovimui nagrinėjamuose pjūviuose armatūros ir betono pažeidimai neviršija leistinų.

134. Apskaičiuojant normalinius armatūros ir betono įtempius nagrinėjamas ekvivalentinio skerspjuvio pjūvis, einantis per plyšį. Atliekant skaičiavimą remiamasi prielaida, kad veikiant išorinėms apkrovoms ir išankstinio apspaudimo jėgai elementas dirba kaip tamprus kūnas. Gniuždomosios zonos betono plastinės deformacijos įvertinamos mažinant betono tamprumo modulį. Atsižvelgiant į betono klasę, armatūros redukavimo į betoną koeficientas imamas 25, 20, 15 ir 10 esant atitinkamai betono klasei: C12/15, C20/25, C30/37, C35/45 ir aukštesnei.

Tuo atveju, kai apskaičiuoti $\sigma_{ct} > f_{ctd}$, atliekant tolimesnius skaičiavimus skerspjuvio ekvivalentinis plotas imamas be tempiamosios zonos betono ploto.

135. Didžiausi normaliniai armatūros įtempiai nuo daugkartinio apkrovimo $\sigma_{s,max}$, ekvivalentiniam skerspjuviui apskaičiuoti remiantis prielaida, kad įtempiai pasiskirsto pagal tiesinę priklausomybę, neturi viršyti leistinųjų σ_{sR} , kurie imami:

135.1. įprastajai armatūrai – $\sigma_{sR} = f_{td} \gamma_{sR} \gamma_{sRs}$;

135.2. įtemptajai – $\sigma_{sR} = f_{td} \gamma_{sR}$;

$f_{td} = f_t / \gamma_s$.

Koeficiento γ_{sR} reikšmė imama iš 19 lentelės. Koeficientas γ_{sRs} įvertina armatūros strypų suvirintinių sujungimų tipą. Suvirintiniai armatūros sujungimai ir γ_{sRs} reikšmės gali būti naudojami daugkartinio apkrovimo veikiamuose elementuose tik remiantis atitinkamų modelių bandymais.

136. Didžiausias armatūros įtempių cikle pokytis $\Delta\sigma = \sigma_{s,max} - \sigma_{s,min}$ negali viršyti leistinojo įtempių pokyčio $\Delta\sigma_{sR}$, kurio reikšmės, kai daugkartinio apkrovimo ciklų skaičius neviršija 10^6 , pateiktos 20 lentelėje.

137. Didžiausi normaliniai betono įtempiai nuo daugkartinio apkrovimo $\sigma_{c,max}$, ekvivalentiniam skerspjuviui apskaičiuoti remiantis prielaida, kad įtempiai pasiskirsto pagal tiesinę priklausomybę, neturi viršyti f_{cdR} , t. y.:

$$\sigma_{c,max} \leq f_{cdR};$$

čia $f_{cdR} = f_{cd} \gamma_{cR}$;

koeficiento γ_{cR} reikšmės imti iš 21 lentelės.

Daugkartinio apkrovimo atveju neleistini tempimo įtempiai gniuždomosios zonos betone. Gniuždomosios zonos armatūros patvarumas neskaičiuojamas.

138. Daugkartinio apkrovimo veikiamų be skersinės armatūros elementų svarbiausieji tempimo įtempiai ekvivalentinio skerspjuvio centre neturi viršyti $f_{ctd} \gamma_{cR}$.

Neleistina, kad daugkartiniu apkrovimu būtų veikiamos betoninės ar surenkamosios monolitinės gelžbetoninės konstrukcijos.

Daugkartinio apkrovimo veikiamos konstrukcijos turi tenkinti abiejų ribinių grupių reikalavimus, kai jas veikia tik statinė apkrova.

19 lentelė

Armatūros darbo sąlygų koeficientai γ_{SR} , veikiant daugkartinei apkrovai

Armatūros klasė	Armatūros darbo sąlygų koeficientai γ_{SR} , veikiant daugkartinei apkrovai ir esant ciklo asimetrijos koeficientui k_{SR}								
	-1,0	-0,2	0	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0
S240	0,41	0,63	0,70	0,77	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
S400, S500	0,31	0,36	0,40	0,45	0,55	0,81	0,91	0,95	1,00
S800	–	–	–	–	0,27	0,55	0,69	0,87	1,00
S1200	–	–	–	–	0,19	0,53	0,67	0,87	1,00
S1400	–	–	–	–	–	0,68	0,84	1,00	1,00

Ciklo asimetrijos koeficientas $k_{SR} = \sigma_{s,min} / \sigma_{s,max}$; čia $\sigma_{s,min}$, $\sigma_{s,max}$ – atitinkamai mažiausi ir didžiausi armatūros įtempiai viename cikle.

Pastaba. Apskaičiuojant lenkiamuosius elementus iš sunkiojo betono su neįtemptąja armatūra, išilginei armatūrai imti:

$k_{SR} = 0,30$, kai $0 \leq M_{min} / M_{max} < 0,20$;

$k_{SR} = 0,15 + 0,8M_{min} / M_{max}$, kai $0,20 \leq M_{min} / M_{max} \leq 0,75$;

$k_{SR} = M_{min} / M_{max}$, kai $M_{min} / M_{max} > 0,75$;

čia M_{min} , M_{max} – atitinkamai skaičiuojamojo pjūvio mažiausia ir didžiausia lenkimo momento reikšmė viename cikle.

20 lentelė

Leistinieji armatūros įtempių cikle pokyčiai

Armatūrinis elementas	$\Delta\sigma_{SR}$, MPa
Neįtemptoji armatūra:	
1. Tiesūs ir atlenkti strypai, kurių skersmuo ≥ 15 mm;	100
2. Atlenkti strypai, kurių skersmuo < 15 mm	60
Įtemptoji armatūra:	
1. Įtempta į atsparas;	60
2. Kitais atvejais	45
Inkarai ir jungiančioji įranga	35

21 lentelė

Betono darbo sąlygų koeficientai γ_{CR} , veikiant daugkartinei apkrovai

Betono būvis drėgmės požiūriu	Betono darbo sąlygų koeficientai γ_{CR} , veikiant daugkartiniam apkrovimui ir esant ciklo asimetrijos koeficientui k_{SR}						
	0–0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Natūralaus drėgnumo	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,00
Įmirkęs	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00

Ciklo asimetrijos koeficientas $k_{SR} = \sigma_{c,min} / \sigma_{c,max}$; čia $\sigma_{c,min}$, $\sigma_{c,max}$ – atitinkamai mažiausi ir didžiausi betono įtempiai viename cikle.

XII SKYRIUS. PAPILDOMI IŠ ANKSTO ĮTEMPTŲJŲ KONSTRUKCIJŲ SKAIČIAVIMO REIKALAVIMAI

139. Išankstiniai įtempiai σ_{sp1} ir σ_{sp2} nustatomi įvertinant leistinuosius nuokrypius p taip, kad strypinei ir vielinei armatūroms būtų tenkinamos sąlygos:

$$\sigma_p + p \leq f_{pk}; \quad \sigma_p - p \geq 0,3f_{pk}. \quad (12.1)$$

Nuokrypio p reikšmė lygi $0,05\sigma_p$, kai armatūra įtempama mechaniniu būdu, o įtempiant elektroterminiu ir elektromechaniniu būdu, nustatoma pagal formulę

$$p = 30 + \frac{360}{l}, \quad (12.2)$$

čia:

p – matuojamas MPa;

l – įtempiamo strypo ilgis (atstumas tarp atsparų briaunų), m.

Kai armatūra įtempama automatizuotai, (12.2) formulėje skaitiklio dydis 360 keičiamas į 90.

140. Kai armatūra įtempama į atsparas, baigus įtempimą, kontrolinių įtempių reikšmės σ_{con1} ir σ_{con2} laikomos lygios σ_{p1} ir σ_{p2} (žr. Reglamento 139 p.), atmetus nuostolius dėl inkarų deformacijos ir armatūros trinties (žr. Reglamento 141 p.).

141. Kai armatūra įtempama į sukiėtėjusį betoną, kontrolinių įtempių σ_{con1} ir σ_{con2} reikšmės nustatomos pagal formules:

$$\sigma_{con1} = \sigma_{p1} - \alpha_e \left(\frac{P_d}{A_{eff}} + \frac{P_d e_{op} y_{p1}}{I_{eff}} \right), \quad (12.3)$$

$$\sigma_{con2} = \sigma_{p2} - \alpha_e \left(\frac{P_d}{A_{eff}} + \frac{P_d e_{op} y_{p2}}{I_{eff}} \right), \quad (12.4)$$

čia: σ_{p1} ir σ_{p2} – nustatomi neįvertinus išankstinio įtempio nuostolių;

P_d , e_{op} – nustatomi pagal (12.7) ir (12.8) formules imant σ_{p1} ir σ_{p2} reikšmes, įvertinus pirmuosius išankstinio įtempio nuostolius;

y_{p1} , y_{p2} – tie patys pažymėjimai, kaip ir Reglamento 144 p.;

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c}.$$

142. Konstrukcijų su savaiminiu įtempimu įtempiai apskaičiuojami iš betono įtempių (savaiminių įtempių) pusiausvyros sąlygos. Konstrukcijų betono savaiminiai įtempiai nustatomi atsižvelgiant į betono savigniuždos markę s_p , atsižvelgiant į armavimo koeficientą, armatūros padėtį betone (vienaašis, dviašis ir triašis armavimas), taip pat būtinais atvejais – nuostolius dėl betono susitraukimo ir valkšnumo apkrovus konstrukciją.

Pastaba. Konstrukcijų iš LC12/13 klasių lengvojo betono reikšmės σ_{con1} ir σ_{con2} neturi viršyti atitinkamai 400 ir 500 MPa.

143. Armatūros išankstinio įtempimo reikšmės apskaičiuojant dauginamos iš armatūros įtempimo tikslumo koeficiento γ_{sp} , nustatomo pagal formulę

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp}. \quad (12.5)$$

Pliuso ženklas taikomas esant nepalankiai išankstinio įtempimo įtakai (t. y. jeigu šioje konstrukcijos darbo stadijoje arba nagrinėjamoje elemento dalyje išankstinis įtempimas mažina laikomąją galią, pagreitina plyšių susidarymą ir pan.), minuso ženklas – palankiai įtakai.

Kai armatūra įtempiama mechaniniu būdu, $\Delta\gamma_p$ reikšmės laikomos lygiomis 0,1, o kai įtempiama elektroterminiu ir elektromechaniniu būdais, nustatomos pagal formulę

$$\Delta\gamma_p = 0,5 \frac{p}{\sigma_{sp}} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right) \geq 0,1, \quad (12.6)$$

čia:

p , σ_p – žr. Reglamento 139 ir 141 p.;

n_p – armatūros įtemptųjų strypų skaičius elemento skerspjūvyje.

Nustatant armatūros išankstinio įtempimo nuostolius, taip pat apskaičiuojant elementų plyšių atsivėrimą ir deformacijas leidžiama $\Delta\gamma_{sp}$ reikšmes laikyti lygiomis nuliui.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

144. Betono ir armatūros įtempiai, taip pat betono išankstinio apspaudimo jėga, apskaičiuojant iš anksto įtemptąsias konstrukcijas, nustatomi atsižvelgiant į toliau pateikiamus nurodymus.

Elemento išilginei ašiai normaliniuose pjūviuose įtempiai nustatomi laikant, kad elementas yra iš tampriųjų medžiagų. Šiuo atveju nagrinėjamas ekvivalentinis skerspjūvis, įvertinant betono skerspjūvio susilpninimą kanalais, grioveliais ir pan., taip pat visos armatūros (įtemptosios ir neįtemptosios) skerspjūvio plotą, padaugintą iš armatūros tamprumo santykio α_e modulio su betono deformacijos moduliu. Kai elemento skerspjūvyje yra skirtingų klasių ar rūšių betonai, jų skerspjūvis keičiamas į vienos klasės ar rūšies betono skerspjūvį, įvertinant jų deformacijos modulių santykius.

Išankstinio apspaudimo jėga P_d ir jos pridėties ekvivalentinio skerspjūvio centro atžvilgiu ekscentricitetas e_{op} (žr. 33 pav.) nustatomi pagal formules:

$$P_d = \sigma_{p1}A_{p1} + \sigma_{p2}A_{p2} - \sigma_{s1}A_{s1} - \sigma_{s2}A_{s2}, \quad (12.7)$$

$$e_{op} = \frac{\sigma_{p1}A_{p1}y_{p1} + \sigma_{s2}A_{s2}y_{s2} - \sigma_{p2}A_{p2}y_{p2} - \sigma_{s1}A_{s1}y_{s1}}{P_d}, \quad (12.8)$$

čia:

σ_{p1} ir σ_{p2} – elemento tempiamosios ir gniuždomosios zonų neįtemptosios armatūros įtempiai dėl betono susitraukimo ir valkšnumo;

y_{p1} , y_{p2} , y_{s1} , y_{s2} – armatūros atstojamųjų jėgų atstumai nuo ekvivalentinio skerspjūvio centro (žr. 33 pav.).

Kreivinės įtemptosios armatūros σ_{p1} ir σ_{p2} reikšmės yra dauginamos atitinkamai iš $\cos\theta$ ir $\cos\theta'$; čia θ ir θ' – armatūros ašies posvyrio išilginės ašies atžvilgiu kampas (nagrinėjamame skerspjūvyje).

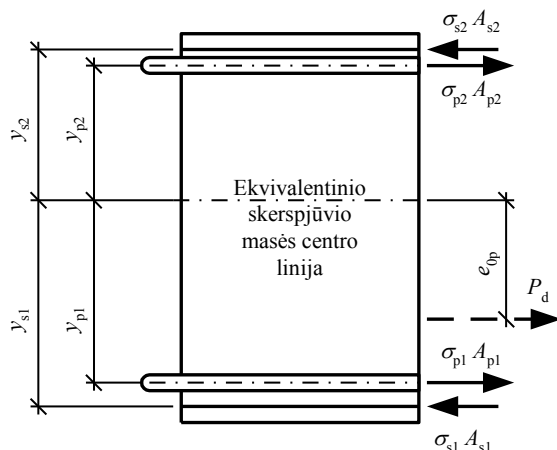
Įtempiai σ_{p1} ir σ_{p2} imami: betono apspaudimo stadijoje – įvertinant pirmuosius nuostolius; naudojimo stadijoje – įvertinant pirmuosius ir antruosius nuostolius.

Įtempiai σ_{s1} ir σ_{s2} imami: betono apspaudimo stadijoje – įtempimo nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo pagal 9 lentelės 6 poziciją; naudojimo stadijoje – įtempimo nuostoliai dėl betono susitraukimo ir valkšnumo pagal 9 lentelės 6, 8 ir 9 pozicijas.

Punkto pakeitimai:

145. Betono apspaudimo stadijoje gniuždymo įtempiai σ_{cp} neturi viršyti 22 lentelėje nurodytų reikšmių (dalimis nuo betono stiprumo apspaudimo metu f_{cp}).

Įtempiai σ_{cp} nustatomi gniuždomojo betono kraštiniame sluoksnyje įvertinant išankstinio įtempimo nuostolius pagal 9 lentelės 1–6 punktus, laikant, kad armatūros įtempimo tikslumo koeficientas γ_{sp} lygus vienetui.



33 pav. Armatūros išankstinio įtempimo atstojamųjų gelžbetoninio elemento skerspjūvyje schema

22 lentelė

Betono apspaudimo leidžiamieji įtempiai

Skerspjūvio įtempių būvis	Armatūros įtempimo būdas	Betono apspaudimo stadijoje gniuždymo įtempiai dalimis nuo betono stiprumo apspaudimo metu σ_{cp}/f_{cp} , ne daugiau kaip			
		kai skaičiuotinė oro temperatūra			
		– 40 °C ir aukštesnė		žemesnė kaip – 40 °C	
		kai apspaudimas			
		centrinis	necentrinis	centrinis	necentrinis
1. Veikiant išorės apkrovoms įtempiai mažėja arba nekinta	į atsparas į betoną	0,85	0,95*	0,70	0,85
		0,70	0,85	0,60	0,70
2. Veikiant išorės apkrovoms įtempiai didėja	į atsparas į betoną	0,65	0,70	0,50	0,60
		0,60	0,65	0,45	0,50

* Elementams, gaminamiems laipsniškai apspaudžiant betoną, kai yra plieninės atraminės detalės ir tanki skersinė armatūra su tūriniu armavimo koeficientu $\rho_v \geq 0,5\%$ ilgyje ne mažesniame už įtempimų perdavimo zonos ilgį l_{bpd} (žr. Reglamento 241 p.), leidžiama imti $\sigma_{cp}/f_{cp} = 1,00$.

Pastabos:

1. Skaičiuotinei oro temperatūrai esant žemesnei kaip – 40 °C, lentelėje nurodytos vandens prisotinto betono σ_{cp}/f_{cp} reikšmės turi būti mažinamos 0,05 dydžiu.

2. Skaičiuotinė žiemos oro temperatūra nustatoma pagal [9.6].

3. Lengvųjų LC12/13 klasių betonų σ_{cp}/f_{cp} reikšmės neturi viršyti 0,30.

146. Kai iš anksto įtemptųjų konstrukcijų, kurių naudojimo metu nustatytas betono apspaudimo įtempių reguliavimas (pvz., reaktorių, talpyklų, televizijos bokštų), įtemptoji armatūra numatoma be sukibimo su betonu, būtina numatyti veiksmingas armatūros apsaugos nuo korozijos priemones. Iš anksto įtemptosioms konstrukcijoms, kuriose armatūra nesukibusi su betonu, plyšių atsivėrimas neleistinas.

147. Neteko galios nuo 2006-03-03

Punkto naikinimas:

148. Skaičiuojant saugos ribiniam būviui naudojamasi VIII skyriuje pateiktais nurodymais ir formulėmis, priimant išankstinio apspaudimo jėgą P kaip išorinę jėgą ir įvertinant atitinkamus armatūros įtempimo nuostolius.

Skaičiavimas tinkamumo ribiniam būviui pateiktas XIV skyriuje.

XIII SKYRIUS. BENDROSIOS PLOKŠTINIŲ IR MASYVIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ SKAIČIAVIMŲ, ĮVERTINANT NETIESINES GELŽBETONIO SAVYBES, NUOSTATOS

149. Plokštinių (sijų sienelių, perdangos plokščių) ir masyviųjų konstrukcijų skaičiavimas pagal ribinius būvius turi būti atliekamas nustatant įtempius (įrašas), deformacijas ir poslinkius, apskaičiuotus įvertinant fizikinį netiesiškumą, anizotropiją, o reikiamais atvejais – valkšnumą, pažeidimų sankaupas (ilgalaikiuose procesuose) ir geometrinį netiesiškumą (dažniausiai plonasieneis konstrukcijoms).

150. Fizikinis netiesiškumas, anizotropija ir valkšnumas turi būti įvertinti atsižvelgiant į pagrindinius ryšius, siejančius įtempius su deformacijomis, taip pat medžiagos stiprumo ir pleišetumo sąlygas. Būtina išskirti dvi elemento deformavimosi stadijas – iki ir po plyšių susidarymo.

151. Iki plyšių susidarymo paprastai taikomas betono netiesinis ortotropinis modelis, leidžiantis įvertinti kryptingą dilatacijos efekto vystymąsi ir deformavimosi gniuždant ir tempiant nevienalytiškumą. Leidžiama naudoti betono kvaziizotropinį modelį, vidutiniškai įvertinantį minėtųsius veiksnius tūryje. Šioje stadijoje gelžbetoniui taikytina armatūros ir ją supančio betono ašinių deformacijų darna, išskyrus armatūros, neturinčios specialių inkarų, galinius tarpus. Siekiant apsaugoti armatūrą nuo galimo išsipūtimo, reikia riboti jos ribinius gniuždymo įtempius.

Pastaba. Dilatacija – gniuždomo kūno tūrio padidėjimas, vykstantis dėl daugelio mikroplyšių, taip pat ilgų plyšių atsiradimo.

152. Atsižvelgiant į betono stiprumą, reikia įvertinti skirtingų krypčių aikštelėse įtempių derinį. Dėl pastarojo atskirais atvejais betono atsparumas dviašiam ir triašiam gniuždymui viršija vienašį gniuždomąjį stiprį, o esant gniuždymo ir įtempimo deriniui gali būti mažesnis negu veikiant vienam iš jų. Reikiamais atvejais kreiptinas dėmesys į įtempių veikimo trukmę.

Gelžbetonio be plyšių stiprumo sąlyga turi būti sudaryta remiantis sudedamųjų medžiagų, kaip dvikomponentės terpės, stiprumo sąlygomis.

153. Pleišetumo sąlygai turi būti taikoma dvikomponentės terpės betoninių elementų stiprumo sąlyga.

154. Atsiradus plyšiams naudotinas anizotropinio kūno bendrasis modelis, išreikštas netiesinėmis priklausomybėmis tarp įrašų arba įtempių ir poslinkių, įvertinus šiuos veiksnius:

154.1. plyšių pasvirimo armatūros atžvilgiu kampus ir plyšių sankirtos schemas;

154.2. plyšių atsivėrimą ir jų kraštų (krantų) šlytį;

154.3. armatūros standumą: ašinės – įvertinant sukibimą su betono tarp plyšių juostomis arba blokais; tangentinės – įvertinant betoninio pagrindo prie plyšio kraštų lankstumą (elastingumą) ir atitinkamai ašinius bei tangentinius armatūros įtempius plyšiuose;

154.4 betono standumą: tarp plyšių – veikiant ašinėms ir šlyties jėgoms (sumažinamas persikertančiųjų plyšių schemoms); plyšiuose – veikiant ašinėms ir šlyties jėgoms dėl nežymiai atsivėrusių plyšių kraštų (krantų) sukibimo;

154.5. dalinę armatūros ir betono ašinių deformacijų tarp plyšių darnos pažeidą.

Nearmuotųjų elementų su plyšiais deformavimosi modelyje paisoma tik betono tarp plyšių standumo.

Atsiradus įstrižiesiems plyšiams, reikia įvertinti betono virš įstrižųjų plyšių deformavimosi ypatumus.

155. Plyšių atsivėrimo plotį, jų kraštą ir tarpusavio šlytį reikia nustatyti atsižvelgiant į skirtingos krypties (linkmės) strypų poslinkį jų perkertamų plyšių kraštų (krantų) atžvilgiu, įvertinant atstumus tarp plyšių bei šių poslinkių darnos sąlygas.

156. Plokščiųjų ir tūrinių elementų su plyšiais stiprumo sąlygos turi būti pagrįstos šiomis prielaidomis:

156.1. laikoma, kad suirimas įvyksta dėl pavojingiausiuose plyšiuose, bendruoju atveju įstrižuose armatūros strypų atžvilgiu, žymaus armatūros pailgėjimo ir betono juostų bei blokų tarp arba už plyšių (pavyzdžiui, plokštės gniuždomojoje zonoje virš plyšių) sutrumpėjimo;

156.2. betono atsparumas gniuždymui sumažėja dėl statmena kryptimi kilusio tempimo, iš anksto įtemptosios armatūros sukibimo jėgų, taip pat dėl armatūros skersinių perslinkimų prie plyšių kraštų;

156.3. nustatant betono stiprumą, atsižvelgiama į plyšių sudarymo schemą ir plyšių poslinkio armatūros atžvilgiu kampą;

156.4. armatūros strypuose paprastai įvertinami normaliniai įtempiai, nukreipti išilgai jų ašies; leidžiama įvertinti plyšių vietose armatūros tangentinius įtempius (virbalo efektas), tariant, kad strypų orientacija nekinta;

156.5. laikoma, kad suirimo plyšyje visi jį kertantys strypai pasiekia skaičiuotinius tempiamuosius stiprius (armatūros, neturinčios takumo ribos, įtempimai turi būti kontroliuojami apskaičiuojant deformacijas).

Skirtingų zonų betono stiprumą būtina įvertinti pagal jo, kaip komponento dvikomponentinėje terpėje, įtempius (atmetus ekvivalentinius armatūros tarp plyšių įtempius, nustatomus įvertinant įtempius plyšiuose, armatūros su betonu sukibimo ir dalinės ašinių deformacijų darnos pažeidimą).

157. Gelžbetoninių konstrukcijų, kurios gali pakankamai plastiškai deformuotis, laikomąją galią leidžiama nustatyti ribinės pusiausvyros metodu.

158. Apskaičiuojant konstrukcijų stiprumą, deformacijas, plyšių susidarymą ir atsivėrimą baigtinių elementų metodu, būtina patikrinti visų sudarančių konstrukcijų baigtinių elementų stiprumo ir pleišetumo sąlygas, taip pat pernelyg didelių poslinkių atsiradimo sąlygas. Įvertinant stiprumo ribinį būvį, leidžiama atskirus baigtinius elementus laikyti suirusiais, jeigu tai nesukelia konstrukcijos progresuojančiojo suirimo bei išlaikomas arba gali būti atkurtas konstrukcijos tinkamumas naudoti baigus veikti nagrinėjamai apkrovai.

XIV SKYRIUS. GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ ELEMENTŲ TINKAMUMO RIBINIŲ BŪVIŲ APSKAIČIAVIMAS I SKIRSNIS. GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ PLYŠIŲ ATsirADIMO APSKAIČIAVIMAS

159. Gelžbetoniniai elementai apskaičiuojami normaliniams elemento išilginei ašiai ir įstrižiesiems elemento išilginės ašies atžvilgiu plyšiams atsirasti.

160. Atsirandant plyšiams normaliniuose išilginei ašiai pjūviuose, lenkiamųjų, tempiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų gelžbetoninių elementų įrąžos apskaičiuojamos laikantis šių nuostatų:

160.1. galioja plokščiųjų pjūvių hipotezė;

160.2. labiausiai tempiamo betono sluoksnio didžiausias santykinis pailgėjimas lygus $2f_{ctk}/E_{cm}$;

160.3. gniuždomosios zonos (jeigu ji yra) betono įtempiai nustatomi įvertinant tampriąsias ir plastines betono deformacijas, pastarosios įvertinamos mažinant r atstumą tarp skerspjūvio viršūnės ir sunkio centro (žr. 34 pav.);

160.4. tempiamosios zonos betono įtempiai yra pasiskirstę tolygiai ir yra lygūs stipriui f_{ctk} ;

160.5. iš anksto neįtemptosios armatūros įtempiai lygūs įtempių, sukeltų betono deformacijų prieaugio apie šią armatūrą, taip pat atsiradusių įtempių dėl susitraukimo ir valkšnumo, algebrinei sumai;

160.6. iš anksto įtemptosios armatūros įtempiai lygūs išankstinio įtempimo (atsižvelgiant į visus nuostolius) ir šią armatūrą supančio betono deformacijų prieaugio sukeltų įtempių algebrinei sumai.

Šios prielaidos netaikomos elementams, kuriuos veikia daugartinis apkrovimas. Turi būti įvertintas iš anksto įtemptosios be inkarų armatūros įtempių σ_{p1} ir σ_{p2} sumažėjimas įtempių perdavimo zonos ilgyje l_{bpd} (žr. Reglamento 241 p.), dauginant juos iš santykio l_x/l_{pt2} . Čia l_x – atstumas nuo įtempių perdavimo pradžios iki nagrinėjamojo pjūvio, kuriame tikrinamas plyšio atsiradimas.

Papunkčio pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

161. Veikiant ašinei tempimo jėgai N_{Ed} iš anksto įtemptieji centriškai apspausti gelžbetoniniai elementai turi būti tikrinami pagal sąlygą

$$N_{Ed} \leq N_{cr}. \quad (14.1)$$

Jėga N_{cr} apskaičiuojama pagal formulę

$$N_{cr} = f_{ctk}(A + 2\alpha_e A_s) + P_d, \quad (14.2)$$

čia $\alpha_e = E_s/E_{cm}$.

Lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų, taip pat ekscentriškai tempiamųjų elementų plyšių atsiradimas tikrinamas pagal sąlygą

$$M_r \leq M_{cr}, \quad (14.3)$$

čia M_r – vienoje pjūvio pusėje esančių išorinių jėgų momentas apie ašį, lygiagrečią neutraliajai ašiai ir praeinančią per branduolio tašką, labiausiai nutolusį nuo pjūvio tempiamosios zonos, kurios plyšių atsiradimas yra tikrinamas (žr. Reglamento 163 p.). Momentas M_r apskaičiuojamas pagal charakteristinę apkrovų derinį 6.8b [9.5], kai norima įsitikinti, ar elementas supleišės, ir pagal pagrindinį apkrovų derinį 6.4 [9.5], kai naudojamas elementas neturi turėti plyšių.

Momentas M_{cr} apskaičiuojamas pagal formulę

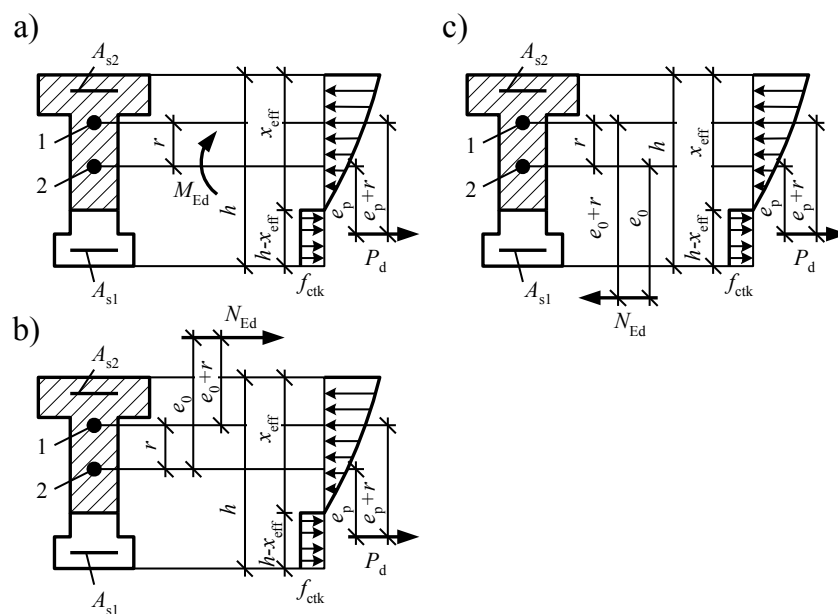
$$M_{cr} = f_{ctk}W_{pl} \pm M_{r,p}, \quad (14.4)$$

čia $M_{r,p}$ – jėgos P_d momentas apie tą pačią, kaip ir apskaičiuojant momentą M_r , ašį. Kai momentų $M_{r,p}$ ir M_r sukimo kryptys yra priešingos, (14.4) formulėje imamas pliuso ženklas, minusas – kai kryptys sutampa.

162. Iš anksto įtemptųjų elementų jėga P_d laikoma išorine gniuždymo jėga. Kai elementų armatūra yra be išankstinio įtempimo, jėga P_d laikoma išorine tempimo jėga, nustatoma pagal (12.7) formulę; čia įtempių σ_{s1} ir σ_{s2} skaitinės reikšmės prilyginamos išankstinių įtempių dėl betono susitraukimo nuostoliams, nustatytiems kaip armatūrai, tempiamai į atsparas (žr. 9 lent. 8 poz.).

163. Momento M_r reikšmės apskaičiuojamos pagal formules:

$$M_r = M_{Ed}, \quad (14.5)$$



34 pav. Įrašų schemas ir įtempių diagramos elemento skerspjūvyje, apskaičiuojant normalinių išilginei elemento ašiai plyšių atsiradimą išorinių apkrovų tempiamojoje zonoje, kuri gniuždoma išankstinio apspaudimo jėgos:

a – kai yra lenkimas; b – kai ekscentrinis gniuždymas; c – kai yra ekscentrinis tempimas;
1 – branduolio viršūnė; 2 – ekvivalentinio skerspjūvio centras

kai yra lenkiamieji elementai (žr. 34 a pav.);

$$M_r = N_{Ed}(e_0 - r), \quad (14.6)$$

kai yra ekscentriškai gniuždomieji elementai (žr. 34 b pav.);

$$M_r = N_{Ed}(e_0 + r), \quad (14.7)$$

kai yra ekscentriškai tempiamieji elementai (žr. 34 c pav.).

164. Kai apskaičiuojamas plyšių atsiradimas išorinių apkrovų tempiamojoje pjūvio zonoje (kurioje veikia apspaudimo jėga P_d , (žr. 34 pav.)), momentas

$$M_{r,p} = P_d(e_p + r). \quad (14.8)$$

Apskaičiuojant plyšių atsiradimą pjūvio zonoje, kuri išankstinio apspaudimo jėgos yra tempiama (žr. 35 pav.), momentas

$$M_{r,p} = P_d(e_p - r). \quad (14.9)$$

Atstumas r tarp ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro ir branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamosios zonos, kurios plyšių atsiradimas yra tikrinamas, apskaičiuojamas pagal formulę

$$r = \varphi \frac{W_{eff}}{A_{eff}}, \quad (14.10)$$

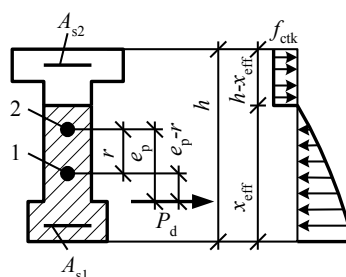
kai yra ekscentriškai gniuždomieji, iš anksto įtemptieji lenkiamieji, taip pat ekscentriškai tempiamieji (jei $N_{Ed} \leq P_d$) elementai. Atstumas

$$r = \frac{W_{pl}}{A_c + 2\alpha_e (A_{s1} + A_{s2})}, \quad (14.11)$$

kai yra ekscentriškai tempiamieji (jei $N_{Ed} > P_d$) elementai. Atstumas

$$r = \frac{W_{eff}}{A_{eff}}, \quad (14.12)$$

kai yra iš anksto neįtemptieji lenkiamieji elementai.



35 pav. Įrąžų schema ir įtempių diagrama elemento skerspjūvyje, apskaičiuojant normalinių išilginei elemento ašiai plyšių atsiradimą tempiamosioje zonoje veikiant išankstinio apspaudimo jėgai:

1 – branduolio viršūnė; 2 – ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centras

(14.10) ir (14.11) formulėse:

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{ck}}, \quad (14.13)$$

bet imamas ne mažesnis kaip 0,7 ir ne didesnis kaip 1,0.

$\sigma_{c,max}$ – didžiausi gniuždomojo betono įtempiai dėl veikiančios išorinės apkrovos ir išankstinio apspaudimo jėgos, apskaičiuoti kaip tampriajam kūnui ekvivalentiniame pjūvyje;

W_{pl} – apskaičiuojamas pagal (14.16) formulę;

α_e – žr. 14.2 formulę.

Apskaičiuojant plyšių atsiradimą sudėtinių ir blokinių konstrukcijų neekliuotinėse sandūrose, f_{ctk} reikšmė (14.2) ir (14.4) formulėse imama lygi nuliui.

Apskaičiuojant išorinių apkrovų tempiamosios zonos plyšių atsiradimą elementų ruožuose su pradiniais plyšiais, reikia M_{cr} reikšmę pagal (14.4) formulę mažinti dydžiu $\Delta M_{cr} = \lambda M_{cr}$. Koeficientas

$$\lambda = \left(1,5 - \frac{0,9}{\delta}\right)(1 - \varphi_m), \quad (14.14)$$

čia φ_m – nustatomas pagal (14.46) formulę, bet imamas ne mažesnis kaip 0,45. Kai λ reikšmė pagal (14.14) yra neigiama, ji imama lygi nuliui. Dydis

$$\delta = \frac{y}{h-y} \cdot \frac{A_s}{A_{s1} + A_{s2}} \leq 1,4, \quad (14.15)$$

čia y – atstumas nuo ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro iki labiausiai išorinės apkrovos tempiamo betono sluoksnio. Kai konstrukcijos armuotos vieline ir strypine (kurios $\sigma_y \geq 800$ MPa) armatūra, pagal (14.15) formulę apskaičiuotos δ reikšmės mažinamos 15 %.

165. Ekvivalentinio skerspjūvio atsparumo momentas W_{pl} labiausiai tempiamo sluoksnio atžvilgiu (įvertinant plastines tempiamojo betono deformacijas) nustatomas neatsižvelgiant į išilgines N_{Ed} ir P_d jėgas ir apskaičiuojamas pagal formulę

$$W_{pl} = \frac{2(I_{cc} + \alpha_e I_{s1} + \alpha_e I_{s2})}{h-x} + S_{ct}, \quad (14.16)$$

o neutraliosios ašies padėtis pagal sąlygą

$$S_{cc} + \alpha_e S_{s2} - \alpha_e S_{s1} = \frac{(h-x)A_{ct}}{2}, \quad (14.17)$$

čia:

S_{ct} ir S_{cc} – betono tempiamosios ir gniuždomosios zonų plotų statiniai momentai apie neutraliąją ašį;

S_{s1} ir S_{s2} – tempiamosios ir gniuždomosios armatūros skerspjūvio plotų statiniai momentai apie neutraliąją ašį;

I_{cc} – betono gniuždomosios zonos ploto inercijos momentas apie neutraliąją ašį;

I_{s1} ir I_{s2} – tempiamosios ir gniuždomosios armatūros skerspjūvio plotų inercijos momentai apie neutraliąją ašį.

166. Apskaičiuojant iš anksto įtemptaisiais elementais (pvz., gelžbetoniniais strypais) armuotų konstrukcijų plyšių atsiradimo įrašas, neįvertinamas tempiamosios betono zonos iš anksto neapgniuždytas skerspjūvio plotas.

Tikrinant laikomosios galios visiško išnaudojimo ir plyšių atsiradimo vienu metu galimybę, pjūvio atlaikomoji įraša, atsirandant plyšiams, nustatoma pagal (14.2) ir (14.4) formules, pakeitus jose f_{ctk} reikšmę į $1,2f_{ctk}$ ir imant $\gamma_{sp} = 1,0$ (žr. Reglamento 143 p.).

167. Veikiant daugkartiniam apkrovimui plyšių atsiradimas tikrinamas pagal sąlygą

$$\sigma_{ct,max} \leq f_{ctk}, \quad (14.18)$$

čia $\sigma_{ct,max}$ – didžiausi normaliniai betono tempimo įtempiai.

168. Įstrižųjų plyšių atsiradimas nustatomas pagal sąlygą

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{c,cr} f_{ctk}; \quad (14.19)$$

$$\gamma_{c,cr} = \frac{1 - \sigma_{cm}/f_{ck}}{0,2 + \alpha f_{ck,cube}} \leq 1,0, \quad (14.20)$$

čia:

α – koeficientas, priimamas:

sunkiajam betonui – 0,01;

smulkiagrūdžiam ir lengvajam betonui – 0,02.

$f_{ck,cube}$ – žr. 5 lentelę.

Tačiau $\alpha_{f_{ck,cube}} \geq 0,3$.

Svarbiausieji betono tempimo (σ_{mt}) ir gniuždymo (σ_{mc}) įtempiai apskaičiuojami pagal formulę

$$\sigma_{mt(mc)} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}. \quad (14.21)$$

Įtempiai σ_x , σ_y ir τ_{xy} nustatomi kaip tampriajam kūnui, išskyrus τ_{xy} , kai veikia sukimo momentas, kuris nustatomas pagal elemento plastinės būklės formules.

Įtempiai σ_x ir σ_y įrašomi į (14.21) formulę su pliuso ženklu, jeigu jie yra tempimo įtempiai, ir su minusu – jei yra gniuždymo įtempiai.

14.17) sąlyga tikrinama ekvivalentinio skerspjuvio sunkio centre ir sijų sienelių ir lentynų susikirtimo vietose. Apskaičiuojant iš anksto įtemptuosius elementus su armatūra be inkarų, reikia įvertinti išankstinio įtempimo σ_{p1} ir σ_{p2} įtempių sumažėjimą jų perdavimo zonoje (l_{pt2}), padauginant iš santykio (l_x/l_{pt2}) (žr. Reglamento 241 p.).

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

169. Veikiant daugkartiniam apkrovimui, plyšių atsiradimas tikrinamas pagal (14.19) sąlygą, dydžius f_{ctk} ir f_{ck} padauginant iš koeficiento γ_{CR} (žr. 21 lentelę).

II SKIRSNIS. GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ PLYŠIŲ ATSIVĖRIMO APSKAIČIAVIMAS

170. Gelžbetoniniai elementai apskaičiuojami normalinių elemento išilginei ašiai ir įstrižųjų elemento išilginės ašies atžvilgiu plyšių atsivėrimui. Trumpalaikio ir ilgalaikio plyšių atsivėrimo ribinės leistinosios plokčių reikšmės w_{lim1} ir w_{lim2} pateikiamos 24 lentelėje.

171. Normalinių elemento išilginei ašiai plyšių atsivėrimo plotis w_k , mm, apskaičiuojamas pagal formulę

$$w_k = \delta \varphi_1 \eta \frac{\sigma_s}{E_s} 20(3,5 - 100 \rho_1) \sqrt[3]{\phi}, \quad (14.22)$$

čia:

δ – koeficientas:

$\delta = 1,0$, kai apskaičiuojami lenkiamieji ir ekscentriškai gniuždomieji elementai;

$\delta = 1,2$, kai yra tempiamieji elementai;

φ_1 – koeficientas (žr. 23 lent.);

η – koeficientas:

$\eta = 1$, kai yra rumbuotoji strypinė armatūra;

$\eta = 1,3$, kai yra lygaus paviršiaus strypinė armatūra;

$\eta = 1,2$, kai rumbuotoji viela ir lynai;

$\eta = 1,4$, kai yra lygi armatūrinė viela;

σ_s – tempiamosios armatūros kraštinės eilės strypų įtempiai (arba jų prieaugis, kai armatūra iš anksto įtempta) nuo veikiančios išorinės apkrovos apskaičiuojami pagal (14.24), (14.25) ir (14.26) formules;

ρ_1 – elemento skerspjūvio armavimo koeficientas imamas lygus tempiamosios armatūros skerspjūvio ploto ir elemento betoninio skerspjūvio ploto (naudingo aukščio ribose ir atmetus gniuždomųjų tęjinio skerspjūvio lentynų plotą) santykiui, bet imamas ne didesnis kaip 0,02;

ϕ – armatūros skersmuo, mm.

172. Iš anksto neįtemptųjų elementų, naudojamų grunte su nepastoviu vandens lygiu, taip pat kai elementai veikiami birių medžiagų slėgio arba kai elementų skerspjūvio dalis yra gniuždoma veikiant dujų ar skysčių slėgiui, reikšmės $w_{lim1} = 0,30$ mm ir $w_{lim2} = 0,20$ mm. Kai dujų ar skysčių slėgio veikiamų elementų visas skerspjūvis yra tempiamas, plyšiai yra neleidžiami.

173. Kai ne mažiau kaip 2/3 charakteristinio derinio 6.8b [9.5] sudaro tariai nuolatinis derinys 10b [9.5], tikrinamas tik ilgalaikis plyšių atsivėrimas iš anksto neįtemptuosiuose elementuose.

Kai elementus veikia stipri agresyvi XA3 klasės aplinka, plyšiai juose yra neleidžiami.

23 lentelė

Koeficientas φ_1 , kai betonas įvairaus drėgnumo

Skaičiuotinė situacija	Derinys	Betono rūšis	Betonas		
			Natūralaus drėgnumo	Drėgmės prisotintas	Drėgmės prisotintos ir sausos pakaitinės būsenos
Nuolatinė	Tariai nuolatinis pagal 6.10 b [9.5], daugkartinis apkrovimas	Sunkusis	$1,60-15\rho_1$	1,20	1,75
		Smulkiagrūdis:			
		A grupės	1,75	1,40	2,10
		B grupės	2,00	1,60	2,40
		Lengvasis	$\geq 1,50$	$\geq 1,20$	$\geq 1,80$
Trumpalaikė	Charakteristinis pagal 6.8 b [9.5], tariai nuolatinis pagal 6.10 b [9.5]	Sunkusis, smulkiagrūdis, lengvasis	1,00		

174. Ilgalaikio plyšių atsivėrimo plotis apskaičiuojamas nuo tariai nuolatinio poveikių derinio 10b [9.5], imant koeficientą $\varphi_1 > 1,0$, o trumpalaikio plyšių atsivėrimo plotis nustatomas kaip ilgalaikio plyšių atsivėrimo pločio ir plyšių atsivėrimo pločio prieaugio, padidėjus tariai nuolatiniam poveikiui iki charakteristinio poveikių derinio (kai koeficientas $\varphi_1 = 1,0$), suma.

24 lentelė

Ribinės leistinosios gelžbetoninių elementų plyšių atsivėrimo pločių w_{lim1} ir w_{lim2} reikšmės, mm

Konstrukcijos naudojimo sąlygos (klasės pagal 1 lent.)	Iš anksto neįtemptieji elementai, kai armatūros takumo įtempiai $\sigma_y \leq 500$ MPa	Iš anksto įtemptieji elementai, kai armatūra	
		strypinė ($\sigma_{0,2} \leq 1000$ MPa)	vielinė ir lynai
Elementai yra uždaroje (šildomose) patalpose (XO, XC1)	$w_{lim1} = 0,40$	$w_{lim1} = 0,30$ $w_{lim2} = 0,20$	$w_{lim1} = 0,20$ $w_{lim2} = 0,10$
Elementai yra atvira ore ir grunte (XC2, XC3, XC4, XF1, XF3)	$w_{lim2} = 0,30$	Plyšiai neleistini	
Elementai veikiami dujinės ir kintamosios agresyvios aplinkos (XA1, XA2, XD1, XF2, XF3)	$w_{lim1} = 0,20, w_{lim2} = 0,15$		
Elementai veikiami skystosios agresyvios aplinkos (XA1, XA2,	$w_{lim1} = 0,15, w_{lim2} = 0,10$		

Jei tempiamosios armatūros kraštinės eilės strypų masės centras lenkiamuosiuose ekscentriškai gniuždomuosiuose, ekscentriškai tempiamuosiuose (kai $e_{o,tot} \geq 0,8d$, čia d – skerspjūvio naudingasis aukštis) elementuose yra nutolęs nuo labiausiai tempiamo skerspjūvio sluoksnio atstumu $a_{1,1} > 0,2h$, reikšmė w_k turi būti padidinta, dauginant iš koeficiento

$$\delta_a = \frac{20 \frac{a_{1,1}}{h} - 1}{3} \leq 3. \quad (14.23)$$

175. Mažai armuotų (kai $\rho_1 \leq 0,008$ ir $M_{r2} < M_0$) lenkiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų elementų iš sunkiojo ir lengvojo betono plyšių atsivėrimo plotį esant charakteristiniam poveikių deriniui, kai yra trumpalaikė skaičiuotinė situacija, leidžiama nustatyti interpoliuojant tarp reikšmių $w_k = 0$, veikiant momentui $M_{Ed} = M_{cr}$ ir w_k pagal (14.22) formulę, kai veikia momentas $M_0 = M_{cr} + \psi b h^2 f_{ctk}$; čia $\psi = 15 \rho_1 \frac{\alpha_e}{\eta} \leq 0,6$. Ilgalaikio plyšių atsivėrimo plotis veikiant tariamai nuolatiniam poveikiams nustatomas dauginant apskaičiuotąją w_k reikšmę nuo charakteristinio poveikių derinio iš santykio

$$\frac{\varphi_{11}(M_{r1} - M_{r,p})}{M_{r2} - M_{r,p}},$$

čia $\varphi_{11} = 1,8 \varphi_1 \frac{M_{cr}}{M_{r2}} \geq \varphi_1$, M_{r1} ir M_{r2} – momentai M_r (žr. Reglamento 163 p.) veikiant tariamai nuolatiniam ir charakteristiniam poveikių deriniui.

Elementų, kurių lengvasis betonas yra ne aukštesnės kaip C8/10 klasės, plyšių atsivėrimo plotis w_k didinamas 20 %.

176. Tempiamosios armatūros įtempiai (arba jų prieaugiai) σ_s turi būti apskaičiuojami pagal formules:

$$\sigma_s = \frac{N_{Ed} - P_d}{A_s}, \quad (14.24)$$

kai yra centriškai tempiamieji elementai;

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed} - P_d(z - e_{sp})}{A_s z}, \quad (14.25)$$

kai yra lenkiamieji elementai;

$$\sigma_s = \frac{N_{Ed}(e_s \mp z) - P_d(z - e_{sp})}{A_s z}, \quad (14.26)$$

kai yra ekscentriškai gniuždomieji (imamas minuso ženklas) arba ekscentriškai tempiamieji, esant $e_{o,tot} \geq 0,8d$ (imamas pliuso ženklas), elementai.

Ekscentriškai tempiamųjų, kai $e_{o,tot} < 0,8\phi$, elementų tempiamosios armatūros įtempiai σ_s apskaičiuojami pagal (14.26) formulę, imant $z = z_s$; čia z_s – atstumas tarp daugiau ir mažiau tempiamos armatūros sunkio centrų.

Dydžio e_s reikšmė imama su minuso ženklu, jei tempimo jėga N_{Ed} yra tarp tempiamosios ir gniuždomosios (mažiau tempiamos) armatūros sunkio centrų.

Vidinių jėgų petys z (14.25) ir (14.26) formulėse apskaičiuojamas pagal 14.44 formulę.

Apskaičiuojant be išankstinio įtempimo tempiamosios armatūros įtempius σ_s , leidžiama jėgą P_d (14.24)–(14.26) formulėse imti lygią nuliui.

Kai tempiamoji armatūra lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų, taip pat ekscentriškai tempiamųjų (kai $e_{o,tot} \geq 0,8\phi$) elementų pagal skerspjuvio aukštį išdėstyta keliomis eilėmis, apskaičiuoti pagal (14.25) ir (14.26) formules įtempiai σ_s dauginami iš koeficiento

$$\delta_n = \frac{h - x - a_{1,1}}{h - x - a_1}, \quad (14.27)$$

čia:

$x = \xi d$, o dydis ξ apskaičiuojamas (14.39) formule;

a_1 – visos tempiamosios armatūros sunkio centro atstumas iki labiausiai tempiamo elemento skerspjuvio betono sluoksnio;

$a_{1,1}$ – žr. (14.23) formulę.

Suminiai įtempiai $\sigma_s + \sigma_p$ (arba $\delta_n \sigma_s + \sigma_p$, kai tempiamosios armatūros strypai skerspjuvyje išdėstyti keliomis eilėmis) neturi viršyti f_{pk} reikšmės.

Elementų ruožuose, kuriuose yra atsivėrę pradiniai gniuždomosios zonos plyšiai, jėgą P_d reikia sumažinti dydžiu

$$\Delta P_d = \lambda P_d, \quad (14.28)$$

čia λ dydis apskaičiuojamas pagal (14.14) formulę.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

177. Gniuždomosios zonos pradinių plyšių gylis d_{cr} turi būti ne didesnis kaip $0,5d$ (čia d – skerspjuvio naudingasis aukštis). Reikšmė

$$d_{cr} = h - (1,2 + \varphi_m) \xi d, \quad (14.29)$$

čia ξ ir φ_m reikšmės apskaičiuojamos pagal (14.39) ir (14.46) formules.

III SKIRSNIS. ĮSTRIZŪJŲ PLYŠIŲ ATSIVĖRIMO APSKAIČIAVIMAS

178. Plyšių, pasvirusių nuo išilginės ašies elementų, armuotų statmenomis elemento išilginei ašiai sankabomis, atsivėrimo plotis w_k apskaičiuojamas pagal formulę

$$w_k = \varphi_l \frac{0,6\sigma_{sw}\phi_w\eta}{E_s \frac{\phi_w}{d} + 0,15E_{cm}(1 + 2\alpha_e\rho_w)}, \quad (14.30)$$

čia:

φ_1 – koeficientas imamas lygus 1,0 trumpalaikės skaičiuotinės situacijos (žr. 23 lentelę) plyšio ploiui apskaičiuoti; nuolatinės skaičiuotinės situacijos ilgalaikiam plyšio atsivėrimo ploiui apskaičiuoti šis koeficientas sunkiajam betonui imamas lygus 1,5, kai yra natūralaus drėgnumo, 1,2 – kai prisotintas vandens ir 1,75 – kai yra vandens prisotintos ir sausos pakaitinės būklės; smulkiagrūdžiam, lengvajam betonui – tokios pačios reikšmės, kaip ir (14.22) formulėje;

ϕ_w – sankabų (skersinių strypų) skersmuo; η – tokios pačios reikšmės, kaip (14.22) formulėje.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c}; \quad \rho_w = \frac{A_{sw}}{b s_w}. \quad (14.31)$$

Sankabų įtempimai σ_{sw} apskaičiuojami pagal formulę

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed,k} - V_{Rd,c}}{A_{sw}d} s_w \leq f_{yw,k}, \quad (14.32)$$

čia:

$V_{Ed,k}$ – skaičiuotinė poveikių sukelta tinkamumo ribiniam būviui skersinė jėga;

$V_{Rd,c}$ – apskaičiuojamas pagal (8.68) formulę, vietoje f_{ctd} imant f_{ctk} ir φ_{c4} koeficientą dauginant iš 0,8.

179. Jeigu skersinių jėgų veikimo ruože nėra normalinių plyšių, t. y. atitinka (14.3) sąlygą, galima didinti atlaikomąją skersinę jėgą $V_{Rd,c}$. Skaičiuotiniai stipriai f_{ctk} ir f_{ck} neturi viršyti atitinkamų C25/30 betono klasės reikšmių.

Elementams iš lengvojo betono, ne aukštesnės kaip LC8/9 klasės, plyšio pločio w_k reikšmės, apskaičiuotas pagal 14.22 formulę, reikia didinti 30 %.

180. Nustatant trumpalaikio ir ilgalaikio įstrižųjų plyšių atsivėrimo pločius, reikia remtis XIV skyriaus II skirsnio nurodymais.

IV SKIRSNIS. GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ ELEMENTŲ DEFORMACIJŲ APSKAIČIAVIMAS

181. Gelžbetoninių konstrukcijų elementų deformacijas reikia apskaičiuoti pagal statybinės mechanikos formules, kuriose esančių kreivių reikšmės nustatytinos pagal šio Reglamento 158–165 punktus.

Gelžbetoninio elemento deformacijos (kreivio, įlinkio arba deviacijos) pradžia laikomas būvis prieš jį apkraunant (kartu ir išankstiniu įtempimu P).

Vertikaliųjų deformacijų ir horizontaliųjų poslinkių schemos pateiktos [9.5] priedo 11 ir 17 punktuose.

Elemento ruožų, kurių tempiamojoje zonoje nėra susidariusių normalinių plyšių, kreivis apskaičiuojamas kaip vientiso kūno. Elemento ruožų, kurių tempiamojoje zonoje yra susidarę normaliniai plyšiai, vidutinis kreivis apskaičiuojamas atsižvelgiant į tempiamosios armatūros ir gniuždomosios betono zonos deformacijas.

Taikomi poveikių [9.5] tinkamumo ribinių būvių daliniai koeficientai, išskyrus atvejus, kai numatyta kitaip.

182. Lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų ir ekscentriškai tempiamųjų elementų suminis kreivis ruožuose, kurių tempiamojoje zonoje nėra susidariusių normalinių plyšių, apskaičiuojamas pagal formulę

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r} \right)_1 + \left(\frac{1}{r} \right)_2 - \left(\frac{1}{r} \right)_3 - \left(\frac{1}{r} \right)_4, \quad (14.33)$$

čia:

$\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo kintamųjų poveikių (trumpalaikės dalies);

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių pagal 6.10b [9.5] derinį, neįvertinant išankstinio apspaudimo armatūra.

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_1 &= \frac{M}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}}; \\ \left(\frac{1}{r}\right)_2 &= \frac{M \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}}, \end{aligned} \right\} \quad (14.34)$$

čia:

M – kintamųjų ir tariamai nuolatinių poveikių (tinkamumo skaičiuotinės reikšmės) sukeltas momentas apie ekvivalentinio skerspjūvio centro ašį, statmeną lenkimo momento veikimo plokštumai;

φ_{c1} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono trumpalaikio valkšnumo įtaka, imamas lygus 0,85 sunkiojo, smulkiagrūdžio, lengvojo su tankiu smulkiu užpildu betono elementams ir 0,70 lengvojo su poringu smulkiu užpildu betono elementams;

φ_{c2} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono ilgalaikio valkšnumo įtaka, imamas iš 25 lentelės;

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – kreivis dėl elemento išlinkio nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_{m,0}$, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_d \cdot e_p}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}}; \quad (14.35)$$

$\left(\frac{1}{r}\right)_4$ – kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_{m,0}$, apskaičiuojamas pagal formulę

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d}, \quad (14.36)$$

čia $\varepsilon_{c1}, \varepsilon_{c2}$ – betono santykinės deformacijos, kurias sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_{m,0}$, ir apskaičiuojamos atitinkamai išilginės tempiamosios armatūros masės centro lygyje ir kraštiniame gniuždomojo betono sluoksnyje pagal formules:

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_s}; \quad \varepsilon_{c2} = \frac{\sigma_{c2}}{E_s}. \quad (14.37)$$

Koeficiento φ_{c2} reikšmės

Skaičiuotinė situacija	Koeficientas φ_{c2} , įvertinantis betono ilgalaikio valkšnumo įtaką elemento be plyšių deformacijoms, kai konstrukcijų betonas		
	sunkusis, lengvasis, porėtasis, akytasis (dvisluoksniams įtemptosioms konstrukcijoms iš sunkiojo betono)	smulkiagrūdis	
		A	B
1. Trumpalaikė	1,0	1,0	1,0
2. Nuolatinė, kai aplinkos drėgmė %:			
a) 40–75	2,0	2,6	3,0
b) mažiau nei 40	3,0	3,9	4,5

Pastabos:

1. Betonui esant pakaitomis sauso ir vandens prisotinto būvio, koeficiento φ_{c2} reikšmės ilgalaikėms apkrovoms didinamos 1,2 karto.

2. Aplinkos drėgmei esant didesnei nei 75 % ir betonui apkrautam vandens prisotintame būvyje, koeficiento φ_{c2} reikšmės pagal šios lentelės 2a p. dauginamos iš koeficiento 0,8.

Skaitinė įtempių σ_{c1} reikšmė imama lygi tempiamosios zonos įtemptosios armatūros išankstinio įtempimo nuostolių dėl betono susitraukimo ir valkšnumo pagal 9 lentelės 6, 8 ir 9 punktus sumai, o σ_{c2} – tas pats kaip įtemptosios armatūros, jeigu ji būtų išdėstyta kraštiniame gniuždomajame sluoksnyje.

Kreivių $\left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4$ suma imama ne mažesnė kaip $\frac{P_d e_p \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}}$. Elementų be išankstinio įtempimo kreiviai $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ laikytini lygūs nuliui.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

183. Nustatant elementų su pradiniais plyšiais gniuždomojoje zonoje kreivius $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ pagal (14.34) ir (14.35) formules, gautos reikšmės didinamos 15 %, o pagal (14.36) formulę gauta reikšmė – 25 %.

Ruožuose, kurių tempiamajoje zonoje atsiveria normaliniai plyšiai, tačiau esant nagrinėjamai apkrovos reikšmei garantuojamas jų užsivėrimas, kreivių $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$, įeinančių į (14.34) ir (14.35) formules, reikšmės didinamos 20 %.

184. Lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų, taip pat ekscentriškai tempiamųjų, stačiakampio, tėjinio ir dvitėjo (dėžinio) skerspjuvio elementų, kai $e_{0,tot} \geq 0,8d$, kreivis ruožuose, kurių tempiamajoje zonoje atsivėrę plyšiai, apskaičiuojamas pagal formulę

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{dz} \left[\frac{\psi_s}{E_s A_{s1}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) b d E_{cm} \nu} \right] - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s A_{s1}}, \quad (14.38)$$

čia:

M – momentas apie ašį, statmeną lenkimo momento veikimo plokštumai ir einančią per tempiamosios armatūros skerspjūvio centrą, nuo iš visų išorės jėgų, išdėstytų vienoje nagrinėjamojo skerspjūvio pusėje, taip pat nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_{m,0}$;

z – atstumas nuo tempiamosios armatūros skerspjūvio centro iki gniuždomosios zonos atstojamosios virš plyšio, apskaičiuotas pagal (14.44) formulę;

ψ_s – koeficientas, kuris įvertina tempiamojo betono darbą ruožuose su plyšiais ir apskaičiuojamas pagal (14.45) formulę;

ψ_c – koeficientas, kuris įvertina kraštinio gniuždomojo betono sluoksnio deformacijų netolygumą ir yra lygus: sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono aukštesnės nei LC12/13 klasės – 0,9; lengvojo, LC12/13 ir žemesnės klasės – 0,7; konstrukcijoms, apskaičiuotoms daugkartinių apkrovų poveikiui, neatsižvelgiant į betono klasę ir rūšį, – 1,0;

φ_f – pagal (14.42) formulę nustatomas koeficientas;

ξ – sąlyginis gniuždomosios betono zonos aukštis, apskaičiuojamas pagal (14.39) formulę;

ν – koeficientas, apibūdinantis elastingai tamprią betono gniuždomosios zonos savybę ir imamas pagal 26 lentelę;

N_{tot} – išilginės jėgos N ir apspaudimo jėgos $P_{m,0}$ atstojamoji (esant necentriniam tempimui jėga N imama su minuso ženklu).

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

185. Elementų kreivis ruožuose su pradiniais plyšiais gniuždomojoje zonoje apskaičiuojamas mažinant jėgos P reikšmę dydžiu ΔP , apskaičiuojamu pagal (14.28) formulę.

Lenkiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų elementų iš sunkiojo betono, kai $M_{cr} < M_{r2} < (M_{cr} + \psi b h^2 f_{ctk})$, kreivį nuo momento M_{r2} veikimo leidžiama apskaičiuoti tiesiškai interpoliuojant tarp kreivio, nustatyto nuo M_{cr} veikimo kaip vientisam kūnui pagal Reglamento 182 ir 183 punktus, ir kreivio nuo momento $M_{cr} + \psi b h^2 f_{ctk}$ veikimo pagal šio punkto nurodymus. Koeficiento ψ reikšmė imama pagal Reglamento 175 p., sumažinant ją du kartus, jei įvertinamos tariamai nuolatinės apkrovos.

26 lentelė

Koeficiento ν reikšmės

Skaičiuotinė situacija	Koeficientas ν , apibūdinantis elastingai tamprią betono gniuždomosios zonos savybę betoninėms konstrukcijoms		
	sunkiojo, lengvojo	smulkiagrūdžio	
		A	B
1. Trumpalaikė	0,45	0,45	0,45
2. Nuolatinė, kai aplinkos drėgmė %:			
a) 40–75	0,15	0,10	0,08
b) mažiau nei 40	0,10	0,07	0,05

Pastabos:

1. Betonui esant pakaitomis sausame ir vandens prisotintame būvyje, koeficiento ν reikšmės tariamai ilgalaikėms apkrovoms didinamos 1,2 karto.

2. Aplinkos drėgmei esant didesnei nei 75 % ir betonui, apkrautam vandens prisotintame būvyje, koeficiento ν reikšmės pagal šios lentelės 2 a p. dalijamos iš koeficiento 0,8.

Santykinis gniuždomosios zonos aukštis ξ apskaičiuojamas pagal formulę

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1+5(\delta+\lambda)}{10\rho\alpha_e}} \pm \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \frac{e_{s,tot}}{d} \mp 5}, \quad (14.39)$$

tačiau visais atvejais gauta reikšmė neturi viršyti vieneto.

Formulės (14.39) dešinėsios pusės viršutiniai ženklai taikomi esant gniuždomajai jėgai N_{tot} , o apatiniai – esant tempiamajai jėgai N_{tot} (žr. Reglamento 165 p.).

Formulėje (14.39) esantys dydžiai ir jų apibūdinimai tokie: β – koeficientas, kuris įvairios klasės betonui yra lygus: sunkiajam ir lengvajam – 1,8; smulkiagrūdžiam – 1,6;

$$\delta = \frac{M}{bd^2 f_{ck}}; \quad (14.40)$$

$$\lambda = \varphi_f \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right), \quad (14.41)$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b)h_f + \frac{\alpha_e}{2\nu} A_{s2}}{bd}, \quad (14.42)$$

čia $e_{s,tot}$ – jėgos N_{tot} ekscentricitetas apie tempiamosios armatūros masės centrą. Atitinka momentą M (žr. Reglamento 184 p.) ir apskaičiuojamas pagal formulę

$$e_{s,tot} = \frac{M}{N_{tot}}. \quad (14.43)$$

Petys z apskaičiuojamas pagal formulę

$$z = d \left[1 - \frac{\frac{h_f}{d} \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right]. \quad (14.44)$$

Ekscentriškai gniuždomiesiems elementams z reikšmė neturi viršyti $0,98e_{s,tot}$.

186. Elementams su stačiakampiu skerspjūviu ir tėjinio skerspjūvio elementams su lentyna tempiamojoje zonoje, (14.41) ir (14.44) formulėse vietoje esančio h_f dydžio įvedama $2a_2$ reikšmė arba dydis h_f laikomas lygus nuliui atitinkamai esant arba nesant A_{s2} tipo armatūrai.

Skerspjūviai su lentyna gniuždomojoje zonoje, kai $\xi < h_f/d$, apskaičiuojami kaip stačiakampiai, kurių plotis lygus b_{eff} .

Lentynos pločio dydis b_{eff} vertinamas pagal Reglamento 76 punkto nurodymus.

187. Koeficientas ψ_s elementams iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono apskaičiuojamas pagal formulę

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8\varphi_m) e_{s,tot}/d}, \quad (14.45)$$

tačiau neturi viršyti vieneto imant, kad

$$e_{s,tot}/d \geq 1,2/\varphi_{ls}.$$

Lenkiamiesiems elementams be iš anksto įtemptosios armatūros (14.45) formulės dešinės pusės paskutinis narys gali būti laikomas nuliu.

Nurodytoje (14.45) formulėje: φ_{ls} – koeficientas, lemiantis ilgalaikių apkrovų veikimą ir imamas pagal 27 lentelę; $e_{s,tot}$ – žr. (14.43) formulę;

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk}W_{pl}}{|\pm M_r \mp M_{rp}|}, \quad (14.46)$$

tačiau neturi viršyti vieneto;

čia:

W_{pl} – žr. (14.16) formulę;

M_r , M_{rp} – žr. Reglamento 161–163 punktus, imant teigiamuosius ženklus lenkimo momentams, sukeliantiems tempiamosios armatūros tempimą.

Vienasluoksnėms konstrukcijoms iš akytojo betono be išankstinio įtempimo ψ_s reikšmė apskaičiuojama pagal formulę

$$\psi_s = 0,5 + \varphi_l \frac{M}{M_k}, \quad (14.47)$$

čia:

M_k – skerspjūvio tinkamumo ribinio būvio lenkimo momentas;

φ_l – koeficientas, kuris lygus: esant trumpalaikiam apkrovų poveikiui periodinio profilio armatūrai – 0,6, tas pats, tik lygiajai armatūrai – 0,7, esant ilgalaikiam apkrovų veikimui nepaisant armatūros profilio – 0,8.

Atliekant konstrukcijų patvarumo skaičiavimus koeficiento ψ_s reikšmė visada laikoma vienetu.

188. Pilnutinis tempiamosios zonos su plyšiais ruožo kreivis apskaičiuojamas pagal formulę

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \quad (14.48)$$

čia:

$\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo charakteristinio poveikių derinio, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai, nustatomi pagal (6.8 b) [9.5] formulę;

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo tariamai nuolatinio poveikių derinio, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai pagal (6.10 b) [9.5] formulę, neįvertinant išankstinio apspaudimo įtemptąja armatūra;

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – kreivis nuo tariamai nuolatinio poveikių derinio, esant nuolatinei skaičiuotinei situacijai pagal (6.10 b) [9.5] formulę;

$\left(\frac{1}{r}\right)_4$ – kreivis, kurį lemia elemento išlinkis dėl betono susitraukimo ir valkšnumo nuo išankstinio apspaudimo jėgos P_d pagal (14.36) formulę.

27 lentelė

Koeficiento φ_{1s} reikšmės

Skaičiuotinė situacija	Betono klasė	
	aukštesnė kaip C8/10	C8/10 ir žemesnė
1. Trumpalaikė, kai armatūra:		
a) strypinė:		
lygi	1,0	0,7
periodinio profilio	1,1	0,8
b) viela	1,0	0,7
2. Nuolatinė, nepaisant armatūros rūšies	0,8	0,6

Kreiviai $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ apskaičiuojami pagal (14.38) formulę. Apskaičiuojant kreivius $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_2$, koeficientų ψ_s ir ν reikšmės nustatomos esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai, o $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – nuolatinei skaičiuotinei situacijai.

Jeigu $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ kreiviai išeina su minuso ženklu, imami lygūs nuliui.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

189. Įlinkis d_m dėl lenkimo deformacijų nustatomas pagal formulę

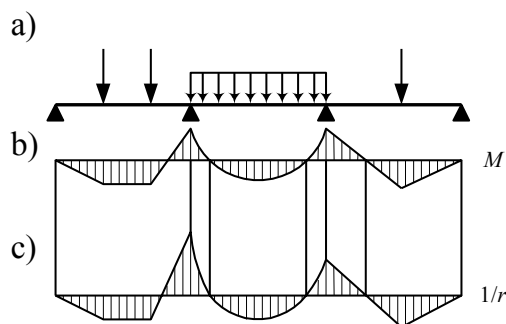
$$d_m = \int_0^l \overline{M}_x \left(\frac{1}{r}\right)_x dx, \quad (14.49)$$

čia:

$\overline{M}_x$ – ieškomo poslinkio linkme vienetinės jėgos sukeltas lenkimo momentas tarpatramio pjūvyje atstumu x , kurio įlinkis apskaičiuojamas;

$\left(\frac{1}{r}\right)_x$ – pilnutinis elemento kreivis pjūvyje x nuo apkrovų, darančių įtaką lenkimui; kreivio

$\frac{1}{r}$ reikšmės aptartos (14.33) ir (14.48) formulėse atitinkamai ruožams be plyšių ir su plyšiais; $\frac{1}{r}$ ženklas imamas atsižvelgiant į kreivio epiūrą.



36 pav. Pastovaus skerspjūvio gelžbetoninių elementų lenkimo momentų ir kreivių epiūros:
a – apkrovų išdėstymo schema; b – lenkimo momentų epiūra; c – kreivių epiūra

190. Pastovaus skerspjūvio be išankstinio armatūros įtempimo lenkiamųjų gelžbetoninių elementų, kurių skerspjūvių standumas ir lenkimo momentų ženklai nagrinėjamame ruože yra nekintantys, kreivę $\frac{1}{r}$ galima apskaičiuoti ties didžiausiuoju lenkimo momentu. Kitose ruožo dalyse kreivis yra proporcingas lenkimo momentui (žr. 36 pav.).

Lenkiamiesiems elementams, kai santykis $l/h < 10$, atsižvelgiama į skersinių jėgų (šlyties deformacijų) poveikį elemento įlinkiui. Šiuo atveju visas įlinkis d_{tot} yra lygus įlinkių dėl išilginio lenkimo d_m ir šlyties deformacijos d_v sumai.

Įlinkis d_v , lemiamas šlyties deformacijų, nustatomas pagal formulę

$$d_v = \int_0^l V_x \varepsilon_x dx, \quad (14.50)$$

čia:

V_x – ieškomo poslinkio linkme vienetinės jėgos sukurta skersinė jėga elemento tarpatramio pjūvyje, kurio įlinkis apskaičiuojamas;

ε_x – šlyties deformacija, apskaičiuojama pagal formulę

$$\varepsilon_x = \frac{1,5 V_x \varphi_{c2}}{G_c b d} \varphi_{cr}, \quad (14.51)$$

čia:

V_x – skersinė jėga pjūvyje x nuo išorinių apkrovų poveikio;

G_c – betono šlyties modulis ir $G_c = 0,4 E_{\text{eff}}$;

φ_{c2} – koeficientas, darantis įtaką betono ilgalaikiam valkšnumui (žr. 25 lentelę);

φ_{cr} – koeficientas, nulemiantis plyšių įtaką šlyties deformacijoms ir yra lygus:

elemento ilgio ruožuose be normalinių ir įstrižųjų plyšių – 1,0;

ruožuose tik su įstrižaisiais plyšiais – 4,8;

ruožuose su normaliniais plyšiais arba normaliniais ir įstrižieji plyšiai – pagal formulę

$$\varphi_{cr} = \frac{3 E_{cm} I_{\text{eff}}}{M_x} \left(\frac{1}{r} \right)_x, \quad (14.52)$$

čia $M_x, \left(\frac{1}{r}\right)_x$ – atitinkamai išorės apkrovos sukeltas lenkimo momentas ir pilnutinis kreivis

pjūvyje x tos apkrovos, kuriai esant apskaičiuojamas įlinkis.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

191. Ištisinių plokščių, kurių storis neviršija 25 cm (išskyrus atremtų kontūrų), armuotų plokščiaisiais tinklais, su plyšiais tempiamojoje zonoje įlinkiai, apskaičiuoti (12.43) formulėje,

dauginami iš koeficiento $\left(\frac{d}{d-0,7}\right)^3$, kuris neturėtų viršyti 1,5; čia d – imamas cm.

192. Gelžbetoninių konstrukcijų įlinkiai neturi viršyti ribinių reikšmių, nustatomų įvertinant tokius reikalavimus:

192.1. technologinius (normalaus kranų, technologinių įrenginių, mašinų ir pan.) darbus;

192.2. konstrukcinius (greta esančių elementų įtaka, reikalavimai išlaikyti pasirinktus nuolydžius ir pan.);

192.3. estetinius (žmonių požiūris į konstrukcijos tinkamumą).

Įlinkių leidžiamosios ribinės reikšmės nurodytos 17.1 lentelėje [9.5].

193. Įlinkiai apskaičiuojami, kai yra ribojami konstrukciniai arba technologiniai reikalavimai – nuo tariamai nuolatinųjų ir kintamųjų poveikių; kai ribojami estetiški reikalavimai – nuo nuolatinųjų poveikių. Patikimumo koeficientas $\gamma_t = 1$.

194. Veikiant nuolatinėms ir kintamosioms apkrovoms, sijų ir plokščių įlinkis visais atvejais negali būti didesnis kaip 1/150 angos ir 1/75 gembės.

Leidžiamieji ribiniai įlinkiai gali būti padidinti statybinės pakylės dydžiu, jei tai leidžia konstrukciniai arba technologiniai reikalavimai.

195. Jeigu perdangų plokštės, laiptatakliai ir laiptų aikštelės ir pan. yra tikrinamos virpumui, papildomas įlinkis nuo kintamosios koncentruotos apkrovos, lygus 1,0 kN, ėmus pačią pavojingiausią apkrovimo schemą, neturi viršyti 0,7 mm.

XV SKYRIUS. BENDRIEJI SURENKAMŲJŲ IR SURENKAMŲJŲ MONOLITINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMO REIKALAVIMAI

I SKIRSNIS. SURENKAMOSIOS KONSTRUKCIJOS

196. Surenkamųjų gelžbetoninių konstrukcijų elementai turi atitikti mechanizuotos gamybos sąlygas. Tikslinga gaminti didesnius surenkamuosius elementus, atitinkančius pastatų konstrukcinės schemos gamybos, transportavimo ir montavimo sąlygas.

197. Konstrukcijų sujungimo mazgai ir sandūros turi užtikrinti patikimą jėgų perdavimą ir elementų stiprumą sandūroje, monolitinio betono sukibimą sandūroje su surenkamosios konstrukcijos betonu, elementų deformacijų suderinamumą ir skaičiavimo metu įvertinamas bendro darbo sąlygas.

Apskaičiuojant surenkamuosius gelžbetoninius elementus reikia įvertinti jų sąveiką su kitais elementais arba monolitiniu betonu, taip pat jų sujungimo deformatyvumą ir stiprumą.

198. Surenkamųjų elementų apskaičiavimą reikia atlikti visoms skaičiavimo situacijoms, įvertinant gamybos, transportavimo, montavimo ir kitas stadijas. Skaičiuotinės schemos turi atitikti priimtus konstrukcinius sprendinius ir gamybos technologiją, transportavimo, montavimo būdus ir kt.

Apskaičiuojant surenkamųjų konstrukcijų elementus nurodytoms papildomoms stadijoms apkrovą nuo savojo svorio reikia imti įvertinus dinamiškumo koeficientus: 1,6 – transportuojant, 1,4 – keliant ir montuojant.

199. Surenkamųjų gelžbetoninių elementų sandūroms monolitinti betono klasė nustatoma atsižvelgiant į sujungiamų elementų darbo sąlygas. Betono klasė turi būti ne žemesnė kaip pačių elementų ir ne žemesnė kaip C8/10.

200. Projektuojant surenkamųjų perdangų elementus reikia numatyti siūlių tarp jų užpildymą betonu. Norint užtikrinti kokybišką užpildymą, siūlių plotis imamas 20 mm, kai elementų aukštis iki 250 mm, ir 30 mm, kai aukštis didesnis.

201. Projektuojant surenkamąsias konstrukcijas turi būti numatyti būdai užkabinti jas keliant.

II SKIRSNIS. SURENKAMOSIOS MONOLITINĖS KONSTRUKCIJOS

202. Surenkamosios monolitinės gelžbetoninės konstrukcijos turi atitikti saugos ir tinkamumo ribinių būvių reikalavimus šioms darbo stadijoms:

202.1. iki uždėjimui monolitiniam betonui pasiekiant pasirinktą skaičiuotinį stiprį – nuo šio betono masės ir kitų montavimo apkrovų;

202.2 pasiekus monolitiniam betonui reikalingą stiprį – nuo šiame etape ir naudojimo metu veikiančių apkrovų.

203. Konstrukcija laikoma surenkamąja monolitine, jeigu atitinka šiuos reikalavimus:

203.1. užtikrintas surenkamojo elemento ir monolitinio betono sujungimo sąlyčio stiprumas visose šios sudėtinės konstrukcijos darbo stadijose;

203.2. veikiant normalinėms įrąžoms, surenkamojo elemento ir monolitinio betono bendras darbas užtikrinamas visose stadijose;

203.3. monolitinio betono klasė ne mažesnė kaip C16/20 ir jo sluoksnio storis ne mažesnis kaip 40 mm.

204. Surenkamieji perdangų ir denginių elementai, sujungti monolitinio betono, taip pat papildomai armuoti surenkamaisiais elementais, yra įvertinami apskaičiuojant surenkamojo monolitinio skerspjūvio lenkiamąjį stiprį, jeigu jie išdėstyti gniuždomojoje zonoje. Apskaičiuojant skerspjūvį pasirenkamas šių elementų plotis turi atitikti Reglamento reikalavimus. Elementai neįvertinami apskaičiuojant įstrižųjų pjūvių stiprumą.

205. Jeigu montažinės apkrovos, veikiančios konstrukcijas monolitavimo metu, yra didesnės nei 0,75 bendrosios naudojimo apkrovos, konstrukcijas galima skaičiuoti neįvertinant monolitinio betono įtakos. Surenkamąją konstrukciją skaičiuojama visiškai apkrovai.

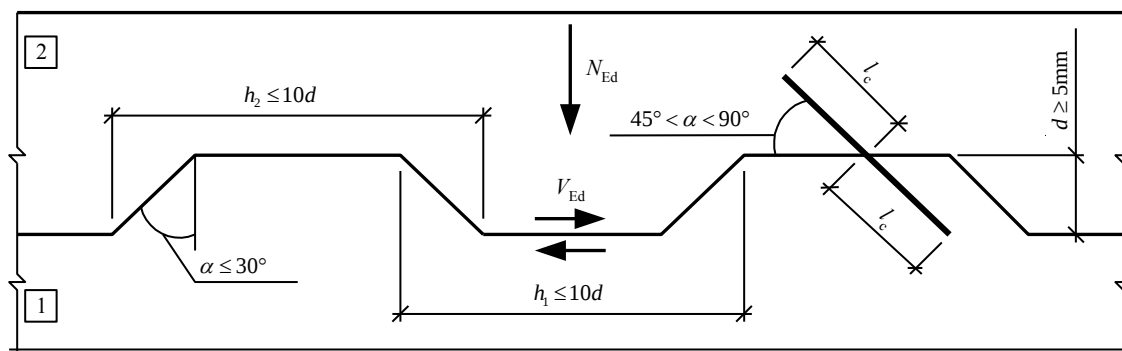
206. Patikimą monolitinio betono ir surenkamojo elemento ryšį bei bendrą jų darbą galima užtikrinti iš surenkamojo elemento išleidžiant armatūrą, įrengiant spraustelius, šiurkštinant paviršių arba naudojant kitus patikimus ir patikrintus būdus. Sąlyčio stiprumas priklauso nuo surenkamojo elemento paviršiaus, kuris gali būti:

206.1. labai lygus, gaunamas gaminant formomis su labai lygiu vidiniu paviršiumi;

206.2. lygus, gaunamas gaminant slenkančiomis formomis arba baigus betono sutankinimą vibruojant, be papildomo apdorojimo (užglaistymo);

206.3. šiurkštus, gaunamas natūraliai po betonavimo arba specialiai šiurkštinama darant iškilimus ir įdubimus, ne mažesnius kaip 3 mm ir ne rečiau kaip kas 40 mm, arba atidengiant stambųjį užpildą;

206.4. su sprausteliais, kurių parametrai gali būti imami pagal 37 paveikslą.



37 pav. Sujungimo sprausteliais parametrai:
1 – surenkamasis elementas; 2 – monolitinio betonas

Surenkamojo elemento betono ir monolitinio betono sąlyčio stiprumas šlyčiai apskaičiuojamas pagal tokią sąlygą

$$\tau_{Edj} \leq \tau_{Rdj}, \quad (15.1)$$

čia:

τ_{Edj} – išilginiai šlyties įtempiai skaičiuotinių apkrovų sąlyčio plokštumoje;

τ_{Rdj} – surenkamojo ir monolitinio betono sujungimo stiprumas (sąlyčio plokštumoje) šlyčiai.

Šlyties įtempiai τ_{Edj} nustatomi atsižvelgiant į šlyties įrašos pasiskirstymo pagal sąlyčio plokštumos ilgį charakterį. Šios įrašos dydis šlyties zonos ruože nustatomas kaip skirtumas normalinių jėgų, veikiančių šio ruožo galuose skerspjūvio dalyje, esančioje virš nagrinėjamos plokštumos. Didžiausius šlyties įtempius, veikiančius sąlyčio plokštumoje, leidžiama nustatyti neįvertinant netiesinio betono darbo ir lenkiamiesiems elementams jie gali būti apskaičiuoti pagal formulę

$$\tau_{Edj} = \frac{\beta V_{Ed}}{z b_j}, \quad (15.2)$$

čia:

β – gniuždymo įtempių virš sąlyčio plokštumos atstojamosios ir visos atstojamosios reikšmės labiausiai apkrauto surenkamojo monolitinio elemento skerspjūvio santykis;

V_{Ed} – nagrinėjamojo pjūvio skaičiuotinė skersinė jėga;

z – vidinių jėgų petys sudėtiniame skerspjūvyje, imama apskaičiuojant lenkiamąjį stiprį, tačiau ne didesnė kaip $0,85d$ – gelžbetoninėms konstrukcijoms ir $0,80d$ – betoninėms;

b_j – sąlyčio plokštumos plotis.

Šlyties įtempiai sąlyčio plokštumoje nuo susitraukimo ir valkšnumo deformacijų skirtumo gali būti neįvertinami, jeigu tai atitinkamai pagrįsta.

207. Skaičiuotinis šlyjamasis sujungimo stipris gali būti apskaičiuojamas pagal formulę

$$\tau_{Rdj} = c \cdot f_{ctd} + \mu \sigma_N + \rho_j f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha), \quad (15.3)$$

imant τ_{Rdj} ne daugiau kaip $0,5 \nu f_{ck} / \gamma_c$,

čia:

c – koeficientas, kurio reikšmės pateiktos 28 lentelėje;

f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris;

μ – monolitinio ir surenkamojo betono sluoksnių (sąlyčio plokštumoje) trinties koeficientas;

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right);$$

σ_N – normaliniai įtempiai sąlyčio plokštumoje nuo jėgos, statmenai pridėtos šiai plokštumai. Jeigu ji gniuždo, imama su pliuso ženklu, jeigu tempia, – su minuso ženklu;

$\rho_j = A_s / A_j$, A_s – skersinės armatūros skerspjūvio ties sąlyčio plokštuma plotas;

A_j – sąlyčio paviršiaus plotas;

α – kampas, pavaizduotas 37 paveiksle ir imamas nuo 45^0 iki 90^0 .

28 lentelė

Koeficientų c ir μ reikšmės

Paviršiaus tipas	c	μ
Labai lygus	0,025	0,5
Lygusis	0,350	0,6
Šiurkštusis	0,450	0,7
Su sprauteliais	0,500	0,9

Jeigu neįvykdoma sąlyga

$$\tau_{Rdj} \leq c f_{ctd} + \mu \sigma_N, \quad (15.4)$$

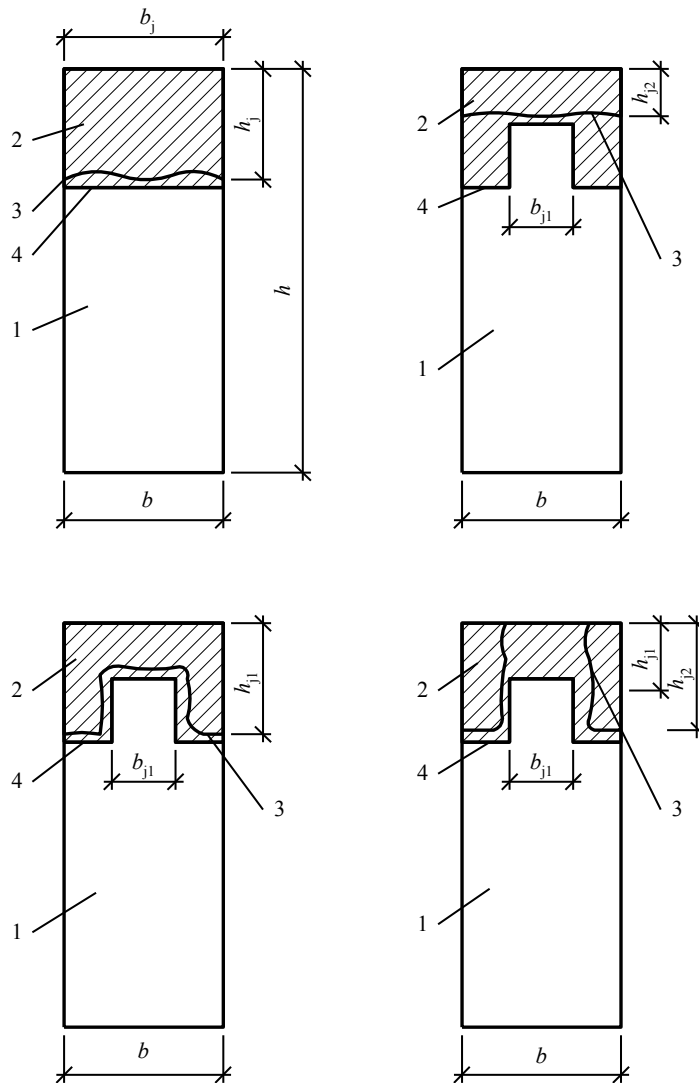
reikia apskaičiuoti skersinės armatūros kiekį, reikalingą išilginės šlyties jėgos atlaikymui.

Skersinė armatūra gali būti lygi arba rumbuotoji, ne aukštesnės kaip S500 klasės.

208. Skaiciuotinis šlyties plokštumos plotis b_j imamas atsižvelgiant į sąlyčio siūlės pobūdį (lygusis ar briaunotasis) (žr. 38 pav.).

Esant plokščiai sąlyčio siūlei (žr. 38 a pav.), skaiciuotinis plotis b_j imamas lygus sąlyčio plokštumos pločiui ($b_j = b$). Jeigu sąlyčio plokštuma (siūlė) briaunota, plotis b_j imamas pagal labiausiai pavojingą plokštumą:

208.1. pagal paviršių, kurį sudaro sąlyčio plotis (žr. 38 b, d pav.), t. y. $b_j = b$ arba $b_j = b - b_{j1} + 2h_2$, ir pagal visą sąlyčio paviršių (žr. 38 c pav.), t. y. $b_j = b + h_{j1}$.



38 pav. Šlyties paviršiaus schemos apskaičiuojant sąlyčio siūlės stiprumą:
1 – surenkamasis elementas; 2 – monolitinis betonas; 3 – šlyties plokštuma; 4 – sąlyčio siūlė

209. Surekamųjų monolitinių gelžbetoninių konstrukcijų stiprumo skaičiavimas gali būti atliekamas dviem metodais:

209.1. pagal skaičiuotinį deformacijų modelį, imant surekamosios ir monolitinės skerspjūvio dalių betono atitinkamas deformavimosi $\sigma-\varepsilon$ diagramas, įvertinant pradinį įtempių ir deformacijų būvį surekamajame elemente iki jo monolitinimo;

209.2. skerspjūvių redukavimo metodu, pagal kurį vienos dalies betono stiprumo ir deformacinės charakteristikos keičiamos į kitos medžiagos atitinkamas charakteristikas. Taip pat įvertinamas surekamojo elemento pradinis įtempimų ir deformacijų būvis, kol monolitinamas betonas pasieks reikiamą stiprumą.

210. Surekamosios monolitinės konstrukcijos tinkamumo ribiniam būviui apskaičiuojamos remiantis pagrindiniais reikalavimais, nurodytais XIV skyriuje, ir atsižvelgiant į šiuos papildomus reikalavimus:

210.1. surekamųjų elementų deformacijos (įlinkiai), kol monolitinis betonas įsitrauks į bendrą darbą, yra sumuojamos su visos surekamosios monolitinės konstrukcijos deformacijomis;

210.2. surekamųjų monolitinių konstrukcijų skerspjūvis, sudarytas iš skirtingų savybių betono, gali būti keičiamas į vienalyčio betono skerspjūvį, naudojant jų betono tamprumo modulių santykį;

210.3. išankstinio apspaudimo jėga veikia tik surenkamąją konstrukcijos skerspjūvio dalį, jeigu monolitinė dalis nėra apspausta iš anksto įtemptąja armatūra statybos metu, betonui pasiekus reikiamą stiprį;

210.4. jeigu montuojant surenkamuosius elementus yra įrengiamos laikinos atramos, tai skaičiavimo metu reikia įvertinti galimą jų nusėdimą;

210.5. apskaičiuojant atsparumą supleišėjimui ir įlinkius reikia įvertinti papildomus įtempimus ir deformacijas, kurias sukelia surenkamojo ir monolitinio betono susitraukimo ir valkšnumo deformacijų skirtumas. Įrašos nuo susitraukimo ir valkšnumo yra laikomos vidinėmis ir tarpusavio pusiausvyroje, o surenkamosios ir monolitinės dalies kreiviai yra vienodi.

XVI SKYRIUS. BENDRIEJI REKONSTRUOJAMŲ AR KAPITALIŠKAI REMONTUOJAMŲ STATINIŲ KONSTRUKCIJŲ SKAIČIAVIMO REIKALAVIMAI

I SKIRSNIS. BENDROSIOS NUOSTATOS

211. Prieš rekonstruojant ar kapitališkai remontuojant statinius, reikia atlikti konstrukcijų tikrinamuosius skaičiavimus, o nustačius nepakankamą jų stiprumą ir tinkamumą normaliam naudojimui – konstrukcijų stiprinimo apskaičiavimus.

Tikrinamuosius konstrukcijų skaičiavimus reikia atlikti, kai keičiasi veikiančios apkrovos, tūrio ir planiniai sprendimai, naudojimo paskirties sąlygos, kai nustatomi konstrukcijų defektai ir pažeidimai. Tokių skaičiavimų tikslas – nustatyti konstrukcijų stiprumą ir tinkamumą normaliai naudoti pasikeitusiomis sąlygomis.

212. Tikrinamieji konstrukcijų skaičiavimai atliekami dviem atvejais. Pirmiausia tikrinami konstrukcijų ribiniai būviai naudojantis projekto, pagal kurį konstrukcija pastatyta, duomenimis: geometriniais konstrukcijos matmenimis, betono ir armatūros klasėmis, armavimo ir skaičiuotinėmis konstrukcijos schemomis. Jeigu šie skaičiavimai rodo, kad konstrukcija neatitinka saugos ir tinkamumo ribinių būvių reikalavimų ir jeigu nėra projekto duomenų, o nustatomi defektai bei pažeidimai, tikrinamieji skaičiavimai daromi tik atlikus konstrukcijų tyrimą. Atliekant šį tyrimą nustatomas betono stipris, armatūros tipas ir stiprumo savybės, geometriniai matmenys, armavimas ir betono apsauginio sluoksnio storis, plyšių betone plotis, konstrukcijos įlinkiai, pažeidimai ir defektai, veikiančios apkrovos ir kiti poveikiai, atsirandantys naudojimo metu, skaičiuotinės schemos.

Nepaisant konstrukcijų projektavimo ir statybos laiko, tikrinamieji skaičiavimai ir ribinių būvių reikalavimų patikrinimas atliekami pagal šį Reglamentą. Konstrukcija laikoma tinkama toliau naudoti be sustiprinimo, jei atitinka abiejų ribinių būvių reikalavimus. Jeigu tikrinamieji skaičiavimai rodo, kad konstrukcija netenkina ribinių būvių reikalavimų, tai konstrukcija stiprinama arba pakeičiama nauja. Tai grindžiama ir ekonominiu tikslingumu.

213. Tinkamumo ribiniam būviui konstrukcija gali būti neskaičiuojama, jeigu nustatyta, kad tikrieji įlinkiai ir plyšių pločiai mažesni už ribinius ir įrašos skerspjūviuose nuo naujų apkrovų neviršija įrašų tyrimo metu veikiančių apkrovų. Skaičiavimais reikia patikrinti skerspjūvius, turinčius defektų ir pažeidimų, taip pat skerspjūvius, kuriuose tiriant nustatytas betono stiprumas 20 % ir daugiau mažesnis už vidutinį. Defektai ir pažeidimai įvertinami imant sumažintą betono ar armatūros skerspjūvio plotą. Taip pat reikia įvertinti defektų ir pažeidimų įtaką betono stiprumo ir deformacinėms charakteristikoms, išilginės jėgos ekscentriciteto dydžiui, armatūros ir betono sukibimui, agresyvių medžiagų nepralaidumui ir kt.

214. Stiprinamos gelžbetoninės konstrukcijos skaičiuojamos dviem apkrovimo atvejais:

214.1. nuo apkrovų, veikiančių stiprinimo metu iki stiprinamiems elementams įsijungiant į bendrą darbą;

214.2. po stiprinimo įjungus stiprinamuosius elementus į bendrą darbą su stiprinamosiomis konstrukcijomis – nuo visišκών apkrovų naudojimo metu.

Iki stiprinamiesiems elementams įsijungiant į bendrą darbą, gelžbetoninės konstrukcijos turi atitikti saugos ribinio būvio reikalavimus. Po ištraukimo į bendrą darbą – sustiprinta konstrukcija turi atitikti saugos ir tinkamumo naudoti ribinių būvių ir ilgalaikiškumo reikalavimus.

215. Projektuojant gelžbetoninių konstrukcijų sustiprinimą būtina garantuoti stiprinamųjų elementų bendrą darbą su stiprinamąja konstrukcija. Stiprinant apkrautą konstrukciją arba ją nukrovus, sustiprintą konstrukciją apkrauti projektine apkrova galima tik stiprinimo betonui pasiekus skaičiuotinį stiprį.

Skaičiuojant stiprinamąsias konstrukcijas reikia įvertinti įtempimų ir deformacijų būvį, susidariusį jose iki ištraukiant stiprinamiesiems elementams į bendrą darbą, taip pat skirtingas betono ir armatūros mechanines savybes.

216. Jeigu konstrukcijos betono ir armatūros pažeidimai sudaro 50 % ir daugiau jos ploto, tai stiprinamieji elementai apskaičiuojami visai naudojimo apkrovai, neįvertinant stiprinamosios konstrukcijos. Apskaičiuojant neįvertinama iš anksto įtemptoji vielinė armatūra, jeigu ji yra pažeista taškinės korozijos.

217. Gelžbetoninių konstrukcijų stiprinimo metodai turi būti technologiškai ir ekonomiškai pagrįsti. Reikia atsižvelgti į tai, ar stiprinant reikės stabdyti gamybą, ar ne, taip pat įvertinti išorinės aplinkos agresyvumą, atsparumo ugniai reikalavimus.

II SKIRSNIS. SKAIČIUOTINĖS MEDŽIAGŲ SAVYBĖS

218. Skaičiuotinės konstrukcijų betono savybės tikrinamiesiems skaičiavimams, taip pat apskaičiuojant konstrukcijų sustiprinimą pagal abu ribinius būvius, yra nustatomos pagal VII skyriuje pateiktus nurodymus, atsižvelgiant į betono C klasę. Jei konstrukcija buvo suprojektuota pagal anksčiau galiojančias normas, skaičiuotinės betono stiprumo charakteristikos nustatomos pagal VII skyrių, atsižvelgiant į sąlyginę betono C klasę, ir pagal atitinkamą garantuotą betono stiprį $f_{c,cube}$, kuris lygus:

218.1. betono B klasei (MPa), jeigu normuojama charakteristika buvo betono klasė;

218.2. 0,8 betono M markės (kg/cm^2), nustatytos pagal 150×150×150 mm kubelius;

218.3. 0,85 betono M markės (kg/cm^2), nustatytos pagal 200×200×200 mm kubelius.

Jeigu tikrinamieji skaičiavimai atliekami pagal duomenis, gautus natūralaus konstrukcijų tyrimo metu, garantuota betono stiprio $f_{c,cube}$ reikšmė imama lygi 0,8 vidutinės betono stiprumo (MPa) reikšmės, nustatytos neardančiaisiais metodais, arba lygi garantuotam su 0,95 patikimumo betono stipriui, nustatytam pagal statistinio vertinimo metodus. Tarpinės sąlyginės betono klasės reikšmės gali būti nustatomos interpoliacijos metodu.

219. Skaičiuotinės armatūros charakteristikos, naudojamos tikrinamiesiems skaičiavimams, nustatomos pagal VII skyriaus nurodymus ir jos klasę, nustatytą pagal ankstesnius projektinius duomenis, įvertinus šių charakteristikų patikimumo lygį projektavimo metu arba pagal paimtų armatūros pavyzdžių bandymo rezultatus, įvertinant normuojamą patikimumo lygį.

Stiprinant konstrukciją armatūra, betonu ar gelžbetoniu, betono ir armatūros skaičiuotinės charakteristikos imamos pagal VII skyrių. Jeigu stiprinama metaliniais ar kitokių medžiagų elementais, skaičiuotinės jų charakteristikos turi būti pasirenkamos pagal kitus atitinkamus reglamentus ar standartus.

III SKIRSNIS. SUSTIPRINTŲ KONSTRUKCIJŲ APSKAIČIAVIMAS

220. Sustiprintos gelžbetoninės konstrukcijos skaičiuojamos ir projektuojamos pagal abiejų ribinių būvių reikalavimus.

Konstrukcijų, sustiprintų po apkrova ar nukrautų, stiprumas apskaičiuojamas dviem stadijoms. Pirmiausia yra nustatomas deformacijų ir įtempimų būvis konstrukcijoje iki jos sustiprinimo. Tada apskaičiuojama sustiprinta konstrukcija, įvertinant įrąžų persiskirstymą skerspjūvyje, atsižvelgiant į tai, kad sustiprintos konstrukcijos skerspjūvį sudaro skirtingų savybių medžiagos.

221. Jeigu konstrukcija stiprinama didinant jos skerspjūvį, apskaičiuojant jos stiprumą turi būti naudojamas deformacijų modelis pagrindinei sustiprintos konstrukcijos skerspjūvio daliai, sumuojant deformacijas iki sustiprinimo ir po sustiprinimo ir imant tiesialinijinį vidutinių deformacijų pasiskirstymą pagal skerspjūvio aukštį betone ir armatūroje papildomai sustiprintos konstrukcijos daliai. Stiprinant konstrukciją papildomais elementais, kurie į bendrą įtraukiami ne pagal visą sąlyčio ilgį, o sujungiami tik galuose arba tam tikrais tarpais (įvairios tempinės, atsparos, paspyrinės sistemos ir pan.), reikia įvertinti elementų išsikreivinimą.

222. Jeigu konstrukcijos stiprinamos keičiant jų statinę schemą (darant papildomas tampriasias ar standžiasias atramas, sustandinant esamas lanksčiasias atramas ir pan.), apskaičiuojama pagal įrašas skerspjūvyje nuo išorinių apkrovų, kurios gaunamos sumuojant apkrovas iki sustiprinimo ir imant pirminę skaičiuotinę schemą ir apkrovas, veikiančias konstrukciją po sustiprinimo pagal pakeistą skaičiuotinę schemą.

223. Skaičiuojant konstrukcijos tinkamumą ribiniam būviui plyšių atsiradimas pagrindinėje arba papildomoje betoninėje konstrukcijos dalyse nustatomas pagal ribines betono tempimo deformacijas. Plyšių plotis ir įlinkiai yra apskaičiuojami pagal šio Reglamento XIV skyriaus nurodymus.

XVII SKYRIUS. BENDRIEJI PROJEKTAVIMO REIKALAVIMAI

224. Norint užtikrinti projektuojamų betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų gamybos sąlygas, reikiamą ilgalaikiškumą, bendrą armatūros ir betono darbą, būtina atsižvelgti į šiame skyriuje pateiktus projektavimo nurodymus.

I SKIRSNIS. MAŽIAUSIEJI ELEMENTŲ SKERSPJŪVIŲ MATMENYS

225. Betoninių ir gelžbetoninių elementų skerspjūvių matmenys nustatomi skaičiavimais pagal veikiančius poveikių efektus bei atitinkamų ribinių būvių reikalavimus ir parenkami atsižvelgiant į ekonominius reikalavimus bei gamybos technologijos sąlygas.

Gelžbetoninių elementų skerspjūvio matmenys turi būti tokie, kad atitiktų armatūros išdėstymo skerspjūvyje (betoninių apsauginių sluoksnių storiai, atstumas tarp armatūros strypų ir t. t.) ir inkaravimo reikalavimus.

226. Monolitinio gelžbetonio storis turi būti ne mažesnis už reikšmės, nurodytas 29 lentelėje. Gelžbetoninių plokščių storį, nurodytą 29 lentelėje, galima sumažinti 5 mm, jei plokštės gamina įmonės, kuriose veikia sertifikuota kokybės kontrolės sistema.

29 lentelė

Monolitinio gelžbetonio plokščių mažiausias storis

Konstrukcija	Plokščių storis, mm
1. Denginys	50
2. Daugiaaukščių gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų perdangos	60
3. Daugiaaukščių pramonės pastatų perdangos	70
4. Plokštės, apkrautos sutelktąja judamąja apkrova	120
5. Besių perdangų plokštės, esant sutelktajai atramai	150

Surenkamųjų plokščių mažiausias storis parenkamas toks, kad būtų garantuojamas reikiamas apsauginio betono sluoksnio storis ir armatūros išdėstymas plokštės skerspjūvyje (žr. Reglamento 227–235 p.).

Ekscentriškai gniuždomųjų elementų skerspjūvio matmenys turi būti tokie, kad jų liaunis l_0/i visomis kryptimis nevirsytų:

226.1. gelžbetoniniams elementams iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono – 200;

226.2. kolonoms kaip pastatų elementams – 120;

226.3. betoniniams elementams iš sunkiojo, smulkiagrūdžio, lengvojo ir poringojo betono – 90;

226.4. betoniniams ir gelžbetoniniams elementams iš aktytojo betono – 70.

II SKIRSNIS. APSAUGINIS BETONO SLUOKSNIS

227. Darbo armatūros apsauginis betono sluoksnis turi užtikrinti armatūros ir betono bendrą darbą visose konstrukcijų darbo stadijose, taip pat apsaugoti armatūrą nuo atmosferos, agresyvios aplinkos, aukštos temperatūros ir panašių poveikių.

228. Darbo armatūros (neįtemptosios ir įtemptosios, įtempiamos į atsparas) apsauginio sluoksnio storis, mm, turi būti ne mažesnis kaip:

228.1. armatūros skersmuo (jei jis neviršija 40 mm);

228.2. užpildo grūdelio didžiausias matmuo (jei jis mažesnis kaip 32 mm);

228.3. užpildo grūdelio didžiausias matmuo plius 5 mm (jei jis didesnis kaip 32 mm);

228.4. surenkamuosiuose pamatuose – 30 mm;

228.5. monolitiniuose pamatuose su paruošiamuoju betono sluoksniu – 35 mm;

228.6. monolitiniuose pamatuose be paruošiamojo betono sluoksnio – 70 mm.

Vienasluoksnėse konstrukcijose iš lengvojo ir poringojo LC8/9 klasės betono apsauginio sluoksnio storis turi būti ne mažesnis kaip 20 mm, o išorinėms sienoms (be apdailos sluoksnio) – ne mažesnis kaip 25 mm.

Surenkamosioms konstrukcijoms apsauginio betono sluoksnio storį, nurodytą 30 lentelėje, galima sumažinti 5 mm, bet jis turi būti ne mažesnis kaip 20 mm.

Mažiausias atstumas nuo išilginės armatūros strypų paviršiaus iki artimiausio betono paviršiaus (apsauginis betono sluoksnis), atsižvelgiant į naudojimo sąlygų klasę, pateiktas 30 lentelėje.

30 lentelė

Mažiausias leistinas apsauginio betono sluoksnio storis (mm)

Armatūros tipai	Naudojimo sąlygų klasės						
	XO	XC1	XC2, XC3, XC4	XD1, XD2, XD3, XF1, XF2, XF3, XF4	XA1	XA2	XA3
Neįtemptoji	20	25	30	40	25	30	40
Iš anksto įtemptoji	20	30	35	50	35	40	50

229. Skersinės, paskirstomosios ir konstrukcinės armatūros apsauginio betono sluoksnio storis turi būti ne mažesnis už armatūros skersmenį ir ne mažesnis kaip 15 mm, kai konstrukcija naudojama normaliomis ir mažai agresyviomis sąlygomis, atitinkančiomis XO, XC1, XA1 (žr. 30 lentelę) klases. Didėjant aplinkos agresyvumui, apsauginio betono sluoksnio storį kiekvienai agresyvumo klasei reikia padidinti 5 mm.

230. Apsauginio betono sluoksnio storis iš anksto įtemptųjų gelžbetoninių elementų galuose įtempių perdavimo zonos ilgyje turi būti ne mažesnis kaip:

230.1. strypinei armatūros, kurios $f_y = 600$ MPa ir $f_y = 550$ MPa, – 2ϕ ;

230.2. strypinei armatūros, kurios $f_y = 800$ MPa ir $f_y = 1000$ MPa, – 3ϕ ir ≥ 40 mm;

230.3. lynams – 2ϕ ir ≥ 30 mm; (čia ϕ – mm).

Apsauginį betono sluoksnį atraminėje zonoje įtemptajai armatūrai su inkarais ir be jų galima imti tokį pat, kaip ir pjūviuose elemento tarpatramyje tokiais atvejais: iš anksto įtemptiesiems elementams, kai atraminė reakcija perduodama sutelktai, esant atraminėms plieninėms detalėms ir konstrukcinei armatūrai (suvirintinių skersinių tinklų arba armatūrą apgaubiančių apkabų); plokštėse, skyduose, paklotuose ir elektros linijų atramose, kai galuose įdedama papildoma skersinė armatūra (lovio pavidalo suvirintiniai tinklai arba uždarnos apkabos).

Mažiausias atstumas nuo įtemptosios armatūros paviršiaus arba nuo kanalo krašto iki arčiausio betono paviršiaus, atsižvelgiant į naudojimo sąlygų klasę, elemento tarpatramio viduryje turi būti ne mažesnis už nurodytą 30 lentelėje.

231. Elementuose su įtemptąja išilgine armatūra, tempiama į betoną ir išdėstyta kanaluose, atstumas nuo elemento paviršiaus iki kanalo paviršiaus turi būti ne mažesnis kaip 40 mm ir ne mažesnis už kanalo plotį; šoninėms elementų briaunoms nurodytas atstumas, be to, turi būti ne mažesnis už pusę kanalo aukščio ir už reikšmės, nurodytas 30 lentelėje.

Kai įtemptoji armatūra yra išdėstyta išėmose arba elemento skerspjuvio išorėje, apsauginio betono sluoksnio, įrengiamo torkretuojant arba kitais būdais, storis turi būti ne mažesnis kaip 20 mm.

232. Ištininiai armatūros strypai, tinklai arba strypynai, išdėstyti per visą konstrukcijos ilgį ar plotį tam, kad juos būtų galima netrukdomai sudėti į klojinius, turi būti mažesnių matmenų už konstrukcijos, paisant pastarosios ilgio:

232.1. jei konstrukcijos ilgis 9 m – 10 mm;

232.2. jei konstrukcijos ilgis iki 12 m – 15 mm;

232.3. jei konstrukcijos ilgis didesnis nei 12 m – 20 mm.

233. Tuščiaidurių žiedinio arba dėžinio skerspjuvio elementų atstumas nuo išilginės armatūros strypų iki betono vidinio paviršiaus turi atitikti Reglamento 228 ir 229 punktų reikalavimus.

III SKIRSNIS. ARMATŪROS IŠDĖSTYMAS SKERSPJŪVYJE

234. Atstumas tarp armatūros strypų (arba kanalų apvalkalų) turi būti toks, kad užtikrintų betono ir armatūros bendrą darbą, patogų betono mišinio klojimą ir tankinimą; iš anksto įtemptosioms konstrukcijoms, be to, turi būti atsižvelgiama į betono vietinio gniuždymo (apspaudimo) laipsnį, įtempimo įrangos (domkratų, griebtuvų ir t. t.) matmenis.

Elementų, gaminamų vibruojamojo presavimo įrenginiuose arba naudojant adatinį vibratorius, atstumai tarp armatūros strypų turi būti tokie, kad tarp jų tilptų tokių įrenginių elementai arba vibratorių galvutės.

235. Atstumas tarp neįtemptosios arba įtemptosios į atsparas armatūros strypų, taip pat tarp gretimų plokščių virintinių strypynų išilginių strypų turi būti ne mažesnis už strypo didžiausią skersmenį ir:

235.1. jei strypai horizontalūs arba pasvirę betonavimo kryptimi – ne mažiau kaip:

235.1.1. apatinei armatūrai – 25 mm;

235.1.2. viršutinei armatūrai – 30 mm.

Jei apatinė armatūra sudėta daugiau negu dviem eilėmis pagal skerspjuvio aukštį, atstumas tarp strypų horizontaliaja linkme (išskyrus dviejų apatinių eilių strypus) turi būti ne mažesnis kaip 50 mm;

235.2. jei strypai yra vertikalios padėties – ne mažiau kaip 50 mm; jei užpildo frakcijos sistemai kontroliuojamos, tai šis atstumas gali būti sumažintas iki 35 mm, bet ne mažesnis kaip pusantro didžiausio stambaus užpildo skersmuo. Jei strypus išdėstyti sunku dėl elementų mažų skerspjuvio matmenų, leidžiama armatūros strypus išdėstyti suglaustai poromis (be tarpo tarp jų).

Elementų su įtemptąja armatūra, tempiama į betoną (išskyrus nepertraukiamai armuotąsias konstrukcijas), atstumas prošvaisoje tarp armatūros kanalų turi būti ne mažesnis kaip kanalo skersmuo ir ne mažesnis kaip 50 mm.

Atstumas prošvaisoje tarp briaunosios armatūros strypų imamas pagal nominalųjį skerspjuvį, neįvertinant iškišų briaunų.

IV SKIRSNIS. NEĮTEMPTOSIOS ARMATŪROS INKARAVIMAS

236. Rumbuotosios ir lygiosios armatūros strypai virintiniuose strypynuose ir tinkluose naudojami be kablių. Tempiamieji lygūs strypai rištuose tinkluose ir strypynuose turi turėti kilpas, kablius ar privirintą skersinį strypą (žr. 39 pav.).

236¹. Mažiausiasis linkio skersmuo, iki kurio lenkiamas armatūros strypas, turi būti toks, kad strypas nesupleišėtų ir nesuirėtų strypo linkio viduje esantis betonas.

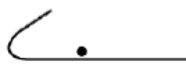
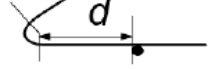
Kad armatūra nebūtų pažeista, strypo lenkimo kaiščio skersmuo turi būti ne mažesnis kaip $\phi_{m,min}$, kurio reikšmės pateiktos 30 a lentelėje.

30 a lentelė. Mažiausias lenkimo kaiščio skersmuo

a) strypai ir viela

Strypo skersmuo	Linkių, kablių ir kilpų mažiausias lenkimo kaiščio skersmuo (žr. 39 paveikslą)
$\phi \leq 16 \text{ mm}$	4ϕ
$\phi > 16 \text{ mm}$	7ϕ

b) virintinė lenkta armatūra ir armatūrinis tinklas, lenktas po suvirinimo

Mažiausias lenkimo kaiščio skersmuo	
 arba 	 arba 
5ϕ	$d \geq 3\phi$ 5ϕ $d < 3\phi$ arba linkio zonoje yra virintinė siūlė: 20ϕ
Pastaba: Jei linkio zonoje suvirinama ir tai atliekama pagal LST EN ISO 17660-1:2006 [9.14] ir LST EN ISO 17660-2:2006 [9.15] reikalavimus, lenkimo kaiščio skersmenį leidžiama sumažinti iki 5ϕ .	

Lenkimo kaiščio skersmuo netikrinamas, jei laikomasi šių sąlygų:

- strypo inkaravimui už linkio pabaigos nereikia ilgesnės kaip 5ϕ atkarpos;
 - strypas nėra prie krašto (linkio plokštuma arti betono paviršiaus) ir linkio vidinėje pusėje yra skersinis strypas, kurio skersmuo $\geq \phi$;
 - lenkimo kaiščio skersmuo yra ne mažesnis kaip 30 a lentelėje nurodytas reikšmės.
- Priešingu atveju lenkimo kaiščio skersmuo $\phi_{m,min}$ turi būti padidintas pagal šią nelygybę:

$$\phi_{m,min} \geq F_{bt} ((1/a_b) + 1/(2\phi))/f_{cd}; \quad (17.1 \text{ a})$$

čia:

F_{bt} – tempiamoji jėga, kurią strypė ar suglaustų strypų grupėje lenkimo pradžioje sudaro kritinės apkrovos;

a_b – pusė atstumo tarp strypų (arba suglaustų strypų grupių) centrų, matuojant statmenai linkio plokštumai. Jei strypas ar strypų grupė yra netoli elemento paviršiaus, a_b turi būti apsauginio betono sluoksnio dydžio, pridėjus $\phi/2$.

f_{cd} reikšmė neturi būti imama didesnė kaip atitinkamą C55/67 klasės betono reikšmę.

Papildyta punktu:

Nr. [D1-622](#), 2009-10-23, Žin., 2009, Nr. 131-5712 (2009-11-03), i. k. 109301MISAK00D1-622

237. Išilginiai tempiamosios ir gniuždomosios armatūros strypai turi būti užleisti už elemento normalinio pjūvio, kuriame jų skaičiuotinis stipris visiškai išnaudojamas ilgiu, ne mažesniu už l_{bd} , apskaičiuojamu pagal formulę

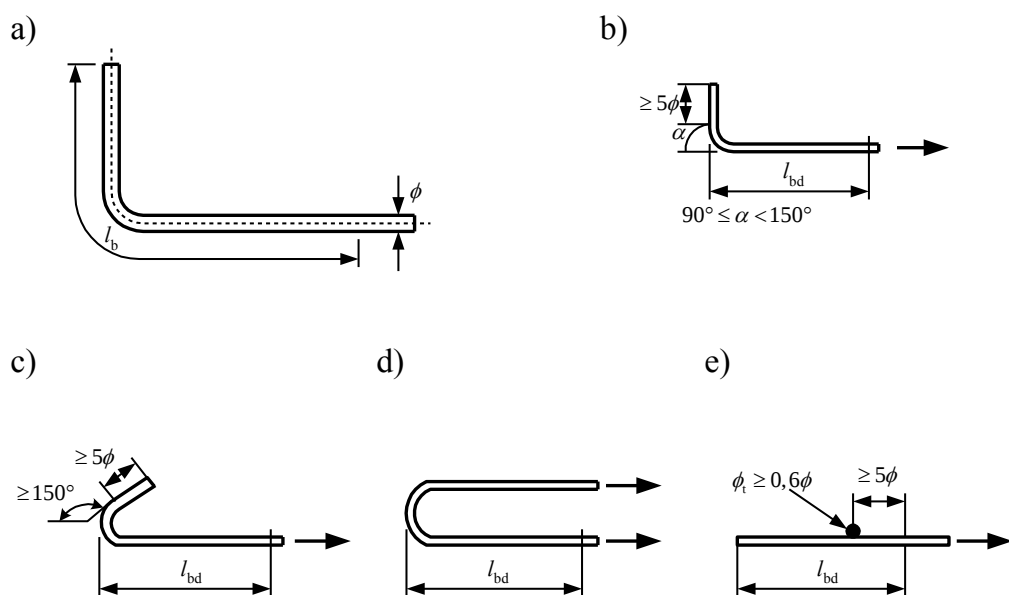
$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 l_b \geq l_{b,min}, \quad (17.1)$$

čia:

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – koeficientai, kurių reikšmės imamos iš 31 lentelės;

l_b – bazinis inkaravimo ilgis, apskaičiuojamas pagal 17.4 formulę;

$l_{b,min}$ – mažiausias inkaravimo ilgis.



39 pav. Lygios armatūros strypų inkaravimo būdai:

a, b – nevysiškai užlenkiant, c – visiškai užlenkiant, d – kilpos formos, e – privirinant skersinį strypą

31 lentelė

Koeficientų α_1 , α_2 , α_3 , α_4 ir α_5 reikšmės

Veiksniai	Inkaravimo sąlygos	Armatūra	
		tempiamoji	gniuždomoji
Strypo forma	tiesusis	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	kitoks (žr. 39 b, c, d pav.)	$\alpha_1 = 0,7$, kai $c_d > 3\phi$ $\alpha_1 = 1,0$ (žr. 40 pav.)	$\alpha_1 = 1,0$
Apsauginis sluoksnis	lygusis	$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - \phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	rumbuotasis (žr. 39 b, c, d pav.)	$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - 3\phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (žr. 40 pav.)	$\alpha_2 = 1,0$
Skersinė armatūra neprivirinta prie išilginės	Visų tipų	$\alpha_3 = 1 - K \lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Skersinė armatūra privirinta prie išilginės	Visų tipų, padėčių ir dydžių, kaip nurodyta 39 e pav.	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Esant skersiniam apspaudimui	Visų tipų	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	–

$$\lambda = (\sum A_{sw} - \sum A_{sw,min}) / A_s$$

$\sum A_{sw}$ – skersinių strypų skaičiuotiniame inkaravimo ilgyje l_{bd} suminis skerspjūvio plotas;

$\sum A_{sw,min}$ – mažiausias skersinių strypų skerspjūvio plotas, imamas lygus $0,25A_s$ sijoms ir 0 – plokštėms;

A_s – vieno inkaruojančiojo strypo didesnio skersmens skerspjūvio plotas;

p – slėgis (MPa), veikiantis statmenai inkariniam strypui ir inkaravimosi ilgiu l_{bd} ;

c_d – skaičiuotinio apsauginio sluoksnio storio reikšmė, imama iš 40 pav.;

K – reikšmės pateiktos 41 pav.

Mažiausias inkaravimo ilgis $l_{b,min}$ imamas:

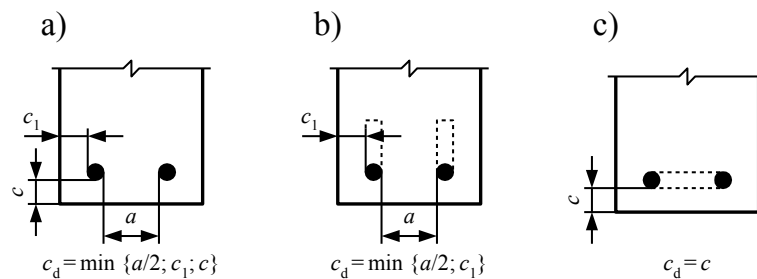
237.1. tempiamiesiems strypams

$$l_{b,min} > \max\{0,6l_b; 15\phi, 100 \text{ mm}\}, \quad (17.2)$$

237.2. gniuždomiesiems strypams

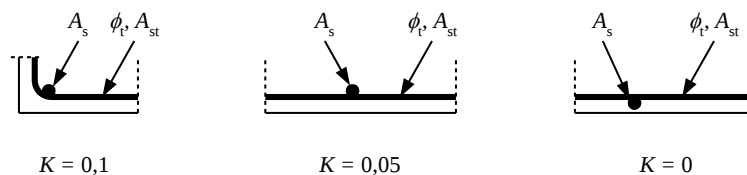
$$l_{b,min} > \max\{0,3l_b; 15\phi, 100 \text{ mm}\} \quad (17.3)$$

Rumbuotosios armatūros strypams formulėje 17.1 koeficientų sandauga $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \geq 0,7$.



40 pav. Apsauginio sluoksnio skaičiuotinis storis c_d :

a – lygiesiems strypams; b – atlenktiesiems strypams ir kabliams; c – kilpoms



41 pav. Koeficiento K reikšmės sijoms ir plokštėms

Bazinis inkaravimo ilgis l_b apskaičiuojamas taip:

$$l_b = \frac{\phi}{4} \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}, \quad (17.4)$$

čia:

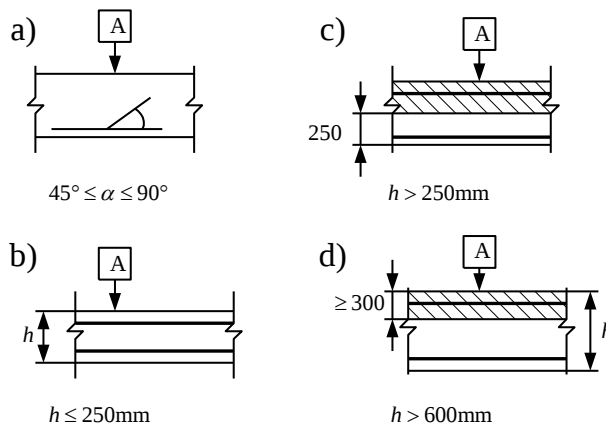
σ_{sd} – skaičiuotiniai armatūros įtempiai;

f_{bd} – armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai, nustatomi pagal formulę

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}, \quad (17.5)$$

čia f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris (kai $\gamma_c = 1,5$).

$f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,7 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$. Betonams, kurių $f_{ck} > 55$ MPa, skaičiuotinė stiprį f_{ctd} imti kaip betonui $f_{ck} = 55$ MPa. η_1 – koeficientas, įvertinantis armatūros padėtį betonavimo metu ir sukibimo sąlygas; $\eta_1 = 0,70$, išskyrus atvejus, nurodytus 42 pav.



42 pav. Atvejai, kuriems esant koeficientas $\eta_1 = 1,0$.
A – betonavimo kryptis, sukibimo sąlygos geros

η_2 – koeficientas, įvertinantis strypo skersmens įtaką, imamas

kai $\phi \leq 32$ mm, $\eta_2 = 1,0$;

kai $\phi > 32$ mm, $\eta_2 = \frac{(132 - \phi)}{100}$.

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

238. Kai inkariniai strypai imti su atsarga skaičiuotinės laikomosios galios požiūriu, inkaravimosi ilgį l_{bd} , apskaičiuotą pagal 17.1 formulę, leidžiama sumažinti dauginant iš santykio, reikiamo pagal skerspjūvio ploto su faktiniu strypo skerspjūvio plotu apskaičiavimus.

Jeigu apskaičiuojant nustatyta, kad išilgai inkaruojamų strypų tempiamajame betone susidaro plyšių, tai strypai turi būti inkaruojami betono gniuždomojoje zonoje ilgiu l_{bd} , apskaičiuojamu pagal 17.1 formulę.

Kai įvykdyti šių reikalavimų nėra galimybių, turi būti numatytos išilginės armatūros strypų inkaravimo priemonės, garantuojančios jų darbą visiškai išnaudojant skaičiuotinę stiprį nagrinėjamajame pjūvyje (privirinant strypų galuose inkaruojančiąsias arba įdėtinių detalių plokšteles, inkarinių strypų atlankos, šalutinės armatūros naudojimas).

Įdėtinių detalių tempiamųjų inkarinių strypų, inkaruotų tempiamajame arba gniuždomajame betone, kai $\sigma_{cd} / f_{cd} > 0,75$ arba $\sigma_{cd} / f_{cd} < 0,25$, ilgis apskaičiuojamas pagal Reglamento 237.1 p. nurodymus kaip tempiamiesiems strypams. Esant kitoms įtempių reikšmėms – pagal Reglamento 237.2 p. kaip gniuždomiesiems strypams.

Čia σ_{cd} – betono gniuždomieji įtempiai, veikiantys statmenai inkariniam strypui ir apskaičiuojami kaip tampriai ekvivalentiniam skerspjūviui, veikiant pastoviajai apkrovai ir esant patikimumo koeficientui $\gamma_G = 1$.

Inkarus iš lygiosios armatūros galima naudoti tik tuo atveju, kai jų galuose yra privirtos plokštelės, armatūros skersiniai trumpiniai ar suformuotos galvutės. Šių inkarų ilgis apskaičiuojamas pagal betono atsparumą išplėsimui ir glemžimui.

Konstruokinėms detalėms leidžiama naudoti inkarus, kurių galuose suformuoti kabliai.

Punkto pakeitimai:

239. Armatūros strypai, nutraukiami tarpatramyje, turi būti pratęsimi už teorinio armatūros nutraukimo pjūvio:

239.1. gniuždomojoje zonoje ne mažiau kaip 20ϕ ir ne mažiau kaip 250 mm;

239.2. tempiamojoje zonoje ne mažiau kaip $0,5h + 20\phi$ ir ne mažiau kaip l_{bd} (čia h – konstrukcijos skerspjūvio aukštis teorinio armatūros nutraukimo pjūvyje).

240. Užtikrinant visų išilginės armatūros strypų, užleidžiamų už atramos, inkaravimą, turi būti paisoma šių reikalavimų:

240.1. jeigu elementų skersinė armatūra dedama konstruktyviai, tempiamųjų strypų užlaidos už laisvųjų atramų vidinio krašto ilgis turi būti ne mažesnis kaip 5ϕ ;

240.2. jeigu skersinė armatūra parenkama skaičiavimais skersinei jėgai atlaikyti, tempiamųjų strypų užlaidos už laisvųjų atramų vidinio krašto ilgis turi būti ne mažesnis kaip:

240.2.1. 15ϕ , kai užleidžiamos armatūros strypų skerspjūvio plotas ne mažesnis kaip $1/3$ tarpatramio armatūros ploto, apskaičiuoto pagal didžiausią lenkimo momentą;

240.2.2. 10ϕ , kai užleidžiamos armatūros skerspjūvio plotas lygus $2/3$ tarpatramio armatūros ploto.

Strypų užlaidos už atramos vidinės briaunos ilgis imamas mažesnis už šio punkto reikalaujamą, jei dydis $l_{bd} < 10\phi$, ir imamas lygus l_{bd} , bet ne mažesnis kaip 5ϕ . Šiuo atveju, taip pat strypų galus privirinus prie patikimai inkaruotų įdėtinių detalių, išilginės armatūros skaičiuotinis stipris atraminiam ruožui nemažinamas.

241. Armatūros, įtempiamos į atsparas, skaičiuotinis inkaravimosi ilgis (žr. 43 pav.) apskaičiuojamas taip:

$$l_{bpd} = l_{pt2} + \alpha_2 \phi (\sigma_{pd} - \sigma_{p\infty}) / f_{bpd}, \quad (17.6)$$

čia:

σ_{pd} – armatūros įtempiai, kuriuos sukelia apkrova;

$\sigma_{p\infty}$ – išankstiniai armatūros įtempiai įvertinus visus įtempių nuostolius;

l_{pt2} – įtempių perdavimo zonos bazinis ilgis, apskaičiuojamas taip:

$$l_{pt2} = 1,2 \alpha_1 \alpha_2 \phi \frac{\sigma_{pi}}{f_{bpt}}, \quad (17.7)$$

α_1 koeficientas, imamas:

$\alpha_1 = 1$, kai apgniuždoma pamažu, ir $\alpha_1 = 1,25$, kai apgniuždoma staiga;

α_2 koeficientas imamas:

$\alpha_2 = 0,25$, kai naudojami didelio stiprio armatūros strypai ir viela;

$\alpha_2 = 0,19$ – lyninei armatūrai;

σ_{pi} – armatūros įtempiai atleidus ją nuo atsparų;

f_{bpt} – armatūros ir betono sankibos įtempiai, apskaičiuojami pagal formulę

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_l \cdot f_{ctd}(t), \quad (17.8)$$

čia:

η_{p1} – koeficientas, imamas lygus: didelio stiprio vielinei armatūrai ir rumbuotajai strypinei armatūrai $\eta_{p1} = 2,7$ ir $\eta_{p1} = 3,2$ – lyninei armatūrai;

η_l – koeficientas, imamas pagal Reglamento 237 p.;

f_{bpd} – armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai, apskaičiuojami taip:

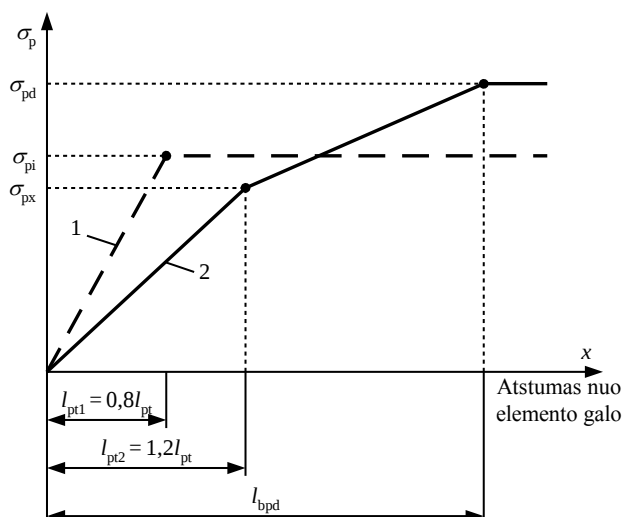
$$f_{bpd} = \eta_{p2} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd}, \quad (17.9)$$

čia:

η_{p2} – koeficientas, įvertinantis strypų tipą, sankibos sąlygas, imamas lygus:

$\eta_{p2} = 1,4$ – didelio stiprio vielai ir rumbuotajai strypinei armatūrai;

$\eta_{p2} = 1,2$ – lyninei armatūrai.



43 pav. Armatūros, įtempiamos į atsparas, įtempių pasiskirstymas inkaravimosi zonoje

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

V SKIRSNIS. ELEMENTŲ IŠILGINIS ARMAVIMAS

242. Gelžbetoninių elementų išilginės armatūros skerspjūvio plotas turi būti ne mažesnis už nurodytą 32 lentelėje.

32 lentelė

Mažiausias išilginės armatūros kiekis gelžbetoninių elementų skerspjūvyje

Armatūros darbo sąlygos	Mažiausias gelžbetoninių elementų išilginės armatūros kiekis, % betono skerspjūvio ploto
1. Lenkiamųjų elementų, taip pat ir ekscentriškai tempiamųjų elementų, kai tempiamoji jėga veikia už skerspjūvio naudingojo aukščio ribų, armatūra S_1	0,05
2. Ekscentriškai tempiamųjų elementų, kai tempiamoji jėga veikia tarp armatūrų S_1 ir S_2	0,05
3. Centriškai tempiamųjų elementų	0,2
4. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų armatūra S_1 ir S_2 , kai	
$l_0/i < 17$	0,05
$17 \leq l_0/i \leq 35$	0,10
$35 < l_0/i \leq 83$	0,20
$l_0/i > 83$	0,25

Pastaba. Lentelėje pateiktas armatūros kiekis nustatomas pagal betono skerspjūvio plotą, lygų stačiakampio arba tėjinio (dvitėjo) skerspjūvio briaunos pločio ir skerspjūvio naudingojo aukščio d sandaugai. Kai išilginė armatūra išdėstyta tolygiai pagal skerspjūvio kontūrą, taip pat ekscentriškai tempiamiesiems elementams imamas visas betono skerspjūvio plotas.

Elementams, kuriuose išilginė armatūra išdėstyta tolygiai pagal skerspjūvio kontūrą, taip pat centriškai tempiamiesiems elementams mažiausias visos armatūros skerspjūvio plotas turi būti imamas dvigubai didesnis, nei nurodyta 32 lentelėje.

Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose, kurių laikomoji galia esant skaičiuotiniam ekscentricitetui išnaudojama mažiau nei 50 %, nepaisant elemento liaunio armatūros S_1 ir S_2 kiekis imamas lygus 0,05.

Reikalavimai, pateikti 32 lentelėje, netaikomi armatūrai, apskaičiuojamai elementų transportavimo ir montavimo stadijai. Šiuo atveju armatūros kiekis apskaičiuojamas pagal stiprumą. Jei skaičiavimais nustatoma, kad elemento laikomoji galia išnaudojama kartu su plyšių susidarymu tempiamosios zonos betone, tai armatūros kiekis padidinamas 15 %.

Šio punkto reikalavimai netaikomi parenkamai armatūrai, išdėstomai plokštėse pagal jų kontūrą ir lenkimą plokštės plokštumoje.

Didžiausias armatūros kiekis skerspjūvyje neatsižvelgiant į armatūros tipą ir betono klasę neturi būti didesnis nei 5 % kolonomis ir 4 % – kitoms konstrukcijoms. Elementams armuoti neįtemptąja armatūra naudotina armatūra, kurios takumo įtempiai $f_{yd} = 400, 500$ ir 600 MPa. Armatūrą, kurios takumo riba $f_{yd} = 240$ MPa, naudoti išilginiam armavimui tik atitinkamai pagrindus.

243. Gniuždomųjų elementų išilginės armatūros skersmuo, mm, neturi būti didesnis betonui:

243.1. sunkiajam ir smulkiagrūdžiam < C20/25–40,

243.2. lengvajam LC12/13–16,

LC12/13–LC20/22–25,

LC25/28–40.

244. Lenkiamųjų elementų iš lengvojo betono armatūros, kurios $f_y = 500$ MPa ir žemesnės klasės, išilginių strypų skersmuo, mm, neturi būti didesnis betonui:

244.1. $\leq$ LC 12/13–16,

244.2. LC 16/18–LC 20/22–25,

244.3. $\geq$ LC 25/28–32.

Armatūros su aukštesniais takumo įtempiais didžiausi skersmenys turi būti suderinti nustatyta tvarka.

Ekscentriškai gniuždomųjų monolitinio gelžbetonio konstrukcijų elementų išilginių strypų skersmuo turi būti ≥ 12 mm.

245. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų atstumas tarp išilginės armatūros strypų ašių statmena lenkimo plokštumai linkme turi būti ne didesnis kaip 400 mm, o lenkimo plokštumos linkme – ne didesnis kaip 500 mm.

246. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų, kurių laikomoji galia, įvertinant priimtą jėgos pridėties ekscentricitetą, išnaudojama mažiau kaip 50 %, taip pat elementų, kurių liaunis $l_0/i < 17$ (pvz., pakoloniuose), kai gniuždomoji armatūra skaičiavimams nereikalinga, o tempiamosios armatūros kiekis neviršija 0,3 % pagal kraštines, lygiagrečias lenkimo plokštumai, leidžiama nedėti išilginės ir skersinės armatūros, reikalingos pagal Reglamento 245, 249 ir 250 punktų reikalavimus. Šiuo atveju pagal kraštines, statmenas lenkimo plokštumai, išdėstomi virintiniai armatūros strypynai arba tinklai, imant apsauginio betono sluoksnio storį ne mažesnę kaip 50 mm ir ne mažesnę už dvigubą išilginės armatūros skersmenį (≥ 50 mm ir $\geq 2\phi$, čia ϕ – išilginės armatūros skersmuo).

247. Sijose, kurių plotis > 150 mm, ne mažiau kaip du išilginės darbo armatūros strypai turi būti užleidžiami už atramos. Šios armatūros kiekis turi būti ≥ 50 % skaičiuotinio armatūros skerspjūvio. Surenkamųjų plokščių, pakloto, tankiabriaunių plokščių ir pan. briaunose, kurių plotis ≤ 150 mm, leidžiama užleisti už atramos vieną darbo armatūros strypą.

Plokštėse atstumas tarp darbo armatūros strypų atramoje turi būti ne didesnis kaip 400 mm, be to, šių strypų skerspjūvio plotas 1 m pločio ruože turi būti ne mažesnis kaip 1/3 armatūros skerspjūvio ploto, apskaičiuoto pagal didžiausią lenkiamąjį momentą elemento tarpatramyje.

Iš anksto įtemptojo gelžbetonio kiauřymėtose (su apvaliomis kiauřymėmis) plokštėse, kurių aukštis ≤ 300 mm, atstumas tarp įtemptosios armatūros atramoje gali būti padidintas iki 600 mm, jei normalinių skerspjūvių, plyšių susidarymo momentas M_{cr} , apskaičiuojamas pagal (14.4) formulę, yra ne mažesnis kaip 80 % momento, kurį sukelia išorinė apkrova su apkrovos patikimumo koeficientu $\gamma_f = 1,0$.

Nekarpytąsias plokštes armuojant ritininiais tinklais leidžiama ties tarpinėmis atramomis visus apatinės zonos strypus atlenkti į viršutinę zoną.

Atstumas tarp darbo armatūros strypų ašių plokštės tarpatramio viduryje ir virš atramų (viršuje) turi būti ne didesnis kaip 200 mm, kai plokštės storis < 150 mm, ir ne didesnis kaip 1,5 h , kai plokštės storis > 150 mm; čia h – plokštės storis.

248. Lenkiamųjų elementų, kurių skerspjūvio aukštis ties šoninėmis briaunomis > 700 mm, turi būti dedami papildomi konstrukcinės armatūros strypai, tarp kurių atstumas turi būti ≤ 400 mm, o skerspjūvio plotas $\geq 0,1$ % betono skerspjūvio ploto bh . Betono skerspjūvio aukštis h imamas lygus atstumui tarp šių strypų, o plotis b – pusė briaunos pločio, bet ne didesnis kaip 200 mm.

VI SKIRSNIS. ELEMENTŲ ARMAVIMAS SKERSINE ARMATŪRA

249. Skersinė armatūra turi apsaugoti išilginę armatūrą nuo išklupimo bet kuria linkme. Gelžbetoninių elementų visuose paviršiuose, besiribojančiuose su išilgine armatūra, turi būti dedama skersinė armatūra, apjuosianti kraštinius išilginius strypus.

Atstumas tarp šios skersinės armatūros strypų ties kiekviena elemento briauna turi būti ≤ 500 mm ir ne didesnis už dvigubą elemento plotį.

Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose, kuriuose įtemptoji armatūra išdėstyta skerspjūvio centre (pvz., poliuose), skersinė armatūra nereikalinga, jei skersinę jėgą atlaiko vien betonas.

Skersinės armatūros galima nedėti ir ties lenkiamųjų elementų, kurie yra armuoti vienu išilginiu strypu arba virintiniu strypynu, plonų briaunų kraštinėmis (plotis ≤ 150 mm).

Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose, taip pat ir lenkiamųjų elementų gniuždomojoje zonoje, armuotoje skaičiavimais parinkta gniuždomąja armatūra, skersinė armatūra (apkabos), konstrukcijose iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono, turi būti išdėstyta atstumu:

249.1. kai armatūros takumo įtempiai $f_{yd} \leq 400$ MPa – ≤ 500 mm ir ne didesniu kaip 15ϕ , kai strypynai rištieji, ir ne didesniu kaip 20ϕ , kai strypynai virintiniai;

249.2. kai $f_{yd} \geq 500$ MPa – ≤ 400 mm ir ne didesniu kaip 12ϕ , kai strypynai rištieji, ir ne didesniu kaip 15ϕ , kai strypynai virintiniai.

Atstumas tarp ekscentriškai gniuždomųjų elementų skersinės armatūros (sankabų) darbo armatūros sandūros užleidžiant vietose turi būti ne didesnis kaip 10ϕ .

Jeigu skaičiavimais parinktos išilginės gniuždomosios armatūros S_2 kiekis didesnis kaip 1,5 %, taip pat jei visas elemento skerspjūvis yra gniuždomas ir visas armatūros S_1 ir S_2 kiekis viršija 3 %, atstumas tarp skersinės armatūros (sankabų) turi būti $\leq 10\phi$ ir ≤ 300 mm.

Tikrinant šio punkto sąlygas išilginės gniuždomosios armatūros strypai, kurie skaičiavimais neįvertinami, gali būti nepriimami, jei šių strypų skersmuo ne didesnis kaip 12 mm ir ne didesnis nei pusė apsauginio betono sluoksnio storio.

250. Rištųjų apkabų konstrukcija turi būti tokia, kad išilginiai strypai (bent jau kas antras) būtų apkabų lenkimo vietose, o lenkimai elemento plotyje būtų išdėstyti kas 400 mm. Jei skerspjūvio briaunos plotis ne didesnis kaip 400 mm ir jei pagal šią briauną išdėstyta ne daugiau kaip 4 strypai, leidžiama visus šiuos strypus sujungti viena apkaba. Jei ekscentriškai gniuždomieji elementai armuoti plokščiaisiais virintiniais strypynais, du kraštiniai strypai, išdėstyti priešpriešiais,

turi būti sujungti tarpusavyje, kad sudarytų erdvinį strypyną. Plokštieji strypynai šiuo atveju sujungiami skersiniais armatūros strypais, privirinamais kontaktiniu būdu prie kampinių išilginių strypų arba smaigėmis, jungiančiomis išilginius strypus tokiu pat atstumu, kaip ir skersiniai strypai.

Jeigu plokščiuosiuose strypynuose yra tarpiniai išilginiai strypai, tai jie ne rečiau kaip kas antras ir ne rečiau kaip kas 400 mm pagal elemento kraštinės plotį turi būti sujungiami smaigėmis su strypais, esančiais priešpriešais.

Smaigių galima nenaudoti, kai elemento kraštinės plotis ne didesnis kaip 500 mm ir išilginių strypų kiekis prie šios kraštinės yra ne didesnis kaip 4.

251. Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose su skaičiavimais įvertinamu papildomu armavimu armatūros tinkleliais iš vielinės ar strypinės armatūros, kurios $f_{yd} \leq 500$ MPa, ne didesnio kaip 14 mm skersmens, ir vielinės armatūros, kurios $f_{yd} = 400$ MPa, arba neįtemptosios armatūros vijomis arba žiedais turi būti imama:

251.1. tinklelio akučių matmenys – ≥ 45 mm, bet ne didesni kaip 1/4 elemento skerspjūvio mažesniosios kraštinės ir ne didesnis kaip 100 mm;

251.2. vijų arba žiedų skersmuo – ne mažesnis kaip 200 mm;

251.3. tinklelių žingsnis – ne mažesnis kaip 60 mm, bet ne didesnis kaip 1/3 elemento skerspjūvio mažesniosios kraštinės ir ne didesnis kaip 100 mm;

251.4. vijų arba žiedų žingsnis – ne mažesnis kaip 40 mm, bet ne didesnis kaip 1/5 elemento skersmens ir ne didesnis kaip 100 mm.

Tinkleliai, vijos (žiedai) turi sujungti visus išilginės armatūros strypus.

Kai ekscentriškai gniuždomųjų elementų galai yra stiprinami, elementų galuose turi būti dedami ne mažiau kaip 4 papildomos armatūros tinklai, išdėstomi nuo elemento galinės plokštumos ilgiu, ne mažesniu kaip 20ϕ , jei armatūros strypai lygūs, ir ne mažesniu kaip 10ϕ – jei armatūros strypai briaunoti.

252. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų rištųjų strypynų apkabų skersmuo turi būti ne mažesnis kaip $0,25\phi$, ne mažesnis kaip 5 mm ir ne didesnis kaip 12 mm; čia ϕ – išilginės armatūros didžiausias strypo skersmuo. Virintiniams strypynams suvirinamųjų strypų skersmenų santykiai parenkami iš suvirinimo sąlygų, nustatomų pagal atitinkamus standartus. Skersinės armatūros skersmuo imamas ne didesnis kaip 14 mm.

Lenkiamuosiuose elementuose, kai elemento skerspjūvio aukštis ≤ 800 mm, rištųjų strypynų apkabų skersmuo turi būti imamas 5 mm. Lenkiamuosiuose elementuose, kai elemento skerspjūvio aukštis > 800 mm, rištųjų strypynų apkabų skersmuo turi būti imamas 8 mm.

253. Sijose, kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 150 mm, taip pat kiaurymėtose plokštėse (arba analogiškose tankiabriaunėse konstrukcijose), kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 300 mm, turi būti dedama skersinė armatūra.

Ištisinio skerspjūvio plokščių, nepaisant skerspjūvio aukščio, kiaurymėtųjų plokščių (arba analogiškų tankiabriaunių konstrukcijų), kurių aukštis mažesnis nei 300 mm, ir sijinėse konstrukcijose, kurių aukštis mažesnis nei 150 mm, leidžiama nearmuoti skersine armatūra. Šiuo atveju turi būti tenkinami Reglamento 91 p. reikalavimai.

254. Sijų ir plokščių skersinė armatūra, nurodyta Reglamento 253 p., išdėstoma atraminiuose ruožuose, kurių ilgis lygus 1/4 konstrukcijos tarpatramio, kai apkrova tolygiai paskirstytoji, ir lygus atstumui nuo atramos iki artimiausios sutelktosios apkrovos, bet ne mažesniau kaip 1/4 tarpatramio, žingsniu:

kai skerspjūvio aukštis h :

$h \leq 450$ mm – ne daugiau kaip $h/2$ ir ne daugiau kaip 150 mm;

tas pats, kai

$h > 450$ mm – ne daugiau kaip $h/3$ ir ne daugiau kaip 300 mm;

kitoje konstrukcijos tarpatramio dalyje, kai skerspjūvio aukštis $h > 300$ mm, skersinės armatūros žingsnis $\leq 3/4h$ ir ≤ 500 mm.

255. Skersinė armatūra, kuri pagal skaičiavimus reikalinga skersinei jėgai laikyti, turi būti patikimai inkaruota privirinant prie išilginės armatūros arba ją apjuosiant.

256. Skersinė armatūra plokščių pradūrimo zonoje išdėstoma žingsniu, ne didesniu kaip $1/3h$ ir ne didesniu kaip 200 mm, be to, skersinės armatūros išdėstymo zonos plotis turi būti ne mažesnis kaip $1,5h$ (čia h – plokštės storis). Šios armatūros inkaravimas turi atitikti Reglamento 255 p. reikalavimus.

257. Kolonų trumpųjų gėmbių skersinis armavimas atliekamas horizontaliosiomis arba 45^0 kampu pasvirusiomis sankabomis. Šių sankabų žingsnis turi būti ne didesnis kaip $h/4$ (čia h – gėmbės aukštis), ne didesnis 12ϕ (čia ϕ – gėmbės tempiamosios armatūros skersmuo) ir ne didesnis kaip 150 mm.

258. Elementuose, kuriuos veikia lenkiamasis ir sukamasis momentai, rištinės sankabos turi būti uždarnos ir patikimai inkaruotos, virintiniuose strypynuose visi abiejų linkmių skersiniai strypai turi būti privirinti prie kampinių išilginių armatūros strypų, taip sudarydami uždara kontūrą. Šiuo atveju turi būti garantuotas jungčių ir sankabų vienodas stiprumas.

VII SKIRSNIS. ARMATŪROS IR ĮDĖTINIŲ DETALIŲ VIRINTINIAI SUJUNGIMAI

259. Karštai valcuotoji lygi ir rumbuotoji armatūra, termiškai sustiprintoji armatūra ir paprastoji armatūrinė viela, taip pat įdėtinės detalės turi būti gaminamos sujungiant strypus tarpusavyje ir su plokščiaisiais elementais kontaktiniu–taškiniu ir sudurtiniu suvirinimu. Leidžiama virinti ir elektrolankiniu pusiautomatiniu, taip pat ir rankiniu būdu pagal Reglamento 263 p. reikalavimus.

Šaltuoju tempimu sustiprinama armatūra virintiniu būdu turi būti sujungiama iki visiško stiprumo.

Termiškai sustiprintą strypinę armatūrą, didelio stiprio vielinę ir lyninę armatūrą virinti draudžiama.

260. Virintinių sujungimų tipai ir armatūros bei įdėtinių detalių suvirinimo būdai parenkami įvertinant naudojimo sąlygas, plieno suvirinamumą, technines, ekonomines ir technologines gamintojo galimybes bei valstybinių standartų reikalavimus (žr. 33 lentelę).

261. Gaminant virintinius armatūros tinklus, strypynus ir sujungiant tam tikrus strypus gamykloje reikia naudoti kontaktinį–taškinį ir sudurtinį suvirinimą, užleistinėse sandūrose – kontaktinį–reljefinį suvirinimą, o gaminant tėjinio profilio įdėtines detales – virinti automatinio būdu po flisu.

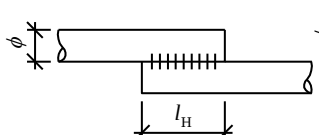
262. Montuojant armatūros gaminius ir surenkamojo gelžbetonio konstrukcijas reikia naudoti pusiau automatinį suvirinimo būdą, kontroliuojant jungčių kokybę.

263. Kai nėra būtinos virinimo įrangos, gamyklos ir montavimo sąlygomis kryžminės, sudurtinės, užleistinės ir tėjinės armatūros ir įdėtinių detalių sandūras galima atlikti pagal 33 lentelės nurodymus bei armatūros ir įdėtinių detalių suvirinimo normatyvinių dokumentų rekomendacijas naudojant lankinį, taip pat ir rankinį virinimo būdus.

Jungiant rankiniu virintiniu būdu parinktu apskaičiuotam stiprumui tinklų ir strypynų armatūros strypus, jungčių vietoje būtina naudoti papildomus konstrukcinius elementus (intarpus, kablius ir pan.).

33 lentelė

Pagrindiniai armatūros virintinių sujungimų tipai

Suvirinimo tipas ir charakteristikos	Sujungimų konstrukciniai sprendimai	Armatūra	ϕ_n , mm	$l = l_n$, mm	b , mm	h , mm	Papildomi duomenys
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Lankinis–rankinis suvirinimas be papildomų technologinių priemonių		S240, S400, S500	10– 40 10– 25h	6φ 8φ	0,5φ, bet ≥ 8	0,25φ, bet ≥ 4	Leidžiama virinti dvipusėmis siūlėmis $l_H = 4\phi$ jungiant

							armatūra, kurios $f_y = 240$ MPa
2. Lankinis– rankinis suvirinimas naudojant antdeklus iš strypų		S240, S400, S500	10– 40 10– 40	8 ϕ 8 ϕ	0,5 ϕ bet ≥ 8	0,5 ϕ bet ≥ 4	Leidžiama virinti dvipusėmis siūlėmis $l_H = 4ϕ$, jungiant armatūrą, kurios $f_y ≤ 240$ MPa
3. Lankinis– rankinis suvirinimas naudojant perstumtus antdeklus		S400, S500	10– 32	10 ϕ	0,5 ϕ bet ≥ 8	0,5 ϕ bet ≥ 4	–
4. Suvirinimas vonelėje naudojant vieną elektrodą inventoriniuose klojiniuose		S240, S400, S500	20– 40 20– 40	≤ 1,2 ϕ	–	$h_1 ≤ 0,05 ϕ$ $h_2 ≤ 0,05 ϕ$	$ϕ' / ϕ = 0,5–1,0$

33 lentelė tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8
5. Lankinis– rankinis suvirinimas		S240, S400, S500	10– 40 10– 40	4 ϕ 4 ϕ	0,5 ϕ bet ≥ 8	0,25 ϕ, bet ≥ 4	$δ ≥ 0,4 ϕ$, bet ≥ 5
6. Lankinis– rankinis pusautomačiu		S240, S400, S500	8– 40 8– 40	$δ / ϕ ≥ 0,50$ $δ / ϕ ≥ 0,65$	–	3–10	$δ ≥ 4$ $δ ≥ 6$ $α = 85^0–90^0$

Pastaba. Kito tipo virintinius sujungimus atlikti pagal atitinkamų standartų reikalavimus.

VIII SKIRSNIS. NEĮTEMPTOSIOS ARMATŪROS JUNGIMAS UŽLAIDA (NESUVIRINANT)

264. Neįtemptosios armatūros virintiniai ir rištieji strypynai ir tinklai gali būti jungiami užlaida, darbo armatūros skersmuo šiuo atveju gali būti ne didesnis kaip 36 mm.

Pavieniai 25 mm skersmens armatūros strypai užlaida nejungiami. Strypų, kurių skersmuo > 36 mm, jungti užlaida neleidžiama.

Darbo armatūros strypai užlaida nejungiami:

264.1. lenkiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų elementų tempiamojoje zonoje, kur armatūros stipris visiškai išnaudojamas;

264.2. elementuose, kuriuose visas skerspjūvis yra tempiamas (pvz., templėse);

264.3. visais atvejais naudojant armatūrą, kurios takumo įtempiai $f_y \geq 600$ MPa.

Papunkčio pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

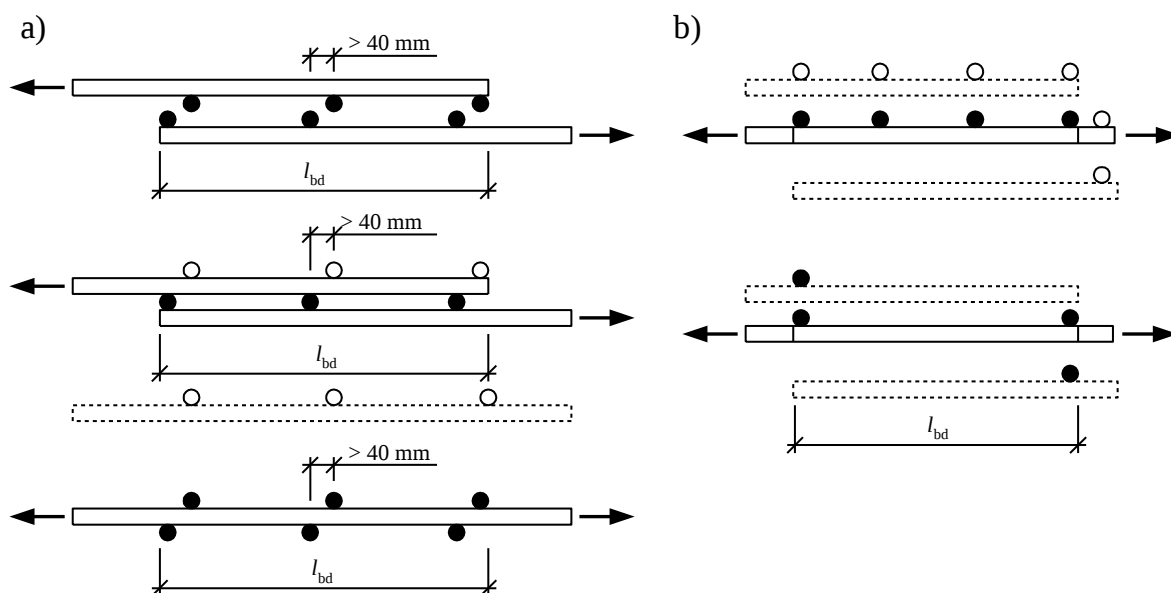
265. Tempiamosios arba gniuždomosios darbo armatūros, taip pat virintinių strypynų ir tinklų sandūroje darbo linkme užlaidos ilgis l turi būti ne mažesnis už dydį l_{bd} , apskaičiuotą pagal (17.1) formulę ir 31 lentelę.

266. Virintinių tinklų ir strypynų, taip pat virintinių tinklų ir strypynų tempiamųjų strypų sandūros užlaida visada turi būti išdėstyta perstumiant. Jungiamųjų armatūros strypų skerspjūvio plotas viename pjūvyje arba ilgyje l_{bd} turi būti ne didesnis kaip 50 % viso armatūros skerspjūvio ploto – rumbuotajai armatūrai ir ne daugiau kaip 25 % – lygiems armatūros strypams.

Atskirųjų strypų, virintinių tinklų ir strypynų jungimas užlaida be perstūmimo leidžiamas konstrukciniam armavimui, t. y. kai armatūra parenkama pagal konstravimo reikalavimus, taip pat ruožuose, kuriuose armatūros stiprumas išnaudojamas ne daugiau kaip 50 %.

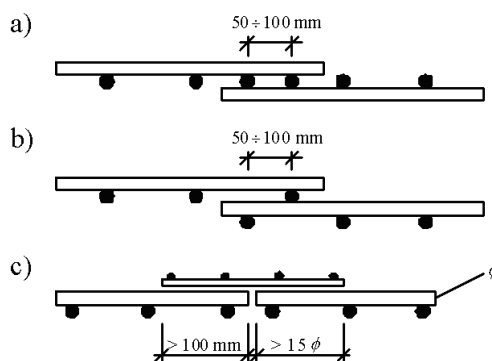
267. Virintinių tinklų sandūra lygios darbo armatūros linkme turi būti atlikta taip, kad kiekvienas tempiamojoje zonoje jungiamas tinklas užlaidos ilgyje turėtų ne mažiau kaip du skersinius strypus, privirintus prie kiekvieno tinklo išilginio strypo (žr. 44 pav.).

Toks sandūros tipas naudojamas ir jungiant užlaida virintinius strypynus su vienu bet kokios klasės armatūros strypu išdėstymu.



44 pav. Armatūros tinklų sujungimas užlaida darbo armatūros linkme:

a – iš lygiųjų armatūros strypų, b – iš rumbuotosios armatūros strypų



45 pav. Armatūros tinklų sujungimas paskirstomosios armatūros linkme:

a – jungimas užlaida, kai darbo armatūros strypai išdėstyti vienoje plokštumoje; b – jungimas užlaida, kai darbo armatūros strypai išdėstyti skirtinguose plokštumose; c – jungimas neužleidžiant su papildomu armatūros tinklu

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

268. Virintinių tinklų sandūros užlaida statmena darbo linkmei su perstūmimu (imant tarp tinklo kraštinių strypų):

268.1. kai paskirstomosios (skersinės) armatūros skersmuo ≤ 4 mm – 50 mm (žr. 45 a ir b pav.);

268.2. tas pats, kai skersmuo > 4 mm–100 mm (žr. 45 a ir b pav.).

Kai darbo armatūros skersmuo ≥ 16 mm, virintinius tinklus ne darbo linkme galima dėti suglaustai (vienas šalia kito), jungimo vietą perdengiant specialiais tinklais, užleidžiamais į abi puses ne mažiau kaip 15ϕ (ϕ – paskirstomosios armatūros skersmuo) ir ne mažiau kaip 100 mm (žr. 45 c pav.).

Virintinius tinklus ne darbo linkme galima išdėstyti suglaustai neužleidžiant ir be papildomų tinklų galima šiais atvejais: kai virintiniai juostiniai tinklai išdėstomi dviem statmenomis viena kitai linkmėmis; kai sandūros vietoje yra papildoma konstrukcinė armatūra, išdėstyta paskirstomosios armatūros linkme.

IX SKIRSNIS. SURENKAMŲJŲ KONSTRUKCIJŲ SANDŪROS

269. Jungiant surenkamųjų konstrukcijų gelžbetoninius elementus, įrašos iš vieno elemento kitam perduodamos per jungiamąją darbo armatūrą, įdėtines detales, betonu užpildytas siūles, betono spraustelius arba (gniuždomuosiuose elementuose) tiesiogiai per jungiamųjų elementų betono paviršių.

Jungiant įtemptojo gelžbetonio elementus, taip pat konstrukcijas, kurioms keliami vandens nelydumo reikalavimai, turi būti naudojamas betonas su plėtriuoju cementu.

270. Surenkamųjų elementų standžiosios sandūros dažniausiai turi būti monolitinamos betonu užpildant siūles tarp elementų. Jeigu jungiamųjų elementų paviršiai pagaminti tiksliai ir yra lygūs, kai sandūroje perduodamos tik gniuždomosios įrašos, elementus galima remti nemonolitinant.

271. Tempiamųjų elementų sandūros turi būti daromos:

271.1. suvirinant įdėtines detales;

271.2. suvirinant armatūros iškyšas;

271.3. jungiamųjų elementų kanaluose arba išėmose praleidžiant strypus, lyninę armatūrą arba varžtus įtempiant ir užpildant siūles bei kanalus cementiniu skiediniu arba smulkiagrūdžiu betonu;

271.4. suklijuojant elementus polimeriniais skiediniais ir naudojant jungiamąsias detales iš strypinės armatūros.

Projektuojant surenkamųjų konstrukcijų elementų sandūrą turi būti parinkti tokie įdėtinių detalių sujungimai, kuriems esant neišlinktų įdėtinių detalių elementai ir nebūtų skeliamas betonas.

272. Įdėtinės detalės turi būti inkaruojamos betone inkariniais strypais arba privirintos prie elementų darbo armatūros. Įdėtinės detalės su inkariniais strypais turi būti gaminamos iš plokštelių, kampuočių, privirinant prie jų sudurtinai arba užlaida inkariniu strypu iš armatūros, kurios $f_y = 300$ MPa ir $f_y = 400$ MPa.

Įdėtinių detalių inkarinių strypų ilgis, veikiant tempiamosioms jėgoms, turi būti ne mažesnis kaip l_{bd} .

Inkarinių strypų ilgis gali būti sumažintas, jei jų galuose privirinamos inkarinės plokštelės, karštuoju būdu supresuotos galvutės, kurių skersmuo ne mažesnis kaip 2ϕ – armatūrai, kurios $f_y = 240$ MPa ir $f_y = 300$ MPa, ir ne mažesnis kaip 3ϕ – armatūrai, kurios $f_y = 400$ MPa.

Šiuo atveju inkarinių strypų ilgis apskaičiuojamas iš betono išplėšimo ir glemžimo sąlygų ir imamas ne mažesnis kaip 10ϕ (čia ϕ – inkarinio strypo skersmuo, mm).

Jei inkarai, veikiami tempiamųjų jėgų, išdėstyti statmenai elemento ašiai ir išilgai jų, gali susidaryti įtrūkiai, inkarų galuose turi būti privirinamos plokštelės arba supresuojamos galvutės.

Štampuotosios įdėtinės detalės gaminamos iš sustiprintų juostinių inkarų ir ruožų, atliekančių plokštelių funkcijas. Įtemptosios įdėtinės detalės gaminamos iš 4–8 mm storio juostinio plieno. Įdėtinių detalių juostiniai inkarai ir plokštelės apskaičiuojami pagal stiprumo sąlygas. Inkavavimo stiprumas apskaičiuojamas betono išplėšimui, perskėlimui ir glemžimui.

Įdėtinių detalių plokštelių storis parenkamas pagal Reglamento 132 p. nurodymus ir pagal suvirinimo reikalavimus.

Atsižvelgiant į virinimo technologiją, plokštelių storį ir inkaruojančiųjų strypų skersmenį, santykis imamas pagal Reglamento 260 p. nurodymus.

273. Ekscentriškai gniuždomųjų jungiamųjų elementų galuose turi būti išdėstoma papildoma armatūra pagal Reglamento 251 p. nurodymus.

X SKIRSNIS. ATSKIRI KONSTRUKCINIAI REIKALAVIMAI

274. Nuosėdžių deformacinės siūlės paprastai turi būti įrengiamos statant pastatus ant nevienarūšio grunto, staigaus apkrovų pasikeitimo vietose ir pan.

Jei deformacinės siūlės nenumatomos, pamatai turi būti atitinkamo konstrukcinio sprendimo, pakankamai stiprūs ir standūs, apsaugantys konstrukcijas nuo pažeidimų.

Nuosėdžių, taip pat temperatūrinės–susitraukimo deformacinės siūlės ištisinio skerspjūvio betoninėse ir gelžbetoninėse konstrukcijose turi perpjauti konstrukcijas iki pamato pado.

Karkasiniuose pastatuose temperatūrinės–susitraukimo deformacinės siūlės įrengiamos iki pamato viršaus statant sudvejintas kolonas.

Atstumai tarp temperatūrinių–deformacinių siūlių betoniniuose pamatuose ir rūšio sienose gali būti tokie pat, kaip ir aukščiau esančių konstrukcijų.

275. Betoninės konstrukcijos gali būti nearmuojamos arba gali būti armuojamos tam, kad armatūra atlaikytų vidines jėgas, sukeliamas temperatūrų pokyčio, susitraukimo ir kitų priverstinių deformacijų. Betoninės konstrukcijos turi būti armuojamos konstruktyviai:

275.1. skerspjūvio matmenų staigaus pasikeitimo vietose;

275.2. sienų aukščio pasikeitimo vietose (ne mažesniame kaip 1 m ruože);

275.3. kiekvieno aukšto betoninėse sienose virš angų ir žemiau jų;

275.4. konstrukcijose, kurias veikia dinaminės apkrovos;

275.5. ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose šalia mažiau tempiamosios kraštinės, jeigu didžiausi įtempiai skerspjūvyje, nustatomi kaip tampriajam kūnui, yra didesni kaip $0,8f_{cd}$, o mažesnieji sudaro 1 MPa arba yra tempiamieji įtempiai; šiuo atveju armavimo koeficientas $\mu \geq 0,025$ %.

Šio punkto reikalavimai netaikomi surenkamųjų konstrukcijų elementams, tikrinamiems transportavimo ir montavimo stadijoje, šiuo atveju reikalingas armatūros kiekis parenkamas atliekant stiprumo skaičiavimus.

Mažiausi betoninių elementų skerspjūvio matmenys imami įvertinant: gretimų elementų atrėmimo ir prijungimo sąlygas; betono mišinio patikimą sutankinimą; ribinį liaunį $l_0/i < 90$.

Jeigu skaičiavimais nustatyta, kad pagal laikomąją galią apskaičiuotas elementų stiprumas išnaudojamas kartu su plyšių susidarymu tempiamosios zonos betone, tai tempiamosios armatūros plotas didinamas ne mažiau kaip 15 %. Jeigu skaičiavimais nustatyta ir bandymais patvirtinta, kad įvertinus tempiamosios zonos betoną tokius elementus galima transportuoti ir montuoti be armatūros, konstrukcinė armatūra gali būti nenaudojama.

276. Darbo armatūros projektinė padėtis turi būti garantuojama specialiomis priemonėmis (naudojant plastmasinius fiksatorius, smulkiagrūdžio betono plokšteles ir pan.).

277. Didelių matmenų angos gelžbetoninėse plokštėse ir skyduose turi būti rėminamos papildoma tos pačios linkmės armatūra, kurios skerspjūvio plotas būtų ne mažesnis už kiekį, apskaičiuotą plokštei be angų.

Projektuojant surenkamųjų perdangų elementus turi būti numatomos tarp jų siūlės, užpilamos betonu. Šių siūlių plotis turi būti toks, kad būtų garantuotas kokybiškas siūlių monolitinis, ir turi būti ne mažesnis kaip 20 mm – elementams, kurių skerspjūvio aukštis ≤ 250 mm, ir ne mažesnis kaip 30 mm – didelio skerspjūvio aukščio elementams.

Išilginėms siūlėms monolitinti reikia naudoti betoną paisant elementų darbo sąlygų, bet ne žemesnės kaip C8/10 klasės.

278. Surenkamųjų konstrukcijų elementuose turi būti įrengiamos priemonės jiems pakelti: įsukamos montavimo kilpos, daromos kiaurymės, stacionarios kilpos iš armatūros strypų ir pan.

XI SKIRSNIS. PAPILDOMI ĮTEMPTŲJŲ GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ ELEMENTŲ PROJEKTAVIMO NURODYMAI

279. Būtina garantuoti iš anksto įtemptųjų konstrukcijų patikimą armatūros sukibimą su betonu naudojant rumbuotąjį plieną, užpildant kanalus ir išėmas cemento skiediniu arba smulkiagrūdžiu betonu.

280. Statiškai nesprendžiamų įtemptųjų konstrukcijų schemas ir statybos būdus reikia parinkti tokius, kad atliekant išankstinį įtempimą nesusidarytų papildomi poveikiai, bloginantys konstrukcijų darbą.

Leidžiama įrengti laikinąsias siūles ir lankstus, kurie, įtempus armatūrą, monolitiniami.

281. Surenkamosiose monolitinėse gelžbetoninėse konstrukcijose turi būti užtikrinamas įtemptųjų elementų ir monolitinio betono bendras darbas naudojant konstrukcijas ir jų inkaravimą. Skersine linkme bendras darbas laiduojamas naudojant skersinę armatūrą arba išankstinį įtempimą.

282. Dalies išilginės strypinės armatūros galima neįtempti, jei konstrukcijos atitinka pleišetumo ir standumo reikalavimus.

283. Įtemptųjų elementų zonos, kuriose remiama įtempimo įranga, taip pat ir po įtemptosios armatūros inkarais, sustiprinamos įdėtinėmis detalėmis arba papildoma skersine armatūra, taip pat padidinant šioje zonoje elemento skerspjūvio matmenis.

284. Elementų galuose būtina numatyti papildomą įtempiamąją arba neįtempiamąją skersinę armatūrą, jeigu įtemptoji armatūra išdėstyta sutelktai prie viršutinės ir apatinės briaunos. Skersinė armatūra turi būti įtempiama prieš įtempiant išilginę armatūrą jėga, ne mažesne kaip 15 % visos tempiamosios išilginės armatūros atraminėje zonoje įtempimo jėgos.

Neįtemptoji skersinė armatūra turi būti patikimai inkaruota privirinant ją prie įdėtinių detalių. Šios armatūros skerspjūvis konstrukcijose, kurios neapskaičiuojamos tvarumui, turi būti toks, kad atlaikytų ne mažiau kaip 25 %, o konstrukcijose, kurios apskaičiuojamos tvarumui, – ne mažiau kaip 30 % atraminės zonos apatinės armatūros atlaikomosios jėgos, apskaičiuojamos pagal stiprumo sąlygą.

285. Kai vielinė armatūra išdėstyta pluoštais, turi būti numatomi tarpai tarp atskirų vielų arba vielų grupių, tarpų dydis turi būti pakankamas skiediniui arba smulkiagrūdžiam betonui patekti užpildant kanalus.

286. Įtemptoji armatūra kiaurymėtose ir briaunuotose plokštėse turi būti dedama paprastai kiekvienos briaunos ašyje. Šios taisyklės išimtys aptartos Reglamento 247 p.

Iš anksto įtemptųjų elementų galuose turi būti dedama papildoma skersinė armatūra arba šalutinė armatūra (virintiniai tinkleliai, apjuosiantys visus išilginės armatūros strypus, apkabos ir pan., išdėstyti 5–10 cm žingsniu) ruože, kurio ilgis ne mažesnis $0,6l_p$, o elementuose iš LC12/13 klasės lengvojo betono – 5 cm žingsniu l_{bpd} ilgio ruože (žr. Reglamento 241 p.) ir ne mažesniame kaip 20 cm ilgyje, elementuose, kuriuose armatūra be inkarų, tuo atveju, kai yra inkaruojamoji įranga, – ruožo ilgis imamas lygus dvigubam inkaruojamos įrangos ilgiui.

Inkarai armatūros galuose būtini, kai armatūra įtempinama į betoną, ir tuo atveju, kai armatūros, įtempiamos į atsparas, sankiba su betonu yra nepakankama. Šie inkarai turi užtikrinti patikimą armatūros inkaravimą betone visose konstrukcijos darbo stadijose.

Įtemptajai didelio stiprio rumbuotajai vielinei armatūrai, lyninei armatūrai, karštai valcuotajai ir sustiprintai terminiu būdu rumbuotajai strypinei armatūrai, įtempiamai į atsparas, inkarai įtempiamųjų strypų galuose paprastai nereikalingi.

XVIII SKYRIUS. BAIGIAMOSIOS NUOSTATOS

287. Asmenys, pažeidę šio Reglamento reikalavimus, atsako Lietuvos Respublikos įstatymų ir kitų teisės aktų nustatyta tvarka.

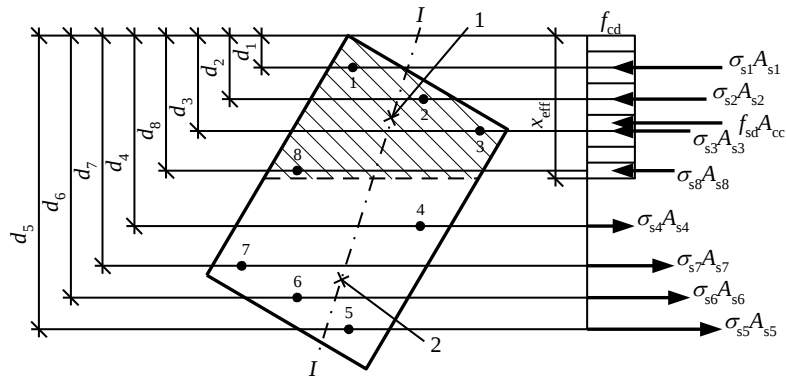
STATMENŲJŲ PJŪVIŲ BENDRASIS STIPRUMO APSKAIČIAVIMO METODAS

Apskaičiuojant bendroju metodu statmenųjų pjūvių stiprumas (žr. 1 pav.) yra pakankamas, jeigu galioja nelygybė

$$M_{Ed} \leq \pm(f_{cd}S_c - \sum \sigma_{si} \cdot S_{si}). \quad (1)$$

Prieš skliaustus yra rašomas pliusas, kai apskaičiuojami lenkiamieji arba ekscentriškai gniuždomieji elementai, minusas, kai apskaičiuojami ekscentriškai tempiamieji elementai.

Lenkiamuosiuose elementuose M_{Ed} yra išorinių jėgų sukeltų momentų projekcija į plokštumą, kuri yra statmena skerspjūvio gniuždomąją zoną kertančiai tiesei. Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose M_{Ed} yra išilginės jėgos N_{Ed} momentas, apskaičiuotas atžvilgiu ašies, lygiagrečios tiesei, ribojančiai skerspjūvio gniuždomąją zoną ir einančios per labiausiai tempiamo arba mažiausiai gniuždomo išilginės armatūros strypo svorio centrą. Ekscentriškai tempiamuosiuose elementuose M_{Ed} yra išilginės jėgos N_{Ed} sukeltas momentas M_{Ed} , apskaičiuojamas atžvilgiu ašies, lygiagrečios tiesei, ribojančiai skerspjūvio gniuždomąją zoną ir einančios per skerspjūvio gniuždomosios zonos labiausiai nutolusį nuo šios tiesės tašką.



1 pav. Statmenojo pjūvio skaičiuotinė schema, apskaičiuojant bendroju skaičiavimo metodu.

1–1 – plokštuma, lygiagreti lenkimo momento veikimo plokštumai, arba plokštuma, einanti per išilginių jėgų ir gniuždomųjų arba tempiamųjų įtempių atstojamųjų jėgų pridėjimo taškus;

1 – gniuždomosios zonos betono ir armatūros įtempių atstojamosios pridėties taškas;

2 – tempiamosios armatūros įtempių atstojamosios pridėties taškas

(1) formulėje: S_c – skerspjūvio gniuždomosios zonos ploto statinis momentas, apskaičiuotas tos pačios ašies, kaip ir apskaičiuojant M_{Ed} atžvilgiu; S_{si} – skerspjūvio išilginės armatūros i -ojo strypo statinis momentas, apskaičiuotas tos pačios ašies, kaip ir apskaičiuojant M_{Ed} atžvilgiu; σ_{si} – išilginės armatūros i -ojo strypo įtempiai.

Skerspjūvio gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} ir išilginės armatūros įtempiai σ_{si} apskaičiuojami sprendžiant lygtis:

$$f_{cd}A_{cc} - \sum \sigma_{si}A_{si} \pm N_{Ed} = 0, \quad (2)$$

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,lim}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right) + \sigma_{pi}. \quad (3)$$

(2) lygtyje prieš N_{Ed} minusas rašomas ekscentriškai gniuždomiesiems elementams, pliusas – ekscentriškai tempiamiesiems elementams.

Apskaičiuojant įstrižai lenkiamųjų elementų statmenojo pjūvio gniuždomosios zonos ribas turi būti laikomasi sąlygos, kad išorinių ir vidinių jėgų momentų veikimo plokštumos yra lygiagrečios. Apskaičiuojant įstrižai gniuždomųjų arba tempiamųjų elementų gniuždomosios zonos ribas turi būti laikomasi sąlygos, kad išorinių išilginių jėgų pridėties taškas, gniuždomosios zonos betono ir armatūros įtempių atstojamosios pridėties taškas ir tempiamosios išilginės armatūros įtempių atstojamosios pridėties taškas yra vienoje tiesėje (žr. 1 pav.).

Jeigu strypinės armatūros, kurios takumo riba ≥ 600 MPa, stipriosios vielos arba lynų įtempiai σ_{si} apskaičiuoti pagal (3) formulę $\sigma_{si} > \beta f_{pd,i}$, tai šie įtempiai turi būti apskaičiuojami taip:

$$\sigma_{si} = \left[\beta + (1 - \beta) \frac{\xi_{eli} - \xi_i}{\xi_{eli} - \xi_{lim,i}} \right] f_{pd,i}. \quad (4)$$

Jeigu pagal (4) formulę apskaičiuoti armatūros įtempiai viršija $f_{pd,i}$ (neįskaitant γ_{sy} koeficiento), tai (1) ir (2) lygtyse armatūros įtempiai $\sigma_{si} = \gamma_{sy} f_{pd,i}$. Koeficiento γ_{sy} reikšmės nurodytos Reglamento 73 punkte.

Lygtyse (1) ir (2) armatūros įtempių σ_{si} reikšmės rašomos su (3) ir (4) formulėse gautais ženklais, be to, turi galioti sąlygos:

$$f_{yd,i} \text{ (arba } f_{pd,i}) \geq \sigma_{si} \geq -f_{sc,i} - \text{visais atvejais;}$$

$$\sigma_{si} \geq \sigma_{sc,i} - \text{iš anksto įtemptajai armatūrai,}$$

čia $\sigma_{sc,i}$ – armatūros įtempiai, lygūs armatūros išankstiniam įtemptumui, sumažintiems $\sigma_{sc,lim}$ dydžiu (žr. Reglamento 72 ir 81 punktus).

(2–4) formulėse: A_{si} – išilginės armatūros i-ojo strypo skerspjūvio plotas; σ_{pi} – iš anksto įtemptosios armatūros išankstiniai įtempiai i-ajame strype, įvertinti su γ_p koeficientu, priimtu atsižvelgiant į strypo padėtį skerspjūvyje; ω – skerspjūvio gniuždomosios zonos charakteristika, nustatoma pagal (8.15) arba (8.46) formules;

$$\xi_i = \frac{x_{eff}}{d_i}, \quad (5)$$

čia:

d_i – atstumas nuo tiesės einančios per išilginės armatūros i-ojo strypo svorio centrą ir lygiagrečios tiesei, ribojančiai gniuždomąją zoną, iki labiausiai nutolusio gniuždomosios zonos taško;

$\xi_{lim,i}$, $\xi_{el,i}$ – skerspjūvio santykinis gniuždomosios zonos aukštis, kai išilginės armatūros i-ajame strype įtempiai tampa lygūs $f_{yd,i}$ arba $\beta f_{yd,i}$ ($f_{pd,i}$ arba $\beta f_{pd,i}$).

$\xi_{lim,i}$ ir $\xi_{el,i}$ apskaičiuojami taip:

$$\xi_{lim,i} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim,i}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)}, \quad (6)$$

$$\xi_{el,i} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,el,i}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}, \quad (7)$$

čia:

$$\sigma_{s,lim,i} = f_{pd,i} + 400 - \sigma_{pi} - \Delta\sigma_{pi}, \text{ MPa};$$

$$\sigma_{s,el,i} = \beta f_{pd,i} - \sigma_{pi}, \text{ MPa};$$

$\sigma_{sc,lim}$ – žr. Reglamento 72 ir 81 punktus.

Dydžiai $\Delta\sigma_{pi}$ ir β , kai strypinė armatūra įtempiama mechaniniu, automatizuotu elektroterminiu arba automatizuotu elektrotermomechaniniu būdu, ir šios armatūros takumo riba ≥ 600 MPa apskaičiuojami taip:

$$\Delta\sigma_{pi} = 1500 \frac{\sigma_{pi}}{f_{pd,i}} - 1200 \geq 0, \quad (8)$$

$$\beta = 0,5 \frac{\sigma_{pi}}{f_{pd,i}} + 0,4 \geq 0,8. \quad (9)$$

Esant kitiems strypinės armatūros įtempimo būdams arba stipriąją vielą bei lynus iš anksto įtemptiant bet kuriuo būdu, $\Delta\sigma_{pi} = 0$ ir $\beta = 0,8$.

(8) ir (9) formulėse σ_{pi} rašomi įvertinant $\gamma_p < 1,0$ ir 9 lentelės 3–5 poz. nurodytus išankstinių įtempių nuostolius.

BETONO VALKŠNUMO IR SUSITRAUKIMO PARAMETRŲ APSKAIČIAVIMAS

1. Betono valkšnumo koeficientų nustatymas

Betono valkšnumo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c, \quad (1)$$

čia φ_0 – sąlyginis valkšnumo koeficientas, nustatomas taip:

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \beta(t_0), \quad (2)$$

čia φ_{RH} – koeficientas, įvertinantis santykinio aplinkos drėgnumo įtaką ir apskaičiuojamas taip:

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \sqrt[3]{h_0}}, \text{ kai } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \quad (3)$$

$$\varphi_{RH} = \left[1 - \frac{1 - RH/100}{0,1 \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \alpha_2, \text{ kai } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \quad (4)$$

čia:

φ_{RH} – santykinis drėgnis, %;

$\beta(f_{cm})$ – koeficientas, įvertinantis betono stiprio įtaką sąlyginiam valkšnumo koeficientui ir

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}, \quad (5)$$

f_{cm} – vidutinis betono stipris po 28 parų, MPa;

$\beta(t_0)$ – koeficientas, įvertinantis betono stiprio apkrovimo metu įtaką:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,20})}, \quad (6)$$

h_0 – elemento ekvivalentinis matmuo, mm, ir $h_0 = \frac{2A_c}{u}$,

čia:

A_c – elemento skerspjūvio plotas;

u – atviras skerspjūvio perimetras, kontaktuojantis su atmosfera;

β_c – koeficientas, aprašantis valkšnumo vystymąsi laike:

$$\beta_c = \left[\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3}, \quad (7)$$

čia:

t – betono amžius paromis nagraujamuoju metu;

t_0 – betono amžius paromis apkrovimo metu;

β_H – koeficientas, įvertinantis santykinės drėgmės ir elemento ekvivalentinio matmens įtaką valkšnumo vystymuisi ir nustatomas pagal formules:

$$\text{kai } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa, } \beta_H = 1,5 \left[1 + (0,012RH)^{1,8} \right] h_0 + 250 \leq 1500 ; \quad (8)$$

$$\text{kai } f_{cm} > 35 \text{ MPa, } \beta_H = 1,5 \left[1 + (0,012RH)^{1,8} \right] h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1500 \alpha_3 , \quad (9)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – koeficientai, įvertinantys betono stiprio įtaką ir lygūs:

$$\alpha_1 = \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0,7} ; \alpha_2 = \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0,2} ; \alpha_3 = \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0,5} . \quad (10)$$

2. Cemento tipo įtaką valkšnumui galima įvertinti modifikuojant t_0 pagal formulę

$$t_0 = t_{0,T} \left[\frac{9}{2 + t_{0,T}^{1,2}} + 1 \right]^\alpha \geq 0,5 , \quad (11)$$

čia:

α – koeficientas, priklausantis nuo cemento tipo:

$\alpha = -1$ – lėtai kietėjančiam cementui, S;

$\alpha = 0$ – normaliai kietėjančiam cementui, N;

$\alpha = 1$ – greitai kietėjančiam didelio stiprumo cementui, R;

$t_{0,T}$ – ekvivalentinis betono amžius paromis, įvertinantis temperatūros pokyčio įtaką, apkrovimo metu apskaičiuojamas pagal (12) formulę.

3. Temperatūros įtaka intervale nuo 0 iki 80 °C valkšnumui įvertinama ekvivalentiniu laiku t_T ir apskaičiuojama pagal formulę

$$t_T = \sum_{i=1}^n \{ \exp[-4000/(273 + T(\Delta t_i)) - 13,65] \cdot \Delta t_i \} , \quad (12)$$

čia:

$T(\Delta t_i)$ – temperatūra °C, veikianti laiko tarpe Δt_i ;

Δt_i – laiko (paromis) tarpas, kuriame priimama pastovi temperatūra $T(\Delta t_i)$.

4. Ribinės betono susitraukimo deformacijų reikšmės dėl drėgmės išgaravimo apskaičiuojamos pagal formulę

$$\varepsilon_{c,sh\infty} = \left[(220 + 110 \alpha_{ds1}) \exp \left(- \alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm,0}} \right) \right] \cdot 10^{-6} \beta_{RH} , \quad (13)$$

čia $f_{cm,0} = 10$ MPa; α_{ds1} ir α_{ds2} – koeficientai, įvertinantys cemento tipą ir priimami pagal 1 lentelės nurodymus.

$$\beta_{RH} = -1,55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right], \text{ kai } RH < 90\% \beta_{sl}; \quad (14)$$

$$\beta_{RH} = 0,25, \text{ kai } RH \geq 99\% \beta_{sl}; \quad RH_0 = 100\% ; \quad (15)$$

$$\beta_{sl} = \left(\frac{3,5 f_{cm,0}}{f_{cm}} \right)^{0,1}. \quad (16)$$

1 lentelė

Koeficientų α reikšmės

Cemento tipas	α_{ds1}	α_{ds2}
Lėtai kietėjantis	3,0	0,13
Normaliai ir greitai kietėjantis	4,0	0,11
Greitai kietėjantis	6,0	0,12

PRAKTINIO TAIKymo VADOVAS

IVADAS

Šiame praktinio naudojimo vadove yra pateikti reikalavimai pastatų ir statinių betoninėms ir gelžbetoninėms konstrukcijoms projektuoti iš sunkaus ir lengvojo betono. Reikalavimai pateikiami vadovaujantis šio Reglamento nurodymais, juos paaiškinant ir iliustruojant skaičiavimo pavyzdžiais. Duodamos kai kurios papildomos rekomendacijos, reikalingos projektuojant konstrukcijas.

I SKYRIUS. PAGRINDINIAI NURODYMAI

I skirsnis. Bendrosios nuostatos

1. Šio Reglamento priedo nuostatos skirtos projektuoti betonines ir gelžbetonines konstrukcijas iš sunkiojo įprasto lengvojo ir smulkiagrūdžio betono, kurio tankis ne mažesnis kaip 2000 ir ne didesnis kaip 2800 kg/m^3 , saugos ribiniam būviui, ir kai konstrukcijos naudojamos esant ne didesnei kaip $+50^\circ\text{C}$ ir ne žemesnei kaip -50°C temperatūrai.

2. Šiame vadove pateiktos rekomendacijos gali būti taikomos ir hidrotechniniams pastatams ir statiniams, tiltams, viadukams, transporto tuneliams ir vamzdžiams, slėgiminių talpų betoninėms ir gelžbetoninėms konstrukcijoms projektuoti, atsižvelgiant į specifinius poveikius, reikalavimus medžiagoms ir konstrukcijų naudojimo sąlygas.

3. Kai kurios rekomendacijos gali būti pritaikomos armocementinėms ir silikatbetoninėms konstrukcijoms, taip pat pagamintoms iš betonų su necementine rišamąja medžiaga arba su specialiais ir organiniais užpildais, ir dispersinio armuotojo betono konstrukcijoms.

4. Pagal pateikiamas rekomendacijas suprojektuotos konstrukcijos turi atitikti patikimumo, normalaus eksploatavimo, ilgalaikiškumo, technologiškumo ir ekonomiškumo reikalavimus.

5. Tinkamumo eksploatuoti reikalavimams garantuoti reikia nustatyti tokius pradinis konstrukcijos kokybės reikalavimus, kad kartu su patikimumo užtikrinimu, esant pačiam pavojingiausiajam poveikių deriniui, neatsivertų neleistino dydžio plyšių, neatsirastų įlinkių, vibracijų ir kitų reiškinių, pažeidžiančių normalų pastato eksploatavimą, žmonių sveikatą, gamtą, estetinius pastato reikalavimus, normalų technologinį procesą ir kita.

6. Konstrukcijos ilgalaikiškumo reikalavimams užtikrinti reikia numatyti tokius pradinis jos kokybės rodiklius, kad su patikimumu per visą nustatytą eksploatavimo laiką, esant pačioms pavojingiausiomis sąlygoms, ji atitiktų saugaus, patikimo ir tinkamo naudojimo reikalavimus.

II skirsnis. Pagrindiniai reikalavimai skaičiavimui

7. Betoninės ir gelžbetoninės konstrukcijos turi tenkinti visus reikalavimus, užtikrinančius jų saugų naudojimą (saugos ribinis būvis) ir tinkamą jų naudojimą eksploatavimo metu (tinkamumo ribinis būvis).

8. Skaičiavimas saugos ribiniam būviui turi užtikrinti, kad konstrukcija būtų apsaugota nuo:

8.1. traukos, tūsaus ar kitokio suirimo charakterio (būtinais atvejais skaičiavimo metu įvertinama konstrukcijos įlinkis prieš suyrant);

8.2. formos ar padėties pasikeitimo;

8.3. nuovargio suirimo (skaičiavimas nuovargiui, veikiant daug kartų pasikartojančiai apkrovai – judančiai ar pulsuojančiai);

8.4. suirimo, kartu veikiant jėgoms ir nepalankiai išorės aplinkai (nuolat arba periodiškai veikiant agresyviai aplinkai, temperatūros ir drėgmės pokyčiams, besikartojančiam užšalimui, atšilimui ir t. t.).

9. Saugos ribiniam būviui visa konstrukcija ar atskiri jos elementai paprastai turi būti skaičiuojami visoms stadijoms – gamybos, transportavimo, montavimo ir naudojimo (eksplotavimo). Skaičiavimo schemas turi atitikti priimtus konstrukcinius sprendinius (atitinkamai stadijai).

10. Apkrovos ir poveikiai bei jų daliniai patikimumo koeficientai ir deriniai priimami pagal STR 2.05.05:2003 [9.5].

11. Skaičiuojant surenkamas konstrukcijas ar jų elementus poveikiams, atsirandantiems jas keliant, transportuojant ar montuojant, apkrova nuo savojo svorio yra dauginama iš dinaminio poveikio koeficiento, kuris yra:

transportuojant – 1,60;

keliant ir montuojant – 1,40.

Be to, turi būti įvertintas ir apkrovos dalinis patikimumo koeficientas.

12. Statiškai nesprendžiamų konstrukcijų įrašos nuo apkrovų ir tiesioginių (priverstinių) deformacijų (atramų pasislinkimas, temperatūros ir drėgmės pokyčiai ir pan.), taip pat įrašos statiškai sprendžiamose konstrukcijose, jas skaičiuojant pagal deformuojamą schemą, paprastai yra nustatomos įvertinant netampriąsias betono ir armatūros deformacijas ir plyšių buvimą. Konstrukcijoms, kurių skaičiavimui nėra metodikos, įvertinančios netampriąsias gelžbetonio savybes, taip pat jas skaičiuojant tarpinėms stadijoms ir įvertinant netampriąsias medžiagų savybes, įrašas galima nustatyti priimant tiesinį tamprumą.

13. Didelį dėmesį reikia atkreipti į teisingą temperatūrinių ir susitraukimo siūlių parinkimą. Jeigu betono temperatūrinio plėtimosi koeficientas beveik nepriklauso nuo betono sudėties ir priimamas kaip ir armatūros, tai betono susitraukimo deformacijos priklausomai nuo betono sudėties (užpildų savybių, V/C cemento kiekio ir kt.) gali skirtis 2–3 kartus ir gali būti 0,5 mm/m, kai tokio betono ribinės ištįsimo deformacijos bus ne didesnės kaip 0,15 mm/m. Esant suvaržytam traukimuisi – trūkimas (plyšiai) neišvengiami.

14. Atstumas tarp temperatūrinių – susitraukimo siūlių turi būti, paprastai nustatomas skaičiavimais. Esant optimaliai betono sudėčiai, duodančiai mažas susitraukimo deformacijas, ir kai išorės temperatūra ne žemesnė kaip -40°C , atstumo tarp siūlių galima neskaičiuoti, bet turi jis būti ne didesnis, kaip nurodyta 1 lentelėje.

Gelžbetoniniams karkasiniams pastatams 1 lentelėje yra nurodytas atstumas (2 poz.), kai ryšių nėra arba kai jie išdėstyti temperatūrinio bloko viduryje.

15. Būtina įvertinti apkrovas nuo pertvarų, esančių išilgai plokščių angai, sunkio:

15.1. kai pertvara ištisinė ir standi (pvz., surenkama gelžbetoninė iš horizontaliųjų elementų, monolitinė betoninė arba gelžbetoninė, mūrinė ir pan.), apkrova priimama koncentruota, pridėta nuo plokštės kraštų atstumu $1/12$ pertvaros ilgio;

15.2. jei standžioje pertvaroje yra viena anga, ištisai užimanti pusę pertvaros ilgio, apkrova mažesniojo tarpuangio (įvertinant ir sunkį, pusės pertvaros ilgio virš angos) priimama kaip koncentruota jėga, pridėta atstumu $1/3$ tarpuangio pločio nuo pertvaros krašto, o apkrova nuo likusios pertvaros dalies – atstumu $1/12$ šios pertvaros dalies ilgio nuo angos iki pertvaros kraštų. Jeigu anga kitaip išdėstyta, tai apkrova pridėdama atstumu $1/18$ ilgio kaip atitinkamų pertvaros dalių kraštų;

15.3. kai standžioje pertvaroje yra dvi ir daugiau angų, apkrova nuo pertvaros sunkio priima koncentruota ties pertvaros dalių, besiremiančių į perdangą, centrais.

15.4. esant kitokioms pertvaroms, 60 % jų sunkio priimama paskirstyta pagal jų ilgį (dalyje tarp angų), o 40 % – kaip koncentruotos jėgos pagal 15.1–15.3 punktų nurodymus.

1 lentelė

Leidžiami didžiausi atstumai tarp temperatūrinių – susitraukimo siūlių

Konstrukcijų tipas	Didžiausi leidžiami atstumai tarp temperatūrinių – susitraukimo siūlių konstrukcijoms, kuriose yra		
	viduje šildomų patalpų arba grunte	viduje neapšildomų patalpų	atvira ore
1. Betoninės:			
a) surenkamos	40	35	30
b) monolitinės armuotos konstruktyviai	30	25	20
c) nearmuotos	20	15	10
2. Gelžbetoninės:			
a) surenkami karkasai:			
vienaaukščiai	72	60	48
daugiaaukščiai	60	50	40
b) surenkamos-monolitinės ir monolitinės:			
karkasinės	50	40	30
vientisos	40	30	25

16. Apkrovos nuo pertvarų pasiskirstymas tarp surenkamų perdangų elementų (vientisų arba tuštymėtų plokščių), ir kai užpildymas tarp jų siūlių yra kokybiškas, priimamas taip:

16.1. jeigu pertvara išdėstyta vienos plokštės ribose, tai 50 % pertvaros sunkio tenka šiai plokštei ir po 25 % – dviem gretutinėms plokštėms;

16.2. jeigu pertvara remiasi ant dviejų gretimų plokščių, tai krūvis joms tenka po lygiai;

16.3. jeigu perdanga yra iš dviejų plokščių, besiremiančių trimis kraštais, o pertvara yra vienos plokštės ribose, tai šiai plokštei tenka 75 % pertvaros sunkio, ir apkrova nuo jo paskirstoma pagal 15 p. nurodymus.

17. Surenkamosios – monolitinės konstrukcijos, taip pat monolitinės su laikančiąja (standžia) armatūra saugos ribiniam būviui (taip pat ir tinkamumo) skaičiuojamos dviem apkrovų atvejams:

17.1. kol betonas pasiekia numatytą stiprį – apkrovoms nuo šio betono svorio ir kitų apkrovų, veikiančių šiame konstrukcijos gamybos (statybos) etape (žmonės su įrankiais, mechanizmais ir pan.);

17.2. pasiekus betonui numatytą stiprį – apkrovoms, veikiančioms per šį etapą ir eksploataavimo metu.

III skirsnis. Reikalavimai ilgalaikiškumui

18. Projektuojant konstrukciją saugos ribiniam būviui, parenkant medžiagas reikia įvertinti ar konstrukcija, eksploatuojama numatytose sąlygose, tenkins jai keliamus reikalavimus, koks bus jos ilgaamžiškumas.

Konstrukcija laikoma ilgaamžė, jeigu per visą numatytą jos naudojimo laiką ji atlieka savo funkcijas, susietas su stiprumu ir pastovumu, tinkamumu naudoti. Reikalingam ilgalaikiškumui pasiekti reikia nustatyti numatomą konstrukcijos naudojimą, kartu reikia įvertinti apkrovų specifikaciją. Į konstrukcijos reikalingą naudojimo laiką ir priežiūros programą taip pat reikia atsižvelgti, įvertinant reikalingą apsaugos lygį.

19. Aplinkoje, kurioje yra konstrukcija, susidaro cheminiai ir fiziniai poveikiai, kurie veikia visą konstrukciją, tam tikrus elementus ir patį betoną bei armatūrą ir sukelia efektus, kurie neįvertinami projektuojant laikančiąsias konstrukcijas.

Projektuojant pastatus, aplinkos sąlygos klasifikuojamos [pagal 1 lentelę]¹, kad būtų numatytas reikalingas apsaugos lygis pagal LST EN 206-1:2002 [9.3] reikalavimus.

Papildomai gali būti reikalinga įvertinti poveikius, atsirandančius dėl cheminio ir fizinio aplinkos agresyvumo.

20. Cheminis agresyvumas konstrukcijoms gali kilti iš: pastato naudojimo paskirties (skysčių laikymas ir kt.); agresyvios aplinkos; sąlyčio su dujomis arba daugeliu cheminių tirpalų, bet dažniausiai dėl rūgščių tirpalų arba sulfatinių druskų tirpalų poveikio; betone esančių chloridų; reakcijų tarp betono medžiagų (pvz., šarmų ir užpildų reakcija).

21. Kenksmingų cheminių poveikių daugelyje pastatų galima išvengti pritaikius tinkamas medžiagas, pvz., LST EN 206-1:2002 [9.3] nurodymai tankiajam nepralaidžiam betonui gauti su tinkamais mišinio komponentais ir savybėmis. Be to, reikalingas pakankamas apsauginis sluoksnis armatūrai apsaugoti.

22. Konstrukcijų ilgalaikiškumui esminę įtaką turi betono atsparumas šalčiui ir vandens nepralaidumui. Šios betono charakteristikos imamos atsižvelgiant į naudojimo režimą ir išorės temperatūrą:

22.1. pastatų ir statinių konstrukcijoms (išskyrus apšildomų pastatų sienas) – ne žemesnės, kaip nurodyta [3] lentelėje;

22.2. apšildomų pastatų išorės sienoms – ne žemesnės, kaip nurodyta [4] lentelėje.

23. Fizinė agresija, į kurios pasireiškimo galimybes reikia atsižvelgti projektuojant konstrukcijas, gali kilti dėl dilinimo; užšaldymo ir atšildymo poveikio; vandens įgeriamumo. Daugelio statinių ir konstrukcijų atsparumas fizinei agresijai gali būti užtikrintas naudojant tinkamas medžiagas. Svarbiausia – betono tankis ir nepralaidumas.

24. Viso pastato deformacija, kai kurių laikančiųjų arba nelaikančiųjų konstrukcijų deformacijos (pvz., dėl naudingos apkrovos, temperatūros, valkšnumo, susitraukimo, mikropleišėjimo ir kt.) gali sukelti netiesioginių efektų pasekmes, ir į tai reikia atsižvelgti projektuojant. Daugelį pastatų ir konstrukcijų galima priderinti prie netiesioginių efektų, paisant bendrųjų reikalavimų ilgalaikiškumui, pleišėjimui, deformacijoms, konstravimui – ir visos konstrukcijos stiprumui, stabilumui, tvirtumui. Papildomai gali reikėti įvertinti tokius veiksnius:

24.1. deformacijų ir supleišėjimo nuo laiko priklausančių veiksnių sumažinimą iki minimumo (pvz., ankstyvos deformacijos, valkšnumas, susitraukimas ir kt.);

24.2. deformacijų suvaržymų sumažinimą iki minimumo (pvz., įrengiant atraminius guolius arba sandūras, kartu garantuojant, kad per juos nepatektų agresyvūs reagentai);

24.3. jeigu suvaržymų yra, reikia užtikrinti, kad bet kokie esmingi efektai būtų įvertinti projektuojant.

II SKYRIUS. MEDŽIAGOS IR JŲ SAVYBĖS

I skirsnis. Betonas

25. Projektuojamų betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų betonas turi atitikti LST EN 206-1:2002 [9.3] reikalavimus.

Atsižvelgiant į projektuojamų konstrukcijų paskirtį ir darbo sąlygas, nurodomi pagrindiniai betono rodikliai:

25.1. betono gniuždomojo stiprio klasės C (normaliojo ir sunkiojo betono) arba LC (lengvojo betono);

25.2. betono atsparumo šalčiui markė F;

25.3. betono nelaidumo vandeniui markė W;

25.4. lengvojo betono tankio klasė D.

¹ Pastaba. Laužtiniuose skliaustuose [] nurodytas skaičius reiškia atitinkamą Reglamento skyrių, punktą arba lentelę.

26. Projektuojant betonines ir gelžbetonines konstrukcijas, naudojamos betono klasės, markės ir kitos savybės, nurodytos [III] skyriaus 1 skirsnyje.

27. Projektuojant konstrukcijas, betono skaičiuotinius stiprius reikia apskaičiuoti: sunkiojo ir smukiagrūdžio:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c ; \quad (2.1)$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c , \quad (2.2)$$

lengvojo betono skaičiuotiniai stipriai:

$$f_{\ell cd} = \alpha \cdot \alpha_{\ell cc} \cdot f_{\ell ck} / \gamma_c ; \quad (2.3)$$

$$f_{\ell ctd} = \alpha \cdot \alpha_{\ell ct} \cdot f_{\ell ctk,0,05} / \gamma_c , \quad (2.4)$$

Koeficientai α_{cc} , α_{ct} , $\alpha_{\ell cc}$ ir $\alpha_{\ell ct}$ įvertina ilgalaikės apkrovos įtaką betono stipriui. Praktiniam skaičiavimui koeficientus α_{cc} ir α_{ct} rekomenduojama imti lygius 1,0. Koeficientus $\alpha_{\ell cc}$ ir $\alpha_{\ell ct}$ rekomenduojama imti lygius 0,85. Skaičiuojant konstrukcijas, įvertinant stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagramą, koeficientas $\alpha = 0,9$, kai betono charakteristinis stipris ≤ 50 N/mm², $\alpha = 0,9 - \frac{f_{ck} - 50}{200}$, kai $50 < f_{ck} \leq 90$ N/mm². Kitais atvejais $\alpha = 1,0$.

Betonuojant vertikalias konstrukcijas, kai sluoksnio storis didesnis už 1,5 m, betono skaičiuotinis stipris f_{cd} mažinamas 15 %.

Jeigu kolonų skerspjūvio didžiausios kraštinės matmuo mažesnis už 300 mm, betono skaičiuotinis stipris f_{cd} mažinamas 15 %.

Patikimumo koeficientas γ_c :

a) apskaičiuojant saugos ribiniam būviui:

– betonines konstrukcijas – 1,8;

– gelžbetonines konstrukcijas – 1,5;

b) apskaičiuojant tinkamumo ribiniam būviui – 1,0.

Apskaičiuojant stipriojo betono (stiprumo klasė didesnė nei C50/60) skaičiuotiną stiprį, dalinis patikimumo koeficientas γ_c apskaičiuojamas

$$\gamma_c = 1,5 \gamma_{nsc} , \quad (2.5)$$

$$\text{čia } \gamma_{nsc} = \frac{1}{(1,1 - f_{ck}/500)} . \quad (2.6)$$

28. Betono tampriosios deformacijos priklauso nuo betono rūšies ir gamybos ypatumų. Betono tampriosios deformacijos yra apibūdinamos tamprumo moduliu (E_{cm}), Puasono koeficientu, betono skersinių deformacijų pradiniu koeficientu (ν_c) ir tiesinio temperatūrinio plėtimosi koeficientu (α). Betono tamprumo modulio E_{cm} (nustatomas betono įtempiams esant tarp $\sigma_c=0$ ir $\sigma_c=0,4f_{cm}$) reikšmės pateiktos [5] lentelėje.

Betono tamprumo modulio kitimas laike $E_{cm}(t)$ gali būti apskaičiuotas

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} \cdot E_{cm} , \quad (2.7)$$

čia: $f_{cm}(t)$ – vidutinis betono gniuždomasis stipris t amžiaus apskaičiuojamas pagal [3.1]; $f_{cm} - 28$ parų amžiaus vidutinis betono stipris, nustatomas iš [6] lentelės; $E_{cm} - 28$ parų amžiaus betono tamprumo modulis, nustatomas iš [6] lentelės.

Betono šlyties modulis $G_c = 0,4E_c$. Visų rūšių nesupleišėjusiam betonui Puasono koeficientas $\nu_c = 0,20$, supleišėjusiam – $\nu_c = 0$.

Sunkiojo ir smulkiagrūdžio betono temperatūrinio plėtimosi koeficientas, kai temperatūra kinta nuo -40 C iki $+50$ C, $\alpha_t = 1 \cdot 10^{-5} 1/C$. Lengvojo betono – $8 \cdot 10^{-6}$.

Žinant užpildų mineraloginę sudėtį, cemento kiekį, betono drėgnumą, atsparumą šalčiui ir kt., gali būti įvertinta kita tiesinio temperatūrinio plėtimosi koeficiento reikšmė.

29. Bendram betono mechaninių ir deformacinių savybių, esant vienaašiam įtempimų būviui, charakterizavimui rekomenduojama naudoti betono deformavimosi diagramą, kuri nurodo ryšį tarp įtempių σ_c ir gniuždomojo betono išilginių santykinų deformacijų ε_c , veikiant trumpalaikiai apkrovai iki ribinės reikšmės, atitinkančias betono irimo būvį.

Bendruoju atveju betono deformavimosi diagrama, esant ašiniam trumpalaikiam gniuždymui, turi kreivalinį formą su krintančia kreivės dalimi (žr. 1, 2 pav.)

30. Apskaičiuojant betonines ir gelžbetonines konstrukcijas, reikia įvertinti betono savybių pasikeitimą laike bei įrašų, įtempių ir deformacijų pasikeitimą dėl ilgalaikių procesų (susitraukimo ir valksnumo). Apskaičiuojant tai galima įvertinti valksnumo koeficientu $\varphi(t, t_0)$ ir ribinėmis susitraukimo deformacijomis ε_{cs} .

Ribinės betono valksnumo koeficiento reikšmės $\varphi(\infty, t_0)$ gali būti nustatomos pagal 1 paveikslę pateiktus grafikus. Ribinės betono valksnumo koeficiento reikšmės, nurodytos 1 paveikslę, naudojamos, kai pirminio apkrovimo metu t_0 gniuždomieji betono įtempiai neviršija $0,45f_{ck}(t_0)$. Norint tiksliai įvertinti valksnumo kitimą laike, gali būti atliekami apskaičiavimai, nurodyti žemiau.

Betono valksnumo deformacijos $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$ laike $t = \infty$, kai betono gniuždomieji įtempiai yra pastovūs, gali būti apskaičiuotos

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \left(\frac{\sigma_c}{E_{co}} \right), \quad (2.8)$$

čia: σ_c – pastovūs gniuždomieji nagrinėjamu momentu betono įtempiai; E_{co} – betono tamprumo modulis t_0 metu.

Jeigu pirminio apkrovimo metu t_0 gniuždomieji betono įtempiai viršija $0,45f_{ck}(t_0)$, apskaičiuojama netiesinio valksnumo koeficiento reikšmė

$$\varphi_k(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \exp(1,5(k_\sigma - 0,45)), \quad (2.9)$$

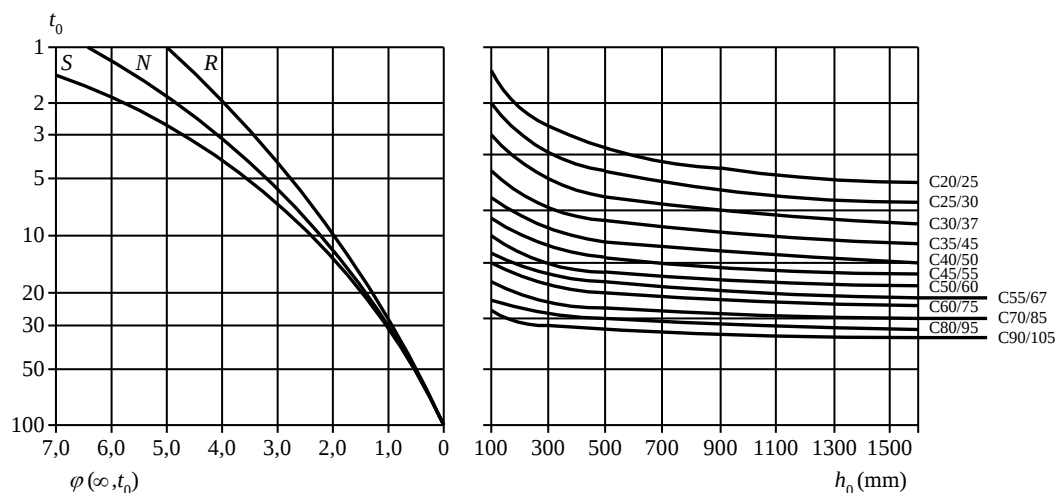
čia: $\varphi_k(\infty, t_0)$ – netiesinio valksnumo koeficiento ribinė reikšmė; k_σ – koeficientas, priklausantis nuo apkrovimo dydžio $\sigma_c/f_{cm}(t_0)$; σ_c ir $f_{cm}(t_0)$ – atitinkamai – gniuždomieji betono įtempiai ir betono vidutinis gniuždomasis stipris apkrovimo metu.

Ribinės betono valksnumo koeficiento reikšmės nurodytos 1 paveikslę. Jos taikomos konstrukcijoms apskaičiuoti kintant temperatūrai nuo -40 C iki $+40$ C ir esant aplinkos drėgnumui RH nuo 40 % iki 100 %. Skerspjūvį apibūdinantis dydis $h_0 = 2A_c/u$. Čia: A_c – skerspjūvio plotas, u – skerspjūvio perimetras.

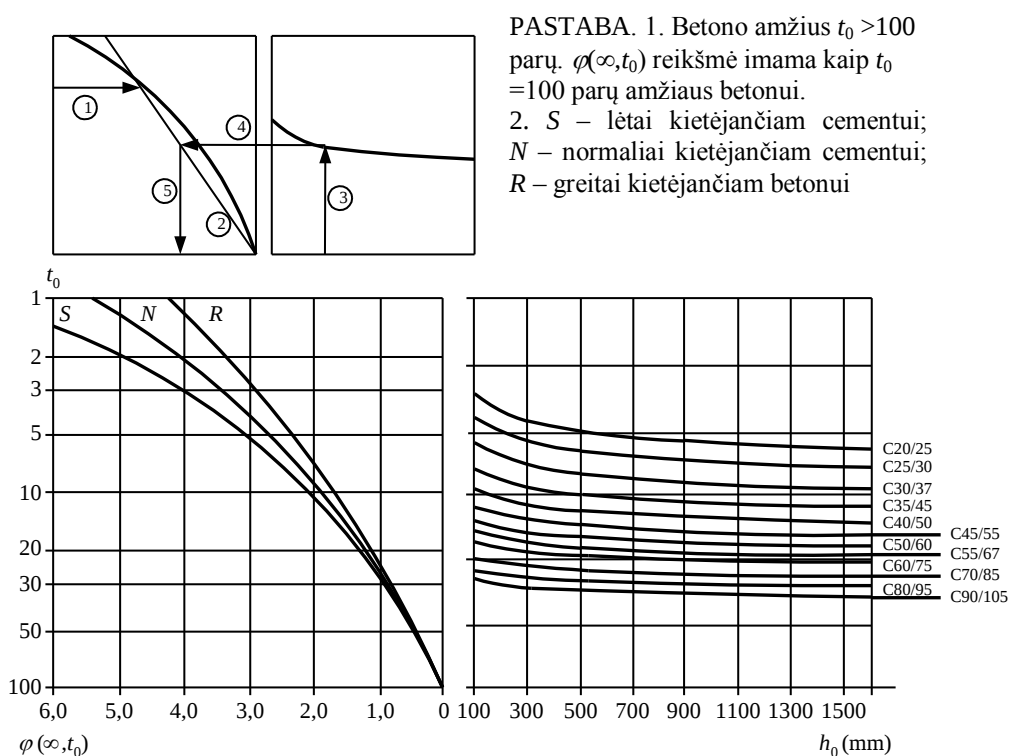
$$k = \frac{1,1E_{cm} \cdot |\varepsilon_{c1}|}{f_{cm}}, \quad (2.10)$$

čia f_{cm} – betono vidutinis gniuždomasis stipris, pateiktas [5] lentelėje.

a)



b)



1 pav. Betono valkšnumo koeficiento $\varphi(\infty, t_0)$ ribinės reikšmės nustatymo grafikai:
a – kai RH=50 % ir b – kai RH=80 %

1 PAVYZDYS

Apskaičiuoti ribines valkšnumo deformacijas naudojantis 1 pav. grafikais. Konstrukcija, kurios skerspjūvis $A_c = 0,08 \text{ m}^2$ (80000 mm^2), perimetras $u = 1,2 \text{ m}$ (1200 mm), pagaminta iš C25/30 betono, naudojant normalaus kietėjimo cementą. Santykinė aplinkos drėgmė – RH = 80%. Konstrukcija apkrauta po 100 parų po pagaminimo.

Pirmiausia pagal 1 b pav. grafikus parenkame betono valkšnumo koeficiento $\varphi(\infty, t_0)$ ribinę reikšmę. Tuo tikslu apskaičiuojame parametą $h_0 = 2A_c/u = 2 \cdot 8000/1200 = 133,3 \text{ mm}$. Ašyje h_0 atidedame reikšmę ir pagal rodyklę 3 tiesiame vertikale iki susikirtimo su kreive C25/30. Toliau

brėžiame horizontalę 4 iki susikirtimo su kreive N . Nuo šio susikirtimo taško brėžiame vertikalę į horizontalią ašį $\varphi(\infty, t_0)$ ir gauname jo reikšmę. Duotuoju atveju $\varphi(\infty, t_0)=2,875$. Betono C25/30 tamprumo modulis pagal 6 lentelę $E_{cm}=30 \text{ GPa}=30000 \text{ MPa}=30000 \text{ N/mm}^2$. Tokį priimame ir apkrovimo metu. Jei gniuždymo įtempiai betone yra, pavyzdžiui, $\sigma_c=8 \text{ N/mm}^2$, tai ribinės valkšnumo deformacijos apskaičiuojamos pagal 2.10 formulę:

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \frac{\sigma_c}{E_{cm}} = 2,875 \frac{8}{30000} = 76,7 \cdot 10^{-5}.$$

31. Betono susitraukimo deformacijas sudaro susitraukimo deformacijos dėl drėgmės išgaravimo ir betono kietėjimo sukeltos susitraukimo deformacijos.

Susitraukimo deformacijos apskaičiuojamos taip:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}, \quad (2.11)$$

čia: ε_{cs} – visos betono susitraukimo deformacijos; ε_{cd} – drėgmės išgaravimo sukeltos betono susitraukimo deformacijos; ε_{ca} – betono kietėjimo sukeltos susitraukimo deformacijos.

Susitraukimo deformacijos ε_{cd} apskaičiuojamos

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t - t_s) \varepsilon_{cd, \infty}, \quad (2.12)$$

$$\text{čia } \beta_{ds}(t - t_s) = \left[\frac{(t - t_s)}{350(h_0/h_1)^2 + (t - t_s)} \right]^{0,5}. \quad (2.13)$$

čia: t – betono amžius, kuriam esant apskaičiuojamos betono susitraukimo deformacijos (paromis); t_s – betono amžius baigus drėgnai saugoti betoną; $h_1=100 \text{ mm}$; $h_0=2A_c/u$.

Ribinės betono susitraukimo deformacijų reikšmės pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė

Ribinės betono susitraukimo deformacijos, ‰

$f_{ck}/f_{ck, cube}$ (N/mm ²)	Santykiniis drėgnis, ‰					
	20	40	60	80	90	100
20/25	-0,75	-0,70	-0,59	-0,20	-0,20	0,12
40/50	-0,60	-0,56	-0,47	-0,29	-0,16	0,10
60/75	-0,48	-0,45	-0,38	-0,24	-0,13	0,08
80/95	-0,39	-0,36	-0,30	-0,19	-0,11	0,06
90/105	-0,35	-0,33	-0,27	-0,17	0,06	0,06

Susitraukimo deformacijos ε_{ca} apskaičiuojamos

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{cc}(t) \varepsilon_{ca, \infty}, \quad (2.14)$$

$$\text{čia: } \varepsilon_{ca, \infty} = -2,5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \quad (2.15)$$

$$\beta_{cc}(t) = 1 - \exp(-0,2t^{0,5}), \quad (2.16)$$

čia t – laikas paromis.

II skirsnis. Armatūra

32. Armatūros gamybos būdai, savybių rodikliai, bandymo ir tinkamumo atestavimo metodai yra apibrėžti atitinkamuose dokumentuose (standartuose) plienams. Atskiros šalys naudoja skirtingais standartais, tačiau dažniausiai yra naudojami panašūs kriterijai: tempiamasis stipris (f_t), takumo stipris (f_{yk}), tempiamojo ir takumo stiprių santykis (f_t/f_{yk}), pailgėjimas esant maksimaliai apkrovai (ε_u) ir periodinio profilio armatūros rumbo išsikišimo koeficientas (f_R) yra specifikuoti atitinkamais standartais ir nustatyti standartiniais bandymais. Jie nurodomi charakteristinėmis reikšmėmis.

Armatūros plienui imamos tokios fizinės savybės: tankis – 7850 kg/m^3 ir temperatūrinio plėtimosi koeficientas – $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Projektuojant konstrukcijas, naudojamas armatūros plienas turi atitikti tokius mechaninių savybių reikalavimus:

32.1. armatūros gaminiai turi būti reikiamo plastiškumo tempiant, kaip nustatyta atitinkamais standartais;

32.2. armatūra laikoma pakankamo plastiškumo pailgėjimo atžvilgiu, jeigu ji atitinka šiuos plastiškumo reikalavimus:

didelio plastiškumo: $\varepsilon_{uk} > 5 \%$ ir $\frac{f_{tk}}{f_{yk}} > 1,08$;

normaliojo plastiškumo: $\varepsilon_{uk} > 2,5 \%$ ir $\frac{f_{tk}}{f_{yk}} > 1,05$.

Čia ε_{uk} reiškia charakteringąjį pailgėjimo dydį esant maksimaliai apkrovai. Didelio sukibimo strypai mažesnio negu 6 mm skersmens neturi būti laikomi didelio plastiškumo.

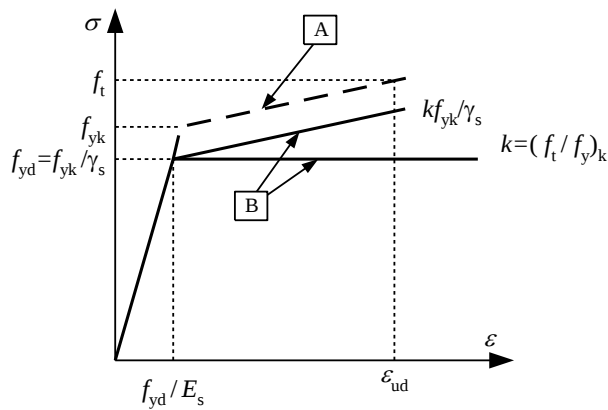
Jeigu armatūra neturi aiškių takumo įtempimų f_{yk} , juos galima pakeisti 0,2 % liekamosios deformacijos įtempimais $f_{0,2k}$ [5 b pav.].

Tikrųjų takumo įtempimų f_y ir normuotų charakteristinių takumo įtempimų f_{yk} santykis neturi viršyti reikšmių, nustatytų atitinkamų standartų. Tamprumo modulio reikšmę galima imti vidutiniškai 200 kN/mm^2 .

33. Armatūros fizinės-mechaninės savybės charakterizuoja įtempimų-deformacijų diagrama. Tipinė jos forma pavaizduota [5] paveiksle, kuriame parodyta visų pagrindinių fizinių-mechaninių charakteristikų priklausomybė nuo apkrovos.

Praktiniam apskaičiavimui galima naudotis dviejų tiesių idealizuota diagrama, pavaizduota 2 paveiksle. Ši diagrama laikoma armatūros plieno skaičiuojamąja įtempimų-deformacijų diagrama. Ją galima modifikuoti, pvz., su labiau pasvirusia arba horizontalia viršutine linija, atliekant lokalius patikrinimus arba projektuojant skerspjūvius.

34. Armatūros skaičiuojamosios reikšmės yra gaunamos naudojantis idealizuota charakteristine diagrama, t. y. charakteristinę reikšmę dalijant iš armatūros plieno dalinio patikimumo koeficiento γ_s (2 pav.). Strypinei armatūrai $\gamma_s = 1,1$, vielinei $\gamma_s = 1,2$. Pagrindinių klasių armatūros savybės ir reikalavimai joms nurodyti [8] lentelėje.



2 pav. Armatūros plieno skaičiuojamoji įtempių-deformacijų diagrama:
A – charakteristinė, B – skaičiuotinė

Projektuojant konstrukciją, galima imti kurią nors iš šių prielaidų:

34.1. horizontali viršutinė skaičiuojamosios diagramos tiesė (2 pav.), t. y. armatūros įtempimai (skaičiuotinis stipris), yra apriboti iki f_{yk} / γ_s , be jokios ribos plieno deformacijai, nors kai kuriais atvejais gali būti patogu imti ribą;

34.2. pasvirusi viršutinė tiesė su ribota plieno deformacija iki 0,02 (strypinei S500 ir aukštesnės klasės armatūrai).

2 PAVYZDYS

Nustatyti armatūros skaičiuotinius stiprius. Konstrukcijų gamintojas gauna iš armatūros tiekėjo šiuos duomenis apie armatūrą. Plieno markę, strypų skersmenį, ilgį, profilį, metalo cheminę sudėtį ir (arba) ekvivalentinį anglies kiekį, stiprį tempiant, takumo ribą, pailgėjimą tempiant iki trūkimo. Takumo riba turi atitikti charakteristinį stiprį. Deformacijos tempiant iki trūkimo charakterizuoja armatūros plastiškumą, cheminę sudėtis arba ekvivalentinis anglies kiekis – suvirinamumą bei kitas nekonstrukcines savybes.

Jeigu, pavyzdžiui, nurodyta, kad armatūra yra strypinė, jos takumo riba $f_{yk} = 400$ MPa (N/mm^2); stipris tempiant $f_t = 450$ MPa; pailgėjimas 10,5% ir ekvivalentinis anglies kiekis $C_{eq} = 0,50\%$, tai šios armatūros skaičiuotinis stipris $f_{yd} = \frac{400}{1,1} = 363,6$ MPa ≈ 360 MPa (N/mm^2).

Santykis $\frac{f_t}{f_y} = \frac{450}{400} = 1,125$. Tai rodo, kad armatūra yra didelio plastiškumo ir B klasės, taip pat

suvirinama, kadangi $C_{ek} \leq 0,50\%$ (pagal tarptautinius standartus). Tokią armatūrą projekte galima žymėti S400. Skirtingos šalys dar naudoja skirtingus pažymėjimus. Projekte (pastabose ar kitaip) reikia nurodyti, kad armatūra turi atitikti atitinkamų standartų reikalavimus, kuriuose priimta armatūrą žymėti „S“ raide (pvz., S240, S400, S500, S600).

35. Skaičiuojant konstrukcijas tinkamumo ribiniam būviui armatūros tempiamasis stipris priimamas lygus jo charakteristinei reikšmei (f_{yk}).

Skaičiuotinis gniuždomasis armatūros stipris f_{ydc} priimamas lygus tempiamajam stipriui f_{yd} , jeigu armatūros $f_{yk} \leq 500$ N/mm^2 . Didesnio stiprumo armatūrai $f_{ydc} = 400$ N/mm^2 .

36. Skaičiuotinis skersinės armatūros ir atlenktų strypų stipris nustatomas taip:

$$f_{ywd} = f_{yd} \cdot \gamma_{s1} \cdot \gamma_{s2}, \quad (2.17)$$

čia: f_{yd} – armatūros skaičiuotinis tempiamasis stipris; γ_{s1} – koeficientas, įvertinantis nevienodą įtempių pasiskirstymą skerspjuvio ilgyje ir visų klasių armatūrai, priimamas lygus 0,8; γ_{s2} – koeficientas, priklausantis nuo armatūros skersmens ir tvirtinimo būdo. Jeigu armatūros klasė ne didesnė kaip S500 ir jos skersmuo mažesnis kaip 1/3 išilginės armatūros skersmens, kai skersinė armatūra yra iš vielos, tai esant rištiems strypynams $\gamma_{s2} = 1$ ir virintiems – $\gamma_{s2} = 0,9$.

Skaiciuojant konstrukcijas nuovargiui, armatūros stiprio skaičiuotinės reikšmės priimamos, įvertinant papildomus patikimumo koeficientus, nurodytus [26] lentelėje.

37. Armatūros klasių žymėjimai skirtingose šalyse yra skirtingi, tačiau atspindi armatūros plieno markę, gamybos būdą, stiprumo rodiklius ir pan. Sertifikatuose nurodomi stiprumų ir deformacijų rodikliai būna skirtingi, tačiau galima juos priimti tokius, kurie yra ne mažesni (blogesni), kaip nurodyta (žr. 4, 5 lenteles).

3 lentelė

Kai kurių šalių armatūros projektinės charakteristikos

Šalis	Armatūros klasė	Nominalusis diametras, mm	$k=f_t/f_{yk}$	Armatūros stipriai (N/mm ²)		Pastaba
				charakteristinis f_{yk}	skaičiuotinis f_{yd}	
Baltarusija	S240	5,5÷40	1,08	240	218	410 – vielai
	S400	6,0÷40	1,05	400	365	
	S500	3,0÷40	1,05	500	450(410)	
Lenkija	A–0	5,5÷40	1,36	220	190	suvirinama
	A–I	5,5÷40	1,33	240	210	
	A–II	6÷28	1,35	355	310	
	A–III	6÷32	1,34	410	350	sunkiai suvirinama
	AIII	6÷40	1,10	400	350	suvirinama
	AIIIN	6÷28 6÷40	1,20 1,10	490 500	420 420	suvirinama ir sunkiai suvirinama (plienas RB500)
Rusija	A240	6÷40	1,59	235	214	armatūros patikimumo koeficientas priimtas pagal EN $\gamma_s = 1,1$
	A300	10÷40	1,66	295	268	
	A400	6÷40	1,51	390	355	
	A600	10÷40	1,50	590	536	
	A800	10÷32	1,31	785	714	
	A1000	10÷32	1,26	980	890	
Vokietija	BSt420S	6÷28	1,19	420	380	
	BSt500S	6÷28	1,10	500	450	
	BSt500M	6÷28	1,10	500	450	

Ukraina gamina armatūrą, kurios savybės panašios į gaminamos Rusijoje.

Latvija – daugiausia gamina pagal DIN 488 ir BS 4449–97 bei kitas EN reikalavimams atitinkančias savybes, panašiai kaip nurodyta 3 ir 4 lentelėse.

4 lentelė

Armatūra įprastajam gelžbetoniui

Plieno klasė	f_{tk} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yd} (N/mm ²)	ϵ_{uk} (%)
S500A	525	455	500	435	2,5 ⁽¹⁾

S500B	540	470	500	435	5,0
S600A	630	545	600	520	2,5
S600B	650	565	600	520	5,0

Pastaba. Jeigu charakteristinis stipris priimtas pagal sąlyginę takumo ribą (įtempius, kai plieno plastinė deformacija yra 0,2%), tai žymima $f_{yk}=f_{0,2k}$ ir $f_{yd}=f_{0,2d}$.

III skirsnis. Iš anksto įtemptoji armatūra ir jos įtempių įvertinimas

38. Iš anksto įtemptojo gelžbetonio konstrukcijoms naudojami armatūros gamybos metodai, savybių rodikliai, bandymo ir tinkamumo sertifikavimo metodai yra apibrėžti šalių – gamintojų arba kituose standartuose, tinkamuose išankstinio įtempimo armatūros plienui.

Armatūros tempiamasis stipris (f_{pk}), sąlyginė takumo riba ($f_{p0,1k}$), santykis $f_{pk}/f_{p0,1k}$ ir pailgėjimas prie maksimalios apkrovos (ε_{uk}) yra normuojami atitinkamų standartų bei nustatyti bandymais. Šie parametrai pateikiami charakteristinėmis reikšmėmis.

Fizinės savybės yra tokios pačios, kaip ir neįtemptosios armatūros.

39. Vielų ir strypų tamprumo modulio vidutinė reikšmė yra 205 N/mm². Tikroji reikšmė gali kisti nuo 195 iki 210 N/mm² ir priklauso nuo gamybos proceso.

Lynų tamprumo modulis 190 kN/mm². Tikroji reikšmė kinta nuo 175 iki 195 kN/mm² ir priklauso nuo gamybos proceso. Sertifikatuose turi būti nurodoma tamprumo modulio reikšmė.

40. Armatūra turi būti atspari nuovargiui. Apie nuovargio reikalavimus nurodoma atitinkamuose standartuose. Ji taip pat turi būti mažai jautri įtempimų korozijai.

41. Skaičiuojamosios stiprio reikšmės yra gaunamos naudojantis idealizuotąja charakteristine diagrama, dalijant charakteristines stiprio reikšmes iš anksto įtemptosios armatūros dalinio patikimumo koeficiento γ_s (2 pav.). Kai skaičiuojama nuolatiniam ir laikinam apkrovų deriniui $\gamma_s = 1,15$, atsitiktiniam – $\gamma_s = 1,0$.

42. Apskaičiuojant konstrukcijos pjūvį ir stiprį, galima imti kurią nors iš šių prielaidų:

42.1. horizontali viršutinė skaičiuojamosios diagramos (2 pav.) tiesė ir išankstinio įtempimo plieno stiprumas yra apribotas iki $f_{pd} = f_{p0,1}/\gamma_s$ be jokios plieno deformacijos ribos, nors kai kuriais atvejais gali būti patogu ją apriboti;

42.2. pasvirusi viršutinė tiesė su didėjančia deformacija apribota $\varepsilon_{ud}=0,9\varepsilon_{uk}$. Jeigu žinoma $\sigma - \varepsilon$ kreivė, tai reikalingas reikšmes galima nustatyti, kaip pavaizduota 6 paveiksle. Jei tikslių duomenų nėra, rekomenduojama imti $\varepsilon_{ud} = 0,02$ ir $f_{p0,1k}/f_{pk}=0,9$.

43. Armatūra turi būti reikiamo plastiškumo ilgėjant, kaip nustatyta standartais. Laikoma, kad armatūra yra pakankamo plastiškumo ilgėjant, jeigu atitinka reikšmes, atitinkančias nurodytas 4 ir 5 lentelėse arba standartuose.

Apskaičiuojant konstrukcijas, kai armatūra įtempta po betonavimo (į betoną), gali būti naudojama didelio plastiškumo armatūra, kai įtempta prieš betonavimą – normaliojo plastiškumo.

Armatūros sertifikatuose kartu su visomis reikalingomis charakteristikomis pateikiami ir duomenys apie relaksaciją. Tai būtina apskaičiuojant išankstinio įtempimo nuostolius.

5 lentelė

Armatūra iš anksto įtemptajam gelžbetoniui

Tipas	Klasė	f_{pk} (N/mm ²)	$f_{p0,1k}$ (N/mm ²)	$f_{p0,1d}$ (N/mm ²)	E_s (N/mm ²)	ε_{uk} (%)
Viela	Y1860C	1860	1600	1390	205000	3,5
	Y1770C	1770	1520	1320	205000	3,5
	Y1670C	1670	1440	1250	205000	3,5
	Y1570C	1570	1300	1130	205000	3,5
Lynai	Y2060S	2060	1770	1540	195000	3,5
	Y1960S	1960	1680	1460	195000	3,5

	Y1860S	1860	1600	1639	195000	3,5
	Y1770S	1770	1520	1250	195000	3,5
Strypai	Y1030	1030	830	720	205000	4,0
	Y1100	1100	900	780	205000	4,0
	Y1230	1230	1080	940	205000	4,0

γ_s – dalinis patikimumo koeficientas lygus 1,15, jeigu $\gamma_s \neq 1,15$, dauginama iš $1,15/\gamma_s$;

$f_{p0,1k}$ – charakteristinis stipris pagal sąlyginę takumo ribą, kai plastinė deformacija yra 0,1% (N/mm^2);

$f_{p0,1d}$ – skaičiuotinis stipris lygus $f_{p0,1k}/\gamma_s$ (N/mm^2);

E_s – tamprumo modulis (N/mm^2).

44. Apskaičiuojant gelžbetoninius elementus su iš anksto įtemptąja armatūra saugos ribiniam būviui (taip pat ir tinkamumo ribiniam būviui), jėga nuo išankstinio įtempimo, atleidus armatūrą, yra priimama kaip išorinė gniuždanti jėga, apskaičiuojama pagal [XIII] skyriaus nurodymus. Tuo tikslu turi būti įvertinami visi išankstinio armatūros įtempimo nuostoliai, įvykę iki apspaudimo ar iki atitinkamo eksploatavimo laiko.

Armatūros įtempimo nuostoliai gali būti skirstomi į grupes, priklausomai nuo jos įtempimo būdo.

Įtempiant armatūrą į betoną, būtina įvertinti:

44.1. pirmuosius nuostolius, atsirandančius dėl inkarų deformacijos, armatūros trinties į kanalų sienelę arba konstrukcijų betono paviršių;

44.2. antruosius nuostolius, atsirandančius dėl armatūros įtempimų relaksacijos, betono susitraukimo ir valkšnumo, betono suglemžimo po armatūros vijomis, blokų sandūrų deformacijų (konstrukcijų, susidedančių iš blokų).

Armatūros išankstinio įtempimo nuostoliai apskaičiuojami pagal [9] lentelėje pateiktas formules (dydžius) ir kitus [59 ir 60 p.] nurodymus, ir suminis nuostolių dydis neturi būti mažesnis nei 100 N/mm^2 .

45. Nustatant išankstinio įtempimo nuostolius dėl betono susitraukimo ir valkšnumo pagal 8 ir 9 poz., nurodytas [9] lentelėje, būtina įvertinti nurodymus:

45.1. esant iš anksto žinomam konstrukcijos apkrovimo terminui (laikui), nuostolius reikia dauginti iš $\mu(t)$ koeficiento, nustatomo pagal formulę

$$\mu(t) = \frac{4t}{100 + 3t}, \quad (2.18)$$

čia: t – laikas, paromis, nustatant nuostolius: 1) dėl valkšnumo apskaičiuojamas nuo betono apgniuždymo dienos; 2) dėl betono susitraukimo – nuo betonavimo dienos.

45.2. konstrukcijoms, eksploatuojamoms mažesnės kaip 40 % drėgmės sąlygomis, nuostoliai didinami 25 %, išskyrus konstrukcijas, pagamintas iš sunkiojo ir smulkiagrūdžio betono ir nesant apsaugotiems nuo saulės radiacijos, kai nuostoliai didinami 50 %.

45.3. nuostoliams nustatyti leidžiami ir labiau tikslūs apskaičiavimo metodai, kurie yra nustatyta tvarka pagrįsti, jeigu yra žinoma cemento rūšis, betono sudėtis, konstrukcijų pagaminimo bei eksploatavimo sąlygos ir pan.

46. Išankstiniai įtempiai σ_{p1} ir σ_{p2} nustatomi įvertinant leistinus nuokrypius p taip, kad strypinei ir vielinei armatūroms būtų tenkinamos sąlygos:

$$\sigma_p + p \leq f_{pk}; \quad \sigma_p - p \geq 0,3f_{pk}. \quad (2.19)$$

Nuokrypio p reikšmė lygi $0,05\sigma_p$, kai armatūra įtemptama mechaniniu būdu, o įtempiant elektroterminiu ir elektromechaniniu būdu, nustatoma pagal formulę:

$$p = 30 + \frac{360}{l}, \quad (2.20)$$

čia: f_{pk} – įtemptosios armatūros charakteristinis stipris; p – matuojamas N/mm^2 ; l – įtempiamo strypo ilgis (atstumas tarp atsparų briaunų), m.

Kai armatūra įtempama automatizuotai (2.20), formulėje skaitiklio dydis 360 keičiamas į 90.

47. Kai armatūra įtempama į atsparas, baigus įtempimą, kontrolinių įtempių reikšmės σ_{con1} ir σ_{con2} laikomos lygios σ_{p1} ir σ_{p2} (žr. 46 p.), atmetus nuostolius dėl inkarų deformacijos ir armatūros trinties.

Kai armatūra įtempama į sukiėtą betoną, kontrolinių įtempimų σ_{con1} ir σ_{con2} reikšmės nustatomos pagal formules:

$$\sigma_{\text{con1}} = \sigma_{p1} - \alpha_e \left(\frac{P_d}{A_{\text{eff}}} + \frac{P_d e_{\text{op}} y_{p1}}{I_{\text{eff}}} \right), \quad (2.21)$$

$$\sigma_{\text{con2}} = \sigma_{p2} - \alpha_e \left(\frac{P_d}{A_{\text{eff}}} + \frac{P_d e_{\text{op}} y_{p2}}{I_{\text{eff}}} \right), \quad (2.22)$$

čia: σ_{p1} ir σ_{p2} – nustatomi, neįvertinus išankstinio įtempimo nuostolių; P_d , e_{op} – nustatomi pagal (2.25) ir (2.26) formules imant σ_{p1} ir σ_{p2} reikšmes, įvertinus pirmuosius išankstinio įtempimo nuostolius; y_{p1} , y_{p2} – tie patys pažymėjimai kaip ir 50 p.; $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}}$.

48. Konstrukcijų su savaiminiu įtempimu įtempiai apskaičiuojami iš įtempių betone (savaiminių įtempimų) pusiausvyros sąlygos.

Konstrukcijų betono savaiminiai įtempimai nustatomi atsižvelgiant į betono savigniuždos markę S_p , atsižvelgiant į armavimo koeficientą, armatūros padėtį betone (vienaašis, dviašis ir triašis armavimas), taip pat būtiniais atvejais – nuostolius dėl betono susitraukimo ir valkšnumo, apkrovus konstrukciją.

Pastaba. Konstrukcijų iš LC12/13 klasių lengvojo betono reikšmės σ_{con1} ir σ_{con2} neturi viršyti atitinkamai 400 ir 500 N/mm^2 .

49. Armatūros išankstinio įtempimo reikšmės apskaičiuojant dauginamos iš armatūros įtempimo tikslumo koeficiento γ_{sp} , nustatomo pagal formulę:

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp}. \quad (2.23)$$

„Pliuso“ ženklas taikomas esant nepalankiai išankstinio įtempimo įtakai (t. y. jeigu šioje konstrukcijos darbo stadijoje arba nagrinėjamoje elemento dalyje išankstinis įtempimas mažina laikymo galią, pagreitina plyšių susidarymą ir pan.), „minuso“ ženklas – palankiai įtakai.

Kai armatūra įtempama mechaniniu būdu, $\Delta\gamma_p$ reikšmės laikomos lygiomis 0,1, o kai įtempama elektroterminiu ir elektromechaniniu būdais, nustatomos pagal formulę:

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{p}{\sigma_p} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right) \geq 0,1, \quad (2.24)$$

čia: p , σ_p – žr. 54 p. ir 55 p.; n_p – armatūros įtemptųjų strypų skaičius elemento skerspjūvyje.

Nustatant armatūros išankstinio įtempimo nuostolius, taip pat apskaičiuojant elementų plyšių atsivėrimą ir deformacijas, leidžiama $\Delta\gamma_{sp}$ reikšmės laikyti lygiomis nuliui.

50. Armatūros ir betono įtempiai, taip pat betono išankstinio apspaudimo jėga, apskaičiuojant konstrukcijas iš anksto įtemptai armatūrai, nustatomi atsižvelgiant į tokius nurodymus.

Elemento statmenuose pjūviuose įtempiai nustatomi laikant, kad elementas yra iš tampriųjų medžiagų. Šiuo atveju nagrinėjamas ekvivalentinis skerspjūvis, įvertinant betono skerspjūvio susilpninimą kanalais, grioveliais ir pan., taip pat visos armatūros (įtemptosios ir neįtemptosios) skerspjūvio plotą, padaugintą iš armatūros tamprumo modulio santykio α_e su betono deformacijos moduliu. Kai elemento skerspjūvyje yra skirtingų klasių ar rūšių betonai, jų skerspjūvis keičiamas į vienos klasės ar rūšies betono skerspjūvį, įvertinant jų deformacijos modulių santykius.

Išankstinio apspaudimo jėga P_d ir jos pridėties ekvivalentinio skerspjūvio centro atžvilgiu ekscentricitetas e_{op} (3 pav.) nustatomi pagal formules:

$$P_d = \sigma_{p1}A_p + \sigma_{p2}A_{p2} - \sigma_{s1}A_{s1} - \sigma_{s2}A_{s2}, \quad (2.25)$$

$$e_{op} = \frac{\sigma_{p1}A_{p1}y_{p1} + \sigma_{s2}A_{s2}y_{s2} - \sigma_{p2}A_{p2}y_{p2} - \sigma_{s1}A_{s1}y_{s1}}{P_d}, \quad (2.26)$$

čia: σ_{p1} ir σ_{p2} – elemento tempiamos ir gniuždomos zonų neįtemptosios armatūros įtempimai dėl betono susitraukimo ir valkšnumo; y_{p1} , y_{p2} , y_{s1} , y_{s2} – armatūros atstojamųjų jėgų atstumai nuo ekvivalentinio skerspjūvio centro (žr. 3 pav.).

Kreivinės įtemptosios armatūros σ_{p1} ir σ_{p2} reikšmės yra dauginamos atitinkamai iš $\cos\theta$ ir $\cos\theta'$;

čia: θ ir θ' – armatūros ašies posvyrio išilginės ašies atžvilgiu kampas (nagrinėjamame skerspjūvyje).

Įtempimai σ_{p1} ir σ_{p2} imami:

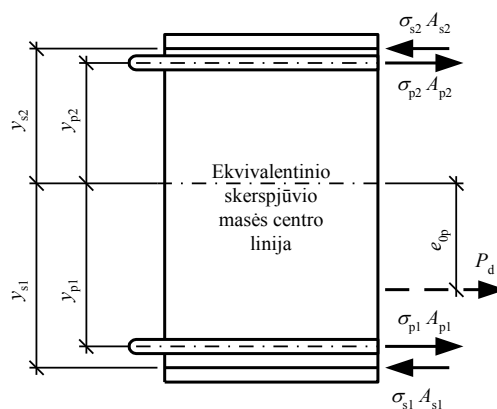
- a) betono apspaudimo stadijoje – įvertinant pirmuosius nuostolius;
- b) eksploataavimo stadijoje – įvertinant pirmuosius ir antruosius nuostolius.

Įtempiai σ_{s1} ir σ_{s2} imami:

- c) betono apspaudimo stadijoje – įtempimo nuostoliai dėl betono greitai pasireiškiančio valkšnumo pagal [9] lentelės 6 poziciją;
- d) eksploataavimo stadijoje – įtempimų nuostolių dėl betono susitraukimo ir valkšnumo pagal [9] lentelės 6, 8 ir 9 pozicijas.

51. Betono apspaudimo stadijoje gniuždymo įtempiai σ_{cp} neturi viršyti 6 lentelėje nurodytų reikšmių (dalimis nuo betono stiprumo apspaudimo metu f_{cp}).

Įtempiai σ_{cp} nustatomi gniuždomo betono kraštiniame sluoksnyje įvertinant išankstinio įtempimo nuostolius pagal [9] lentelės 1–6 punktus, laikant, kad armatūros įtempimo tikslumo koeficientas γ_{sp} lygus vienetui.



3 pav. Armatūros išankstinio įtempimo atstojamųjų gelžbetoninio elemento skerspjūvyje schema

52. Iš anksto įtemptųjų konstrukcijų, kurių eksploatavimo proceso metu nustatytas betono apspaudimo įtempių reguliavimas (pvz., reaktorių, rezervuarų, televizijos bokštų), įtemptoji armatūra numatoma be sukibimo su betonu, šiuo atveju būtina numatyti efektyvias armatūros apsaugos nuo korozijos priemones. Iš anksto įtemptosioms konstrukcijoms, kuriose armatūra nesukibusi su betonu, plyšių atsivėrimas neleistinas.

6 lentelė

Betono apspaudimo leidžiami įtempiai

Skerspjūvio įtempių būvis	Armatūros įtempimo būdas	Betono apspaudimo stadijoje gniuždymo įtempiai dalimis nuo betono stiprumo apspaudimo metu σ_{cp}/f_{cp} , ne daugiau			
		kai oro skaičiuotinė temperatūra			
		– 40 °C ir aukštesnė		žemesnė kaip – 40 °C	
		kai apspaudimas			
		centrinis	necentrinis	centrinis	necentrinis
1. Veikiant išorės apkrovoms, įtempiai mažėja arba nekinta	į atsparas į betoną	0,85	0,95*	0,70	0,85
		0,70	0,85	0,60	0,70
2. Veikiant išorės apkrovoms, įtempiai didėja	į atsparas į betoną	0,65	0,70	0,50	0,60
		0,60	0,65	0,45	0,50

* Elementams, gaminamiems laipsniškai apspaudžiant betoną, kai yra plieninės atraminės detalės ir tanki skersinė armatūra su tūriniu armavimo koeficientu $\rho_v \geq 0,5 \%$ ilgyje, ne mažesniame už įtempimų perdavimo zonos, ilgį l_{bpd} leidžiama imti $\sigma_{cp}/f_{cp} = 1,00$.

Pastabos:

1. Vandens prisotinto betono, esant skaičiuotinei oro temperatūrai žemesnei –40 °C, lentelėje nurodytos σ_{cp}/f_{cp} reikšmės turi būti mažinamos 0,05 dydžiu.

2. Lengvųjų LC12/13 klasių betonų σ_{cp}/f_{cp} reikšmės neturi viršyti 0,30.

53. Apskaičiuojant iš anksto įtemptąsias gelžbetonines konstrukcijas saugos ir tinkamumo ribiniams būviams reikia priimti išankstinio apspaudimo jėgą P , atitinkančią nagrinėjamai situacijai.

Apskaičiuojant saugos ribiniam būviui:

$$P_d = \gamma_p P_{m.t} \quad (2.27)$$

ir tinkamumo ribiniam būviui

$$P_k = r_{\text{sup}} \cdot P_{\text{m.t}}, \quad (2.28)$$

$$P_{k,\text{inf}} = r_{\text{inf}} \cdot P_{\text{m.t}}. \quad (2.29)$$

Čia: P_d – skaičiuotinė išankstinio apspaudimo jėga; γ_p – išankstinio apspaudimo jėgos dalinis patikimumo koeficientas, kuris yra lygus 0,9 ir 1,0, kai apspaudimas duoda naudingą efektą (pvz., padidina pastovumą) ir 1,0–1,2 – neigiamą (pvz., konstrukcijos stiprumas apspaudimo metu); r_{sup} – koeficientas, kuris imamas 1,05 – kai armatūra įtempama į betoną be sukibimo ir 0,9 – kai įtempama į atramas; r_{inf} – koeficientas, kuris imamas: 0,95 – kai įtempama į betoną ir 0,9 – kai įtempama į atsparas; $P_{\text{m.t}}$ – vidutinio išankstinio apspaudimo jėga laike $t > t_0$ (įvertinus visus nuostolius):

– kai armatūra įtempama į atsparas

$$P_{\text{m.t}} = P_{\text{m.0}} - \Delta P_t(t), \quad (2.30)$$

– kai armatūra įtempama į betoną

$$P_{\text{m.t}} = P_{\text{m.0}} - \Delta P_t(t) - \Delta P_{\text{sp}} - \Delta P_{\text{ob}}, \quad (2.31)$$

$$P_{\text{m.0}} = \sigma_{\text{p.m.0}} \cdot A_p \leq 0,75 f_{\text{pk}} \cdot A_p, \quad (2.32)$$

čia: $P_{\text{m.0}}$ – apspaudimo jėga laike $t = t_0$; $\Delta P_t(t)$ – armatūros įtempimo atstojamosios nuostoliai laiku t nuo betono susitraukimo ir valkšnumo bei armatūros įtempių relaksacijos; ΔP_{sp} – nuostoliai nuo betono glemžimo po spiralinės arba žiedinės armatūros vijomis; ΔP_{ob} – nuostoliai nuo apgnūždymo tarp blokų deformacijų.

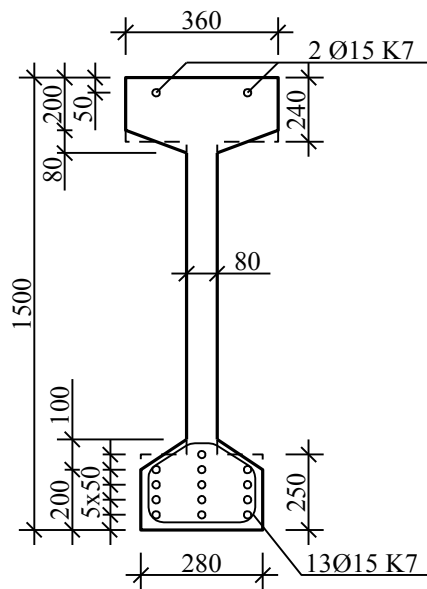
54. Apskaičiuojant saugos ribiniam būviui, naudojamosi III skyriuje pateiktomis nuorodomis ir formulėmis, priimant išankstinio apspaudimo jėgą P kaip išorinę jėgą ir įvertinant atitinkamus armatūros įtempimo nuostolius.

3 PAVYZDYS

Duota laisvai paremta 4 pav. pavaizduoto skerspjuvio sija. Betonas C40/50, $E_{\text{cm}} = 35 \cdot 10^3$ MPa (N/mm^2), jo stipris apspaudimo armatūra metu 28 MPa. Armatūra iš vijų plieno markė Y1960S, kurios $f_{\text{pk}} = 1960$ N/mm^2 , $f_{\text{pd}} = 1700$ N/mm^2 , $f_{\text{p0,1k}} = 1680$ N/mm^2 , $f_{\text{p0,1d}} = 1460$ N/mm^2 , $E_s = 195 \cdot 10^3$ N/mm^2 , $\varepsilon_{\text{uk}} = 3,5\%$. Iš anksto įtemptosios armatūros skerspjuvio plotai: tempiamojoje zonoje $A_{\text{p1}} = 1840$ mm^2 (3Ø15), gniuždomojoje zonoje $A_{\text{p2}} = 283$ mm^2 (2Ø15). Armatūra įtempama į atramas mechaniniu būdu. Betonas kietinamas šutinant. Vijos į atramas inkaruojamos inventoriniais inkarais. Stendo ilgis – 20000 mm, sijos sunkis – 12200 kg, ilgis – 18000 mm. Reikia nustatyti betono apspaudimo iš anksto įtempta armatūra jėgos dydį ir jos pridėties tašką, įvertinant pirminius armatūros įtempimo nuostolius $\Delta \sigma_{\text{p1}}$ ir įvertinant visus jos nuostolius $\Delta \sigma_{\text{p1,2}}$. Tai atlikti sijos vidurio angos skerspjuviui, priimant didžiausią leistiną armatūros išankstinį įtempimą.

Skaičiavimo tvarka būtų tokia. Pirmiausiai nustatome skerspjuvio geometrines charakteristikas, priimdami

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{195 \cdot 10^3}{35 \cdot 10^3} = 5,77.$$



4 pav. Sijos skerspjūvis

Neįtemptosios (konstrukcinės) armatūros plotas neįvertinamas.

$$A_{\text{eff}} = A_c + \alpha_e (A_{p1} + A_{p2}) = 1500 \cdot 80 + 280 \cdot 240 + 200 \cdot 250 + 5,77(1840 + 283) = 249400 \text{ mm}^2.$$

Atstumas nuo tempiamos armatūros svorio centro iki apatinio sijos krašto:

$$a_1 = \frac{3(50 + 100 + 150 + 200) + 1 \cdot 250}{13} = 134,5 \text{ mm}.$$

Statinis momentas sijos apačios krašto atžvilgiu bus:

$$S_{\text{eff}} = \frac{8 \cdot 1500^2}{2} + 250 \cdot 240(1500 - 120) + \frac{200 \cdot 250^2}{2} + 5,77 \cdot 1840 \cdot 134,5 + 5,77 \cdot 283(1500 - 50) = 192900 \cdot 10^3 \text{ mm}^3.$$

Skerspjūvio svorio centro atstumas nuo sijos krašto apačios:

$$y_{\text{sc}} = \frac{S_{\text{eff}}}{A_{\text{eff}}} = \frac{192900 \cdot 10^3}{249400} = 773 \text{ mm}.$$

Armatūrų atstumai nuo svorio centro:

$$y_{p1} = y_{\text{sc}} - a_1 = 773 - 134,5 = 638,5 \text{ mm};$$

$$y_{p2} = h - y_{\text{sc}} - a_2 = 1500 - 773 - 50 = 677 \text{ mm}.$$

Efektinio skerspjūvio inercijos momentas:

$$I_{\text{eff}} = I_c + \alpha A_{p1} \cdot y_{p1}^2 + \alpha A_{p2} \cdot y_{p2}^2 = \frac{80 \cdot 1500^3}{12} + 80 \cdot 150(773 - 75)^2 + \\ + \frac{280 \cdot 240^3}{12} + 280 \cdot 240(1380 - 773)^2 + \frac{200 \cdot 250^3}{12} + 200 \cdot 250(773 - 125)^2 + \\ + 5,77 \cdot 1840 \cdot 638,5^2 + 5,77 \cdot 283 \cdot 677^2 = 7417 \cdot 10^7 \text{ mm}^4.$$

Nustatome pirminius armatūros įtempių nuostolius, naudodamiesi [9] lentelės 1–6 punktais. Pradinius armatūros įtempius (be nuostolių) priimame:

$$\sigma_p = 0,7 f_{p0,1k} = 0,7 \cdot 1680 = 1176 \text{ N/mm}^2.$$

Armatūros išankstinių įtempių nuostoliai dėl relaksacijos bus:

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_p}{f_{p0,1k}} - 0,1 \right) \sigma_p = \left(0,22 \frac{1176}{1680} - 0,1 \right) 1180 = 91 \text{ N/mm}^2.$$

Nuostoliai nuo temperatūrų skirtumo tarp atramų ir betono, kai $\Delta t = 60^\circ\text{C}$

$$\Delta\sigma_{\Delta T} = 1,25 \cdot \Delta t = 1,25 \cdot 60 = 75,0 \text{ N/mm}^2.$$

Nuostoliai dėl ankerių deformacijų:

$$\Delta\sigma_{\Delta\ell} = \frac{\Delta l}{e} E_s. \text{ Priimame } \Delta l = 1,25 + 0,1\varnothing = 1,25 + 0,15 \cdot 15 = 3,5 \text{ mm ir } l = 20000 \text{ mm.}$$

$$\text{Tuomet } \Delta\sigma_{\Delta\ell} = \frac{3,5}{20000} \cdot 195 \cdot 10^3 = 34,2 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi įtemptoji armatūra neatlenkiama, nuostolių dėl trinties nebus, t. y. $\sigma_{\mu} = 0$. Įtempių nuostolių nebus ir dėl formų deformacijų, t. y. $\sigma_f = 0$.

Tokiu būdu betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki jų atleidžiant bus:

$$P_{m,0} = (A_{p1} + A_{p2})(\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta T} - \Delta\sigma_{\Delta\ell}) = \\ (1840 + 283)(1176 - 91 - 75 - 34,2) = 2071623,4 \text{ N.}$$

Apspaudimo jėgos atstojamoji sutaps su visos įtemptosios armatūros svorio centru, t. y.:

$$e_{0p} = \frac{A_{p1} \cdot y_{p1} - A_{p2} \cdot y_{p2}}{A_{p1} + A_{p2}} = \frac{1840 \cdot 638,5 - 283 \cdot 677}{1840 + 283} = 463 \text{ mm.}$$

Didžiausi gniuždymo įtempiai betone apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,0}$, neįvertinant savojo sijos svorio:

$$\sigma_{cp,0} = \frac{P_{m,0}}{A_{\text{eff}}} + \frac{P_{m,0} \cdot e_{0p} \cdot y_{sc}}{I_{\text{eff}}} = \frac{2071623}{249400} + \frac{2071623 \cdot 469 \cdot 773}{7417 \cdot 10^7} = 18,4 \text{ N/mm}^2 < 0,6 f_{ck}(t),$$

čia: f_{cp} – charakteristinis kubinis betono stipris armatūros atleidimo metu. Priimame, kad betono stipris atleidimo metu bus $0,8f_{ck}=0,80\cdot40=32 \text{ N/mm}^2$. Tokiu būdu,

$$\sigma_{cvp,0}=18,4 \text{ N/mm}^2 < 0,6 \cdot 32 = 19,2 \text{ N/mm}^2.$$

Nuostoliai nuo greitai pasireiškiančio betono valkšnumo apskaičiuojami pagal [9] lentelės 6 p. Tuo tikslu apskaičiuojame įtempius betone nuo apspaudimo armatūra ir lenkimo momento nuo savojo svorio, kuris bus:

$$M_{s,s} = \frac{g/d \cdot l^2}{8} = \frac{122000/18000 \cdot 17500^2}{8} = 259229500 \text{ N}\cdot\text{mm} = 259,23 \text{ kNm},$$

$l=17500 \text{ m}$ – atstumas tarp atramų, sijas sandėliuojant.

Įtempimai betone ties apatine iš anksto įtemptąja armatūra (t. y. $y_{p1}=638,5 \text{ mm}$):

$$\begin{aligned} \sigma_{cp,1} &= \frac{P_{m,0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m,0} \cdot e_{0p} y_{p1}}{I_{eff}} - \frac{M_{s,s} \cdot y_{p1}}{I_{eff}} = \frac{2071623,4}{249400} + \frac{2071623,4 \cdot 469 \cdot 638,5}{7417 \cdot 10^7} - \frac{259229500 \cdot 638,5}{7417 \cdot 10^7} = \\ &= 8,31 + 8,36 - 2,23 = 14,44 \text{ N/mm}^2 = 14,44 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

Įtempimai ties viršutine iš anksto įtemptąja armatūra bus:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp,2} &= \frac{2071623,4}{249400} - \frac{2071623,4 \cdot 469 \cdot 677}{7417 \cdot 10^7} + \frac{259229500 \cdot 677}{7417 \cdot 10^7} = \\ &= 8,31 - 8,86 + 2,36 = 1,81 \text{ N/mm}^2 = 1,81 \text{ MPa} > 0. \end{aligned}$$

Nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo apskaičiuojami pagal [9] lentelės 6 pozicijos nurodymus.

$$\text{Kadangi koeficientas } \alpha = 0,25 + 0,025 f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 18,4 = 0,71 < \frac{\sigma_{cp,1}}{f_{cp}} = \frac{14,44}{18,4} = 0,78,$$

tai šie nuostoliai bus apskaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta\sigma_{pc1} = 40\alpha + 85\beta \left(\frac{\sigma_{cp,1}}{f_{cp}} - \alpha \right),$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 f_{cp} = 5,25 - 0,185 \cdot 18,4 = 1,85.$$

Apatinės armatūros įtempimo nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{pc1,1} = 40 \cdot 0,71 + 85 \cdot 1,85 \left(\frac{14,44}{18,4} - 0,71 \right) = 40,16 \text{ N/mm}^2.$$

Viršutinės armatūros įtempimo nuostoliai per trumpą laiką pasireiškiančio valkšnumo bus apskaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = 40 \frac{\sigma_{cp,2}}{f_{cp}} = 40,0 \frac{1,81}{18,4} = 3,93 \text{ N/mm}^2, \text{ kadangi } \frac{\sigma_{cp,2}}{f_{cp}} = \frac{1,81}{18,4} = 0,098 < \alpha = 0,71.$$

Tokiu būdu pirminiai įtempimo nuostoliai bus:

$$\Sigma\Delta\sigma_{p1} = \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_{\Delta T} + \Delta\sigma_{\Delta\ell} + \Delta\sigma_{pc1,1} = 91 + 75 + 34,2 + 40,16 = 240 \text{ N/mm}^2.$$

Viršutinės armatūros:

$$\Sigma\Delta\sigma_{p2} = 91 + 75 + 34,2 + 3,93 = 204 \text{ N/mm}^2.$$

Betono apspaudimo jėga, atmetus visus pirminius armatūros įtempimo nuostolius, bus:

$$P_{m,I} = P_{m,0} - A_{p1} \cdot \Delta\sigma_{pc1,1} - A_{p2} \Delta\sigma_{pc1,2} = 2071623 - 1840 \cdot 40,16 - 283 \cdot 3,93 = \\ = 2063121 \text{ N} = 20,63 \text{ kN}.$$

Šios jėgos ekscentricitetas bus:

$$e_{0p,I} = \frac{A_{p1}(\sigma_p - \Sigma\Delta\sigma_{p1})y_{p1} - A_{p2}(\sigma_p - \Sigma\Delta\sigma_{p2})y_{p2}}{P_{m,I}} = \\ = \frac{1840(1176 - 240) \cdot 638,5 - 283(1176 - 3,63) \cdot 677}{2063 \cdot 10^3} = 426 \text{ mm}.$$

Pagal [9] lentelės 8 ir 9 pozicijas apskaičiuojame armatūros įtempimo nuostolius dėl betono susitraukimo ir valkšnumo.

Nuostoliai dėl betono susitraukimo yra:

$$\Delta\sigma_{ps} = 50 \text{ N/mm}^2.$$

Apskaičiuojant armatūros įtempimo nuostolius dėl valkšnumo, reikia žinoti įtempius betone ties A_{p1} ir A_{p2} armatūromis, atmetus nuostolius pagal [9] lentelės 1–6 poz., t. y. pagal apspaudimo jėgą $P_{m,I}$, apskaičiuojant panašiai kaip ir $\sigma_{cp,1}$ ir $\sigma_{cp,2}$.

Priimame: $\sigma_{cp,1} = 13,21 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{cp,2} = 1,63 \text{ N/mm}^2$.

Kadangi $\frac{\sigma_{cp,1}}{f_{cp}} = \frac{13,21}{18,4} = 0,72 < 0,75$, tai viršutinės armatūros įtempių nuostoliai dėl betono

valkšnumo:

$$\Delta\sigma_{pc2,2} = 150\alpha \frac{\sigma_{cp,1}}{f_{cp}} = 150 \cdot 0,85 \cdot 0,72 = 91,8 \text{ N/mm}^2$$

ir apatinės

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 150 \cdot 0,85 \frac{\sigma_{cp,2}}{f_{cp}} = 150 \cdot 0,85 \cdot 0,0886 = 11,29 \text{ N/mm}^2.$$

Tokiu būdu bendri armatūros įtempimo nuostoliai bus:

apatinės

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{p.com1} &= \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_{\Delta T} + \Delta\sigma_{\Delta\ell} + \Delta\sigma_{pc.1.1} + \Delta\sigma_{ps} + \Delta\sigma_{pc.1} = \\ &= 91 + 75 + 34,2 + 40,16 + 50 + 91,8 = 382,16 \text{ N/mm}^2;\end{aligned}$$

viršutinės

$$\Delta\sigma_{p.com2} = 91 + 75 + 34,2 + 3,93 + 50 + 11,29 = 265,42 \text{ N/mm}^2.$$

Apspaudimo jėga, atmetus visus armatūros išankstinio įtempimo nuostolius bus:

$$\begin{aligned}P_{m\infty} &= A_{p1}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com1}) + A_{p2}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com2}) = \\ &= 1840(1176 - 382,16) + 283(1176 - 265,42) = 1718359,7 \text{ N} = 17183,6 \text{ kN}.\end{aligned}$$

Jos ekscentricitetas bus:

$$\begin{aligned}e_{0p.c} &= \frac{A_{p1}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com1}) \cdot y_{p1} - A_{p2}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com2}) \cdot y_{p2}}{P_{m\infty}} = \\ &= \frac{1840(1176 - 382,16) \cdot 638,5 - 283(1176 - 265,42) \cdot 677}{1718359,7} = 441 \text{ mm}.\end{aligned}$$

III SKYRIUS. BETONINIŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS SAUGOS RIBINIAM BŪVIUI

55. Apskaičiuojamas betoninių elementų statmeno išilginei ašiai pjūvio stiprumas. Atsižvelgiant į elemento darbo sąlygas, stiprumas apskaičiuojamas įvertinant arba neįvertinant skerspjūvio tempiamąją zoną.

Apskaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius elementus, esant mažam ekscentricitetui, daroma prielaida, kad ribinis būvis pasiekiamas suirus skerspjūvio gniuždomosios zonos betonui. Todėl skerspjūvio tempiamosios zonos betonas neįvertinamas. Taip pat daroma prielaida, kad gniuždomojo betono stipris sąlygiškai yra lygus įtempiams f_{cd} , tolygiai pasiskirsčiusiems sąlyginėje gniuždomojoje zonoje (5 pav.), kuri sutrumpintai vadinama skerspjūvio gniuždomąja zona.

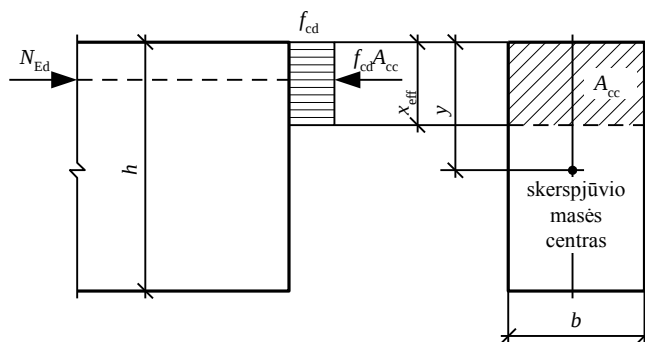
56. Apskaičiuojant gniuždomuosius betoninius elementus su dideliais ekscentricitetais, taip pat lenkiamuosius betoninius elementus, kai jų suirimas nekelia pavojaus, taip pat elementus, kuriuose dėl eksploatacinių reikalavimų negali būti plyšių (vandens slėgio veikiamų elementų, karnizų, parapetų ir kt.), yra įvertinamas skerspjūvio tempiamosios zonos betono darbas. Daroma prielaida, kad ribinis būvis yra pasiekiamas skerspjūvio tempiamojoje zonoje atsivėrus plyšiams. Šiuo atveju stipris apskaičiuojamas įvertinant šias prielaidas (6 pav.):

56.1. deformuojantis elementui pjūviai išlieka plokšti;

56.2. labiausiai tempiamo skerspjūvio sluoksnio maksimali santykinė deformacija lygi $2f_{ctd}/E_{cm}$;

56.3. skerspjūvio gniuždomosios zonos betono įtempiai apskaičiuojami neįvertinant plastinių deformacijų (tam tikrais atvejais įvertinant);

56.4. tempiamosios zonos įtempiai per visą jos aukštį pasiskirstę tolygiai ir lygūs f_{ct} .



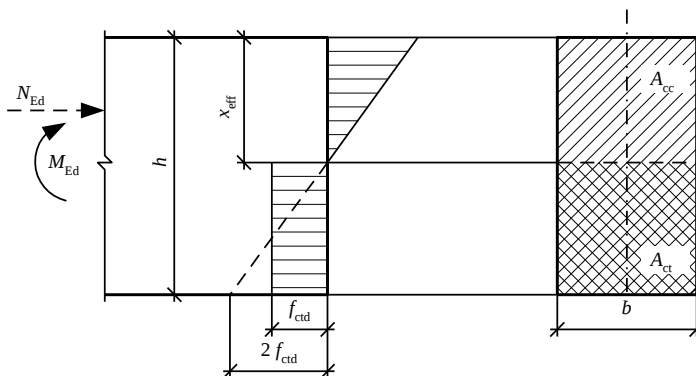
5 pav. Ekscentriškai gniuždomojo betoninio elemento, apskaičiuojamo neįvertinant skerspjūvio tempiamosios zonos įtakos, statmeno išilginei ašiai pjūvio skaičiuotinė schema

Tais atvejais, kai betoniniame elemente yra galimybė atsirasti įstrižiesiems plyšiams (pvz., dvitėjinio arba tėjinio skerspjūvio elementai, kuriuose sukeliamos skersinės jėgos), jis apskaičiuojamas tikrinant [(14.19) ir (14.20)] sąlygas, pateiktas šiame Reglamente. Šiose formulėse betono stipriai f_{ck} ir f_{ctk} yra keičiami atitinkamais skaičiuotiniais stipriais f_{cd} ir f_{ctd} .

Betoniniai elementai turi būti apskaičiuojami vietiniam apkrovos poveikiui (glemžimui).

57. Apskaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius betoninius elementus, turi būti įvertintas atsitiktinis ekscentricitetas e_a . Visais atvejais jis imamas ne mažesnis kaip 1/600 elemento ilgio ir 1/30 skerspjūvio aukščio. Be to surenkamųjų elementų konstrukcijoms reikia įvertinti galimą elementų pasislinkimą vienas kito atžvilgiu. Jeigu nėra kitokių pagrindų nurodymų, priimama $e_a = 10$ mm.

Statiškai nesprendžiamų konstrukcijų elementų jėgos pridėjimo ekscentricitetas masės centro atžvilgiu e_0 yra nustatomas pagal statinių apskaičiavimų rezultatus, tačiau turi būti ne mažesnis už atsitiktinį ekscentricitetą e_a . Statiškai sprendžiamų konstrukcijų elementuose ekscentricitetas e_0 yra lygus statiniais skaičiavimais apskaičiuoto ekscentriciteto ir atsitiktinio ekscentriciteto sumai.



6 pav. Ekscentriškai gniuždomųjų ir lenkiamųjų betoninių elementų, apskaičiuojamų įvertinant skerspjūvio tempiamosios zonos įtaką, skaičiuotinė schema

Liauniems elementams, kurių $l_0/i > 14$ (stačiakampio skerspjūvio elementams $l_0/i > 4$), būtina įvertinti ašinės jėgos veikimo plokštumoje atsirandančio įlinkio įtaką elemento stiprumui. Įlinkis įvertinamas ekscentricitetą e_0 dauginant iš koeficiento η (59 p.). Apskaičiuojant elemento stiprumą statmenoje ekscentriciteto buvimo plokštumoje daroma prielaida, kad dydis e_0 yra lygus atsitiktiniam ekscentricitetui.

Ekscentriškai gniuždomieji elementai (išskyrus 56 p. nurodytais atvejais) negali būti betoniniai, kai išilginės jėgos veikimo ekscentricitetas, įvertinant įlinkį $l_0 \cdot \eta$, yra didesnis už:

a) atsižvelgiant į apkrovų derinius: esant pagrindiniams deriniams – $0,9y$; esant ypatingajam deriniui – $0,95y$.

b) atsižvelgiant į betono klasę ir rūšį: sunkiajam, smulkiagrūdžiui ir lengvajam betonams, kai klasė C8/10 ir didesnė – $y-1$; kitų rūšių ir klasių betonams – $y-2$ (čia: y – atstumas nuo skerspjūvio centro iki labiausiai gniuždomojo betono sluoksnio, mm).

58. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų (5 pav.) stiprumas pakankamas, jeigu atitinka nelygybę

$$N_{Ed} \leq f_{cd} \cdot A_{cc}, \quad (3.1)$$

čia: A_{cc} – elemento gniuždomosios zonos betono plotas, nustatomas darant prielaidą, kad jos masės centras sutampa su išorinių jėgų atstojamosios pridėties tašku.

Stačiakampio skerspjūvio elementams A_{cc} apskaičiuojamas:

$$A_{cc} = b \cdot h \left(1 - \frac{2 \cdot e_0 \cdot \eta}{h} \right). \quad (3.2)$$

Ekscentriškai gniuždomieji elementai, kuriuose neleidžiama plyšiams susidaryti, nepaisant 3.1 nelygybės, turi būti apskaičiuojami, įvertinant skerspjūvio tempiamosios zonos betono įtaką (56 punktas ir 6 pav.) pagal nelygybę:

$$N_{Ed} \leq \frac{f_{ctd} \cdot W_{pl}}{e_0 \cdot \eta - r}. \quad (3.3)$$

Stačiakampio skerspjūvio elementams 3.3 formulė įgyja tokią formą:

$$N_{Ed} \leq \frac{1,75 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot h}{\frac{6 \cdot e_0 \cdot \eta}{h} - \varphi}. \quad (3.4)$$

(3.1)–(3.4) formulėse nurodyti dydžiai yra: η – koeficientas, apskaičiuojamas pagal (3.8) formulę; W_{pl} – skerspjūvio atsparumo momentas, apskaičiuojamas skerspjūvio labiausiai tempiamojo sluoksnio atžvilgiu, įvertinant plastines tempiamojo betono deformacijas ir darant prielaidą, kad nėra išilginės jėgos:

$$W_{pl} = \frac{2I_{c0}}{h - x} + S_{c0}, \quad (3.5)$$

r – atstumas nuo skerspjūvio centro iki skerspjūvio branduolio taško, labiausiai nutolusio nuo tempiamosios zonos

$$r = \varphi \frac{W}{A}. \quad (3.6)$$

Koeficientas φ apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{ck}} \quad (3.6a)$$

ir imamas ne mažesnis kaip 0,7 ir ne didesnis kaip 1; $\sigma_{c,max}$ – didžiausi gniuždymo įtempimai, apskaičiuoti kaip tampriam kūnui. Neutraliosios ašies padėtis apskaičiuojama iš sąlygos:

$$h - x = \frac{2S_{0,2}}{A + A_1}. \quad (3.7)$$

Čia: $S_{0,2}$ – A_1 ploto statinis momentas tempiamojo krašto atžvilgiu; A_1 – betono gniuždomos zonos plotas, papildytas b pločio stačiakampiu, lygaus pločiui ties neutralia ašimi ir aukščio $h-x$ (7 pav.); A – viso skerspjūvio plotas.

W_{pl} leidžiama apytiksliai apskaičiuoti pagal formulę:

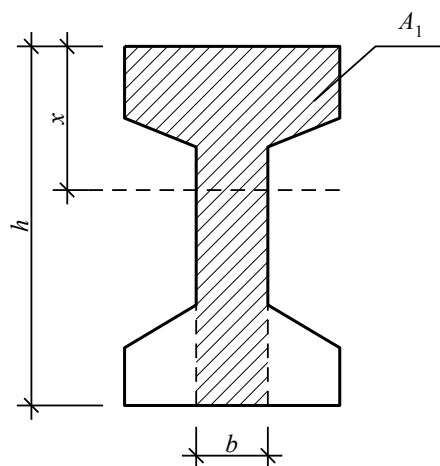
$$W_{pl} = \gamma \cdot W; \quad (3.8)$$

čia: γ – žr. 9 lentelę.

59. Koeficiento η , įvertinančio ašinės jėgos ekscentriciteto e_0 padidėjimą dėl įlinkio, reikšmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}}, \quad (3.9)$$

čia: N_{crit} – sąlyginė kritinė jėga.



7 pav. Schema A_1 plotui nustatyti

Sąlyginė kritinė jėga apskaičiuojama

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm} I_c}{\varphi_\ell \cdot l_0^2} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right), \quad (3.10)$$

čia φ_ℓ – koeficientas, įvertinantis ilgalaikių poveikių įtaką elemento įlinkiui ribiniame būvyje

$$\begin{cases} \varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{Ed,\ell}}{M_{Ed}}; \\ \varphi_\ell \leq 1 + \beta, \end{cases} \quad (3.11)$$

čia: β – koeficientas, įvertinantis betono rūšį ir nustatomas pagal 7 lentelę; M_{Ed} – nuolatinių ir kintamųjų poveikių sukeltas momentas, apskaičiuotas skerspjūvio labiausiai tempiamo arba

labiausiai gniuždomojo sluoksnio atžvilgiu; $M_{Ed,\ell}$ – nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių sukeltas momentas, apskaičiuotas skerspjūvio labiausiai tempiamojo arba labiausiai gniuždomojo sluoksnio atžvilgiu; l_0 – nustatomas pagal 8 lentelę;

$$\begin{cases} \delta_e = \frac{e_0}{h}, \\ \delta_e \geq \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd}, \end{cases} \quad (3.12)$$

3.12 formulėje f_{cd} reikšmė yra N/mm^2 .

Jeigu apskaičiuoti lenkimo momentai (arba ekscentricitetai), įvertinant visus poveikius ir įvertinant nuolatinius bei tariamai nuolatinius poveikius, yra skirtingų ženklų, tai visos apkrovos sukeliama ekscentricitetui e_0 viršijus $0,1h$, koeficientas $\varphi_\ell = 1,0$. Jeigu ši sąlyga neatitinka, tai $\varphi_\ell = \varphi_{\ell,1} + 10(1 - \varphi_{\ell,1}) \frac{e_0}{h}$. Koeficientas $\varphi_{\ell,1}$ apskaičiuojamas pagal (3.11) formulę, nuolatinių ir kintamųjų poveikių sukeltą išilginę jėgą padauginus iš atstumo nuo skerspjūvio centro iki skerspjūvio tempiamojo arba mažiausiai gniuždomojo sluoksnio, kai elementą veikia nuolatiniai ir tariamai nuolatiniai poveikiai.

7 lentelė

Koeficiento β (3.11 formulė) reikšmės

Betonas	β
1. Sunkusis	1,0
2. Smulkiagrūdis:	
A grupės	1,3
B grupės	1,5
3. Lengvasis:	
kai stambūs užpildai dirbtini, o smulkūs	
– tankūs	1,0
– poringi	1,5

8 lentelė

Ekscentriškai gniuždomų elementų skaičiuotinis ilgis

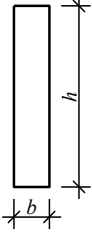
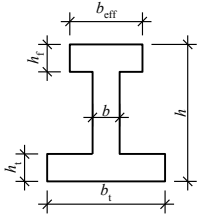
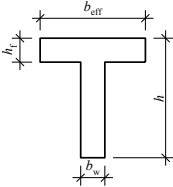
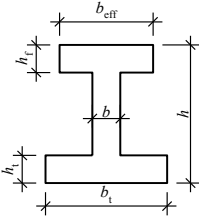
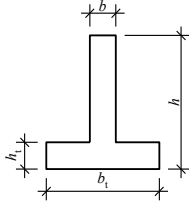
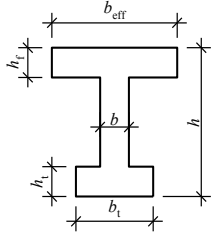
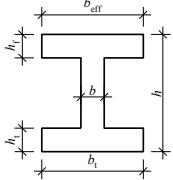
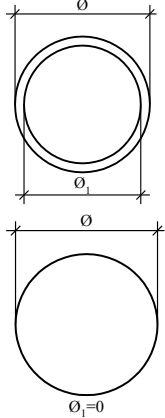
Sienų ir kolonų atrėmimo būdas	Ekscentriškai gniuždomųjų elementų skaičiuotinis ilgis l_0
1. Atremtos apačioje ir viršuje:	
a) abu galai atremti šarnyriškai	l
b) vienas elemento galas įtvirtintas standžiai ir galimas atramų pasislinkimas:	
– daugiatarpatramis pastatas	$1,25l$
– vieno tarpatramio pastatas	$1,50l$
2. Laisvai stovinčios	$2,00l$

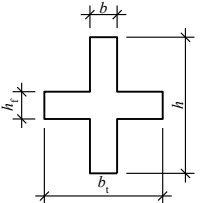
Pastaba. l – sienos (kolonos) vieno aukšto aukštis, atmetus perdangos plokštės storį, arba laisvai stovinčios konstrukcijos aukštis.

60. Betoninių elementų stiprumas vietiniam gniuždymui (glemžimui) tikrinamas pagal 118 ir 119 p. nuorodas.

9 lentelė

γ koeficiento reikšmės

Skerspjūvis	γ koeficientas	Skerspjūvio forma	Skerspjūvis	γ koeficientas	Skerspjūvio forma
1. Stačiakampis	1,75		5. Nesimetrinis dvitėjis, tenkinantis sąlygą a) kai $b_f/b \leq 2$ nepriklausomai nuo santykio h_f/h b) kai $2 < b_{eff}/b \leq 6$ nepriklausomai nuo santykio h_f/h c) kai $b_{eff}/b > 6$ ir $h_f/h > 0,1$	1,75 1,50 1,50	
2. Tėjinis su lentyna gniuždomojoje zonoje	1,75		6. Nesimetrinis dvitėjis, tenkinantis sąlygą $3 < b_{eff}/b < 3$: a) kai $b_f/b \leq 4$ nepriklausomai nuo santykio h_f/h b) kai $b_{eff}/b > 4$ ir $h_f/h \geq 0,2$ c) kai $b_{eff}/b > 4$ ir $h_f/h < 0,2$	1,50 1,50 1,25	
3. Tėjinis su lentyna (paplatinimui) tempiamojoje zonoje a) kai $b_t/b \leq 2$ nepriklausomai nuo h_t/h b) $b_t/b > 2$ ir $h_t/h \geq 0,2$ c) $b_t/b > 2$ ir $h_t/h < 0,2$	1,75 1,75 1,50		7. Nesimetrinis dvitėjis, tenkinantis sąlygą $b_{eff}/b \geq 8$: a) kai $h_t/h > 0,3$ b) kai $h_t/h \leq 0,3$	1,50 1,25	
4. Dvitėjis (dėžinis) a) kai $b_{eff}/b = b_t/b \leq 2$ nepriklausomai nuo santykio $h_f/h = h_t/h$ b) kai $2 < b_{eff}/b = b_t/b \leq 6$ nepriklausomai nuo santykio $h_f/h = h_t/h$ c) kai $b_{eff}/b = b_t/b > 6$ ir $h_f/h = h_t/h > 0,2$ d) kai	1,75 1,50 1,50 1,25		8. Žiedinis apvalus	2– 0,4 $\varnothing_1/\varnothing$	

$6 < b_{\text{eff}}/b = b_t/b \leq 15$ ir $h_t/h = h_t/h < 0,2$ e) kai $b_t/b = b_t/b > 15$ ir $h_t/h = h_t/h < 0,2$	1,10				
			9. Kryžminis a) kai $b_{\text{eff}}/b \geq 2$ ir $0,9 \geq h_t/h > 0,2$ b) kitais atvejais	2,00 1,75	

Lenkiamieji betoniniai elementai apskaičiuojami tikrinant šią sąlygą:

$$M \leq f_{\text{ctd}} \cdot W_{\text{pl}}, \quad (3.13)$$

čia f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris, nustatomas įvertinant patikimumo koeficientą $\gamma_c = 1,8$; W_{pl} – apskaičiuojamas pagal (3.5) formulę. Stačiakampio skerspjūvio elementams W_{pl} gali būti apskaičiuojamas taip

$$W_{\text{pl}} = \frac{bh^2}{3,5}. \quad (3.14)$$

Kitokios skerspjūvio formos elementams W_{pl} gali būti apskaičiuojama pagal 3.8 formulę. Be to, tėjinio ir dvitėjinio skerspjūvio elementams turi būti patikslinta sąlyga:

$$\tau_{xy} \leq f_{\text{ctd}}, \quad (3.15)$$

čia τ_{xy} – šlyties įtempimai ties skerspjūvio svorio centru, apskaičiuojami kaip tampriam kūniui.

4 PAVYZDYS

Duota: betoninė siena tarp patalpų storio 150 mm, aukščio $l = 2800$ mm. Betonas C15/20, $E_{\text{cm}} = 29000$ MPa. Skaičiuotinė apkrova į 1 m sienos $N_{\text{Ed}} = 1000$ kN, iš to skaičiaus tariamai nuolatinė pastovioji ir kintamos apkrovos ilgalaikė dalis $N_{\text{Ed},\ell} = 600$ kN.

Reikia: patikrinti sienos laikomąją galią. Skaičiavimas atliekamas pagal 58 ir 59 p. Išilginė jėga $N_{\text{Ed}} = 900$ kN pridėta atsitiktiniu ekscentricitetu e_a , nustatomu pagal 57 p. nurodymus.

$$\frac{h}{30} = \frac{150}{30} = 5 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \text{ ir } \frac{l}{600} = \frac{2800}{600} = 4,67 \text{ mm} < 10 \text{ mm}.$$

Ekscentricitetą priimame 10 mm, t. y. $e_0 = 10$ mm.

Sienos atrėmimus apačioje ir viršuje priimame lankstinius. Skaičiuojamas sienos aukštis (ilgis) $l_0 = 2,70$ m. Sienos lankstumas $\frac{l_0}{h} = \frac{2700}{150} = 18 > 4$. Vadinasi, apskaičiavimas atliekamas, įvertinant įlinkį (59 p.).

Pagal (3.11) formulę apskaičiuojame koeficientą φ_ℓ priimdami, kad $\beta = 1,0$ (žr. 7 lentelę). Kadangi išilginės jėgos ekscentricitetas nepriklauso nuo apkrovų charakterio, tai galima priimti $\frac{M_{\text{Ed},\ell}}{M_{\text{Ed}}} = \frac{N_{\text{Ed},\ell}}{N_{\text{Ed}}} = \frac{600}{1000} = 0,6$. Tuomet $\varphi_1 = 1 + \beta \frac{M_{\text{Ed},\ell}}{M_{\text{Ed}}} = 1 + 1 \cdot 0,6 = 1,6$. Betono skaičiuotinį stiprį

nustatome pagal 27 p. Kadangi betono charakteristinis stipris yra mažesnis už 50 N/mm^2 , tai šioje formulėje koeficientas $\alpha = 0,9$, o koeficientas $\alpha_{cc} = 1$. Patikimumo koeficientą γ_c priimame lygų 1,8. Tokiu būdu betono skaičiuotinis stipris $f_{cd} = 0,9 \cdot 1 \cdot 16 / 1,8 = 8,0 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$.

Sąlyginės kritinės jėgos apskaičiavimui nustatome

$$\delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,1 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \cdot 18 - 0,01 \cdot 9,5 = 0,225 > \frac{e_0}{h} = \frac{10}{150} \text{ ir}$$

$$\delta_e = \delta_{e,\min} = 0,306.$$

Kritinę jėgą apskaičiuojame pagal 3.10 formulę, priimdami skaičiuojamąjį sienos skerspjūvio plotą (150×1000) mm, kurio inercijos momentas

$$I_c = \frac{1000 \cdot 150^3}{12} = 281250000 \text{ mm}^4.$$

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot E_{cm} \cdot I_c}{\varphi_\ell \cdot l_0^2} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) = \frac{6,4 \cdot 29 \cdot 10^3 \cdot 281,25 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 2800^2} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,306} + 0,1 \right) =$$

$$= 4160 \cdot 10^3 \text{ N} = 4160 \text{ kN}.$$

$$\text{Pagal tai } \eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1000}{4160}} = 1,316. \text{ Patikriname (3.1) sąlygą. Tuo tikslu}$$

$$A_{cc} = bh \left(1 - \frac{2e_0\eta}{h} \right) = 1000 \cdot 150 \left(1 - \frac{2 \cdot 10 \cdot 1,316}{150} \right) = 123680 \text{ mm}^2 \text{ ir}$$

$$N_{Ed} \leq f_{cd} \cdot A_{cc} = 9,5 \cdot 123680 = 1174960 \text{ N} = 1174,96 \text{ kN} > 900 \text{ kN}.$$

Laikomoji galia pakankama.

IV SKYRIUS. LENKIAMŲJŲ GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ STATMENOJO PJŪVIO STIPRUMO APSKAIČIAVIMAS

I skirsnis. Bendrieji nurodymai

61. Statmenojo išilginei ašiai elemento skerspjūvio stiprumo apskaičiavimas, kai lenkimo momentas veikia skerspjūvio simetrijos ašies plokštumoje ir armatūra išdėstoma statmenai elemento skerspjūvio plokštumai, stiprio apskaičiavimas atliekamas vadovaujantis žemiau pateikiamais nurodymais ir prielaidomis.

Yra daromos šios prielaidos:

61.1. tempiamojo betono stipris neįvertinamas;

61.2. skaičiuotinis gniuždomojo betono stipris yra lygus f_{cd} ir visoje gniuždomoje zonoje pastovus;

61.3. tempiamosios armatūros tempimo įtempiai priimami ne didesni už armatūros skaičiuotinį stiprį tempiant;

61.4. gniuždomosios armatūros įtempiai priimami ne didesni už armatūros skaičiuotinį stiprį gniuždant f_{scd} ;

61.5. armatūros deformacijos (įtempiai) nustatomi atsižvelgiant į skerspjuvio gniuždomosios zonos aukštį, įvertinant išankstinio įtempimo deformacijas (įtempius).

62. 61 p. nurodytais atvejais pjūvio stiprumo apskaičiavimas atliekamas priklausomai nuo elemento gniuždomosios zonos santykinio aukščio $\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d}$, apskaičiuoto iš atitinkamų pusiausvyros sąlygų, ir elemento gniuždomosios zonos santykinio aukščio ξ_{lim} , kuriam esant elementas pasiekia ribinį būvį tempiamajai armatūrai pasiekus įtempius, lygius skaičiuotiniam armatūros $f_y d$ stipriui. Pagrindiniai pažymėjimai nurodyti 8 paveiksle.

63. Gniuždomosios zonos ribinis santykinis aukštis ξ_{lim} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right), \quad (4.1)$$

čia ω – gniuždomosios zonos betono charakteristika, priklausanti nuo betono rūšies ir stiprio. Ji nustatoma taip:

$$\omega = a - 0,008 f_{cd}, \quad (4.2)$$

čia a – koeficientas, įvertinantis betono rūšį ir priimamas:

0,85 – sunkiajam betonui,

0,80 – smulkiagrūdžiam A grupės ir lengvajam betonui,

0,75 – tas pats B grupės betonui,

f_{cd} – betono gniuždomasis stipris, MPa (N/mm²); $\sigma_{s,lim}$ – armatūros įtempiai MPa (N/mm²), atsižvelgiant į jos takumo ribą:

kai takumo įtempiai ≤ 400 N/mm², tai $\sigma_{s,lim} = f_{yd} - \sigma_p$;

kai strypinė armatūra ir jos takumo įtempiai > 400 N/mm² – $\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - \sigma_p - \Delta\sigma_p$;

kai naudojama stiprioji viela arba lynai – $\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - \sigma_p$.

σ_p – armatūros išankstinio įtempimo įtempiai, priimami įvertinant koeficientą $\gamma_p = 1 \pm 0,1$. Ženklas „+“ priimamas, kai išankstinis įtempimas turi neigiamą įtaką (mažina gniuždomos zonos laikomąją galią, padeda atsirasti plyšiams ir pan.), ženklas „–“, kai veikia teigiamai.

Reikšmė $\Delta\sigma_p$ armatūrai, kurios $f_{yk} > 400$ N/mm², apskaičiuojama taip:

$$\Delta\sigma_p = 1500 \frac{\sigma_p}{f_{yd}} - 1200 \geq 0, \quad (4.3)$$

$\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai. Kai konstrukcijos gaminamos iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono $\sigma_{sc,lim} = 500$ N/mm². Apskaičiuojant konstrukcijų stiprį išankstinio apspaudimo stadijai $\sigma_{sc,lim} = 330$ N/mm².

64. Apskaičiuojant konstrukcijas, armuotas armatūra, kurios $f_{yk} > 550$ N/mm² ir kai $\xi_{eff} < \xi_{lim}$, skaičiuotinis armatūros stipris f_{yd} dauginamas iš koeficiento

$$\gamma_{sy} = \eta - (\eta - 1) \left(2 \frac{\xi_{eff}}{\xi_{lim}} - 1 \right) \leq \eta, \quad (4.4)$$

čia η – koeficientas, priklausantis nuo armatūros tipo ir stiprumo: $\eta = 1,2$, kai strypinė armatūra ir takumo riba iki 750 N/mm²; $\eta = 1,15$, kai strypinė armatūra ir takumo riba iki 750 $> f_{yk}$

$\leq 950 \text{ N/mm}^2$, taip pat stipriajai vielai ir lynams ir $\eta = 1,10$, kai strypinės armatūros plieno takumo riba didesnė kaip 950 N/mm^2 .

65. Apskaičiuojant centriškai tempiamuosius elementus ir ekscentriškai tempiamuosius elementus, kai išilginė jėga yra tarp armatūros įtempių atstojamųjų jėgų, koeficientas $\gamma_{sy} = \eta$.

Jeigu elemento pjūviuose, kuriuose lenkimo momentas $M_{Ed} > 0,9 M_{Ed,max}$ ($M_{Ed,max}$ – didžiausias skaičiuotinis elemento lenkimo momentas), armatūra yra suvirinta, tai koeficiento γ_{sy} reikšmės tokios:

$\gamma_{sy} \leq 1,10$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai $\sigma_y \leq 800 \text{ N/mm}^2$;

$\gamma_{sy} \leq 1,05$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai $\sigma_y > 800 \text{ N/mm}^2$.

Koeficientas γ_{sy} neįvertinamas, kai:

65.1. veikia daug kartų pasikartojančios apkrovos;

65.2. elementas armuotas stipriąja viela, kuri išdėstyta be tarpų (vielos susiliečia);

65.3. elementai naudojami agresyvioje aplinkoje.

66. Gniuždomojoje zonoje esančios iš anksto įtemptosios armatūros skaičiuotinis gniuždomasis stipris f_{scd} , veikiant išorės apkrovoms arba betono apgnūždymo metu (esant jai sukibusiai su betonu), turi būti pakeistas įtempiais σ_{sc} , lygiais ($\sigma_{sc,lim} - \sigma_{p2}$), N/mm^2 , bet ne didesniais už f_{scd} . Įtempiai σ_{p2} apskaičiuojami su koeficientu $\gamma_p > 1,0$.

$\sigma_{sc,lim}$ imamas pagal 63 p. nuorodas.

II skirsnis. Stačiakampio skerspjūvio lenkiamųjų elementų apskaičiavimas

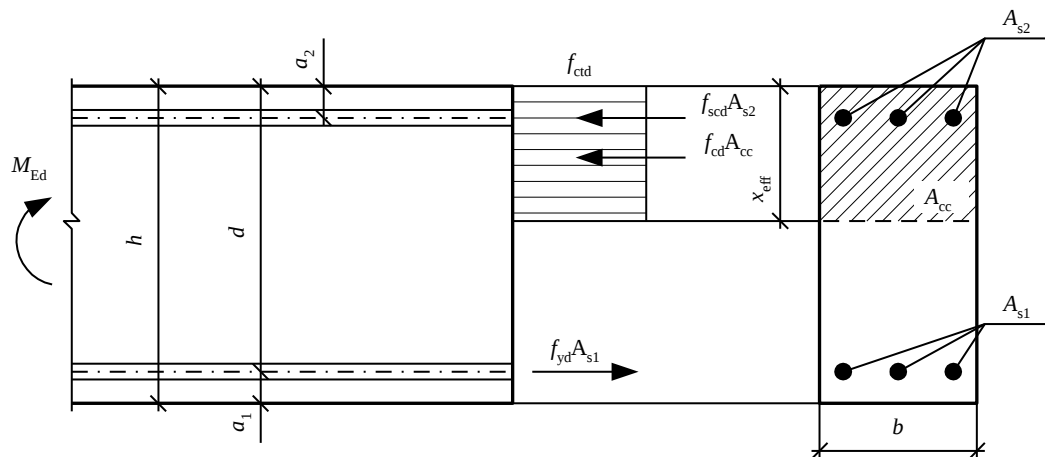
67. Elemento stiprumas yra pakankamas, kai galioja sąlyga $M_{Ed} \leq M_{Rd}$. Laikoma, kad elementai yra neperarmuoti, jeigu galioja sąlyga $\xi_{eff} \leq \xi_{lim}$, ir jų stiprumas apskaičiuojamas iš sąlygos (8 pav.):

$$M_{Ed} \leq f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{scd} \cdot A_{s2} (d - a_2). \quad (4.5)$$

Gniuždomosios zonos aukštis ξ_{eff} apskaičiuojamas iš sąlygos:

$$f_{yd} A_{s1} - f_{scd} d \cdot A_{s2} = f_{cd} b \cdot x_{eff}, \quad (4.6)$$

$$x_{eff} = \xi_{eff} d = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1} - f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{cd} \cdot b}. \quad (4.7)$$



8 pav. Stačiakampio skerspjūvio lenkiamųjų elementų statmenojo pjūvio stiprio skaičiuotinė schema

Kai gniuždomos zonos aukštis $x_{\text{eff}} = \xi_{\text{eff}} \cdot d < 2a$ (8 pav.), skaičiuojant neatsižvelgiama į gniuždomą armatūrą, t. y. (4.5) ir (4.6) formulėse priimame $A_{s2} = 0$. Stiprumo sąlyga bus:

$$M_{\text{Ed}} \leq f_{yd} A_{s1} (d - a_2). \quad (4.8)$$

Elemento stiprumas yra pakankamas, jei galioja viena iš nurodytų nelygybių.

5 PAVYZDYS

Patikrinti stačiakampio skerspjūvio lenkiamojo gelžbetoninio elemento laikomąją galią. Skerspjūvio matmenys $b \times h = 200 \times 500$ mm, $a_1 = a_2 = 40$ mm. Tempiamosios zonos armatūra 4Ø20 S400 ($A_{s1} = 1256$ mm², $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 400/1,1 \cong 365$ MPa (N/mm²). Gniuždoma armatūra 2Ø10 S400 ($A_{s2} = 157$ mm², $f_{ycd} = 218$ (N/mm²). Betono klasė C20/25. Išorinių apkrovų sukeltas skaičiuojamasis momentas $M_{\text{Ed}} = 155$ kNm.

Naudingasis skerspjūvio aukštis $d = 500 - 40 = 460$ mm. Betono skaičiuojamasis gniuždomasis stipris $f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{20}{1,5} = 12$ N/mm².

Iš (4.2) lygties dydis $\omega = \alpha - 0,008 f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754$.

$$\text{Dydis } \xi_{\text{lim}} = 0,746 / \left[1 + 365 \left(1 - \frac{0,746}{1,1} \right) / 500 \right] = 0,604.$$

Iš (4.6) lygties $\xi_{\text{eff}} = (365 \cdot 1256 - 218 \cdot 157) / (12 \cdot 200 \cdot 460) = 0,384 < 0,604$. Todėl elementas yra neperarmuotas ir gniuždomos zonos aukštis $x = \xi d = 0,384 \cdot 460 = 176,64$ mm $> 2 \cdot a_2 = 80$ mm.

Tikriname sąlygą

$$M_{\text{Ed}} = M_{\text{Rd}} = f_{cd} b x (d - 0,5x) + f_{scd} A_{s2} (d - a_2);$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Rd}} &= 12 \cdot 200 \cdot 176,64 (460 - 88,32) + 218 \cdot 157 (460 - 40) = \\ &= 12 \cdot 0,2 \cdot 0,17 (0,46 - 0,088) + 218 \cdot 0,157 \cdot 10^{-4} (0,46 - 0,04) = \\ &= 0,159 \text{ MNm} = 159 \text{ kNm} > 155 \text{ kNm}. \end{aligned}$$

Laikomoji galia pakankama.

68. Stačiakampio skerspjūvio elementų išilginės armatūros parinkimas vykdomas žemiau nurodyta tvarka.

Kai išilginė armatūra įdėta tik tempiamojoje zonoje, tai $A_{s2} = 0$. Tuomet

$$M_{\text{Rd}} = f_{cd} b d^2 \cdot \mu_{\text{Ed}} \geq M_{\text{Ed}}; \quad (4.9)$$

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{f_{cd} b d^2}; \quad (4.10)$$

$$\xi_{\text{eff}} = \frac{x_{\text{eff}}}{d} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{\text{Ed}}}. \quad (4.11)$$

Kai galioja sąlyga $\xi_{\text{eff}} \leq \xi_{\text{lim}}$

$$f_{yd}A_{s1} = f_{cd}b d \xi_{\text{eff}}; \quad (4.12)$$

$$A_{s1} = \frac{f_{cd}b d \xi_{\text{eff}}}{f_{cd}}. \quad (4.13)$$

69. Kai $\xi_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}}$, rekomenduojama didinti skerspjūvio matmenis arba betono stiprį, arba ir skerspjūvio matmenis ir betono stiprį.

Skerspjūvio matmenys ir betono stipris bus racionalūs, kai sijų santykinis gniuždomos zonos aukštis $\xi_{\text{eff}} = 0,3 - 0,4$, o plokščių – $\xi_{\text{eff}} = 0,1 - 0,3$.

Kai gniuždoma zona yra armuojama, tai armatūros kiekis gali būti apskaičiuojamas naudojantis (4.14) sąlyga. Jeigu $x \leq 0$, stiprumas tikrinamas pagal sąlygą:

$$M_{\text{Ed}} \leq f_{yd}A_{s1}(d - a_2). \quad (4.14)$$

70. Jeigu gniuždomosios zonos aukštis, apskaičiuotas įvertinant pusę gniuždomosios armatūros $x = (f_{yd}A_{s1} - 0,5f_{yc}d A_{s2}) / f_{cd}b < a_2$, elemento skerspjūvio laikomąją galią galima padidinti, skaičiavimą atliekant pagal (4.5) ir (4.6) formules, neįvertinant A_{s2} armatūros.

Kai gniuždomosios zonos aukštis, apskaičiuotas pagal (4.6) formulę yra $x_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}}d$, pakartotiniam gniuždomosios zonos aukščio apskaičiavimui naudojama formulė:

$$\sigma_s A_{s1} - f_{scd}A_{s2} = f_{cd}b \cdot x_{\text{eff}}, \quad (4.15)$$

čia

$$\sigma_s = \frac{0,2 + \xi_{\text{lim}}}{0,2 + \xi_{\text{eff}} + 0,35 \frac{\sigma_p}{f_{yd}} \left(1 - \frac{\xi_{\text{eff}}}{\xi_{\text{lim}}}\right)} f_{yd}. \quad (4.16)$$

Šioje formulėje $\xi_{\text{eff}} = x_{\text{eff}} / d$ ir x_{eff} apskaičiuojama priimant f_{yd} . Įtempiai σ_p apskaičiuojami, įvertinant koeficientą $\gamma_p > 0,1$ (63 p.).

Kai elementai yra iš betono ne didesnės kaip C25/30 klasės ir be iš anksto įtemptos armatūros, $x_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}}d$ skaičiavimą galima atlikti pagal (4.5) sąlygą, priimant $x_{\text{eff}} = \xi_{\text{lim}}d$.

71. Kai gniuždomojoje zonoje iš anksto numatomas tam tikras armatūros kiekis, t. y. kai skerspjūvio armavimas yra dvipusis, tai:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}} - f_{scd}A_{s2}(d - a_2)}{f_{cd}b d^2}, \quad (4.17)$$

$$A_{s1} \geq \frac{f_{cd}b \xi_{\text{eff}} d + f_{scd}A_{s2}}{f_{yd}}, \quad (4.18)$$

čia x_{eff} apskaičiuojama naudojantis 68 p. nurodymais (4.11 formulė).

Kai $\xi_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}}$, tai gniuždomos armatūros plotas bus:

$$A_{s2} \geq \frac{M_{Ed} - f_{cd} b h^2 \mu_{Ed,lim}}{f_{scd} (d - a_2)}, \quad (4.19)$$

$$\text{čia } \mu_{Ed,lim} = \xi_{lim} (1 - 0,5 \xi_{lim}). \quad (4.20)$$

Parinkus faktiškąją A_{s2} reikšmę, skaičiuojame μ_{Ed} pagal (4.17) formulę ir A_{s1} pagal (4.18) formulę.

6 PAVYZDYS

Apskaičiuoti paprastojo gelžbetonio stačiakampio skerspjūvio, kurio $b = 250$ mm, $h = 500$ mm, $a_1 = 40$ mm, išilginės armatūros skerspjūvio plotą. Armatūra S400, betonas C16/20, lenkimo momentas $M_{Ed} = 200$ kNm.

Medžiagų skaičiuotiniai stipriai yra: armatūros $f_{yd} = f_{yk}/1,1 = 400/1,1 \cong 365$ N/mm², betono $f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{16}{1,5} = 9,6$ N/mm².

$$\text{Pagal (4.10) formulę } \mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} b d^2} = \frac{200 \cdot 10^6}{9,6 \cdot 250 \cdot 460^2} = 0,394.$$

Gniuždomos zonos aukštis (4.11 formulė)

$$x_{eff} = (1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Ed}})d = (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,394})460 = 248 \text{ mm.}$$

Reikalingas tempiamos armatūros kiekis bus

$$A_{s1} = \frac{f_{cd} x_{eff} b}{f_{yd}} = \frac{9,6 \cdot 248 \cdot 250}{365} = 1631 \text{ mm}^2.$$

Priimame 2Ø28 ir 1Ø24 ($A_{s1} = 1684$ mm²).

7 PAVYZDYS

Duota gelžbetoninė sija, kurios skerspjūvio matmenys $b = 300$ mm, $h = 600$ mm, $a_1 = 40$ mm. Armatūra S400 ($f_{yd} = f_{scd} = 350$ N/mm²). Betonas C16/20, kurio $f_{cd} = 9,6$ N/mm² (žr. 6 pavyzdį). Siją veikia lenkimo momentas $M_{Ed} = 500$ kNm.

Reikia apskaičiuoti reikalingą išilginės armatūros plotą.

Pirmiausia apskaičiuojama ξ_{lim} reikšmė pagal (4.1) formulę. Tuo tikslu koeficientas $\omega = 0,85 - 0,008 \cdot 9,6 = 0,773$ (4.2 formulė).

$$\xi_{lim} = \frac{0,773}{1 + \frac{365}{400} \left(1 - \frac{0,773}{1,1}\right)} = 0,609.$$

Apskaičiuojame gniuždomos zonos aukštį.

$$\text{Tuo tikslu koeficientas } \mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} b d^2} = \frac{400 \cdot 10^6}{9,6 \cdot 300 \cdot 560^2} = 0,44. \text{ Tuomet}$$

$$\xi_{\text{eff}} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{\text{Ed}}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,44} = 0,654 > 0,609.$$

Reikalinga sustiprinti gniuždomąją zoną. Nekeičiant skerspjūvio matmenų ir nedidinant betono stiprio, reikia dėti gniuždomąją armatūrą.

Gniuždomas armatūros plotas apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$A_{s2} \geq \frac{M_{\text{Ed}} - f_{\text{cd}} b d^2 \xi_{\text{lim}} (1 - 0,5 \xi_{\text{lim}})}{f_{\text{scd}} (d - a_2)};$$

$$A_{s2} = \frac{400 \cdot 10^6 - 9,6 \cdot 300 \cdot 560^2 \cdot 0,609 (1 - 0,5 \cdot 0,609)}{365 (560 - 40)} = 74,26 \text{ mm}^2.$$

Priimame 2Ø8 su $A_{s2} = 101 \text{ mm}^2$.

Toliau skaičiavimo eiga yra:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}} - f_{\text{scd}} \cdot A_{s2} (d - a_2)}{f_{\text{cd}} b d^2} = \frac{400 \cdot 10^6 - 365 \cdot 101 (560 - 40)}{9,6 \cdot 300 \cdot 520^2} = 0,485.$$

$$x_{\text{eff}} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{\text{Ed}}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,485} = 0,173; \quad x_{\text{eff}} = 0,173 \cdot 560 = 97 \text{ mm}.$$

$$A_{s1} = \frac{f_{\text{cd}} b d \xi_{\text{eff}} + f_{\text{scd}} \cdot A_{s2}}{f_{\text{yd}}} = \frac{9,6 \cdot 300 \cdot 0,1733 \cdot 500 + 365 \cdot 101}{365} = 865 \text{ mm}^2.$$

Priimame 2Ø24 su $A_{s1} = 9,04 \text{ mm}^2$.

III skirsnis. Tėjinio ir dvitėjo skerspjūvio elementų apskaičiavimas

72. Gelžbetoniniai elementai gniuždomojoje zonoje, turintys lentyną ir kai $\xi_{\text{eff}} = \frac{x_{\text{eff}}}{d} \leq \xi_{\text{lim}}$, yra apskaičiuojami atsižvelgiant į neutraliosios ašies padėtį:

72.1. jeigu neutralioji ašis yra lentynoje (9 a pav.), t. y. galioja nelygybė

$$f_{\text{yd}} A_{s1} \leq f_{\text{cd}} b_{\text{eff}} h_f + f_{\text{scd}} A_{s2}, \quad (4.21)$$

elementą apskaičiuojame kaip b_{eff} pločio stačiakampio skerspjūvio elementą (žr. 67 p.);

72.2. jeigu neutralioji ašis yra sienelėje (9 b pav.), t. y. negalioja (4.21) nelygybė, elementas apskaičiuojamas nagrinėjant sąlygą

$$M_{\text{Ed}} \leq f_{\text{cd}} \cdot b_w \cdot x_{\text{eff}} (d - 0,5 x_{\text{eff}}) + f_{\text{cd}} (b_{\text{eff}} - b_w) h_f (d - 0,5 h_f) + f_{\text{scd}} A_{s2} (d - a_2). \quad (4.22)$$

Gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas nagrinėjant lygtį

$$f_{\text{yd}} \cdot A_{s1} - f_{\text{scd}} A_{s2} = f_{\text{cd}} \cdot b_w \cdot x_{\text{eff}} + f_{\text{cd}} (b_{\text{eff}} - b_w) h_f. \quad (4.23)$$

Skaičiuotinis tėjinio skerspjūvio elemento lentynos plotis į abi puses nuo briaunos turi būti ne didesnis kaip 1/6 elemento ilgio ir ne didesnis kaip:

- a) $1/2$ atstumo tarp išilginių briaunų, kai tarp išilginių briaunų yra skersinės briaunos arba $h_f \geq 0,1h$;
- b) $6h_f$, kai skersinių briaunų nėra arba jos išdėstytos atstumu, didesniu už atstumą tarp išilginių briaunų ir $h_f < 0,1h$;
- c) lentynoms esant gembinėmis iškyšomis

$6h_f$, kai $h_f \geq 0,1h$,

$3h_f$, kai $0,05h \leq h_f < 0,1h$,

- d) lentynos nevertinamos, kai $h_f < 0,05h$.

73. Apskaičiuojant lenkiamųjų elementų stiprumą, rekomenduojama, kad $x_{\text{eff}} \leq \xi_{\text{lim}} d$.

Jeigu, atsižvelgiant į konstravimo arba tinkamumo ribinio būvio reikalavimus, tempiamosios armatūros kiekis yra didesnis, nei reikalauja sąlyga $x_{\text{eff}} \leq \xi_{\text{lim}} d$, skaičiuojama pagal bendrojo apskaičiavimo atvejo formules.

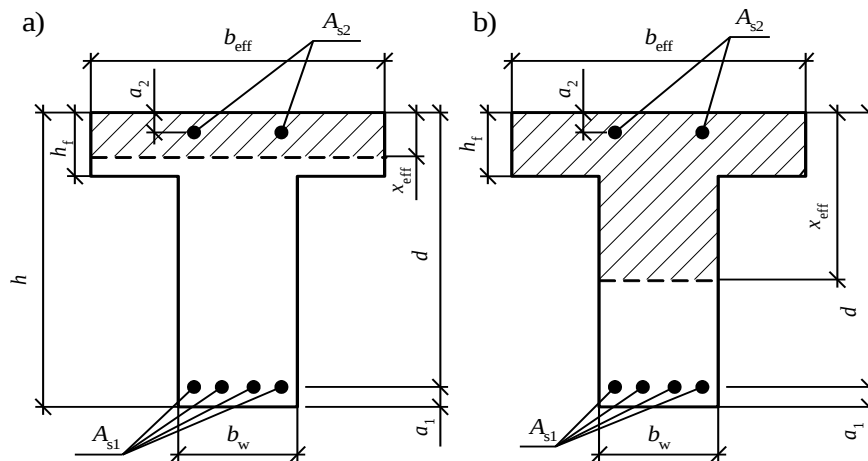
Jeigu gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} , apskaičiuotas pagal (4.21) arba (4.23), yra $x_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}} d$, pakartotinai apskaičiuojant gniuždomosios zonos aukštį pasitelkiama viena iš formulių:

$$\sigma_s A_{s1} - f_{\text{scd}} A_{s2} = f_{\text{cd}} \cdot b \cdot x_{\text{eff}} ; \quad (4.24)$$

$$\sigma_s A_{s1} - f_{\text{scd}} A_{s2} = f_{\text{cd}} \cdot b_w \cdot x_{\text{eff}} + f_{\text{cd}} (b_{\text{eff}} - b_w) h_f , \quad (4.25)$$

čia

$$\sigma_s = \frac{0,2 + \xi_{\text{lim}}}{0,2 + \xi_{\text{eff}} + 0,35 \frac{\sigma_p}{f_{\text{yd}}} \left(1 - \frac{\xi_{\text{eff}}}{\xi_{\text{lim}}} \right)} f_{\text{yd}} . \quad (4.26)$$



9 pav. Tėjinio skerspjūvio lenkiamojo elemento neutralioji ašis lentynoje (a) arba sienelėje (b)

(4.26) formulėje $\xi_{\text{eff}} = x_{\text{eff}}/d$, čia x_{eff} apskaičiuojamas su f_{yd} . Įtempiai σ_p apskaičiuojami įvertinant koeficientą $\gamma_p > 1,0$ (galima priimti $\gamma_p = 1,1$).

Gelžbetoninių elementų, kurių betonas yra C25/30 arba mažesnės klasės, armatūra silpna arba vidutinio stiprio, jos kiekį esant $x_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}}d$, galima apskaičiuoti į (4.5) arba (4.22) statant gniuždomosios zonos aukštį $x_{\text{eff}} = \xi_{\text{lim}}d$.

Reikalingas gniuždomos armatūros kiekis apskaičiuojamas naudojantis (4.22) formule, t. y.

$$A_{s2} = \frac{M_{\text{Ed}} - f_{\text{cd}} \cdot b_w \cdot x_{\text{eff}}(d - 0,5x_{\text{eff}}) - f_{\text{cd}}(b_{\text{eff}} - b_w)h_f(d - 0,5h_f)}{f_{\text{scd}}(d - a_2)}. \quad (4.27)$$

Tempiamos armatūros kiekis bus apskaičiuotas tokiu būdu:

a)jeigu neutralioji ašis yra lentynoje, t. y. tenkinama sąlyga

$$M_{\text{Ed}} \leq f_{\text{cd}}b_{\text{eff}}h_f(d - 0,5h_f) + f_{\text{scd}}A_{s2}(d - a_2), \quad (4.28)$$

armatūros kiekis apskaičiuojamas, kaip stačiakampio skerspjūvio elemento, kurio plotis b_{eff} ;

b)jeigu neutralioji ašis praeina sienelėje, t. y. (4.21) sąlyga netenkinama, tai tempiamos armatūros skerspjūvio plotas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A_{s1} = \frac{f_{\text{cd}}b_w \cdot \xi_{\text{eff}}d + f_{\text{cd}}(b_{\text{eff}} - b_w)h_f + f_{\text{scd}}A_{s2}}{f_{\text{sd}}}. \quad (4.29)$$

74. Apskaičiuojant sukamuosius ir kartu lenkiamuosius elementus, reikia patikrinti erdvinių pjūvių stiprumą. Erdvinį pjūvį sudaro sraigtinės formos plyšys ir plokščioji gniuždomoji zona, pasvirusi kampų θ elemento išilginės ašies atžvilgiu. Skaičiuojama pagal [VIII skyriaus VIII skirsnio nurodymus].

8 PAVYZDYS

Duota tėjinio skerspjūvio sija, kurios skerspjūvio matmenys yra $b_{\text{eff}} = 1500$ mm, $h_f = 50$ mm, $b_w = 200$ mm, $h = 400$ mm, $a_1 = 40$ mm. Betonas sunkusis C20/25, armatūra S400, veikiantis lenkimo momentas $M_{\text{Ed}} = 300$ kNm. Reikia apskaičiuoti išilginės armatūros skerspjūvio plotą.

Betono skaičiuotinis gniuždomasis stipris

$$f_{\text{cd}} = \alpha \cdot \alpha_{\text{cc}} \frac{f_{\text{ck}}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \frac{20}{1,5} = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Armatūros skaičiuotinis stipris $f_{\text{yd}} = 365$ N/mm². Patikriname sąlygą priimdami, kad neutralioji ašis praeina lentynoje, ir $A_{s2} = 0$,

$$f_{\text{cd}}b_{\text{eff}}h_f(d - 0,5h_f) = 12 \cdot 1500 \cdot 50(360 - 0,5 \cdot 50) = 301,5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} > 300 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Tai rodo, kad tikrai lentyna atlaiko veikiantį lenkimo momentą ir neutralioji ašis praeina lentynoje. Vadinasi, siją skaičiuojame kaip stačiakampio skerspjūvio elementą, kurio plotis $b = b_{\text{eff}}$. Tuo tikslu santykinis gniuždomos zonos aukštis bus:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{f_{\text{cd}}bd^2} = \frac{300000000}{12 \cdot 1500 \cdot 360^2} = 0,129.$$

$$x_{\text{eff}} = \xi_{\text{eff}} \cdot d = d(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{\text{Ed}}}) = 360(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,129}) = 50 \text{ mm}.$$

Tempiamos armatūros skerspjūvio plotas randamas iš sąlygos:

$$M_{Ed} = A_s \cdot f_{yd}(d - 0,5\xi d);$$

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}(d - 0,5\xi d)} = \frac{3000 \cdot 10^5}{365(360 - 0,5 \cdot 0,129 \cdot 360)} = 2440 \text{ mm}^2.$$

Priimame 4Ø28 su $A_s = 2463 \text{ mm}^2$.

9 PAVYZDYS

Duotas tįjinio skerspjūvio elementas, kurio matmenys tokie: $h = 600 \text{ mm}$, $b_{eff} = 400 \text{ mm}$, $h_f = 100 \text{ mm}$, $b_w = 200 \text{ mm}$, $a_1 = 70 \text{ mm}$, betonas C20/25, armatūra S400, $A_{s1} = 1964 \text{ mm}^2$, $A_{s2} = 0$. Sijos ilgis 7000 mm, veikia lenkimo momentas $M_{Ed} = 3000 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$. Reikia patikrinti laikomąją galią.

Betono skaičiuotinis gniuždomasis stipris yra

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \frac{20}{1,5} = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Armatūros S400 skaičiuotinis stipris $f_{yd} = 365 \text{ N/mm}^2$. Sijos skerspjūvio naudingasis aukštis $d = h - a_1 = 600 - 70 = 530 \text{ mm}$. Patikriname, kur praeina neutralioji ašis.

Kadangi $A_{s2} = 0$, tai $A_{s1} f_{yd} = 1964 \cdot 365 = 716860 \text{ N} > f_{cd} h_f b_{eff} = 12 \cdot 400 \cdot 100 = 480000 \text{ N}$.

Tai rodo, kad neutralioji ašis praeina sienelėje. Skerspjūvio stiprumą tikriname iš sąlygos (4.22). Tuo tikslu gniuždomos zonos aukštį apskaičiuojame iš sąlygos (4.23), įvertindami, kad $A_{s2} = 0$ ir $x_{eff} \geq h_f$.

$$x_{eff} = \frac{f_{yd} A_{s1} - f_{cd} (b_{eff} - b_w) h_f}{f_{cd} \cdot b_w} = \frac{365 \cdot 1964 - 12(400 - 200)100}{12 \cdot 200} = 199 \text{ mm} < \xi_{lim} d = 0,610 \cdot 530 = 323 \text{ mm}.$$

Skerspjūvio laikomoji galia bus:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} (d - 0,5x_{eff}) + f_{cd} (b_{eff} - b_w) h_f (d - 0,5h_f) = \\ &= 12 \cdot 200 \cdot 199 (530 - 0,5 \cdot 199) + 12(400 - 200)100 (530 - 0,5 \cdot 100) = \\ &= 205606800 - 115200000 = 320,8 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 320,8 \text{ kNm} > 300 \text{ kNm}. \end{aligned}$$

Stiprumas pakankamas.

V SKYRIUS. EKSCENTRIŠKAI GNIUŽDOMŲJŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS

I SKIRSNIS. BENDRIEJI NURODYMAI

75. Skaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius elementus reikia atsižvelgti į atsitiktinį ekscentricitetą e_a , kurį negalima skaičiavimo metu numatyti. Todėl bet koku atveju e_a priimamas ne mažesnis kaip:

- 1/600 ilgio arba atstumo tarp atramų, neleidžiančių elementui pasislinkti;
- 1/30 elemento skerspjūvio aukščio;

10 mm, kai konstrukcija yra iš surenkamų elementų ir jeigu nėra kitokių eksperimentinių duomenų.

Statiškai nesprendžiamų konstrukcijų elementams išilginės jėgos ekscentricitetas efektyviojo skerspjūvio centro atžvilgiu priimamas lygus ekscentricitetui, gautam pagal statinio skaičiavimo rezultatus, bet ne mažesnis kaip e_a .

Statiškai sprendžiamų konstrukcijų (pvz., fachverkų kolonų, elektros linijų atramų ir pan.) elementams ekscentricitetas e_0 nustatomas kaip suma ekscentricitetų – nustatyto pagal statinį skaičiavimą ir atsitiktinio.

76. Necentriškai gniuždomų elementų skaičiavimas atliekamas įvertinant elemento įlinkį (išlinkį) ekscentriciteto (išlinkio) plokštumoje. Statmena šiai plokštumai kryptimi priimamas atsitiktinis ekscentricitetas e_a .

Skaičiavimo iš lenkimo plokštumos galima neatlikti, jeigu elemento liaunis l_0/i šia kryptimi (stačiakampiam skerspjūviui – l_0/h) yra mažesnis už liaunį kita elemento skerspjūvio kryptimi.

Kai ekscentricitetai yra dviem kryptimis ir viršija e_a , elementą reikia skaičiuoti kaip įstrižai necentriškai gniuždomą elementą.

Jeigu išpildoma sąlyga $A_{s2} > 0,02A_c$, tai žemiau pateiktose skaičiavimo formulėse rekomenduojama sumažinti tikrąjį gniuždomojo betono zonos plotą dydžiu A_{s2} .

77. Ekscentriškai gniuždomų elementų įstrižųjų pjūvių stiprumo skaičiavimas atliekamas panašiai kaip ir lenkiamųjų. Betono atlaikymo momentas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$M_c < f_{ctd} \cdot W_{pl} \quad (\text{žr. 60 p.}). \quad (5.1)$$

Išilginių jėgų įtaka neįvertinama, jei jos sudaro momentą, pagal ženklą vienodą su momentu nuo skersinių jėgų poveikio. Skaičiuojant statiškai nesprendžiamų konstrukcijų necentriškai gniuždomus elementus, jeigu skaičiavimo metu buvo priimta, kad išilginė jėga pridėta skerspjūvio centre, galima išilginę jėgą visuomet įvertinti.

Jei ekscentriškai gniuždomo elemento ilgio ribose nėra skersinių apkrovų ir normaliniame pjūvyje nėra plyšių, įstrižųjų pjūvių stiprumo skaičiavimo galima neatlikti.

78. Skaičiuojant ekscentriškai gniuždomus elementus reikia įvertinti įlinkio įtaką laikomajai galiai. Paprastai tai daroma, kai konstrukcija skaičiuojama pagal deformuotą schemą, atsižvelgiant į netampriąsias betono ir armatūros deformacijas ir plyšių buvimą.

Leidžiama skaičiuoti pagal nedeformuotą schemą, įvertinant elemento įlinkio įtaką, ekscentricitetą e_0 padauginant iš koeficiento η . Šis koeficientas apskaičiuojamas taip:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}}, \quad (5.2)$$

čia N_{crit} – sąlyginė kritinė jėga, apskaičiuojama pagal formulę:

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right], \quad (5.3)$$

čia l_0 – elemento skaičiuotinis ilgis, nustatomas atsižvelgiant į 79 p. nurodymus; δ_e – koeficientas, nustatomas pagal 59 p. nuorodas; φ_ℓ – koeficientas, nustatomas pagal (3.11).

Šiuo atveju lenkimo momentai M_{Ed} ir $M_{Ed,\ell}$ apskaičiuojami ašies, einančios per tempiamosios arba labiausiai gniuždomosios (esant visam gniuždomam skerspjūviui) armatūros strypo centrą, atžvilgiu. Momentas M_{Ed} yra apskaičiuojamas nuo visų poveikių, o $M_{Ed,\ell}$ nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių. Jeigu visų poveikių ir nuolatinių bei tariamai nuolatinių

poveikių sukelti lenkiantieji momentai (arba ekscentricitetai) yra priešingų ženklų, būtina atsižvelgti į 59 p. nuorodas; φ_p – koeficientas, įvertinantis armatūros išankstinio įtempimo įtaką elemento standžiui. Esant tolygiam skerspjuvio apspaudimui įtemptąją armatūrą, koeficientas φ_p apskaičiuojamas

$$\varphi_p = 1 + 12 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \cdot \frac{e_0}{h}, \quad (5.4)$$

čia σ_{cp} – betono įtempiai apskaičiuojami įvertinant $\gamma_p < 1,0$ koeficientą; f_{cd} – betono skaičiuotinis stipris; formulėje (5.4) santykis $\frac{e_0}{h} \leq 1,5$.

$$\text{Koeficientas } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}.$$

Apskaičiuojant iš smulkiagrūdžio B grupės betono pagamintas konstrukcijas (5.3), formulėje koeficientas 6,4 yra keičiamas koeficientu 5,6.

Apskaičiuojant gniuždomąsias konstrukcijas plokštumoje, statmenoje lenkimo momento veikimo plokštumai, išilginės jėgos ekscentricitetas yra lygus atsitiktiniam ekscentricitetui (57 p.).

79. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų skaičiuotinis ilgis l_0 apskaičiuojamas kaip deformuotojo rėmo elementui, veikiant šį elementą nepalankiausioje vietoje išdėsčius apkrovas, be to, įvertinant medžiagų plastines deformacijas ir elementuose atsirandančius plyšius.

10 lentelė

Vienaukščių pastatų kolonų skaičiuotiniai ilgiai

Pastato ir kolonų charakteristikos					Kolonų skaičiuotinis ilgis l_0 apskaičiuojant		
					Skersinio rėmo arba statmenoje estakados ašiai plokštumoje	Statmenoje skersiniam rėmui arba lygiagrečiai estakados ašiai plokštumoje	
						esant	nesant
						ryšiams arba inkaruojančioms atramoms išilginėje kolonų eilėje	
Pastatas	Su tiltiniais kranais	Įvertinant kranų apkrovas	Pokraninė (apatinė) kolonų dalis, esant pokraninėms sijoms	Karpytom s	$1,5l_1$	$0,8l_1$	$1,2l_1$
				Nekarpytom s	$1,2l_1$	$0,8l_1$	$0,8l_1$
			Virškraninė (viršutinė) kolonų dalis, esant pokraninėms sijoms	Karpytom s	$2,0l_2$	$1,5l_2$	$2,0l_2$
				Nekarpytom s	$2,0l_2$	$1,5l_2$	$1,5l_2$
			Pokraninė (apatinė) kolonų dalis	Vieno tarpatramio	$1,5l$	$0,8l_1$	$1,2l$

Pastato ir kolonų charakteristikos					Kolonų skaičiuotinis ilgis l_0 apskaičiuojant		
					Skersinio rėmo arba statmenoje estakados ašiai plokštumoje	Statmenoje skersiniam rėmui arba lygiagrečiai estakados ašiai plokštumoje	
						esant	nesant
						ryšiams arba inkaruojančioms atramoms išilginėje kolonų eilėje	
		Neįvertin ant kranų apkrovas	sijoms	Kelių tarpatrami ų	$1,2l$	$0,8l_1$	$1,2l$
			Virškraninė (viršutinė) kolonų dalis, esant pokraninėms sijoms	Karpytom s	$2,5l_2$	$1,5l_2$	$2,0l_2$
				Nekarpyt oms	$2,0l_2$	$1,5l_2$	$1,5l_2$
Pasta- tas	Be tiltinių kranų	Kintamo skerspjūv io kolonos	Apatinė kolonų dalis	Vieno tarpatrami o	$1,5l$	$0,8l$	$1,2l$
				Kelių tarpatrami ų	$1,2l$	$0,8l$	$1,2l$
			Viršutinė kolonų dalis		$2,5l_2$	$2,0l_2$	$2,5l_2$
		Pastovaus skerspjūvio kolonos		Vieno tarpatrami o	$1,5l$	$0,8l$	$1,2l$
				Kelių tarpatrami ų	$1,2l$	$0,8l$	$1,2l$
Estak ada	Kranų	Su pokraninėmis sijomis		Karpytom is	$2,0l_1$	$0,8l_1$	$1,5l_1$
				Nekarpyt oms	$1,5l_1$	$0,8l_1$	l_1
	Vamz dynų	Kolonoms, sujungtoms su perdanga		Šarnyrišk ai	$2,0l$	1	$2,0l$
				Standžiai	$1,5l$	$0,7l$	$1,5l$

Pastaba. l – visas kolonos aukštis nuo pamato viršaus iki horizontaliosios konstrukcijos apačios atitinkamoje plokštumoje; l_1 – kolonos pokraninės dalies aukštis nuo pamato viršaus iki pokraninės sijos apačios; l_2 – kolonos virškraninės dalies aukštis nuo kolonos pakopos iki horizontaliosios konstrukcijos atitinkamoje plokštumoje.

Dažniausiai pasitaikančių konstrukcijų elementų skaičiuotinį ilgį l_0 galima nustatyti:

a) daugiaaukščių pastatų, kurie yra ne mažiau kaip dviejų tarpatramių, kolonoms, standžiai sujungtoms su rygeliais;

$l_0 = l$, kai perdangos konstrukcijos surenkamos,

$l_0 = 0,7l$, kai konstrukcijos perdangos monolitinės,

čia l – aukšto aukštis (atstumas tarp mazgų centrų);

b) vienaaukščių pastatų kolonoms, kurios yra standžios savo plokštumoje (sugebančioms perduoti horizontaliąsias apkrovas) ir į kurias šarnyriškai atremtos denginio konstrukcijos, bei estakadų kolonoms pagal 10 lentelę;

c) santvarų ir arkų – pagal 11 lentelę.

80. Atskirais atvejais gniuždomi elementai gali turėti skersinį armavimą. Ištiesinio skerspjuvio gelžbetoniniai elementai, pagaminti iš įprasto sunkiojo betono arba smulkiagrūdžio betono, įvertinant skersinį armavimą, yra apskaičiuojami pagal šį ir 83 p. Apskaičiuojant įvertinamas tik armatūros tinklo arba spiralės kraštinių strypų apriboto betono plotas A_{eff} .

Įvertinant elemento skersinį armavimą, liaunis, $\lambda = l_0/i_{eff}$ turi būti:

a) $\lambda = l_0/i_{eff} \leq 55$, kai elementas armuotas tinklais;

b) $\lambda = l_0/i_{eff} \leq 35$, kai elementas armuotas spiralėmis,

čia i_{eff} – apskaičiuojant įvertinamas skerspjuvio dalies inercijos spindulys.

11 lentelė

Santvarų ir arkų elementų skaičiuotiniai ilgiai

Elemento pavadinimas	Santvarų ir arkų elementų skaičiuotiniai ilgiai, l_0
1. Santvarų elementai:	
a) viršutinė juosta, apskaičiuojant:	
– santvaros plokštumoje	0,9l
kai $e_0 < 1/8h_1$,	0,8l
kai $e_0 \geq 1/8h_1$.	
– statmenoje santvaros plokštumai zonai po stoglangiu (kai stoglangio plotis 12 m arba daugiau),	0,8l
– kitais atvejais.	0,9l
b) spyriai ir statramsčiai apskaičiuojant:	
– santvaros plokštumoje	0,8l
– statmenoje santvaros plokštumai, kai:	
$b_1/b_2 < 1,5$	0,9l
$b_1/b_2 \geq 1,5$	0,8l
2. Arkos:	
a) apskaičiuojant arkos plokštumoje:	
– trijų šarnyrų arkai	0,580l
– dviejų šarnyrų arkai	0,540l
– bešarnyrinei arkai	0,365l
b) apskaičiuojant statmenoje arkos plokštumoje (bet kurioje)	l

Pastaba. l – elemento ilgis tarp gretimų santvaros mazgų, o apskaičiuojant viršutinę juostą statmenoje santvaros plokštumoje, atstumas tarp juostos įtvirtinimo taškų. Apskaičiuojant arkas jų plokštumoje – arkos ilgis išilgai geometrinės ašies, o apskaičiuojant arkai statmenoje plokštumoje – arkos ilgis tarp arkos įtvirtinimo taškų šioje plokštumoje; h_1 – viršutinės juostos skerspjuvio aukštis; b_1, b_2 – santvaros viršutinės juostos ir statramsčio (spyrio) skerspjuvio pločiai.

Betono su skersine armatūra stipris apskaičiuojamas taip:

a) kai elementas armuotas suvirintaisiais skersiniais tinklais

$$f_{cd,eff} = f_{cd} + \varphi \cdot \rho_{xy} f_{yd,xy}, \quad (5.5)$$

čia $f_{yd,xy}$ – tinklo armatūros skaičiuotinis stipris;

$$\rho_{xy} = \frac{n_x A_{sx} l_x + n_y A_{sy} l_y}{A_{eff} \cdot s_n}, \quad (5.6)$$

čia: n_x, n_y – tinklo armatūros strypų skaičius skerspjūvio x ir y ašių kryptimi; A_{sx}, A_{sy} – tinklo vieno armatūros strypo skerspjūvio plotas skerspjūvio x ir y ašių kryptimi; l_x, l_y – tinklo armatūros strypo (vertinant tarp kraštinių strypų) ilgis x ir y ašių kryptimi; A_{eff} – armatūros tinklu apriboto betono skerspjūvio plotas; s_n – tinklų išdėstymo žingsnis; φ – skersinio armavimo efektyvumo koeficientas.

$$\varphi = \frac{1}{0,23 + \psi}, \quad (5.7)$$

$$\psi = \frac{\rho_{xy} \cdot f_{yd,xy}}{f_{cd} + 10}. \quad (5.8)$$

Į formulę (5.8) $f_{yd,xy}$ ir f_{cd} reikšmės įrašomos MPa arba N/mm².

Gelžbetoniniams elementams, pagamintiems iš smulkiagrūdžio betono, koeficientas $\varphi \leq 1,0$. Tinklo armatūros strypų skerspjūvio plotas ilgio vienetu abiem skerspjūvio kryptimis neturi skirtis daugiau kaip 1,5 karto.

b) kai elementas armuotas spiraline arba žiedine armatūra

$$f_{cd,eff} = f_{cd} + 2\rho_{cir} f_{yd,cir} \left(1 - \frac{7,5e_0}{d_{eff}}\right), \quad (5.9)$$

čia $f_{yd,cir}$ – spiralinės armatūros skaičiuotinis stipris; ρ_{cir} – armavimo koeficientas;

$$\rho_{cir} = \frac{4 \cdot A_{s,cir}}{\phi_{eff} \cdot s_n}, \quad (5.10)$$

čia: $A_{s,cir}$ – spiralinės armatūros skerspjūvio plotas; ϕ_{eff} – skerspjūvio skersmuo viduryje spiralės; s_n – spiralės žingsnis; e_0 – ašinės jėgos ekscentricitetas (neįvertinant įlinkio įtakos).

Gelžbetoniniams elementams, pagamintiems iš smulkiagrūdžio betono, armavimo koeficientas, apskaičiuotas pagal (5.6) ir (5.10) formules, neturi būti didesnis nei 0,04.

Stipriosios strypinės armatūros skaičiuotinis stipris $f_{sc,eff}$ apskaičiuojamas taip:

$$f_{sc,eff} = f_{scd} \left\{ \frac{1 + \delta_\ell \left[\left(\frac{f_{yd}}{f_{scd}} \right)^2 - 1 \right]}{1 + \delta_\ell \left(\frac{f_{yd}}{f_{scd}} - 1 \right)} \right\}, \quad (5.11)$$

$$f_{sc,eff} \leq f_{yd},$$

čia

$$\delta_\ell = \frac{8,5E_s \cdot \psi \cdot \Theta}{f_{yd} \cdot 10^3}, \quad (5.12)$$

$$\text{čia } \Theta = 0,8 + \eta \frac{A_{s,\text{tot}}}{A_{\text{eff}}} \left(1 - \frac{f_{\text{cd}}}{100} \right). \quad (5.13)$$

$\eta=10$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai $\leq 600 \text{ N/mm}^2$;
 $\eta=25$, kai strypinės armatūros takumo įtempiai $> 600 \text{ N/mm}^2$;
 $A_{s,\text{tot}}$ – visos stipriosios išilginės armatūros skerspjūvio plotas; A_{eff} – armatūros tinklu apriboto betono skerspjūvio plotas; f_{cd} reikšmės imamos N/mm^2 ;

$$\left. \begin{array}{l} \Theta \geq 1,0 \\ \Theta \leq 1,2 \end{array} \right\}, \text{ kai armatūros takumo įtempiai } \leq 600 \text{ N/mm}^2;$$

$$\left. \begin{array}{l} \Theta \geq 1,0 \\ \Theta \leq 1,6 \end{array} \right\}, \text{ kai armatūros takumo įtempiai } > 600 \text{ N/mm}^2.$$

Apskaičiuojant elementų su skersiniu armavimu gniuždomosios zonos santykinį aukštį (4.1)

$$\omega = \alpha - 0,008 f_{\text{cd}} + \delta_2 \leq 0,9, \quad (5.14)$$

čia α – koeficientas pagal 63 p.;

$$\delta_2 = 10\rho \leq 0,15,$$

čia ρ – armavimo koeficientas, apskaičiuojamas pagal (5.6) ir (5.10), atitinkamai naudojant tinklus arba spirales.

Apskaičiuojant elementus su stipriąja viela (4.1) formulėje

$$\sigma_{\text{sc,lim}} = (2 + 8,5\mu\Theta)E_s \cdot 10^{-3}, \quad (5.15)$$

$$\sigma_{\text{sc,lim}} \leq 900 \text{ N/mm}^2, \text{ kai armatūros takumo įtempiai } \leq 600 \text{ N/mm}^2,$$

$$\sigma_{\text{sc,lim}} \leq 1200 \text{ N/mm}^2, \text{ kai armatūros takumo įtempiai } > 600 \text{ N/mm}^2.$$

81. Skersine armatūra armuotų elementų stipris, įvertinant įlinkio įtaką, apskaičiuojamas atsižvelgiant į 78 p. reikalavimus. Apskaičiuojant N_{crit} (5.3) įvertinamas tinklų kraštiniais strypais arba spirale apribotos skerspjūvių dalies inercijos momentas. Pagal (5.3) formulę apskaičiuota N_{crit} reikšmė turi būti padauginta iš koeficiento $\varphi_\ell = 0,25 + 0,05 \frac{l_0}{c_{\text{eff}}} \leq 1,0$, c_{eff} reikšmė yra lygi įvertinamam skaičiavimuose skerspjūvio dalies aukščiui arba skersmeniui.

Apskaičiuojant elementus su skersine armatūra

$$\delta_{\text{e,min}} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{c_{\text{eff}}} \varphi_2 - 0,01 f_{\text{cd}}, \quad (5.16)$$

$$\text{čia } \varphi_2 = 0,1 \frac{l_0}{c_{\text{eff}}} - 1 \leq 1,0.$$

Elementų skersinis armavimas įvertinamas tuo atveju, kai elemento stipris, apskaičiuotas pagal šio skirsnio nurodymus, viršija elemento, apskaičiuoto be skersinio armavimo, stiprį bei įvertinant visų elementų skerspjūvį ir atitinka šio Reglamento konstravimo reikalavimus.

82. Apskaičiuojant ekscentriškai gniuždomuosius elementus, armuotus skersine armatūra, be stiprumo, apskaičiuoto pagal 80 p. reikalavimus, būtina patikrinti apsauginio sluoksnio supleišėjimą.

Šie skaičiavimai atliekami pagal 83 p. ir šio Reglamento 1 priedo nuorodas, įvertinant skaičiuotines apkrovas su apkrovų patikimumo koeficientu $\gamma_f = 1,0$ bei įvertinant visą elemento betono skerspjūvį. Atliekant šiuos skaičiavimus, įvertinamos tinkamumo ribiniam būviui apskaičiuoti betono ir tempiamosios armatūros reikšmės f_{ck} ir f_{yk} . Gniuždomosios armatūros skaičiuojamoji reikšmė yra lygi f_{sck} , bet ne didesnė kaip 400 N/mm^2 .

Apskaičiuojant gniuždomosios zonos santykinio aukščio ribinę reikšmę pagal (4.1) formulę $\sigma_{sc,lim} = 400 \text{ N/mm}^2$, o (4.2) formulėje koeficiento 0,008 reikšmė yra keičiama 0,006 reikšme. Įvertinant elementų liaunį, būtina atsižvelgti į 78 p. reikalavimus. Koeficientas $\delta_{e,min}$ apskaičiuojamas

$$\delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,008 f_{ck}. \quad (5.17)$$

II SKIRSNIS. STAČIAKAMPIO SKERSPJŪVIO EKSCESTRISKAİ GNİUŽDOMŲJŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS

83. Stačiakampio skerspjūvio ekscentriškai gniuždomieji elementai apskaičiuojami pagal tokią sąlygą:

$$N_{Ed} e_e \leq f_{cd} b x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{sc,d} A_{s2} (d - a_2). \quad (5.18)$$

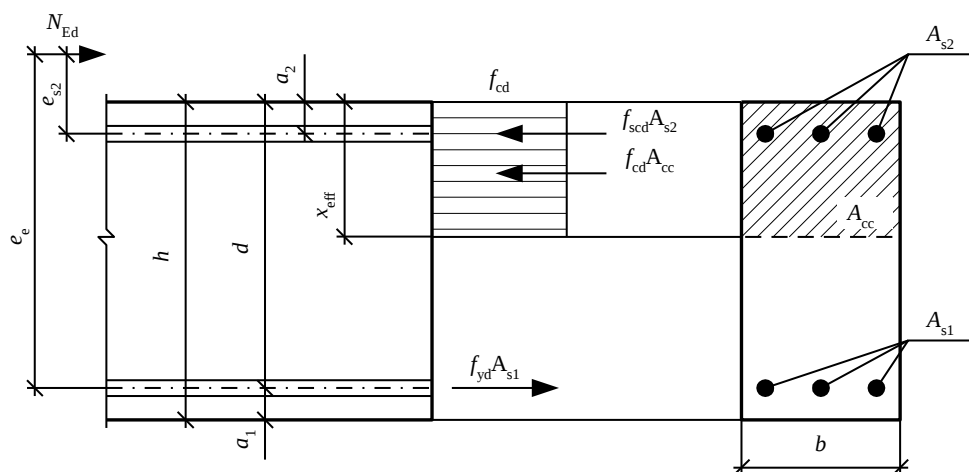
Šiuo atveju, kai $\xi_{eff} = x_{eff}/d \leq \xi_{lim}$ (10 pav.), gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$N_{Ed} + f_{yd} A_{s1} - f_{scd} A_{s2} = f_{cd} b x_{eff}. \quad (5.19)$$

Jeigu $\xi_{eff} = x_{eff}/d > \xi_{lim}$, taip pat tikrinama (5.18) nelygybė. Kai elemento betono klasė ne didesnė kaip C25/30, o armatūra iš anksto neįtempta strypinė ir jos takumo įtempiai σ_{yk} arba $\sigma_{0,2k}$ yra ne didesni kaip 400 N/mm^2 , gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas iš lygties

$$N_{Ed} + \sigma_s A_{s1} - f_{scd} A_{s2} = f_{cd} b x_{eff}, \quad (5.20)$$

$$\sigma_s = \left(2 \frac{1 - x_{eff}/d}{1 - \xi_{lim}} - 1 \right) f_{yd}. \quad (5.21)$$



10 pav. Ekscentriškai gniuždomųjų gelžbetoninių elementų statmenojų pjūvio stiprumo skaičiuotinė schema

Kai elemento betono klasė yra didesnė nei C25/30 arba elemento išilginės armatūros takumo įtempiai σ_{yk} arba $\sigma_{0,2k}$ yra didesni nei 400 N/mm^2 (neįtempta arba iš anksto įtempta), gniuždomasis zonos aukštis apskaičiuojamas pagal (1–3) formules iš šio Reglamento 1 priedo.

84. Stačiakampio skerspjūvio su simetriniu armavimu elementų stiprumo patikrinimas atliekamas priklausomai nuo gniuždomos zonos x_{eff} aukščio, kuris randamas iš (5.19) sąlygos. Kai $A_{s1} = A_{s2}$, gaunama

$$x_{eff} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b}. \quad (5.22)$$

Kai $x_{eff} \leq \xi_{lim} d$, tikriname sąlygą

$$N_{Ed} \cdot e_e \leq f_{cd} b x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{sc} A_{s2} (d - a_2). \quad (5.23)$$

Kai $x_{eff} > \xi_{lim} d$, taip pat tikrinama pagal (5.23) sąlygą, priimant $x_{eff} = \xi_{lim} d$.

Čia ξ_{eff} reikšmė apskaičiuojama priklausomai nuo betono klasės. Kai elementų klasė C25/30 ir mažesnė, tai

$$\xi_{eff} = \frac{\alpha_n (1 - \xi_{lim}) + 2 \alpha_{s1} \xi_{lim}}{1 - \xi_{lim} + 2 \alpha_{s1}}. \quad (5.24)$$

Kai elementų betono klasė C25/30 ir didesnė, tai

$$\xi_{eff} = -\frac{\alpha_{s1} (1 + \psi_c) - \alpha_n}{2} + \sqrt{\left[\frac{\alpha_{s1} (1 + \psi_c) - \alpha_n}{2} \right]^2 + \omega \alpha_{s1} \psi_c}. \quad (5.25)$$

Formulėse (5.24) ir (5.25):

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} b d}; \quad \alpha_{s1} = \frac{f_{yd} A_{s1}}{f_{cd} b d}; \quad \psi_c = \frac{\sigma_{sc,lim}}{f_{yd} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)}, \quad (5.26)$$

$\sigma_{sc,lim}$ ir ω – žr. 63 p.

Ekscentricitetas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$e_e = e_0 + \frac{d - a_2}{2}, \quad (5.27)$$

čia e_0 priimamas įvertinant išlinkį koeficientu η .

Jeigu gniuždomos zonos aukštis apskaičiuotas įvertinant pusę gniuždomos armatūros, t. y.

$$x_{eff} = \frac{N_{Ed} + f_{yd} A_{s1}/2}{f_{cd} b} < a_2, \quad \text{elemento apskaičiuotąją laikomąją galią galima padidinti}$$

pasinaudojus (5.23) lygtimi, kai $A_{s2}=0$ ir $x_{eff} = \frac{N_{Ed} + f_{yd} A_{s1}}{f_{cd} b}$. (5.25) formule galima naudotis

skaičiuojant elementus ir iš betono aukštesnės kaip C25/30 klasės.

Reikalingas simetrinės armatūros kiekis apskaičiuojamas priklausomai nuo santykinio

$$\text{išilginės jėgos dydžio } \alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} b d} :$$

a) kai $\alpha_n \leq \xi_{lim}$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} b d}{f_{yd}} \frac{\alpha_m - \alpha_n (1 - 0,5\alpha_n)}{1 - a_2/d}, \quad (5.28)$$

b) kai $\alpha_n > \xi_{lim}$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} b d}{f_{yd}} \frac{\alpha_m - \xi_{eff} (1 - 0,5\xi_{eff})}{1 - a_2/d}. \quad (5.29)$$

Dydžio α_s reikšmę (5.24) formulėje galima apskaičiuoti pagal tokią formulę:

$$\alpha_{s1} = \frac{\alpha_m - \alpha_n (1 - 0,5\alpha_n)}{1 - a_2/d}. \quad (5.30)$$

Skaičiuojant ξ_{eff} pagal (5.25) formulę α_s priimama pagal (5.30) formulę, tik α_n pakeičiama dydžiu $0,5(\alpha_n + \xi_{lim})$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} e_e}{f_{cd} b d^2}. \quad (5.31)$$

Dydis e_e apskaičiuojamas pagal (5.27) formulę.

85. Jeigu armatūra yra išdėstyta pagal skerspjūvio aukštį, tad tokį elementą apskaičiuojant rekomenduojama priimti, kad armatūra vienodai paskirstyta pagal linijas, einančias per armatūros strypų centrus (11 pav.).

Armatūros plotas $A_{s\ell}$ pagal vieną skerspjūvio šoną, lygiagretų lenkimo momento plokštumai, yra:

$$A_{s\ell} = A_{s\ell 1} (n_\ell + 1). \quad (5.32)$$

Čia: $A_{s\ell 1}$ – vieno tarpinio strypo plotas, jeigu yra skirtingo diametro strypai, tai priimamas jų vidurkis; n_ℓ – tarpinių strypų skaičius.

Armatūros pagal vieną kraštą, statmeną lenkimo momento plokštumai, A_{st} bus:

$$A_{st} = \frac{A_{s,tot}}{2} - A_{s\ell}, \quad (5.33)$$

$A_{s,tot}$ – bendras armatūros plotas skerspjūvyje.

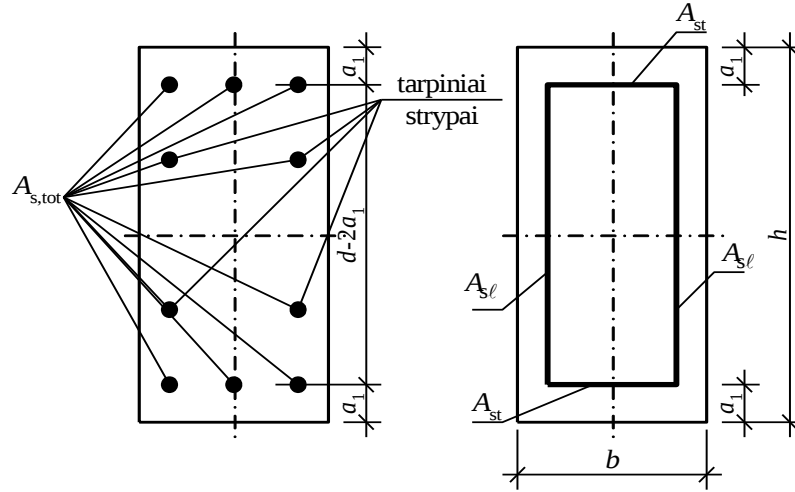
Stiprumo patikrinimas atliekamas priklausomai nuo gniuždomos zonos aukščio

$$x_{eff} = \frac{\alpha_{n1} + \alpha_{s\ell}}{1 + 2\alpha_{s\ell}/\omega} d, \quad (5.34)$$

a) kai $\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d} < \xi_{lim}$, stiprumas tikrinamas iš sąlygos

$$N_{Ed} \cdot e_0 \leq f_{cd} b h^2 \left[0,5 \xi_{eff} (1 - \xi_{eff}) + \alpha_{s\ell} \left(\xi_1 - \frac{a_1}{h} \right) \left(1 - \xi_1 - \frac{a_1}{h} \right) - 0,05 \alpha_{s\ell} \xi_1^2 + \alpha_{st} \left(1 - 2 \frac{a_1}{h} \right) \right], \quad (5.35)$$

$$\text{čia } \xi_1 = \frac{\xi_{eff}}{\omega}; \quad \alpha_{n1} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} b h}; \quad \alpha_{s\ell} = \frac{f_{yd} A_{s\ell}}{f_{cd} b h \left(0,5 - \frac{a_1}{h} \right)}; \quad \alpha_{st} = \frac{f_{yd} A_{st}}{f_{cd} b h}.$$



11 pav. Skaičiuojamoji schema, kai armatūra išdėstyta pagal visą skerspjūvio aukštį

b) kai $\xi_{eff} > \xi_{lim}$, stiprumas apskaičiuojamas iš sąlygos:

$$N_{Ed} \cdot e_0 \leq f_{cd} b h^2 \alpha_{m,lim} \frac{\alpha_{na} - \alpha_{n1}}{\alpha_{na} - \alpha_{n,lim}}, \quad (5.36)$$

čia $\alpha_{na} = 1 + \frac{f_{yd} A_{s,tot}}{f_{cd} b h}$ – išilginės jėgos santykinis dydis vienodai gniuždant visą skerspjūvį.

$\alpha_{m,lim}$, $a_{n,lim}$ – santykiniai lenkimo momento ir ašinės jėgos dydžiai, esant gniuždomos zonos aukščiui $x_{eff} = \xi_{lim}d$. Jie apskaičiuojami taip:

$$\alpha_{m,lim} = 0,5\xi_{lim}(1 - \xi_{lim}) + \alpha_{s\ell}\left(\xi_{1,lim} - \frac{a_1}{h}\right)\left(1 - \xi_{1,lim} - \frac{a_1}{h}\right) - 0,05\alpha_{s\ell}\xi_{1,lim}^2 + \alpha_{st}\left[1 - 2\frac{a_1}{h}\right]. \quad (5.37)$$

$$\alpha_{n,lim} = \xi_{lim} + \alpha_{s\ell}(2\xi_{1,lim} - 1); \quad \xi_{1,lim} = \frac{\xi_{lim}}{\omega}. \quad (5.38)$$

ξ_{lim} ir ω – žr. 63 p.

Ekscentricitetas e_0 apskaičiuojamas įvertinant išlinkį.

10 PAVYZDYS

Duota: kolona, kurios matmenys $b = 400$ mm, $h = 500$ mm; $a_1 = a_2 = 40$ mm; sunkusis betonas C20/25 klasės ($E_{cm} = 3,0 \cdot 10^4$ N/mm²); armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365$ N/mm²; $E_s = 2 \cdot 10^5$ N/mm²); armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2} = 1232$ mm² (2Ø28); išilginės jėgos ir lenkimo momentai: nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių $N_{Ed,\ell} = 650$ kN, $M_{Ed,\ell} = 140$ kN · m; nuo nuolatinių ir kintamųjų poveikių $N_{Ed} = 700$ kN, $M_{Ed} = 213$ kN · m; kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = 6$ m.

Reikia patikrinti kolonos skerspjūvio laikomąją galią.

$$d = 500 - 40 = 460 \text{ mm}.$$

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \frac{d - a_2}{2} = 213 \cdot 10^6 + 700 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} = 360 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 360 \text{ kN} \cdot \text{m};$$

$$M_{Ed,s\ell} = M_{Ed,\ell} + N_{Ed,\ell} \frac{d - a_2}{2} = 140 \cdot 10^6 + 650 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} = 276,5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 276,5 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Apskaičiuojame parametrus:

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{Ed,s\ell}}{M_{Ed}} = 1 + 1 \frac{276,5}{360} = 1,768 < \varphi_\ell = 1 + \beta = 1 + 1 = 2.$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{213 \cdot 10^6}{700 \cdot 10^3} = 304 \text{ mm} > e_a = h/30 = 16,7 \text{ mm}.$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{304}{500} = 0,608 > \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{6000}{500} - 0,01 \cdot 12 = 0,26,$$

priimame $\delta_e = 0,608$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^4} = 6,67;$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 500^3}{12} = 4,167 \cdot 10^9 \text{ mm}^4;$$

$$I_s = (A_{s1} + A_{s2}) \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 2464 \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 1,087 \cdot 10^8 \text{ mm}^4;$$

$$\begin{aligned} N_{\text{crit}} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] = \\ &= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{6000^2} \left[\frac{4,167 \cdot 10^9}{1,768} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,608} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 1,087 \cdot 10^8 \right] = 7077 \cdot 10^3 \text{ N} = 7077 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš (5.19):

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{700}{7077}} = 1,110.$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 304 \cdot 1,110 + \frac{460 - 40}{2} = 547 \text{ mm}.$$

Pagal (5.22) formulę apskaičiuojamas gniuždomosios zonos aukštis:

$$x_{\text{eff}} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{700 \cdot 10^3}{12 \cdot 400} = 145,8 \text{ mm}.$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754;$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,754}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,754}{1,1} \right)} = 0,615.$$

Kadangi $x_{\text{eff}} = 145,8 \text{ mm} < \xi_{\text{lim}} \cdot d = 0,615 \cdot 460 = 282,9 \text{ mm}$, skerspjuvio laikomoji galia tikrinama pagal (5.23) sąlygą:

$$f_{cd} \cdot b \cdot x_{\text{eff}} (d - 0,5x_{\text{eff}}) + f_{scd} \cdot A_{s2} (d - a_2) = 12 \cdot 400 \cdot 145,8 (460 - 0,5 \cdot 145,8) +$$

$$+ 360 \cdot 1232 (460 - 40) = 457 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 457 \text{ kN} \cdot \text{m} > N_{Ed} \cdot e_e = 700 \cdot 10^3 \cdot 547 = 383 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

t. y. skerspjuvio laikomoji galia pakankama.

11 PAVYZDYS

Duota: kolona, kurios matmenys $b = 400$ mm, $h = 500$ mm; $a_1 = a_2 = 40$ mm; sunkusis betonas C20/25 klasės ($E_{cm} = 3,0 \cdot 10^4$ N/mm²); armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365$ N/mm²; $E_s = 2 \cdot 10^5$ N/mm²); armatūros skerspjuvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$; išilginės jėgos ir lenkimo momentai: nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių $N_{Ed,\ell} = 600$ kN, $M_{Ed,\ell} = 170$ kN m; nuo nuolatinių ir kintamųjų poveikių $N_{Ed} = 800$ kN, $M_{Ed} = 280$ kN · m; kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = 8$ m.

Reikia parinkti armatūros skerspjuvio plotą.

$$d = 500 - 40 = 460 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s} &= M_{Ed} + N_{Ed} \frac{d - a_2}{2} = 280 \cdot 10^6 + 800 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} = \\ &= 448 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 448 \text{ kN m}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s\ell} &= M_{Ed,\ell} + N_{Ed,\ell} \frac{d - a_2}{2} = 170 \cdot 10^6 + 600 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} = \\ &= 296 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 296 \text{ kN} \cdot \text{m}. \end{aligned}$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{Ed,s\ell}}{M_{Ed}} = 1 + 1 \frac{296}{448} = 1,661 < \varphi_\ell = 1 + \beta = 1 + 1 = 2.$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{280 \cdot 10^6}{800 \cdot 10^3} = 350 \text{ mm} > e_a = h / 30 = 16,7 \text{ mm}.$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{350}{500} = 0,7 > \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{8000}{500} - 0,01 \cdot 12 = 0,22,$$

priimame $\delta_e = 0,7$.

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^4} = 6,67;$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 500^3}{12} = 4,167 \cdot 10^9 \text{ mm}^4;$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 400 \cdot 460 \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 8,114 \cdot 10^7 \text{ mm}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{8000^2} \left[\frac{4,167 \cdot 10^9}{1,661} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,7} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 8,114 \cdot 10^7 \right] = 3411 \cdot 10^3 \text{ N} = 3411 \text{ kN}.$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš (5.19):

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{800}{3411}} = 1,31.$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 350 \cdot 1,31 + \frac{460 - 40}{2} = 669 \text{ mm}.$$

Reikalingas armavimas apskaičiuojamas pagal 84 p.

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d} = \frac{800 \cdot 10^3}{12 \cdot 400 \cdot 460} = 0,362;$$

$$\alpha_m = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e}{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d^2} = \frac{800 \cdot 10^3 \cdot 669}{12 \cdot 400 \cdot 460^2} = 0,527;$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{\text{cd}} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754;$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{\text{sc},\text{lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)}} = \frac{0,754}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,754}{1,1} \right)} = 0,615.$$

Kadangi $\alpha_n = 0,362 < \xi_{\text{lim}} = 0,615$, armatūros plotus $A_{s1} = A_{s2}$ apskaičiuojame pagal (5.28) formulę:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d}{f_{\text{yd}}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n (1 - 0,5 \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} =$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \cdot 460}{360} \cdot \frac{0,527 - 0,362 (1 - 0,5 \cdot 0,362)}{1 - \frac{40}{460}} = 1549 \text{ mm}^2,$$

tuomet

$$\rho = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{b \cdot h} = \frac{2 \cdot 1549}{400 \cdot 500} = 0,016 > 0,01.$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas labai skiriasi nuo pasirinktojo, tai patikslinus ρ , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

$$\rho_1 = \frac{0,01 + 0,016}{2} = 0,013;$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,013 \cdot 400 \cdot 460 \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 1,055 \cdot 10^8 \text{ mm}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{8000^2} \left[\frac{4,167 \cdot 10^9}{1,661} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,7} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 1,055 \cdot 10^8 \right] = 3900 \cdot 10^3 \text{ N} = 3900 \text{ kN}.$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{800}{3900}} = 1,26.$$

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 350 \cdot 1,26 + \frac{460 - 40}{2} = 651 \text{ mm}.$$

$$\alpha_m = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e}{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d^2} = \frac{800 \cdot 10^3 \cdot 651}{12 \cdot 400 \cdot 460^2} = 0,513;$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d}{f_{\text{yd}}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n(1 - 0,5\alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} =$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \cdot 460}{360} \cdot \frac{0,513 - 0,362(1 - 0,5 \cdot 0,362)}{1 - \frac{40}{460}} = 1454 \text{ mm}^2.$$

Paremkame $A_{s1} = A_{s2} = 1473 \text{ mm}^2$ (3 $\varnothing$ 25).

12 PAVYZDYS

Duota: kolona, kurios matmenys $b=400 \text{ mm}$, $h=500 \text{ mm}$; $a_1=a_2=40 \text{ mm}$; sunkusis betonas C20/25 klasės ($E_{\text{cm}}=3,0 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$); armatūra S400 klasės ($f_{\text{yd}}=f_{\text{scd}}=365 \text{ N/mm}^2$; $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$); armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$; išilginės jėgos ir lenkimo momentai: nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių $N_{\text{Ed},\ell} = 2200 \text{ kN}$, $M_{\text{Ed},\ell} = 260 \text{ kN}\cdot\text{m}$; nuo nuolatinių ir kintamųjų poveikių $N_{\text{Ed}} = 2200 \text{ kN}$, $M_{\text{Ed}} = 320 \text{ kN}\cdot\text{m}$; kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = 6 \text{ m}$.

Reikia parinkti armatūros skerspjūvio plotą:

$$d = 500 - 40 = 460 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed,s}} &= M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \frac{d - a_2}{2} = 320 \cdot 10^6 + 2200 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} = \\ &= 782 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 782 \text{ kN} \cdot \text{m}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed,s}\ell} &= M_{\text{Ed,\ell}} + N_{\text{Ed,\ell}} \frac{d - a_2}{2} = 260 \cdot 10^6 + 2200 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} = \\ &= 722 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 722 \text{ kN} \cdot \text{m}. \end{aligned}$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{\text{cd}} = \alpha \cdot \alpha_{\text{cc}} \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_{\text{c}} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Nustatome:

$$\varphi_{\ell} = 1 + \beta \frac{M_{\text{Ed,s}\ell}}{M_{\text{Ed}}} = 1 + 1 \frac{722}{782} = 1,923 < \varphi_{\ell} = 1 + \beta = 1 + 1 = 2;$$

$$e_0 = \frac{M_{\text{Ed}}}{N_{\text{Ed}}} = \frac{360 \cdot 10^6}{2200 \cdot 10^3} = 163,6 \text{ mm} > e_{\text{a}} = h/30 = 16,7 \text{ mm};$$

$$\delta_{\text{e}} = \frac{e_0}{h} = \frac{163,6}{500} = 0,327 > \delta_{\text{e,min}} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{\text{cd}} = 0,5 - 0,01 \frac{6000}{500} - 0,01 \cdot 12 = 0,26,$$

priimame $\delta_{\text{e}} = 0,327$.

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,02$.

$$\alpha_{\text{e}} = \frac{E_{\text{s}}}{E_{\text{cm}}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^4} = 6,67;$$

$$I_{\text{c}} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 500^3}{12} = 4,167 \cdot 10^9 \text{ mm}^4;$$

$$I_{\text{s}} = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,02 \cdot 400 \cdot 460 \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 1,623 \cdot 10^8 \text{ mm}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{6000^2} \left[\frac{4,167 \cdot 10^9}{1,923} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,327} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 1,623 \cdot 10^8 \right] = 9906 \cdot 10^3 \text{ N} = 9906 \text{ kN}.$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš (5.19):

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{2200}{9906}} = 1,29.$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 163,6 \cdot 1,29 + \frac{460 - 40}{2} = 421 \text{ mm}.$$

Reikalingas armavimas apskaičiuojamas pagal 84 p.
Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d} = \frac{2200 \cdot 10^3}{12 \cdot 400 \cdot 460} = 0,996;$$

$$\alpha_m = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e}{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d^2} = \frac{2200 \cdot 10^3 \cdot 421}{12 \cdot 400 \cdot 460^2} = 0,912.$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{\text{cd}} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754;$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{\text{s,lim}}}{\sigma_{\text{sc,lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,754}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,754}{1,1} \right)} = 0,615.$$

Kadangi $\alpha_n = 0,996 > \xi_{\text{lim}} = 0,615$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal (5.29) formulę:

$$\alpha_{s1} = \frac{\alpha_m - \alpha_n (1 - 0,5 \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} = \frac{0,912 - 0,996 (1 - 0,5 \cdot 0,996)}{1 - \frac{40}{460}} = 0,451;$$

$$\xi = \frac{\alpha_n (1 - \xi_{\text{lim}}) + 2 \alpha_{s1} \xi_{\text{lim}}}{1 - \xi_{\text{lim}} + 2 \alpha_{s1}} = \frac{0,996 (1 - 0,615) + 2 \cdot 0,451 \cdot 0,615}{1 - 0,615 + 2 \cdot 0,451} = 0,729;$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \xi(1 - 0,5\xi)}{1 - a_2/d} =$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \cdot 460}{360} \cdot \frac{0,912 - 0,729(1 - 0,5 \cdot 0,729)}{1 - 40/460} = 3014 \text{ mm}^2,$$

tuomet

$$\rho = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{b \cdot h} = \frac{2 \cdot 3014}{400 \cdot 500} = 0,03 > 0,02.$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas labai skiriasi nuo užsiduotojo, tai patikslinus ρ , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

$$\rho_1 = \frac{0,02 + 0,03}{2} = 0,025;$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,025 \cdot 400 \cdot 460 \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 2,03 \cdot 10^8 \text{ mm}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{6000^2} \left[\frac{4,167 \cdot 10^9}{1,923} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,327} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 2,03 \cdot 10^8 \right] = 11354 \cdot 10^3 \text{ N} = 11354 \text{ kN};$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{2200}{11354}} = 1,24;$$

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 163,6 \cdot 1,24 + \frac{460 - 40}{2} = 413 \text{ mm};$$

$$\alpha_m = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{2200 \cdot 10^3 \cdot 413}{12 \cdot 400 \cdot 460^2} = 0,895;$$

$$\alpha_{s1} = \frac{\alpha_m - \alpha_n(1 - 0,5\alpha_n)}{1 - a_2/d} = \frac{0,895 - 0,996(1 - 0,5 \cdot 0,996)}{1 - 40/460} = 0,433;$$

$$\xi = \frac{\alpha_n(1 - \xi_{\text{lim}}) + 2\alpha_{s1}\xi_{\text{lim}}}{1 - \xi_{\text{lim}} + 2\alpha_{s1}} = \frac{0,996(1 - 0,615) + 2 \cdot 0,433 \cdot 0,615}{1 - 0,615 + 2 \cdot 0,433} = 0,732;$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \xi(1 - 0,5\xi)}{1 - \frac{a_2}{d}} =$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \cdot 460}{360} \cdot \frac{0,895 - 0,732(1 - 0,5 \cdot 0,732)}{1 - \frac{40}{460}} = 2895 \text{ mm}^2.$$

Parenciame $A_{s1} = A_{s2} = 3054 \text{ mm}^2$ (3 $\varnothing$ 36).

13 PAVYZDYS

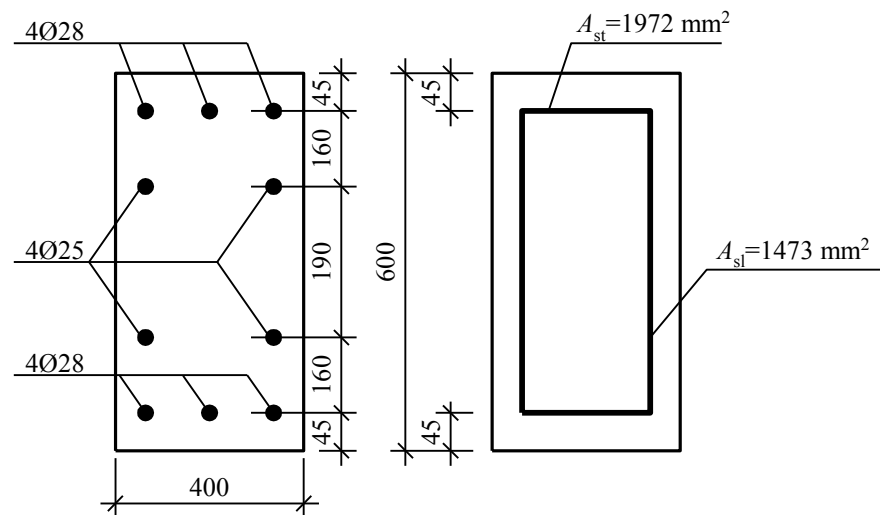
Duota: kolona, kurios matmenys $b = 400 \text{ mm}$, $h = 600 \text{ mm}$; sunkusis betonas C20/25 klasės ($E_{cm} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$); armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$; $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$) išdėstyta kaip parodyta paveiksle; išilginės jėgos ir lenkimo momentai: nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių $N_{Ed,\ell} = 350 \text{ kN}$, $M_{Ed,\ell} = 350 \text{ kN}\cdot\text{m}$; nuo nuolatinių ir kintamųjų poveikių $N_{Ed} = 500 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 500 \text{ kN}\cdot\text{m}$; kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = 10 \text{ m}$.

Reikia patikrinti kolonos skerspjūvio laikomąją galią:

$A_{s\ell 1} = 491 \text{ mm}^2$ ($\varnothing$ 25), $\eta_\ell = 2$ ir $A_{s,\text{tot}} = 6890 \text{ mm}^2$ (8 $\varnothing$ 28 + 4 $\varnothing$ 25), surandame armatūrų plotus $A_{s\ell}$ ir A_{st} :

$$A_{s\ell} = A_{s\ell 1}(\eta_\ell + 1) = 491(2 + 1) = 1473 \text{ mm}^2;$$

$$A_{st} = \frac{A_{s,\text{tot}}}{2} - A_{s\ell} = \frac{6890}{2} - 1473 = 1972 \text{ mm}^2.$$



$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \left(\frac{h}{2} - a_1 \right) = 500 \cdot 10^6 + 500 \cdot 10^3 \left(\frac{600}{2} - 45 \right) =$$

$$= 627,5 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} = 627,5 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

$$M_{Ed,\ell} = M_{Ed,\ell} + N_{Ed,\ell} \left(\frac{h}{2} - a_1 \right) = 350 \cdot 10^6 + 350 \cdot 10^2 \cdot \left(\frac{600}{2} - 45 \right) =$$

$$= 439,3 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} = 439,3 \text{ kN}\cdot\text{m}.$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Nustatome:

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{Ed,s\ell}}{M_{Ed}} = 1 + 1 \frac{439,3}{627,5} = 1,7 < \varphi_\ell = 1 + \beta = 1 + 1 = 2; .$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{500 \cdot 10^6}{500 \cdot 10^3} = 1000 \text{ mm} > e_a = h/30 = 16,7 \text{ mm};$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{1000}{600} = 1,67 > \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{10000}{600} - 0,01 \cdot 12 = 0,21,$$

priimame $\delta_e = 1,67$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^4} = 6,67;$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 600^3}{12} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4;$$

$$I_s = 2 \left(A_{st} + A_{s\ell} / 3 \right) \left(\frac{h}{2} - a_1 \right)^2 = 2 \left(1972 + 1473 / 3 \right) \left(\frac{600}{2} - 45 \right)^2 = 3,2 \cdot 10^8 \text{ mm}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$
$$= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{10000^2} \left[\frac{7,2 \cdot 10^9}{1,7} \left(\frac{0,11}{0,1 + 1,67} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 3,2 \cdot 10^8 \right] = 5417 \cdot 10^3 \text{ N} = 5417 \text{ kN}.$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš (5.19):

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{500}{5417}} = 1,102.$$

Apskaičiuojame reikšmes:

$$\alpha_{s\ell} = \frac{f_{yd} A_{s\ell}}{f_{cd} b h \left(0,5 - \frac{a_1}{h} \right)} = \frac{360 \cdot 1473}{12 \cdot 400 \cdot 600 \left(0,5 - \frac{46}{600} \right)} = 0,433;$$

$$\alpha_{st} = \frac{f_{yd}A_{st}}{f_{cd}bh} = \frac{360 \cdot 1972}{12 \cdot 400 \cdot 600} = 0,247;$$

$$\alpha_{n\ell} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd}bh} = \frac{500 \cdot 10^3}{12 \cdot 400 \cdot 600} = 0,174.$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754;$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,754}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,754}{1,1}\right)} = 0,615.$$

Apskaičiuojamas gniuždomosios zonos aukštis:

$$x_{eff} = \frac{\alpha_{n\ell} - \alpha_{s\ell}}{1 + \frac{2\alpha_{s\ell}}{\omega}} d = \frac{0,174 + 0,433}{1 + \frac{2 \cdot 0,433}{0,754}} \cdot 555 = 157 \text{ mm}.$$

Kadangi $\xi = \frac{x_{eff}}{d} = 0,283 < \xi_{lim} = 0,615$, stiprumas tikrinamas pagal (5.35) sąlygą:

$$\xi_1 = \frac{\xi}{\omega} = 0,375;$$

$$\begin{aligned} f_{cd}bh^2 \left[0,5\xi(1-\xi) + \alpha_{s\ell} \left(\xi_1 - \frac{a_1}{h} \right) \left(1 - \xi_1 - \frac{a_1}{h} \right) - 0,05\alpha_{s\ell}\xi_1^2 + \alpha_{st} \left(1 - 2\frac{a_1}{h} \right) \right] = \\ = 12 \cdot 400 \cdot 600^2 \left[0,5 \cdot 0,283(1-0,283) + 0,433 \left(0,375 - \frac{45}{600} \right) \left(1 - 0,375 - \frac{45}{600} \right) - \right. \\ \left. - 0,05 \cdot 0,433 \cdot 0,375^2 + 0,247 \left(1 - 2\frac{45}{600} \right) \right] = 656 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 656 \text{ kN} \cdot \text{m} > \end{aligned}$$

$$> N_{e0}\eta = 500 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 1,102 = 551 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 551 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

t. y. skerspjūvio laikomoji galia pakankama.

86. Stačiakampio skerspjūvio elementų stiprumo apskaičiavimas, kai armatūra išdėstyta nesimetriškai labiausiai gniuždomojoje ir tempiamojoje arba mažiau gniuždomojoje zonoje, atliekamas naudojantis 84 p. nuorodomis, o (5.22), (5.24) ir (5.25) formulės įgauna tokį pavidalą:

$$x_{eff} = \frac{N_{Ed} + f_{yd}A_{s1} - f_{scd}A_{s2}}{f_{cd}b}, \quad (5.39)$$

$$\xi = \frac{\alpha_n(1 - \xi_{\text{lim}}) + (\alpha_{s1} + \alpha_{s2})\xi_{\text{lim}} + (\alpha_{st} \alpha_{s2})}{1 + \xi_{\text{lim}} + 2\alpha_{s1}}, \quad (5.40)$$

$$\xi = -\frac{\alpha_{s2} + \psi_c \alpha_{s1} - \alpha_n}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha_{s2} + \psi_c \alpha_{s1} - \alpha_n}{2}\right)^2 + \psi_c \alpha_{s1} \omega},$$

$$\text{čia } \alpha_{s2} = \frac{f_{\text{scd}} A_{s2}}{f_{\text{cd}} b d}.$$

Gniuždomosios ir tempiamosios armatūros plotai, atitinkantys mažiausią jų sumą, apskaičiuojami pagal tokias formules:

a) kai elementai iš betono C25/30 klasės ir mažesnės

$$A_{s2} = \frac{N_{\text{Ed}} e - 0,4 f_{\text{cd}} b d^2}{f_{\text{scd}} (d - a_2)} \geq 0, \quad (5.41)$$

$$A_{s1} = \frac{0,55 f_{\text{cd}} b d - N_{\text{Ed}}}{f_{\text{yd}}} + A_{s2};.$$

b) kai elementai iš betono aukštesnės kaip C25/30 klasės

$$A_{s2} = \frac{N_{\text{Ed}} e - \xi_{\text{lim}} (1 - 0,5 \xi_{\text{lim}}) f_{\text{cd}} b d^2}{f_{\text{scd}} (d - a_2)} \geq 0, \quad (5.42)$$

$$A_{s1} = \frac{\xi_{\text{lim}} f_{\text{cd}} b d - N_{\text{Ed}}}{f_{\text{yd}}} + A_{s2}.$$

Čia ξ_{lim} ir $\xi_{\text{lim}}(1 - 0,5 \xi_{\text{lim}})$ priimama ne daugiau kaip 0,4 ir 0,5 atitinkamai.

Jei apskaičiuotasis A_{s1} gaunasi su neigiamu ženklu, priimamas minimalus armatūros kiekis (pagal konstrukcinius reikalavimus), bet ne mažesnis kaip

$$A_{s,\text{min}} = \frac{N_{\text{Ed}} (d - a_2 - e) - f_{\text{cd}} b h (0,5 h - a_2)}{f_{\text{scd}} (d - a_2)}. \quad (5.43)$$

Jeigu $A_{s,\text{min}}$ gaunasi neigiamas, tai gniuždomos armatūros plotas bus apskaičiuotas taip

$$A_{s2} = \frac{N_{\text{Ed}} - f_{\text{cd}} b a_2 - \sqrt{(N_{\text{Ed}} - f_{\text{cd}} b a_2)^2 - N_{\text{Ed}} (N_{\text{Ed}} - 2 f_{\text{cd}} b d + 2 f_{\text{cd}} b e)}}{f_{\text{scd}}}. \quad (5.44)$$

Jeigu $A_{s,\text{min}}$ – teigiamas, tai

$$A_{s2} = \frac{N_{\text{Ed}} - f_{\text{cd}} b h}{f_{\text{scd}}} - A_{s,\text{min}}. \quad (5.45)$$

14 PAVYZDYS

Duota: kolona, kurios matmenys $b = 350 \text{ mm}$, $h = 400 \text{ mm}$; $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$; sunkusis betonas C20/25 klasės ($E_{\text{cm}} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$); armatūra S400 klasės ($f_{\text{yd}} = f_{\text{scd}} = 365 \text{ N/mm}^2$; $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$); armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} \neq A_{s2}$; išilginės jėgos ir lenkimo momentai: nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių $N_{\text{Ed},\ell} = 400 \text{ kN}$, $M_{\text{Ed},\ell} = 100 \text{ kN}\cdot\text{m}$; nuo nuolatinių ir kintamųjų poveikių $N_{\text{Ed}} = 550 \text{ kN}$, $M_{\text{Ed}} = 192 \text{ kN}\cdot\text{m}$; kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = 7,4 \text{ m}$.

Reikia parinkti armatūros skerspjūvio plotą:

$$d = 400 - 40 = 360 \text{ mm};$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed},s} &= M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \frac{d - a_2}{2} = 192 \cdot 10^6 + 550 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2} = \\ &= 280 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} = 280 \text{ kN}\cdot\text{m}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed},\ell} &= M_{\text{Ed},\ell} + N_{\text{Ed},\ell} \frac{d - a_2}{2} = 100 \cdot 10^6 + 400 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,36 - 0,04}{2} = \\ &= 164 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} = 164 \text{ kN}\cdot\text{m}. \end{aligned}$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{\text{cd}} = \alpha \cdot \alpha_{\text{cc}} \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Nustatome:

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{\text{Ed},\ell}}{M_{\text{Ed}}} = 1 + 1 \frac{164}{280} = 1,586 < \varphi_\ell = 1 + \beta = 1 + 1 = 2;$$

$$e_0 = \frac{M_{\text{Ed}}}{N_{\text{Ed}}} = \frac{192 \cdot 10^6}{550 \cdot 10^3} = 349 \text{ mm} > e_a = h/30 = 16,7 \text{ mm};$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{349}{400} = 0,873 > \delta_{e,\text{min}} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{\text{cd}} = 0,5 - 0,01 \frac{7400}{400} - 0,01 \cdot 12 = 0,195,$$

priimame $\delta_e = 0,873$.

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,02$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^4} = 6,67;$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{350 \cdot 400^3}{12} = 1,87 \cdot 10^9 \text{ mm}^4;$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,02 \cdot 350 \cdot 360 \left(\frac{360 - 40}{2} \right)^2 = 6,45 \cdot 10^7 \text{ mm}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{7400^2} \left[\frac{1,87 \cdot 10^9}{1,586} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,873} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 6,45 \cdot 10^7 \right] = 2389 \cdot 10^3 \text{ N} = 2389 \text{ kN}.$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš (5.19):

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{550}{2389}} = 1,3.$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 349 \cdot 1,3 + \frac{360 - 40}{2} = 614 \text{ mm}.$$

Apskaičiuojami armatūros plotai iš (5.41) sąlygos:

$$A_{s2} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e - 0,4 f_{\text{cd}} b d^2}{f_{\text{scd}} (d - a_2)} = \frac{550 \cdot 10^3 \cdot 614 - 0,4 \cdot 12 \cdot 350 \cdot 360^2}{360(360 - 40)} = 1041 \text{ mm}^2;$$

$$A_{s1} = \frac{0,55 f_{\text{cd}} b d - N_{\text{Ed}}}{f_{\text{scd}}} + A_{s2} = \frac{0,55 \cdot 12 \cdot 350 \cdot 360 - 550 \cdot 10^3}{360} + 1041 = 1823 \text{ mm}^2.$$

Kadangi

$$\rho = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{b \cdot h} = \frac{1041 + 1823}{350 \cdot 400} = 0,02$$

lygus užsiduotam, tai armatūrų plotų netiksliname.

Priimame $A_{s2} = 1140 \text{ mm}^2$ (3Ø22), $A_{s1} = 1847 \text{ mm}^2$ (3Ø28).

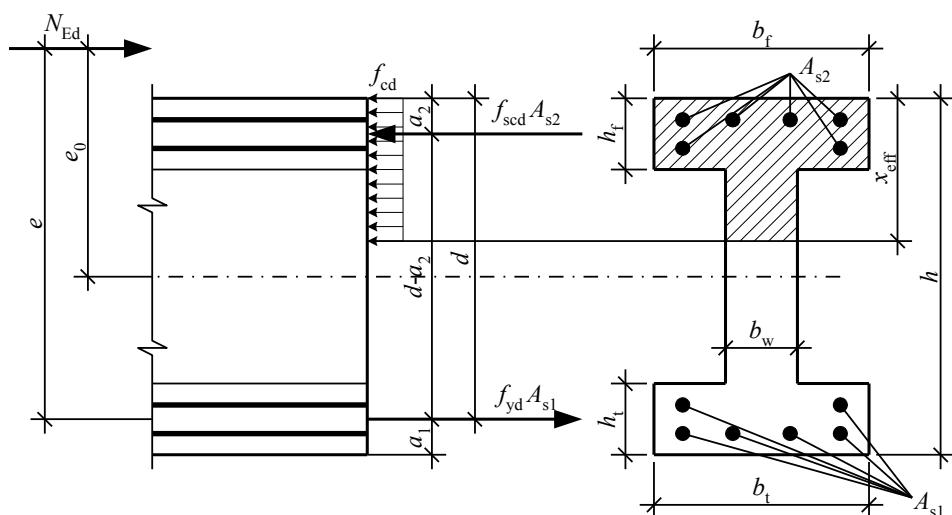
III skirsnis. Tėjinio skerspjūvio simetriškai armuoti elementai

87. Dvitėjinio skerspjūvio simetriškai armuotų elementų su lentynose išdėstyta armatūra (12 pav.) laikomosios galios tikrinimas atliekamas tokia tvarka.

Jeigu tenkinama sąlyga

$$N_{\text{Ed}} \leq f_{\text{cd}} b_f h_f, \quad (5.46)$$

t. y. neutralioji ašis praeina lentynoje, tai apskaičiavimas atliekamas kaip stačiakampio skerspjūvio, kurio $b = b_f$.



12 pav. Ekscentriškai gniuždomo dvitėjinio skerspjūvio skaičiuojamoji schema

Jei ši sąlyga neišlaikyta, t. y. neutralioji ašis praeina sienelėje, skaičiavimas atliekamas priklausomai nuo gniuždomos zonos aukščio $x_{\text{eff}} = \frac{N_{\text{Ed}} - f_{\text{cd}}(b_f - b_w)h_f}{f_{\text{cd}}b}$;

a) kai $x_{\text{eff}} \leq \xi_{\text{lim}}d$, stiprumas tikrinamas iš sąlygos:

$$N_{\text{Ed}} \cdot e \leq f_{\text{cd}}b x_{\text{eff}}(d - 0,5x_{\text{eff}}) + f_{\text{cd}}(b_f - b_w)h_f(d - 0,5h_f) + f_{\text{sc}}A_{s2}(d - a_2); \quad (5.47)$$

b) kai $x_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}}d$, stiprumas tikrinamas pagal ankstesnę sąlygą (5.47), gniuždomos zonos aukštį apskaičiuojant pagal formulę:

$$x_{\text{eff}} = d \left[-\frac{\alpha_{s1} + \psi_c \alpha_{s1} + \alpha_{0v} - \alpha_n}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha_s(1 + \psi_c) + \alpha_{0v} - \alpha_n}{2} \right)^2 + \psi_c \alpha_s \omega} \right], \quad (5.48)$$

$$\text{čia } \alpha_{s1} = \frac{f_{yd}A_{s1}}{f_{cd}bd}; \alpha_n = \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{cd}bd}; \alpha_{0v} = \frac{(b_f - b_w)h_f}{b d}.$$

Jeigu x_{eff} , apskaičiuotas pagal (5.48) formulę didesnis už $h - h_f$, t. y. gniuždomos zonos riba praeina per kitą mažiau gniuždomą lentyną, galima įvertinti laikomosios galios padidėjimą dėl kitos mažiau gniuždomos lentynos įsijungimo į bendrą darbą. Jeigu abiejų lentynų pločiai vienodi, skaičiavimas atliekamas pagal (5.47) formulę, pakeičiant b_w į b_f , h_f į $(h - 2h_f)$ ir $(b_f - b_w)h_f$ į $(b_f - b_w)(h - 2h_f)$. Kai lentynų storiai skirtingi, tai vietoje $2h_f = h_{f1} + h_{f2}$.

88. Reikalingas simetrinės armatūros kiekis bus apskaičiuojamas priklausomai nuo gniuždomos zonos aukščio.

Jeigu tenkinama 5.47 sąlyga, armatūros kiekis apskaičiuojamas kaip stačiakampiam skerspjūviui, kurio $b_w = b_f$. Kai ši sąlyga netenkinama, armatūros kiekis apskaičiuojamas priklausomai nuo santykinio gniuždomosios zonos aukščio $\xi = \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{cd}bd} - \frac{(b_f - b_w)h_f}{bd}$.

•jeigu $\xi \leq \xi_{\text{lim}}$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} b d}{f_{yd}} \frac{\alpha_{m1} - \xi(1 - 0,5\xi) - \alpha_{m,0}}{1 - \frac{a_2}{h}}, \quad (5.49)$$

• jeigu $\xi > \xi_{lim}$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} b d}{f_{yd}} \frac{\alpha_{m1} - \xi_1(1 - 0,5\xi_1) - \alpha_{m,0}}{1 - \frac{a_2}{h}}, \quad (5.50)$$

čia $\xi_1 = x_{eff} d$ yra apskaičiuojama iš (5.50) formulės, priimant

$$\alpha_s = \frac{\alpha_{m1} - \xi(1 - 0,5\xi) - \alpha_{m,0}}{1 - \frac{a_2}{h}}; \quad \alpha_{m1} = \frac{N_{Ed} e}{f_{cd} b d^2}; \quad \alpha_{m,0} = \frac{(b_f - b_w) h_f}{b d} (1 - 0,5 h_f / d).$$

IV skirsnis. Žiedinio ir apvalaus skerspjūvio ekscentriškai gniuždomi elementai

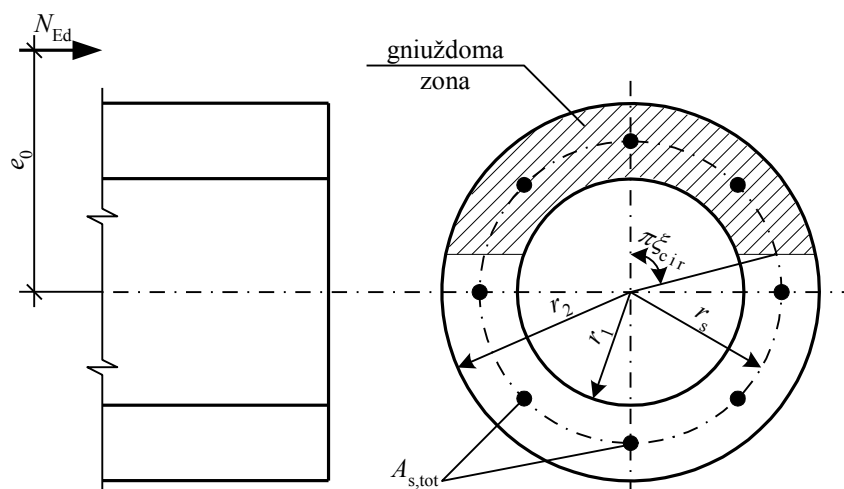
89. Žiedinio skerspjūvio ekscentriškai gniuždomieji elementai, kai vidinio ir šoninio paviršių spindulių santykis $r_1/r_2 \geq 0,5$ ir armatūra yra tolygiai išdėstyta visame apskritime (ne mažiau kaip 6 išilginiai strypai) (13 pav.) stiprumas apskaičiuojamas tikrinant nelygybę

$$N_{Ed} \cdot e_0 \leq (f_{cd} A_c \cdot r_m + f_{scd} A_{s,tot} \cdot r_s) \frac{\sin \pi \cdot \xi_{cir}}{\pi} + f_{yd} A_{s,tot} \varphi_s z_s. \quad (5.51)$$

Čia $r_m = \frac{r_1 + r_2}{2}$.

Gniuždomosios zonos santykinis plotas apskaičiuojamas

$$\xi_{cir} = \frac{N_{Ed} + (\sigma_p + \omega_1 f_{yd}) A_{s,tot}}{f_{cd} A_c + (f_{scd} + \omega_2 f_{yd}) A_{s,tot}}. \quad (5.52)$$



13 pav. Žiedinio skerspjūvio skaičiuojamoji schema

Jeigu pagal (5.52) formulę apskaičiuota $\xi_{\text{cir}} < 0,15$, gniuždomosios zonos santykinis plotas ξ_{cir} yra apskaičiuojamas

$$\xi_{\text{cir}} = \frac{N_{\text{Ed}} + (\sigma_p + \varphi_s f_{\text{yd}}) A_{\text{s,tot}}}{f_{\text{cd}} A_c + f_{\text{scd}} A_{\text{s,tot}}}. \quad (5.53)$$

Dydžiai φ_s ir z_s apskaičiuojami (5.54), (5.55) formulėmis, darant prielaidą, kad $\xi_{\text{cir}} = 0,15$.

Jei nėra iš anksto įtemptosios armatūros, (5.51) ir (5.52) formulėse priimama $\sigma_p = 0$.

Čia r_m – išorinio ir vidinio paviršių spindulių vidurkis; r_s – apskritimo, nubrėžto per išilginės armatūros centrus, spindulys; $A_{\text{s,tot}}$ – visas išilginės armatūros skerspjūvių plotas; z_s – atstumas nuo tempiamosios armatūros masės centro iki elemento skerspjūvio centro

$$\left. \begin{aligned} z_s &= (0,2 + 1,3\xi_{\text{cir}}) r_s, \\ z_s &\leq r_s; \end{aligned} \right\} \quad (5.54)$$

Koeficientai φ_s , ω_1 ir ω_2 apskaičiuojami taip:

$$\varphi_s = \omega_1 - \omega_2 \cdot \xi_{\text{cir}}, \quad (5.55)$$

$$\omega_1 = \eta_r - \frac{\sigma_p}{f_{\text{yd}}}, \text{ kai } \sigma_p = 0, \text{ tai } \omega = \eta_r, \quad (5.56)$$

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \delta, \quad (5.57)$$

čia η_r – koeficientas, kuris yra lygus

1,0 – kai strypinės armatūros takumo riba yra iki 400 N/mm²;

1,1 – kai armatūros takumo riba yra didesnė nei 400 N/mm²;

$$\delta = 1,5 + 6f_{\text{yd}} \cdot 10^{-4}, \quad (5.58)$$

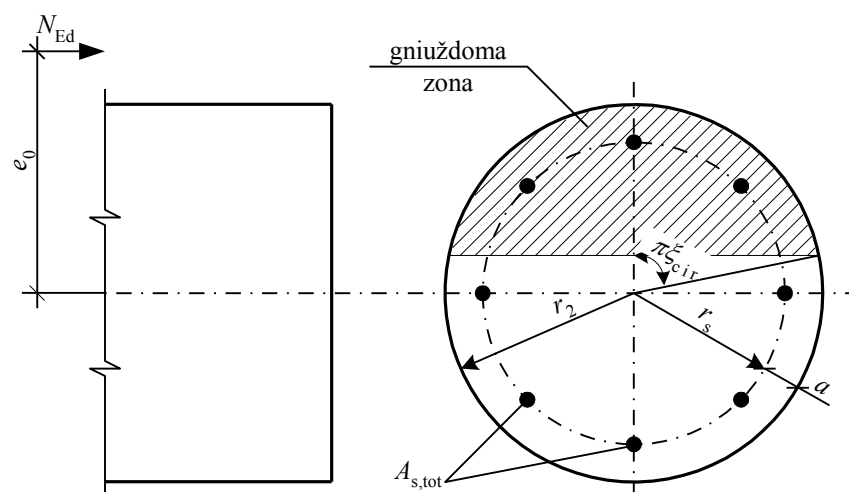
čia f_{yd} , N/mm².

Jeigu pagal (5.55) formulę apskaičiavus $\varphi_s \leq 0$, tai (5.51) į formulę įrašoma $\varphi_s = 0$ ir ξ_{cir} apskaičiuojama pagal (5.52) formulę, darant prielaidą, kad $\omega_1 = \omega_2 = 0$.

90. Armatūros kiekis parenkamas priartėjimo keliu. Jeigu armatūra išdėstyta vienodai visu perimetru, tai atliekant pirmąjį priartėjimą, armatūros kiekis parenkamas iš sąlygos:

$$A_{\text{s,tot1}} = \frac{N_{\text{Ed}} [0,84e_0 - r_m (1 - \xi_{\text{cir}})]}{f_{\text{yd}}}, \quad (5.59)$$

čia ξ_{cir} pasirenkama 0,3–0,33 – kai yra tik neįtemptoji armatūra; $\xi_{\text{cir}} = 0,3–0,5$ – kai iš anksto įtemptoji armatūra (viela). Priėmus atitinkamą ξ_{cir} reikšmę ir apskaičiavus $A_{\text{s,tot1}}$ pagal (5.59) formulę, tikrinamos (5.51) ir (5.52) sąlygos. Jeigu 5.51 sąlyga netenkinama, priimama kita ξ_{cir} reikšmė arba keičiami skerspjūvio matmenys (r_m) ir pagal (5.59) apskaičiuojama $A_{\text{s,tot2}}$ ir tikrinama 5.51 sąlyga.



14 pav. Apvalaus skerspjūvio skaičiuojamoji schema

91. Apvalaus ištisinio skerspjūvio gelžbetoniniai elementai (14 pav.), pagaminti iš įprasto sunkiojo betono arba smulkiagrūdžio betono, įvertinant skersinį armavimą, yra apskaičiuojami pagal 80 ir 83 p. Apskaičiuojant įvertinamas tik armatūros spirалės kraštinių strypų apriboto betono plotas A_{eff} . Formulių (5.18–5.20) dydis f_{yd} keičiamas $f_{cd,eff}$ dydžiu, o esant stipriajai išilginei armatūrai f_{scd} , keičiamas $f_{sc,eff}$ reikšme.

Įvertinant elemento skersinį armavimą, liaunis, $\lambda = l_0/i_{eff}$ turi būti:

a) $\lambda = l_0/i_{eff} \leq 55$, kai elementas armuotas tinklais;

b) $\lambda = l_0/i_{eff} \leq 35$, kai elementas armuotas spiralėmis,

čia i_{eff} – apskaičiuojant įvertinamas skerspjūvio dalies inercijos spindulys.

Apvalaus skerspjūvio elementų su neįtempta išilgine armatūra stiprumas tikrinamas ir jos kiekio parinkimas gali būti atliekamas iš sąlygos:

$$N_{Ed}(e_0\eta + r_s) \leq (f_{cd}A_c \cdot \beta_c + f_{ycd}A_{s,tot} \cdot \beta_s)r_s, \quad (5.60)$$

$$\text{čia } \beta_c = 1 - 0,32\sqrt{e_0 \cdot \eta / r_s}, \quad (5.61)$$

$$\beta_s = 1 - 0,33e_0 \cdot \eta / r_s \geq 0,5. \quad (5.62)$$

Šios formulės taikomos, kai $e_0\eta \leq 3r_s$. Kitais atvejais armatūros kiekis parenkamas priartėjimo keliu.

92. Ekscentriškai įstrižai gniuždomų elementų normaliųjų pjūvių stiprumo apskaičiavimas atliekamas naudojantis tokia bendrąja statmenųjų pjūvių skaičiavimo nelygybe:

$$N_{Ed} \cdot e(M_{Ed}) \leq \pm(f_{cd}S_c - \sum \sigma_{si} \cdot S_{si}). \quad (5.63)$$

Ši sąlyga naudotina esant bet kokiai skerspjūvio formai, išorės jėgoms ir bet kokiam armavimui (šio Reglamento 1 priedas). Prieš skliaustus yra rašomas „+“, kai apskaičiuojami lenkiamieji arba ekscentriškai gniuždomieji elementai, „–“, kai apskaičiuojami ekscentriškai tempiamieji elementai.

Duota žiedinio skerspjūvio kolona. Skerspjūvio vidinis skersmuo $r_1 = 150$ mm, išorinis $r_2 = 250$ mm. Betonas C20/25. Išilginė armatūra S400 $f_{yd} = f_{scd} = 350$ N/mm², armatūros plotas $A_{s,tot} = 1470$ mm² (13Ø12). Išilginė jėga nuo pilnos apkrovos $N_{Ed} = 900$ kN, jos ekscentricitetas skerspjūvio centro atžvilgiu įvertinant išlinkį $e_0 = 130$ mm.

Reikia patikrinti laikomąją galią.

Betono skaičiuojamasis stipris $f_{cd} = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{20}{1,5} = 12$ N/mm². Žiedinio skerspjūvio betono plotas $A_c = \pi(r_2^2 - r_1^2) = 3,14(250^2 - 150^2) = 125600$ mm².

Kadangi $r_1/r_2 = 150/250 = 0,600 > 0,5$, tai santykinis gniuždomos zonos aukštis apskaičiuojamas pagal 5.52 formulę.

$$\xi_{cir} = \frac{N_{Ed} + w_1 f_{yd} A_{s,tot}}{f_{cd} A_c + w_2 f_{yd} A_{s,tot}} = \frac{1900000 + 1 \cdot 365 \cdot 1470}{12 \cdot 125600 + 1,71 \cdot 365 \cdot 1470} = 0,59.$$

Pagal (5.56) ir (5.57) formules $w_1 = 1$; $w_2 = w_1 \cdot \delta = 1 (1,5 + 6 \cdot 350 \cdot 10^{-4}) = 1,71$.
Laikomąją galią tikriname pagal (5.51) formulę:

$$N_{Ed} e_0 < \left[(f_{cd} \cdot A_c \cdot r_m + f_{scd} A_{s,tot} r_s) \frac{\sin(\pi \xi_{cir})}{\pi} + f_{yd} A_{s,tot} \rho_s z_s \right].$$

Pagal (5.55) ir (5.57) formules: $\xi_s = w_1 - w_2 \xi_{cir} = 1 - 1,71 \cdot 0,59 = -0,009$. Tokiu atveju priimama $\xi_s = 0$ ir ξ_{cir} apskaičiuojama pagal 5.52 formulę, priimant $w_1 = w_2 = 0$. Tuomet

$$\xi_{cir} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} A_c} = \frac{900000}{12 \cdot 125600} = 0,597.$$

Kadangi $\varphi_s = 0$, tai (5.51) formulę įgauna pavidalą:

$$\begin{aligned} N_{Ed} \cdot e_0 &< (f_{cd} A_c r_m + f_{scd} A_{s,tot} r_s) \frac{\sin(\pi \cdot 0,597)}{\pi} = \\ &= (12 \cdot 125600 \cdot 200 + 365 \cdot 1470) \frac{\sin(180^\circ \cdot 0,597)}{\pi} = 124260000 \text{ Nmm}. \end{aligned}$$

$$N_{Ed} e_0 = 900000 \cdot 130 = 117000000 \text{ Nmm} < 124260000 \text{ Nmm}.$$

Laikomoji galia pakankama.

16 PAVYZDYS

Duota apvalaus skerspjūvio kolona. Jos skersmuo $\varnothing = 400$ mm; $a_s = 35$ mm, betonas C20/25, kurio $f_{cd} = 12$ N/mm²; $E_{cm} = 30 \cdot 10^3$ N/mm², išilginė armatūra S400, kurios $f_{yd} = 365$ N/mm², $A_{s,tot} = 3140$ mm² (10Ø20). Veikia išilginė jėga nuo visų poveikių $N_{Ed} = 600$ kN. Lenkimo momentas nuo visų poveikių $M_{Ed} = 140 \cdot 10^3$ kN·mm nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių $M_{Ed,\ell} = 100 \cdot 10^3$ kNmm. Kolonos skaičiuojamasis ilgis $l_0 = 4000$ mm.

Reikia patikrinti laikomąją galią.

Pirmiausia apskaičiuojamas liaunis $\lambda = \frac{l_0}{i}$, $i = \frac{\phi}{4} = \frac{400}{4} = 100$ mm. $\lambda = \frac{4000}{100} = 40 > 14$.
Reikia įvertinti išlinkį. Tuo tikslu apskaičiuojama sąlyginė kritinė jėga N_{crit} .

$$A_c = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 400^2}{4} = 125600 \text{ mm}^2; I_c = \frac{\pi \phi^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 400^4}{64} = 1256 \cdot 10^6 \text{ mm}^4;$$

$$I_s = \frac{A_{s,\text{tot}} \cdot r_s^2}{2} = \frac{3140 \cdot 165^2}{2} = 42,74 \cdot 10^6; \alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{2 \cdot 10^5}{30 \cdot 10^3} = 6,67; \delta_e = \frac{e_0}{\phi};$$

$$e_0 = \frac{M_{\text{Ed}}}{N_{\text{Ed}}} = \frac{140 \cdot 10^3}{600 \cdot 10^3} = 233 \text{ mm}; \delta_e = \frac{e_0}{\phi} = \frac{233}{400} = 0,583 > \delta_{e,\text{min}} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{\phi} - 0,01 f_{\text{cd}} = 0,28.$$

Priimame $\delta_e = \frac{l_0}{\phi} = 0,583$. φ_ℓ apskaičiuojama pagal formulę:

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{\text{Ed},\ell}}{M_{\text{Ed}}} = 1 + \beta \frac{M_{\text{Ed},\ell} + N_{\text{Ed},\ell} \cdot r_s}{M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot r_s} = 1 + 1 \frac{(100 + 400 \cdot 165) \cdot 10^3}{(140 + 600 \cdot 165) \cdot 10^3} = 1,695;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{0,4 E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 30 \cdot 10^3}{4000^2} \left[\frac{1256 \cdot 10^6}{1,695} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,983} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 42,74 \cdot 10^6 \right] = 5740 \cdot 10^3 \text{ N} = 5740 \text{ kN}.$$

Koeficientas η apskaičiuojamas pagal (5.2) formulę:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{600}{5740}} = 1,12.$$

Ekscentricitetas, įvertinus išlinkį, bus:

$$e = (e_0 + \varepsilon_a) \eta = (233 + 10) \cdot 1,12 = 272 \text{ mm} < 3 \cdot r_s = 3 \cdot 182,5 = 548 \text{ mm}.$$

Laikomoji galia tikrinama pagal (5.60) sąlygą, t. y.

$$600000(272 + 1825) \leq (12 \cdot 125600 \cdot 0,61 + 365 \cdot 3140 \cdot 0,51) 182,5 = 274,46 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm},$$

$$272,7 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} < 274,5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

$$\beta_c = 1 - 0,32 \sqrt{272/182,5} = 0,61; \beta_s = 1 - 0,33 \frac{272}{182,5} = 0,51.$$

V skirsnis. Tempiamųjų elementų apskaičiavimas

93. Apskaičiuojant centriškai tempiamuosius gelžbetoninius elementus, tikrinama sąlyga

$$N_{Ed} \leq f_y d A_{s,tot}, \quad (5.64)$$

čia $A_{s,tot}$ – visos išilginės armatūros skerspjūvio plotas.

Stačiakampio skerspjūvio ekscentriškai tempiamieji elementai apskaičiuojami atsižvelgiant į išilginės jėgos N_{Ed} padėtį:

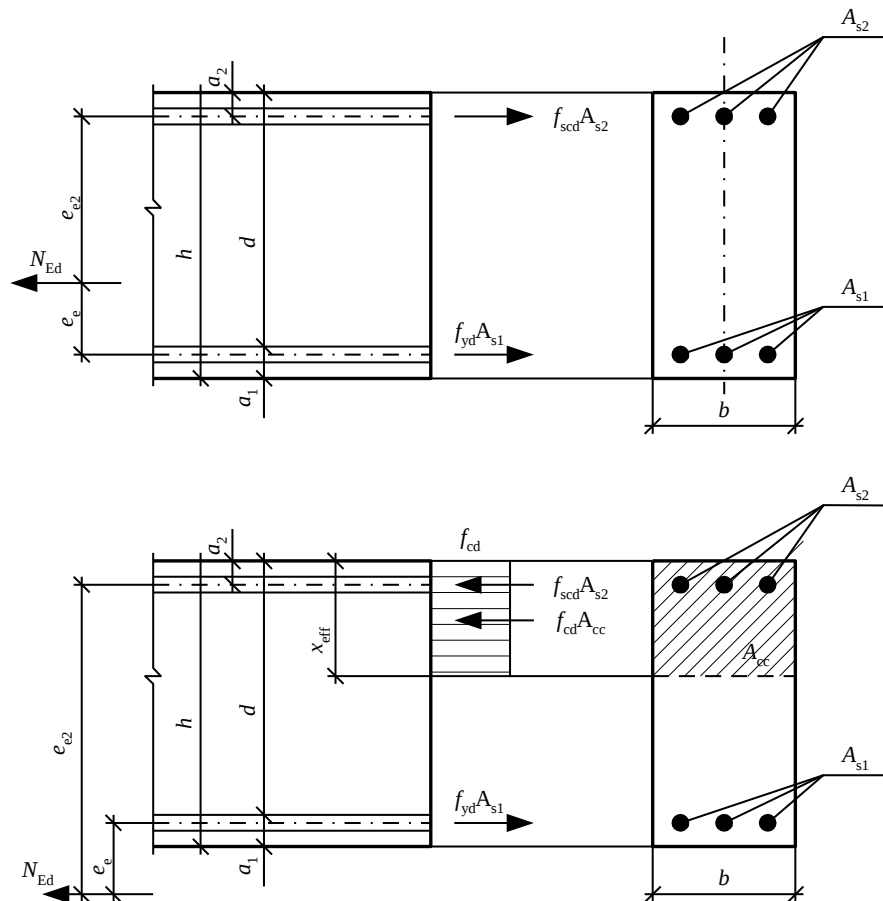
- jeigu išilginė jėga N_{Ed} yra tarp A_{s1} ir A_{s2} armatūros atstojamųjų jėgų (žr. 15 a pav.).

$$N_{Ed} e_e \leq f_{yd} A_{s2} (d - a_2), \quad (5.65)$$

$$N_{Ed} e_{e2} \leq f_{yd} A_{s1} (d - a_2). \quad (5.66)$$

- jeigu išilginė jėga N_{Ed} yra už A_{s1} ir A_{s2} armatūros atstojamųjų jėgų atstumo (žr. 15 b pav.), apskaičiuojama tikrinant sąlygą

$$N_{Ed} e_e \leq f_{cd} b x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{scd} A_{s2} (d - a_2). \quad (5.67)$$



15 pav. Ekscentriškai tempiamųjų gelžbetoninių elementų statmenojo pjūvio stiprumo skaičiuotinės schemas, kai išilginė jėga N_{Ed} veikia tarp A_{s1} ir A_{s2} armatūrų (a) ir už armatūros ribų (b)

Gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas

$$f_{yd} A_{s1} - f_{scd} A_{s2} - N_{Ed} = f_{cd} b x_{eff}. \quad (5.68)$$

Jeigu pagal (5.68) formulę nustatytas gniuždomosios zonos aukštis $x_{\text{eff}} > \xi_{\text{lim}} d$, tai į (5.67) formulę yra įrašoma gniuždomosios zonos aukščio reikšmė. $x_{\text{eff}} = \xi_{\text{lim}} d$, čia ξ_{lim} yra nustatoma pagal 63 p. nuorodas. Jeigu $x_{\text{eff}} < 0$, tai stiprumas tikrinamas iš (5.65) formulės. Esant simetriniam armavimui nepriklausomai nuo e dydžio stiprumas tikrinamas iš 5.65 sąlygos.

Jeigu $e_{e2} > d - a_2$ (žr. 16 pav.) gniuždomosios zonos aukštis, apskaičiuotas neįvertinant gniuždomosios armatūros $x = \frac{f_{yd} A_s - N_{Ed}}{f_{cd} b}$ mažiau kaip $2a_2$, skaičiuojamąją laikomąją galią galima padidinti, atliekant apskaičiavimą pagal (5.67) ir (5.68) formules, neįvertinant gniuždomosios armatūros.

94. Reikalingas armatūros kiekis apskaičiuojamas tokia eile:

a) kai $e_{e2} \leq d - a_2$, A_{s1} ir A_{s2} armatūra apskaičiuojama iš formulių:

$$A_{s1} = \frac{N_{Ed} e_{e2}}{f_{yd} (d - a_2)}, \quad (5.69)$$

$$A_{s2} = \frac{N_{Ed} e_e}{f_{yd} (d - a_2)}; \quad (5.70)$$

b) kai $e_{e2} > d - a_2$, tempiamos armatūros skerspjūvio plotas apskaičiuojamas:

$$A_{s1} = \frac{\xi_{\text{eff}} b d f_{cd} + N_{Ed}}{f_{yd}} + A_{s2} \frac{f_{scd}}{f_{yd}}. \quad (5.71)$$

Toliau skaičiavimas atliekamas priartėjimo keliu. Pirmiausia pasirenkama minimalus A_{s2} armatūros plotas ir iš (5.67) apskaičiuojama x_{eff} ($x_{\text{eff}} = \xi_{\text{lim}} d$). Iš (5.71) apskaičiuojama A_{s1} armatūros plotas ir tikrinama jėgų pusiausvyros sąlyga, remiantis (5.68) sąlyga.

17 PAVYZDYS

Patikrinti ekscentriškai tempiamos gelžbetoninės spragotinės kolonos šakos laikomąją galią. Skerspjūvis $b \times h = 500 \times 200$ mm. $a_1 = a_2 = 40$ mm, armatūra S400, kurios $f_{yd} = f_{scd} = 365$ N/mm², $A_{s1} = A_{s2} = 982$ mm² (2Ø25). Betonas C20/25 ($f_{cd} = 12$ N/mm²). Veikia bendra išilginė įrąža $N_{Ed} = 44$ kN, lenkimo momentas $M_{Ed} = 43$ kN·m.

Apskaičiuojame reikalingus geometrinius dydžius: $d = 200 - 40 = 160$ mm;

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{43 \cdot 10^6}{44 \cdot 10^3} = 977 \text{ mm};$$

$$e_{e2} = e_0 + \frac{h}{2} - a_2 = 977 + \frac{200}{2} - 40 = 1037 \text{ mm};$$

$$e_{e1} = e_0 - \frac{h}{2} + a_1 = 977 - \frac{200}{2} + 40 = 917 \text{ mm}.$$

Kadangi armatūra simetrinė, tai laikomoji galia tikrinama iš sąlygos (5.66):

$$\begin{aligned} f_{yd} \cdot A_{s1} (d - a_2) &= 365 \cdot 982 (160 - 40) = 43,01 \cdot 10^6 \text{ N} < N_{Ed} \cdot e_{e2} = \\ &= 44 \cdot 10^3 \cdot 1037 = 45,6 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}. \end{aligned}$$

Sąlyga nepatenkinta.

Kadangi $e_{e2} = 1037 \text{ mm} > d - a_2 = 120 \text{ mm}$, gniuždomos zonos aukštį x_{eff} apskaičiuojame neįvertinant gniuždomą armatūrą:

$$x_{\text{eff}} = \frac{f_{yd}A_{s1} - N_{Ed}}{f_{cd}b} = \frac{365 \cdot 982 - 44 \cdot 10^3}{12 \cdot 500} = 53,33 < 2a_2 = 80 \text{ mm} \quad \text{ir} \quad \text{laikomąją} \quad \text{galią}$$

patikriname iš sąlygos (5.67) priimdami $x_{\text{eff}} = 40 \text{ mm}$ ir $A_{s2} = 0$.

$$\begin{aligned} f_{cd}x_{\text{eff}}b(d - 0,5x_{\text{eff}}) &= 12 \cdot 500 \cdot 53,33(160 - 0,5 \cdot 53,33) = \\ &= 42,7 \cdot 10^6 > N_{e1} = 44 \cdot 10^3 \cdot 917 = 40,4 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}. \end{aligned}$$

Normaliojo pjūvio stiprumas pakankamas.

18 PAVYZDYS

Duota: stačiakampis, kurio skerspjūvis $b \times h = 1000 \times 200 \text{ mm}$. $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$. Betonas C20/25 ($f_{cd} = 9 \text{ N/mm}^2$). Armatūra S400, kurios $f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$. Reikia parinkti simetrinės armatūros skerspjūvio plotą. Elementą veikia išilginė tempiamoji jėga $N_{Ed} = 532 \text{ kN}$, lenkimo momentas $M_{Ed} = 74 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

$$\begin{aligned} e_0 &= \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{74 \cdot 10^6}{532 \cdot 10^3} = 139 \text{ mm}; \\ e_{e1} &= e_0 - \frac{h}{2} + a_1 = 139 - \frac{200}{2} + 40 = 79 \text{ mm}; \\ e_{e2} &= e_0 + \frac{h}{2} - a_2 = 139 + \frac{200}{2} - 40 = 199 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Kadangi armatūra simetrinė, jo plotas apskaičiuojamas pagal (5.69) formulę:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{N_{Ed} e_{e2}}{f_{yd}(d - a_2)} = \frac{532 \cdot 10^3 \cdot 199}{365(160 - 40)} = 2417 \text{ mm}^2.$$

Priimame $4\varnothing 28$ ($A_{s1} = A_{s2} = 2463 \text{ mm}^2$).

VI SKYRIUS. ELEMENTŲ ĮSTRIŽŪJŲ PJŪVIŲ STIPRUMO SKERSINIŲ JĖGŲ ATŽVILGIU APSKAIČIAVIMAS

95. Elementų įstrižųjų pjūvių stiprumą reikia patikrinti skersinės jėgos ir lenkimo momento atžvilgiu. Trumpųjų ($l \leq 0,9 d$) atraminių gembių stiprumas skersinių jėgų atžvilgiu apskaičiuojamas patikrinant betono tarp krūvio ir atramos atsparumą gniuždant.

Sijų, apkrautų viena arba dviem sutelktomis jėgomis, nutolusiomis nuo atramų ne toliau nei d , taip pat ir trumpų sijų, kurių tarpatramis $l \leq 2d$, atsparumą skersinėms jėgoms rekomenduojama apskaičiuoti pagal betono zonos tarp apkrovos ir atramos stiprumą gniuždant, atsižvelgiant į atitinkamas rekomendacijas. Taip pat galima tokių sijų atsparumą apskaičiuoti kaip elementų be skersinės armatūros.

Elementų skersinis armavimas, skersinės ir išilginės armatūros inkaravimas, jos nutraukimo vietos turi atitikti šio reglamento konstrukcinius reikalavimus.

Elementų įstrižųjų pjūvių atsparumą skersinių jėgų atžvilgiu reikia patikrinti, atsižvelgiant į betono gniuždymą tarp įstrižųjų plyšių ir į skersinių jėgų sukeltą tempimą, veikiantį elemento ašiai įstriža kryptimi.

96. Elemento stiprumą veikiant skersinėms jėgoms, atsižvelgiant į betono tarp įstrižųjų plyšių gniuždymą, reikia patikrinti pagal (6.1) ir (6.2) formules.

$$V_{Ed} \leq 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{c1} f_{cd} b d, \text{ kai } \sigma_c \leq 0,5 f_{cd} \text{ ir} \quad (6.1)$$

$$V_{Ed} \leq 0,6 \varphi_{w1} \varphi_{c1} f_{cd} (1 - \sigma_c / f_{cd}) b d, \text{ kai } 0,5 f_{cd} \leq \sigma_c \leq f_{cd}; \quad (6.2)$$

$$\text{čia: } \varphi_{w1} = 1 + 5 \alpha \rho_w \leq 1,3; \alpha = E_s / E_c \text{ ir } \rho_w = A_{sw} / (b s_w);$$

V_{Ed} – skaičiuotinė poveikių sukelta skersinė jėga, veikianti sijos skerspjuvyje nutolusiame nuo atramos ne toliau nei d ; b – stačiakampio skerspjuvio plotis arba tėjinio skerspjuvio sienelės storis, t. y. $b = b_w$; A_{sw} – sankabų, esančių vienoje plokštumoje skersai elemento, skerspjuvio plotas; s_w – atstumas statmena kryptimi tarp sankabų, statmenų elementų išilginei ašiai ir pasvirusių į ją ne mažesniu kaip 45° kampų (visais kitais atvejais s_w žingsnis imamas išilgai elemento ašies);

$$\varphi_{c1} = 1 - \beta f_{cd}; \quad (6.3)$$

β – koeficientas, imamas iš 12 lentelės; f_{cd} – imamas N/mm^2 ; σ_c – vidutiniai skerspjuvio normaliniai gniuždomieji įtempiai dėl skaičiuotinių poveikių.

12 lentelė

Koeficientų β , φ_{c2} , φ_{c3} ir φ_{c4} reikšmės

Betono tipas	β	φ_{c2}	φ_{c3}	φ_{c4}
Normalaus svorio	0,01	2,0	0,6	1,5
Smulkiagrūdīs	0,01	1,7	0,5	1,2
Lengvasis, ne mažesnės kaip D1,9 tankio klasės	0,02	1,9	0,5	1,2
Lengvasis, ne didesnės kaip D1,8 tankio klasės su smulkiais tankiaisiais užpildais	0,02	1,75	0,4	1,0
lengvaisiais užpildais	0,02	1,5	0,4	1,0
PASTABA. Kai elementų išilginė tempiamoji armatūra yra iš anksto neįtemptų strypų, kurių $f_{yk} > 500 \text{ N/mm}^2$, tai φ_{c2} , φ_{c3} ir φ_{c4} reikšmės, pateiktos šioje lentelėje, dauginamos iš 0,8.				

I SKIRSNIS. PASTOVAUS AUKŠČIO ELEMENTAI BE SKERSINĖS ARMATŪROS

97. Gelžbetoninių elementų be skersinės armatūros stiprumas skersinių jėgų atžvilgiu tikrinamas pagal tokias formules:

$$V_{Ed, \max} \leq 2,5 f_{ctd} b d, \quad (6.4)$$

kurioje $V_{Ed, \max}$ – didžiausia skersinė jėga, veikianti prie atramos krašto, ir

$$V_{Ed} \leq \frac{\varphi_{c4} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2}{c} = \frac{M_{c4}}{c} \geq V_{Rdc, \min}, \quad (6.5)$$

čia V_{Ed} – skersinė jėga, veikianti ties įstrižojo pjūvio galu; φ_{c3} ir φ_{c4} – koeficientai imami iš 12 lentelės; c – įstrižojo pjūvio, prasidedančio nuo atramos krašto, projekcija, ne didesnė nei

$$c_{\max} = (\varphi_{c4} / \varphi_{c3})d \approx 2,5d \text{ (imama } c_{\max} = 2,5d) \quad (6.6)$$

$$M_{c4} = \varphi_{c4}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2; \quad (6.7)$$

$$V_{Rd,c,\min} = \varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d; \quad (6.8)$$

$$\varphi_n = 0,1 \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} b d} \leq 0,5; \quad (6.9)$$

kai N_{Ed} yra išilginė gniuždomoji jėga; apspaudimo jėga $P_{m\infty}$ nuo išankstinio armatūros įtempimo traktuojama kaip išilginė gniuždomoji jėga; išilginių gniuždomųjų jėgų palankios įtakos nepaisoma, jeigu jos sukelia tokio pačio ženklo lenkimo momentus kaip ir veikiančios skersinės apkrovos;

$$\varphi_n = -0,2 \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} b d} \geq -0,8, \quad (6.10)$$

kai N_{Ed} yra išilginė tempiamoji jėga.

Jeigu gniuždomiesiems elementams pagal (6.9) gaunama, kad

$$\varphi_n > 0,5, \quad (6.11)$$

tai reikia patikrinti, ar betono gniuždomieji įtempiai

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_{c,\text{eff}}} > 0,5 f_{cd}. \quad (6.12)$$

Čia $A_{s,\text{eff}}$ – elemento skerspjūvio ekvivalentinis plotas. Jeigu (6.12) sąlyga tenkinama, tai elemento stiprumą reikia patikrinti pagal (6.2) sąlygą, nes didelė gniuždymo įtempiai gali sumažinti elemento stiprumą betono gniuždymo tarp įstrižųjų plyšių atžvilgiu.

Reikia patikrinti (6.3) sąlygą pavojingiausiems pjūviams, kurių projekcija c yra ne didesnė nei $c_{\max}$.

Kai elementas yra apkrautas sutelktomis apkrovomis (žr. 16 pav.), c reikšmėmis imami atstumai nuo elemento atramos krašto iki šių apkrovų.

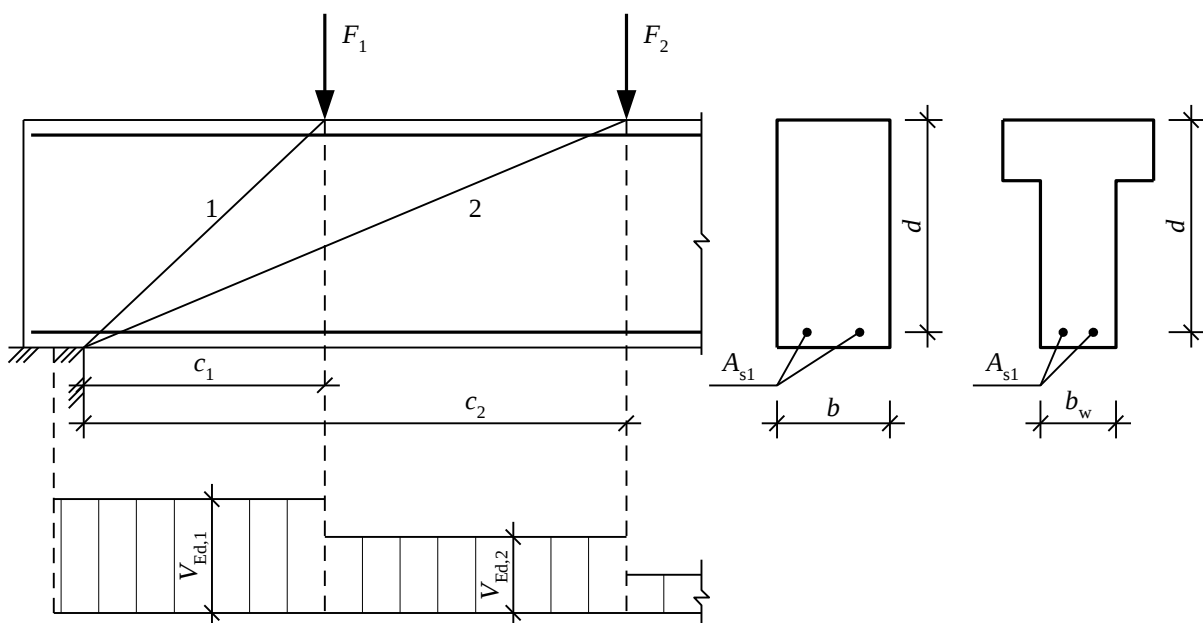
Elementui be skersinės armatūros, apkrautam tolygiai paskirstyta apkrova, (6.5) sąlygą patogiau išreikšti taip:

$$V_{Ed,\max} \leq \sqrt{\varphi_{c4}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 q_{\text{eff},d}} = \sqrt{M_{c4} \cdot q_{\text{eff},d}} \geq V_{Rd,c,\min}, \quad (6.13)$$

čia $V_{Ed,\min}$ – skersinė jėga, veikianti ties elemento atramos kraštu; $q_{\text{eff},d}$ – efektyvioji paskirstytos apkrovos reikšmė nustatoma taip:

a) jeigu veikia tikrai paskirstyta apkrova, tai

$$q_{\text{eff},d} = g_d + q_d; \quad (6.14)$$



16 pav. Elemento, apkrauto sutelktomis jėgomis, pavojingiausi įstrižieji pjūviai: 1 ir 2 pavojingiausi įstriži pjūviai $V_{Ed,1}$ ir $V_{Ed,2}$ skersinėms jėgoms atitinkamai

b) jeigu į apkrovą įeina laikinoji apkrova, kuri išreiškiama tolygiai paskirstyta ekvivalentiška apkrova q_d (kuriai veikiant lenkimo momentų diagrama visais atvejais apgaubia lenkimų momentų diagramą veikiant tikrajai apkrovai), tai

$$q_{eff,d} = g_d + q_d/2. \quad (6.15)$$

Jeigu c zonoje, kurios ilgis yra l_1 (žr. 17 pav.) normalinių plyšių nėra, tai charakteringa iš anksto įtemptiems elementams, t. y. jeigu šiame ruože veikiantys momentai M_{Ed} tenkina sąlygą

$$M_{Ed} \leq M_{c2,d}, \quad (6.16)$$

kurioje $M_{cr,d}$ apskaičiuojamas pagal šio Reglamento [(14.4)] formulę, kurioje f_{ctk} reikšmė pakeičiama f_{ctd} reikšme, tai (6.5) sąlygą galima išreikšti taip:

$$V_{Ed} \leq V_{cr,d}, \text{ kurioje} \quad (6.17)$$

$V_{cr,d}$ imama ne mažesnė nei

$$V_{cr,d} = b_w \frac{I_{eff}}{S_{eff}} \tau_{xy,Rd}. \quad (6.18)$$

Čia: I_{eff} – ekvivalentinio skerspjūvio inercijos momentas šio skerspjūvio centro atžvilgiu; S_{eff} – ekvivalentinio skerspjūvio dalies, esančios vienoje pusėje nuo ašies, einančios per pjūvio centrą, šios ašies atžvilgiu; $\tau_{xy,Rd}$ – kerpamasis įtempis ties ekvivalentinio skerspjūvio centru įstrižųjų plyšių susidarymo metu saugos ribiniame būvyje, apskaičiuojami pagal šio Reglamento [(14.19)] formulę, kurioje f_{ctk} ir f_{ck} reikšmės pakeičiamos atitinkamai f_{ctd} ir f_{cd} reikšmėmis.

Galima $\tau_{xy,Rd}$ reikšmę nustatyti nepaisant σ_y įtempių pagal formulę

$$\tau_{xy,Rd} = f_{ctd} \sqrt{\gamma_{c,crd} (\gamma_{c,crd} - \sigma_x / f_{ctd})}, \quad (6.19)$$

kurioje $\gamma_{c,crd}$ yra koeficientas betono skaičiuotiniam tempiamajam stipriui $f_{ctm,d}$ plokščiam (tempimo – gniuždymo) įtempimų būviui saugos ribiniame būvyje nustatyti, pasinaudojant šio Reglamento [(14.19) ir (14.20)] formulėmis

$$f_{mct,d} = \gamma_{c,crd} f_{ctd}, \quad (6.20)$$

$$\gamma_{c,crd} = \frac{1 - \sigma_{mcd} / f_{cd}}{0,2 + \alpha f_{ck,cube}} \leq 1. \quad (6.21)$$

Svarbiausias gniuždomasis įtempis, kai $\sigma_y = 0$

$$\sigma_{mcd} = 0,5 \left(\sigma_x + \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2} \right). \quad (6.22)$$

Sunkiajam betonui koeficientas $\alpha = 0,01$, o smulkiagrūdžiam ir lengvajam $\alpha = 0,02$. Normaliniai betono įtempiai ties skerspjūvio centru

$$\sigma_x = \sigma_c = N_{Ed} / A_{c,eff}, \quad (6.23)$$

čia N_{Ed} yra išilginė gniuždomoji jėga. (6.19), (6.21) ir (6.22) formulėse gniuždomieji įtempiai yra teigiami.

Kai $\gamma_{c,crd}$ gaunamas ≥ 1 , imama $\gamma_{c,crd} = 1$ ir tai reiškia, kad svarbiausieji gniuždomieji įtempiai neturi įtakos betono tempiamajam stipriui $f_{ctm,d}$ plokščiaame įtempimų būvyje. Įrašius $\gamma_{c,crd} = 1$ į (6.19), gauname, kad kerpamasis stipris

$$\tau_{xy,Rd} = f_{ctd} \sqrt{1 + \sigma_x / f_{ctd}}. \quad (6.19a)$$

Kad (6.19 a) galiotų, svarbiausias gniuždomasis įtempis, išreiškus iš (6.21), turi būti

$$\sigma_{mcd} \leq \gamma_{mc,lim} f_{cd}, \quad (6.24)$$

kurioje

$$\gamma_{mc,lim} = 1 - 0,2 - \alpha f_{ck,cube}. \quad (6.25)$$

Patogiau (6.19a) galiojimo ribą išreikšti per tangentinius įtempius, iš (6.22) ir (6.24). (6.19 a) galioja, kai

$$\tau_{xy} \leq f_{cd} \sqrt{\gamma_{mc,lim} (\gamma_{mc,lim} - \sigma_x / f_{cd})}. \quad (6.26)$$

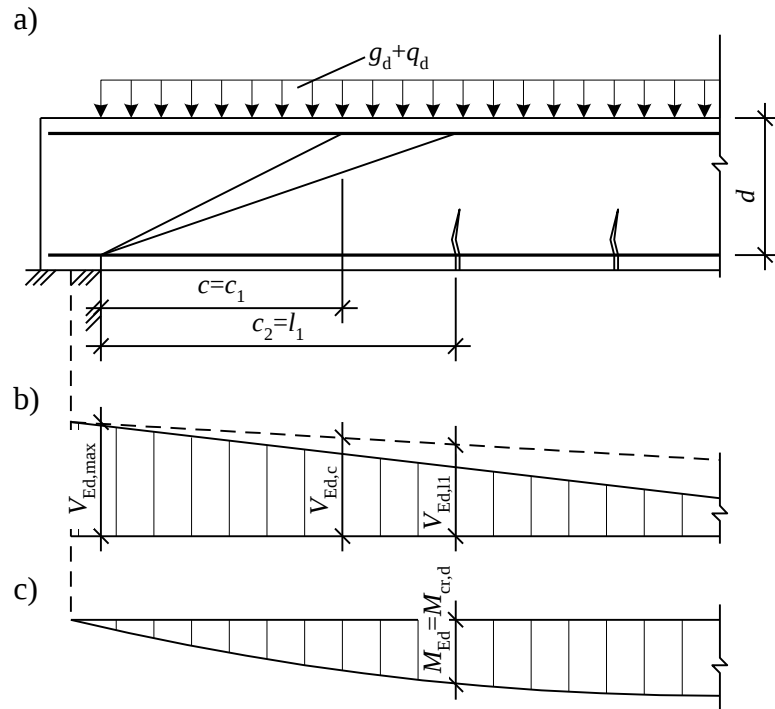
Kai elementas yra apkrautas sutelktais krūviais, tai c reikšmės, tiksliai kalbant, imamos lygios atstumams nuo atramos krašto iki šių krūvių atrėmimo padėklų (plokštelių) kraštų (žr. 16 pav.).

Kai elementas apkrautas tolygiai paskirstyta apkrova

$$c = \frac{M_{c4}}{V_{cr,d}}, \quad (6.27)$$

o (6.17) formulėje $V_{Ed} = V_{Ed,c} = V_{Ed,max} - q_{eff,d} \cdot c$ (žr. 17 pav.).

Taip pat tikriname pagal (6.5) formulę, imant $c = l_1$. Jeigu $l_1 > c_{max} = 2,5d$, tai M_{c4}/l_1 imama ne mažiau nei $V_{Rd,c,min}$, o $V_{Ed} = V_{Ed,\ell} = V_{Ed,max} - q_{eff,d} \cdot l_1$.



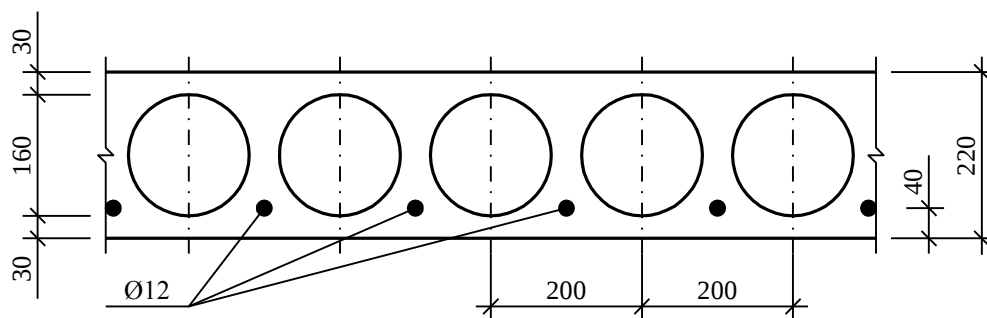
17 pav. Elemento be normalinių plyšių l_1 ruože nuo atramos krašto: a – apkrovimo schema ir skaičiuojamieji įstrižieji pjūviai; b – skersinių jėgų ir c – lenkimo momentų diagramos

Elementų be skersinės armatūros stiprumo skersinėms jėgoms veikiant skaičiavimas ignoruojant normalinių plyšių nebuvimą ruožuose prie atramų (tiesiogiai pagal (6.5)) yra paprastesnis už skaičiavimą atsižvelgiant į šių plyšių nebuvimą (pagal (6.17)), tačiau pastarasis skaičiavimas leidžia atskleisti elemento stiprumo rezervus ir ekonomiškiau juos suprojektuoti (atsisakyti skersinės armatūros).

19 PAVYZDYS

Duota: tuštymėtoji perdangos plokštė, kurios skaičiuojamasis tarpatramis $l = 5,85$ m, skerspjūvis parodytas 18 paveiksle. Betonas sunkusis C25/30 klasės. Kiekvieno išilginio strypo išankstinio įtempimo jėga įvertinus šio įtempimo nuostolius $P_{m\infty} = 69,2$ kN.

Ekvivalentinio 200 mm pločio plokštės skerspjūvio charakteristikos: plotas $A_{eff} = 24600$ mm²; skerspjūvio centro atstumas nuo apačios $y_0 = 108$ mm, inercijos momentas centro atžvilgiu $I_{eff} = 148,8 \cdot 10^6$ mm⁴. Skaičiuotinė nuolatinė apkrova dėl plokštės ir grindų svorio 6 kN/m², skaičiuotinė laikinoji ekvivalentinė apkrova 12 kN/m².



18 pav. Tuštymėtosios plokštės skerspjūvio fragmentas

Reikia nustatyti, ar reikalinga plokštę armuoti skersine armatūra, atsižvelgiant į normalinių plyšių plokštės ruože prie atramos nebuvimą.

Skaiciavimas atliekamas plokštės pločiui $b_{\text{eff}} = 200$ mm, kuris lygus atstumui tarp kiaurymių centrų ir $b_w = 40$ mm; $d = 220 - 40 = 180$ mm. Apkrovos 200 mm plokštės ruožui

$$g_d + q_d = (6 + 12)0,2 = 3,6 \text{ kN/m} = 3,6 \text{ N/mm};$$

$$q_{d,\text{eff}} = (6 + 12/2)0,2 = 2,4 \text{ kN/m} = 2,4 \text{ N/mm}.$$

Skersinė jėga prie atramos

$$V_{\text{Ed,max}} = \frac{g_d + q_d}{2} l = \frac{3,6}{2} 5,85 = 10,53 \text{ kN}.$$

Betono charakteristikos: $f_{\text{ck}} = 25 \text{ N/mm}^2$; $f_{\text{cd}} = \alpha \cdot \alpha_{\text{cc}} f_{\text{ck}} / \gamma_0 = 1 \cdot 1 \cdot 25 / 1,5 = 16,7 \text{ N/mm}^2$;
 $f_{\text{ctk},0,05} = 1,8 \text{ N/mm}^2$; $f_{\text{ctd}} = \alpha \cdot \alpha_{\text{cc}} f_{\text{ctk},0,05} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ N/mm}^2$.

Apspaudimo jėga $P_{\text{m}\infty} = 69,2 \text{ kN}$.

Tikriname, ar plokštė atitinka (6.5) sąlygą:

$$2,5 \cdot f_{\text{ctd}} b_w d = 2,5 \cdot 1,2 \cdot 40 \cdot 180 = 2160 \text{ N} = 21,6 \text{ kN} > V_{\text{Ed,max}} = 10,53 \text{ kN}.$$

Elementas atitinka (6.5) sąlygą.

Tikriname (6.12) sąlygą. Pagal (6.22) apskaičiuojame $\sigma_c = \sigma_x$

$$\sigma_c = \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{eff}}} = \frac{P_{\text{m}\infty}}{A_{\text{c,eff}}} = \frac{69,2 \cdot 10^3}{24600} = 2,81 \text{ N/mm}^2 < 0,5 f_{\text{cd}} = 0,5 \cdot 16,7 = 8,35 \text{ N/mm}^2.$$

Tai reiškia, jog (6.2) sąlygos tikrinti nereikia.

Apskaičiuojame ruožo ilgį nuo atramos l_1 , kuriame saugos ribiniame būvyje neatsiranda normalinių plyšių pagal (6.16) sąlygą, kuri šiuo atveju yra tokia:

$$M_{\text{Ed}} = \frac{(g_d + q_d)l}{2} l_1 - \frac{(g_d + q_d)l_1^2}{2} = M_{\text{cr,d}}. \quad (6.17a)$$

Paprastumo dėlei imdami $W_{\text{pl}} = 1,5 W_{\text{eff}}$ ir $\varphi = 0,9$, gauname

$$W_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{eff}}}{y_0} = \frac{148,6 \cdot 10^6}{108} = 137,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^3;$$

$$W_{\text{pl}} = 1,5 \cdot 137,6 \cdot 10^4 = 206,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^3.$$

Pagal šio Reglamento [(14.10)] formulę

$$r = \varphi \frac{W_{\text{eff}}}{A_{\text{ff}}} = 0,8 \frac{137,6 \cdot 10^4}{24600} = 4500 \text{ mm};$$

$$e = y_0 - a_1 = 108 - 40 = 68 \text{ mm};$$

$$M_{\text{cr,d}} = f_{\text{ctd}} W_{\text{pl}} + P_{\text{m}\infty} (e_0 + r) = 1,2 \cdot 206,4 \cdot 10^4 + 69,2 \cdot 10^3 (68 + 45) = \\ = 10,3 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 10,3 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Iš (6.17a) kvadratinės lygties gauname, kad

$$l_1 = \frac{l}{2} - \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 - \frac{2M_{\text{cr,d}}}{g_d + q_d}} = \frac{5,85}{2} - \sqrt{\left(\frac{5,85}{2}\right)^2 - \frac{2 \cdot 10,3}{3,6}} = 124 \text{ mm} > \\ > c_{\text{max}} = 2,5d = 2,5 \cdot 180 = 450 \text{ mm}.$$

Normaliniai plyšiai neatsiranda ilgame ruože, todėl verta į tai atsižvelgti. Plokštės įstrižojo pjūvio stiprumą tikrinsime pagal (6.5) formulę, imdami $c = l_1 = 1,24 \text{ m}$, kuris yra didesnis nei $c_{\text{max}} = 0,45 \text{ m}$ ir imdami c , apskaičiuotą pagal (6.27) formulę.

Todėl apskaičiuojame M_{c4} , $V_{\text{Rd,min}}$ ir $V_{\text{cr,d}}$ pagal (6.7), (6.8) ir (6.18).

Pagal (6.9), imant $N_{\text{Ed}} = P_{\text{m}\infty}$

$$\varphi_n = 0,1 \frac{P_{\text{m}\infty}}{f_{\text{ctd}} b_w d} = 0,1 \frac{69,2 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 40 \cdot 180} = 0,8 > 0,5,$$

todėl skaičiavimams taikomas $\varphi_n = 0,5$. Iš 14 lentelės $\varphi_{\text{c4}} = 1,5$ ir $\varphi_{\text{c3}} = 0,6$.

$$M_{\text{c4}} = \varphi_{\text{c4}} (1 + \varphi_n) f_{\text{ctd}} b_w d^2 = 1,5 (1 + 0,5) 1,2 \cdot 40 \cdot 180^2 = \\ = 3,5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3,5 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

$$V_{\text{Rd,c,min}} = \varphi_{\text{c3}} (1 + \varphi_n) f_{\text{ctd}} b_w d = 0,6 (1 + 0,5) 1,2 \cdot 40 \cdot 180 = 7,78 \cdot 10^3 \text{ N} = 7,78 \text{ kN}.$$

Ekvivalentinio skerspjuvio dalies virš neutraliosios ašies apie šią ašį statinis momentas

$$S_{\text{eff}} = \frac{b_{\text{eff}} (h - y_0)^2}{2} - \frac{\phi_h^3}{12} = \frac{20 (220 - 108)^2}{2} - \frac{160^3}{12} = 9,13 \cdot 10^5 \text{ mm}^3,$$

čia ϕ_h – kiaurymės skersmuo.

$V_{cr,d}$ apskaičiuojame pagal (6.18), nepaisydami σ_y įtempių, veikiančių statmenai elemento išilginei ašiai.

Tariame, kad svarbiausieji gniuždymo įtempiai neturi įtakos betono tempiamajam stipriui. Tuomet taikome (6.19a)

$$\tau_{xy,Rd} = f_{ctd} \sqrt{1 + \sigma_x / f_{ctd}} = 1,2 \sqrt{1 + 2,81/1,2} = 2,19 \text{ N/mm}^2.$$

Tikriname, ar galima (6.19 a) taikyti.

Pagal (6.25)

$$\gamma_{mc,lim} = 1 - 0,2 - 0,01 \cdot 30 = 0,5,$$

pagal (6.26)

$$\begin{aligned} \tau_{xy,lim} &= f_{cd} \sqrt{\gamma_{mc,lim} (\gamma_{mc,lim} - \sigma_x / f_{cd})} = 16,7 \sqrt{0,5(0,5 - 2,81/17,7)} = \\ &= 6,80 \text{ N/mm}^2 > \tau_{xy,Rd} = 2,19 \text{ N/mm}^2, \end{aligned}$$

tai reiškia, kad $\tau_{xy,Rd}$ pagal (6.19 a) apskaičiuotas teisingai.

Jeigu (6.19 a) išraiškos taikyti negalima, tai uždavinį reiktų spręsti priartėjimo būdu, spėjant τ_{xy} svarbiausiam gniuždymo įtempiui σ_{mcd} pagal (6.22) nustatyti.

Pagal (6.18) apskaičiuojame įstrižus plyšius sukeliančią skersinę jėgą

$$V_{cr,d} = b_w \frac{I_{eff}}{S_{eff}} \tau_{xy,Rd} = 40 \frac{148,8 \cdot 10^6}{9,13 \cdot 10^4} 2,19 = 14,2 \cdot 10^3 \text{ N} = 14,2 \text{ kN}.$$

Pagal (6.27) formulę nustatome įstrižojo pjūvio projekciją

$$c = \frac{M_{c4}}{V_{cr,d}} = \frac{3,5}{14,2} = 246 \text{ mm} < c_{max} = 45 \text{ mm}.$$

Taip pat $c = 246 \text{ mm} < l_1 = 1240$, t. y. ruože c nėra normalinių plyšių.

Tokiu būdu dvi minėtos įstrižųjų pjūvių stiprumo sąlygos pjūviui, kurio projekcija c

$V_{Ed} = V_{Ed,max} - c \cdot q_{eff,d} = 10,53 - 0,246 \cdot 2,4 = 9,94 \text{ kN} < V_{cr,d} = 14,2 \text{ kN}$ ir pagal ruožo be normalinių plyšių galą $l_1 = 1240 \text{ mm} > c_{max} = 450 \text{ mm}$.

$V_{Ed} = V_{Ed,max} - l_1 q_{eff,d} = 10,53 - 1,24 \cdot 2,4 = 7,55 \text{ kN} < V_{Rd,min} = 7,78 \text{ kN}$, yra tenkinamos ir plokštės skersine armatūra galima nearmuoti.

20 PAVYZDYS

Pagal 19 pavyzdžio sąlygas, patikrinti, ar reikalinga plokštę armuoti skersine armatūra, ignoruojant normalinių plyšių nebuvimą prie atramų.

Tikriname pagal (6.13) formulę

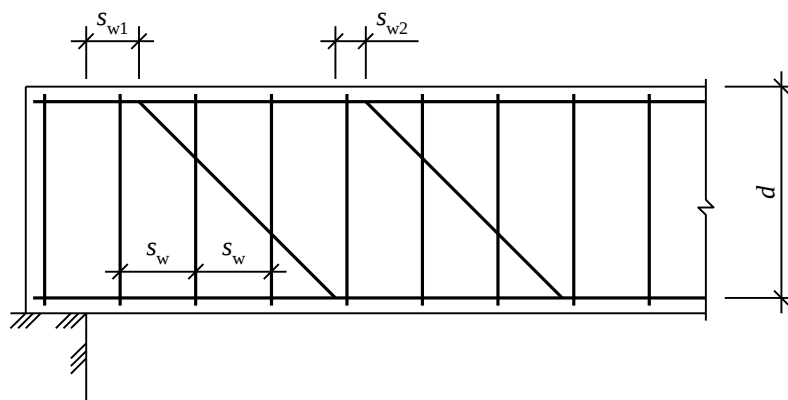
$$\begin{aligned} V_{Ed,max} &\leq \sqrt{\varphi_{c4}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d^2 q_{eff,d}} = \sqrt{1,5(1 + 0,5) \cdot 1,2 \cdot 40 \cdot 180^2 \cdot 2,4} = 2,9 \cdot 10^3 \text{ N} = \\ &= 2,9 \text{ kN} < V_{Rd,min} = 7,78 \text{ kN}, \end{aligned}$$

$V_{Ed,max} = 10,53 \text{ kN} > V_{Rd} = 7,78 \text{ kN}$, t. y. sąlyga $V_{Ed} \leq V_{Rd}$ netenkinama ir pagal šį skaičiavimą plokštę reikia armuoti skersine armatūra. Matome, kad normalinių plyšių ruožuose prie atramų įvertinimas (žr. 19 pavyzdį) leidžia nagrinėjamą plokštę konstruoti be skersinės armatūros.

98. Jeigu reikalinga skersinė armatūra, tai atstumai s_w tarp sankabų, tarp atramos krašto ir artimiausios nuo atramos atlankos galo s_{w1} bei tarp atlankos pradžios ir po jos esančios atlankos galo s_{w2} (žr. 19 pav.) turi būti ne didesni nei

$$s_{w,max} = \frac{M_{c4}}{V_{Ed}}, \quad (6.28)$$

čia: M_{c4} apskaičiuojamas pagal (6.7) formulę; V_{Ed} – didžiausia nagrinėjamame ruože veikianti skersinė jėga.



19 pav. Atstumai tarp sankabų, atramos ir atlankų

Sankabos sąvoka apima rištų strypynų sankabas (apkabas) ir virintinių strypynų skersinius strypus. Įstrižųjų pjūvių stiprumą skersinės jėgos sukkelto tempimo atžvilgiu reikia tikrinti pagal formulę

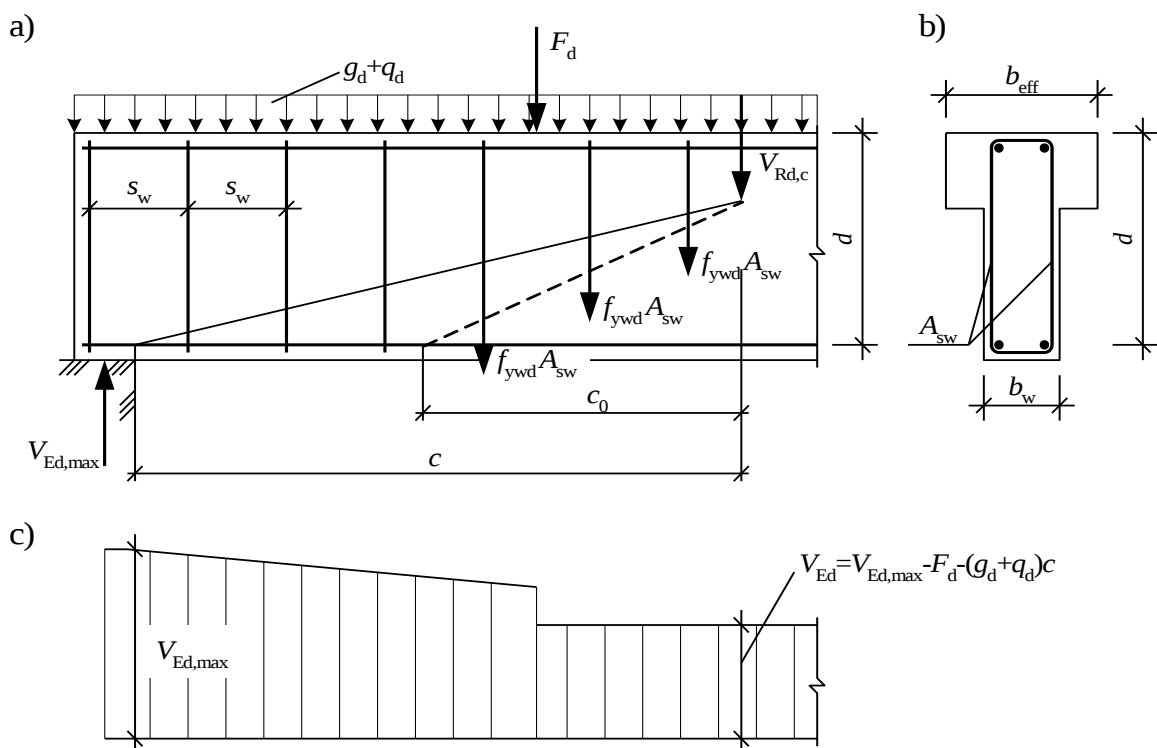
$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + V_{Rd,sw}, \quad (6.29)$$

čia: V_{Ed} – išorinių poveikių, veikiančių vienoje pusėje nuo įstrižojo pjūvio (kurio projekcija c) sukurta skersinė jėga; kai vertikali apkrova uždėta ant elemento viršaus, V_{Ed} yra skersinė jėga ties įstrižojo plyšio viršūne (žr. 20 pav.); V_{Ed} taip pat gali būti skersinė jėga ties įstrižojo plyšio viršūne, kai apkrova yra uždėta elemento apačioje arba tarpe tarp skerspjūvio viršaus ir apačios, jeigu dedama skersinė armatūra, nustatyta iš apkrautos elemento dalies atplėšimo sąlygos, į kurią stiprumo skaičiavimuose skersinių jėgų atžvilgiu neatsižvelgiama; $V_{Rd,c}$ – betono atlaikoma skersinė jėga, apskaičiuojama pagal formulę

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c} \geq V_{Rd,c,min}, \quad (6.30)$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2}(1 + \varphi_n)f_{ctd}b_w d^2, \quad (6.31)$$

φ_{c2} reikšmės pateiktos 12 lentelėje, φ_n apskaičiuojamas pagal (6.9) formulę; $V_{Rd,c,min}$ – pagal (6.8) formulę; $V_{Rd,sw}$ – sankabų atlaikoma skersinė jėga, nustatoma pagal formulę



20 pav. Diagrama elemento, armuoto sankabomis, įstrižo pjūvio stiprumui apskaičiuoti:
a – išorinės ir vidinės skaičiuotinės jėgos; b – elemento skerspjūvis; c – skersinių jėgų diagrama

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} c_0, \quad (6.32)$$

čia v_{sw} – sankabų elemento ilgio vienetu atlaikoma jėga, apskaičiuojama pagal formulę

$$v_{sw} = \frac{f_{ywd} \cdot A_{sw}}{s_w}, \quad (6.33)$$

f_{ywd} – skersinės armatūros skaičiuotinis stipris; A_{sw} – elemento skerspjūvyje esančių sankabų strypų (žr. 20 pav.) skerspjūvio plotas; s_w – sankabų žingsnis (žr. 20 pav.); c_0 – skaičiuojamojo įstrižo pjūvio projekcijos dalis, kurioje esančių sankabų stiprumas yra panaudojamas ir apskaičiuojamas pagal formulę

$$c_0 = \sqrt{M_{c2}/v_{sw}}, \quad (6.34)$$

tačiau šiai reikšmei nustatytos tokios ribos

$$\left. \begin{array}{l} c \geq c_0 \leq 2d \text{ ir} \\ c_0 \geq d, \text{ jeigu } c \geq d \end{array} \right\}. \quad (6.35)$$

Jeigu sankabos pagal skaičiavimą yra reikalingos, tai turi atitikti sąlygą

$$v_{sw} \geq \frac{\varphi_{c3}(1 + \varphi_n)f_{ctd}b_w}{2}. \quad (6.36)$$

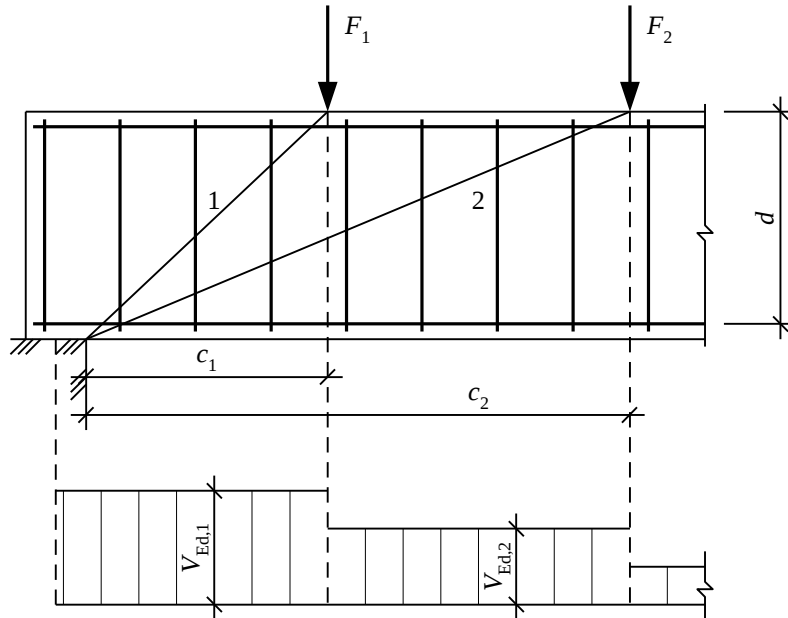
Nepavojingiuosiuose elemento ruožuose, pavyzdžiui, mažinant sankabų intensyvumą viduriniuose sijų ruožuose, taip pat tikrinant esamų elementų stiprumą, galima atsižvelgti į sankabas, kurių intensyvumas ir netenkina (6.36) sąlygos, bet tokiu atveju vietoje M_{c2} , apskaičiuoto pagal (6.31) formulę, skaičiavimuose reikia taikyti jo redukuotą reikšmę

$$M_{c2,red} = 2d v_{sw} \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c3}}. \quad (6.37)$$

99. Elemento stiprumas skersinės jėgos atžvilgiu bus pakankamas, jei bet kuris įstrižas pjūvis atitiks (6.29) sąlygą. Bendru atveju reikia tikrinti įstrižuosius pjūvius, kurių projekcija c nuo atramos krašto neviršija atstumo nuo atramos iki normalinio pjūvio, kuriame veikia didžiausias lenkimo momentas. Kai projekcija

$$c \geq c_{max} = \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c3}} d, \quad (6.38)$$

$V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min}$ ir nepriklauso nuo c .



21 pav. Pavojingiausieji (skaičiuojamieji) įstrižieji pjūviai (1 ir 2) ir jiems taikomos skaičiuotinės skersinės jėgos ($V_{Ed,1}$ ir $V_{Ed,2}$): a – elemento išilginis pjūvis; b – skersinių jėgų diagrama

Kai elementas apkrautas sutelktomis apkrovomis, pavojingiausių įstrižųjų pjūvių projekcijos yra lygios atstumams nuo atramos krašto iki sutelktosios apkrovos (žr. 21 pav.).

Projektuojant elementą, apkrautą tolygiai paskirstyta apkrova, yra galimi du pavojingiojo (skaičiuojamojo) įstrižojo pjūvio atvejai, atsižvelgiant į efektyviosios $q_{eff,d}$ apkrovos ir armavimo sankabomis v_{sw} intensyvumus įstrižojo pjūvio zonoje. Pavojingiojo (skaičiuojamojo) įstrižojo pjūvio projekcija c_p apskaičiuojama pagal formulę

$$c = c_p = \sqrt{\frac{M_{c2}}{q_{eff,d}}}, \quad (6.39)$$

kai

$$q_{\text{eff},d} < \frac{9}{10} v_{\text{sw}} = 0,562 v_{\text{sw}}, \quad (6.40)$$

o kai (6.40) sąlyga netenkinama, tai

$$c_p = c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{q_{\text{eff},d} + v_{\text{sw}}}}. \quad (6.41)$$

Čia $q_{\text{eff},d}$ nustatoma pagal (6.14) arba (6.15) formules (žr. 97 p.).

Skaičiuotinė išorinio skersinė jėga ties įstrižojo plyšio viršūne $V_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed,max}} - c \cdot q_{\text{eff},d}$.

100. Reikalingas skersinės armatūros intensyvumas v_{sw} (žr. (6.33) formulę), kai elementas apkrautas sutelktomis jėgomis (žr. 21 pav.), kurios veikia elementą per c_i atstumus nuo atramos, kurie yra ne didesni nei atstumas iki skerspjuvio, kuriame veikia didžiausias lenkimo momentas, apskaičiuojamas kiekvienam įstrižajam pjūviui, kurio projekcija yra c_i . Reikalingas skersinės armatūros intensyvumas apskaičiuojamas, atsižvelgiant į koeficientą $k_i = \frac{V_{\text{Ed},i} - V_{\text{Rd},c,i}}{V_{\text{Rd},c,i}}$, pagal tokias formules:

$$\text{kai } k_i < k_{0i} = \frac{V_{\text{Rd},c,\min}}{V_{\text{Rd},c,i}} \frac{c_0}{2d}, \text{ tai } v_{\text{sw},i} = \frac{V_{\text{Ed},i}}{c_0} \frac{k_{0i}}{k_{0i} + 1}; \quad (6.42)$$

$$\text{kai } k_{0i} \leq k_i \leq \frac{c_i}{c_0}, \text{ tai } v_{\text{sw},i} = \frac{V_{\text{Ed},i} - V_{\text{Rd},c,i}}{c_0}; \quad (6.43)$$

$$\text{kai } \frac{c_i}{c_0} < k_i \leq \frac{c_i}{d}, \text{ tai } v_{\text{sw},i} = \frac{(V_{\text{Ed},i} - V_{\text{Rd},c,i})^2}{M_{c2}}; \quad (6.44)$$

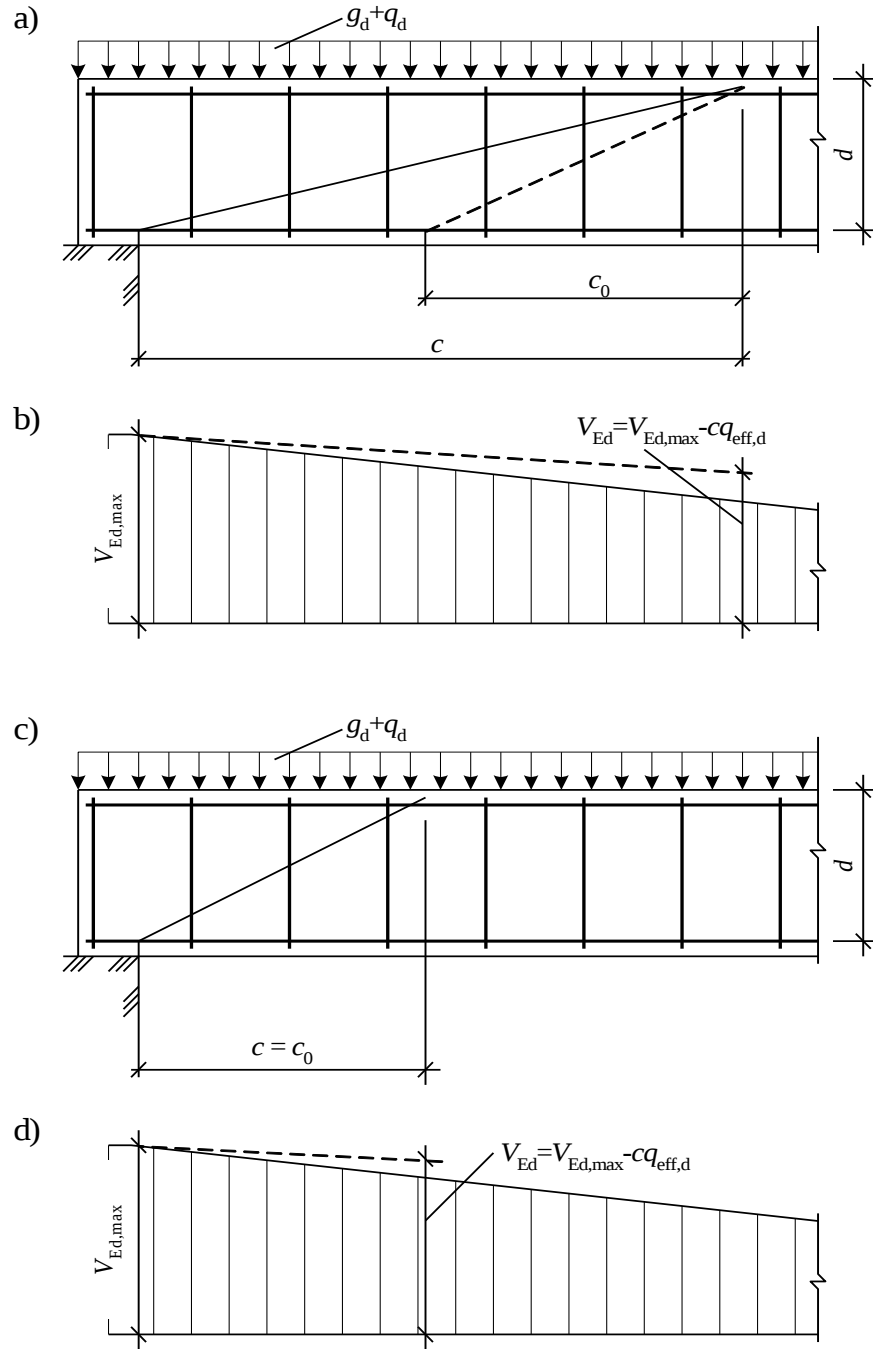
$$\text{kai } k_i > \frac{c_i}{d}, \text{ tai } v_{\text{sw},i} = \frac{V_{\text{Ed},i} - V_{\text{Rd},c,i}}{d}; \quad (6.45)$$

kurioje $d \leq c_i$.

Sankabos parenkamos pagal didžiausią iš apskaičiuotų $v_{\text{sw},i}$. Čia $V_{\text{Ed},i}$ – veikianti skersinė jėga per atstumą c_i nuo atramos; $V_{\text{Rd},c,i}$ – betono atlaikoma skersinė jėga, apskaičiuojama pagal (6.30) formulę; $V_{\text{Rd},c,\min}$ – mažiausia $V_{\text{Rd},c,i}$ reikšmė, apskaičiuojama pagal (6.8) formulę; M_{c2} – apskaičiuojamas pagal (6.31) formulę; $c_0 = c_i$, bet $c_0 \leq 2d$.

Parinktas sankabų intensyvumas v_w turi atitikti (6.36) sąlygą. Labai platiems, iš anksto įtemptiems arba kitokių gniuždomų jėgų veikiamiems elementams reikalaujamas v_{sw} dydis pagal (6.36) sąlygą gali būti labai didelis. Tokiais atvejais galima pasinaudoti (6.37) sąlyga ir reikiamą sankabų intensyvumą apskaičiuoti pagal formulę

$$v_{\text{sw}} = \frac{V_{\text{Ed},i}}{2d \left(\frac{c_{\max}}{c_i} + 1 \right)}. \quad (6.46)$$



22 pav. Elemento, apkrauto tolygiai paskirstyta apkrova, pavojingieji (skaičiuojamieji) įstrižieji pjūviai ir jų skaičiuotinės V_{Ed} skersinės jėgos, kai (6.40) sąlyga tenkinama (a ir b) ir kai ši sąlyga netenkinama (c ir d)

101. Jeigu elementas yra apkrautas vien tik tolygiai paskirstyta apkrova $g_d + q_d$, tai reikalingą sankabų intensyvumą v_{sw} , galima apskaičiuoti pagal tokias formules:

$$\text{jeigu } V_{Ed,max} \leq \frac{V_{Rd,c,1}}{0,6}, \text{ tai } v_{sw} = \frac{V_{Ed,max}^2}{4 M_{c2}} - q_{eff,d} \geq \frac{V_{Ed,max} - V_{Rd,c,1}}{2d}; \quad (6.47)$$

$$\text{jeigu } \frac{M_{c2}}{d} + V_{Rd,c,1} > V_{Ed,max} > \frac{V_{Rd,c,1}}{0,6}, \text{ tai}$$

$$\frac{V_{Ed,max} - V_{Rd,c1}}{d} \geq v_{sw} = \frac{(V_{Ed,max} - V_{Rd,c1})^2}{M_{c2}} \geq \frac{V_{Ed,max} - V_{Rd,c1}}{2d}; \quad (6.48)$$

$$\text{jeigu } V_{Ed,max} \geq \frac{M_{c2}}{d} + V_{Rd,c1}, \text{ tai } v_{sw} = \frac{V_{Ed,max} - V_{Rd,c1}}{d}. \quad (6.49)$$

$$\text{Čia } V_{Rd,c1} = 2\sqrt{M_{c2} \cdot q_{eff,d}}, \quad (6.50)$$

$V_{Ed,max}$ – skersinė jėga (didžiausia) prie atramos; M_{c2} – nustatomas pagal (6.31) formulę; $q_{eff,d}$ – pagal (6.14) arba (6.15) formules.

Jeigu mažiausias reikalingas sankabų intensyvumas pagal (6.36) sąlygą gaunamas labai didelis, tai galima apskaičiuoti reikalingą sankabų intensyvumą, kuris netenkintų (6.36) sąlygos, pasinaudojant (6.37) išraiška pagal formulę

$$v_{sw} = \frac{V_{Ed,max} - c_{p,red} \cdot q_{eff,d}}{2d \left(\frac{c_{max}}{c_{p,red}} + 1 \right)}, \quad (6.51)$$

kurioje

$$c_{p,red} = c_{max} \left(\sqrt{1 + \frac{V_{Ed,max}}{c_{max} q_{eff,d}}} + 1 \right). \quad (6.52)$$

102. Sankabos parenkamos pagal apskaičiuotą didžiausią reikalingą jų intensyvumą v_{sw} . Jeigu sankabos pagal skaičiavimą yra reikalingos, tai jų intensyvumas turi atitikti (6.36) sąlygą, o sankabų žingsnis – (6.28) sąlygą. Armavimas sankabomis turi atitikti ir šio Reglamento konstravimo reikalavimus.

Reikalingas sankabų, esančių elemento skerspjuvyje, plotas A_{sw} apskaičiuojamas iš (6.33) formulės. Patogu reikalingo armavimo sankabomis parametrus parinkti iš 13 lentelės pagal

$$\frac{A_{sw}}{s_w} = \frac{v_{sw}}{f_{ywd}} \quad (6.33a)$$

Pagal (6.33 a) ir 13 lentelę galima parinkti sankabas ne tik dviejų šakų. Pavyzdžiui, renkantis vienos šakos sankabas, reikiamą A_{sw}/s_w reikšmę reikia padauginti iš 2 ir pagal gautą rezultatą iš 13 lentelės galima pasirinkti sankabos skersmenį ir žingsnį. Jeigu renkamos 3-jų, 4-ių šakų sankabos, tai reikiama A_{sw}/s_w reikšmė dalijama atitinkamai iš 1,5 ir 2 ir pagal gautą rezultatą renkami sankabų skersmuo ir žingsnis iš 13 lentelės ir t. t.

103. Jeigu sankabų intensyvumas nuo atramos link tarpatramio yra sumažintas nuo v_{sw1} iki v_{sw2} (pavyzdžiui, padidinant sankabų žingsnį), reikia patikrinti (6.29) sąlygą įstrižiams pjūviams, kurių projekcija c yra didesnė už elemento ruožą l_1 , kuriame sankabų intensyvumas yra v_{sw1} (žr. 23 pav.).

13 lentelė

Dviejų šakų sankabų A_{sw}/s_w reikšmės, mm

Stryp	Žingsnis s_w , mm
-------	---------------------

čia c_{01} ir c_{02} apskaičiuojami pagal (6.34) formulę, taikant atitinkamai v_{sw1} ir v_{sw2} .

Elementui, apkrautam tolygiai paskirstyta apkrova, v_{sw1} intensyvumo sankabomis armuoto ruožo mažiausias ilgis l_1 apskaičiuojamas pagal tokias formules:

$$\text{kai } q_{\text{eff},d} > v_{sw1} - v_{sw2}, \text{ tai } l_1 = c - \frac{M_{c2}/c + v_{sw1}c_{01} - V_{\text{Ed,max}} + q_{\text{eff},d} \cdot c}{v_{sw1} - v_{sw2}}, \quad (6.56)$$

$$\text{kurioje } c = \sqrt{\frac{M_{c2}}{q_{\text{eff},d} - (v_{sw1} - v_{sw2})}} \leq c_{\text{max}} = \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c3}} d, \quad (6.57)$$

$$\text{o jeigu } q_{\text{eff},d} > 1,562 v_{sw1} - v_{sw2}, \text{ tai } c = \sqrt{\frac{M_{c2}}{q_{\text{eff},d} + v_{sw2}}}; \quad (6.58)$$

$$\text{kai } v_{sw1} \leq v_{sw1} - v_{sw2}, \text{ tai } l_1 = \frac{V_{\text{Ed,max}} - (V_{\text{Rd,c,min}} + v_{sw2}c_{01})}{q_{\text{eff},d}} - c_{01}, \quad (6.59)$$

čia: $q_{\text{eff},d}$ nustatomas pagal 97 p.; M_{c2} apskaičiuojamas pagal (6.31) formulę; $V_{\text{Ed,max}}$ – didžiausia skersinė jėga, veikianti prie atramos; $V_{\text{Rd,c,min}}$ nustatoma pagal (6.8) formulę.

Jeigu v_{sw2} reikšmė neatitinka (6.36) sąlygos, tai l_1 apskaičiuojamas taikant redukuotas reikšmes: $M_{c2,\text{red}}$ pagal (6.37), kai $v_{sw} = v_{sw2}$, tai

$$V_{\text{Rd,c,min}} = 2dv_{sw2}, \quad (6.60)$$

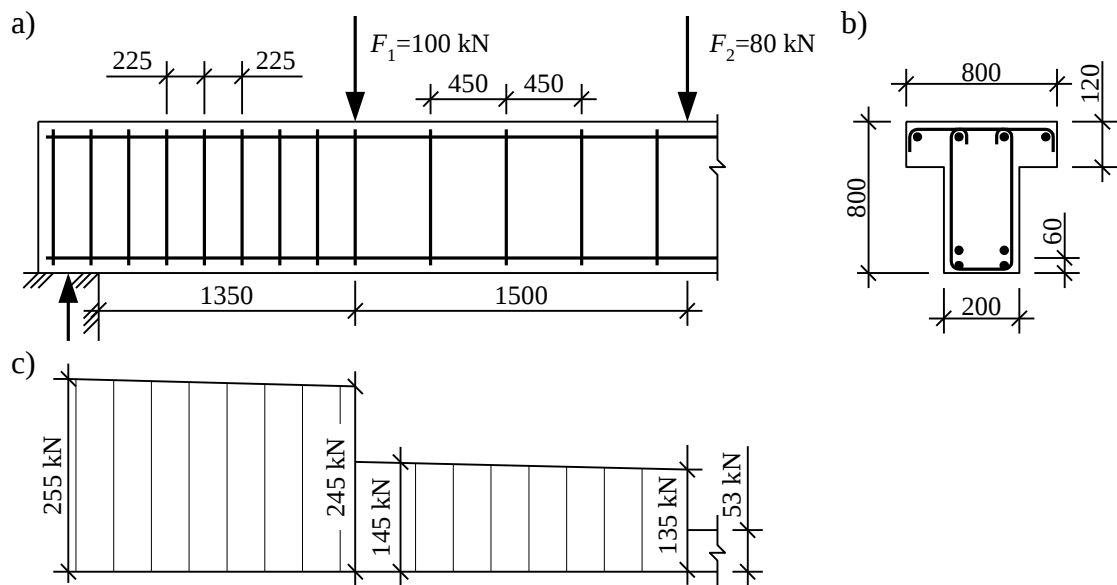
turi atitikti sąlygą, kad

$$V_{\text{Rd,c,red}} + v_{sw2} \cdot c_{01} \geq V_{\text{Rd,c,min}} = \varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{\text{ctd}} b_w d. \quad (6.61)$$

21 PAVYZDYS

Duota: 9 m tarpatramio gelžbetoninė sija, apkrauta sutelktais krūviais (žr. 24 pav.). Betonas sunkusis C16/20 klasės.

Parinkti rišto strypyno sankabas iš S240 klasės lygių strypų ir nustatyti, kokiame atstume nuo atramos sankabų žingsnį galima sumažinti.



24 pav. Gelžbetoninės sijos išilginio pjūvio dalis (a), skerspjūvis (b) ir skersinių jėgų diagrama (c).
Matmenys mm, o skersinės jėgos kN. Jėgų reikšmės skaičiuotinės

Betono skaičiuotinis tempiamasis stipris $f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 1,3 / 1,5 = 0,87 \text{ N/mm}^2$.
Skersinės armatūros skaičiuotinis stipris rištiems strypynams $f_{ywd} = 174 \text{ N/mm}^2$; $d = 800 - 60 = 740 \text{ mm}$; $b_w = 200 \text{ mm}$.

Reikiamą sankabų intensyvumą apskaičiuojame pagal 100 p. Dydis

$$M_{c2} = \varphi_{c2}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d^2 = 2(1 + 0) 0,87 \cdot 200 \cdot 740^2 = 190 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}.$$

M_{c2} – pagal (6.31) formulę; φ_{c2} – iš 12 lentelės; $\varphi_n = 0$ pagal (6.9), nes $N_{Ed} = 0$.
Apskaičiuojame reikiamą sankabų intensyvumą, imdami

$$c_i = c_1 = 1350 \text{ mm}.$$

Pagal (6.30) formulę

$$V_{Rd,c1} = \frac{M_{c2}}{c_1} = \frac{190 \cdot 10^6}{1350} = 140,6 \cdot 10^3 \text{ N} > V_{Rd,c,min} = \varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d =$$

$$= 0,6(1 + 0) 0,87 \cdot 200 \cdot 740 = 77,3 \cdot 10^3 \text{ N. Tai } V_{Rd,c1} = 14016 \cdot 10^3 \text{ N} = 140,6 \text{ kN}.$$

$$\text{Taigi } k_1 = \frac{V_{Ed,1} - V_{Rd,c1}}{V_{Rd,c1}} = \frac{245 - 140,6}{140,6} = 0,743.$$

Kadangi $c_1 = 1,35 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 740 = 1480 \text{ mm}$, tai taikome $c_0 = c_1 = 1,35 \text{ m} = 1350 \text{ mm}$.

$$k_{01} = \frac{V_{Rd,c,min}}{V_{Rd,c1}} \cdot \frac{c_0}{2d} = \frac{77,3}{140,6} \cdot \frac{1,35}{2 \cdot 0,74} = 0,501.$$

Kadangi $k_{01} = 0,501 < k_1 = 0,743 < c_1/c_0 = 1,35/1,35 = 1$, tai v_{sw1} apskaičiuojame pagal (6.43) formulę:

$$v_{sw1} = \frac{V_{Ed,1} - V_{Rd,c1}}{c_0} = \frac{(245 - 140,6) \cdot 10^3}{1350} = 77,3 \text{ N/mm}.$$

Apskaičiuojame v_{sw2} , kai $c_1 = c_2 = 1,35 + 1,5 = 2,85 \text{ m} = 2850 \text{ mm}$, t. y. atstumui nuo atramos krašto iki antrojo sutelktojo krūvio.

$$V_{Rd,c2} = \frac{M_{c2}}{c_2} = \frac{190 \cdot 10^6}{2850} = 66,7 \cdot 10^3 \text{ N} = 66,7 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 77,3 \text{ kN}.$$

Todėl $V_{Rd,c2} = V_{Rd,c,min} = 77,3 \text{ kN}$.

Veikianti skersinė jėga $V_{Ed,2} = 145 \text{ kN}$. Kadangi $c_2 = 2850 \text{ mm} > 2d = 2 \cdot 740 = 1480 \text{ mm}$, tai taikome $c_0 = 2d = 1,48 \text{ m} = 1480 \text{ mm}$.

Koeficientas

$$k_2 = \frac{V_{Ed,2} - V_{Rd,c2}}{V_{Rd,c2}} = \frac{145 - 77,3}{77,3} = 0,873 < k_{02} = \frac{V_{Rd,c,min}}{V_{Rd,c2}} \frac{c_0}{2d} = \frac{V_{Rd,c,min}}{V_{Rd,c,min}} \frac{2d}{2d} = 1,$$

todėl reikia taikyti (6.42) formulę v_{sw2} apskaičiuoti. Kadangi $c_0 = 2d$, tai

$$v_{sw2} = \frac{V_{Ed,2}}{2d} \frac{k_{02}}{k_{02} + 1} = \frac{145 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,74} \frac{1}{1 + 1} = 49 \text{ N/mm} < v_{sw1} = 77,3 \text{ N/mm}.$$

Sankabos parenkamos pagal didesnę $v_{sw1} = 77,3 \text{ N/mm}$ reikšmę. Ši reikšmė atitinka (6.36) sąlygą, nes

$$v_{sw,min} = \frac{\varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w}{2} = \frac{0,6(1 + 0) 0,87 \cdot 200}{2} = 34,8 \text{ N/mm} < 77,3 \text{ N/mm}.$$

Didžiausiam sankabų žingsniui pagal (6.28) formulę apskaičiuoti nustatome $M_{c4} = \varphi_{b4}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d^2 = 1,5(1 + 0) 0,87 \cdot 200 \cdot 740^2 = 143 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$. Tuomet sijos ruožui nuo atramos iki F_1 (žr. 24 pav.)

$$s_{w,max} = \frac{M_{c4}}{V_{Ed,max}} = \frac{143 \cdot 10^6}{225 \cdot 10^3} = 640 \text{ mm}.$$

Pagal konstravimo reikalavimus sijų galiniams ruožams (iki pirmojo sutelktojo krūvio, bet ne mažiau kaip $1/4$ tarpatramio ilgio), kai sijos $h > 450 \text{ mm}$, sankabų žingsnis turi būti ne didesnis nei $h/3$ ir 300 mm ; viduriniuose sijų ruožuose s_w turi būti ne didesnis nei $0,75h$ ir 500 mm .

$h/3 = 800/3 = 267 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ ir mažiau nei $s_{w,max} = 640 \text{ mm}$, kai sankabos pagal skaičiavimą reikalingos.

Sankabų skersmuo $\varnothing_{sw} \geq 5 \text{ mm}$. Taigi $s_w \leq 267 \text{ m}$ ir $\varnothing_{sw} \geq 5 \text{ mm}$.

Sankabas pasirenkame pagal 100 p. (6.33) formulę ir 13 lentelę. Reikalingas $A_{sw}/s_w = v_{sw}/f_{ywd} = 77,3/174 = 0,444 \text{ mm}$

Galimi tokie variantai:

- 1) $\varnothing 8$ mm, $s_w = 225$ mm, $A_{sw}/s_w = 0,449$ mm;
 - 2) $\varnothing 9$ mm, $s_w = 250$ mm, $A_{sw}/s_w = 0,508$ mm;
 - 3) $\varnothing 7$ mm, $s_w = 150$ mm, $A_{sw}/s_w = 0,513$ mm;
 - 4) $\varnothing 6$ mm, $s_w = 125$ mm, $A_{sw}/s_w = 0,456$ mm;
 - 5) $\varnothing 5$ mm, $s_w = 75$ mm, $A_{sw}/s_w = 0,524$ mm;
 - 6) $\varnothing 10$ mm, $s_w = 250$ mm, $A_{sw}/s_w = 0,628$ mm
- ir kiti mažiau ekonomiškai variantai.

Renkamės 1 variantą: dviejų šakų $\varnothing 8$ mm sankabos žingsniu $s_{w1} = 225$ mm, kurio $A_{sw}/s_w = 0,449$ mm. Tuomet pasirinktų sankabų intensyvumas

$$v_{sw1} = \frac{A_{sw1}}{s_{w1}} f_{ywd} = 0,449 \cdot 174 = 78,1 \text{ N/mm} > 77,3 \text{ N/mm}.$$

Sijos ruožą nuo F_1 link F_2 ir toliau laikome viduriniu sijos ruožu, kuriame sankabų žingsnį galima padidinti iki $0,75h = 0,75 \cdot 800 = 560$ mm, bet ne daugiau kaip 500 mm, t. y. iki 500 mm.

Ar galima sumažinti sankabų intensyvumą ruože tarp F_1 ir F_2 apkrovų, nustatome pagal 103 p. (6.55) formulę, nes

$$c_2 - l_1 = 2,85 - 1,35 = 1,50 \text{ m} < c_{02} = 2d = 2 \cdot 0,74 = 1,48 \text{ m} = 1480 \text{ mm}.$$

Reikalingas sankabų intensyvumas ruože tarp F_1 ir F_2 iš (6.55) formulės

$$v_{sw2} = \frac{V_{Rd,sw}}{c_{02}} = \frac{V_{Ed,2} - V_{Rd,c2}}{2h_0} = \frac{(135 - 77,3) \cdot 10^3}{2 \cdot 740} = 39 \text{ N/mm} > v_{sw,min} = 34,8 \text{ N/mm}$$

$$\text{Reikalingas } A_{sw2}/s_{w2} = v_{sw2}/f_{ywd} = 39/174 = 0,224 \text{ mm}.$$

Iš 13 lentelės pasirenkame $\varnothing 8$ mm, $s_w = 450$ mm, $A_{sw}/s_w = 0,224$ mm. Taigi nuo atramos iki F_1 pasirinktos $\varnothing 8$ mm žingsniu $s_{w1} = 225$ mm, o nuo F_1 link F_2 – $\varnothing 8$ mm žingsniu 450 mm dviejų šakų sankabos (žr. 23 pav.).

22 PAVYZDYS

Duota: laisvai atremta iš anksto įtempta $l = 8,3$ m tarpatramio, perdangos sija, apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatine skaičiuotine apkrova $g_d = 46$ kN/m ir ekvivalentine skaičiuotine apkrova $q_d = 114$ kN/m; skerspjūvio matmenys: $b = 300$ mm, $h = 800$ mm, $d = 700$ mm; betonas sunkusis C25/30 klasės; sankabos pririšamos iš S400 klasės rumbuotų plieninių strypų. Išankstinio įtempimo jėga $P_{m\infty} = 1600$ kN.

Reikalinga: parinkti sankabų skersmenį ir žingsnį prie atramos ir nustatyti, kokiame atstume nuo atramos galima padidinti sankabų žingsnį.

Medžiagų skaičiuotinės charakteristikos: betono $f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ctk,0,05}/\gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 1,8/1,5 = 1,2$ N/mm², $f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 25/1,5 = 16,7$ N/mm² iš lentelės, sankabų $f_{ywd} = 290$ N/mm².

Didžiausia skersinė jėga prie atramos

$$V_{Ed,max} = \frac{g_d + q_d}{2} l = \frac{46 + 114}{2} 8,3 = 664 \text{ kN}.$$

Apskaičiuojame reikalingą sankabų intensyvumą sijos ruože prie atramos pagal 101 p.

$N_{Ed} = P_{m\infty}$, nes kitų išilginių (išorinių) jėgų nėra.

$$\text{Pagal (6.9) } \varphi_n = 0,1 \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} b d} = 0,1 \frac{1,6 \cdot 10^6}{1,2 \cdot 300 \cdot 700} = 0,63 > 0,5, \text{ tai } \varphi_n = 0,5.$$

Kadangi tenkinama (6.11) sąlyga, tai tikriname ir (6.12) sąlygą.

$$\text{Gniuždymo įtempiai } \sigma_c \cong \frac{P_{m\infty}}{b h} = \frac{1,6 \cdot 10^6}{300 \cdot 800} = 6,67 \text{ N/mm}^2 < f_{cd}/2 = 16,7/2 = 8,3 \text{ N/mm}^2,$$

tai (6.2) sąlygos tikrinti nereikia.

$\varphi_{c2} = 2$ (iš 12 lentelės), tai pagal (6.31) formulę

$$M_{c2} = \varphi_{c2}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2(1 + 0,5) 1,2 \cdot 300 \cdot 700^2 = 529 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Pagal (6.15) formulę

$$q_{\text{eff},d} = g_d + q_d/2 = 46 + 114/2 = 103 \text{ kN/m} = 103 \text{ N/mm}.$$

Pagal (6.50)

$$V_{Rd,c1} = 2 \sqrt{M_{c2} q_{\text{eff},d}} = 2 \sqrt{529 \cdot 10^6 \cdot 103} = 467 \cdot 10^3 \text{ N} = 467 \text{ kN}.$$

Kadangi $\frac{V_{Rd,c1}}{0,6} = \frac{467}{0,6} = 778 \text{ kN} > V_{Ed,\text{max}} = 664 \text{ kN}$, tai sankabų intensyvumą apskaičiuojame pagal (6.47) formulę

$$v_{\text{sw},1} = \frac{V_{Ed,\text{max}}^2}{4 M_{c2}} - q_{\text{eff},d} = \frac{664000^2}{4 \cdot 529 \cdot 10^6} - 103 = 105 \text{ N/mm} < \\ < \frac{V_{Ed,\text{max}} - V_{Rd,c1}}{2d} = \frac{(664 - 467) \cdot 10^3}{2 \cdot 700} = 140,7 \text{ N/mm}.$$

Mažiausias skersinės armatūros intensyvumas pagal (6.36) sąlygą

$$v_{\text{sw},\text{min}} = \frac{\varphi_3(1 + \varphi_n) f_{ctd} \cdot b}{2} = \frac{0,6(1 + 0,5) 1,2 \cdot 300}{2} = 162 \text{ N/mm} > 140,7 \text{ N/mm}.$$

Parenkame sankabas pagal $v_{\text{sw},\text{min}} = 162 \text{ N/mm}$.

Pagal (6.7) formulę apskaičiuojame

$$M_{c4} = \varphi_{c4}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 1,5(1 + 0,5) 1,2 \cdot 300 \cdot 700^2 = 397 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Didžiausias sankabų žingsnis pagal (6.28)

$$s_{w,max} = \frac{M_{c4}}{V_{Ed,max}} = \frac{397 \cdot 10^6}{664 \cdot 10^3} = 600 \text{ mm.}$$

Pagal konstrukcinius reikalavimus sijos ruožuose $\frac{l}{4} = \frac{8,3}{4} = 2,08 \text{ m}$ ilgio prie atramų sankabos žingsnis, kai sijos $h > 450 \text{ mm}$ turi būti ne didesnis nei $\frac{h}{3} = \frac{800}{3} = 267 \text{ mm}$ ir $\leq 300 \text{ mm}$; sankabų skersmuo ne mažesnis kaip 5 mm .

$$\text{Reikalingas } \frac{A_{sw}}{s_w} = \frac{v_{sw}}{f_{ywd}} = \frac{162}{290} = 0,56 \text{ mm.}$$

Pagal 13 lentelę renkamės dviejų šakų sankabas

$$\varnothing 8 \text{ mm, } s_w = 175 \text{ mm, } A_{sw}/s_w = 0,577 \text{ mm.}$$

Parinktų sankabų intensyvumas

$$v_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_w} f_{ywd} = 0,577 \cdot 290 = 167 \text{ N/mm} = v_{sw1}.$$

Viduriniame sijos ruože sankabų žingsnį padidiname dvigubai, t. y. $s_{w2} = 2 \cdot 175 = 350 \text{ mm}$, tai atitinka ($\varnothing_{sw} = 8 \text{ mm}$) $v_{sw2} = 0,289 \cdot 290 = 83,8 \text{ N/mm}$.

Kadangi $v_{sw2} = 83,8 \text{ N/mm} < v_{sw,min} = 162 \text{ N/mm}$, tai šiam sijos ruožui redukuojame M_{c2} ir $V_{Rd,c,min}$ pagal tokias formules (žr. 98 p. (6.37)):

$$M_{c2,red} = 2d^2 v_{sw,2} \varphi_{c2} / \varphi_{c3} = 2 \cdot 700^2 \cdot 83,8 \cdot 2 / 0,6 = 274 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm.}$$

$$V_{Rd,c,min,red} = 2d \cdot v_{sw2} = 2 \cdot 700 \cdot 83,8 = 117 \cdot 10^3 \text{ N} = 117 \text{ kN.}$$

Turi būti tenkinama tokia sąlyga $V_{Rd,c,min,red} + v_{sw2} \cdot c_{01} > V_{Rd,c,min}$.

Kadangi

$$c_{01} = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw1}}} = \sqrt{\frac{529 \cdot 10^6}{167}} = 1780 \text{ mm} > 2 \cdot d = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ mm,}$$

$$\text{tai } c_{01} = 2d = 1400 \text{ mm} = 1,4 \text{ m,}$$

$$\begin{aligned} 117 + 83,8 \cdot 1,4 &= 234 \text{ kN} > \varphi_{c3} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d = \\ &= 0,6 (1 + 0,5) 1,2 \cdot 300 \cdot 700 = 227 \cdot 10^3 \text{ N} = 227 \text{ kN,} \end{aligned}$$

tai ši sąlyga tenkinama.

$q_{eff,d} = 103 \text{ N/m} > v_{sw1} - v_{sw2} = 167 - 83,8 = 83,2 \text{ kN/m} = 83,8 \text{ N/mm}$, tai atstumas nuo atramos, kuriame galima pakeisti sankabų intensyvumą v_{sw1} į v_{sw2}

$$l_1 = c - \frac{M_{c2,red}/c + v_{sw1} \cdot c_{01} - V_{Ed,max} + q_{eff,d} \cdot c}{v_{sw1} - v_{sw2}}, \text{ kurioje}$$

$$c = \sqrt{\frac{M_{c2,red}}{q_{eff,d} - (v_{sw1} - v_{sw2})}} = \sqrt{\frac{274 \cdot 10^6}{103 - (167 - 83,8)}} = 3720 \text{ mm} > \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c3}} d =$$

$$= \frac{2}{0,6} 700 = 2330 \text{ mm}.$$

Taikome $c = 2330 \text{ mm}$, tai

$$l_1 = 2,33 - \frac{274 \cdot 10^6 / 2330 + 167 \cdot 1400 - 664 \cdot 10^3 + 103 \cdot 2330}{167 - 83,8} = 3200 \text{ mm} > \frac{l}{4} = 2080 \text{ mm}.$$

Sankabų žingsnį iki 350 mm galima padidinti 3,2 m atstume nuo atramos, t. y. viduriniame sijos ruože, kurio ilgis yra lygus $l - 2l_1 = 8,3 - 2 \cdot 3,2 = 1,9 \text{ m}$. Galbūt vertėtų taikyti kiek didesnę v_{sw2} intensyvumą, kad vidurinis ruožas $l - 2l_1$ būtų lygus apie $l/2$.

II SKIRSNIS. PASTOVAUS SKERSPJŪVIO AUKŠČIO ELEMENTAI, ARMUOTI ATLANKOMIS

104. Įstrižojo pjūvio, armuoto atlankomis, stiprumas skersinių jėgų atžvilgiu tikrinamas pagal sąlygą

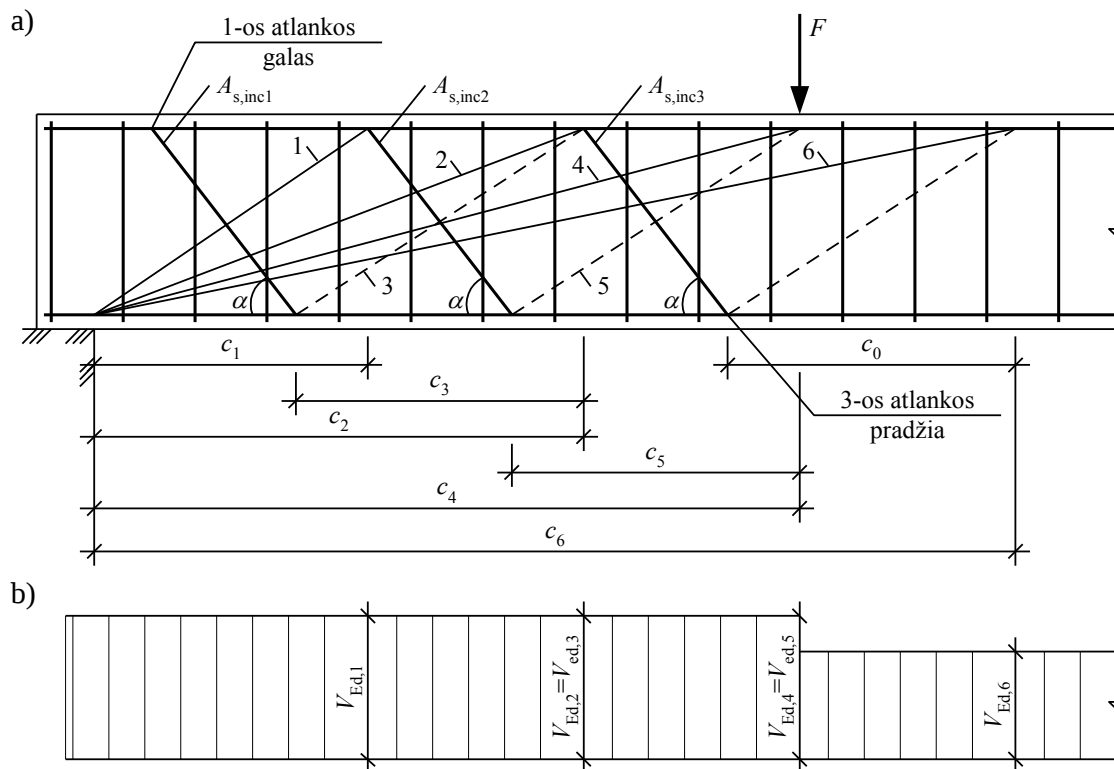
$$V_{Ed,i} \leq V_{Rd,ci} + V_{Rd,sw,i} + V_{Rd,s,inc,i}, \quad (6.62)$$

$$\text{čia } V_{Rd,ci} + V_{Rd,y,i} = V_{Rd,cy,i} = \frac{M_{b2}}{c_i} + v_{sw,i} c_{0i} \quad (6.63)$$

yra betono ir sankabų atlaikoma skersinė jėga;

$$V_{Rd,s,inc,i} = f_{swy} A_{s,inc} \sin \alpha, \quad (6.64)$$

$A_{s,inc,i}$ – atlankų, kertančių įstrižąjį pjūvį, kurio projekcija yra c_{0i} , apskaičiuota pagal (6.34) formulę, skerspjūvio plotas; α – kampas tarp atlankų ir elemento išilginės ašies.



25 pav. Elemento, armuoto atlankomis, skaičiuojamieji įstrižieji pjūviai (a) ir skersinių jėgų diagrama (b). 1–7 skaičiuojamieji įstrižieji pjūviai

Skaičiuojamųjų įstrižųjų pjūvių projekcijos c yra lygios atstumams horizontalia kryptimi nuo atramos krašto iki atlankų galų ir iki sutelktųjų apkrovų. Be to, reikia patikrinti įstrižąjį pjūvį, kuris kerta visas atlankas ir baigiasi per c_0 , nustatytą pagal (6.34), atstumą nuo paskutinės atlankos pradžios, kuris 25 paveiksle pažymėtas numeriu 6.

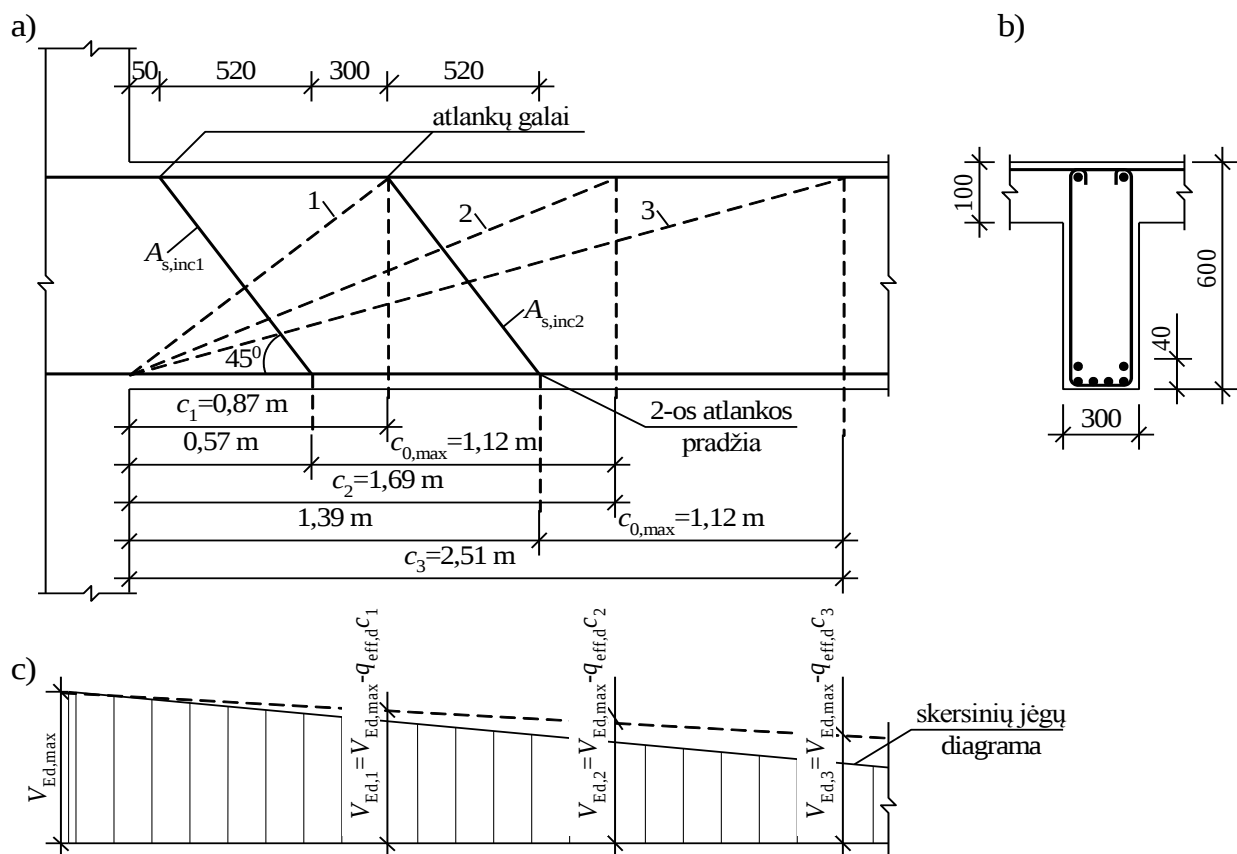
Pagal 1-ąjį įstrižąjį pjūvį patikrinamas 1-osios atlankos stiprumas. 1-osios atlankos stiprumą gali prireikti patikrinti kartu su 2-ąja atlanka pagal 2-ąjį įstrižąjį pjūvį, jeigu 1-oji ir 2-oji atlankos patenka į šio pjūvio c_2 projekcijos c_{02} dalį. 2-ojo pjūvio projekciją galima imti tarp c_1 ir c_2 reikšmių, parodytų 25 paveiksle. 2-ąją atlanką reikia taip pat patikrinti pagal 2-ąjį įstrižąjį pjūvį, jeigu $c_{02} \leq c_3$. Jeigu $c_3 < c_{02}$, tai reikia patikrinti 3-iojo įstrižojo pjūvio (2-osios atlankos) stiprumą. 3-iosios atlankos stiprumas tikrinamas pagal 4-ąjį įstrižąjį pjūvį, jeigu $c_{04} \leq c_5$, o jeigu $c_{04} > c_5$, tai kartu su 2-ąja atlanka pagal 4-ąjį įstrižąjį pjūvį arba atskirai pagal 5-ąjį įstrižąjį pjūvį. Toliau tęsti atlankas į elemento tarpatramį nereikia, jeigu 6-ojo įstrižojo pjūvio stiprumas (be atlankų) yra pakankamas.

Atstumas tarp atlankų turi atitikti (6.28) sąlygą ir konstravimo reikalavimus.

23 PAVYZDYS

Duota: gelžbetoninė monolitinė perdangos sija, kurios skerspjūvio matmenys parodyti 33 a paveiksle, o atlankų išdėstymas 26 b paveiksle; skaičiuojamosios apkrovos: nuolatinė $g_d = 45$ kN/m, kintamoji ekvivalentinė $q_d = 96$ kN/m; skersinė jėga atramoje $V_{Ed,max} = 380$ kN, betonas sunkusis C12/15 klasės; sankabos dviejų šakų iš lygių S240 klasės 8 mm skersmens strypų žingsniu $s_w = 150$ mm; atlankos iš S400 klasės plieno: pirmosios nuo atramos du strypai 20 mm skersmens, o antrosios atlankos du strypai 16 mm skersmens.

Reikia patikrinti įstrižųjų pjūvių stiprumą skersinės jėgos atžvilgiu.



26 pav. Perdangos sijos atrankų išdėstymas (a), skerspjūvis (b) ir lenkimo momentų diagrama (c). Sankabos išilginiame pjūvyje sąlyginai neparodytos. 1, 2 ir 3 – skaičiuojamieji įstrižieji pjūviai

Medžiagų skaičiuotinės charakteristikos: betono tempiamasis stipris $f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 / 1,5 = 0,73 \text{ N/mm}^2$. S240 klasės plieno skersinės armatūros tempiamasis stipris $f_{ywd} = 174 \text{ N/mm}^2$ ir S400 klasės plienui – $f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$.

Dviejų šakų sankabų 6 mm skersmens žingsniu $s_w = 150 \text{ mm}$ pagal 15 lentelę $A_{sw} / s_w = 0,38 \text{ mm}$, o jų intensyvumas

$$v_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_w} f_{ywd} = 0,38 \cdot 174 = 66,2 \text{ N/mm} >$$

$$> v_{sw,min} = \frac{\varphi_{c3}}{2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w = \frac{0,6}{2} (1 + 0) 0,73 \cdot 300 = 66 \text{ N/mm},$$

t. y. atitinka (6.36) sąlygą ir redukavimo atlikti nereikės.

Naudingasis skerspjūvio aukštis $d = 600 - 40 = 56 \text{ mm}$; $b_w = 300 \text{ mm}$.

Atrankų skerspjūvių plotai: ($2\varnothing 20$ ir $2\varnothing 16$), $A_{s,in,1} = 6,28 \text{ mm}^2$; $A_{s,inc,2} = 402 \text{ mm}^2$; atrankų posvyrio kampai $\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$.

Pagal (6.15) formulę

$$q_{eff,d} = g_d + q_d / 2 = 45 + 96 / 2 = 93 \text{ kN/m} = 93 \text{ kN/mm}.$$

Pagal (6.31)

$$M_{c2} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d^2 = 2(1 + 0) 0,73 \cdot 300 \cdot 560^2 = 137 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}.$$

Tikriname, ar 1-asis įstrižasis pjūvis, einantis nuo atramos krašto iki antrosios atlankos galo, atitinka (6.62) sąlygą. Šio pjūvio projekcija $c_1 = 50 + 520 + 300 = 870 \text{ mm} = 0,87 \text{ m}$. Didžiausia c_0 reikšmė pagal (6.34)

$$c_{0,\max} = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{137 \cdot 10^6}{66,2}} = 1439 \text{ mm} > 2d = 2 \cdot 560 = 1120 \text{ mm} = 1,12 \text{ m},$$

tai $c_{0,\max} = 1,12 \text{ m}$. Kadangi $c_1 = 870 \text{ mm} < c_{0,\max} = 1120 \text{ mm}$, tai taikome $c_{01} = c_1 = 870 \text{ mm} = 0,87 \text{ m}$.

$$V_{Ed,1} = V_{Ed,\max} - c_1 q_{effd} = 380 - 0,87 \cdot 93 = 299 \text{ kN} < \frac{M_{c2}}{c_1} + v_{sw} c_{01} +$$

$$+ f_{ywd} A_{s,inc,1} \sin \alpha_1 = \frac{137 \cdot 10^6}{870} + 66,2 \cdot 870 + 290 \cdot 628 \sin 45^\circ = 344 \cdot 10^3 \text{ N} = 344 \text{ kN},$$

tai reiškia, kad 1-ojo įstrižojo pjūvio stiprumas pakankamas.

Patikrinsime stiprumą 2-jo įstrižojo pjūvio (žr. 25 pav.), kurio projekcija yra lygi atstumo nuo atramos krašto iki antrosios atlankos pradžios ir $c_{0,\max} = 1120 \text{ mm}$ sumai, t. y. $c_2 = 0,57 + 1,12 = 1690 \text{ mm}$. Patikriname, ar $c_2 = 1,69 \text{ m} < c_{\max} = \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c3}} d = \frac{2}{0,6} 0,56 = 1870 \text{ mm}$, tai taikome $c_2 = 1690 \text{ mm}$.

2-ojo pjūvio stiprumo sąlyga (6.62):

$$V_{Ed,2} = V_{Ed,\max} - q_{effd} c_2 = 380 - 93 \cdot 1,69 = 223 \text{ kN} < \frac{M_{c2}}{c_2} + v_{sw} \cdot c_{0,\max} +$$

$$+ f_{ywd} A_{s,inc,2} \sin \alpha_2 = \frac{139 \cdot 10^6}{1690} + 66,2 \cdot 1120 + 290 \cdot 402 \sin 45^\circ = 238 \cdot 10^3 \text{ N} = 238 \text{ kN}$$

yra tenkinama, ir 2-ojo įstrižojo pjūvio stiprumas yra pakankamas.

Patikrinsime 3-iojo įstrižojo pjūvio, kurio projekcijos c_2 ilgis yra nuo atramos krašto iki skerspjuvio nutolusio per $c_{0,\max} = 1,12 \text{ m}$ nuo antrosios atlankos pradžios, t. y. $c_3 = 1,39 + 1,12 = 2,51 \text{ m}$ (žr. 25 pav.). Kadangi $c_3 = 2510 \text{ mm} > c_{\max} = 1870 \text{ mm}$, tai apskaičiuojant betono atlaikomą skersinę jėgą imsime $c = c_{\max} = 1,87 \text{ m} = 1870 \text{ mm}$.

3-iojo įstrižojo pjūvio stiprumo (6.62) sąlyga

$$V_{Ed,3} = V_{Ed,\max} - c_2 q_{effd} = 380 - 93 \cdot 2,51 = 146,6 \text{ kN} <$$

$$< \frac{M_{c2}}{c_{\max}} + v_{sw} c_{0,\max} = \frac{137 \cdot 10^6}{1870} + 66,2 \cdot 1120 = 147,4 \cdot 10^3 \text{ N} = 147,4 \text{ kN}$$

yra išpildyta, ir 3-iojo įstrižojo pjūvio stiprumas yra pakankamas.

Patikriname, ar atstumas tarp 1-osios atlankos pradžios ir 2-osios galo atitinka (6.28) sąlygą

$$s_{w,\max} = \frac{M_{c4}}{V_{Ed}} = \frac{\varphi_{c4}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d^2}{V_{Ed}} = \frac{1,5(1 + 0) \cdot 0,73 \cdot 300 \cdot 560^2}{299 \cdot 10^3} = 340 > 300 \text{ mm}, \text{ t. y. šis}$$

reikalavimas išpildytas.

Čia V_{Ed} yra išorinė jėga ties antrosios atlankos galu, t. y. $V_{Ed} = V_{Ed,1} = 299 \text{ kN}$.

III SKIRSNIS. KINTAMOJO SKERSPJŪVIO AUKŠČIO ELEMENTAI

105. Kintamojo skerspjūvio aukščio elementų įstrižųjų pjūvių stiprumo skersinių jėgų atžvilgiu apskaičiavimas atliekamas pagal tuos pačius principus kaip ir pastovaus skerspjūvio aukščio elementų. Kampas β tarp tempiamojo ir gniuždomojo elemento kraštų turi atitikti sąlygą $\operatorname{tg}\beta < 0,4$.

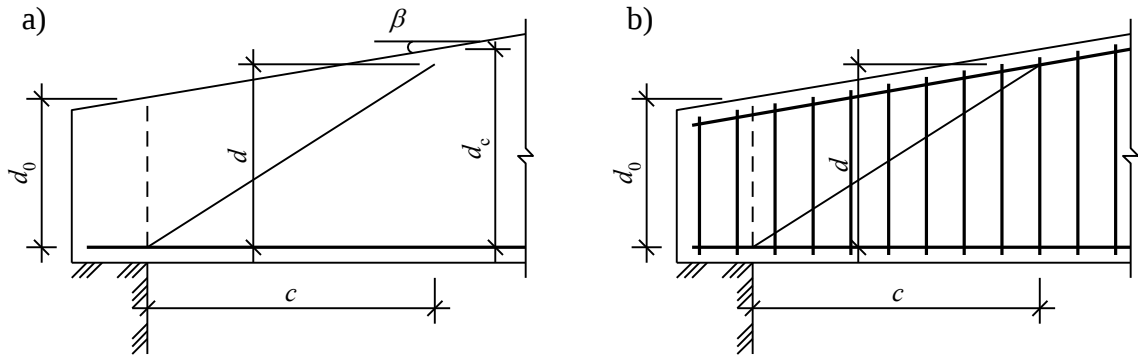
Kintamojo aukščio elementų be skersinės armatūros (žr. 27 a pav.) naudinguoju aukščiu d imamas vidutinis naudingasis aukštis skaičiuojamojo įstrižojo plyšio ribose, t. y.

$$d = \frac{d_0 + d_c}{2} = d_0 + \frac{c}{2} \operatorname{tg}\beta, \quad (6.65)$$

čia: d_0 ir d_c – skerspjūvio naudingieji aukščiai įstrižojo pjūvio pradžioje ir gale; c – įstrižojo pjūvio horizontalioji projekcija; β – kampas tarp tempiamojo ir gniuždomojo elemento kraštų.

Elementams su skersine armatūra naudingasis skerspjūvio aukštis yra lygus šiam aukščiui skerspjūvio įstrižojo plyšio gale, t. y.

$$d = d_c = d_0 + c \operatorname{tg}\beta. \quad (6.66)$$



27 pav. Naudingieji skerspjūvio aukščiai kintamojo aukščio elementams be skersinės armatūros (a) ir su skersine armatūra (b)

106. Kintamojo skerspjūvio aukščio elementams be skersinės armatūros (6.4) sąlygoje imamas naudingasis skerspjūvio aukštis ties atrama (žr. 27 pav.), t. y.

$$V_{Ed, \max} \leq 2,5 f_{ctd} b d_0. \quad (6.67)$$

(6.5) sąlygoje taikomas d pagal (6.65), kurią įstačius į (6.3), gaunama

$$V_{Ed} \leq \frac{M_{c4,0}}{c} \left(1 + \frac{c}{2d_0} \operatorname{tg}\beta \right)^2 \geq V_{Rd, c, \min} = \varphi_{c3} (1 + \varphi_n) f_{ct} b d_0 \left(1 + \frac{c}{2d_0} \operatorname{tg}\beta \right), \quad (6.68)$$

čia b – stačiakampio elemento plotis arba tėjinio elemento sienelės storis (tuo atveju $b = b_w$);

$$M_{c4,0} = \varphi_{c4} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d_0^2; \quad (6.69)$$

φ_{c3} ir φ_{c4} – žr. 12 lentelę.

Kai elementas yra apkrautas tolygiai paskirstyta apkrova pagal (6.68), tikrinamas elemento stiprumas pavojingajame įstrižajame pjūvyje, kurio projekcija

$$c = c_p = \sqrt{\frac{M_{c4,0}}{q_{\text{eff},d} + v_{\beta 4}}}, \quad (6.70)$$

čia $q_{\text{eff},d}$ nustatomas pagal 95 paragrafą;

$$v_{\beta 4} = \frac{\varphi_{c4}}{4} (1 + \varphi_n) f_{\text{ctd}} b \text{tg}^2 \beta.$$

Jeigu įstrižojo pjūvio ribose normaliniai pjūviai saugos ribiniame būvyje nesusidaro, į tai galima atsižvelgti, kaip nurodyta 95 p.

107. Tolygiai aukštėjančio skerspjūvio sijoms, armuotoms sankabomis, be atlankų, įstrižojo pjūvio stiprumas pagal (6.29) sąlygą, ištačius d reikšmę pagal (6.66), išreiškiamas taip:

$$V_{\text{Ed}} \leq \frac{M_{c2,0}}{c} \left(1 + \frac{c}{d_0} \text{tg} \beta \right)^2 + v_{\text{sw}} c_0. \quad (6.71)$$

Įstrižojo pjūvio projekcija turi atitikti sąlygą

$$c \leq c_{\text{max}} = \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c3}} d_0 \left(1 + \frac{c}{d_0} \text{tg} \beta \right); \quad (6.72)$$

v_{sw} – sankabų intensyvumas išreiškiamas pagal (6.33);

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2,0}}{v_{\text{sw}}}} \left(1 + \frac{c}{d_0} \text{tg} \beta \right). \quad (6.73)$$

$M_{c2,0}$ yra M_{c2} (žr. (6.31)), apskaičiuotas skerspjūviui ties atrama (skerspjūviui ties įstrižojo pjūvio pradžia), nepaisant jokių skerspjūvio paplatinimų prie atramos, t. y.

$$M_{c2,0} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{\text{ctd}} b d_0^2. \quad (6.74)$$

c_0 turi atitikti šias sąlygas:

$$2d_0 \left(1 + \frac{c}{d_0} \text{tg} \beta \right) \leq c_0 \leq c \text{ ir} \quad (6.75)$$

$$c_0 \geq d_0 \left(1 + \frac{c}{d_0} \text{tg} \beta \right), \text{ jeigu} \quad (6.76)$$

$$c \geq d_0 \left(1 + \frac{c}{d_0} \text{tg} \beta \right).$$

Kai kintamo aukščio sijos apkrautos tolygiai paskirstyta apkrova $g+q$, tikrinamas pavojingųjų įstrižųjų pjūvių c_p stiprumas.

Jeigu tinka sąlyga

$$q_{\text{eff,d}} < 0,562v_{\text{sw}} - 2,5\sqrt{v_{\text{sw}} \cdot v_{\beta}}, \quad (6.77)$$

tai pavojingą įstrižą projekcija apskaičiuojama pagal formulę

$$c_p = \sqrt{\frac{M_{c2,0}}{q_{\text{eff,d}} + v_{\beta} + \sqrt{v_{\text{sw}} \cdot v_{\beta}}}}, \quad (6.78)$$

jeigu $q_{\text{eff,d}}$ (6.77) sąlygos neatitinka, tai c_p apskaičiuojamas pagal formulę

$$c_p = \sqrt{\frac{M_{c2,0}}{q_{\text{eff,d}} + v_{\text{sw}} + v_{\beta}}} \quad (\text{šiuo atveju } c_p = c_0), \quad (6.79)$$

o jeigu $v_{\text{sw}} < \frac{M_{c2,0}}{4d_0^2}$, tai

$$c_p = \sqrt{\frac{M_{c2,0}}{q_{\text{eff,d}} + 2v_{\text{sw}}\text{tg}\beta + v_{\beta}}} \quad (\text{šiuo atveju } c_0 = 2d_0), \quad (6.80)$$

čia

$$v_{\beta} = \varphi_{c2} f_{ctd} b \text{tg}^2 \beta; q_{\text{eff,d}} \text{ nustatomas pagal 97 p.}$$

Sijoms, apkrautoms sutelktomis apkrovomis, kai $\text{tg}\beta > 0,1$, reikia patikrinti stiprumą ir įstrižųjų pjūvių, kurių projekcijos apskaičiuojamos pagal (6.79) formulę, paėmus $q_{\text{eff,d}} = 0$. Šių įstrižųjų pjūvių viršus gali būti tarp sutelktų apkrovų.

24 PAVYZDYS

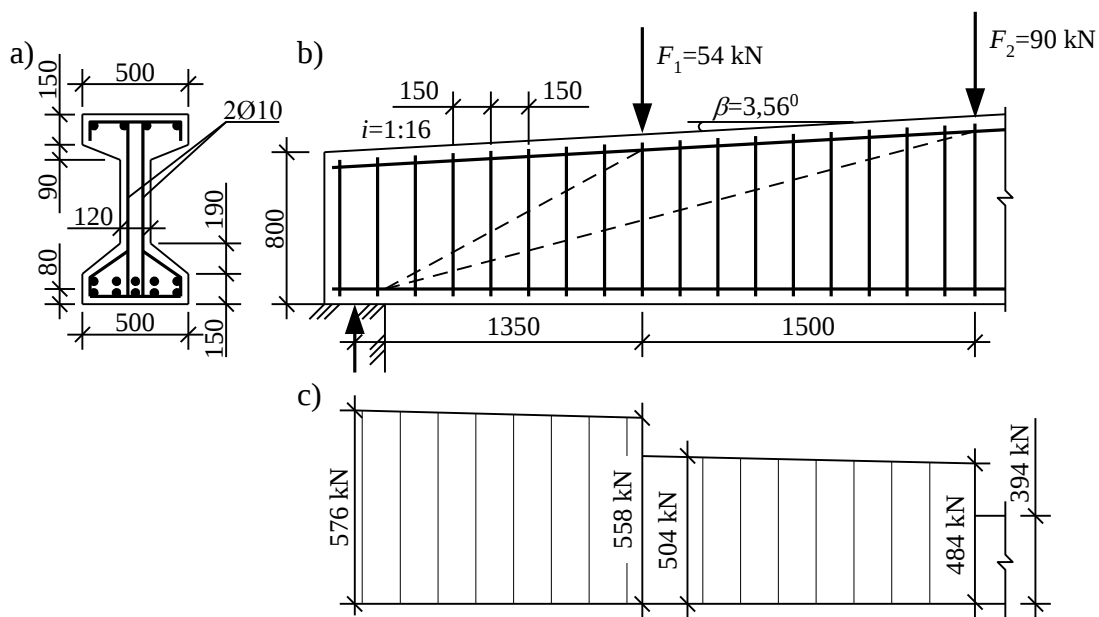
Duota: dviejų šlaitų stogo sija, kurios matmenys parodyti 28 paveiksle, apkrauta sutelktomis stogo plokščių ir kranų apkrovomis; betonas sunkusis C35/45; sankabos dviejų šakų 10 mm skersmens iš S400 klasės strypų; išdėstytos 150 mm žingsniu strypynas virintinis; išankstinio įtempimo jėga $P_{m\infty} = 1200$ kN.

Reikalinga patikrinti įstrižųjų pjūvių stiprumą skersinės jėgos atžvilgiu.

Skaiciavimus atliksime pagal 105 ir 107 punktus. Medžiagų skaičiuojamosios charakteristikos: betono skaičiuotinis tempiamasis stipris $f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 2,2 / 1,5 = 1,47$ N/mm²; gniuždomasis skaičiuojamasis stipris $f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 35 / 1,5 = 23,3$ N/mm²; armatūros skaičiuojamasis stipris skersinių jėgų atžvilgiu $f_{ywd} = 263$ N/mm².

Sankabų intensyvumas (taikant 13 lentelę)

$$v_{\text{sw}} = \frac{A_{\text{sw}}}{s_{\text{w}}} f_{ywd} = 1,047 \cdot 263 = 275 \text{ N/mm} = 0,275 \text{ kN/m.}$$



28 pav. Stogo sijos skerspjūvis (a) šoninis vaizdas ir apkrovimo schema (b), skersinių jėgų diagrama (c)

Tikrinsime 1-ojo ir 2-ojo įstrižųjų pjūvių stiprumą. 1-ojo įstrižojo pjūvio projekcija $c_1 = 1350 \text{ mm}$.

Skerspjūvio atramoje naudingasis aukštis $d_0 = 800 - 80 = 720 \text{ mm} = 0,72 \text{ m}$. Pagal (6.9)

$$\varphi_n = 0,1 \frac{P_{m\infty}}{f_{ctd} b_w d_1} = 0,1 \frac{P_{m\infty}}{f_{ctd} b_w (d_0 + c_1 \tan \beta)} = 0,1 \frac{1200 \cdot 10}{1,47 \cdot 120 \left(720 + 1350 \frac{1}{16} \right)} = 0,846 > 0,5,$$

taikome $\varphi_n = 0,5$.

Kadangi

$$\frac{\varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w}{2} = \frac{0,6(1 + 0,5) \cdot 1,47 \cdot 0,12}{2} = 794 \cdot 10^3 \text{ N/mm} > v_{sw} = 275 \text{ N/mm}, \text{ tai (6.36)}$$

sąlyga tenkinama ir skerspjūvio charakteristikų (pvz., M_{c2}) redukuoti nereikia.

Atraminio skerspjūvio pagal (6.74)

$$M_{c2,0} = \varphi_{c2}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d_0^2 = 2(1 + 0,5) 1,47 \cdot 120 \cdot 720^2 = 274 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}.$$

Pagal (6.72)

$$c_{\max} = \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c6}} d_0 \left(1 + \frac{c}{d_0} \tan \beta \right) = \frac{2}{0,6} \cdot 720 \left(1 + \frac{1350}{720} \frac{1}{16} \right) = 2680 \text{ mm} > c_1 = 1350 \text{ mm}, \text{ taigi } c = c_1 =$$

1350 mm.

Pagal (6.73)

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2,0}}{v_{sw}}} \left(1 + \frac{c_1}{d_0} \tan \beta \right) = \sqrt{\frac{274 \cdot 10^6}{275}} \left(1 + \frac{1350}{720} \frac{1}{16} \right) = 1120 \text{ mm} < c_1 = 1350 \text{ mm}.$$

Reikia imti $c_0 = 1120$ mm, kadangi sąlygas (6.75)

$$c_0 = 1120 \text{ mm} < 2d_0 \left(1 + \frac{c_1}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right) = 2 \cdot 720 \left(1 + \frac{1350}{720} \frac{1}{16} \right) = 1610 \text{ mm ir (6.76)}$$

$$c_0 = 1120 \text{ mm} > d_0 \left(1 + \frac{c_1}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right) = 720 \left(1 + \frac{1350}{720} \frac{1}{16} \right) = 800 \text{ mm ir}$$

$$c_1 > d_0 \left(1 + \frac{c_1}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right) = 720 \left(1 + \frac{1350}{720} \frac{1}{16} \right) = 800 \text{ mm atitinka.}$$

Pagal (6.70) 1-ojo įstrižojo pjūvio stiprumas

$$V_{Ed,1} = 558 \text{ kN} < \frac{M_{c2,0}}{c_1} \left(1 + \frac{c_1}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right)^2 + v_{sw} c_0 = \frac{274 \cdot 10^6}{1350} \left(1 + \frac{1350}{720} \frac{1}{16} \right)^2 + 275 \cdot 1,12 =$$

$$= 561 \cdot 10^3 \text{ N} = 0,561 \text{ kN},$$

t. y. 1-ojo įstrižojo pjūvio stiprumas skersinių jėgų atžvilgiu yra pakankamas.

Tikriname 2-ojo įstrižojo pjūvio stiprumą. Šiuo atveju $c_2 = 1,35 + 1,5 = 2,85 \text{ m} = 2850 \text{ mm}$;
dydis $1 + \frac{c_2}{d_0} \operatorname{tg} \beta = 1 + \frac{2850}{720} \frac{1}{16} = 1,247$.

Pagal (6.72) $c_{\max,2} = \frac{\varphi_{c2}}{\varphi_{c6}} d_0 \left(1 + \frac{c_2}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right) = \frac{2}{0,6} \cdot 720 \cdot 1,247 = 2990 \text{ mm} > c_2 = 2850 \text{ mm}$, tai
taikome $c = c_2 = 2850 \text{ mm}$.

$$\text{Pagal (6.73) } c_{02} = \sqrt{\frac{M_{c2,0}}{v_{sm}}} \left(1 + \frac{c_2}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right) = \sqrt{\frac{274 \cdot 10^6}{0,275}} \cdot 1,245 \text{ mm} < c_2 = 2850 \text{ mm.}$$

Taip pat

$$c_{02} = 1,245 \text{ m} < 2d_0 \left(1 + \frac{c_2}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right) = 2 \cdot 720 \cdot 1,247 = 1800 \text{ mm ir}$$

$$c_{02} = 1,245 \text{ m} > d_0 \left(1 + \frac{c_2}{d_0} \operatorname{tg} \beta \right) = 720 \cdot 1,247 = 900 \text{ mm, tai } c_{02} \text{ reikšmė (6.75) ir (6.76)}$$

sąlygas atitinka.

Pagal (6.70) 2-ojo įstrižojo pjūvio stiprumas

$$V_{Ed,2} = 484 \text{ kN} < \frac{M_{c2,0}}{c_2} \left(1 + \frac{c_2}{d_0} \right)^2 + v_{sw} c_{02} = \frac{274 \cdot 10^6}{2850} \cdot 1,247^2 + 275 \cdot 1245 = 492 \cdot 10^3 \text{ N} =$$

$$= 492 \text{ kN, tai ir 2-ojo įstrižojo pjūvio stiprumas yra pakankamas.}$$

IV SKIRSNIS. ĮSTRIŽOJO LENKIMO VEIKIAMAI ELEMENTAI IR TRUMPOS GEMBĖS

108. Įstrižai lenkiamų stačiakampio skerspjūvio elementų stiprumą skersinių jėgų atžvilgiu reikia tikrinti pagal formulę

$$\left[\frac{V_{Ed,x}}{V_{Rd,cy(x)}} \right]^2 + \left[\frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,cy(y)}} \right]^2 \leq 1, \quad (6.81)$$

čia: $V_{Ed,x}$ ir $V_{Ed,y}$ – skersinės jėgos komponentės atitinkamai simetrijos plokštumoje x ir jai statmenoje plokštumoje y , veikiančios labiausiai nuo atramos nutolusiame įstrižojo pjūvio gale; $V_{Rd,cy(x)}$ ir $V_{Rd,cy(y)}$ – atlaikomos skersinės jėgos, apskaičiuotos pagal (6.29) formulę atitinkamai x ir y plokštumose.

Elementams, apkrautiems tolygiai paskirstyta apkrova, galima nustatyti c reikšmes pagal 99 p. kiekvienoje x ir y plokštumoje.

Apskaičiuojant įstrižo lenkimo veikiamų elementų stiprumą skersinių jėgų atžvilgiu, atlangų nepaisoma.

109. Trumpųjų ($l \leq 0,9d$) gelžbetoninių gembų atsparumas skersinių jėgų veikimui apskaičiuojamas atsižvelgiant į betono juostos tarp krūvio ir atramos atsparumą gniuždant (žr. 27 ir 28 pav.) pagal formulę:

$$V_{Ed} \leq 0,8 \varphi_{w2} f_{cd} b l_c \sin \theta, \quad (6.82)$$

taip pat prisilaikant ribų pagal sąlygą

$$\varphi_{c3}(1 + \varphi_n) f_{ctd} b d \leq V_{Ed} \leq 3,5 f_{ctd} b d ; \quad (6.83)$$

čia θ – kampas tarp skaičiuotinės gniuždomosios juostos ir horizontalės.

Įstrižos gniuždomosios juostos plotis nustatomas pagal tokią formulę:

$$l_c = l_{sup} \sin \theta; \quad (6.84)$$

l_{sup} – krūvio perdavimo ploto ilgis išilgai gembės.

Koeficientu φ_{w2} atsižvelgiama į sankabas, išdėstytas gembės aukštyje, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \alpha_1 \rho_{w1} ; \quad (6.85)$$

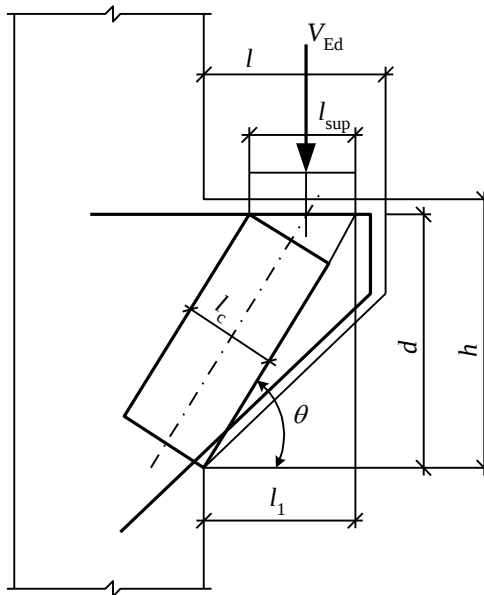
čia $\rho_{w1} = A_{sw} / (b s_w)$;

A_{sw} – horizontaliųjų sankabų ir pasvirusių į horizontalę ne mažesniu kaip 45° kampu, esančių vienoje plokštumoje, skerspjūvio plotas; s_w – atstumas tarp sankabų statmena kryptimi.

Trumpųjų gembų skersinis armavimas turi atitikti konstravimo reikalavimus.

Nustatant l_{sup} ilgį, reikia atsižvelgti į krūvio perdavimo ypatybes, nes konstrukcijos ant gembės gali būti atremtos įvairiais būdais (išilgai gembės nukreiptos sijos gali būti atremtos laisvai arba standžiai; sijos gali būti nukreiptos skersai gembės ir pan.).

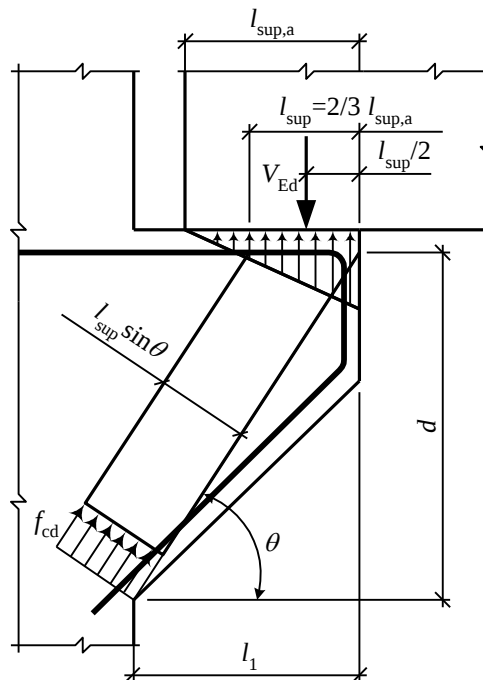
Kai apkrova V_{Ed} atremta ant gembės laisvai per fiksuotą tarpą (plieninę plokštelę arba kitokį specialų tarpą), (6.85) formulėje taikomas faktiškasis l_{sup} dydis. Reikia patikrinti atrėmimo vietos atsparumą glemžimui.



29 pav. Schema trumposios gembės atsparumui skersinėms jėgoms apskaičiuoti. Apkrova perduota per fiksuotą intarpą

Jeigu trumpoji gembė yra rėmo standaus mazgo, kuris sumonolitinamas, dalis l_{sup} , imamas lygiu gembės ilgiui l_1 , jeigu atitinka sąlygas, kad $M_{Ed}/V_{Ed} \geq 300 \text{ mm}$ ir $l_{sup,a}/l_1 \geq 2/3$ (čia M_{Ed} ir V_{Ed} – atitinkamai sijos viršuje tempimą sukeliantis lenkimo momentas ir skersinė jėga statmenajame sijos pjūvyje ties gembės galu).

Kai surenkamoji sija išilgai gembės remiasi laisvai, sandūra sudaro lankstą, be jokių išsikišusių specialių atrėmimo įdėklų, fiksuojančių atrėmimo plotą (žr. 30 pav.), tai (6.84) formulei taikoma $l_{sup} = \frac{2}{3} l_{sup,a}$ (čia $l_{sup,a}$ – faktiškasis sijos atrėmimo ilgis) reikšmė, imant nuo gembės galo A_{s1} armatūros lygyje.



30 pav. Schema gembei skaičiuoti, kai surenkamoji sija laisvai atremta išilgai gembės

Kai sija ant gembės atremta laisvai, gembės išilginė armatūra A_{s1} apskaičiuojama iš sąlygos

$$V_{Ed} \frac{l_1}{d} \leq f_{yd} A_{s1}, \quad (6.86)$$

l_1 ir d žr. 29 ir 30 pav.

Jeigu gembės ir sijos sandūroje gali veikti išilginė tempimo jėga N_s , tai gembės A_{s1} armatūros plotas apskaičiuojamas iš sąlygos

$$V_{Ed} \frac{l_1}{d} - N_s \leq f_{yd} A_{s1}. \quad (6.87)$$

Jeigu N_s yra tempimo jėga, tai jį į (6.87) formulę įrašoma su priešingu ženklu.

25 PAVYZDYS

Duota: gelžbetoninė kolonos gembė, kurios matmenys parodyti 31 pav., horizontali armatūra iš 6 mm skersmens S400 strypų išdėstyta 150 mm žingsniu dviejuose virintiniuose strypynuose; apkrova centriškai uždėta ant paskirstomosios 30 mm storio plieninės plokštelės; betonas sunkusis C20/25 klasės.

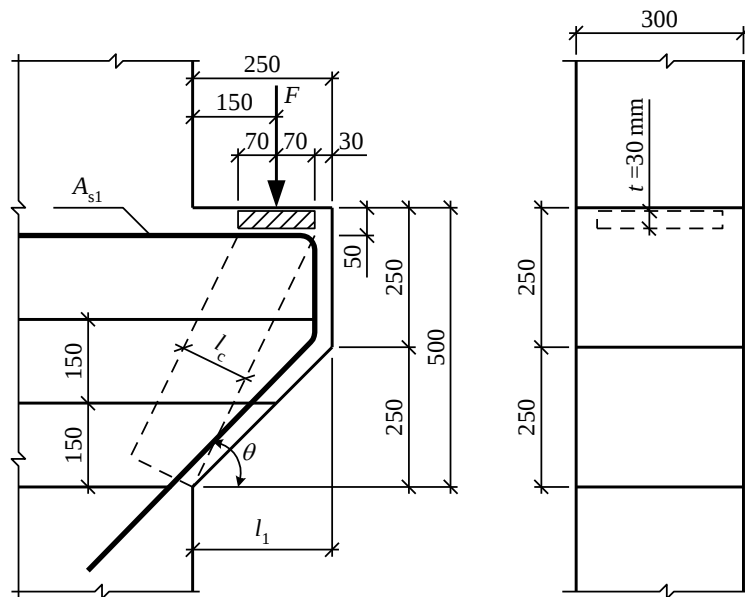
Reikia apskaičiuoti, kokią jėgą F gembė gali atlaikyti, ir nustatyti reikiamą tempiamąją A_{s1} armatūrą (žr. 30 pav.) iš S400 klasės plieno.

Gembės $l = 250 \text{ mm} < 0,9d = 0,9 (500 - 5) = 405 \text{ mm}$, t. y. gembė yra trumpoji ir skaičiuojama pagal 109 p. reikalavimus.

Medžiagų skaičiuojamosios charakteristikos: betono skaičiuojamieji stipriai: gniuždomasis $f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 20 / 1,5 = 13,33 \text{ N/mm}^2$;

gniūždomasis skaičiuojamasis stipris $f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 35 / 1,5 = 23,3 \text{ N/mm}^2$

ir tempiamasis $f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 1,5 / 1,5 = 1,0 \text{ N/mm}^2$; S400 klasės armatūros tempiamasis stipris $f_{yd} = 365 \text{ N/mm}^2$. Tamprumo moduliai: betono $E_{cm} = 30 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$, plieno $E_s = 20,5 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$.



31 pav. Gembės vertikalūs pjūvis (a) ir priekinis vaizdas (b). Matmenys milimetrais

Betono gniuždomosios juostos kampas, imant pagal tiesę nuo atrėmimo plokštelės kampo iki gembės apačios:

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{500 - 30}{150 + 70} = 2,136; \quad \Theta = 64,92^0; \quad \sin \Theta = 0,906.$$

Šios juostos plotis pagal (6.84)

$$l_c = l_{\text{sup}} \cdot \sin \Theta = 140 \cdot 0,906 = 127 \text{ mm.}$$

Gembės atlaikomoji galia lygi (6.82) formulės dešiniajai pusei

$$V_{\text{Rd}} = 0,8 \rho_{\text{w}2} f_{\text{cd}} b l_c \sin \Theta.$$

Apskaičiuojame koeficientus:

$\rho_{\text{w}1} = \frac{A_{\text{sw}}}{s_{\text{w}} \cdot b} = \frac{0,38}{300} = 1,267 \cdot 10^{-3}$ ($A_{\text{sw}}/s_{\text{w}}$ iš 13 lentelės, kai du 6 mm skersmens strypai išdėstyti 150 mm žingsniu).

Pagal (6.84), kai $\alpha_1 = E_s/E_m = 20,5 \cdot 10^3/3 \cdot 10^3 = 6,83$;

$$\rho_{\text{w}2} = 1 + 5\alpha_1\rho_{\text{w}1} = 1 + 5 \cdot 6,83 \cdot 1,26 \cdot 10^{-3} = 1,043.$$

$$V_{\text{Rd}} = 0,8 \cdot 1,043 \cdot 13,33 \cdot 300 \cdot 127 \cdot 0,906^2 = 348 \cdot 10^3 \text{ N} = 348 \text{ kN.}$$

Patikriname, ar V_{Rd} atitinka (6.83) sąlygą:

$$\varphi_{\text{c}3}(1 + \varphi_n) f_{\text{ctd}} b d = 0,6(1 + 0) \cdot 1 \cdot 300 \cdot 450 = 81 \cdot 10^3 \text{ N} = 81 \text{ kN} < V_{\text{Rd}} = 348 \text{ kN.}$$

$3,5 f_{\text{ctd}} b d = 3,5 \cdot 1 \cdot 300 \cdot 450 = 472 \cdot 10^3 \text{ N} = 472 \text{ kN} > V_{\text{Rd}} = 348 \text{ kN}$, t. y. V_{Rd} atitinka (6.83) sąlygą, gembė gali laikyti skaičiuotinę apkrovą $F_d = V_{\text{Rd}} = 348 \text{ kN}$.

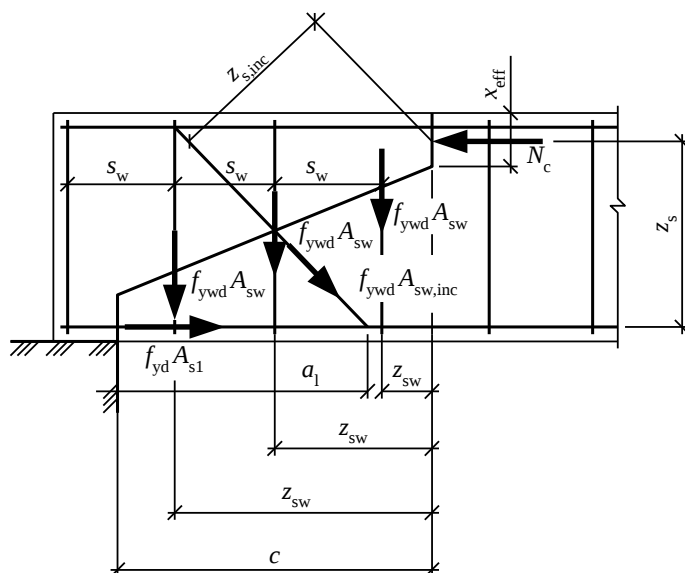
Apskaičiuojame išilginę armatūrą $A_{\text{s}1}$ pagal (6.86) formulę, kai $V_{\text{Ed}} = F_d = V_{\text{Rd}} = 348 \text{ kN}$.

$$A_{\text{s}1} \geq \frac{V_{\text{Ed}} \cdot l_1}{d f_{\text{yd}}} = \frac{348 \cdot 10^3 (250 - 70)}{0,45 \cdot 365} = 381 \text{ mm}^2.$$

Taikome 2Ø16 mm, kurių $A_{\text{s}1} = 402 \text{ mm}^2$.

110. Gelžbetoninių elementų įstrižųjų pjūvių stiprumas lenkimo momento atžvilgiu tikrinamas pagal formulę:

$$M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{Rd},s} + M_{\text{Rd},\text{sw}} + M_{\text{Rd},\text{s,inc}}. \quad (6.88)$$



32 pav. Schema gelžbetoninio elemento įstrižojo pjūvio stiprumui lenkimo momento atžvilgiu apskaičiuoti

Lenkimo momentas M_{Ed} apskaičiuojamas kaip visų išorinių jėgų, veikiančių vieną elemento nuo nagrinėjamo įstrižojo pjūvio pusę, momentų apie ašį, statmeną lenkimo momento veikimo plokštumai ir einančiai per gniuždomojoje zonoje veikiančių jėgų atstojamosios N_c pridėjimo tašką, suma.

$M_{Rd,s}$, $M_{Rd,sw}$ ir $M_{Rd,s,inc}$ yra jėgų, veikiančių įstrižojo pjūvio tempiamąją zoną kertančioje išilginėje armatūroje, sankabose ir atlankose atitinkamai momentų apie tą pačią ašį sumos. Nustatant įstrižąjį pjūvį kertančioje armatūroje veikiančias jėgas, reikia atsižvelgti į šios armatūros inkaravimą už įstrižojo pjūvio.

Įstrižojo pjūvio gniuždomosios zonos aukštis nustatomas iš jėgų, veikiančių gniuždomajame betone ir įstrižąjį pjūvį kertančioje armatūroje, projekcijų į elemento išilginę ašį pusiausvyros sąlygos.

Leidžiama taikyti

$$z_s = d - 0,5x_{eff} \leq d - a_2. \quad (6.89)$$

Kai sankabų intensyvumas nagrinėjamame ruože yra pastovus, tai sankabų atlaikomą momentą $M_{Rd,sw}$ galima išreikšti formule

$$M_{Rd,sw} = 0,5v_{sw}c^2, \quad (6.90)$$

čia: c – įstrižojo pjūvio tarp jėgų atstojamųjų tempiamojame armatūroje ir gniuždomojoje zonoje pridėjimo taškų horizontalioji projekcija į elemento išilginę ašį; v_{sw} – sankabose veikianti jėga elemento ilgio vienetu (sankabų intensyvumas), žr. 98 p.

Kiekvienos atlankų plokštumos $z_{s,inc}$ atstumas nustatomas pagal formulę

$$z_{s,inc} = z_s \cos \Theta + (c - a_1) \sin \Theta, \quad (6.91)$$

kurioje a_1 – atstumas tarp atlankos pradžios ir įstrižojo pjūvio pradžios tempiamojame zonoje (žr. 32 pav.).

111. Įstrižųjų pjūvių stiprumą veikiant lenkimo momentui, reikia patikrinti ties išilginės armatūros nutraukimo arba atlenkimo, elemento matmenų staigaus pasikeitimo (išpjovos ir pan.)

vietomis, taip pat sijų atraminėse zonose ir ties atraminės gembės galu, jeigu išilginei armatūrai nėra įrengta specialių inkarų.

Įstrižųjų pjūvių stiprumo lenkimo momentų atžvilgiu galima netikrinti, jeigu išpildomos (6.3) ir (6.4) sąlygos, kai jų dešinėsios pusės padauginamos iš 0,8 ir kai $c \leq 0,8c_{\max}$.

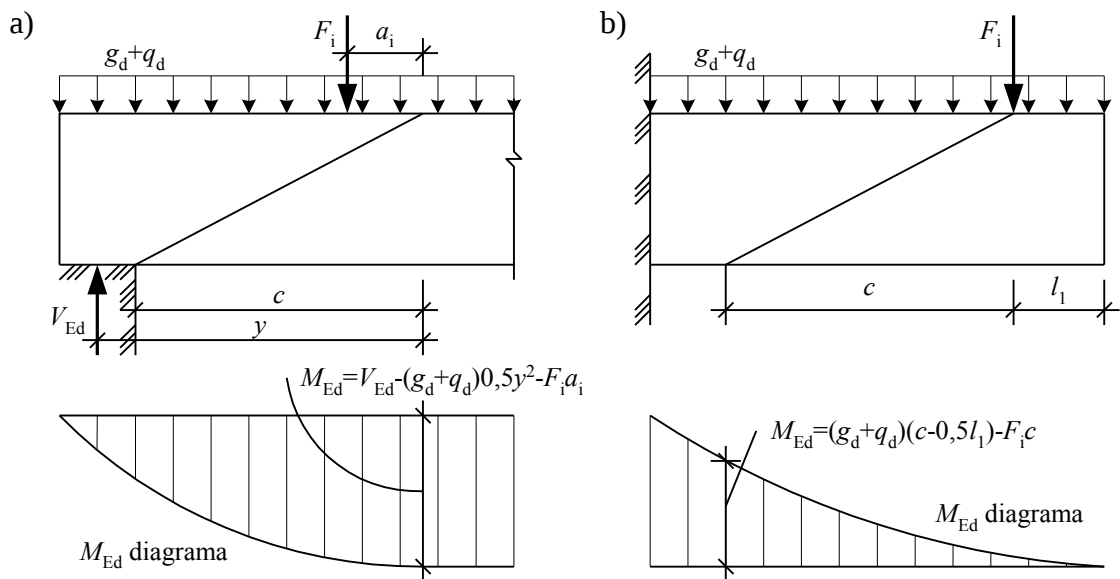
112. Jeigu išilginė armatūra be inkarų kerta įstrižąjį pjūvį inkavimo zonoje, tai jos skaičiuotinį stiprį f_{yd} inkaravimo zonoje reikia sumažinti padauginant iš santykio $l_x / l_{bd} \leq 1$ neįtemptajai armatūrai ir iš $l_x / l_{bpd} \leq 1$ – įtemptajai armatūrai. Čia l_x yra atstumas nuo strypo galo iki nagrinėjamo pjūvio, o l_{bd} ir l_{bpd} – atitinkamai neįtemptosios ir įtemptosios armatūrų inkaravimo ilgiai, nustatomi pagal šio Reglamento XVII skyriaus IV skirsnį.

113. Laisvai atremtų sijų pavojingiausias įstrižasis pjūvis prasideda nuo atramos krašto ir jo projekcijos ilgis pastovaus skerspjūvio aukščio sijoms (žr. 33 a pav.) apskaičiuojamas pagal formulę

$$c = \frac{V_{Ed} - F_i - f_{ywd} \cdot A_{s,inc} \sin \Theta}{v_{sw} + g_d + q_d}, \quad (6.92)$$

bet ne ilgesnis už sijos prie atramų ruožą, kuriame tenkinama (6.5) sąlyga, kai jos dešinioji pusė padauginama iš 0,8 ir c reikšmei esant ne didesnei nei $0,8c_{\max}$.

(6.92) formulėje V_{Ed} – skersinė jėga pjūvyje prie atramų; F_i , g_d ir q_d – sutelktosios ir tolygiai paskirstytos apkrovos, veikiančios įstrižojo pjūvio ribose; $A_{s,inc}$ – atlankų, kertančių įstrižąjį pjūvį, skerspjūvio plotas; Θ – kampas tarp atlankų ir elemento išilginės ašies; v_{sw} – sankabų atlaikoma jėga elemento ilgio vienetu pagal (6.33) formulę.



33 pav. Lenkimo momentų įstrižuosiuose pjūviuose nustatymas:

a – laisvai atremtai sijai; b – gembėi

Jeigu c reikšmė, nustatyta atsižvelgiant į sutelktąją F_i apkrovą, yra mažesnė už atstumą tarp atramos krašto ir F_i apkrovos, o nustatyta c reikšmė neatsižvelgiant į F_i apkrovą didesnė už minėtą atstumą, tai c reikšmę reikia imti lygią atstumui tarp atramos ir F_i apkrovos.

Jeigu ruože c keičiasi sankabų intensyvumas iš v_{sw1} ruožo pradžioje prie atramos į v_{sw2} , c reikšmė apskaičiuojama pagal (6.92) formulę, imant $v_{sw} = v_{sw2}$ ir sumažinant šios formulės skaitiklį ($v_{sw} = v_{sw2}$) l_1 dydžiu, kuriame l_1 – ruožo ilgis su sankabų intensyvumu v_{sw1} .

Sijoms, armuotoms pastovaus intensyvumo sankabomis, be atlankų, apkrautoms tolygiai paskirstyta apkrova $g_d + q_d$, (6.86) sąlygą galima užrašyti taip:

$$V_{Ed,max} = \sqrt{2(f_{pd}A_{p1} + f_{yd}A_{s1})z_s - M_{Ed,0}(v_{sw} + g_d + q_d)}, \quad (6.93)$$

čia $V_{Ed,max}$ – skersinė jėga, veikianti ties atrama, ir $M_{Ed,0}$ – lenkimo momentas, veikiantis pjūvyje ties atramos kraštu.

Gembės, apkrautos sutelktomis apkrovomis, pavojingasis įstrižasis pjūvis prasideda nuo sutelktosios apkrovos pridėjimo vietos (žr. 33 b pav.) netoli laisvojo galo ir pastovaus skerspjūvio aukščio gembėms jo projekcija

$$c = \frac{V_{Ed,1} - f_{ywd}A_{s,inc} \sin \Theta}{v_{sw}}, \quad (6.94)$$

bet turi būti ne didesnė už atstumą tarp įstrižojo pjūvio pradžios ir atramos (čia $v_{Ed,1}$ – skersinė jėga, veikianti ties įstrižojo pjūvio pradžia).

Gembėse, apkrautose vien tolygiai paskirstyta apkrova $g_d + q_d$, pavojingiausias įstrižasis pjūvis baigiasi atramoje ir jo projekcija apskaičiuojama pagal formulę

$$c = \frac{(f_{pd}A_{p1}/l_{bpd} + f_{yd}A_{s1}/l_{bd})z_s}{v_{sw} + g_d + q_d}. \quad (6.95)$$

Jeigu $c < l - l_{bpd}$ arba $c < l - l_{bd}$, tai atitinkamai $f_{pd}A_{p1} = 0$ arba $f_{yd}A_{p1} = 0$, todėl jeigu abi šios sąlygos tenkinamos, tai pagal (6.93) gaunama, kad $c = 0$ ir įstrižojo pjūvio stiprumo tikrinti nereikia. l_{bpd} ir l_{bd} – tie patys kaip 112 p.; z_s – (žr. 110 p.) nustatomas skerspjūviui prie atramos krašto.

Elementams, kurių skerspjūvio aukštis didėja, didėjant lenkimo momentui, nustatant pavojingiausius įstrižuosius pjūvius pagal (6.92) arba (6.94), šių formulių skaitikliai mažinami dydžiu $(f_{pd}A_{p1} + f_{yd}A_{s1})\lg\beta$. Čia β yra kampas tarp gniuždomojo elemento krašto ir horizontalės. Išilginės armatūros užlaidos ant laisvos atramos turi atitikti [240 p.] reikalavimus.

114. Pastovaus skerspjūvio aukščio elementų, armuotų sankabomis, įstrižųjų pjūvių stiprumui lenkimo momento atžvilgiu užtikrinti išilginius strypus reikia pratęsti už skerspjūvio, kuriame pagal skerspjūvių stiprumą momentui veikiant jie nereikalingi (teorinės nutraukimo vietos (žr. 34 pav.)), l_{ext} ilgiu, apskaičiuojamu pagal formulę

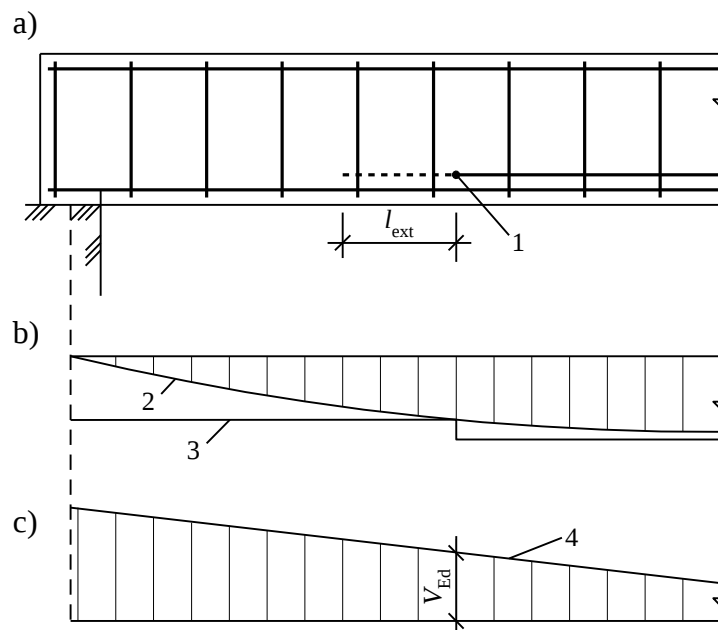
$$l_{ext} = \frac{V_{Ed} - f_{ywd}A_{s,inc} \sin \Theta}{2v_{sw}} + 5\phi, \quad (6.96)$$

čia: V_{Ed} – skersinė jėga, veikianti teorinio nutraukimo vietoje; $A_{s,inc}$ ir Θ – tie patys kaip ir (6.90) formulėje; ϕ – nutraukiamo strypo skersmuo; v_{sw} – sankabų intensyvumas (žr. 98 p.).

Sijoms, kurių gniuždomasis kraštas yra nuožulnus, (6.96) formulės skaitiklį reikia sumažinti $(f_{pd}A_{p1} + f_{yd}A_{s1})\lg\beta$ dydžiu.

Elementams be skersinės armatūros l_{ext} imama lygi 10ϕ , o teorinio nutraukimo vieta turi būti elemento ruože, kuris atitinka (6.5) sąlygą, kai jos dešinioji pusė padauginama iš 0,8 ir c reikšmei esant ne didesnei kaip $0,8c_{max}$.

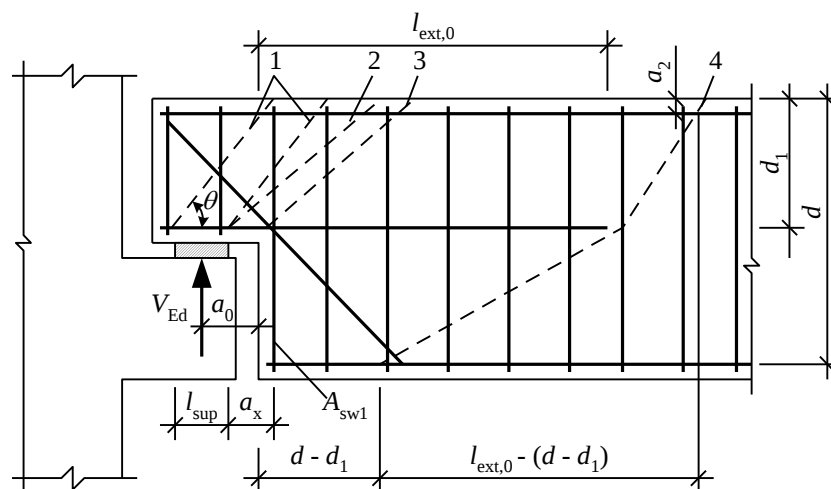
Armatūros strypų pratęsimų l_{ext} ilgiai turi atitikti [239 p.] reikalavimus.



34 pav. Tempiamojo strypo pratęsimo ilgis (l_{ext}) už teorinės nutraukimo vietos. Veikiančių (2), atlaikomų (3) lenkimo momentų ir skersinių jėgų (4) diagramos

115. Įstrižųjų pjūvių stiprumui lenkimo momento atžvilgiu užtikrinti atlankos pradžia tempiamojoje zonoje turi būti nutolusi nuo statmenojo pjūvio, kuriame atlenkiamojo strypo stiprumas visiškai panaudojamas, ne mažiau kaip $d/2$, o atlankos galas turi būti ne arčiau statmenojo pjūvio, kuriame atlenkiamojo strypo pagal skaičiavimą nereikia.

116. Elementams, kurių skerspjūvio aukštis staiga pasikeičia (pavyzdžiui, kai sijose arba gembėse yra išpjovos), reikia apskaičiuoti dėl išpjovos gautos gembės (žr. 35 pav.), įstrižųjų pjūvių, prasidedančių nuo gembės atramos, stiprumą skersinių jėgų atžvilgiu pagal nuostatas, taikomas gelžbetoninių elementų šiam stiprumui apskaičiuoti, bet skaičiavimo formulėse taikomas naudingasis gembės, gautos dėl išpjovos, skerspjūvio aukštis d_1 .



35 pav. Elemento su išpjova pavojingiausi įstrižieji pjūviai. 1 – įstriža gniuždomoji juosta; 2 – stiprumui skersinių jėgų atžvilgiu apskaičiuoti; 3 – stiprumui lenkimo momento atžvilgiu apskaičiuoti; 4 – tuo pačiu tikslu kaip ir 3, bet už išpjovos

Sankabas, reikalingas įstrižojo pjūvio stiprumui pasiekti, reikia įrengti už išpjovos galo ruože, kurio ilgis ne mažesnis nei $l_{ext,0}$, apskaičiuotas pagal (6.97) formulę.

117. Laisvai atremtų sijų su išpjovomis įstrižuosius pjūvius, prasidedančius vidiniuose išpjovų kampuose (žr. 35 pav.), reikia patikrinti stiprumui lenkimo momento atžvilgiu pagal 110 – 113 p. Išilginę trumposios gembės, gautos dėl išpjovos, armatūrą reikia pratęsti už išpjovos galo ilgiu, ne mažesniu nei l_{bd} (žr. 113 p.) ir ne mažesniu nei $l_{ext,0}$, apskaičiuotu pagal formulę

$$l_{ext,0} = \frac{2(V_{Ed1} - f_{ywd}A_{sw1} - f_{ywd}A_{s,inc} \sin \Theta)}{v_{sw}} + a_0 + 10\phi, \quad (6.97)$$

čia: V_{Ed1} – skersinė jėga, veikianti gembės galo statmenajame pjūvyje; A_{sw} – skerspjūvio plotas papildomų sankabų, esančių prie išpjovos galo ruožu ne ilgesniame nei $d_1/4$, ir neįskaitomų nustatant sankabų prie išpjovos intensyvumą v_{sw} ; $A_{s,inc}$ – skerspjūvio plotas atlankų, esančių prie vidinio išpjovos kampo; a_0 – atstumas tarp gembės atramos ir išpjovos galo; ϕ – nutraukiamo strypo skersmuo.

Sankabos ir atlankos, esančios prie išpjovos galo, turi atitikti sąlygą

$$f_{ywd}A_{sw1} + f_{ywd}A_{s,inc} \sin \Theta \geq V_{Ed1} \left(1 - \frac{d_1}{d}\right), \quad (6.98)$$

čia d_1 ir d – naudingieji aukščiai atitinkamai trumposios gembės ties išpjova ir sijos už išpjovos.

Jeigu apatinė elemento armatūra yra be inkarų, taip pat reikia patikrinti stiprumą lenkimo momento atžvilgiu pagal 110–113 p. įstrižojo pjūvio, esančio ne ties išpjova ir prasidedančio už nurodytą sankabą ir ne mažesniu nei $d-d_1$ atstumu nuo galo (žr. 35 pav.). Šiuo atveju skaičiuojant neatsižvelgiama į trumposios gembės armatūrą, o projekcijos c ilgis imamas ne mažesnis už atstumą tarp įstrižojo pjūvio pradžios ir minėtos armatūros galo. Be to, apatinės elemento armatūros inkaravimo ilgis l_{bd} nustatomas kaip laisviesiems gembų galams.

Trumposios gembės ties išpjova skaičiavimas atliekamas pagal 109 p., nustatant gniuždomosios juostos kryptį nuo atraminio ploto išorinio krašto iki jėgų, veikiančių papildomosiose sankabose A_{sw1} skerspjūvio ploto sijos gniuždomosios armatūros lygyje, atstojamosios, t y.

$$\sin^2 \Theta = \frac{(d_1 - a_2)^2}{(d_1 - a_2)^2 + (l_{sup} + a_x)^2}, \quad (6.99)$$

čia l_{sup} – žr. 109 p. a_x – žr. 35 pav.

Taikant (6.82) formulę, koeficientas 0,8 keičiamas koeficientu 1,0.

VII SKYRIUS. GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ STIPRUMO APSKAIČIAVIMAS, ESANT VIETINIAM APKROVŲ VEIKIMUI

I SKIRSNIS. APSKAIČIAVIMAS GLEMŽIMUI

118. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų, veikiamų vietinių gniuždymo apkrovų, stiprumas tikrinamas pagal bendrąją jėgų pusiausvyros sąlygą, įvertinant nearmuoto arba armuoto betono stiprius ir įtempių pasiskirstymo charakterį bei plotą.

Betoninio elemento, veikiamo vietinės glemžimo apkrovos, stiprumas tikrinamas pagal sąlygą:

$$N_{Ed} \leq \alpha_u f_{cud} A_{c0}, \quad (7.1)$$

čia N_{Ed} – skaičiuotinių įtempių, veikiančių glemžimo plote A_{c0} , atstojamoji; f_{cud} – betono skaičiuotinis glemžiamasis stipris, apskaičiuojamas imant skaičiuotinius betono gniuždomąjį f_{cd} ir tempiamąjį f_{ctd} stiprius, nustatomas su daliniu patikimumo koeficientu $\gamma_c = 1,8$; α_u – koeficientas, priklausantis nuo įtempių pasiskirstymo glemžimo plote, ir yra lygus

$$\alpha_u = \frac{1}{4} \left(3 + \frac{\sigma_{u,\min}}{\sigma_{u,\max}} \right) \geq \frac{3}{4}. \quad (7.2)$$

Čia $\sigma_{u,\max}$ ir $\sigma_{u,\min}$ – atitinkamai didžiausieji ir mažiausieji gniuždymo įtempiai.

Kai gniuždymo įtempiai nuo apkrovos pasiskirstę vienodai, tai $\alpha_u = 1$. Esant nevienodam įtempių pasiskirstymui, santykį $\frac{\sigma_{u,\min}}{\sigma_{u,\max}}$ po sijų, ilginių, sąramų galais galima priimti 0,75.

A_{c0} – glemžimo plotas apskaičiuojamas pagal 36 paveiksle duotas schemas.

Betono skaičiuotinis gniuždomasis stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{cud} = \alpha w_u f_{cd}, \quad (7.3)$$

čia: f_{cd} – betono skaičiuotinis gniuždomasis stipris; α – koeficientas, įvertinantis ilgalaikį apkrovos poveikį, jos netinkamiausią pridėjimą ir imamas:

0,85 – kai betono klasė C50/60;

0,80 – kai betono klasė C55/67 ir daugiau.

Kai betono klasė C70/85 ir didesnė, betono stipris f_{cd} koeficientu α dauginamas iš papildomo koeficiento λ , kuris imamas pagal 14 lentelės duomenis.

14 lentelė

Koeficiento λ reikšmės

Betono klasė	C70/85	C80/95	C90/105
λ	0,95	0,93	0,91

w_u – koeficientas, įvertinantis betono glemžiamojo stiprio padidėjimą ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$w_u = 1 + k_u k_f \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \leq w_{u,\max}, \quad (7.4)$$

čia: k_u – šoninio apspaudimo gniuždant efektyvumo koeficientas. Sunkiajam betonui $k_u = 0,8 \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14,0$; smulkiagrūdžiam betonui $k_u = 12,5$; k_f – imama pagal 15 lentelę; $w_{u,\max}$ – ribinė betono glemžiamojo stiprio padidėjimo reikšmė, imama pagal 15 lentelę; A_{c0} – glemžimo plotas (36 pav.); A_{c1} – pasiskirstymo plotas, kuris yra simetrinis glemžimo ploto centro atžvilgiu.

Jeigu (7.1) sąlyga yra nepatenkinta, tai glemžiamas zonas reikia sustiprinti armuojant skersiniais armatūros tinklais.

Koeficientų k_f ir $\omega_{u,max}$ reikšmės

Vietinės apkrovos pridėjimo schemos pagal 36 pav.	k_f	$\omega_{u,max}$	
		betoniniams elementams	elementams su skersiniu armavimu
a), b) atvejai	1,0	2,5	3,5
c) atvejis	$0,8+0,2c/b$	2,5	3,5
d) atvejis	$0,8+0,2c/b$	2,5	3,5
e), f), i), j) atvejai	0,8	2,5	3,5
g) atvejis	$0,8+0,2 \frac{\min(c/b; e/a)}{\max(c/b; e/a)}$	2,5	3,5
h) atvejis	$0,8+0,2 \frac{\min(c; e)}{\max(c; e)}$	2,5	3,5
k), l), m), n) atvejai	0,8	1,0	1,0

119. Jeigu elementas yra armuojamas skersiniais armatūros tinklais, tai tokių vietinė glemžimo apkrova veikiamų elementų stiprumas tikrinamas pagal sąlygą:

$$N_{Ed} \leq f_{cud,eff} \cdot A_{c0}, \quad (7.5)$$

čia: N_{Ed} – įtempimų, veikiančių A_{c0} plote, atstojamoji; $f_{cud,eff}$ – ekvivalentinis betono glemžiamasis stipris, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{cud,eff} = f_{cud} + \varphi_0 \cdot \rho_{xy} f_{yd,xy} \cdot \varphi_s, \quad (7.6)$$

φ_s – koeficientas, įvertinantis skersinio armavimo įtaką vietinio gniuždymo zonoje: k), l) ir n) (36 pav.). $\varphi_s = 1,0$, skersinį armavimą įvertinant pagal sąlygą, skersinės armatūros tinklai uždėti plote, ne mažesniame kaip 36 pav. pažymėta punktyrinėmis linijomis. Kai apkrauta pagal a), b), c), d), e), f), g), h), i), j) (36 pav.). φ_s koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

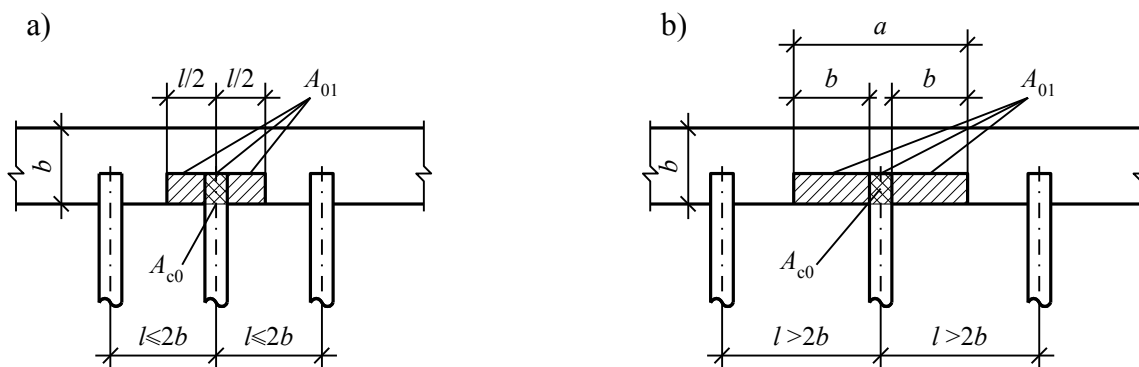
$$\varphi_s = 4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{eff}}, \quad (7.7)$$

čia A_{eff} – betono plotas, apibrėžtas kraštiniais tinklo strypais ir esantis A_{c1} ploto ribose.

$$\varphi_0 = \frac{1}{0,23 + \psi}; \quad \psi = \frac{\rho_{xy} \cdot f_{yd,xy}}{\alpha f_{cd} + 10}.$$

ρ_{xy} – skersinio armavimo koeficientas; $f_{yd,xy}$ – tinklų armatūros skaičiuotinis stipris.

Jeigu glemžimo ploto kontūrai išeina už skersinio armavimo tinklo ribų, tai, nustatant glemžimo plotą A_{c0} ir pasiskirstymo plotą A_{c1} , įvertinamas tik betono plotas, esantis tinklelio kontūro ribose. Tinklelio strypų skerspjūvio plotas jo ilgio ir pločio kryptimis neturi skirtis daugiau kaip 1,5 karto, o jų išdėstymo žingsnis neviršyti 100 mm ir $\frac{1}{4}$ mažesniosios skerspjūvio kraštinės.

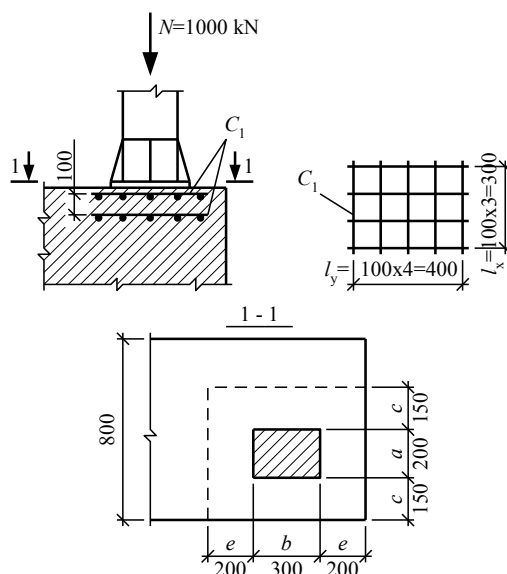


37 pav. Glemžimo plotų nuo sijų atrėmimo nustatymo schemas, esant įvairiam atstumui tarp sijų

Sijų ir ilginių galų atrėmimo vietose skaičiuojamąjį plotą apibrėžia plotis, lygus atrėmimo ilgiui, ir ilgis, lygus ne daugiau kaip atstumui tarp gretimų sijų tarpų vidurių (37 a pav.). Kai atstumas tarp sijų yra didesnis už dvigubą konstrukcijos, ant kurios remiasi, plotį, tai (37 b pav.) skaičiuojamojo ploto ilgis yra priimamas lygus sijos pločio ir dvigubo konstrukcijos pločio sumai.

26 PAVYZDYS

Metalinė kolona remiasi į gelžbetoninį pamatą (38 pav.). Jėga nuo kolonos į pamatą $F = 1,0 \cdot 10^6$ N pridėta centriškai. Pamatą iš betono C12/15.



38 pav. Pamato glemžimo schema

Betono skaičiuotinis gniuždomasis stipris

$$f_{cd} = 0,9 \cdot 1 \frac{12}{1,8} = 6,0 \text{ N/mm}^2.$$

Glemžimo plotas

$$A_{c0} = 300 \times 200 = 60000 \text{ mm}^2.$$

Skaiciuojamasis plotas A_{c1} nustatomas pagal 36 paveikslo g schemą ir yra:

$$A_{c1} = (b + 2e)(a + 2c) = (300 + 2 \cdot 200)(200 + 2 \cdot 150) = 350000 \text{ mm}^2.$$

Betono gniuždomasis (glemžiamasis) stipris f_{cud} apskaičiuojamas pagal (7.3) formulę. Koeficientas $\alpha = 0,85$ ir w_u yra:

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right);$$

$$k_u = 0,8 \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} = 0,8 \frac{6,0}{1 \cdot 0,91/1,8} = 8,69. \text{ Priimame } k_u = 14.$$

$$\text{Pagal 36 g pav. ir 15 lentelę gauname, kad } k_f = 0,8 + 0,2 \frac{200/300}{200/150} = 0,9 \leq 2,5.$$

$w_u = 1 + 14 \cdot 0,9 \frac{0,55}{6,0} \left(\sqrt{\frac{350000}{60000}} - 1 \right) = 2,63$. Pagal 15 lentelę w_u turi būti priimama ne daugiau kaip 2,5, t. y. $w_u = 2,5$.

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u f_{cd} = 0,85 \cdot 2,5 \cdot 6,0 = 12,75 \text{ N/mm}^2.$$

Tikriname stiprumo sąlygą (7.1):

$$N_{Rd} = a_u f_{cud} A_{c0} = 1 \cdot 12,75 \cdot 60000 = 765 \text{ kN} < 1000 \text{ kN}.$$

Laikomoji galia nepakankama. Būtina betoną sustiprinti armatūros tinklais. Priimame tinklus iš armatūros $\varnothing 3$ mm akutėmis 120×120 mm ir žingsnis tarp jų $s_n = 100$ mm. Armatūros stipris $f_{cd} = 350 \text{ N/mm}^2$. Armuoto betono stipris

$$f_{cud,eff} = f_{cud} + \varphi_0 \cdot \rho_{xy} f_{yd,xy} \cdot \varphi_s;$$

$$\varphi_s = 4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{eff}} = 4,5 - 3,5 \frac{60000}{168000} = 3,44;$$

$$A_{eff} = 480 \times 350 = 168000 > A_{c0} = 600000;$$

$$\rho_{xy} = \frac{n_x A_{sx} l_x + n_y A_{sy} l_y}{A_{eff} \cdot s_n} = \frac{5 \cdot 7,1 \cdot 360 + 4 \cdot 7,1 \cdot 480}{168000 \cdot 120} = 0,00131.$$

$$\psi = \frac{\rho_{xy} \cdot f_{yd,xy}}{\alpha f_{cd} + 10} = \frac{0,00131 \cdot 350}{0,9 \cdot 6 + 10} = 0,0085.$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{0,23 + 0,0085} = 4,19.$$

$$f_{\text{cud, eff}} = 12,75 + 4,19 \cdot 0,00131 \cdot 350 \cdot 3,44 = 19,36 \text{ N/mm}^2.$$

$$N_{\text{Rd}} = f_{\text{cud, eff}} \cdot A_{\text{c0}} = 19,36 \cdot 60000 = 1161 \text{ kN} > N_{\text{Ed}} = 10000 \text{ kN}.$$

Stiprumas pakankamas.

II SKIRSNIS. GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ APSKAIČIAVIMAS ATPLĖŠIMUI (VIETINIAM TEMPIMUI)

120. Gelžbetoninių elementų stiprumas atplėšimui, veikiant vietiniam tempimui nuo apkrovų, pridėtų elemento apačioje arba aukščiau (pagal skerspjuvio aukštį) (39 pav.), apskaičiuojamas iš sąlygos:

$$F \left(1 - \frac{d_s}{d} \right) \leq \Sigma (f_{\text{ywd}} \cdot A_{\text{sw}}), \quad (7.8)$$

čia: F – atplėšiančioji (tempiančioji) jėga; d_s – atstumas nuo jėgos pridėjimo taško iki išilginės armatūros masės centro; $\Sigma (f_{\text{ywd}} \cdot A_{\text{sw}})$ – skersinių įrąžų, kurios perima sankabos, papildomai įdėtos pagal atplėšimo zonos ilgį a , suma. $a = 2d_s + b$; čia b – atplėšimo jėgos perdavimo ploto plotis.

121. Tempiamose zonose esantys kampai, armuoti persikertančiais išilginiais strypais (40 pav.), turi turėti skersinę armatūrą, kuri:

121.1. perimtų išilginėje armatūroje, neįeinančioje į gniuždomąją zoną, veikiančių jėgų atstojamąją, lygią

$$F_1 = 2 f_{\text{yd}} \cdot A_{\text{s1}} \cos \frac{\beta}{2}, \quad (7.9)$$

121.2. perimtų 35% visų tempiamų strypų atstojamosios jėgas ir kuri lygi

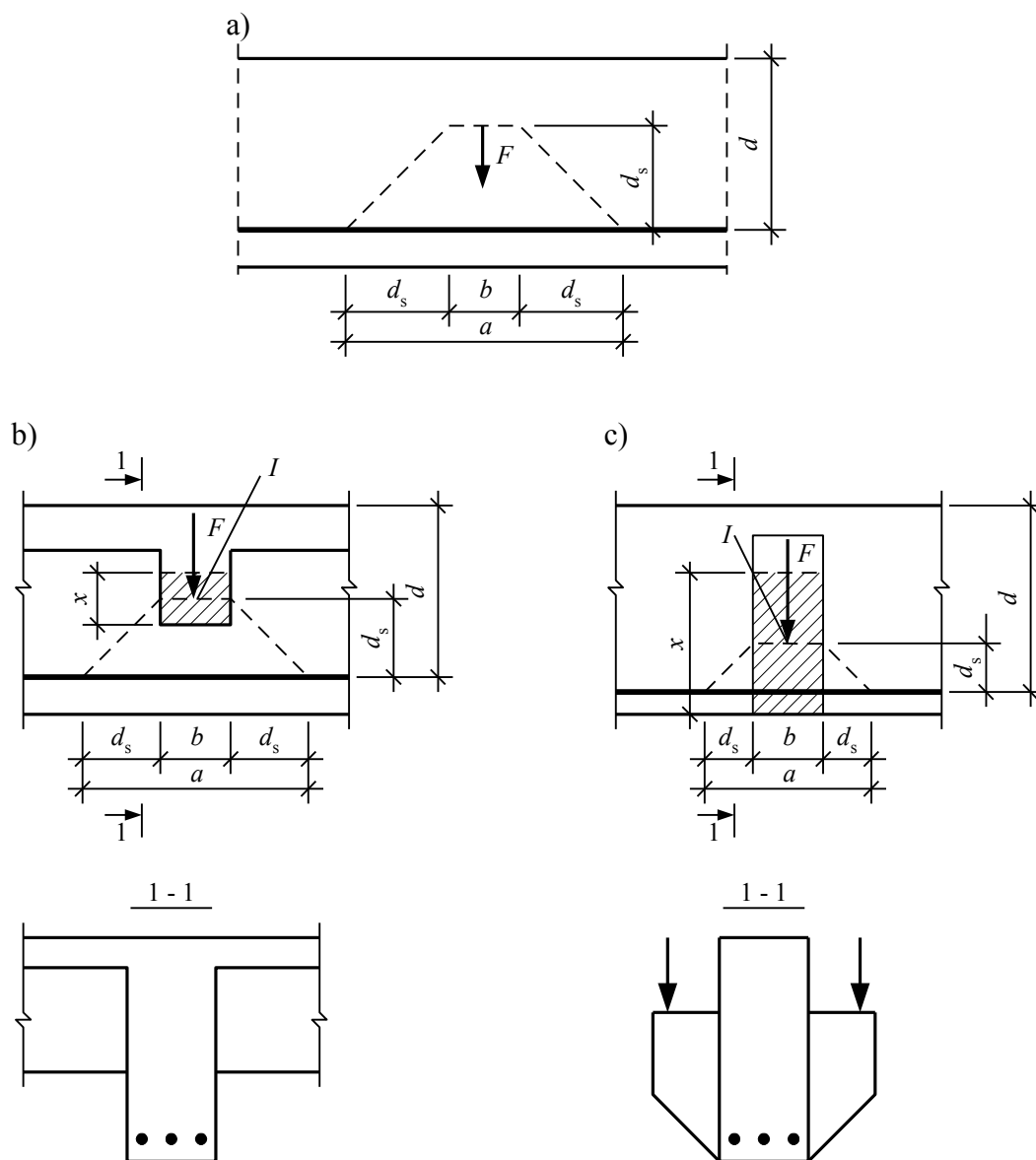
$$F_2 = 0,7 f_{\text{yd}} \cdot A_{\text{s2}} \cos \frac{\beta}{2}. \quad (7.10)$$

Reikalinga pagal šiuos skaičiavimus skersinė armatūra turi būti išdėstyta ruože $s = h \text{tg} \frac{3}{8} \beta$.

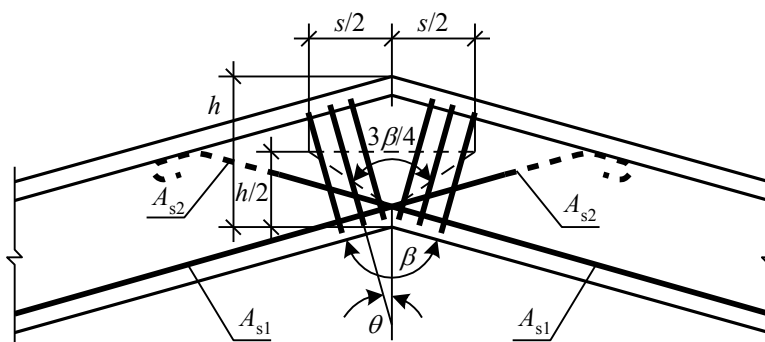
Jėgų šiame ruože išdėstytoje skersinėje armatūroje (sankabose) projekcijų suma turi sudaryti ne mažesnę kaip jėgų $A_s + A_{\text{s1}}$ sumą, t. y.

$$\Sigma f_{\text{sw}} A_{\text{sw}} \cos \theta \geq A_s + A_{\text{s1}}, \quad (7.11)$$

čia: A_s – visų išilginių tempiamų armatūros strypų skerspjuvių plotas; A_{s1} – strypų, neužinkaruotų gniuždomoje zonoje, skerspjuvio plotas; β – kampas tempiamojoje zonoje (žr. 40 pav.); ΣA_{sw} – visos skersinės armatūros s ruože skerspjuvio plotas; θ – skersinės armatūros (sankabų) strypų kampas su vertikale (žiūr. 40 pav.).



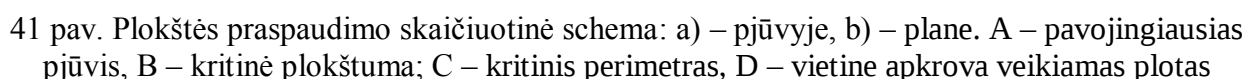
39 pav. Gelžbetoninių elementų apskaičiavimo atplėšimui schemas: a – bendrasis atvejis;
b – sijos galo prijungimas; c – gembės prijungimas



40 pav. Kampo tempiamojoje zonoje armavimo schema

III SKIRSNIS. STIPRUMO PRASPAUDIMUI APSKAIČIAVIMAS

Principinė gelžbetoninės plokštės (elemento) praspaudimo skaičiuojamoji schema parodyta 41 paveiksle. Plokštės, veikiamos vienodai išskirstyta apkrova, praspaudimo stipris apskaičiuojamas pavojingajame pjūvyje.



- apvalaus skersmens, o skersmuo ne didesnis nei $3,5 d$;
- stačiakampio skerspjuvio, kurių perimetras ne didesnis kaip $11d$ ir skerspjuvio kraštinių c_1 ir c_2 santykis ne didesnis kaip 2;

Apvalaus, stačiakampio ar kitos skerspjūvio formos praspaudžiamojo elemento kritinis perimetras, kuris imamas apskaičiuojant plokštės praspaudžiamąjį stiprį, yra lygus minimaliam perimetrui $1,5d$ atstumu nuo praspaudžiančiojo elemento išorinio krašto (42 pav.).

1) apvalaus skerspjuvio formos praspaudžiamojo elemento kritinis perimetras:

$$u_1 = \pi(d_c + 3d);$$

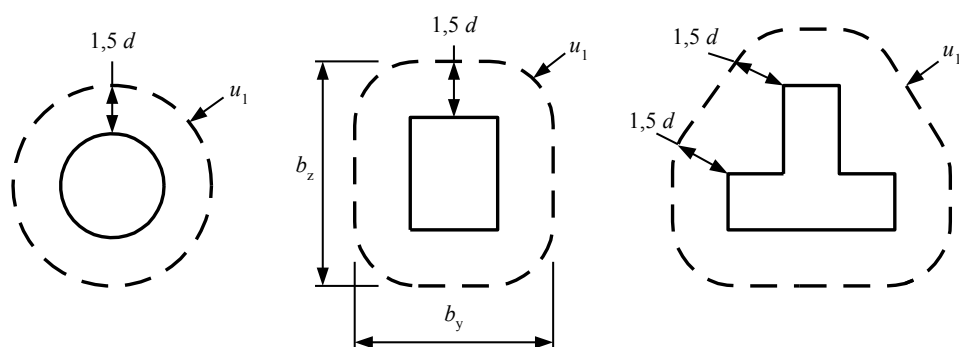
2) stačiakampio skerspjūvio formos praspaudžiamojo elemento kritinis perimetras:

$$u_1 = 2(c_1 + c_2 + 1,5)\pi d.$$

Naudingasis plokštės aukštis imamas pastovus. Kai jis skirtingas y ir z ašyse imamas jų vidurkis.

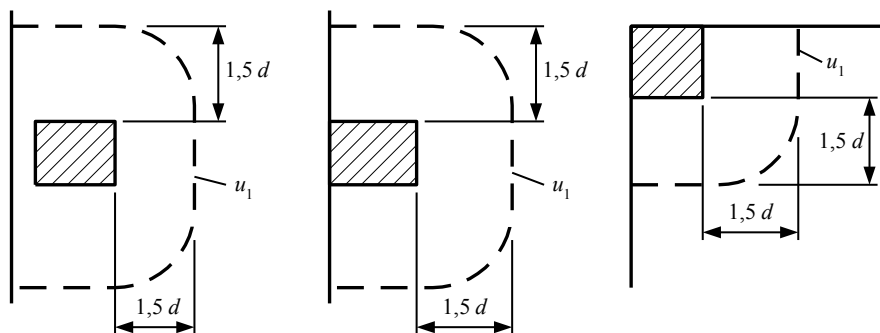
$$d_{\text{eff}} = \frac{(d_y + d_z)}{2}, \quad (7.12)$$

čia d_y ir d_z yra naudingasis plokštės aukštis statmenose ašyse.

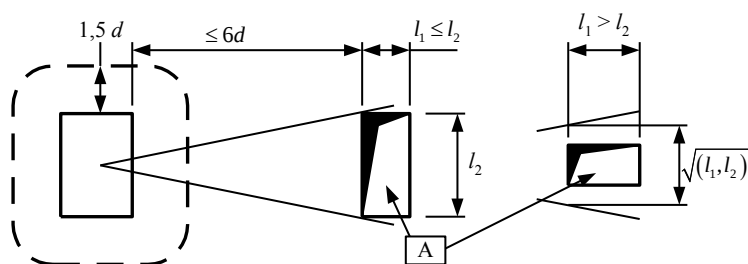


42 pav. Kritinio perimetro nustatymo būdingiausieji atvejai

Jei nuo kritinio perimetro arčiau nei per $6d$ yra plokštės laisvas (neparemtas) kraštas, kampas ar anga, kritinio perimetro ilgis nustatomas remiantis schemomis, pateiktomis 43 ir 44 paveiksluose.



43 pav. Kritinio perimetro nustatymas plokštės pakraštyje ar kampe



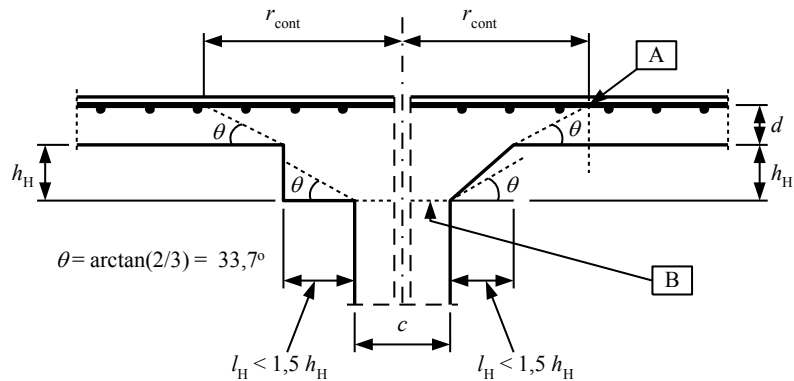
44 pav. Kritinio perimetro nustatymas prie angos: A – anga

124. Kritinis ir kolonos perimetrai apibrėžia kritinę plokštumą. Praspaudžiamos plokštės pjūvis ties kritinio perimetro linija naudingą aukščio ribose yra pavojingasis pjūvis. Kai plokštė pastoviojo aukščio, jis statmenas plokštės plokštumai. Kai plokštė kintamojo aukščio – statmenas tempiamajam (labiau tempiamajam) plokštės kraštui.

125. Kai plokštė remiasi į apskritą kolonos kapitėlį, kurio $l_H < 1,5h_H$ arba kapitelio posvyrio kampas γ didesnis nei θ , skaičiuotinis kritinis pjūvis nustatomas remiantis schema, parodyta 45 paveiksle. Šio pjūvio atstumas nuo kolonos centro r_{cont} apskaičiuojamas pagal 7.13 formulę:

$$r_{\text{cont}} = 1,5d + l_H + 0,5c, \quad (7.13)$$

čia: l_H – kapitelio plotis; c – kolonos skersmuo.



45 pav. Kolona su kapiteliu, kurio $l_H < 1,5h_H$: A – pavojingasis pjūvis;
B – vietinė apkrova veikiamas plotas

Stačiakampei kolonai su stačiakampiu kapiteliu, kurio $l_H < 1,5h_H$ ir matmenys l_1 ir l_2 ($l_1 = c_1 + 2l_{H1}$, $l_2 = c_2 + 2l_{H2}$, $l_1 \leq l_2$), r_{cont} apskaičiuojant praspaudimą imama mažesnioji reikšmė iš dviejų:

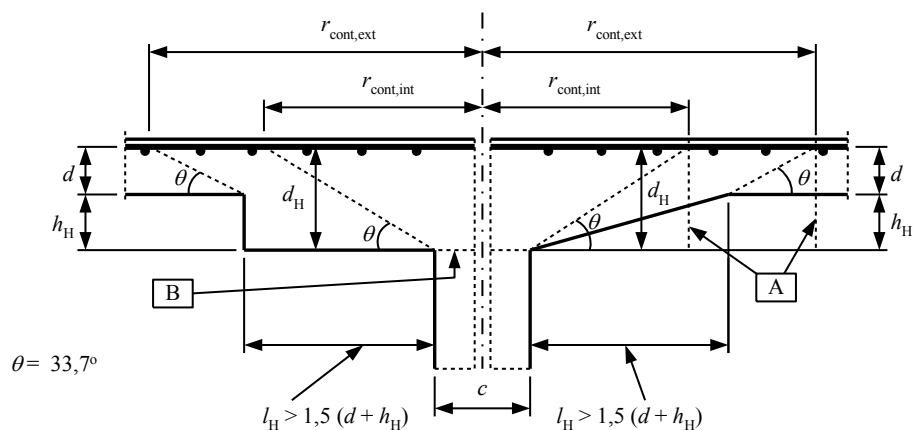
$$r_{\text{cont}} = 1,5d + 0,56\sqrt{l_1 \cdot l_2}, \quad (7.14)$$

$$r_{\text{cont}} = 1,5d + 0,69l_1. \quad (7.15)$$

126. Kolonoms su kapiteliais, kurių $l_H > 1,5(d + h_H)$ arba kapitelio posvyrio kampas γ mažesnis nei θ (44 pav.), atstumas nuo kolonos centro iki kritinio pjūvio apskaičiuojamas pagal tokias formules:

$$r_{\text{cont,ex}} = l_H + 1,5d + 0,5c, \quad (7.16)$$

$$r_{\text{cont,int}} = 1,5(d + h_H) + 0,5c. \quad (7.17)$$

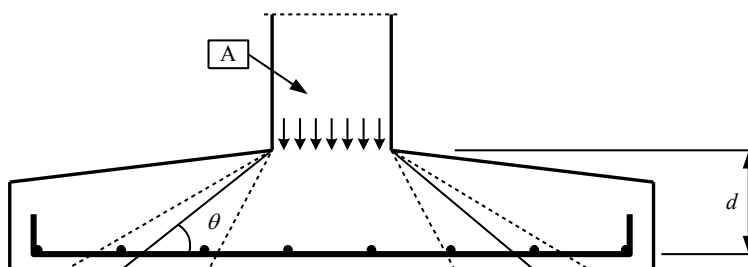


46 pav. Kolona su kapitelium, kurio $l_H > 1,5(d + h_H)$: A – pavojingasis pjūvis; B – vietinė apkrova veikiamas plotas

127. Kai kapitelio $1,5h_H < l_H < 1,5(d + h_H)$, atstumas nuo kolonos centro iki kritinio pjūvio apskaičiuojamas pagal formulę:

$$r_{\text{cont}} = 1,5l_H + 0,5c. \quad (7.18)$$

128. Apskaičiuojant pamatų plokštės praspaudžiamąjį stiprį, pavojingą pjūvį aukštį imti tokį, kaip pavaizduota 47 paveiksle.



47 pav. Pamatų plokštės praspaudimo schema: A – vietinė apkrova veikiamas plotas; $\theta \geq \arctan(2/3)$

129. Plokštės (ar pamatų) praspaudžiamąjį stiprį skaičiavimas grindžiamas sąlyga, kad betoninės plokštės storis yra pakankamas atlaikyti kerpančiąją vietinę apkrovą (v_{Ed}). Jei ši sąlyga neatitinka, būtina įrengti kapitelius ar papildomai armuoti.

Maksimalūs kirpimo įtempiai, veikiantys ties kolonos perimetru ar vietinės apkrovos veikiamo ploto perimetru, turi būti: $v_{Ed} < v_{Rd,max}$, čia $v_{Rd,max}$ – maksimalus skaičiuotinis plokštės nagrinėjamojo pavojingą pjūvį atsparumas praspaudimui.

130. Skersinė armatūra nereikalinga, jei:

$v_{Ed} < v_{Rd,c}$, čia $v_{Rd,c}$ – skaičiuotinis plokštės be skersinės armatūros nagrinėjamojo pavojingą pjūvį atsparumas praspaudimui.

Jei pavojingajame pjūvyje v_{Ed} viršija $v_{Rd,c}$, būtina dėti skersinę armatūrą.

Jei atraminė reakcija veikia ekscentriškai nagrinėjamojo kerpamojo pjūvio atžvilgiu, maksimalūs kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}, \quad (7.19)$$

čia: d – plokštės naudingasis aukštis; $d = (d_x + d_y)/2$, d_x , d_y – plokštės naudingasis aukštis atitinkamai x ir y ašių linkmėmis; u_1 – nagrinėjamojo kerpamojo pjūvio perimetro ilgis.

Koeficientas β apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}, \quad (7.20)$$

čia: u_1 – kritinio perimetro ilgis; k – koeficientas, priklausantis nuo kolonos matmenų c_1 ir c_2 santykio, randamas 16 lentelėje; W_1 – perimetro u_1 funkcija (žr. 48 pav.).

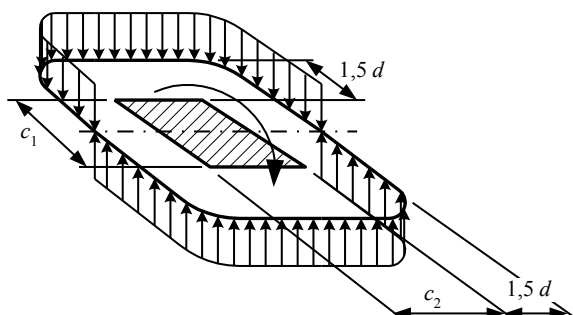
$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl, \quad (7.21)$$

čia: dl – perimetro elementarus ilgis; e – atstumas nuo dl iki ašies, apie kurią veikia momentas M_{Ed} .

16 lentelė

Koeficiento k priklausomybė nuo kolonos matmenų santykio

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,60	0,70	0,80



48 pav. Kirpimas plokštės ir vidinės kolonos sandūroje, veikiant nepusiausviriems lenkimo momentams

131. Stačiakampio skerspjūvio kolonoms W_1 reikšmės apskaičiuojamos taip:

$W_1 = c_1^2/2 + c_1c_2 + 4c_2d + 16d^2 + 2\pi dc_1$, kai praspaudžiamojo elemento kritinis perimetras yra $2d$ atstumu nuo praspaudžiamojo elemento;

$W_1 = c_1^2/2 + c_1c_2 + 3c_2d + 3\pi d^2 + 1,5\pi dc_1$, kai – $1,5d$.

čia: c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus jėgos ekscentricitetui; c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui.

Skritulio skerspjūvio vidinei kolonai:

$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D + 4d}, \quad (7.22)$$

čia D – skritulio skerspjūvio kolonos skersmuo.

132. Kai apkrova veikia ekscentriškai abiem kryptimis, stačiakampio skerspjūvio kolonomis koeficientas β apskaičiuojamas:

$$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2}, \quad (7.23)$$

čia: e_y ir e_z – ekscentricitetas M_{Ed} / N_{Ed} atitinkamai y kryptimi, nuo momento, veikiančio apie z ašį ir z , kryptimi nuo momento, veikiančio apie y ašį; b_y ir b_z – kritinio perimetro matmenys (žr. 40 pav.).

Kraštinių kolonų sandūroms, kur ekscentricitetai statmeni plokštės kraštui (kaip rezultatas lenkimo momento apie ašį lygiagrečią plokštės kraštui) eina link vidaus ir nėra ekscentriciteto lygiagretaus plokštės kraštui, praspaudžiančioji jėga gali būti nagrinėjama kaip vienodai pasiskirsčiusi išilgai kritinio perimetro u_1 , kaip pavaizduota 42 paveiksle.

Jei ekscentricitetas yra abiem statmenomis linkmėmis, β gali būti nustatytas pagal formulę:

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}} + k \frac{u_1}{W_1} e_{\text{par}}, \quad (7.24)$$

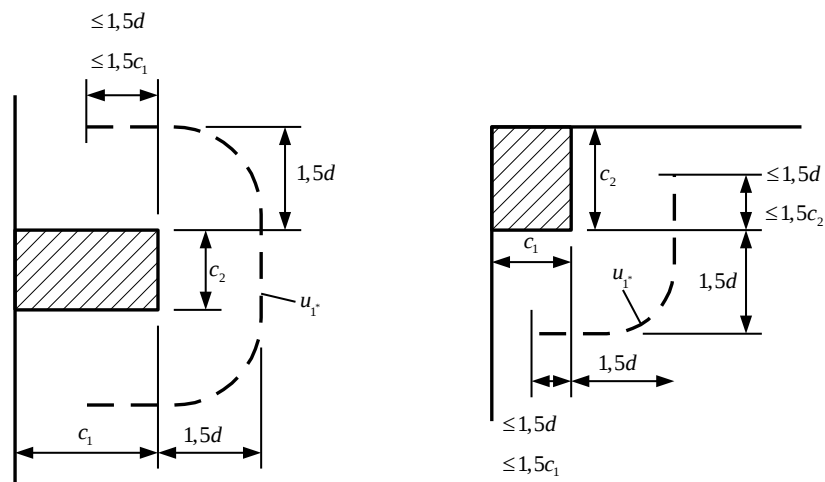
čia: u_1 – yra visas kritinis perimetras (žr. 42 pav.); u_{1*} – yra ekvivalentinis kritinis perimetras (žr. 49 pav.); e_{par} – ekscentricitetas, lygiagretus plokštės kraštui, nuo momento veikiančio apie ašį, statmeną plokštės kraštui; k – iš 16 lentelės; W_1 – apskaičiuojamas kaip visam perimetrui u_1 (žr. 42 pav.).

Stačiakampio skerspjūvio kolonai W_1 apskaičiuojamas (žr. 48 pav.).

$W_1 = \frac{c_1^2}{4} + c_1 c_2 + 4c_1 d + 8d^2 + \pi d c_2$, kai praspaudžiamąjį elementą kritinis perimetras yra $2d$ atstumu nuo praspaudžiančiojo elemento,

$$W_1 = \frac{c_1^2}{4} + \frac{c_1 c_2}{2} + 1,5c_2 d + 1,5\pi d^2 + 0,75\pi d c_1, \text{ kai } 1,5d.$$

133. Jei statmenas plokštės kraštui ekscentricitetas neina link vidaus, galioja 7.20 formulė. Apskaičiuojant W_1 , ekscentricitetas e imamas nuo kolonos centro iki kritinio perimetro.



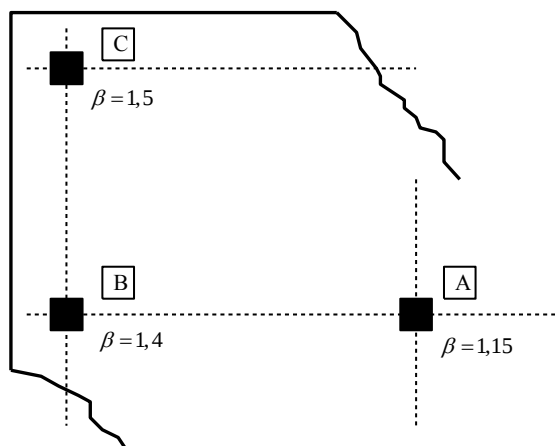
49 pav. Ekvivalentinis kritinis perimetras: a) kraštinei kolonai; b) kampinei kolonai

Kampinių kolonų sandūroms, kai ekscentricitetas eina į plokštės vidų, laikoma, kad praspaudimo jėga vienodai pasiskirsto išilgai ekvivalentinio kontrolinio perimetro u_{1*} , kaip parodyta 49 paveiksle. Koeficientas β apskaičiuojamas taip:

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1*}}. \quad (7.25)$$

Jei ekscentricitetas eina į išorę, galioja 7.20 formulė.

134. Konstrukcijoms, kurių horizontaliam stabilumui (standumui) neturi įtakos rėmo plokštės ir kolonų tarpusavio sąveika ir iš eilės einančių tarpatramių ilgių skirtumas, ne didesnis kaip 25 %, gali būti imamos apytikrės koeficiento β reikšmės, kaip nurodyta 50 paveiksle.



50 pav. Apytikrės koeficiento β reikšmės: A – vidinė kolona;
B – kraštinė kolona; C – kampinė kolona

135. Plokštės be skersinės armatūros praspaudimo stiprio apskaičiavimas atliekamas taip: skersinė jėga, kurią atlaiko betonas plokštės pavojingojo pjūvio ploto vienetu $v_{Rd,c}$, apskaičiuojama pagal formulę:

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} - 0,10 \sigma_{cp} \leq (0,4 f_{ctd} - 0,10 \sigma_{cp}), \quad (7.26)$$

čia f_{ck} ir f_{ctd} imti N/mm^2 ;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0, \quad d \text{ (mm)};$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02.$$

Čia: ρ_{ly} , ρ_{lz} – armavimo koeficientai, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis; ρ_{ly} ir ρ_{lz} apskaičiuojamas ruože, kurio plotis lygus kolonos pločiui pridedant po $3d$ į kiekvieną kolonos pusę.

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz})/2,$$

čia σ_{cy} , σ_{cz} – normaliniai įtempiai betone pavojingajame pjūvyje, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis (N/mm^2), gniuždymo atveju imamas „–“ ženklas;

$$\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \text{ ir } \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}},$$

čia: $N_{Ed,y}$, $N_{Ed,z}$ – išilginė jėga nuo išorinės apkrovos ar išankstinio apspaudimo į visą piramidę vidinėms kolonom ir išilginė jėga į pavojingąjį pjūvį kraštinėms kolonom; A_c – betono skerspjūvio plotas, nusakomas kaip ir nusakant N_{Ed} .

27 PAVYZDYS

Gelžbetoninė monolitinė perdangos plokštė remiasi į gelžbetonines kolonas. Perdangos plokštė nesijinė be kapitelių. Kolonų ašių tinklas yra 6×6 m. Kolonų skerspjūvio matmenys $c_1 = c_2 = c = 300$ mm. Plokštės storis 200 mm, betonas C25/30, jos viršutinėje (tempiamojoje) zonoje yra abiem linkmėm vienoda tempiamoji armatūra – Ø14 mm kas 150 mm, vieno strypo skerspjūvio plotas $A_s = 154$ mm. Skersinės armatūros nėra.

Apskaičiuoti kokią skersinę jėgą gali atlaikyti duotosios plokštės betonas pavojingajame pjūvyje.

Skersinė jėga, kurią atlaiko betonas plokštės pavojingojo pjūvio ploto vienetu $v_{Rd,c}$ apskaičiuojama pagal 7.26 formulę:

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} - 0,10 \sigma_{cp} \leq (0,4 f_{ctd} - 0,10 \sigma_{cp});$$

$$\gamma_c = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{ctd} = \alpha_c f_{ctk,0,05} / \gamma_c;$$

$$f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}; \alpha_{ct} = 1,0;$$

$$f_{ctd} = 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ MPa};$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq d \text{ (mm)};$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02;$$

$$d_y = 200 - 0,20 - 0,14 / 2 = 173 \text{ mm};$$

$$d_z = 200 - 20 - 140 - 14 / 2 = 159 \text{ mm};$$

$$d = (d_y + d_z) / 2 = (173 + 159) / 2 = 166 \sim 165 \text{ mm};$$

$$k = 1 + \sqrt{200 / 165} = 2,1 > 2, \text{ imti } k = 2;$$

$$\rho = \rho_{ly} = \rho_{lz} = A_{sy} / d \times l_1 = 154 (129 / 150) / (165 \times 129) = 0,0062 < 0,02;$$

$$l_1 = c + 6d = 30 + 6 \times 165 = 1290 \text{ mm};$$

ρ_{ly}, ρ_{lz} – armavimo koeficientas, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis; ρ_{ly} ir ρ_{lz} apskaičiuojamas ruože, kurio plotis lygus kolonos pločiui plius po $3d$ į kiekvieną kolonos pusę;

σ_{cy}, σ_{cz} – normaliniai įtempiai betone pavojingajame pjūvyje, atitinkamai y ir z ašių linkmėmis yra lygūs nuliui.

Skersinė jėga, kurią atlaiko betonas plokštės pavojingojo pjūvio ploto vienetu $v_{Rd,c}$:

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} 2,0 (1000,0062 \times 25,0)^{1/3} - 0 = 0,598 > 0,4 \times 1,2 = 0,48 \text{ N/mm}^2.$$

Pavojingojo pjūvio plotas:

$$A_v = u_1 \times d;$$

$$u_1 = 2 (2c + 1,5\pi d) = 2 (2 \times 300 + 1,5 \times 3,14 \times 165) = 2750 \text{ mm};$$

$$A_v = 2750 \times 165 = 453750 \text{ mm}^2.$$

Skersinė jėga, kurią gali atlaikyti duotosios plokštės betonas pavojingajame pjūvyje:

$$V_{Rd,c} = A_v v_{Rd,c} = 453750 \times 0,598 = 271343 \text{ N} = 271 \text{ kN}.$$

136. Sutelktos jėgos atveju praspaudimo jėga apskaičiuojama pagal formulę:

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed};$$

čia: V_{Ed} – koloną veikianti jėga; ΔV_{Ed} – nagrinėjamo kritinio perimetro viduje į viršų veikianti jėga, t. y. į viršų veikiantis grunto slėgis minus savasis plokštės svoris.

$$v_{Ed} = V_{Ed,red} / u d.$$

$$v_{Rd} = \frac{0,18}{\gamma_c} k (100 \rho f_{ck})^{1/3} \cdot 2d/a \geq 0,4 f_{ctd} \cdot 2d/a, \quad (7.27)$$

čia a – atstumas nuo kolonos krašto iki nagrinėjamojo kritinio perimetro.
Ekscentriniam apkrovimui:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{u d} \left[1 + k \frac{M_{Ed} u}{V_{Ed,red} W} \right], \quad (7.28)$$

čia k – randamas 16 lentelėje.

137. Plokštės su skersine armatūra praspaudimo stiprio apskaičiavimas atliekamas pagal 7.29 formulę:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha, \quad (7.29)$$

čia: A_{sw} – apie koloną esančios skersinės armatūros skerspjuvio plotas; s_r – atstumas tarp skersinės armatūros eilių radialine linkme; α – kampas tarp skersinės armatūros ir plokštės ašies; $f_{ywd,ef}$ – skersinės armatūros efektyvusis skaičiuotinis praspaudžiamasis stipris, $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd} \text{ N/mm}^2$; d – plokštės naudingasis aukštis (mm).

28 PAVYZDYS

Tarkim, kad aptartą plokštę veikia jėga $V_{Ed} = 295 \text{ KN}$, t. y. plokštė negali atlaikyti veikiančios praspaudžiančiosios jėgos ($V_{Rd,c} = 271 \text{ kN}$). Plokštės praspaudimo stipriui padidinti, plokštė armuojama vertikalia skersine armatūra, kurios skersmuo $\varnothing 8 \text{ mm}$, išdėstyta kas 10 mm abiem linkmėm. Apskaičiuoti pastarosios plokštės praspaudimo stiprį pavojingajame pjūvyje.

Apie koloną esančios skersinės armatūros vieno strypo skerspjuvio plotas:

$$A_{sw} = 50,3 \text{ mm}^2,$$

atstumas tarp skersinės armatūros eilių, radialine linkme $s_r = 10 \text{ mm}$, kampas tarp skersinės armatūros ir plokštės ašies $\alpha = 90^\circ$.

Skersinės armatūros efektyvusis projektinis stipris praspaudimo atveju:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \times 16,5 = 254 \text{ N/mm}^2.$$

Plokštės su skersine armatūra praspaudimo stipris apskaičiuojamas pagal 7.29 formulę:

$$V_{Rd,cs} = 0,75 \times 272 + 1,5(165/10) 50,3 \times 254 (1/1980 \times 165) 1,0 = 300 \text{ KN}.$$

Kritinis perimetras u_{out} (arba $u_{out,edf}$, žr. 51 pav.), už kurio skersinė armatūra nebereikalinga, gali būti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$u_{out,edf} = V_{Ed} / (v_{Rd,c} d) = 295000 / (0,598 \times 165) = 2990 \text{ mm},$$

prilyginus $u_{out,edf} = 2(2c + \pi r)$, apskaičiuojama kokiam atstume nuo praspaudžiančiojo elemento bus kritinis perimetras: $2(2c + \pi r) = 2990$.

$$r = (2,99 - 4c) / 2\pi = (2,99 - 4 \times 300) / (2 \times 3,14) = 285 > 1,5 \times 165 = 248 \text{ mm}.$$

Taigi, skersinė armatūra turi būti išdėstyta aplink koloną ne mažesniu atstumu nei 50 mm .

138. Maksimalus gretimo kolonai pjūvio betono praspaudžiamasis stipris $v_{Rd,max}$:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max} = 0,5 v f_{cd}, \quad (7.30)$$

čia u_0 imama:

u_0 = kolonos kraštinių ilgiui – vidinėms kolonomis;

$u_0 = c_x + 3d \leq c_x + 2c_y$ – kraštinėms kolonomis;

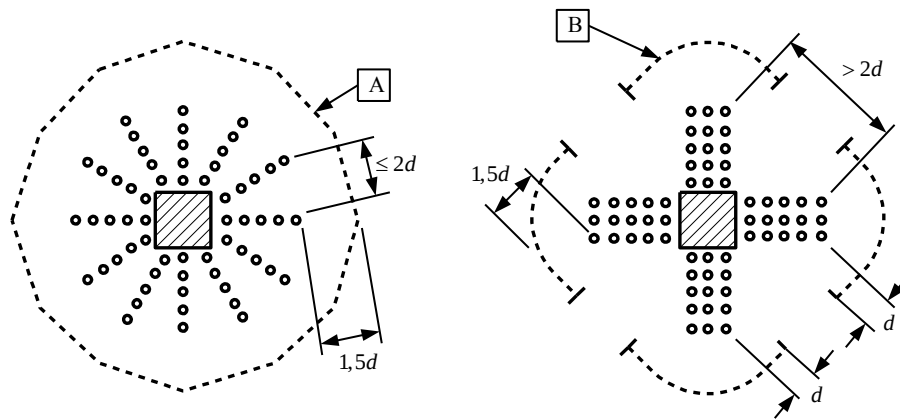
$u_0 = 3d \leq c_x + c_y$ – kampinėms kolonomis;

c_y, c_z – kolonos kraštinių matmenys, c_y – kolonos matmuo, lygiagretus plokštės kraštui.

139. Kritinis perimetras u_{out} (arba $u_{out,edf}$, žr. 51 pav.), kuriam skersinė armatūra nebereikalinga, gali būti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$u_{out,ef} = V_{Ed} / (v_{Rd,c} d). \quad (7.31)$$

Skersinę armatūrą būtina dėstyti zonoje, kurios plotis ne mažesnis nei atstumas nuo kolonos iki šią zoną ribojančio perimetro už $u_{out} - 1,5d$ (arba $u_{out,edf}$) nuo kolonos (51 pav.).



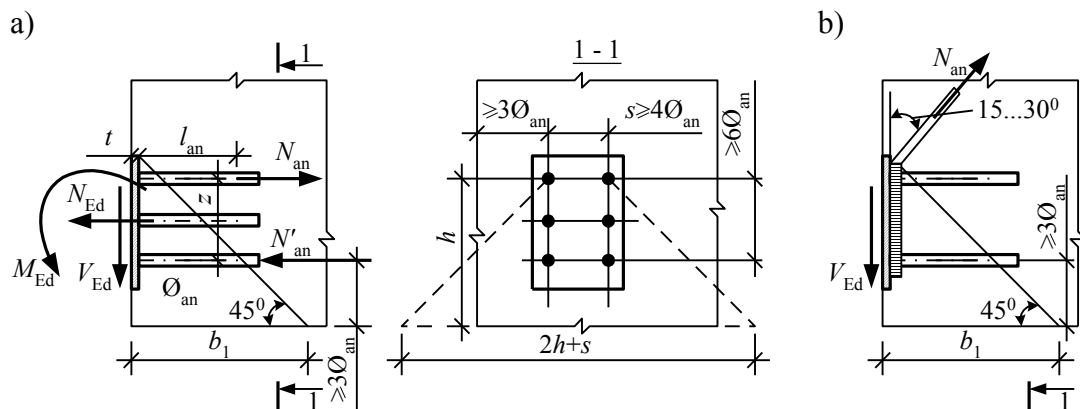
51 pav. Vidinių kolonų kritinis perimetras: A – perimetras u_{out} ; B – perimetras $u_{out,ef}$

Kito tipo skersinei armatūrai – atlankoms ar tinkleliams – $v_{Rd,cs}$ – skaičiuotinis plokštės su skersine armatūra nagrinėjamojo pavoingojo pjūvio praspaudžiamasis stipris gali būti nustatytas bandymais.

VIII SKYRIUS. ĮDĖTINIŲ DETALIŲ APSKAIČIAVIMAS

140. Inkarų, privirintų tėjine jungtimi prie plokščių metalinių įdėtinių detalių, skaičiavimas lenkimo momentui, ašinei ir šlyties jėgoms, išdėstytoms vienoje įdėtinės detalės simetrijos plokštumoje (52 pav.), veikiant statinei apkrovai, atliekamas pagal formulę:

$$A_{an} = \frac{1,1 \sqrt{N_{an}^2 + \left(\frac{V_{an}}{\lambda \delta} \right)^2}}{f_{yd}}, \quad (8.1)$$



52 pav. Įdėtinių tvirtinimo detalių skaičiuojamosios schemos:
a – kai veikia sudėtingos įrašos; b – kai veikia tik šlyties jėga

A_{an} – suminis labiausiai apkrautos inkarų eilės skerspjūvio plotas; N_{an} – didžiausioji tempimo įraža vienoje inkarų eilėje lygi:

$$N_{an} = \frac{M_{Ed}}{z} + \frac{N_{Ed}}{n_{an}}; \quad (8.2)$$

V_{an} – šlyties jėga, vienai inkarų eilei:

$$V_{an} = \frac{V_{Ed} - 0,3 N'_{an}}{n_{an}}; \quad (8.3)$$

N'_{an} – didžiausioji gniuždančioji įraša vienoje inkarų eilėje, nustatoma pagal formulę

$$N'_{an} = \frac{M_{Ed}}{z} - \frac{N_{Ed}}{n_{an}}. \quad (8.4)$$

Formulėse (8.1)–(8.4): M_{Ed} , N_{Ed} , V_{Ed} – atitinkamai momentas, normalinė ir šlyties jėgos, veikiančios įdėtinę detalę; momentas veikia įdėtinės detalės plokštelės išoriniame paviršiuje visų inkarų masės centre; n_{an} – inkarų eilių skaičius šlyties jėgos veikimo kryptimi; jeigu šlyties jėga V tolygiai neperduodama į visas inkarų eiles, tai apskaičiuojant šlyties jėgą V_{an} įvertinamos ne daugiau kaip keturios inkarų eilės; z – atstumas tarp labiausiai nutolusių inkarų eilių; λ – C12/15–C40/50 klasių betono koeficientas, kai inkarų skersmuo 8–25 mm, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\lambda = \frac{4,75 \sqrt[3]{f_{cd}}}{(1 + 0,15 A_{an1}) \sqrt{f_{yd}}} \beta, \quad (8.5)$$

bet imamas ne didesnis kaip 0,7; aukštesnės nei C40/50 klasės betonui λ imamas kaip C40/50 klasės, čia f_{cd} , f_{yd} – MPa; A_{an1} – labiausiai apkrautos eilės inkarų plotas, cm^2 ; β – koeficientas, imamas lygus 1,0 sunkiajam, 0,8 smulkiagrūdžiam ir $\rho_m/2300$ lengvajam betonui (ρ_m – betono tūrio masė, kg/m^3); δ – koeficientas, nustatomas pagal formulę

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega}}, \quad (8.6)$$

bet imamas ne mažesnis kaip 0,15;

$$\omega = 0,3 \frac{N_{an}}{V_{an}}, \text{ kai } N'_{an} > 0 \text{ (prispaudimas);}$$

$$\omega = 0,6 \frac{N_{an}}{V_{an}}, \text{ kai } N'_{an} \leq 0 \text{ (be prispaudimo); jeigu inkaruose nėra tempimo įrašos,}$$

koeficientas δ imamas lygus vienam.

Visų kitų eilių inkarų plotas turi būti pasirenkamas lygus labiausiai apkrautos eilės inkarų plotui.

Formulėse (8.2) ir (8.4) statmenoji jėga N imama teigiamoji, jei ji nukreipta nuo įdėtinės detalės (žr. 52 pav.), ir neigiamoji – jei nukreipta į ją. Tais atvejais, kai statmenosios jėgos N_{an} ir N'_{an} , taip pat šlyties jėga V_{an} apskaičiuojant pagal (8.2)–(8.4) formules gaunamos neigiamosios, (8.1)–(8.3) ir (8.6) formulėse jos imamos lygios nuliui. Be to, jeigu N_{an} gaunama neigiamoji, tai (8.3) formulėje imama $N'_{an} = N$.

Kai betonuojamos konstrukcijos įdėtinės detalės yra elemento viršuje, koeficiento λ reikšmė mažinama 20 %, o N'_{an} reikšmė pasirenkama lygi nuliui.

141. Įdėtinėse detalėse su inkarais, privirintais užleistine jungtimi nuo 15 iki 30° kampu, pasvirusieji inkarai apskaičiuojami veikiančiais šlyties jėgai (kai $v_{ed} > n_{ed}$, čia n_{ed} – atplėšiančioji jėga) pagal formulę

$$A_{an,inc} = \frac{V_{Ed} - 0,3N'_{an}}{f_{yd}}, \quad (8.7)$$

$A_{an,inc}$ – suminis pasvirusių inkarų skerspjūvio plotas; N'_{an} – žr. (8.4).

Be to, turi būti įrengiami ir statmeni inkarai, apskaičiuojami pagal (8.1) formulę, kai $\delta = 1,0$ ir esant V_{an} reikšmėms, lygioms 0,1 šlyties įrašos, apskaičiuoti pagal (8.3) formulę.

Kad krašte įdėtinės detalės zonoje nebūtų išplėštas betonas (52 pav.), reikia įvykdyti šias sąlygas:

$$V_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd} b h_t, \quad (8.8)$$

$$\text{čia } b \leq 2h + s,$$

$$V_{Ed} \leq 0,3 f_{ctd} b h, \quad (8.9)$$

$$\text{čia } b \leq b_1.$$

142. Suvirintųjų įdėtinių detalių konstrukcija su privirintais prie jų elementais, perduodančiais apkrovą įdėtinėms detalėms, turi užtikrinti inkarų įjungimą į darbą pagal pasirinktą skaičiuotinę schemą. Apskaičiuojant plokšteles ir valcuotuosius profilius atplėšiančiajai jėgai, imama, kad jie yra šarnyriškai sujungti su statmenais inkarais. Be to, apskaičiuojamos įdėtinės detalės plokštelės, prie kurios tęjine jungtimi privirinti inkarai, storis t turi būti patikrintas pagal sąlygas

$$t \geq 0,25 \phi_{an} \frac{f_{yd}}{f_{yw}} \text{ ir } t \geq 0,7 \phi_{an}. \quad (8.10)$$

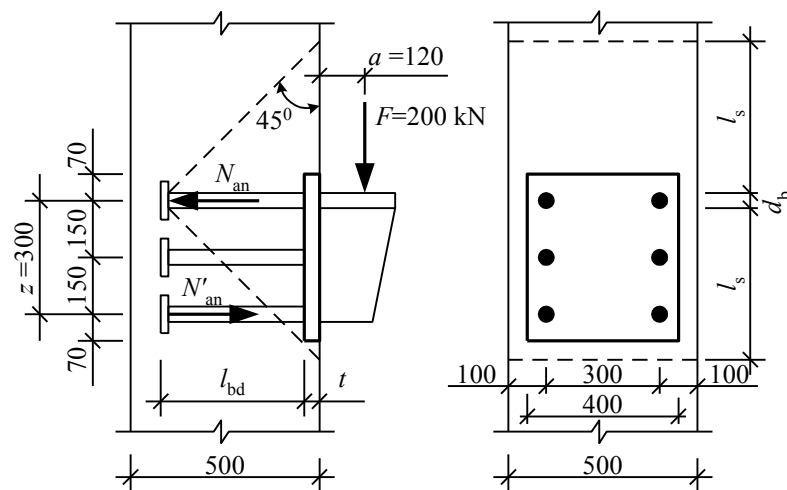
ϕ_{an} – pagal skaičiavimus reikalingas inkaro skersmuo; f_{yw} – skaičiuotinis plieno kerpamasis stipris.

Taikant įvairius suvirinimo būdus, kurie užtikrina didelės plokštelės dalies pasipriešinimą inkaro ištraukimui, ir esant pagrindimui, galimas (8.10) lygties patikslinimas tokiems suvirintiems sujungimas.

Plokštelės storis taip pat turi atitikti virinimui keliamus technologinius reikalavimus.

29 PAVYZDYS

Sijos atrėmimui įrengiama plieninė atrama. Atrama tvirtinama prie kolonos įdėtinės detalės. Įdėtinė detalė betone tvirtinama inkarais, pagamintais iš S400 klasės armatūros ($f_{yd} = 365 \text{ N/mm}^2$). Kolonos betonas C20/25 klasės. Betono stipriai $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$, $f_{cd} = 12 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctd} = 0,9 \text{ N/mm}^2$. Detalės schema parodyta 53 pav.



53 pav. Kolonos įdėtinės detalės schema

Sijos perduodamos jėgos sukeliamas lenkimo momentas ir skersinė jėga

$$M_{Ed} = F \cdot a = 200 \cdot 0,120 = 24 \text{ kNm};$$

$$Q_{Ed} = F = 200 \text{ kN}.$$

Atstumas tarp inkarų eilių 300 mm. Apskaičiuojame veikiančios jėgos inkarus

$$N_{an} = \frac{M_{Ed}}{z} = \frac{24}{0,3} = 80 \text{ kN}.$$

Kadangi $N_{Ed} = 0$, tai $N'_{an} = N_{an} = 80 \text{ kN}$.

Šlyties jėga vienai inkarų eilei pagal (8.3) yra:

$$V_{an} = \frac{V_{Ed} - 0,3N'_{an}}{n_{an}} = \frac{200 - 0,3 \cdot 80}{3} = 58,7 \text{ kN}.$$

Koeficientai ω , δ ir λ

$$\omega = 0,3 \frac{N_{an}}{V_{an}} = 0,3 \frac{80}{58,7} = 0,409 ;$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,409}} = 0,842;$$

$$\lambda = \frac{4,75 \sqrt[3]{f_{cd}}}{(1 + 0,15 \cdot A_{an1}) \sqrt{f_{yd}}} \beta = \frac{4,75 \sqrt[3]{12}}{(1 + 0,15 \cdot 3,14) \sqrt{365}} \cdot 1 = 0,387.$$

Vienos eilės inkarų reikalingą skerspjūvio plotas apskaičiuojamas taip:

$$A_{an} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{N_{an}^2 + \left(\frac{V_{an}}{\lambda \cdot \delta} \right)^2}}{f_{yd}} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{80000^2 + \left(\frac{58700}{0,387 \cdot 0,842} \right)^2}}{365} = 594 \text{ mm}^2.$$

Parengame 2 inkarus $\varnothing 20 \text{ mm}$ ($A_{an} = 628 \text{ mm}^2$).

Kadangi pasirinktas inkarų skersmuo sutampa su apskaičiuotuoju skersmeniu, inkarų skersmens skaičiavimas baigtas.

Minimalus inkarų (be antgalių) inkaravimo ilgis pagal konstravimo taisykles turi būti $l_{bd,lim} = 35d = 35 \cdot 20 = 700 \text{ mm}$.

Kadangi kolonos skerspjūvis $500 \times 500 \text{ mm}$, tai inkarų ilgis bus mažesnis už 700 mm . Inkarų galuose yra įrengiami antgaliai, kurių skersmuo $d_b = 3d = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$, todėl $l_{bd,lim} = 10d = 10 \cdot 20 = 200 \text{ mm}$.

Parinktas inkarų ilgis yra $l_{bd} = 400 \text{ mm}$.

Būtina patikrinti betono stiprumą glemžimui prie inkaro antgalio. Glemžiamasis plotas

$$A_{c0} = \frac{\pi(d_b^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(60^2 - 20^2)}{4} = 2512 \text{ mm}^2.$$

Glemžiamoji jėga

$$N_{an1} = \frac{N_{an}}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ kN}.$$

Tikriname sąlygą

$$N_{an1} \leq N_{an1,R} = \alpha \cdot \omega_n \cdot f_{cd} \cdot A_{c0},$$

čia $\alpha = 0,85$;

$$\omega_u = 1 + k_u k_f \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \leq \omega_{u,max};$$

$$\omega_u = 1 + 10,67 \cdot 1 \cdot \frac{0,9}{12} \left(\sqrt{\frac{32400}{2512}} - 1 \right) = 3,073,$$

$$\text{čia } k_u = 0,8 \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} = 0,8 \frac{12}{0,9} = 10,67;$$

$$k_f = 1; \omega_{u,max} = 2,5;$$

$$A_{c1} = (3d)^2 = (3 \cdot 60)^2 = 32400 \text{ mm}^2 \text{ (pagal 53 pav.)}.$$

$$N_{a1,R} = 2,5 \cdot 1,157 \cdot 12 \cdot 2512 = 87191 \text{ N} = 87,2 \text{ kN}.$$

Inkaro antgalio glemžiamojo betono stiprumas yra pakankamas, kadangi

$$N_{an1} = 40 \text{ kN} < N_{a1,R} = 87,2 \text{ kN}.$$

Tikriname labiausiai tempiamosios inkarų eilės stiprumą išplėšimui

$$N_{an} \leq N_{an,R} = 0,5A_1 \cdot f_{ctd},$$

čia A_1 išplėšiamo betono paviršiaus plotas.

$$A_1 = (60 + 2 \cdot 400)500 - 2 \frac{3,14 \cdot 60^2}{4} = 424000 \text{ mm}^2.$$

$$N_{an,R} = 0,5 \cdot 424000 \cdot 0,9 = 190800 \text{ N} = 190,8 \text{ kN}.$$

Stiprumas išplėšimui yra pakankamas, kadangi $N_{an} = 80 \text{ kN} < N_{an,R} = 190,8 \text{ kN}$.

Atstumai tarp inkarų atitinkamai statmenai ir skersai šlyties jėgos veikimo kryptiai $300 \text{ mm} > 4\varnothing = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$ ir $150 \text{ mm} > 6\varnothing = 6 \cdot 20 = 120 \text{ mm}$ tenkina konstravimo taisykles.

Apskaičiuojame kolonos įdėtinės detalės plokštelės storį

$$\begin{cases} t \leq 0,25\phi_n \frac{f_{yd}}{f_{yw}}, \\ t \leq 0,7\phi_{an}. \end{cases}$$

$$t = 0,25 \cdot 20 \frac{365}{130} = 14,04 \text{ mm}.$$

Atsižvelgiant į inkarų virinimo reikalavimus

$$t \geq 0,65\phi_{an} = 0,65 \cdot 20 = 13 \text{ mm}.$$

Pagal gautus skaičiavimus įdėtinės detalės plokštelės storis $t = 15 \text{ mm}$.

Papildyta priedu:

Nr. [D1-157](#), 2005-03-21, Žin., 2005, Nr. 98-3711 (2005-08-13), i. k. 105301MISAK00D1-157

PRAKTINIO TAIKymo VADOVAS

ĮVADAS

Šiame praktinio taikymo vadove yra pateikti reikalavimai pastatų ir statinių betoninėms ir gelžbetoninėms konstrukcijoms skaičiuoti ir projektuoti iš sunkaus ir lengvojo betono tinkamumo ribiniam būviui. Taip pat pateikiami konstrukciniai reikalavimai, kurių reikia laikytis projektuojant konstrukcijas, tenkinančias abu ribinius būvius: saugos ir tinkamumo. Visi reikalavimai pateikiami vadovaujantis šio Reglamento nurodymais, juos paaiškinant ir iliustruojant skaičiavimo ir konstravimo pavyzdžiais. Duodama papildomų rekomendacijų, reikalingų projektuojant konstrukcijas.

Atitinkamų reglamentų punktų ir lentelių numeriai nurodyti laužtiniuose skliaustuose. Pagrindinės sąvokos, žymenys ir sutrumpinimai pateikti [III, IV] skyriuose. [] skliaustuose pateikti žymenys nurodo STR 2.05.05:2005 atitinkamą punktą, formulę ar lentelę, o ([]) atitinkamai STR 2.05.04:2003.

I SKYRIUS. PAGRINDINIAI NURODYMAI

I skirsnis. Bendrosios nuostatos

1. Šio Reglamento priedo nuostatos skirtos betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimui iš sunkiojo įprasto, lengvojo ir smulkiagrūdžio betono, kurio tankis ne mažesnis kaip 2000 ir ne didesnis kaip 2800 kg/m^3 tinkamumo ribiniam būviui, ir kai konstrukcijos naudojamos esant ne aukštesnei kaip $+50^\circ\text{C}$ ir ne žemesnei kaip -50°C temperatūrai.

2. Išankstinis gelžbetoninių konstrukcijų įtempimas naudojamas tokiais tikslais:

2.1. armatūros sąnaudų mažinimui, kai naudojama didelio stiprio armatūra;

2.2. padidinti konstrukcijų atsparumą supleišėjimui ir riboti plyšių atsivėrimą (plotį);

2.3. padidinti konstrukcijų standumą ir sumažinti jų deformacijas (įlinkius);

2.4. perdengti didesnius tarpatramius, esant tam pačiam konstrukcijos skerspjūviui;

2.5. apspausti surenkamų elementų sandūras;

2.6. padidinti konstrukcijų, veikiamų daug kartų pasikartojančių apkrovų, atsparumą nuovargiui;

2.7. sumažinti betono sąnaudas ir konstrukcijų svorį, naudojant aukštos klasės betoną.

3. Išankstinis įtempimas atliekamas dviem pagrindiniais būdais:

3.1. įtempiant armatūrą į formos arba stendo atramas;

3.2. įtempiant armatūrą į sukietėjusį betoną.

Armatūros įtempimas į atramas gali būti atliekamas mechaniniu ir elektroterminiu būdais, o įtempiant į betoną – mechaniniu būdu.

Įtempiant į atramas, naudojama strypinė armatūra: didelio stiprumo viela ir iš jos sudaryti pluoštai (vijos) ir armatūros lynai. Įtempiant į betoną, naudojami iš didelio stiprumo vielos sudaryti pluoštai (vijos) ir armatūros lynai.

4. Saugos ir tinkamumo naudojimui reikalavimų tenkinimui turi būti nustatyti tokie konstrukcijų kokybės pradiniai reikalavimai, kad kartu su patikimumo užtikrinimu, esant pačiam pavojingiausiajam poveikių derinimui, neatsivertų neleistino dydžio plyšių, neatsirastų įlinkių, vibracijų ir kitų reiškinių, pažeidžiančių normalų pastato naudojimą, žmonių sveikatą, gamtą, estetinius pastato reikalavimus, normalų technologinį procesą ir kita.

II skirsnis. Pagrindiniai reikalavimai skaičiavimui

5. Gelžbetoninės konstrukcijos skaičiuojamos ne tik stiprumo ir pastovumo (saugos ribinio būvio) tenkinimui, bet ir tinkamumo normaliam naudojimui reikalavimų užtikrinimui (tinkamumo ribinis būvis).

6. Gelžbetoninių konstrukcijų ar atskirų jų elementų skaičiavimas tinkamumo ribiniam būviui atliekamas dviem atvejų stadijų grupėmis:

6.1. gamybos, transportavimo ir montavimo – jei atsiradusios jose deformacijos (plyšiai, išlinkiai ir kt.) gali pakenkti konstrukcijų naudojimo savybėms;

6.2. visais atvejais – naudojimo stadijai.

Kiekvienu atveju skaičiavimo schemas turi atitikti konstrukcinį sprendimą ir apkrovų schemą.

7. Skaičiuojant priimamos charakteristinės apkrovų ir poveikių reikšmės ir jų deriniai vadovaujantis STR 2.05.04:2003.

8. Skaičiuojant surenkamas konstrukcijas ar jų elementus poveikiams, atsirandantiems jas keliant, transportuojant ar montuojant, apkrova nuo savojo svorio yra dauginama iš dinaminio poveikio koeficiento, kuris yra:

transportuojant – 1,60;

keliant ir montuojant – 1,40.

9. Tinkamumo ribiniam būviui apskaičiavimą sudaro:

9.1. deformacijų (įlinkių, pasislinkimų, pasisukimų ir pan.), kurios turi įtakos konstrukcijų vaizdui arba efektyviam jos naudojimui, gali sugadinti apdailą arba laikančiuosius elementus, nustatymas;

9.2. vibracijų, gadinančių pastatą ar jo dalis (elementus), mažinančių jų naudojimo efektyvumą, nustatymas;

9.3. plyšių, kurie gali pakenkti konstrukcijos išvaizdai, ilgalaikiškumui, vandens nepralaidumui, pločio ir betono pažeidimui dėl per didelio gniuždymo, galinčio sumažinti jo ilgalaikiškumą, nustatymas.

Plyšių atsiradimas betoninėse ir gelžbetoninėse konstrukcijose apskaičiuojamas iš sąlygos, pagal kurią poveikių efektai, įtempiai ir deformacijos nuo įvairių poveikių ir jų derinių neturi viršyti atitinkamų ribinių dydžių, kuriuos gali atlaikyti konstrukcija plyšių atsiradimo momentu.

Plyšių plotis apskaičiuojamas pagal sąlygą, kad plyšių plotis konstrukcijoje dėl veikiančių poveikių ir jų derinių neviršytų ribinės reikšmės, nurodytos [24] lentelėje, ir priklauso nuo konstrukcijai keliamų reikalavimų, jos naudojimo sąlygų ir aplinkos agresyvumo. Agresyvioje aplinkoje naudojamoms konstrukcijoms reikia numatyti papildomas priemones apsaugai nuo korozijos.

Plyšiai skaičiuojami normaliniuose ir įstrižuose pjūviuose, taip pat iš anksto įtemptų gelžbetoninių elementų galuose – įtempimų perdavimo zonoje.

Konstrukcijų deformacijos apskaičiuojamos su sąlyga, kad įlinkiai, posūkio kampai, poslinkiai ar konstrukcijos virpėjimo nuo įvairių poveikių ir jų derinių parametrai negali viršyti atitinkamų leidžiamųjų ribinių reikšmių, kurios priklauso nuo konstrukcijos ir viso statinio charakteristikų, gretimų ar tarpinių elementų pažeidimų galimybių, technologinių įrengimų, taip pat galimybės susidaryti pavojingoms situacijoms statinio naudojimo metu.

Visiškai ar įlinkio dalies kompensavimui konstrukcija gali turėti pradinį išlinkį, kurio dydis neturi viršyti 1/250 angos.

Surenkamosios monolitinės gelžbetoninės konstrukcijos, taip pat monolitinės su laikančiąja (standžiąja) armatūra abiem ribiniams būviams apskaičiuojamos dviem apkrovų atvejams:

kol betonas pasiekia numatytą stiprį – apkrovoms nuo betono svorio ir kitų apkrovų, veikiančių šiame konstrukcijos gamybos (statybos) etape;

betonui pasiekus visą numatytą stiprį – apkrovoms, veikiančioms šiame etape ir naudojimo metu.

Betoninės ir gelžbetoninės konstrukcijos skaičiuojamos atsižvelgiant į galimą plyšių ir netampriųjų deformacijų atsiradimą betone ir armatūroje. Konstrukcijos ribinės įrašos ir deformacijos nustatomos naudojantis skaičiuotinėmis schemomis ir modeliais, geriausiai atitinkančiais nagrinėjamo ribinio būvio tikruosius konstrukcijų ypatumus.

10. Reikalavimai plyšių atsiradimui ir jų atsivėrimui priklauso nuo konstrukcijų tipo (įprastos ar iš anksto įtemptos) ir naudojimo sąlygų. Plyšių pločiai taip pat apribojami pagal tai, ar atsiveria nuo trumpalaikio apkrovų poveikio (w_{lim1}), ar ilgalaikio (w_{lim2}) (2 lentelė).

Ilgalaikio plyšių atsivėrimo plotis apskaičiuojamas nuo tariamai nuolatinio poveikių derinio, o trumpalaikio plyšių atsivėrimo plotis nustatomas kaip ilgalaikio plyšių atsivėrimo pločio prieaugio, padidėjus tariamai nuolatiniam poveikiui iki charakteristinio poveikių derinio, suma.

11. Jeigu iš anksto įtemptų konstrukcijų gniuždomoje zonoje, jų gamybos, transportavimo ar montavimo metu atsiveria plyšiai, statmeni išilginiai ašiai, reikia įvertinti pleišetumo sumažėjimą naudojimo metu tempiamojoje zonoje, taip pat jų įlinkių padidėjimą.

Konstrukcijoms, kurios bus naudojamos veikiant daug kartų pasikartojančioms apkrovoms, tokie plyšiai neleidžiami.

12. Jeigu armavimo koeficientas $\rho > 0,05$, leidžiama be skaičiavimo priimti, kad stačiakampio ir tėjinio skerspjuvio su lentyna gniuždomojoje zonoje lenkiamų elementų tempiamojoje zonoje yra plyšiai, statmeni išilginei ašiai.

13. Skaičiuojant gelžbetoninių elementų be iš anksto įtemptosios armatūros atsparumą plyšių atsiradimui, turi būti įvertinami poveikiai nuo betono susitraukimo, o skaičiuojant deformacijas (įlinkius), jie gali būti neįvertinami.

14. Konstrukcijų deformacijos (įlinkiai, pasisukimo kampai) skaičiuojamos pasinaudojus statybinės mechanikos formulėmis, priimant kreivių arba standumo reikšmes, nustatomas priklausomai nuo konstrukcijos ar jos ruožų būvio:

14.1. jeigu konstrukcijų tempiamojoje zonoje normalinių plyšių nėra – kreivis (standumas) priimamas kaip nepažeisto (vienalyčio) kūno;

14.2. jeigu tempiamojoje zonoje yra plyšių, statmenų išilginiai ašiai, tai kreivis (standumas) priimamas kaip santykis skirtumo vidutinių gniuždomos betono zonos krašto ir tempiamos armatūros deformacijų su skerspjuvio naudingų aukščiu.

II SKYRIUS. GELŽBETONINIŲ ELEMENTŲ PLYŠIŲ ATsirADIMO APSKAIČIAVIMAS

I skirsnis. Bendrosios prielaidos

15. Gelžbetoniniai elementai apskaičiuojami normaliniams, elemento išilginei ašiai ir įstrižiesiems elemento išilginės ašies atžvilgiu, plyšiams atsirasti.

16. Atsirandant plyšiams normaliniuose išilginei ašiai pjūviuose, lenkiamųjų, tempiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų gelžbetoninių elementų įrašos apskaičiuojamos laikantis šių nuostatų:

16.1. galioja plokščių pjūvių hipotezė;

16.2. labiausiai tempiamo betono sluoksnio didžiausias santykinis pailgėjimas lygus $2 f_{ctk} / E_{cm}$;

16.3. gniuždomos zonos betono įtempiai nustatomi įvertinant tampriąsias ir plastines betono deformacijas. Pastarosios įvertinamos mažinant atstumą tarp skerspjuvio branduolio viršūnės ir sunkio centro (1 pav.);

16.4. tempiamosios zonos betono įtempiai pasiskirstę tolygiai ir yra lygūs stipriui f_{ctk} ;

16.5. armatūros be išankstinio įtempimo įtempiai lygūs įtempių, sukeltų betono deformacijų prieaugio apie šią armatūrą, taip pat atsiradusių įtempių dėl betono susitraukimo ir valkšnumo, algebrinei sumai;

16.6. iš anksto įtemptosios armatūros įtempiai lygūs išankstinio įtempimo (atsižvelgiant į visus nuostolius) ir šią armatūrą supančio betono deformacijų prieaugio sukeltų įtempių algebrinei sumai.

II skirsnis. Centriškai tempiamųjų elementų skaičiavimas

17. Centriškai tempiamųjų gelžbetoninių elementų plyšių atsiradimo apskaičiavimas atliekamas pagal sąlygą, kad statmeni išilginiai ašiai plyšiai skerspjūviuose neatsiras, jeigu išilginė tempimo jėga N_{Ed} nuo išorinių poveikių neviršija plyšių atsiradimo jėgos

$$N_{Ed} < N_{cr}, \quad (2.1)$$

čia N_{cr} – plyšių atsiradimo jėga.

N_{cr} jėga elementams be iš anksto įtemptosios armatūros yra apskaičiuojama taip

$$N_{cr} = (f_{ctk} - \sigma_{csh,t})(A + 2\alpha_e A_s), \quad (2.2)$$

čia $f_{csh,t}$ – tempimo įtempiai dėl susitraukimo; $\alpha_e = E_s / E_{cm}$.

18. Betono susitraukimo deformacijos turi esminę įtaką iš anksto neįtemptųjų gelžbetoninių konstrukcijų pleišėjimui. Tempimo įtempiai betone dėl jo susitraukimo apskaičiuojami taip:

$$\sigma_{csh,t} = \frac{\varepsilon_{csh} E_s \rho}{1 + 2\alpha_e \rho}. \quad (2.3)$$

Jeigu $\sigma_{csh,t} > f_{ctk}$, elemente vien nuo betono susitraukimo atsiras plyšiai. Susitraukimo deformacijos priimamos pagal [2] priedą.

19. Tikrinant iš anksto įtemptųjų elementų pleišėjimą, skerspjūvio plyšių atsiradimo jėga bus

$$N_{cr} = f_{ctk}(A + 2\alpha_e A_s) + P_d, \quad (2.4)$$

čia P_d – išankstinio betono apspaudimo jėga, priimama lygi įtempių atstojamajai įtemptoje ir neįtemptoje armatūroje:

$$P_d = \sigma_{p1} A_{p1} + \sigma_{p2} A_{p2} - \sigma_{s1} A_{s1} - \sigma_{s2} A_{s2}. \quad (2.5)$$

Iš anksto įtemptųjų gelžbetoninių konstrukcijų neįtemptoje armatūroje dėl bendro jos ir betono deformavimosi atsiranda pradiniai gniuždymo įtempiai: apgniuždant betoną – jie lygūs iš anksto įtemptosios armatūros įtempių nuostoliams dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo, o prieš apkraunant konstrukciją – lygūs nuostolių dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo, susitraukimo ir betono ilgalaikio valkšnumo sumai.

20. Iš anksto įtemptosios armatūros įtempių nuostoliai, betono apspaudimo jėgos ir įtempių betone apskaičiavimas yra pateiktas [XII] skyriuje.

III skirsnis. Lenkiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų gelžbetoninių elementų normalinių plyšių atsiradimo apskaičiavimas

21. Lenkiamųjų gelžbetoninių elementų normalinių plyšių atsiradimas tikrinamas pagal sąlygą:

$$M_r \leq M_{cr}, \quad (2.6)$$

čia M_r – vienoje pjūvio pusėje esančių išorinių jėgų momentas apie ašį, lygiagrečią neutraliajai ašiai ir praeinančią per branduolio tašką, labiausiai nutolusį nuo pjūvio tempiamosios zonos, kurios plyšių atsiradimas yra tikrinamas pagal [163] punktą. Momentas M_r apskaičiuojamas pagal charakteristinį apkrovų derinį, kai norima įsitikinti, ar elementas supleišės, ir pagal pagrindinį apkrovų derinį, kai naudojamas elementas neturi turėti plyšių.

Dažniausiai pasitaikančiais atvejais, kai veikia ne daugiau kaip dvi Q_{k1} ir Q_{k2} kintamosios apkrovos, iš kurių Q_{k1} yra vyraujantis, derinys bus:

charakteristinis

$$E_d = E(G_{k,j}; P; Q_{k1}; \psi_{0,2} Q_{k2}); \quad (2.7)$$

tariamai nuolatinis

$$E = E(\gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_P \cdot P; \gamma_{Q1} Q_{k1}; \gamma_{Q2} \cdot \psi_{0,2} \cdot Q_{k2}). \quad (2.8)$$

Plačiau žr. STR 2.05.04:2003 13 priedą.

Momentas M_{cr} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$M_{cr} = f_{ctk} W_{pl} \pm M_{r,p}, \quad (2.9)$$

čia $M_{r,p}$ – jėgos P_d momentas apie tą pačią ašį, kaip ir skaičiuojant momentą M_r , t. y.

$$M_{r,p} = P_d (e_p \pm r). \quad (2.10)$$

Kai momentų $M_{r,p}$ ir M_r veikimo kryptys yra priešingos (2.9) ir (2.10) formulėse yra imamas „pliuso“ ženklas (t. y. kai jėga P_d apgniuždo naudojimo metu tempiamą zoną), „minus“ – kai momentų kryptys nesutampa.

22. Nuo jėgų, veikiančių vienoje skerspjūvio pusėje, momentas M_r apskaičiuojamas taip:

$$M_r = M_{Ed}; \quad (2.11)$$

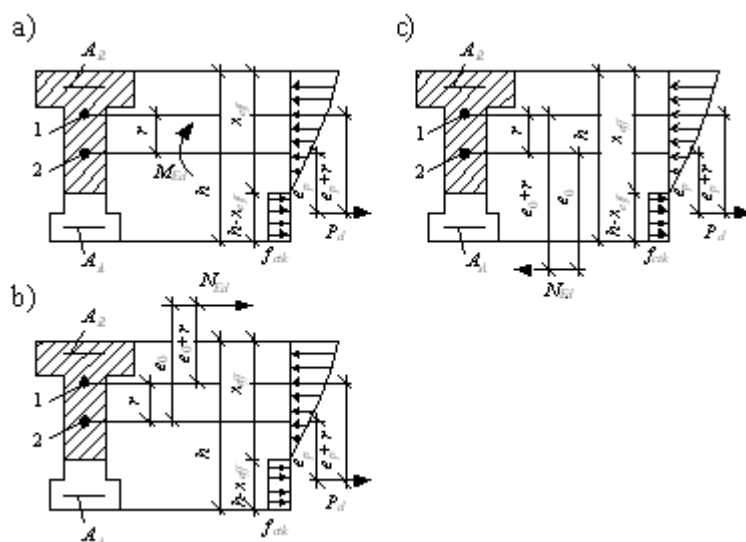
kai yra ekscentriškai gniuždomieji elementai (1 pav. b)

$$M_r = N_{Ed} (e_0 - r); \quad (2.12)$$

kai yra ekscentriškai tempiami elementai (1 pav. c)

$$M_r = N_{Ed} (e_0 + r). \quad (2.13)$$

23. (2.10)–(2.13) formulėse dydis r yra atstumas nuo ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro iki branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamos zonos, kurios plyšių atsiradimas yra tikrinamas.



1 pav. Įrašų schemas ir įtempių diagramos elemento skerspjūvyje, apskaičiuojant normalinių išilginei elemento ašiai plyšių atsiradimą išorinių apkrovų tempiamojoje zonoje, kuri gniuždoma išankstinio apspaudimo jėgos: a – kai yra lenkimas; b – kai ekscentrinis gniuždymas; c – kai yra ekscentrinis tempimas; 1 – branduolio viršūnė; 2 – ekvivalentinio skerspjūvio centras

Kai apskaičiuojamas iš anksto įtemptųjų lenkiamų, ekscentriškai gniuždomų ir ekscentriškai tempiamų elementų (jei $N_{Ed} \leq P_d$) stiprumas plyšių atsiradimui, tai atstumas

$$r = \varphi \frac{W_{eff}}{A_{eff}}, \quad (2.14)$$

kai tikrinamas stiprumas supleišėjimui elementų be išankstinio armatūros įtempimo (jei $N_{Ed} > P_d$), tai atstumas

$$r = \frac{W_{eff}}{A_{eff}}. \quad (2.15)$$

Koeficientas φ apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{ck}}, \quad (2.16)$$

bet imamas ne mažesnis kaip 0,7 ir ne didesnis kaip 1,0.

$\sigma_{c,max}$ – didžiausi gniuždomojo betono įtempiai dėl veikiančios išorinės apkrovos ir išankstinio apspaudimo jėgos, apskaičiuoti kaip tampriajam kūnui ekvivalentiniame pjūvyje.

Ekscentriškai tempiamųjų elementų, jeigu $N_{Ed} > P_d$, atstumas

$$r = \frac{W_{pl}}{A_c + 2\alpha_e (A_{s1} + A_{s2} + A_{p1} + A_{p2})}. \quad (2.17)$$

Ekvivalentinio skerspjūvio atsparumo momentas W_{eff} apskaičiuojamas kaip tampriam kūnui pagal formulę:

$$W_{eff} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}}. \quad (2.18)$$

y_{sc} – atstumas nuo ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro iki tempiamos zonos krašto.

Dydis W_{pl} (2.17) formulėje yra ekvivalentinis skerspjūvio atsparumo momentas labiausiai tempiamo sluoksnio atžvilgiu, įvertinantis tempiamojo betono plastines deformacijas. Jį apskaičiuojant priimama, kad išilginės jėgos N_{Ed} ir betono apspaudimo armatūra jėgos P_d nėra, ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$W_{pl} = \frac{2(I_{cc} + \alpha_e I_{s1} + \alpha_e I_{s2})}{h - x} + S_{ct}, \quad (2.19)$$

I_{cc} – betono gniuždomosios zonos ploto inercijos momentas apie neutraliąją ašį; I_{s1} ir I_{s2} – tempiamosios ir gniuždomosios armatūros skerspjūvio plotų inercijos momentai apie neutraliąją ašį.

Neutraliosios ašies padėtis apskaičiuojama pagal sąlygą

$$S_{cc} + \alpha_e S_{s2} - \alpha_e S_{s1} = \frac{(h - x)A_{ct}}{2}, \quad (2.20)$$

čia S_{ct} ir S_{cc} – betono tempiamosios ir gniuždomosios zonų plotų statiniai momentai apie neutraliąją ašį; S_{s1} ir S_{s2} – tempiamosios ir gniuždomosios armatūros skerspjūvio plotų statiniai momentai apie neutraliąją ašį; A_{ct} – betono tempiamosios zonos skerspjūvio plotas.

Stačiakampiui, tėjiniam ir dvitėjiniam skerspjūviams (2.20) sąlyga įgauna tokį pavidalą:

$$h - x = \frac{S_{eff,t}}{A_{eff,t}}, \quad (2.21)$$

čia $S_{eff,t}$ – ekvivalentinis skerspjūvio statinis momentas tempiamo krašto atžvilgiu, apskaičiuotas neįvertinant tempiamųjų lentynų skerspjūvio ploto; $A_{eff,t}$ – ekvivalentinis skerspjūvio plotas, neįvertinant pusę tempiamųjų lentynų skerspjūvio ploto.

Šia (2.21) formule nerekomenduojama naudotis, jeigu neutralioji ašis kerta gniuždomąją arba tempiamąją lentynas.

24. Apskaičiuojant plyšių atsiradimą sudėtinių ir blokinių konstrukcijų nekljuotose sandūrose, f_{ctk} reikšmė (2.4) ir (2.9) formulėse imama lygi nuliui.

Apskaičiuojant išorinių apkrovų tempiamosios zonos plyšių atsiradimą elementų ruožuose su pradiniais plyšiais gniuždomoje zonoje, M_{cr} reikšmę pagal (2.9) formulę mažinti dydžiu $\Delta M_{cr} = \lambda M_{cr}$.

Koeficientas λ apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$\lambda = \left(1,5 - \frac{0,9}{\delta}\right)(1 - \varphi_m). \quad (2.22)$$

Jei rezultatas su „minuso“ ženklu, priimama $\lambda=0$.

Koeficientas φ_m apskaičiuojamas taip:

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} W_{pl}}{(\pm M_r \mp M_{r,p})}, \quad (2.23)$$

tačiau neturi viršyti vieneto ir būti ne mažesnis kaip 0,45.

$$\delta = \frac{y}{h - y} \frac{A_{s1} + A_{p1}}{A_{s1} + A_{s2} + A_{p1} + A_{p2}}, \text{ bet ne daugiau kaip } 1,4. \quad (2.24)$$

Čia y – atstumas nuo ekvivalentinio skerspjuvio sunkio centro iki labiausiai išorinės apkrovos tempiamo betono sluoksnio. Kai konstrukcijos armuotos vieline arba strypine armatūra (kurios $\sigma_y \geq 800$ MPa), pagal (2.24) formulę apskaičiuotos δ reikšmės mažinamos 15%.

W_{pl} apskaičiuojamas pagal (2.19) formulę. M_r ir $M_{r,p}$ – pagal 21 ir 22 punktus, imant „pliuso“ ženklą, kai veikia lenkimo momentas, sukeliantis tempiamosios armatūros tempimą.

25. Atsparumo momentą W_{pl} (2.9, 2.17, 2.23 formulės) leidžiama apskaičiuoti pagal tokią formulę:

$$W_{pl} = \gamma W_{eff}, \quad (2.25)$$

čia W_{eff} – apskaičiuojama pagal (2.18) formulę.

Koeficientas γ , įvertinantis tempiamos betono zonos plastines deformacijas, priklauso nuo skerspjuvio formos ir priimamas pagal 1 lentelės duomenis.

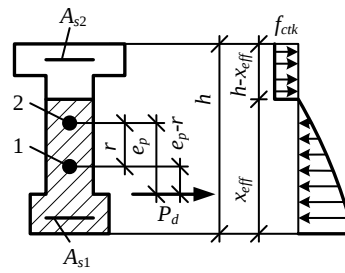
26. Konstrukcijų supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą (2 pav.):

$$P_d(e_p - r) \pm M_r \leq f_{ctk} \cdot W_{pl2}, \quad (2.26)$$

čia P_d – iš anksto įtemptos armatūros įtempių atstojamoji atmetus nuostolius, pasireiškusius iki apspaudžiant betoną; M_r – momentas nuo išorinių jėgų, veikiančių konstrukciją gamybos metu (pvz., nuo savojo svorio), priimamas pagal 21 ir 22 punktų nurodymus. „Pliuso“ ženklas priimamas, kai šio momento ir momento nuo jėgos P_d kryptys sutampa, ženklas „minus“ – kai kryptys priešingos.

W_{pl2} dydis apskaičiuojamas pagal (2.19) arba (2.24) formules, kai tempiamoji zona yra skerspjuvio viršuje.

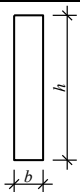
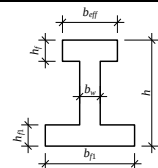
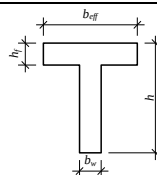
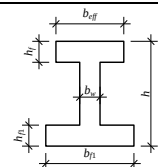
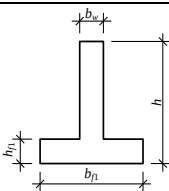
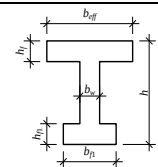
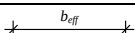
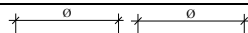
Atstumas r nustatomas, kaip parodyta 2 pav.

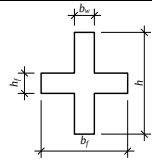


2 pav. Įrąžų schema ir įtempių diagrama elemento skerspjūvyje, apskaičiuojant normalinių išilginei elemento ašiai plyšių atsiradimą tempiamojoje zonoje veikiant išankstinio apspaudimo jėgai: 1 – branduolio viršūnė; 2 – ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centras

γ koeficiento reikšmės

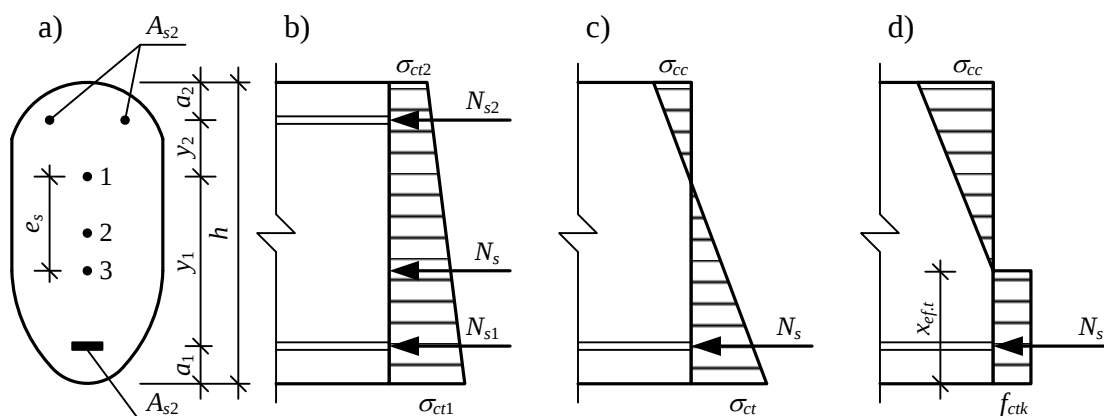
1 lentelė

Skerspjūvis	γ koeficientas	Skerspjūvio forma	Skerspjūvis	γ koeficientas	Skerspjūvio forma
1. Stačiakampis	1,75		5. Nesimetrinis dvitėjis, tenkinantis sąlygą $b_{f1}/b_w \leq 3$ a) kai $b_{f1}/b_w \leq 2$ nepriklausomai nuo santykio h_{f1}/h b) kai $2 < b_{f1}/b_w \leq 6$ nepriklausomai nuo santykio h_f/h c) kai $b_{f1}/b_w > 6$ ir $h_f/h > 0,1$	1,75 1,50 1,50	
2. Tėjinis su lentyna gniuždomojoje zonoje	1,75		6. Nesimetrinis dvitėjis, tenkinantis sąlygą $3 < b_{eff}/b_w < 8$: a) kai $b_{f1}/b_w \leq 4$ nepriklausomai nuo santykio h_{f1}/h b) kai $b_{f1}/b_w > 4$ ir $h_{f1}/h \geq 0,2$ c) kai $b_{f1}/b_w > 4$ ir $h_{f1}/h < 0,2$	1,50 1,50 1,25	
3. Tėjinis su lentyna (paplatinimui) tempiamojoje zonoje a) kai $b_{f1}/b_w \leq 2$ nepriklausomai nuo h_{f1}/h b) $b_{f1}/b_w > 2$ ir $h_{f1}/h \geq 0,2$ c) $b_{f1}/b_w > 2$ ir $h_{f1}/h < 0,2$	1,75 1,75 1,50		7. Nesimetrinis dvitėjis, tenkinantis sąlygą $b_{eff}/b_w \geq 8$: a) kai $h_{f1}/h > 0,3$ b) kai $h_{f1}/h \leq 0,3$	1,50 1,25	
4. Dvitėjis (dėžinis)			8. Žiedinis ir apvalus	2–	

a) kai $b_{eff}/b_w = b_{f1}/b_w \leq 2$ nepriklausomai nuo santykio $h_f/h = h_{f1}/h$	1,75			0,4 $\varnothing_1/\varnothing$	
b) kai $2 < b_{eff}/b_w = b_{f1}/b_w \leq 6$ nepriklausomai nuo santykio $h_f/h = h_{f1}/h$	1,50				
c) kai $b_{eff}/b_w = b_{f1}/b_w > 6$ ir $h_f/h = h_{f1}/h > 0,2$	1,50		9. Kryžminis		
d) kai $6 < b_{eff}/b_w = b_{f1}/b_w \leq 15$ ir $h_f/h = h_{f1}/h < 0,2$	1,25		a) kai $b_f/b_w \geq 2$ ir $0,9 \geq h_f/h > 0,2$	2,00	
e) kai $b_{eff}/b_w = b_{f1}/b_w > 15$ ir $h_f/h = h_{f1}/h < 0,2$	1,10		b) kitais atvejais	1,75	

27. Jeigu (2.26) sąlyga netenkinama, tai tempiamoje zonoje nuo apspaudimo jėgos poveikio atsiras plyšiai, kurie naudojimo metu dažniausiai būna gniuždomoje zonoje. Tokių konstrukcijų plyšių atsiradimo tempiamojoje zonoje (naudojimo metu) momentas M_{cr} apskaičiuojamas vadovaujantis 24 p. nurodymais.

28. Skaičiuojant supleišėjimą konstrukcijose be išankstinio armatūros įtempimo, reikia įvertinti tempimo įtempius, atsirandančius dėl betono susitraukimo. Įtempių dėl betono susitraukimo schemas pavaizduotos 3 paveiksle.



3 pav. Įtempių nuo betono susitraukimo pasiskirstymo bet kokios formos skerspjūvyje schemas: a – skerspjūvis; b – įtempių epiūra, kai dvigubas armavimas; c – tas pats viengubas; d – tas pats prieš plyšių atsiradimą; 1 – branduolio viršūnė; 2 – skerspjūvio sunkio centras; 3 – įtempių nuo betono susitraukimo atstojamosios pridėties taškas

Įtempiai betone ir armatūroje yra apskaičiuojami pagal pusiausvyros sąlygas:

$$N_s = (A_{s1} + A_{s2})\sigma_{cs}, \quad (2.27)$$

$$M_s = N_s \cdot e_s = \sigma_{cs}(A_{s1} + A_{s2})e_s, \quad (2.28)$$

čia σ_{cs} – vidutiniai gniuždymo įtempiai armatūroje.

Įvertinus betono ir armatūros deformacijų suderinamumą, santykinė armatūros deformacija ε_s ties jos atstojamąja yra

$$\varepsilon_{s3} = \varepsilon_{csh} - \varepsilon_{c3}, \quad (2.29)$$

ε_{c3} – betono deformacija armatūros įtempių atstojamosios N_s pridėties taške.

Remiantis lygtimis (2.27, 2.28 ir 2.29 sąlyga), gauname

$$\sigma_{c3} = \sigma_s (\rho_1 + \rho_2) \left(1 + \frac{e_s^2}{r_c^2} \right), \quad (2.30)$$

$$\sigma_{s3} = \frac{\sigma_{s3}}{(\rho_1 + \rho_2) \left(1 + \frac{e_s^2}{r_c^2} \right)}. \quad (2.31)$$

Vidutiniai įtempiai armatūroje (N_s pridėjimo taške) nuo betono susitraukimo yra:

$$\sigma_{s3} = \varepsilon_{csh} E_s \frac{(\rho_1 + \rho_2) \left(1 + \frac{e_s^2}{r_c^2} \right)}{1 + \alpha_e (\rho_1 + \rho_2) \left(1 + \frac{e_s^2}{r_c^2} \right)}. \quad (2.32)$$

Tokiu būdu iš (2.30– 2.32) lygčių gauname tempimo įtempius betone:

apatiniame krašte su didesniu armavimu:

$$\sigma_{ct1} = \varepsilon_{csh} E_s \frac{(\rho_1 + \rho_2) \left(1 + \frac{e_s \cdot y_1}{r_c^2} \right)}{1 + \alpha_e (\rho_1 + \rho_2) \left(1 + \frac{e_s^2}{r_c^2} \right)}, \quad (2.33)$$

viršutiniame krašte

$$\sigma_{ct2} = \varepsilon_{csh} E_s \frac{(\rho_1 + \rho_2) \left(1 - \frac{e_s \cdot y_2}{r_c^2} \right)}{1 + \alpha_e (\rho_1 + \rho_2) \left(1 + \frac{e_s^2}{r_c^2} \right)}. \quad (2.34)$$

Apskaičiuojant įtempius bet kuriame kitame taške, (2.33–2.34) formulėse vietoje y_1 ir y_2 yra imami atstumai nuo skerspjūvio sunkio centro iki nagrinėjamo taško.

Jeigu σ_{ct1} arba $\sigma_{ct2} \geq f_{ct}$, konstrukcijoje atsirastų plyšiai.

29. Ribiniu atveju, t. y. atsparumas supleišėjimui nuo betono susitraukimo apskaičiuojamas iš įrašų betone ir armatūroje momentų apie gniuždomos zonos atstojamosios pridėties tašką (3 pav. d) sąlygos.

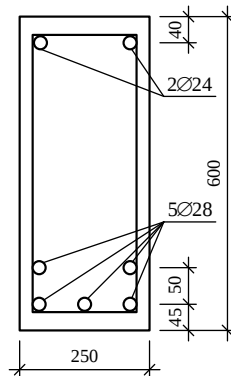
30. Nustatant įtempius nuo betono susitraukimo reikia įvertinti tai, kad susitraukimo deformacijos labai priklauso nuo betono sudėties: vandens ir cemento santykio, cemento kiekio, susitraukimo, kietėjimo sąlygų ir kt. Todėl betonas turi būti gaminamas tiksliai prisilaikant EN 206 reikalavimų. Tokiu atveju, esant mažam armavimo procentui, plyšiai neatsiranda. Tai priklauso ir nuo betono stiprio tempiant.

1 PAVYZDYS

Apskaičiuoti tempimo įtempius sijos skerspjūvyje nuo betono susitraukimo pavaizduotoje scheme. Betonas C25/30, armatūra S400. Apatinė armatūra – 5Ø28, viršutinė – 2Ø24, t. y. $A_{s1} = 3077,2 \text{ mm}^2$, $A_{s2} = 904,3 \text{ mm}^2$.

Įtempius apskaičiuojame pagal (2.33) ir (2.34) formules. Priimame, kad sijos naudojimo aplinkos santykinis drėgnis RH=80%. Duotajam betonui pagal [7] lentelę ribinės susitraukimo

deformācijas yra 0,245‰, t. y. $\varepsilon_{csh,lim} = 24,5 \cdot 10^{-5}$. Armatūros tamprumo modulis $E_s = 200 \cdot 10^3$ kN/mm². Betono tamprumo modulis $E_{cm} = 31 \cdot 10^3$ kN/mm².



Efektinio skerspjūvio geometrinės charakteristikos yra:

$$A_{eff} = A_c + \alpha_e (A_{s1} + A_{s2}) = 250 \times 600 + 6,45 (3077,2 + 904,3) = 175680 \text{ mm}^2.$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,45.$$

$$I_{eff} = I_c + \alpha_e A_s.$$

$$S_{eff} = 250 \cdot 600 \cdot 300 + 6,4 (904,3 \cdot 560 + 1230,88 \cdot 95 + 1846,38 \cdot 45) = 49,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^3.$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{A_{eff}} = \frac{3077,2}{175680} = 0,0175; \quad \rho_2 = \frac{A_{s2}}{A_{eff}} = \frac{904,3}{175680} = 0,0051.$$

Skerspījūvio sunkio centro atstumas nuo apačios

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{49,56 \cdot 10^6}{0,1757 \cdot 10^6} = 282 \text{ mm.}$$

Apatinės armatūros atstojamosios atstumas nuo sunkio centro

$$a_{s1} = \frac{2 \cdot 95 + 3 \cdot 45}{5} = 65 \text{ mm.}$$

$$y_{s1} = 282 - 65 = 217 \text{ mm.}$$

Viršutinės ir apatinės armatūrų atstojamosios atstumas nuo skerspījūvio sunkio centro

$$e_s = 105 \text{ mm.}$$

$$I_{eff} = I_c + \alpha_e (A_{s1} \cdot y_{s1}^2 + A_{s2} \cdot y_{s2}^2) =$$

$$= \frac{250 \cdot 600^3}{12} + 6,45 (3077,2 \cdot 217^2 + 904,3 \cdot 278^2) = 4715 \cdot 10^6 \text{ mm}^4.$$

$$r_c = \sqrt{\frac{I_{eff}}{A_{eff}}} = \sqrt{\frac{4715 \cdot 10^6}{0,1758 \cdot 10^6}} = 164 \text{ mm}.$$

Betono tempimo įtempiai apatiniamе sijos krašte (su didesniu armavimu) apskaičiuojami pagal (2.33) formulę

$$\sigma_{ct1} = 24,5 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{0,0175 + 0,0051 \left(1 + \frac{105 \cdot 217}{164^2} \right)}{1 + 6,45 (0,0175 + 0,0051) \left(1 + \frac{105^2}{164^2} \right)} = 1,09 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi betono C25/30 stipris tempimui $f_{ctk} = 1,80 \text{ N/mm}^2$, tai plyšiai dėl betono susitraukimo neatsiras.

Tačiau tokie įtempiai sumažina atsparumą supleišėjimui ir tai reikia įvertinti skaičiuojant pleišetumą.

Plyšių atsiradimo momentas $M_{cr} = W_{pl} \cdot f_{ctk}$. Kadangi nuo susitraukimo atsiranda tempimo įtempiai, tai $M_{cr} = W_{pl} (f_{ctk} - \sigma_{ct1})$.

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{eff} = 1,75 \frac{I_{eff}}{y_{cc}} = 1,75 \frac{4715 \cdot 10^6}{282} = 29,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^3.$$

Tuomet $M_{cr} = 29,2 \cdot 10^6 (1,8 - 1,09) = 20,7 \cdot 10^6$ N·mm. Neįvertinus susitraukimo įtempių:

$$M_{cr} = 29,2 \cdot 10^6 \cdot 1,8 = 52,6 \cdot 10^6 \text{ N·mm.}$$

Tai rodo, kad betono susitraukimas atsparumą supleišėjimui sumažino 2,5 karto.

Rekomenduojama projekte nurodyti, koks turi būti betono stipris tempimui.

IV skirsnis. Įstrižųjų pjūvių supleišėjimo apskaičiavimas

31. Įstrižųjų plyšių atsiradimas nustatomas pagal sąlygą:

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{c,cr} f_{ctk}, \quad (2.35)$$

čia $\gamma_{c,cr}$ – betono, esančio sudėtingo įtempių būvio, darbo sąlygų koeficientas, nustatomas pagal formulę:

$$\gamma_{c,cr} = \frac{1 - \sigma_{mc} / f_{ck}}{0,2 + \alpha f_{ck, cube}} \leq 1,0, \quad (2.36)$$

α – koeficientas, priklausantis nuo betono tipo ir priimamas:

sunkiajam betonui – 0,01;

lengvajam betonui – 0,02.

$f_{ck,cube}$ pateiktas [5] lentelėje. Tačiau sandauga $\alpha f_{ck,cube}$ priimama ne mažesnė kaip 0,3.

σ_{mc} – svarbiausieji gniuždymo įtempiai įstrižajame pjūvyje.

Svarbiausieji betono tempimo σ_{mt} ir gniuždymo σ_{mc} įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$\sigma_{mt(mc)} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}. \quad (2.37)$$

Įtempiai σ_x , σ_y ir τ_{xy} nustatomi kaip tampriajam kūnui (pagal medžiagų mechanikos formules). Kai veikia sukimo momentas, τ_{xy} nustatomas pagal elemento plastinės būklės formules.

Įtempiai σ_x yra normaliniai įtempiai plokštumoje, statmenoje elemento (konstrukcijos) išilginei ašiai, susidarę nuo išorinių apkrovų ir apspaudimo iš anksto įtemptąja armatūra. Šiuo atveju priimami lygūs įtempiams betone σ_c .

σ_y – normaliniai įtempiai betono plokštumoje, lygiagrečioje elemento išilginei ašiai nuo vietinio atraminių reakcijų, sutelktųjų jėgų ir paskirstytų apkrovų, taip pat nuo iš anksto įtemptos skersinės armatūros ir iš anksto įtemptų atlankų.

τ_{xy} – tangentiniai įtempiai betone nuo išorės apkrovų ir iš anksto įtemptų atlankų sukeliamų apspaudimo jėgų.

Įtempiai σ_x ir σ_y į (2.37) formulę įrašomi su „pliuso“ ženklu, jei yra tempimo įtempiai ir su „minuso“ ženklu – jei yra gniuždymo įtempiai.

(2.37) sąlyga tikrinama ekvivalentinio skerspjuvio sunkio centre ir sijų sienelių susikirtimo su gniuždomomis lentynomis vietose. Pagal elemento ilgį tokį patikrinimą reikia atlikti keliose vietose priklausomai nuo skerspjuvio formos pasikeitimo, skersinių jėgų ir momentų diagramų.

Apskaičiuojant iš anksto įtemptuosius elementus su armatūra be inkarų, reikia įvertinti išankstinio įtempimo įtempių σ_{p1} ir σ_{p2} sumažėjimą jų perdavimo zonoje (l_{pt2}), padauginant iš santykio l_x/l_{pt2} (žr. [241] punktą). Čia l_x – atstumas nuo apspaudimo pradžios iki nagrinėjamo pjūvio.

32. Esant būtinumui, σ_x ir τ_{xy} įtempiai nuo išorinės apkrovos ir išankstinio apspaudimo jėgos sumuojami su įtempiams nuo vietinio atraminių reakcijų ir sutelktųjų jėgų poveikio, kurie apskaičiuojami taip:

$$\sigma_{x,loc} = \varphi_x \frac{F}{bh}, \quad (2.38)$$

$$\tau_{xy,loc} = \varphi_{xy} \frac{F}{bh}. \quad (2.39)$$

$$\text{Čia } \varphi_x = \frac{2}{\pi} \left[\frac{1 + 3(1 + \alpha^2)(1 - 2\beta)}{2(1 + \alpha^2)} + 3\alpha(1 - 2\beta) \arctg \frac{1}{\alpha} - \frac{\alpha^2 \beta}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} \right]; \quad (2.40)$$

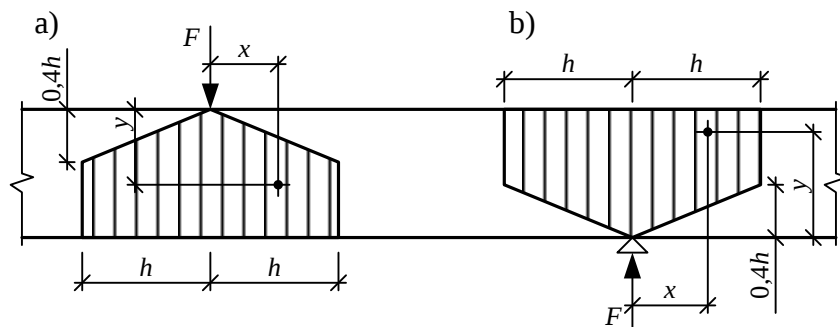
$$\varphi_{xy} = \frac{2\beta}{\pi} \left[\frac{\alpha[5 + 3\alpha^2(1 - \beta) - 6\beta]}{(1 + \alpha^2)^2} - 3(1 - \beta) \arctg \frac{1}{\alpha} + \frac{\alpha \beta}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} \right]. \quad (2.41)$$

Vietiniai įtempiai, atsirandantys prie atraminių reakcijų ir sutelktųjų jėgų pridėjimo vietų, taip pat apskaičiuojami kaip tampriam kūnui pagal formulę:

$$\sigma_{y,loc} = \varphi_y \frac{F}{bh}. \quad (2.42)$$

$$\text{Čia } \varphi_y = \frac{2\beta^2}{\pi} \left[\frac{3-2\beta}{(1+\alpha^2)^2} - \frac{\beta}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} \right]. \quad (2.43)$$

(2.38)– (2.43) formulėse F sutelktosios jėgos arba atraminės reakcijos reikšmė (4 pav.); $\alpha = x/h$ ir $\beta = y/h$ – santykinės taško, kuriame apskaičiuojami vietiniai įtempiai, santykinės koordinatės. Jėgos F pridėjimo taške $x=0$ ir $y=0$. X ašis yra elemento išilginės ašies kryptimi, Y – statmena jai.



4 pav. Vietinių įtempių pasiskirstymas prie sutelktųjų jėgų (a) ir atramų (b)

Vietinių įtempių ($\sigma_{x,loc}$; $\sigma_{y,loc}$ ir $\tau_{xy,loc}$) zona į abi puses nuo jėgų F pridėties taško yra $x=0,7h$. Įtempiai $\sigma_{y,loc}$, apskaičiuoti pagal (2.42) formulę su „minuso“ ženklu, yra gniuždymo, o su „pliuso“ – tempimo įtempiai. Gniuždymo įtempiai (priimti su „minuso“ ženklu) nuo iš anksto atlenktos armatūros apskaičiuojami pagal formulę:

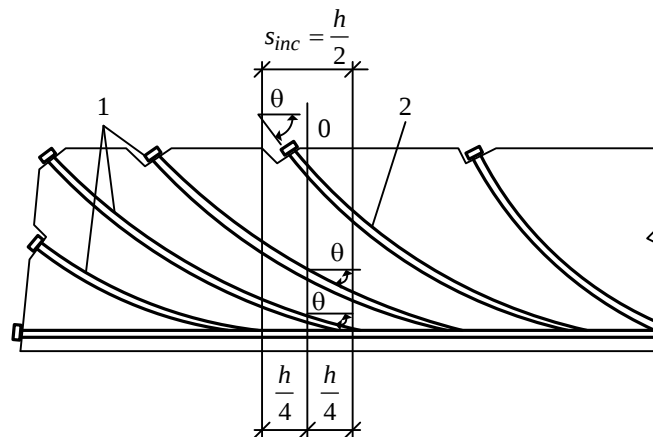
$$\sigma_{yp} = -\frac{\sigma_{p,inc} A_{p,inc}}{s_{inc} b} \sin \Theta, \quad (2.44)$$

čia $\sigma_{p,inc}$ – atlenktos iš anksto įtemptos armatūros įtempiai po visų nuostolių pasireiškimo; $A_{p,inc}$ – atlenktas iš anksto įtemptos armatūros skerspjūvio plotas, esantis s_{inc} ruože, kuris lygus $0,5h$ (5 pav.).

Tangentiniai įtempiai τ_{xy} betone apskaičiuojami pagal formulę:

$$\tau_{xy} = \frac{V S_{eff}}{b I_{eff}}, \quad (2.45)$$

čia S_{eff} – ekvivalentinio skerspjūvio ploto virš nagrinėjamo taško statinis momentas, ašies, praeinančios per viso skerspjūvio sunkio centrą, atžvilgiu; b – elemento plotis nagrinėjamo taško lygyje; V – skersinė jėga nuo išorės apkrovų skaičiuojamame skerspjūvyje.



5 pav. Kreivalinijinė atlenkta iš anksto įtempta armatūra, įvertinama apskaičiuojant išankstinių įtempių betone (normalinius išilginei ašiai (σ_y) ir tangentinius (τ_{xy}): 1 – atlenktoji armatūra, priimama apskaičiuojant tangentinius įtempius τ_{xy} pjūvyje 0–0; 2 – armatūra įvertinama apskaičiuojant σ_y įtempius s_{inc} ruože

Konstrukcijose su iš anksto įtemptąja įstrižąja ar kreivalinijine armatūra, skersinė jėga V_{Ed} , kuri naudojama formulėje (2.45), priimama kaip skirtumas (arba suma) skersinių jėgų nuo išorinės apkrovos (V_{Ed}) ir apspaudimo jėgos (V_p), t. y.:

$$V = V_{Ed} - V_p. \quad (2.46)$$

$$\text{Čia } V_p = \sum P_d \cdot \sin \Theta, \quad (2.47)$$

P_d – įtempimo jėga pluošte arba strype, esanti ties atrama arba ruože tarp atramos ir skerspjūvio, kuris yra $0,25h$ atstume nuo skaičiuojamojo skerspjūvio 0–0 (5 pav.), ir apskaičiuojama pagal formulę:

$$P_d = \sigma_{p\infty} \cdot A_{p,inc1}, \quad (2.48)$$

$\sigma_{p\infty}$ – išankstiniai įtempiai armatūroje įvykus visiems jų nuostoliams; $A_{p,inc1}$ – vienos iš anksto įtemptos armatūros vijos arba strypo skerspjūvio plotas.

Jeigu sija yra kintamo skerspjūvio aukščio, skersinė jėga tangentinių įtempių apskaičiavimui yra apskaičiuojama pagal formulę:

$$V = V_{Ed1} \pm \frac{M_{Ed1}}{h} \operatorname{tg} \Theta, \quad (2.49)$$

čia Θ – sijos krašto nuolydžio su išilgine ašimi kampas; V_{Ed1} , M_{Ed1} – skersinė jėga ir momentas skaičiuojamame skerspjūvyje (neįvertinant išankstinio apspaudimo).

Ženklas „plius“ (2.49) formulėje priimamas, jeigu sijos aukštis didėja, didėjant absoliutinei lenkimo momento reikšmei ir „minus“ – jeigu mažėja.

Jeigu elementai yra veikiami lenkimo ir sukimo, τ_{xy} reikšmė, rašoma į (2.37) formulę, priimama lygi sumai tangentinių įtempių nuo lenkimo, apskaičiuojamų pagal (2.45) formulę ir nuo sukimo tangentinių įtempių τ_T .

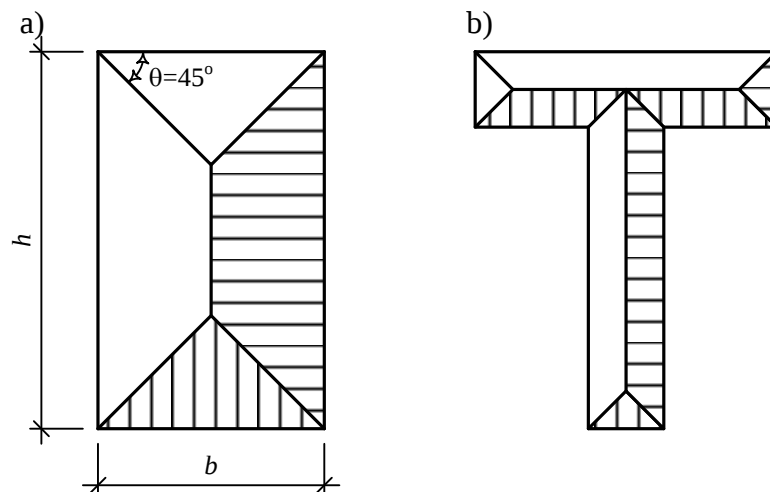
Šie įtempiai (τ_T) yra apskaičiuojami pagal plastiškojo sukimo formules, t. y. priimama, kad plyšių atsiradimo metu šie įtempiai yra vienodi visame elemento skerspjūvyje:

$$\tau_T = \frac{T_{Ed}}{W_{T,pl}}, \quad (2.50)$$

čia $W_{T,pl}$ – skerspjūvio atsparumo momentas, esant plastiškajam sukimui ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$W_{T,pl} = 2V, \quad (2.51)$$

čia V – elemento dalies (kūno) tūris, apibrėžiamas lygaus nuolydžio plokštuma 45° kampu su skerspjūvio plokštuma, sudaroma nagrinėjama skerspjūvyje (6 pav.).



6 pav. Skerspjūvio atsparumo momento nustatymo schema, esant plastiškajam sukimui:

a – stačiakampiam skerspjūviui;

b – tėjiniam skerspjūviui

Stačiakampio skerspjūvio elementams:

$$\tau_T = \frac{6T_{Ed}}{b^2(3h - b)}, \quad (2.52)$$

čia h ir b – didesnysis ir mažesnysis skerspjūvio kraštinių matmuo.

33. Veikiant daug kartų pasikartojančioms apkrovoms, įstrižųjų plyšių atsiradimo momento apskaičiavimas atliekamas pagal (2.35– 2.52) formules, dydžius f_{ctk} ir f_{ck} dauginant iš koeficiento γ_{CR} [19 ir 21] lentelės.

2 PAVYZDYS

Duota laisvai paremta dvitėjinio skerspjūvio sija. Betonas C40/50, $E_{cm} = 35 \cdot 10^3$ MPa (N/mm^2). Betono stipris apspaudimo armatūra metu 28 MPa. Lyninė armatūra, kurios plieno markė Y1960S, $f_{pk} = 1960$ N/mm^2 , $f_{pd} = 1700$ N/mm^2 , $f_{p0,1k} = 1680$ N/mm^2 , $f_{p0,1d} = 1460$ N/mm^2 , $E_s = 195 \cdot 10^3$ N/mm^2 , $\varepsilon_{uk} = 3,5\%$. Iš anksto įtemptosios armatūros

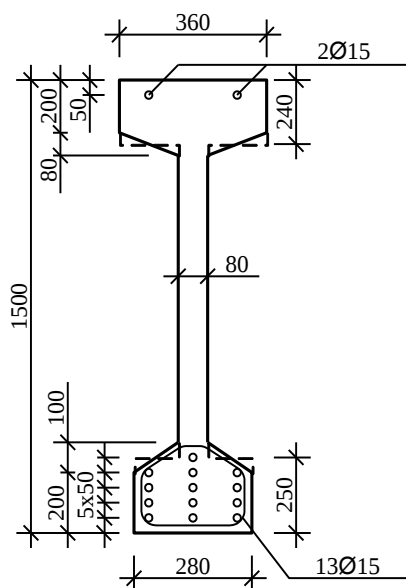
skerspjūvio plotai: tempiamojoje zonoje $A_{p1}=1840 \text{ mm}^2$ ($13\varnothing 15$), gniuždomojoje zonoje $A_{p2}=283 \text{ mm}^2$ ($2\varnothing 15$). Armatūra įtempama į atramas mechaniniu būdu. Betonas kietinamas šutinant. Lynai į atramas inkaruojamos inventoriniais inkarais. Stendo ilgis – 20000 mm, sijos svoris – 12200 kg, ilgis – 18000 mm. Lenkimo momentas nuo visų apkrovų $M_{Ed}=1750 \text{ kN}\cdot\text{m}$, $V_{Ed,\max}=400 \text{ kN}$. Reikia nustatyti sijos atsparumą supleišėjimui. Tai atlikti sijos vidurio angos skerspjūviui, priimant didžiausią leistiną armatūros išankstinį įtempimą.

Sijos statmenosio pjūvio plyšių atsiradimo momentas apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$M_{cr} = f_{ctk}W_{pl} + M_{r.p}.$$

Skaiciavimo tvarka būtų tokia. Pirmiausia nustatome skerspjūvio geometrines charakteristikas, priimdami

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{195 \cdot 10^3}{35 \cdot 10^3} = 5,77.$$



Neįtemptosios (konstrukcinės) armatūros plotas neįvertinamas.

$$A_{eff} = A_c + \alpha_e (A_{p1} + A_{p2}) = 1500 \cdot 80 + 280 \cdot 240 + 200 \cdot 250 + 5,77(1840 + 283) = 249400 \text{ mm}^2.$$

Atstumas nuo tempiamos armatūros sunkio centro iki apatinio sijos krašto:

$$a_{s1} = \frac{3(50 + 100 + 150 + 200) + 1 \cdot 250}{13} = 134,5 \text{ mm}.$$

Statinis momentas sijos apačios krašto atžvilgiu bus:

$$S_{eff} = \frac{8 \cdot 1500^2}{2} + 250 \cdot 240(1500 - 120) + \frac{200 \cdot 250^2}{2} + 5,77 \cdot 1840 \cdot 134,5 + 5,77 \cdot 283(1500 - 50) = 192900 \cdot 10^3 \text{ mm}^3.$$

Skerspjūvio sunkio centro atstumas nuo sijos krašto apačios:

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{192900 \cdot 10^3}{249400} = 773 \text{ mm}.$$

Armatūrų atstumai nuo sunkio centro:

$$y_{p1} = y_{sc} - a_1 = 773 - 134,5 = 638,5 \text{ mm};$$

$$y_{p2} = h - y_{sc} - a_2 = 1500 - 773 - 50 = 677 \text{ mm}.$$

Ekvivalentinio skerspjūvio inercijos momentas:

$$\begin{aligned} I_{eff} = I_c + \alpha_e A_{p1} \cdot y_{p1}^2 + \alpha_e A_{p2} \cdot y_{p2}^2 &= \frac{80 \cdot 1500^3}{12} + 80 \cdot 1500(773 - 75)^2 + \\ &+ \frac{280 \cdot 240^3}{12} + 280 \cdot 240(1380 - 773)^2 + \frac{200 \cdot 250^3}{12} + 200 \cdot 250(773 - 125)^2 + \\ &+ 5,77 \cdot 1840 \cdot 638,5^2 + 5,77 \cdot 283 \cdot 677^2 = 7417 \cdot 10^7 \text{ mm}^4. \end{aligned}$$

Nustatome pirmuosius armatūros įtempių nuostolius, naudodamiesi [9] lentelės 1– 6 punktais. Pradinius armatūros įtempius (be nuostolių) rekomenduojame priimti:

$$\sigma_p = 0,7 f_{p0,1k} = 0,7 \cdot 1680 = 1176 \text{ N/mm}^2.$$

Priimame, kad armatūros pradiniai įtempiai 1142 N/mm^2 .

Armatūros išankstinių įtempių nuostoliai dėl relaksacijos bus:

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_p}{f_{p0,1k}} - 0,1\right) \sigma_p = \left(0,22 \frac{1142}{1680} - 0,1\right) 1142 = 57 \text{ N/mm}^2.$$

Nuostoliai nuo temperatūrų skirtumo tarp atramų ir betono, kai $\Delta t = 60^\circ\text{C}$

$$\Delta\sigma_{\Delta T} = 1,25 \cdot \Delta t = 1,25 \cdot 60 = 75,0 \text{ N/mm}^2.$$

Nuostoliai dėl ankerių deformacijų:

$$\Delta\sigma_{\Delta \ell} = \frac{\Delta l}{e} E_s. \text{ Priimame } \Delta l = 1,25 + 0,1\varnothing = 1,25 + 0,15 \cdot 15 = 3,5 \text{ mm ir } l = 20000 \text{ mm.}$$

$$\text{Tuomet } \Delta\sigma_{\Delta \ell} = \frac{3,5}{20000} \cdot 195 \cdot 10^3 = 34,2 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi įtemptoji armatūra neatlenkiama, nuostolių dėl trinties nebus, t. y. $\sigma_\mu = 0$. Įtempių nuostolių nebus ir dėl formų deformacijų, t. y. $\sigma_f = 0$.

Tokiu būdu betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki ją atleidžiant bus:

$$P_{m0} = (A_{p1} + A_{p2}) (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta T} - \Delta\sigma_{\Delta \ell}) = \\ (1840 + 283) (1142 - 57 - 75 - 34,2) = 2071623,4 \text{ N.}$$

Apspaudimo jėgos atstojamoji sutaps su visos įtemptosios armatūros sunkio centru, t. y.:

$$e_p = \frac{A_{p1} \cdot y_{p1} - A_{p2} \cdot y_{p2}}{A_{p1} + A_{p2}} = \frac{1840 \cdot 638,5 - 283 \cdot 677}{1840 + 283} = 463 \text{ mm.}$$

Didžiausi gniuždymo įtempiai betone apskaičiuojami nuo jėgos P_{m0} , neįvertinant savojo sijos svorio:

$$\sigma_{cp0} = \frac{P_{m0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m0} \cdot e_p \cdot y_{sc}}{I_{eff}} = \frac{2071623}{249400} + \frac{2071623 \cdot 469 \cdot 773}{7417 \cdot 10^7} = 18,4 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck}(t),$$

čia f_{cp} – charakteristinis kubinis betono stipris armatūros atleidimo metu. Priimame, kad betono stipris atleidimo metu bus $0,8f_{ck}=0,80 \cdot 40=32 \text{ N/mm}^2$. Tokiu būdu

$$\sigma_{p0} = 18,4 \text{ N/mm}^2 < 0,6 \cdot 32 = 19,2 \text{ N/mm}^2.$$

Nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo apskaičiuojami pagal [9] lentelės 6 p. Tuo tikslu apskaičiuojame įtempius betone nuo apspaudimo jėgos ir sijos savojo svorio sukeltą lenkimo momentą, kuris bus:

$$M_{Egd} = \frac{g_s/d \cdot l^2}{8} = \frac{122000/18000 \cdot 17500^2}{8} = 259461800 \text{ N}\cdot\text{mm} = 259,46 \text{ kNm},$$

$l = 17500 \text{ m}$ – atstumas tarp atramų sijas sandėliuojant.

Įtempiai betone ties apatine iš anksto įtemptąja armatūra (t. y. $y_{p1} = 638,5 \text{ mm}$):

$$\begin{aligned} \sigma_{cp1} &= \frac{P_{m0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m0} \cdot e_{py_{p1}}}{I_{eff}} - \frac{M_{Egd} \cdot y_{p1}}{I_{eff}} = \frac{2071623,4}{249400} + \frac{2071623,4 \cdot 469 \cdot 638,5}{7417 \cdot 10^7} - \frac{259461800 \cdot 638,5}{7417 \cdot 10^7} = \\ &= 8,31 + 8,36 - 2,23 = 14,44 \text{ N/mm}^2 = 14,44 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

Įtempiai ties viršutine iš anksto įtemptąja armatūra bus:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp2} &= \frac{2071623,4}{249400} - \frac{2071623,4 \cdot 469 \cdot 677}{7417 \cdot 10^7} + \frac{259461800 \cdot 677}{7417 \cdot 10^7} = \\ &= 8,31 - 8,86 + 2,36 = 1,81 \text{ N/mm}^2 = 1,81 \text{ MPa} > 0. \end{aligned}$$

Nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo apskaičiuojami pagal [9] lentelės 6 pozicijos nurodymus.

Kadangi koeficientas

$$\alpha = 0,25 + 0,025 f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 18,4 = 0,71 < \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{14,44}{18,4} = 0,78, \text{ tai šie nuostoliai}$$

bus apskaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta\sigma_{pc1} = 40\alpha + 85\beta\left(\frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} - \alpha\right),$$

$$\beta = 5,25 - 0,185f_{cp} = 5,25 - 0,185 \cdot 18,4 = 1,85.$$

Apatinės armatūros įtempimo nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{pc1,1} = 40 \cdot 0,71 + 85 \cdot 1,85 \left(\frac{14,44}{18,4} - 0,71 \right) = 40,16 \text{ N/mm}^2.$$

Viršutinės armatūros įtempimo nuostoliai per trumpą laiką pasireiškiančio valkšnumo bus apskaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = 40 \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} = 40,0 \frac{1,81}{18,4} = 3,93 \text{ N/mm}^2, \text{ kadangi } \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} = \frac{1,81}{18,4} = 0,098 < \alpha = 0,71.$$

Tokiu būdu apatinės armatūros įtempių pirmieji nuostoliai bus:

$$\Sigma\Delta\sigma_{p1} = \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_{\Delta T} + \Delta\sigma_{\Delta \ell} + \Delta\sigma_{pc1,1} = 57 + 75 + 34,2 + 40,16 = 206 \text{ N/mm}^2.$$

Viršutinės armatūros:

$$\Sigma \Delta \sigma_{p2} = 57 + 75 + 34,2 + 3,93 = 170 \text{ N/mm}^2.$$

Betono apspaudimo jėga, atmetus visus armatūros įtempių pirmuosius nuostolius, bus:

$$\begin{aligned} P_{mI} &= P_{m0} - A_{p1} \cdot \Delta \sigma_{pc1,1} - A_{p2} \Delta \sigma_{pc1,2} = 2071623 - 1840 \cdot 40,16 - 283 \cdot 3,93 = \\ &= 1996600 \text{ N} = 1996,6 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Šios jėgos ekscentricitetas bus:

$$\begin{aligned} e_{p1} &= \frac{A_{p1}(\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{p1})y_{p1} - A_{p2}(\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{p2})y_{p2}}{P_{mI}} = \\ &= \frac{1840(1142 - 206) \cdot 638,5 - 283(1142 - 170) \cdot 677}{1967 \cdot 10^3} = 464 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Pagal [9] lentelės 8 ir 9 pozicijas apskaičiuojame armatūros įtempių nuostolius dėl betono susitraukimo ir valkšnumo.

Nuostoliai dėl betono susitraukimo yra:

$$\Delta\sigma_{ps} = 50 \text{ N/mm}^2.$$

Apskaičiuojant armatūros įtempių nuostolius dėl ilgalaikio valkšnumo, reikia žinoti įtempius betone ties A_{p1} ir A_{p2} armatūromis, atmetus pirmuosius nuostolius (pagal [9] lentelės 1–6 poz.).

Apskaičiuojame betono įtempius (savojo svorio sukiamas lenkimo momentas neįvertinamas)

$$\sigma_{cp1} = \frac{P_{m.I}}{A_{eff}} + \frac{P_{m.I} \cdot e_{p1} \cdot y_{p1}}{I_{eff}} = \frac{1996600}{249400} + \frac{1996600 \cdot 464 \cdot 638,5}{7417 \cdot 10^7} = 16,0 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_{cp2} = \frac{P_{m.I}}{A_{eff}} - \frac{P_{m.I} \cdot e_{p1} \cdot y_{p2}}{I_{eff}} = \frac{1996600}{249400} - \frac{1996600 \cdot 464 \cdot 677}{7417 \cdot 10^7} = -0,45 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi $\frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{16,00}{18,4} = 0,87 > 0,75$, tai apatinės armatūros įtempių nuostoliai dėl betono ilgalaikio valkšnumo:

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 300 \left(\frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} - 0,375 \right) = 300 \cdot \left(\frac{16}{18,4} - 0,375 \right) = 148,4 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi $\sigma_{cp2} = -0,45 \text{ N/mm}^2$, tai viršutinės armatūros įtempių nuostoliai dėl betono ilgalaikio valkšnumo $\Delta\sigma_{pc2,2} = 0$.

Tokiu būdu bendri armatūros įtempių nuostoliai bus:

apatinės

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{p.com1} &= \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_{\Delta T} + \Delta\sigma_{\Delta \ell} + \Delta\sigma_{pc1,1} + \Delta\sigma_{ps} + \Delta\sigma_{pc2,1} = \\ &= 57 + 75 + 34,2 + 40,16 + 50 + 148,4 = 405 \text{ N/mm}^2;\end{aligned}$$

viršutinės

$$\Delta\sigma_{p.com2} = 57 + 75 + 34,2 + 3,93 + 50 + 0 = 220,0 \text{ N/mm}^2.$$

Apspaudimo jėga, atmetus visus armatūros išankstinio įtempimo nuostolius, bus:

$$\begin{aligned}P_m &= A_{p1}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com1}) + A_{p2}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com2}) = \\ &= 1840(1142 - 405) + 283(1142 - 220) = 1617000 \text{ N} = 1617 \text{ kN}.\end{aligned}$$

Jos ekscentricitetas bus:

$$e_p = \frac{A_{p1}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com1}) \cdot y_{p1} - A_{p2}(\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com2}) \cdot y_{p2}}{P_m} =$$

$$= \frac{1840(1142 - 405) \cdot 638,5 - 283(1142 - 220) \cdot 677}{1617000} = 426 \text{ mm.}$$

Toliau tikrinamas atsparumas supleišėjimui sijos gamybos stadijoje. Apkrova nuo savojo svorio $g_s = 6,8 \text{ N/mm} = 6800 \text{ N/m}$. Armatūros įtempimo tikslumo koeficientas γ_{sp} priimamas pagal [143] punktą. Kadangi išankstinis apspaudimas sudaro palankias sąlygas supleišėjimui, tai γ_{sp} priimame didesnę už 1, ir esant mechaniniam armatūros įtempimui $\gamma_{sp} = 1,1$.

Tokiu būdu apspaudimo jėga $P_d = 1,1 \cdot 1996600 = 2,196 \cdot 10^6 \text{ N}$.

Kadangi momentas nuo savojo sijos svorio apspaudžia sijos viršutinę zoną, mažina plyšių atsiradimą nuo išankstinio apspaudimo, apskaičiuojama jo mažiausia reikšmė. Keliant siją ir neįvertinant dinamiškumo koeficiento, jis bus:

$$M_{Egd} = \frac{g_s(l - 2l_1)^2}{8} - \frac{g_s \cdot l_1^2}{2},$$

čia l – bendras sijos ilgis; l_1 – atstumas nuo sijos galo iki pakėlimo kilpų. Priimame $l_1 = 1500 \text{ mm}$.

$$M_{Egd} = \frac{6,78 \cdot 15000^2}{8} - \frac{6,78 \cdot 1500^2}{8} = 189,00 \text{ kN}\cdot\text{m.}$$

Skerspjūvio atsparumo momentai apatinio ir viršutinio krašto atžvilgiu yra:

$$W_{eff1} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{7417 \cdot 10^7}{773} = 9600 \cdot 10^4 \text{ mm}^3;$$

$$W_{eff2} = \frac{I_{eff}}{h - y_{sc}} = \frac{7417 \cdot 10^7}{1500 - 773} = 10202 \cdot 10^4 \text{ mm}^3.$$

Didžiausi įtempiai betone sijos gamybos stadijoje:

$$\sigma_{c,max} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} + \frac{P_{m1}e_{p1} - M_{Egd}}{W_{eff1}} = \frac{2196 \cdot 10^3}{249,4 \cdot 10^3} + \frac{2196 \cdot 10^3 \cdot 464 - 189,00 \cdot 10^6}{9600 \cdot 10^4} = 17,45$$

N/mm²;

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cp}} = 1,6 - \frac{17,45}{18,4} = 0,651 > 0,7.$$

Todėl $\varphi = 0,7$.

$$r_1 = \varphi \frac{W_{eff2}}{A_{eff}} = 0,7 \frac{10202 \cdot 10^4}{24,94 \cdot 10^4} = 286 \text{ mm}.$$

Pagal 1 lentelę, $\frac{b_{f1}}{b_w} = \frac{280}{80} = 3,5 < 4$ ir randame, kad $\gamma = 1,25$.

Tuomet $W_{pl2} = \gamma W_{eff2} = 1,25 \cdot 10202 \cdot 10^4 = 127,53 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$.

Tikriname sąlygą (2.26), priimdami $M_r = M_{Egd}$, P_d priimame, įvertinus armatūros įtempimo tikslumo koeficientą $\gamma_{sp} = 1,1$.

$$\begin{aligned} P_d(e_{p1} - r_1) - M_{Egd} &= 2,196 \cdot 10^6 (464 - 286) - 189,34 \cdot 10^6 = \\ &= 391 \cdot 10^6 - 189,00 \cdot 10^6 = 201,9 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} < f_{ctk} \cdot W_{pl2} = 2,5 \cdot 127,53 \cdot 10^6 = \\ &= 318,825 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}. \end{aligned}$$

Plyšiai viršutinėje sijos zonoje gamybos metu neatsiras.

Remiantis 21– 25 punktų nurodymais, apskaičiuojama apatinės zonos atsparumas supleišėjimui. Naudojantis 1 lentele, pirmiausia apskaičiuojamas plastinis atsparumo momentas W_{pl1} ir apspaudimo iš anksto įtemptąją armatūrą momentas $M_{r,p}$ branduolio viršutinio taško atžvilgiu.

Pagal 1 lentelę $\frac{b_{f1}}{b_w} = \frac{280}{80} = 3,5 < 4$ ir randame, kad $\gamma = 1,25$.

Tuomet $W_{pl1} = \gamma W_{eff1} = 1,25 \cdot 9600 \cdot 10^4 = 120,00 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$.

Apspaudimo jėga, atmetus visus išankstinio apspaudimo nuostolius, yra $P_m = 1718,36 \text{ kN}$. Įvertinus armatūros įtempimo tikslumo koeficientą $\gamma_{sp} = 0,9$, t. y. $P_d = \gamma_{sp} \cdot P_m = 0,9 \cdot 1617 = 1455 \text{ kN}$.

Didžiausi įtempiai betone naudojimo metu, kai lenkimo momentas nuo visų apkrovų $M_{Ed} = 1750 \text{ kNm} = 1750 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$ yra:

$$\sigma_{c,\max} = \frac{P_d}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed} - P_d \cdot e_p}{W_{eff2}} = \frac{1455 \cdot 10^3}{24,94 \cdot 10^4} + \frac{1750 \cdot 10^6 - 1455 \cdot 10^3 \cdot 426}{10202 \cdot 10^4} =$$

$$= 5,83 + 11,08 = 16,91 \text{ N/mm}^2;$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,\max}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{16,91}{40} = 1,177 > 1. \text{ Priimame } \varphi = 1.$$

$$r_2 = \varphi \frac{W_{eff1}}{A_{eff}} = 1 \cdot \frac{9600 \cdot 10^4}{24,94 \cdot 10^4} = 385 \text{ mm}.$$

Tuomet

$$M_{rp} = P_d(e_p + r_2) = 1455 \cdot 10^3(426 + 385) = 1,172 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm} =$$

$$= 1172 \text{ kN} \cdot \text{m}.$$

Atsparumo supleišėjimui momentas yra

$$M_{cr,c} = W_{pl1} \cdot f_{ctk} + M_{rp} = 120 \cdot 10^6 \cdot 2,5 + 1,172 \cdot 10^9 =$$

$$= 300 \cdot 10^6 + 1,172 \cdot 10^9 = 1472 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1472 \text{ kNm} < 1750 \text{ kNm}.$$

Vadinasi, plyšiai tempiamojoje zonoje naudojimo metu atsiras. Reikia apskaičiuoti plyšių plotį.

3 PAVYZDYS

Reikia apskaičiuoti nepertraukiamo betonavimo būdu gaminamos iš anksto įtemptos kiauřymėtosios plokštės plyšių susidarymo momentą, patikrinti įstrižojo pjūvio pleišėtumą, apskaičiuoti plokštės įlinkius.

Plokštės tarpatramio skaičiuotinis ilgis $l=6100$ mm, skerspjūvio aukštis $h=200$ mm, nominalusis plotis $b=1200$ mm. Plokštės skerspjūvis ir matmenys parodyti paveiksle.

Plokštę veikia savasis svoris, grindų konstrukcijos sukeliama apkrova ir naudojimo apkrova. Plokštės savojo svorio charakteristinė reikšmė $2,65 \text{ kN/m}^2$, grindų konstrukcijos charakteristinės apkrovos reikšmė $4,0 \text{ kN/m}^2$, plokštę veikianti naudojimo apkrovos charakteristinė reikšmė $2,0 \text{ kN/m}^2$. Plokštė armuota Y1770C lynais, kurių $f_{pk}=1770 \text{ N/mm}^2$, $f_{p0,1k}=1520 \text{ N/mm}^2$. Skerspjūvyje yra $4\varnothing 12,5$ mm lynai. Armatūros skerspjūvio plotas $A_{p1}=372 \text{ mm}^2$. Plokštės betono klasė – C40/50. Betono ir armatūros tamprumo moduliai: $E_s=2,05 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$, $E_{cm}=3,5 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$. Plokštės yra REI 60 atsparumo ugniai klasės. Todėl atstumas nuo plokštės apačios iki armatūros centro $a_{p1}=37$ mm. Armatūra įtempama į atsparas mechaniniu būdu. Įtempiamo lyno ilgis (atstumas tarp įtvirtinimo taškų) – $115,5 \text{ m}$. Armatūros pradiniai įtempiai $\sigma_p=1100 \text{ N/mm}^2$.

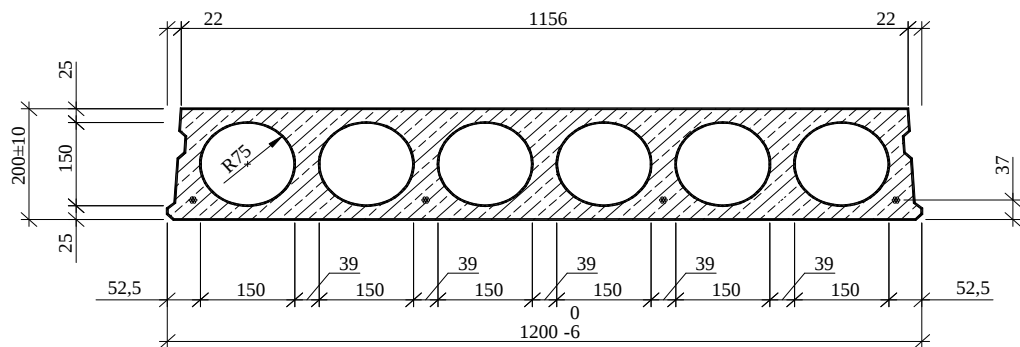
Plokštę veikiančių apkrovų charakteristinės ir skaičiuotinės (tinkamumo ribiniam būviui) reikšmės.

Plokštės savojo svorio apkrovos charakteristinė reikšmė

$$g_{d1} = g_{k1} = 2,65 \cdot 1,2 = 3,18 \text{ kN/m'}$$

Plokštės nuolatinės apkrovos reikšmės

$$g_d = g_k = (2,65 + 4,0) \cdot 1,2 = 7,98 \text{ kN/m'}$$



Naudojimo apkrovos reikšmės

$$q_d = q_k = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ kN/m'}$$

Naudojimo apkrovos tariamai nuolatinė dalis

$$q_{d,lt} = q_{k,lt} = \psi_2 \cdot 2 \cdot 1,2 = 0,3 \cdot 2 \cdot 1,2 = 0,72 \text{ kN/m'}$$

Visos apkrovos reikšmės

$$p_d = p_k = g_k + q_k = 7,98 + 2,4 = 10,38 \text{ kN/m'}$$

Nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos reikšmės

$$p_{gd} = p_{gk} = g_k + q_{k,lt} = 7,98 + 0,72 = 8,7 \text{ kN/m'.$$

Plokštės įrašos

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l^2}{8} = \frac{10,38 \cdot 6,1^2}{8} = 48,28 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

$$M_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l^2}{8} = \frac{8,7 \cdot 6,1^2}{8} = 40,46 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

$$M_{Egd} = \frac{g_{d1} \cdot l^2}{8} = \frac{3,18 \cdot 6,1^2}{8} = 14,79 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

$$V_{Ed} = \frac{p_d \cdot l}{2} = \frac{10,38 \cdot 6,1}{2} = 31,66 \text{ kN};$$

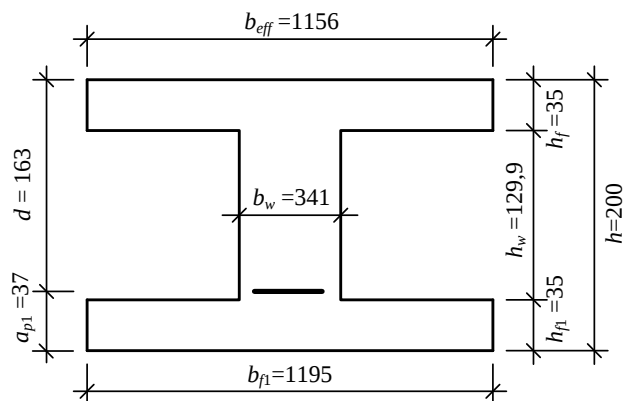
$$V_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l}{2} = \frac{8,7 \cdot 6,1}{2} = 26,53 \text{ kN.}$$

Plokštės skerspjūvis keičiamas ekvivalentiniu. Keičiame apvalią kiaurymę į stačiakampę

$$h_w = \sqrt{12 \left(\frac{3,14 \cdot 150^4}{64} \right) \bigg/ \left(\frac{3,14 \cdot 150^2}{4} \right)} = 129,9 \text{ mm.}$$

Vienos stačiakampės kiaurymės plotis

$$b_1 = \frac{3,14 \cdot 150^2}{4 \cdot 129,9} = 135,9 \text{ mm.}$$



Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio sienelės storis

$$b_w = 1156 - 6 \cdot 135,9 = 341 \text{ mm.}$$

Kiti skerspjūvio matmenys $b_{eff}=1156 \text{ mm}$; $b_{f1} = 1195 \text{ mm}$; $h_f = 35 \text{ mm}$; $h_{f1} = 35 \text{ mm}$.

$$\text{Armatūros ir betono tamprumo modulių santykis } \alpha_e = \frac{2,05 \cdot 10^5}{3,5 \cdot 10^4} = 5,86.$$

Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio plotas

$$A_{eff} = 1156 \cdot 35 + 1195 \cdot 35 + 129,9 \cdot 341 + 5,86 \cdot 372 = 128700 \text{ mm}^2.$$

Statinis momentas apskaičiuotas plokštės apačios atžvilgiu

$$S_{eff} = 12600000 \text{ mm}^3.$$

Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro padėtis plokštės apačios atžvilgiu

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{1,26 \cdot 10^7}{1,287 \cdot 10^5} = 98 \text{ mm.}$$

Ekvivalentinio skerspjūvio inercijos momentas

$$I_{eff} = 6,30 \cdot 10^8 \text{ mm}^4.$$

Atsparumo momentas apskaičiuotas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff1} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{6,30 \cdot 10^8}{98} = 6,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^3.$$

Atsparumo momentas apskaičiuotas plokštės viršaus atžvilgiu

$$W_{eff2} = \frac{I_{eff}}{h - y_{sc}} = \frac{6,30 \cdot 10^8}{200 - 98} = 6,18 \cdot 10^6 \text{ mm}^3.$$

Atsparumo momentai, įvertinant plastines betono deformacijas, apskaičiuoti plokštės apačios atžvilgiu

$$W_{pl1} = \gamma \cdot W_{eff1} = 1,5 \cdot 6,43 \cdot 10^6 = 9,64 \cdot 10^6 \text{ mm}^3,$$

plokštės viršaus atžvilgiu

$$W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,5 \cdot 6,18 \cdot 10^6 = 9,27 \cdot 10^6 \text{ mm}^3,$$

čia $\gamma=1,5$, kadangi $b_{eff}/b_{\omega}=3,4$.

Plokštės armatūros išankstinių įtempių nuostolių apskaičiavimas

Pradiniai išankstiniai įtempiai $\sigma_p = 1100 \text{ N/mm}^2$.

Armatūros relaksacijos sukelti įtempių nuostoliai

$$\Delta\sigma_{pr} = \left(0,22 \frac{\sigma_p}{f_{p0,1k}} - 0,1 \right) \sigma_p = \left(0,22 \frac{1100}{1520} - 0,1 \right) 1100 = 65,1 \text{ N/mm}^2.$$

Įtempių nuostoliai dėl temperatūros skirtumo tarp atramų ir betono, kai $\Delta t = 65^\circ \text{C}$.

$$\Delta\sigma_{\Delta t} = 1,25 \cdot \Delta t = 1,00 \cdot 65 = 65 \text{ N/mm}^2.$$

Inkarų deformacijų sukelti įtempių nuostoliai

$$\Delta\sigma_{\Delta l} = \left(\frac{\Delta l}{l} \right) E_p = \frac{3,125}{115500} \cdot 2,05 \cdot 10^5 = 5,54 \text{ N/mm}^2,$$

čia $\Delta l = 1,25 + 0,15 \cdot \varnothing = 1,25 + 0,15 \cdot 12,5 = 3,125$ mm; l – įtemptamo lyno ilgis.

Apskaičiuojame betono apspaudimo jėgą atleidžiant armatūrą

$$P_{m0} = (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta t} - \Delta\sigma_{\Delta l}) \cdot A_{p1} = (1100 - 65,1 - 65 - 5,54) \cdot 372 = 3,59 \cdot 10^5 \text{ N.}$$

Betono gniuždymo įtempiai ties armatūros centru nuo apspaudimo jėgos P_{m0} ir plokštės savojo svorio sukeliama lenkimo momento

$$\begin{aligned} \sigma_{cp1} &= \frac{P_{m0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m0} \cdot e_p (y_{sc} - a_{p1})}{I_{eff}} - \frac{M_{Eggsd} (y_{sc} - a_{p1})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{3,59 \cdot 10^5}{1,287 \cdot 10^5} + \frac{3,59 \cdot 10^5 \cdot 61(98 - 37)}{6,30 \cdot 10^8} - \frac{1,479 \cdot 10^7 \cdot (98 - 37)}{6,30 \cdot 10^8} = 3,48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \end{aligned}$$

Apskaičiuojame įtempių nuostolius, kurie atsiranda dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\Delta\sigma_{pc1,1} = 40 \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = 40 \frac{3,48}{35} = 3,98 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{kadangi } \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{3,48}{35} = 0,1 < \alpha = 0,8,$$

čia koeficientas $\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} \leq 0,8$ [9] lentelė.

$$\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot 35 = 1,125.$$

Kadangi $\alpha > 0,8$, todėl priimame $\alpha = 0,8$.

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje

$$\begin{aligned}\sigma_{cp2} &= \frac{P_{m0}}{A_{eff}} - \frac{P_{m0} \cdot e_p(h - y_{sc})}{I_{eff}} + \frac{M_{Egga}(h - y_{sc})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{3,59 \cdot 10^5}{1,287 \cdot 10^5} - \frac{3,59 \cdot 10^5 \cdot 61(200 - 98)}{6,30 \cdot 10^8} + \frac{1,479 \cdot 10^7(200 - 98)}{6,30 \cdot 10^8} = 1,63 \text{ N/mm}^2.\end{aligned}$$

Betono greitai pasireiškiančio valkšnumo sukelti nuostoliai tariamoje gniuždomosios zonos armatūroje

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = 40 \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} = 40 \frac{1,63}{35} = 1,86 \text{ N/mm}^2, \text{ kadangi } \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} = \frac{1,63}{35} = 0,046 < \alpha = 0,8.$$

Kadangi betono klasė $>C35/45$ ir betonas kietėjo natūraliomis sąlygomis, betono susitraukimo sukelti armatūros įtempių nuostoliai

$$\Delta\sigma_{ps} = 60 \text{ N/mm}^2.$$

Betono apspaudimo jėga įvertinus pirmuosius nuostolius

$$\begin{aligned}P_{m1} &= (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta t} - \Delta\sigma_{\Delta l} - \Delta\sigma_{pc1}) \cdot A_{p1} = (1100 - 65,1 - 65 - 5,54 - 3,48) \cdot 372 = \\ &= 3,57 \cdot 10^5 \text{ N}.\end{aligned}$$

Betono gniuždymo įtempiai ties armatūros sunkio centru nuo apspaudimo jėgos P_{m1} neįvertinant plokštės savojo svorio

$$\begin{aligned}\sigma_{cp1} &= \frac{P_{m1}}{A_{eff}} + \frac{P_{m1} \cdot e_p (y_{sc} - a_{p1})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{3,57 \cdot 10^5}{1,287 \cdot 10^5} + \frac{3,57 \cdot 10^5 \cdot 61(98 - 37)}{6,30 \cdot 10^8} = 4,88 \text{ N/mm}^2.\end{aligned}$$

Betono ilgalaikio valkšnumo sukeliama iš anksto įtemptosios armatūros įtempių nuostoliai apskaičiuojami

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 150 \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}}, \text{ kai } \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} \leq 0,75.$$

$$\text{Apskaičiuojame } \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{4,88}{35} = 0,139 < 0,75.$$

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 150 \frac{4,88}{35} = 20,9 \text{ N/mm}^2.$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje

$$\sigma_{cp2} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} - \frac{P_{m1} \cdot e_p (h - y_{sc})}{I_{eff}} = \frac{3,57 \cdot 10^5}{1,287 \cdot 10^5} - \frac{3,57 \cdot 10^5 \cdot 61(200 - 98)}{6,30 \cdot 10^8} = -0,752 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi apskaičiuoti įtempiai yra tempimo įtempiai, ilgalaikio betono valkšnumo sukelti nuostoliai tariamoje gniuždomosios zonos armatūroje neskaičiuojami

$$\Delta\sigma_{pc2,2} = 0.$$

Įtemptosios armatūros įtempių nuostoliai

$$\Delta\sigma_{p.com} = \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_{\Delta t} + \Delta\sigma_{\Delta l} + \Delta\sigma_{pc1,1} + \Delta\sigma_{ps} + \Delta\sigma_{pc2,1} =$$

$$= 65,1 + 65 + 5,54 + 3,98 + 60 + 20,9 = 220,5 \text{ N/mm}^2.$$

Armatūros išankstiniai įtempiai įvertinus visus nuostolius

$$\sigma_{pm} = \sigma_p - \Delta\sigma_{p.com} = 1100 - 221 = 879 \text{ N/mm}^2.$$

Vidutinė betono apspaudimo jėga įvertinant visus įtempių nuostolius

$$P_m = \sigma_{pm} \cdot A_{p1} = 879 \cdot 372 = 3,27 \cdot 10^5 \text{ N}.$$

Apskaičiuojame betono apspaudimo jėgos reikšmes tinkamumo ribiniam būviui

$$P_{d,\sup} = \gamma_{sp} \cdot P_m = 1,1 \cdot 3,27 \cdot 10^5 = 3,60 \cdot 10^5 \text{ N};$$

$$P_{d,\inf} = \gamma_{sp} \cdot P_m = 0,9 \cdot 3,27 \cdot 10^5 = 2,94 \cdot 10^5 \text{ N}.$$

Tikriname kiaurymėtosios plokštės plyšių atsiradimą gamybos metu. Apskaičiuojame apspaudimo jėgos ir plokštės savojo svorio sukeltą lenkimo momentą

$$M_{Egpd} = P_{d,\sup} (e_p - r_2) - g_{d1} \cdot l^2 / 8 = 3,60 \cdot 10^5 (61 - 48) - \frac{3,18 \cdot 6100^2}{8} = -1,01 \cdot 10^7$$

N·m,

$$\text{čia } r_2 = \varphi \frac{W_{eff}^2}{A_{eff}} = 1 \cdot \frac{6,18 \cdot 10^3}{1,287 \cdot 10^5} = 48 \text{ mm}.$$

Kadangi apskaičiuotasis lenkimo momentas M_{Egd} yra su neigiamu ženklu, tai reiškia, kad plokštės viršuje gamybos metu tempimo nebus ir plyšiai neatsiras.

Didžiausi gniuždomojo betono įtempiai dėl veikiančios išorinės apkrovos ir išankstinio apspaudimo jėgos apskaičiuojami

$$\begin{aligned}\sigma_{c,\max} &= \frac{P_{d,\inf}}{A_{eff}} - \frac{P_{d,\inf} \cdot e_p (h - y_{sc})}{I_{eff}} + \frac{M_{Ed} (h - y_{sc})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{2,94 \cdot 10^5}{1,287 \cdot 10^5} - \frac{2,94 \cdot 10^5 \cdot 61 (200 - 98)}{6,30 \cdot 10^8} + \frac{4,828 \cdot 10^7 (200 - 98)}{6,30 \cdot 10^8} = 7,20 \text{ N/mm}^2.\end{aligned}$$

Koeficientas

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,\max}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{7,20}{40} = 1,42 \leq 1,0. \text{ Todėl } \varphi = 1,0.$$

Atstumas tarp ekvivalentinio skerspjuvio sunkio centro ir branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamosios zonos, apskaičiuojamas

$$r_1 = \varphi \frac{W_{eff1}}{A_{eff}} = 1 \frac{6,43 \cdot 10^6}{1,287 \cdot 10^5} = 50 \text{ mm}.$$

Plyšių atsiradimo momentas plokštės apačioje

$$M_{cr} = f_{ctk} \cdot W_{pl1} + P_{d,\inf} (e_p + r_1) = 2,5 \cdot 9,64 \cdot 10^6 + 3,60 \cdot 10^5 (61 + 50) = 6,41 \cdot 10^7 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

Kadangi $M_{Ed} = 4,828 \cdot 10^7 < M_{cr} = 6,41 \cdot 10^7$, N·m naudojimo metu kiaurymėtoje plokštėje statmenieji plyšiai neatsiras.

Plokštės įstrižojo pjūvio pleišėtumas tikrinamas dviejuose pjūviuose. Pleišėtumas tikrinamas plokštės pjūvyje (1– 1), kuriame apspaudimo jėga P iki galo perduodama betonui ir pjūvyje (2– 2) prie plokštės atramos vidinio krašto.

Pleišėtumas 1– 1 pjūvyje.

Apskaičiuojame įtemptosios armatūros įtempių perdavimo ilgį

$$l_{pt} = 1,2\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi \frac{\sigma_{pi}}{f_{bpt}} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 0,19 \cdot 12,0 \frac{964}{3,73} = 920 \text{ mm},$$

čia $\alpha_1 = 1,25$ – kadangi plokštės skerspjūvis apspaudžiamas staiga; $\alpha_2 = 0,19$ – kadangi naudojama lyninė armatūra; $\phi = 12,5$ mm; armatūros įtempiai atleidus ją nuo atsparų

$$\sigma_{pi} = (\sigma_p - \Delta\sigma_{p2} - \Delta\sigma_{\Delta t} - \Delta\sigma_{\Delta l}) = 1100 - 65,1 - 65 - 5,54 = 964 \text{ N/mm}^2.$$

Armatūros ir betono sankibos įtempiai

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd} = 3,2 \cdot 0,7 \cdot 1,667 = 3,73 \text{ N/mm}^2,$$

čia $\eta_{p1} = 3,2$ – kadangi naudojama lyninė armatūra; $\eta_1 = 0,7$;

$$f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 2,5 / 1,5 = 1,667 \text{ N/mm}^2.$$

Apskaičiuojame svarbiausius betono įtempius ties plokštės skerspjūvio centru. Todėl skerspjūvio dalies, esančios virš sunkio centro, statinis momentas

$$\begin{aligned} S_{eff1} &= (b_{eff} - b_w) h_f (h - y_{sc} - 0,5h_f) + b_w \frac{(h - y_{sc})^2}{2} = \\ &= (1156 - 341) \cdot 35(200 - 98 - 0,5 \cdot 35) + 341(200 - 98)^2 / 2 = 4,18 \cdot 10^6 \text{ mm}^3. \end{aligned}$$

Skersinė jėga pjūvyje, kuriame išankstiniai įtempiai iki galo perduoti betonui (1– 1 pjūvis)

$$V_{Ed1} = \frac{V_{Ed, \max}(0,5l - (l_{pt} - 0,5a))}{0,5l} = \frac{3,166 \cdot 10^4 (0,5 \cdot 6100 - (920 - 0,5 \cdot 100))}{0,5 \cdot 6100} = 2,26 \cdot 10^4$$

N.

Tangentiniai įtempiai (1– 1 pjūvis) skerspjūvio centre

$$\tau_{xy} = \frac{V_{Ed1} \cdot S_{eff1}}{I_{eff} \cdot b_w} = \frac{2,26 \cdot 10^4 \cdot 4,18 \cdot 10^6}{6,30 \cdot 10^8 \cdot 341} = 0,439 \text{ N/mm}^2.$$

Tame pačiame taške veikiantys normaliniai įtempiai

$$\sigma_{x1} = \frac{P_{d, \inf}}{A_{eff}} = \frac{2,94 \cdot 10^5}{1,287 \cdot 10^5} = 2,28 \text{ N/mm}^2.$$

Betono svarbiausieji tempimo įtempiai

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = -\frac{2,28}{2} + \sqrt{\left(\frac{2,28}{2}\right)^2 + 0,439^2} = 0,0816 \text{ N/mm}^2.$$

Betono svarbiausieji gniuždymo įtempiai

$$\sigma_{mc} = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = -\frac{2,28}{2} - \sqrt{\left(\frac{2,28}{2}\right)^2 + 0,439^2} = -2,36 \text{ N/mm}^2.$$

Išstrižieji plyšiai neatsiras, jeigu galios sąlyga

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{c, cr} f_{ctk},$$

$$\text{čia } \gamma_{c,cr} = \frac{1 - \sigma_{mc} / f_{ck}}{0,2 + \alpha \cdot f_{ck, cube}} = \frac{1 - \frac{2,36}{40}}{0,2 + 0,01 \cdot 50} = 1,344 ;$$

$$\text{čia } f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2; \alpha = 0,01; f_{ck, cube} = 50 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi $\gamma_{c,cr} > 1,0$, todėl $\gamma_{c,cr} = 1,0$.

Kadangi $\sigma_{mt} = 0,816 < \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk} = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ N/mm}^2$, tai reiškia įstrižųjų plyšių 1– 1 pjūvyje neatsiras.

Pleišėjimo tikrinimas ties plokštės atramos kraštu (2– 2 pjūvis).

Betono apspaudimo jėga 2– 2 pjūvyje

$$P_{d,inf 2} = P_{d,inf} \frac{l_x}{l_{pt2}} = 2,94 \cdot 10^5 \frac{100}{920} = 3,19 \cdot 10^4 \text{ N}.$$

Tangentiniai įtempiai (2– 2 pjūvyje) skerspjūvio centre

$$\tau_{xy2} = \frac{V_{Ed} \cdot S_{eff1}}{I_{eff} \cdot b_w} = \frac{3,166 \cdot 10^4 \cdot 4,18 \cdot 10^6}{6,30 \cdot 10^8 \cdot 341} = 0,616 \text{ N/mm}^2.$$

Tame pačiame taške veikiantys normaliniai įtempiai

$$\sigma_{x2} = \frac{P_{d,inf 2}}{A_{eff}} = \frac{3,19 \cdot 10^4}{1,287 \cdot 10^5} = 0,248 \text{ N/mm}^2;$$

kadangi čia yra gniuždymo įtempiai $\sigma_{x2} = -0,288 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{y2} = \varphi_y \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot h} = -0,544 \frac{3,166 \cdot 10^4}{341 \cdot 200} = -0,252 \text{ N/mm}^2,$$

čia

$$\varphi_y = \frac{2 \cdot \beta^2}{\pi} \left[\frac{3 - 2\beta}{(1 + \alpha^2)^2} - \frac{\beta}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} \right] = \frac{2 \cdot 0,49^2}{3,14} \left[\frac{3 - 2 \cdot 0,49}{(1 + 0,25^2)^2} - \frac{0,49}{(0,25^2 + 0,49^2)^2} \right] = -0,544;$$

$$\beta = \frac{y_{sc}}{h} = \frac{98}{200} = 0,49; \quad \alpha = \frac{0,5 \cdot l_x}{h} = \frac{0,5 \cdot 100}{200} = 0,25.$$

Betono svarbiausieji įtempiai

$$\begin{aligned} \sigma_{mt} &= \frac{\sigma_{x2} + \sigma_{y2}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x2} + \sigma_{y2}}{2} \right)^2 + \tau_{xy2}^2} = \\ &= -\frac{0,248 + 0,252}{2} + \sqrt{\left(\frac{-0,248 - 0,252}{2} \right)^2 + 0,616^2} = 0,415 \text{ N/mm}^2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{mc} &= \frac{\sigma_{x2} + \sigma_{y2}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x2} + \sigma_{y2}}{2} \right)^2 + \tau_{xy2}^2} = \\ &= -\frac{0,248 + 0,252}{2} - \sqrt{\left(\frac{-0,248 - 0,252}{2} \right)^2 + 0,616^2} = -0,915 \text{ N/mm}^2. \end{aligned}$$

Apskaičiuojame koeficientą

$$\gamma_{c,cr} = \frac{1 - \sigma_{mc} / f_{ck}}{0,2 + \alpha \cdot f_{ck, cube}} = \frac{1 - \frac{0,915}{40}}{0,2 + 0,01 \cdot 50} = 1,4,$$

čia imama σ_{mc} absoliutinė reikšmė.

Kadangi $\gamma_{c,cr}$ turi būti mažesnis arba lygus 1, tai skaičiuojant $\gamma_{c,cr}=1,0$.

Tikriname sąlygą

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk};$$

$$0,415 \text{ N/mm}^2 < 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ N/mm}^2.$$

Tai reiškia, kad pjūvyje 2–2 įstrižieji plyšiai neatsiras.

Plokštėje statmenieji ir įstrižieji plyšiai neatsiras.

V skirsnis. Gelžbetoninių elementų plyšių atsivėrimo apskaičiavimas

34. Jeigu gelžbetoninių konstrukcijų normaliniuose išilginiai ašiai ir įstrižuose išilginei ašiai pjūviuose atsiranda plyšiai, reikia patikrinti jų atsivėrimo plotį. Trumpalaikio ir ilgalaikio plyšių atsivėrimo leistinos plyšių reikšmės w_{lim1} ir w_{lim2} pateikiamos 2 lentelėje.

2 lentelė

Ribinės leistinosios gelžbetoninių elementų plyšių atsivėrimo pločių

w_{lim1} ir w_{lim2} reikšmės, mm

Konstrukcijos naudojimo sąlygos (klasės pagal 1 lent.)	Iš anksto neįtemptieji elementai, kai armatūros takumo įtempiai $\sigma_v \leq 500 \text{ MPa}$	Iš anksto įtemptieji elementai, kai armatūra	
		strypinė ($\sigma_{0,2} \leq 1000 \text{ MPa}$)	vielinė ir lynai
Elementai yra uždaroje (šildomose) patalpose (XO, XC1)	$w_{lim1} = 0,40$	$w_{lim1} = 0,30$ $w_{lim2} = 0,20$	$w_{lim1} = 0,20$ $w_{lim2} = 0,10$

Elementai yra atvirame ore ir grunte (XC2, XC3, XC4, XF1, XF3)	$w_{lim2} = 0,30$	Plyšiai neleistini
Elementai veikiami dujinės ir kintamosios agresyvios aplinkos (XA1, XA2, XD1, XF2, XF3)	$w_{lim1} = 0,20, w_{lim2} = 0,15$	
Elementai veikiami skystosios agresyvios aplinkos (XA1, XA2, XD1)	$w_{lim1} = 0,15, w_{lim2} = 0,10$	

35. Normalinių elemento išilginei ašiai plyšių atsivėrimo plotis w_k (mm) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$w_k = \delta \varphi_\ell \eta \frac{\sigma_s}{E_s} 20(3,5 - 100 \rho_1) \sqrt[3]{\sigma}, \quad (2.53)$$

čia δ – koeficientas, kuris yra toks:

$\delta=1,0$, kai apskaičiuojami lenkiamieji ir ekscentriškai gniuždomieji elementai;

$\delta=1,2$, kai yra tempiamieji elementai.

3 lentelė

Koeficientas φ_1 , kai betonas įvairaus drėgnumo

Skaičiuotinė situacija	Derinys	Betono rūšis	Betonas		
			Natūralaus drėgnumo	Drėgmės prisotintas	Drėgmės prisotintos ir sausos pakaitinės būsenos
Nuolatinė	Tariamai nuolatinis pagal ([6.10 b]), daugkartinis apkrovimas	Sunkusis	1,60–15 ρ_1	1,20	1,75
		Smulkiagrūdis:			
		A grupės	1,75	1,40	2,10
		B grupės	2,00	1,60	2,40
		Lengvasis	$\geq 1,50$	$\geq 1,20$	$\geq 1,80$
Trumpalaikė	Charakteristinis pagal ([6.8 b]), tariamai nuolatinis pagal ([6.10 b])	Sunkusis, smulkiagrūdis, lengvasis	1,00		

φ_ℓ – koeficientas, įvertinantis apkrovos veikimo trukmę. Jo reikšmės pateiktos 3 lentelėje. η – koeficientas:

$\eta=1$, kai yra rumbuotoji strypinė armatūra;

$\eta=1,3$, kai yra lygaus paviršiaus strypinė armatūra;

$\eta=1,2$, kai yra rumbuotoji viela ir lynai;

$\eta=1,4$, kai yra lygi armatūrinė viela.

ρ_1 – elemento skerspjūvio armavimo koeficientas imamas lygus tempiamosios armatūros skerspjūvio ploto ir elemento betoninio skerspjūvio ploto (naudingojo aukščio ribose ir atmetus gniuždomųjų tėjinio skerspjūvio lentynų plotą) santykiui, bet imamas ne didesnis kaip 0,02.

Tėjinio, dvitėjinio ir stačiakampio skerspjūvio elementams

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w d + (b_{f2} - b_w)(h_{f2} - a_s)} \leq 0,02.$$

Jeigu h_{f2} (apatinės lentynos aukštis) mažesnis už a ($h_{f2} < a$), lentynos neįvertinamos.

$\emptyset$ – armatūros skersmuo.

σ_s – tempiamosios armatūros kraštinės eilės strypų įtempiai (arba jų prieaugis, kai armatūra iš anksto įtempta) nuo veikiančios išorinės apkrovos, kurie apskaičiuojami pagal formules:

$$\sigma_s = \frac{N_{Ed} - P_d}{A_{s1}}, \quad (2.54)$$

kai yra centriškai tempiamieji elementai;

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed} - P_d(z - e_{sp})}{A_{s1} z}, \quad (2.55)$$

kai yra lenkiamieji elementai;

$$\sigma_s = \frac{N_{Ed}(e_s \mp z) - P_d(z - e_{sp})}{A_s z}, \quad (2.56)$$

kai yra ekscentriškai gniuždomieji (imamas „minuso“ ženklas) arba ekscentriškai tempiamieji, esant $e_{0,tot} \geq 0,8d$ (imamas „pliuso“ ženklas), elementai.

Dydžio e_s reikšmė imama su „minuso“ ženklu, jei tempimo jėga N_{Ed} yra tarp tempiamosios ir gniuždomosios (mažiau tempiamos) armatūros sunkio centrų. Dydis e_{sp} yra atstumas nuo apspaudimo jėgos pridėties taško iki tempiamosios armatūros sunkio centro.

Ekscentriškai tempiamųjų, kai $e_{0,tot} < 0,8d$, elementų tempiamosios armatūros įtempiai σ_s apskaičiuojami pagal (2.56) formulę, imant $z = z_s$; čia z_s – atstumas tarp daugiau ir mažiau tempiamos armatūros sunkio centrų.

(2.55– 2.56) formulėse reikšmė z yra atstumas nuo tempiamos armatūros sunkio centro iki gniuždomos zonos virš plyšio atstojamosios pridėties taško ir apskaičiuojama pagal formulę:

$$z = d \left[1 - \frac{\frac{h_f}{d} \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right], \quad (2.57)$$

čia ξ – santykinis gniuždomosios zonos aukštis, apskaičiuojamas pagal formulę

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1+5(\delta+\lambda)}{10\rho\alpha_e}} \pm \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \frac{e_{s,tot}}{d} \mp 5}, \quad (2.58)$$

visais atvejais gauta reikšmė neturi viršyti vieneto.

Koeficientai δ , λ ir φ apskaičiuojami taip:

$$\delta = \frac{M}{bd^2 f_{ck}}; \quad (2.59)$$

$$\lambda = \varphi_f \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right), \quad (2.60)$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b_w) h_f + \frac{\alpha_e}{2\nu} A_{s2}}{b_w d}. \quad (2.61)$$

Reikšmė $e_{s,tot}$ yra jėgos N_{tot} ekscentricitetas apie tempiamosios armatūros sunkio centrą. Atitinka momentą M (žr. [84] p.) ir apskaičiuojama pagal formulę

$$e_{s,tot} = \frac{M}{N_{tot}}. \quad (2.62)$$

Reikšmė z apskaičiuota pagal (2.57) formulę ekscentriškai gniuždomiesiems elementams neturi viršyti 0,98 $e_{s,tot}$.

Elementams su stačiakampiu skerspjūviu ir tėjinio skerspjūvio elementams su lentyna tempiamojoje zonoje, (2.57) ir (2.60) formulėse vietoje esančio h_f dydžio įvedama $2a_2$ reikšmė arba dydis h_f laikomas lygus nuliui atitinkamai esant arba nesant A_{s2} tipo armatūrai.

Skerspjūviai su lentyna gniuždomojoje zonoje, kai $\xi < h_f/d$, apskaičiuojami kaip stačiakapiai, kurių plotis lygus b_{eff} .

Lentynos pločio dydis b_{eff} vertinamas pagal [76] punkto nurodymus.

Formulės (2.58) dešinėsios pusės viršutiniai ženklai taikomi esant gniuždomajai jėgai N_{tot} , o apatiniai – esant tempiamajai jėgai N_{tot} (žr. [184] p.).

36. Elementų be išankstinio įtempimo, naudojamų grunte su nepastoviu vandens lygiu, taip pat kai elementai veikiami birių medžiagų slėgio arba kai elementų skerspjūvio dalis yra gniuždoma veikiant dujų ar skysčių slėgiui, reikšmės $w_{lim1} = 0,30$ mm ir $w_{lim2} = 0,20$ mm. Kai dujų ar skysčių slėgio veikiamų elementų visas skerspjūvis yra tempiamas, plyšiai yra neleidžiami.

37. Kai ne mažiau kaip 2/3 charakteristinio derinio sudaro tariamai nuolatinis derinys [173], tikrinamas tik ilgalaikis plyšių atsivėrimas iš anksto neįtemptuosiuose elementuose.

Kai elementus veikia stipri agresyvi XA3 klasės aplinka, plyšiai juose yra neleidžiami.

Ilgalaikio plyšių atsivėrimo plotis apskaičiuojamas nuo tariamai nuolatinio poveikių derinio [174], imant koeficientą $\varphi_\ell > 1,0$, o trumpalaikio plyšių atsivėrimo plotis nustatomas kaip ilgalaikio plyšių atsivėrimo pločio ir plyšių atsivėrimo pločio prieaugio, padidėjus tariamai nuolatiniam poveikiui iki charakteristinio poveikių derinio (kai koeficientas $\varphi_\ell = 1,0$), suma.

Jei tempiamosios armatūros kraštinės eilės strypų sunkio centras lenkiamuosiuose ekscentriškai gniuždomuosiuose, ekscentriškai tempiamuosiuose (kai $e_{0,tot} \geq 0,8d$, čia d – skerspjūvio naudingasis aukštis) elementuose yra nutolęs nuo labiausiai tempiamo skerspjūvio sluoksnio atstumu $a_{1,1} > 0,2h$, reikšmė w_k turi būti padidinta, dauginant iš koeficiento

$$\delta_a = \frac{20 \frac{a_{1,1}}{h} - 1}{3} \leq 3. \quad (2.63)$$

38. Mažai armuotų (kai $\rho_1 \leq 0,008$ ir $M_{r2} < M_0$) lenkiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų elementų iš sunkiojo ir lengvojo betono plyšių atsivėrimo plotį esant charakteristiniam poveikių deriniui, kai yra trumpalaikė skaičiuotinė situacija, leidžiama nustatyti interpoliuojant tarp reikšmių $w_k = 0$, veikiant momentui $M_{Ed} = M_{cr}$ ir w_k pagal (2.53) formulę, kai veikia momentas $M_0 = M_{cr} + \psi b h^2 f_{ctk}$; čia $\psi = 15 \rho_1 \frac{\alpha_e}{\eta} \leq 0,6$. Ilgalaikio plyšių atsivėrimo plotis veikiant tariamai nuolatiniam poveikiams nustatomas dauginant apskaičiuotąją w_k reikšmę nuo charakteristinio poveikių derinio iš santykio

$$\frac{\varphi_{\ell 1}(M_{r1} - M_{r.p})}{M_{r2} - M_{r.p}},$$

čia $\varphi_{\ell 1} = 1,8 \varphi_1 \frac{M_{cr}}{M_{r2}} \geq \varphi_\ell$, M_{r1} ir M_{r2} – momentai M_r (žr. [163] p.) veikiant tariamai nuolatiniam ir charakteristiniam poveikių deriniui.

Elementų, kurių lengvasis betonas yra ne aukštesnės kaip C8/10 klasės, plyšių atsivėrimo plotis w_k didinamas 20%.

Apskaičiuojant be išankstinio įtempimo tempiamosios armatūros įtempius σ_s , leidžiama įjungti P_d (2.54)–(2.56) formulėse imti lygią nuliui.

Kai tempiamoji armatūra lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų, taip pat ekscentriškai tempiamųjų (kai $e_{0,tot} \geq 0,8\varnothing$) elementų pagal skerspjūvio aukštį išdėstyta keliomis eilėmis, apskaičiuoti pagal (2.55) ir (2.56) formules įtempiai σ_s dauginami iš koeficiento

$$\delta_n = \frac{h - x - a_{1,1}}{h - x - a_1}, \quad (2.64)$$

čia $x = \xi d$, o dydis ξ apskaičiuojamas pagal (2.58) formulę; a_1 – visos tempiamosios armatūros sunkio centro atstumas iki elemento skerspjūvio labiausiai tempiamo betono sluoksnio; $a_{1,1}$ – apatinės eilės strypų centro atstumas iki elemento skerspjūvio labiausiai tempiamo betono sluoksnio.

Suminiai įtempiai $\sigma_s + \sigma_p$ (arba $\delta_n \sigma_s + \sigma_p$, kai tempiamosios armatūros strypai skerspjūvyje išdėstyti keliomis eilėmis) neturi viršyti f_{pk} reikšmės.

Elementų ruožuose, kuriuose yra atsivėrę pradiniai gniuždomosios zonos plyšiai, jėgą P_d reikia sumažinti dydžiu

$$\Delta P_d = \lambda P_d, \quad (2.65)$$

čia λ dydis apskaičiuojamas pagal (2.22) formulę.

39. Gniuždomosios zonos pradinių plyšių gylis d_{cr} turi būti ne didesnis kaip $0,5d$ (čia d – skerspjūvio naudingasis aukštis). Reikšmė

$$d_{cr} = h - (1,2 + \varphi_m) \xi d, \quad (2.66)$$

čia ξ ir φ_m reikšmės apskaičiuojamos pagal žemiau duotas (2.58) ir (2.85) formules.

40. Leidžiama armatūros įtempius σ_s apskaičiuoti supaprastintu būdu. Lenkiamiems elementams juos galima apskaičiuoti pagal tokią formulę:

$$\sigma_s = f_{yd} \frac{M}{M_{Rd}}, \quad (2.67)$$

čia M_{Rd} – stiprumo lenkiant ribinis momentas, apskaičiuojamas pagal [8.17– 8.24] formules.

Necentriškai tempiamiems elementams, kai $e_0 < 0,8d$, z priimama lygi atstumui tarp gniuždomos ir tempiamos armatūros sunkio centrų.

Kai $M_r < M_{cr}$ (čia M_r – išorinių jėgų, išdėstytų vienoje nagrinėjamo skerspjūvio pusėje, momentas, ašies, lygiagrečios neutraliajai ašiai ir praeinančios per viršutinį branduolio tašką, labiausiai nutolusį nuo tempiamos zonos, atžvilgiu) įtempiai σ_s gali būti apskaičiuojami pagal formulę:

$$\sigma_s = \sigma_{s,cr} \frac{M_r}{M_{cr}}, \quad (2.68)$$

čia $\sigma_{s,cr}$ – armatūros įtempiai nuo lenkimo momento, sukeliančio plyšių atsiradimą ir apskaičiuojami pagal (2.55) ir (2.56) formules, vietoje M_{Ed} priimant M_{cr} ir vietoje N_{Ed} priimant $N_{cr} = N \frac{M_{cr}}{M_r}$. Apskaičiuojant N_{cr} , momentai M_{cr} ir M_r apskaičiuojami priimant $r = 0,8W_{eff} / A_{eff}$.

41. Įstrižųjų išilginės ašies atžvilgiu pjūvių plyšių atsivėrimo plotis, kai elementai armuoti išilginei ašiai statmenomis sankabomis, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$w_k = \varphi_\ell \frac{0,6\sigma_{sw}\varnothing_w\eta}{E_s \frac{\varnothing_w}{d} + 0,15E_{cm}(1 + 2\alpha_e\rho_w)}, \quad (2.69)$$

čia φ_ℓ – koeficientas imamas lygus 1,0 trumpalaikės skaičiuotinės situacijos (žr. [23] lentelę) plyšio ploiui apskaičiuoti; nuolatinės skaičiuotinės situacijos ilgalaikiam plyšio atsivėrimo ploiui apskaičiuoti šis koeficientas sunkiajam betonui imamas lygus 1,5, kai yra natūralaus drėgnumo, 1,2 – kai prisotintas vandens ir 1,75 – kai yra vandens prisotintos ir sausos pakaitinės būklės; smulkiagrūdžiam, lengvajam betonui – tokios pačios reikšmės, kaip ir (2.53) formulėje; $\varnothing_w$ – sankabų (skersinių strypų) skersmuo; η – tokios pačios reikšmės, kaip (2.53) formulėje.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}; \quad \rho_w = \frac{A_{sw}}{b s_w}. \quad (2.70)$$

Apkabų įtempiai σ_{sw} apskaičiuojami pagal formulę

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,c}}{A_{sw}d} s_w \leq f_{yk}, \quad (2.71)$$

čia V_{Ed} – skaičiuotinė poveikių sukelta tinkamumo ribiniam būviui skersinė jėga; $V_{Rd,c}$ – apskaičiuojamas pagal [8.68] formulę, vietoje f_{ctd} imant f_{ctk} ir φ_{c4} koeficientą dauginant iš 0,8.

42. Jeigu skersinių jėgų veikimo ruože nėra normalinių plyšių, t. y. atitinka (2.6) sąlygą, galima didinti atlaikomąją skersinę jėgą $V_{Rd,c}$ pagal (2.35) sąlygą. Skaičiuotiniai stipriai f_{ctk} ir f_{ck} neturi viršyti atitinkamų C25/30 betono klasės reikšmių.

Elementams iš lengvojo betono, ne aukštesnės kaip LC8/9 klasės, plyšio pločio w_k reikšmės, apskaičiuotas pagal (2.69) formulę, reikia didinti 30%.

Nustatant trumpalaikio ir ilgalaikio įstrižųjų plyšių atsivėrimo plotius, reikia remtis 35 p. nurodymais.

43. Nepriklausomai nuo to, ar plyšių atsivėrimo reikšmės skaičiuojamos nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių, ar trumpalaikių apkrovų veikimo, naudojamosi ta pačia (2.53) formule.

Kai plyšiai yra atsivėrę ilgą laiką, jų plotis $w_k = w_{k2}$ yra skaičiuojamos pagal (2.53) formulę nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų, priimant φ_ℓ iš 3 lentelės.

Kai skaičiuojamas trumpalaikis plyšių atsivėrimas, tai jų plotis

$$w_{k1} = w_{k2} + w_{k3} - w_{k4}, \quad (2.72)$$

čia w_{k3} – plyšių atsivėrimo plotis nuo visų apkrovų (įskaitant ir trumpalaikes) veikimo, priimant $\varphi_\ell = 1,0$; w_{k4} – tas pats nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų veikimo, priimant $\varphi_\ell = 1,0$.

Trumpalaikio plyšių atsivėrimo plotis nuo visų apkrovų apskaičiuojamas kaip suma plyšių pločio nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų (priimant $\varphi_\ell = 1,0$) ir plyšio pločio prieaugio nuo trumpą laiką veikiančių apkrovų ($\varphi_\ell = 1,0$). Tokiu būdu trumpalaikį plyšių plotį galima apskaičiuoti ir pagal tokią formulę:

$$w_{k1} = w_{k2} \left[1 + \left(\frac{\sigma_s}{\sigma_{s\ell}} - 1 \right) \frac{1}{\varphi_\ell} \right], \quad (2.73)$$

čia w_{k2} – ilgalaikis plyšių plotis, kai veikia nuolatinė ir tariamai nuolatinė apkrova ($\varphi_\ell > 1$). σ_s ir $\sigma_{s\ell}$ – armatūros įtempiai, veikiant suminei (visai) ir nuolatinei bei tariamai nuolatinei apkrovai. Be to, turi būti išlaikyta sąlyga $w_{k2} \leq w_{k3}$.

Jeigu konstrukcijai nekeliami nepralaidumo reikalavimai ir patenkinama sąlyga

$$\frac{\sigma_{s\ell} - 0,8\sigma_{s,crc}}{\sigma_s - 0,8\sigma_{s,crc}} = \frac{M_\ell - 0,8M_{crc}}{M - 0,8M_{crc}} > 0,68, \quad (2.74)$$

tai tikrinamas tik ilgalaikis plyšių atsivėrimas.

4 PAVYZDYS

Apskaičiuoti sijos (7 pav.) normalinių plyšių plotį, kurį sukelia sija veikianti nuolatinė ir tariamai nuolatinė apkrovos. Sija iš betono C40/50. $E_{cm}=35 \cdot 10^3$ N/mm², $f_{ck}=40$ N/mm², $f_{ctk}=2,5$ N/mm². Išilginė armatūra iš vijų plieno markės Y1960S, kurios $f_{pk}=1960$ N/mm², $f_{pd}=1700$ N/mm², $f_{p0,1k}=1680$ N/mm², $f_{p0,1d}=1460$ N/mm², $E_s=195 \cdot 10^3$ N/mm². Iš anksto įtemptosios armatūros skerspjūvio plotai: tempiamojoje zonoje $A_{p1}=1840$ mm² (13Ø15), gniuždomojoje zonoje $A_{p2}=283$ mm² (2Ø15). Išankstinio apspaudimo skaičiuotinė jėga, atmetus visus nuostolius $P_d=1445$ kN, kai $\gamma_{sp}=0,9$. Jos ekscentricitetas $e_{0p,c}=426$ mm. Ekvivalentinio skerspjūvio geometrinės charakteristikos yra: atstumas nuo sunkio centro iki sijos tempiamo (apatinio) krašto $y_{sc}=773$ mm, atstumas nuo branduolio viršutinio taško iki sunkio centro $r_2=385$ mm, ekvivalentinio skerspjūvio plotas $A_{eff}=249400$ mm², inercijos momentas sunkio centro atžvilgiu $I_{eff}=7417 \cdot 10^7$ mm⁴, ekvivalentinis skerspjūvio atsparumo momentas $W_{eff} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{749 \cdot 10^7}{773} = 9,69 \cdot 10^6$ mm³. Momentas, kurį sija perima atsirandant plyšiams, $M_{cr}=1472$ kN·m. Išankstinio apspaudimo P_d jėgos momentas branduolio taško, labiausiai nutolusio nuo tempiamos zonos (apačios) atžvilgiu $M_{r,p}=1172$ kN·m, nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos sukeliamas lenkimo momentas (kai $\gamma_f=1$) $M_{Ed}=1550$ kN·m. Sija naudojama uždaroje (šildomose) patalpose (XO, XC1).

Reikia apskaičiuoti normalinių plyšių plotį (w_{k2}). Apskaičiuojame papildomas geometrines charakteristikas:

$$d = h - a_1 = 1500 - 134 = 1366 \text{ mm};$$

$$e_{sp} = y_{sc} - a_1 - e_p = 773 - 134 - 426 = 213 \text{ mm},$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{195 \cdot 10^3}{35 \cdot 10^3} = 5,57.$$

Plyšių plotį skaičiuojame pagal (2.53) formulę. Reikalingi koeficientai yra: lenkiamiesiems elementams $\delta=1$, φ_ℓ veikiant nuolatinėms ir tariamai nuolatinei apkrovai $\varphi_\ell = 1,6 - 15\rho_1 = 1,39$, tuo tikslu $\rho = \frac{1840}{1366 \cdot 80 + 116} = 0,0168 < 0,02$, koeficientas $\eta=1,2$.

Apskaičiuojame momentą M nuo $M_{Ed} = 1550$ kN·m ir nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_d = 1455$ kN, t. y. $M = 1550 + 1455 \cdot 0,213 = 1860$ kN·m pagal (2.59) formulę:

$$\delta = \frac{1860 \cdot 10^6}{80 \cdot 1366^2 \cdot 40} = 0,31,$$

o pagal (2.61) formulę

$$\varphi_f = \frac{(360 - 80)240 + 5,57 \cdot 283 / (2 \cdot 0,15)}{80 \cdot 1366} = 0,663,$$

$$\text{pagal (2.60) formulę } \lambda = 0,663 \left(1 - \frac{240}{1366} \right) = 0,546.$$

Armavimo apatine armatūra koeficientas, neįvertinus gniuždomosios zonos lentynų

$$\rho_1 = \frac{1840}{80 \cdot 1366 + (280 - 80)(250 - 134)} = 0,0139.$$

Pagal (2.58) formulę, priėmę $\beta=1,8$ ir $e_{s,tot} = \frac{1860 \cdot 10^6}{1,455 \cdot 10^6} = 1278$ mm, apskaičiuojame

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,31 + 0,546)}{10 \cdot 0,0168 \cdot 5,57}} + \frac{1,5 + 0,663}{11,5 \frac{1278}{1366} - 5} = 0,509.$$

Tikriname sąlygą $\xi = 0,509 > \frac{a_2}{d} = \frac{50}{1366} = 0,036$. Pagal (2.57) formulę

$$z = 1366 \left[1 - \frac{\frac{240}{1366} \cdot 0,663 + 0,509^2}{2(0,663 + 0,509)} \right] = 1147 \text{ mm.}$$

Pagal (2.55) formulę apskaičiuojame tempimo įtempius apatinėje armatūroje (kadangi $M > M_{Ed}$)

$$\sigma_s = \frac{1550 \cdot 10^6 - 1455 \cdot 10^3 \cdot (1147 - 213)}{1840 \cdot 1147} = 90,5 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi tempiama armatūra išdėstyta ne vienoje eilėje ir $x = \xi d = 0,509 \cdot 1366 = 695 \text{ mm}$, tai apskaičiuojame koeficientą, įvertinantį įtempius apatinės eilės armatūroje

$$\delta_n = \frac{1500 - 695 - 50}{1500 - 695 - 134} = 1,125.$$

Įtempiai apatinės eilės armatūroje

$$\sigma_s = 1,125 \cdot 90,5 = 101,8 \text{ N/mm}^2.$$

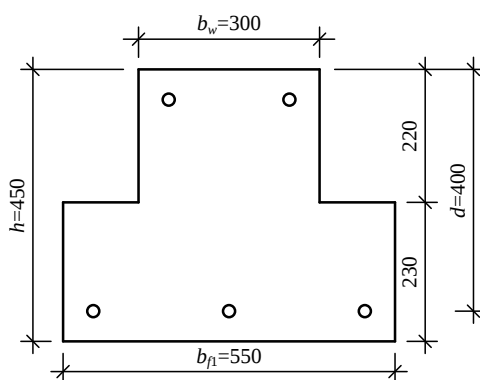
Plyšių plotį apskaičiuojame pagal (2.53) formulę:

$$w_k = 1 \cdot 1,39 \cdot 1,2 \frac{101,8}{195 \cdot 10^3} \cdot 20(3,5 - 100 \cdot 0,0139) \sqrt[3]{15} = 0,091 < w_{lim1} = 0,20 \text{ mm.}$$

Plyšių plotis leistinas.

5 PAVYZDYS

Apskaičiuoti perdangos dviatramės tĕjinio skerspjūvio gelžbetoninės sijos normalinių plyšių plotį. Nuolatinė ir tariamai nuolatinė apkrova yra 40 kN/m, o trumpalaikė – 20 kN. Sija pagaminta iš sunkiojo betono C12/15, kurio $f_{ck}=12 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk}=1,1 \text{ N/mm}^2$ ir $E_{cm}=27 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$.



Armatūra S400. $A_{s1} - 3\varnothing 25$, $A_{s1}=1470 \text{ mm}^2$, $\rho_1=0,0123\%$, $A_{s2} - 2\varnothing 10$, $A_{s2}=157 \text{ mm}^2$, $E_s=200 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$. Skaičiuojamasis ilgis $l_0=4300 \text{ mm}$.

Koeficientai $\alpha_e = \frac{200 \cdot 10^3}{27 \cdot 10^3} = 7,41$; sunkiajam betonui $\beta=1,8$.

Pagal 3 lentelę $\varphi_\ell = 1,6 - 15 \cdot 0,0123 = 1,42$. Visos apkrovos sukeltas lenkimo momentas

$$M_{Ed} = 0,125(40 + 20)4,3^2 = 139 \text{ kN}\cdot\text{m}.$$

Nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos sukeltas lenkimo momentas

$$M_{Egd} = 0,125 \cdot 40 \cdot 4,3^2 = 93 \text{ kN}\cdot\text{m}.$$

Santykinio gniuždomos zonos aukščio apskaičiavimui pagal (2.58) formulę reikalingi dydžiai:

$$\delta = \frac{139 \cdot 10^6}{12 \cdot 300 \cdot 400^2} = 0,241; \quad \varphi_f = \left(\frac{7,41}{2 \cdot 0,45} \right) \frac{157}{300 \cdot 400} = 0,011.$$

$$\lambda = 0,011 \left(1 - \frac{2 \cdot 30}{2 \cdot 400} \right) = 0,0102 .$$

Santykinis gniuždomos zonos aukštis pagal (2.58) formulę:

$$\xi = \frac{1}{\left[1,8 + \frac{1 + 5(0,241 + 0,0102)}{10 \cdot 0,0123 \cdot 7,41} \right]} = 0,234 .$$

Iš formulės (2.57) vidinių jėgų petys

$$z = 400 \left(1 - 0,5 \frac{0,011 \frac{2 \cdot 30}{400} + 0,234^2}{0,011 + 0,234} \right) = 354 \text{ mm}.$$

Tempiamos armatūros įtempiai nuo momento M_{Ed} pagal (2.55) formulę:

$$\sigma_s = \frac{139 \cdot 10^6}{1,47 \cdot 10^3 \cdot 354} = 267 \text{ N/mm}^2.$$

Tempimo įtempiai nuo momento M_{Egd} :

$$\sigma_{s\ell} = \frac{93 \cdot 10^6}{1,47 \cdot 10^3 \cdot 354} = 178 \text{ N/mm}^2.$$

Skaičiuojant $\sigma_{s\ell}$ įtempius, neįvertinta peties z pasikeitimas veikiant nuolatinei ir tariamai nuolatinei apkrovai. Išilginio armavimo koeficientas

$$\rho = \frac{1,47 \cdot 10^3}{300 \cdot 400 + (550 - 300)(230 - 50)} = 0,0089 < 0,02.$$

Plyšio plotis nuo suminės apkrovos apskaičiuojamas pagal (2.53) formulę, priėmus $\sigma_s = 178 \text{ N/mm}^2$, t. y.

$$w_{k2} = 1 \cdot 1,42 \cdot 1 \frac{178}{200 \cdot 10^3} 20(3,5 - 100 \cdot 0,0089)^{\sqrt[3]{25}} = 0,193 \text{ mm} < w_{\text{lim}2} = 0,30 \text{ mm}.$$

Trumpalaikį plyšio plotį apskaičiuojame pagal (2.73) formulę, t. y.

$$w_{k1} = 0,193 \left[1 + \left(\frac{267}{178} - 1 \right) \frac{1}{1,42} \right] = 0,261 \text{ mm} < w_{\text{lim}1} = 0,40 \text{ mm}.$$

6 PAVYZDYS

Projektuojama laisvai paremta dviatramė perdangos sija, kurios ilgis 6,0 m, apkrauta vienodai išskirstyta apkrova tariamai nuolatine apkrova $q_k \cdot \psi_{2i} = 22,9 \text{ kN/m}$ ir nuolatine $g_k = 14,5 \text{ kN/m}$. Sijos skerspjūvis $b = 200 \text{ mm}$, $h = 400 \text{ mm}$, $d = 370 \text{ mm}$. Betonas C16/20, kurio $f_{ctk,0,05} = 1,3$; $E_{cm} = 29 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$, apkabos dviejų šakų armatūros S240 ($E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$). Atstumas tarp apkabų $s_w = 150 \text{ mm}$, $\varnothing = 8 \text{ mm}$ ($A_{sw} = 101 \text{ mm}^2$).

Reikia apskaičiuoti įstrižųjų plyšių plotį.

Pradžioje patikrinama sąlyga, ar reikia skaičiuoti plyšių plotį. Bendruoju atveju įstrižųjų plyšių pločio tikrinimo sąlyga yra (2.35) formulė.

Įprastojo (neįtemptojo) gelžbetonio sijose įstrižųjų plyšių pločio tikrinimo būtinybę galima tikrinti pagal tokią sąlygą:

$$V = \varphi_{c3} f_{ctk,0,05} \cdot b \cdot d ,$$

čia φ_{c3} – koeficientas, įvertinantis betono tipą (sunkiajam betonui $\varphi_{c3}=0,6$).

Didžiausia skersinė jėga:

$$V_{Ed,max} = \frac{(q_k + q_k \psi_{2i})l}{2} = \frac{(14,5 + 22,9) \cdot 6}{2} = 112,2 \text{ kN}.$$

Iš (2.73) formulės, kai $\varphi_{c3}=0,6$

$$0,6 \cdot 1,3 \cdot 200 \cdot 370 = 57720 \text{ N} = 57,720 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 112,25 \text{ kN}.$$

Tai rodo, kad įstriži plyšiai atsiranda ir jų plotį reikia skaičiuoti. Jis skaičiuojamas pagal (2.69) formulę. Tuo tikslu apskaičiuojami koeficientai

$$\alpha_e = \frac{210 \cdot 10^3}{29 \cdot 10^3} = 7,24; \quad \rho_w = \frac{101}{200 \cdot 150} = 0,00337.$$

Įtempiai skersinėje armatūroje (apkabose) apskaičiuojami pagal (2.71) formulę. Tuo tikslu apskaičiuojama pagal [Praktinio naudojimo vadovas 1 (6.15)] formulę tolygiai paskirstytą ekvivalentišką apkrovą

$$q_{eff.k} = g_k + 0,5 \cdot q_k \cdot \psi_i = 14,5 + 11,45 = 25,95 \text{ kN/m}.$$

Tikriname [8.70] sąlygą:

$$v_{sw} = \frac{f_{ywd} \cdot A_{sw}}{s_w} = \frac{174 \cdot 101}{150} = 117,2 \text{ N/m.}$$

Kadangi $0,563v_{sv} = 0,563 \cdot 117,2 = 65,9 > q_{eff,k} = 25,95 \text{ N/m}$. Pavojingio įstrižojo pjūvio projekcija c iš [praktinio naudojimo vadovo 1 (6.39)] formulės:

$$c_p = c_0 = \sqrt{\frac{1,5(1+0)1,3 \cdot 200 \cdot 370^2}{25,95}} = 1434 \text{ mm} > 2d = 740 \text{ mm.}$$

Priimant $c_p = c_0 = 2d = 740 \text{ mm}$.

Toliau apskaičiuojama skersinė jėga $V_{Rd,c}$ (žr. 2.71 formulę).

$$V_{Rd,c} = \frac{0,8\varphi_{c4} \cdot f_{ctk,0,05} \cdot b \cdot d^2}{c} = \frac{0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 200 \cdot 370^2}{740} = 57720 \text{ N.}$$

$$V_{Ed,k} = V_{Ed,max} - c \cdot q_{eff,k} = 112200 - 740 \cdot 25,95 = 92990 \text{ N.}$$

Įtemptai skersinėje armatūroje

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed,k} - V_{Rd,c}}{A_{sw}d} \cdot s_w = \frac{92990 - 57720}{101 \cdot 370} \cdot 150 = 141,6 \text{ N/mm}^2.$$

Pagal (2.69) formulės reikšmių nustatymą:

$$\varphi_\ell = 1,5; \eta = 1,3; d_w = 8 \text{ m ir } \rho_w = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_w} = \frac{101}{200 \cdot 150} = 0,00337, \text{ plyšių plotis bus:}$$

$$w_k = \varphi_\ell \frac{0,6\sigma_{sw}\varnothing_w\eta}{E_s \frac{\varnothing_w}{d} + 0,15E_{sm}(1 + 2\alpha_e\rho_w)} = 1,5 \frac{0,6 \cdot 141,6 \cdot 8 \cdot 1,3}{21 \cdot 10^4 \frac{8}{370} + 0,15 \cdot 2,9 \cdot 10^4 (1 + 2 \cdot 7,24 \cdot 0,00337)} =$$

$$= 0,145 \text{ mm} < 0,20 \text{ mm}.$$

7 PAVYZDYS

Projektuojama gelžbetoninė pamato plokštė, kurios skerspjūvio matmenys $h=300$ mm, $b=1150$ mm. Betonas C12/15, kurio $f_{ck}=12$ N/mm²; $f_{ctk}=1,1$ N/mm²; $E_{cm}=27 \cdot 10^3$ N/mm² ir $E_s=2,1 \cdot 10^5$ N/mm². Darbo armatūra S400, 6Ø14, $A_s=923$ mm². Skaičiuojamąjį pjūvį veikia nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų momentas $M_{Egd}=50$ kN·m ir trumpalaikių apkrovų $M_{Eg}=12$ kN·m. Pamatas naudojamas neagresyvioje aplinkoje, jo apačia yra virš gruntinio vandens paviršiaus. Reikia apskaičiuoti normalinių plyšių atsivėrimo plotį.

Pirmiausia apskaičiuojamas plyšių atsiradimo momentas M_{cr} . Tuo tikslu patikriname sąlygą:

$$\rho = \frac{A_{s1}}{bh} = \frac{923}{1150 \cdot 300} = 0,0027 < 0,05.$$

Tai rodo, kad, apskaičiuojant atsparumo momentą, armatūros galima neįvertinti ir atsparumo momentas

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{1150 \cdot 300^2}{6} = 172,5 \cdot 10^5 \text{ mm}^3.$$

Betono plastines deformacijas galima įvertinti naudojantis 25 p. ir 1 lentele, t. y. $W_{pl} = \gamma \cdot W = 1,3 \cdot 172,5 \cdot 10^5 = 224 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$. Tuomet

$$M_{crc} = W_{pl} \cdot f_{ctk} = 224 \cdot 10^5 \cdot 1,1 = 246,7 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} < M_\ell + M_{sh} = 620 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Tai rodo, kad plyšiai nuo visos pilnos apkrovos atsiras. Jų atsivėrimo plotį reikia skaičiuoti.

Tikriname (2.74) sąlygą

$$\frac{M_{\ell} - 0,8M_{crc}}{M - 0,8M_{crc}} = \frac{50 - 0,8 \cdot 22,4}{62 - 0,8 \cdot 22,4} = 0,73 > 0,68.$$

Tai rodo, kad galima tikrinti plyšių plotį tik nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų veikimo.

Įtempieiai armatūroje apskaičiuojami pagal (2.55) formulę, įvertinant, kad $P_d=0$. Tuo tikslu apskaičiuojame jėgų petį z . Gniuždomos zonos aukštis bus:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \frac{M}{bd^2 f_{ck}}}{10\rho \cdot \alpha_e}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \frac{50 \cdot 10^6}{1150 \cdot 258^2 \cdot 12}}{10 \cdot 0,0027 \cdot 7,8 \cdot 7,8}} = 0,13;$$

$$z = d(1 - 0,5\xi) = 258(1 - 0,5 \cdot 0,13) = 241,2 \text{ mm};$$

$$\sigma_s = \frac{50 \cdot 10^6}{923 \cdot 241,2} = 224,6 \text{ N/mm}^2.$$

$$\varphi_{\ell} = 1,6 - 0,5\rho = 1,6 - 1,5 \cdot 0,0027 = 1,596 .$$

Plyšių plotis bus:

$$w_k = 1 \cdot 1 \cdot 1,596 \frac{224,6}{2,1 \cdot 10^5} 20(3,5 - 100 \cdot 0,0027) \sqrt[3]{14} = 0,27 \text{ mm} < 0,30 \text{ mm}.$$

Plyšių plotis mažesnis už leistiną (žr. 2 lentelę).

8 PAVYZDYS

Visuomeninio pastato gelžbetoninė kolona, kurios skerspjūvio matmenys $h=500$ mm, $b=400$ mm, $a_1=a_2=50$ mm, betonas C16/20, kurio $f_{ck}=20$ N/mm²; $f_{ctk}=1,3$ N/mm²; $E_{cm}=29\cdot 10^3$ N/mm². Darbo armatūra S400, jos skerspjūvio plotai $A_{s1}=A_{s2}=1232$ mm² (2Ø28), veikia įrašas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $N_\ell=500$ kN, $M_\ell=150$ kNm ir laikinoji (nuo vėjo) $N_{sh}=0$; $M_{sh}=90$ kNm. Reikia patikrinti plyšių plotį.

Pirmiausia pagal 21– 25 p. apskaičiuojama plyšių atsiradimo momentas.

Kadangi $\rho = \frac{A_{s1}}{bh} = \frac{1232}{400 \cdot 500} = 0,0062 > 0,005$, geometrines charakteristikas apskaičiuojame įvertinant armatūrą.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,00 \cdot 10^5}{2,9 \cdot 10^3} = 6,9.$$

Stačiakampiam skerspjūviui, kai yra simetrinis armavimas $y_t = \frac{h}{2} = 250$ mm ir efektyvusis skerspjūvio inercijos momentas lygus:

$$\begin{aligned} I_{eff} &= \frac{bh^3}{12} + 2A_s\alpha_e(0,5h - a) = \frac{400 \cdot 500^3}{12} + 2 \cdot 1232 \cdot 6,9(250 - 50)^2 = \\ &= 4,17 \cdot 10^9 + 0,0034 \cdot 10^9 = 4,1734 \cdot 10^9 \text{ mm}^4. \end{aligned}$$

Tuomet

$$W = \frac{I_{eff}}{y_t} = \frac{4,1734 \cdot 10^9}{250} = 16,69 \cdot 10^6 \text{ mm}^3.$$

$$A_{eff} = b \cdot h + 2A_s\alpha_e = 400 \cdot 500 + 2 \cdot 1232 \cdot 6,9 = 217001,6 \text{ mm}^2.$$

$$e_{br} = \frac{W}{A_{eff}} = \frac{16,69 \cdot 10^6}{217001,6} = 76,9 \text{ mm}.$$

Pagal (2.9) ir (2.10) apskaičiuojame plyšių atsiradimo momentą, priimdami $N=N_\ell=500$ kN.

$$M_{crc} = W_{pl} \cdot f_{ctk} + N \cdot e_{br}.$$

$$W_{pl} = \gamma \cdot W = 1,3 \cdot 16,69 \cdot 10^6 = 21,697 \cdot 10^6 \text{ mm}^3.$$

$$\begin{aligned} M_{crc} &= 21,697 \cdot 10^6 \cdot 1,3 + 500000 \cdot 76,9 = 28,206 \cdot 10^6 + 38,45 \cdot 10^6 = \\ &= 66,66 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 66,66 \text{ kN} \cdot \text{m} < M = M_\ell + M_{sh} = 150 + 90 = 240 \text{ kN} \cdot \text{m}. \end{aligned}$$

Tai rodo, kad, veikiant visoms apkrovoms, plyšiai atsiranda.

VI skirsnis. Gelžbetoninių konstrukcijų elementų deformacijų apskaičiavimas

44. Gelžbetoninių konstrukcijų elementų deformacijų (įlinkių) apskaičiavimas atliekamas atsižvelgiant į konstrukcijai keliamus naudojimo reikalavimus. Deformacijų apskaičiavimas atliekamas tokiems apkrovų deriniams:

44.1. nuolatinių, tariamai nuolatinių ir trumpalaikių, kai deformacijas riboja technologiniai arba konstrukciniai reikalavimai;

44.2. nuolatinių, tariamai nuolatinių, kai deformacijas riboja estetiniai-psichologiniai reikalavimai. Patikimumo koeficientas $\varphi_f = 1$.

45. Ribinės deformacijų (įlinkių) reikšmės priimamos pagal STR 2.05.04:2003 nurodymus.

46. Gelžbetoninių elementų įlinkių (d) tikrinimas atliekamas pagal sąlygą:

$$d \leq d_{\text{lim}}, \quad (2.75)$$

čia d – gelžbetoninio elemento įlinkis nuo išorinės apkrovos poveikio; d_{lim} – gelžbetoninio elemento leistino ribinio įlinkio reikšmė.

Gelžbetoninių elementų įlinkiai nustatomi pagal statybinės mechanikos formules priklausomai nuo lenkiamųjų, pasislinkimo ir ašinių deformacinių charakteristikų elemento skerspjūviuose pagal jų ilgį (kreivio, pasisukimo, santykinių išilginių deformacijų).

47. Gelžbetoninių elementų ruožų, kurių tempiamojoje zonoje nėra susidariusių normalinių plyšių, kreivis apskaičiuojamas kaip vientiso kūno. Ruožų, kurių tempiamojoje zonoje yra susidarę normaliniai plyšiai, vidutinis kreivis apskaičiuojamas atsižvelgiant į tempiamąsias armatūros ir gniuždomosios zonos deformacijas.

48. Lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų ir ekscentriškai tempiamųjų elementų suminis kreivis ruožuose, kurių tempiamojoje zonoje nėra susidariusių normalinių plyšių, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \quad (2.76)$$

čia $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo kintamųjų poveikių (trumpalaikės dalies), apskaičiuojamas pagal

kintamąją apkrovą, padaugintą iš $(1 - \psi_2)$, (čia ψ žr. ([10]) priedą 1 lentelę); $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių pagal ([6.10 b]) derinį, neįvertinant išankstinio apspaudimo armatūra.

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_1 &= \frac{M}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}}; \\ \left(\frac{1}{r}\right)_2 &= \frac{M \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}} \end{aligned} \right\} \quad (2.77)$$

čia M – kintamųjų ir tariamai nuolatinių poveikių (tinkamumo skaičiuotinės reikšmės) sukeltas momentas apie ekvivalentinio skerspjūvio centro ašį, statmeną lenkimo momento veikimo plokštumai; φ_{c1} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono trumpalaikio valkšnumo įtaka, imamas lygus 0,85 sunkiojo, smulkiagrūdžio, lengvojo su tankiu smulkiu užpildu betono elementams ir 0,70 lengvojo su poringu smulkiu užpildu betono elementams; φ_{c2} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono ilgalaikio valkšnumo įtaka, imamas iš 4 lentelės.

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – kreivis dėl elemento išlinkio nuo išankstinio apspaudimo jėgos P_d , esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_d \cdot e_p}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}}; \quad (2.78)$$

$\left(\frac{1}{r}\right)_4$ – kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos P_d , apskaičiuojamas pagal formulę

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d}, \quad (2.79)$$

čia $\varepsilon_{c1}, \varepsilon_{c2}$ – betono santykinės deformacijos, kurias sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos P_d , ir apskaičiuojamos atitinkamai išilginės tempiamosios armatūros sunkio centro lygyje ir kraštiniame gniuždomojo betono sluoksnyje pagal formules:

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_s}; \quad \varepsilon_{c2} = \frac{\sigma_{c2}}{E_s}. \quad (2.80)$$

Skaitinė įtempių σ_{c1} reikšmė imama lygi tempiamosios zonos įtemptosios armatūros išankstinio įtempimo nuostolių dėl betono susitraukimo ir valkšnumo pagal [9] lentelės 6, 8 ir 9 punktus sumai, o σ_{c2} – tas pats kaip įtemptosios armatūros, jeigu ji būtų išdėstyta kraštiniame gniuždomajame sluoksnyje.

4 lentelė

Koeficiento φ_{c2} reikšmės

Skaičiuotinė situacija	Koeficientas φ_{c2} , įvertinantis betono ilgalaikio valkšnumo įtaką elemento be plyšių deformacijoms, kai konstrukcijų betonas
------------------------	---

	sunkusis, lengvasis, porėtasis, akytasis (dvisluksnėms įtemptosioms konstrukcijoms iš sunkiojo betono)	smulkiagrūdis	
		A	B
1. Trumpalaikė	1,0	1,0	1,0
2. Nuolatinė, kai aplinkos drėgmė %:			
a) 40–75	2,0	2,6	3,0
b) mažiau nei 40	3,0	3,9	4,5

Pastabos:

1. Betonui esant pakaitomis sauso ir vandens prisotinto būvio, koeficiento φ_{c2} reikšmės ilgalaikėms apkrovoms didinamos 1,2 karto.

2. Aplinkos drėgmei esant didesnei nei 75% ir betonui, apkrautam vandens prisotintame būvyje, koeficiento φ_{c2} reikšmės pagal šios lentelės 2a p. dauginamos iš koeficiento 0,8.

Kreivių $\left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4$ suma imama ne mažesnė kaip $\left(\frac{1}{r}\right)_3 \varphi_{c2}$, čia φ_{c2} imama, kaip esant nuolatinei apkrovai. Elementų be išankstinio įtempimo kreiviai $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ laikytini lygūs nuliui.

2. Aplinkos drėgmei esant didesnei nei 75% ir betonui, apkrautam vandens prisotintame būvyje, koeficiento φ_{c2} reikšmės pagal šios lentelės 2a p. dauginamos iš koeficiento 0,8.

Kreivių $\left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4$ suma imama ne mažesnė kaip $\left(\frac{1}{r}\right)_3 \varphi_{c2}$, čia φ_{c2} imama, kaip esant nuolatinei apkrovai. Elementų be išankstinio įtempimo kreiviai $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ laikytini lygūs nuliui.

49. Nustatant elementų su pradiniais plyšiais gniuždomojoje zonoje kreivius $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ pagal (2.77) ir (2.78) formules gautos reikšmės didinamos 15%, o $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ pagal (2.79) formulę gauta reikšmė – 25%.

Ruožuose, kurių tempiamojoje zonoje atsiveria normaliniai plyšiai, tačiau esant nagrinėjamai apkrovos reikšmei garantuojamas jų užsivėrimas, kreivių $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$, įeinančių į (2.77) ir (2.78) formules, reikšmės didinamos 20%.

9 PAVYZDYS

Apskaičiuoti 3 pavyzdyje pateiktos kiaurymėtosios perdangos plokštės įlinkį. Kadangi apskaičiuojamos plokštės statmenųjų ir įstrižųjų plyšių susidarymą nustatyta, kad jie neatsiras, plokštės įlinkiai apskaičiuojami kaip lenkiamojo nesupleišėjusio elemento įlinkiai.

Apskaičiuojame plokštės išilginės ašies kreivius. Plokštę veikiančios trumpalaikės apkrovos sukeltas kreivis

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{Eqd}}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}} = \frac{7,81 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 6,30 \cdot 10^8} = 4,17 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{mm}},$$

čia: $M_{Eqd} = \frac{(1-\psi_2) \cdot q_d \cdot l^2}{8} = \frac{(1-0,3) \cdot 2,4 \cdot 6100^2}{8} = 7,81 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{m}$ – trumpalaikės apkrovos sukeltas lenkimo momentas; $\varphi_{c1}=0,85$ – koeficientas, įvertinantis betono trumpalaikio valkšnumo įtaką; $E_{cm}=35 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$; $I_{eff}=6,30 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$.

Plokštę veikiančios nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos sukeltas kreivis

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_{Egd} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}} = \frac{4,05 \cdot 10^7 \cdot 2}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 6,30 \cdot 10^8} = 4,32 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}},$$

čia $M_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l^2}{8} = \frac{8,7 \cdot 6100^2}{8} = 4,05 \cdot 10^7 \text{ N}\cdot\text{m}$; $\varphi_{c2}=2$ – koeficientas, įvertinantis betono ilgalaikio valkšnumo įtaką.

Išankstinio apspaudimo jėgos $P_{d,inf}$ sukeltas plokštės išlinkis

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_{d,inf} \cdot e_p}{\varphi_{c1} E_{cm} I_{eff}} = \frac{2,94 \cdot 10^5 \cdot 61}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 6,30 \cdot 10^8} = 9,56 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{mm}}.$$

Plokštės išlinkis, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_{d,inf}$ apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{4,14 \cdot 10^{-4} - 3,02 \cdot 10^{-4}}{163} = 6,87 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{mm}},$$

čia betono santykinės deformacijos išilginei tempiamosios armatūros sunkio centro lygyje

$$\varepsilon_{c1} = \frac{(\Delta\sigma_{pc1,1} + \Delta\sigma_{pc2,1} + \Delta\sigma_{ps})}{E_p} = \frac{(3,98 + 20,9 + 60)}{2,05 \cdot 10^5} = 4,14 \cdot 10^{-4},$$

čia: $\Delta\sigma_{pc1,1}$ – armatūros išankstinių įtempių nuostoliai, atsirandantys dėl betono greitai pasireiškiančio valkšnumo; $\Delta\sigma_{pc2,1}$ – armatūros išankstinių įtempių nuostoliai, atsirandantys dėl betono ilgalaikio valkšnumo; $\Delta\sigma_{ps}$ – nuostoliai dėl betono susitraukimo.

Betono santykinės deformacijos kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje

$$\varepsilon_{c2} = \frac{(\Delta\sigma_{pc1,2} + \Delta\sigma_{pc2,2} + \Delta\sigma_{ps})}{E_p} = \frac{1,86 + 0 + 60}{2,05 \cdot 10^5} = 3,02 \cdot 10^{-4},$$

čia $\Delta\sigma_{pc1,2}$, $\Delta\sigma_{pc2,2}$, $\Delta\sigma_{ps}$ – betono greitai pasireiškiančio valkšnumo, betono ilgalaikio valkšnumo ir betono susitraukimo sukelti nuostoliai tariamoje gniuždomosios zonos armatūroje.

Atskirų poveikių sukelti plokštės įlinkiai ir išlinkiai:

$$d_1 = \left(\frac{1}{r}\right)_1 \cdot \frac{5}{48} \cdot l^2 = 4,17 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{5}{48} \cdot 6100^2 = 1,616 \text{ mm};$$

$$d_2 = \left(\frac{1}{r}\right)_2 \cdot \frac{5}{48} \cdot l^2 = 4,32 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5}{48} \cdot 6100^2 = 16,74 \text{ mm};$$

$$d_3 = \left(\frac{1}{r}\right)_3 \cdot \frac{1}{8} \cdot l^2 = 9,56 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{8} \cdot 6100^2 = 4,44 \text{ mm};$$

$$d_4 = \left(\frac{1}{r}\right)_4 \cdot \frac{1}{8} \cdot l^2 = 6,87 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{8} \cdot 6100^2 = 3,19 \text{ mm}.$$

Apskaičiuojame plokštės įlinkį

$$d = d_1 + d_2 - d_3 - d_4 = 1,616 + 16,74 - 4,44 - 3,19 = 10,731 \text{ mm}.$$

Kadangi $d = 10,73 < d_{\text{lim}} = \frac{l}{200} = \frac{6100}{200} = 30,5 \text{ mm}$, tai plokštės išorinių apkrovų sukeltas įlinkis neviršija ribinio įlinkio.

50. Lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų, taip pat ekscentriškai tempiamųjų, stačiakampio, tėjinio ir dvitėjo (dėžinio) skerspjūvio elementų, kai $e_{0,tot} \geq 0,8d$, kreivis ruožuose, kurių tempiamojoje zonoje atsivėrę plyšiai, apskaičiuojamas pagal formulę

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{dz} \left[\frac{\psi_s}{E_s A_{s1}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) b d E_{c,m} \nu} \right] - \frac{N_{\text{tot}}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s A_{s1}}, \quad (2.81)$$

čia M – momentas apie ašį, statmeną lenkimo momento veikimo plokštumai ir einančią per tempiamosios armatūros skerspjūvio centrą, nuo iš visų išorės jėgų, išdėstytų vienoje nagrinėjamojo skerspjūvio pusėje, taip pat nuo išankstinio apspaudimo jėgos P_d ir apskaičiuojama pagal formules:

lenkiamiesiems elementams

$$M = \pm M_1 \pm P_d \cdot e_{sp}, \quad (2.82)$$

necentriškai gniuždomiems ir necentriškai tempiamiems elementams

$$M = \pm N e_s \pm P_d \cdot e_{sp} \cdot (2.83)$$

Su „pliuso“ ženklu skaičiuojama tuo atveju, kai momentai sukelia armatūroje A_{s1} tempimo įtempius.

z – atstumas nuo tempiamosios armatūros skerspjūvio centro iki gniuždomosios zonos atstojamosios virš plyšio, apskaičiuotas pagal (2.57) formulę;

ψ_s – koeficientas, kuris įvertina tempiamojo betono darbą ruožuose su plyšiais ir apskaičiuojamas pagal (2.84 ar 2.86) formules;

ψ_c – koeficientas, kuris įvertina kraštinio gniuždomojo betono sluoksnio deformacijų netolygumą ir yra lygus: sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono aukštesnės nei LC12/13 klasės – 0,9; lengvojo, LC12/13 ir žemesnės klasės – 0,7; konstrukcijoms, apskaičiuotoms daugkartinių apkrovų poveikiui, neatsižvelgiant į betono klasę ir rūšį, – 1,0;

ϕ_f – pagal (2.61) formulę nustatomas koeficientas;

ξ – sąlyginis gniuždomosios betono zonos aukštis, apskaičiuojamas pagal (2.58) formulę;

v – koeficientas, apibūdinantis gniuždomosios zonos betono tamprumą ir imamas iš 5 lentelės;

N_{tot} – išilginės jėgos N ir apspaudimo jėgos P_d atstojamoji (esant necentriniam tempimui jėga N imama su „minuso“ ženklu).

51. Elementų kreivis ruožuose su pradiniais plyšiais gniuždomojoje zonoje apskaičiuojamas mažinant jėgos P reikšmę dydžiu ΔP_d , apskaičiuojamu pagal (2.65) formulę.

Lenkiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų elementų iš sunkiojo betono, kai $M_{crc} < M_{r2} < (M_{crc} + \psi b h^2 f_{ctk})$, kreivį nuo momento M_{r2} veikimo leidžiama apskaičiuoti tiesiškai interpoliuojant tarp kreivio, nustatyto nuo M_{cr} veikimo kaip vientisam kūnui pagal [182 ir 183] punktus, ir kreivio nuo momento $M_{cr} + \psi b h^2 f_{ctk}$ veikimo pagal šio punkto nurodymus. Koeficiento ψ reikšmė imama pagal [175] p., sumažinant ją du kartus, jei įvertinamos tariamai nuolatinės apkrovos.

Santykinis gniuždomosios zonos aukštis ξ apskaičiuojamas pagal formulę (2.58).

52. Koeficientas ψ_s elementams iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono apskaičiuojamas pagal formulę

$$\psi_s = 1,25 - \phi_{ls} \phi_m - \frac{1 - \phi_m^2}{(3,5 - 1,8 \phi_m) e_{s,tot} / d}, \quad (2.84)$$

tačiau neturi viršyti vieneto imant, kad

$$e_{s,tot}/d \geq 1,2/\varphi_{ls}.$$

5 lentelė

Koeficiento ν reikšmės

Skaičiuotinė situacija	Koeficientas ν , įvertinantis betono gniuždomosios zonos tampriąsias deformacijas		
	sunkiojo, lengvojo	smulkiagrūdžio	
		A	B
1. Trumpalaikė	0,45	0,45	0,45
2. Nuolatinė, kai aplinkos drėgmė %:			
a) 40–75	0,15	0,10	0,08
b) mažiau nei 40	0,10	0,07	0,05

Pastabos:

1. Betonui esant pakaitomis sausame ir vandens prisotintame būvyje, koeficiento ν reikšmės tariamai ilgalaikėms apkrovoms didinamos 1,2 karto.

2. Aplinkos drėgmei esant didesnei nei 75% ir betonui, apkrautam vandens prisotintame būvyje, koeficiento ν reikšmės pagal šios lentelės 2 a p. dalijamos iš koeficiento 0,8.

Lenkiamiesiems elementams be iš anksto įtemptosios armatūros (2.84) formulės dešinėsios pusės paskutinysis narys gali būti laikomas nuliui.

Nurodytoje (2.84) formulėje: φ_{ls} – koeficientas, lemiantis ilgalaikių apkrovų veikimą ir imamas pagal 6 lentelę; $e_{s,tot}$ – žr. (2.62) formulę.

Koeficientas φ_m (2.84) formulėje apskaičiuojamas taip:

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} W_{pl}}{\left| \pm M_r \mp M_{rp} \right|}, \quad (2.85)$$

tačiau neturi viršyti vieneto.

Čia W_{pl} – žr. (2.19 ir 2.25) formulę; M_r , $M_{r,p}$ – žr. [161–163] p., imant teigiamuosius ženklus lenkimo momentams, sukeliantiems tempiamosios armatūros tempimą.

Vienasluoksniams konstrukcijoms iš akytojo betono be išankstinio įtempimo ψ_s reikšmė apskaičiuojama pagal formulę

$$\psi_s = 0,5 + \varphi_\ell \frac{M}{M_k}, \quad (2.86)$$

čia M_k – skerspjuvio tinkamumo ribinio būvio lenkimo momentas; φ_ℓ – koeficientas, kuris lygus: esant trumpalaikiam apkrovų poveikiui periodinio profilio armatūrai – 0,6, tas pats, tik

lygiajai armatūrai – 0,7, esant ilgalaikiam apkrovų veikimui nepaisant armatūros profilio – 0,8.

Atliekant konstrukcijų patvarumo skaičiavimus, koeficiento ψ_s reikšmė visada laikoma vienetu.

53. Bendras ruožo tempiamoje zonoje su plyšiais kreivis apskaičiuojamas pagal formulę

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \quad (2.87)$$

čia $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo charakteristinio poveikių derinio, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai, nustatoma pagal ([6.8 b]) formulę; $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo tariamai nuolatinio poveikių derinio, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai pagal ([6.10 b]) formulę, neįvertinant išankstinio apspaudimo įtemptąja armatūra; $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – kreivis nuo tariamai nuolatinio poveikių derinio, esant nuolatiniai skaičiuotinei situacijai pagal ([6.10 b]) formulę, neįvertinant išankstinio apspaudimo įtemptąja armatūra; $\left(\frac{1}{r}\right)_4$ – kreivis, kurį lemia elemento išlinkis dėl betono susitraukimo ir valkšnumo nuo išankstinio apspaudimo jėgos P_d pagal [14.36] formulę.

6 lentelė

Koeficiento φ_s reikšmės

Skaičiuotinė situacija	Betono klasė	
	aukštesnė kaip C8/10	C8/10 ir žemesnė
1. Trumpalaikė, kai armatūra:		
a) strypinė:		
lygi	1,0	0,7
periodinio profilio	1,1	0,8
b) viela	1,0	0,7
2. Nuolatinė, nepaisant armatūros rūšies	0,8	0,6

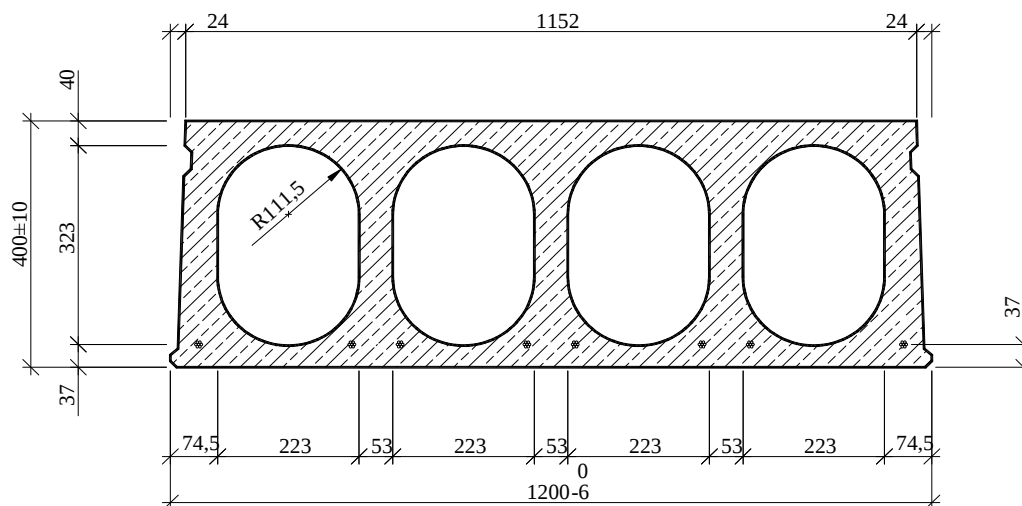
Kreiviai $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ apskaičiuojami pagal (2.81) formulę. Apskaičiuojant kreivius $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_2$, koeficientų ψ_s ir ν reikšmės nustatomos esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai, o $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – nuolatiniai skaičiuotinei situacijai.

Jeigu $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ kreiviai išeina su „minuso“ ženklu, imami lygūs nuliui.

10 PAVYZDYS

Kiaurymėtosios plokštės su statmenaisiais plyšiais įlinkio skaičiavimas.

Projektuojama 400 mm aukščio ir 9000 mm ilgio kiaurymėtoji plokštė, kurios matmenys pateikti brėžinyje. Plokštės nominalusis plotis $b = 1200$ mm.



Plokštės skerspjūvis

Plokštės savasis svoris įvertinant siūlą tarp plokščių – $4,8 \text{ kN/m}^2$. Virš plokštės esančių grindų konstrukcijos apkrova – $2,8 \text{ kN/m}^2$. Plokštę veikianti naudojimo apkrova – 14 kN/m^2 . Plokštės betonas C40/50, todėl $E_{cm} = 3,5 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk} = 2,5 \text{ N/mm}^2$. Plokštė armuojama iš anksto įtemptąja lynine armatūra Y1770C. Armatūros tamprumo modulis $E_s = 2,05 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$. Plokštėje yra $8\varnothing 12,5$ lynai. Armatūros skerspjūvio plotas $A_{p1} = 744 \text{ mm}^2$. Armatūra įtempama mechaniniu būdu į atsparas. Įtempiamo lyno ilgis 115,5 m. Armatūros pradiniai įtempiai $\sigma_p = 1100 \text{ N/mm}^2$.

Apskaičiuojame kiaurymėtąją plokštę veikiančias charakteristines ir skaičiuotines (tinkamumo ribiniam būviui) apkrovas. Plokštės savojo svorio sukeltos apkrovos $g_{d1} = g_{k1} = 4,8 \cdot 1,2 = 5,76 \text{ kN/m'}$, savojo svorio ir grindų konstrukcijos (nuolatinė) apkrovos charakteristinė reikšmė

$$g_d = g_{k1} = (4,8 + 2,8) \cdot 1,2 = 9,12 \text{ kN/m'}$$

Naudojimo apkrova

$$q_d = q_k = 14 \cdot 1,2 = 16,8 \text{ kN/m'}$$

Naudojimo apkrovos tariamai nuolatinė dalis

$$g_{d,lt} = q_{k,lt} = \psi_2 \cdot 14 \cdot 1,2 = 0,6 \cdot 14 \cdot 1,2 = 10,08 \text{ kN/m'}$$

Plokštės savojo svorio apkrovos skaičiuotinės reikšmės tarpatramio viduryje sukeltas lenkimo momentas

$$M_{Egd} = \frac{5,76 \cdot 9000^2}{8} = 5,83 \cdot 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}.$$

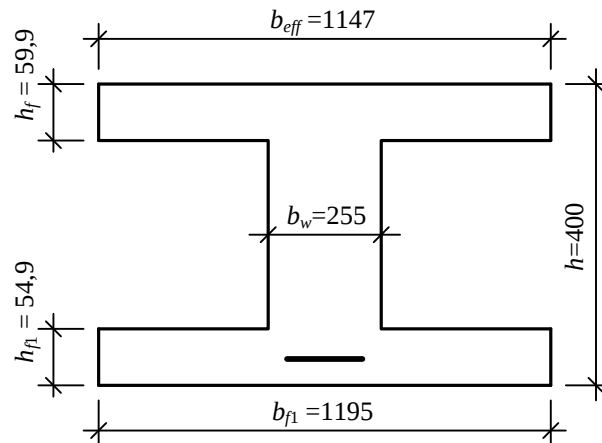
Plokštę veikiančios nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos charakteristinės reikšmės sukeltas lenkimo momentas

$$M_{Egd} = \frac{(9,12 + 10,08) \cdot 9000^2}{8} = 1,94 \cdot 10^8 \text{ N}\cdot\text{mm}.$$

Visos apkrovos charakteristinės reikšmės sukeltas lenkimo momentas

$$M_{Ed} = \frac{(9,12 + 16,8) \cdot 9000^2}{8} = 2,62 \cdot 10^8 \text{ N}\cdot\text{mm}.$$

Plokštės skerspjūvį keičiame į ekvivalentinį (žr. brėžinį) ir apskaičiuojame šio skerspjūvio geometrines charakteristikas.



$$h = 400 \text{ mm}; h_f = 59,9 \text{ mm}; h_{f1} = 54,9 \text{ mm}; b_{f1} = 1195 \text{ mm}; b_{eff} = 1147 \text{ mm}; b_w = 255 \text{ mm}.$$

Ekvivalentinio skerspjūvio plotas $A_{eff} = 2,11 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$. Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio statinis momentas apskaičiuotas skerspjūvio apatinio krašto atžvilgiu $S_{eff} = 4,19 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$. Atstumas nuo plokštės apatinio krašto iki skerspjūvio sunkio centro $y_{sc} = 198 \text{ mm}$. Ekvivalentinio skerspjūvio inercijos momentas sunkio centro atžvilgiu $I_{eff} = 4,59 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$. Atsparumo momentai plokštės apatinio krašto atžvilgiu $W_{eff1} = 2,31 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$. Atsparumo momentai įvertinus betono plastines deformacijas $W_{pl1} = 3,47 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$ ir $W_{pl2} = 3,41 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$.

Armatūros ir betono tamprumo modulių santykis

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,05 \cdot 10^5}{3,5 \cdot 10^4} = 5,86.$$

Iš anksto įtemptosios armatūros pradiniai įtempiai $\sigma_p = 1100 \text{ N/mm}^2$. Apskaičiuojame šių įtempių sukeltą betono apspaudimo jėgą P_0

$$P_0 = \sigma_p \cdot A_{p1} = 1100 \cdot 744 = 8,18 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2.$$

Apspaudimo jėgos ekscentricitetas

$$e_p = \frac{\sigma_p \cdot A_{p1}(y_{sc} - a_{p1})}{P} = \frac{1100 \cdot 744(198 - 37)}{8,18 \cdot 10^5} = 161 \text{ mm}.$$

Apskaičiuojame išankstinių įtempių nuostolius

$$\Delta\sigma_{pr} = \left(0,22 \frac{\sigma_p}{f_{p01,k}} - 0,1 \right) \sigma_p = \left(0,22 \frac{1100}{1520} - 0,1 \right) 1100 = 65,1 \text{ N/mm}^2.$$

Nuostoliai dėl temperatūros skirtumo tarp atramų ir betono, kai $\Delta t = 65^\circ\text{C}$.

$$\Delta\sigma_{\Delta t} = 1,25\Delta t = 1,0 \cdot 65 = 65 \text{ N/mm}^2.$$

Inkarų deformacijų sukeliama įtempių nuostoliai

$$\Delta\sigma_{\Delta l} = \left(\frac{\Delta l}{l} \right) E_p = \frac{3,125}{115500} \cdot 2,05 \cdot 10^5 = 5,54 \text{ N/mm}^2,$$

čia $\Delta l = 1,25 + 0,15\varnothing = 1,25 + 0,15 \cdot 12,5 = 3,125 \text{ mm}$; l – įtempiamo lino ilgis.

Betono apspaudimo jėga atleidus armatūrą

$$P_{m0} = (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta t} - \Delta\sigma_{\Delta l}) \cdot A_{p1} = (1100 - 65,1 - 65 - 5,54)744 = 7,17 \cdot 10^5 \text{ N}.$$

Betono gniuždymo įtempiai ties įtemptosios armatūros centru nuo apspaudimo jėgos P_{m0} ir plokštės savojo svorio sukeliama lenkimo momento

$$\begin{aligned} \sigma_{cp1} &= \frac{P_{m0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m0} \cdot e_p (y_{sc} - a_{p1})}{I_{eff}} - \frac{M_{Eggsd} (y_{sc} - a_{p1})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{7,17 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} + \frac{7,17 \cdot 10^5 \cdot 161(198 - 37)}{4,59 \cdot 10^9} - \frac{5,83 \cdot 10^7 (198 - 37)}{4,59 \cdot 10^9} = 5,40 \text{ N/mm}^2. \end{aligned}$$

Įtempių nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\Delta\sigma_{pc1,1} = 40 \frac{\sigma_{cp1,1}}{f_{cp}} = 40 \cdot \frac{5,40}{35} = 6,17 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{kadangi } \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{5,40}{35} = 0,1543 < \alpha = 0,8.$$

Koeficientas α apskaičiuojamas taip:

$$\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 35 = 1,125.$$

Kadangi turi būti koeficientas $\alpha \leq 0,8$, todėl priimame $\alpha = 0,8$.

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje

$$\begin{aligned}\sigma_{cp2} &= \frac{P_{m0}}{A_{eff}} - \frac{P_{m0} \cdot e_p (h - y_{sc})}{I_{eff}} + \frac{M_{Eggsd} (h - y_{sc})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{7,17 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} - \frac{7,17 \cdot 10^5 \cdot 161(400 - 198)}{4,59 \cdot 10^9} + \frac{5,83 \cdot 10^7 (400 - 198)}{4,59 \cdot 10^9} = 0,883 \text{ N/mm}^2.\end{aligned}$$

Įtempių nuostoliai tariamai esančioje gniuždomosios zonos armatūroje dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = 40 \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} = 40 \cdot \frac{0,883}{35} = 1,01 \text{ N/mm}^2,$$

$$\text{kadangi } \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} = \frac{0,883}{35} = 0,0252 < \alpha = 0,8.$$

Kadangi betono klasė >C35/45 ir betonas kietėja natūraliomis sąlygomis, betono susitraukimo sukeltami įtempių nuostoliai yra lygūs

$$\Delta\sigma_{ps} = 60 \text{ N/mm}^2.$$

Betono apspaudimo jėga, įvertinus pirmuosius nuostolius

$$P_{m1} = (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta t} - \Delta\sigma_{\Delta l} - \Delta\sigma_{pc1,1}) \cdot A_{p1} = (1100 - 65,1 - 65 - 5,54 - 6,17)744 = 7,13 \cdot 10^5 \text{ N}.$$

Betono gniuždymo įtempiai ties įtemptosios armatūros sunkio centru, kuriuos sukelia apspaudimo jėga P_{m1}

$$\sigma_{cp1} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} + \frac{P_{m1} \cdot e_p (y_{sc} - a_{p1})}{I_{eff}} = \frac{7,13 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} + \frac{7,13 \cdot 10^5 \cdot 161(198 - 37)}{4,59 \cdot 10^9} = 7,40 \text{ N/mm}^2.$$

Įtempių nuostoliai, kuriuos sukelia betono ilgalaikis valkšnumas

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 150 \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}}, \text{ kai } \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} \leq 0,75.$$

$$\text{Apskaičiuojame } \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{7,40}{35} = 0,211 < 0,75,$$

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 150 \frac{7,40}{35} = 31,71 \text{ N/mm}^2.$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje

$$\sigma_{cp2} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} - \frac{P_{m1} \cdot e_p (h - y_{sc})}{I_{eff}} = \frac{7,13 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} - \frac{7,13 \cdot 10^5 \cdot 161(400 - 198)}{4,59 \cdot 10^9} = -1,67 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi yra tempimo įtempiai

$$\Delta\sigma_{pc2} = 0.$$

Įtemptosios armatūros visi įtempių nuostoliai

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{p,com} &= \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_{\Delta t} + \Delta\sigma_{\Delta l} + \Delta\sigma_{pc1,1} + \Delta\sigma_{ps} + \Delta\sigma_{pc2,1} = \\ &= 65,1 + 65 + 5,54 + 6,17 + 60 + 31,71 = 233,5 \text{ N/mm}^2. \end{aligned}$$

Armatūros išankstiniai įtempiai atmetus visus nuostolius

$$\sigma_{pm} = \sigma_p - \Delta\sigma_{p,com} = 1100 - 233,5 = 866,5 \text{ N/mm}^2.$$

Vidutinė betono apspaudimo jėga, įvertinus visus įtempių nuostolius

$$P_m = \sigma_{pm} \cdot A_{p1} = 866,5 \cdot 744 = 6,45 \cdot 10^5 \text{ N}.$$

Betono apspaudimo jėgos reikšmės tinkamumo ribiniam būviui

$$P_{d,sup} = \gamma_{sp} \cdot P_m = 1,10 \cdot 6,45 \cdot 10^5 = 7,09 \cdot 10^5 \text{ N};$$

$$P_{d,inf} = \gamma_{sp} \cdot P_m = 0,90 \cdot 6,45 \cdot 10^5 = 5,80 \cdot 10^5 \text{ N}.$$

Didžiausi gniuždomojo betono įtempiai dėl išorinės apkrovos ir betono apspaudimo jėgos poveikio

$$\begin{aligned}\sigma_{c,\max} &= \frac{P_{d,\inf}}{A_{eff}} - \frac{P_{d,\inf} \cdot e_p(h - y_{sc})}{I_{eff}} + \frac{M_{Ed}(h - y_{sc})}{I_{eff}} = \\ &= \frac{5,80 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} - \frac{5,80 \cdot 10^5 \cdot 161(400 - 198)}{4,59 \cdot 10^9} + \frac{2,62 \cdot 10^8(400 - 198)}{4,59 \cdot 10^9} = 10,17 \text{ N/mm}^2.\end{aligned}$$

Koeficientas

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,\max}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{10,17}{40} = 1,346.$$

Kadangi φ turi būti mažesnis arba lygus 1, tai $\varphi = 1,0$.

Atstumas tarp ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro ir branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamosios zonos apskaičiuojamas

$$r_1 = \varphi \frac{W_{eff1}}{A_{eff}} = 1 \frac{2,31 \cdot 10^7}{2,11 \cdot 10^5} = 109,5 \text{ mm}.$$

Plyšių atsiradimo momentas plokštės naudojimo metu

$$M_{cr} = f_{ctk} \cdot W_{pl1} + P_{d,\inf}(e_p + r_1) = 2,5 \cdot 3,47 \cdot 10^7 + 5,80 \cdot 10^5(161 + 109,5) = 2,44 \cdot 10^8 \text{ N/mm}^2.$$

Kadangi $M_{Ed} = 2,62 \cdot 10^8 \text{ N}\cdot\text{mm} > M_{cr} = 2,44 \cdot 10^8 \text{ N}\cdot\text{mm}$ naudojimo metu kiauřymėtoje plokštėje atsiras statmenieji plyšiai. Plokštės įlinkis apskaičiuojamas įvertinant atsiradusius statmenuosius plyšius

$$d = d_1 - d_2 + d_3 - d_4,$$

čia d_1 – visos apkrovos trumpalaikio poveikio sukeltas įlinkis; d_2 – nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos trumpalaikio poveikio sukeltas įlinkis; d_3 – nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos ilgalaikio poveikio sukeltas įlinkis; d_4 – veikiant apspaudimo jėgai dėl betono valkšnumo ir susitraukimo sukeltas išlinkis.

Visos apkrovos trumpalaikio poveikio sukeltas plokštės išilginės ašies kreivis plokštės tarpatramio viduryje

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_1 &= \frac{M}{d \cdot z} \left[\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{p1}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right] - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{p1}} = \\ &= \frac{2,62 \cdot 10^8}{363 \cdot 324} \left[\frac{0,298}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 744} + \frac{0,9}{(0,577 + 0,309) 255 \cdot 363 \cdot 3,5 \cdot 10^4 \cdot 0,45} \right] - \\ &- \frac{5,80 \cdot 10^5}{363} \cdot \frac{0,298}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 744} = 2,78 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}}, \end{aligned}$$

čia $M_{Ed} = 2,62 \cdot 10^8$ N·mm – visos charakteristinės apkrovos tarpatramio viduryje sukeltas lenkimo momentas tempiamosios armatūros sunkio centro atžvilgiu; $d = 363$ mm – naudingasis plokštės skerspjūvio aukštis; $N_{tot} = P_{d,inf} = 5,80 \cdot 10^5$ N. Lenkimo momentas $M = M_{Ed} + P_{d,inf} \cdot e_{sp}$. Kadangi skerspjūvio apspaudimo jėgos pridėties taškas sutampa su tempiamosios armatūros sunkio centru, tai $e_{sp} = 0$. Atsižvelgiant į tai, $M = M_{Ed}$. $\psi_c = 0,9$ – koeficientas, kuris įvertina kraštinio gniuždomojo betono sluoksnio deformacijų netolygumą; $\nu = 0,45$ – koeficientas, įvertinantis gniuždomojo betono tampriai plastines deformacijas [26] lentelė.

Dydis ξ apskaičiuojamas

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_e}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,195 + 0,529)}{10 \cdot 0,008 \cdot 5,86}} + \frac{1,5 + 0,577}{11,5 \frac{452}{363} - 5} = 0,309,$$

$$\text{čia } \beta = 1,8; \rho = \frac{A_{p1}}{(b_w \cdot d)} = \frac{744}{(255 \cdot 363)} = 0,008,$$

$$\delta = \frac{M}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{2,62 \cdot 10^8}{255 \cdot 363^2 \cdot 40} = 0,195;$$

$$\varphi_f = \left((b_{eff} - b_w) h_f + \frac{\alpha_e}{2\nu} A_{s2} \right) / (b_w \cdot d) = \left((1147 - 255) 59,9 + \frac{5,86}{2 \cdot 0,45} \cdot 0 \right) / (255 \cdot 363) = 0,577$$

;

$$\lambda = \varphi_f \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right) = 0,577 \left(1 - \frac{59,9}{2 \cdot 363} \right) = 0,529;$$

$$e_{s,tot} = \frac{M}{N_{tot}} = \frac{2,62 \cdot 10^8}{5,80 \cdot 10^5} = 452 \text{ mm.}$$

Vidaus jėgų petys apskaičiuojamas

$$z = d \left[1 - \frac{\frac{h_f}{d} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right] = 363 \left[1 - \frac{\frac{59,9}{363} 0,577 + 0,309^2}{2(0,577 + 0,309)} \right] = 324 \text{ mm.}$$

Koeficientas, įvertinantis tempiamosios armatūros deformacijų netolygumą

$$\begin{aligned} \psi_s &= 1,25 - \varphi_{\ell s} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) e_{s,tot} / d} = \\ &= 1,25 - 1 \cdot 0,825 - \frac{1 - 0,825^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 0,825) \frac{452}{363}} = 0,298 < 1,0, \end{aligned}$$

$$\text{čia } \varphi_{\ell s} = 1,0; \varphi_m = \frac{f_{ctk} \cdot W_{pl1}}{M_r - M_{rp}} = \frac{2,5 \cdot 3,47 \cdot 10^7}{2,62 \cdot 10^8 - 1,569 \cdot 10^8} = 0,825.$$

$$M_{rp} = P_{d,\text{inf}}(e_p + r_1) = 5,80 \cdot 10^5 (161 + 109,5) = 1,569 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos trumpalaikio poveikio sukeltas plokštės išilginės ašies kreivis tarpatramio viduryje

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_2 &= \frac{M}{d \cdot z} \left[\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{p1}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right] - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{p1}} = \\ &= \frac{1,94 \cdot 10^8}{363 \cdot 309} \left[\frac{0,25}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 744} + \frac{0,9}{(0,577 + 0,462) 255 \cdot 363 \cdot 3,5 \cdot 10^4 \cdot 0,45} \right] - \\ &- \frac{5,80 \cdot 10^5}{363} \cdot \frac{0,25}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 744} = 1,243 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}}, \end{aligned}$$

čia $M = M_{Egd} = 1,94 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$ – nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos tarpatramio viduryje sukeltas lenkimo momentas; $N_{tot} = P_{d,\text{inf}} = 5,80 \cdot 10^5 \text{ N}$; $\psi_c = 0,9$; $\nu = 0,45$.

Dydis ξ apskaičiuojamas

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_e}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,144 + 0,529)}{10 \cdot 0,008 \cdot 5,86}} + \frac{1,5 + 0,577}{11,5 \frac{334}{363} - 5} = 0,462,$$

$$\text{čia } \beta = 1,8; \rho = 0,008; \delta = \frac{1,94 \cdot 10^8}{255 \cdot 363^2 \cdot 40} = 0,144;$$

$$\varphi_f = 0,577; \lambda = 0,529; e_{s,tot} = \frac{1,94 \cdot 10^8}{5,80 \cdot 10^5} = 334 \text{ mm}.$$

Vidaus jėgų petys

$$z = 363 \left[1 - \frac{\frac{59,9}{363} 0,577 + 0,462^2}{2(0,577 + 0,462)} \right] = 309 \text{ mm.}$$

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) \frac{e_{s,tot}}{d}} = 1,25 - 1 \cdot 1 - \frac{1 - 1^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 1) \frac{334}{363}} = 0,25,$$

$$\text{čia } \varphi_{ls} = 1,0; \varphi_m = \frac{2,5 \cdot 3,47 \cdot 10^7}{1,94 \cdot 10^8 - 1,569 \cdot 10^8} = 2,33, (\varphi_m = 1,0).$$

Nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos ilgalaikio poveikio sukeltas plokštės išilginės ašies kreivis plokštės tarpatramio viduryje

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r} \right)_3 &= \frac{M}{d \cdot z} \left[\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{p1}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right] - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{p1}} = \\ &= \frac{1,94 \cdot 10^8}{363 \cdot 309} \left[\frac{0,25}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 744} + \frac{0,9}{(0,577 + 0,462) 255 \cdot 363 \cdot 3,5 \cdot 10^4 \cdot 0,15} \right] - \\ &- \frac{5,80 \cdot 10^5}{363} \cdot \frac{0,25}{2,05 \cdot 10^5 \cdot 744} = 3,29 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}}, \end{aligned}$$

čia $M = M_{Egd} = 1,94 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$; $N_{tot} = P_{d,inf} = 5,80 \cdot 10^5 \text{ N}$; $\psi_c = 0,9$; $\nu = 0,15$; $\xi = 0,462$; $\varphi_f = 0,577$; $z = 309 \text{ mm}$; $\psi_s = 0,25$.

Veikiant apspaudimai jėgai dėl betono valkšnumo ir susitraukimo sukeltas plokštės išilginės ašies kreivis (tarpatramio viduryje)

$$\left(\frac{1}{r} \right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{4,77 \cdot 10^{-4} - 2,97 \cdot 10^{-4}}{363} = 4,96 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{mm}},$$

čia ε_{c1} , ε_{c2} – betono santykinės deformacijos, kurias sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_{d,inf}$ ir apskaičiuojamas atitinkamai išilginei tempiamosios armatūros sunkio centro lygyje ir kraštiniame gniuždomojo betono sluoksnyje.

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\Delta\sigma_{pc1,1} + \Delta\sigma_{pc2,1} + \Delta\sigma_{ps}}{E_s} = \frac{6,17 + 31,71 + 60}{2,05 \cdot 10^5} = 4,77 \cdot 10^{-4},$$

čia $\Delta\sigma_{pc1,1}$ – armatūros išankstinių įtempių nuostoliai dėl betono greitai pasireiškiančio valkšnumo; $\Delta\sigma_{pc2,1}$ – armatūros išankstinių įtempių nuostoliai dėl betono ilgalaikio valkšnumo; $\Delta\sigma_{ps}$ – nuostoliai dėl betono susitraukimo.

$$\varepsilon_{c2} = \frac{\Delta\sigma_{pc1,2} + \Delta\sigma_{pc2,2} + \Delta\sigma_{ps}}{E_s} = \frac{1,01 + 0 + 60}{2,05 \cdot 10^5} = 2,97 \cdot 10^{-4},$$

čia $\Delta\sigma_{pc1,2}$ – tariamai esamos gniuždomosios zonos armatūros įtempių nuostoliai dėl betono greitai pasireiškiančio valkšnumo; $\Delta\sigma_{pc2,2}$ – tariamai esamos gniuždomosios zonos armatūros įtempių nuostoliai dėl betono ilgalaikio valkšnumo; $\Delta\sigma_{ps}$ – nuostoliai dėl betono susitraukimo.

Plokštės kreivis apskaičiuojamas

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} &= \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = \\ &= 2,78 \cdot 10^{-6} - 1,243 \cdot 10^{-6} + 3,29 \cdot 10^{-6} - 4,96 \cdot 10^{-7} = 4,33 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}}. \end{aligned}$$

Kiaurymėtosios plokštės įlinkis apskaičiuojamas taip

$$d = \left(\frac{1}{r}\right) \cdot \frac{5}{48} \cdot l^2 = 4,33 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5}{48} \cdot 9000^2 = 36,53 \text{ mm}.$$

Perdangos kiaurymėtųjų plokščių (ilgis $l=9000$ mm) ribinis įlinkis

$$d_{\text{lim}} = \frac{l}{225} = \frac{9000}{225} = 40 \text{ mm.}$$

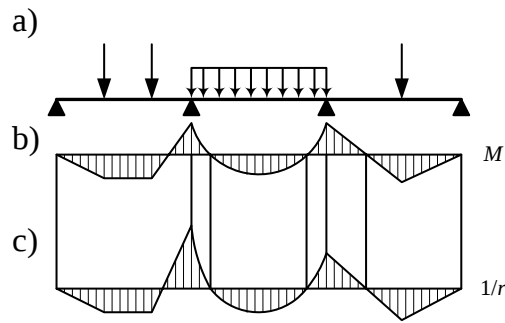
Apskaičiuotosios plokštės įlinkis neviršija ribinio įlinkio

$$d = 36,53 \text{ mm} < d_{\text{lim}} = 40 \text{ mm.}$$

54. Įlinkis d_m dėl lenkimo deformacijų nustatomas pagal formulę

$$d_m = \int_0^l \overline{M}_x \left(\frac{1}{r} \right)_x dx, \quad (2.88)$$

čia $\overline{M}_x$ – ieškomo poslinkio linkme vienetinės jėgos sukeltas lenkimo momentas tarpatramio pjūvyje atstumu x , kurio įlinkis apskaičiuojamas; $\left(\frac{1}{r} \right)_x$ – pilnutinis elemento kreivis pjūvyje x nuo apkrovų, darančių įtaką lenkimui; kreivio $\frac{1}{r}$ reikšmės aptartos (2.76) ir (2.87) formulėse atitinkamai ruožams be plyšių ir su plyšiais; $\frac{1}{r}$ ženklas imamas atsižvelgiant į kreivio epiūrą.



7 pav. Pastovaus skerspjūvio gelžbetoninių elementų lenkimo momentų ir kreivių epiūros:

a – apkrovų išdėstymo schema; b – lenkimo momentų epiūra; c – kreivių epiūra

55. Pastovaus skerspjūvio be išankstinio armatūros įtempimo lenkiamųjų gelžbetoninių elementų, kurių skerspjūvių standumas ir lenkimo momentų ženklai nagrinėjamame ruože yra nekintantys, kreivę $\frac{1}{r}$ galima apskaičiuoti ties didžiausiuoju lenkimo momentu. Kitose ruožo dalyse kreivis yra proporcingas lenkimo momentui (žr. 7 pav.).

Lenkiamiesiems elementams, kai santykis $l/h < 10$, atsižvelgiama į skersinių jėgų (šlyties deformacijų) poveikį elemento įlinkiui. Šiuo atveju visas įlinkis d_{tot} yra lygus įlinkių dėl išilginio lenkimo d_m ir šlyties deformacijos d_v sumai.

Įlinkis d_v , lemiamas šlyties deformacijų, nustatomas pagal formulę

$$d_v = \int_0^l V_x \varepsilon_x dx, \quad (2.89)$$

čia V_x – ieškomo poslinkio linkme vienetinės jėgos sukelta skersinė jėga elemento tarpatramio pjūvyje, kurio įlinkis apskaičiuojamas; ε_x – šlyties deformacija, apskaičiuojama pagal formulę

$$\varepsilon_x = \frac{1,5 V_x \varphi_{c2}}{G_c b d} \varphi_{crc}, \quad (2.90)$$

čia V_x – skersinė jėga pjūvyje x nuo išorinių apkrovų poveikio; G_c – betono šlyties modulis ir $G_c = 0,4E_{eff}$; φ_{c2} – koeficientas, darantis įtaką betono ilgalaikiam valkšnumui (žr. 4 lentelę); φ_{crc} – koeficientas, nulemiantis plyšių įtaką šlyties deformacijoms ir yra lygus:

elemento ilgio ruožuose be normalinių ir įstrižųjų plyšių – 1,0;

ruožuose tik su įstrižaisiais plyšiais – 4,8;

ruožuose su normaliniais plyšiais arba normaliniai ir įstrižieji plyšiai – pagal formulę

$$\varphi_{crc} = \frac{3E_b I_{eff}}{M_x} \left(\frac{1}{r} \right)_x, \quad (2.91)$$

čia $M_x, \left(\frac{1}{r} \right)_x$ – atitinkamai išorės apkrovos sukeltas lenkimo momentas ir pilnutinis kreivis pjūvyje x tos apkrovos, kuriai esant apskaičiuojamas įlinkis.

56. Ištisinių plokščių, kurių storis neviršija 25 cm (išskyrus atremtų kontūrų), armuotų plokščiaisiais tinklais, su plyšiais tempiamojoje zonoje įlinkiai, apskaičiuoti (2.76) formulėje, dauginami iš koeficiento $\left(\frac{d}{d-0,7} \right)^3$, kuris neturėtų viršyti 1,5; čia d – imamas cm.

57. Gelžbetoninių konstrukcijų įlinkiai neturi viršyti ribinių reikšmių, nustatomų įvertinant tokius reikalavimus:

57.1. technologinius (normalaus kranų, technologinių įrenginių, mašinų ir pan.) darbus;

57.2. konstrukcinius (greta esančių elementų įtaka, reikalavimai išlaikyti pasirinktus nuolydžius ir pan.);

57.3. estetinius (žmonių požiūris į konstrukcijos tinkamumą).

Įlinkių leidžiamosios ribinės reikšmės nurodytos ([17.1]) lentelėje.

58. Įlinkiai apskaičiuojami, kai yra ribojami konstrukciniai arba technologiniai reikalavimai – nuo tariamai nuolatinių ir kintamųjų poveikių; kai ribojami estetiniai reikalavimai – nuo nuolatinių poveikių. Patikimumo koeficientas $\gamma_f = 1$.

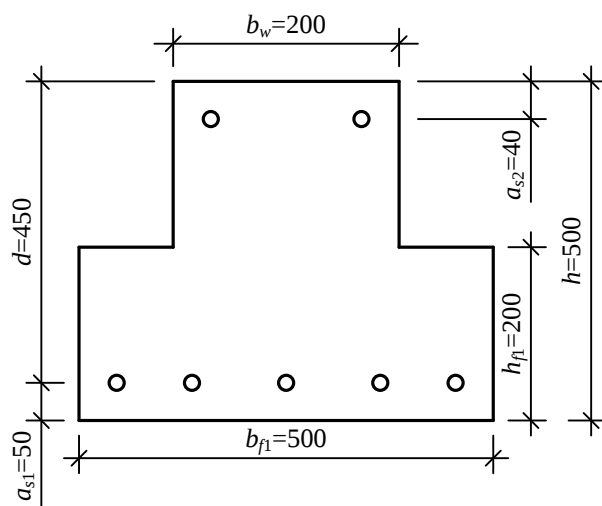
59. Veikiant nuolatinėms ir kintamosioms apkrovoms, sijų ir plokščių įlinkis visais atvejais negali būti didesnis kaip 1/150 angos ir 1/75 gembės.

Leidžiamieji ribiniai įlinkiai gali būti padidinti statybinės pakylės dydžiu, jei tai leidžia konstrukciniai arba technologiniai reikalavimai.

60. Jeigu perdangų plokštės, laiptatakliai ir laiptų aikštelės ir pan. yra tikrinamos virpumui, papildomas įlinkis nuo kintamosios sutelktosios apkrovos, lygus 1,0 kN, ėmus pačią pavojingiausią apkrovimo schemą, neturi viršyti 0,7 mm.

11 PAVYZDYS

Reikia apskaičiuoti dviatramės gelžbetoninės sijos įlinkį. Sija armuota paprasta (be išankstinio įtempimo) armatūra. Armatūros klasė – S400, $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$. Sijos skerspjūvis parodytas paveiksle. Betonas C20/25, tempiamosios zonos armatūra $5\varnothing 22$ S400, gniuždomosios $2\varnothing 20$ S400. Sijos skaičiuotinis ilgis 5800 mm. Visos apkrovos skaičiuotinės (tinkamumo ribiniam būviui) reikšmės sukeltas maksimalus lenkimo momentas $M_{Ed} = 20 \cdot 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$, nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos skaičiuotinės (tinkamumo ribiniam būviui) reikšmės sukeltas lenkimo momentas $M_{Egd} = 14,0 \cdot 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$. Sijoje atsiras normaliniai plyšiai, kadangi plyšių susidarymo momentas $M_{cr} = 5,5 \cdot 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$.



Sijos skerspjūvis

Betono tamprumo modulis $E_{cm} = 30 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$. Tempiamosios zonos armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = 1900 \text{ mm}^2$, gniuždomosios zonos armatūros skerspjūvio plotas $A_{s2} = 628 \text{ mm}^2$. Reikia apskaičiuoti sijos įlinkį.

Kadangi sija yra supleišėjusi ($M_{Ed} > M_{cr}$), tai sijos ašies kreivis apskaičiuojamas

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r} \right)_1 - \left(\frac{1}{r} \right)_2 + \left(\frac{1}{r} \right)_3,$$

čia $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo visos apkrovos poveikio, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai;

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų poveikio, esant trumpalaikiai situacijai;

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų poveikio, esant nuolatinei skaičiuotinei situacijai.

Visos apkrovos poveikio sukeltas kreivis

$$\begin{aligned}\left(\frac{1}{r}\right)_1 &= \frac{M}{d \cdot z} \left[\frac{\psi_s}{E_s A_{s1}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right] = \\ &= \frac{20 \cdot 10^7}{450 \cdot 390} \left[\frac{0,947}{2 \cdot 10^5 \cdot 1900} + \frac{0,9}{(0,0517 + 0,280) 200 \cdot 450 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,45} \right] = 5,38 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}},\end{aligned}$$

$$\text{čia } \delta = \frac{M}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{20 \cdot 10^7}{200 \cdot 450^2 \cdot 20} = 0,247;$$

$$\varphi_f = \frac{\frac{\alpha_e}{2\nu} A_{s2}}{b_w \cdot d} = \frac{\frac{6,67}{2 \cdot 0,45} \cdot 628}{200 \cdot 450} = 0,0517;$$

$$\lambda = \varphi_f \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right) = 0,0517 \left(1 - \frac{80}{2 \cdot 450} \right) = 0,0471,$$

$$\text{čia } h_f = 2 \cdot a_{s2} = 2 \cdot 40 = 80 \text{ mm.}$$

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1+5(\delta+\lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_e}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,247+0,0471)}{10 \cdot 0,021 \cdot 6,67}} = 0,280 ,$$

$$\text{čia } \rho = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{1900}{200 \cdot 450} = 0,021 ,$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{30 \cdot 10^3} = 6,67 .$$

$$z = d \left[1 - \frac{\frac{h_f}{d} \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right] = 450 \left[1 - \frac{\frac{80}{450} \cdot 0,0517 + 0,280^2}{2(0,0517 + 0,280)} \right] = 390 \text{ mm};$$

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{\ell s} \cdot \varphi_m = 1,25 - 1,1 \cdot 0,275 = 0,947 ,$$

$$\text{čia } \varphi_m = \frac{W_{pl} \cdot f_{ctk}}{M} = \frac{5,5 \cdot 10^7}{20 \cdot 10^7} = 0,275; \varphi_{\ell s} = 1,1.$$

$$\left(\frac{1}{r} \right)_2 = \frac{14 \cdot 10^7}{450 \cdot 386} \left[\frac{0,818}{2 \cdot 10^5 \cdot 1900} + \frac{0,9}{(0,0517 + 0,303) 200 \cdot 450 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,45} \right] = 3,33 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}},$$

$$\text{čia } \delta = \frac{14 \cdot 10^7}{200 \cdot 450^2 \cdot 20} = 0,173; \varphi_f = 0,0517; \lambda = 0,0471.$$

Santykinis gniuždomosios zonos aukštis

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,173+0,0471)}{10 \cdot 0,021 \cdot 6,67}} = 0,303 .$$

$$z = 450 \left[1 - \frac{\frac{80}{450} \cdot 0,0517 + 0,303^2}{2(0,0517 + 0,303)} \right] = 386 \text{ mm};$$

$$\psi_s = 1,25 - 1,1 \cdot 0,393 = 0,818 ,$$

$$\text{čia } \varphi_m = \frac{5,5 \cdot 10^7}{14 \cdot 10^7} = 0,393.$$

Kreivis, kurį sukelia nuolatinė ir tariamai nuolatinė apkrovos, esant nuolatinei skaičiuotinei situacijai

$$\left(\frac{1}{r} \right)_3 = \frac{14 \cdot 10^7}{450 \cdot 396} \left[\frac{0,936}{2 \cdot 10^5 \cdot 1900} + \frac{0,9}{(0,155 + 0,275) 200 \cdot 450 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,15} \right] = 5,99 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}},$$

$$\text{čia } \delta = 0,173; \varphi_f = \frac{\frac{6,67}{2 \cdot 0,15} \cdot 628}{200 \cdot 450} = 0,155;$$

$$\lambda = 0,155 \left(1 - \frac{80}{2 \cdot 450} \right) = 0,141 ,$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,173 + 0,141)}{10 \cdot 0,021 \cdot 6,67}} = 0,275,$$

Vidaus jėgų petys

$$z = 450 \left[1 - \frac{\frac{80}{450} \cdot 0,155 + 0,275^2}{2(0,155 + 0,275)} \right] = 396 \text{ mm};$$

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{\ell s} \cdot \varphi_m = 1,25 - 0,393 \cdot 0,8 = 0,936 ,$$

$$\text{čia } \varphi_m = \frac{W_{pl} \cdot f_{ctk}}{M} = \frac{5,5 \cdot 10^7}{14 \cdot 10^7} = 0,393; \varphi_{\ell s} = 0,8.$$

Sijos kreivis

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r} \right)_1 - \left(\frac{1}{r} \right)_2 + \left(\frac{1}{r} \right)_3 = 5,38 \cdot 10^{-6} - 3,33 \cdot 10^{-6} + 5,99 \cdot 10^{-6} = 8,04 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}}.$$

Kadangi sija yra dvitramė ir apkrauta tolygiai paskirstyta apkrova, įlinkis apskaičiuojamas

$$d = \frac{1}{r} \cdot s \cdot l^2 = 8,04 \cdot 10^{-6} \frac{5}{48} \cdot 5800^2 = 28,2 \text{ mm},$$

$$\text{čia } s = \frac{5}{48}.$$

Sijos ribinis įlinkis

$$d_{\text{lim}} = \frac{l}{200} = \frac{5800}{200} = 29 \text{ mm}.$$

Kadangi $d = 28,2 \text{ mm} < d_{\text{lim}} = 29 \text{ mm}$.

Sijos įlinkis neviršija ribinio sijos įlinkio ir sijos standumas yra pakankamas.

III SKYRIUS. BENDRIEJI KONSTRAVIMO REIKALAVIMAI

I skirsnis. Mažiausieji elementų skerspjūvių matmenys

61. Betoninių ir gelžbetoninių elementų skerspjūvių matmenys nustatomi skaičiavimais pagal veikiančius poveikių efektus bei atitinkamų ribinių būvių reikalavimus ir parenkami atsižvelgiant į ekonominius reikalavimus bei gamybos technologijos sąlygas.

Gelžbetoninių elementų skerspjūvio matmenys turi būti tokie, kad atitiktų armatūros išdėstymo skerspjūvyje (betoninių apsauginių sluoksnių storiai, atstumas tarp armatūros strypų ir t. t.) ir inkaravimo reikalavimus.

62. Monolitinio gelžbetonio storis turi būti ne mažesnis už reikšmes, nurodytas 7 lentelėje. Gelžbetoninių plokščių storį, nurodytą 7 lentelėje, galima sumažinti 5 mm, jei plokštės gamina įmonės, kuriose veikia sertifikuota kokybės kontrolės sistema.

7 lentelė

Monolitinio gelžbetonio plokščių mažiausias storis

Konstrukcija	Plokščių storis, mm
1. Denginys	50
2. Daugiaaukščių gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų perdangos	60
3. Daugiaaukščių pramonės pastatų perdangos	70
4. Plokštės, apkrautos sutelktąja judamąja apkrova	120
5. Besijų perdangų plokštės, esant sutelktajai apkrovai	150

Surenkamųjų plokščių mažiausias storis parenkamas toks, kad būtų garantuojamas reikiamas apsauginio betono sluoksnio storis ir armatūros išdėstymas plokštės skerspjūvyje (žr. II skirsnį).

Ekscentriškai gniuždomųjų elementų skerspjūvio matmenys turi būti tokie, kad jų liaunis l_0/i visomis kryptimis neviršytų:

62.1. gelžbetoniniams elementams iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono – 200;

62.2. kolonoms kaip pastatų elementams – 120;

62.3. betoniniams elementams iš sunkiojo, smulkiagrūdžio, lengvojo ir poringojo betono – 90;

62.4. betoniniams ir gelžbetoniniams elementams iš akytojo betono – 70.

II skirsnis. Armatūros fiksavimas ir apsauginis betono sluoksnis

63. Armatūros padėtis konstrukcijoje turi atitikti duotus atstumus. Jos fiksavimas gali būti atliekamas trimis pagrindiniais būdais:

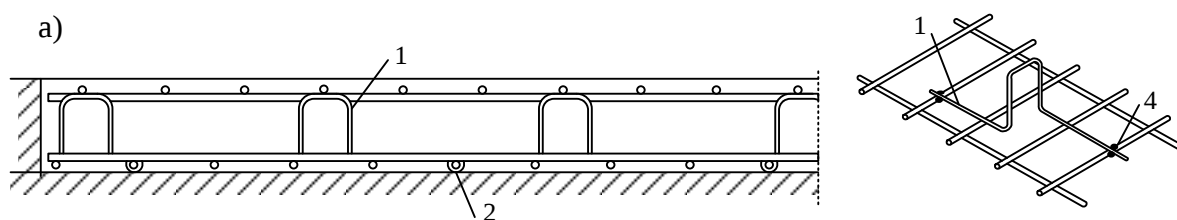
1) vienkartinio naudojimo fiksatoriais, kurie pasilieka betone (dažniausiai įvairios formos plastmasiniai dirbiniai);

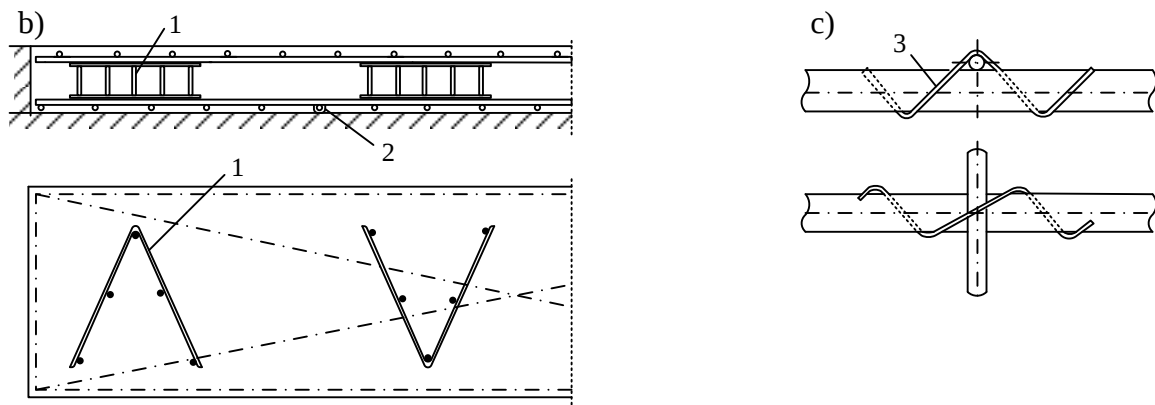
2) inventoriniais, kurie išimami iš betono jam visiškai ar ne visiškai sukietėjus;

3) specialiomis detalėmis, pritvirtinamomis prie klojinių paviršiaus, netrukdančiomis išimti gaminį iš klojinio arba išardyti klojinius.

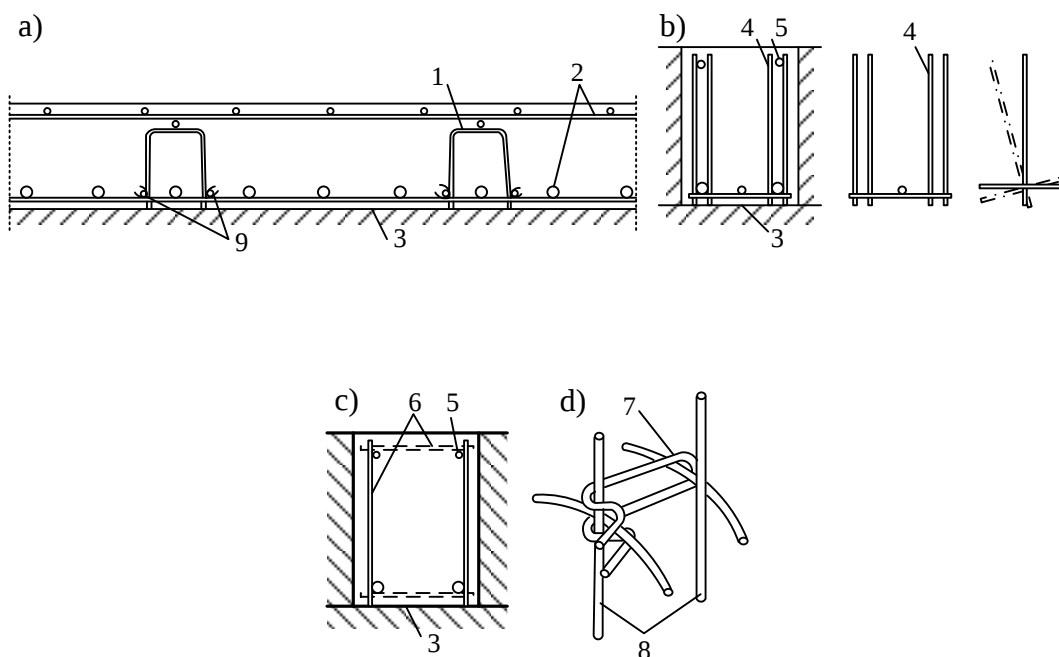
Pirmosios grupės fiksatoriai dažniausiai naudojami apsauginio betono sluoksnio garantavimui. Norint užtikrinti atstumus tarp atskirų armatūros dirbinių ar strypų, taip pat naudojami vienkartinio naudojimo fiksatoriai, pagaminti kaip specialūs armatūriniai strypai (8 pav.). Jeigu metalinės fiksatorių detalės neišeina į konstrukcijų paviršių ir nekoroduoja, fiksavimui gali būti naudojami armatūros strypai (9 pav.). Tai rekomenduojama nurodyti projekte.

Armatūros elementų padėties fiksatoriai turi užtikrinti jų padėtį per visą konstrukcijos gamybos laiką.





8 pav. Vienkartinio naudojimo fiksatoriai atstumams tarp armatūros elementų užtikrinti: a, b – tarp atskirų armatūros dirbinių; c – tarp armatūros strypų; 1 – atskyrėjas, statomas tarp tinklų sluoksnių; 2 – fiksatorius, liekantis betone (gali būti plastmasinis); 3 – persikertančių strypų fiksatorius (spiralė)



9 pav. Vienkartinio naudojimo fiksatoriai betono apsauginiam sluoksniui ir atskiriems armatūros elementams užtikrinti: a – plokštėse; b, c – stačiakampio skerspjūvio sijose; d – žiedinio skerspjūvio elementuose; 1 – II formos strypynas; 2 – armatūros tinklai; 3 – klojinio (formos) paviršius; 4 – šukų tipo strypynas-karkasas; 5 – plokštės armatūros strypynas; 6 – fiksatoriai – strypai papildomai privirinami prie strypyno; 7 – apkabos tipo fiksatorius; 8 – koncentriškai išdėstyti strypai; 9 – surišimo vieta

64. Darbo armatūros apsauginis betono sluoksnis turi užtikrinti armatūros ir betono bendrą darbą visose konstrukcijų darbo stadijose, taip pat apsaugoti armatūrą nuo atmosferos, agresyvios aplinkos, aukštos temperatūros ir panašių poveikių.

65. Darbo armatūros (neįtemptosios ir įtemptosios, įtempiamos į atsparas) apsauginio sluoksnio storis, mm, turi būti ne mažesnis kaip:

65.1. armatūros skersmuo (jei jis neviršija 40 mm);

65.2. užpildo grūdelio didžiausias matmuo (jei jis mažesnis kaip 32 mm);

65.3. užpildo grūdelio didžiausias matmuo plus 5 mm (jei jis didesnis kaip 32 mm);

65.4. surenkamuosiuose pamatuose – 30 mm;

65.5. monolitiniuose pamatuose su paruošiamuoju betono sluoksniu – 35 mm;

65.6. monolitiniuose pamatuose be paruošiamojo betono sluoksnio – 70 mm.

Vienasluoksnėse konstrukcijose iš lengvojo ir poringojo LC8/9 klasės betono apsauginio sluoksnio storis turi būti ne mažesnis kaip 20 mm, o išorinėms sienoms (be apdailos sluoksnio) – ne mažesnis kaip 25 mm.

Surenkamoms konstrukcijoms apsauginio betono sluoksnio storį, nurodytą 8 lentelėje, galima sumažinti 5 mm, bet jis turi būti ne mažesnis kaip 20 mm.

Mažiausias atstumas nuo išilginės armatūros strypų paviršiaus iki artimiausio betono paviršiaus (apsauginis betono sluoksnis), atsižvelgiant į naudojimo sąlygų klasę, pateiktas 8 lentelėje.

8 lentelė

Mažiausias leistinas apsauginio betono sluoksnio storis (mm)

Armatūros tipai	Naudojimo sąlygų klasės						
	XO	XC1	XC2, XC3, XC4	XD1, XD2, XD3, XF1, XF2, XF3, XF4	XA1	XA2	XA3
Neįtemptoji	20	25	30	40	25	30	40
Iš anksto įtemptoji	20	30	35	50	35	40	50

66. Skersinės, paskirstomosios ir konstrukcinės armatūros apsauginio betono sluoksnio storis turi būti ne mažesnis už armatūros skersmenį ir ne mažesnis kaip 15 mm, kai konstrukcija naudojama normaliomis ir mažai agresyviomis sąlygomis, atitinkančiomis XO, XC1, XA1 (žr. 8 lentelę) klases. Didėjant aplinkos agresyvumui, apsauginio betono sluoksnio storį kiekvienai agresyvumo klasei reikia padidinti 5 mm.

67. Apsauginio betono sluoksnio storis iš anksto įtemptųjų gelžbetoninių elementų galuose įtempių perdavimo zonos ilgyje turi būti ne mažesnis kaip:

67.1. strypinei armatūros, kurios $f_y = 600$ MPa ir $f_y = 550$ MPa, – $2\varnothing$;

67.2. strypinei armatūros, kurios $f_y = 800$ MPa ir $f_y = 1000$ MPa, – $3\varnothing$ ir ≥ 40 mm;

67.3. lynams – $2\varnothing$ ir ≥ 30 mm; (čia $\varnothing$ – mm).

Apsauginį betono sluoksnį atraminėje zonoje įtemptajai armatūrai su inkarais ir be jų galima imti tokį pat, kaip ir pjūviuose elemento tarpatramyje tokiais atvejais: iš anksto įtemptiesiems elementams, kai atraminė reakcija perduodama sutelktai, esant atraminėms plieninėms detalėms ir konstrukcinei armatūrai (suvirintinių skersinių tinklų arba armatūrą apgaubiančių apkabų); plokštėse, skyduose, paklotuose ir elektros linijų atramose, kai galuose įdedama papildoma skersinė armatūra (lovio pavidalo suvirintiniai tinklai arba uždaros apkabos).

Mažiausias atstumas nuo įtemptosios armatūros paviršiaus arba nuo kanalo krašto iki arčiausio betono paviršiaus, atsižvelgiant į naudojimo sąlygų klasę, elemento tarpatramio viduryje turi būti ne mažesnis už nurodytą 8 lentelėje.

68. Elementuose su įtemptąja išilgine armatūra, tempiama į betoną ir išdėstyta kanaluose, atstumas nuo elemento paviršiaus iki kanalo paviršiaus turi būti ne mažesnis kaip 40 mm ir ne mažesnis už kanalo plotį; šoninėms elementų briaunoms nurodytas atstumas, be to, turi būti ne mažesnis už pusę kanalo aukščio ir už reikšmės, nurodytas 8 lentelėje.

Kai įtemptoji armatūra yra išdėstyta išėmose arba elemento skerspjūvio išorėje, apsauginio betono sluoksnio, įrengiamo torkretuojant arba kitais būdais, storis turi būti ne mažesnis kaip 20 mm.

69. Ištininiai armatūros strypai, tinklai arba strypynai, išdėstyti per visą konstrukcijos ilgį ar plotį tam, kad juos būtų galima netrukdomai sudėti į klojinius, turi būti mažesnių matmenų už konstrukcijos, paisant pastarosios ilgio:

69.1. jei konstrukcijos ilgis 9 m – 10 mm;

69.2. jei konstrukcijos ilgis iki 12 m – 15 mm;

69.3. jei konstrukcijos ilgis didesnis nei 12 m – 20 mm.

70. Tuščiaavidurių žiedinio arba dėžinio skerspjūvio elementų atstumas nuo išilginės armatūros strypų iki betono vidinio paviršiaus turi atitikti 65 ir 66 punktų reikalavimus.

III skirsnis. Armatūros išdėstymas skerspjūvyje

71. Atstumas tarp armatūros strypų (arba kanalų apvalkų) turi būti toks, kad užtikrintų betono ir armatūros bendrą darbą, patogų betono mišinio klojimą ir tankinimą; iš anksto

įtemptosioms konstrukcijoms, be to, turi būti atsižvelgiama į betono vietinio gniuždymo (apspaudimo) laipsnį, įtempimo įrangos (domkratų, griebtuvų ir t. t.) matmenis.

Elementų, gaminamų vibruojamojo presavimo įrenginiuose arba naudojant adatinius vibratorius, atstumai tarp armatūros strypų turi būti tokie, kad tarp jų tilptų tokių įrenginių elementai arba vibratorių galvutės.

72. Atstumas tarp neįtemptosios arba įtemptosios į atsparas armatūros strypų, taip pat tarp gretimų plokščių virintinių strypynų išilginių strypų turi būti ne mažesnis už strypo didžiausią skersmenį ir:

72.1. jei strypai horizontalūs arba pasvirę betonavimo kryptimi – ne mažiau kaip:

72.1.1. apatinei armatūrai – 25 mm;

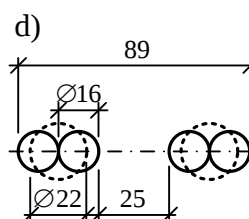
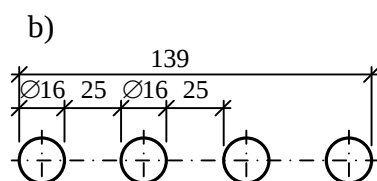
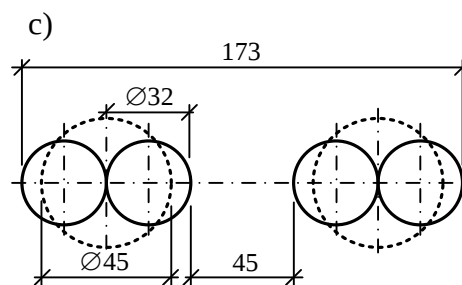
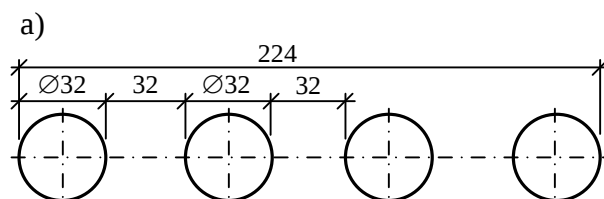
72.1.2. viršutinei armatūrai – 30 mm.

Jei apatinė armatūra sudėta daugiau negu dviem eilėmis pagal skerspjūvio aukštį, atstumas tarp strypų horizontaliaja linkme (išskyrus dviejų apatinių eilių strypus) turi būti ne mažesnis kaip 50 mm;

72.2. jei strypai yra vertikalios padėties – ne mažiau kaip 50 mm; jei užpildo frakcijos sistemingai kontroliuojamos, tai šis atstumas gali būti sumažintas iki 35 mm, bet ne mažesnis kaip pusantro didžiausio stambaus užpildo skersmuo. Jei strypus išdėstyti sunku dėl elementų mažų skerspjūvio matmenų, leidžiama armatūros strypus išdėstyti suglaustai poromis (be tarpo tarp jų) (žr. 73 punktą).

Atstumas prošvaisoje tarp briaunosios armatūros strypų imamas pagal nominalųjį skerspjūvį, neįvertinant iškišų briaunų.

73. Jei yra labai tankus armavimas, leidžiama strypus išdėstyti poromis be tarpo tarp jų (10 c, d pav.).



10 pav. Apatinės eilės strypų išdėstymo poromis schemas: a, b – strypų išdėstymas po vieną; c, d – strypų išdėstymas poromis. Punktyru pavaizduoti sąlyginiai strypai – ekvivalentiniai porai

Leidžiama išdėstyti ir didesnėmis grupėmis, kurių sunkio centro linija turi būti kaip ir pavienių strypų ir grupės ekvivalentinis skersmuo

$$\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm}, \quad (3.1)$$

čia n_b – strypų grupėje skaičius, kuris gali būti: $n_b \leq 4$ – kai grupuojama vertikalūs gniuždomi strypai ir $n_b \leq 3$ – kitais atvejais.

Porų sąlyginis skersmuo, nustatant užinkaravimo ilgį, taip pat skaičiuojant plyšių atsivėrimą, apskaičiuojamas taip:

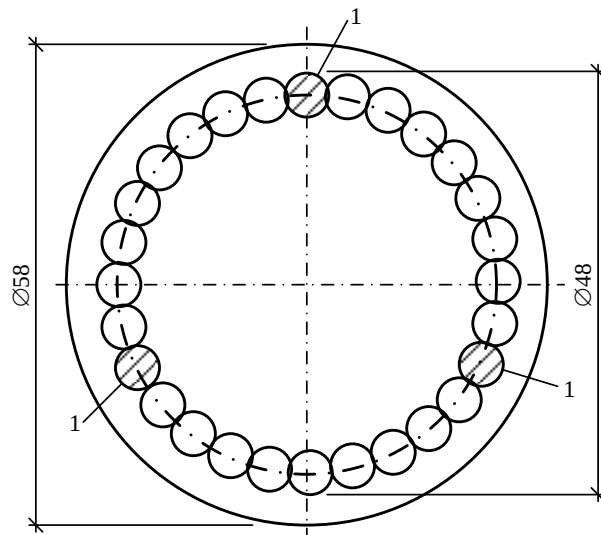
$$\varnothing_n = \sqrt{\varnothing_1^2 + \varnothing_2^2 - a^2}, \quad (3.2)$$

čia $\varnothing_1^2, \varnothing_2^2$ – suporintų strypų skersmenys; a – atstumas tarp strypų.

Atstumas tarp rumbuotosios armatūros strypų prošvaisoje priimamas pagal nominalųjį skersmenį neišskaitant briaunų išsikišimo.

Komponuojant armatūros strypų išdėstymą skerspjuvyje esant tankiam išdėstymui, reikia priimti strypų skersmenį įvertinant iškišų briaunas ir leidžiamas strypų virintų tinklų ir strypynų, įdėtinių detalių, formų ir kt. nominaliųjų matmenų nuokrypas.

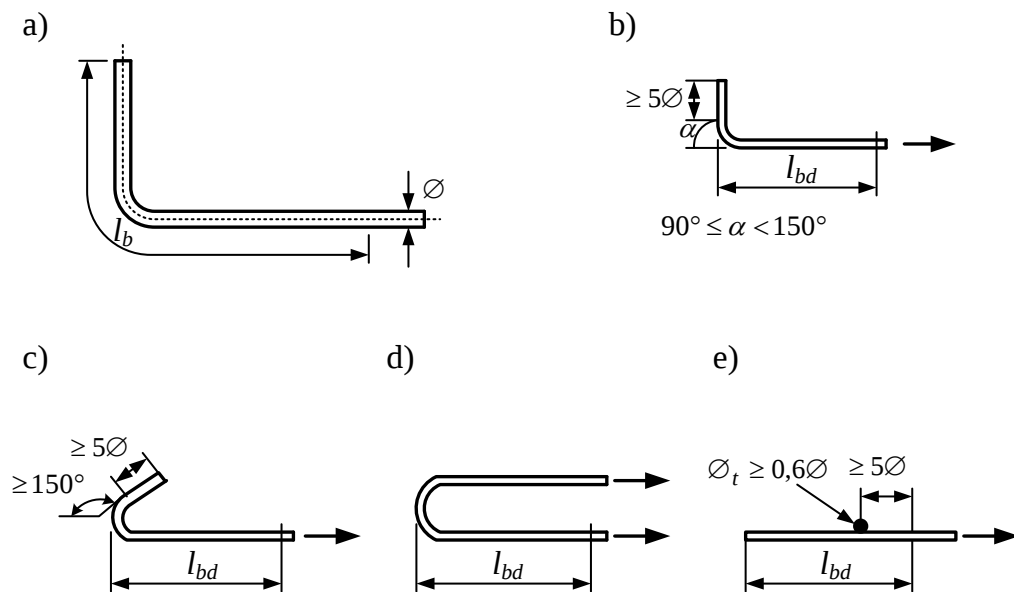
74. Kai iš anksto įtemptoji armatūra išdėstoma kanaluose (įtempiant ją į betoną), atstumas tarp kanalų prošvaisoje turi būti ne mažesnis kaip kanalo skersmuo ir ne mažesnis kaip 50 mm. Injektuojant kanalą per angas inkaruose, vielos arba jų grupės pluošte išdėstomos apskritimu (11 pav.). Vidinis kanalo skersmuo turi viršyti pluošto skersmenį ne mažiau kaip 5 mm. Kitais atvejais vidinis kanalo skersmuo turi būti 15 mm didesnis už pluošto (lyno) skersmenį.



11 pav. Kanalo su 24Ø5 vielų pluoštu skerspjūvis, kai injektuojama per skylę inkare

IV skirsnis. Armatūros inkaravimas

75. Rumbuotosios ir lygiosios armatūros strypai virintiniuose strypynuose ir tinkluose naudojami be kablių. Tempiamieji lygūs strypai rištuose tinkluose ir strypynuose turi turėti kilpas, kablius ar privirintą skersinį strypą (žr. 12 pav.).



12 pav. Lygios armatūros strypų inkaravimo būdai: a, b – nevisiškai užlenkiant, c – visiškai užlenkiant, d – kilpos formos, e – privirinant skersinį strypą

76. Išilginiai tempiamosios ir gniuždomosios armatūros strypai turi būti užleisti už elemento normalinio pjūvio, kuriame jų skaičiuotinis stipris visiškai išnaudojamas ilgiu, ne mažesniu už l_{bd} , apskaičiuojamu pagal formulę

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 l_b \geq l_{b,\min}, \quad (3.3)$$

čia $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – koeficientai, kurių reikšmės imamos iš 9 lentelės; l_b – bazinis inkaravimo ilgis, apskaičiuojamas pagal (3.6) formulę; $l_{b,\min}$ – mažiausias inkaravimo ilgis.

Mažiausias inkaravimo ilgis $l_{b,\min}$ imamas:

76.1. tempiamiesiems strypams

$$l_{b,\min} > \max \{0,6l_b; 15\varnothing, 100 \text{ mm}\}, \quad (3.4)$$

76.2. gniuždomiesiems strypams

$$l_{b,\min} > \max \{0,3l_b; 15\varnothing, 100 \text{ mm}\}. \quad (3.5)$$

Rumbuotosios armatūros strypams (3.3) formulėje koeficientų sandauga $\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \geq 0,7$.

9 lentelė

Koeficientų $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ir α_5 reikšmės

Veiksniai	Inkaravimo sąlygos	Armatūra
-----------	--------------------	----------

		tempiamoji	gniuždomoji
Strypo forma	tiesusis	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	kitoks (žr. 12 b, c, d pav.)	$\alpha_1 = 0,7$, kai $c_d > 3\varnothing$ $\alpha_1 = 1,0$ (žr. 13 pav.)	$\alpha_1 = 1,0$
Apsauginis sluoksnis	lygusis	$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - \varnothing)/\varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	rumbuotasis (žr. 12 b, c, d pav.)	$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - 3\varnothing)/\varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (žr. 13 pav.)	$\alpha_2 = 1,0$
Skersinė armatūra neprivirinta prie išilginės	Visų tipų	$\alpha_3 = 1 - K \lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Skersinė armatūra privirinta prie išilginės	Visų tipų, padėčių ir dydžių, kaip nurodyta 12 e pav.	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Esant skersiniam apspaudimui	Visų tipų	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	–

$$\lambda = (\sum A_{sw} - \sum A_{sw,min}) / A_s$$

$\sum A_{sw}$ – skersinių strypų skaičiuotiniame inkaravimo ilgyje l_{bd} suminis skerspjūvio plotas;

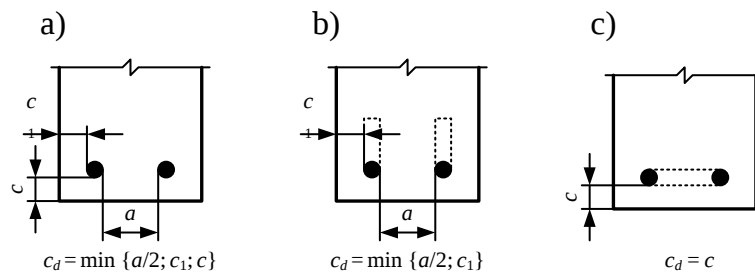
$\sum A_{sw,min}$ – mažiausias skersinių strypų skerspjūvio plotas, imamas lygus $0,25A_s$ sijoms ir 0 – plokštėms;

A_s – vieno inkaruojančiojo strypo didesnio skersmens skerspjūvio plotas;

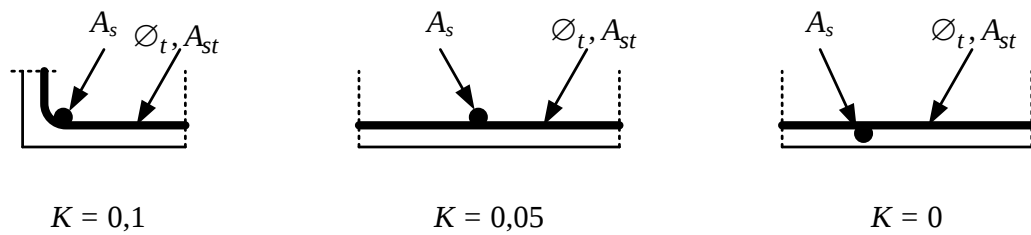
p – slėgis (MPa), veikiantis statmenai inkariniam strypui ir inkaravimosi ilgiu l_{bd} ;

c_d – skaičiuotinio apsauginio sluoksnio storio reikšmė, imama iš 13 pav.;

K – reikšmės pateiktos 14 pav.



13 pav. Apsauginio sluoksnio skaičiuotinis storis c_d : a – lygiesiems strypams; b – atlenktiesiems strypams ir kabliams; c – kilpoms



14 pav. Koeficiento K reikšmės sijoms ir plokštėms

Bazinis inkaravimo ilgis l_b apskaičiuojamas taip:

$$l_b = \frac{\sigma_{sd}}{4} \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}, \quad (3.6)$$

čia σ_{sd} – skaičiuotiniai armatūros įtempiai pjūvyje, kuriame apskaičiuojamas inkaravimo ilgis.

Skaičiuotiniai armatūros įtempiai σ_{sd} apskaičiuojami:

$$\sigma_{sd} = \frac{M}{z}, \quad (3.7)$$

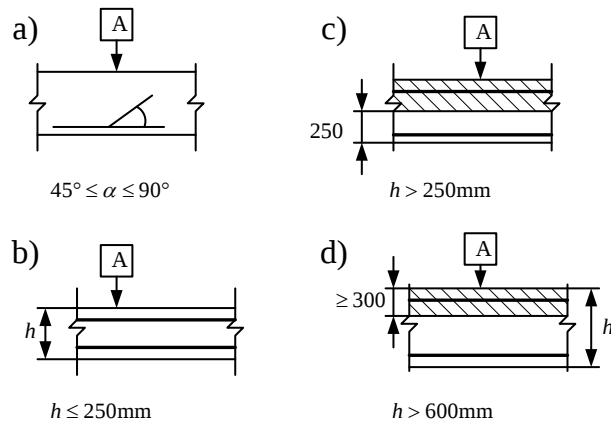
čia M – lenkimo momentas pjūvyje, kuriame apskaičiuojamas inkaravimo ilgis; z – vidinių jėgų petys imamas $z = 0,9d$.

f_{bd} – armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai, nustatomi pagal formulę

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd},$$

čia f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris (kai $\gamma_c = 1,5$).

$f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,7 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$. Betonams, kurių $f_{ck} > 55$ MPa, skaičiuotinį stiprį f_{ctd} imti kaip betonui $f_{ck} = 55$ MPa. η_1 – koeficientas, įvertinantis armatūros padėtį betonavimo metu ir sukibimo sąlygas; $\eta_1 = 0,70$, išskyrus atvejus, nurodytus 15 pav.



15 pav. Atvejai, kuriems esant koeficientas $\eta_1 = 1,0$.

A – betonavimo kryptis, sukibimo sąlygos geros

η_2 – koeficientas, įvertinantis strypo skersmens įtaką, imamas,

kai $\varnothing \leq 32 \text{ mm}$, $\eta_2 = 1,0$;

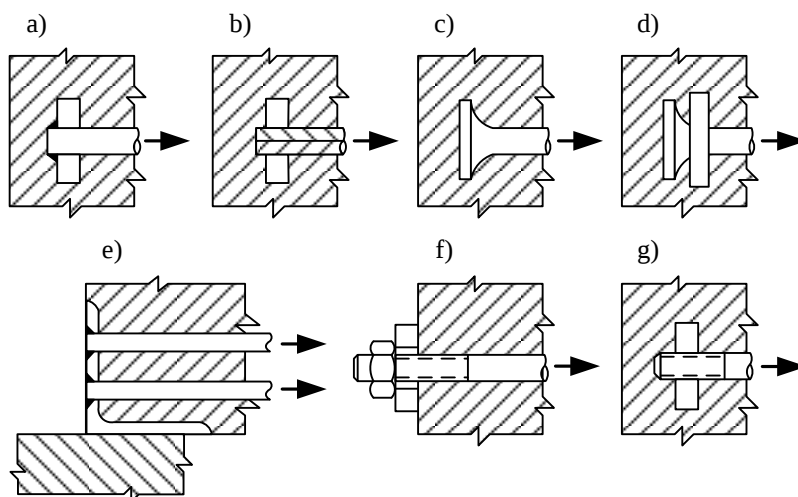
kai $\varnothing > 32 \text{ mm}$, $\eta_2 = \frac{(132 - \varnothing)}{100}$.

77. Kai inkariniai strypai imti su atsarga skaičiuotinės laikomosios galios požiūriu, inkaravimosi ilgį l_{bd} , apskaičiuotą pagal (3.3) formulę, leidžiama sumažinti dauginant iš santykio, reikiamo pagal skerspjūvio ploto su faktiniu strypo skerspjūvio plotu apskaičiavimus.

Jeigu apskaičiuojant nustatyta, kad išilgai inkaruojamų strypų tempiamajame betone susidaro plyšių, tai strypai turi būti inkaruojami betono gniuždomojoje zonoje ilgiu l_{bd} , apskaičiuojamu pagal (3.3) formulę.

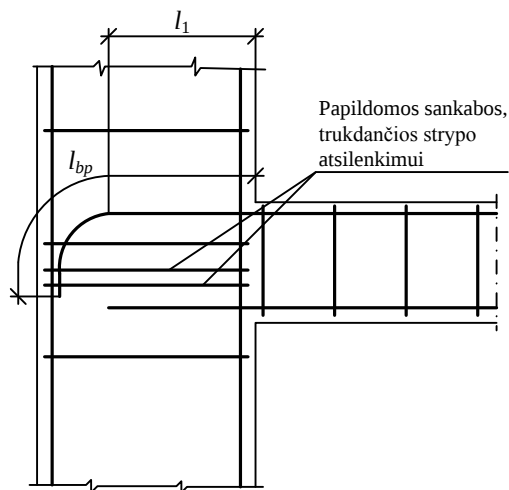
78. Jeigu negalima įvykdyti armatūros užinkaravimo reikalingu strypo ilgiu, galima naudoti kitus būdus armatūros užinkaravimui:

78.1. Armatūros strypų galuose daryti specialius plokštelių, poveržlių, veržlių, kampučių, suformuotų galvučių inkarus (16 pav.). Šiuo atveju turi būti patikrinta betono stipris glemžimui, o plokštelės storis turi būti ne mažesnis 1/5 pločio ir tenkinti privirinimo sąlygas. Taip pat strypo įleidimo ilgis turi būti toks, kad neišplėštų betono ir ne mažiau kaip $10\varnothing$.



16 pav. Armatūros inkaravimas padarant strypų galuose specialius inkarus: a – privirinant plokšteles; b – užpresuojant plokšteles; c – suformuojant galvutę; d – suformuojant galvutę su poveržle; e – privirinant kampuočius; f – veržlė su poveržle; g – veržlė

78.2. Atlenkiant užsiinkaruojantį strypą 90° kampu ir lenkiant ne mažesniu kaip $10\varnothing \left(1 - \frac{l_1}{l_{bp}}\right)$ spinduliu. Atlenkimo ruože dedamos papildomos sankabos (17 pav.).



17 pav. Armatūros inkaravimas ją atlenkiant

78.3. Privirinant skersinės armatūros strypus inkaruojamos armatūros užleidimo zonoje.

Šiuo atveju inkaravimo ilgis sumažinamas dydžiu $\Delta l_{bp} = l_{bp} \frac{0,7n_w\varphi_w\varnothing_w^2 f_{ctd}}{f_{yd} A_s}$ ir priimama ne

daugiau kaip $0,8 f_{yd} \varnothing_w^2 n_w$. Čia n_w – privirinamų skersinių strypų skaičius inkaruojant ilgyje, φ_w – koeficientas, priklausantis nuo privirinamų strypų skersmens ir priimamas iš 10 lentelės; $\varnothing_w$ – privirinamų strypų skersmuo.

10 lentelė

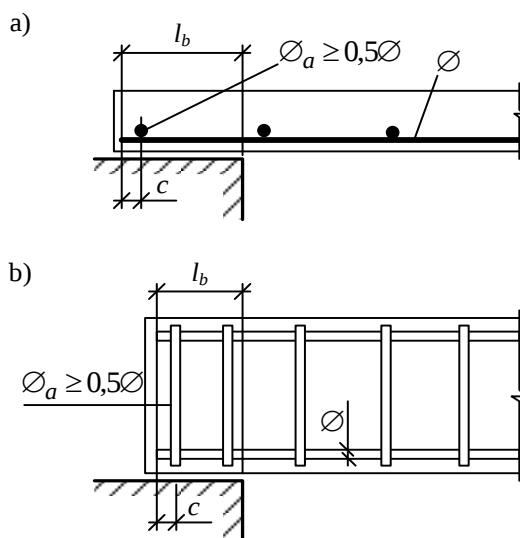
Koeficiento φ_w reikšmės

$\varnothing_w$	6	8	10	12	14
φ_w	200	150	120	100	80

79. Jeigu išilginės lenkiamų elementų armatūros strypai, einantys iki kraštinių laisvų atramų, neturi specialių inkarų ir neprivirinami prie atraminių įdėtinių detalių, tai reikia laikytis tokių nurodymų:

79.1. jeigu yra tenkinami reikalavimai skersinei jėgai, kai nėra skersinės armatūros, tai užleidimo l_b ilgis už atramos vidinės pusės krašto turi būti ne mažiau $5\varnothing$, kai virintinis strypynas ir tinklai yra iš lygios armatūros, tai prie kiekvieno tempiamojo išilginio strypo turi

būti privirintas ne mažiau kaip vienas skersinis inkaruojantis strypas, kurio skersmuo ne mažesnis kaip $0,5\varnothing$ išilginės armatūros skersmens (18 pav.).



18 pav. Papildomas išilginės armatūros inkaravimas, privirinant skersinius strypus: a – plokštėse;

b – sijose. Atstumas $c \leq 15 \text{ mm}$, kai $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ir $c \leq 1,5\varnothing$, kai $\varnothing > 10 \text{ mm}$

79.2. Jeigu skersinė armatūra reikalinga pagal skaičiavimus, strypų užleidžiamas ilgis už vidinio krašto l_b turi būti ne mažesnis kaip $10\varnothing$, kai lygūs strypai ir prie kiekvieno išilginės armatūros strypo turi būti privirinami ne mažiau kaip du skersiniai inkaruojantys strypai, kurių skersmuo $\varnothing_a = 0,5\varnothing$.

80. Įdėtinių detalių tempiamųjų inkarinių strypų, inkaruotų tempiamajame arba gniuždomajame betone, kai $\sigma_{cd}/f_{cd} > 0,75$ arba $\sigma_{cd}/f_{cd} < 0,25$, ilgis apskaičiuojamas pagal [68] punkto nurodymus kaip tempiamiesiems strypams, kitais atvejais – pagal [68] punktą kaip gniuždomiesiems strypams.

Čia σ_{cd} – betono gniuždomieji įtempiai, veikiantys statmenai inkariniam strypui ir apskaičiuojami kaip tampriai ekvivalentiniam skerspjuviui, veikiant pastoviajai apkrovai ir esant patikimumo koeficientui $\gamma_G = 1$.

Inkarus iš lygiosios armatūros galima naudoti tik tuo atveju, kai jų galuose yra privirintos plokštelės, armatūros skersiniai trumpainiai ar suformuotos galvutės. Šių inkarų ilgis apskaičiuojamas pagal betono atsparumą išplėšimui ir glemžimui.

Konstrukcinėms detalėms leidžiama naudoti inkarus, kurių galuose suformuoti kabliai.

81. Armatūros strypai, nutraukiami tarpatramyje, turi būti pratęsiami už teorinio armatūros nutraukimo pjūvio:

81.1. gniuždomojoje zonoje ne mažiau kaip $20\varnothing$ ir ne mažiau kaip 250 mm;

81.2. tempiamojoje zonoje ne mažiau kaip $0,5h + 20\varnothing$ ir ne mažiau kaip l_{bd} (čia h – konstrukcijos skerspjūvio aukštis teorinio armatūros nutraukimo pjūvyje).

82. Užtikrinant visų išilginės armatūros strypų, užleidžiamų už atramos, inkaravimą, turi būti paisoma šių reikalavimų:

82.1. jeigu elementų skersinė armatūra dedama konstruktyviai, tempiamųjų strypų užlaidos už laisvųjų atramų vidinio krašto ilgis turi būti ne mažesnis kaip $5\varnothing$;

82.2. jeigu skersinė armatūra parenkama skaičiavimais skersinei jėgai atlaikyti, tempiamųjų strypų užlaidos už laisvųjų atramų vidinio krašto ilgis turi būti ne mažesnis kaip:

82.2.1. $15\varnothing$, kai užleidžiamos armatūros strypų skerspjūvio plotas ne mažesnis kaip $1/3$ tarpatramio armatūros ploto, apskaičiuoto pagal didžiausią lenkimo momentą;

82.2.2. $10\varnothing$, kai užleidžiamos armatūros skerspjūvio plotas lygus $2/3$ tarpatramio armatūros ploto.

Strypų užlaidos už atramos vidinės briaunos ilgis imamas mažesnis už šio punkto reikalaujamą, jei dydis $l_{bd} < 10\varnothing$, ir imamas lygus l_{bd} , bet ne mažesnis kaip $5\varnothing$. Šiuo atveju, taip pat strypų galus privirinus prie patikimai inkaruotų įdėtinių detalių, išilginės armatūros skaičiuotinis stipris atraminiame ruože nemažinamas.

83. Armatūros, įtempiamos į atsparas, skaičiuotinis inkaravimosi ilgis apskaičiuojamas taip:

$$l_{bpd} = 1,2l_{pt2} + \alpha_2 \varnothing (\sigma_{pd} - \sigma_{p\infty}) / f_{bpd} , \quad (3.8)$$

čia σ_{pd} – armatūros įtempiai, kurie apskaičiuojami nuo apkrovos (M_{Ed}) ir papildomos tempimo jėgos (ΔF_{td}) armatūroje, kurią sukelia skersinė jėga V_{Ed} :

$$\Delta F_{td} = 0,5V_{Ed} (\operatorname{ctg}\Theta - \operatorname{ctg}\alpha) . \quad (3.9)$$

Čia Θ – įstrižo plyšio kampas; α – skersinės armatūros arba atlenktų strypų kampas.

Bendra tempimo jėga, sukelianti įtempius σ_{pd} yra $M_{Ed}/z + \Delta F_{td}$, bet priimama ne didesnė už $\frac{M_{Ed, \max}}{z}$, čia $M_{Ed, \max}$ – didžiausias lenkimo momentas sijoje; z – vidinių jėgų petys ir gali būti priimamas lygus $0,9d$.

$\sigma_{p\infty}$ – išankstiniai armatūros įtempiai įvertinus visus įtempių nuostolius; l_{pt2} – įtempių perdavimo zonos bazinis ilgis, apskaičiuojamas taip:

$$l_{pt2} = \alpha_1 \alpha_2 \varnothing \frac{\sigma_{pi}}{f_{bpt}}, \quad (3.10)$$

α_1 koeficientas, imamas: $\alpha_1 = 1$, kai apgniuždoma pamažu, ir $\alpha_1 = 1,25$, kai apgniuždoma staiga; α_2 koeficientas imamas: $\alpha_2 = 0,25$, kai naudojami didelio stiprio armatūros strypai ir viela;

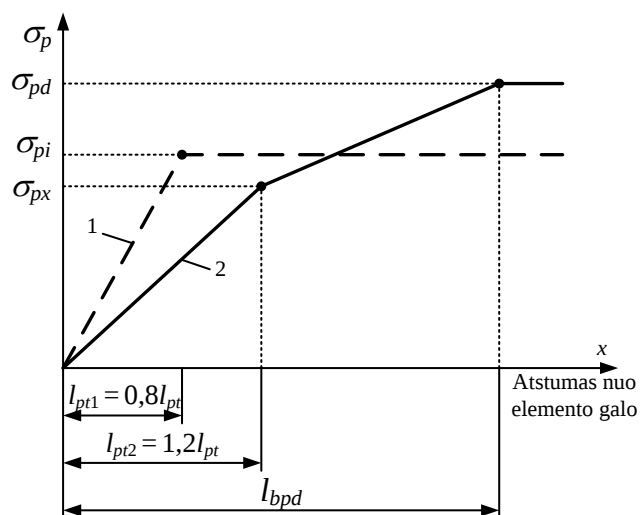
$\alpha_2 = 0,19$ – lyninei armatūrai; σ_{pi} – armatūros įtempiai atleidus ją nuo atsparų; f_{bpt} – armatūros ir betono sankibos įtempiai, apskaičiuojami pagal formulę

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd}(t), \quad (3.11)$$

čia η_{p1} – koeficientas, imamas lygus: didelio stiprio vielinei armatūrai ir rumbuotajai strypinei armatūrai $\eta_{p1} = 2,7$ ir $\eta_{p1} = 3,2$ – lyninei armatūrai; η_1 – koeficientas, imamas pagal 74 p.; f_{bpd} – armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai, apskaičiuojami taip:

$$f_{bpd} = \eta_{p2} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd}, \quad (3.12)$$

čia η_{p2} – koeficientas, įvertinantis strypų tipą, sankibos sąlygas, imamas lygus: $\eta_{p2} = 1,4$ – didelio stiprio vielai ir rumbuotajai strypinei armatūrai; $\eta_{p2} = 1,2$ – lyninei armatūrai.



19 pav. Armatūros, įtempiamos į atsparas, įtempių pasiskirstymas inkaravimosi zonoje

V skirsnis. Elementų išilginis armavimas

84. Gelžbetoninių elementų išilginės armatūros skerspjūvio plotas turi būti ne mažesnis už nurodytą 11 lentelėje.

11 lentelė

Gelžbetoninių elementų mažiausias išilginės armatūros kiekis skerspjūvyje

Armatūros darbo sąlygos	Gelžbetoninių elementų išilginės armatūros mažiausias kiekis, % betono skerspjūvio ploto
1. Lenkiamųjų elementų, taip pat ir ekscentriškai tempiamųjų elementų, kai tempiamoji jėga veikia už skerspjūvio naudingo aukščio ribų, armatūra S_1	0,05
2. Ekscentriškai tempiamųjų elementų, kai tempiamoji jėga veikia tarp armatūrų S_1 ir S_2	0,05
3. Centriškai tempiamųjų elementų	0,2
4. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų armatūra S_1 ir S_2 , kai	
$l_0/i < 17$	0,05
$17 \leq l_0/i \leq 35$	0,10
$35 < l_0/i \leq 83$	0,20
$l_0/i > 83$	0,25

Pastaba. Lentelėje pateiktas armatūros kiekis nustatomas pagal betono skerspjūvio plotą, lygų stačiakampio arba tėjinio (dvitėjo) skerspjūvio briaunos pločio ir skerspjūvio naudingojo aukščio d sandaugai. Kai išilginė armatūra išdėstyta tolygiai pagal skerspjūvio kontūrą, taip pat ekscentriškai tempiamiesiems elementams imamas visas betono skerspjūvio plotas.

Elementams, kuriuose išilginė armatūra išdėstyta tolygiai pagal skerspjūvio kontūrą, taip pat centriškai tempiamiesiems elementams mažiausias visos armatūros skerspjūvio plotas turi būti imamas dvigubai didesnis nei nurodyta 11 lentelėje.

Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose, kurių laikomoji galia esant skaičiuotiniam ekscentricitetui išnaudojama mažiau nei 50%, nepaisant elemento liaunio armatūros S_1 ir S_2 kiekis imamas lygus 0,05.

Reikalavimai, pateikti 11 lentelėje, netaikomi armatūrai, apskaičiuojamai elementų transportavimo ir montavimo stadijai. Šiuo atveju armatūros kiekis apskaičiuojamas pagal stiprumą. Jei skaičiavimais nustatoma, kad elemento laikomoji galia išnaudojama kartu su plyšių susidarymu tempiamosios zonos betone, tai armatūros kiekis padidinamas 15%.

Šio punkto reikalavimai netaikomi parenkamai armatūrai, išdėstomai plokštėse pagal jų kontūrą ir lenkimą plokštės plokštumoje.

Didžiausias armatūros kiekis skerspjūvyje neatsižvelgiant į armatūros tipą ir betono klasę neturi būti didesnis nei 5% kolonomis ir 4% – kitoms konstrukcijoms. Elementams armuoti neįtemptąją armatūra naudotina armatūra, kurios takumo įtempiai $f_{yd} = 400, 500$ ir 600 MPa. Armatūrą, kurios takumo riba $f_{yd} = 240$ MPa, naudoti išilginiam armavimui tik atitinkamai pagrindus.

85. Gniuždomųjų elementų išilginės armatūros skersmuo, mm, neturi būti didesnis betonui:

85.1. sunkiajam ir smulkiagrūdžiam $< C20/25 - 40,$

85.2. lengvajam $LC12/13 - 16,$

$LC12/13 - LC20/22 - 25,$

$LC25/28 - 40.$

86. Lenkiamųjų elementų iš lengvojo betono armatūros, kurios $f_y = 500$ MPa ir žemesnės klasės, išilginių strypų skersmuo, mm, neturi būti didesnis betonui:

86.1. $\leq LC 12/13 - 16,$

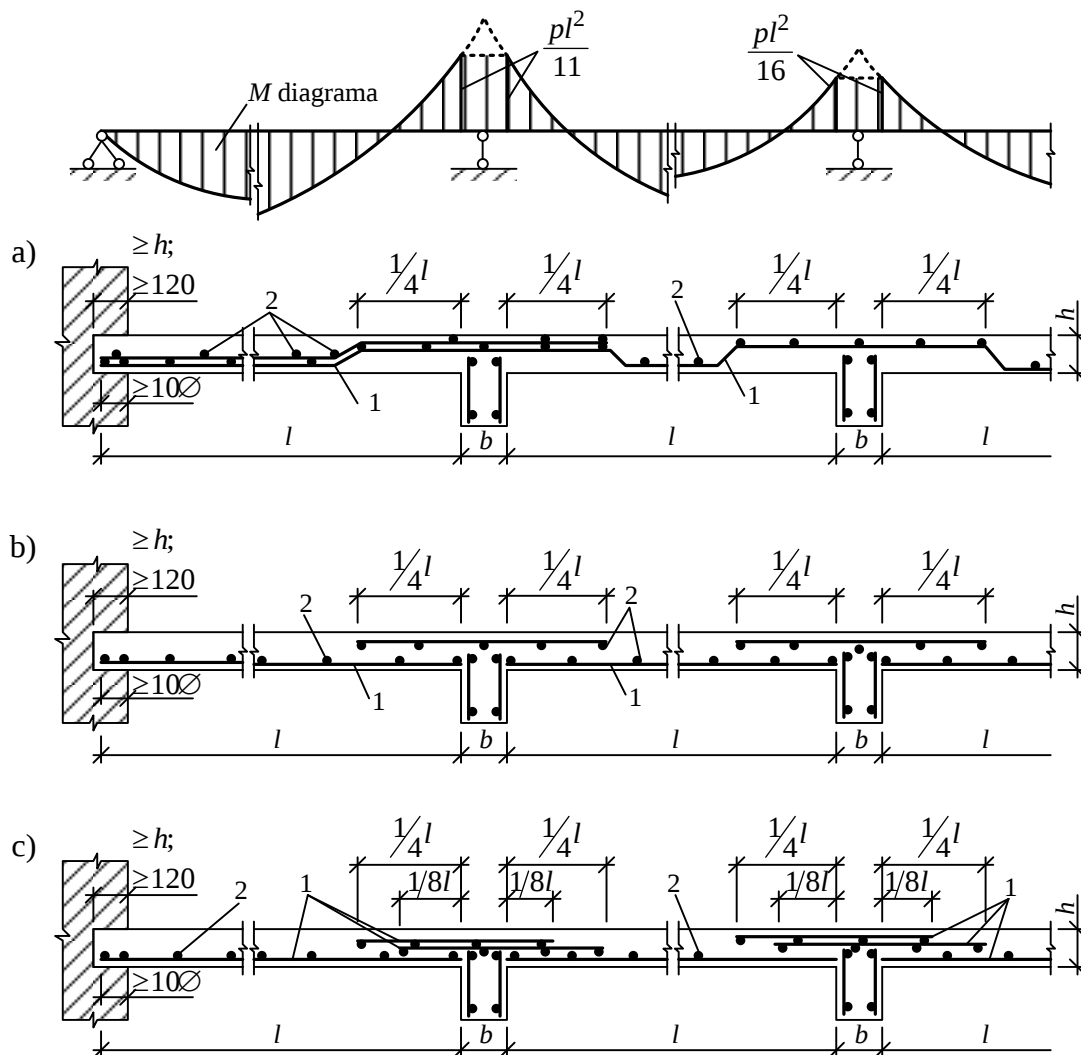
86.2. $LC 16/18 - LC 20/22 - 25,$

86.3. $\geq LC 25/28 - 32.$

Armatūros su aukštesniais takumo įtempiais didžiausi skersmenys turi būti suderinti nustatyta tvarka.

Ekscentriškai gniuždomųjų monolitinio gelžbetonio konstrukcijų elementų išilginių strypų skersmuo turi būti ≥ 12 mm.

87. Armatūra plokštėse išdėstoma atsižvelgiant į atrėmimo sąlygas ir įrašas. Jeigu momentai veikia tik viena kryptimi, tai šia kryptimi yra dedama darbo armatūra, o jai statmena – paskirstomoji. Darbo armatūra išdėstoma ne rečiau kaip kas 200 mm, o paskirstomoji – ne rečiau kaip kas 300 mm. Monolitinėse plokštėse armatūros padėtis ties anga ir atramomis priklauso nuo lenkimo momentų diagramos (20 pav.).

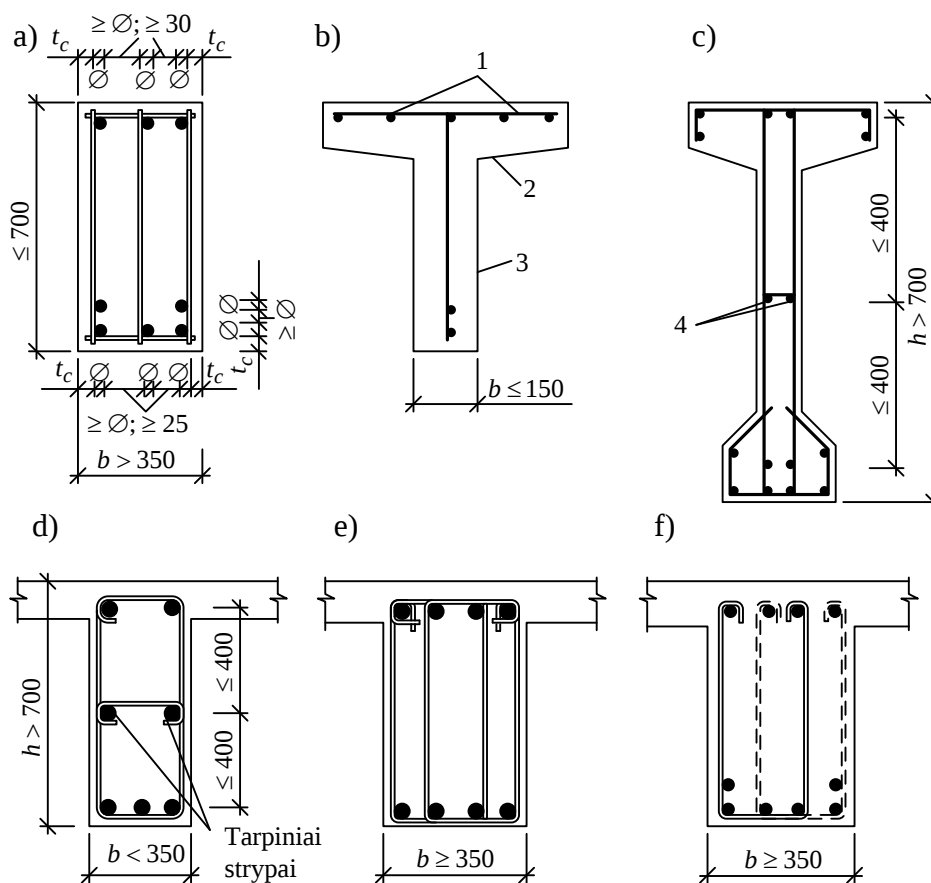


20 pav. Armatūros išdėstymo schemas monolitinėse gelžbetoninėse plokštėse: a – armavimas ritininiais tinklais; b, c – armavimas plokščiaisiais tinklais

Sudurti armatūros tinklus nerekomenduojama tose plokštės zonose, kuriose panaudojamas visas tempiamos armatūros stiprumas.

88. Armatūros išdėstymas sijose be kitų bendrųjų reikalavimų priklauso ir nuo skerspjūvio matmenų: pločio ir aukščio.

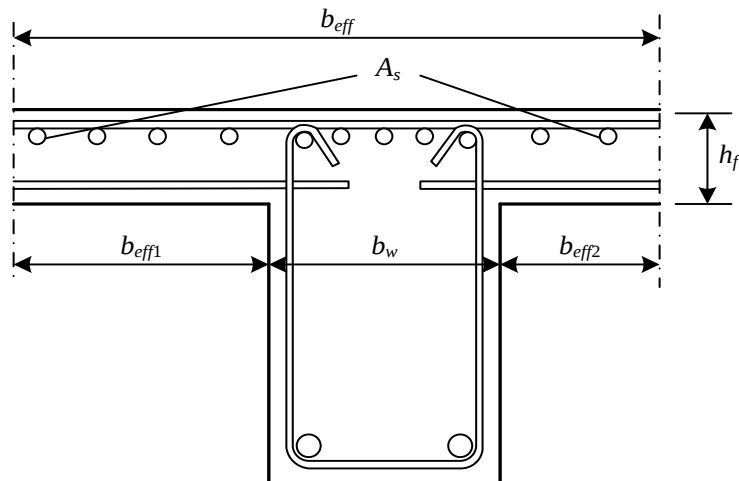
Sijų skerspjūvio aukštis h priklauso nuo apkrovos didumo, tarpatramio, konstrukcijos tipo ir kitų veiksnių. Jis būna lygus $\frac{1}{20} - \frac{1}{10}$ skaičiuojamojo sijos tarpatramio. Skerspjūvio plotis $b = \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{2}\right)h$. Sijos armuojamos virintiniais arba rištiniais strypynais.



21 pav. Armatūros išdėstymas įvairios formos skerspjūviuose: a, b, c – armuota virintiniais strypynais; d, e, f – armuota rištiniais strypynais; 1 – plokščias strypynas (tinklo juosta); 2 – sijos lentyna; 3 – sijos sienelė; 4 – tarpiniai strypai

Kai sijos skerspjūvio aukštis $h > 700$ mm, prie plokščiųjų strypynų tvirtinami tarpiniai strypai ne rečiau kaip kas 400 mm (21 c pav.). Tokio strypo skerspjūvio plotas turi būti ne mažesnis kaip 0,1% sienelės ploto, kurį sudaro atstumas tarp tarpinių strypų pagal aukštį ir pusė sienelės pločio, ne didesnio kaip 200 mm.

89. Monolitinėse nekarpytose sijose ties atramomis pagrindinė darbo armatūra išdėstoma lentynos efektyviajame plotyje. Dalis jos gali būti sutelkta sankabos pločio ruože (22 pav.).



22 pav. Tempiamosios armatūros išdėstymas monolitinės perdangos sijos lentynų efektyviajame plotyje

90. Sijose, kurių plotis > 150 mm, ne mažiau kaip du išilginės darbo armatūros strypai turi būti užleidžiami už atramos. Šios armatūros kiekis turi būti $\geq 50\%$ skaičiuotinio armatūros skerspjūvio. Surenkamųjų plokščių, pakloto, tankiabriaunių plokščių ir pan. briaunose, kurių plotis ≤ 150 mm, leidžiama užleisti už atramos vieną darbo armatūros strypą.

Plokštėse atstumas tarp darbo armatūros strypų atramoje turi būti ne didesnis kaip 400 mm, be to, šių strypų skerspjūvio plotas 1 m pločio ruože turi būti ne mažesnis kaip $1/3$ armatūros skerspjūvio ploto, apskaičiuoto pagal didžiausią lenkiamąjį momentą elemento tarpatramyje.

Iš anksto įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtose (su apvaliomis kiaurymėmis) plokštėse, kurių aukštis ≤ 300 mm, atstumas tarp įtemptosios armatūros atramoje gali būti padidintas iki 600 mm, jei normalinių skerspjūvių, plyšių susidarymo momentas M_{crc} , apskaičiuojamas pagal (2.9) formulę, yra ne mažesnis kaip 80% momento, kurį sukelia išorinė apkrova su apkrovos patikimumo koeficientu $\gamma_f = 1,0$.

Nekarpytąsias plokštes armuojant ritininiais tinklais, leidžiama ties tarpinėmis atramomis visus apatinės zonos strypus atlenkti į viršutinę zoną.

Atstumas tarp darbo armatūros strypų ašių plokštės tarpatramio viduryje ir virš atramų (viršuje) turi būti ne didesnis kaip 200 mm, kai plokštės storis < 150 mm, ir ne didesnis kaip $1,5 h$, kai plokštės storis > 150 mm; čia h – plokštės storis.

91. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų atstumas tarp išilginės armatūros strypų ašių statmena lenkimo plokštumai linkme turi būti ne didesnis kaip 400 mm, o lenkimo plokštumos linkme – ne didesnis kaip 500 mm.

92. Ekscentriškai gniuždomų elementų, kurių laikomoji galia, įvertinant priimtą jėgos pridėties ekscentricitetą, išnaudojama mažiau kaip 50 %, taip pat elementų, kurių liaunis $l_0/i < 17$ (pvz., pakoloniuose), kai gniuždomoji armatūra skaičiavimams nereikalinga, o tempiamosios armatūros kiekis neviršija 0,3 % pagal kraštines, lygiagrečias lenkimo plokštumas, leidžiama nedėti išilginės ir skersinės armatūros, reikalingos pagal 61, 66 ir 67 punktų reikalavimus. Šiuo atveju pagal kraštines, statmenas lenkimo plokštumai, išdėstomi virintiniai armatūros strypynai arba tinklai, imant apsauginio betono sluoksnio storį ne mažesnį kaip 50 mm ir ne mažesnį už dvigubą išilginės armatūros skersmenį ($\geq 2\varnothing$; čia $\varnothing$ – išilginės armatūros skersmuo).

93. Konstruojant kolonas, jų skerspjūvis priimamas toks, kad liaunis l_0/i bet kuria kryptimi nebūtų didesnis:

93.1. Gelžbetoninių pastatų kolonoms – 120 (stačiakampio skerspjūvio $l_0/h \leq 35$), kitoms kolonoms – 200 ($l_0/h \leq 57$).

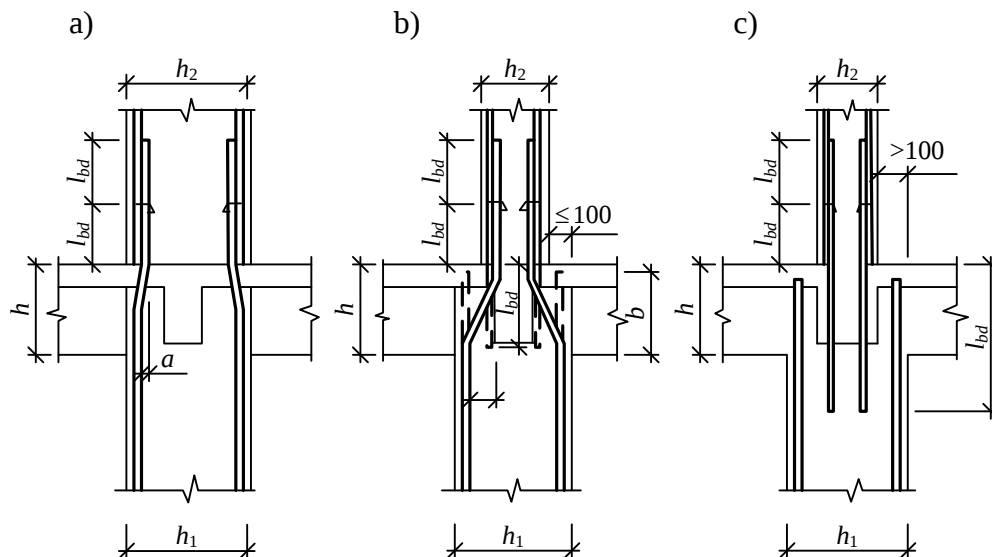
93.2. Betoninėms kolonoms iš sunkaus ir smulkiagrūdžio betono – 90 ($l_0/h \leq 27$), lengvojo betono – 70 ($l_0/h \leq 21$).

Armatūros kiekis nustatomas skaičiavimais. Mažiausias armatūros kiekis nurodytas 11 lentelėje. Atstumai tarp armatūros strypų priimami pagal bendruosius reikalavimus (71, 72, 73 p.). Rekomenduojama visus išilginės armatūros strypus priimti vienodo skersmens, tačiau ne daugiau dviejų skirtingų skersmenų, neįskaitant konstrukcinės armatūros.

Ekscentriškai gniuždomose kolonose darbo armatūra išdėstoma pagal kraštus, statmenus kolonos išlinkio plokštumai, o esant įstrižam necentriškam gniuždymui – sutelkiama kolonos kampuose. Išilginių strypų sujungimas užlaidomis (be suvirinimo) galimas tik kolonos skerspjūvio pasikeitimo vietose.

94. Daugiaaukštėse monolitinio gelžbetonio kolonose išilginės darbo armatūros sandūros daromos virš perdangos naudojant užlaidas. Išleidimas strypų iš apatinio aukšto kolonos į viršuje esančią mažesnio skerspjūvio koloną atliekamas pagal pateiktą schemą (23 pav.). Strypų atlenkimo nuolydis turi būti ne didesnis kaip 1:6. Dalis apatinės kolonos strypų gali būti pratęsta tik iki perdangos viršaus (23 b pav.), jeigu aukščiau jie nereikalingi pagal skaičiavimą.

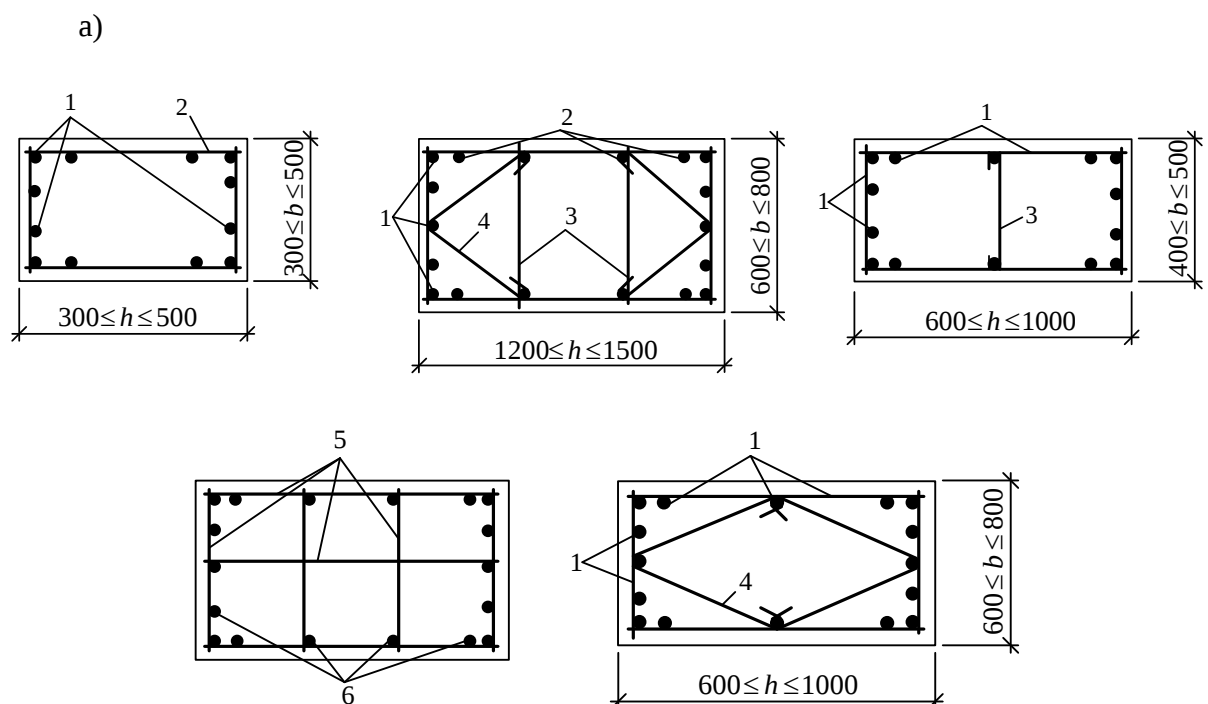
Jeigu kolonų skerspjūvių skirtumas yra didelis, dedami specialūs papildomi strypai (23 c pav.). Jų užinkaravimo ilgis apatinėje kolonoje apskaičiuojamas pagal bendruosius armatūros inkaravimo ilgio reikalavimus.



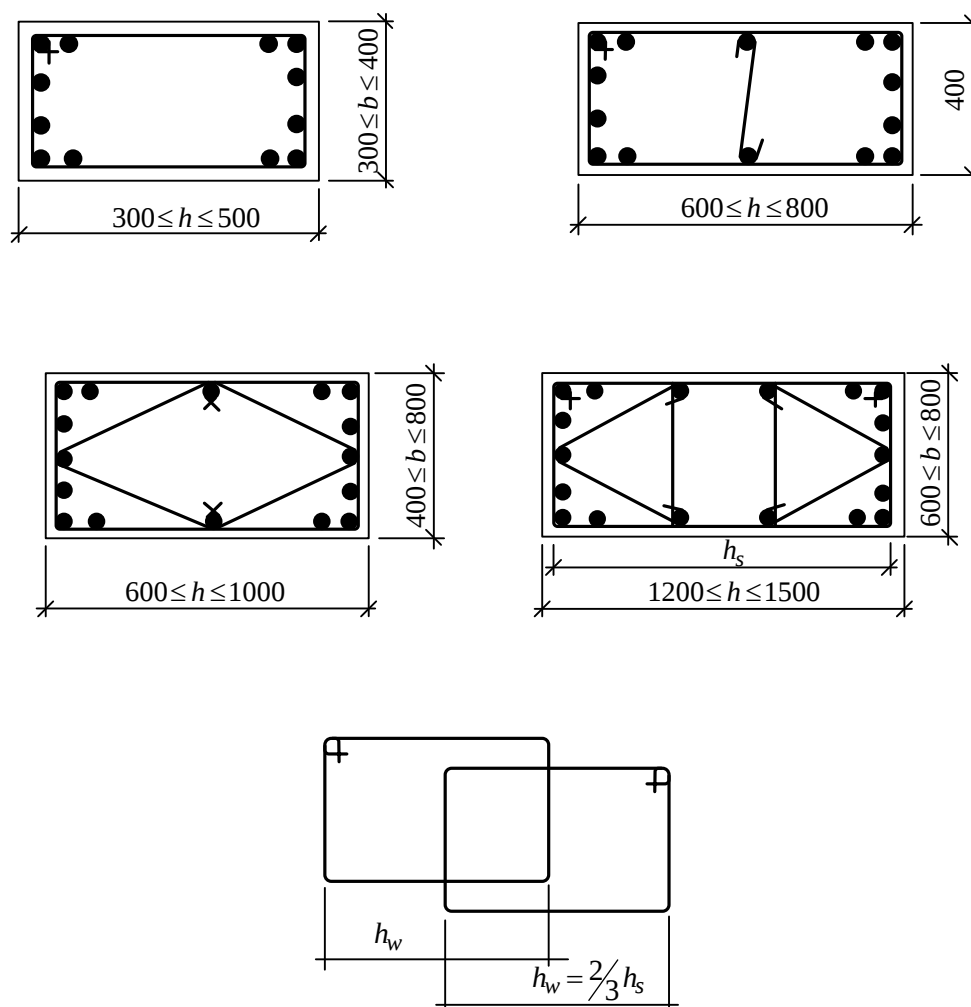
23 pav. Daugiaaukščių kolonų armatūros strypų sujungimo schemas: a – kai aukštų kolonos vienodo skersmens; b – kai skerspjūviai keičiasi neženkliai; c – kai skerspjūviai keičiasi ženkliai.

l_{bd} – užinkaravimo ilgis perskaičiuojamas, bet turi būti ne mažiau kaip 250 mm, kai betonas tempiamas, ir 200 mm, kai gniuždomas. Skersinė armatūra išdėstoma pagal 96.2 p. nurodymus.

95. Skersinė armatūra išdėstoma pagal visus kolonos paviršius, pagal kuriuos dedama, išlaikant apsauginį betono sluoksnį, išilginę armatūrą (24 pav.).



b)



24 pav. Kolonų skerspjūvio armavimo pavyzdžiai: a – armavimas virintiniais strypynais; b – armavimas rištais strypynais; 1 – strypyno tinklai; 2 – tinklai arba sujungiantys strypai; 3 – sujungiantis strypas; 4 – apkabos; 5 – skersinė armatūra kaip tinklas

Atstumas tarp išilginės darbo armatūros strypų ašių turi būti ne daugiau kaip 400 mm. Jei šis atstumas didesnis, dedama konstrukcinė armatūra, kurios skersmuo ne mažesnis kaip 12 mm. Mažiausi atstumai tarp išilginės armatūros strypų priimami pagal 72, 73, 74 p. nurodymus.

VI skirsnis. Elementų armavimas skersine armatūra

96. Skersinė armatūra turi apsaugoti išilginę armatūrą nuo išklupimo bet kuria linkme. Gelžbetoninių elementų visuose paviršiuose, besiribojančiuose su išilgine armatūra, turi būti dedama skersinė armatūra, apjuosianti kraštinius išilginius strypus.

Atstumas tarp šios skersinės armatūros strypų ties kiekviena elemento briauna turi būti ≤ 500 mm ir ne didesnis už dvigubą elemento plotį.

Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose, kuriuose įtemptoji armatūra išdėstyta skerspjūvio centre (pvz., poliuose), skersinė armatūra nereikalinga, jei skersinę jėgą atlaiko vien betonas.

Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose, taip pat ir lenkiamųjų elementų gniuždomojoje zonoje, armuotoje skaičiavimais parinkta gniuždomąja armatūra, skersinė armatūra (apkabos), konstrukcijose iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono turi būti išdėstyta atstumu:

96.1. kai armatūros takumo įtempiai $f_{yd} \leq 400$ MPa – ≤ 500 mm ir ne didesniu kaip $15\varnothing$, kai strypynai rištieji, ir ne didesniu kaip $20\varnothing$, kai strypynai virintiniai;

96.2. kai $f_{yd} \geq 500$ MPa – ≤ 400 mm ir ne didesniu kaip $12\varnothing$, kai strypynai rištieji, ir ne didesniu kaip $15\varnothing$, kai strypynai virintiniai.

Atstumas tarp ekscentriškai gniuždomųjų elementų skersinės armatūros (sankabų) darbo armatūros sandūros užleidžiant vietose turi būti ne didesnis kaip $10\varnothing$.

Jeigu skaičiavimais parinktos išilginės gniuždomosios armatūros S_2 kiekis didesnis kaip 1,5%, taip pat jei visas elemento skerspjūvis yra gniuždomas ir visas armatūros S_1 ir S_2 kiekis viršija 3%, atstumas tarp skersinės armatūros (sankabų) turi būti $\leq 10\varnothing$ ir ≤ 300 mm.

Tikrinant šio punkto sąlygas, išilginės gniuždomosios armatūros strypai, kurie skaičiavimais neįvertinami, gali būti nepriimami, jei šių strypų skersmuo ne didesnis kaip 12 mm ir ne didesnis nei pusė apsauginio betono sluoksnio storio.

97. Rištųjų apkabų konstrukcija turi būti tokia, kad išilginiai strypai (bent jau kas antras) būtų apkabų lenkimo vietose, o lenkimai elemento plotyje būtų išdėstyti kas 400 mm. Jei skerspjūvio briaunos plotis ne didesnis kaip 400 mm ir jei pagal šią briauną išdėstyta ne daugiau kaip 4 strypai, leidžiama visus šiuos strypus sujungti viena apkaba. Jei ekscentriškai gniuždomieji elementai armuoti plokščiaisiais virintiniais strypynais, du kraštiniai strypai, išdėstyti priešpriešiais, turi būti sujungti tarpusavyje, kad sudarytų erdvinį strypyną. Plokštieji strypynai šiuo atveju sujungiami skersiniais armatūros strypais, privirinamais kontaktiniu būdu prie kampinių išilginių strypų, arba smaigėmis, jungiančiomis išilginius strypus tokiu pat atstumu, kaip ir skersiniai strypai.

Jeigu plokščiuosiuose strypynuose yra tarpiniai išilginiai strypai, tai jie ne rečiau kaip kas antras ir ne rečiau kaip kas 400 mm pagal elemento kraštinės plotį turi būti sujungiami smaigėmis su strypais, esančiais priešpriešiais.

Smaigių galima nenaudoti, kai elemento kraštinės plotis ne didesnis kaip 500 mm ir išilginių strypų kiekis prie šios kraštinės yra ne didesnis kaip 4.

98. Ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose su skaičiavimais įvertinamu papildomu armavimu armatūros tinkleliais iš strypinės armatūros, kurios $f_{yd} \leq 400$ MPa, ne

didesnio kaip 14 mm skersmens, ir vielinės armatūros, kurios $f_{yd} = 400$ MPa, arba neįtemptosios armatūros vijomis arba žiedais turi būti imama:

98.1. tinklelio akučių matmenys – ≥ 45 mm, bet ne didesni kaip 1/4 elemento skerspjūvio mažesniosios kraštinės ir ne didesnis kaip 100 mm;

98.2. vijų arba žiedų skersmuo – ne mažesnis kaip 200 mm;

98.3. tinklelių žingsnis – ne mažesnis kaip 60 mm, bet ne didesnis kaip 1/3 elemento skerspjūvio mažesniosios kraštinės ir ne didesnis kaip 100 mm;

98.4. vijų arba žiedų žingsnis – ne mažesnis kaip 40 mm, bet ne didesnis kaip 1/5 elemento skersmens ir ne didesnis kaip 100 mm.

Tinkleliai, vijos (žiedai) turi sujungti visus išilginės armatūros strypus.

Kai ekscentriškai gniuždomųjų elementų galai yra stiprinami, elementų galuose turi būti dedami ne mažiau kaip 4 papildomos armatūros tinklai, išdėstomi nuo elemento galinės plokštumos ilgiu, ne mažesniu kaip $20\varnothing$, jei armatūros strypai lygūs, ir ne mažesniu kaip $10\varnothing$ – jei armatūros strypai briaunoti.

99. Ekscentriškai gniuždomųjų elementų rištųjų strypynų apkabų skersmuo turi būti ne mažesnis kaip $0,25\varnothing$, ne mažesnis kaip 5 mm ir ne didesnis kaip 12 mm; čia $\varnothing$ – išilginės armatūros didžiausias strypo skersmuo. Virintiniams strypynams suvirinamųjų strypų skersmenų santykiai parenkami iš suvirinimo sąlygų, nustatomų pagal atitinkamus standartus. Skersinės armatūros skersmuo imamas ne didesnis kaip 14 mm.

Lenkiamuosiuose elementuose, kai elemento skerspjūvio aukštis ≤ 800 mm, rištųjų strypynų apkabų skersmuo turi būti imamas 5 mm. Lenkiamuosiuose elementuose, kai elemento skerspjūvio aukštis > 800 mm, rištųjų strypynų apkabų skersmuo turi būti imamas 8 mm.

Skersinės armatūros galima nedėti ir ties lenkiamųjų elementų, kurie yra armuoti vienu išilginiu strypu arba virintiniu strypynu, plonų briaunų kraštinėmis (plotis ≤ 150 mm).

100. Sijose, kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 150 mm, taip pat kiaurymėtose plokštėse (arba analogiškose tankiabriaunėse konstrukcijose), kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 300 mm, turi būti dedama skersinė armatūra.

Ištisinio skerspjūvio plokščių, nepaisant skerspjūvio aukščio, kiaurymėtųjų plokščių (arba analogiškų tankiabriaunių konstrukcijų), kurių aukštis mažesnis nei 300 mm, ir sijinėse konstrukcijose, kurių aukštis mažesnis nei 150 mm, leidžiama nearmuoti skersine armatūra. Šiuo atveju turi būti tenkinami Reglamento 91 p. reikalavimai.

101. Sijų ir plokščių skersinė armatūra, nurodyta [94] p., išdėstoma atraminiuose ruožuose, kurių ilgis lygus 1/4 konstrukcijos tarpatramio, kai apkrova tolygiai paskirstytoji, ir lygus atstumui nuo atramos iki artimiausios sutelktosios apkrovos, bet ne mažesniai kaip 1/4 tarpatramio, žingsniu:

kai skerspjūvio aukštis h :

$h \leq 450$ mm – ne daugiau kaip $h/2$ ir ne daugiau kaip 150 mm;

tas pat, kai

$h > 450 \text{ mm}$ – ne daugiau kaip $h/3$ ir ne daugiau kaip 300 mm;

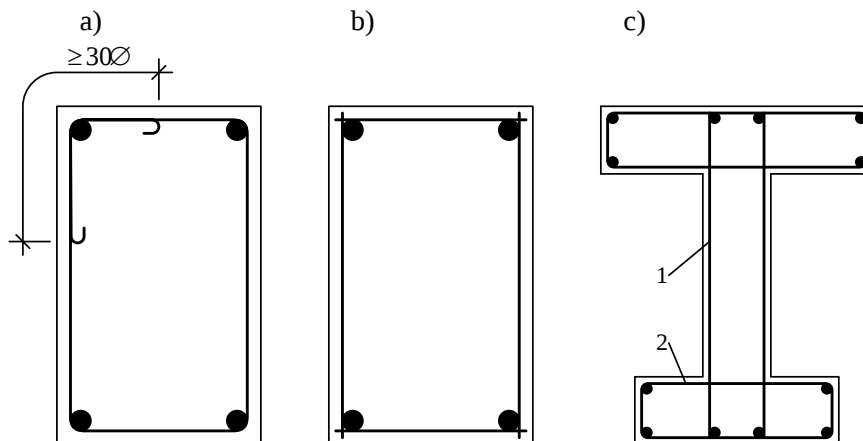
kitoje konstrukcijos tarpatramio dalyje, kai skerspjūvio aukštis $h > 300 \text{ mm}$, skersinės armatūros žingsnis $\leq 3/4h$ ir $\leq 500 \text{ mm}$.

102. Skersinė armatūra, kuri pagal skaičiavimus reikalinga skersinei jėgai laikyti, turi būti patikimai inkaruota privirinant prie išilginės armatūros arba ją apjuosiant.

103. Skersinė armatūra plokščių pradūrimo zonoje išdėstoma žingsniu, ne didesniu kaip $1/3d$ ir ne didesniu kaip 200 mm, be to, skersinės armatūros išdėstymo zonos plotis turi būti ne mažesnis kaip $1,5h$ (čia h – plokštės storis). Šios armatūros inkavimas turi atitikti [96] p. reikalavimus.

Kolonų trumpųjų gėmbių skersinis armavimas atliekamas horizontaliosiomis arba 45° kampu pasvirusiomis sankabomis. Šių sankabų žingsnis turi būti ne didesnis kaip $h/4$ (čia h – gėmbės aukštis), ne didesnis $12\varnothing$ (čia $\varnothing$ – gėmbės tempiamosios armatūros skersmuo) ir ne didesnis kaip 150 mm.

104. Elementuose, kuriuos veikia lenkiamasis ir sukamasis momentai, rištinės sankabos turi būti uždaros ir patikimai inkaruotos, virintiniuose strypynuose visi abiejų linkmių skersiniai strypai turi būti privirinti prie kampinių išilginių armatūros strypų, taip sudarydami uždara kontūrą. Šiuo atveju turi būti garantuotas jungčių ir sankabų vienodas stiprumas (25 pav.).



25 pav. Lenkiamų – sukamų sijų be išankstinio įtempimo armavimo schemas: a – rištų strypynų; b – virintinių strypynų; c – sudėtingos formos skerspjūvio: 1 – sienelės uždaros apkabos; 2 – lentynų uždaros apkabos

Sudėtingos formos sijose (tėjinio, dvitėjinio 25 c pav.), kurios veikiamos lenkimo ir sukimo momentų, visos skerspjūvio dalys (sienelė, lentynos) turi turėti uždaras apkabas kiekvienoje skerspjūvio dalyje.

Atstumas tarp apkabų (skersinės armatūros), išdėstomų pagal kraštus normalinius lenkimo plokštumai, turi būti ne didesnis už elemento plotį.

Šie nurodymai naudotini kraštinėms sijoms, į kurias remiasi antraeilės sijos arba plokštės iš vieno krašto, taip pat vidurinėms sijoms, kai apkrovos iš kraštų viena nuo kitos skiriasi daugiau kaip 2 kartus.

VII skirsnis. Armatūros ir įdėtinių detalių virintiniai sujungimai

105. Karštai valcuotoji lygi ir rumbuotoji armatūra, termiškai sustiprintoji armatūra ir paprastoji armatūrinė viela, taip pat įdėtinės detalės turi būti gaminamos sujungiant strypus tarpusavyje ir su plokščiaisiais elementais kontaktiniu– taškiniu ir sudurtiniu suvirinimu. Leidžiama virinti ir elektrolankiniu pusiau automatinio, taip pat ir rankiniu būdu pagal [263] p. reikalavimus.

Šaltuoju tempimu sustiprinama armatūra virintiniu būdu turi būti sujungiama iki ją sustiprinant.

Termiškai sustiprintą strypinę armatūrą, didelio stiprio vielinę ir lyninę armatūrą virinti draudžiama.

106. Virintinių sujungimų tipai ir armatūros bei įdėtinių detalių suvirinimo būdai parenkami įvertinant naudojimo sąlygas, plieno suvirinamumą, technines, ekonomines ir technologines gamintojo galimybes bei valstybinių standartų reikalavimus (žr. 12 lentelę).

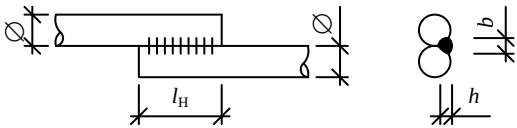
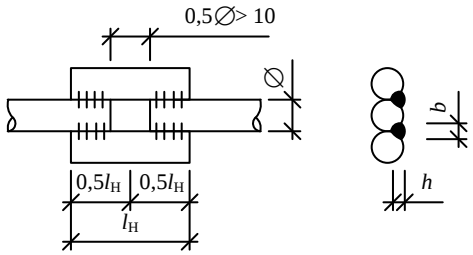
107. Gaminant virintinius armatūros tinklus, strypynus ir sujungiant tam tikrus strypus gamykloje, reikia naudoti kontaktinį– taškinį ir sudurtinį suvirinimą, užleistinėse sandūrose – kontaktinį– reljefinį suvirinimą, o gaminant tėjinio profilio įdėtinės detales – virinti automatinio būdu po flisu.

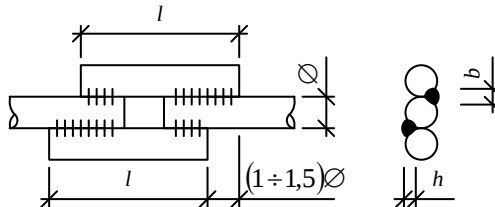
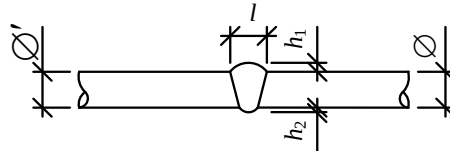
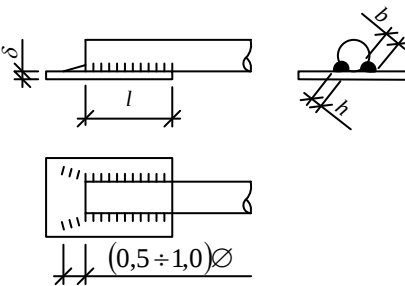
108. Montuojant armatūros gaminius ir surenkamojo gelžbetonio konstrukcijas, reikia naudoti pusiau automatinį suvirinimo būdą, kontroliuojant jungčių kokybę.

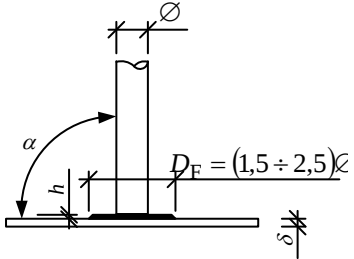
109. Kai nėra būtinos virinimo įrangos, gamyklos ir montavimo sąlygomis kryžminės, sudurtinės, užleistinės ir tėjinės armatūros ir įdėtinių detalių sandūras galima atlikti pagal 12 lentelės nurodymus bei armatūros ir įdėtinių detalių suvirinimo normatyvinių dokumentų rekomendacijas naudojant lankinį, taip pat ir rankinį virinimo būdus.

Jungiant rankiniu virintiniu būdu parinktu apskaičiuotam stiprumui tinklų ir strypynų armatūros strypus, jungčių vietoje būtina naudoti papildomus konstrukcinius elementus (intarpus, kablius ir pan.).

Pagrindiniai armatūros virintinių sujungimų tipai

Suvirinimo tipas ir charakteristikos	Sujungimų konstrukciniai sprendimai	Armatūra	$\varnothing_n$, mm	$l = l_H$, mm	b , mm	h , mm	Papildomi duomenys
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Lankinis– rankinis suvirinimas be papildomų technologinių priemonių	 (pav.)	S240, S400, S500	10–40 10–25	6 $\varnothing$ 8 $\varnothing$	0,5 $\varnothing$, bet ≥ 8	0,25 $\varnothing$, bet ≥ 4	Leidžiama virinti dvipusėmis siūlėmis $l_H = 4\varnothing$, jungiant armatūrą, kurios $f_y = 240$ MPa
2. Lankinis– rankinis suvirinimas naudojant antdėklus iš strypų		S240, S400, S500	10–40 10–40	8 $\varnothing$ 8 $\varnothing$	0,5 $\varnothing$, bet ≥ 8	0,5 $\varnothing$, bet ≥ 4	Leidžiama virinti dvipusėmis siūlėmis $l_H = 4\varnothing$, jungiant armatūrą, kurios $f_y \leq 240$ MPa

Suvirinimo tipas ir charakteristikos	Sujungimų konstrukciniai sprendimai	Armatūra	$\varnothing_n$, mm	$l = l_H$, mm	b , mm	h , mm	Papildomi duomenys
1	2	3	4	5	6	7	8
3. Lankinis– rankinis suvirinimas naudojant perstumtus antdėklus		S400, S500	10–32	10 $\varnothing$	0,5 $\varnothing$, bet ≥ 8	0,5 $\varnothing$, bet ≥ 4	–
4. Suvirinimas vonelėje naudojant vieną elektrodą inventoriniuose klojiniuose		S240, S400, S500	20–40 20–40	$\leq 1,2\varnothing$	–	$h_1 \leq 0,05\varnothing$ $h_2 \leq 0,05\varnothing$	$\varnothing'/\varnothing = 0,5–1,0$
5. Lankinis– rankinis suvirinimas		S240, S400, S500	10–40 10–40	4 $\varnothing$ 4 $\varnothing$	0,5 $\varnothing$, bet ≥ 8	0,25 $\varnothing$, bet ≥ 4	$\delta \geq 0,4\varnothing$, bet ≥ 5

Suvirinimo tipas ir charakteristikos	Sujungimų konstrukciniai sprendimai	Armatūra	$\varnothing_n$, mm	$l = l_H$, mm	b , mm	h , mm	Papildomi duomenys
1	2	3	4	5	6	7	8
6. Lankinis– rankinis suvirinimas pusautomačiu		S240, S400, S500	8–40 8–40	$\delta/\varnothing \geq 0,50$ $\delta/\varnothing \geq 0,65$	–	3– 10	$\delta \geq 4$ $\delta \geq 6$ $\alpha = 85^0 - 90^0$

Pastaba. Kito tipo virintinius sujungimus atlikti pagal atitinkamų standartų reikalavimus.

VIII skirsnis. Neįtemptosios armatūros jungimas užlaida (nesuvirinant)

110. Neįtemptosios armatūros virintiniai ir rištieji strypynai ir tinklai gali būti jungiami užlaida, darbo armatūros skersmuo šiuo atveju gali būti ne didesnis kaip 36 mm.

Strypų, kurių skersmuo > 36 mm, jungti užlaida neleidžiama.

Darbo armatūros strypai užlaida nejungiami:

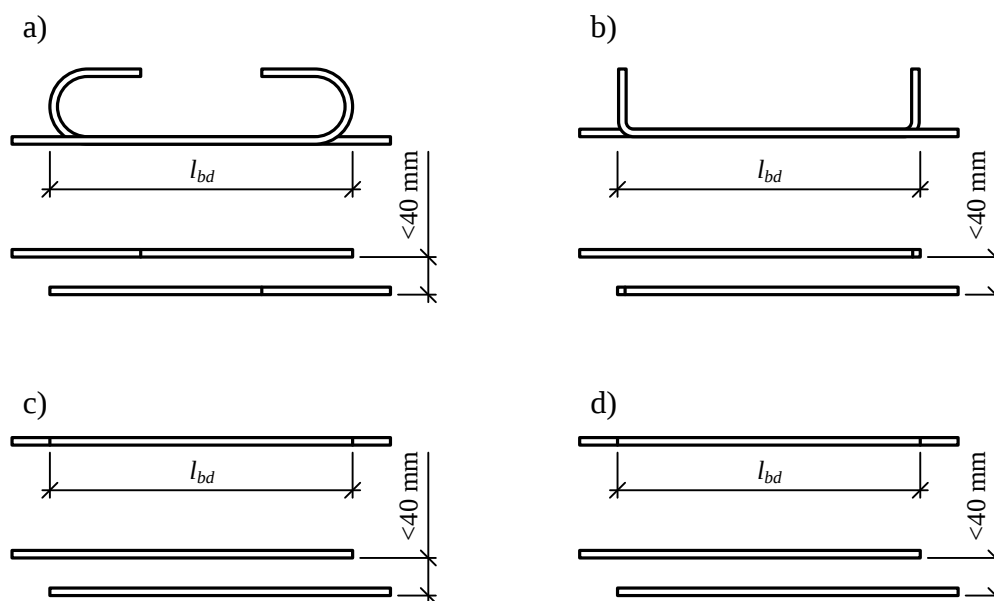
110.1. lenkiamųjų ir ekscentriškai gniuždomųjų elementų tempiamojoje zonoje, kur armatūros stipris visiškai išnaudojamas;

110.2. elementuose, kuriuose visas skerspjūvis yra tempiamas (pvz., templėse);

110.3. visais atvejais naudojant armatūrą, kurios takumo įtempiai $f_y \geq 600$ MPa.

111. Tempiamosios arba gniuždomosios darbo armatūros, taip pat virintinių strypynų ir tinklų sandūroje darbo linkme užlaidos ilgis l turi būti ne mažesnis už dydį l_{bd} , apskaičiuotą pagal [17.1] formulę ir [31] lentelę.

Strypų sujungimo principas užlaida be suvirinimo yra pavaizduotas 26 pav.



26 pav. Strypinės armatūros sujungimas nesuvirinant: a, c – lygios armatūros; b, d – rumbuotosios

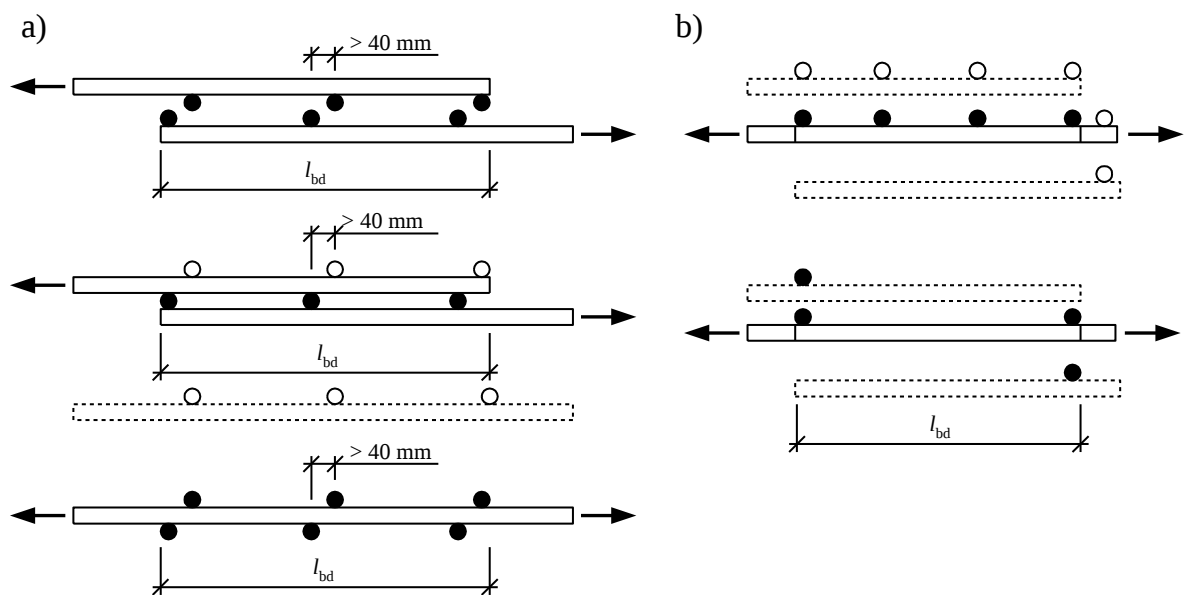
112. Virintinių tinklų ir strypynų, taip pat virintinių tinklų ir strypynų tempiamųjų strypų sandūros užlaida visada turi būti išdėstyta perstumiant. Jungiamųjų armatūros strypų skerspjūvio

plotas viename pjūvyje arba ilgyje l_{bd} turi būti ne didesnis kaip 50% viso armatūros skerspjūvio ploto – rumbuotajai armatūrai ir ne daugiau kaip 25% – lygiems armatūros strypams.

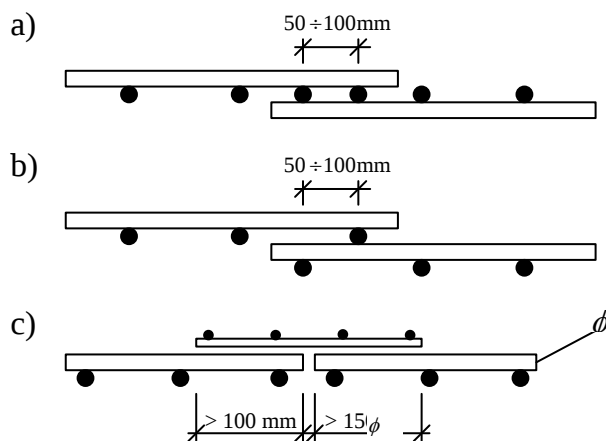
Atskirųjų strypų, virintinių tinklų ir strypynų jungimas užlaida be perstūmimo leidžiamas konstrukciniam armavimui, t.y. kai armatūra parenkama pagal konstravimo reikalavimus, taip pat ruožuose, kuriuose armatūros stiprumas išnaudojamas ne daugiau kaip 50%.

113. Virintinių tinklų sandūra lygios darbo armatūros linkme turi būti atlikta taip, kad kiekvienas tempiamojoje zonoje jungiamas tinklas užlaidos ilgyje turėtų ne mažiau kaip du skersinius strypus, privirintus prie kiekvieno tinklo išilginio strypo (žr. 27 pav.).

Toks sandūros tipas naudojamas ir jungiant užlaida virintinius strypynus su vienpusiu bet kokios klasės armatūros strypų išdėstymu.



27 pav. Armatūros tinklų sujungimas užlaida darbo armatūros linkme: a – iš lygiųjų armatūros strypų, b – iš rumbuotosios armatūros strypų



28 pav. Armatūros tinklų sujungimas paskirstomosios armatūros linkme:

a – jungimas užlaida, kai darbo armatūros strypai išdėstyti vienoje plokštumoje; b – jungimas užlaida, kai darbo armatūros strypai išdėstyti skirtinguose plokštumose; c – jungimas neužleidžiant su papildomu armatūros tinklu

114. Virintinių tinklų sandūros užlaida statmena darbo linkmei su perstūmimu (imant tarp tinklo kraštinių strypų):

114.1. kai paskirstomosios (skersinės) armatūros skersmuo $\leq 4 \text{ mm} - 50 \text{ mm}$ (žr. 28 a ir b pav.);

114.2. tas pats, kai skersmuo $> 4 \text{ mm} - 100 \text{ mm}$ (žr. 28 a ir b pav.).

Kai darbo armatūros skersmuo $\geq 16 \text{ mm}$, virintinius tinklus ne darbo linkme galima dėti suglaustai (vienas šalia kito), jungimo vietą perdengiant specialiais tinklais, užleidžiamais į abi puses ne mažiau kaip 15ϕ (ϕ – paskirstomosios armatūros skersmuo) ir ne mažiau kaip 100 mm (žr. 28 c pav.).

Virintinius tinklus ne darbo linkme galima išdėstyti suglaustai neužleidžiant ir be papildomų tinklų galima šiais atvejais: kai virintiniai juostiniai tinklai išdėstomi dviem statmenomis viena kitai linkmėmis; kai sandūros vietoje yra papildoma konstrukcinė armatūra, išdėstyta paskirstomosios armatūros linkme.

IX skirsnis. Surenkamųjų konstrukcijų sandūros

115. Jungiant surenkamųjų konstrukcijų gelžbetoninius elementus, įrašos iš vieno elemento kitam perduodamos per jungiamąją darbo armatūrą, įdėtines detales, betonu užpildytas siūles, betono spraustelius arba (gniuždomuosiuose elementuose) tiesiogiai per jungiamųjų elementų betono paviršių.

Jungiant įtemptojo gelžbetonio elementus, taip pat konstrukcijas, kurioms keliama vandens nelaidumo reikalavimai, turi būti naudojamas betonas su plėtriuoju cementu.

116. Surenkamųjų elementų standžiosios sandūros dažniausiai turi būti monolitinamos betonu užpildant siūles tarp elementų. Jeigu jungiamųjų elementų paviršiai pagaminti tiksliai ir yra lygūs, kai sandūroje perduodamos tik gniuždomosios įrašos, elementus galima remti nemonolitinant.

117. Tempiamųjų elementų sandūros turi būti daromos:

117.1. suvirinant įdėtines detales;

117.2. suvirinant armatūros iškyšas;

117.3. jungiamųjų elementų kanaluose arba išėmose praleidžiant strypus, lyninę armatūrą arba varžtus įtempiant ir užpildant siūles bei kanalus cementiniu skiediniu arba smulkiagrūdžiu betonu;

117.4. suklijuojant elementus polimeriniais skiediniais ir naudojant jungiamąsias detales iš strypinės armatūros.

Projektuojant surenkamųjų konstrukcijų elementų sandūrą turi būti parinkti tokie įdėtinių detalių sujungimai, kuriems esant neišlinktų įdėtinių detalių elementai ir nebūtų skeliamas betonas.

118. Įdėtinės detalės turi būti inkaruojamos betone inkariniais strypais arba privirtos prie elementų darbo armatūros. Įdėtinės detalės su inkariniais strypais turi būti gaminamos iš plokštelių, kampuočių, privirinant prie jų sudurtinai arba užlaida inkariniu strypu iš armatūros, kurios $f_y = 300$ MPa ir $f_y = 400$ MPa.

Įdėtinių detalių inkarinių strypų ilgis, veikiant tempiamosioms jėgoms, turi būti ne mažesnis kaip l_{bd} .

Inkarinių strypų ilgis gali būti sumažintas, jei jų galuose privirinamos inkarinės plokštelės, karštuoju būdu supresuotos galvutės, kurių skersmuo ne mažesnis kaip $2\varnothing$ – armatūrai, kurios $f_y = 240$ MPa ir $f_y = 300$ MPa, ir ne mažesnis kaip $3\varnothing$ – armatūrai, kurios $f_y = 400$ MPa.

Šiuo atveju inkarinių strypų ilgis apskaičiuojamas iš betono išplėšimo ir glemžimo sąlygų ir imamas ne mažesnis kaip $10\varnothing$ (čia $\varnothing$ – inkarinio strypo skersmuo, mm).

Jei inkarai, veikiami tempiamųjų jėgų, išdėstyti statmenai elemento ašiai ir išilgai jų, gali susidaryti įtrūkiai, inkarų galuose turi būti privirinamos plokštelės arba supresuojamos galvutės.

Štampuotosios įdėtinės detalės gaminamos iš sustiprintų juostinių inkarų ir ruožų, atliekančių plokštelių funkcijas. Įtemptosios įdėtinės detalės gaminamos iš 4–8 mm storio juostinio plieno. Įdėtinių detalių juostiniai inkarai ir plokštelės apskaičiuojami pagal stiprumo sąlygas. Inkaravimo stiprumas apskaičiuojamas betono išplėšimui, perskėlimui ir glemžimui.

Įdėtinių detalių plokštelių storis parenkamas pagal [132] p. nurodymus ir pagal suvirinimo reikalavimus.

Atsižvelgiant į virinimo technologiją, plokštelių storį ir inkaruojančiųjų strypų skersmenį, santykis imamas pagal [260] p. nurodymus.

119. Ekscentriškai gniuždomųjų jungiamųjų elementų galuose turi būti išdėstoma papildoma armatūra pagal [251] p. nurodymus.

X skirsnis. Atskiri konstrukciniai reikalavimai

120. Nuosėdžių deformacinės siūlės paprastai turi būti įrengiamos statant pastatus ant nevienarūšio grunto, staigaus apkrovų pasikeitimo vietose ir pan.

Jei deformacinės siūlės nenumatomos, pamatai turi būti atitinkamo konstrukcinio sprendimo, pakankamai stiprūs ir standūs, apsaugantys konstrukcijas nuo pažeidimų.

Nuosėdžių, taip pat temperatūrinės–susitraukimo deformacinės siūlės ištisinio skerspjuvio betoninėse ir gelžbetoninėse konstrukcijose turi perpjauti konstrukcijas iki pamato pado.

Karkasiniuose pastatuose temperatūrinės–susitraukimo deformacinės siūlės įrengiamos iki pamato viršaus statant sudvejintas kolonas.

Atstumai tarp temperatūrinių–deformacinių siūlių betoniniuose pamatuose ir rūsio sienose gali būti tokie pat kaip ir aukščiau esančių konstrukcijų.

121. Betoninės konstrukcijos gali būti nearmuojamos arba gali būti armuojamos tam, kad armatūra atlaikytų vidines jėgas, sukeliamas temperatūrų pokyčio, susitraukimo ir kitų priverstinių deformacijų. Betoninės konstrukcijos turi būti armuojamos konstruktyviai:

121.1. skerspjuvio matmenų staigaus pasikeitimo vietose;

121.2. sienų aukščio pasikeitimo vietose (ne mažesniame kaip 1 m ruože);

121.3. kiekvieno aukšto betoninėse sienose virš angų ir žemiau jų;

121.4. konstrukcijose, kurias veikia dinaminės apkrovos;

121.5. ekscentriškai gniuždomuosiuose elementuose šalia mažiau tempiamosios kraštinės, jeigu didžiausi įtempiai skerspjuvyje, nustatomi kaip tampriajam kūnui, yra didesni kaip $0,8f_{cd}$, o mažesnieji sudaro 1 MPa arba yra tempiamieji įtempiai; šiuo atveju armavimo koeficientas $\mu \geq 0,025\%$.

Šio punkto reikalavimai netaikomi surenkamųjų konstrukcijų elementams, tikrinamiems transportavimo ir montavimo stadijoje, šiuo atveju reikalingas armatūros kiekis parenkamas atliekant stiprumo skaičiavimus.

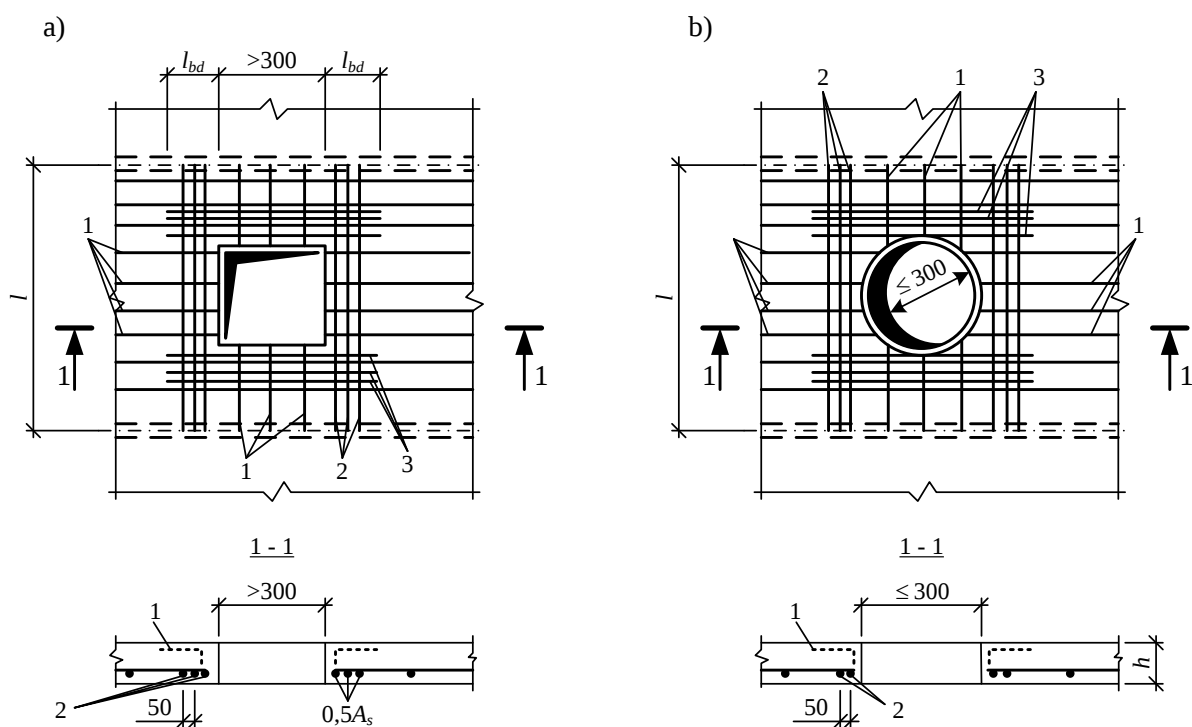
Mažiausi betoninių elementų skerspjuvio matmenys imami įvertinant: gretimų elementų atrėmimo ir prijungimo sąlygas; betono mišinio patikimą sutankinimą; ribinį liaunį $l_0/i < 90$.

Jeigu skaičiavimais nustatyta, kad pagal laikomąją galią apskaičiuotas elementų stiprumas išnaudojamas kartu su plyšių susidarymu tempiamosios zonos betone, tai tempiamosios armatūros plotas didinamas ne mažiau kaip 15%. Jeigu skaičiavimais nustatyta ir bandymais patvirtinta, kad

įvertinus tempiamosios zonos betoną tokius elementus galima transportuoti ir montuoti be armatūros, konstrukcinė armatūra gali būti nenaudojama.

122. Darbo armatūros projektinė padėtis turi būti garantuojama specialiomis priemonėmis (naudojant plastmasinius fiksatorius, smulkiagrūdžio betono plokšteles ir pan.).

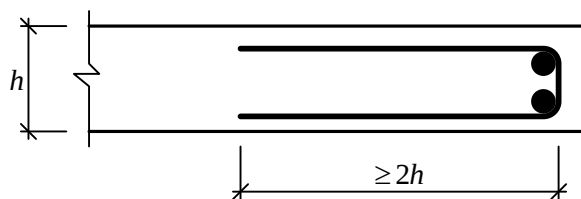
123. Didelių matmenų angos gelžbetoninėse plokštėse ir skyduose turi būti rėminamos papildoma tos pačios linkmės armatūra, kurios skerspjūvio plotas būtų ne mažesnis už kiekį, apskaičiuotą plokštei be angų. Papildomos armatūros išdėstymas apie angas ir atstumai tarp jų parodyti 29 pav.



29 pav. Plokščių armavimas angų zonose: a – kai angų matmenys daugiau kaip 300 mm; b – kai angų matmenys mažiau kaip 300 mm; 1 – plokštės armatūra; 2, 3 – strypai dedami pagal angos kraštus, juos sutankinant

Esant didesnėms angoms ar apkrovoms, gali būti apie angas daromos briaunos arba aprėminimas metalo elementais. Tai parenkama atlikus skaičiavimus. Visais atvejais papildoma armatūra turi būti užinkaruojama. Papildomų strypų (30 pav.) užlaidų ilgiai už angos krašto parenkami ne mažesni kaip ir tinklų užlaidoms.

124. Plokščių laisvieji kraštai (už atramų ribų) armuojami papildoma armatūra pagal schemą parodytą 30 paveiksle.



30 pav. Plokščių laisvųjų kraštų armavimo schema

Projektuojant surenkamųjų perdangų elementus, tarp jų turi būti numatomos siūlės, užpilamos betonu. Šių siūlių plotis turi būti toks, kad būtų garantuotas kokybiškas siūlių monolitinis, ir turi būti ne mažesnis kaip 20 mm – elementams, kurių skerspjūvio aukštis ≤ 250 mm, ir ne mažesnis kaip 30 mm – didelio skerspjūvio aukščio elementams.

Išilginėms siūlėms monolitinti reikia naudoti betoną paisant elementų darbo sąlygų, bet ne žemesnės kaip C8/10 klasės.

125. Surenkamųjų konstrukcijų elementuose turi būti įrengiamos priemonės jiems pakelti: įsukamos montavimo kilpos, daromos kiaurymės, stacionarios kilpos iš armatūros strypų ir pan.

XI skirsnis. Papildomi įtemptųjų gelžbetoninių konstrukcijų elementų projektavimo nurodymai

126. Būtina garantuoti iš anksto įtemptųjų konstrukcijų patikimą armatūros sukibimą su betonu naudojant rumbuotąjį plieną, užpildant kanalus ir išėmas cemento skiediniu arba smulkiagrūdžiu betonu.

127. Statiškai nesprendžiamų įtemptųjų konstrukcijų schemas ir statybos būdus reikia parinkti tokius, kad atliekant išankstinį įtempimą nesusidarytų papildomi poveikiai, bloginantys konstrukcijų darbą.

Leidžiama įrengti laikinąsias siūles ir lankstus, kurie, įtempus armatūrą, monolitiniami.

128. Surenkamosiose monolitinėse gelžbetoninėse konstrukcijose turi būti užtikrinamas įtemptųjų elementų ir monolitinio betono bendras darbas naudojant konstrukcijas ir jų inkaravimą. Skersine linkme bendras darbas laiduojamas naudojant skersinę armatūrą arba išankstinį įtempimą.

129. Dalies išilginės strypinės armatūros galima neįtempti, jei konstrukcijos atitinka pleišetumo ir standumo reikalavimus.

130. Įtemptųjų elementų zonos, kuriose remiama įtempimo įranga, taip pat ir po įtemptosios armatūros inkarais, sustiprinamos įdėtinėmis detalėmis arba papildoma skersine armatūra, taip pat padidinant šioje zonoje elemento skerspjūvio matmenis.

131. Elementų galuose būtina numatyti papildomą įtempiamąją arba neįtempiamąją skersinę armatūrą, jeigu įtemptoji armatūra išdėstyta sutelktai prie viršutinės ir apatinės briaunos. Skersinė armatūra turi būti įtempama prieš įtemptiant išilginę armatūrą jėga, ne mažesne kaip 15% visos tempiamosios išilginės armatūros atraminėje zonoje įtempimo jėgos.

Neįtemptoji skersinė armatūra turi būti patikimai inkaruota privirinant ją prie įdėtinių detalių. Šios armatūros skerspjūvis konstrukcijose, kurios neapskaičiuojamos tvarumui, turi būti toks, kad atlaikytų ne mažiau kaip 25%, o konstrukcijose, kurios apskaičiuojamos tvarumui, – ne mažiau kaip 30% atraminės zonos apatinės armatūros atlaikomosios jėgos, apskaičiuojamos pagal stiprumo sąlygą.

132. Kai vielinė armatūra išdėstyta pluoštais, turi būti numatomi tarpai tarp atskirų vielų arba vielų grupių, tarpų dydis turi būti pakankamas skiediniui arba smulkiagrūdžiam betonui patekti užpildant kanalus.

Papildyta priedu:

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

Pakeitimai:

1.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Įsakymas

Nr. [D1-157](#), 2005-03-21, Žin., 2005, Nr. 98-3711 (2005-08-13), i. k. 105301MISAK00D1-157

Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. sausio 26 d. sakymo Nr. D1-44 "Dėl statybos techninio reglamento STR 2.05.05:2005 "Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas" patvirtinimo" pakeitimo

2.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Įsakymas

Nr. [D1-92](#), 2006-02-21, Žin., 2006, Nr. 26-872 (2006-03-02); Žin., 2006, Nr. 31-0 (2006-03-21), i. k. 106301MISAK000D1-92

Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. sausio 26 d. įsakymo Nr. D1-44 "Dėl statybos techninio reglamento STR 2.05.05:2005 "Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas" patvirtinimo" pakeitimo

3.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Įsakymas

Nr. [D1-622](#), 2009-10-23, Žin., 2009, Nr. 131-5712 (2009-11-03), i. k. 109301MISAK00D1-622

Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. sausio 26 d. įsakymo Nr. D1-44 "Dėl statybos techninio reglamento STR 2.05.05:2005 "Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas" patvirtinimo" pakeitimo