



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Laura Jarmalaitė

**EKSPOZICIJŲ CENTRO KLAIPĖDOJE STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Mindaugas Augonis

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Mindaugas Augonis

EKSPONICIJŲ CENTRO KLAIPĖDOJE STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (621J80001)

Vadovas

Doc. dr. Mindaugas Augonis

Recenzentas

Doc. dr. Ernestas Ivanauskas

Projektą atliko

Laura Jarmalaitė

KAUNAS, 2016

Projektą atliko SSM- 4 gr. studentas:

Laura Jarmalaitė
vardas, pavardė

parašas, data

Konsultantai:

Architektūrinė dalis

Gitana Šukaitytė
vardas, pavardė

parašas, data

Ekonominė dalis

Odeta Viliūnienė
vardas, pavardė

parašas, data

Grafinė dalis

Jolanta Šadauskienė
vardas, pavardė

parašas, data

Konstrukcijų skaičiavimo dalis

Mindaugas Augonis
vardas, pavardė

parašas, data

Technologijų dalis

Rūta Miniotaitė
vardas, pavardė

parašas, data

Darbų saugos dalis

Dalia Nizevičienė
vardas, pavardė

parašas, data

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

Magistro baigiamasis darbas

**EKSPOZICIJŲ CENTRO KLAIPĖDOJE STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES
PROJEKTAS**

Laura Jarmalaitė

Baigiamajame magistro darbe projektuojamas Ekspozicijų centro pastatas Klaipėdos mieste. Darbo rengimo metu parengtas sklypo plano išdėstymas, architektūriniai ir konstrukciniai sprendimai. Konstrukcinėje dalyje atliekami skaičiavimai numatytiems konstrukciniams elementams, sudaromi konstrukcijų darbo brėžiniai. Baigiamajame darbe atliekamas denginio plokščių ekonominis palyginimas ir nustatoma, kurios plokštės naudojamos efektyviau. Technologinėje dalyje aprašomi technologiniai procesai. Plačiau nagrinėjamas tarpaukštinės gelžbetoninės perdangos montavimas, parengiama technologinė kortelė. Aprašoma darbo sauga statybos aikštelėje ir atliekamas profesinės rizikos vertinimas surenkamų perdangos plokščių montavimo procese.

Darbą sudaro: architektūrinė, konstrukcinė, technologinė, organizacinė, ekonominė ir darbo saugos dalys. Darbo apimtis: 62 p. teksto be priedų, 24 paveikslai, 13 lentelių ir 6 brėžiniai (A1 formato).

Ekspozicijų centras, konstrukciniai sprendimai, konstrukcijų elementai, gelžbetoninės plokštės.

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

Master final work

STRUCTURAL PART OF PROJECT OF EXHIBITION CENTER IN KLAIPĖDA

Laura Jarmalaitė

The scope of the final master project is to design a building of Exhibition Centre in Klaipėda City. The thesis provides a site plan layout as well as explains and justifies detailed architectural and design decisions. The Constructive part of the particular work provides estimated calculation for structural elements including construction drawings. Regarding the aim of the final work, a comparative cost analysis of roofing panels has been carried out that allows to determine the more efficient type of the boards to be used. The Technological part describes technological processes and examines reinforced concrete ceiling mounting. In the Safety part safety requirements on the construction site are observed and a professional risk assessment analysis during the installation process of prefabricated slabs is carried out.

The thesis consists of architectural, structural, technological, organizational and economic and safety parts. The volume of work: 62 pages of text without appendixes, 24 pictures, 13 tables, 6 drawings (A1).

Exhibition Center, structural solutions, structural elements, reinforced concrete slab.

TURINYS

1.	STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS	9
2.	ARCHITEKTŪRINĖ DALIS	10
2.1.	SKLYPO PLANAS	10
2.2.	PASTATO TŪRINĖ – PLANINĖ CHARAKTERISTIKA	10
2.3.	PASTATO KONSTRUKCIJOS	11
3.	KONSTRUKCINĖ DALIS	15
3.1.	BRIAUNOTA DENGINIO PLOKŠTĖ	15
3.2.	GELŽBETONINĖ SIJA	34
3.3.	GELŽBETONINĖ KOLONA	39
3.4.	PERDANGOS PLOKŠTĖ	45
4.	TECHNOLOGINĖ, ORGANIZACINĖ DALIS.....	51
4.1.	PAMATŲ ĮRENGIMAS	51
4.2.	KOLONŲ MONTAVIMAS	51
4.3.	STOGO ĮRENGIMAS	52
4.4.	GRINDŲ ĮRENGIMAS.....	52
4.5.	PERDANGŲ MONTAVIMAS	53
5.	EKONOMINĖ DALIS	56
5.1.	EKONOMINIS DENGINIO PLOKŠČIŲ PALYGINIMAS	56
6.	DARBO SAUGA	58
6.1.	DARBO SAUGA STATYBVIETĖJE.....	58
6.2.	PROFESINĖS RIZIKOS VERTINIMAS DARBO VIETOJE	59
6.3.	DARBŲ SAUGOS APIBENDRINIMAS	63
7.	KONSTRUKCIJŲ SKAIČIAVIMAS KOMPIUTERINE PROGRAMA.....	64
7.1.	TUŠTUMĖTA DENGINIO PLOKŠTĖ	64
	IŠVADOS.....	68
	LITERATŪRA	69
	PRIEDAI	71
	1 PRIEDAS	71
	2 PRIEDAS	72
	3 PRIEDAS	73
	4 PRIEDAS	74
	5 PRIEDAS	75
	6 PRIEDAS	82

7 PRIEDAS	83
8 PRIEDAS	84
9 PRIEDAS	86
10 PRIEDAS	88

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Stogo konstrukcijos detalė	15
2 pav. Denginio plokštės konstrukcija	16
3 pav. Projektuojamos plokštės konstrukcija.....	17
4 pav. Skersinės briaunos skaičiuojamoji schema	18
5 pav. Skersinės briaunos skaičiuojamais skerspjūvis.....	18
6 pav. Išilginės briaunos skaičiuojamoji schema.....	19
7 pav. Išilginių briaunų normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema.....	20
8 pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis.....	22
9 pav. Plokštės transportavimo skaičiuojamoji schema.....	25
10 pav. Plokštės įrašos stiprumui transportavimo stadijoje skaičiuoti	26
11 pav. Plokštės išilginių briaunų normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema	27
12 pav. Įtempių būvis skaičiuojant plokštę plyšimui eksploatacijos stadijoje.....	29
13 pav. Projektuojama RT tipo sija	34
14 pav. Sijos skerspjūvis.....	34
15 pav. Projektuojama kiaurymėta plokštė.....	45
16 pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis.....	46
17 pav. Kėlimo traversa	53
18 pav. Plokščių išlinkių išlyginimas su statramsčiu.....	54
19 pav. Lenkimo momentų diagrama M_{xx} , nuo pilnutinės apkrovos	64
20 pav. Lenkimo momentų diagrama M_{yy} , nuo pilnutinės apkrovos	65
21 pav. Teorinis armavimo intensyvumas – A_x kryptimi.....	65
22 pav. Teorinis armavimo intensyvumas – A_y kryptimi.....	66
23 pav. Atsiveriančių plyšių schema	66
24 pav. Plokštės įlinkių schema	66

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Stogo konstrukcijų apkrovų lentelė.....	16
2 lentelė. Sijos apkrovų lentelė	35
3 lentelė. Perdangos konstrukcijų apkrovų lentelė	45

4 lentelė. Surenkamų g/b perdangos plokščių leistini nuokrypiai	55
5 lentelė. Briaunotos plokštės armatūros žiniaraštis	56
6 lentelė. Tuštumėtos plokštės armatūros žiniaraštis	57
7 lentelė. Fizikinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas.....	56
8 lentelė. Fizinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas.....	60
9 lentelė. Cheminių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas	60
10 lentelė. Ergonominių ir psichosocialinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas.....	60
11 lentelė. Rizikos nustatymo duomenų lapas	61
12 lentelė. Naudojamų medžiagų parametrai.....	64
13 lentelė. Armavimo intensyvumo palyginimo lentelė	67

1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS

Projektuojamas ekspozicijų centro pastatas Klaipėdoje. Tai naujai statomas statinys, kurio funkcinė paskirtis – visuomeninės paskirties pastatas.

Projektas parengtas vadovaujantis LR galiojančiais teisiniais aktais, statybos techniniais reglamentais ir respublikinėmis statybos normomis:

1. STR 1.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“;
2. STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“;
3. STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“;
4. STR 1.05.08:2003 „Statinio projekto architektūrinės ir konstrukcinės dalių brėžinių braižymo taisyklės ir grafiniai žymėjimai“;
5. STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas“;
6. STR 2.01.01(2):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga“;
7. STR 2.01.01(3):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“;
8. STR 2.01.01(4):2008 „Esminiai statinio reikalavimai. Naudojimo sauga“;
9. STR 2.01.01(5):2008 „Esminis statinio reikalavimas. Apsauga nuo triukšmo“;
10. STR 2.01.01(6):2008 „Esminis statinio reikalavimas. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas“;
11. STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“;
12. STR 2.02.02:2004 „Visuomeninės paskirties statiniai“;
13. STR 2.05.03:2003 „Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai“;
14. STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“;
15. STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“;
16. Europos parlamento ir tarybos reglamentas (ES) Nr. 305/2011
17. HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ (Žin., 2009, Nr. 159-7219);
18. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas (2013-07-16 redakcija).
19. Kiti Lietuvoje galiojantys normatyvai. Vyriausybės nutarimai ir žinybų įsakymai.

2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1. SKLYPO PLANAS

Sklypas, kuriame statomas ekspozicijų centro pastatas, yra Klaipėdos mieste, Naujoji Uosto g. (pajūrio zonoje), kur vyrauja pietvakariniai vėjai.

Žemės sklypas, kurio matmenys 41,96x82,80x43,87x83,14 m., nuosavybės teise valdomas 35,60 arų (3560,18 m²). Sklypo užstatymas – 1123,36 m². Projektuojamas pastatas orientuotas pagrindiniu fasadu į pietvakarius. Objektas numatomas statyti 25,69 m. atstumu nuo artimiausio esamo pastato. Prie ekspozicijų centro bus iškloti takeliai praėjimui, bei išasfaltuotas kelias automobilio įvažiavimui. Visi takai ir praėjimai išklojami betono plytelėmis, o važiuojamoji dalis su 36 vietų stovėjimo aikštelėmis – betono danga skirta važiuojamajai daliai. Taip pat numatytos dviračių laikymo vietos, netoli pagrindinio įėjimo į pastatą. Sklypo pietvakarių pusėje yra Naujoji Uosto g., iš kurios įvažiuojama į sklypą. Sklype numatyta nenaudojamus plotus apželdinti veja, bei pasodinti medžius ir krūmus.

Šalia sklypo praeina vandentiekio, šilumos, elektros, dujų, komunikaciniai (ryšio, interneto) tinklai.

2.2. PASTATO TŪRINĖ – PLANINĖ CHARAKTERISTIKA

Kultūros paskirties pastatas numatytas naudoti viešiesiems renginiams rengti. Pastate projektuojamos kultūros reikmės bei administracinės patalpos. Numatytos dviejų funkcinių paskirčių patalpų grupės – pagrindinės ir papildomos. Pagrindinės funkcinės paskirties patalpos sudaro 90 % visų patalpų ploto. Papildomos funkcinės paskirties patalpų grupei priskiriama maitinimo paskirties patalpa, sanitariniai mazgai, persirengimo kambariai, pagalbinės patalpos.

Ekspozicijų centro patalpų išplanavimas pateiktas brėžinio 2016-MBD-SK 2 lape.

Bendras viso projektuojamo pastato patalpų plotas – 1372,57 m². Patalpų eksplikacijos pateiktos brėžinio 2016-MBD-SK 1 lape. Pastato tūris – 7863,52 m³.

Projektuojamame pastate numatomi penki įėjimai. Pagrindinis įėjimas į pastatą projektuojamas iš pietvakarių pusės. Pastate numatomas evakuacinis kelias, kuris užtikrina tinkamą žmonių išėjimą iš pastato. Patalpose įrengiami ženklai, nurodantys saugų išėjimą iš pastato kilus pavojui.

Projektuojamas pastatas yra visuomeninės paskirties, todėl pagrindiniu įėjimu į pastatą galės lengvai patekti žmonės su negalia, jie gali laisvai judėti ir naudotis visomis pagrindinėmis bei pagalbinėmis lankytojams skirtomis patalpomis.

2.3. PASTATO KONSTRUKCIJOS

2.3.1. Stogas

Projektuojamo ekspozicijų centro pastato stogas yra plokščias, kurio nuolydis - 3° , ir kuris atitinka STR reikalavimus, kai plokščio stogo nuolydis turi neviršyti 7° .

Stogo laikančioji konstrukcija numatyta gelžbetoninė briaunota plokštė, kuri gaminama naudojant C25/30 stiprio klasės betoną. Virš jos formuojamas nuolydis iš putplasčio. Tuomet užliejamas išlyginamasis sluoksnis iš C25/30 klasės betono. Norint vandenį nuleisti nuo stogo, reikia sudaryti bent minimalų nuolydį, todėl yra dvigubas termoizoliacinis sluoksnis. Jis yra iš dviejų sluoksnių: vienas yra pagrindinis termoizoliacinis, o kitas yra kalibruotas. Taip vadinamos kalibruotos plokštės. Tam tikru būdu jas išdėliojant yra suformuojamas reikalingas nuolydis. Stogo nuolydis turi būti suformuotas taip, kad vanduo ant stogo nesilaikytų ilgiau kaip 4 valandas po lietaus.

Įrengiama hidroizoliacija. Hidroizoliacinė medžiaga užtikrina visos stogo dalies nepralaidumą. Stogo termoizoliacijai pasirinktos nedegios, apkrovą laikančios izoliacijos plokštės iš akmens vatos. Apatinis šilumos izoliacijos sluoksnio šilumos laidumo koeficientas – $\lambda=0,036$ W/mK, viršutinis – $\lambda=0,038$ W/mK.

Stogo dangai numatyta prilydomoji elastomerinė danga Mida Balt. Tai bituminė ritininė stogų hidroizoliacinė danga.

60 – 80 m² stogo plote turi būti įrengtas ne mažiau kaip vienas vėdinimo kaminėlis. Laikantis šių reikalavimų, projektuojamame pastate numatyta įrengti 14 vėdinimo kaminėlių.

Plokščiasis stogas privalo turėti vandens nuvedimo sistemą, kuri nekenktų pastato statybinėms konstrukcijoms ir aplinkai (želdiniams, šaligatviams, gatvėms, kitiems statiniams). Ant stogo įrengiamos įlajos, tarp kurių atstumas turi būti ne didesnis kaip 12 m.

Projektuojamos denginio plokštės skaičiavimai atlikti konstrukcinėje dalyje, 3.1. skyrelyje. Darbo brėžiniai pateikti brėžinio 2016-MBD-SK 4 lape.

2.3.2. Sienos

Išorinėms sienoms ir vidinėms pertvaroms numatytos „Paroc“ kompozicinės plokštės. Šios plokštės yra aukštos kokybės kompozicinės (sandwich) konstrukcijos su akmens vatos šerdimi ir plieno lakštų paviršiais.

Projektuojamos sienų plokštės užtikrina ugniasaugą statinyje. Dideliu stipriu ir standumu pasižyminti plokštė gali pertverti plačius tarpatramius su mažiausiomis konstruktyvų deformacijomis. Projekte numatyti 6 m tarpatramiai. Taip pat šios plokštės garantuoja energetinį efektyvumą, sandarumą bei gerą šiluminę izoliaciją.

Kompozicinėmis plokštėmis galime pastato fasadui suteikti šiuolaikiškumo ir išraiškingumo. Šios plokštės pasižymi funkcionalumu ir plačia RAL palete. Plokštes galima naudoti atskiromis juostomis, skirtingomis spalvomis. Projektuojamo pastato fasadui numatyta derinti dvi spalvas: RAL 7031 (Blue grey) ir RAL 5007 (Briliant blue).

Didžiąją pastato dalį sudaro aliuminio fasadai, kurių profiliai RAL 7016 (Anthracite grey).

Sąramos numatytos gelžbetoninės surenkamos.

2.3.3. Perdangos

Projektuojamame visuomeninės paskirties pastate tarpaukštinei perdangai numatyta konstruoti gelžbetonines nepertraukiamo armavimo plokštes. Gelžbetoninės plokštės su apskritomis tuštumomis, 300 mm aukščio. Šių plokščių gamybai naudojamas C25/30 klasės betonas ir S400 klasės armatūros strypai.

Perdangos remiasi į sijas, kurios paremtos į gelžbetonines kolonas su paslėpta konsole.

Tarpaukštinės perdangos izoliacijai pasirinkta mineralinė vata, kurios deklaruojamas šilumos laidumo koeficientas $\lambda_D=0,035$ W/mK.

Projektuojamos tuštumėtos plokštės skaičiavimai pateikti konstrukcinėje dalyje, 3.4. skyrelyje. Darbo brėžiniai pateikti brėžinio 2016-MBD-SK 5 lape.

2.3.4. Sijos

Pastate įrengiamos dviejų tipų gelžbetoninės sijos: RT ir RL tipų. Abiejų tipų projektuojamų sijų ilgis vienodas – 5,8 m. Jos paremtos į gelžbetonines kolonas, o į pačias sijas – denginio ir perdangos plokštės.

Projektuojamos sijos skaičiavimai aprašyti konstrukcinėje dalyje, 3.2. skyrelyje, o darbo brėžiniai pateikti brėžinio 2016-MBD-SK 4 lape.

2.3.5. Kolonos

Projektuojamame pastate numatyta naudoti surenkamas gelžbetonines kolonas. Kolona numatyta projektuoti kvadratinio skerspjūvio 300x300 mm. Tiek išilgine tiek skersine pastato kryptimi kolonos išdėstomos 6 m. žingsniu. Projektuojamos dviejų tipų kolonos: kolona su dviem konsolėm (K-1) ir kolona su viena konsole (K-2).

Kolonos gamybai naudojamas C25/30 klasės betonas, armavimui S400 klasės armatūros strypai, be išankstinio armavimo. Kolonos armavimas numatytas simetrinis.

Gelžbetoninės kolonos ir pamato jungimui taikomas varžtinis sujungimas. Šis jungimas pasižymi montavimo greičiu bei standžiu kolonos ir pamato sujungimu.

Projektuojamos gelžbetoninės kolonos skaičiavimai aprašyti konstrukcinėje dalyje, 3.3.

skyrelyje. K-1 ir K-2 kolonų darbo brėžiniai pateikti brėžinio 2016-MBD-SK 5 lape.

2.3.6. Grindys

Grindys yra viena iš labiausiai eksploatuojamų pastato konstrukcijų. Ją nuolat veikia įvairios apkrovos – vaikščiojantys žmonės, kilnojami baldai, įvairūs kroviniai, agresyvioji aplinka ir kitos apkrovos. Visuomeninių pastatų grindys turi būti atsparios mechaniniams poveikiams, šiltos, neslidžios, lengvai valomos, ekonomiškos ir gražios.

Projektuojamame pastate yra dviejų tipų grindys, ant grunto ir ant perdangos.

Projektuojamos grindys ant grunto. Virš natūralaus grunto įrengiamas sutankintos skaldos (smėlio) sluoksnis paviršiui išlyginti. Suformavus pagrindą įrengiamas šilumos izoliacijos sluoksniai iš mineralinės vatos. Įrengiamas 95 mm storio PAROC GRS 20 ($\lambda=0,038$ W/mK) šilumos izoliacijos sluoksnis. Šilumos izoliacijos paviršius užklojamas hidroizoliacijos sluoksniu tam, kad šilumos izoliacinė vata nesugertų vandens iš armuoto išlyginamojo sluoksnio (70 mm) tuo metu kada jis bus pilamas ir kietės. Įengus šiuos sluoksnius klojama pasirinkta grindų danga.

Projektuojamos grindys ant perdangos. Kaip pagrindas įrengiama nepertraukiamo armavimo gelžbetoninė perdanga iš plokščių su apskritomis tuštumomis, 300 mm aukščio. Sumontuotos plokštės monolitinamos 20 mm sluoksnio storio C25/30 klasės betonu, siekiant išlyginti plokščių sandūras. Kadangi eksploatacinis režimas yra šlapias, grindų danga turi būti nelaidi vandeniui, todėl virš pirmojo išlyginamojo sluoksnio įrengiamas garo hidroizoliacijos sluoksnis. Šilumos izoliaciniam sluoksniui numatoma mineralinė vata, kurios deklaruojamas šilumos laidumas $\lambda_D=0,035$ W/mK. Šilumos izoliacijos paviršius yra užklojamas vienu hidroizoliacijos sluoksniu tam, kad mineralinę vatą atskirtų nuo išlyginamojo sluoksnio. Išlyginamasis sluoksnis numatytas 20 mm, C25/30 klasės betonas. Įrengiama numatyta grindų danga.

2.3.7. Pamatai

Sienoms pasirinkti juostiniai pamatai iš blokelių, kolonomis – monolitiniai pamatai.

Pamatai po išorinėmis save laikančiomis sienomis numatyti įgilinti 1,60 m., o po kolonomis – 1,50 m. Pamatams įrengiamos pamatų papėdės. Jos numatomos monolitinės 800 mm. pločio, 300 mm. aukščio po visais pamatų blokais. Šitaip praplatinama apatinė pamatų dalis ir apkrova pasiskirsto didesniai grunto plotui. Pamatų papėdėms pasirinktas C25/30 klasės betonas.

Šiltinant pamatą, šilumos izoliacijos sluoksnį būtina tvirtinti taip, kad užpilant gruntu, jis negalėtų pasislinkti ir nesusidarytų plyšių. Pagal šilumos ir garso izoliacinių medžiagų gamintojo, rekomendaciją, cokolio šiltinimui iš išorinės pusės naudojama kieta melsvos spalvos izoliacinė plokštė STYROFOAM 300 SL (80 mm), kuri pagaminta iš ekstruzinio polistireno (XPS), šilumos laidumo koeficiento deklaruojamoji vertė $\lambda_D=0,037$ W/mK. Ant cokolio numatyta 2 sluoksnių

hidroizoliacija, siekiant apsaugoti mūrą nuo kapiliarinės drėgmės.

Projektuojamo pastato pamatai turi būti įgilinti žemiau žemės įšalo gylio. Nustatant pamatų matmenis, turi būti atsižvelgta į grunto mechanines savybes. Atlikus inžinerinius geologinius statybos sklypo tyrimus ir radus silpnesnio atsparumą gruntą, pamatų plotis ir įgilinimas patikslinami.

2.3.8. Langai ir durys

Projektuojant pastato langus ir duris laikomasi STR 2.05.20:2006 ir esminių statinio reikalavimų.

Kadangi didžiąją pastato dalį sudaro aliuminio fasadai, tai plastikiniai langai įrengiami tik fasado 1-13 pusėje. Plastikinių profilių ir aliuminio fasadų rėmai numatyti antracito pilkos spalvos (RAL 7016).

Durys numatytos aliuminio profilio taip pat RAL 7016 spalvos. Pagrindinės durys numatytos automatinės slankiosios pažangių technologijų.

Langų, durų ir aliuminio fasadų profiliai numatyti Schuco gamintojo, kurie pasižymi aukšta kokybe.

Aliuminio fasadas įrengiamas pagal gamintojo rekomendacijas.

Projektuojamo pastato langai ir durys turėtų garantuoti gerą garso ir šilumos izoliaciją ir ilgalaikę eksploataciją.

Projektuojamo pastato langų ir durų žiniaraštis pateiktas 1 priede.

3. KONSTRUKCINĖ DALIS

3.1. BRIAUNOTA DENGINIO PLOKŠTĖ

3.1.1. Bendrieji duomenys

Pagrindinė laikančioji stogo konstrukcija yra gelžbetoninė denginio plokštė. Plokštės gamybai naudojamas C25/30 klasės betonas, kurio charakteristinis stipris $f_{ck}=25 MPa$, o skaičiuojamasis stipris $f_{cd}=0,9 \cdot 1 \cdot 25/1,5=15 MPa$.

Numatyta konstrukciją armuoti S400 klasės armatūros strypais, kurių charakteristinis stipris $f_{yk}=400 MP$, o skaičiuojamasis stipris $f_{yd} = 400/1,1=365 MPa$. Išilginė plokštės briauna armuojama iš anksto įtempta armatūra, kurios klasė Y1230. Šios armatūros charakteristikos:

$f_{pk} = 1230 MPa$; $f_{p0,1k} = 1080 MPa$; $f_{p0,1d} = 940 MPa$; $E_s = 2,05 \cdot 10^5 MPa$; $\varepsilon_{uk} = 4,0 \%$.

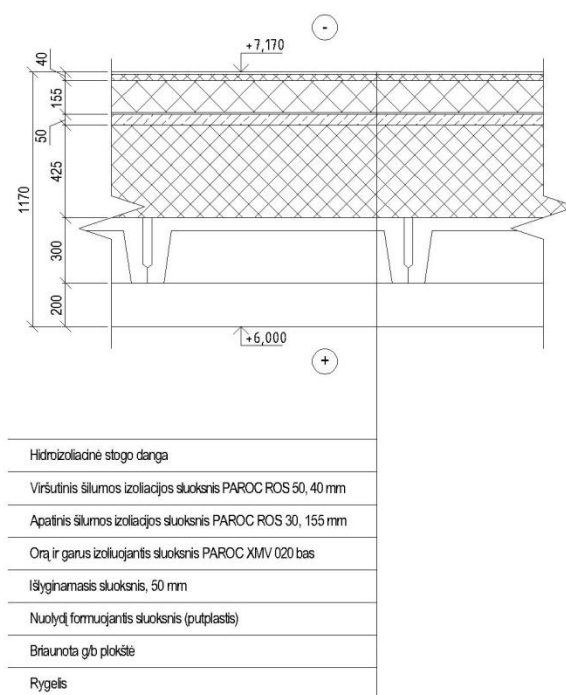
Statybos vieta – Klaipėda. Sniego rajonas – I.

Aplinkos klasė – X0.

3.1.2. Apkrovos

Nuolatinė apkrova

Skaičiuojant apkrovas, didelę įtaką turi konstrukcijos savasis svoris. Stogo savasis svoris apskaičiuojamas pagal 1 pav. parodytą detalę. Charakteristinės stogo konstrukcijos savojo svorio apkrovos reikšmės pateiktos 1 lentelėje.



1 pav. Stogo konstrukcijos detalė

1 lentelė. Stogo konstrukcijų apkrovų lentelė

Eil. Nr.	Stogo konstrukcijos elementas	Charakteristinė apkrova, kN/m^2	γ	Skaičiuotinė apkrova, kN/m^2
1.	Du sluoksniai ritininės dangos	0,094	1,35	0,127
2.	Šilumos izoliacijos plokštės PAROC ROS 50, $t=20\text{ mm.}$	0,032		0,043
3.	Šilumos izoliacijos plokštės PAROC ROS 30, $t=155\text{ mm.}$	0,144		0,194
4.	Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis PAROC XMV 020bas, $t=0,2\text{ mm.}$	0,002		0,027
5.	Betono išlyginamasis sluoksnis $t=50\text{ mm.}$	0,8		1,95
6.	Polistireninis putplastis $t=145\text{ mm.}$	0,051		0,069
7.	G/b plokštė $t=0,06\text{ mm.}$	1,5		1,95
	Iš viso (g):	2,62		3,54

Kintama apkrova

Statybos vieta – Klaipėda, I sniego rajonas.

[16, priedas 1, 1 pav.]

Charakteristinė sniego apkrovos ant žemės reikšmė $s_k = 1,2\text{ kN/m}^2$

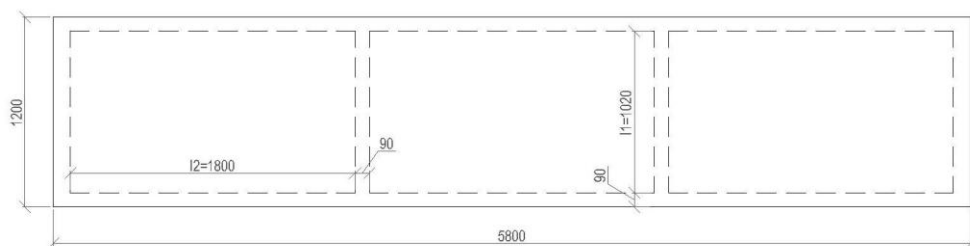
[16, priedas 1, lent. 1]

Skaičiuotinė sniego apkrova: $s_d = s_k \cdot \gamma_Q = 1,2 \cdot 1,3 = 1,56\text{ kN/m}^2$

Suminė skaičiuotinė apkrova veikianti denginio plokštę: $p = 3,54 + 1,56 = 5,10\text{ kN/m}^2$

3.1.3. Briaunotos plokštės lentynos skaičiavimas

Kadangi $l_2/l_1=1800/1020=1,76 < 2$, tai lentyna skaičiuojama kaip plokštė, paremta visu kontūru.



2 pav. Denginio plokštės konstrukcija

Plokštės atremtos visu kontūru yra apskaičiuojamos kinematinėmis lygtimis ribinės pusiausvyros metodu.

$$M_{sx} = \beta_x \cdot p \cdot l_1^2 = 0,044 \cdot 5,10 \cdot 1,02^2 = 0,233\text{ kNm}$$

$$M_{sy} = \beta_y \cdot p \cdot l_1^2 = 0,032 \cdot 5,10 \cdot 1,02^2 = 0,170\text{ kNm}$$

$$M_x = -\beta_x \cdot p \cdot l_1^2 = 0,059 \cdot 5,10 \cdot 1,02^2 = -0,313\text{ kNm}$$

$$M_y = -\beta_y \cdot p \cdot l_1^2 = 0,032 \cdot 5,10 \cdot 1,02^2 = -0,170 \text{ kNm}$$

β_x, β_y – reikšmės nurodytos 2 priede.

Armatūros kiekis didžiausio momento M_x vietoje, 1 m. pločio plokštės:

$$d_1 = 45 \text{ mm.}$$

$$\mu = \frac{M_{\max}}{f_{cd} b d^2} = \frac{0,313}{15 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 0,045^2} = 0,010;$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,01} = 0,01;$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,730; \quad [17, \text{ f. 8.15}]$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,730}{1 + \frac{365}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,730}{1,1}\right)} = 0,968; \quad [17, \text{ f. 8.14}]$$

$$\xi < \xi_{\text{lim}}$$

$$A_s = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{y,d}} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 0,00045}{365 \cdot 10^3} = 0,185 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{m} = 0,185 \text{ cm}^2 / \text{m};$$

$$x = \xi \cdot d_1 = 0,01 \cdot 0,045 = 0,00045;$$

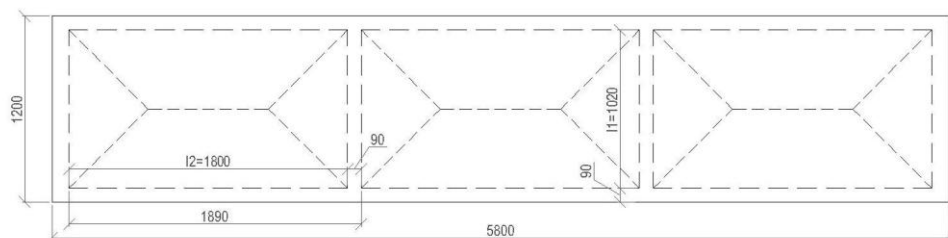
Iš armatūros sortimento [3 priedas] parenkama armatūra. Priimamas vienas armatūros tinklas $\emptyset 6$ ($A_{sp} = 0,283 \text{ cm}^2$), $s = 100 \text{ mm}$.

3.1.4. Plokštės skersinių briaunų skaičiavimas

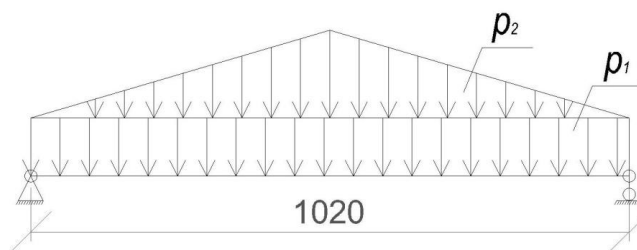
Skersinės briaunos skaičiuojamos kaip dvitramės laisvai atremtos sijos. Jų apkrova sudaryta iš trikampės dalies – p_2 ir tolygiai išskirstyto pačios briaunos svorio – p_1 .

$$p_1 = \frac{(b_1 + b_2)(h - h_f) \rho_m}{2} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = \frac{(0,06 + 0,09)(0,17 - 0,06) \cdot 25}{2} \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 0,216 \text{ kN/m};$$

$$p_2 = g_d \cdot l_2 = 3,54 \cdot 1,89 = 6,691 \text{ kN/m};$$



3 pav. Projektuojamos plokštės konstrukcija



4 pav. Skersinės briaunos skaičiuojamoji schema

Maksimalios įrašos briaunoje:

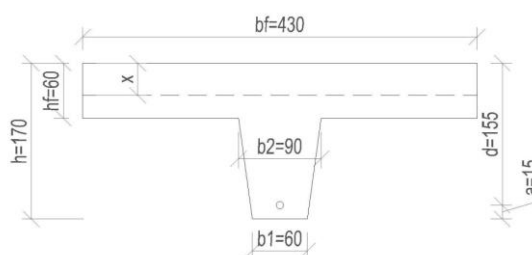
$$M_{Ed} = \frac{p_1 l_1^2}{8} + \frac{p_2 l_1^2}{12} = \frac{0,216 \cdot 1,02^2}{8} + \frac{6,691 \cdot 1,02^2}{12} = 0,597 kNm;$$

$$V_{Ed} = \frac{p_1 l_1}{2} + \frac{p_2 l_1}{4} = \frac{0,216 \cdot 1,02}{2} + \frac{6,691 \cdot 1,02}{4} = 1,816 kN;$$

Skersinės briaunos skaičiuojamasis skerspjūvis yra tėjinis su gniuždoma lentyna, kur:

$$b_f = \min \begin{cases} l_2; \\ b_2 + l_1/3; \end{cases}$$

$$b_f = 0,09 + 1,02/3 = 0,43;$$



5 pav. Skersinės briaunos skaičiuojamasis skerspjūvis

Išilginės armatūros skaičiavimas:

$$\mu = \frac{M}{f_{cd} b_f d^2} = \frac{0,597}{15 \cdot 10^3 \cdot 0,06 \cdot 0,155^2} = 0,028 < \mu_{lim} = 0,4252;$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,028} = 0,028 < \xi_{lim} = 0,968 ;$$

$$x = \xi \cdot d_1 = 0,028 \cdot 0,155 = 0,0043 m ; \text{ gniuždymo ašis lentynoj.}$$

$$A_s = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{y,d}} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0,06 \cdot 0,0043}{365 \cdot 10^3} = 1,060 \cdot 10^{-4} m^2 / m = 1,060 cm^2 / m;$$

Konstruktvyviai priimame Ø12, kur $A_s = 1,131 cm^2$.

Skersinės armatūros skaičiavimas:

$$B = \varphi_{cd2} \cdot (1 + \varphi_n) f_{cd} \cdot b \cdot d_2^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 10^3 \cdot 0,06 \cdot 0,155^2 = 3,114 kNm;$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} \cdot 0,9 = \frac{1,8}{1,5} \cdot 0,9 = 1,08 \text{MPa};$$

$$c = \frac{2B}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 3,114}{1,816} = 3,43 \text{m} > 2d = 2 \cdot 0,155 = 0,31 \text{m}.$$

Kadangi $c > 2d$, tai c priimame $0,31 \text{ m}$.

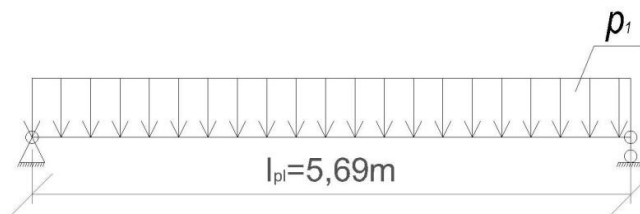
$$V_{Rd} = \frac{B}{c} = \frac{3,114}{0,31} = 10,045 \text{kN} > V_{Ed} = 1,816 \text{kN}.$$

Skersinę armatūrą priimame konstruktyviai: Ø5 S240,

Konstruktyviai: $s = h/2 = 0,17/2 = 0,085 \text{ m}$, imama $s = 0,08 \text{ m}$. ruože $l/4$ nuo atramos.

Viduriniame tarpatramio ruože $l/2$ imama $s = 3/4 \cdot h = 3/4 \cdot 0,17 = 0,128 \text{ m}$, imama $s = 0,10 \text{ m}$.

3.1.5. Plokštės išilginių briaunų skaičiavimas



6 pav. Išilginės briaunos skaičiuojamoji schema

Apkrova į 1 m plokštės apskaičiuojama atitinkama apkrovos reikšmę dauginant iš plokštės pločio $b=1,20 \text{ m}$.

Skaičiuojamoji apkrova:

$$p_1 = 3,54 \cdot 1,2 = 4,248 \text{ kN/m};$$

$$p_2 = 1,56 \cdot 1,2 = 1,872 \text{ kN/m};$$

$$p_d = 4,248 + 1,872 = 6,12 \text{ kN/m};$$

Maksimalios įrašos briaunoje:

$$M_{Ed} = \frac{pl_1^2}{8} = \frac{6,12 \cdot 5,69^2}{8} = 24,77 \text{kNm};$$

$$V_{Ed} = \frac{pl_1}{2} = \frac{6,12 \cdot 5,69}{2} = 17,41 \text{kN};$$

Charakteristinė apkrova:

$$p_1 = 2,62 \cdot 1,2 = 3,144 \text{ kN/m};$$

$$p_2 = 1,2 \cdot 1,2 = 1,440 \text{ kN/m};$$

$$p_k = 3,144 + 1,440 = 4,58 \text{ kN/m};$$

Maksimalios įrašos briaunoje:

$$M_{Ed} = \frac{pl_1^2}{8} = \frac{4,58 \cdot 5,69^2}{8} = 18,54 kNm;$$

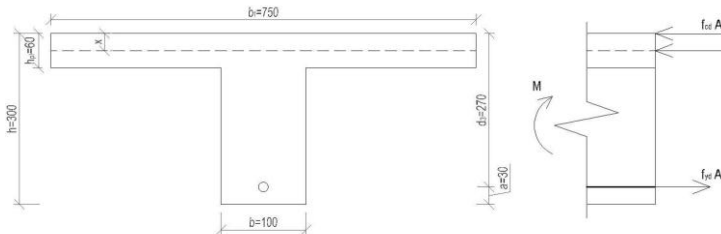
$$V_{Ed} = \frac{pl_1}{2} = \frac{4,58 \cdot 5,69}{2} = 13,03 kN;$$

Esamas plokštės skerspjūvis redukuojamas į tėjinį, kur:

$$b = 2 \cdot 0,075 = 0,15m; d_3 = h - a_{sp} = 0,30 - 0,03 = 0,27m; h_f = 0,06m;$$

$$b_f = \min \begin{cases} l_2; \\ b_1 + l_2/3; \end{cases}$$

$$b_f = 0,15 + 1,8/3 = 0,75m;$$



7 pav. Išilginių briaunų normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema

Išilginė briauna numatyta armuoti iš anksto įtempta armatūra, kurios klasė Y1230. Šios armatūros charakteristikos [4 priedas]:

$$f_{pk} = 1230 MPa; f_{p0,1k} = 1080 MPa; f_{p0,1d} = 940 MPa; E_s = 2,05 \cdot 10^5 MPa; \varepsilon_{uk} = 4,0\%.$$

Armatūra įtemptama į atsparas mechaniniu būdu. Armatūros strypai į atramas inkaruojamos inventoriniais inkarais. Betonas yra kietinamas šūtinant.

Pradinius armatūros įtempimus priimame:

$$\sigma_{sp} = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1230 = 861 MPa$$

Tikrinamas ar teisingai užfiksuotas išankstinis įtempimas:

$$\sigma_{sp} + p \leq f_{pk} \rightarrow 861 + 43,05 = 904,05 < 1230 MPa;$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot f_{pk} \rightarrow 861 - 43,05 = 817,95 > 369 MPa;$$

Čia: $p = 0,05 \cdot \sigma_{sp} = 0,05 \cdot 861 = 43,05 MPa$, kai armatūra įtemptama mechaniškai.

Įvertinamas armatūros išankstinio įtempimo tikslumo koeficientas γ_{sp} :

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp};$$

$$\gamma_{sp} = 1 + 0,1 = 1,1;$$

$$\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,9;$$

Čia: $\Delta\gamma_{sp}$ - kai armatūra įtemptama mechaniniu būdu, $\Delta\gamma_p$ reikšmė laikoma lygi 0,1;

Minusas (-), nes išankstinis įtempimas konstrukcijai sukelia palankią įtaką;
 Plusas (+), nes išankstinis įtempimas konstrukcijai sukelia nepalankią įtaką;

Tuomet:

$$\sigma_{sp} = 0,9 \cdot 861 = 774,9 \text{ MPa};$$

Apytikriai įvertiname nusistovėjusius įtempimus. Priimame, jog pirminiai ir antriniai armatūros įtempimo nuostoliai lygūs 100 MPa Tada:

$$\sigma_{sp2} = \sigma_{sp} - 100 = 774,9 - 100 = 674,9 \text{ MPa};$$

Elemento gniuždomosios zonos santykinis ribinis aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{665,1}{400} \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,468;$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,730;$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{p0,1d} + 400 - \sigma_{sp2} = 940 + 400 - 674,9 = 665,1 \text{ MPa};$$

Priimame, kad gniuždoma zona bus lentynoje.

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b_f \cdot d^2} = \frac{24,77}{15 \cdot 10^3 \cdot 0,75 \cdot 0,27^2} = 0,03;$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,03} = 0,031 < \xi_{lim} = 0,468 ;$$

$$x = \xi \cdot d_3 = 0,031 \cdot 0,27 = 0,0083 \text{ m} < h_f = 0,06 \text{ m};$$

$$A_p = \frac{f_{cd} \cdot b_f \cdot x}{f_{p0,1d}} = \frac{15 \cdot 0,75 \cdot 0,0083}{940} = 0,993 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,993 \text{ cm}^2;$$

Iš sortimento priimame $\varnothing 10 \text{ mm}$, $A_{sp} = 1,57 \text{ cm}^2$.

Išilginės briaunos armuojamos plokščiais strypynais, kurių viršutinė ir apatinė išilginė armatūra numatyta iš $\varnothing 10 \text{ mm}$ S400 klasės. Tai $A_{s1} = 1,57 \text{ cm}^2$, $A_{s2} = 1,57 \text{ cm}^2$

3.1.6. Redukuoto skerspjūvio geometriniai rodikliai

Redukuotas skerspjūvio plotas:

$$A_{red} = A_c + \alpha_{sp} A_{sp} + \alpha_s A_s = \\ = [(0,75 - 0,15) \cdot 0,06 + 0,30 \cdot 0,15] + 6,8 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} + 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 0,085 \text{ m}^2;$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,7$$

$$\alpha_{sp} = \frac{E_{sp}}{E_{cm}} = \frac{205 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,8$$

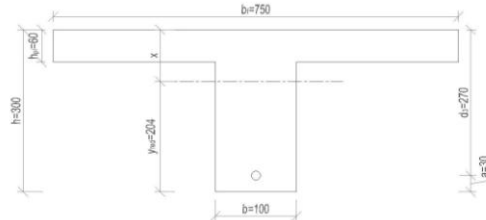
Skerspjūvio statinis momentas I - I krašto atžvilgiu:

$$S_{red} = (0,75 - 0,15) \cdot 0,06 \cdot (0,30 - 0,5 \cdot 0,06) + 0,15 \cdot 0,30 \cdot \left(\frac{0,30}{2}\right) + 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03 +$$

$$+ 6,8 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot (0,30 - 0,025) + 6,8 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 0,025 = 0,0167m^3;$$

Redukuoto skerspjūvio svorio centro atstumas nuo I - I krašto:

$$y_{red} = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{0,0167}{0,085} = 0,196m;$$



8 pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis

Redukuoto skerspjūvio inercijos momentas I - I ašies atžvilgiu:

$$I_{red} = (0,75 - 0,15) \cdot \frac{0,06^3}{12} + (0,75 - 0,15) \cdot 0,06 \cdot (0,30 - 0,196 - 0,5 \cdot 0,06)^2 +$$

$$+ \frac{0,15 \cdot 0,30^3}{12} + 0,15 \cdot 0,30 \cdot (0,5 \cdot 0,30 - 0,196)^2 + 6,7 \cdot 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot (0,196 - 0,03)^2 +$$

$$+ 6,8 \cdot 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot (0,196 - 0,025)^2 + 6,8 \cdot 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot (0,30 - 0,196 - 0,025)^2 = 0,00068m^4;$$

Redukuoto skerspjūvio atsparumo momentai apatinio ir viršutinio kraštų atžvilgiu:

$$W_{red}^b = \frac{I_{red}}{y_{red}} = \frac{0,00068}{0,196} = 0,0035m^3;$$

$$W_{red}^t = \frac{I_{red}}{h - y_{red}} = \frac{0,00068}{0,30 - 0,196} = 0,0065m^3;$$

Atstumai nuo redukuoto skerspjūvio svorio centro iki jo branduolio taškų:

$$r = \frac{W_{red}^b}{A_{red}} = \frac{0,0035}{0,085} = 0,041m;$$

$$r' = \frac{W_{red}^t}{A_{red}} = \frac{0,0065}{0,085} = 0,076m.$$

Kai tempiama zona skerspjūvio apačioje:

$$S'_{co} + \alpha_s S_s - \alpha_{sp} S_{sp} = \frac{h - x}{2} A_{ct};$$

$$A_{ct} = b(h - x);$$

$$(b_f - b)h_f(x - 0,5h_f) + 0,5bx^2 + \alpha_s A_{s1}(x - a) + \alpha_s A_{s2}(h - x - a) - \alpha_{sp} A_{sp}(h - x - a_{sp}) =$$

$$= \frac{h - x}{2} \cdot b(h - x)$$

$$(0,75 - 0,15) \cdot 0,06 \cdot (x - 0,5 \cdot 0,06) + 0,5 \cdot 0,15x^2 + 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4}(x - 0,025) + 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot \\ \cdot (0,3 - x - 0,025) - 6,8 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4}(0,3 - x - 0,03) = \frac{0,15(0,3 - x)^2}{2}.$$

Iš čia $x = 0,096$ m.

$$I_{cco} = (b_f - b) \cdot \frac{h_f^3}{12} + (h_f - b) \cdot h_f \cdot (x - h_f/2)^2 + \frac{bx^3}{3} = \\ = (0,75 - 0,15) \cdot \frac{0,06^3}{12} + (0,06 - 0,15) \cdot 0,06 \cdot (0,096 - 0,06/2)^2 + \frac{0,15 \cdot 0,096^3}{3} = 0,315 \cdot 10^{-4} m^4;$$

$$\alpha'_s I'_{so} = \alpha_s A_{s1} (x - a)^2 = 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} (0,096 - 0,025)^2 = 0,053 \cdot 10^{-4} m^4;$$

$$\alpha_s I_{so} = \alpha_{sp} A_{sp} (h - x - a_{sp})^2 = 6,8 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} (0,3 - 0,096 - 0,03)^2 = 0,323 \cdot 10^{-4} m^4;$$

$$S_{ct} = b(h - x) \cdot \frac{h - x}{2} = 0,15(0,3 - 0,096) \cdot \frac{0,3 - 0,096}{2} = 0,00312 m^3;$$

$$W_{pl}^b = \frac{2(I_{cco} + \alpha'_s I'_{so} + \alpha_{sp} I_{so})}{h - x} + S_{ct} = \frac{2(0,315 + 0,053 + 0,323) \cdot 10^{-4}}{0,3 - 0,096} + 0,00312 = 0,0038 m^3$$

$W_{pl} \cong W_{red}^b \rightarrow$ patikima, paskaičiuota teisingai.

Kai tempiama zona viršuje:

$$S'_{co} + \alpha_s S_s - \alpha_{sp} S_{sp} = \frac{h - x}{2} A_{ct};$$

$$A_{ct} = (b_f - b)h_f + b(h - x);$$

$$0,5bx^2 + \alpha_s A_{s1} (x - a) + \alpha_s A_{s2} (h - x - a) - \alpha_{sp} A_{sp} (h - x - a_{sp}) = \frac{h - x}{2} \cdot [(b_f - b)h_f + b(h - x)];$$

$$0,5 \cdot 0,15x^2 + 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4}(x - 0,025) + 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot (0,3 - x - 0,025) - 6,8 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot \\ \cdot (0,3 - x - 0,03) = \frac{0,3 - x}{2} \cdot [(0,75 - 0,15)0,06 + 0,15(0,3 - x)];$$

Iš čia $x = 0,186$ m.

$$I_{cco} = \frac{bx^3}{3} = \frac{0,15 \cdot 0,186^3}{3} = 3,217 \cdot 10^{-4} m^4;$$

$$\alpha'_s I'_{so} = \alpha_s A_{s1} (x - a)^2 = 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} (0,186 - 0,025)^2 = 0,273 \cdot 10^{-4} m^4;$$

$$\alpha_s I_{so} = \alpha_{sp} A_{sp} (h - x - a_{sp})^2 = 6,8 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} (0,3 - 0,186 - 0,03)^2 = 0,075 \cdot 10^{-4} m^4;$$

$$S_{ct} = (b_f - b)h_f (h - x - a) + 0,5b(h - x)^2 = (0,75 - 0,15) \cdot 0,06 \cdot (0,3 - 0,186 - 0,03) + 0,5 \cdot 0,15 \cdot \\ \cdot (0,3 - 0,186)^2 = 0,0040 m^3;$$

$$W_{pl}^t = \frac{2(I_{cco} + \alpha'_s I'_{so} + \alpha_{sp} I_{so})}{h - x} + S_{ct} = \frac{2(3,217 + 0,273 + 0,075) \cdot 10^{-4}}{0,3 - 0,186} + 0,004 = 0,01025 m^3$$

$W_{pl} \cong 1,5 \cdot W_{red}^b = 1,5 \cdot 0,0065 = 0,0098 m^3 \rightarrow$ patikima, paskaičiuota teisingai.

3.1.7. Armatūros išankstinių įtempių nuostoliai

Armatūra įtempama į atsparas mechaniniu būdu. Betonas kietinamas šutinant.

Armatūros išankstinių įtempimų dydis $\sigma_{sp}=774,9 \text{ MPa}$. Jų nuostoliai apskaičiuojami imant $\gamma_{sp}=1,0$.

Pirminiai nuostoliai.

- Dėl relaksacijos:

$$\sigma_{los,1} = 0,1\sigma_{sp} - 20 = 0,1 \cdot 774,9 - 20 = 57,49 \text{ MPa};$$

- Dėl temperatūrų skirtumo:

$$\sigma_{los,2} = 0; \text{ nes įtempama mechaniniu būdu.}$$

- Dėl tempimo įrenginių inkaravimo deformacijos:

$$\sigma_{los,3} = \frac{\Delta l}{l} E_s = \frac{2}{5800} \cdot 205 \cdot 10^3 = 70,69 \text{ MPa};$$

- Dėl trinties:

$$\sigma_{los,4} = 0; \text{ nes įtempta armatūra nebus atlenkiama.}$$

- Dėl klojinių deformacijos:

$$\sigma_{los,5} = 30,0 \text{ MPa}; \text{ priimame, nes nėra duomenų apie klojinius.}$$

- Dėl valkšnumo:

$$P_1 = A_{sp} \left(\sigma_{sp} - \sum \sigma_{los,i} \right) = 1,57 \cdot 10^{-4} (774,9 - (57,49 + 70,69 + 30)) \cdot 10^3 = 96,83 \text{ kN};$$

$$e_{op} = y_{red} - a_{sp} = 0,196 - 0,03 = 0,166 \text{ m};$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 \cdot e_{op} \cdot y_{red}}{I_{red}} = \frac{96,83 \cdot 10^{-3}}{0,085} + \frac{96,83 \cdot 10^{-3} \cdot 0,166 \cdot 0,196}{0,00068} = 5,77 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{cp} = 5,77 \text{ MPa} < 0,6f_{cp} = 12 \text{ MPa};$$

$$f_{cp} = 0,8 \cdot 25 = 20 \text{ MPa.}$$

$$\alpha = 0,25 + 0,025f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 20 = 0,75 < 0,8;$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{5,77}{20,0} = 0,289 < \alpha = 0,75;$$

$$\sigma_{los,6} = \chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \right) = 0,85 \left(40 \frac{5,77}{20,0} \right) = 9,81 \text{ MPa};$$

$\chi = 0,85$, kai betonas šutinamas.

Suminiai pirminiai nuostoliai ir apspaudimo jėga

$$\sum \sigma_{los}^I = 57,49 + 0 + 70,69 + 0 + 30,0 + 9,81 = 167,99 \text{ MPa};$$

$$P_{01} = A_{sp} \left(\sigma_{sp} - \sum \sigma_{los,i}^I \right) = 1,57 \cdot 10^{-4} (774,9 - 167,99) \cdot 10^3 = 95,28 \text{ kN}.$$

Antriniai nuostoliai.

- Dėl armatūros relaksacijos:

$$\sigma_{los,7} = 0; \text{ nes įtempžiama į atsparas.}$$

- Dėl betono susitraukimo:

$$\sigma_{los,8} = 40,0 \text{ MPa}; \text{ nes betonas (iki C30/37) šutinamas.}$$

- Dėl betono valkšnumo:

$$\sigma_{los,9} = 150 \chi \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \right) = 150 \cdot 0,85 \left(\frac{5,77}{20,0} \right) = 36,78 \text{ MPa};$$

Suminiai pirminiai nuostoliai ir apspaudimo jėga

$$\sum \sigma_{los}^{II} = 0 + 40,0 + 36,78 = 76,78 \text{ MPa};$$

$$P_{02} = A_{sp} \left(\sigma_{sp} - \sum \sigma_{los,i}^{II} \right) = 1,57 \cdot 10^{-4} (774,9 - 76,78) \cdot 10^3 = 109,60 \text{ kN}.$$

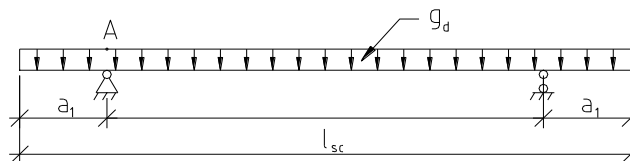
Suminiai (I + II) nuostoliai:

$$\sigma_{los} = \sum \sigma_{los}^I + \sum \sigma_{los}^{II} = 167,99 + 109,60 = 277,59 \text{ MPa}.$$

3.1.8. Išilginių briaunų skaičiavimas stadijoje iki eksploataavimo

Viršutinio krašto pleišėtumas.

Plokštės skaičiuojamoji schema ją transportuojant:



9 pav. Plokštės transportavimo skaičiuojamoji schema

Savojo plokštės svorio apkrova transportuojant:

$$g_d = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8 \text{ kN/m};$$

Lenkimo momentas gembėje, priimant jos ilgį $a_1 = 1,0 \text{ m}$.

$$M_d^I = \frac{g_d \cdot a_1^2}{2} = \frac{1,8 \cdot 1,0^2}{2} = 0,9 \text{ kN/m};$$

Apigniūždymo jėga, tikrinant viršutinio krašto pleišetumą iki eksploatacinėje stadijoje (esant nepalankiai išankstinio įtempimo įtakai), kai $\gamma_{sp} = 1 + \Delta\gamma_{sp} = 1 + 0,1 = 1,1 > 1,0$:

$$P_1 = \gamma_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_{los}^I) \cdot A_{sp} = 1,1 \cdot (774,9 - 167,99) \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} = 0,11048 MN = 110,48 kN;$$

$$f_{cp} = 0,8 \cdot 25 = 20 MPa$$

E_{cm} pasikeitimas neturi daug įtakos redukuoto skerspjūvio geometriniais rodikliais. Todėl

$$W'_{pl,p} \cong W'_{pl} = 0,0038 m^3 \text{ ir } r_p \cong r = 0,041 m.$$

Įtempimai labiau gniuždomame betono krašte:

$$\sigma_p^c = \frac{P_1(r' + r) + 2f_{cp} \cdot W_{red,t}}{W_{red,b}} = \frac{110,48 \cdot 10^{-3} (0,076 + 0,041) + 2 \cdot 1,2 \cdot 0,0065}{0,0035} = 78,15 MPa;$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_p^c}{f_{cp}} = 1,6 - \frac{78,15}{20} = 1,19 > 1,0, \text{ todėl imama } \varphi = 1,0.$$

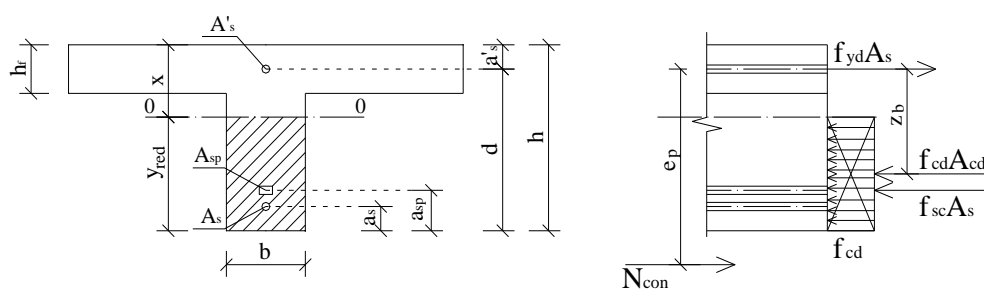
Tikrinamas pjūvio I - I pleišetumas (gamybinių plyšių atsivėrimo galimybė), kuris mažina priešingo krašto atsparumą pleišėjimui:

$$P_1(e_{op} - \varphi \cdot r') + M_d^I = 110,48 \cdot 10^{-3} \cdot (0,166 - 1,0 \cdot 0,076) + 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,011 < f_{cp} \cdot W'_{pl} = 1,2 \cdot 0,041 = 0,049 MNm;$$

I - I pjūvyje pradiniai (gamybiniai) plyšiai neatsivers.

Stiprumas transportuojant.

Žemiau parodytas įrašų derinys yra pavojingesnis už derinį, gaunamą išformuojant (arba sandėliuojant) plokštę, jei atstumas nuo plokštės galo iki pakėlimo kilpų mažesnis negu a_1 .



10 pav. Plokštės įrašos stiprumui transportavimo stadijoje skaičiuoti

Skaičiuojamoji plokštės savojo svorio apkrova, ją transportuojant ir imant dinaminį koeficientą $\gamma_d = 1,6$:

$$g_d = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 0,95 = 2,74 kN/m;$$

Lenkimo momentas gembėje:

$$M_d = \frac{g_d \cdot a_1^2}{2} = \frac{2,74 \cdot 1,0^2}{2} = 1,37 kNm;$$

Apigniūzdymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinę, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\gamma_{sp} \sigma_{sp1} - 330) A_{sp} = (1,1 \cdot 707,6 - 330) \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} = 0,07039 MN = 70,39 kN;$$

$$\sigma_{sp1} = 774,9 - 57,49 - 9,81 = 707,6 MPa;$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro:

$$e_p = d - a_{sp} + \frac{M_d}{N_{con}} = 0,27 - 0,03 + \frac{1,37}{70,39} = 0,259 m;$$

$$x = \frac{(N_{con} + f_{yd} A_s + f_{yd} A_{sp} - f_{sc} A'_s)}{f_{cd} b} =$$

$$= \frac{(70,39 \cdot 10^{-3} + 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} + 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} - 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4})}{15 \cdot 0,10} = 0,0851 m;$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,0851}{0,27} = 0,315;$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,730}{1 + \frac{707,6}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,730}{1,1}\right)} = 0,495;$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,730;$$

$$\xi = 0,495 < \xi_{lim} = 0,968;$$

$$N_{con} e_p = 70,39 \cdot 0,259 = 18,23 kNm < f_{cd} b x (d - 0,5x) + f_{yd} A'_s (d - a'_s) =$$

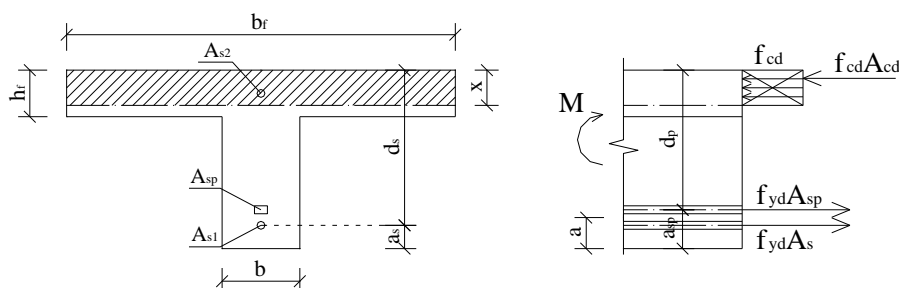
$$= 15 \cdot 0,10 \cdot 0,0851 \cdot (0,27 - 0,5 \cdot 0,0851) + 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot (0,27 - 0,03) = 0,042787 MNm =$$

$$= 42,79 kNm;$$

Plokštės stiprumas transportuojant pakankamas.

3.1.9. Plokštės skaičiavimas eksploatacijos stadijoje

Stiprumas normaliniame pjūvyje.



11 pav. Plokštės išilginių briaunų normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema

Apskaičiuojamas gniuždomosios zonos ribinis santykinis aukštis:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,730;$$

$$\sigma_{s,\text{lim}} = f_{p0,1d} + 400 - \gamma_{sp} \cdot \sigma_{sp2} - \Delta\sigma_{sp} = 940 + 400 - 0,9 \cdot 497,31 - 0 = 892 \text{MPa};$$

$$\sigma_{sp1} = 774,9 - 277,59 = 497,31 \text{MPa};$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,730}{1 + \frac{892}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,730}{1,1}\right)} = 0,417;$$

Gniuždomosios zonos aukštis, tariant, kad $x \leq h'_f$, iš $\Sigma M = 0$:

$$x = \frac{f_{yd} A_{sp} + f_{yd} A_s - f_{sc,d} A'_s}{f_{cd} b'_f} = \frac{(940 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} + 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} - 360 \cdot 1,26 \cdot 10^{-4} - 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4})}{15 \cdot 0,75} = 0,007572 \text{m} < h'_f = 0,06 \text{m};$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,007572}{0,27} = 0,028 < \xi_{\text{lim}} = 0,417;$$

Prielaida $x \leq h'_f$ teisinga.

$$\gamma_s = \eta - (\eta - 1) \left(2\xi / \xi_{\text{lim}} - 1\right) = 1,15 - (1,15 - 1) \left(2 \cdot 0,028 / 0,417 - 1\right) = 1,28 > \eta = 1,15,$$

todėl imame $\gamma_s = 1,15$.

$$x = \frac{\gamma_s f_{yd} A_{sp} - f_{yd} A'_s}{f_{cd} b'_f} = \frac{(1,15 \cdot 940 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} - 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4})}{15 \cdot 0,75} = 0,01 \text{m} \leq h'_f 0,06 \text{m};$$

$$M_u = \gamma_s f_{yd} A_{sp} (d_p - 0,5x) + f_{yd} A_s (d_s - 0,5x) = 1,15 \cdot 940 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} (0,25 - 0,5 \cdot 0,01) + 365 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} (0,27 - 0,5 \cdot 0,01) = 0,06016 \text{MNm} = 60,16 \text{kNm} > M = 18,54 \text{kNm},$$

Plokštės stiprumas išilginių briaunų normaliniame pjūvyje pakankamas.

Stiprumas skersinei jėgai įstrižuose pjūviuose.

Pavojingame įstrižame 1 - 1 pjūvyje $V = 17,41 \text{kN}$. Apgniuždymo jėga $P_{02} = 109,60 \text{kN}$.

Iš formulės apskaičiuojamas φ_n :

$$\varphi_n = \frac{0,1 \cdot P_{02}}{f_{ctd} b d} = \frac{0,1 \cdot 109,60 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,10 \cdot 0,25} = 0,48 < 0,5;$$

Apskaičiuojamas koeficientas, įvertinantis gniuždomos lentynos įtaką, kai

$$b'_f = b + 3h_f = 0,10 + 3 \cdot 0,06 = 0,28 \text{m};$$

$$\varphi_f = 0;$$

$$1 + \varphi_n = 1 + 0,48 = 1,48 > 1,5, \text{ todėl priimame } - 1,48.$$

$$B = \varphi_{b2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot 1,48 \cdot 0,9 \cdot 0,10 \cdot 0,25^2 = 0,01665 \text{MNm} = 16,65 \text{kN};$$

Skaičiuojamame įstrižajame pjūvyje $Q_c = Q_w = Q/2$,

$$c = \frac{2B}{Q} = \frac{2 \cdot 16,65}{17,41} = 1,91 > 2d = 2 \cdot 0,25 = 0,50m. \text{ Imama } c = 0,50m.$$

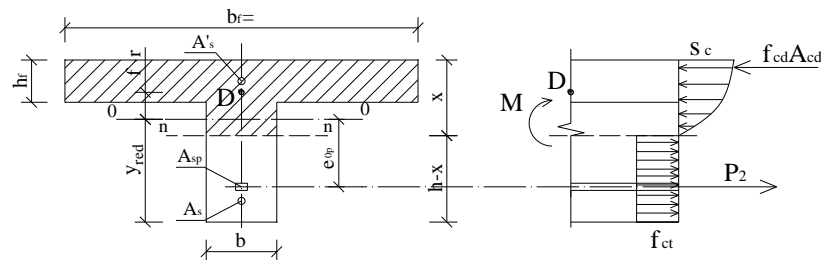
$$\text{Tuomet: } Q_c = \frac{B}{c} = \frac{16,65}{0,50} = 33,30kN > Q = 17,41kN;$$

Taigi, skersinę armatūrą galima numatyti konstruktyviai. Išilginių briaunų galiniuose ruožuose $l/4$ imame $\varnothing 6$ S400, žingsniu $s \leq \frac{h}{2} = \frac{0,40}{2} = 0,20m$ ir $s \leq 0,15m$; imame $s = 0,15m$; viduriniame ruože $l/2$: $s \leq \frac{3}{4}h = \frac{3}{4} \cdot 0,40 = 0,30m$ ir $s \leq 0,5m$; imame $s = 0,30m$. Kiekviena išilginė briauna armuojama vienu plokščiu strypynu.

3.1.10. Plokštės išilginių briaunų skaičiavimas tinkamumo ribiniams būviams

Normalinio pjūvio pleišėtumas.

Nustatoma, ar reikia skaičiuoti plyšių atsivėrimo plotį, esant 3-sios pleišėtumo kategorijos reikalavimams. Imama $\gamma_{sp} = 1$ ir $\gamma_f = 1$.



12 pav. Įtempių būvis skaičiuojant plokštę plyšimui eksploatacijos stadijoje

Apgniuždymo jėga:

$$P_2 = (\sigma_{sp} - \sigma_{loss})A_{sp} = (774,9 - 277,59) \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} = 0,07808MN = 78,08kN;$$

$$\sigma_c = \frac{P_2 \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ctk,0,05} \cdot W_{red,b}}{W_{red,t}} = \frac{0,07808 \cdot (0,076 + 0,041) + 2 \cdot 1,2 \cdot 0,0035}{0,0065} = 2,70MPa;$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_c}{f_{cd}} = 1,6 - \frac{2,70}{15} = 1,42 > 1, \text{ todėl priimama } \varphi = 1.$$

Tikrinama sąlyga, įvertinant viršutinių plyšių įtaką (kadangi viršutinėje dalyje plyšiai neatsiveria, tai $\lambda = 0$).

$$M_{crc} = [f_{ctk,0,05} \cdot W_{pl} + P_2(e_{op} + \varphi \cdot r)] \cdot (1 - \lambda) = [1,2 \cdot 0,0038 + 0,07808 \cdot (0,166 + 1 \cdot 0,041)] \cdot (1 - 0) = 0,02072MNm = 20,72kNm > M_{Ek} = 18,54 kNm;$$

Plokštės stiprumas išilginių briaunų normaliniame pjūvyje pakankamas.

Istrižujų pjūvių atsparumas plyšių atsiradimui.

Tikrinami plokštės išilginių briaunų įstrižieji pjūviai, esantys tempimų perdavimo zonos ilgyje l_p : I - I (prie atramos krašto) ir II - II (atstumu l_p nuo galo). Abiem atvejais tikrinami pjūviai skerspjūvio svorio centro lygiu ($y_{red} = 0,196 \text{ m}$) imant:

$$V = V_{\max} = 17,41 \text{ kN};$$

$$l_p = \left(\frac{\omega_p \sigma_{sp1}}{f_{cp}} + \lambda \right) \cdot d = \left(\frac{0,25 \cdot 707,6}{20} + 10 \right) \cdot 0,010 = 0,188 \text{ m};$$

I – I pjūviui:

$$l_x = 0,115 \text{ m};$$

$$P_2^I = P_2 \cdot (1 - \lambda) \cdot \frac{l_x}{l_p} = 78,08 \cdot (1 - 0) \cdot \frac{0,115}{0,188} = 47,76 \text{ kN};$$

II – II pjūviui:

$$l_x = l_p = 0,188 \text{ m};$$

$$P_2^{II} = \frac{P_2 \cdot l_p}{l_p} = 78,08 \text{ kN};$$

Normaliniai įtempimai skerspjūvio svorio centro lygiu ($y = 0$):

$$\sigma_x^I = -\frac{P_2^I}{A_{red}} \pm \frac{P_2^I \cdot e_{op} \cdot y}{I_{red}} \pm \frac{M^I \cdot y}{I_{red}} = -\frac{0,04776}{0,085} = -0,562 \text{ MPa};$$

$$\sigma_x^{II} = -\frac{P_2^{II}}{A_{red}} = -\frac{0,07808}{0,085} = -0,919 \text{ MPa};$$

Skerspjūvio ploto dalies, esančios viršum 0 – 0 ašies, statinis momentas tos pačios ašies atžvilgiu:

$$S_{red} = (0,75 - 0,10) \cdot 0,06 \cdot (0,30 - 0,196 - 0,5 \cdot 0,06) + 0,5 \cdot 0,10 \cdot (0,30 - 0,196)^2 + 6,7 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4} \cdot (0,30 - 0,196 - 0,025) = 0,003510 \text{ m}^3;$$

Tangentiniai įtempimai:

$$\tau_{xy}^I = \tau_{xy}^{II} = \frac{V \cdot S_{red}}{b \cdot I_{red}} = \frac{17,41 \cdot 10^{-3} \cdot 0,003510}{0,10 \cdot 0,00068} = 1,07 \text{ MPa};$$

Kai nėra iš anksto įtemptos skersinės armatūros, $\sigma_y^I = \sigma_{y,loc}^I$ (vietinio gniuždymo įtempimai, veikiant atraminei reakcijai).

I – I pjūviui:

$$y = 0,196 \text{ m} > 0,4 \cdot h = 0,4 \cdot 0,30 = 0,12 \text{ m};$$

$$x^I = 0,5 \cdot c_1 = 0,5 \cdot 0,115 = 0,0575 \text{ m};$$

$$\sigma_{y,loc}^I = \left(-\frac{V}{bh}\right) \cdot \left(1 - \frac{y}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{x^I}{y}\right) = \left(\frac{-17,41 \cdot 10^{-3}}{0,10 \cdot 0,30}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,196}{0,30}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,0575}{0,196}\right) = -0,1685 MPa;$$

II – II pjūviui:

$$y = 0,196m > 0,4 \cdot h = 0,4 \cdot 0,30 = 0,12m;$$

$$x^{II} = l_p - x^I = 0,188 - 0,0575 = 0,1305m < h = 0,30m;$$

$$\sigma_{y,loc}^{II} = \left(-\frac{V}{bh}\right) \cdot \left(1 - \frac{y}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{x^{II}}{y}\right) = \left(\frac{-17,41 \cdot 10^{-3}}{0,10 \cdot 0,30}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,196}{0,30}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,1305}{0,196}\right) = -0,0797 MPa;$$

Svarbiausieji tempimo ir gniuždymo įtempimai

I – I pjūviui:

$$\sigma_{mt}^I = \frac{\sigma_x^I + \sigma_y^I}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x^I - \sigma_y^I}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{-0,562 - 0,1685}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-0,562 + 0,1685}{2}\right)^2 + 1,07^2};$$

$$\sigma_{mt}^I = 0,722 MPa;$$

$$\sigma_{mc}^I = -1,734 MPa;$$

II – II pjūviui:

$$\sigma_{mt}^{II} = \frac{\sigma_x^{II} + \sigma_y^{II}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x^{II} - \sigma_y^{II}}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{-0,919 - 0,0797}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-0,919 + 0,0797}{2}\right)^2 + 1,07^2};$$

$$\sigma_{mt}^{II} = 0,352 MPa;$$

$$\sigma_{mc}^{II} = -1,351 MPa;$$

Tikrinamas įstrižųjų pjūvių atsparumas plyšių atsiradimui:

I – I pjūviui:

$$\gamma_{c4} = \frac{1 - \frac{\sigma_{mc}^I}{f_{ck}}}{0,2 + \alpha \cdot f_{c,cube}} = \frac{1 - \frac{1,734}{25}}{0,2 + 0,01 \cdot 30} = 1,86 > 1, \text{ todėl imama } \gamma_{c4} = 1,0;$$

$$\sigma_{mt}^I = 0,722 MPa < \gamma_{c4} \cdot f_{ctk,0,05} = 1 \cdot 1,8 = 1,8 MPa \rightarrow \text{įstrižieji plyšiai neatsivers.}$$

II – II pjūviui:

$$\gamma_{c4} = \frac{1 - \frac{\sigma_{mc}^{II}}{f_{ck}}}{0,2 + \alpha \cdot f_{c,cube}} = \frac{1 - \frac{1,351}{25}}{0,2 + 0,01 \cdot 30} = 1,89 > 1, \text{ todėl imama } \gamma_{c4} = 1,0;$$

$$\sigma_{mt}^{II} = 0,352 MPa < \gamma_{c4} \cdot f_{ctk,0,05} = 1 \cdot 1,8 = 1,8 MPa \rightarrow \text{įstrižieji plyšiai neatsivers.}$$

3.1.11. Įlinkio skaičiavimas

Imama $f = f_M$, nes $\frac{l}{h} = \frac{5,8}{0,3} = 19,3 > 10$;

$$\frac{l_{\text{eff}}}{200} = \frac{7,70}{250} = 0,0308m = 30,8mm ;$$

Suminis kreivumas, kai neatsiveria normaliniai plyšiai:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 ;$$

φ_{c1} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono trumpalaikio valkšnumo įtaka, sunkiajam betonui imamas lygus 0,85;

φ_{c2} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono ilgalaikio valkšnumo įtaka, imamas iš lentelių; kai santykinė drėgmė ≥ 75 %, lygus 2,0;

Kreivis nuo kintamų poveikių (paėmus 0,3 laikinosios apkrovos):

$$g_{Q1} = 1,2 \cdot 0,3 \cdot 1,2 = 0,432 \text{ kN/m.}$$

$$M = \frac{q_{Q1} \cdot l^2}{8} = \frac{0,432 \cdot 5,69^2}{8} = 1,75 \text{ kNm.}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{1,75 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 0,00068} = 0,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių (nevertinant išankstinio apspaudimo):

$$g_n = (2,62 + 0,6 \cdot 1,2) \cdot 1,2 = 4,01 \text{ kN/m.}$$

$$M = \frac{q_n \cdot l^2}{8} = \frac{4,01 \cdot 5,69^2}{8} = 16,23 \text{ kNm.}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{16,23 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 0,00068} = 18,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Kreivis nuo išankstinio apspaudimo:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_2 \cdot e_{\text{op}}}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{0,07808 \cdot 0,259}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^3 \cdot 0,00068} = 11,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Briaunų kreivumas nuo išlinkio padidėjimo dėl betono susitraukimo ir valkšnumo:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{4,12 \cdot 10^{-4} - 0}{0,27} = 15,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Santykinė deformacija dėl betono traukumo:

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_s} = \frac{\sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9}{E_s} = \frac{9,81 + 40,0 + 36,78}{210 \cdot 10^3} = 4,12 \cdot 10^{-4};$$

Santykinė deformacija dėl betono valkšnumo:

$$\varepsilon_{c2} = 0;$$

Suminis briaunų kreivumas:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0,98 \cdot 10^{-4} + 18,11 \cdot 10^{-4} - 11,29 \cdot 10^{-4} - 15,26 \cdot 10^{-4} = 7,46 \cdot 10^{-4} m^{-1};$$

Plokštės išilginių briaunų įlinkis:

$$f = sl^2 \cdot \left(\frac{1}{r}\right) = \frac{5}{48} \cdot 5,69^2 \cdot 7,46 \cdot 10^{-4} = 0,0025m .$$

Plokštės ribinis įlinkis.

Konstrucijų elementų ribiniai įlinkiai pateikti STR 2.05.04:2003 17.1 lentelėje.

$$f_{\text{lim}} = \frac{l}{200} = \frac{5,69}{200} = 0,028m > f = 0,0025m$$

Plokštės įlinkis neviršija ribinių.

3.2. GELŽBETONINĖ SIJA

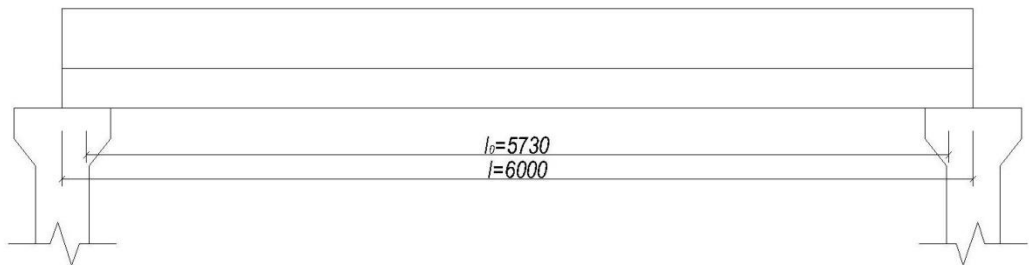
3.2.1. Bendrieji duomenys

Gelžbetoninės RT tipo sijos gamybai naudojamas C25/30 klasės betonas, kurio charakteristinis stipris $f_{ck}=25 \text{ MPa}$, o skaičiuojamasis stipris $f_{cd}=0,9 \cdot 1 \cdot 25 / 1,5 = 15 \text{ MPa}$. Konstrukcija armuojama S400 klasės armatūros strypais, kurių charakteristinis stipris $f_{yk}=400 \text{ MP}$, skaičiuojamasis stipris $f_{yd} = 400 / 1,1 = 365 \text{ MPa}$. Projektuojamos sijos ilgis 6 m.

3.2.2. Apkrovos

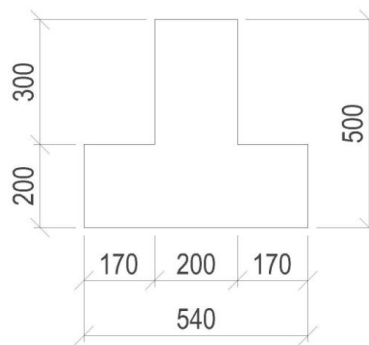
Skaičiuotinis sijos ilgis:

$$l_0 = 5,73 \text{ m.}$$



13 pav. Projektuojama RT tipo sija

Sijos savasis svoris apskaičiuojamas pagal 14 pav. pavaizduotą detalę.



14 pav. Sijos skerspjūvis

Sijos savojo svorio apkrovos reikšmė:

$$A_c = 0,54 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,3 = 0,168 \text{ m}^2;$$

$$g_s = 0,168 \cdot 25 = 4,2 \text{ kN/m} ;$$

Sijos nuolatinės apkrovos reikšmė:

$$g_G = (g \cdot l_0) + g_s = 2,62 \cdot 0,54 + 4,2 = 5,61 \text{ kN/m};$$

g – stogo konstrukcijų charakteristinė nuolatinė apkrova, paimame iš 1 lentelės.

Sijos kintamos apkrovos reikšmė:

$$g_Q = (q_k + s_k) \cdot l_0 = (5,0 + 1,2) \cdot 0,54 = 3,35 \text{ kN/m};$$

q_k – tolygiai išskirstyta apkrova pagal panaudojimo kategoriją C3 [16, 10.2 lentelė].

s_k – charakteristinė sniego apkrova.

Suminė charakteristinė apkrova veikianti siją:

$$p = g_G + g_Q = 5,61 + 3,35 = 8,96 \text{ kN/m};$$

2 lentelė. Sijos apkrovų lentelė

Eil. Nr.	Sijos apkrova	Charakteristinė apkrova, kN/m	γ	Skaičiuotinė apkrova, kN/m
1.	Nuolatinė	5,61	1,35	7,57
2.	Kintama	3,35	1,3	4,36
	Suminė	8,96		11,93

3.2.3. Armatūros skaičiavimas

Arnavimą skaičiuosime sijai, kurią veikia ilgalaikė ir kintama apkrovos.

Didžiausias momentas:

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l_0^2}{8} = \frac{8,96 \cdot 5,73^2}{8} = 48,96 \text{ kNm}.$$

$$f_{cd} b_f h_f (d - 0,5 h_f) \geq M_{Ed};$$

$$15 \cdot 10^3 \cdot 0,54 \cdot 0,20 (0,47 - 0,5 \cdot 0,20) = 599,40 \text{ kNm} > 48,96 \text{ kNm};$$

Kadangi išpildyta ši sąlyga tai skerspjūvis skaičiuojamas kaip stačiakampis $b = b_f$.

Atsižvelgiant į darbo armatūros apsauginio sluoksnio reikalavimus [17, p. 228], priimame

$$a = 30 \text{ mm}. \text{ Tuomet } d_1 = 470 \text{ mm}.$$

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} b_w d^2} = \frac{48,96 \cdot 10^6}{15 \cdot 200 \cdot 470^2} = 0,074;$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,074} = 0,077;$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73; \quad [17, \text{ f. 8.15}]$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{365}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,968; \quad [17, \text{ f. 8.14}]$$

$$\xi < \xi_{\text{lim}}$$

$$x = \xi \cdot d_1 = 0,077 \cdot 0,47 = 0,036 \text{ m};$$

$$A_{s1} = \frac{f_{cd} \cdot b_w \cdot x}{f_{y,d}} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0,20 \cdot 0,036}{365 \cdot 10^3} = 2,97 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,97 \text{ cm}^2;$$

Tempiamoje zonoje armatūrą priimame $\emptyset 20$ ($3,142 \text{ cm}^2$).

Tikriname ar reikalinga skersinė armatūra.

$$V_{Ed} = \frac{q \cdot l_0}{2} = \frac{11,93 \cdot 5,73}{2} = 34,18 \text{ kN}.$$

$$B = \varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) f_{ctd} \cdot b \cdot d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,47^2 = 95,43 \text{ kNm};$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} \cdot 0,9 = \frac{1,8}{1,5} \cdot 0,9 = 1,08 \text{ MPa};$$

$$c = \frac{2B}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 95,43}{34,18} = 5,88 \text{ m} > 2d = 2 \cdot 0,47 = 0,94 \text{ m}.$$

Kadangi $c > 2d$, tai c priimame $0,94 \text{ m}$.

$$V_{Rd} = \frac{B}{c} = \frac{95,43}{0,94} = 101,52 \text{ kN} < V_{Ed} = 34,18 \text{ kN}.$$

Kadangi skaičiuotinė poveikių sukelta skersinė jėga (V_{Ed}) yra mažesnė negu skaičiuotinis elemento atsparumas skersinių jėgų atžvilgiu (V_{Rd}), tuomet skersinę armatūrą priimame konstruktyviai.

Skersinę armatūrą parenkame $\emptyset 8$ ($0,508 \text{ cm}^2$).

Ruože $l/4$ nuo atramos skersinę armatūrą išdėstome $s_{sw} = 0,15 \text{ m}$ žingsniu. Viduriniame tarpatriamo ruože $l/2$ imama $s = 3/4 \cdot h = 3/4 \cdot 0,5 = 0,375 \text{ m}$, imama $s_{sw} = 0,36 \text{ m}$.

3.2.4. Skerspjūvio geometriniai rodikliai

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = A_c + \alpha_s \cdot A_{s1} = [(0,54 - 0,20) \cdot 0,20 + 0,50 \cdot 0,20] + 6,8 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4} = 0,170 \text{ m}^2$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{205 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,8$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$S_{eff} = \sum A_i \cdot y_i$$

$$S_{eff} = (0,54 - 0,20) \cdot 0,20 \cdot \left(\frac{0,20}{2}\right) + 0,20 \cdot 0,50 \cdot \left(\frac{0,50}{2}\right) + 6,8 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03 = 0,032 \text{ m}^3;$$

Atstumas nuo ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro iki tempiamos zonos krašto:

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{0,032}{0,170} = 0,188 \text{ m};$$

Skerspjūvio inercijos momentas:

$$I_{eff} = I_c + \alpha_s \cdot A_{s1} \cdot y_{s1}^2$$

$$I_{eff} = (0,54 - 0,20) \cdot \frac{0,20^3}{12} + (0,54 - 0,20) \cdot 0,20 \cdot (0,5 \cdot 0,20 - 0,188)^2 + \\ + \frac{0,20 \cdot 0,50^3}{12} + 0,20 \cdot 0,50 \cdot (0,5 \cdot 0,50 - 0,188)^2 + 6,8 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4} \cdot (0,188 - 0,03)^2 = 0,0033m^4;$$

Skerspjūvio atsparumo momentai apatinio ir viršutinio kraštų atžvilgiu W_{eff} :

$$W_{eff}^b = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{0,0033}{0,188} = 0,018 m^3; \quad [17, 5 priedas, f. 2.18]$$

$$W_{eff}^t = \frac{I_{eff}}{h - y_{sc}} = \frac{0,0033}{0,50 - 0,188} = 0,011m^3;$$

Atstumai nuo redukuoto skerspjūvio svorio centro iki jo branduolio taškų:

$$r = \frac{W_{eff}^b}{A_{eff}} = \frac{0,018}{0,170} = 0,106m; \quad [17, 5 priedas, f. 2.15]$$

$$r' = \frac{W_{eff}^t}{A_{eff}} = \frac{0,011}{0,170} = 0,062m. \quad [17, 5 priedas, f. 2.15]$$

Atsparumo momentai, įvertinant betono deformacijas, apskaičiuoti apatinio ir viršutinio kraštų atžvilgiu W_{pl} :

$$W_{pl}^b = \gamma \cdot W_{eff}^b = 1,75 \cdot 0,018 = 0,032m^3$$

$$W_{pl}^t = \gamma \cdot W_{eff}^t = 1,75 \cdot 0,011 = 0,019m^3$$

γ - koeficientas įvertinantis tempiamos betono zonos plastines deformacijas, priklauso nuo skerspjūvio formos ir priimamas pagal STR 2.05.05:2005 5 priedo, 1 lentelę.

3.2.5. Plyšių atsiradimo apskaičiavimas

Momentas nuo pilnutinės apkrovos:

$$M_{Ek} = \frac{q \cdot l_0^2}{8} = \frac{8,96 \cdot 5,73^2}{8} = 36,77 kNm.$$

Momentas nuo nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos:

$$q = 5,61 + 0,6 \cdot 3,35 = 7,62 kN/m.$$

$$M_{Ekg} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{7,62 \cdot 5,73^2}{8} = 31,27 kMm.$$

Apskaičiuojame plyšių atsiradimo momentą M_{cr} .

$$M_r \leq M_{cr} \rightarrow M_r = M_{Ek} = 36,77 kNm. \quad [17, 5 priedas, f. 2.11]$$

$$M_{cr} = W_{pl} \cdot f_{ctk} = 0,032 \cdot 1,8 \cdot 10^3 = 57,60 kNm \quad [17, 5 priedas, f. 2.9]$$

$$M_r < M_{cr}.$$

Sąlyga tenkinama, vadinasi plyšiai neatsivers.

3.2.6. Sijos įlinkio skaičiavimas

Elementų suminis kreivis ruožuose, kurių tempiamojoje zonoje nėra susidariusių normalinių plyšių, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad [17, f. 14.33]$$

Kreivis nuo kintamų poveikių, apskaičiuojamas pagal kintamąją apkrovą, padaugintą iš 0,3:

$$g_{Q1} = 0,3 \cdot 3,35 = 1,01 \text{ kN/m.}$$

$$M = \frac{q_{Q1} \cdot l^2}{8} = \frac{1,01 \cdot 5,73^2}{8} = 4,15 \text{ kNm.}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{4,15 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 0,0033} = 0,477 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių, nevertinant išankstinio apspaudimo armatūra:

$$g_n = 5,61 + 0,6 \cdot 3,35 = 7,62 \text{ kN/m.}$$

$$M = \frac{q_{Q1} \cdot l^2}{8} = \frac{7,62 \cdot 5,73^2}{8} = 31,27 \text{ kNm.}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{31,27 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 0,0033} = 7,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Kreivis nuo išankstinio apspaudimo jėgos:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = 0;$$

Kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0;$$

Pilnas kreivumas supleišėjimo ruože:

$$\frac{1}{r} = 0,477 \cdot 10^{-4} + 7,19 \cdot 10^{-4} - 0 - 0 = 0,0008 \text{ m}^{-1};$$

Sijos įlinkis:

$$f = sl^2 \frac{1}{r} = \frac{5}{48} \cdot 5,73^2 \cdot 0,0008 = 0,003 \text{ m.}$$

Sijos ribinis įlinkis (ribinio įlinkio apskaičiavimas pateiktas STR 2.05.04:2003 17.1 lentelėje):

$$f_{\text{lim}} = \frac{l}{200} = \frac{5,73}{200} = 0,029 \text{ m}$$

$$f = 0,003 \text{ m} < f_{\text{lim}} = 0,029 \text{ m}$$

Sijos įlinkis neviršija ribinio įlinkio.

3.3. GELŽBETONINĖ KOLONA

3.3.1. Bendrieji duomenys

Projektuojamam pastatui naudojamos surenkamos gelžbetoninės kolonos. Tiek išilgine tiek skersine pastato kryptimi kolonos išdėstomos 6 m. žingsniu. Kolonos gamybai naudojamas C25/30 klasės betonas, kurio charakteristinis stipris $f_{ck}=25 \text{ MPa}$, o skaičiuojamasis stipris $f_{cd}=0,9 \cdot 1 \cdot 25/1,5=15 \text{ MPa}$.

Kolonos armavimas simetrinis, armatūra be išankstinio įtempimo. Konstrukcija armuojama S400 klasės armatūros strypais, kurių charakteristinis stipris $f_{yk}=400 \text{ MP}$, skaičiuojamasis stipris $f_{yd}=400/1,1=365 \text{ MPa}$.

Skaičiuojama kolona numatyta projektuoti kvadratinio skerspjūvio $b=300 \text{ mm}$, $h=300 \text{ mm}$, aukštis – 6,0 m.

3.3.2. Apkrovos

Apskaičiuojame kolonai tenkančias apkrovas remdamiesi STR 2.05.04:2003 Poveikiai ir apkrovos. Apkrovos veikimo plotas $S = 6,0 \cdot 3,0 = 18,0 \text{ m}^2$.

Projektuojamo pastato kolonos skaičiuotinis ilgis apskaičiuojamas pagal STR 2.05.05:2005 3 priedo 10 lentelę:

$$l_0 = 1,2l = 1,2 \cdot 6,0 = 7,2 \text{ m};$$

Skerspjūvio naudingasis aukštis:

$$d = h - a_1 = 300 - 40 = 260 \text{ mm};$$

Įvertiname rygelio savąjį svorį:

$$A_r = 0,32 \cdot 0,3 = 0,096 \text{ m}^2;$$

$$g_r = 25,0 \cdot 0,096 = 2,4 \text{ kN/m};$$

$$V_r = 1,35 \cdot \frac{g_r \cdot l}{2} = \frac{2,4 \cdot 7,2}{2} = 11,66 \text{ kN}.$$

Charakteristinės apkrovų poveikio reikšmės:

Nuolatiniams poveikiams:

$$g_G = (g + g_s) \cdot 1,35 = 2,62 + 4,2 = 6,82 \text{ kN/m}^2;$$

g – denginio charakteristinė apkrova, paimame iš 1 lentelės.

g_s – sijos charakteristinė apkrova, paimame iš 3.2.2. poskyrio.

Vyraujantiems kintamiems poveikiams:

$$g_Q = q_k \cdot \gamma_Q = 5,0 = 5,0 \text{ kN/m}^2;$$

Suminė charakteristinė apkrova:

$$p = g_G + g_Q = 6,82 + 5,0 = 11,82 \text{ kN/m}^2;$$

Perskaičiuojame apkrovą į koncentruotą:

$$N_{Ed} = p \cdot A_{pl} + 2V_r = 11,82 \cdot 18,0 + 2 \cdot 11,66 = 236,08 \text{ kN}.$$

Momentas nuo suminės apkrovos:

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{11,82 \cdot 7,2^2}{8} = 76,59 \text{ kNm}.$$

3.3.3. Išilginės armatūros skaičiavimas

Ekscentriškai gniuždomos kolonos skaičiuotinis ilgis apskaičiuojamas kaip deformuotojo rėmo elementui, veikiant šį elementą nepalankiausioje vietoje išdėsčius apkrovas, be to, įvertinant medžiagų plastines deformacijas ir elementuose atsirandančius plyšius.

Išilginės jėgos ir lenkimo momentai:

– nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių:

$$N_{Ed,l} = g_G \cdot A_{pl} + 2V_r = 9,82 \cdot 18,0 + 2 \cdot 11,66 = 200,08 \text{ kN}.$$

$$M_{Ed,l} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{9,82 \cdot 7,2^2}{8} = 63,63 \text{ kNm}.$$

– nuo nuolatinių ir kintamųjų poveikių:

$$N_{Ed} = p \cdot A_{pl} + 2V_r = 11,82 \cdot 18,0 + 2 \cdot 11,66 = 236,08 \text{ kN}.$$

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{11,82 \cdot 7,2^2}{8} = 76,59 \text{ kNm}.$$

Skaičiuojame kritinę kolonos jėgą pagal STR 2.05.05:2005 3 priedo 5.3 formulę:

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

Apskaičiuojame reikiamus parametrus.

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \frac{d - a_2}{2} = 76,59 + 236,08 \cdot \frac{0,26 - 0,04}{2} = 102,56 \text{ kNm};$$

$$M_{Ed,s\ell} = M_{Ed,\ell} + N_{Ed,\ell} \frac{d - a_2}{2} = 63,63 + 200,08 \cdot \frac{0,26 - 0,04}{2} = 85,64 \text{ kNm}.$$

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{Ed,s\ell}}{M_{Ed}} = 1 + 1 \frac{85,64}{76,59} = 2,12 > \varphi_\ell = 1 + \beta = 1 + 1 = 2.$$

Priimame $\varphi_\ell = 2$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{76,59}{236,08} = 0,324 \text{ m} > e_a = h/30 = 0,01 \text{ m}.$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{0,324}{0,300} = 1,08 > \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{7,2}{0,3} - 0,01 \cdot 15 = 0,11,$$

priimame $\delta_e = 1,08$.

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{205 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,8$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,3 \cdot 0,3^3}{12} = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4;$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 0,3 \cdot 0,26 \left(\frac{0,26 - 0,04}{2} \right)^2 = 0,094 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 31 \cdot 10^6}{7,2^2} \left[\frac{6,75 \cdot 10^{-4}}{2} \left(\frac{0,11}{0,1 + 1,08} + 0,1 \right) + 6,8 \cdot 0,094 \cdot 10^{-4} \right] = 494 \text{ kN}.$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš STR 2.05.05:2005 3 priedo 5.2 formulę:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{236,08}{494}} = 1,92.$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 0,324 \cdot 1,92 + \frac{0,26 - 0,04}{2} = 0,732 \text{ m}.$$

Reikalingas armavimas apskaičiuojamas pagal STR 2.05.05:2005 3 priedo 84 p.

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{236,08 \cdot 10^3}{15 \cdot 300 \cdot 260} = 0,202;$$

$$\alpha_m = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{236,08 \cdot 10^3 \cdot 732}{15 \cdot 300 \cdot 260^2} = 0,568;$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomasis zonos aukštis:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73;$$

[17, f. 8.15]

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{365}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,968;$$

[17, f. 8.14]

Kadangi $\alpha_n = 0,202 < \xi_{\text{lim}} = 0,968$, armatūros plotus $A_{s1} = A_{s2}$ apskaičiuojame pagal STR 2.05.05:2005 3 priedo 5.28 formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n (1 - 0,5\alpha_n)}{1 - a_2/d} = \\ &= \frac{15 \cdot 0,3 \cdot 0,26}{365} \cdot \frac{0,568 - 0,202(1 - 0,5 \cdot 0,202)}{1 - 0,04/0,26} = 14,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 14,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tuomet

$$\rho = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{b \cdot h} = \frac{2 \cdot 14,64 \cdot 10^{-4}}{0,3 \cdot 0,3} = 0,033 > 0,01.$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas labai skiriasi nuo pasirinktojo, tai patikslinus ρ , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

$$\rho_1 = \frac{0,01 + 0,033}{2} = 0,022;$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,022 \cdot 0,3 \cdot 0,26 \left(\frac{0,26 - 0,04}{2} \right)^2 = 0,208 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4;$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{6,4 \cdot 31 \cdot 10^6}{7,2^2} \left[\frac{6,75 \cdot 10^{-4}}{2} \left(\frac{0,11}{0,1 + 1,08} + 0,1 \right) + 6,8 \cdot 0,208 \cdot 10^{-4} \right] = 791 \text{ kN}.$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{236,08}{791}} = 1,43.$$

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 0,324 \cdot 1,43 + \frac{0,26 - 0,04}{2} = 0,573 \text{ m}.$$

$$\alpha_m = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{236,08 \cdot 10^3 \cdot 0,573}{15 \cdot 300 \cdot 0,26^2} = 0,445;$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{15 \cdot 0,3 \cdot 0,26}{365} \cdot \frac{0,445 - 0,202(1 - 0,5 \cdot 0,202)}{1 - 0,04/0,26} = 9,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 9,98 \text{ cm}^2$$

Priimame $A_{s1} = A_{s2} = 2\emptyset 28$ ($12,32 \text{ cm}^2$).

3.3.4. Kolonos įlinkio skaičiavimas

Lenkiamųjų, ekscentriškai gniuždomųjų ir ekscentriškai tempiamųjų elementų suminis kreivis ruožuose, kurių tempiamojoje zonoje nėra susidariusių normalinių plyšių, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad [17, f. 14.33]$$

φ_{c1} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono trumpalaikio valkšnumo įtaka, sunkiajam betonui imamas lygus 0,85;

φ_{c2} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono ilgalaikio valkšnumo įtaka, imamas iš STR 2.05.05:2005 25 lentelės; lygus 2,0;

M – kintamųjų ir tariamai nuolatinių poveikių (tinkamumo skaičiuotinės reikšmės) sukeltas momentas apie ekvivalentinio skerspjūvio centro ašį, statmeną lenkimo momento veikimo plokštumai.

Kreivis nuo kintamųjų poveikių, apskaičiuojamas pagal kintamąją apkrovą, padaugintą iš 0,3:

$$g_{Q1} = 5,0 \cdot 0,3 = 1,5 \text{ kN/m'}$$

$$M = \frac{g_{Q1} \cdot l^2}{8} = \frac{1,5 \cdot 7,2^2}{8} = 9,72 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{9,72 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 25,18 \cdot 10^{-4}} = 1,46 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių, nevertinant išankstinio apspaudimo armatūra:

$$g_{G1} = (2,62 + 4,2 + 0,6 \cdot 5,0) = 9,82 \text{ kN/m'}$$

$$M = \frac{g_{G1} \cdot l^2}{8} = \frac{9,82 \cdot 7,2^2}{8} = 63,63 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{63,63 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 25,18 \cdot 10^{-4}} = 19,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1};$$

Kreivis nuo išankstinio apspaudimo jėgos:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = 0;$$

Kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0;$$

Suminis kreivumas:

$$\frac{1}{r} = 1,46 \cdot 10^{-4} + 19,18 \cdot 10^{-4} - 0 - 0 = 20,64 \cdot 10^{-4} m^{-1};$$

Kolonos įlinkis:

$$f = sl^2 \frac{1}{r} = \frac{5}{48} \cdot 7,2^2 \cdot 20,64 \cdot 10^{-4} = 0,011m.$$

Kolonos įlinkis neviršija ribinių.

3.4. PERDANGOS PLOKŠTĖ

3.4.1. Bendrieji duomenys

Perdenginiui numatyta naudoti gelžbetoninę tuštumėta plokštę, kurios ilgis $l=5,80\text{ m}$. Efektyvusis plokštės ilgis $l_0=5,63\text{ m}$.

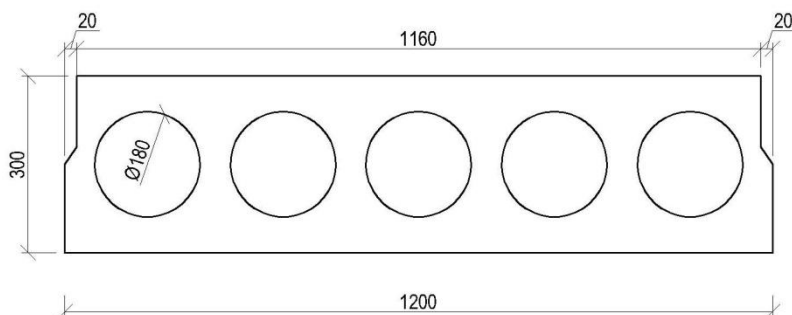
Projektuojamos plokštės gamybai naudojamas C25/30 klasės betonas, kurio charakteristinis stipris $f_{ck}=25\text{ MPa}$, o skaičiuojamasis stipris $f_{cd}=0,9 \cdot 1 \cdot 25/1,5=15\text{ MPa}$. Konstrukcija armuojama S400 klasės armatūros strypais, kurių charakteristinis stipris $f_{yk}=400\text{ MP}$, o skaičiuojamasis stipris $f_{yd}=400/1,1=365\text{ MPa}$.

3.4.2. Apkrovos

3 lentelė. Perdangos konstrukcijų apkrovų lentelė

Eil. Nr.	Stogo konstrukcijos elementas	Charakteristinė apkrova, kN/m ²	γ	Skaičiuotinė apkrova, kN/m ²
1.	Ruloninė danga	0,048	1,35	0,065
2.	Hidroizoliacija	0,001		0,01
3.	PAROC GRS 20, $t = 0,05\text{ m}$	0,05		0,068
4.	Garo izoliacija, $t = 0,003\text{ m}$	0,003		0,004
5.	Išlyginamasis sluoksnis, $t = 0,02\text{ m}$	0,028		0,038
6.	Gelžbetoninė plokštė, $t = 0,30\text{ m}$	5,53		7,47
7.	Lubų apdaila	0,056		0,076
	Iš viso (g):	5,72		7,72
8.	Naudojimo apkrovos (C1 kategorija) $q_k = 3,00\text{ kN/m}^2$	3,0	1,30	3,9
	Iš viso (q):	3,0		3,9
	VISO:	8,72		11,62

3.4.3. Armatūros skaičiavimas



15 pav. Projektuojama kiaurymėta plokštė

Plokštės skerspjūvis keičiamas ekvivalentiniu. Redukuojame apvalią kiaurymę į stačiakampę. Priimame, kad apskritimo plotas ir inercijos momentas lygūs stačiakampio plotui ir inercijos momentui.

Stačiakampės kiaurymės aukštis:

$$h_w = \sqrt{\frac{12 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^4}{64}}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}}} = \sqrt{\frac{12 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,18^4}{64}}{\frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4}}} = 0,156m$$

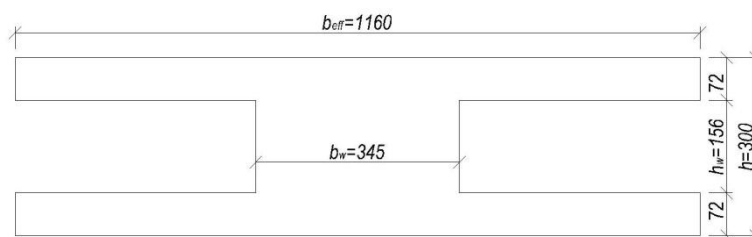
d_1 – kiaurymės skersmuo.

Vienos stačiakampės kiaurymės plotis:

$$b_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4 \cdot h_w} = \frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4 \cdot 0,156} = 0,163m$$

Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio sienelės storis:

$$b_w = b_{eff} - n \cdot b_1 = 1,16 - 5 \cdot 0,163 = 0,345m$$



16 pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis

Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio plotas:

$$A_{pl} = 2 \cdot (1,16 \cdot 0,072) + 0,345 \cdot 0,156 = 0,221 m^2$$

Plokštės savojo svorio apkrovos skaičiuotinė reikšmė:

$$g_s = 0,221 \cdot 25 = 5,53 kN/m;$$

Plokštės nuolatinės apkrovos reikšmė:

$$g_G = 5,72 \cdot 1,2 = 6,86 kN/m;$$

Plokštės naudojimo apkrovos reikšmė:

$$g_Q = 3,0 \cdot 1,2 = 3,60 kN/m;$$

q_k – tolygiai išskirstyta apkrova pagal panaudojimo kategoriją [16, 10.2 lentelė].

Plokštės nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos reikšmė:

$$g_n = (5,72 + 0,6 \cdot 3,0) \cdot 1,2 = 9,02 kN/m;$$

Visos apkrovos reikšmė:

$$p = g_G + g_Q = 6,86 + 3,60 = 10,46 kN/m.$$

Plokštės įrašos.

– nuo suminės apkrovos:

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{10,46 \cdot 5,63^2}{8} = 41,44 \text{ kNm};$$

$$V_{Ed} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{10,46 \cdot 5,63}{2} = 29,44 \text{ kN};$$

– nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių:

$$M_{Ed,g} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{9,02 \cdot 5,63^2}{8} = 35,73 \text{ kNm};$$

$$V_{Ed,g} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{9,02 \cdot 5,63}{2} = 25,39 \text{ kN};$$

Apsauginį betono sluoksnį priimame preliminariai $a = 40 \text{ mm}$.

$$d = h - a = 300 - 40 = 260 \text{ mm}.$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomasis zonos aukštis:

$$\mu = \frac{M_{\max}}{f_{cd} b d^2} = \frac{41,44 \cdot 10^6}{15 \cdot 1200 \cdot 260^2} = 0,034;$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,034} = 0,035;$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73; \quad [17, \text{f. 8.15}]$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{365}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,968; \quad [17, \text{f. 8.14}]$$

$$\xi < \xi_{\text{lim}}$$

$$x = \xi \cdot d = 0,035 \cdot 0,26 = 0,009 \text{ m};$$

$$A_s = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{y,d}} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 0,009}{365 \cdot 10^3} = 4,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 4,44 \text{ cm}^2;$$

Armatūrą priimame $6\emptyset 10$ ($4,71 \text{ cm}^2$).

Tikriname ar reikalinga skersinė armatūra. $V_{Ed} = 29,44 \text{ kN}$.

$$B = \varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) f_{cd} \cdot b_w \cdot d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 10^3 \cdot 0,345 \cdot 0,26^2 = 50,38 \text{ kNm};$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} \cdot 0,9 = \frac{1,8}{1,5} \cdot 0,9 = 1,08 \text{ MPa};$$

$$c = \frac{2B}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 50,38}{29,44} = 3,42 \text{ m} > 2d = 2 \cdot 0,26 = 0,52 \text{ m}.$$

Kadangi $c > 2d$, tai c priimame $0,52 \text{ m}$.

$$V_{Rd} = \frac{B}{c} = \frac{50,38}{0,52} = 96,88 \text{ kN} > V_{Ed} = 29,44 \text{ kN}.$$

Skaičiuotinis elemento atsparumas skersinių jėgų atžvilgiu (V_{Rd}) yra didesnis negu skaičiuotinė poveikių sukelta skersinė jėga (V_{Ed}). Taigi skersinę armatūrą galime numatyti konstruktyviai.

Skersinę armatūrą parenkame $\emptyset 5 S240$.

Ruože $l/4$ nuo atramos skersinę armatūrą išdėstome $s \leq h/2 = 0,3/2 = 0,15 m$., viduriniame ruože $l/2$: $s \leq \frac{3}{4}h = \frac{3}{4} \cdot 0,3 = 0,225 m$.

3.4.4. Skerspjuvio geometriniai rodikliai

Skerspjuvio plotas:

$$A_{eff} = A_{pl} + \alpha_s \cdot A_{s1} = 0,221 + 6,8 \cdot 4,71 \cdot 10^{-4} = 0,224 m^2$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{205 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,8$$

Skerspjuvio statinis momentas:

$$S_{eff} = \sum A_i \cdot y_i$$

$$S_{eff} = (1,2 - 0,345) \cdot 0,072 \cdot \left(\frac{0,072}{2}\right) + (1,2 - 0,345) \cdot 0,072 \cdot \left(0,3 - \frac{0,072}{2}\right) + 0,345 \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{0,3}{2}\right) + 6,8 \cdot 4,71 \cdot 10^{-4} \cdot 0,04 = 0,03413 m^3;$$

Atstumas nuo ekvivalentinio skerspjuvio sunkio centro iki tempiamos zonos krašto:

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{0,03413}{0,224} = 0,152 m;$$

Skerspjuvio inercijos momentas:

$$I_{eff} = I_c + \alpha_s \cdot A_{s1} \cdot y_{s1}^2 \cdot$$

$$I_{eff} = (1,2 - 0,345) \cdot \frac{0,072^3}{12} + (1,2 - 0,345) \cdot 0,072 \left(0,152 - \frac{0,072}{2}\right)^2 + (1,2 - 0,345) \cdot \frac{0,072^3}{12} + (1,2 - 0,345) \cdot 0,072 \left(0,3 - 0,152 - \frac{0,072}{2}\right)^2 + \frac{0,345 \cdot 0,3^3}{12} + 0,345 \cdot 0,3 \left(\frac{0,3}{2} - 0,152\right)^2 + 6,8 \cdot 4,71 \cdot 10^{-4} \cdot (0,152 - 0,04)^2 = 24,707 \cdot 10^{-4} m^4;$$

Skerspjuvio atsparumo momentai apatinio ir viršutinio kraštų atžvilgiu W_{eff} :

$$W_{eff} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{24,707 \cdot 10^{-4}}{0,152} = 0,016 m^3; \quad [17, 5 priedas, f. 2.18]$$

Atsparumo momentai, įvertinant betono deformacijas, apskaičiuoti apatinio ir viršutinio kraštų atžvilgiu W_{pl} :

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{eff}^b = 1,5 \cdot 0,016 = 0,024 m^3$$

γ - koeficientas įvertinantis tempiamos betono zonos plastines deformacijas, priklauso nuo skerspjūvio formos ir priimamas pagal STR 2.05.05:2005 5 priedo, 1 lentelę.

3.4.5. Plyšių atsiradimo apskaičiavimas

Apskaičiuojame plyšių atsiradimo momentą M_{cr} .

$$M_r \leq M_{cr} \rightarrow M_r = M_{Ed} = 41,44 \text{ kNm}. \quad [17, 5 \text{ priedas, f. 2.11}]$$

$$M_{cr} = W_{pl} \cdot f_{ctk} = 0,024 \cdot 1,8 \cdot 10^3 = 43,20 \text{ kNm} \quad [17, 5 \text{ priedas, f. 2.9}]$$

$$M_r < M_{cr}.$$

Sąlyga tenkinama, vadinasi plyšiai neatsiras.

3.4.6. Plokštės įlinkio skaičiavimas

Elementų suminis kreivis ruožuose, kurių tempiamojoje zonoje nėra susidariusių normalinių plyšių, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad [17, f. 14.33]$$

Kreivis nuo kintamų poveikių, apskaičiuojamas pagal kintamąją apkrovą, padaugintą iš 0,3:

$$g_{Q1} = 3,0 \cdot 0,3 \cdot 1,2 = 1,08 \text{ kN/m}.$$

$$M = \frac{q_{Q1} \cdot l^2}{8} = \frac{1,08 \cdot 5,63^2}{8} = 4,28 \text{ kNm}.$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\varphi_{c1} E_{eff} I_{eff}} = \frac{4,28 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 24,707 \cdot 10^{-4}} = 0,657 \cdot 10^{-4} m^{-1};$$

Kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių, nevertinant išankstinio apspaudimo armatūra:

$$M = 35,73 \text{ kNm}.$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{eff} I_{eff}} = \frac{35,73 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 24,707 \cdot 10^{-4}} = 10,976 \cdot 10^{-4} m^{-1};$$

Kreivis nuo išankstinio apspaudimo jėgos:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = 0;$$

Kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0;$$

Pilnas kreivumas supleišėjimo ruože:

$$\frac{1}{r} = 0,657 \cdot 10^{-4} + 10,976 \cdot 10^{-4} - 0 - 0 = 0,00116 \text{ m}^{-1};$$

Plokštės įlinkis:

$$f = sl^2 \frac{1}{r} = \frac{5}{48} \cdot 5,63^2 \cdot 0,00116 = 0,0038 \text{ m}.$$

Plokštės ribinis įlinkis (ribinio įlinkio apskaičiavimas pateiktas STR 2.05.04:2003 17.1 lentelėje):

$$f_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{5,63}{250} = 0,023 \text{ m}$$

$$f = 0,0038 \text{ m} < f_{lim} = 0,023 \text{ m}$$

Plokštės įlinkis neviršija ribinio įlinkio.

4. TECHNOLOGINĖ, ORGANIZACINĖ DALIS

4.1. PAMATŲ ĮRENGIMAS

Pamatų montavimo procesą sudaro šios pagrindinės darbo operacijos: pagrindo ruošimas; pamatų blokų dėjimo vietų žymėjimas ant pagrindo, pastato sekcijoje arba darbo bare; ašių žymėjimas ant bloko, bloko kabinimas ir statymas į projektinę padėtį; pastatyto pamatų bloko padėties tikrinimas, reguliavimas pastačius į projektinę padėtį ir kabinių atkabinimas; montavimo kilpų nupjaustymas arba užlankstymas ir tarpų tarp blokų užbetonavimas.

Montuoti pradedama nuo pastato kampo, tiksliai pastatant kampinius, o paskui kas 20 m – gairių blokus. Pastačius juostinių pamatų blokus, nivelyru tikrinama jų viršaus altitudės, pastačius kolonos pamatus – jų dugno altitudės.

Pamatai po išorinėmis laikančiomis sienomis įgilinami 1,60 m, o po kolonomis – 1,50 m. Pamatams įrengiamos pamatų papėdės. Jos numatomos monolitinės 800 mm. pločio, 300 mm. aukščio po visais pamatų blokais. Pamatų papėdėms pasirinktas C25/30 klasės betonas.

Cokolio šiltinimui iš išorinės pusės naudojama kieta melsvos spalvos izoliacinė plokštė STYROFOAM 300 SL (80 mm), kuri pagaminta iš ekstruzinio polistireno (XPS). Ant cokolio numatyta 2 sluoksnių hidroizoliacija, siekiant apsaugoti mūrą nuo kapiliarinės drėgmės.

Atlikus inžinerinius geologinius statybos sklypo tyrimus ir radus silpnesnio atsparumą gruntą, pamatų plotis ir įgilinimas patikslinami.

4.2. KOLONŲ MONTAVIMAS

Projektuojamos kolonos gaminamos su kėlimo kilpomis. Sandėliuojant ir transportuojant kolonos keliamos už kėlimo kilpų, kurios numatytos įsukamos.

Prieš montuojant kolonas paruošiamas pamatas: pažymimos arba atnaujinamos ašys, nuvalomi pamatų inkariniai varžtai. Montavimo metu kolonos keliamos už numatytų įdėtinių kilpų, per ją praveriant specialų griebtuvą. Kėlimo įdėtinė detalė numatoma taip, jog keliant kolona kiltų vertikaliai. Kranu nugabenus koloną į projektinę padėtį, kolona pritvirtinama naudojant iš anksto numatytus varžtus.

Jei tikrinant kolonos vertikalumą pastebimi netikslumai, galima jį koreguoti reguliuojant atraminių veržlių aukštį. Tuo momentu, kai kolona fiksuojama, jos teisinga projektinė padėtis ir vertikalumas užtikrinamas koloną paramstant. Galutinai koloną suregulavus iki projektinės padėties, užveržiamos inkarinių varžtų veržlės.

Sumontavus kolonas tarpas tarp kolonos apačios ir pamato viršaus būtinai turi būti užmonolitintas smulkiagrūdžiu betonu, kurio stiprumo klasė ne žemesnė kaip pačios kolonos betono klasė (C25/30). Kai skiedinys sukietėja, jungtis atlieka sutvirtintos betoninės konstrukcijos

funkciją.

Kolona su sijomis, kurios įrengiamos ties tarpaukštine perdanga, jungiama per kolonoje įbetonuotas metalines įdėtines detales. Tai brangesnė alternatyva, tačiau padeda taupyti pastato vidinę erdvę.

4.3. STOGO ĮRENGIMAS

Denginio plokštės keliamos specialia įranga. Prieš montuojant denginio plokštės būtina patikrinti atrėmimo paviršiaus lygumą. Visos plokštės suniveliuojamos, kad būtų viename lygyje. Tarp plokščių esančias montažines siūles ir plokščių galus ties atramomis reikia užmonolitinti smulkiagrūdžiu betonu.

Virš briaunotos gelžbetoninės plokštės įrengiamas nuolydį formuojantis sluoksnis. Suformavus nuolydį, rengiamas išlyginamasis sluoksnis C25/30 50 mm. Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis klojamas ant išlyginto, sauso paviršiaus, gretimas juostas užleidžiant vieną ant kitos ne mažiau kaip 15 cm. Prie vertikalių paviršių garo izoliacija užlenkiama ant jų per šilumos izoliacijos sluoksnio storį. Šilumos izoliacija įrengiama prisilaikant projekte nurodytų medžiagų charakteristikų, tipinių detalių ar gamintojų technologinių nurodymų. Numatyta 155 mm storio šilumos izoliacija PAROC ROS 30. Ant šilumos izoliacijos viršaus yra įrengiamas viršutinis šilumos izoliacijos sluoksnis PAROC ROS 50 50 mm storio. Statybos metu šilumos izoliaciją būtina apsaugoti nuo įmirkimo.

Stogo dangai numatyta prilydomoji elastomerinė danga Mida Balt. Tai bituminė ritininė stogų ir hidroizoliacinė danga.

4.4. GRINDŲ ĮRENGIMAS

Įrengiant grindis ant grunto, pirmiausia paruošiamas pagrindas. Grunto pagrindas po betoninėmis grindimis turi būti paruoštas taip, kad neatsirastų deformacijų nuo apkrovų bei temperatūros arba drėgmės pokyčių. Gruntas yra sutankinamas ir sustiprinamas 40 – 60 mm storio skaldos sluoksniu, įspaudžiant jį į gruntą volu. Pagrindas daromas iš skaldos sluoksnio. Tarp pagrindo ir šiltinamojo sluoksnio klojama izoliacinė medžiaga iš bituminės medžiagos, kuri padengiama visu pagrindo plotu. Grindų šilumos izoliacijos sluoksnis iš mineralinės vatos. Medžiagos ant išlyginto pagrindo turi būti sudėtos be tarpų. Ant viršaus įrengiamas skiriamasis sluoksnis, iš vandeniui nelaidžios hidroizoliacijos. Priklausomai nuo grindų paskirties ir mechaninio poveikio intensyvumo armuotam išlyginamajam sluoksniui įrengti numatytas C25/30 stiprio klasės betonas (70 mm).

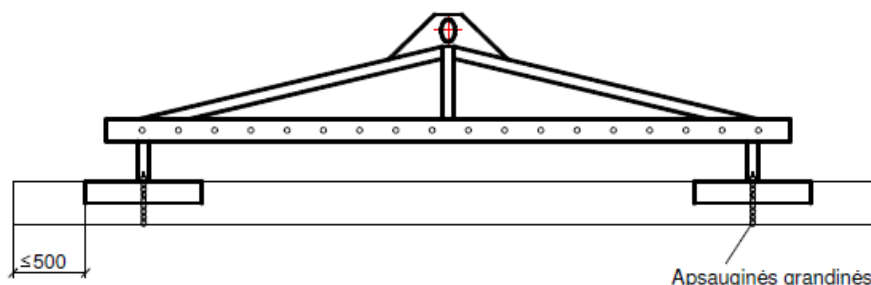
Betonavimas vykdomas sekcijomis. Į sekcijas grindų plotas suskirstomas pagal tai, koks naudojamas vibrojuostos ilgis. Jei nenumatytas technologinių siūlių pjovimas, užbetonavus vieną

sekciją, gretimą galima betonuoti praėjus ne mažiau kaip septynioms paroms. Jei technologinės siūlės pjaunamos, tai betonuoti kitą gretimą sekciją galima, kai šalia esančios sekcijos betonas pasiekia ne mažesnę kaip 1,5 MPa stiprį gniuždant. Betono mišinys į darbo vietą paduodamas betono siurbliu. Betono mišinio klojimo metu negalima leisti armatūrai pasislinkti iš projektinės padėties.

Įrengus išlyginamąjį sluoksnį jau galima kloti grindų dangą. Įrengiant grindų dangą, būtina laikytis gamintojo rekomendacijų.

4.5. PERDANGŲ MONTAVIMAS

Perdangų plokštės iškraunamos ir keliamos specialiu kėlimo prietaisu – kėlimo traversa, kurią sudaro keliamoji sija su dviem kėlimo griebtuvais (17 pav.), nes naudojamos nenutrūkstamo formavimo kiaurymėtosios plokštės, kurios gaminamos be montavimo kilpų. Kėlimo griebtuvų padėtis ant keliamosios sijos pritaikoma plokštės ilgiui. Laisvieji plokštės galai negali būti išsikišę iš griebtuvo daugiau kaip 0,5 m. Kėlimo griebtuvas turi apimti plokštę visu pločiu. Kadangi projektuojamos plokštės yra ilgos (5,8 m) kelti privaloma abiem griebtuvais. Iškvėrimo ir kėlimo metu būtina naudoti, prie griebtuvo esančias, apsauginės grandines užtikrinančias saugų gaminio kėlimą ir prilaikymą netikėtai atsipalaidavus griebtuvams. Apsauginės grandinės negali būti atkabinamos, kol plokštė neatsiduria tiesiai virš projekcinio atraminio paviršiaus (10 cm nuo jo).



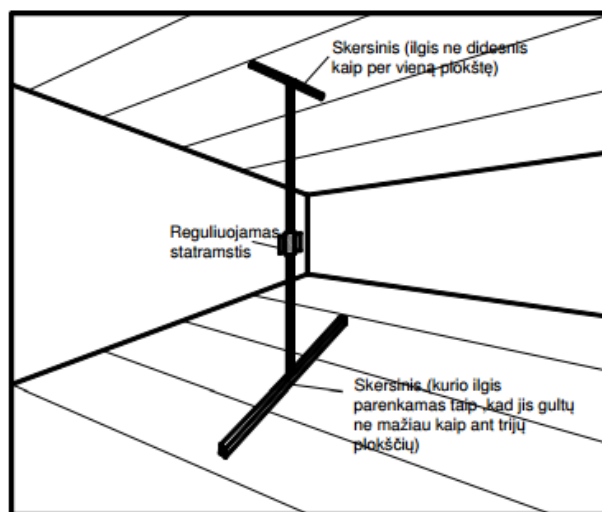
17 pav. Kėlimo traversa

Kiaurymėtos perdangų plokštės montuojamos ant išlyginamosios neopreno tarpinės, kurios pritvirtintos prie laikančiosios konstrukcijos, siekiant tolygiai perduoti plokščių apkrovas laikančiosioms sijoms. Jei atraminis paviršius nelygus, jo išlyginimui naudojamos plastmasinės arba metalinės išlyginimo plokštelės – tarpikliai (1 – 20 mm storio). Bendras išlyginimo plokštelių aukštis turi būti ne mažesnis kaip 15 mm, kad po perdangos plokštės atramine dalimi pabėgtų betonas. Išlyginimo plokšteles – tarpiklius rekomenduojama dėti po plokštės vertikaliosiomis sienelėmis, nes dedant ties perdangos plokštės kiaurymėmis gali išlaužti plokštę atraminėje dalyje.

Pakelta perdangos plokštė nukreipiama į reikiamą projektinę padėtį virš atraminio paviršiaus (10 cm nuo jo), tuomet atkabinamos apsauginės grandinės ir plokštė nuleidžiama į projektinę

padėti.

Dėl neteisingo transportavimo gali atsirasti plokščių išlinkimai. Jei šie išlinkio nesutapimai apatinėje perdangos pusėje viršija leistiną dydį – 8 mm, plokščių išlinkius rekomenduojama suvienodinti. Tai padaryti galima su reguliuojamais statramsčiais (18 pav.). Žemiau esančias perdangos dalis iki optimalaus lygio sukeliama statramsčių pagalba. Sukeliant plokštę, reikia stebėti, kad jos galai nepasikeltų ar nepasislinktų nuo atraminio paviršiaus. Statramsčiais paremtoje padėtyje perdanga išlaikoma, kol pilnai sukietėja užpiltos siūlės.



18 pav. Plokščių išlinkių išlyginimas su statramsčiais

Taip pat reiktų numatyti papildomas lentynas plokščių atrėmimui ant su perdangomis besiribojančių gaminių tiems atvejams, kai kiaurymėtosios perdangos plokštės išpjaunamos, jog apglėbtų kolonas. Tokios lentynos rekomenduotinos visais plokščių galų iškarpymo atvejais ir taip pat būtinos - kai išpjova [33].

Visos plokštės suniveliuojamos, kad būtų viename lygyje, ir reikiamai užinkaruojamos.

Tarp plokščių esančias montažines siūles ir tarpus tarp plokščių ir sijų būtina kruopščiai išvalyti ir užpildyti smulkiagrūdžiu betonu prieš tai sudėjus inkaruojamosios armatūros strypus. Taip užtikrinamas bendras visos perdangos darbas. Montažinių siūlių užtaisymui rekomenduojamas aukštos klasės smulkiagrūdis betonas, kurio stiprumo klasė gniuždant ne mažesnė C25, tačiau pagal projektą rekomenduojama C25. Perdangos plokščių kiaurymės, esančios galuose, prieš betonavimą turi būti užsandarintos ne giliau, kaip ties atrėmimo pabaiga. Rekomenduojama naudoti plastikinius kiaurymių dangtelius. Vykiant apdailos darbus, iš apačios siūlės užsandarinamos silikoniniu arba akriliniu hermetiku.

Sumontavus kiaurymėtąsias perdangos plokštes būtina plokščių apačioje, perdangų kiaurymėse išgręžti skylės. Jos reikalingos montavimo metu ar sandėliuojant susikaupusiai drėgmei kiaurymėse pašalinti. Perteklinė drėgmė lėtina plokštės sausėjimo procesus. Be to, plokštės gali būti apgadintos, kiaurymėse susikaupusiam vandeniui šaltuoju metų laiku virtus ledu [33].

4 lentelė. Surenkamų g/b perdangos plokščių leistini nuokrypiai

Eil. Nr.	Rodiklis	Nuokrypis, mm
1.	Atstumas nuo pastato ašies	± 25
2.	Viršutinė altitudė elemento gale	± 10
3.	Maksimalus pasistūmimas nuo projektuojamo krašto	± 25
4.	Siūlės plotis, kai elemento ilgis ≤ 12,0 m	± 10
5.	Viena šalia kitos esančių plokščių viršaus altitudžių skirtumas	± 10
6.	Plokščių, esančių matomoje vietoje, apačios altitudžių skirtumas	± 8

Darbo sauga statybvietėje

Vykdamas perdangos montavimo darbus reikia vadovautis „Saugos ir sveikatos taisyklėmis statyboje DT 5-00“. Prieš pradėdamas darbus brigados nariai supažindinami su darbo saugos instrukcijomis ir turi turėti aukštalipių pažymėjimus. Darbo metu darbininkai privalo dėvėti saugos diržus, apsauginius šalmsus ir kitas priskirtas asmenines apsaugos priemones.

Keliamas kiaurymėtas perdangos plokštes būtina apjuosti apsauginėmis griebtuvų grandinėmis. Sumontavus į projekcinę padėtį konstrukcijas ar jų elementus, jas būtina patikimai įtvirtinti. Atkabinti kėlimo priemonėmis pakeltas konstrukcijas ir įrenginius leidžiama tik juos patikimai įtvirtinus.

Sumontavus dalį perdangos, ant kurios gali patekti kiti statybos aikštelės darbininkai, reikia nedelsiant aptverti apsaugine tvorele, kuri užtikrintų saugų darbininkų judėjimą ant sumontuotos perdangos [33].

Statybvietėje naudojamos tik techniškai patikrintos kėlimo priemonės, kurios atitinka Techninio reglamento „Mašinų sauga“ reikalavimus.

Plačiau apie darbo saugą statybvietėje, perdangų montavimo metu, aprašyta 6 skyriuje.

Perdangos plokščių montavimo technologinė kortelė

Gelžbetoninių perdangos plokščių montavimui sudaroma technologinė kortelė. Sudarant technologinę kortelę apskaičiuojamas reikalingas kranas, skaičiavimai pateikti 6 priede. Taip pat apskaičiuojamos darbo sąnaudos bei sudaromas statybos technologinių operacijų atlikimo grafikas (7 priedas).

Technologinė kortelė pateikta brėžinio MBD-2016-SK 6 lape.

5. EKONOMINĖ DALIS

5.1. EKONOMINIS DENGINIO PLOKŠČIŲ PALYGINIMAS

Ekonominėje dalyje atliekamas denginio plokščių ekonominis palyginimas. Projekte numatytos gelžbetoninės briaunotos plokštės, tačiau norima palyginti su gelžbetoninėmis tuštumėtomis plokštėmis ir nustatyti kurios būtų naudojamos efektyviau.

Palyginimui pasirinktos surenkamos denginio plokštės, kurios gaminamos gamykloje ir pagamintos transportuojamos į statybos aikštelę.

Kad ekonominis palyginimas būtų kuo optimaliausias, konstrukcijų medžiagos naudojamos tokios pačios. Abiejų tipų plokštės gaminamos iš C25/30 stiprio klasės betono, armuojamos iš anksto įtemptais plieniniais strypais (Y1230). Viršutinės plokštės lentyna armuojama suvirintu S400 klasės vielos tinklu. Skersinė armatūra armavimui priimama konstruktyviai (S240 klasės armatūra). Abiem nagrinėjama atvejais įtemptoji armatūra įtempinama į atsparas mechaniniu būdu, o betonas kietinamas šutinant.

Skaičiuojant apkrovas, didelę įtaką turi konstrukcijos savasis svoris. Stogo savasis svoris, kai laikančioji konstrukcija numatyta gelžbetoninė briaunota plokštė, apskaičiuojamas pagal 1 pav. parodytą detalę. Charakteristinės stogo konstrukcijos savojo svorio apkrovos reikšmės pateiktos 1 lentelėje. Gelžbetoninės briaunotos plokštės skaičiavimai pateikti 3.1. skyrelyje.

Tuštumėtos gelžbetoninės perdangos konstrukciniai skaičiavimai pateikti 5 priede.

Konstrukcijų matmenys:

Briaunota plokštė – 1200 x 5800 x 300 mm.

Tuštumėta plokštė – 1200 x 5800 x 220 mm.

5 lentelė. Briaunotos plokštės armatūros žiniaraštis

Armatūros klasė	Skersmuo, mm	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Kiekis, vnt	Bendras svoris, kg
S400	6	1,84	0,222	72	29,411
	6	1,12	0,222	66	16,410
	10	5,76	0,617	4	14,216
	10	0,27	0,617	62	10,329
	12	1,12	0,888	2	1,989
	12	1,12	0,888	2	1,989
	5	0,13	0,154	22	0,440
	6	1,44	0,222	30	9,590
	6	1,12	0,222	20	4,973
Y1230	10	5,76	0,617	2	7,108
Viso:				282	96,455

6 lentelė. Tuštumėtos plokštės armatūros žiniaraštis

Armatūros klasė	Skersmuo, mm	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Kiekis, vnt	Bendras svoris, kg
S400	6	5,76	0,222	6	7,672
	6	1,13	0,222	31	7,777
	6	0,18	0,222	6	0,240
Y1230	6	5,76	0,222	6	7,672
Viso:				49	23,361

Palyginę armatūros kiekį gaminiui, galime pastebėti, kad tuštumėtai plokštei būtų naudojama keturis kartus mažiau armatūros kiekio.

Denginio plokštėms sudarome lokalines sąmatas su sąmatine programa Sistela 2015-10 kainų lygiu. Sąmatos pateiktos 8 priede.

Palyginę matome, kad surenkama tuštumėta denginio plokštė yra ekonomiškė. Gelžbetoninė briaunota denginio plokštė yra 81 % brangesnė už tuštumėtą plokštę.

Pastato mechaninis stabilumas užtikrinti užtenka mažesnio aukščio tuštumėtos plokštės, dėl kurio pastatas galėtų būti projektuojamas žemesnis, taip sumažinant kitų statybinių medžiagų sąnaudas.

Projekte numatyta projektuoti gelžbetoninę briaunotą plokštę, o atlikus palyginimą pastebime, kad tuštumėta denginio plokštė būtų ekonomiškė. Rekomenduojama koreguoti projektą ir pakeisti stogo laikančiąją konstrukciją į gelžbetoninę tuštumėtą denginio plokštę.

6. DARBO SAUGA

6.1. DARBO SAUGA STATYBVIETĖJE

Saugos ir sveikatos taisyklės statyboje nustato būtinus darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimus atliekant statybos darbus.

Statybos ir montavimo organizacijų vadovai aprūpina darbininkus spec. rūbais, spec. avalyne ir kitomis individualiomis apsaugos priemonėmis. Pagal patvirtintas tipines šalies normas, visi asmenys esantys statybos aikštelėje dėvi apsauginius šalms [26, p. 18].

Organizacijos vadovai užtikrina, kad naujai priimti darbuotojai, prieš pradėdami dirbti būtų apmokyti ir išklaustyti įvadinį bei darbo vietoje pirminį, pakartotinį, o po to periodinį instruktažus pagal reikalavimus. Pakartotinis instruktažas išklausomas pakeitus darbo pobūdį, vietą bei ne rečiau kaip kas tris mėnesius. Saugumo technika įmonėje užsiiminėja žmogus – specialiai tam apmokytas ir turintis atitinkamą išsilavinimą, o darbo vietoje tiesiogiai atsakingas darbų vykdytojas.

Prieš statybos darbų pradžią ir darbų eigoje statybvietėje numatytos pavojingos zonos, kuriose nuolat veikia arba gali veikti (atsirasti) rizikos veiksniai [26, p. 6].

Nuolatinės ar laikinos darbuotojų buvimo vietos (gamybinės buities patalpos, poilsio vietos, žmonių praėjimai) numatytos už pavojingų zonų ribų [26, p. 15].

Statybos darbuose naudojamos darbo priemonės, įrenginiai ir technologinė įranga atitinka saugos ir sveikatos reikalavimus [26, p. 17].

Aptvarai, apsaugantys nuo kritimo iš aukščio, numatyti ne žemesni kaip 1,1 m, su porankiu viršuje, 0,15 m aukščio ištisine papėdės juosta apačioje ir 0,5 m aukštyje nuo pakloto paviršiaus – su viduriniu tašeliu. [26, p. 21].

Statybines atliekas iš statomų statinių numatyta nuleisti žemyn uždarais vamzdžiais. Statybos eigoje statybinės atliekos sandėliuojamos tam tikroje iš anksto numatytoje vietoje, kurios periodiškai išvežamos [26, p. 24].

Leidžiama naudoti ne ilgesnes kaip 5 m pristatomas medines kopėčias. Dirbant ant pristatomų kopėčių aukščiau kaip 1,3 m, naudojami saugos diržai, pritvirtinti prie pastato [26, p. 43].

Montuotojams draudžiama pereiti nuo vienos konstrukcijos ant kitos be tam skirtų kopėčių, perėjimo tiltelių ar lipynių su aptvarais [26, p. 66].

Po pakeltais montuojamų konstrukcijų elementais žmonėms būti draudžiama [26, p. 68].

Sumontavus į projektinę padėtį perdangos plokštes būtina patikimai įtvirtinti [26, p. 69].

Atkabinti kėlimo priemonėmis pakeltas konstrukcijas ir įrenginius leidžiama tik juos patikimai įtvirtinus [26, p. 70].

Pertraukų darbe metu nepaliekami pakelti kabantys ant krano kablo kroviniai, tai yra draudžiama [26, p. 70].

6.2. PROFESINĖS RIZIKOS VERTINIMAS DARBO VIETOJE

Profesinės rizikos vertinime atliekamas tyrimas, kuriuo įvertinama esama ar galima rizika, bei nustatomos priemonės, kuriomis pašalinamos arba kiek įmanoma sumažinamos rizikos pasekmės darbo vietose.

Profesinės rizikos vertinimas yra labai svarbus, nes jo metu siekiama išsiaiškinti ir užkirsti kelią pavojams, kurių metu darbuotojas gali susižeisti, apsinuodyti, susirgti profesine liga, ar net gali iškilti pavojus žmogaus gyvybei.

Tiriama statybos įmonė, kuri atlieka naujai statomo ekspozicijų centro pastato statybą. Rizikos vertinimui pasirenkama šios įmonės perdangos plokščių montavimo darbininko specialybė. Tiriama darbininko darbo aplinka, vertinama profesinė rizika, nustatomos reikiamos apsaugos priemonės.

Rizikos veiksnių identifikavimo etape atliekami parengiamieji darbai, kurių metu nustatomi fizikiniai veiksniai (7 lentelė), fiziniai veiksniai (8 lentelė), cheminiai veiksniai (9 lentelė), ergonominiai ir psichofiziologiniai veiksniai (10 lentelė).

Rizikos tyrime analizuojami identifikuoti veiksniai, jų pasireiškimo priežastys, apskaičiuojami rizikos veiksnių dydžiai bei nustatomos reikiamos papildomos apsaugos priemonės..

Profesinės rizikos vertinimo eiga ir rezultatai užfiksuoti 7 – 11 lentelėse.

7 lentelė. Fizikinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas

Veiksnių, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
Darbo vietos šiluminė aplinka (patalpų mikroklimatas)	Darbas vyksta lauko sąlygomis, šaltuoju metu laikotarpiu. Pagal HN 69:2003 normas, darbo vietos oro temperatūra turėtų būti ne mažesnė kaip 12 ^o .		×		×
Darbo vietos apšvietimas	Pagal HN 98:2014 normas, pakankamas natūralus apšvietimas, kuris nedaro jokio poveikio darbuotojų darbingumui ir sveikatai.	×		×	
Triukšmas	Triukšmo poveikis gan didelis, triukšmą sukelia kėlimo kranai.		×		×
Vibracija, darbas su vibruojančiais įrankiais, vibraciją keliančios mašinos	Vibracija veikia žmogų darbo vietose prie stacionarių mašinų. (HN 51:2003).		×	×	

8 lentelė. Fizinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas

Veiksnių, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
Besisukančios ar judamos mašinų dalys	Plokštės keliamos kėlimo traversa su apsauginėmis grandinėmis. Yra pavojus atsipalaidavus grandinėms, keliamas krovinys gali nuristi ir sužaloti.		×	×	
Transportavimo įranga, kranai, liftai ir kt.	Nesilaikant saugumo reikalavimų galimi žmonių sužalojimai ar net mirties atvejai.	×		×	
Transporto ir priėjimo keliai, pastoliai, kopėčios ir kt.	Darbas vyksta 3 m aukštyje, galimybė nukristi. Galimos traumos.		×	×	
Medžiagų išmetimas (pvz., plastinių medžiagų liejimo metu), ruošinių išmetimas	Statybinės atliekos gali trukdyti pasiekti statomo pastato dalis, medžiagas, kitas reikiamas vietas.	×		×	
Elektros įtampa	Veikiantys elektriniai prietaisai, nesaugiai naudojantis gali nutrenkti elektra. Galimi sužalojimai.	×		×	
Darbo vietos priešgaisrinis parengimas	Statavietėje galimi gaisro avėjai nuo elektros prietaisų, mašinų.	×		×	

9 lentelė. Cheminių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas

Veiksnių, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
Dulkės	Cemento dulkės. IPRD – 10 mg/m ³ (HN 23:2011)	×		×	
Kelių vienos krypties cheminių medžiagų poveikis	Nenustatyta	×		×	

10 lentelė. Ergonominių ir psichosocialinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas

Veiksnių, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
Darbo sunkumas	Darbo sunkumo kategorija: sunkus fizinis III		×		×

	kategorijos darbas (HN 69:2003).				
Valdymo įrangos išdėstymas nuolatinėje darbo vietoje	Statybvietėje įranga išdėstyta nedideliais atstumais, darbuotojas greit ir lengvai pasiekia reikiamą įrangą.	×		×	
Darbo poza	Darbo poza nepastovi.	×		×	
Judėjimo atstumas darbo aplinkoje	Vaikščiojimo atstumas gan didelis.	×		×	
Darbo įtampa (dėmesys)	Darbo įtampa trumpalaikė, tačiau dažnai pasikartojanti.	×		×	
Darbo įtampa (Regos ir klausos analizatoriai)	Montuojamo objekto matmenys iki 5,8 m.	×		×	
Darbo emocinė įtampa	Darbas reikalaujantis susikoncentravimo, lydymas pavojaus.	×		×	
Darbo monotonija	Darbas pasikartojantis.	×		×	
Darbas izoliuotoje vietoje (kai darbuotojas dirba vienas arba izoliuotoje patalpoje)	Darbas komandinis, kartu su brigada	×		×	

Nustatant rizikos sritis, kuriose reikia imtis priemonių užtikrinant saugą ir sveikatą, rizikos dydį galima kiekybiškai apskaičiuoti ir įvertinti Danijoje taikoma metodika - priskiriant pavojui, traumas ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybei ir pasekmėms balus nuo 1 iki 3.

Paprasčiausias būdas apskaičiuoti rizikos dydį balais yra panaudoti formulę:

Rizikos dydis = pavojaus dydis x traumas ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė x pasekmės

11 lentelė. Rizikos nustatymo duomenų lapas

Veikla	Pavojai	Taikomos saugos priemonės	Priemonių pakanka	Pastebėti trūkumai	Pavojaus dydis	Traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė	Pasekmės	Rizikos dydis balais
Plokščių montavimas	Įranga	Įranga atitinkanti saugumo reikalavimus. Plokštės keliamos kėlimo traversa su apsauginėmis grandinėmis. Judančių mašinų ir įrenginių dalių zona aptverta 5 m nuo jų.	TAIP	Nėra	1	1	1	1
	Triukšmas	Yra klausos	TAIP	Nėra	1	1	2	2

	apsaugos priemonių						
Aukštis	Darbininkai dėvi saugos diržus, apsauginius šalmsus, statybos aikštelė yra aptverta apsaugine tvorele. Pristatomos kopėčios yra su įtaisais, neleidžiančiais joms pasislinkti ar virsti darbo metu.	TAIP	Nėra	1	2	1	2
Statybinės atliekos	Statybinės atliekos sandėliuojamos tam tikroje iš anksto numatytoje vietoje, kurios periodiškai išvežamos.	TAIP	Nėra	1	1	1	1
Elektros įtampa	Pavojingos zonos, kuriose galimas pavojingas elektros srovės poveikis, aptvertos apsauginiais aptvarais, ir paženklintos saugos ir sveikatos apsaugos ženklais.	TAIP	Nėra	1	1	1	1
Vibracija	Darbuotojai informuoti apie darbo vietas ir darbo priemones, keliančius vibracijos pavojų bei apmokomi saugiai naudoti darbo priemones.	TAIP	Nėra	1	2	1	2
Oro sąlygos	Darbuotojai aprūpinti darbo drabužiais, skirtais apsaugoti nuo šalčio ir drėgmės.	TAIP	Nėra	1	1	1	1

Atlikę tarpaukštinės perdangos montuotojo darbo vietos rizikos vertinimą, duomenis suvedame į rizikos nustatymo duomenų lapą (11 lentelė), apskaičiuojame rizikos dydį. Pagal 9 priedo 4 lentelę nustatome nagrinėjamų rizikų priimtinumą ir galime priimti rekomendacijas dėl papildomų darbo vietų saugumo priemonių.

Įrangos (kėlimo krano) keliami rizika yra priimtina, taikomos visos saugumo priemonės, jokių papildomų veiksmų nereikia. Triukšmo ir vibracijos poveikiai perdangos montavimo darbo vietoje yra toleruoti, reikia tik užtikrinti, kad veiktų taikomos saugumo priemonės. Darbas aukštyje (3 m) taip pat toleruotinas, darbininkai yra instruktuoti ir laikosi saugumo priemonių, tad nesant reikalui, galime netaikyti papildomų veiksmų. Statybinės atliekos sandėliuojamos tam tikroje iš anksto numatytoje vietoje, kurios periodiškai išvežamos. Šio veiksnio rizikos dydis priimtinas. Elektros įtampos keliami pavojai yra priimtini, statybvietyje laikomasi saugumo priemonių, papildomų veiksmų nereikia. Darbuotojai aprūpinti darbo drabužiais, skirtais apsaugoti nuo šalčio ir drėgmės. Rizikos dydis yra priimtinas ir papildomų saugumo priemonių nereikia.

6.3. DARBŲ SAUGOS APIBENDRINIMAS

Perdangos plokščių montavimas nereikalauja specialių ar ypatingų darbo saugos priemonių. Plokščių montажą vykdančys darbininkai turi būti išklause montuotojų ir aukštalipių darbo saugos instrukcijas ir turėti atitinkamus pažymėjimus. Darbo metu darbininkai privalo dėvėti saugos diržus, apsauginius šalmsus ir kitas priskirtas asmenines apsaugos priemones.

Iškrovimo ir kėlimo metu kiauřymėtas perdangos plokštes būtina apjuosti apsauginėmis griebtuvų grandinėmis, siekiant užtikrinti saugų gaminio kėlimą ir prilaikymą netikėtai atsipalaidavus griebtuvams.

Sumontavus dalį perdangos, ant kurios gali patekti kiti statybos aikštelės darbininkai, reikia nedelsiant aptverti apsaugine tvorele, kuri užtikrintų saugų darbininkų judėjimą ant sumontuotos perdangos.

7. KONSTRUKCIJŲ SKAIČIAVIMAS KOMPIUTERINE PROGRAMA

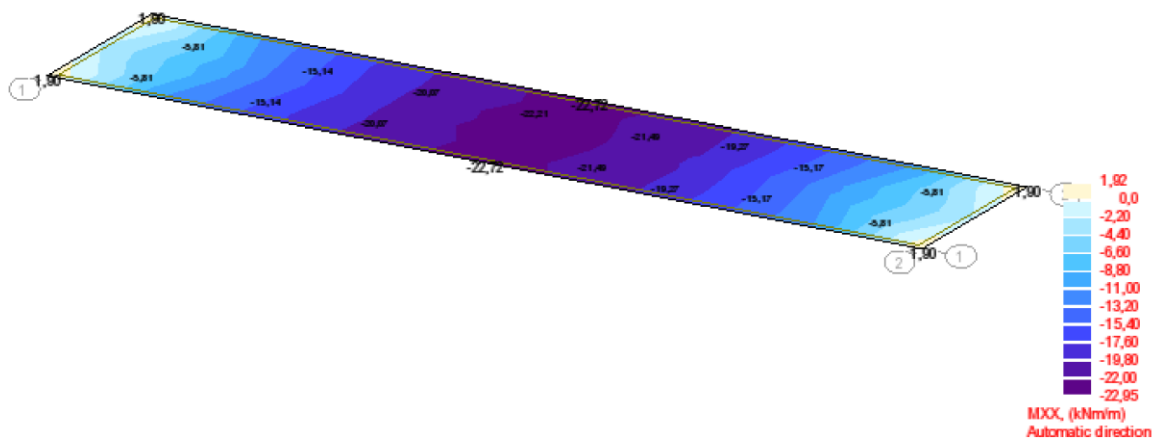
7.1. TUŠTUMĖTA DENGINIO PLOKŠTĖ

Pagal 5 priede apskaičiuotą denginio tuštumėtą plokštę sudarome konstrukcijos modelį kompiuterinėje skaičiavimo programoje „Autodesk Robot“. Rezultatus pateikiame pagal suminę apkrovą, kuri paimta iš 5 priedo, 1 lentelės.

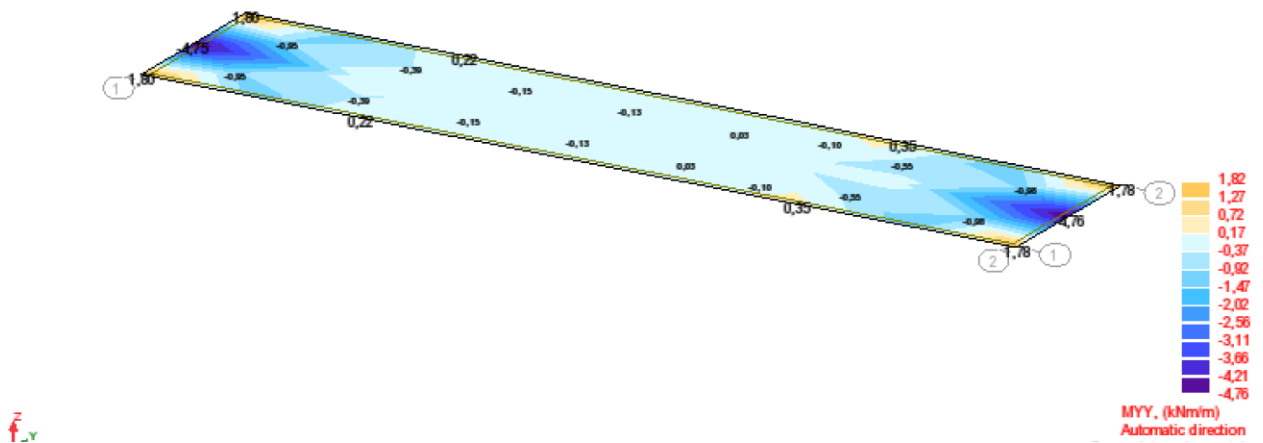
12 lentelė. Naudojamų medžiagų parametrai

	Medžiaga	E (MPa)	G (MPa)	NI	LX (1/°C)	RO (kN/m ³)	Re (MPa)
1	C25/30	31000,00	12916,67	0,20	0,00	24,53	25,00

Iš kompiuterinės skaičiavimo programos paimame tuštumėtą plokštę veikiančių lenkimo momentų diagramas, pagal kurias tikrinamas denginio armavimo intensyvumas. Diagramos pateiktos 19 pav.

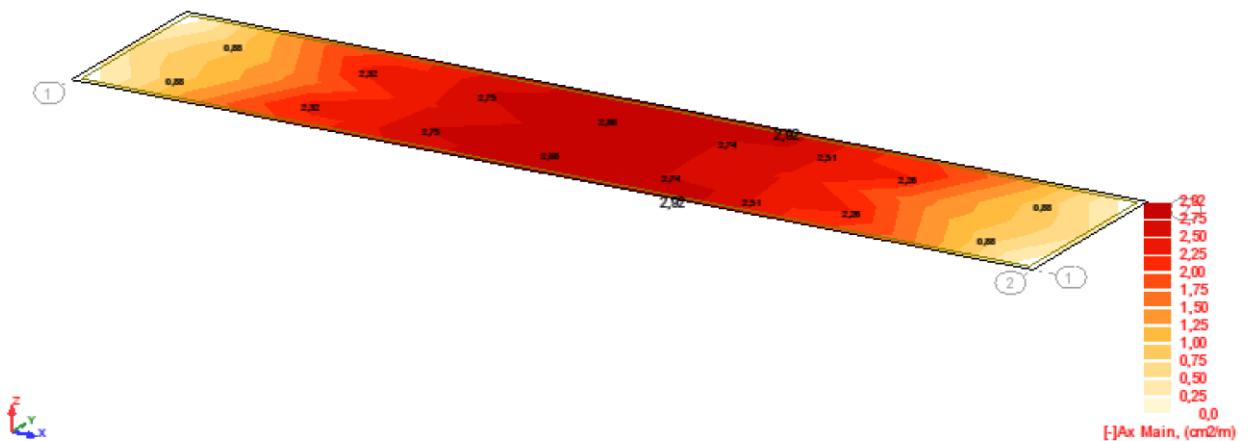


19 pav. Lenkimo momentų diagrama M_{xx} , nuo pilnutinės apkrovos

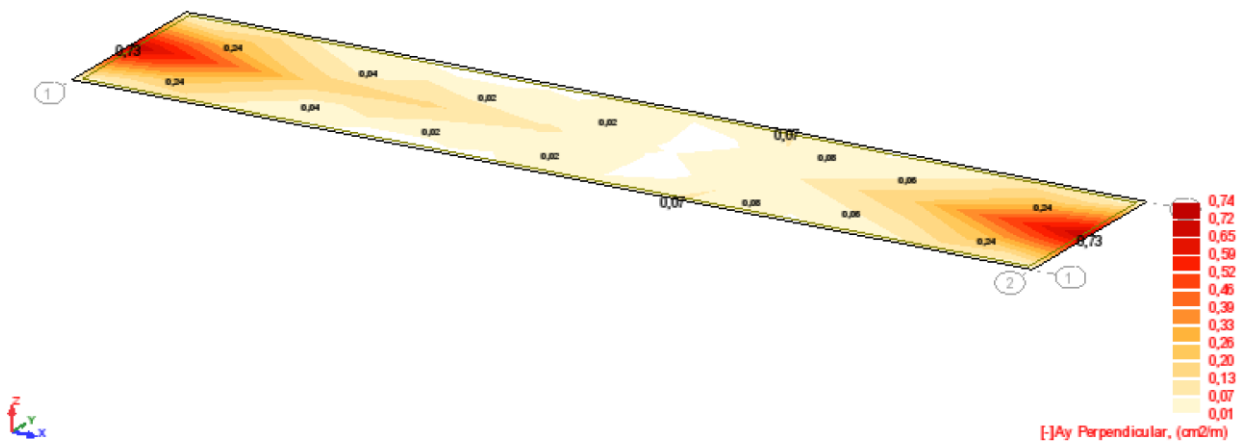


20 pav. Lenkimo momentų diagrama M_{yy} , nuo pilnutinės apkrovos

Deginio plokštės armavimo parametrai pateikti 10 priede. Plokštės teorinis armavimas pavaizduotas 21 pav.

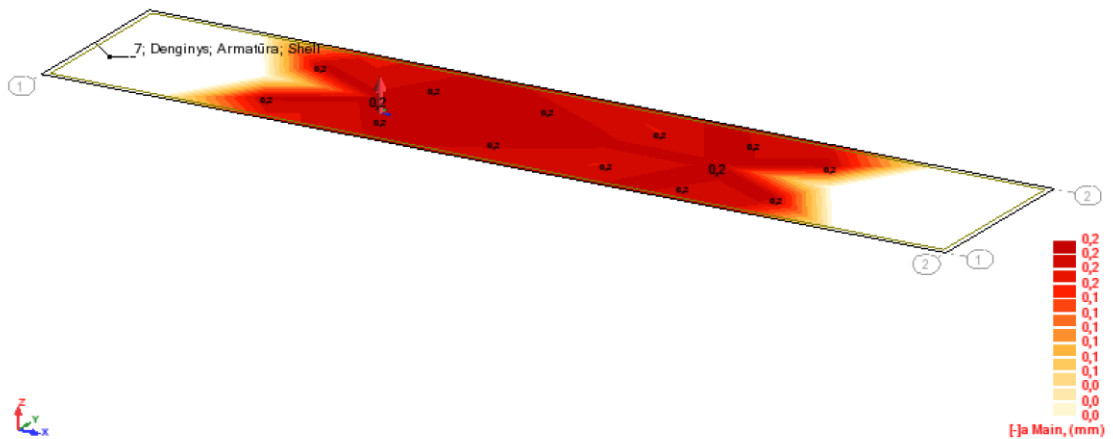


21 pav. Teorinis armavimo intensyvumas –Ax kryptimi

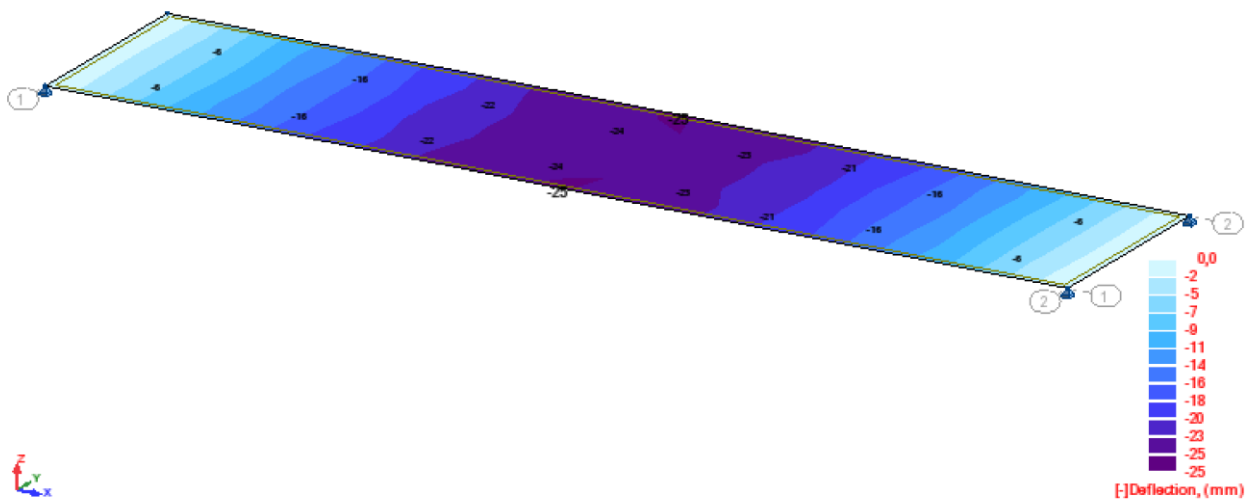


22 pav. Teorinis armavimo intensyvumas –Ay kryptimi

Denginio plokštės poslinkiai pateikti 23 - 24 pav. Plyšiai yra apriboti, kad nebūtų didesni nei ribiniai.



23 pav. Atsiveriančių plyšių schema



24 pav. Plokštės įlinkių schema

Sudarome tuštumėtos plokštės ekstremalių zonų (kur veikia max lenkimo momentai) armavimo intensyvumo lentelę.

13 lentelė. Armavimo intensyvumo palyginimo lentelė

Elementas	Kryptis	Armatūros kiekis, cm ² /m		Skirtumas, %
		Rankinis variantas A_s	Prog. duomenys A_s	I ir II var.
Plokštė	xx	1,525	2,92	48

Rankiniu būdu pagal STR yy kryptimi armatūra priimame konstruktyviai. Kompiuterine skaičiavimo programa reikiamas armatūros kiekis yy kryptimi – 4,76 cm².

Patikrinę abu skaičiavimo būdus matome, kad armavimo intensyvumas skaičiuojant rankiniu būdu bei kompiuterine programa skiriasi. Skirtumas tarp skaičiavimo būdų yra 48 %.

Plokštė armuojama dvigubu armavimu. Armatūros kiekį plokštei rankiniu būdu skaičiavome kaip vienpusį armuotą elementą, nes sąlyga ($\xi_{eff} \leq \xi_{lim}$) kad galima nearmuoti gniuždomosios zonos (arba neatsižvelgti į gniuždomą armatūrą) buvo įvykdyta.

Kompiuterine programa skaičiuodami armavimą nurodėme, kad plyšio plotis būtų ribojamas armavimo intensyvumo padidiniu, todėl viršutiniuose taškuose kur atsiveria plyšiai, gauname didesnį armavimo intensyvumą nei skaičiuodami rankiniu būdu.

IŠVADOS

Baigiamajame magistro darbe projektuojamas visuomeninės paskirties ekspozicijų centro pastatas. Darbe atliktos pastato architektūrinė, konstrukcinė, technologinė, organizacinė, ekonominė ir darbų saugos analizės.

Projekte išdėliuotos pastato konstrukcinės detalės, tai leidžia susidaryti estetinį pastato vaizdą, detalizuoja konstrukcinę esmę. Konstrukcinėje dalyje atliekami detalūs skaičiavimai numatytiems konstrukciniams elementams. Apskaičiavus užtikrinamas pastato mechaninis stabilumas ir standumas, parenkant mažiausias galimas medžiagų sąnaudas. Atliekamas ekonominis denginio plokščių palyginimas, lyginant projekte numatytą gelžbetoninę briaunotą plokštę su populiaria gelžbetonine tuštumėta plokšte. Išanalizavę rezultatus, galime teigti, kad tuštumėtą plokštę yra optimaliau naudoti dėl kainos ir medžiagų kiekio. Kainų skirtumas tarp šių yra 81 %. Plokščių laikomoji galia priklauso nuo skerspjūvio aukščio, įtemptosios armatūros tipo bei tarpatramio ilgio. Pastato mechaniniam stabilumui užtikrinti užtenka mažesnio aukščio tuštumėtos plokštės, dėl kurio pastatas galėtų būti projektuojamas žemesnis, taip sumažinant kitų statybinių medžiagų sąnaudas.

Technologinėje dalyje išnagrinėjamas perdangos plokščių montavimo darbų vykdymo technologija, pateikiamas darbų eiliškumas. Darbai vykdomi nuosekliai ir organizuotai pagal sudarytą technologinę kortelę ir kalendorinį grafiką.

Atlikus tuštumėtos plokštės skaičiavimus su kompiuterine programa gauname didesnę armavimo intensyvumą nei skaičiuodami rankiniu būdu. Skirtumas 48 %.

LITERATŪRA

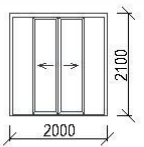
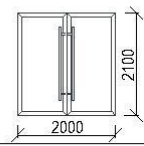
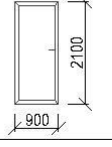
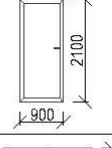
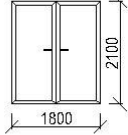
1. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai.
2. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai.
3. STR 1.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“.
4. STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“.
5. STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“.
6. STR 1.05.08:2003 „Statinio projekto architektūrinės ir konstrukcinės dalių brėžinių braižymo taisyklės ir grafiniai žymėjimai“.
7. STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas“.
8. STR 2.01.01(2):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga“.
9. STR 2.01.01(3):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“.
10. STR 2.01.01(4):2008 „Esminiai statinio reikalavimai. Naudojimo sauga“.
11. STR 2.01.01(5):2008 „Esminis statinio reikalavimas. Apsauga nuo triukšmo“.
12. STR 2.01.01(6):2008 „Esminis statinio reikalavimas. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas“.
13. STR 2.02.02 2004 „Visuomeninės paskirties statiniai“.
14. STR 2.03.01 2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“.
15. STR 2.05.02:2008 "Statinių konstrukcijos. Stogai".
16. STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“.
17. STR 2. 05. 05: 2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“.
18. STR 2.05.13:2004 „Statinių konstrukcijos. Grindys“.
19. STR 2.05.20:2006 „Langai ir išorinės įėjimo durys“.
20. Calavera J. Manual for detailing reinforced concrete structures to EC2. CRC Press, 2011, 498 p.
21. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167.
22. Darboviečių įrengimo statybvietėse nuostatai. Valstybės žinios, 2008-01-24, Nr. 10-362.
23. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
24. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
25. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2004, Nr.41-1350.
26. Darbuotojų saugos ir sveikatos taisyklės statyboje. DT 5-00 Valstybės žinios, 2011-06-28, Nr.

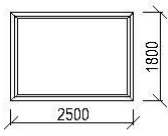
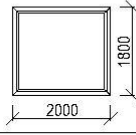
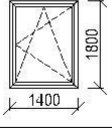
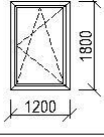
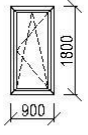
27. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146 -7510.
28. Marčiukaitis G. Iš anksto įtemptas gelžbetonis. Vadovėlis. Vilnius: Technika, 2012, 296 p.
29. Marčiukaitis G. Pastatai ir jų konstrukcijos. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2004, 134 p.
30. Mosley B., Bungey J., Hulse R. Reinforced Concrete Design to Eurocode 2, 6th edition Palgrave Macmillan, Houndwills. 2007, 405 p.
31. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126-6350.
32. Statau šiltą namą. Brėžiniai ir rekomendacijos UAB "PAROC" Vilnius, 2011.
33. Techninis vadovas, UAB „Betonika“, 2015.
34. Valikonis J., Venckevičius V. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas: metodiniai nurodymai. Kaunas: KPI. 1987, 86 p.
35. Venckevičius V., Židonis I. Pastatų perdangos su surenkamosiomis gelžbetoninėmis kiaurymėtosiomis plokštėmis. Mokomoji knyga. Šiauliai, 2007, 70 p.
36. Zavadskas E. K., Mikšta P., Sakalauskas R., Šimkus J. R. Statybos organizavimas. Vilnius: ŠMM, 2001, 197 p.
37. Zavadskas E. K., Karablikovas A., Malinauskas P., Mikšta P., Nakas H., Sakalauskas R. Statybos procesų technologija. Vilnius: Technika, 2006, 547 p.

PRIEDAI

1 PRIEDAS

Langų ir durų žiniaraštis

Žymuo	Eskizas	Kiekis	Pastaba
D-1		1	Slankiojančios lauko durys
D-2		1	Lauko durys
D-3		1	Lauko durys
D-4		13	Vidaus durys
D-5		2	Lauko durys

Žymuo	Eskizas	Kiekis	Pastaba
L-1		4	
L-2		16	
L-3		2	
L-4		2	
L-5		4	

PASTABA:

Langų varstymas pavaizduotas iš vidaus.

Продолжение табл. 6.35

l_1/l_2	Схема 7					Схема 8				
	α_3	β_3	γ_3	$-\beta_4$	—	α_4	β_4	γ_4	$-\gamma_5$	—
0,5	0,00262	0,0416	0,0097	0,0847	—	0,00844	0,0846	0,0393	0,1213	—
0,6	0,00253	0,0409	0,0122	0,0838	—	0,00644	0,0661	0,0412	0,1107	—
0,7	0,00240	0,0394	0,0151	0,0816	—	0,00479	0,0509	0,0408	0,1018	—
0,8	0,00227	0,0370	0,0173	0,0782	—	0,00355	0,0380	0,0382	0,0902	—
0,9	0,00212	0,0345	0,0199	0,0745	—	0,00261	0,0285	0,0350	0,0799	—
1,0	0,00192	0,0317	0,0216	0,0698	—	0,00192	0,0216	0,0317	0,0698	—

l_1/l_2	Схема 9					Схема 10				
	$\bar{\alpha}_4$	$\bar{\alpha}_5$	β_4	$\bar{\gamma}_5$	$-\beta_4$	$-\bar{\gamma}_5$	$\bar{\gamma}_5$	$-\bar{\gamma}_5$	—	—
0,3	0,00026	0,00067	-0,0043	0,0016	0,3833	0,0131	0,0078	0,0333	—	—
0,4	0,00056	0,00129	-0,0004	0,0068	0,2783	0,0242	0,0173	0,0545	—	—
0,5	0,00086	0,00183	0,0039	0,0121	0,2004	0,0335	0,0268	0,0709	—	—
0,6	0,00114	0,00219	0,0078	0,0178	0,1476	0,0416	0,0333	0,0798	—	—
0,7	0,00138	0,00248	0,0103	0,0220	0,1106	0,0493	0,0384	0,0837	—	—
0,8	0,00158	0,00263	0,0123	0,0252	0,0865	0,0561	0,0413	0,0848	—	—
0,9	0,00176	0,00271	0,0139	0,0274	0,0691	0,0616	0,0426	0,0850	—	—
1,0	0,00193	0,00276	0,0139	0,0292	0,0559	0,0664	0,0435	0,0851	—	—

l_1/l_2	Схема 10									
	α_3	α_4	β_3	γ_3	$-\bar{\gamma}_5$	$-\beta_4$	β_4	$-\beta_4$	—	—
1,0	0,00193	0,00276	0,0292	0,0139	0,0559	0,0664	0,0435	0,0851	—	—
1,2	0,00219	0,00281	0,0332	0,0141	0,0387	0,0734	0,0443	0,0848	—	—
1,5	0,00238	0,00284	0,0373	0,0124	0,0248	0,0793	0,0449	0,0846	—	—
2,0	0,00249	0,00286	0,0435	0,0093	0,0139	0,0830	0,0450	0,0845	—	—

Примечание. Таблица составлена в предположении, что $\nu = 0,2$. Такое значение коэффициента Пуассона регламентирует действующие нормы для всех видов бетона.

определяют по формулам:

$$w_i = \alpha_i \frac{q l_i^4}{D} = \bar{\alpha}_i \frac{q l_i^4}{D}; \quad (6.139)$$

$$M_{xi} = \beta_i q l_i^2 = \bar{\beta}_i q l_i^2; \quad (6.140)$$

$$M_{yi} = \gamma_i q l_i^2 = \bar{\gamma}_i q l_i^2; \quad (6.141)$$

где w_i — прогиб в i -й точке плиты; M_{xi} , M_{yi} — изгибающие моменты (на 1 м плиты) в указанной точке; α_i , $\bar{\alpha}_i$, β_i , $\bar{\beta}_i$, γ_i , $\bar{\gamma}_i$ — коэффициенты, определяемые в зависимости от схемы опирания кромок по табл. 6.35.

Таблица 6.36. Коэффициенты для определения усилий и прогибов плит, нагруженных сосредоточенной силой в центре

l_1/l_2	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	∞
α_3	0,0126	0,0135	0,0148	0,157	0,0162	0,0165	0,0169
β_3	0,1350	0,1150	0,0850	0,057	0,0370	0,0230	0
δ_3	0,5650	0,3500	0,2110	0,125	0,0730	0,0420	0

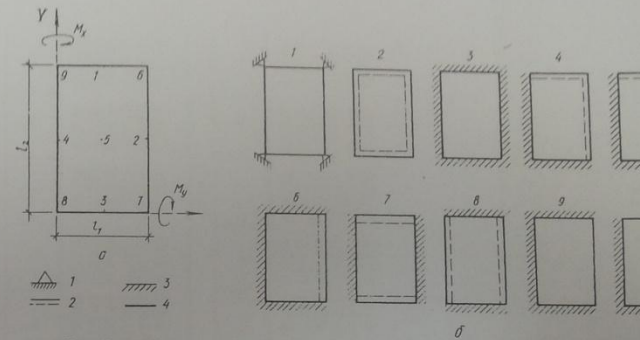


Рис. 6.106. К расчету плит, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой: а — схема расположения характерных точек; б — схемы опирания кромок плиты; 1 — свободное опирание; 2 — жестко опертая кромка; 3 — жестко защемленная кромка; 4 — кромка, свободная от q .

Значения s следует принимать в зависимости от конкретных условий приложения «сосредоточенной силы». Значения коэффициентов δ_1 , δ_2 , а также коэффициента α в формуле (6.139) даны в табл. 6.36.

Расчетные зависимости для определения прогибов и внутренних усилий в прямоугольной плите, нагруженной сосредоточенной силой, приложенной в произвольной точке, приводятся в работе С. П. Тимошенко и С. Войновского-Кригера [48].

Все изложенное относится к плитам, работающим в двух направлениях. Балочные же плиты, как это следует из самого названия, рассчитывают как обыкновенные балки, причем из плиты выделяют полосу шириной l м, стороны которой параллельны коротким сторонам плиты. Плиту можно рассматривать как балочную только при действии на нее равномерно распределенной нагрузки. В противном случае ее следует рассчитывать как работающую в двух направлениях при любом соотношении сторон.

Как отмечалось, расчет железобетонных конструкций в линейно-упругой постановке в достаточной мере условен и, в ряде случаев, приводит к неоправданному перерасходу материалов. Не составляют в этом плане исключения и плиты.

Расчет железобетонных плит по несущей способности рекомендуется выполнять кинематическим способом метода предельного равновесия (более подробно о методе предельного равновесия см. в настоящей главе, «Рамы. Расчет с учетом пластических деформаций»). Сущность этого способа состоит в следующем:

предполагают, что плита разламывается на плоские звенья, соединенные между собой по линиям излома пластическими шарнирами. Линии излома (положительные, если они расположены на нижней поверхности плиты, и отрицательные — если на верхней) и опорные шарниры (если таковые имеются) образуют схему излома;

злают произвольно малое возможное (узуальное) при данной схеме излома и загрузки плиты перемещение;

составляют уравнение, выражающее соотношение работ внешних и внутренних сил на том перемещении — уравнение виртуальных работ;

значение внешней нагрузки, удовлетворяющее полученному уравнению, определяет ее способность плиты.

Схема излома плиты должна соответствовать условиям ее опирания и схеме загрузки также обеспечивать однократную кинематическую изменяемость системы. Для того чтобы ставить мнение о степени кинематической изменяемости, удобно использовать аналогию излома с фермой: ступень кинематической изменяемости схемы излома плиты равна или кинематической изменяемости фермы, составленной из всех (положительных и отрицательных) линий излома и опорных шарниров.

Для каждой плиты можно представить бесконечное множество схем излома, отвечающих указанным требованиям. Истинной (сделенной долей идеализации) будет та, при которой несущая способность плиты имеет минимальное значение. Выбор такой схемы достаточно очевиден лишь в простейших случаях, в сложных приходится рассматривать несем (а иногда и значительное количество) схем.

следует ориентироваться на использование с применением аппарата линейного программирования.

Направление возможного перемещения значимо определяется принятой схемой излома. Уравнение виртуальных работ имеет вид:

$$\sum P_i y_i + \int q y dA = \sum M_{\alpha} \varphi_{\alpha} \cos \theta_{\alpha}, \quad (6.142)$$

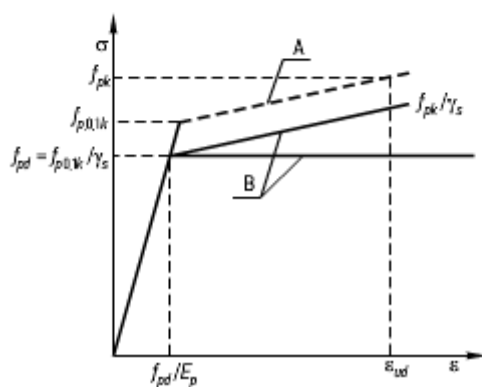
Armātūros sortimentas

Skersmuo, mm	Skerspjūvio plotas cm ² , kai strypų skaičius										Masė kg/m
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	0,071	0,14	0,21	0,2	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,71	0,055 (0,051)
4	0,126	0,25	0,38	0,50	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	0,098 (0,090)
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	0,154 (0,139)
6	0,283	0,57	0,83	1,13	1,42	1,70	1,98	2,26	2,55	2,83	0,222
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85	0,302
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	5,03	0,395
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85	0,617
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,67	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	0,888
14	1,539	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	15,39	1,208
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	1,578
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	22,45	1,998
20	3,142	6,28	9,41	12,56	15,71	18,85	21,99	25,14	28,25	31,42	2,466
22	3,801	7,6	11,4	15,20	19,00	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	2,984
25	4,909	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,13	49,09	3,853
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,1	49,26	55,42	61,58	4,834
32	8,042	16,08	24,13	32,17	40,12	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42	6,313
36	10,18	20,36	30,54	40,72	50,9	61,08	71,26	81,44	91,62	101,80	7,99
40	12,56	25,12	37,68	50,24	62,8	75,36	87,92	100,48	113,04	125,60	9,87

Armātūros sortimentas

3.6 lentelė. Iš anksto įtemptos armatūros savybės (pagal ENV 10138:1994)

Viela						
Plienias	f_{pk} , N/mm ²	f_{pd} , N/mm ²	$f_{p0,1k}$, N/mm ²	$f_{p0,1d}$, N/mm ²	E_p , N/mm ²	ϵ_{uk} %
Y1860C	1860	1620	1600	1390	205000	3,5
Y1770C	1770	1540	1520	1320	205000	3,5
Y1670C	1670	1450	1440	1250	205000	3,5
Y1570C	1570	1370	1300	1130	205000	3,5
Lynai						
Plienias	f_{pk} , MPa	f_{pd} , MPa	$f_{p0,1k}$, MPa	$f_{p0,1d}$, MPa	E_p , MPa	ϵ_{uk} %
Y2060S	2060	1790	1770	1540	195000	3,5
Y1960S	1960	1700	1680	1460	195000	3,5
Y1860S	1860	1620	1600	1639	195000	3,5
Y1770S	1770	1540	1520	1250	195000	3,5
Strypai						
Plienias	f_{pk} , MPa	f_{pd} , MPa	$f_{p0,1k}$, MPa	$f_{p0,1d}$, MPa	E_p , MPa	ϵ_{uk} %
Y1030	1030	900	830	720	205000	4,0
Y1100	1100	960	900	780	205000	4,0
Y1230	1230	1070	1080	940	205000	4,0



3.8 pav. Iš anksto įtempto plieno skaičiuotinė įtempių ir deformacijų diagrama: A – idealizuota charakteristinė (idealizuota); B – skaičiuotinė

Tuštumėta denginio plokštė

Bendrieji duomenys

Plokštės gamybai naudojamas C25/30 klasės betonas, kurio charakteristinis stipris $f_{ck}=25$ MPa, o skaičiuojamasis stipris $f_{cd}=0,9 \cdot 1 \cdot 25 / 1,5 = 15$ MPa.

Konstrukcija armuojama S400 klasės armatūros strypais, kurių charakteristinis stipris $f_{yk}=400$ MPa, o skaičiuojamasis stipris $f_{yd} = 400 / 1,1 = 365$ MPa. Išilginė plokštės briauna yra armuojama iš anksto įtempta armatūra, kurios klasė Y1230. Šios armatūros charakteristikos:

$f_{pk} = 1230$ MPa; $f_{p0,1k} = 1080$ MPa; $f_{p0,1d} = 940$ MPa; $E_s = 2,05 \cdot 10^5$ MPa; $\varepsilon_{uk} = 4,0$ %.

Statybos vieta – Klaipėda. Sniego rajonas – I. Aplinkos klasė – XC0.

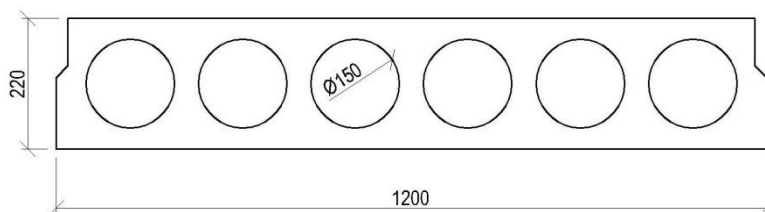
1 lentelė. Stogo konstrukcijų apkrovų lentelė

Nr.	Stogo konstrukcijos elementas	Charakteristinė apkrova, kN/m^2	γ	Skaičiuotinė apkrova, kN/m^2
1.	Du sluoksniai ritininės dangos	0,094	1,35	0,127
2.	Šilumos izoliacijos plokštės PAROC ROS 50, $t=20$ mm.	0,032		0,043
3.	Šilumos izoliacijos plokštės PAROC ROS 30, $t=155$ mm.	0,144		0,194
4.	Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis PAROC XMV 020bas, $t=0,2$ mm.	0,002		0,027
5.	Betono išlyginamasis sluoksnis $t=50$ mm.	0,8		1,95
6.	Putplastis $t=145$ mm.	0,051		0,069
7.	G/b plokštė $t=0,22$ mm.	3,73		5,04
	Iš viso (g):	4,85		6,55

Kintama apkrova

Statybos vieta – Klaipėda, I sniego rajonas.

Charakteristinė sniego apkrovos ant žemės reikšmė $s_k = 1,2$ kN/m².



1 pav. Projektuojama kiaurymėta plokštė

Armatūros skaičiavimas

Plokštės skerspjūvis keičiamas ekvivalentiniu. Redukuojame apvalią kiaurymę į stačiakampę. Priimame, kad apskritimo plotas ir inercijos momentas lygūs stačiakampio plotui ir inercijos momentui.

Stačiakampės kiaurymės aukštis:

$$h_w = \sqrt{\frac{12 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^4}{64}}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}}} = \sqrt{\frac{12 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,15^4}{64}}{\frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4}}} = 0,130 \text{ m}$$

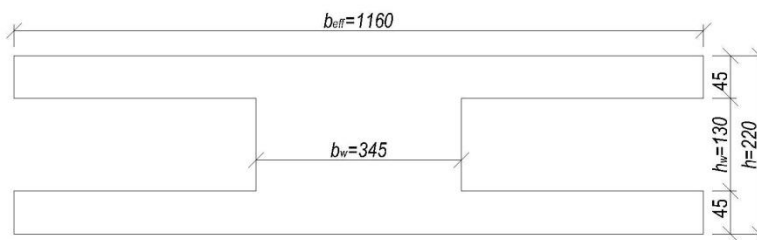
d_1 – kiaurymės skersmuo.

Vienos stačiakampės kiaurymės plotis:

$$b_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4 \cdot h_w} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4 \cdot 0,13} = 0,136 \text{ m}$$

Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio sienelės storis:

$$b_w = b_{eff} - n \cdot b_1 = 1,16 - 6 \cdot 0,136 = 0,345 \text{ m}$$



2 pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis

Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio plotas:

$$A_{pl} = 2 \cdot (1,16 \cdot 0,045) + 0,345 \cdot 0,130 = 0,149 \text{ m}^2$$

Plokštės savojo svorio apkrovos skaičiuotinė reikšmė:

$$g_s = 0,149 \cdot 25 = 3,73 \text{ kN/m};$$

Plokštės nuolatinės apkrovos reikšmė:

$$g_G = 4,85 \cdot 1,2 = 5,82 \text{ kN/m};$$

Plokštės kintamos apkrovos reikšmė:

$$g_Q = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ kN/m};$$

q_k – tolygiai išskirstyta apkrova pagal panaudojimo kategoriją [STR 2.05.04:2003, 10.2 lentelė].

Plokštės nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos reikšmė:

$$g_n = (4,85 + 0,6 \cdot 1,2) \cdot 1,2 = 6,68 \text{ kN/m};$$

Visos apkrovos reikšmė:

$$p = g_G + g_Q = 5,82 + 1,44 = 7,26 \text{ kN/m.}$$

Plokštės įrašos.

– nuo suminės apkrovos:

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{7,26 \cdot 5,63^2}{8} = 28,76 \text{ kNm};$$

$$V_{Ed} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{7,26 \cdot 5,63}{2} = 20,44 \text{ kN};$$

– nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių:

$$M_{Ed,g} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{6,68 \cdot 5,63^2}{8} = 26,47 \text{ kNm};$$

$$V_{Ed,g} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{6,68 \cdot 5,63}{2} = 18,80 \text{ kN};$$

Apsauginį betono sluoksnį priimu preliminariai $a = 30 \text{ mm}$.

$$d = h - a = 220 - 30 = 190 \text{ mm.}$$

Atsižvelgiant į reglamento [17] 139 p., pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai priimami:

$$\sigma_{sp} = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1230 = 861 \text{ MPa}$$

Tikrinamas ar teisingai užsiksuotas išankstinis įtempimas:

$$\sigma_{sp} + p \leq f_{pk} \rightarrow 861 + 43,05 = 904,05 < 1230 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot f_{pk} \rightarrow 861 - 43,05 = 817,95 > 369 \text{ MPa};$$

Čia: $p = 0,05 \cdot \sigma_{sp} = 0,05 \cdot 861 = 43,05 \text{ MPa}$, kai armatūra įtempama mechaniškai.

Įvertinamas armatūros išankstinio įtempimo tikslumo koeficientas γ_{sp} :

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp};$$

$$\gamma_{sp} = 1 + 0,1 = 1,1;$$

$$\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,9;$$

Čia: $\Delta\gamma_{sp}$ - kai armatūra įtempama mechaniniu būdu, reikšmė laikoma lygi 0,1;

Minusas (-), nes išankstinis įtempimas konstrukcijai sukelia palankią įtaką;

Pliusas (+), nes išankstinis įtempimas konstrukcijai sukelia nepalankią įtaką;

Tuomet:

$$\sigma_{sp} = 0,9 \cdot 861 = 774,9 \text{ MPa};$$

Apytikriai įvertiname nusistovėjusius įtempimus. Priimu, jog pirminiai ir antriniai armatūros įtempimo nuostoliai lygūs 100 MPa Tada:

$$\sigma_{sp2} = \sigma_{sp} - 100 = 774,9 - 100 = 674,9 \text{ MPa};$$

Elemento gniuždomosios zonos santykinis ribinis aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{665,1}{500} \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,504;$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,730;$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{p0,1d} + 400 - \sigma_{sp2} = 940 + 400 - 674,9 = 665,1 \text{ MPa};$$

$\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai, kai konstrukcijos gaminamos iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono.

Priimame, kad neutralioji ašis yra tėjinio skerspjūvio lentynoje ($x_{eff} \leq h_{eff}$).

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b_f \cdot d^2} = \frac{28,76}{15 \cdot 10^3 \cdot 1,16 \cdot 0,19^2} = 0,046;$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,046} = 0,047 < \xi_{lim} = 0,504;$$

$$x = \xi \cdot d = 0,047 \cdot 0,19 = 0,0089 \text{ m} < h_f = 0,045 \text{ m};$$

Apskaičiuojant gelžbetonio plokštę, armuotą stipriąja armatūra ($f_{pk} = 1230 \text{ MPa} > 550 \text{ MPa}$), kai $\xi < \xi_{lim}$, skaičiuotinis armatūros stipris f_{pd} dauginamas iš koeficiento y_{sy} [STR p. 73]

$$y_{sy} = \eta - (\eta - 1) \left(2 \frac{\xi}{\xi_{lim}} - 1\right) \leq \eta;$$

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

$$y_{sy} = 1,10 - (1,10 - 1) \left(2 \cdot \frac{0,047}{0,504} - 1\right) = 1,08 < \eta = 1,10;$$

Priimu $y_{sy} = 1,08$.

$$A_p = \frac{f_{cd} \cdot b_f \cdot x}{f_{p0,1d} \cdot y_{sc}} = \frac{15 \cdot 1,16 \cdot 0,0089}{940 \cdot 1,08} = 1,525 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 1,525 \text{ cm}^2;$$

Iš sortimento priimu 6Ø14 mm strypus, kurių $A_{sp} = 1,539 \text{ cm}^2$.

Redukuoto skerspjūvio geometriniai rodikliai

Redukuotas skerspjūvio plotas:

$$A_{red} = A_{pl} + \alpha_{sp} A_{sp} = 0,149 + 6,6 \cdot 1,70 \cdot 10^{-4} = 0,150 \text{ m}^2;$$

$$\alpha_{sp} = \frac{E_{sp}}{E_{cm}} = \frac{205 \cdot 10^3}{31 \cdot 10^3} = 6,6$$

Skerspjūvio statinis momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$S_{red} = 0,5 \cdot 0,345 \cdot 0,22^2 + (1,16 - 0,345) \cdot 0,045 \cdot (0,22 - 0,5 \cdot 0,045) + 0,5(1,2 - 0,345) \cdot 0,045^2 + 6,6 \cdot 1,70 \cdot 10^{-4} \cdot 0,03 = 0,01649 \text{ m}^3;$$

Redukuoto skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio

$$y_{red} = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{0,01649}{0,150} = 0,110 \text{ m}.$$

Redukuoto skerspjūvio inercijos momentas 0 – 0 ašies atžvilgiu

$$I_{red} = \frac{0,345 \cdot 0,22^3}{12} + 0,345 \cdot 0,22(0,5 \cdot 0,22 - 0,110)^2 + \frac{(1,16 - 0,345)0,045^3}{12} + \\ + (1,16 - 0,345)0,045(0,22 - 0,110 - 0,5 \cdot 0,045)^2 + \frac{(1,2 - 0,345)0,045^3}{12} + \\ + (1,2 - 0,345)0,045(0,110 - 0,5 \cdot 0,045)^2 + 6,6 \cdot 1,70 \cdot 10^{-4}(0,110 - 0,03)^2 = 0,0009 \text{ m}^4$$

Kadangi redukuoto skerspjūvio svorio centro atstumas yra ties skerspjūvio viduriu, tai atsparumo momentai apatinio ir viršutinio kraštų atžvilgiu yra lygūs:

$$W_{red}^b = W_{red}^t = \frac{I_{red}}{y_{red}} = \frac{0,0009}{0,110} = 0,0082 \text{ m}^3;$$

Skerspjūvio atsparumo momentas, įvertinant betono plastines deformacijas,

$$W_{pl} \cong 1,5 \cdot W_{red}^b = 1,5 \cdot 0,0082 = 0,0123 \text{ m}^3$$

Armatūros išankstinių įtempių nuostoliai

Armatūra įtempama į atsparas mechaniniu būdu. Betonas kietinamas šūtinant.

Armatūros išankstinių įtempimų dydis $\sigma_{sp} = 774,9 \text{ MPa}$. Jų nuostoliai apskaičiuojami imant $\gamma_{sp} = 1,0$.

Pirminiai nuostoliai.

Dėl relaksacijos:

$$\sigma_{los,1} = 0,1\sigma_{sp} - 20 = 0,1 \cdot 774,9 - 20 = 57,49 \text{ MPa};$$

Dėl temperatūrų skirtumo:

$$\sigma_{los,2} = 0; \text{ nes įtempama mechaniniu būdu.}$$

Dėl tempimo įrenginių inkaravimo deformacijos:

$$\sigma_{los,3} = \frac{\Delta l}{l} E_s = \frac{2}{5800} \cdot 205 \cdot 10^3 = 70,69 \text{ MPa};$$

Dėl trinties:

$$\sigma_{los,4} = 0; \text{ nes įtempa armatūra nebus atlenkiama.}$$

Dėl klojinių deformacijos:

$$\sigma_{los,5} = 30,0 \text{ MPa}; \text{ priimame, nes nėra duomenų apie klojinius.}$$

Dėl valkšnumo:

$$P_1 = A_{sp} \left(\sigma_{sp} - \sum \sigma_{los,i} \right) = 1,70 \cdot 10^{-4} (774,9 - (57,49 + 70,69 + 30)) \cdot 10^3 = 104,84 \text{ kN};$$

$$e_{op} = y_{red} - a_{sp} = 0,110 - 0,03 = 0,08 \text{ m};$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 \cdot e_{op} \cdot y_{red}}{I_{red}} = \frac{104,84 \cdot 10^{-3}}{0,150} + \frac{104,84 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \cdot 0,110}{0,0009} = 1,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = 1,72 \text{ MPa} < 0,6 f_{cp} = 12 \text{ MPa};$$

$$f_{cp} = 0,8 \cdot 25 = 20 \text{ MPa}.$$

$$\alpha = 0,25 + 0,025 f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 20 = 0,75 < 0,8;$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{1,72}{20,0} = 0,086 < \alpha = 0,75;$$

$$\sigma_{los,6} = \chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \right) = 0,85 \left(40 \frac{1,72}{20,0} \right) = 2,92 \text{ MPa};$$

$\chi = 0,85$, kai betonas šutinamas.

Suminiai pirminiai nuostoliai ir apspaudimo jėga

$$\sum \sigma_{los}^I = 57,49 + 0 + 70,69 + 0 + 30,0 + 2,92 = 161,10 \text{ MPa};$$

$$P_{01} = A_{sp} \left(\sigma_{sp} - \sum \sigma_{los,i}^I \right) = 1,70 \cdot 10^{-4} (774,9 - 161,10) \cdot 10^3 = 104,35 \text{ kN}.$$

Antriniai nuostoliai.

Dėl armatūros relaksacijos:

$$\sigma_{los,7} = 0; \text{ nes įtempžiama į atsparas.}$$

Dėl betono susitraukimo:

$$\sigma_{los,8} = 40,0 \text{ MPa}; \text{ nes betonas (iki C30/37) šutinamas.}$$

Dėl betono valkšnumo:

$$\sigma_{los,9} = 150 \chi \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} \right) = 150 \cdot 0,85 \left(\frac{1,72}{20,0} \right) = 10,97 \text{ MPa};$$

Suminiai pirminiai nuostoliai ir apspaudimo jėga

$$\sum \sigma_{los}^{II} = 0 + 40,0 + 10,97 = 50,97 \text{ MPa};$$

$$P_{02} = A_{sp} \left(\sigma_{sp} - \sum \sigma_{los,i}^{II} \right) = 1,70 \cdot 10^{-4} (774,9 - 50,97) \cdot 10^3 = 123,07 \text{ kN}.$$

Suminiai (I + II) nuostoliai:

$$\sigma_{los} = \sum \sigma_{los}^I + \sum \sigma_{los}^{II} = 161,10 + 50,97 = 212,07 \text{ MPa}.$$

Plokštės normalinio pjūvio stiprumo įvertinimas.

Tikrinamas plokštės tarpatramio vidurio normalinio pjūvio stipris, atsižvelgiant į parinktą armatūrą Asp ir faktiškus armatūros išankstinius įtempius.

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{777,17}{500} \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,479;$$

$$\omega = 0,730;$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{p0,1d} + 400 - (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) = 940 + 400 - (774,9 - 212,07) = 777,17 \text{ MPa};$$

$\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai, kai konstrukcijos gaminamos iš sunkiojo, smulkiagrūdžio ir lengvojo betono.

$$y_{sy} = 1,10 - (1,10 - 1) \left(2 \cdot \frac{0,043}{0,479} - 1\right) = 1,18 > \eta = 1,10;$$

$$\text{Priimu } y_{sy} = 1,1.$$

$$x_{eff} = \frac{f_{p0,1d} \cdot y_{sc} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_f} = \frac{940 \cdot 1,1 \cdot 1,70 \cdot 10^{-4}}{15 \cdot 1,16} = 0,010 \text{ m} < h_f = 0,045;$$

$$\xi_{eff} = \frac{0,01}{0,19} = 0,053 < \xi_{lim} = 0,479.$$

Plokštės normalinio pjūvio stipris iš $\Sigma M = 0$:

$$M_{Rd} = y_{sc} \cdot f_{p0,1d} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5x_{eff}) = 1,1 \cdot 940 \cdot 1,70 \cdot 10^{-4} (0,19 - 0,5 \cdot 0,01) \cdot 10^3 = 32,52 \text{ kNm} > M^{Ed} = 28,76 \text{ kNm}.$$

Plokštės normalinio pjūvio stipris yra pakankamas.

Krano skaičiavimas

Krano parinkimui sudarome lentelę:

1 lentelė. Montuojami pastato elementai

Pastato elementų pavadinimas	Elementų matmenys, m	Didžiausias svoris, t	Montavimo horizonto altitudės, m
G/b perdangos plokštė	1,2 x 0,3 x 5,8	3,0	3,0

Skaičiuojame didžiausią kablo pakėlimo aukštį, montuojant perdangos plokštę:

$$H_k = H_a + a + h_e + h_{str}$$

Čia: H_a - plokštės montavimo altitudė;

a - aukščio atsarga, (0,5 – 1,0 m);

h_e – perdangos plokštės storis;

h_{str} – plokštės stropavimo aukštis, 3,3 m.

Tada krano kablo pakėlimo aukštis montuojant perdangos plokštę:

$$H_k = 3,0 + 1,0 + 0,3 + 3,3 = 7,6 \text{ m};$$

Plokštės svoris su stropu:

$$Q_p = P + P_1$$

Čia: P - plokštės svoris;

P_1 - stropo svoris plokštei, 0,1 t.

Tada plokštės svoris su stropu:

$$Q_p = 3,0 + 0,1 = 3,1t$$

Parenkame bokštinį kraną FSR 30i, kurio strėlės ilgis 30,0 m, didžiausia keliamoji galia – 4t, maksimalus kėlimo aukštis – 30,0 m.

Darbo sąnaudų skaičiavimas

1 lentelė. Darbo ir mašinų sąnaudų bei medžiagų skaičiavimas

Darbų pavadinimas	Darbų apimtis		Darbo sąnaudos, žm.h.		Darbo sąnaudos ž.d	Mechanizmų sąnaudos, maš.h.			Medžiagos pavadinimas	Mato Vnt.	Medžiagų poreikis		
	Mato Vnt.	Kiekis	Mato vienetai	Visam darbui		Mechanizmo pavadinimas	Mato vienetai	Visam darbui			Maš. Pam.	Mato vienetai	Visam darbui
	Gelžbetoninių kiaurymėtu perdangos plokščių montavimas (plotas daugiau 5m2 iki 10m2) k8=1.03		100m2	2,8740	32,00	91,97	13,52	Kranas	8,00	22,99	3,38	Plokštės	m3
						Vibratorius	4,00	11,50	1,69	Cementinis skiedinys	m3	0,06	0,17
										Betonas C25/30	m3	0,80	2,87

Statybos darbų technologinių operacijų atlikimo grafikas

2 lentelė. Darbo sąnaudos kalendorinio statybos darbų grafiko sudarymui

Technologinio proceso (darbo) pavadinimas	Darbo apimtis		Darbo sąnaudos			Mašinų poreikis		Darbininkų poreikis		Pamainų skaičius	Darbo trukmė		Normų įvykdymas %
	Darbo mato vnt.	Kiekis	Norminės		Planuojamos	Tipas	Skaičius pamainoje	Brigados sudėtis	Skaičius pamainoje		Norminė	Planuojama	
			žm. d.	maš. pam.									
Gelžbetoninių kiaurymėtu perdangos plokščių montavimas	100m2	2,874	13,52	3,38	14	Kranas	1	Brigadininkas, Mašinistas, Montuotojai	5	1	2,70	2,50	108
				1,69		Vibratorius	1						

8 PRIEDAS

SUDERINTA: _____ TŪKST.LT.

TVIRTINU: _____ TŪKST.LT.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2012 M. MĖN. D.

2012 M. MĖN. D.

LOKALINĖ ŠAMATA

Sudaryta pagal 2015.10 kainas

Statinių grupė 222 Ekspozicijų centras

Statinsys 1 Ekspozicijų centras

Žiniaraštis 1 Lokalinė

2015.12.14

Suma žiniaraščiui 40807.25 EUR

Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	Briaunotos perdangos plokštė					
1	N7-63	vnt		30,0		
	Deginio plokščių, kurių ilgis iki 6m ir plotas iki 10m ² , montavimas vienaaukščiuose pastatuose k8=1.04					
	Darbo sąn. kateg. 3.67	žm.val.	2,1	63,0	5,17	325,71
	120030 Statybinės vinys	kg	0,074	2,22	1,06	2,35
	120038 Suvirinimo elektrodai	kg	0,2	6,0	1,94	11,64
	260027 Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt	1,0	30,0	918,8	27564,0
	520392 Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	t	0,0006	0,018	1455,18	26,19
	534015 Apipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	0,0006	0,018	192,29	3,46
	534034 Mediniai klojinių skydai	m2	0,092	2,76	8,08	22,3
	600011 Cementinis skiedinys S15	m3	0,0073	0,219	61,18	13,4
	600045 Betono mišiniai C8/10	m3	0,067	2,01	64,18	129,0
	489042 Kranas ant vikšrinės važiuoklės 25 t keliamosios galios	maš.val	0,29	8,7	31,5	274,05
N7-63	Darbo užm. 325.71	Medžiagos 27772.34		Mechanizmai 274.05		Iš viso 28372.10
Iš viso skyriuje	1 Darbo užm. 326	Medžiagos 27772		Mechanizmai 274		Iš viso 28372
Viso žiniaraštyje	1 Darbo užm. 326	Medžiagos 27772		Mechanizmai 274		Iš viso 28372
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%			833		
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				8	
	Sezoniniai darbai 15.00% (0)					
	Specifiniai darbai 17.00%		13			
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(326+13)		27			
	Viso:		366	28605	282	29253
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(326+13+27)		113			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	479	28605	282	29366
	Statybvietsės išlaidos 9.00%					2643
	Iš viso tiesioginės išlaidos					32009
	Pridėtinės išlaidos 30.00%(326+13+27)					110
	Pelnas 5.00%(32009+110)					1606
	Iš viso netiesioginės išlaidos					1716
	Bendra vertė be PVM					33725
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					7082,25
	Bendra vertė su PVM					40807,25

Sudarė :

Laura Jarmalaitė

SUDERINTA: _____ TŪKST.LT.

TVIRTINU: _____ TŪKST.LT.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2012 M. MĖN. D.

2012 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA

Sudaryta pagal 2015.10 kainas

Statinių grupė 222 Ekspozicijų centras**Statyns 2 Ekspozicijų centras****Žiniaraštis 1 Lokalinė**

2015.12.14

Suma žiniaraščiui 7758.52 EUR

Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	Tuštumėta plokštė					
1 N7-63		vnt		30,0		
	Denginio plokščių, kurių ilgis iki 6m ir plotas iki 10m ² , montavimas vienaaukščiuose pastatuose k8=1.04					
	Darbo sąn. kateg. 3.67	žm.val.	2,1	63,0	5,17	325,71
120030	Statybinės vinys	kg	0,074	2,22	1,06	2,35
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,2	6,0	1,94	11,64
260027	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt	1,0	30,0	146,5	4395,0
520392	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	t	0,0006	0,018	1455,18	26,19
534015	Apipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	0,0006	0,018	192,29	3,46
534034	Mediniai klojinių skydai	m2	0,092	2,76	8,08	22,3
600011	Cementinis skiedinys S15	m3	0,0073	0,219	61,18	13,4
600045	Betono mišiniai C8/10	m3	0,067	2,01	64,18	129,0
489042	Kranas ant vikšrinės važiuoklės 25 t keliamosios galios	maš.val	0,29	8,7	31,5	274,05
N7-63	Darbo užm. 325.71	Medžiagos 4603.34		Mechanizmai 274.05		Iš viso 5203.10
Iš viso skyriuje	1 Darbo užm. 326	Medžiagos 4603		Mechanizmai 274		Iš viso 5203
Viso žiniaraštyje	1 Darbo užm. 326	Medžiagos 4603		Mechanizmai 274		Iš viso 5203
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%			138		
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				8	
	Sezoniniai darbai 15.00% (0)					
	Specifiniai darbai 17.00%		13			
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(326+13)		27			
	Viso:		366	4741	282	5389
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(326+13+27)		113			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	479	4741	282	5502
	Statyb vietės išlaidos 9.00%					495
	Iš viso tiesioginės išlaidos					5997
	Pridėtinės išlaidos 30.00%(326+13+27)					110
	Pelnas 5.00%(5997+110)					305
	Iš viso netiesioginės išlaidos					415
	Bendra vertė be PVM					6412
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					1346,52
	Bendra vertė su PVM					7758,52

Sudarė :

Laura Jarmalaitė

1 lentelė. Žalos sveikatai sunkumo vertinimas

Žalos kategorija	Maža	Vidutinė	Didelė
Pasekmės darbuotojo sveikatai	Nemalonūs pojūčiai ir dirginimas (pvz., galvos skausmas, akių dirginimas, nepatogumų sukeliantys laikini negalavimai), nelaimingi atsitikimai, nesukeliantys ilgai trunkančių negalavimų (pvz., paviršinės žaizdos, nedideli įpjovimai, nedideli sumušimai)	Nelaimingi atsitikimai ir ligos, sukeliantys nedidelius, bet ilgalaikius ar pasikartojančius negalavimus (pvz., dalinis klausos netekimas, dermatitas, astma, nudegimai, smegenų sukrėtimas, sausgyslių patempimas, nedideli lūžiai ar kitos nedidelės traumos)	Nelaimingi atsitikimai ir ligos, sukeliantys rimtus ir ilgalaikius negalavimus ir (arba) mirtį (pvz., daugybinės traumos, neįgalumas, netektas darbingumas)

2 lentelė. Žalos pasireiškimo tikimybės vertinimas

Žalos tikimybės kategorija	Labai tikėtina	Tikėtina	Mažai tikėtina	Labai mažai tikėtina
Tipinis dažnumas	Darbuotojas paprastai gali patirti žalą sveikatai ne rečiau kaip kas šešis mėnesius	Darbuotojas paprastai gali patirti žalą sveikatai kartą per penkerius metus	Darbuotojas paprastai gali patirti žalą sveikatai kartą per visą darbinio gyvenimo laikotarpį	Darbuotojas neturėtų patirti žalos sveikatai per visą darbinio gyvenimo laikotarpį

3 lentelė. Rizikos dydžio vertinimo schema

Žalos tikimybės kategorija	Žalos kategorija		
	maža žala	vidutinė žala	didelė žala
Labai mažai tikėtina	Labai maža rizika	Labai maža rizika	Didelė rizika
Mažai tikėtina	Labai maža rizika	Vidutinė rizika	Labai didelė rizika
Tikėtina	Maža rizika	Didelė rizika	Labai didelė rizika
Labai tikėtina	Maža rizika	Labai didelė rizika	Labai didelė rizika

4 lentelė. Rekomendacijos dėl rizikos priimtimumo bei šalinimo ir (ar) mažinimo veikslių

Rizikos dydis	Rizikos priimtimumas	Rekomendacijos
1	Priimtina	Nereikia jokių papildomų veikslių
2 iki 3	Toleruotina	Nereikia jokių papildomų rizikos mažinimo ar šalinimo priemonių, išskyrus atvejus, kai joms įgyvendinti nereikia didelių sąnaudų (laiko, pinigų ir pastangų). Užtikrinti, kad veiktų esamos rizikos šalinimo ir (ar) mažinimo priemonės
4 iki 8	Toleruotina	Reikėtų nagrinėti, ar riziką galima pašalinti arba sumažinti iki priimtino lygio. Rizikos šalinimo ir (ar) mažinimo priemonės turėtų būti įgyvendintos per nustatytą laikotarpį. Užtikrinti, kad veiktų esamos rizikos šalinimo ir (ar) mažinimo priemonės
9 iki 12	Toleruotina	Reikėtų užtikrinti, kad būtų nustatytos rizikos šalinimo ir (ar) mažinimo priemonės. Šios priemonės turi būti įgyvendintos nedelsiant per nustatytą laikotarpį. Jas įgyvendinant reikėtų spręsti klausimą dėl veiklos sustabdymo arba apribojimo arba, laukiant rizikos mažinimo priemonių įgyvendinimo pabaigos, taikyti laikinas rizikos šalinimo ir (ar) mažinimo priemones
Daugiau kaip 12	Nepriimtina	Būtina iš esmės pagerinti rizikos šalinimo ir (ar) mažinimo priemones, kad rizika būtų sumažinta iki toleruotino arba priimtino dydžio. Veikla turi būti sustabdyta tol, kol bus įgyvendintos rizikos šalinimo ir (ar) mažinimo priemonės, kurios sumažintų riziką iki toleruotino arba priimtino dydžio. Jei rizikos sumažinti neįmanoma, turi būti draudžiama dirbti

10 PRIEDAS

Filtering	Panel	Node
Full list	7	1to4 6to14 16to23 25to29
Selection	7	1to4 6to14 16to23 25to29
Total number	1	26
Selected number	1	26
Reinforcement type	Armatūra	
Reinforcement direction:	Automatic	
Concrete:	C25/30, Characteristic strength 25,00(MPa)	
Steel:	B500B, Characteristic strength 500,00(MPa)	
Bottom reinforcement diameters:	d1 = 14, d2 = 14	
Top reinforcement diameters:	d1' = 14, d2' = 14	
Cover:	lower c1 = 40,00(mm), upper c2 = 40,00(mm),	
Design type:	compression/tension	
Reinforcement layout:	bi-directional	
Minimum reinforcement:	For FE for which reinforcement $A_s > 0$	
Ductility class:	B	
Cement class:	N	
Structure class:	S2	
Cover deviations:	Cdev = 10,00(mm), Cdur = 0,00(mm)	
Calculation range		
Cracking:	YES	
- Reinforcement correction:	YES	
Deflection:	YES	
- Reinforcement correction:	NO	
Maximum values		
Deflection:	f < 30 mm	
Upper layer		
Environment class:	X0	
Allowable crack width:	wk < 0,3 mm	
Lower layer		
Environment class:	X0	

Allowable crack width:	wk < 0,2 mm	
Other parameters		
Concrete age at the moment of load application:	90 days	
Environment relative humidity:	80 %	
Disable spacing conditions 9.3.1.1(3):	NO	
Disable SLS conditions 7.3.2(2):	NO	
Small risk of brittle failure:	NO	
Punching and Shear:	Not analyzed	
Calculations according to code:	BS EN1992-1-1:2004 NA:2005	
Applied to panels:	7	