

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Orestas Kuzminskis

**Sportinių lėktuvų angaro Vilniaus rajone statybinių konstrukcijų dalies
projektas**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Dr. Gintaris Cinelis

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Mindaugas Augonis

**Sportinių lėktuvų angaro Vilniaus rajone statybinių konstrukcijų dalies
projektas**

Baigiamasis magistro projektas

Statyba (621J80001)

Vadovas

Dr. Gintaris Cinelis

Recenzentas

PDV Arūnas Bagdonavičius

Projektą atliko

Orestas Kuzminskis

KAUNAS, 2016

Projektą atliko SSM- 4 gr. studentas:

Orestas Kuzminskis

vardas, pavardė

parašas, data

Konsultantai:

Architektūrinė dalis

Gitana Šukaitytė

vardas, pavardė

parašas, data

Ekonominė dalis

Odeta Viliūnienė

vardas, pavardė

parašas, data

Grafinė dalis

Valdas paukštys

vardas, pavardė

parašas, data

Konstrucijų skaičiavimo dalis

Nerijus Adamukaitis

vardas, pavardė

parašas, data

Darbų saugos dalis

Dalia Nizevičienė

vardas, pavardė

parašas, data

PARENGTO BAIGIAMOJO DARBO SAVARANKIŠKUMO PATVIRTINIMAS

Patvirtinu, kad parengtas magistro baigiamasis darbas
Sportinių lėktuvų angaro Vilniaus rajone statybinių konstrukcijų dalies projektas

- atliktas savarankiškai ir nebuvo kaip visuma pateiktas jokiame dėstomajame dalyke atsiskaityti šiame ar ankstesniuose semestruose;
- nebuvo pateiktas atsiskaityti kitame KTU fakultete arba kitoje Lietuvos aukštojoje mokykloje;
- turi visas į baigiamojo darbo literatūros sąrašą įtrauktų informacijos šaltinių nuorodas.

Orestas Kuzminskis

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)



(parašas)

Data

2015-12-15

TURINYS

DARBO UŽDUOTIS
ĮVADAS	2
1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS	3
1.1 Esminiai statinio reikalavimai	3
1.2 Statinio projektavimas	4
1.3 Statybos leidimas	4
1.4 Statinio techninė priežiūra, statybos vadovo ir specialiųjų darbų vadovo veikla	5
1.5 Statinio pripažinimas tinkamu naudoti	6
2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS	6
2.1 Bendrieji duomenys	6
2.2 Architektūriniai planiniai sprendimai	6
2.3 Pastato konstrukcijos ir elementai	7
2.3.1 Pamatai	7
2.3.2 Sienos ir lubos	7
2.3.3 Grindys	7
2.3.4 Stogas	8
2.3.5 Perdanga	11
2.3.6 Langai, durys ir vartai	11
2.3.7 Vėdinimas ir šildymas	11
2.3.8 Vandentiekis ir nuotekos	11
3. KONSTRUKCINĖ DALIS	12
3.1 Santvaros S-1 projektavimas	12
3.1.1 Santvaros apatinės juostos projektavimas	14
3.1.2 Santvaros viršutinės juostos projektavimas	15
3.1.3 Santvaros spyrių projektavimas	19

3.1.4	Santvaros apatinės juostos montuojamosios jungties skaičiavimas	22
3.1.5	Statybinės pakylės projektavimas	25
3.1.6	Santvaros S-1 mazgų projektavimas.....	25
3.2	Santvaros S-2 projektavimas	39
3.2.1	Santvaros apatinės juostos projektavimas	41
3.2.2	Santvaros viršutinės juostos projektavimas.....	43
3.2.3	Santvaros spyrių projektavimas.....	47
3.3	Sijos projektavimas.....	49
3.3.1	Sijos profilio parinkimas	49
3.3.2	Atraminio mazgo skaičiavimas	51
3.4	Gelžbetoninės kolonos projektavimas	52
3.5	Sekliojo gelžbetoninio pamato projektavimas	56
3.5.1	Apkrovos į pamatą.....	56
3.5.2	Pamato įgilinimo skaičiavimas.....	56
3.5.3	Pamato pado matmenų skaičiavimas nedrenuojamom sąlygomis.....	57
3.5.4	Pamato nuosėdžio skaičiavimas	62
3.5.5	Pamato armavimas.....	62
3.5.6	Patikrinimas kirpimui	65
3.5.7	Patikrinimas praspaudimui	66
4.	TIRIAMOJI DALIS	66
4.1	Tiriamąjo darbo užduotis.....	66
4.2	Skaičiuojamosios schemos	67
4.2.1	Šarnyriškai atremtos santvaros	67
4.2.1	Standžiai atremtos santvaros	69
4.3	Tiriamąjo darbo apibendrinimas.....	71
5.	TECHNOLOGINĖ DALIS	71

5.1	Pamatų montavimo procesui reikalingos medžiagos.....	71
5.2	Pamatų montavimas.....	71
5.3	Pamatų ir jų montavimo kokybės kontrolė	72
6.	EKONOMINĖ DALIS	74
7.	DARBŲ SAUGA	76
7.1	Profesinės rizikos vertinimas pamatų įrengimo procesui	77
8.	Gaisrinė sauga	82
	IŠVADOS	83
	Literatūra	84
	Priedai	86

DARBO UŽDUOTIS

IVADAS

Magistro baigiamajame darbe projektuojamos sportinių lėkuvų angaro laikančiosios konstrukcijos. Darbas suskirstytas į tokias sudedamąsias dalis: statinio statybos teisinį reglamentą, architektūrinę, konstrukcinę, technologinę-organizacinę, ekonominę, bei darbo saugos ir aplinkosaugos dalis.

Baigiamajame darbe apskaičiuotos metalinės denginio konstrukcijos: 24 ir 12 m. santvaros, 6m sija, gelžbetoninė kolona ir pamatas. Palyginta 12m. plieninė santvara su kombinuota medžio/metalo santvara. Ekonomiškiausias variantas parenkamas, atsižvelgiant į medžiagų ir montavimo kainas, darbo sanaudas.

Parinktas deginys apskaičiuotas, kad tenkintų šilumos perdavimo techninius reikalavimus. Kiti elementai priimti konstrukciškai, siekiant užtikrinti pastatui keliamus reikalavimus.

Darbe statybinių reglamentų teisės ir sąlygos, apibendrinti architektūriniai sprendimai, aprašyta darbų saugos ir aplinkosaugos dalys.

1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS

1.1 Esminiai statinio reikalavimai

Projektuojamas lektuvų anгарas turi atitikti šiuos esminius statinio reikalavimus:

- mechaninio atsparumo ir pastovumo, STR 2.01.01(1):2005;
- gaisrinės saugos, STR 2.01.01(2):1999;
- higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos, STR 2.01.01(3):1999;
- saugaus naudojimo, STR 2.01.01(4):2008;
- apsaugos nuo triukšmo, STR 2.01.01(5):2008;
- energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo, STR 2.01.01(6):2008.

Esminiai statinio architektūros reikalavimai:

- statinio architektūra turi neprieštarauti statinio esminiams reikalavimams;
- statinys turi derėti prie kraštovaizdžio;
- turi atitikti statinio paskirtį;
- neprieštarautų statinio inžinerinių sistemų ir technologinių inžinerinių sistemų reikalavimams[1].

1.2 Statinio projektavimas

Projektuojant gamyklą remiamasi statybos techniniu reglamentu STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“ bei STR 2.03.01:2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“. Projekto rengimo etapai nurodomi STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“ II skirsnyje. Statinio projektas rengiamas dviem etapais, statytojo prašymu arba taikant viešųjų pirkimų įstatymą. Projektas rengiamas vadovaujantis:

- statybos įstatymu;
- projekto rengimo dokumentais;
- projektavimo darbų rangos sutartimi;
- papildomomis nuostatomis, jei vykdomi pakeitimai.

1.3 Statybos leidimas

Leidimas vykdyti naujo statinio statybą, statinio rekonstravimą, statinio remontą bei nekilnojamosios kultūros vertybės tvarkymo statybos darbus yra privalomas visiems, išskyrus nesudėtingus statinius. Leidimą išduoda savivaldybės administracijos direktorius ar jo įgaliotas savivaldybės administracijos valstybės tarnautojas.

Leidimui statyti naują statinį gauti pateikiami dokumentai nurodyti Statybos įstatyme, 23 straipsnyje, 7 dalyje :

- 1) prašymas;
- 2) statybos projektas ir kompiuterinė laikmena su statybos projekto įrašu arba tik kompiuterinė laikmena su statybos projekto įrašu, jeigu šį projektą privalantys pasirašyti asmenys jį pasirašė elektroniniais parašais;
- 3) statybos projekto ekspertizės aktas, tuo atveju, kai yra privaloma;
- 4) žemės sklypo bendraturčių sutikimas;
- 5) atsakingos institucijos sprendimas dėl planuojamos ūkinės veiklos pasirinktoje vietoje leistinumo poveikio aplinkai požiūriu, kai jis privalomas;

6) jeigu inžinerinius tinklus ar susisiekimo komunikacijas numatoma tiesti kitame žemės sklype, taip pat jeigu kitą žemės sklypą numatoma laikinai naudoti statybos metu, – sutartis su šio žemės sklypo savininku, valdytoju ar naudotoju.

Institucijos įgaliotas valstybės tarnautojas paskelbia dokumentus informacinėje sistemoje „Infostatyba“ ir pažymi įgaliotus subjektus ar įstaigas, kurie vadovaujantis Statybos įstatymo 23 straipsnio 15 ir 16 dalimis, pagal kompetenciją privalo patikrinti projektą per 35 darbo dienas, o dokumentas leidžiantis statybą išduodamas ne vėliau kaip per 45 dienas[1, 3].

1.4 Statinio techninė priežiūra, statybos vadovo ir specialiųjų darbų vadovo veikla

Statinio techninė priežiūra yra vykdoma statybos metu. Techninės priežiūros tikslas yra kontroliuoti, ar laikomasi projekto sprendimų, rangos sutarties ir normatyvinių statybos techninių dokumentų, normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų reikalavimų. Ją privalo organizuoti statytojas. Jis paskiria techninės priežiūros vadovą, kuris turi būti atestuotas Aplinkos ministerijos nustatyta tvarka. Statinio statybos techninis prižiūrėtojas privalo:

- 1) tikrinti, kad statyba būtų atliekama pagal statinio projektą, kontroliuoti statybos metu naudojamų statybos produktų bei įrenginių kokybę;
- 2) tikrinti atliktų statybos darbų kokybę ir mastą;
- 3) tikrinti ir priimti paslėptus statybos darbus ir paslėptas statinio konstrukcijas;
- 4) kartu su rangovu rengti dokumentus, reikalingus statybai užbaigti;
- 5) atlikti bendrosios statinio statybos techninės priežiūros vadovo funkcijas.

Statinio statybos vadovas privalo įgyvendinti statinio projektą, taip pat turi eiti bendrojo statybos darbų vadovo pareigas, koordinuoti specialiuosius darbus ir šių darbų vadovų veiklą. Statybos vadovas pagal kompetenciją atsako už pastatyto statinio normatyvinę kokybę. Statinio statybos specialiųjų darbų vadovas atstovauja rangovui ar statytojui, privalo įgyvendinti statinio projektą vadovauti tam tikriems statybos specialiesiems darbams. Jis techniškais klausimais yra pavaldus statinio vadovui, pagal kompetenciją atsako už pastatyto statinio normatyvinę kokybę[1, 4].

1.5 Statinio pripažinimas tinkamu naudoti

Užbaigus naujo statinio statybą, Aplinkos ministerijos nustatyta tvarka surašomas statybos užbaigimo aktas. Sudaroma statinių tinkamai naudoti pripažinimo komisija, ją sudaro STR 1.11.01:2002 IV skyriuje nurodyti institucijų atstovai. Komisija procedūras pradeda ne vėliau kaip per 20 darbo dienų nuo Prašymo užregistravimo dienos. Komisijos nariai privalo patikrinti ar statinys atitinka jam keliamus reikalavimus, pagal normatyvinius statybos ir kitus reikalavimus, taip pat įvertinti statinio tinkamumą naudoti.

Aktas ir Komisijai pateikta dokumentacija perduodama Prašymo pateikėjui, po vieną akto egzempliorių – rangovui ir Padaliniui. Padaliniui taip pat perduodamas Reglamento 28 punkte nurodytas subjekto raštas bei pridėta prie prašymo išduoti Aktą kompiuterinė laikmena su statinio projekto įrašu. Komisijos pirmininkas per 14 kalendorinių dienų apie Akto pasirašymą informuoja Nekilnojamojo turto kadastro tvarkytoją[1, 5].

2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1 Bendrieji duomenys

Projektuojamas dviejų aukštų lėktuvų angaras, kuris padalintas į tris dalis, dviem mažesniems ir vienam didesniai lėktuvui. Pastatas statomas Kyviškių kaime, Šatrininkų seniūnijoje, Vilniaus rajone. Sklypas yra stačiakampės formos, jo plotas – 6120 m². Sklype, projektuojamas įvažiavimas ir du keliai iki lėktuvų pakilimo tako. Sklypas yra formuojamas greta esamo pakilimo tako.

Projektuojamo pastato karkasas: gelžbetoninis ir metalinis. Išilgai pastato gelžbetoninės kolonos išdėstomos 6 m žingsniu, pirmi penki žingsniai su 24 m. santvara, du žingsniai su 4x6 m. sijomis ir trys žingsniai su 4x12m santvaromis.

2.2 Architektūriniai planiniai sprendimai

Sklypas yra prie esamo parašiutininkų klubo pakilimo tako. Išvažiavimas iš sklypo šiaurės rytuose, keliai link pakilimo tako pietvakariuose. Sklype numatomos dvi neįgaliųjų automobilių statymo vietos.

Projektuojamame angare numatoma įrengti taip, kad būtų galima paskirstyti trims šeiminiškams. Dviem mažiesiems lėktuvams, vienam didesniai. Lėktuvų angaruose ir dirbtuvėse betono danga,

sanitarinėse, vonios, virtuvės patalpose plytelių danga, darbo ir poilsio zonose PVC danga. Išorinės patalpų sienos iš akyto betono blokelių, pertvaros gipso kartono plokščių.

2.3 Pastato konstrukcijos ir elementai

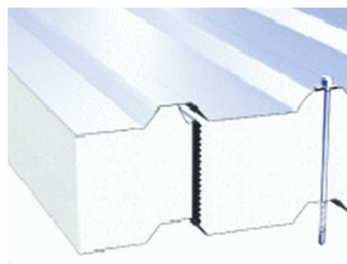
2.3.1 Pamatai

Pamatai statomi atsižvelgiant į geologines sąlygas ir tenkančias apkrovas, suprojektuojami, pagal pavojingiausių derinį. Projektuojami seklieji gelžbetoniniai surenkami pamatai. Pamatai įrengiami žemiau metinės išalo zonos ant betono pasluoksnio, kietame grunte. Pamatai įrengiami po kolonomis tam, kad apkrovas perduotų ir paskirstytų jas į pagrindą. Kolonos prie pamato tvirtinamos „Peikko“ inkariniais varžtais ir kolonų padais. Ant pamatų įrengiama hidroizoliacinė danga.

2.3.2 Sienos ir lubos

Išorinės pastato sienos projektuojamos iš trisluoksnių „sandwich“ tipo plokščių. Jos sudarytos iš dviejų profiliuotų skardos lakštų ir tarp jų esančios termoizoliacijos – poliuretano užpildo.

Daugiasluoksnių plokščių konstrukcija garantuoja greitą ir paprastą sumontavimą nepriklausomai nuo oro sąlygų tiek vertikaliuose, tiek horizontaliuose sistemose [23]. Pastatui numatomos dvi plokščių spalvos RAAL7035 ir RAAL3004.

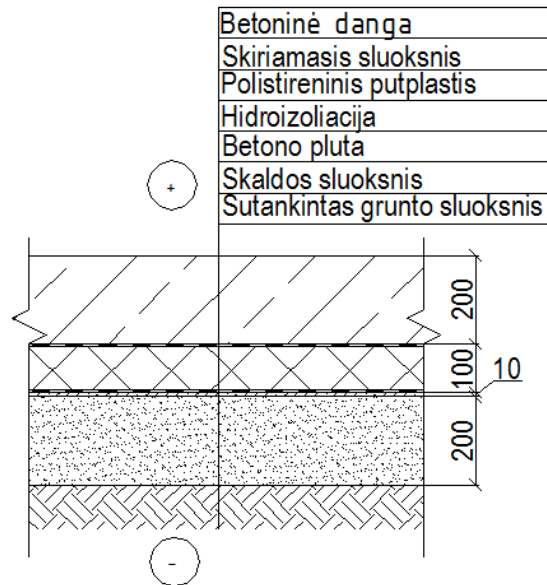


1 pav. Daugiasluoksni plokštė

2.3.3 Grindys

Gamyklos grindys – betoninės monolitinės, įrengiamos ant grunto. Po grindimis gruntas yra sutankinamas, paruošiamas 200 mm storio skaldos sluoksnis. Gamyklos perimetru, 1m pločiu, sudedamas 100 mm storio polistireninis putplastis, skiriamasis sluoksnis, 10 mm storio betono

pasluoksnis ir hidroizoliacija. Įrengiama danga, 200 mm storio armuotas monolitas, po juo įrengiamas skiriamasis sluoksnis. Betonuojant didelius plotus, įrengiamos temperatūrinės siūlės. Jos įrengiamos įdedant medžio ar polistireninio putplasčio intarpus [17].



2 pav. Grindys ant grunto

2.3.4 Stogas

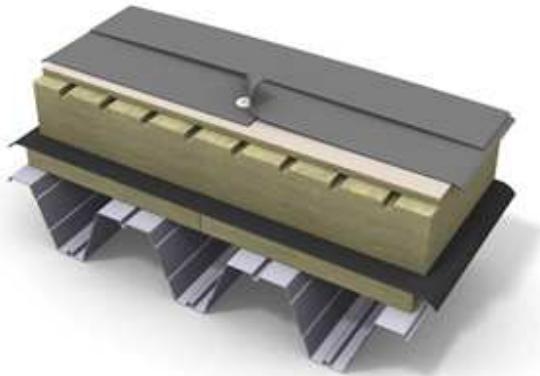
Pastato stogas projektuojamas sutapdintas. Laikančioji konstrukcija yra metalinė sija. Ji prijungiama prie gelžbetoninės kolonos antkolonio. Stogo konstrukcija parenkama Paroc Air.

Su PAROC® Air™ stogo konstrukcija lieka sausa be jokių mechaninių vėdinimo sistemų. Tai užtikrina – natūralus oro slėgis.

Efektyvi stogo šilumos izoliacija yra įrengiama iš trijų ar keturių sluoksnių. Apatinis izoliacijos sluoksnis suformuoja lygų pagrindą vandens garų užtvarei (izoliacijai). Garų užtvara neleidžia drėgmei patekti į šilumos izoliacijos sluoksnį. Dėl apatinio ištisinio akmens vatos pagrindo garų užtvara apsaugoma ir lieka nesugadinta net po nedidelių konstrukcijos judėjimų.

Vidurinio izoliacijos sluoksnio viršuje išpjauti grioveliai sudaro vėdinimo kanalų sistemą. Akmens vata yra laidži vandens garams ir nesugeria drėgmės bei leidžia jai išgaruoti vėdinimo grioveliais, o per vėdinimo angas drėgmė pasišalina iš stogo konstrukcijos.

Ant plokštės su grioveliais viršaus yra montuojama plona stangri akmens vatos plokštė. Ji uždengia vėdinimo kanalus ir atlaiko žmonių svorį stogo įrengimo bei techninės priežiūros metu[24].



3 pav. Stogo sumuštinis

Apskaičiuojamos stogo sluoksnių šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficientas naudojantis STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ ir STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“.

1 lentelė. Stogo sluoksnių parametrai

Eil. Nr.	Stogo sluoksnio pavadinimas	Stogo sluoksnio šilumos laidumo koeficientas, λ_{ds} mK/W	Stogo sluoksnio storis, d m
1.	Mineralinė vata Paroc Rob 80	0,038	0,02
2.	Mineralinė vata Paroc Rob 30	0,036	0,16
3.	Mineralinė vata Paroc Rob 60	0,038	0,02

3.	Ruloninė danga	0,27	0,006
----	----------------	------	-------

Šiluminė varža apskaičiuojama atskirai kiekvienam stogo sluoksniui:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_{dsi}} ;$$

Mineralinės vatos Paroc Rob 80 šiluminė varža:

$$R_1 = \frac{0,02}{0,038} = 0,526 m^2 K / W$$

Mineralinės vatos Paroc Rob 30 šiluminė varža:

$$R_2 = \frac{0,16}{0,036} = 4,444 m^2 K / W$$

Mineralinės vatos Paroc Rob 60 šiluminė varža:

$$R_1 = \frac{0,02}{0,038} = 0,526 m^2 K / W$$

Ruloninės dangos šiluminė varža:

$$R_q = \frac{0,006}{0,27} = 0,022 m^2 K / W$$

Išorinio paviršiaus šiluminė varža $R_{se}=0,04 m^2K/W$.

Vidinio paviršiaus šiluminė varža $R_{si}=0,1 m^2K/W$.

Visuminė šiluminė stogo varža:

$$R_t = R_{si} + R_{se} + R_1 + R_2 + R_3 + R_q = 0,1 + 0,04 + 0,526 + 4,444 + 0,526 + 0,022 + 0,04 + 0,05 = 5,748 m^2 K / W$$

Stogo atitvaros šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,748} = 0,173 W / (m^2 K).$$

Pagal nurodymus STR 2.05.01:2005 pramoninės paskirties pastatao šilumos perdavimo koeficientas turi būti lygus arba mažesnis už $U_N=0,175 W/(m^2K)$, sąlyga tenkinama.

2.3.5 Perdanga

Projektuojama surenkamo g/b perdanga, kuri montuojama ant rėmsių, šarnyriškai pritvirtintų prie kolonos atraminių gėmbių.

2.3.6 Langai, durys ir vartai

Pastate numatomi nevarstomi plastikiniai langai su orlaidėmis. Šarvuotos lauko durys. Numatomi dveji pakeliami sekcijiniai vartai, jų dydis 10x5,5 m. ir stumdomi vartai 18x7,5 m.

2.3.7 Vėdinimas ir šildymas

Vėdinimas reikalingas šalinti panaudotą orą ir jį keisti nauju. Vėdinimas numatomas natūralia trauka, jis vyksta dėl gravitacijos ir dinaminių jėgų. Gravitacijos jėgos susikuria dėl skirtingos oro temperatūros ir jo tankių skirtumo, kuris verčia šiltesnį orą kilti aukštyn, vėsesnį – leistis žemyn[17].

Pastato šildymas vietinis. Naudojamas kuras – dujos, įrengiamas katilas, kuris yra automatiškai palaiko nustatytą temperatūrą[16].

2.3.8 Vandentiekis ir nuotekos

Pastate įrengiamas jungtinis geriamasis – gamybinis vandentiekis. Vanduo gaunamas iš miesto vandentiekio tinklų. Įvado pabaigoje, prie išorinės sienos, įrengiamas apskaitos mazgas, šioje patalpoje temperatūra privalo būti didesnė nei +5° C. Vandentiekio vamzdynas montuojamas iš plastikinių vamzdžių, jie atsparūs korozijai, lengvi, lengvai ir greitai montuojami, jų paviršiaus mažas hidraulinis pasipriešinimas, atlaiko iki 1,0 MPa darbinį slėgį.

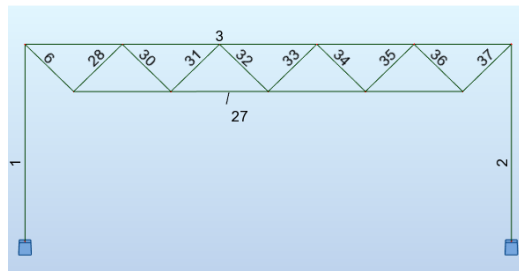
Nuotekos sujungiamas trumpiausiu keliu su miesto nuotekų tinklais.. Lauko nuotekų ir vandentiekio vamzdynai tiesiami 2m atstumu vienas nuo kito, kadangi įvykus nuotekų nutekėjimui nebūtų užteršiamas geriamasis vanduo. Vamzdynus stengiamasi tiesti žaliųjų plotų, šaligatvių zonoje, vengiama plotų su tvirtomis dangomis[12].

3. KONSTRUKCINĖ DALIS

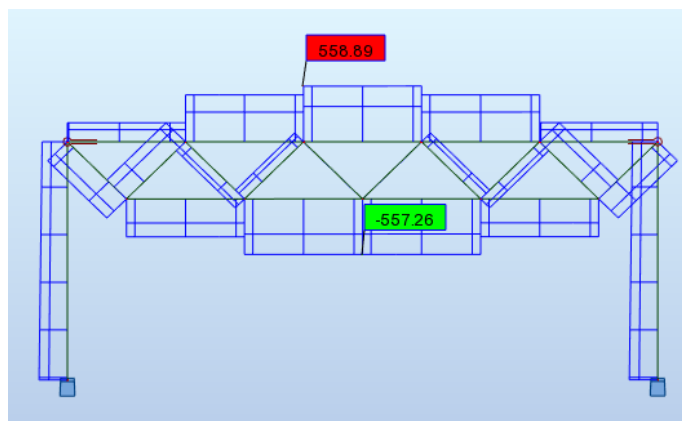
3.1 Santvaros S-1 projektavimas

Santvara projektuojama pagal pavojingiausių derinį. Deriniai tokie:

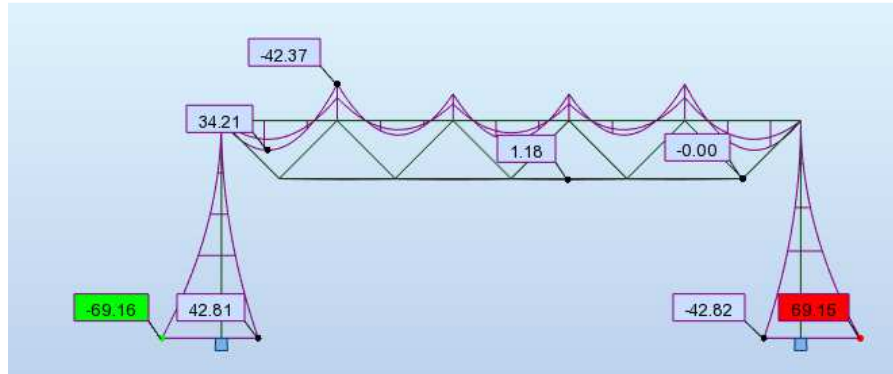
- Nuolatinė apkrova ir sniegas
- Nuolatinė apkrova ir vėjas
- Nuolatinė apkrova, sniegas ir vėjas
- Nuolatinė apkrova, vėjas ir sniegas



4 Pav. Santvaros strypų numeracija(Pagal „Robot Structural Analysis“)



5 Pav. Ašinių jėgų diagrama(Pagal „Robot Structural Analysis“)



6 Pav. Momentų diagrama(Pagal „Robot Structural Analysis“)

2 Lentelė. Strypų įrašos

Stypo pavadinimas	Maksimali įrašas, gniuždymas, kN	Maksimali įrašas tempimas, kN
3	559	-
27	-	558
6	-	270
28	269	-
30	-	126
31	124	-
32	-	1
33	-	1
34	124	-
35	-	126
36	269	-
37	-	270

Visi santvaros elementai (viršutinė ir apatinė juosta, spyriai) projektuojami iš kvadratinų ir stačiakampių vamzdžių. Parenku S355 markės plieną, kurio $f_y=355 \text{ N/mm}^2$.

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322 \text{ N/mm}^2. \quad (3.4.1.1)$$

3.1.1 Santvaros apatinės juostos projektavimas

Tempimo jėgos veikiamas elementas tikrinamas stiprumui, tam tikrais atvejais skerspjūvio elementų pastovumas, taip pat tikrinama, ar liaunis neviršija ribinio liaunio. Pasirenkame profilį pagal reikiamą skerspjūvio plotą, priimant, kad skerspjūvis yra tik centriškai tempiamas:

Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.4.2.1)$$

Iš šios sąlygos nustatome reikalingą skerspjūvio plotą:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{558}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 18,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 18,27 \text{ cm}^2 \quad (3.3.2.2)$$

Iš sortimento parenkame stačiakampį vamzdį: **120x120 mm, t=5 mm As=22,4cm²**.

Ekscentriškai tempiamo-lenkiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^n \leq 1,0; \quad (3.4.2.3)$$

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 22,4 \cdot 10^2 \cdot 322 \cdot 0,95 = 685,22 \text{ kN}; \quad (3.4.2.5)$$

$\gamma_c = 0,95$ (STR 2.05.08:2005 7.1 lentelė).

$$\frac{558}{685,22} = 0,81 \leq 1,0; \quad (3.4.2.6)$$

Sąlyga tenkinama.

Strypo ribinis liaunis:

$$\lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i_y}; \quad (3.4.2.7)$$

$$\lambda_z = \frac{l_{z,eff}}{i_z} \quad (3.4.2.8)$$

čia: $l_{y,eff} = l_{z,eff} = l = 2400$ m; $i = 4.38$ cm;

$$\lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i_y} = \frac{4,8}{0,0466} = 103 \leq \lambda_{u,t} = 400; \quad (3.4.2.9)$$

Sąlyga tenkinama.

3.1.2 Santvaros viršutinės juostos projektavimas

Santvaros viršutinės juostos strypai yra gniuždomi. Didžiausia gniuždymo jėga yra $N_{Ed} = 1126$ kN,. Vientisojo skerspjūvio strypų stiprumas tikrinamas, kai $e_{rel,eff} > 20$, ir tikrinamas pastovumas momento veikimo plokštumoje, kai $e_{rel,eff} \leq 20$.

Projektuojant santvaros viršutinę juostą, jos profilį pasirenkame pagal numatomą reikiamą skerspjūvio plotą:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{559}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 19,29 \text{ cm}^2. \quad (3.4.3.1)$$

Pagal structural detailing programą iš sortimento parenkame stačiakampį vamzdį: **140x140 mm, t=10 mm As=48,6cm²**.

Nustatome santykinį lyginamąjį ekscentricitetą, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel}; \quad (3.4.3.2)$$

čia:

k_{shape} – skerspjūvio formos koeficientas, nustatomas pagal 7.6 lentelę;

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c}; \quad (3.4.3.3)$$

čia e – ekscentricitetas; W_c – skerspjūvio atsparumo momentas labiausiai gniuždomo krašto atžvilgiu;

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,001 \cdot 48,6 \cdot 10^{-4}}{248 \cdot 10^{-6}} = 0,016; \quad (3.4.3.4)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{42,83}{559} = 0,08 \text{ m}. \quad (3.4.3.5)$$

Sąlyginis elemento liaunis apskaičiuojamas taip λ :

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}}; \quad (3.4.3.6)$$

Elemento liaunis nustatomas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{4,8}{0,046} = 106 \leq \lambda_{u,t} = 400. \quad (3.4.3.7)$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 106 \sqrt{\frac{322}{2,1 \cdot 10^5}} = 4,15. \quad (3.4.3.8)$$

k_{shape} – skerspjūvio formos koeficientas, nustatomas pagal [[10]7.6 lentelę];

$$\begin{aligned} k_{shape} &= (1,45 - 0,05e_{rel}) - 0,01(5 - e_{rel})\bar{\lambda} = \\ &= (1,45 - 0,05 \cdot 0,016) - 0,01(5 - 0,016) \cdot 4,15 = 1,242. \end{aligned} \quad (3.4.3.10)$$

Skaičiuojame:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel} = 1,242 \cdot 0,016 = 0,02. \quad (3.4.3.14)$$

Kadangi $e_{rel,eff} \leq 20$, tai tikrinamas yra pastovumas momento veikimo plokštumoje ir pastovumas iš momento veikimo plokštumos, o stiprumas netikrinamas.

Pastovumas momento veikimo plokštumoje, sutampančioje su simetrijos plokštuma, tikrinamas pagal formulę:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} \leq 1,0. \quad (3.4.3.15)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e A \cdot f_{y,d} \gamma_c. \quad (3.4.3.16)$$

φ_e - koeficientas nustatomas pagal STR 2.05.08:2005 1 priedo 2 lentelę. Interpoliuodami gauname $\varphi_e = 0,85$.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{559}{0,85 \cdot 48,6 \cdot 322 \cdot 0,9} = 0,57 \leq 1,0 \quad (3.4.3.17)$$

Tikriname elemento pastovumą iš momento veikimo plokštumos pagal šią formulę:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{559}{624} = 0,89 \leq 1,0. \quad (3.4.3.18)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis–sukamasis pastovumo atsparis apskaičiuojamas taip:

$$\begin{aligned} N_{NM,TF,Rd} &= c \cdot \varphi_z A \cdot f_{y,d} \gamma_c = \\ &= 0,99 \cdot 0,448 \cdot 48,6 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 624 kN; \end{aligned} \quad (3.4.3.19)$$

čia: φ – centriškai gniuždomo elemento klupumo koeficientas, nustatomas pagal [10] 1 priedo 1 lentelę], imant $\lambda = l_{eff} / i$;

Koeficientas c , kai santykinio ekscentriciteto reikšmė $e_{rel,y} \leq 5$, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel}} = \frac{1,0}{1 + 0,6 \cdot 0,016} = 0,99; \quad (3.4.3.20)$$

čia: α ir β – koeficientai, imami iš Reglamento 7.8 lentelės. α priklauso nuo e_{rel}

tai $\alpha = 0,6$;

$\beta = 1$; nes kvadratinis skerspjūvis:

Be šių skaičiavimų taip pat būtina patikrinti skerspjūvio elementų (sienelės, juostų) pastovumą.

Skerspjūvio sienelė yra pastovi, jei tenkinama sąlyga:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}}; \quad (3.4.3.23)$$

Sienelės skaičiuojamojo aukščio santykis su storiu apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = \frac{140}{10} = 14; \quad (3.4.3.24)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunis $\bar{\lambda}_{wu}$ apskaičiuojamas pagal Reglamento 7.26 lentelės formules:

$$\text{Kai } \bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 106 \cdot \sqrt{\frac{322}{2,1 \cdot 10^5}} = 4,15; \quad (3.4.3.25)$$

$$e_{rel} = 0,016; \quad (3.4.3.26)$$

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1 + 0,2 \cdot \bar{\lambda} = 1 + 0,2 \cdot 4,15 = 1,83; \quad (3.4.3.27)$$

$$\text{čia: } \lambda = \frac{l_{eff}}{i} = 106. \quad (3.3.3.28)$$

Apsiskaičiuojame santykį:

$$\bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 1,83 \cdot \sqrt{\frac{210000}{322}} = 46,7. \quad (3.4.3.29)$$

Tikriname sienelės pastovumą:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = 14 \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 46,7. \quad (3.4.3.30)$$

Sąlyga yra tenkinama.

3.1.3 Santvaros spyrių projektavimas

Skaičiuojamas gniuždomasis spyris 268kN

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{268}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,90} = 9,28 \cdot 10^{-4} m^2 = 9,28 cm^2; \quad (3.4.4.1)$$

čia:

γ_c - darbo sąlygų koeficientas. Gniuždomiems elementams imamas $\gamma_c = 0,9$ (STR 2.05.08:2005).

Skaičiuojamieji strypo ilgiai $l_{y,eff} = l_{z,eff} = l_{eff} = 3,39 m$

Pasirenkame gniuždomo strypo liaunį $\lambda = 120$.

Reikiami inercijos spinduliai:

$$i = \frac{l_{eff}}{\lambda} = \frac{3,39}{120} = 0,0282 m. \quad (3.4.4.2)$$

Iš sortimento parenkame stačiakampį vamzdį:

100x100x5 mm, A=18,4 cm², i=3,84 cm

Klupumo koeficientas $\varphi_- = 0,551$ nustatomas interpoliacijos būdu iš STR 2.05.08:2005 1 priedo

1 lentelės pagal takumo ribą $f_{y,d} = 322 MPa$ ir liaunį $\lambda = 87,9$.

Tikriname centriškai gniuždomo elemento pastovumą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{268}{294} = 0,91 \leq 1,0; \quad (3.4.4.5)$$

čia:

$$\begin{aligned} N_{c,Rd} &= \varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = \\ &= 0,551 \cdot 18,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 294 \text{ kN}. \end{aligned} \quad (3.4.4.6)$$

Patikriname gniuždomo strypo liaunį. Ribinis liaunis gniuždomiems elementams apskaičiuojamas pagal STR 2.05.08:2005, 7.18 lentelę:

$$\lambda_{u,c} = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,91 = 125,4; \quad (3.4.4.7)$$

čia:
$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,91; \quad (3.4.4.8)$$

$$\lambda = 87,9 < \lambda_{u,c} = 125,4 \quad (3.4.4.9)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas tempiamasis elementas

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{269}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 8,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 8,79 \text{ cm}^2; \quad (3.4.4.19)$$

γ_c - darbo sąlygų koeficientas. Tempiamiems elementams imamas $\gamma_c = 0,95$ (STR 2.05.08:2005, 7.1 lentelė).

Iš sortimento parenkame kvadratinį vamzdį:

80x80x4 mm, A=11,7 cm², i=3,07

Tikriname skerspjūvio stiprumą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{269}{358} = 0,75 \leq 1,0 ; \quad (3.4.4.20)$$

čia: $N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 11,7 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 0,95 = 358 \text{ kN}.$ (3.4.4.21)

Tikriname strypų ribinius liaunius:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{l_{y,eff}}{i_y} = \frac{3,39}{0,0307} = 110,42 \leq \lambda_{u,t} = 400 \quad (3.4.4.24)$$

Skaičiuojamieji strypo ilgiai: $l_{y,eff} = l_{z,eff} = 3,39 \text{ m}.$

$\lambda_{u,t} = 400$, esant plokščioms santvaroms, veikiant statinei apkrovai (STR 2.05.08:2005, 7.19 lentelė). Visos sąlygos tenkinamos.

Visiems likusiems strypams taikome **80x80x4** skerspjūvį, nes jis tenkina visus likusius strypus ir pagal gniuždymo ir pagal tempimo įrašas. Pagal robot structural analysis programą.

3 Lentelė. Strypų suvestinė

Strypo numeris	Strypo ilgis, mm	Strypo skerspjūvis	Skerspjūvio plotas, cm ²	Skerspjūvio masė, kg/m	Strypo masė, kg
Apatinė juosta					
1-4	21600	120x120x5	22,4	17,5	378,00
Viršutinė juosta					
2-3	24000	140x140x10	48,6	38,1	914,40
Spyriai					
6	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26
28	1700	100x100x5	18,4	14,4	4
30	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26
31	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26
32	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26
33	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26
34	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26

35	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26
36	1700	100x100x5	18,4	14,4	48,82
37	1700	80x80x4	11,7	9,22	31,26

3.1.4 Santvaros apatinės juostos montuojamosios jungties skaičiavimas

Apatinė juosta sujungiama flanšine jungtimi. Pagal rekomendacijas, flanšas jungiamas M20 varžtais, dėl to flanšo storis 20 mm. Prie flanšo virnami kvadratinio skerspjūvio profiliai, todėl varžtai įrengiami išorinėje 120x120x10 profilio zonoje. Sujungimą veikianti ašinė jėga $N_{Ed} = 558 \text{ kN}$. Flanšui naudojami 8,8 kokybės ir A gaminio klasės M20 įtempiamieji varžtai.

Skaičiuotinis tempiamos varžtinės jungties, sujungtos vienu varžtu stipris:

$$f_{bt,d} = 0,5f_{bu} = 0,5 \cdot 800 = 400 \text{ MPa};$$

čia f_{bu} – charakteristinis varžtų plieno stipris [[10] 6.18 lentelė]

Skaičiuotinis vieno varžto atsparis:

$$F_{b,t,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 400 \cdot 245 = 98 \text{ kN}$$

,čia $A_{b,net}$ – varžto grynojo skerspjūvio plotas [[10] 7.32 lentelė]

Priimame, jog flanšą jungs 4 varžtai.

Centriškai tempiamų flanšinių jungčių su uždaro profilio jungiamaisiais elementais stiprumas pakankamas kai:

$$N_{Ed} = 558 \leq n \cdot k_2 \cdot F_{b,t,Rd} = 8 \cdot 0,85 \cdot 98 = 666,4 \text{ kN};$$

čia k_2 – koeficientas iš [[10] 7 priedas 2.5 lentelė]

Stiprumas pakankamas.

Tempiamų flanšinių jungčių atspario vietinei skersinei jėgai tikrinimas:

Kontaktinė įraša, kai prijungiamas uždarojo skerspjūvio elementas:

$$F_{bhf,Rd} = 0,1 \cdot F_{b,t,Rd} = 0,1 \cdot 98 = 9,8 \text{ kN}$$

Vietinės skersinės jėgos nėra, todėl jungtis tikrinama sąlyginei vietinei skersinei jėgai, kuri:

$$V_{loc} = 0,1\mu_h N_{Ed} = 0,1 \cdot 0,35 \cdot 558 = 19,53 \text{ kN}$$

čia μ_h – trinties koeficientas imamas iš [[10] 7.34 lentelės]

Tempiamųjų flanšinių jungčių atsparis vietinei skersinei jėgai tikrinamas:

$$V_{loc} = 19,53 \text{ kN} \leq \mu_h \sum_{j=1}^n F_{bhf,Rd,j} = 0,35 \cdot 8 \cdot 9,8 = 27,44 \text{ kN}$$

Atsparis užtikrintas.

Varžtų išdėstymo apribojimai, priimant, jog M20 varžtų skylių skersmuo turi būti 2 mm didesnis už varžto skersmenį $d_o = d + 2 = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$:

Mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $2,5d_o = 2,5 \cdot 22 = 56 \text{ mm}$

Mažiausias atstumas nuo varžtų centro iki elemento krašto: $2d_o = 2 \cdot 22 = 44 \text{ mm}$

Didžiausias atstumas nuo varžtų centro iki elemento krašto: $4d_o = 4 \cdot 22 = 88 \text{ mm}$

Pagal šiuos reikalavimus nustatomi flanšo matmenys: $b = 360 \text{ mm}; h = 360 \text{ mm}$

Flanšo plotas:

$$A = b \cdot h = 360 \cdot 360 = 129600 \text{ mm}^2$$

Tikrinamas elemento stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{558 \cdot 10^3}{129600 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,04 < 1$$

Elemento stiprumas pakankamas.

Stačiakampis profilis prie flanšo yra tvirtinamas pusine V tėjine jungtimi. Tikrinamas suvirinimo siūlės stiprumas, kuri jungia apatinę juostą ir flanšo plokštelę.

Skaičiuojamasis siūlės ilgis:

$$\sum l_{w,eff} = l - 10 = (4 \cdot 120) - 10 = 470 \text{ mm};$$

Priimame, jog siūlės statinis $k_f = 6 \text{ mm}$

Naudojamas elektrodas G50, kurio $f_{vw,u} = 560 \frac{N}{\text{mm}^2}$;

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{560}{1,25} = 246,4 \frac{N}{\text{mm}^2};$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 \frac{N}{\text{mm}^2};$$

Sąlyginio kirpimo tikrinimas:

Per siūlės metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{558 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 6 \cdot 470 \cdot 246,4 \cdot 0,95} = 0,93 < 1$$

Per sulydymo srities metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{558 \cdot 10^3}{1,05 \cdot 6 \cdot 211,5 \cdot 470 \cdot 0,95} = 0,94 < 1$$

Kertinių siūlių atsparis – pakankamas.

Flanšai centriškai tempiamiems kvadratinio ar stačiakampio tipo profilio vamzdžiams, naudojami vientisi, su sąstandomis, kurios išdėstomos išilgai profilio kampų. Sąstamos plotis parenkamas, ne trumpesnis nei 1,5 karto už mažosios kraštinės plotį, o storis nestorenis nei 1,2 sienelės.

$$1,5b_0 = 1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{ cm} < l_s = 20 \text{ cm}$$

$$1,2t_0 = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ mm} > t_s = 6 \text{ mm}$$

Reikalinga jėga varžtų užveržimui:

$$F_{p,cd} = 0,9 \cdot f_{btd} \cdot A_{b,net} = 0,9 \cdot 400 \cdot 245 = 88,2kN .$$

Reikalingas lenkimo momentas užveržimui:

$$M_{sukimo} = n \cdot K \cdot F_{p,cd} \cdot d = 1,06 \cdot 0,18 \cdot 88,2 \cdot 0,024 = 0,41 kNm .$$

3.1.5 Statybinės pakyls projektavimas

Kai yra plokštieji stogai, statybinė pakyla turi būti numatyta nepaisant tarpatramio dydžio, laikant ją lygia įlinkiui nuo charakteristinio derinio [[6]] 90.3 p.] apkrovų, pridedant 1/200 tarpatramio dydžio.

Apskaičiuotas įlinkis nuo charakteristinio derinio apkrovų programa „ELEM“:

$d=0,078$ m;

$$\frac{l}{200} = \frac{24}{200} = 0,12m. \quad (3.3.6.17)$$

Prie paskaičiuoto įlinkio pridedame 1/200 tarpatramio dydžio ir gauname statybinės pakyls aukštį:

$$d + \frac{l}{200} = 0,078 + 0,12 = 0,198 \approx 0,2 m. \quad (3.3.6.18)$$

Santvaros tinklelio spyrių ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas

3.1.6 Santvaros S-1 mazgų projektavimas

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Įrašos ženklų koeficientas: $\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

Kadangi:

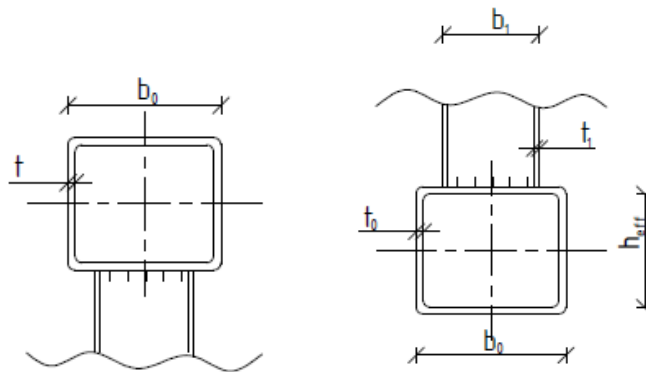
$$\frac{|N_{01}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{121,38}{48,6 \cdot 10^{-4} \cdot 322000} = 0,11 < 0,5;$$

Tada santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas:

$$\gamma_0 = 1,0$$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,14 - 0,1}{2} = 0,02$$



9 pav. Santvaros juostų pjūvis.

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_1 = 0,140 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų

$$g = 0,02 / 2 = 0,01.$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_1}{b_0} = \frac{0,10}{0,14} = 0,71 < 0,9.$$

$$\frac{g}{c_1} = \frac{0,010}{0,140} = 0,07 < 0,25.$$

santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + g + 2\sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_1) a \cdot \sin \theta_1};$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$;

$$259 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,1} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 0,010^2 (0,140 + 0,01 + 2\sqrt{2 \cdot 0,14 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,01 / 0,140) 0,02 \cdot \sin 46} = 617 \text{ kN}.$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra pakankamas.

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį,

$$\gamma_t = 1, \text{ nes}$$

$$h_0 / t_0 = 140 / 10 = 14 \geq 25.$$

$$\text{Tikriname sąlygą: } b_1 / b_0 = 0,71 < 0,85.$$

Todėl juostos sienutės atspario mazgo plokštumoje skaičiuoti nereikia.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį, $k = 1$,

$$\text{nes } b_1 / t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8;$$

$$140 / 10 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322^2 - 0,2 \cdot 322 + 81,8;$$

$$14 < 107.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0};$$

$$M_1 = 0$$

$$296 \text{ kN} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 18,4 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot 0,14 / 0,010} = 501 \text{ kN}.$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G35, kurios charakteristinis stipris:

$$f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą:

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa}.$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 410 = 184,5 \text{ MPa}.$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}$$

$$184,5 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa} < 184,5 \frac{1,05}{0,9} = 215,25 \text{ MPa}.$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} ;$$

$$\left(|0,248| \right) \cdot \frac{0,75 + 0,1 \cdot 0,14 / 0,010}{0,9 \cdot 0,005 (2 \cdot 0,10 / \sin 46 + 0,08)} < 1 \cdot 193,6 ;$$

$$161,6 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa} .$$

Kertinių siūlių, jungiančių gniuždomąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

$$l_{w,eff,k} = \frac{N_{Ed}}{4 \cdot \beta_{wz} \cdot k_f \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} =$$

$$= \frac{296 \cdot 10^3}{4 \cdot 1,05 \cdot 0,005 \cdot 184,5 \cdot 10^6 \cdot 1} + 0,01 = 69,56 \text{ mm}$$

$$l_{w,eff} \geq 4k_f = 4 \cdot 5 = 20 \text{ mm}$$

$$l_{w,eff} \geq 40 \text{ mm}$$

$$l_{w,eff} \leq 85 \cdot \beta_{wf} \cdot k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 5 = 306 \text{ mm}$$

$$k_f = 5 < 1,2 \cdot t_{\min} = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ mm}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklelio elemento, išplėšimo atspario tikrinimas

Iražos ženklų koeficientas $\gamma_1 = 1,2$, nes tinklelio elementas yra tempiamas.

$$\text{Kadangi: } \frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{470}{50,3 \cdot 10^{-4} \cdot 322000} = 0,29 < 0,5 ;$$

Tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1$;

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_2}{2} = \frac{0,14 - 0,08}{2} = 0,03$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = 0,111 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų

$$g = 0,02 / 2 = 0,01.$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,08}{0,14} = 0,57 < 0,9.$$

$$\frac{g}{c_2} = \frac{0,010}{0,111} = 0,1 < 0,25.$$

tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_2| + \frac{1,5 \cdot |M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_2 + g + 2\sqrt{2b_0a})}{(0,4 + 1,8g/c_2)a \cdot \sin \theta_2};$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu – $M_2 = 0$;

$$270 < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 0,012^2 (0,111 + 0,01 + 2\sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,03})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,01/0,111) \cdot 0,02 \cdot \sin 46^\circ} = 595 \text{ kN.}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį, $k = 1$, nes

$$b_2/t_2 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8;$$

$$80/4 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322^2 - 0,2 \cdot 250 + 81,8;$$

$$20 < 107.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui,

$$|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,2} A_2}{[1 + 0,01(3 + 5b_2/b_0 - 0,1h_2/t_2)b_0/t_0] \sin \theta_2} \cdot \frac{2}{1 + b_2/h_2}$$

$$M_2 = 0$$

$$270 \text{ kN} < \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 11,3 \cdot 10^{-4}}{[1 + 0,01(3 + 5 \cdot 0,08/0,14 - 0,1 \cdot 0,08/0,004) \cdot 0,12/0,012] \sin 46^\circ} \cdot \frac{2}{1 + 0,08/0,08} = 426 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G35, kurios charakteristinis stipris:

$$f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 410 = 184,5 \text{ MPa}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$.

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}};$$

$$184,5 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa} < 184,5 \frac{1,05}{0,9} = 215,25 \text{ MPa}.$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela

$$\left(|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_2 / \sin \theta_2 + b_2)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d};$$

$$\left(|0,270| + \frac{0,5 \cdot |0|}{0,080} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot 0,14 / 0,01}{0,9 \cdot 0,005 (2 \cdot 0,08 / \sin 46 + 0,2)} < 1 \cdot 193,6;$$

$$126,41 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa}.$$

Kertinių siūlių, jungiančių gniuždomą tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

$$l_{w,eff,k} = \frac{N_{Ed}}{4 \cdot \beta_{wz} \cdot k_f \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} =$$

$$= \frac{270 \cdot 10^3}{4 \cdot 1,05 \cdot 0,004 \cdot 184,5 \cdot 10^6 \cdot 1} + 0,01 = 74,27 \text{ mm};$$

$$l_{w,eff} \geq 4k_f = 4 \cdot 4 = 16 \text{ mm};$$

$$l_{w,eff} \geq 40 \text{ mm};$$

$$l_{w,eff} \leq 85 \cdot \beta_{wf} \cdot k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 5 = 382,5 \text{ mm}.$$

Santvaros tinklelio spyrių ir apatinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Įrašos ženklų koeficientas: $\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

Kadangi:

$$\frac{|N_{01}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{380}{48,6 \cdot 10^{-4} \cdot 322000} = 0,24 < 0,5;$$

Tada santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas:

$$\gamma_0 = 1,0$$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,12 - 0,1}{2} = 0,01$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_1 = 0,140 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų

$$g = 0,02 / 2 = 0,01.$$

Kadangi
$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,10}{0,12} = 0,833 < 0,9.$$

$$\frac{g}{c_1} = \frac{0,010}{0,140} = 0,07 < 0,25.$$

santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + g + 2\sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_1) a \cdot \sin \theta_1};$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$;

$$259 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,1} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 0,005^2 (0,140 + 0,01 + 2\sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,01 / 0,140) 0,02 \cdot \sin 46} = 123kN.$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra nepakankamas. **Sienelės storį didiname iki 8mm.**

$$259 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,1} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 0,008^2 (0,140 + 0,01 + 2\sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,01 / 0,140) 0,02 \cdot \sin 46} = 425kN.$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra pakankamas.

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį,

$\gamma_t = 1$, nes

$$h_0/t_0 = 120/8 = 15 \geq 25.$$

Tikriname sąlygą : $b_1/b_0 = 0,83 < 0,85$.

Todėl juostos sienutės atspario mazgo plokštumoje skaičiuoti nereikia.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį, $k = 1$,

nes $b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8$;

$$140/10 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322^2 - 0,2 \cdot 322 + 81,8;$$

$$12 < 107.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0};$$

$$M_1 = 0$$

$$296 \text{ kN} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 18,4 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot 0,14 / 0,010} = 501 \text{ kN}.$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G35, kurios charakteristinis stipris:

$$f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą:

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa}.$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 410 = 184,5 \text{ MPa}.$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}$$

$$184,5 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa} < 184,5 \frac{1,05}{0,9} = 215,25 \text{ MPa}.$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} ;$$

$$\left(0,248 \right) \cdot \frac{0,75 + 0,1 \cdot 0,14 / 0,010}{0,9 \cdot 0,005 (2 \cdot 0,10 / \sin 46 + 0,08)} < 1 \cdot 193,6 ;$$

$$161,6 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa} .$$

Kertinių siūlių, jungiančių gniuždomąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

$$\begin{aligned} l_{w,eff,k} &= \frac{N_{Ed}}{4 \cdot \beta_{wz} \cdot k_f \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \\ &= \frac{296 \cdot 10^3}{4 \cdot 1,05 \cdot 0,005 \cdot 184,5 \cdot 10^6 \cdot 1} + 0,01 = 69,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{w,eff} \geq 4k_f = 4 \cdot 5 = 20 \text{ mm}$$

$$l_{w,eff} \geq 40 \text{ mm}$$

$$l_{w,eff} \leq 85 \cdot \beta_{wf} \cdot k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 5 = 306 \text{ mm}$$

$$k_f = 5 < 1,2 \cdot t_{\min} = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ mm}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklelio elemento, išplėšimo atspario tikrinimas

Iražos ženklo koeficientas $\gamma_1 = 1,2$, nes tinklelio elementas yra tempiamas.

$$\text{Kadangi: } \frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{380}{50,3 \cdot 10^{-4} \cdot 322000} = 0,23 < 0,5 ;$$

Tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1$;

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_2}{2} = \frac{0,12 - 0,08}{2} = 0,02$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = 0,111 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų

$$g = 0,02 / 2 = 0,01.$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,08}{0,14} = 0,57 < 0,9.$$

$$\frac{g}{c_2} = \frac{0,010}{0,111} = 0,1 < 0,25.$$

tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_2| + \frac{1,5 \cdot |M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_2 + g + 2\sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g/c_2)a \cdot \sin \theta_2};$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu – $M_2 = 0$;

$$270 < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 0,010^2 (0,111 + 0,01 + 2\sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,01 / 0,111) \cdot 0,02 \cdot \sin 46^\circ} = 545 \text{ kN.}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį, $k = 1$, nes

$$b_2/t_2 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8;$$

$$80/4 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322^2 - 0,2 \cdot 250 + 81,8;$$

$$20 < 107.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui,

$$|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,2} A_2}{[1 + 0,01(3 + 5b_2/b_0 - 0,1h_2/t_2)b_0/t_0] \sin \theta_2} \cdot \frac{2}{1 + b_2/h_2}$$

$$M_2 = 0$$

$$270 \text{ kN} < \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 11,3 \cdot 10^{-4}}{[1 + 0,01(3 + 5 \cdot 0,08/0,12 - 0,1 \cdot 0,08/0,004) \cdot 0,12/0,012] \sin 46^\circ} \cdot \frac{2}{1 + 0,08/0,08} = 452 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G35, kurios charakteristinis stipris:

$$f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 410 = 184,5 \text{ MPa}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$.

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}};$$

$$184,5 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa} < 184,5 \frac{1,05}{0,9} = 215,25 \text{ MPa}.$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela

$$\left(|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_2 / \sin \theta_2 + b_2)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d};$$

$$\left(|0,270| + \frac{0,5 \cdot |0|}{0,080} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot 0,12 / 0,01}{0,9 \cdot 0,005 (2 \cdot 0,08 / \sin 42 + 0,2)} < 1 \cdot 193,6;$$

$$123,57 \text{ MPa} < 193,6 \text{ MPa}.$$

Kertinių siūlių, jungiančių gniuždomą tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

$$l_{w,eff,k} = \frac{N_{Ed}}{4 \cdot \beta_{wz} \cdot k_f \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} =$$

$$= \frac{270 \cdot 10^3}{4 \cdot 1,05 \cdot 0,004 \cdot 184,5 \cdot 10^6 \cdot 1} + 0,01 = 74,27 \text{ mm};$$

$$l_{w,eff} \geq 4k_f = 4 \cdot 4 = 16 \text{ mm};$$

$$l_{w,eff} \geq 40 \text{ mm};$$

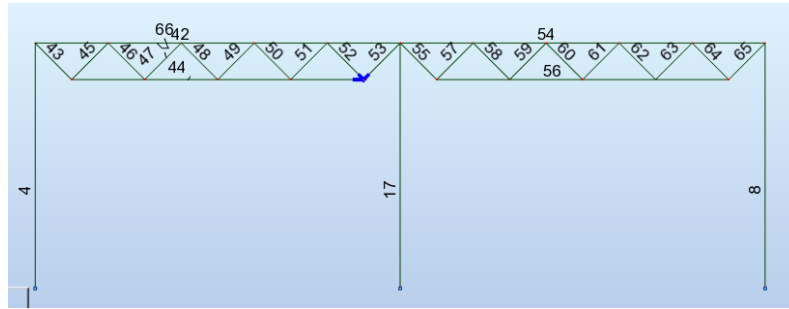
$$l_{w,eff} \leq 85 \cdot \beta_{wf} \cdot k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 5 = 382,5 \text{ mm}.$$

3.2 Santvaros S-2 projektavimas

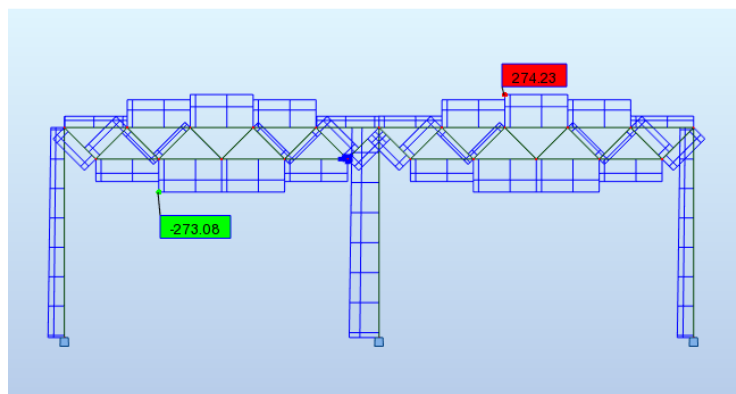
Santvara projektuojama pagal pavojingiausią derinį. Deriniai tokie:

- Nuolatinė apkrova ir sniegas
- Nuolatinė apkrova ir vėjas
- Nuolatinė apkrova, sniegas ir vėjas

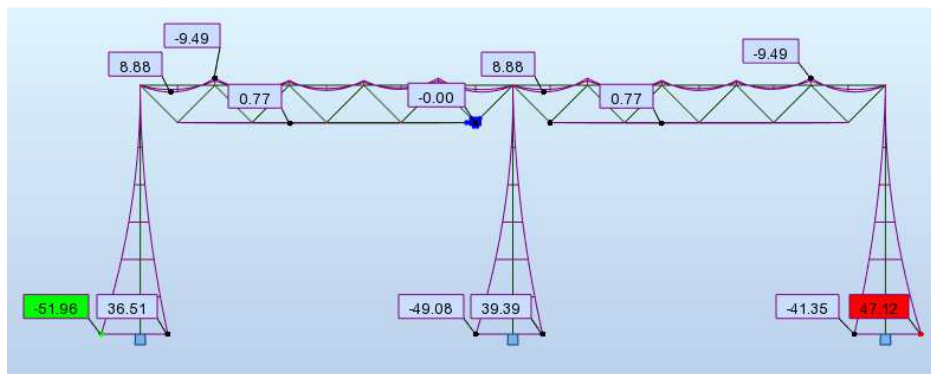
Nuolatinė apkrova, vėjas ir sniegas



6 pav. Santvaros strypai (pagal „Robot Structural Analysis“)



7 pav. Ašinių jėgų diagrama (pagal „Robot Structural Analysis“)



8 pav. Momentų diagrama (pagal „Robot Structural Analysis“)

4 lentelė. Strypų įrašos S-2 santvaroje

Strypo pavadinimas	Maksimali įraža, gniuždymas, kN	Maksimali įraža tempimas, kN
44	273	-
66	-	274
43	-	133
45	133	-
46	-	62
47	61	-
48	-	-1
49	-	-1
50	61	-
51	-	-62
52	133	-
53	-	133

Visi santvaros elementai (viršutinė ir apatinė juosta, spyriai) projektuojami iš kvadratinių ir stačiakampių vamzdžių. Parenku S355 markės plieną, kurio $f_y=355 \text{ N/mm}^2$ [[10] 35 p.].

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322 \text{ N/mm}^2. \quad (3.4.1.1)$$

3.2.1 Santvaros apatinės juostos projektavimas

Tempimo jėgos veikiamas elementas tikrinamas stiprumui, tam tikrais atvejais skerspjuvio elementų pastovumas, taip pat tikrinama, ar liaunis neviršija ribinio liaunio. Pasirenkame profilį pagal reikiamą skerspjuvio plotą, priimant, kad skerspjuvis yra tik centriškai tempiamas:

Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.4.2.1)$$

Iš šios sąlygos nustatome reikalingą skerspjūvio plotą:

$$A_{\text{net}} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{273}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 8,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 8,92 \text{ cm}^2 \quad (3.3.2.2)$$

Iš sortimento parenkame stačiakampį vamzdį: **80x80 mm, t=5 mm As=14,4cm²**.

Didesnis skerspjūvis parenkamas, pagal mazgų projektavimą, kad tenkintu suvirinimo sąlygas.

Ekscentriškai tempiamo-lenkiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^n \leq 1,0; \quad (3.4.2.3)$$

$$N_{pl,Rd} = A_{\text{net}} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 14,4 \cdot 10^2 \cdot 322 \cdot 0,95 = 440 \text{ kN}; \quad (3.4.2.5)$$

$\gamma_c = 0,95$ (STR 2.05.08:2005 7.1 lentelė).

$$\frac{273}{440} = 0,62 \leq 1,0; \quad (3.4.2.6)$$

Sąlyga tenkinama.

Strypo ribinis liaunis:

$$\lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i_y}; \quad (3.4.2.7)$$

$$\lambda_z = \frac{l_{z,eff}}{i_z} \quad (3.4.2.8)$$

čia: $l_{y,eff} = l_{z,eff} = 2400 \text{ m}$; $i = 3,03 \text{ cm}$;

$$\lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i_y} = \frac{2,4}{0,0303} = 79 \leq \lambda_{u,t} = 400; \quad (3.4.2.9)$$

Sąlyga tenkinama.

3.2.2 Santvaros viršutinės juostos projektavimas

Santvaros viršutinės juostos strypai yra gniuždomi. Didžiausia gniuždymo jėga yra $N_{Ed}=1126$ kN,. Vientisojo skerspjūvio strypų stiprumas tikrinamas, kai $e_{rel,eff} > 20$, ir tikrinamas pastovumas momento veikimo plokštumoje, kai $e_{rel,eff} \leq 20$.

Projektuojant santvaros viršutinę juostą, jos profilį pasirenkame pagal numatomą reikiamą skerspjūvio plotą:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{274}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 9,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 9,45 \text{ cm}^2. \quad (3.4.3.1)$$

Pagal structural detailing programą iš sortimento parenkame stačiakampį vamzdį: **120x120 mm, t=8 mm As=27,3cm²**. Kad tenkintų sąlygas mazgų projektavimui. Projektavimas atliktas robot structural detailing programa.

Nustatome santykinį lyginamąjį ekscentricitetą, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel}; \quad (3.4.3.2)$$

čia:

k_{shape} – skerspjūvio formos koeficientas, nustatomas pagal 7.6 lentelę;

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c}; \quad (3.4.3.3)$$

čia e – ekscentricitetas; W_c – skerspjūvio atsparumo momentas labiausiai gniuždomo krašto atžvilgiu;

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,001 \cdot 27,3 \cdot 10^{-4}}{113 \cdot 10^{-6}} = 0,024; \quad (3.4.3.4)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{9,5}{274} = 0,03 \text{ m}. \quad (3.4.3.5)$$

Sąlyginis elemento liaunis apskaičiuojamas taip λ :

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}}; \quad (3.4.3.6)$$

Elemento liaunis nustatomas:

$$\lambda = \frac{l_{,eff}}{i} = \frac{2,4}{0,045} = 53,3 \leq \lambda_{u,t} = 400. \quad (3.4.3.7)$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 53,3 \sqrt{\frac{322}{2,1 \cdot 10^5}} = 2,09. \quad (3.4.3.8)$$

k_{shape} – skerspjūvio formos koeficientas, nustatomas pagal [[10]7.6 lentelę];

$$\begin{aligned} k_{shape} &= (1,45 - 0,05e_{rel}) - 0,01(5 - e_{rel})\bar{\lambda} = \\ &= (1,45 - 0,05 \cdot 0,024) - 0,01(5 - 0,024) \cdot 2,09 = 1,4. \end{aligned} \quad (3.4.3.10)$$

Skaičiuojame:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel} = 1,4 \cdot 0,024 = 0,03. \quad (3.4.3.14)$$

Kadangi $e_{rel,eff} \leq 20$, tai tikrinamas yra pastovumas momento veikimo plokštumoje ir pastovumas iš momento veikimo plokštumos, o stiprumas netikrinamas.

Pastovumas momento veikimo plokštumoje, sutampančioje su simetrijos plokštuma, tikrinamas pagal formulę:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} \leq 1,0. \quad (3.4.3.15)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e A \cdot f_{y,d} \gamma_c \quad (3.4.3.16)$$

φ_e - koeficientas nustatomas pagal STR 2.05.08:2005 1 priedo 2 lentelę. Interpoliuodami gauname $\varphi_e = 0,813$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{274}{0,813 \cdot 27,3 \cdot 322 \cdot 0,9} = 0,43 \leq 1,0 \quad (3.4.3.17)$$

Tikriname elemento pastovumą iš momento veikimo plokštumos pagal šią formulę:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{274}{567} = 0,48 \leq 1,0. \quad (3.4.3.18)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis–sukamasis pastovumo atsparis apskaičiuojamas taip:

$$\begin{aligned} N_{NM,TF,Rd} &= c \cdot \varphi_z A \cdot f_{y,d} \gamma_c = \\ &= 0,99 \cdot 0,811 \cdot 24,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 567 kN; \end{aligned} \quad (3.4.3.19)$$

čia: φ – centriškai gniuždomo elemento klupumo koeficientas, nustatomas pagal [10] 1 priedo 1 lentelę], imant $\lambda = l_{eff} / i$;

Koeficientas c , kai santykinio ekscentriciteto reikšmė $e_{rel,y} \leq 5$, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel}} = \frac{1,0}{1 + 0,6 \cdot 0,024} = 0,99; \quad (3.4.3.20)$$

čia: α ir β – koeficientai, imami iš Reglamento 7.8 lentelės. α priklauso nuo e_{rel}

tai $\alpha = 0,6$;

$\beta = 1$; nes kvadratinis skerspjūvis:

Be šių skaičiavimų taip pat būtina patikrinti skerspjūvio elementų (sienelės, juostų) pastovumą.

Skerspjūvio sienelė yra pastovi, jei tenkinama sąlyga:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}}; \quad (3.4.3.23)$$

Sienelės skaičiuojamojo aukščio santykis su storiu apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = \frac{120}{8} = 15; \quad (3.4.3.24)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunis $\bar{\lambda}_{wu}$ apskaičiuojamas pagal Reglamento 7.26 lentelės formules:

$$\text{Kai } \bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 53,3 \cdot \sqrt{\frac{322}{2,1 \cdot 10^5}} = 2,09; \quad (3.4.3.25)$$

$$e_{rel} = 0,024; \quad (3.4.3.26)$$

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1 + 0,2 \cdot \bar{\lambda} = 1 + 0,2 \cdot 2,09 = 1,42; \quad (3.4.3.27)$$

$$\text{čia: } \lambda = \frac{l_{eff}}{i} = 53,3. \quad (3.3.3.28)$$

Apsiskaičiuojame santykį:

$$\bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 1,42 \cdot \sqrt{\frac{210000}{322}} = 36,3. \quad (3.4.3.29)$$

Tikriname sienelės pastovumą:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = 14 \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 36,3. \quad (3.4.3.30)$$

Sąlyga yra tenkinama.

3.2.3 Santvaros spyrių projektavimas

Skaičiuojamas gniuždomasis spyris 133kN

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{133}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,90} = 4,59 \cdot 10^{-4} m^2 = 4,59 cm^2; \quad (3.4.4.1)$$

čia:

γ_c - darbo sąlygų koeficientas. Gniuždomiems elementams imamas $\gamma_c = 0,9$ (STR 2.05.08:2005).

Skaičiuojamieji strypo ilgiai $l_{y,eff} = l_{z,eff} = l_{eff} = 1,7 m$

Pasirenkame gniuždomo strypo liaunį $\lambda = 120$.

Reikiami inercijos spinduliai:

$$i = \frac{l_{eff}}{\lambda} = \frac{1,7}{120} = 0,0112 m. \quad (3.4.4.2)$$

Iš sortimento parenkame stačiakampį vamzdį:

50x50x4 mm, A=6,95 cm², i=1,85 cm

Klupumo koeficientas $\varphi_- = 0,732$ nustatomas interpoliacijos būdu iš STR 2.05.08:2005 1 priedo 1 lentelės pagal takumo ribą $f_{y,d} = 322 MPa$ ir liaunį $\lambda = 64,9$.

Tikriname centriškai gniuždomo elemento pastovumą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{133}{147} = 0,9 \leq 1,0; \quad (3.4.4.5)$$

čia:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,732 \cdot 6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 147 kN.$$

$$(3.4.4.6)$$

Patikriname gniuždomo strypo liaunį. Ribinis liaunis gniuždomiems elementams apskaičiuojamas pagal STR 2.05.08:2005, 7.18 lentelę:

$$\lambda_{u,c} = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,9 = 126; \quad (3.4.4.7)$$

čia: $\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,9; \quad (3.4.4.8)$

$$\lambda = 64,9 < \lambda_{u,c} = 126 \quad (3.4.4.9)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas tempiamasis elementas (133kN)

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{133}{322 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 4,35 \cdot 10^{-4} m^2 = 4,35 cm^2; \quad (3.4.4.19)$$

γ_c - darbo sąlygų koeficientas. Tempiamiems elementams imamas $\gamma_c = 0,95$ (STR 2.05.08:2005, 7.1 lentelė).

Iš sortimento parenkame kvadratinį vamzdį:

50x50x4 mm, A=6,95 cm², i=1,85

Tikriname skerspjūvio stiprumą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{133}{213} = 0,63 \leq 1,0; \quad (3.4.4.20)$$

čia: $N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 0,95 = 213 kN. \quad (3.4.4.21)$

Tikriname strypų ribinius liaunius:

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{l_{y,eff}}{i_y} = \frac{1,7}{0,0185} = 91,9 \leq \lambda_{u,t} = 400 \quad (3.4.4.24)$$

Skaičiuojamieji strypo ilgiai: $l_{y,eff} = l_{z,eff} = 1,17 \text{ m}$.

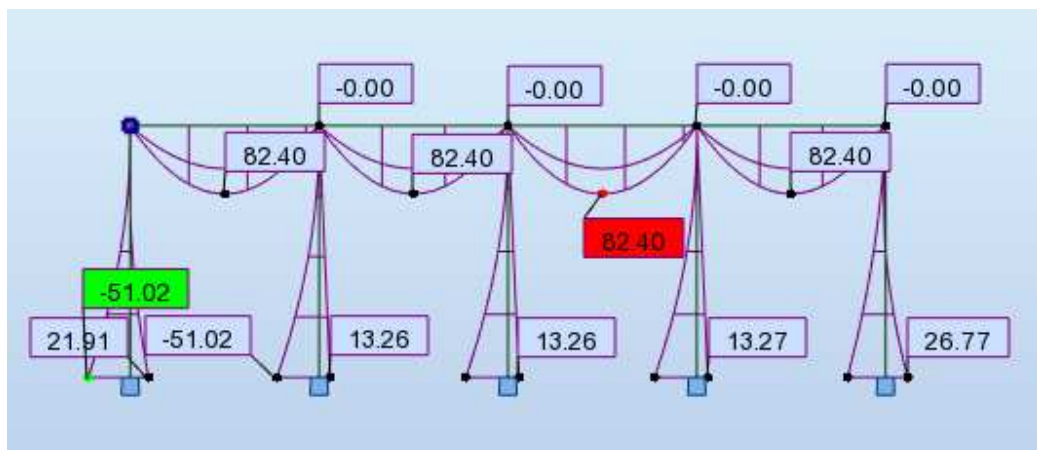
$\lambda_{u,t} = 400$, esant plokščioms santvaroms, veikiant statinei apkrovai (STR 2.05.08:2005, 7.19 lentelė). Visos sąlygos tenkinamos.

Visiems likusiems strypams taikome **80x80x4** skerspjūvį, nes jis tenkina visus likusius strypus ir pagal gniuždymo ir pagal tempimo įrašas. Pagal robot structural analysis programą

Mazgai tinkrini robot programa žr. Priedus.

3.3 Sijos projektavimas

3.3.1 Sijos profilio parinkimas



9pav. Momentų diagrama(pagal Robot Structural Analysis)

Iš Autocad Structural detailing paimamas, maximalus leniko momentas sijoje: 82.40kNm

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322 \text{ MPa}$$

čia: f_y – plieno stipris pagal takumo ribą (STR 2.05.08:2005, 6.5 lentelė);

γ_M – medžiagos patikimumo koeficientas (STR 2.05.08:2005, 35 p.).

Reikiamas ilginio atsparumo momentas:

$$W_y \geq \frac{M_{max}}{C_{pl,1} f_{y,d} \gamma_c} = \frac{82,4 \cdot 10^{-3}}{1,1 \cdot 322 \cdot 1} = 233 \cdot 10^{-6} m^3$$

čia: γ_c – darbo sąlygų koeficientas (STR 2.05.08:2005, 7.1 lentelė);

$f_{y,d}$ – skaičiuotinis plieno stipris pagal takumo ribą;

M_{max} – didžiausias lenkimo momentas.

Parenku iš sortimento dviteję siją IPE220:

$W_y = 252 cm^3$; $I_y = 2772 cm^4$; $b = 110$ mm; $h = 220$ mm; $t_w = 5,9$ mm;

$T_f = 9,2$ mm; $m = 26,2$ kg (1m). [5]2

Stiprumo tikrinimas:

$$\frac{M_{Ed}}{C_{pl,1} \cdot f_{y,d} \cdot W_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

$$\frac{82,4 \cdot 10^3}{1,1 \cdot 322 \cdot 10^6 \cdot 252 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 0,92 \leq 1$$

Stiprumas pakankamas. Atsarga 8%.

Įlinkio tikrinimas:

$$d = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 12,24 \cdot 10^3 \cdot 6^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2772 \cdot 10^{-8}} = 0,035 < d_{lim}$$

čia: ribinis įlinkis randamas interpoliuojant:

$$d_{lim} = \frac{l}{200} = \frac{6}{200} = 0,03 = 3,00 \text{ cm}$$

Įlinkis netenkina sąlygos.

Kadangi įlinkis viršija ribinį, parenku iš sortimento dviteję siją IPE240:

$$I_y = 3892 \text{ cm}^4;$$

Įlinkio tikrinimas:

$$d = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 12,24 \cdot 10^3 \cdot 6^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3892 \cdot 10^{-8}} = 0,025 < d_{lim}$$

Įlinkis tenkina sąlygą.

3.3.2 Atraminio mazgo skaičiavimas

Parenku suvirinimą apsauginėse dujose elektrodine viela, kurios skersmuo $d_w=4$ mm, G38, čia

$$f_{vw,u}=470 \text{ N/mm}^2.$$

Per siūlės metalą:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{470}{1,25} = 206,8 \text{ N/mm}^2;$$

Per sulydymo srities metalą:

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 410 = 184,5 \text{ N/mm}^2;$$

Patikrinu ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}$$

$$f_{vw,z,d} = 184,5 < f_{vw,f,d} = 206,8 \text{ (N / mm}^2) \leq 206,8 \cdot \frac{1,15}{1,1} = 216,2 \text{ (N / mm}^2)$$

Sąlygos tenkinamos.

Ieškome silpnescio pjūvio:

$$\beta_{wf} \cdot f_{vw,f,d} = 1,1 \cdot 206,8 = 227,48 \text{ N/mm}^2;$$

$$\beta_{wz} \cdot f_{vw,z,d} = 1,15 \cdot 184,5 = 212,175 \text{ N/mm}^2 \text{ (silpnėsnis);}$$

Siūlės aukštis:

$$k_{f1} = \frac{N_{Ed}}{l_{w,eff} \cdot \beta_{wz} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{53,88 \cdot 10^3}{610 \cdot 1,15 \cdot 212,175 \cdot 1} = 0,36 \text{ mm};$$

$$N_{Ed} = \frac{17,96 \cdot 6}{2} = 53,88 \text{ kN}$$

Siūlės aukštį (statinį) pagal reikalavimus priimu didesnę nei paskaičiuotas, $k_f = 6 \text{ mm}$.

Siūlių statiniai tenkina šias sąlygas:

$$k_{f1} \geq k_{f \min} \quad 6 = 6 \text{ mm}$$

$$k_{f1} \leq 1,2 \cdot t_{\min} \quad 6 \leq 1,2 \cdot 6,2 = 7,44 \text{ mm}$$

Atraminės plokštelės glemžimas

$$f_{p,d} = \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = \frac{410}{1,1} = 372,72 \text{ MPa}$$

$$A_p = N_{Ed} / f_{p,d} = 53880 / 372,72 = 1486 \text{ mm}^2$$

$d = 1486 / 300 = 5 \text{ mm}$ priėmę plokštelės storį 16 mm

Tikrinu pastovumą:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = \frac{220}{6,2} \cdot \sqrt{\frac{322 \cdot 10^6}{2,1 \cdot 10^{11}}} = 1,38 < 3,2 \text{ sijos papildomai standinti nereikia.}$$

3.4 Gelžbetoninės kolonos projektavimas

Kolonos armatūros parinkimas pagal STR 2.05.05:2005

Projektuojamos gelžbetoninės kolonos skerspjūvis 400x400(b x h), armatūros apsauginis sluoksnis $a_1 = a_2 = 40$ mm, betono klasė C25/30, armatūra S400, ašinė jėga ir lenkimo momentas: nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių $N_{Ed,\ell} = 275$ kN, $M_{Ed,\ell} = 69$ kNm kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = 9.7$ m.

Reikia parinkti armatūros skerspjūvio plotą.

$$d = 400 - 40 = 360 \text{ mm.}$$

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \frac{d - a_2}{2} = 69 \cdot 10^6 + 275 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2} = 113.48 \text{ kN m;}$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12 \text{ N/mm}^2.$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_\ell = 1 + \beta \frac{M_{Ed,s\ell}}{M_{Ed}} = 1 + 1 \frac{69}{113.48} = 1,61 < \varphi_\ell = 1 + \beta = 1 + 1 = 2.$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{69 \cdot 10^6}{275 \cdot 10^3} = 248 \text{ mm} > e_a = h/30 = 30 \text{ mm.}$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{248}{400} = 0,62 > \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{9700}{400} - 0,01 \cdot 12 = 0,16,$$

priimame $\delta_e = 0,7$.

Priartėjimas $\rho_1 = 0,0071$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^4} = 6,67;$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 400^3}{12} = 2,13 \cdot 10^9 \text{ mm}^4;$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 400 \cdot 360 \left(\frac{360 - 40}{2} \right)^2 = 2,62 \cdot 10^7 \text{ mm}^4;$$

$$\begin{aligned} N_{\text{crit}} &= \frac{6,4 \cdot E_{\text{cm}}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] = \\ &= \frac{6,4 \cdot 3 \cdot 10^4}{4800^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^9}{2} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,7} + 0,1 \right) + 6,67 \cdot 2,62 \cdot 10^7 \right] = 870 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η iš (5.19):

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{275}{870}} = 1,47.$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 248 \cdot 1,47 + \frac{360 - 40}{2} = 549 \text{ mm}.$$

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d} = \frac{275 \cdot 10^3}{15 \cdot 400 \cdot 460} = 0,136;$$

$$\alpha_m = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot e_e}{f_{\text{cd}} \cdot b \cdot d^2} = \frac{275 \cdot 10^3 \cdot 549}{15 \cdot 400 \cdot 360^2} = 0,208;$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{\text{cd}} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,737;$$

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,737}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,737}{1,1}\right)} = 0,594.$$

Kadangi $\alpha_n = 0,362 < \xi_{\text{lim}} = 0,615$, armatūros plotus $A_{s1} = A_{s2}$ apskaičiuojame pagal (5.28)

formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n (1 - 0,5\alpha_n)}{1 - a_2/d} = \\ &= \frac{15 \cdot 400 \cdot 360}{454} \cdot \frac{0,299 - 0,158(1 - 0,5 \cdot 0,158)}{1 - 40/460} = 511 \text{ mm}^2, \end{aligned}$$

tuomet

$$\rho = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{b \cdot h} = \frac{2 \cdot 511}{400 \cdot 400} = 0,0071 > 0,0071.$$

Parentame $A_{s1} = A_{s2} = 1256 \text{ mm}^2$ (2 \varnothing 20).

3.5 Sekliojo gelžbetoninio pamato projektavimas

3.5.1 Apkrovos į pamatą

Pamatinė sija

$$m = V \cdot \rho = 0,45 \cdot 0,20 \cdot 6 \cdot 2500 = 1350 \text{ kg}$$

Sieniniai paneliai

$$m = 23,6 \cdot (10 \cdot 6) = 1416 \text{ kg}$$

Pamato masė

$$V_{\text{pamato}} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,5 = 0,85 \text{ m}^3$$

$$N_{k, \text{ pamato}} = 0,85 \cdot 25 = 21,25 \text{ kN}$$

Grunto tūrio masė pamatui

$$\text{Gruntu veikiamo pamato plotas: } S = 1,5 \cdot 1,5 - 0,4 \cdot 0,4 - 0,2 (0,7 + 0,9) = 0,84 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{grunto}} = 0,84 \cdot 0,7 = 0,59 \text{ m}^3$$

$$N_{k, \text{ grunto}} = 0,59 \cdot 30 = 17,70 \text{ kN}$$

$$G_{k, \text{ pamato}} = N_{k, \text{ pamato}} + N_{k, \text{ grunto}} = 16,50 + 17,70 = 34,20 \text{ kN}$$

Viso įvertinant Robot structural analysis suvestas apkrovas 153,6kN,.

Laikinosios apkrovos į pamatą: 115,2kN

3.5.2 Pamato įgilinimo skaičiavimas

Įšalo gylis d_0 metrais priklauso nuo grunto tipo. Šiuo atveju dydis primamas $d_0 = 0,3 \text{ m}$

Dydis M_t – visų neigiamų, vidutinių mėnesių temperatūrų absoliutinių dydžių suma. Kauno miestui šis dydis priimamas $12,2 \text{ }^\circ\text{C}$. (STR 2.05.01 2005 Pastatų atitvarų šiluminė technika).

$$d_{fn} = d_0 \cdot \sqrt{M_t} = 0,3 \cdot \sqrt{12,2} = 1,04 \text{ m}$$

Pamato įgilinimo dydis:

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} = 1,1 \cdot 1,1 = 1,15 \text{ m}$$

k_h - pastato šiluminio režimo įtakos koeficientas = 1,1

Priimama, jog įgilinti reikia 1,2 m.

3.5.3 Pamato pado matmenų skaičiavimas nedrenuojamom sąlygomis

Projektavimo būdas DA1. 1 derinys $A_1 + M_1 + R_1$

6 lentelė. DA1 pirmo derinio rinkiniai ir dalinių koeficientų reikšmės

Daliniai koeficientai	Rinkiniai		
	A_1	M_1	R_1
γ_G	1,35		
γ_Q	1,3		
γ_{cu}		1,0	
$\gamma_{R,V}$			1,0

Skaičiuojamoji apkrova

$$V_d = (G_k + G_{k, \text{ pamato}}) \cdot \gamma_G + Q_k \cdot \gamma_Q = (153,6) \cdot 1,35 + 115,2 \cdot 1,3 = 357,12 \text{ kN}$$

Visuminis skaičiuojamasis atodangos slėgis pamato pado lygyje

$$q_d = (h_1 + h_2) \cdot \gamma_G = 1,2 \cdot 22,3 = 26,76 \text{ kPa}$$

Kerpamasis stipris nedrenuojant

$$C_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \ln q_c} = \frac{3,2 \cdot 10^6}{14 + 5 \ln 3,2 \cdot 10^6} = 36,0 \text{ kPa}$$

$$C_{u,d} = \frac{C_{u,k}}{\gamma_{cu}} = \frac{36,0}{1,0} = 36,0 \text{ kPa}$$

Grunto laikančiosios galios ir pamato pado ploto santykis

$$\frac{R_d}{A} = (2 + \pi) \cdot C_{u,d} \cdot b_c \cdot S_c \cdot I_c + q_d = (2 + 3,14) \cdot 36 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 26,76 = 248,81 \text{ kN/m}^2$$

Pamato laikančioji galia

$$R_d = \frac{248,81 \cdot 1,5 \cdot 15}{\gamma_{RV}} = \frac{248,81 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{1,0} = 559,83 \text{ kN}$$

Visuminės saugos koeficientas

$$OFS = \frac{R_d}{G_k + Q_k + G_{k,pamato}} = \frac{559,83}{153,6 + 115,2} = 1,86$$

$$V_d < R_d ; 357,12 < 420,49.$$

$$\text{Atsarga: } \frac{(R_d - V_d)}{R_d} \cdot 100 = \frac{559,839 - 357,12}{357,12} \cdot 100 = 56 \%$$

2 derinys A₂ + M₂ + R₁

7 lentelė. DA1 antro derinio rinkiniai ir dalinių koeficientų reikšmės

Daliniai koeficientai	Rinkiniai		
	A ₂	M ₂	R ₁
γ _G	1,0		
γ _Q	1,3		
γ _{cu}		1,4	
γ _{R,V}			1,0

Skaičiuojamoji apkrova

$$V_d = (G_k + G_{k,pamato}) \cdot \gamma_G + Q_k \cdot \gamma_Q = (153,6) \cdot 1,0 + 115,2 \cdot 1,3 = 303,36 \text{ kN}$$

Visuminis skaičiuojamasis atodangos slėgis pamato pado lygyje

$$q_d = (h_1 + h_2) \cdot \gamma_G = 1,2 \cdot 22,3 = 26,76 \text{ kPa}$$

Kerpamasis stipris nedrenuojoant

$$C_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \ln q_c} = \frac{3,2 \cdot 10^6}{14 + 5 \ln 3,2 \cdot 10^6} = 36,0 \text{ kPa}$$

$$C_{u,d} = \frac{C_{u,k}}{\gamma_{cu}} = \frac{36,0}{1,4} = 25,71 \text{ kPa}$$

Grunto laikančiosios galios ir pamato pado ploto santykis

$$\frac{R_d}{A} = (2 + \pi) \cdot C_{u,d} \cdot b_c \cdot S_c \cdot I_c + q_d = (2 + 3,14) \cdot 25,71 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 26,76 = 185,33 \text{ kN/m}^2$$

Pamato laikančioji galia

$$R_d = \frac{185,33 \cdot 1,3 \cdot 1,3}{\gamma_{RV}} = \frac{185,33 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{1,0} = 416,99 \text{ kN}$$

Visuminės saugos koeficientas

$$OFS = \frac{R_d}{G_k + Q_k + G_{k,pamato}} = \frac{313,21}{153,6 + 115,2} = 1,47$$

$$V_d < R_d ; 303,36 < 416,99$$

$$\text{Atsarga: } \frac{(R_d - V_d)}{R_d} \cdot 100 = \frac{416,99 - 303,36}{303,36} \cdot 100 = 34 \%$$

Projektavimo būdas DA2. Derinys A₁ + M₁ + R₂

8 lentelė. DA2 derinio rinkiniai ir dalinių koeficientų reikšmės

Daliniai koeficientai	Rinkiniai		
	A ₁	M ₁	R ₂
γ _G	1,35		
γ _Q	1,3		
γ _{cu}		1,0	
γ _{R,V}			1,4

Skaičiuojamoji apkrova

$$V_d = (G_k + G_{k, pamato}) \cdot \gamma_G + Q_k \cdot \gamma_Q = (153,56) \cdot 1,35 + 115,2 \cdot 1,3 = 357,07 \text{ kN}$$

Visuminis skaičiuojamasis atodangos slėgis pamato pado lygyje

$$q_d = (h_1 + h_2) \cdot \gamma_G = 1,2 \cdot 22,3 = 26,76 \text{ kPa}$$

Kerpamasis stipris nedrenuojoant

$$C_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \ln q_c} = \frac{3,2 \cdot 10^6}{14 + 5 \ln 3,2 \cdot 10^6} = 36,0 \text{ kPa}$$

$$C_{u,d} = \frac{C_{u,k}}{\gamma_{cu}} = \frac{36,0}{1,0} = 36,0 \text{ kPa}$$

Grunto laikančiosios galios ir pamato pado ploto santykis

$$\frac{R_d}{A} = (2 + \pi) \cdot C_{u,d} \cdot b_c \cdot S_c \cdot I_c + q_d = (2 + 3,14) \cdot 36,0 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 26,76 = 248,81 \text{ kN/m}^2$$

Pamato laikančioji galia

$$R_d = \frac{248,81 \cdot 15 \cdot 1,5}{\gamma_{RV}} = \frac{248,81 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{1,4} = 559,83 \text{ kN}$$

Visuminės saugos koeficientas

$$OFS = \frac{R_d}{G_k + Q_k + G_{k, pamato}} = \frac{559,83}{153,53 + 115,2} = 1,86$$

$$V_d < R_d ; 357,09 < 559,83$$

$$\text{Atsarga: } \frac{(R_d - V_d)}{R_d} \cdot 100 = \frac{559,83 - 357,09}{357,09} \cdot 100 = 56 \%$$

Projektavimo būdas DA3. Derinys A₁ + M₂ + R₃

9 lentelė. DA3 derinio rinkiniai ir dalinių koeficientų reikšmės

Daliniai	Rinkiniai
----------	-----------

koeficientai	A ₁	M ₂	R ₃
γ _G	1,35		
γ _Q	1,3		
γ _{cu}		1,4	
γ _{R,V}			1,0

Skaičiuojamoji apkrova

$$V_d = (G_k + G_{k, pamato}) \cdot \gamma_G + Q_k \cdot \gamma_Q = (153,56) \cdot 1,35 + 115,2 \cdot 1,3 = 357,07 \text{ kN}$$

Visuminis skaičiuojamasis atodangos slėgis pamato pado lygyje

$$q_d = (h_1 + h_2) \cdot \gamma_G = 1,2 \cdot 22,3 = 26,76 \text{ kPa}$$

Kerpamasis stipris nedrenuojoant

$$C_{u,k} = \frac{q_c}{14 + 5 \ln q_c} = \frac{3,2 \cdot 10^6}{14 + 5 \ln 3,2 \cdot 10^6} = 36,0 \text{ kPa}$$

$$C_{u,d} = \frac{C_{u,k}}{\gamma_{cu}} = \frac{36,0}{1,4} = 25,71 \text{ kPa}$$

Grunto laikančiosios galios ir pamato pado ploto santykis

$$\frac{R_d}{A} = (2 + \pi) \cdot C_{u,d} \cdot b_c \cdot S_c \cdot I_c + q_d = (2 + 3,14) \cdot 25,71 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 26,76 = 185,33 \text{ kN/m}^2$$

Pamato laikančioji galia

$$R_d = \frac{185,33 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{\gamma_{RV}} = \frac{185,33 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{1,0} = 416,99$$

Visuminės saugos koeficientas

$$OFS = \frac{R_d}{G_k + Q_k + G_{k, pamato}} = \frac{416,99}{153,36 + 115,2} = 1,55$$

$$V_d < R_d ; 357,07 < 416,99$$

$$\text{Atsarga: } \frac{(R_d - V_d)}{R_d} \cdot 100 = \frac{357,07 - 416,99}{224,08} \cdot 100 = 17 \%$$

3.5.4 Pamato nuosėdžio skaičiavimas

Pamato nuosėdis:

$$S = p \cdot B \cdot \frac{f}{E_m} = 26,76 \cdot 1,15 \cdot \frac{0,75}{32} = 0,00072 \text{ m} = 0,72 \text{ mm}$$

Nuosėdžio koeficientas:

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \lg \frac{L}{B}\right) = 0,75 \cdot \left(1 + \lg \frac{1,2}{1,2}\right) = 0,75$$

Čia B – trumpesnioji pamato kraštinė

E_m – deformacijų modulis

P – tolygiai pasiskirstęs slėgis po pamatu

3.5.5 Pamato armavimas

Nuolatinė apkrova, veikianti į pamatą $G_k = 153,36 \text{ kN}$;

Laikinoji apkrova veikianti į pamatą $Q_k = 115,2 \text{ kN}$;

Kolonos skerspjūvis 400 x 400 mm;

Kolona armuota 4 \varnothing 16 mm skersmens strypais;

Pamato plokštės:

Armatūros S500 plieno takumo riba (pasirenkama S500, nes kainų skirtumas, lyginant su

S 400 labai mažas) plieno takumo riba $f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,1} = 450 \text{ MPa}$;

Gniuždomo betono stipris $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \alpha = \frac{20}{1,5} \cdot 0,9 = 12 \text{ MPa}$

Skaičiuojamoji apkrova pamatui

$$V_{Ed} = G_k \cdot \gamma_G + Q_k \cdot \gamma_Q = 153,36 \cdot 1,35 + 115,2 \cdot 1,5 = 379,84 \text{ kN}$$

Apkrovos sukeltas lenkiamasis momentas pavojingiausiame pjūvyje (Pamato ir kolonos sandūra)

$$M = p_d \cdot B \left(\frac{l^2}{2} \right) = 168,83 \cdot 1,5 \left(\frac{0,550^2}{2} \right) = 38,3 \text{ kNm}$$

Pamato pado plokštės matmenys priimami 1,15 x 1,15 m.

Reakcinis slėgis į pamato padą

$$p_d = \frac{V_{Ed}}{B \cdot L} = \frac{379,84}{1,5 \cdot 1,5} = 168,83 \text{ kN/m}^2$$

Reikalingos armatūros skerspjūvio skaičiavimas

$$M_{Ed} = f_{cd} \cdot B \cdot x \left(d - \frac{x}{2} \right) = f_{cd} \cdot b \cdot \mu \cdot d^2$$

d– darbo zonos aukštis: $d = h_2 - 0,05 = 0,5 - 0,05 = 0,45 \text{ m}$ (0,05 yra apsauginis betono sluoksnis)

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot B \cdot d^2} = \frac{38,3 \cdot 10^3}{12 \cdot 10^6 \cdot 1,15 \cdot 0,45^2} = 0,0014$$

Betono gniuždomosios zonos charakteristika

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,754$$

Ribinis santykinės gniuždomosios zonos aukštis

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,754}{1 + \frac{450}{500} \left(1 - \frac{0,754}{1,1} \right)} = 0,588$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0014} = 0,0014$$

Gniuždomosios zonos aukštis

$$x = \xi \cdot d = 0,0014 \cdot 0,45 = 0,00063 \text{ m}$$

Reikiamos armatūros plotas

$$A_s = \frac{f_{cd} \cdot B \cdot x}{f_{yd}} = \frac{12 \cdot 10^6 \cdot 1,15 \cdot 0,00063}{450 \cdot 10^6} = 0,00001932 \text{ m}^2 = 0,193 \text{ cm}^2$$

Plokštės procentinis armavimas

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{0,193}{150 \cdot 45} = 0,00029 < 0,0018$$

Minimalus tempiamos armatūros kiekis

$$A_{s,\min} = 0,0018 \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1,5 \cdot 0,45 = 0,001215 = 12,15 \text{ cm}^2$$

Priimu 11 \emptyset 12 strypų, $A_s = 12,44 \text{ cm}^2$

Armatūros strypų žingsnis

$$s_{\max} = \frac{b \cdot A_{s,\text{strypo}}}{A_{s,\text{reik}}} = \frac{1500 \cdot 113}{1215} = 139,5 \text{ mm}$$

Priimu žingsnį 135 mm. Nuo kraštų paliekama 75 mm apsauginiam sluoksniui.

Kolona prie pamato tvirtinama HPML 24 inkariniais varžtais. Įvertinamas galintis susidaryti lenkimo momentas, kuris veiktų varžtus konstrukcijų montavimo metu. Galimi momento atsiradimo faktoriai yra konstrukcijų atsitrenkimas į kolonos viršūnę ir/arba vėjo apkrova.

$$\text{Pagreitis: } a = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{0,2 - 0}{1} = 0,2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Susidaranti jėga: } F = m \cdot a = 1187 \cdot 0,2 = 234,7 \text{ N} = 0,24 \text{ kN}$$

Susidarantis momentas ties kolonos ir pamato sandūra: $M = F \cdot l = 0,24 \cdot 10 = 2,4 \text{ kNm}$

Apytiksliai įvertinamas vėjo sukeliamas momentas:

Vidutinė slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamoji w_{me} apskaičiuojama:

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = 360 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 187,2 \frac{N}{m^2}$$

čia: c_e – išorinio slėgio aerodinaminis koeficientas

$c(z)$ – koeficientas, priklausantis nuo vietovės reljefo tipo ir aukščio nuo žemės paviršiaus

q_{ref} – vėjo atskaitinis slėgis

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} v_{ref}^2 = \frac{1,25}{2} 24_{ref}^2 = 360 \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

Apskaičiuojama apkrova tenkanti kolonai:

$$Q = q_{ref} \cdot s = 187,2 \cdot 10 \cdot 0,4 = 0,75 \text{ kN}$$

Susidarantis momentas kolonos apačioje:

$$M = Q \cdot l = 0,75 \cdot 5 = 3,75 \text{ kNm} \quad (\text{čia } l \text{ – pusė kolonos aukščio})$$

Bendras momentas:

$$M_b = 2,4 + 3,75 = 9 \text{ kNm.} \quad \text{Priimama } 9 \text{ kNm}$$

3.5.6 Patikrinimas kirpimui

Tikrinama sąlyga

$$V_u \leq \varphi \cdot 0,17 \cdot \sqrt{f_{cd}} \cdot b \cdot d$$

Kritinis pjūvis vienpusiam kirpimui yra per d nuo kolonos krašto. Tuomet:

$$V_u = p_d \cdot B \cdot \left(\frac{B - k}{2} - d \right) = 168,33 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{1,5 - 0,4}{2} - 0,45 \right) = 25,25 \text{ kN}$$

Čia k – kolonos skerspjūvio matmuo.

$$\varphi V_c = 0,85 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{12} \cdot 1,5 \cdot 0,45 \cdot 1000 = 337,88 \text{ kN}$$

$$V_u \leq \varphi V_c, 25,25 \leq 337,88 \text{ Sąlyga išpildyta. [18]}$$

3.5.7 Patikrinimas praspaudimui

Tikrinama sąlyga

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

Pamato pado plokštės didžiausieji šlyjamieji įtempiai

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed} - \Delta V_{Ed}}{u \cdot d} = \frac{(379,84 - 591,93) \cdot 10^3}{(8,8 \cdot 0,45) \cdot 10^6} = -0,128 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{Ed} &= p_d(2 \cdot 2d + a_c) \cdot (2 \cdot 2d + b_c) = 168,33 (2 \cdot 2 \cdot 0,45 + 0,5) \cdot (2 \cdot 2 \cdot 0,45 + 0,5) \\ &= 890,47 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pamato pado plokštės skaičiuotinė praspaudžiamoji galia (MPa)

$$\begin{aligned} V_{Rd} &= C_{Rd,c} \cdot k(100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \left(2 \frac{d}{a}\right) = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}\right) (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \left(2 \frac{d}{a}\right) = \\ &= 0,12 \cdot 1,67(100 \cdot 0,00029 \cdot 20)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(2 \frac{450}{900}\right) = 0,36 \text{ MPa [17]} \end{aligned}$$

Kadangi šlyties štempiai gaunami neigiami, galima mažinti pado aukštį, tačiau mažesni nei 500mm aukščio pamatai praktikoje pramoniniams pastatams netaikomi. Priimamats pado aukštis 500mm.

4. TIRIAMOJI DALIS

4.1 Tiriamojo darbo užduotis

Tiriamojo darbo užduotis išnagrinėti santvarą įtvirtintą standžiai ir kaip dviatramę siją.

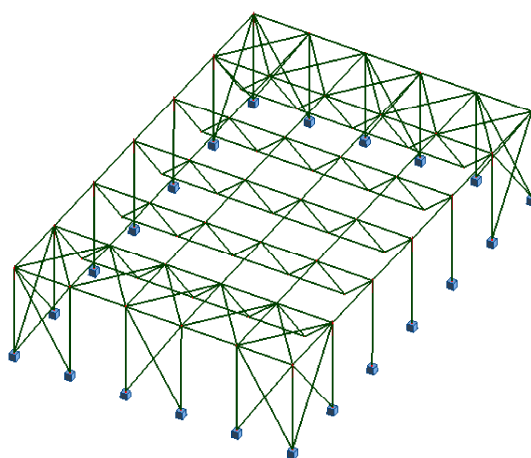
Išnagrinėti dėl įtvirtinimo atsiradusius pokyčius santvaroje, palyginti jas ekonomiškai ir aptarti montavimo aspektus, darbo imlumą.

Įtvirtinus santvarą skirtingais būdais, skirtingai perduodamos įrašos į kitus elementus, tai

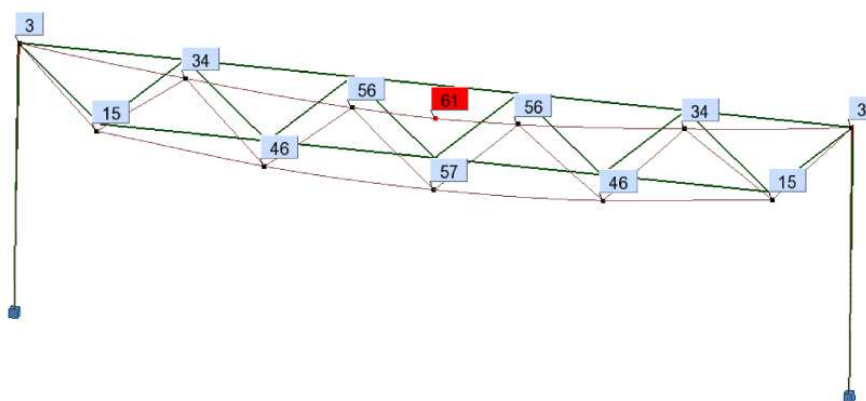
kolonas, taip pat pasiekiamas skirtingas pastato stabilumas. Todėl nagrinėsiu ir patį pastato stabilumą, pastovumą, perduodamas apkrovas į kolonas ir pamatus, reikalingus ryšius vienu ir kitu atveju užtikrinti pastato pastovumui.

4.2 Skaičiuojamosios schemas

4.2.1 Šarnyriškai atremtos santvaros

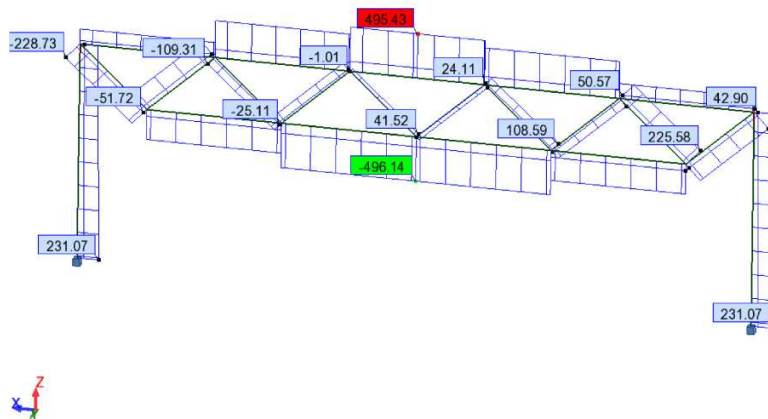


10pav Trimatis skaičiuojamasis modelis. Su šarnyriškai atremta santvara



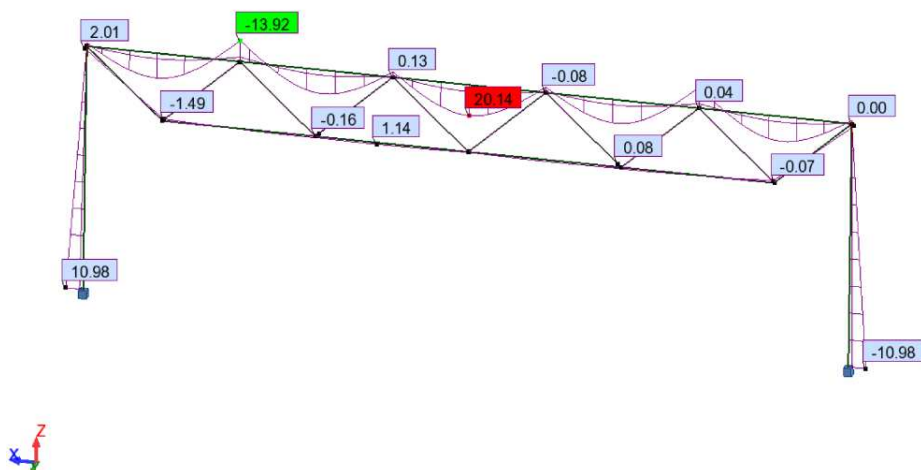
11pav. Šarnyriškai atremtos santvaros deformacijų diagrama

Maksimali deformacija viršutinėje juostoje, 61mm, apatinėje juostoje 57mm



12pav. Šarnyriškai atremtos santvaros Fx jėgų diagrama

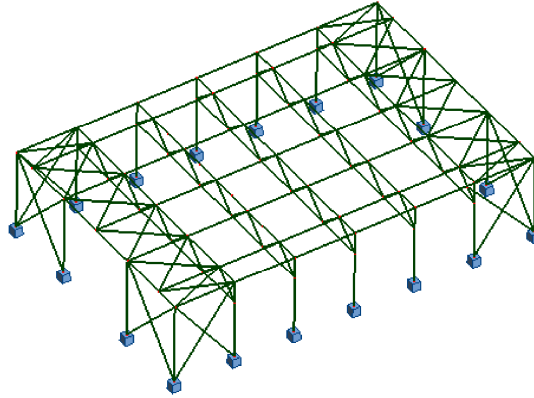
Maksimali skersinė jėga 495kN, viršutinėje ir apatinėje juostose, spyriuose, 225,58kN.



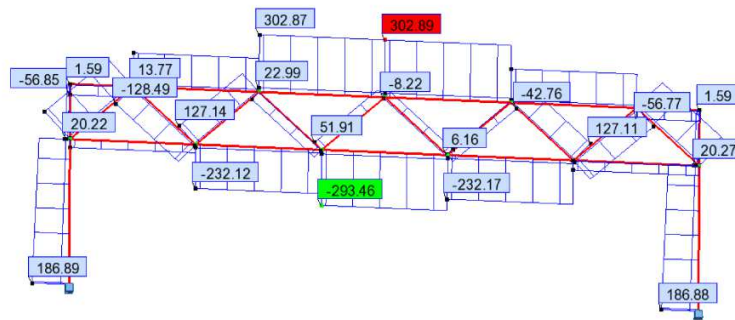
13pav. Šarnyriškai atremtos santvaros momentų diagrama

4.2.1 Standžiai atremtos santvaros

Maksimalus momentas viršutinėje juostoje 20,14kNm

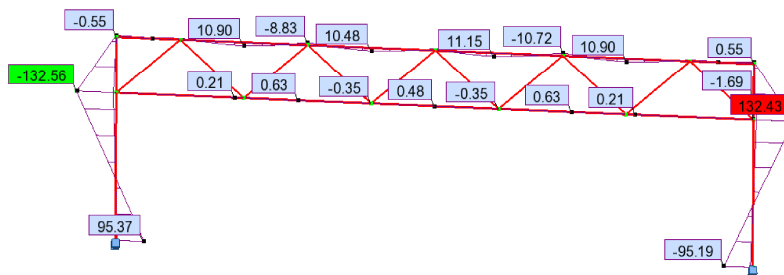


13pav. Standaus rėmo skaičiuojamoji schema



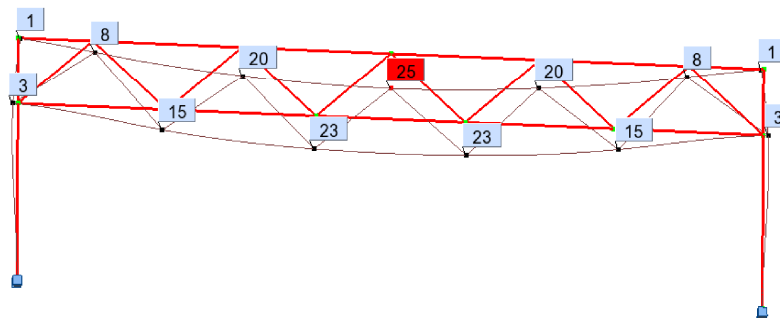
14pav. Standaus rėmo skersinių Fx jėgų diagrama

Maksimali ašinė jėga 302kN viršutinėje, 293kN apatinėje juostoje, spriuose, 127,14kN.



15pav. Standaus rėmo skersinių Momentų diagrama

Momentai santvaroje ženkliai sumažėja ir perduodamo į kolonas.



16pav. Standaus rėmo skersinių Deformacijų diagrama

Maksimalus įlinksi viršutinėje juostoje 25mm, apatinėje 23mm.

Iš diagramų matome, kad šarnyriškai įtvirtintoje santvaroje yra didesnės įrąžos ir mažesnis stabilumas. Tačiau kolonos neapkraunamos papildomu momentu.

4.3 Tiriamojo darbo apibendrinimas

Atsižvelgiant į skaičiuojamąsias schemas, optimaliausias variantas yra šarnyriškai pritvirtinta santvara, tačiau norint užtikrinti pastato stabilumą ar esant dinamiškomis apkrovoms tinkamesnis standus rėmas

5. TECHNOLOGINĖ DALIS

5.1 Pamatų montavimo procesui reikalingos medžiagos.

Magsitriniame darbe sudarysiu pamatų montavimo technologinę dalį. Į pamatų montavimą įeina:

- Pamatų blokai;
- Pamatinės sijos.

Pamatų montavimui naudojamos medžiagos:

- Betonai;
- Cementas;
- Lentos.

5.2 Pamatų montavimas

Pamatai turi būti montuojami tiksliai. Į pamatų montavimo procesą įeina:

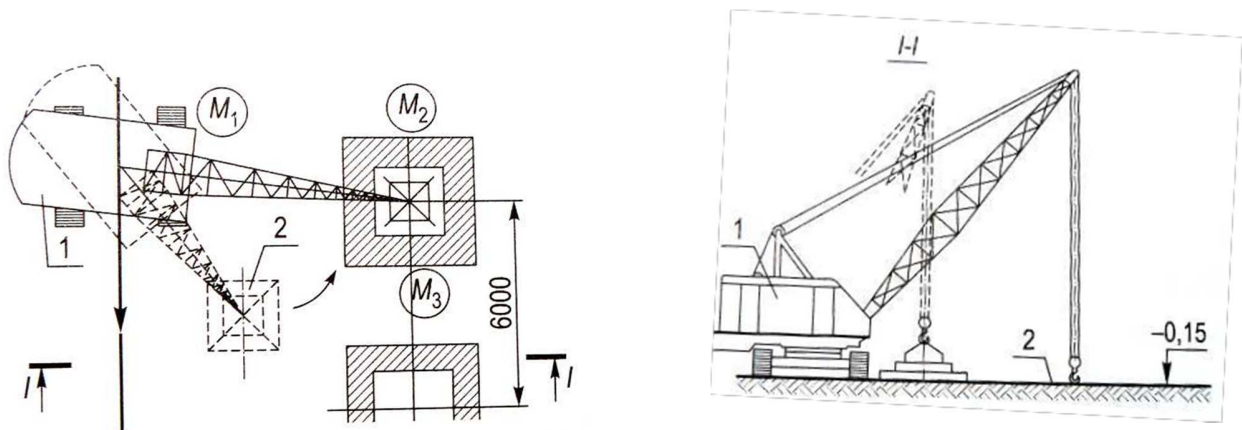
1. Pagrindo ruošimas;
2. Pamatų blokų projektinės padėties žymėjimas.

Pamatinių blokų padėties žymima tokia tvarka:

- 2.1. Patikrinamos pastato ašys;
- 2.2. Nuo pastato ašyje ištemptos vielos svambalu pažymimi blokų padėjimo centrai, o nuo centrų
metaline juosta – blokų kraštai.

3. Ašių žymėjimas ant bloko, bloko kabinimas ir statymas į projektinę padėtį;
4. Sumontuotų pamatų reguliavimas sumontavimus į projektinę padėtį ir stropų atkabinimas;
5. Montavimo kilpų nupjaustymas arba užlankstymas

Pamatų montavimo metu kranas stovi šalia paruoštų duobių. Montavimas prasideda nuo vidurinio pamato, kranui judant numatyta trajektorija, montuojama po tris eiles judant išilgai pastato ašies. Pamatinės sijos montuojamos, kranui judant pastato perimetru. Sumontavus pamatines sijas ir blokus, siūlės ir didesni tarpai tarp pamatinių sijų užtaisomos cementu.



17 pav. Gelžbetoninių pamatų montavimo schema; 1 – kranas, 2- pamato blokas; M1, M2, M3 – Montuotojų darbo vietos

5.3 Pamatų ir jų montavimo kokybės kontrolė

Statybinių konstrukcijų montavimo kokybės reikalavimai aprašyti, statybos normos ir taisyklėse.

10 lentelė. Pamatų blokų leistinos nuokrypos nuo projektinių

Elemento pavadinimas	Leistinos nuokrypos, mm		
	ilgio	skerspjūvio pločio	skerspjūvio storio arba aukščio
Pamatų blokai	±15	±15	±8

Pamatiniai blokai ir pamatinės sijos tikrinamos priimant į statybviety. Gaminiai turi būti

paženklinti CE, atitikti projekto matmenis. Esant didesniems nei leistiniems nuokrypiams ar plyšiams, konstrukcijos brokuojamos ir siunčiamos į gamyklą.

Po montavimo tikrinama inkarinių varžtų padėtis, paviršiai ir pririšimai. Surenkamųjų elementų ašys žymimos linijomis elementų atrėmimo paviršiuje. Atraminių paviršių aukštis tikrinamas, niveliuojant ir atitinkamai išlyginant atraminius paviršius. Montavimo nuokrypos neturi būti didesnės už leistinas.

11 lentelė. Leistinos nuokrypos montuojant pamatus

Nuokrypos	Leistinos nuokrypos, mm		
	Gyvenamųjų namų ir civilinių pastatų	Pramoninių pastatų	
		vienaaukščių	daugiaaukščių
Nuokrypos nuo žymėjimo ašių: Apatinės pamatų blokų eilės Viršutinės pamatų blokų eilės	±10	±20	-
Viršutinių atraminių pamatų paviršių nuokrypos	±15	-20	-20

Galutinė priėmimo - perdavimo kontrolė atliekama, baigus objekte visus montavimo darbus. Šios kontrolės metu prie perdavimo - priėmimo akto būtina pridėti: sumontuotų konstrukcijų darbo brėžinius su visomis darbo metu padarytomis pataisomis; pastatytų konstrukcijų fabrikinis sertifikatas; visą dokumentaciją apie panaudotų medžiagų (elektrodų, betono mišinių ir kt.) kokybę [36].

6. EKONOMINĖ DALIS

Ekonominėje dalyje palyginsiu darbų, mechanizmų ir medžiagų sąnaudas, metalinei ir medinei santvarai pagaminti, sumontuoti. Palyginsiu kuri santvara ekonomiškesnė.

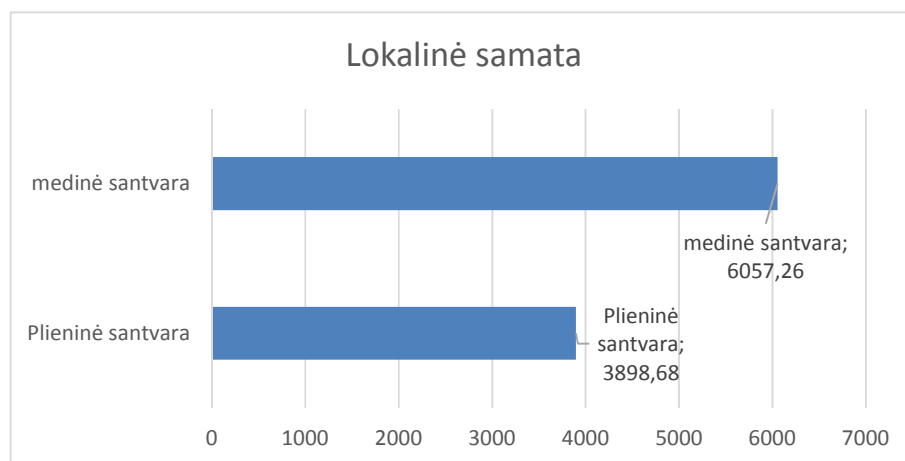
Palyginimui pasirinkau pastato S-2 12 metrų santvarą, kuri suprojektuota skaičiavimų programa Robot Structural Analysis Pro ir apskaičiuota pagal STR: poveikiai ir apkrovos ir plieninių konstrukcijų projektavimas. Medinę santvarą apskaičiavau Robot structural Analysis programa, mazgus parinkau konstrukciškai.

Plieninės santvara gaminama iš S355 klasės plieno Medinė santvara iš C24 klasės medienos spyriams ir viršutinei juostai, apatinė juosta, dėl tempimo įrašos ir prasto medienos mazgų darbo tempimui, naudojama metalinė, su spyriais jungiama per metalines įdėtines detales.

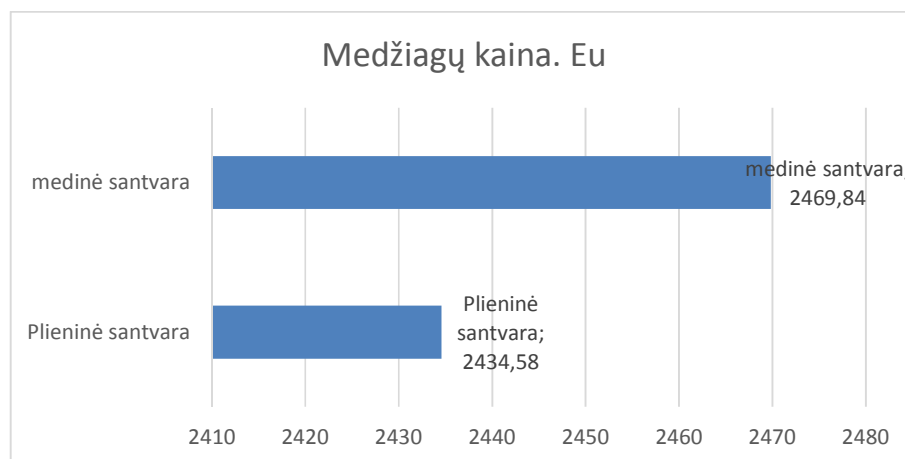
Sąmatos atliktos su „Sistela“ programa, su kuria sudarytos sąmatos pagal 2015 metų spalio mėnesio kainas.

Lokalinė samata – detalizuotos išlaidos pagal statybos darbus. Kainą sudaro tiesioginės ir netiesioginės išlaidos. Tiesioginės išlaidos tai, medžiagų ir mechanizmų, darbo užmokesčio vertė, socialinio draudimo mokesčiai, statybvietės įrengimas, eksploatavimo ir valdymo išlaidos. Netiesioginės išlaidos tai, bendros materialines išlaidos, adiminsitracijos, transporto išlaidos, pelnas.

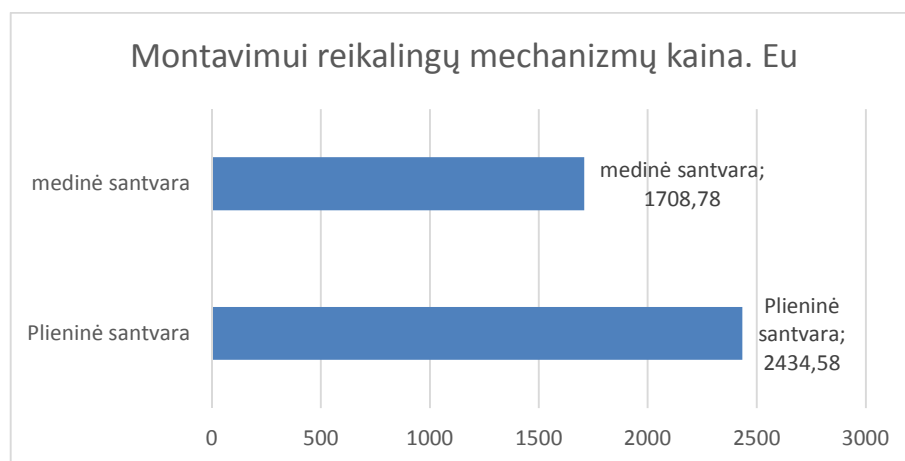
Sąmatos pateikiamos prieduose.



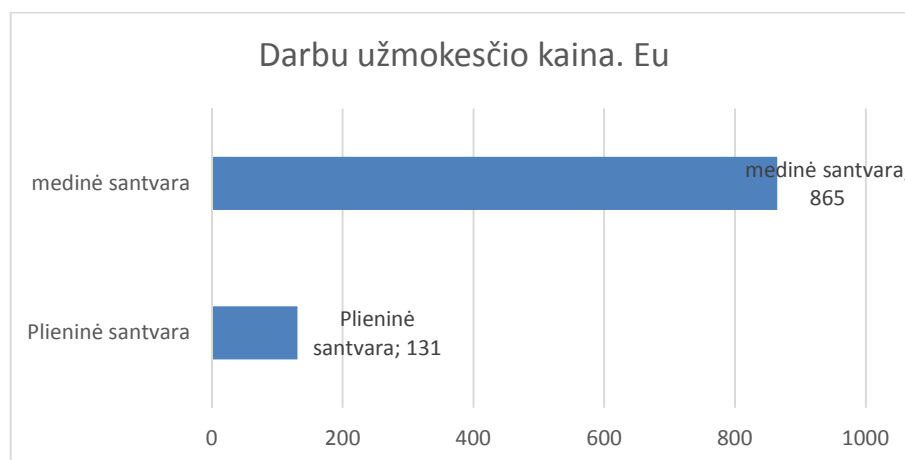
18. pav. Lokalinės sąmatos palyginimas medinės ir plieninės santvaros



19. pav. Medžiagų kainos palyginimas medinės ir plieninės santvaros



20 pav. Montavimui reikalingų mechanizmų kainos palyginimas medinės ir plieninės santvaros



21 pav. Darbo užmokesčio kainos palyginimas medinės ir plieninės santvaros

Medinė santvara, dėl papildomų įdėtinių detalių, varžtinių jungčių ir gamybos išlaidų gaunasi 36% brangesnė. Pastatui parinkta plieninė santvara.

7. DARBŲ SAUGA

Darbų saugos klausimai sprendžiami vadovautis „Saugos ir sveikatos taisyklės statyboje“ ir kitais galiojančiais darbų saugos dokumentais.

Statybos aikštelė, kad užtikrinti saugumą yra aptveriamą tvora, sužymimos pavojingos zonos, kaip krano ir įrenginių judėjimo vietos ir kita, taip pat įrengiamas dirbtinis apšvietimas, pasirūpinama gaisro gesinimo priemonėmis, hidranta, nurodomi evakavimo keliai.

Žemės darbų vykdymo metu, duobių ir tranšėjų nuolydžiai šlaitams įrengiami, pagal DT 5-00 reikalavimus, laikinai įrengimai perėjimai su turėklais.

Gaminių kėlimo ir perkėlimo metu naudojama tik su CE ženkliniu pažymėta įranga. Gaminių masė neturi viršyti nurodytos deklaracijoje įrangos keliamosios galios, tvirtinimas turi atitikti reikalavimus. Gaminių ir konstrukcijų kėlimo metu, po jomis prižiūrima, kad nebūtų žmonių, bei pavojingose kritimui zonose. Konstrukcijos atkabinamos, tik jas pritvirtinus.

Aikštelėje personalui būtinos asmeninės saugos priemonės, šalmai, apsaugos diržai, akiniai, pirštinės, specialūs batai ir kita. Prieš prasidedant statyboms paskiriamas darbų saugos kordinatorius. Įdarbinant naują žmogų pravedami darbų saugos kursai, kur išmokoma kaip suteikti pirmąją pagalbą. Statybvietės butinėse patalpose įrengiama patalpa kurioje yra vaistinėlė ir suteikiama pirmoji pagalba.

Statybos metu statybvietėje rangovas privalo vykdyti LR darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymo ir kitų darbuotojų saugos ir sveikatos norminių teisės aktų nustatytas darbdavio pareigas bei užtikrinti tvarką ir švarą, tinkamą darbo vietų išdėstymą, darbo įrenginių techninę priežiūrą ir t.t. [27].

7.1 Profesinės rizikos vertinimas pamatų įrengimo procesui

Profesinė rizika vertinama statomo angaro statybvietėje, vykdam žemės darbus ir montuojant sekliuosius pamatus. Naudojamos mašinos, buldozeriai, ekskavatoriai, saviverčiai, kranas. Darbų saugos instruktažą praveda ir užtikrina darbų saugą, darbdavio įgaliotas asmuo.

(7.1 skyriaus lentelės užpildytos remiantis darbų saugos metodiniais nurodymais)

12 lentelė Fizikinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas vykdam pamatų montavimo darbus.

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	Vykdam III kategorijos fizinį darbą ribojamas darbo laikas, viršijus 26 laipsnius [29]	×		×	

Vibracija, darbas su vibruojančiais įrankiais, vibraciją keliančios mašinos[vibroplokštė].	Vibracijos intensyvumas veikiantis darbuotojo rankas viršija norminę reikšmę 2,5 m/s ² [30]		×		×
--	--	--	---	--	---

13. Lentelė Fizinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas vygdant pamatų montavimo darbus.

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
Transportavimo įranga [kranas]	Krentantys kroviniai gali sužaloti darbininkus [31]		×		×

14 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
Naudojamos bei procese išskiriamos kenksmingos medžiagos, kurių ilgalaikis	Galimybė įkvėpti cemento dulkes, ar pakeisti oda cemento skiediniu		×		×

poveikis sukelia ūmius arba lėtinius profesinius susirgimus					
---	--	--	--	--	--

15 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 (Dinaminis darbas)	Sunkus fizinis III kategorijos darbas tenkantis darbuotojams, didelė tikimybė gauti trauma [29]		×		×
Darbo poza	1 val. pamainos laiko dirbant nepatogioje pozijoje dalis	×		×	
Darbo emocinė įtampa	Darbas pagal nustatytą grafiką, lydimas pavojų, asmeninės rizikos, atsakomybės už kitų asmenų saugumą		×		×

Rizikos nustatymo duomenų lapas

Veikla	Pavojai	Taikomos saugos priemonės	Priemonių pakanka	Pastebėti trūkumai	Pavojaus dydis	Traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė (balais)	Pasekmės	Rizikos dydis balais
Vadovavimas darbams	Emociniai	Dalintis atsakomybe su kitais asmenimis	Taip	-	1	1	1	1
Duobių ir tranšėjų kasimas	Fiziniai	Taikomos individualios saugos priemonės, įrengiami praėjimai, šlaitų nuolydis pagal norminius dokumentus	Taip	-	1	2	1	2
Krovinių kėlimas kranu	Fiziniai	Saugos mokymai, švyturėliai judant kranui, atskiras žmogus reguliuojanti kraną darbą ir prižiūrintis	Taip	-	3	1	1	3

		pavojingas zonas						
Darbas vibraciniais įrenginiais	Vibracija	Riboti darbo laiką	Taip	-	1	1	2	2
Darbai karštyje arba šaltyje	Fiziniai	Daromos pertraukos, naudojamos asmeninėmis saugos priemonės ir geriama daug skysčių	Taip	-	1	1	2	2
Galimybė įkvėpti cemento dulkių ar pažeisti oda cemento skiediniu	Cheminiai	Naudojamos kvėpavimo takus saugojančios kaukės, dėvimos pirštinės	Taip	-	1	1	1	1

Rizikos dydis yra toleruotinas, kadangi statybos aikštelė yra taikomos rizikos mažinimo priemonės, tiek individualios, tiek grupinės.

8. Gaisrinė sauga

Angare vykdoma gaisro prevencija. Elektros instaliacija, šildymo įrenginiai, žaibosaugos įrenginiai, vėdinimo sistemos projektuojamos ir prižiūrimos, kad nesukeltų ir neskatintų gaisro, bei dūmų plitimo, ribotų gaisro pavojų gretimiems įrengimams ir kilus gaisrui, būtų atlikti gelbėjimo darbus.

Lėktuvų angare įrengiami automatiniai gaisro detektoriai, garsinis ir šviesos aliarmas, kilus gaisrui automatiškai išjungiamas elektros tiekimas įrenginiams. Gaisro gesinimo priemonės, bei kiekis, parenkami pagal gamybos plotą, gaisrinį pavojingumą. Angare įrengiami automatiškai ir rankiniai gesinimo putomis įrenginiai. Gesinimo putos izoluoja gaisro paviršiuje esančius garus nuo deguonies, taip ataušindama degančias medžiagas.

Pastato teritorijoje privaloma įrengti skydus, kuriuose būtų pirminės gesinimo priemonės. Skyde turi būti: nedegus audeklas, 2 gesintuvai, 2 kirviai, , 2 laužtuvai, 2 - 4 kibirai. Priešgaisriniai skydai įrengiami matomose ir patogiose vietose, kuo arčiau išėjimų. Taip pat angare privalo būti gesintuvai ir ženklavimas nurodantis jų laikymo vietą. Gesintuvo korpusas privalo būti raudonas. Gesintuvai statomi vietose, apsaugotose nuo tiesioginių saulės spindulių, nemažesniu nei 1 m atstumu nuo šildymo prietaisų, kabinami ne aukščiau kaip 1,5 m nuo grindų, atidarytų patalpų durys negali trukdyti jo paimti [34][35].

IŠVADOS

1. Suprojektuotas stogo denginys tenkinantis šilumos perdavimo reikalvumus. Apskaičiuotas šilumos perdavimo koeficientas $U=0,173 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ leidžiamas stogo atitvaros šilumos perdavimo koeficientas: $U_N=0,175 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2. Suprojektuotos stogo laikančiosios konstrukcijos 24 ir 12m santvaros, 6m sija.
3. Suprojektuota pastato vienaukštės dalies 24m. tarpatramio gelžbetoninė kolona. Kolonos betono klasė C25/30 pagrindinė armatūra 4 \varnothing 20
4. Suprojektuotas seklišis pamatas 1,5x1,5 m.
5. Aprašyta pamatų montavimo technologinė kortelė ir jų įrėngimo darbų sauga.
6. Tiriamajame darbe palygintas rėmas su standžiai ir šarnyriškai pritvirtinta santvara.
7. Ekonominėje dalyje palygintos metalinė ir meždio – metalo kombinuotos santvaros.

Literatūra

1. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas. Valstybės žinios. 1996 Nr. 32.
2. STR 1.07.01:2010. Statybą leidžiantys dokumentai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 116-5944.
3. STR 1.09.05:2002. Statinio statybos techninė priežiūra. Valstybės žinios, 2002, Nr. 43-1638.
4. STR 1.11.01:2010. Statybos užbaigimas. Valstybės žinios, 2010, Nr. 116-5947.
5. STR 2.01.01(1):2005. Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas. Valstybės žinios, 2005, Nr. 115-4195.
6. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos. Valstybės žinios, 2003, Nr. 59-2683.
7. STR 2.01.01(3):1999. Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga. Valstybės žinios, 1999, Nr. 8-215.
8. STR 2.01.01(4):2008. Esminiai statinio reikalavimai. Naudojimo sauga. Valstybės žinios, 2008, Nr. 1-34.
9. STR 2.01.01(2):1999. Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga. Valstybės žinios, 1999, Nr. 17-424.
10. STR 2.05.08:2005 „PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMAS. PAGRINDINĖS NUOSTATOS“
11. STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“
12. STR 2.07.01:2003. Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerines sistemas. Lauko inžineriniai tinklai. Valstybės žinios, 2003, Nr. 83-3804.
13. B.Černius, Seklieji pamatai: mokomoji knyga. – Kaunas: Technologija, 2010. 76-77 p
14. STR 2.01.01(2):1999. Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga. Valstybės žinios, 1999, Nr. 17-424.
15. STR 1.05.08:2003 „Statinio projekto architektūrinės ir konstrukcinės dalių brėžinių braižymo taisyklės ir grafiniai žymėjimai.“
16. STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“
17. STR 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas.“
18. Niedvaras, V. Įvadinė darbuotojų saugos ir sveikatos instrukcija. UAB „Betonika“ 2007, 9p.
19. http://www.stogdanga.lt/lt/daugiasluoksnes_sandwich_plokstes/
20. <http://paroc.lt/gaminiai-ir-sprendimai/sprendimai/stogai/ploksciasis-stogas-ant-profiliuotos-skardos-pakloto>
21. <http://www.epdm.lt/tpo-stogai/technines-specifikacijos/>
22. http://www.google.lt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.paroc.com%2FSPPS%2FLithuania%2FBI_attachments%2Fdownloads%2FParoc_gaminiai_201010.pdf&ei=dJk2U4rGDo2BhAe39oGQBQ&usg=AFQjCNGd5WohUrYQHCOqEHHzEV5i-2nIg&sig2=NdMOFlihAiykbom8_KM5xQ&bvm=bv.63808443,d.ZG4

23. <http://www.ruukki.com/~media/Files/Load-bearing-sheets/Design-tools-PDF/LBS-span-tables-CEE.PDF>
24. Metodiniai nurodymai Statybos ir architektūros fakulteto studentams. Darbuotojų saugos ir sveikatos skyrius
25. Profesinės rizikos vertinimo nuostatai Valstybės žinios, 2012-10-31, Nr. 126-6350
26. www.vdi.lt. specialių rizikos vertinimą reglamentuojančių teisės aktų reikalavimai
27. Darboviečių įrengimo statybvietėse nuostatai. Valstybės žinios, 2008-01-24, Nr. 103-62;
28. Saugos ir sveikatos taisyklės statyboje. DT 5-00. Valstybės žinios, 2001-01-10, Nr. 3-74;
29. HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004-03-26, Nr. 45-1485;
30. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005-04-26, Nr. 53-1804;
31. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2004-03-17, Nr. 41-1350;
32. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007-11-29, Nr. 123-5055;
33. Kėlimo kranų naudojimo taisyklės. Valstybės žinios, 2010-09-23, Nr. 112-5717.
34. [STR 2.01.01\(2\):1999](#) Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga.
35. Darboviečių įrengimo statybvietėse nuostatai. Valstybės žinios, 2008-01-24, Nr. 10-362;
36. STR 1.08.02:2002 „Statybos darbai“

Priedai