



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Gytis Glzauskis

**PĖSČIŪJŲ VIADUKO MAŽEIKIUOSE STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Saulius Zadlauskas

KAUNAS, 2016

PARENGTO BAIGIAMOJO DARBO SAVARANKIŠKUMO


PATVIRTINIMAS

Patvirtinu, kad parengtas (magistro) baigiamasis darbas

Pėsčiųjų viaduko Mažeikiuose
statybinių konstrukcijų dalies projekto

(įrašyti pavadinimą)

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

Gytis Alazauskis 

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Data 2016.01.06

TURINYS

ĮVADAS.....	3
1. TEISINĖ DALIS.....	4
2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS	6
2.1 Statinio situacija.....	6
2.2 Architektūriniai sprendimai	7
2.3 Konstrukciniai sprendimai	8
3. KONSTRUKCINĖ DALIS.....	11
3.1 Apkrovų skaičiavimas.....	11
3.1.1 Nuolatinės apkrovos.....	11
3.1.2 Laikinosios apkrovos.....	12
3.2 Pakloto briaunuotoji gelžbetoninė plokštė.....	17
3.2.1 Plokštės lentynos skaičiavimas ir konstravimas.....	18
3.2.2 Briaunuotosios plokštės šalutinės sijos skaičiavimas ir konstravimas	21
3.2.3 Briaunuotosios plokštės pagrindinės sijos skaičiavimas ir konstravimas	27
3.3 Plieninės sijos projektavimas	31
3.4 Gelžbetoninė kolona.....	38
3.4.1 Gelžbetoninės kolonos projektavimas ir konstravimas	38
3.5 Pamatų projektavimas	43
3.5.1 Monolitinio rostverko projektavimas	43
3.5.2 Gelžbetoninio polio projektavimas	47
4. TECHNOLOGINĖ DALIS	53
4.1 Mašinų komplekso darbams parinkimas.....	54
4.2 Technologinio proceso darbo sauga.....	59
5. DARBŲ SAUGA IR APLINKOSAUGA.....	60
5.1 Bendroji darbuotojų sveikata ir sauga vykstant statinio statybai	60
5.2 Pavojingų zonų nustatymas statybvietėje.....	62

5.3	Profesinės rizikos vertinimas statybvietėje	62
5.4	Profesinės rizikos vertinimas	65
5.5	Aplinkos apsauga, kietųjų atliekų šalinimas	67
5.6	Darbo higienos reikalavimai	68
6.	TIRIAMOJI DALIS	69
6.1	Apžvalga	69
6.2	Sijiniai tiltai.....	69
6.3	Svyravimų ribos ir ribojimas.....	70
6.4	Pėsčiųjų viaduko virš geležinkelio savojo svorio sukelti svyravimai	71
7.	IŠVADOS	79
	LITERATŪRA.....	80

IVADAS

Baigiamajame magistro darbe projektuojamas pėsčiųjų viaduko statybinės konstrukcijos. Tiriama suprojektuoto viaduko savieji svyravimai, jų kitimas keičiant konstrukcijos suvaržymą. Viaduko savieji svyravimai ir konstrukcijose veikiančios įrašos nustatomos kompiuterine programa „Robot Structural Analysis Professional 2015“. Visos konstrukcijos projektuojamos remiantis Europos normų nacionaliniais priedais taikomais Lietuvoje, LST EN 1993-2 „Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 2 dalis. Plieniniai tiltai“, LST EN 1992-1 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės“, bei STR 2.05.05:2005 5 priedu.

Darbe numatyta pėsčiųjų viaduką statyti geležinkelio stoties ribose, nuo Mindaugo gatvės iki geležinkelio perono vedančio prie Bažnyčios gatvės esančios kitoje geležinkelio pusėje. Projektuojama 50 metrų plienbetoninė sija, sudaryta iš dviejų plieninių dvitėjų ir gelžbetoninio briaunuotų plokščių pakloto. Gelžbetoninės atramos viaduko masyvui atremti. Parenkami liftai neįgaliesiems ir laiptatakliai pėstiesiems su apsauginiais turėklais, patogios ir saugios 9,3 m. aukščio viaduko eksploatacijos užtikrinimui. Statybinės medžiagos atitinkančios standartuose keliamus reikalavimus, bei garantuojančios suprojektuoto viaduko ilgaamžiškumą.

Baigiamajame projekte atsižvelgiama ne tik į stiprumo, stabilumo ir standumo reikalavimus paprastai taikomus projektuojamoms konstrukcijoms. Tačiau ir į konstrukcijos atsparumą dinaminiam efektams, kurie apibrėžia žmonių komforto užtikrinimą, statinio eksploatacijos metu. Dinaminė konstrukcijos analizė paprastai būna lyg atskiras projektavimo etapas, kurio metu tikrinama, ar pradinis modelis yra atsparus žadinančioms dinaminėms vėjo ir pėsčiųjų apkrovoms. Analizuojamo pėsčiųjų viaduko netoleruotinių virpesių diapazonai apibrėžiami nacionaliniame priede LST EN 1991-2:2006 „Tiltų eismo apkrovos“.

1. TEISINĖ DALIS

Darbe projektuojamas pastatas – naujai statomas pėsčiųjų ir dviračių viadukas, dėl sudėtingų konstrukcijų ir technologijų reikalavimo priskiriamas ypatingų statinių grupei. Atstumas tarp atramų (didžiausias horizontalus atstumas statinyje tarp horizontalių statinio ašių, kuriose yra atraminės konstrukcijos, laikančiosios perdenginio ar denginio konstrukcijas) yra 12 m ir didesnis [1]. Statinys projektuojamas atsižvelgiant ir laikantis rekomenduojamų normų medžiagoms ir konstrukcijoms nacionaliniuose bei europiniuose reglamentuose, statybos įstatyme, statybos taisyklėse kartu su galiojančiais teisės aktais ir higienos normomis. Kadangi pėsčiųjų viadukas yra laikomas ypatingos paskirties statiniu, jam yra privalomos atlikti techninio ir darbo sudėtingų konstrukcijų dalies projekto ekspertizės.

Viadukas turi būti pritaikytas negalią turintiems žmonėms. Tai apima atitinkamų liftų projektavimą bei ribotą ir tolygų tako pėstiesiems vaikščioti nuolydį. Remiantis STR 2.03.01 nuostatomis, teritorija ir statiniai turi būti suprojektuoti taip, kad nesukeltų diskomforto pasiekiant viaduką, o kartu ir užtikrintų visas galimybes neįgaliesiems laisvai ir saugiai judėti viaduku. Privalomas geras apšvietimas tamsiuoju paros metu ant viaduko pėsčiųjų tako ir jo prieigose. Minimalus pėsčiųjų tako plotis – 1,2 metro, išilginis tako nuolydis negali viršyti 5 %, skersinis nuolydis leidžiamas iki 3,3%, maksimali nelygumų vertė – 20 mm. Tako susikirtimuose su važiuojamąja dalimi turi būti įrengti pažeminti gatvės bortai, išpėjamieji paviršiai. Liftai projektuojami remiantis reglamento STR 2.03.01 126-128 punktais. Įėjimo į liftą durų angos minimalus plotis – 0,85 metrai, mažiausias kabinos plotis – 1,1 metro, gylis – 2,1 metro ir 2,2 metrai yra minimalus lifto kabinos aukštis. Lifto iškvietimo ir valdymo mygtukai turi būti sumontuoti 0,9-1,2 m aukštyje nuo grindų. Mažiausias mygtuko skersmuo – 18 mm, mažiausias atstumas tarp mygtukų – 15 mm. Ant lifto kabinos sienų 0,9 m aukštyje nuo grindų būtina įrengti turėklus. Prieš pat įėjimą į liftą turi būti palikta ne mažesnė kaip 1,5 x 1,5 m laisva aikštelė, neatsižvelgiant į esamo tako plotį [2].

Esminiai reikalavimai, kurių privaloma laikytis projektuojant ypatingos paskirties pastatą, šiuo atveju pėsčiųjų viaduką, yra aprašyti dokumentuose: STR 1.01.06:2010 „Ypatingi statiniai“, STR 2.06.02:2001 „Tiltai ir tuneliai. Bendrieji reikalavimai“, LST EN 1991-2 2006. „Tiltu eismo apkrovos“, LST EN 1991-1-4 2005. „Bendrieji poveikiai. Vėjo poveikiai“, LST EN 1993-1-1 2005+AC 2006. „Bendrosios ir pastatų taisyklės“, K/163 „Statinių artumo gabaritų taikymo instrukcija“, ADV/001 „Techniniai geležinkelio naudojimo nuostatai“, STR 2.01.01(1):2005 „Esminiai statinio reikalavimai. Mechaninis atsparumas ir pastovumas, STR 2.01.01(3):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“, STR 2.01.01(4):2008 „Esminiai statinio reikalavimai. Naudojimo sauga“ ir kitais susijusiais dokumentais. Pėsčiųjų

viaduko projektavimo pradžia laikoma pasirašytos projektavimo darbų rangos sutarties įsigaliojimo diena. Projektas rengiamas vadovaujantis STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“ 4 skyriaus 1 skirsniu. Pastato projektas rengiamas dviem techniniu ir darbo projektų etapais [4]. Parengtam projektui statytojo užsakymu atestuota įmonė atlieka privalomąją ypatingo statinio projekto ekspertizę ir pateikia atitinkamas išvadas.

Remiantis STR 1.06.03:2002 „Statinio projekto ekspertizė ir statinio ekspertizė“, parengus ypatingo statinio techninį projektą yra privalomos šio projekto ekspertizės. Darbo projekto konstrukcinės dalies ekspertizė privaloma, jei tai nurodyta techninio projekto bendrosios ekspertizės akte. Atliekant bendrąją ar dalinę projekto ekspertizę sprendiniai turi atitikti reikalavimus pateiktus reglamento 6 punkte. Projektas yra tinkamai parengtas, jei atlikus ekspertizę, jo įvertinimas ekspertizės akte atitinka esminius statinio reikalavimus, privalomųjų projekto rengimo dokumentų ir kitų statybos teisės aktų reikalavimus [5].

Pėsčiųjų viaduko Mažeikiuose statybos darbams pradėti yra reikalingas leidimas statyti naują statinį, remiantis STR 1.07.01:2010 „Statybą leidžiantys dokumentai“. Šiame valstybiniame reglamente aprašyta leidimo išdavimo tvarka. Siekdamas gauti statybos leidimą, statytojas savivaldybės merui arba paskirtajam administracijos subjektui turi pateikti:

- nustatytos formos prašymą;
- sutartį su žemės savininku dėl sklypo laikino naudojimo statybos metu;
- statinio projektą;
- statinio projekto ekspertizės išvadas;
- statinio projekto patvirtinimo dokumentą;
- dokumentą dėl statinio statybos techninės priežiūros vadovo paskyrimo.

Dokumentus galima pateikti tiesiogiai ar nuotoliniu būdu, pasinaudojant Lietuvos Respublikos statybos leidimų ir statybos valstybinės priežiūros informacine sistema „Infostatyba“ (www.planuojustatyti.lt). Pastato statyba vykdoma rangos būdu. Vykdyti ypatingų statinių statybą turi teisę Lietuvos Respublikoje įregistruota statybos įmonė arba užsienio valstybės statybos įmonės, kurioms buvo suteiktas Vyriausybės įgaliotos institucijos išduotas atestatas, leidžiantis verstis šia veikla [6]. Statinio statybos darbams vadovauja tik nustatyta tvarka atestuoti vadovai, kurių veikla nurodyta STR 1.08.02:2002 „Statybos darbai“.

Pėsčiųjų viaduko statybos metu privalomai vykdomos techninė ir projekto vykdymo priežiūros. Techninę priežiūrą atlieka pastato statybos techninis prižiūrėtojas. Asmuo, paskirtas ar nusamdytas

paties objekto statytojo (užsakovo), priežiūros tikslas – kontroliuoti, ar statinys statomas laikantis parengto statinio techninio darbo projekto, statybos rangos sutarties, įstatymų, kitų teisės aktų, normatyvinių statybos techninių dokumentų, normatyvinių statybos darbų saugos ir paskirties dokumentų reikalavimų. Statinio projekto vykdymo priežiūrą (statybos metu), statinio projektuotojo pavedimu, atlieka statinio projekto rengėjas pagal statytojo (užsakovo) ir statinio projektuotojo statinio projekto vykdymo priežiūros sutartį. Projekto vykdymo priežiūros vadovas privalo užtikrinti, kad visais atvejais atlikti statinio projekto sprendinių pakeitimai atitiktų normatyvinių statybos techninių ir normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų reikalavimus.

Statytojas užbaigęs statyti naują statinį, padaliniui, esančiam apskrityje, kurioje yra statinys, teritorijoje, pateikia prašymą išduoti statybos užbaigimo aktą. Norėdamas gauti aktą, atsakingas asmuo parengia prašymą, prie kurio pridedami nurodyti su prašymu privalomai pateikti dokumentai (pagal STR 1.11.01:2010 „Statybos užbaigimas“ 2 priedą). Prašymas gali būti pateikiamas nuotoliniu būdu, pasinaudojant IS „Infostatyba“ (www.planuojustatyti.lt) arba tiesiogiai, pateikiant visus privalomus dokumentus Valstybinės teritorijų planavimo ir statybos inspekcijos teritoriniam padaliniui [7].

Užbaigus statinio statybą, Valstybinei teritorijų planavimo ir statybos inspekcijai prie Aplinkos ministerijos pateikiama statytojo (užsakovo) Aplinkos ministerijos nustatyto turinio deklaracija apie statybos užbaigimą, deklaracijos forma pateikiama STR 1.11.01:2010 „Statybos užbaigimas“ 5 priede. Kad deklaracija būtų patvirtinta, statytojas padaliniui turi pateikti laisvo turinio prašymą patvirtinti deklaraciją kartu su 2 deklaracijos kopijomis, statinio kadastro duomenų byla (kopija) ir kompiuterinė laikmena su statinio projekto kopija, pažymos apie energetikos įrenginių techninės būklės patikrinimą užbaigus jų montavimo, paleidimo–derinimo darbus.

2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1 Statinio situacija

Projektuojamas naujas pėsčiųjų viadukas per geležinkelį Mažeikiuose, nuo Mindaugo iki Bažnyčios gatvės. Viadukas statmena padėtimi įkomponuotas tarp dviejų lygiagrečiai nutiestų Stoties ir Geležinkelio gatvių. Abiejose viaduko pusėse driekiasi gyvenamųjų namų kvartalai. Teritorijoje akivaizdus žmogaus ūkinės veiklos rezultatas: nutiesti geležinkelio bėgiai, atitinkamos elektros ir kitos komunikacijos, įrengta pėsčiųjų perėja, dviračių takas, todėl projektuojamas viadukas itin reikšmingas patogiam ir saugiam geležinkelio bėgių kirtimui užtikrinti. Statinys per 30 metrų į šiaurės vakarus nutolęs nuo šiuo metu eksploatuojamos antžeminės pėsčiųjų perėjos per geležinkelį.

Išilginė viaduko simetrijos ašis sutampa su Mindaugo gatvės ašimi. Priešingas viaduko galas jungsis su esamu pėsčiųjų taku, vedančiu link pietvakariuose esančios Bažnyčios ir Geležinkelio gatvių sankirtos. Statinys projektuojamas jau esamos geležinkelio stoties ribose. Pašaliniai statiniai nepatenka į viaduko statybos zoną, tačiau ažūrinė geležinkelio tvora kerta užstatomą plotą. Papildomai projektuojamo statinio statybų zonoje auga 8 medžiai, vietomis reti krūmai, augalai turės būti pašalinti ruošiant numatytą zoną statybos darbams. Absoliutinis aukštis svyruoja nuo 70,80 iki 71,20 m. virš jūros lygio. Pagal LST EN 60721-3 pėsčiųjų viaduko statybos darbai bus vykdomi vidutinio klimato rajone, kur aplinkos oro temperatūra kinta nuo -35°C iki $+35^{\circ}\text{C}$, atmosferos slėgis nuo 84 kPa iki 106 kPa.

2.2 Architektūriniai sprendimai

Naujas 50,5 metrų ilgio pėsčiųjų viadukas priskiriamas ypatingų statinių grupei. Tarptramio ilgis $-45,05$ metro, statinio plotis $-4,0$ metrai (tarp 1,1 metro turėklų porankių vidinių briaunų). Pravažiavimo po viaduku gabaritas reglamentuojamas STR 2.06.02:2001 „Tiltai tuneliai. Bendrieji reikalavimai“. Kai viadukas kerta elektrifikuotą ar numatytą elektrifikuoti geležinkelį aukštis pasirenkant kaip atskaitos tašką geležinkelio bėgio viršų, iki statinio apačios turi būti nemažiau kaip 6,4 metro stotyse ir 6,9 metro kituose stočių keliuose. Šiame darbe gabarito aukštis $-7,34$ metro. Gabarito plotis priklauso nuo geležinkelio kelių skaičiaus, šioje situacijoje yra 4 geležinkelio keliai, tarp jų ašių minimalus atstumas turi būti ne mažesnis kaip 4,8 metro (techniniai geležinkelio naudojimo nuostatai), atstumas nuo kraštinio kelio ašies iki gretimos atramos šono $-2,9$ metrai. Naujo pėsčiųjų viaduko gabarito plotis $-41,05$ metro. Vertės atitinka visus geležinkeliams taikomus konstrukcijų priartėjimo gabarito reikalavimus.

Viadukas sudarytas iš dviejų pagrindinių dalių, tai betoninis $50,5 \times 4,5$ m. paklotas pėsčiųjų eismui, kurio bendras sudedamųjų sluoksnių storis $-0,245$ metro ir pakloto kartu su pėsčiųjų apkrovomis laikančioji trapecinio skerspjūvio, 1,74 metrų aukščio ir 4,1 metro pločio sija, sudaryta iš dviejų pastovaus skerspjūvio dvitėjų, suvaržytų vertikaliais ir horizontaliais ryšiais. Sijos ilgis 50 metrų. Atitinkamai sija perduos viaduko nuolatines ir laikinąsias apkrovas dviem gelžbetoninėms 0,5 metro diametro atramoms viaduko galuose, kurios montuojamas ant 0,4 metro aukščio ir 2000×2000 mm gelžbetonio rostverko pakloto ant 4 gręžtinių gelžbetoninių 0,4 m skersmens polių. Bendras viaduko pakloto plotas $-227,25$ kvadratiniai metrai. Beveik visu pakloto perimetru, 0,25 metro atstumu nuo kraštų, įrengiami metaliniai cinkuoti turėklai iš 2 metrų ilgio segmentų. Abiejuose viaduko galuose yra numatyta įrengti po vieną liftą neįgaliesiems bei dviejų tipų laiptatakus. Pėsčiųjų viaduko nulipimai, remiantis esamos teritorijos užstatymu projektuojami dviejų tipų: laiptinės tipo (Bažnyčios gatvės pusėje) ir ištiniai tiesūs laiptai (Stoties gatvės pusėje).

Abiejų tipų laiptatakų sudarančių elementų plotis –2400 mm, pakopų, atsižvelgus į rekomendacijas. Pasirenkamas – 300 mm plotis ir 150 mm aukštis, siekiant užtikrinti patogų ir netrikdomą pėsčiųjų eismą. Pakopų skaičius viename laiptatakyje ne viršija leistinų 14 vnt. rekomenduojamų nacionaliniame reglamente (STR 2.06.02:2001 „Tiltai tuneliai. Bendrieji reikalavimai“ [52]). Keleiviniai liftai neįgaliesiems abiejuose tilto pusėse vienodi. Lifo šachtos karkasas gelžbetoninis, atremtas ant gelžbetonio pamatų. Būtina atsižvelgti į tai, kad reikalinga lauko sąlygoms pritaikyta lifto kabina, minimalus kabinos plotis –1,1 metras, gylis –2,1 metras ir minimalus 2,2 metrų aukštis. Pritaikyta naudotis negalią turintiems žmonėms.

2.3 Konstrukciniai sprendimai

Viadukas projektuojamas kaip dviatramė sija. Kuri pusiau šarnyriškai remiasi į dvi atramines gelžbetonio kolonas. Kolonų pamatas sudarytas iš gelžbetoninio rostverko besiremiančio ant keturių polių. Pamatai ir antraminės kolonos suarmuojami neįtemptąją armatūra S500 ir S240. Pamato viršutiniai daliai (rostverko) 2000x2000mm naudojamas sunkusis betonas C25/30 XC2 XF2, ypač atsparus neigiamą poveikį turinčiai drėgnai aplinkai, ir papildomai atsparus ardymo poveikį sukelenčioms šildymo ir šaldymo ciklų kaitoms. Gręžtiniams, 400 mm skersmens, gelžbetonio poliams naudojamas tokios pat atsparumo gniuždymui klasės betonas C25/30 XC2 atsparus drėgnai aplinkai, kadangi gręžtiniai poliai eksploatavimo metu stovės šlapioje, labai retai visiškai išsausėjančioje terpėje, kur gelžbetonio konstrukcijoms teks ilgai mirkti vandenyje. Pastovaus skerspjūvio gelžbetoninėms 500 milimetrų diametro viaduko atramoms naudojamos konstrukcinės medžiagos, armavimui strypai S500, sunkusis C30/37 XC2 XF3 klasės betonas.

Projektuojama plieninė sija sudaryta iš dviejų šarnyrais suvaržytų dvitėjų, 1,74 metrų aukščio ir 50 metrų ilgio sija, gaminama iš S355 N/NL stiprumo klasės plieno. Sijos dvitėjai, kaip komponentai, gaminami iš atskirų skirtingo skerspjūvio plieno juostų. Viršutinė gniuždomoji sijos juosta, sudaryta iš –400mm pločio ir 50mm aukščio plieno juostos, lygiagrečios išilginės horizontalios tilto ašies atžvilgiu. Apatinė tempimo ir lenkimo jėgų veikiama juosta sudaryta iš vienos plieninės –500mm pločio ir 40mm aukščio juostos. Sijos lentynėlės projektuojamos iš 1650mm aukščio ir 40mm pločio plieninio lakšto. Sienulių šonai nufrezuojami tokiu kampu, kad visu skerspjūviu liestūsi prie viršutinių ir apatinės sijos juostų. Taip sukuriamas vientisas dvitėjis profilis. Sienuelės privirinamos prie pagrindinės sijos pusiau automatinio būdu (elektrodas E42, $d_w = 1,3mm$), stačiaja siūle. Statinio aukštis $k_f = 12mm$. Viršutinės juostos su sienuelėmis suvirinamos pusiau automatinio būdu (elektrodas E42, $d_w = 1,3mm$), stačiaja siūle. Statinio aukštis $k_f = 12mm$. Sijos sudedamieji elementai išilgai ašies suvirinami pusiau automatinio būdu iš abiejų pusių, statmenai ašiai.

Papildomai prie viršutinių sijos juostų, tam tikrais atstumais privirinamos plieninės atsparos, skirtos gelžbetoninio pakloto ir sijos standžiam sujungimui. Horizontalios ir vertikalios sąstandos ir ryšiai taip pat privirinamos prie sijos išilginių elementų. Sąstandos ir ryšiai yra būtini 50 metrų sijos pastovumo užtikrinimui ir pasipriešinimui tokio tipo sijose veikiančioms sukamiesiems momentams.

Tilto 4,5 metrų pločio ir 50,5 metrų ilgio paklotas formuojamas iš keturių sluoksnių:

- 220 mm storio gelžbetoninės briaunuotos perdangos plokštės;
- 3 mm storio dviejų lanksčių armuotųjų bituminių hidroizoliacinių lakštų;
- 20mm storio išlyginamasis betono sluoksnis (nuolydžių formavimui) C25/30 XF2;
- 2 mm storio epoksidinė savaime išsilyginanti danga grindų dangai Ceresit CF 37 su kvarcinio smėlio pabarstais;

Pakloto plokštės klojamos kas 6,704 metro, tarpai tarp jų užmonolitunami ir užarmuojami, C30/37 XC2 XF2 skiediniu ir S500 armatūros strypais, pagaminant vietos ilgio tilto paklotą. Ant pakloto klijuojama dviejų lanksčiųjų armuotųjų bituminių hidroizoliacinių lakštų danga [13]. Įrengiamas išlyginamasis sluoksnis, kurio pagalba suformuojami tilto išilginiai ir skersiniai nuolydžiai, kritulių nubėgimui. Naudojamas C25/30 XF2 klasės betoninis skiedinys, atsparuma vandeniui užtikrins paskutinysis epoksidinės dangos Ceresit CF 37 sluoksnis, kuris yra nepralaidus skysčiams, atsparus didelėms apkrovoms, pasižymi dideliu chemišku atsparumu bei atsparumu dėvėjimuisi. Klojama danga papildomai apibarstoma kvarciniu smėliu, tai užtikrins gerą sukibimą su tilto paviršiumi.

Viadukuose virš geležinkelių yra privaloma įrengti apsauginius atitvarus (turėklus), pėsčiųjų eismo saugumui užtikrinti. Reglamentuojamas turėklų aukštis 1,1 m. Ir maksimali anga tarp turėklo elementų –150 mm. (STR 2.06.02-2001 [82-83]). Turėklai montuojami iš 2 metrų ilgio segmentų, kurie sudaryti iš plieninių stačiakampio ir kvadratinio profilio elementų: Stačiakampis 30x50x2,5 mm profilis montuojamas kaip horizontali porankinė atbraila ir papildomai, kaip rėmas grotelėms. Grotelės –20x20x2,0 mm skersmens kvadratinio profilio, kuris su stačiakampiu profiliu kertasi statmenai. Susikirtimo vietos užvirinamos. Montuojami turėklai –0,25m atstumu nutolę nuo tilto pakloto išorinio perimetro.

Lifto šachtų gelžbetoniniai pamatai: rostverkas –2850x3450mm, gręžtinių Ø450mm polių (betonas – C25/30 XC2, armatūra –S500). Gelžbetoninės lifto šachtos matmenys sutampa su pamatiniu rostverko bloku –2850x3450mm, sienelių storisė –250mm. Šachta –12,175 metrų aukščio. Keleivinių liftų kabina pritaikyta lauko sąlygoms, ne siauresnė kaip 1100 mm, 2100 mm gylio ir 2200 mm aukščio.

Projekte numatomos dviejų tipų laiptinės:

Laiptinės tipo laiptai.

- Konstrukcinių elementų eiliškumas: gelžbetoniniai pamatai (betonas C30/37 XC2XF3, armatūra S500) ant gręžtinių polių Ø450mm (betonas C25/30 XC2, armatūra S500B), montuojamos plieninės dvitėjinio profilio vertikalios kolonos (S275 plieno markės), padengtos antikoroziniais dažais. Prie kolonų tvirtinamos skersinės sijos ir vertikalūs ryšiai S355, S275. Ant plieninio karkaso montuojamos surenkamos gelžbetoninės aikštelės ir laiptatakliai (C30/37 XC2 XF3, armatūra ir S500). Elementų plotis –2400 mm, pakopų plotis –300 mm, aukštis –150 mm. Pakopų skaičius viename laiptatakyje 14 vnt.

Ištisiniai tiesus laiptai.

- Sudaryti iš gelžbetoninių pamatų (betonas C30/37 XC2 XF3, armatūra S500B) paremtų ant gręžtinių polių Ø450mm (betonas C25/30 XC2, armatūra S500B), montuojamos surenkamo gelžbetonio kolonos (betonas C30/37 XC3 XF2, armatūra S500B). Prie gelžbetoninių kolonų tvirtinamos gelžbetoninės laiptasijos. Ant gelžbetoninių laiptasijų montuojamos surenkamos gelžbetoninės aikštelės ir laiptų maršai (C30/37 XC2 XF3, armatūra S240 ir S500B). Laiptų maršo elementų plotis –2200 mm, pakopų plotis –300 mm, aukštis –150 mm. Pakopų skaičius viename laiptatakyje neviršija leistinų 14 vnt.

3. KONSTRUKCINĖ DALIS

3.1 Apkrovų skaičiavimas

3.1.1 Nuolatinės apkrovos

Pakloto savasis svoris

Projektuojamo viaduko paklota sudarytas iš 4 sluoksnių: gelžbetoninių plokščių –200 mm storio, dvisluoksnis hidroizoliacijos sluoksnis 3 mm, išlyginamasis–nuolydžio formavimo sluoksnis (išilgine ir skersine kryptimis) 20 mm, kuris padengtas 2 mm epoksidine, kvarcinio smėlio pabarsto danga.

Pakloto gelžbetoninės plokštės pagamintos iš stipriojo –C30/37 XC2 XF2 kalsės betono. Atsparus neigiamą poveikį turinčiai drėgnai aplinkai, ir papildomai atsparus ardymo poveikį sukelenčioms šildymo ir šaldymo ciklų kaitoms. Pakloto plokštės tarpusavyje sumonolitinamos tokio patstiprumo klasės betonu. Priimu, kad betono C30/37 XC2 XF2 tankis –25 kN/m³.

$$q_{pl} = \rho_{pl} \cdot 0,2 = 25 \cdot 0,2 = 5 \text{ kN/m}^2. \quad (3.1)$$

Hidroizoliacijos sluoksnis, sudarytas iš dviejų lanksčių armuotųjų bituminių hidroizoliacinių lakštų tiesiant ant betono. Priimamas hidroizoliacinių lakštų tankis lygus 14 kN/m³.

$$q_{hidroizoliacijos, k} = \rho_{hidroizoliacijos} \cdot 0,003 = 14 \cdot 0,003 = 0,042 \text{ kN/m}^2. \quad (3.2)$$

Išlyginamasis betono sluoksnis (nuolydžių formavimui) –C25/30 XF2. Šis pakloto sluoksnis turės nuolatinį tiesioginį kontaktą su krituliais, bei papildomai bus veikiamas ledo tirpinimo medžiagomis. Betono tankis –20 kN/m³.

$$q_{išlyg, k} = \rho_{išlyg} \cdot 0,02 = 20 \cdot 0,02 = 0,4 \text{ kN/m}^2. \quad (3.3)$$

Epoksidinė savaimė išsilyginanti danga grindims Ceresit CF 37 su kvarcinio smėlio pabarstais išlyginamojo sluoksnio padengimui. Sudedamosios dalys: 1. Pagrindinis sluoksnis – 0,35kg/m² (A komponentas) 2. Apibarstymas kvarciniu smėliu –2,5 kg/m² 3. Dengiamasis sluoksnis – 0,4kg/m² (B komponentas). Bendrai visi sluoksniai sudaro 3,25 kg/m².

$$q_{dangos, k} = i_{šei} g_{dangos} \cdot g = 3,25 \cdot 9,8 = 0,032 \text{ kN/m}^2. \quad (3.4)$$

Viadukuose virš geležinkelių būtini apsauginiai atitvarai (turėklai), pėsčiųjų eismo saugumui. Reglamentuojamas turėklų aukštis 1,1 m. Ir maksimali anga tarp turėklo elementų –150 mm. (STR 2.06.02-2001 [82-83]). Turėklai montuojami iš 2 metrų ilgio segmentų, kurie sudaryti iš plieninių stačiakampio ir kvadratinio profilio elementų. Vieno segmento svoris:

$$P_{segment ,k} = m_{segment} \cdot g = 36,51 \cdot 9,8 = 0,358 \text{ kN}. \quad (3.5)$$

$$Q_{segment ,k} = P_{segment} / 2 = 0,358 / 2 = 0,179 \text{ kN/m}. \quad (3.6)$$

Plieninių turėklų dukrlisms tiesinė apkrova –0,179kN/m. priimama kaip tolygiai išskirstyta visame pakloto plote:

$$q_{tur \acute{e}kl,k} = Q_{segment ,k} / 50 = 0,179 / 50 = 0,004 \text{ kN/m}. \quad (3.7)$$

Projektuojamo pakloto suminė savojo svorio sukeltos apkrovos charakteristinė reikšmė:

$$q_{pakloto ,k} = q_{pl,k} + q_{hidroizoliacijos ,k} + q_{išlyg ,k} + q_{dangos ,k} + q_{tur \acute{e}kl,k} = 5 + 0,042 + 0,4 + 0,032 + 0,004 = 5,478 \text{ kN/m}^2. \quad (3.8)$$

3.1.2 Laikinosios apkrovos

Pėsčiųjų minios apkrova (4-asis apkrovos modelis)

Projektuojant pėsčiųjų tiltus, pagal ketvirtąjį apkrovos modelį traktuojama, jog pėsčiųjų sukeliama išskirstyta apkrova $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$ atitinka statinai ištinės didelios minios nepalankiausių efektą, esant tokiai rizikai [14].

$$q_{f,k} = 5 \text{ kN/m}^2. \quad (3.9)$$

Tilto vėjo apkrovų skaičiavimas

Pagrindinės reikšmės

Mažeikiai: vėjo greičio pagrindinės atskaitinės reikšmės $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$.

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}; \quad (3.10)$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 24 \cdot 1 \cdot 1 = 24 \text{ m/s};$$

čia: v_b – pagrindinis vėjo greitis, apibrėžtas kaip vėjo krypties ir metų laiko funkcija, vėjui pučiant 10 m aukštyje virš II kategorijos vietovės žemės paviršiaus; $v_{b,0}$ – svarbiausioji pagrindinio vėjo greičio reikšmė; c_{dir} – krypties koeficientas; (rekomenduojama reikšmė $c_{dir} = 1,0$); c_{season} – metų laikų koeficientas (rekomenduojama reikšmė yra $c_{season} = 1,0$) [15];

Vidutinis vėjo greitis

Vidutinis vėjo greitis $v_m(z)$ virš vietovės aukštyje z , priklausantis nuo vietovės šiurkštumo ir kalvotumo bei nuo pagrindinio vėjo greičio v_b , nustatomas pagal išraišką.

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b; \quad (3.11)$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,79 \cdot 1 \cdot 24 = 18,96 \text{ m/s};$$

čia: $c_r(z)$ – šiurkštumo koeficientas; $c_0(z)$ – kalvotumo koeficientas, imamas lygus 1,0;

Vietovės šiurkštumas

Šiurkštumo koeficientu $c_r(z)$ įvertinamas vėjo kitimas vietovėje.

- ✓ Aukščio virš žemės paviršiaus;
- ✓ Žemės paviršiaus šiurkštumo, kai nagrinėjama vėjo kryptis – nuo konstrukcijos prieš vėją.

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right); \quad \text{kai } z_{\min} \leq 10,9 \leq z_{\max}; \quad (3.12)$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{10,9}{0,3}\right) = 0,79$$

Pasirenkama III vietovės kategorija. $z_0 = 0,3 \text{ m}$; $z_{\min} = 5 \text{ m}$; $z_{\max} = 200 \text{ m}$.

čia: z_0 – šiurkščiojo ruožo ilgis; k_r – vietovės koeficientas, priklausantis nuo šiurkščiojo ruožo ilgio z_0 ir apskaičiuojamas pagal:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,22 \quad (3.13)$$

Vėjo turbulencija

Aukštyje z turbulencijos intensyvumas $l_v(z)$ yra lygus standartiniam turbulencijos nuokrypiui, padalintam iš vidutinio vėjo greičio.

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_I ; \quad (3.14)$$

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_I = 0,28 \cdot 24 \cdot 1 = 6,72 ;$$

čia: k_I – turbulencijos koeficientas. k_I reikšmę galima pateikti nacionaliniame priede.

Rekomenduojamoji k_I reikšmė yra 1,0;

kai $z_{\min} \leq 10,9 \leq z_{\max}$;

$$l_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln(10,9/0,3)} = 0,28 ; \quad (3.15)$$

Viršūninio greičio slėgis

Viršūninis greičio slėgis apima vidutinį ir trumpalaikius greičio svyravimus.

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,28] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 18,96^2 = 0,67 \text{ kN/m}^2 ; \quad (3.16)$$

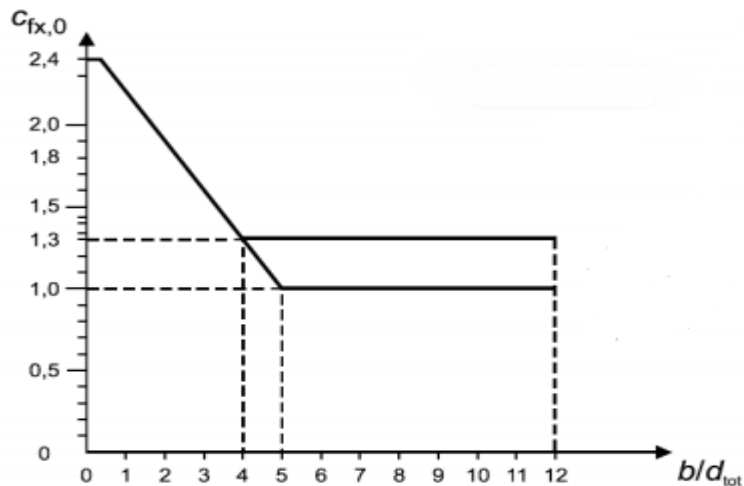
čia: ρ – oro tankis, kuris priklauso nuo altitudės, vėjų audrų zonoje numatomos temperatūros ir barometro slėgio; $c_e(z)$ – ekspozicijos koeficientas.

Jėgos koeficientai x kryptimi (bendrasis metodas)

Tiltų perdangų vėjo poveikių jėgos koeficientai x kryptimi:

$$c_{f,x} = c_{fx,0} \quad (3.17)$$

čia: $c_{fx,0}$ – jėgos koeficientas, neatsižvelgiant į laisvojo galo tėkmę radamas pagal duotą grafiką:



3.1 Paveikslas. Tiltų jėgos koeficientai $c_{fx,0}$

Kai viaduko abiejose pusėse yra atviras saugos atitvaras aukštis $d_{tot} = d + 1,2m$.

Tai :

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{4,5}{2,225 + 1,2} = 1,17 \quad (3.18)$$

Jėgos koeficiento reikšmė nustatoma interpoliuojant: $c_{fx,0} = 2,15$

Kadangi priešvėjinis paviršius yra pasviręs kampū $\alpha = 20^\circ$ vertikalės atžvilgiu, tai jėgos koeficiento reikšmę galima sumažinti po 0,5 % už kiekvieną posvyrio laipsnį (viso 10 %):

Tai: $c_{fx,0} = 2,15 / 1,1 = 1,95$

Jėga x kryptimi (supaprastintas metodas)

Vėjo jėga x kryptimi:

$$F_{W,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 3,627 \cdot 172,963 = 0,392 \text{ kN} \quad (3.19)$$

čia: v_b – atskaitos vėjo greitis 24m/s; C – vėjo apkrovos koeficientas. $C = c_e \cdot c_{f,x}$, čia c_e – ekspozicijos koeficientas;

$$C = c_e \cdot c_{f,x} = 1,86 \cdot 1,95 = 3,627 \quad (3.20)$$

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_p} = \frac{0,67}{0,36} = 1,86 \quad (3.21)$$

$$q_p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 24^2 = 0,36 \text{ kN/m}^2; \quad (3.22)$$

čia: q_p – viršūninio greičio slėgis;

$A_{ref,x}$ – atskaitos plotas:

$$A_{ref,x} = d_{tot} \cdot L = 3,425 \cdot 50,5 = 172,963 \text{ m}^2 \quad (3.23)$$

Jėga z kryptimi

Vėjo jėga z kryptimi:

$$F_{W,z} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,z} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 1,674 \cdot 227,25 = 0,238 \text{ kN} \quad (3.24)$$

čia: v_b – atskaitos vėjo greitis 24m/s; C – vėjo apkrovos koeficientas. $C = c_e \cdot c_{f,z}$, čia c_e – ekspozicijos koeficientas, $c_{f,z}$ – keliamosios jėgos koeficientas, rekomenduojama reikšmė $c_{f,z} = 0,9$; [15].

$$C = c_e \cdot c_{f,z} = 1,86 \cdot 0,9 = 1,674 \quad (3.25)$$

$A_{ref,z}$ – atskaitos plotas:

$$A_{ref,z} = b \cdot L = 4,5 \cdot 50,5 = 227,25 \text{ m}^2 \quad (3.26)$$

3.1.3 Veikiančios apkrovos:

3.1 lentelė. Apkrovų suvestinė

Apkrovos pavadinimas	Charakteristinė reikšmė, kN/m ²	Daliniai apkrovų patikimumo koeficientai γ_Q, γ_G	Skaičiuotinė reikšmė, kN/m ²
1. Pakloto	5,478	1,35	7,40
2. Pėsčiųjų	5,0	1,5	7,50
3. Vėjo _{x,projekcija}	0,0023	1,5	0,0035
4. Vėjo _{z,projekcija}	0,0015	1,5	0,0023

3.2 Pakloto briaunuotoji gelžbetoninė plokštė

Viaduko paklota įrengtas ant surenkamų briaunuotųjų gelžbetonio plokščių. Briaunota plokštė projektuojama iš C30/37 XC2 XF2 klasės betono, kietinamo šildant atmosferinio slėgio kameroje.

C30/37 betonui $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, $f_{cm} = 38 \text{ MPa}$, $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$.

Armavimui naudojama S500 stiprumo klasės armatūra. Jos skaičiuotinis stipris $f_{yd} = 450 \text{ MPa}$.

3.2 lentelė. Plokštę veikiančių apkrovų suvestinė

Apkrovos pavadinimas	Charakteristinė reikšmė, kN/m^2	Daliniai apkrovų patikimumo koeficientai γ_Q , γ_G	Skaičiuotinė reikšmė, kN/m^2
1. Epoksidinė danga	0,032	1,35	0,043
2. išlyginamasis sluoksnis	0,4	1,35	0,54
3. Hidroizoliacija	0,042	1,35	0,057
4. Turėklai	0,004	1,35	0,005
5. Laikinoji	5,0	1,5	7,5
Viso:	5,478		8,145

Plokštės geometriniai duomenys

$$h_{pl} = 10 \cdot l_s \cdot \sqrt{(l_s + q_k) / f_{cd}} = 10 \cdot 2,75 \cdot \sqrt{(2,75 + 10,478) / 18} = 23,57 \text{ mm}$$

$$h_{sb} = 75 \cdot l_{sb} \cdot \sqrt{(0,55l_{sb} + q_k) / f_{cd}} = 75 \cdot 4,5 \cdot \sqrt{(0,55 \cdot 4,5 + 10,478) / 18} = 242,87 \text{ mm}$$

$$h_{mb} = 90 \cdot \sqrt{(0,5l_{mb}^2 + q_k l_{sb}) l_{mb} / f_{cd}} = 90 \cdot \sqrt{(0,5 \cdot 5,5 + 10,478 \cdot 4,5) 5,5 / 18} = 351,43 \text{ mm}$$

$$h_{red} = h_{pl,red} + h_{sb,red} + h_{mb,red} = 23,57 + 242,87 + 351,43 = 617,87 \text{ mm}$$

Kadangi tiltų plokščių aukščiai yra ribojami, ploštės parametrus priimam atsižvelgdami į konkrečią situaciją: $h_{pl,red}=70$; $h_{sb,red}=150$ mm; $h_{mb,red}=200$ mm; $b_{sb,red}=140$ mm; $b_{mb,red}=300$ mm;

Nustatomi dvitramės plokštės skaičiuojamieji ilgai:

Trumpąja kryptimi:

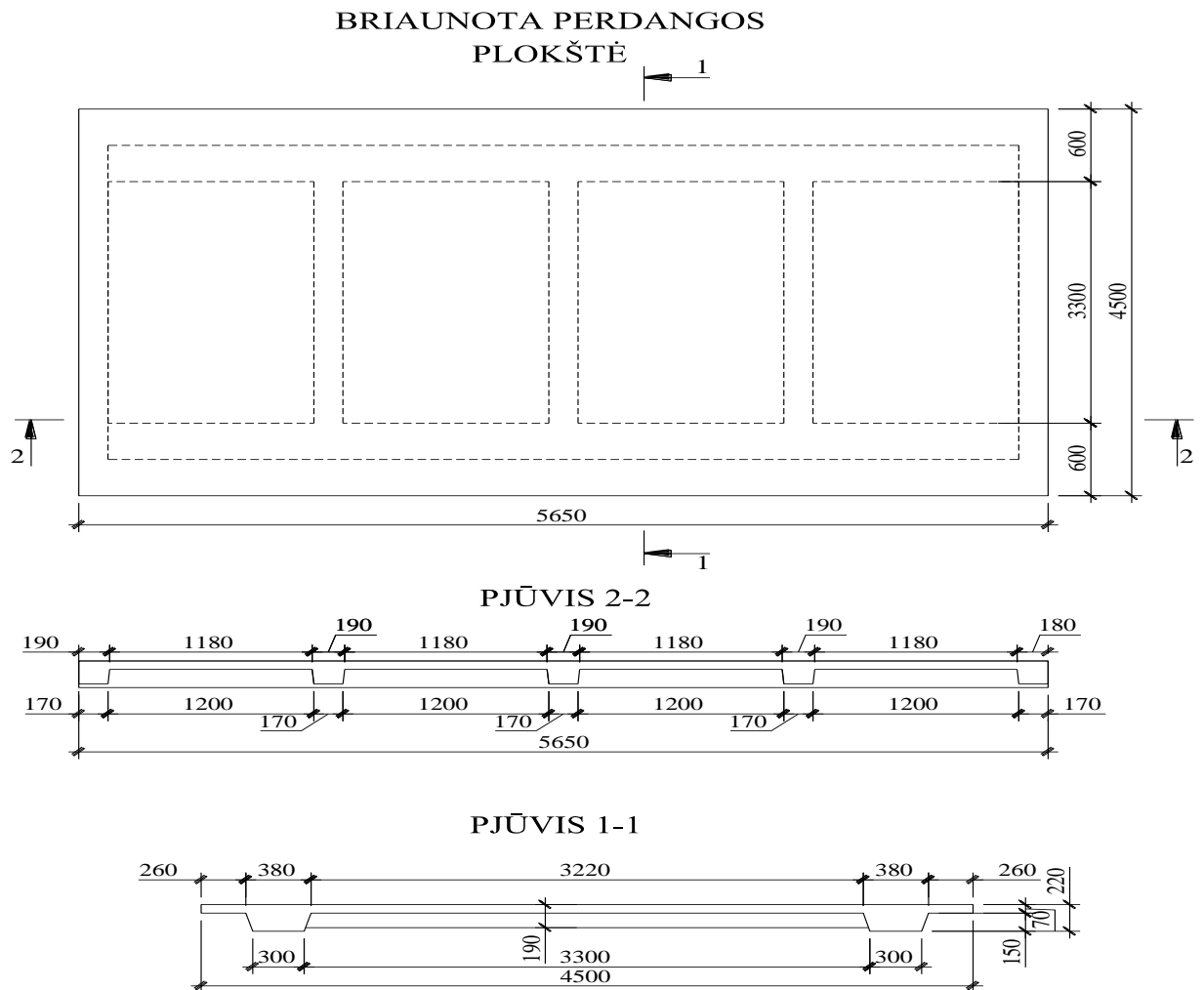
$$b_{eff} = l_s - b_{sb} = 1,370 - 0,170 = 1,2 \text{ m}; \quad (4.1)$$

Ilgąja kryptimi:

$$l_{eff} = l_{sb} - b_{mb} - 2 \cdot c = 4,5 - 0,3 - 2 \cdot 0,3 = 3,6 \text{ m}; \quad (4.2)$$

$$l_{eff} / b_{eff} = 3,6 / 1,2 = 3 > 2$$

Kadangi atvejais $l_{s2} / l_{s1} > 2$, tai lentyna skaičiuojama kaip dvitramė nekarpyta sija.



3.2 pav. Plokštės lentynos konstrukcinė schema

3.2.1 Plokštės lentynos skaičiavimas ir konstravimas **Skaičiuojamosios iraižos**

Apskaičiuojams plokštę veikiantis lenkimo momentas skersine kryptimi:

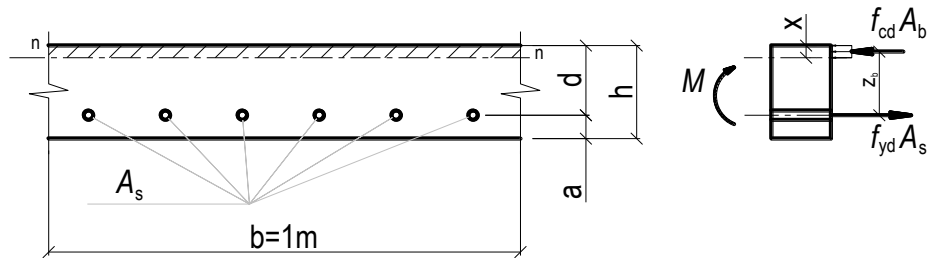
$$M_{Ed} = \frac{p \cdot l_{s2}^2}{16} = \frac{11,315 \cdot 3,6^2}{16} = 9,165 \text{ kNm}; \quad (4.3)$$

$$p = q_d + g_d^{pl} = 8,145 + 3,17 = 11,315 \text{ kN/m}; \quad (4.4)$$

$$g_d^{pl} = h_{pl} \cdot \rho \cdot l_s \cdot \gamma_g = 0,07 \cdot 25 \cdot 1,37 \cdot 1,35 = 3,17 \text{ kN/m}; \quad (4.5)$$

Kai p yra lygus plokštės denginio, pėsčiųjų laikinosios ir plokštės savojo svorio sukeltamų apkrovų sumai.

Armatūros skaičiavimas



3.3 pav. Plokštės normalinio pjūvio stiprumo tarpatramyje skaičiuojamoji schema

Apsauginis betono sluoksnis dėl specialios terpės priimamas $a = 0,04m$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas gali būti apskaičiuojamas kreivinę (tikrąją) gniuždomo betono diagramą pakeičiant supaprastinta stačiakampe diagrama (6 pav.). Tokiu redukavimo būdu atsiradę gniuždomos betono zonos ir gniuždymo įtempių redukavimo koeficientai λ ir η priklauso nuo betono klasės.

Kai $f_{ck} \leq 50MPa \rightarrow \lambda = 0,8; \eta = 1,0;$

Randame gniuždomos zonos aukštį iš jėgų projekcijų į išilginę elemento ašį ir lenkimo momentų apie tempiamos armatūros svorio centrą pusiausvyros lygčių:

$$\left(\sum F = 0\right) \rightarrow \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x = f_{yd} \cdot A_s ; \quad (4.6)$$

$$\left(\sum M = 0\right) \rightarrow \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x(d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = M_{Eds} ; \quad (4.7)$$

$$\eta \cdot \lambda \cdot x(d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = \mu_{Eds} \cdot d^2 \rightarrow M_{Rds} = M_{Eds} = \mu_{Eds} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 ; \quad (4.8)$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{f_{cd} b d^2} = \frac{9,165}{18000 \cdot 1 \cdot 0,07^2} = 0,104 \leq \mu_{Eds,lim} \quad (4.9)$$

$$\text{Čia: } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \alpha = \frac{30}{1,5} \cdot 0,9 = 18MPa \quad (4.10)$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,45(1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,45) = 0,295; \quad (4.11)$$

Apskaičiuojamas minimalus armatūros darbo aukštis:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{M_B}{\mu_{Eds,lim} \cdot f_{cd} \cdot b_{sb}}} = \sqrt{\frac{9,165 \cdot 10^6}{0,295 \cdot 18 \cdot 140}} = 41mm \quad (4.27)$$

Išreiškiame elemento santykinį gniuždomosios zonos aukštį:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,104}{1}} \right) = 0,138 \leq \xi_{lim} = 0,45 \quad (4.12)$$

Sąlyga tenkinama.

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas plokštės lentynos viename metre:

$$A_{s, reik} = \frac{\eta f_{cd} b \lambda \xi d}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,138 \cdot 0,07}{450} = 0,000309 m^2 = 3,09 cm^2 / m \quad (4.13)$$

Reikiamas 8mm armatūros strypų skersmens žingsnis plokštėje:

$$s_{max} = \frac{b \cdot A_{s, strypo}}{A_{s, reik}} = \frac{1000 \cdot 50,3}{381} = 132 mm \quad (4.14)$$

3.3 Lentelė. Plokštės tinklų armatūra

Skaičiuojamieji plokštės pjūviai	A_s, cm^2 , pagal skaičiavimą	Numatytas armavimas			
		Darbo strypai Ø 8 S500		Pagalbiniai strypai S500	
		s, mm	A_s, cm^2	d, mm	u, mm
Standžiai įtvirtintų plokščių tarpatriumose ir atramose	3,09	150	3,521	4	200

Priimu, jog plokštė bus armuojama armatūros tinklais, kuriuos sudarys 7 S500 klasės, 8 mm skersmens (su $A_s=3,521 cm^2/m$) armatūros darbiniai strypai išdėstyti 150 mm žingsniu .

Istrižojo stiprumo patikrinimas

Didžiausia skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 0,6 \cdot p_d \cdot b_{eff} = 0,6 \cdot 11,315 \cdot 1,2 = 8,147 kN; \quad (4.15)$$

Apskaičiuojame plokštės įstrižojo pjūvio stiprumą:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d = \left[0,12 \cdot 2 (100 \cdot 0,00503 \cdot 16)^{1/3} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 1000 \cdot 70 = 33667 N; \quad (4.16)$$

$$(v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,396 + 0,15 \cdot 0) 1000 \cdot 70 = 27720 N; \quad (4.17)$$

Čia:

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/70} = 2,69 > 2,0 \quad (4.18)$$

Priimam $k=2.0$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{352,1}{1000 \cdot 70} = 0,00503 \leq 0,02 \text{ mm}. \quad (4.19)$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \quad (4.20)$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,396 \quad (4.21)$$

Kadangi $(v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 27720N < V_{Rd,c} = 33667N$, tai pasirenkam $V_{Rd,c} = 33,67kN$

Patikriname plokštės įstrižąjį stiprumą $V_{Ed} = 8,147kN < V_{Rd,c} = 33,67kN$

Pjūvio stiprumas pakankamas.

3.2.2 Briaunuotosios plokštės šalutinės sijos skaičiavimas ir konstravimas

Monolitinės briaunuotos perdangos šalutinių sijų apkrovos apskaičiuojamos įvertinant naudojimo apkrovą, monolitinės plokštės savąjį svorį ir pačios sijos dalies, esančios žemiau plokštės, savąjį svorį:

$$p_d'' = q_d + g_d^{pl} + g_d^{sijos} = 8,145 + 3,17 + 0,378 = 11,693 \text{ kN/m};$$

$$g_d^{sijos} = b_{sb} (h_{sb} - h_{pl}) \cdot \gamma \cdot \gamma_g = 0,14 \cdot (0,15 - 0,07) \cdot 25 \cdot 1,35 = 0,378 \text{ kN/m};$$

Šalutinės sijos skaičiuojamieji ilgai nustatomi analogiškai sijinei plokštei:

$$a = \min\{0,5h_{sb}; 0,5b_{mb}\} = \min\{0,5 \cdot 0,15; 0,5 \cdot 0,3\} = 0,075 \text{ mm} \quad (4.22)$$

Nustatomi dviatramės sijos skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff2} = l_{sb} - b_{mb} - 2 \cdot c + 2 \cdot a = 4,5 - 0,3 - 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,075 = 3,75 \text{ m};$$

Skaičiuojamosios iražos

Apskaičiuojams lenkimo momentas tarpatramyje:

$$M_1 = 0,042g \cdot l_{eff_2}^2 + 0,083q \cdot l_{eff_2}^2 = 0,042 \cdot 4,193 \cdot 3,75^2 + 0,083 \cdot 7,5 \cdot 3,75^2 = 11,23kNm; \quad (4.23)$$

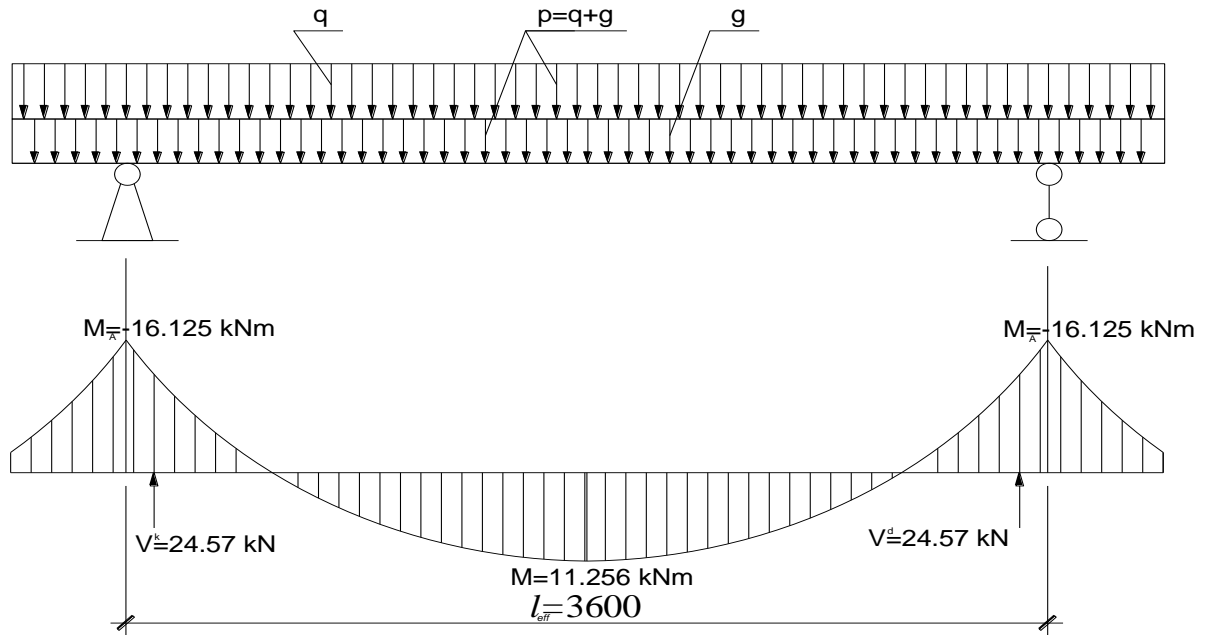
Kai apkrova $q=7,5kN/m$, o su sumine nuolatinė apkrova $g=0,378+3,17+0,645=4,193kN/m$.

Apskaičiuojams lenkimo momentas atramos:

$$M_A = -0,083g \cdot l_{eff_2}^2 - 0,106q \cdot l_{eff_2}^2 = -0,083 \cdot 4,193 \cdot 3,75^2 - 0,106 \cdot 7,5 \cdot 3,75^2 = -16,07kNm; \quad (4.24)$$

Apskaičiuojams skersinių jėgų reikšmės atramos:

$$V^d = V^k = 0,5g \cdot l_{eff_2} + 0,591q \cdot l_{eff_2} = 0,5 \cdot 4,193 \cdot 3,75 + 0,591 \cdot 7,5 \cdot 3,75 = 24,48kNm \quad (4.25)$$



3.4 pav. Šalutinės sijos skaičiuojamoji schema, lenkimo momentų ir skersinių įrašų diagrama

Kadangi sija apskaičiuota neįvertinus plastinių šarnyrų, tai ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis pasirenkamas $\xi_{lim} = 0,45$, tuomet dydis $\mu_{Ed,s}$ lygus:

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,45 (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,45) = 0,295; \quad (4.26)$$

Apskaičiuojamas minimalus sijos darbo aukštis:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{M_B}{\mu_{Eds,lim} \cdot f_{cd} \cdot b_{sb}}} = \sqrt{\frac{16,07 \cdot 10^6}{0,295 \cdot 18 \cdot 140}} = 141mm \quad (4.27)$$

Priimam $d_{\min} = 140\text{mm}$. Kadangi apsauginis betonos sluoksns $a = 40\text{mm}$ ir didžiausias galimas išilginės armatūros skersmuo lygus 20mm, apskaičiuojame reikalingą plokštės storį, pagal normaliniam pjūviui keliamus reikalavimus:

$$h_{sb} \geq 140 + 40 + \frac{20}{2} = 190\text{mm} \quad (4.28)$$

Kadangi gautas sijos aukšti $h_{sb} = 190\text{mm} > 150\text{mm}$, tai priimame šalutinės sijos aukštį 190mm, to pasekoje padidėja sijos savasis svoris ir veikiančios įrašos:

$$p_d'' = q_d + g_d^{pl} + g_d^{sijos} = 8,145 + 3,17 + 0,689 = 12,004\text{ kN/m};$$

$$g_d^{sijos} = b_{sb} (h_{sb} - h_{pl}) \cdot \gamma \cdot \gamma_g = 0,17 \cdot (0,19 - 0,07) \cdot 25 \cdot 1,35 = 0,689\text{ kN/m};$$

Skaičiuojamieji momentai:

Kai apkrova $q = 7,5\text{kN/m}$, o su sumine nuolatine apkrova $g = 0,378 + 3,17 + 0,689 = 4,237\text{kN/m}$.

Momentas tarpatramyje:

Apskaičiuojams lenkimo momentas tarpatramyje:

$$M_1 = 0,042g \cdot l_{eff_2}^2 + 0,083q \cdot l_{eff_2}^2 =$$

$$0,042 \cdot 4,237 \cdot 3,75^2 + 0,083 \cdot 7,5 \cdot 3,75^2 = 11,256\text{kNm};$$

Apskaičiuojams lenkimo momentas atramose:

$$M_A = -0,083g \cdot l_{eff_2}^2 - 0,106q \cdot l_{eff_2}^2 =$$

$$-0,083 \cdot 4,237 \cdot 3,75^2 - 0,106 \cdot 7,5 \cdot 3,75^2 = -16,125\text{kNm};$$

Apskaičiuojams skersinių jėgų reikšmės atramose:

$$V^d = V^k = 0,5g \cdot l_{eff_2} + 0,591q \cdot l_{eff_2} = 0,5 \cdot 4,237 \cdot 3,75 + 0,591 \cdot 7,5 \cdot 3,75 = 24,57\text{kN}$$

Sijos skerspjuvio ir išilginės darbo armatūros skaičiavimas

Nustatomas skaičiuojamos sijos skaičiuojamasis plotis:

$$b = \frac{(l_s - b_{sb})}{2} = \frac{(1370 - 170)}{2} = 600\text{mm}; \quad (4.29)$$

$$b_{eff,1} = b_{eff,2} = 0,2 \cdot 600 + 0,1 \cdot 3850 = 505mm \leq 0,2 \cdot 3850 = 770mm;$$

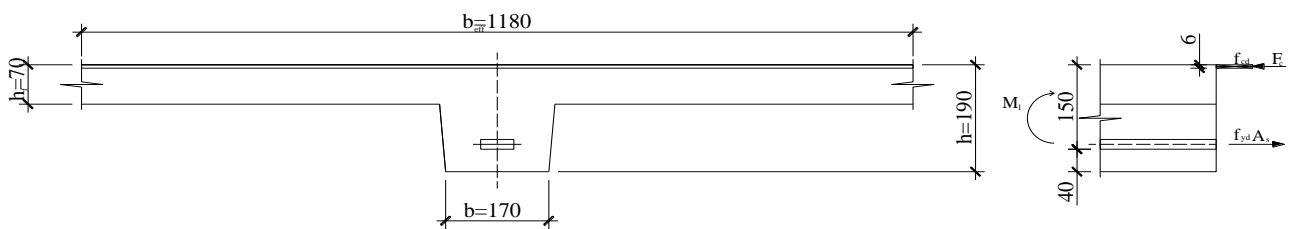
$$l_0 = 0,7 \cdot 5500 = 3850mm \quad (4.30)$$

$$b_{eff} = 505 + 170 + 505 = 1180mm; \quad (4.31)$$

Prieš apskaičiuojant reikiamą armatūros kiekį pirmiausia nustatoma neutralios ašies padėtis, pagal apskaičiuotą lenkimo momentą, kai yra gniuždomas tik juostos plotas $x = h_f$:

$$M_f = \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot \lambda \cdot h_f \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot h_f) = 1,0 \cdot 18 \cdot 1180 \cdot 0,8 \cdot 70 \cdot (190 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 70) = 192,7kNm \quad (4.32)$$

Kadangi $M_f = 192,7kNm > M_1 = 11,256kNm$ neutralioji ašis bus juostoje.



3.5 pav. Normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema

Apskaičiuojamas armatūros kiekis tarpatriamiose:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_1}{f_{cd} b_{eff} d^2} = \frac{11,256}{18000 \cdot 1,15 \cdot 0,14^2} = 0,03 \leq \mu_{Eds,lim}$$

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,03}{1}} \right) = 0,038 \leq \xi_{lim} = 0,45$$

$$A_{s,reik} = \frac{\eta f_{cd} b \lambda \xi d}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 1180 \cdot 0,8 \cdot 0,038 \cdot 140}{450} = 241,37 mm^2 = 2,41 cm^2.$$

Čia $\xi d = 0,038 \cdot 140 = x = 6,02 < h_f = 70mm$

Pasirenkame 1Ø12 ir 2 Ø10, kurio $A_s = 1,131 + 2 \cdot 0,785 = 2,701 cm^2 > 2,41 cm^2$.

Reikiamas armatūros kiekis atramos:

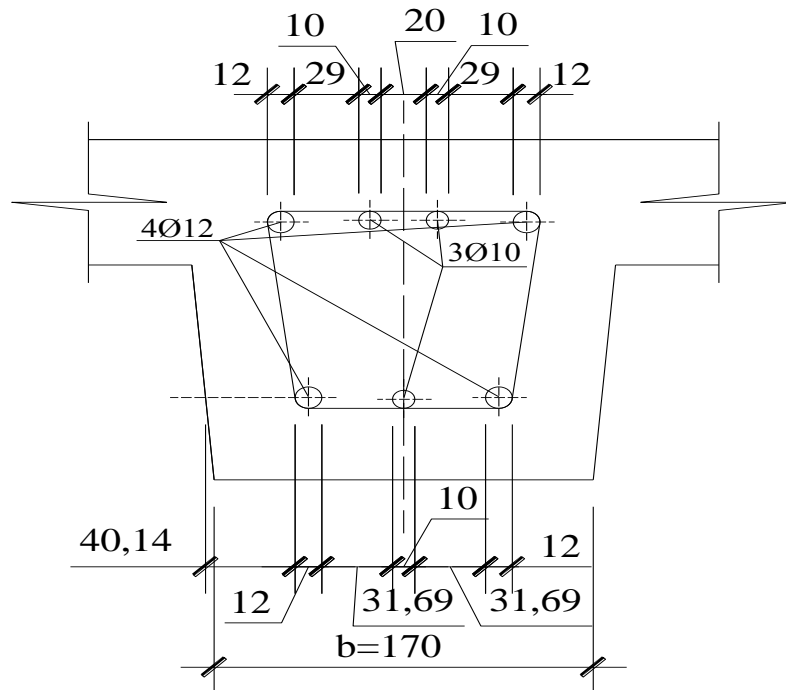
$$\mu_{Eds} = \frac{M_B}{f_{cd} b_w d^2} = \frac{16,125}{18000 \cdot 0,17 \cdot 0,14^2} = 0,269 \leq \mu_{Eds,lim}$$

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,269}{1}} \right) = 0,4 \leq \xi_{lim} = 0,45$$

$$A_{s,reik} = \frac{\eta f_{cd} b \lambda \xi d}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 170 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 140}{365} = 375,58 \text{ mm}^2 = 3,756 \text{ cm}^2$$

Čia $\xi d = 0,4 \cdot 140 = x = 56 < h_f = 70 \text{ mm}$

Pasirenkame 2Ø12 ir 2Ø10, kurio $A_s = 2 \cdot 1,131 + 2 \cdot 0,785 = 3,832 \text{ cm}^2 > 3,756 \text{ cm}^2$.



3.6 pav. Armatūros išdėstymas šalutinėje sijoje

Skersinės armatūros skaičiavimas

Iš ribojamo intervalo pasirenkame mažiausią kampo θ reikšmę lygią 22° . Apskaičiuojame didžiausią sijos atsparumo skersinėms įrąžoms vertę:

$$V_{Rd,max} = 0,124 \cdot b_w \cdot d \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{ck} = 0,124 \cdot 170 \cdot 140 \left(1 - \frac{30}{250} \right) 30 = 77,91 \text{ kNm}, \quad (4.33)$$

$$V_{Ed} = V - p \cdot d = 24,57 - 11,737 \cdot 0,14 = 22,93 \text{ kNm}, \quad (4.34)$$

Tikriname ar tenkinama sąlyga:

$$V = 22,93 \text{ kNm} \leq V_{Rd, \max} = 77,91 \text{ kNm},$$

Salyga tenkinama.

Skaičiuojamas reikiamas skersinės armatūros kiekis šalutinės sijos armavimui:

$$\frac{A_{sw, \min}}{s} = \frac{0,08 b_w \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot 170 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,15 \text{ mm} \quad (4.35)$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V}{0,78 \cdot d \cdot f_{yk} \cdot \cot \theta} = \frac{22930}{0,78 \cdot 140 \cdot 500 \cdot 2,5} = 0,168 \text{ mm} \quad (4.36)$$

Didžiausias išilginis tarpas tarp skersinės armatūros, kai skersinė armatūra su išilgine elemento ašimi sudaro 45° kampą:

$$s_{l, \max} = 0,75d(1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 140(1 + \cot 45) = 268 \text{ mm} \quad (4.37)$$

Pasirenkame strypus $\varnothing 6 \text{ mm}$ ir išdėstome jas $s=150 \text{ mm}$ žingsniu, santykis $\frac{A_{sw}}{s} = 0,189 \text{ mm} > 0,168 \text{ mm}$.

Juostos skaičiavimas nuo šlyties

Didžiausia skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V^d = V^k = 0,5g \cdot l_{\text{eff}_2} + 0,591q \cdot l_{\text{eff}_2} = 0,5 \cdot 4,237 \cdot 3,75 + 0,591 \cdot 7,5 \cdot 3,75 = 24,57 \text{ kNm}$$

Apskaičiuojame plokštės įstrižojo pjūvio stiprumą:

$$V_{Rd, c} = \left[C_{Rd, c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d = \left[0,12 \cdot 2 (100 \cdot 0,016 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 170 \cdot 140 = 20759 \text{ N}; \quad (4.38)$$

$$(v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0,575 + 0,15 \cdot 0) 170 \cdot 140 = 13685 \text{ N}; \quad (4.39)$$

Čia:

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/140} = 2,08 > 2,0 \quad (4.40)$$

Priimam $k=2.0$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{383,2}{170 \cdot 140} = 0,016 \leq 0,02 \text{ mm} \quad (4.41)$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \quad (4.42)$$

$$v_{\min} = 0,035k^{\frac{3}{2}} f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,575 \quad (4.43)$$

Kadangi $(v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 27720N < V_{Rd,c} = 35665N$, tai pasirenkam $V_{Rd,c} = 35,67kN$

Patikriname plokštės įstrižąjį stiprumą $V_{Ed} = 8,147kN < V_{Rd,c} = 35,67kN$

Pjūvio stiprumas pakankamas.

3.2.3 Briaunuotosios plokštės pagrindinės sijos skaičiavimas ir konstravimas

Perdangos plokštė išilgine kryptimi skaičiuojama pagal schemą (3.2 pav). Plokštės tarpatramio skaičiuojamasis ilgis priimamas 1,37 metro kadangi plokštė standžiai remsis pagrindinėmis sijomis:

$$l_{mb} = l_s + b_{sb} = 1,37m; \quad (4.44)$$

Monolitinės briaunuotos perdangos šalutinių sijų apkrovos apskaičiuojamos įvertinant naudojimo apkrovą, monolitinės plokštės savąjį svorį ir pačios sijos dalies, esančios žemiau plokštės, savąjį svorį:

$$p_d'' = q_d + g_d^{pl} + g_d^{sijos} + g_d^{p.sijos} = 8,145 + 3,17 + 0,689 + 1,518 = 13,522kN/m;$$

$$g_d^{p.sijos} = b_{mb} (h_{mb} - h_{pl}) \cdot \gamma \cdot \gamma_g = 0,300 \cdot (0,22 - 0,07) \cdot 25 \cdot 1,35 = 1,518kN/m;$$

Skaičiuojamieji momentai:

Kai apkrova $q = 7,5kN/m$, o su sumine nuolatinė apkrova $g = 0,378 + 3,17 + 0,689 + 1,518 = 5,755kN/m$.

Pagrindinės sijos įrašos:

$$M_{Ed} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = \frac{13,52 \cdot 1,37^2}{8} = 3,17kNm \quad (5.7)$$

$$V_{Ed} = \frac{q_d \cdot l}{2} = \frac{13,52 \cdot 1,37}{2} = 9,26kN \quad (5.8)$$

Kadangi sija apskaičiuota neįvertinus plastinių šarnyrų, tai ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukšis pasirenkamas $\xi_{\lim} = 0,45$, tuomet dydis $\mu_{Ed,s}$ lygus:

$$\mu_{Eds,\lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{\lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{\lim}) = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,45 (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,45) = 0,295;$$

Apskaičiuojamas minimalus sijos darbo aukštis:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{M_B}{\mu_{Eds,\lim} \cdot f_{cd} \cdot b_{mb}}} = \sqrt{\frac{3,17 \cdot 10^6}{0,295 \cdot 18 \cdot 300}} = 44,6mm$$

Priimam $d_{\min} = 45mm$. Kadangi apsauginis betonos sluoksns $a = 40mm$ ir didžiausias galimas išilginės armatūros skersmuo lygus 20mm, apskaičiuojame reikalingą plokštės storį, pagal normaliniam pjūviui keliamus reikalavimus:

$$h_{sb} \geq 45 + 40 + \frac{20}{2} = 85mm$$

Kadangi gautas sijos aukštis $h_{mb} = 95mm < 220mm$ priimamas pagrindinės sijos aukštis $h_{mb} = 220mm$

Sijos skerspjūvio ir išilginės darbo armatūros skaičiavimas

Nustatomas skaičiuojamos pagrindinės sijos skaičiuojamasis plotis:

$$b = \frac{(l_s - 2b_{mb} - 2b_2)}{2} = \frac{(4500 - 600 - 600)}{2} = 1,650mm;$$

$$b_{eff,1} = b_{eff,2} = 0,2 \cdot 1650 + 0,1 \cdot 5650 = 880mm \leq 0,2 \cdot 5500 = 1,100mm;$$

$$l_0 = 5650 = 5650mm$$

$$b_{eff} = 880 + 300 + 300 = 1480mm;$$

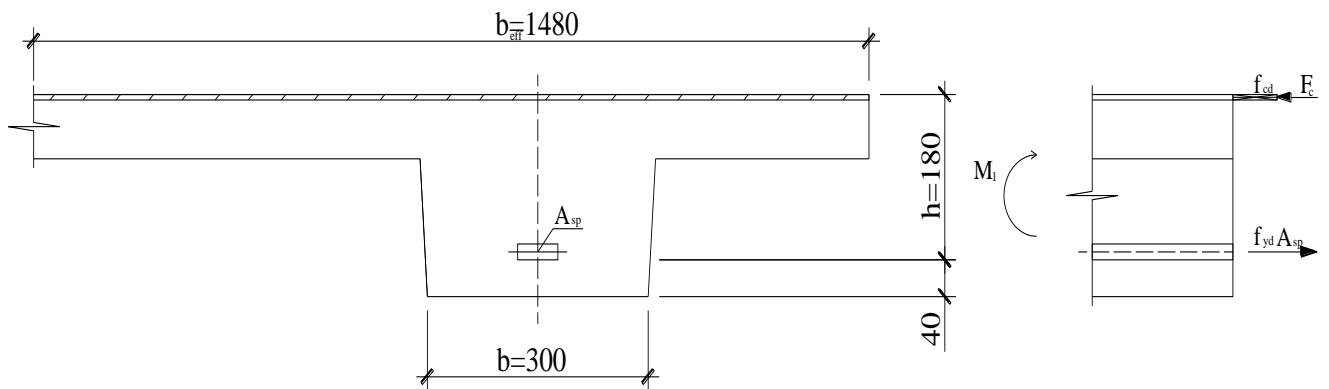
Prieš apskaičiuojant reikiamą armatūros kiekį pirmiausia nustatoma neutralios ašies padėtis, pagal apskaičiuotą lenkimo momentą, kai yra gniuždomas tik juostos plotas $x = h_f$:

$$M_f = \eta \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot \lambda \cdot h_f \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot h_f) =$$

$$1,0 \cdot 18 \cdot 1480 \cdot 0,8 \cdot 70 \cdot (200 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 70) = 256,6kNm$$

Kadangi $M_f = 256,6kNm > M_1 = 26,66kNm$ neutralioji ašis bus juostoje.

Esamas plokštės skerspjūvis redukuojamas į tėjinį (3.7 pav.).



3.7 pav. Redukuotos plokštės normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema.

Apskaičiuojamas armatūros kiekis tarpatriamuose:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_1}{f_{cd} b_{eff} d^2} = \frac{3,17}{18000 \cdot 1,48 \cdot 0,2^2} = 0,004 \leq \mu_{Eds,lim}$$

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,004}{1}} \right) = 0,004 \leq \xi_{lim} = 0,45$$

$$A_{s, reik} = \frac{\eta f_{cd} b \lambda \xi d}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 1480 \cdot 0,8 \cdot 0,004 \cdot 180}{450} = 42,04 \text{ mm}^2 = 0,4204 \text{ cm}^2 .$$

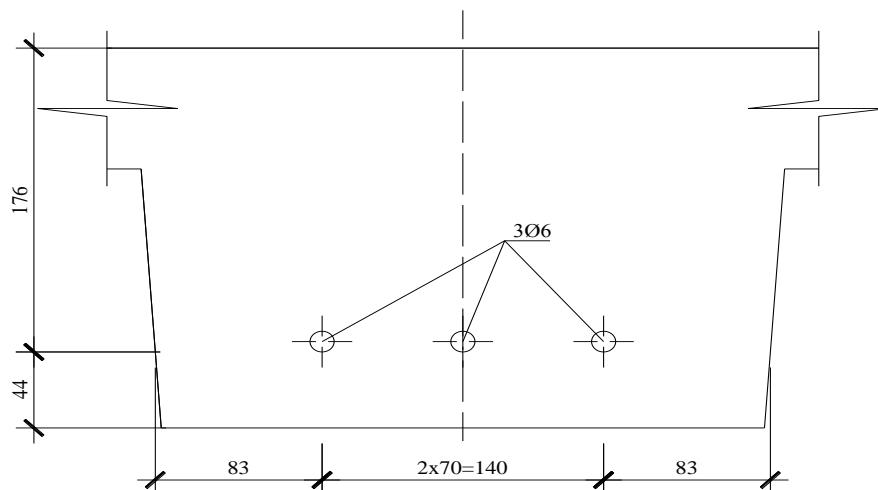
$$A_{s, min s} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_w d = 0,26 \frac{2,9}{500} 300 \cdot 180 = 81,43 \text{ mm}^2 = 0,814 \text{ cm}^2 >$$

$$\rho_{min} \cdot b_w d = 0,0013 \cdot 300 \cdot 180 = 70,2 \text{ mm}^2$$

Kadangi $A_{s, reik} = 0,4204 \text{ cm}^2 < A_{s, min s} = 81,43 \text{ mm}^2 = 0,814 \text{ cm}^2$, priimame reikalinga armatūros kiekį $A_{s, min s} = 81,43 \text{ mm}^2 = 0,814 \text{ cm}^2$

Čia $\xi d = 0,004 \cdot 180 = x = 0,72 < h_f = 70 \text{ mm} \rightarrow$ neutrali ašis lentynoje

Pasirenkame 3Ø6, kurio $A_s = 0,283 \cdot 3 = 0,849 \text{ cm}^2 > 0,814 \text{ cm}^2$.



3.8 pav. Armatūros išdėstymas pagrindinėje sijoje
Po apskaičiuotų armatūros strypų išdėstymo, minimalus apsauginis betono sluoksnis $d_1=40\text{mm}$.

Skersinės armatūros skaičiavimas

Iš ribojamo intervalo pasirenkame mažiausią kampo θ reikšmę lygią 22° . Apskaičiuojame didžiausią sijos atsparumo skersinėms įrąžoms vertę:

$$V_{Rd,max} = 0,124 \cdot b_w \cdot d \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) f_{ck} = 0,124 \cdot 300 \cdot 176 \left(1 - \frac{30}{250}\right) 30 = 176,77 \text{ kNm};$$

$$V_{Ed} = V - p \cdot d = 26,66 - 13,522 \cdot 0,176 = 24,23 \text{ kNm};$$

Tikriname ar tenkinama sąlyga:

$$V = 24,23 \text{ kNm} \leq V_{Rd,max} = 176,77 \text{ kNm};$$

Sąlyga tenkinama.

Konstruktiskai parenkame $\text{Ø}4\text{mm}$ ir išdėstome jas $s=300\text{mm}$ žingsniu, santykis.

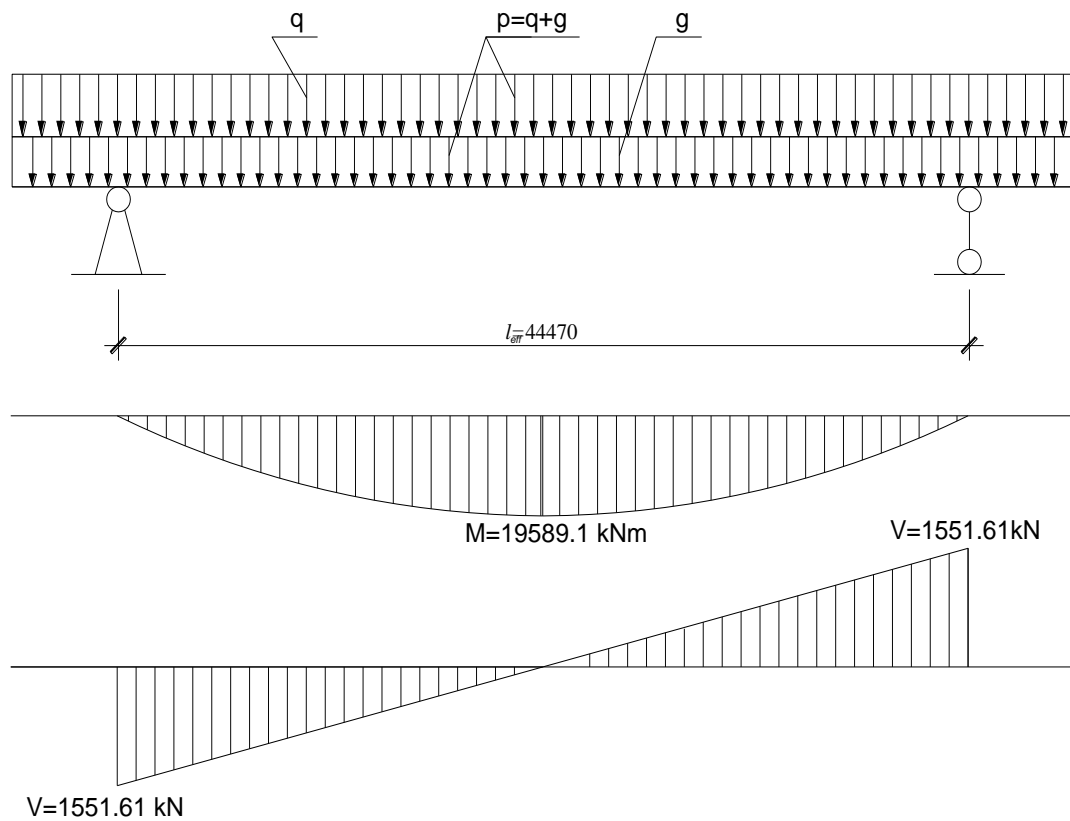
3.4 Lentelė. Sijos tinklų armatūra

Skaičiuojamieji plokštės pjūviai	A_s, cm^2 , pagal skaičiavimą	Numatytas armavimas			
		Darbo strypai $\text{Ø} 6$ S500		Pagalbiniai strypai S500	
		s, mm	A_s, cm^2	d, mm	u, mm
Standžiai įtvirtintų plokščių tarpatriumose ir atramose	0,814	70	0,849	4	200

3.3 Plieninės sijos projektavimas

Projektuojama plieninė dvitėjo profilio sija, 1,74 metro aukščio ir 50 metrų ilgio sija, gaminama iš S355 N/NL stiprumo klasės plieno. Pati sija, kaip komponentas, gaminama iš atskirų skirtingo skerspjūvio plieno lakštų. Viršutinė gniuždomoji sijos juosta –400mm pločio ir 50mm aukščio, vientiso skerspjūvio plieno juostos. Ant šios juostos remsis išilginė briaunuotos plokštės sija. Apatinė tempiamoji juosta sudaryta iš vienos plieninės –500mm pločio ir 40mm storio juostos. Sijos lentynėlė projektuojama iš 1650 mm aukščio ir 40 mm storio plieninio lakšto.

Plieninės sijos įrašų skaičiavimas



3.9 pav. Šalutinės sijos skaičiuojamoji schema, lenkimo momentų ir skersinių įrašų diagrama

Pagrindinės sijos apkrovos apskaičiuojamos įvertinant naudojimo apkrovą, gelžbetonės plokštės savąjį svorį:

$$p_d'' = q_d + g_d^{pl} + g_d^{sijos} + g_d^{p.sijos} = 8,145 + 3,17 + 0,689 + 1,518 = 13,522 \text{ kN/m}; \quad (5.1)$$

Skaičiuojamieji momentai:

Kai skaičiuotinė laikinoji apkrova $q=7,5 \text{ kN/m}$, o su sumine skaičiuotinė nuolatinė apkrova $g=0,645+3,17+0,689+1,518=6,022 \text{ kN/m}$.

Apskaičiuojamos saugos ribinio būvio nepalankiausio derinio poveikio skaičiuotinos reikšmės:

$$E_d^{1s} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_0 \cdot Q_{k,1} = 1,35 \cdot 4,461 + 1,5 \cdot 1 \cdot 5,0 = 13,52 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (5.2)$$

$$E_d^{2s} = \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot 4,461 + 1,5 \cdot 5,0 = 12,62 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (5.3)$$

Skaičiavimui naudosime nepalankiausią saugos ribinio būvio reikšmę, t.y.:

$$E_d^s = E_d^{1s} = 13,52 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Apskaičiuojame tinkamumo ribinio būvio charakteringojo dažninio ir tariamai nuolatinio derinių poveikio skaičiuotinę reikšmę:

$$E_{d,k}^t = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} = 4,461 + 5,0 = 9,461 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (5.4)$$

Įvertinę sijos savąjį svorį apskaičiuojame šalutinę sija veikiančias tolygiai paskirstytas apkrovas:

$$q_d = E_d^s \cdot k \cdot b = 13,52 \cdot 1,01 \cdot 4,5 = 61,45 \text{ kN} / \text{m} \quad (5.5)$$

$$q_k = E_{d,k}^t \cdot k \cdot b = 9,461 \cdot 1,01 \cdot 4,5 = 43,00 \text{ kN} / \text{m} \quad (5.6)$$

Pagrindinės sijos įrašos:

$$M_{Ed} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = \frac{61,45 \cdot 44,47^2}{8} = 15190,29 \text{ kNm} \quad (5.7)$$

$$V_{Ed} = \frac{q_d \cdot l}{2} = \frac{61,45 \cdot 44,47}{2} = 1366,34 \text{ kN} \quad (5.8)$$

Pagrindinė sija kombinuojama iš dviejų dvitėjų, tai vienam dvitėjui tenkančios įrašos:

$$M_{Ed,1} = \frac{M_{Ed}}{2} = \frac{15190,29}{2} = 7595,14 \text{ kNm} \quad (5.9)$$

$$V_{Ed,1} = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{1366,34}{2} = 683,17 \text{ kN} \quad (5.10)$$

Dvitėjo skerspjūvio skaičiavimas

Sijos sienelėms ir lentynoms naudojamas plienas S355 N/NL; kurio $f_y = 355 \text{ N} / \text{mm}^2$

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322,72 \text{ N/mm}^2 \quad (5.9)$$

Kadangi sija sudaryta iš dviejų dvitėjų tai vienam teks puse veikiančių įrašų, reikiamas vieno dvitėjo atsparumo momentas:

$$W_y = \frac{M_{Ed}}{C_{pl,1} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{15190,29 \cdot 10^3 / 2}{1,1 \cdot 322,72 \cdot 10^6 \cdot 1} = 21395,25 \text{ cm}^3 \quad (5.10)$$

Minimalus sijos aukštis, užtikrinantis reikiamą standumą:

$$h_{\min} = \frac{5 \cdot l \cdot n_0 \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c}{24 \cdot E \cdot \gamma_{f,mt}} \quad (5.11)$$

Čia: $l = 44,47 \text{ m}$ - sijos tarptraimis

n_0 - angos ir leistino įlinkio santykis

$E = 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ - plieno tamprumo modulis

$\gamma_{f,mt}$ - vidutinės apkrovos patikimumo koeficientas

$$\gamma_{f,mt} = \frac{E_d^s}{E_d^t} = \frac{13,52}{9,461} = 1,43 \quad (5.12)$$

$$n_0 = \frac{l}{d_{\lim}} = \frac{44,47}{0,148} = 300 \quad (5.13)$$

d_{\lim} nustatymas:

$$d_{\lim} = \frac{44,47}{300} = 0,148 \text{ m} \quad (5.14)$$

Pagal 5.11 formulę:

$$h_{\min} = \frac{5 \cdot 44,47 \cdot 300 \cdot 322,72 \cdot 10^6 \cdot 1}{24 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,43} = 2,966 \text{ m} = 296,6 \text{ cm}$$

Optimalus sijos aukštis:

$$h_{opt} = k \sqrt{\frac{W_y}{t_w}} = 1 \sqrt{\frac{21395,25}{2,1}} = 100,9 \text{ cm} \quad (5.15)$$

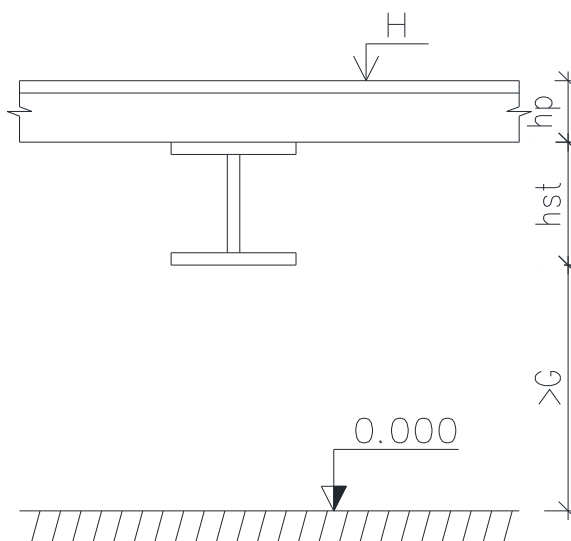
Čia: $k=1$, koeficientas sudėtinei sijai

t_w – sienelės storis

$$t_w = 0,7 + \frac{3h}{1000} = 0,7 + \frac{3 \cdot 444,7}{1000} = 2,0341 \text{ cm} \approx 2,1 \text{ cm} \quad (5.16)$$

Čia: $h = 0,1l = 0,1 \cdot 44,47 = 4,447 \text{ m} = 444,7 \text{ cm}$

Statybinis sijos aukštis:



3.10 pav. Statybinio sijos aukščio nustatymo schema

h_{st} – statybinis sijos aukštis; $G=10.5\text{m}$, pirmo aukšto gabaritas; h_p – perdangos storis; $H=12.2\text{m}$ – aikštelės aukštis

Pagal 5.3 pav. nustatome statybinį sijos aukštį:

$$h_{st} = H - h_p - G = 9,3 - 0,225 - 7,075 = 2,0 \text{ m} = 200,0 \text{ cm} \quad (5.16)$$

Čia: $h_p = 0,025 + 0,2 = 0,225 \text{ m}$ - perdangos elementų suma iš 2.1 lentelės

Sienelės parinkimas:

Nustatyti dydžiai:

$$h_{\min} = 296,6 \text{ cm} \quad (\text{pagal 5.11 formulę})$$

$$h_{\text{opt}} = 100,9 \text{ cm} \quad (\text{pagal 5.15 formulę})$$

$$h_{st} = 200,0 \text{ cm} \quad (\text{pagal 5.16 formulę})$$

Sijos aukštis turi būti artimas optimaliam, priimam 1,65 m. Atsižvelgdami į šiuos dydžius parenkame sijos sienelės lakštą iš lakštinio plieno sortimento:

$$1650 \times 40 \quad (h_w = 1650 \text{ mm}, t_w = 40 \text{ mm})$$

Sienelės tikrinimas:

Pagal tangentinis įtempis tikrinamas anksčiau parinktas sienelės storis:

$$t_w \geq \frac{3V_{Ed}}{2h_w f_{s,d} \gamma_c} = \frac{3V_{Ed}}{2h_w f_{s,d} \gamma_c} = \frac{3 \cdot 683,17 \cdot 10^3}{2 \cdot 1650 \cdot 187,18 \cdot 1} = 3,31 \text{ mm} \quad (5.17)$$

Čia: $V_{Ed} = 683,17 \text{ kN}$

$$h_w = 1650 \text{ mm} - \text{sienelės aukštis}$$

$$f_{s,d} = 0,58 \frac{f_y}{\gamma_M} = 0,58 \frac{355}{1,1} = 187,18 \text{ N/mm}^2 - \text{skaičiuotinis plieno kirpimo stiprumas}$$

Gavome, kad parinktas sienelės storis tinkamas.

Juostos parinkimas:

Preliminarus juostos storis $t_f = 4 \text{ cm}$

Visas sijos aukštis:

$$h = h_w + 2t_f = 92 + 2 \cdot 4 = 100 \text{ cm} \quad (5.18)$$

Reikiamas sijos skerspjūvio inercijos momentas:

$$I_y = \frac{W_y h}{2} = \frac{21395,25 \cdot 174}{2} = 1861386,75 \text{ cm}^4 \quad (5.19)$$

Sienelės inercijos momentas:

$$I_w = \frac{t_w h_w^3}{12} = \frac{4 \cdot 165^3}{12} = 1497375 \text{ cm}^4 \quad (5.20)$$

Juostų inercijos momentas:

$$I_f = I_y - I_w = 1861386,75 - 1497375 = 364011,75 \text{ cm}^4 \quad (5.21)$$

Reikiamas vienos juostos plotas:

$$A_f = \frac{2I_f}{h_f^2} = \frac{2 \cdot 364011,75}{169^2} = 200,49 \text{ cm}^2 \quad (5.22)$$

Čia: $h_f = h_w + t_f = 92 + 4 = 96 \text{ cm}$

Juostos plotis:

$$b_f = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{5}\right)h = \left(\frac{174}{3} \div \frac{174}{5}\right) = 58 \div 34,8 \text{ cm} \quad (5.23)$$

Kadangi konstrukcija veiks kaip kompozitinis elementas gniuždymo įrašas dalinai perims betonas, tai tempiamoji sijos juosta projektuojama platesnė nei gniuždomoji juosta:

Priimame $b_{f1} = 500 \text{ mm}$

Reikiamas apatinės juostos storis:

$$t_{f1} = \frac{A_f}{b_{f1}} = \frac{200,49}{50} = 4,0 \text{ cm} \quad (5.24)$$

Reikiamas viršutinės juostos storis:

Priimame $b_{f2} = 400 \text{ mm}$

$$t_{f2} = \frac{A_f}{b_{f2}} = \frac{200,49}{400} = 5,01 \text{ cm}$$

Parenkame juostoms lakštus:

Apatinė juosta: 500x40 ($b_{f1} = 500; t_{f1} = 40$)

Viršutinė juosta: 800x40 ($b_{f2} = 400; t_{f2} = 50$)

Parinktosios juostos turi tenkinti šias sąlygas:

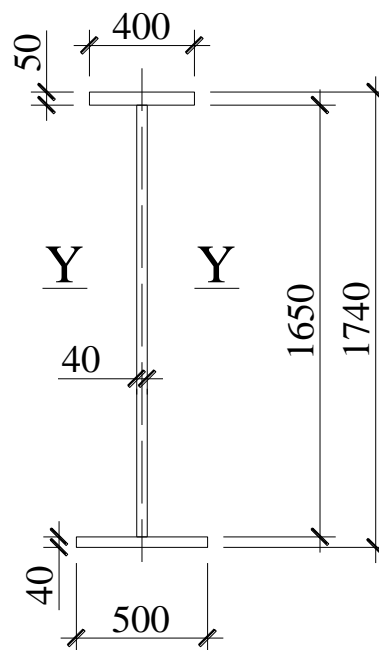
$t_{f1} \geq t_w$	$4,0 \geq 4,0$	- sąlyga tenkinama
$t_{f2} \geq t_w$	$5,0 \geq 4,0$	- sąlyga tenkinama
$t_{f1} \leq 3t_w$	$4,0 \leq 6,3$	- sąlyga tenkinama
$t_{f2} \leq 3t_w$	$5,0 \leq 6,3$	- sąlyga tenkinama

$$b_{f1} \leq t_{f1} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 0,5 \leq 0,04 \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9}{322,72 \cdot 10^6}} = 1,02 \quad - \text{ sąlyga tenkinama}$$

$$b_{f2} \leq t_{f2} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 0,4 \leq 0,05 \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9}{322,72 \cdot 10^6}} = 1,27 \quad - \text{ sąlyga tenkinama}$$

Čia: $f_{y,d} = \frac{355}{1,1} = 322,72 \text{ N/mm}^2$, kai $t_f = 40 \text{ mm}$ ir plienas S355 N/NL.

Visos sąlygos tenkinamos, todėl galima atvaizduoti sijos skerspjūvį



3.11 pav. Parinktos sijos skerspjūvis

Kompozitinio skerspjūvio stiprumo tikrinimas

Kadangi sijos viršutinė juosta bus standžiai sujungta su kartu su gelžbetonine pakloto plokšte, tikrinamas kompozitinio elemento stiprumas:

Apskaičiuojamas elemento atsparumas lenkimui:

$$M_{Rd} = f_{cd} \cdot b_{pl} \cdot h_{pl} \cdot (x - 0,5 \cdot h_{pl}) + f_y (W_{pl}^{Y-Y}) \quad (5.25)$$

Sijos atsparumo momentas plastinėje būsenoje:

$$W_{pl}^{Y-Y} = 1,17 \cdot W^{Y-Y} = 1,17 \cdot 17923,25 = 20970,2 \text{ cm}^3 \quad (5.26)$$

Parinkto skerspjūvio sijos atsparumo momentas:

$$W^{Y-Y} = \frac{\sum I_{sij}^{Y-Y}}{y} = \frac{1552052,2}{86,59} = 17923,25 \text{ cm}^3 \quad (5.27)$$

Parinkto skerspjūvio sijos inercijos momentas:

$$\sum I_{sij}^{Y-Y} = I_1^{Y-Y} + I_2^{Y-Y} + I_3^{Y-Y} = 17735,53 + 1512229,7 + 22086,97 = 17923,25 \text{ cm}^3 \quad (5.28)$$

Kompositinio elemento skerspjūvio neutraliosios ašies taško x padėtis apskaičiuojama pagal formulę:

$$f_{cd} \cdot b \cdot h_{pl} + 2 \cdot f_y \cdot t \left(\frac{h_{st}}{2} - x + h_{pl} \right) = 0 \quad (5.29)$$

$$x = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot h_{pl}}{2 \cdot f_y \cdot t} + \frac{h_{st}}{2} + h_{pl} = \frac{1800 \cdot 30 \cdot 22}{2 \cdot 32272 \cdot 4} + \frac{165}{2} + 22 = 109,1 \text{ cm}$$

Apskaičiuojamas elemento atsparumas lenkimui:

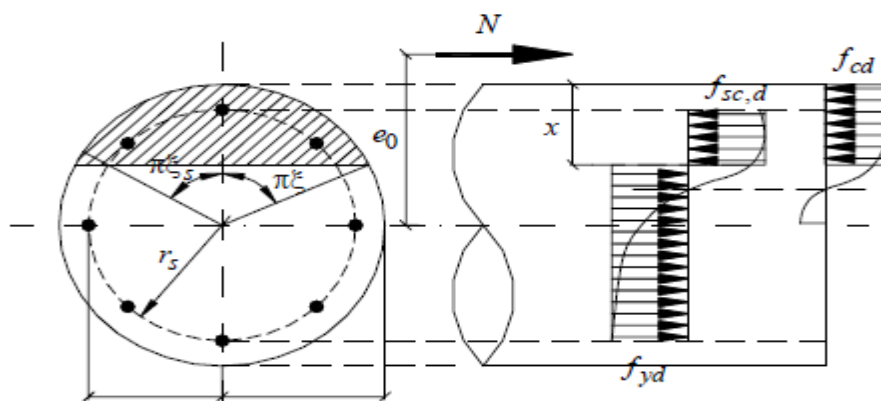
$$M_{Rd} = 1800 \cdot 30 \cdot 22 \cdot (109,51 - 0,5 \cdot 22) + 1800(20970,2) = 7932,95 \text{ kNm} < 7595,15 \text{ kNm}$$

Kompozitinio elemento stiprumas pakankamas su 4% atsarga.

3.4 Gelžbetoninė kolona

3.4.1 Gelžbetoninės kolonos projektavimas ir konstravimas

Projektuojama apskrito skerspjūvio ekscentriškai gniuždoma nekintamo skerspjūvio kolona (3.12 pav.). Numatomas kolonos skerspjūvis $\varnothing 500$ mm, kolonos aukštis $l=7,2$ m. Kolona gaminama iš C25/30 XC2 stiprumo klasės betono, pagrindinė armatūra S500 stiprumo klasės, skersinei naudojami S240 stiprumo klasės stypai. Betono apsauginis sluoksnis $a_1=a_2=40$ mm. Kompiuterine programa nustatomos plieninės sijos perduodamos įrašos veikiant pavojingiausiam įrašų deriniui, nustatytos vertės naudojamos tolimesniems skaičiavimams.



3.12 pav. Ekscentriškai gniuždomų apvalaus skerspjūvio elementų skaičiuojamoji schema.

Pavojingiausias derinys susidaro veikiant I apkrovų deriniui, tuomet:

$$M_{Ed} = 371,05 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1751,04 \text{ kN}$$

Įrašos veikiant nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų deriniui:

$$M_{Ed,l} = 214,07 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,l} = 1010,23 \text{ kN}$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 15 \text{ MPa}; \quad (6.1)$$

Armatūros skaičiuotinis stipris:

$$f_{yd} = f_{sc,d} = 435 \text{ MPa}; \quad (6.2)$$

Kolonos darbo aukštis:

$$d = \phi - a_1 = 0,5 - 0,04 = 0,46 \text{ m}; \quad (6.3)$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_c = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 460^2}{4} = 166106 \text{ mm}^2; \quad (6.4)$$

Skerspjūvio inercijos spindulys:

$$i = \frac{\phi}{4} = \frac{0,5}{4} = 0,125 \text{ m}; \quad (6.5)$$

Apskaičiuojamas kolonos liaunis:

$$\lambda_k = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{8,64}{0,125} = 69,12 > \lambda = 55; \quad (6.6)$$

Kadangi kolonos liaunis didesnis už 55, elemento skersinio armavimo įvertinti nebūtina.

Reikia įvertinti kolonos išlinkį. Tuo tikslu apskaičiuojama sąlyginė kritinė jėga N_{crit} :

$$l_0 = 1,2l = 8,64 \text{ m} \quad (6.7)$$

Momentas sukeltas nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių:

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \left(\frac{d-a}{2} \right) = 371,05 \cdot 10^3 + 1751,04 \cdot 10^3 \left(\frac{760-40}{2} \right) = 738,77 kNm; \quad (6.8)$$

Momentas sukeltas nuolatinių ir kintamų poveikių:

$$M_{Ed,sl} = M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \left(\frac{d-a}{2} \right) = 214,07 \cdot 10^3 + 1010,23 \cdot 10^3 \left(\frac{760-40}{2} \right) = 426,22 kNm; \quad (6.9)$$

Ekscentricitetas lenkimo momento plokštumoje:

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{371,05}{1751,04} = 0,21m = 210mm; \quad (6.10)$$

Koeficientas, įvertinantis ilgalaikių poveikių įtaką elemento įlinkiui ribiniame būvyje:

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_{Ed,sl}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1 \cdot \frac{426,22 \cdot 10^3}{738,77 \cdot 10^3} = 1,58 < \varphi_l = 1 + \beta = 1 + 1 = 2; \quad (6.11)$$

Koeficientas priklausantis nuo atstiktinio ekscentriciteto:

$$\delta_e = \frac{e_0}{\phi} = \frac{0,21}{0,5} = 0,42 > \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{l_0}{\phi} - 0,01 \cdot f_{cd} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{7,2}{1,5} - 0,01 \cdot 15 = 0,302 \quad (6.12)$$

Priimame koeficiento reikšmę $\delta_e=0,42$. Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$. Apskaičiuojamas armatūros ir betono tamprumo modulių santykis:

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{3,1 \cdot 10^4} = 6,45; \quad (6.13)$$

Čia: E_s -armatūros tamprumo modulis;

E_{cm} -betono tamprumo modulis.

Betono skerspjūvio inercijos momentas elemento viso skerspjūvio atžvilgiu:

$$I_c = \frac{\pi \cdot \phi^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 500^4}{64} = 3,066 \cdot 10^9 mm^4; \quad (6.14)$$

Armatūros skerspjūvio ploto inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu, kai armavimui parinkta 16Ø20 mm strypų:

$$I_s = \frac{A_{s,tot} \cdot r^2}{2} = \frac{5024 \cdot 250^2}{2} = 1,57 \cdot 10^8 \text{ mm}^4; \quad (6.15)$$

Sąlyginė išilginė kritinė jėga:

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_\ell} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] = \quad (6.16)$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{7200^2} \left[\frac{3,066 \cdot 10^9}{1,58} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,42} + 0,1 \right) + 6,45 \cdot 0,98 \cdot 10^8 \right] = 6189,25 kN$$

Čia: E_{cm} -betono kirstinis tamprumo modulis;

l_0 -elemento skaičiuotinis ilgis;

φ_ℓ -koeficientas, įvertinantis ilgalaikių poveikių įtaką elemento įlinkiui ribiniame būvyje;

δ_e -koeficientas priklausantis nuo atsitiktinio ekscentriciteto;

I_c -betoninės dalies skerspjūvio inercijos momentas.

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1751,04}{6189,25}} = 1,39; \quad (6.17)$$

Apvalaus skerspjūvio elementų su neįtemptąja išilgine armatūra stiprumo tikrinimas:

$$N_{Ed} (e_0 \cdot \eta + r_s) \leq (f_{cd} A_c \cdot \beta_c + f_{y,cd} A_{s,tot} \cdot \beta_s) r_s. \quad (6.18)$$

$$1751040(210 \cdot 1,39 + 250) \leq (15 \cdot 166106 \cdot 0,83 + 435 \cdot 5024 \cdot 0,9)250.$$

$$948,89 \cdot 10^6 \leq 1008,73 \cdot 10^6.$$

$$\text{Kai } e_0 \cdot \eta = 0,21 \cdot 1,39 = 0,33 \leq 3 \cdot 0,25 = 0,75;$$

Tai:

$$\beta_C = 1 - 0,32\sqrt{e_0 \cdot \eta / r_s} = 1 - 0,32\sqrt{0,21 \cdot 1,59 / 0,25} = 0,63 \quad (6.19)$$

$$\beta_S = 1 - 0,33e_0 \cdot \eta / r_s = 1 - 0,33 \cdot 0,21 \cdot 1,59 / 0,25 = 0,56 \geq 0,5 \quad (6.20)$$

Laikomoji galia pakankama.

Tikriname ekscentriškai gniuždomos kolonos tempiamosios zonos pleišėjimas:

$$M_r \leq M_{cr} \quad (6.21)$$

Kadangi kolona ekscentriškai gniuždoma:

$$M_r = N_{Ed}(e_0 - r) = 1242,13(0,21 - 0,074) = 168,93kNm \quad (6.22)$$

Nustatomas atstumas nuo ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro iki branduo viršūnės:

$$\text{Kai: } N_{Ed} = 1242,13kN \leq P_d = 172,35kN$$

$$r = \frac{W_{eff}}{A_{eff}} = \frac{1,23 \cdot 10^7}{1,66106 \cdot 10^5} = 74mm \quad (6.23)$$

Ekvivalentinio skerspjūvio atsparumo momentas W_{eff} apskaičiuojamas kaip tampriam kūnui pagal formulę:

$$W_{eff} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{3,066 \cdot 10^9}{250} = 1,23 \cdot 10^7 mm^3 \quad (6.24)$$

Čia: $y_{sc} = r$ – atstumas nuo ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro iki tempiamos zonos krašto.

Momentas M_{cr} :

$$M_{cr} = f_{ctk} W_{pl} \pm M_{r,p} = 1,8 \cdot 2,46 \cdot 10^7 + 274,73 \cdot 10^6 = 319,01kNm \quad (6.25)$$

Betono C25/30 stipris tempimui $f_{ctk} = 1,80 \text{ N/mm}^2$

Jėgos P_d momentas $M_{r,p}$:

$$M_{r,p} = P_{Ed}(e_p + r) = 172,35(1,52 + 0,074) = 274,73kNm \quad (6.26)$$

$$\text{Kai: } e_p = \frac{M_{Ed}}{P_{Ed}} = \frac{262,41}{172,35} = 1,52m$$

Atsparumo momentas W_{pl} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$W_{pl} = \gamma W_{eff} = 2 \cdot 1,23 \cdot 10^7 = 2,46 \cdot 10^7 \text{ mm}^3 \quad (6.27)$$

Kai γ žiediniams ir apvaliems skerspjūviams: $\gamma = 2 - 0,4 \cdot \phi_1 / \phi = 2 - 0,4 \cdot 0 / 0,5 = 2$

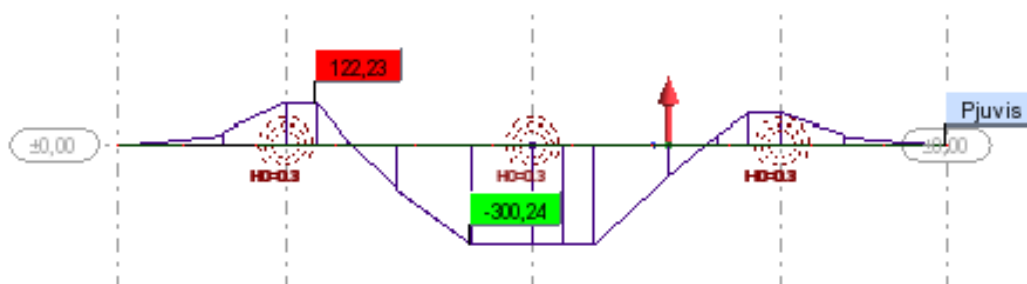
Ekscentriškai gniuždomos kolonos veikiant charakteristinėms apkrovoms pleišėtumo sąlyga tenkinama:

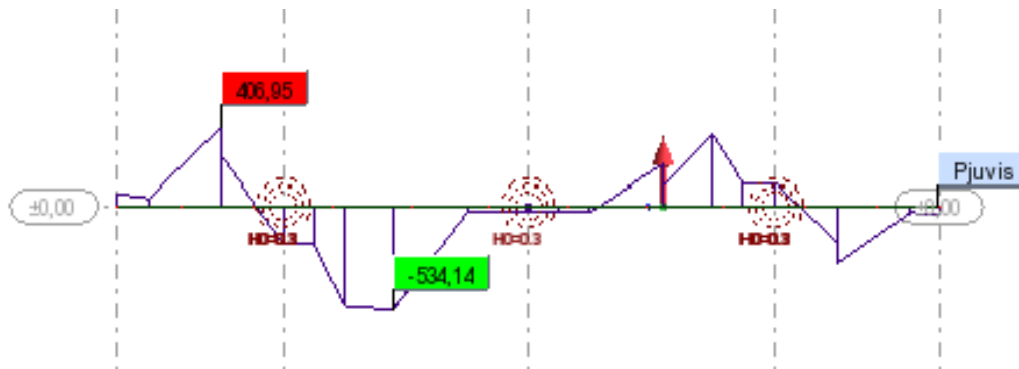
$$M_r = 168,93 \text{ kNm} \leq M_{cr} = 319,01 \text{ kNm}$$

3.5 Pamatų projektavimas

3.5.1 Monolitinio rostverko projektavimas

Projektuojamas monolitinis rostverkas, kurio plotis $b=2000\text{mm}$, aukštis $h=400\text{mm}$. Apsauginio sluoksnio storis $a_1=50\text{ mm}$, $a_2= 50\text{mm}$. Kadangi rostverko galai ir vidurys standžiai įtvirtinti prie gręžtinių polių, rostverko tempiami sluoksniai apačioje, gniuždomi - viršuje. Kompiuterine programa apskaičiuojamos rostverkui perduodamos redukuotos įrašos, perduodamos per 500 mm diametro kolonos plotą. Maksimalios įrašos veikia skersiniame rostverko pjūvyje (pav. 6): maksimalūs lenkimo momentai skersine kryptimi $M_1=300,24\text{ kNm}$ ir $M_2=122,23\text{ kNm}$., Rostverko įstrižojo pjūvio stiprumas tikrinamas nuo didžiausios veikiančios skersinės jėgos $V_{Ed}= 534,14\text{ kN}$. Rostverkui naudojamas C25/30 XC2 stiprumo klasės betonas, kurio skaičiuotinis stipris $f_{cd}=15\text{MPa}$. Rostverką armuoti numatoma S240, kurios $f_{yd} = f_{scd} = 210\text{ N/mm}^2$.





3.14 pav. Monolitinio rostverko redukuotosios lenkimo momentų ir skersinių jėgų diagramos.

Skaičiuojamas reikalingas apatinės išilginės armatūros skerspjūvio plotas

Gniuždomos zonos ribinis santykinis aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{210}{240} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (7.1)$$

Čia: ω – gniuždomos zonos betono charakteristika, priklausanti nuo betono rūšies ir stiprio.

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (7.2)$$

Apskaičiuojamas gniuždomos zonos aukštis:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{300,24 \cdot 10^6}{15 \cdot 2000 \cdot 350^2} = 0,082 \quad (7.3)$$

Čia: d – rostverko naudingasis aukštis $d = h - a_1 = 400 - 50 = 350 \text{ mm}$.

Tuomet:

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,082} = 0,086 < 0,56 \quad (7.4)$$

Kadangi $\xi_{eff} < \xi_{lim}$ laikoma, kad elementas neperarmuotas. Reikalingas apatinės armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_{s1} = \frac{f_{cd} \cdot \xi \cdot b \cdot d}{f_{yd}} = \frac{15,0 \cdot 0,086 \cdot 2,0 \cdot 0,35}{210} = 0,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 4,3 \text{ cm}^2 \quad (7.5)$$

Išvada: pagal gautą reikalingą skerspjūvio plotą parenkami 9Ø8 S240, kurių $A_s = 4,53 \text{ cm}^2$. Strypai išdėstomi kas 200 mm.

Reikalingas armatūros skerspjūvio plotas rostverko viršutiniame sluoksnyje skaičiuojamas nuo didžiausio lenkimo momento $M_2=122,23\text{kNm}$. Gniuždomos zonos aukštis:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{122,23 \cdot 10^6}{15 \cdot 2000 \cdot 350^2} = 0,033$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,033} = 0,033$$

Reikalingas viršutinės armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_{s2} = \frac{f_{cd} \cdot \xi \cdot b \cdot d}{f_{yd}} = \frac{15,0 \cdot 0,033 \cdot 4,0 \cdot 0,35}{210} = 0,165 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 = 1,65 \text{cm}^2$$

Išvada: pagal gautą reikalingą skerspjūvio plotą parenkami 9Ø5 S240, kurių $A_s=1,76 \text{cm}^2$, armatūros strypai išdėstomi abiem kryptimis kas 200 mm.

Rostverko praspaudimo tikrinimas

Nustatomas praspaudžiamo elemento kritinis perimetras:

$$u_1 = \pi(d_c + 3d) = 3,14(0,5 + 3 \cdot 0,35) = 4,9 \text{m};$$

Atstumas nuo kolonos centro iki kritinio pjūvio apskaičiuojamas pagal tokias formules:

$$r_{cont,ex} = l_H + 1,5d + 0,5c = 1,75 + 1,5 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 0,5 = 2,525 \text{m}$$

$$r_{cont,int} = 1,5(d + h_H) + 0,5c = 1,5(0,35 + 0,0) + 0,5 \cdot 0,5 = 0,775 \text{m}$$

Pasirenkame $r_{cont,int} = 0,775 \text{m}$ kadangi imama mažesnioji reikšmė iš dviejų.

Apskaičiuojami maksimalūs kirpimo įtempiai:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d_H} = 1,55 \frac{534140}{4900 \cdot 350} = 0,48 \text{N/mm}^2$$

čia: d – plokštės naudingasis aukštis; $d = 0,46$, kadangi kesoninė plokštė projektuojama su kapiteliu
 u_1 – nagrinėjamojo kerpamojo pjūvio perimetro ilgis.

Koeficientas β apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D + 4d} = 1 + 0,6 \cdot 3,14 \frac{0,56}{0,5 + 4 \cdot 0,35} = 1,55$$

Ekscentricitetas lenkimo momento plokštumoje:

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{300,24}{534,14} = 0,56m = 560mm;$$

Apskaičiuojama skersinė jėga, kurią atlaiko betonas plokštės pavojingojo pjūvio ploto vienetu $v_{Rd,c}$:

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} k(100\rho_1 f_{ck})^{1/3} - 0,10\sigma_{cp} \leq (0,4f_{ctd} - 0,10\sigma_{cp}) \quad (7.6)$$

Čia: f_{ck} ir f_{ctd} imti N/mm^2 ;

$$\gamma_c = 1,5; f_{ck} = 25 N/mm^2;$$

$$f_{ctd} = \alpha_c f_{ctk,0,05} / \gamma_c;$$

$$f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}; \alpha_{ct} = 1,0;$$

$$f_{ctd} = 1,0 \times 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ MPa}; \sigma_{cp} = 0;$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{350}} = 1,76 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = \rho_{1y} = \rho_{1z} = A_{sy} / dxl_1 = 50,3(2600 / 60) / (350 \cdot 2600) = 0,0024 \leq 0,02$$

$$l_1 = \phi + 6d = 500 + 6 \cdot 350 = 2600mm$$

Skersinė jėga kurią atlaiko betonas plokštės pavojingojo pjūvio ploto vienetu:

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} 1,76(100 \cdot 0,0024 \cdot 25)^{1/3} - 0 = 0,38N / mm^2 < 0,4 \cdot 1,2 = 0,48N / mm^2$$

Pavojingojo pjūvio plotas:

$$A_v = u_1 \cdot d = 4,9 \cdot 0,35 = 1,715 \text{ m}^2 = 1715000mm^2;$$

Skersinė jėga, kurią gali atlaikyti duotosios plokštės betonas pavojingajame pjūvyje:

$$V_{Rd,s} = A_v \cdot v_{Rdc} = 1715000 \cdot 0,48 = 823,2\text{kN}$$

$$V_{Ed} = 534,14\text{kN} \leq V_{Rd,c} = 823,2\text{kN}$$

Salyga tenkinama

Kadangi pavojingą pjūvio ploto vienetui tenkanti skersinė jėga nuo kolonos perduodamų skersinių įrašų yra lygi, jėgai kurią betonai gali atlaikyti $v_{Rd,c} = 0,48\text{N/mm}^2 = v_{Ed} = 0,48\text{N/mm}^2$ priimame jog skersinė armatūra nereikalinga.

3.5.2 Gelžbetoninio polio projektavimas

Bendrieji duomenys

Projektuojamo pastato sklypas yra Mažeikių mieste. Geomorfologiniu požiūriu tyrinėtą sklypą yra paskutinio apledėjimo, Žemaičių – Kuršo Ventos vidurinio lygumos, Mažeikių moreninėje lygumoje. Tyrimai atlikti Mažeikių geležinkelio stoties teritorijoje, kuri yra gan stipriai paveikta žmogaus ūkinės veiklos: nutiesti geležinkelio bėgiai: padaryta pėsčiųjų perėja, nutiestos komunikacijos. Absoliutinis sklypo aukštis svyruoja nuo 70,80 m iki 71,20 m altitudės.

Geologinį pjūvų sudaro technogeniniai (t IV), Baltijos posvitės limnoglacialiniai (lg III bl) ir glacialiniai (g III bl) dariniai. Technoglacialiniai (t IV) dariniai – tai planingai supilti gruntai susidarę statant geležinkelio stotį bei šalia esančias gatves. Ties projektuojamo viaduko pagrindinėm gelžbetonėm atramom, 1,3-1,7 m storio supilti gruntai. Kurie susidarė tvarkant ir lyginant stoties aplinką. Juos sudaro vidutinio tankumo (kūginis stipris $q_c=6,0$ MPa), smulkus arba vidutinio rūpumo smėlis (IGS Nr. 1). Pietvakarinėje viaduko dalyje šie gruntai perdengti 0,2 cm storio dirvožemio sluoksniu. Supiltų gruntų padas ties 69,43-69,62 m altitute, kur jie dengia Baltijos posvitės limnoglacialinius (lg III bl) darinius.

Baltijos posvitės limnoglacialiniai dariniai (lg III bl) paplitę 0,5–1,7 m gylyje (abs. a. 69,43-70,50 m) po technogeniniais (t IV) smėliniais gruntais. Šiuos darinius sudaro purūs, smulkūs arba vidutinio rūpumo smėliai (IGS Nr.2) ir mažo plastiškumo molis mominkštai plastingos konsistencijos (IGS Nr.3). Šių darinių padas 2,5-2,6 m gylyje (abs. a. 68,32-68,63 m), kur jie dengia Baltijos glacialinius (g III bl) darinius, o pragręžtas storis svyravo nuo 0,8 iki 1,5 m. Gręžinyje Nr.5 šių darinių padas nepasiektas. Baltijos posvitės glacialiniai dariniai (g III bl) pragręžti 0,11–1,7 m gylyje, o ties projektuojamom viaduko atramom 2,6-2,7 m gylyje po technogeniniais (t IV) ir limnoglacialiniais (lg III bl) gruntais. Juos sudaro rudos spalvos, moreninis, mažo plastiškumo, smėlingas dulkingas molis kietai plastingos (IGS Nr.4), o nuo 4,2 m gylio (abs. a. 66,72-66,93 m)

kietos (IGS Nr.5) konsistencijos. Šių darinių padas 10,0 m gylio gręžiniais nepasiektas, o pragręžtas storis 0,3-7,5 m.

Tyrimų metu 2013 metų lapkričio mėnesį gręžiniuose 1,0 m gylyje stebėti gruntinio ir 3,0 m gylyje tarpfluoksninio tipo požeminiai vandenys. Gruntiniai vandenys stebėti gręžiniuose Nr.1 ir Nr.5 1,0 m gylyje (abs.a. 69,92-70,0 m). Vandenis talpina technogeniniai (t IV) ir limnoglacialiniai (lg III bl) smėliniai gruntai. Vandenspara, kuria sudaro Baltijos posvitės (lg III bl) mažo plastiškumo molis, yra 2,2 m gylyje, o vandeningo horizonto storis 1,0-1,2 m ir daugiau, nes gręžinyje Nr.5 vandenspara 2,0 m gylio gręžiniu nepasiekta.

Lietingais laikotarpiais ir pavasario polaidžių metu šių vandenų lygis gali pakilti iki 0,5 m virš tyrimų metu stebėto lygio.

Tarpfluoksninis vanduo stebėtas 3,0 m gylyje (abs. a. 68,13 m) gręžinyje Nr.2. Šie vandenys susikaupę glacialiniame (g III bl) molyje, esančiame smėlio tarpfluoksnyje, o vandeningo sluoksnio storis vos keli cm. Inžinerinės geologinės ir hidrogeologinės sąlygos projektuojamo viaduko yra sudėtingos dėl aukšto požeminių vandenų lygio (1,0 m gylyje), bei dėl iki 2,5-2,6 m gylio (abs. a. ~ 68,3 m) pragręžtų purių smėlių (IGS Nr.2) ir silpnų molingų gruntų (IGS Nr.3).

Gręžtinio polio laikomosios galios skaičiavimas

Į gręžtinį polį apkrova perduodama surenkamų gelžbetoninių kolonų, kurios bus tvirtinamos į monolitines galvenas įrengtas ant dviejų gręžtinių polių, todėl vienam poliui tenkanti apkrova lygi $N_{Ed} = 555 \text{ kN}$. Polio laikomosios galios skaičiavimams atlikti pasirenkami duomenys iš gręžinio, kuriame aptikti silpniausi ir prasčiausias savybes turintys gruntai ir kuris yra arčiausiai projektuojamo pastato dalies, kurioje šie poliai bus įrengiami. Šio gręžinio geologinis pjūvis pateikiamas 3 pav., o gruntų vidutinės mechaninės savybės pateikiamos 7 lentelėje. Projektuojamas polis numatomas Ø400 ir 4,0m ilgio.

3.4 lentelė. Vidutinių mechaninių savybių, nustatytų pagal statinio zondavimo rezultatus, suvestinė lentelė.

Inžinerinis geol. element. Nr.	Grunto pavadinimas	Konsistencija arba tankumas	Vidutinis stiprumas kūgiui q_c , MPa	Vidutinis defomacijų modulis E, MPa
--------------------------------	--------------------	-----------------------------	--	-------------------------------------

1	Supiltas mažai dulkingas smėlis, vidutinio ir smulkaus rupumo, mažai drėgnas ir vandeningas	Vidutinio tankumo	6,0	18,0
2	Smėlis mažai dulkingas, smulkus, gelsvas, vandeningas	Purus	4,20	17,0
3	Molis mažo plastiškumo, smėlingas dulkingas, rudas, minkštai plastingas	Silpnas	1,40	14,0
4	Molis mažo plastiškumo, smėlingas dulkingas, moreninis, rudas, kietai plastingas	Vidutinio stiprumo	2,0	21,0
5	Molis mažo plastiškumo, smėlingas dulkingas, moreninis, rudas, kietas	Labai stiprus	10,50	53,0

Pagrindo po polių laikomoji galia:

$$R_b = \alpha_b \cdot q_c \cdot A_b = 0,67 \cdot 2,0 \cdot 10^3 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 165,79 \text{ kN} \quad (7.7)$$

Čia: q_c -grunto kūginis stipris;

α_b -empirinis koreliacijos koeficientas tarp q_c ir pagrindo stiprumo. Kadangi polio pagrindas-kietas, mažo plastiškumo moreninis molis, kurio $q_c=2,0$, tai $\alpha_b=0,67$;

A_b -pagrindo paviršiaus plotas.

Polio šonų pagrindo laikomoji galia:

$$R_S = \sum (A_{si} \cdot q_{si} \cdot \alpha_{si})$$

$$= (3,14 \cdot 0,4 \cdot 1,1 \cdot 36) + (3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 17,64) + (3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 490) + (3,14 \cdot 0,4 \cdot 1,6 \cdot 100) = 49,74 + 19,94 + 246,18 + 200,96 = 516,82 \text{ kN} \quad (7.8)$$

Čia: q_{ci} - i grunto kūginis stipris;

α_{si} -empirinis koeficientas koreliacijos tarp q_c ir trinties stiprumo, priklausantis nuo grunto. Šis koeficientas parenkamas iš lentelių pagal grunto kūginį stiprį.

A_{si} - i sluoksnio polių šonų paviršiaus plotas.

Kalibruotąsias, apskaičiuotas pagal statinės penetracijos duomenis reikšmes, gauname įvesdami modeliavimo koeficientus γ_{Rb} ir γ_{Rs} , kurių vertės priklauso nuo polių įrengimo būdo. Gręžtiniam poliams: $\gamma_{Rb} = 2,0$, $\gamma_{Rs} = 1,5$.

Modeliavimo koeficientų reikšmės tikslinamos:

$$R_{c,cal} = \frac{R_b}{\gamma_{Rb}} + \frac{R_s}{\gamma_{Rs}} = \frac{165,79}{2,0} + \frac{516,82}{1,5} = 427,44 \text{ kN} \quad (7.9)$$

Polio laikomosios galios charakteristinė vertė randama dalijant kalibruotąją vertę iš dalinio koeficiento, kuris priklauso nuo statinės penetracijos bandymų kiekio:

$$R_{c,k} = \frac{R_{c,cal}}{1,25} = \frac{427,44}{1,25} = 341,95 \text{ kN} \quad (7.10)$$

Polio laikomosios galios skaičiuotinė vertė nustatoma laikomosios galios charakteristinę vertę dalinant iš dalinio koeficiento γ_t , pateikto normose, kurio vertė priklauso nuo projektinės situacijos bei polių įrengimo būdo:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{1,45} = \frac{341,95}{1,45} = 235,83 \text{ kN} \quad (7.11)$$

Išvada: vieno gręžtinio polio laikomoji galia $R_{c,d}=235,83\text{kN}$. Gręžtinio polio laikomoji galia pakankama rostverko perduodamai $N_{Ed}=114,56 \text{ kN}$ su 51% atsarga.

Gręžtinio poliaus projektavimas

Projektuojamam gręžtiniam poliui naudojamas C25/30 XC2 stiprumo klasės betonas, kurio $f_{ck}=25\text{MPa}$. Polio armavimui naudojama S240 klasės armatūra, kurios charakteristinis stipris $f_{yk}=240\text{MPa}$. Gręžtinio polio armavimas skaičiuojamas pagal ekscentriškai gniuždomo apvalaus skerspjūvio elementų skaičiuojamąją schemą (4 pav.). Gręžtiniui poliui parenkami $6\emptyset 16$ S240, kurių $A=2,01\text{cm}^2$. Skaičiuojamasis betono stipris:

$$f_{cd} = \frac{\alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1,0 \cdot 0,9 \cdot 25}{1,5} = 15 \text{ MPa} \quad (7.12)$$

Sakaičiuotinis armatūros stipris:

$$f_{yd} = 210 \text{ MPa}$$

Apskaičiuojamas santykinis gniuždomos zonos aukštis kai $\frac{r_1}{r_2} = \frac{0,15}{0,2} = 0,75 > 0,5$:

$$\xi_{cir} = \frac{N_{Ed} + \omega_1 f_{yd} A_{s,tot}}{f_{cd} A_c + \omega_2 f_{yd} A_{s,tot}} = \frac{114560 + 1,1 \cdot 210 \cdot 1206}{15 \cdot 125600 + 1,847 \cdot 210 \cdot 1206} = 0,17 \quad (7.13)$$

Čia: r_2 – gręžtinio polio spindulys, $r_2 = 200 \text{ mm}$;

r_1 – apskritimo, išvesto per išilginę armatūrą, spindulys, $r_1 = 150 \text{ mm}$.

Skerspjūvio plotas:

$$A_C = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 400^2}{4} = 125600 \text{ mm}^2; \quad (7.14)$$

Bendras armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_{s,tot} = 6 \cdot A_s = 6 \cdot 201 = 1206 \text{ mm}^2; \quad (7.15)$$

Koeficientai ω_1 ir ω_2 apskaičiuojami taip:

$$\omega_1 = \eta_r - \frac{\sigma_p}{f_{yd}} = 1,1; \quad (7.16)$$

Kai: $\sigma_p = 0$, tai $\omega = \eta_r$

čia η_r – koeficientas, kuris yra lygus 1,1 – kai armatūros takumo riba yra didesnė nei 400 N/mm²;

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \delta = 1,1 \cdot (1,5 + 6 \cdot 450 \cdot 10^{-4}) = 1,847; \quad (7.17)$$

Kai: $\delta = 1,5 + 6 f_{yd} \cdot 10^{-4}$

Koeficientas φ_s :

$$\varphi_s = \omega_1 - \omega_2 \cdot \xi_{cir} = 1,1 - 1,847 \cdot 0,25 = 0,64 > 0 \quad (7.18)$$

Atstumas nuo tempiamosios armatūros masės centro iki elemento skerspjūvio centro:

$$z_s = (0,2 + 1,3 \xi_{cir}) r_1 = (0,2 + 1,3 \cdot 0,25) 150 = 79 \text{ mm} \leq r_1 = 150 \text{ mm} \quad (7.19)$$

Lenkimo momentas, kurį atlaiko polis:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= \left[(f_{cd} \cdot A_c \cdot r_2 + f_{sc,d} \cdot A_{s,tot} \cdot r_1) \frac{\sin \pi \xi_{cir}}{\pi} + f_{yd} \cdot A_{s,tot} \cdot \varphi_s \cdot z_s \right] \\ &= \left[(15 \cdot 125600 \cdot 200 + 450 \cdot 1206 \cdot 150) \frac{\sin 180^\circ \cdot 0,25}{3,14} + 450 \cdot 1206 \cdot 0,64 \right. \\ &\quad \left. \cdot 79 \right] = 130623581,6 \text{ Nmm} = 130,62 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (7.20)$$

Ekscentricitetas lenkimo momento plokštumoje:

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{122,23}{114,56} = 1,00m = 1000mm;$$

Polio laikomosios galios tikrinimas:

$$Ne_0 = 114560 \cdot 1000 = 114560000Nmm = 114,56kNm < M_{Rd} = 130623581,6 Nmm \\ = 130,62 kNm$$

Išvada: pagal konstrukcinius reikalavimus apvalaus skerspjūvio elementai turi būti armuojami mažiausiai 6 strypais, todėl buvo gręžtiniui poliui buvo parinkti 6Ø16 S240 strypai. Lenkimo momentas, kurį atlaiko polis $M_{Rd} = 130,62 kNm$, todėl armatūra parinkta tinkamai su 12% atsarga. Skersinė armatūra parenkama konstrukciškai Ø8 S240, kas 200.

4. TECHNOLOGINĖ DALIS

Parengiama pėsčiųjų viaduko per geležinkelį mažeikiuose plieninės dvitėjo skerspjuvio sijų montavimo technologinė kortelė. Montavimo procesą sudaro trys procesai: transportavimo, paruošiamieji, pagrindiniai.

Sija į statybos aikštelę transportuojamos iš dviejų dalių, kadangi pagrindinė sija yra 50 m ilgio. Konstrukcijos transportuojamos tokioje padėtyje, kokioje jos bus sumontuotos statybvietyje. Transportuojami blokai atriamami į medines kalades, taip kad nepatirtų papildomų neigiamų poveikių ir nebūtų pažeistos pačios, nesideformuotų ar nesuirėtų. Sijos sudedamosios dalys atvežamos jau nugruntuotos, taigi joms nereikia ypatingų sandėliavimo sąlygų, jas galima sandėliuoti atviroje, tam tikslui numatytoje sandėliavimo aikštelėje, lauke. Tačiau šiuo atveju sijos elementų sandėliavimas nenumatomas. Jų atgabėjimas į statinio statybų aikštelę suorganizuojamas taip kad atgabenta sija iškart ir sumontuojama. Taip išvengiant papildomų sandėliavimo kaštų.

Kadangi montuojamas pėsčiųjų viadukas statomas per eksploatuojama geležinkelį. Būtina užtikrinti, kad plieninės sijos montavimo metu būtų sustabdytas traukinių eismas, kadangi montavimo darbai trukdys traukinių eismo saugumui. Tai turi būti suderinta iš anksto su geležinkelio vadovybe. Draudžiama pradėti darbus kol darbų vadovas negaus eismo tvarkdario įsakymo dėl eismo nutraukimo tarpustotyje bei, kol darbų vieta nebus paženklinta atitinkamais saugos ženklais. Geležinkelio bėgių tarpuose reikia įrengti specialų denginį, kuriuo galės važinėti keltuvai. Bei saugiai vaikščioti darbuotojai. Visi manevravimo darbai bei kėlimo mašinų transportavimas vykdomi laikantis instrukcijų „Geležinkelio signalizacijos taisyklės“ ir geležinkelio eismo taisyklės“. Atlikus statybos darbus, visi statiniai turi atitikti „statinio artumo gabarito taikymo taisyklės“.

Kiekvienai sijos daliai parenkamas kranas bei kėlimo mechanizmas. Įrengiama laikina atrama viaduko tarpatramio viduryje. Sijos dalys pakeliamos ir atremiamos ant jau įrengtų gelžbetoninių kolonų ir laikinos atramos. Keliant konstrukcijas, parenkama speciali traversa, apsauganti konstrukcijos dalis nuo galimų įtempimų, didesnių kaip 85% plieno takumo ribos ir atitinkamų liekamųjų deformacijų. Laikina atrama turi būti įrengta taip, kad ant jos atremta sija būtų jai nustatytoje projekcinėje padėtyje. Sijos šarnyriškai atremiamos ant specialių projekte numatytų elastometrinių guolių į padėtį artimą projektinei ir neatkabinus kėlimo mechanizmo kablo, patikrinama jų padėtis. Pradėti atskirų sijos dalių sujungimą galima tik tuomet kai sija yra projektiniame aukštyje ir aukščio nuokrypiai nėra didesni už toleruotinus. Sijas numatoma jungti suvirinant. Todėl reikalingas itin griežtas suvirinimo kokybės užtikrinimas. Visos suvirinimui naudojamos medžiagos turi atitikti LST EN 13479 nurodomus reikalavimus. Suvirinamas metalas ir siūlės metalas turi turėti suderinamas chemines ir mechanines savybes. Suvirinimui naudojamos

medžiagos, kurios užtikrintų suvirinimo siūlių skaičiuojamojo stiprio vertę nemažesnę nei pagamintos sijos lakštų. Papildomai vandenilio kiekis suvirinamoje siūlėje negali viršyti 10ml/100g vertės. Darbininkai tikrina sijos padėtį ir virina sijos dalis pasikėlę alkūniniais keltuvais. Po konstrukcijos suvirinimo siūlės privalo būti patikrintos rentgenu. Tik įsitikinus, kad siūlės yra tinkamai ir kokybiškai suvirintos galima pašalinti laikiną atramą [20].

Pagrindinių montavimo darbų apimtys apskaičiuojamos nustatant montuojamųjų elementų tipus, skaičių ir parametrus duomenys suvedami į 4.1 lentelę:

4.1 lentelė. Darbų apimtys

Elemento pavadinimas	Tipas	Matmenys, m			Elementų skaičius	Vieno elemento		Bendras	
		A/L	B	H		Masė, t	Tūris, m ³	Masė, t	Tūris, m ³
Sijos	S	25,0	0,5	1,74	4	10992,4	-	43969,63	-

4.1 Mašinų komplekso darbams parinkimas

Traversos parinkimas:

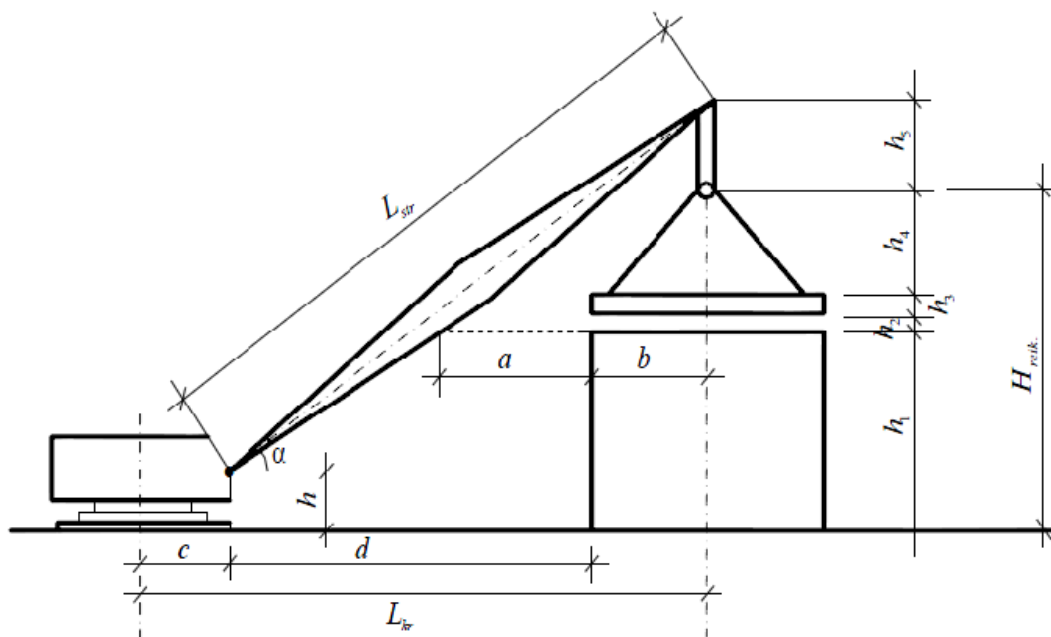
Kabinimo priemonės parenkamos pagal montuojamų elementų specifikacijas.[18]

Duomenys surašomi į 4.2 lentelę:

4.2 lentelė. Kabinėjimo priemonės

Kabinėjimo priemonės pavadinimas	Kabinėjimo priemonių			Pritaikymo sritis
	Keliamoji galia, <i>t</i>	Masė, <i>t</i>	Skaičiuojamasis aukštis, <i>m</i>	
Traversa TS-12,5	12,5	0,242	5	Sijos, ilginiai, santvaros

Krano parinkimas:



4.1 paveikslėlis. Strėlinio kranio parinkimo schema

Pagal techninius rodiklius kranai parenkami remiantis montuojamųjų elementų specifikacija, kai žinomos elementų masės, jų montavimo aukštis ir atstumas nuo kranio. Skaičiuojami reikiami kranio parametrai. Parenkamas kranas santvarų montavimui [17].

Keliamosios galios skaičiavimas:

Reikalinga kranio keliamoji galia, keliant metalinę santvarą (imama pusė santvaros svorio, kadangi ji bus keliamą dviejais kranais):

$$Q_{\text{reik}} = Q_1 + Q_2 = 10992,4 + 0,242 = 10,993t; \quad (4.1)$$

Čia: Q_1 – keliamosios konstrukcijos masė, t; Q_2 – kabinimo prie strėlės priemonės masė, t.

Maksimalus reikalingas kablį pakėlimo aukštis, kai reikia pakelti metalinę santvarą:

$$H_{\text{reik}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 9,3 + 1 + 3,11 + 5 = 18,41m \quad (4.2)$$

Čia: h_1 – aukštis nuo kranio stovėjimo plokštumos iki atramos, ant kurios remiasi montuojamas elementas; h_2 – laisvas tarpas virš atramos iki montuojamo elemento; h_3 – montuojamo elemento aukštis; h_4 – kabinimo priemonės aukštis;

Reikalingas strėlinio kranio strėlės siekis, sijai pakelti:

$$L_{\text{reik}} = \frac{(H_{\text{reik}} + h_5 - h) \cdot (b + a)}{h_2 + h_3 + h_4 + h_5} + c = \frac{(18,91 + 1 - 1,5) \cdot (7,35 + 1,5)}{1,0 + 3,11 + 5 + 1,0} + 1,5 = 17,62m; \quad (4.3)$$

Čia: h_5 – sutrauktų kranio skryščių aukštis ($h_5 = 1m$); h – strėlės lanksto aukštis nuo kranio stovėjimo lygio ($h = 1,5m$); a – mažiausias leidžiamas atstumas nuo kranio strėlės ašies iki sumontuotos konstrukcijos ($a = 1,5m$); b – atstumas, m, nuo arčiausiai sumontuotos konstrukcijos

artimiausio taško iki kranų kablų projekcijos į horizontaliąją plokštumą, montuojant labiausiai nuo kranų nutolusį elementą, priimame jį lygų santvaros ilgio ketvirčiui, kadangi siją kelsime dviem kranais: c – atstumas, m, nuo kranų sukimosi ašies iki stelės lanksto projekcijos [18].

Pagal paskaičiuotus parametrus parenkamas automobilinis kranas Faun ATF 30-2L, kurio:

- Keliamoji galia $30\text{ t} > Q_{\text{reik}} = 10,993\text{ t};$;
- Maksimalus strėlės ilgis $29,5\text{ m} > H_{\text{reik}} = 18,31\text{ m};$
- Maksimalus strėlės siekis $26\text{ m} > L_{\text{reik}} = 17,62\text{ m};$ [19]

4.3 lentelė. Darbo sąnaudų suvestinė

Eil. Nr.	Ciklai ir procesai	Darbų apimtis		Darbo sąnaudos žm.d	Mechanizmai	
		Mato vnt.	Kiekis		Pavadinimas	Darbo sąnaudos mašinos pamainomis
1	2	3	4	5	6	7
I	Bendrastatybinių darbų ciklas:					
	Deginių ištisinių paklotų įrengimas iš 50mm storio lentų	100m ²	2,82	76	Kranas/ smulkus mechanizmai	0,24
	Atraminiai statramsčiai angoms iki 48m	t	1	46,4	Kranas/ smulkus mechanizmai	1,66
	Sijų, kurių masė daugiau kaip 20 t, montavimas vienu kranu, sujungiant virinant $k_8=1.04$	vnt.	2	22,4	Keltuvas / Kranai	5,2
			$\Sigma=$	29,02	$\Sigma=$	1,66

4.4 lentelė. Statybinių medžiagų suvestinė

Eil.nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vnt.	Kiekis
1	2	3	4
1	Metalinės konstrukcijos	t	55,76
2	Suvirinimo elektrodai	kg	21,75
3	Propano-butano mišinys	m ³	3,92
4	Dujinis deguonis (techninis)	m ³	16,24

Nustatome gaminių ir techninių išteklių poreikį pastato santvarų montavimui:

4.5 lentelė. Statybinių gaminių poreikis

Eil.nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vnt.	Kiekis
1	2	3	4
1	Plieninės sijos dalys	vnt	4

4.6 lentelė. Techninių išteklių poreikis

Eil.nr.	Mašinos, mechanizmo, įrankio, įrangos, prietaiso pavadinimas	Tipas	Kiekis
1	2	3	4
1	Automobilinis kranas	Faun ATF 30-2L	2
2	Traversa	TS-12,5	2
3	Alkūninis keltuvas	HR 15N	2
4	Nivelyras	RL 100	1
5	Gulsčiukas	-	2
6	Ruletė	-	2
7	Apsauginiai šalmai	-	24
8	Smulkūs mechanizmai	-	6

Pagrindinius statybinių konstrukcijų montavimo kokybės reikalavimus nusako statybinės normos ir taisyklės, kurių pagrindu sudarytos statybos bei montavimo darbų vykdymo ir priėmimo techninės sąlygos. Kokybę kontroliuoti pradedama jau priimant atvežtus į statybietę surenkamuosius elementus ir baigiama, atiduodant pastatą eksploatacijai. Visi atvežti į statybietę elementai turi atitikti valstybinio standarto reikalavimus, projekto matmenis, o nuokrypos neturi būti didesnės už normines [20].

4.7 lentelė. Leistini konstrukcijų nuokrypiai

Montuojamos konstrukcijos nuokrypos	Didžiausias nuokrypis, mm
Atraminių mazgų altitudės	10
Sijų viršutinių juostų ašies nuokrypis nuo projektinių ties tvirtinimo taškais	15
Įlinkis(kreivumas) tarp sijos juostų tvirtinimo vietų iki 0,0013 įtvirtinto ruožo ilgio, bet ne daugiau kaip	15
Atstumas tarp sijos viršutinės juostos įtvirtinimo vietų	15
Apatinės ir viršutinės sijos juostų ašių pasislinkimas viena kitos atžvilgiu	0,004 santvaros aukščio

Iš antrame priede pateikto sudaryto kalendorinio sijų motavimo darbų vykdymo ir darbininkų poreikio grafiko, nustatomi techniniai ir ekonominiai kortelės rodikliai [18]:

4.7 lentelė. Techniniai ir ekonominiai rodikliai

Eil.nr.	Rodiklio pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	
			Norminis	Planuojamas
1	Sijų įrengimo darbų apimtis	vnt	1	1
2	Darbų sąnaudos	žm.d	22,4	20
3	Mechanizmų sąnaudos	maš.pam.	5,2	5
4	Darbuotojų išdirbis	vnt/žm.d.	0,24	0,29
5	Mechanizmų išnaudojimas	%	83	
6	Darbo trukmė	d.	1,12	1
7	Normų vykdymas	%	112	

Normų vykdymo procentas patenka į nustatytą intervalą:

$$N = \frac{Q_{norm}}{Q_{pl}} = \frac{22,4}{20} \cdot 100\% = 112\% \quad (4.4)$$

Reikalingų darbininkų skaičius:

$$N_{vid} = \frac{\sum Q_{pl}}{T} = \frac{140}{6} = 23,33 \quad (4.5)$$

Kadangi kortelėje nagrinėjamas tik vienas technologinis procesas gauname tokius rezultatus:

$$K_1 = \frac{N_{max}}{N_{vid}} = \frac{25}{23,33} = 1,0 \quad (4.6)$$

$$K_2 = \frac{\sum t}{T} = \frac{6}{6} = 1,0 \quad (4.7)$$

4.2 Technologinio proceso darbo sauga

Svarbu užtikrinti teisingą kranų eksploataciją, kiekvieną kartą prieš keliant siją patikrinti traversos užkabinimo patikimumą. Keliamą siją būtina prilaikyti atotampomis, kad nesiūbuotų ir nesisuktų. Konstrukcija keliamą ir nuleidžiama tik vertikaliai. Siją atkabinti nuo krano galima tik tada, kai ji saugiai įtvirtinama projektinėje padėtyje. Sumontuotos sijos tarpusavyje turi būti sutvirtinamo ryšiais.

Privaloma pažymėti pavojingas darbo zonas, aptverti praėjimus, užtikrinti darbo vietų apšvietimą tamsiu paros metu. Pertraukų metu negalima palikti krovinio, prikabinto ant krano kablio [17].

Darbininkai montuojantys santvaras turi dėvėti šalmus ir ryškios spalvos drabužius, kad būtų lengviau pastebimi. Darbininkai dirbantys krano veikimo zonoje privalo dėvėti šalmus. Montavimo darbai aukštose, atvirose vietose, pučiant stipresniam kaip 15m/s vėjui, lijdros, perkūnijos arba rūko metu turi būti nutraukti [20].

5. DARBŲ SAUGA IR APLINKOSAUGA

5.1 Bendroji darbuotojų sveikata ir sauga vykstant statinio statybai

Projektuojamas statinys – viadukas priklauso ypatingų statinių grupei, todėl statybų metu jam keliami didesni darbų saugos reikalavimai, yra padidėję rizikos veiksniai įtakojantys darbuotojų saugumą. Statybinė aikštelė įrengiama Lietuvos geležinkelio nusavintame žemės sklypo plote. Naujai statomas pėsčiųjų viadukas per geležinkelį, nuo Mindaugo gatvės iki Bažnyčios gatvės, Mažeikių mieste. Numatomas viaduko tako, laiptinių ir įėjimų į liftą apšvietimas. Paviršinės kritulių nuotėkos nuvedamos į esamus lietaus nuvedimo tinklus, kurie yra Mindaugo gatvėje. Statybinė aikštelė įrengiama vadovaujantis „Darboviečių įrengimo statybvietėse nuostatais“. Privaloma gauti pažymą paskyrą-leidimą darbų vykdymui pavojingose zonose, kuriose nuolat veikia ar gali veikti rizikos veiksniai, kurie nepriklauso nuo atliekamų darbų pobūdžio.

Statybos metu teritorija, kurioje vyks darbai privalės būti aptverta tvora, apsaugančia nuo pašalinių žmonių. Statyviečių aptvarų aukštis turi būti ne žemesnis kaip 1,6 m. Aptvarai, esantys šalia masinio žmonių judėjimo kelių, turi būti ne žemesni kaip 2 m [21]. Privalo būti apribojamas eismas Stoties gatve (paliekant tik siaurą pravažiavimą), kadangi gatvės atkarpa, papuolanti į statybos darbų zoną gali sukelti pavojų darbuotojų esančių šalia judėjimo kelių ir įrenginių saugumui. Saugiam žmonių perėjimui prie esamo tako nuo Geležinkelio gatvės pusės įrengiama laikinoji pėsčiųjų perėja [22].

Kadangi statinys kirs veikiančio geležinkelio ribas, tai sukels papildomų iššūkių saugiam darbų organizavimui. Reikalingos specialios priemonės kliudančios darbuotojui patekti į pavojingas zonas, kurios privalo būti aiškiai pažymėtos atitinkamais perspėjimo ženklais. Todėl dalis darbų (paruošiamieji ir baigiamieji) organizuojami ir atliekami taip, jog nebūtų pertraukiamas traukinių eismas, kuris yra vykdomas griežtai pagal grafiką. Tačiau neišvengiamai vykdant pagrindinius statinio statybos darbus reikės derinti darbus su eismo pertraukomis ar derinti laikiną eismo nutraukimą su stoties viršininku, tai užregistruojant „Apžiūros žurnale“ [23]. Papildomai perspėjami mašinistai ir įrengiami įspėjamieji ženklai eismo greičio apribojimui [24].

Statybvietės teritorijoje papildomai įrengiami statybinių medžiagų sandėliavimo ir buitinės, sanitarinės bei higienos patalpos darbuotojų poreikiams [22]. Pagrindinė statybinė aikštelė statybinių produktų ir konstrukcijų sandėliavimui, statybiniams įrenginiams ir mechanizmams įrengti numatoma geležinkelio gatvės pusėje. Papildomai įrengiamas laikinas žvyro-skaldos kelias su mediniu lentų paklotu tarp bėgių į sandėliavimo aikštelę ir visą statybvietės teritoriją [25]. Už pavojingų zonų ribų darbuotojams privalu įrengti buitines patalpas, kuriose papildomai suteikiama

pirmoji pagalba ištikus nelaimingam įvykiui. Patalpose privalo būti dušai bei tualetai priklausomai nuo darbuotojų skaičiaus statomam objekte. Esant poreikiui patalpose įrengiami atskiri tualetai vyrams ir moterims arba numatyta galimybė jais naudotis atskirai [22]. Buitiniams ir technologiniams poreikiams tenkinti vanduo atvežamas vandenvėžiu. Elektros tiekimo aprūpinimui numatoma prisijungti prie jau esamų elektros tinklų geležinkelio teritorijoje. Linijos tiesiamos tik izoliuotais laidais, jungikliai turi būti pritvirtinti ant nedegaus pagrindo, tinkamai montuojant įžemintuose skyduose. Elektros apskaitai turi būti įrengtas laikinas elektros apskaitos prietaisas [26].

Statybvietėje prie buitinių ir administracijos patalpų gerai prieinamoje ir matomoje vietoje būtina įrengti priešgaisrinį postą (skydas su gesintuvais ir kitas priešgaisrinis inventorių). Vadovaujantis bendrosiomis rekomendacijomis skelbiamomis priešgaisrinės saugos taisyklėse numatomas profilaktinės statybvietės gaisrinės organizavimo priemonės. Darbuotojams skirtose patalpose, kurios priskiriamos E_g kategorijai pagal sprogimo ir gaisro pavojų numatomi dveji nešiojami ABC tipo milteliniai gesintuvai su 4 kg gesinimo medžiaga [29]. Kilus gaisrui privaloma išjungti elektros apšvietimo ir jėgos linijos, slėgis kuo skubiau pašalinamas iš technologinės įrangos, slėginuose induose, vamzdynuose uždaromos sklendės taip nutraukiant pavojingų medžiagų tiekimą į juos, tuo pat metu operatyviai gesinamas gaisras ir iškviečiama priešgaisrinė gelbėjimo tarnyba.

Darbdavys ar darbdavio įgaliotas asmuo yra įpareigotas pilnai informuoti darbuotojus apie visus pavojus bei atsargumo priemones, susijusias su medžiagų naudojimu ir saugiu darbu neatsisžvelgiant į darbuotojų pareigas ar darbo stažą. Įrenginių naudojimo saugos ir sveikatos instrukcijos turi būti patvirtintos įmonės vadovo ir suderintos su darbuotojų atstovu saugai ir sveikatai. Eksploatuojami tik tie įrenginiai kurie yra paženklinėti CE žymenimis ir atitinka Europoje taikomus saugos reikalavimus [27]. Visos statyboms naudojamos medžiagos privalo būti naudojamos pagal paskirtį, užtikrinant saugumą darbuotojams ir švarą aplinkai. Reguliariai tikrinama darbų sauga, aplinkos apsauga, aplinkinių žmonių apsauga dėl statybos darbų keliamo potencialaus pavojaus [28]. Pagal Lietuvos respublikos įstatymus, statybos darbus vykdančios rangovos turi prisiimti atsakomybę už darbų saugą savo darbo vietoje. Vykdančios statybos darbus geležinkelio zonoje, privaloma papildomai laikytis saugos reikalavimų aprašomų valstybės geležinkelio inspekcijos prie susisiekimo ministerijos aprašuose skirtuose darbai susijusiam su geležinkelio transporto eismu. Atsižvelgiant į aprašus ir reikalavimus rangovas paruošia atitinkamą saugos ir sveikatos planą su numatytais specialiomis saugos ir sveikatos darbe priemonėmis kritiniams darbams [21]. Darbdavys darbuotojams privalo išduoti įspėjamuosius, ryškiaspalvius (oranžinius su šviesą atspindinčiais atšvaitais) darbo drabužius, tam tikrą specialią avalynę,

apsauginius šalmsus, ausines nuo triukšmo, apsauginius akinius ir pirštines. Prieš statybos darbų pradžią ir darbų eigoje, statybvietėje nustatomos pavojingos zonos, kuriose nuolat veiks arba potencialiai galės atsirasti rizikos veiksniai.

5.2 Pavojingų zonų nustatymas statybvietėje

Statant pėsčiųjų viaduką per geležinkelį neišvengiama rizika dėl reguliaraus traukinių judėjimo geležinkelio bėgiais. Tai apsunkina darbą ne tik statybininkams dirbantiems važiuojamoje dalyje, tačiau kartu ir geležinkelio personalui. Pavojinga zona vertinama 3,1 metro atstumu nuo geležinkelio kelio kraštinio bėgio. Taip pat darbas kranų veikimo zonose kol bus sumontuota pagrindinė tilto sija, bei viaduko paklotas kartu su laiptatakiais iš gelžbetonių elementų. Pavojingos zonos esančios šalia statomo viaduko konstrukcijų 3,5 metrų zonoje. Po darbų su kranais atlikimo, privaloma įvertinti rizika dirbant neaptvertoje zonoje kai aukščio skirtumas daugiau nei 1,3 metro nuo žemės paviršiaus. Atliekant kitų tilto elementų montavimo darbus. Bendra tvarka statybos darbų vykdymo zonos ir statybinės aikštelės aptveriamos laikina tvora ir pažymimos įspėjamaisiais ženklais, aikštelės ribos kuriose veikia aptarnaujantysis transportas (laikini keliai) taip pat laikomos pavojingoms zonomis. Tuo atveju jeigu darbų vykdymo metu atsiranda paskyroje-leidime nenumatyti pavojingi ar kenksmingi veiksniai, darbus būtina sustabdyti, o atnaujinti juos galima tik gavus naują paskyrą-leidimą ir atsisžvelgiant į jį imtis visų nurodytų priemonių darbuotojų saugai ir sveikatai užtikrinti [21].

5.3 Profesinės rizikos vertinimas statybvietėje

Apibrėžiame, kad rizikos veiksniai tiriami naujai statomo pėsčiųjų viaduko per geležinkelį statybos procese, kai atliekami viaduko pagrindinės sijos montavimo darbai ant jau sumontuotų atraminių kolonų. Darbo metu pagrinde naudojama mašinų ir mechanizmų darbo jėga (Du kranai, alkūniniai keltuvai, pusiau automatiniai suvirinimo aparatai).

Šių darbų vykdymui reikės derinti darbus su traukinių veiklos grafiko eismo pertraukomis ar derinti laikiną eismo nutraukimą su stoties viršininku, tai užregistruojant „Apžiūros žurnale“ [23]. Kartu užregistruojamas ir darbų saugos instruktažas, kuris privalo būti pravedamas darbų vadovo, darbuotojams prieš pradėdant statybos darbus. Instruktažą išklaušę darbuotojai pasirašo specialioje instruktavimo registravimo kortelėje. Pasikeitus kokioms nors aplinkybėms, taikomas papildomas instruktavimas [30]. Papildomai apie vykdomus statybos darbus traukinių eismo zonoje perspėjami mašinistai ir įrengiami įspėjamieji ženklai eismo greičio apribojimui [24][31].

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

Veiksnių, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
Darbo vietos šiluminė aplinka (sunku darbas lauke)	Karštis, oro temperatūra viršija 26°C [32] Nepalankios meteorologinės sąlygos (lietus) HN69:2003 reikalavimai darbams lauko sąlygomis		×		×
Darbo vietos apšvietimas (atliekant darbus sutemus)	Darbo vietos, pėsčiųjų takų ir praėjimų apšvieta, nemažesnė nei 20 lx [33]		×		×
Ultravioletinė spinduliuotė (atliekant suvirinimo darbus)	Ultravioletinė spinduliuotė lankinio suvirinimo metu [34]	×			×

5.2 lentelė. Fizinį veiksmų 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
Judantys geležinkelio rėdmeys	Darbai vyks eksploatuojamo		×	×	

	geležinkelio zonoje				
Darbas iš pakeliamųjų alkūninių lopšių (7m aukštyje)	Darbuotojų kritimo iš aukščio pavojus [21]		×		×
Transportavimo įranga (du kranai)	Darbuotojai dirbs kranų veikimo zonose[17]		×	×	
Priėjimo keliai (geležinkelio bėgiai, pabėgiai)	Įvairūs kliuviniai, pavojus užkliūti		×	×	
Elektros įtampa	Suvirinimo darbams, reikalingas įnulinimas, įžeminimas [26;27]		×		×

5.3 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)	Fiziškai sunkus darbas		×	×	
Darbo poza	Darbas aukštoje apribotoje erdvėje pakeliamam lopšyje.	×		×	
Judėjimo atstumas darbo aplinkoje	Vaikščiojimams nepastoviu paviršiumi (bėgiai, pabėgiai)		×	×	
Darbo įtampa(Regos ir klausos analizatoriai)	Atliekant darbus būtina stebėti eksploatuojamo geležinkelio aplinką	×		×	
Darbo emocinė įtampa	Darbas pavojingoje aplinkoje, dideliame		×		×

	aukštyje, atsakomybė už kitus darbuotojus				
--	---	--	--	--	--

5.4 Profesinės rizikos vertinimas

Profesinė rizika apibrėžiama kaip darbuotojo sveikatos sutrikdymas dėl pavojingos darbo aplinkos veiksnio ar veiksnių poveikio. Jos vertinimo tikslas yra pagrįstas potencialios rizikos darbe nustatymu, skaičiuojant ir apibrėžiant tam tikru dydžiu. Kuriuo vadovaujanti reikia imtis rizikos prevencijos priemonių ar tiesioginio rizikos veiksnio pašalinimo [34]. Rizikos dydis apskaičiuojamas pagal formulę: Rizikos dydis = pavojaus dydis x traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė x pasekmės. Visi formulėje esantys kintamieji vertinami balais nuo 1 iki 3, atitinkamai nuo kintamųjų apibrėžimo ir priskyrimo tam tikrai balo vertei priklausomai nuo jų charakteristikos. Kurios vertinamos pagal:

Pavojaus dydis gali būti vertinamas tokiais balais:

- 3** – labai didelis (labai kenksmingos darbo sąlygos arba gali įvykti nelaimingas atsitikimas (sunkus, mirtinas);
- 2** – didelis (kenksmingos darbo sąlygos arba gali įvykti nelaimingas atsitikimas, kurio metu patiriama sveikatai pavojinga trauma);
- 1** – nedidelis (normalios darbo sąlygos, gali susirgti profesine liga arba patirti lengvą traumą).

Traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė gali būti vertinama balais taip:

- 3** – didelė (traumos ar kitokie sveikatos pakenkimai dažni);
- 2** - vidutinė (atsitiktinės traumos ar kitokie sveikatos pakenkimai);
- 1** – maža (traumos ar kitokie sveikatos pakenkimai reti).

Nustatant traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybę, reikia atsižvelgti tiek į galimybę, kad tai įvyks kiekvieną kartą atliekant užduotį, tiek į užduoties atlikimo dažnumą bei trukmę.

Pasekmės gali būti vertinamos kaip veikiančios:

- 3** – padalinį (paveikia daugelį asmenų);
- 2** – grupę (paveikia šalia esančius asmenis);
- 1** – asmenį.

5.4 lentelė. Rizikos nustatymas

Veikla	Pavojai	Taikomos saugos priemonės	Pavojaus dydis	Traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė (balais)	Pasekmės	Rizikos dydis balais
Lauko darbai karštyje	Fizikiniai	Parūpinama pakankamai skysčių darbuotojams, daromos dažnos bet trumpos pertraukėlės, darbo laikas nustatomas atsižvelgiant į darbo aplinką, bet ne ilgesnis kaip trisdešimt šešios valandos per savaitę [40]	1	1	1	1
Darbo vietos apšvietimas	Apšvieta	Įrengiamas papildomas apšvietimas dirbant sutemus	1	1	1	1
Judantys geležinkelio rėdmeys	Fiziniai	Įrengiami įspėjamieji ir greičio ribojimo ženklai mašinistam, darbuotojai aprūpinami ryškiaspalve apranga su šviesą atspindinčiais atšvaitais.	1	1	1	1
Darbas iš pakeliamųjų alkūninių lopšių (7m aukštyje)	Fiziniai	Naudoti prisisegimo priemonės, karabinus, virves.	2	1	1	2
Transportavimo įranga (du kranai)	Fiziniai	Darbuotojai aprūpinami ryškiaspalve apranga, užtikrinama jog pašaliniai nepateks į krano veikimo zonas.	2	1	1	2

Priėjimo keliai (geležinkelio bėgiai, pabėgiai)	Fiziniai	Įrengiami laikini pravažiavimai, bėgiai pažymimi išskiriančiais ženklais.	3	1	1	3
Darbo emocinė įtampa	Psichologiniai	Dalintis atsakomybę su kitais asmenimis, pasirūpinti jog pavojingus darbus atliktų kvalifikuoti ir patyrę specialistai.	1	1	1	1

Apskaičiavus pėsčiųjų viaduko per geležinkelį, pagrindinės sijos montavimo darbus konkrečioje vietoje gavome priimtinas ir toleruotinas specifinių darbų rizikos vertes: didžiausia rizika sukelti nepalanki geležinkelio aplinka montavimo darbams, kurioje rizika įvertinta 3 balais, 2 balais įvertinti darbų rizika kranų veikimo zonoje ir darbas 7 metrų aukštyje. Šios vertė patenka tarp toleruotinų rizikos dydžių ribų. Papildomos apsaugos priemonės kaip ryški apranga ir kiekvieno darbuotojo organizuotumas bei atsargumas, padės išvengti padidintos rizikos darbuotojų saugai. Didžiausia riziką sukeliantys perėjimo kelių sunkumai, nes apsunkinamas mašinų ir darbuotojų eismas, padidėja rizika susižaloti užkliuvus iš vieno už bėgių, tačiau laikini perėjimo lentų paklotai tarp bėgių ir įspėjamieji ženklai gali gerokai sumažinti tikimybę susižaloti. Todėl klausimas dėl veiklos stabdymo ar apribojimo sprendimo neturėtų būti svarstomas.

5.5 Aplinkos apsauga, kietųjų atliekų šalinimas

Statomo pėsčiųjų viaduko darbai kenksmingo poveikio aplinkai neturės. Statinio statybos aikštelė privalo būti reguliariai tvarkoma, iš jos pašalinamos šiukšlės arba sudedamos į tam tikras, šiukšlėms skirtas vietas. Kadangi darbai vykdomi virš geležinkelio bėgių turi privalu užtikrinti jog jokios darbo priemonės arba statybiniai įrankiai nekris ar nebus palikti ant geležinkelio kelio bėgių. Darbų vadovo pareiga pasirūpinti, kad to būtų išvengta, o tam atsitikus pasirūpinti, kad atliekos ir įrankiai, kaip galima greičiau būtų pašalinamos į specialiai tam skirtas, laikinas šiukšlių kaupimo vietas ar talpyklas [36]. Privaloma užtikrinti, jog buitinės šiukšlės būtų kaupiamos atskirai nuo statybos atliekų, o nuo pastarųjų iki išvežimo atskirai turėtų sandėliuojamos cheminių medžiagų atliekos. Šiukšlių pašalinimo procedūros ir kiekiai užregistruojami tam tikruose dokumentuose, kurie vėliau patvirtina faktinį susidariusių atliekų, netinkamų naudoti ir perdirbti, kiekį bei pašalinimą iš statybų zonos [35].

5.6 Darbo higienos reikalavimai

Statinio statybos metu yra privaloma laikytis Lietuvos respublikoje reglamentuojamų higienos normų [36]. Remiantis normomis statybvietėje turi būti numatomos ir įrengtos gamybinės buities patalpos. Kurioms priskiriamos drabužinės, dušinės prausyklos tualetai, poilsio, valgymo patalpos, drabužių džiovinimo, dulkių šalinimo arba nukensminimo patalpos, rūkymo patalpos, sušilimo patalpos, kvėpavimo takų apsaugos priemonių patalpos, medicinos punkto patalpos. Rekomenduojamas ne didesnis nei 150 metrų atstumas nuo statybos darbų zonos iki artimiausių tualetų, poilsio patalpų ir geriamo vandens įrenginių statybų aikštelėje. Geriamojo vandens įrenginiai turi būti pažymėti specialiu užrašu „tinkamas gerti vandeniu“ [37].

Esant triukšmo poveikio dydžiui didesniai nei 85dB(A) vienam darbuotojui per dieną, privaloma informuoti darbuotojus apie tokias darbo sąlygas ir galimus neigiamus padarinius dirbant jomis, bei kaip nuo jų apsisaugoti:

- Darbų saugos laikymosi svarbos;
- Esamų priemonių, taikomų apsaugai nuo triukšmo;
- Priemonių naudojimosi svarbus, bei reguliarios klausos patikros;
- Rizikos klausos pakenkimui, kuris gali tapti ilgalaikiu [38].

Dirbant prie veikiančio geležinkelio, dėvėti individualias apsaugas nuo triukšmo priemonės draudžiama. Rekomenduojama nenaudoti mechanizmų su aukštomis triukšmingumo charakteristikomis. Tačiau jei tai neišvengiama prie dirbančio asmens ar dirbančių asmenų grupės vienoje darbo zonoje, privalu paskirti asmenį budėjimui, stebint riedmenų eismą atliekant darbus, kuris perspėtų kitus apie galimą pavojų. Įspėti galima prisiliečiant ar kitais ženklais įsitikinus, kad dirbantysis mato ir supranta.

Darbo aplinkos ore esančių kenksmingų cheminių medžiagų koncentracijos turi būti mažesnės nei kenksmingų cheminių medžiagų ribinės vertės higienos normose [36].

6. TIRIAMOJI DALIS

6.1 Apžvalga

Projektuojamas viadukas be atitikimo saugos ribiniams būviams dar privalo tenkinti ir tinkamumo ribinius būvius. Kurie apibrėžia deformacijas ir poslinkius, vibracijas bei konstrukcijos vientisumo pažeidimus. Išvardinti apibrėžimai patvirtina konstrukcijos tinkamumą normaliai eksploatacijai. Virpesiai ne tik sukelia diskomfortą žmonėms, tačiau papildomai kenkia ir pačiai konstrukcijai ar jos atramoms, mažindami konstrukcijos tarnavimo ilgaamžiškumą arba efektyvų konstrukcijos naudojimą [41]. Konstrukcijų žemo dažnio virpėjimas vyksta nuolat ir yra neišvengiamas, tačiau žemas svyravimų dažnis turi mažai įtakos pačiai konstrukcijai. Tačiau dėl rezonansinių reiškinių virpesiai gali pasiekti didesnes, netoleruotinas vertes. Konkrečiu atveju tai pasireiškia tada, kai savieji konstrukcijos ar statinio svyravimų dažnio vertė yra panaši arba sutampa su apkrovų sužadinamų svyravimų dažnio. Valstybinio Rijo de Žaneiro universiteto profesorius J.G.S. da Silva savo tyrime nagrinėja, kaip pėsčiųjų apkrovos sukelti svyravimai veikia pėsčiųjų tiltus. Tyrimo rezultatai patvirtina, kad pėsčiųjų eismo apkrovos sukelti svyravimai konstrukcijoje gali pasiekti netoleruotinas svyravimų vertes, kurios sukeltų diskomfortą pėstiesiems ar netgi grėsmę jų saugumui [42].

Šiame tyrime nagrinėjami projektuoto dėžinio skerspjūvio, pėsčiųjų viaduko vertikalieji ir horizontalieji virpesiai (vibracijos), jo eksploataavimo metu. Kaip keičiasi svyruoja virpesių vertės įvedant ryšius projektuojamoje konstrukcijoje, ar keičiant konstrukcijos savąjį svorį.

6.2 Sijiniai tiltai

Išsivysčius statybos technikai ir atsiradus naujoms perdangų konstrukcinėms formoms, vientisomis plieninėmis sijomis ekonomiškai perdengti 40-50m. Ar ilgesnius tarpatramius [43]. Tai tikrai ne vienintelis tokio tipo sijų pranašumas. Gaminant, montuojant ir eksploatuojant vientiso skerspjūvio sijos yra pranašesnės už kitokio tipo konstrukcijas tiltų projektavime. Tai nulemia keletas faktorių:

- Paprastos konstrukcijos (lyginant su kitomis sistemomis, gaminimas ir montavimas yra gerokai pigesnis);
- Nedidelis sijos statybinis aukštis (šis faktorius itin svarbus atvejais kai potiltės gabaritas gana aukštas)
- Pigi ir parasta eksploatacija (konstrukcijoje mažiau mazgų, lyginant su santvarine, mažesnis dažymo plotas, paprastesnis konstrukcijos elementai)

Projektuojamam tiltui parinktos dvi dvitejinės sijos, tarpusavyje jos suvaržomos horizontaliaisiais ir vertikaliaisiais ryšiais, taip pasiekiant didesnę konstrukcinio bloko standumą, ir padidinant sijų atsparumą sukimui. Sijos viršutinės plieninės juostos yra standžiai sujungiamos su paklotą laikančia gelžbetonine plokšte. Jungimosi vietose kas 6,407 metro įrengiamos specialios atsparos, kurios užtikrina, kad konstrukcija dirbtų kaip vientisas elementas. Tokio tipo konstrukcija yra laikoma kompozitine – plienbetonine konstrukcija. Kurioje plieno ir betono medžiagų specifinės eliminuojančios savybės tempimo ir gniuždymo įrašoms, dar labiau padidina konstrukcijos ekonominę prausumą.

6.3 Svyravimų ribos ir ribojimas

Statinyje projektuojamas taip, jog atitiktų kriterijus keliamus saugos ir tinkamumo ribiniams būviams. Tikrinant konstrukciją pagal tinkamumo ribinius būvius, kurie apibrėžia statinio estetinį vaizdą ir žmonių komforto užtikrinimą statinio eksploatacijos metu. Analizuojamo pėsčiųjų viaduko netoleruotinių virpesių diapazonai apibrėžiami LST EN 1991-2:2006. Tiltų eismo apkrovos. Reglamentuojama jog tiltų svyravimų savieji dažniai negali patekti į šiuos intervalus:

- $1,6 \leq n_i \leq 2,4$ Hz, esant vertikaliųjų svyravimų formai;
- $0,5 \leq n_i \leq 1,6$ Hz, esant horizontaliųjų svyravimų formai;

Čia n_i tiltų savųjų svyravimų dažnis, kuris apskaičiuojamas pagal erdvinį tampriųjų svyravimų modelį. Tais atvejais kai pagrindinis perdangos vertikalių virpesnių dažnis yra mažesnis už 5 Hz o horizontalių virpesių dažnis mažesnis už 2,5 Hz reikia patikrinti pėsčiųjų komforto kriterijus, kurie apibrėžiami bet kurios tilto dalies didžiausiu leidžiamuoju dažniu [45].

Statinių savieji svyravimai priklauso nuo konstrukcijų elementų svorio ir nuo konstrukcijos standumo. Todėl tais atvejais kai projektuojamos konstrukcijos savųjų svyravimų dažnis patenka į netoleruotinių verčių diapazoną reikia priimti tam tikrus konstrukcinius sprendimus priklausant nuo to kokia kryptimi svyravimai yra netoleruoti. Horizontaliuosius svyravimus galima modifikuoti didinant arba mažinant konstrukcijos standumą. Vertikalius keičiant konstrukcijos savąjį svorį, kuris priklauso nuo konstrukcijos skerspjūvio. Išimtiniais atvejais, jeigu tas reikalinga tilto architektūros ir jo konstrukcijos požiūriu, leidžiami konstrukciniai sprendimai, netenkinantys virpesių apribojimų. Šiuo atveju atliekami papildomi eksperimentai ir analizės, kurių pagrindu tiltui projektuojamos papildomos svyravimų slopinimo priemonės, sumažinančios tilto svyravimų pagreitį iki leistinos normos [45].

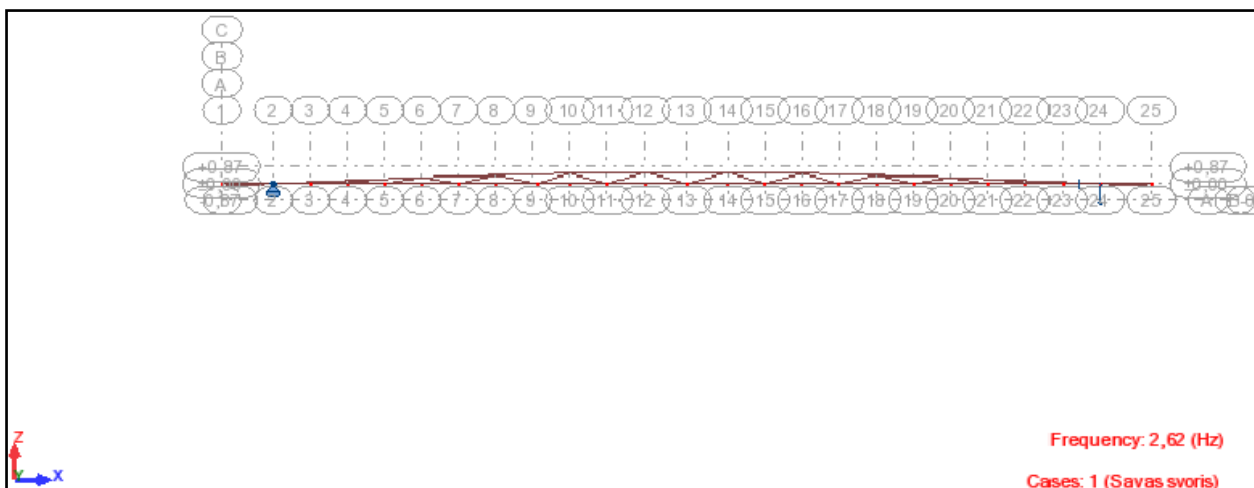
Dvitėjo profilio sijos kartu su standžiai sujungtu gelžbetoniniu paklotu suformuoja plienbetonę konstrukciją, kuri pasižymi labai dideliu atsparumu skersiniam sukimui. Tačiau kol plieninis sijos elementai nėra standžiai sujungti su gelžbetoniniu paklotu, plieninė sija yra labai neatspari sukimui. Todėl reikalingas sijos plieninės dalies sutvirtinimas horizontaliais ir vertikaliais ryšiais, taip padidinant konstrukcijos bendrąjį pastovumą. Papildomai sijos sustiprinimas būtinas, jog atlaikytų konstrukcijos elementuose atsiradusias įrašas sijos montavimo ir transportavimo metu. Tiltų projektavimo praktikoje naudojami trijų tipų ryšių sistemos:

- Skersiniai ryšiai išdėstyti tarp sijos sienelių vertikaloje plokštumoje (vertikalieji ryšiai);
- Ryšiai išdėstyti sijos viršutinėje arba apatinėje juostoje, horizontalioje plokštumoje (horizontalūs ryšiai);
- Skersiniai ryšiai išdėstyti tarp sijų vertikaliuose plokštumose (keleto pagrindinių sijų sujungimui į erdvinę konstrukciją) [46];

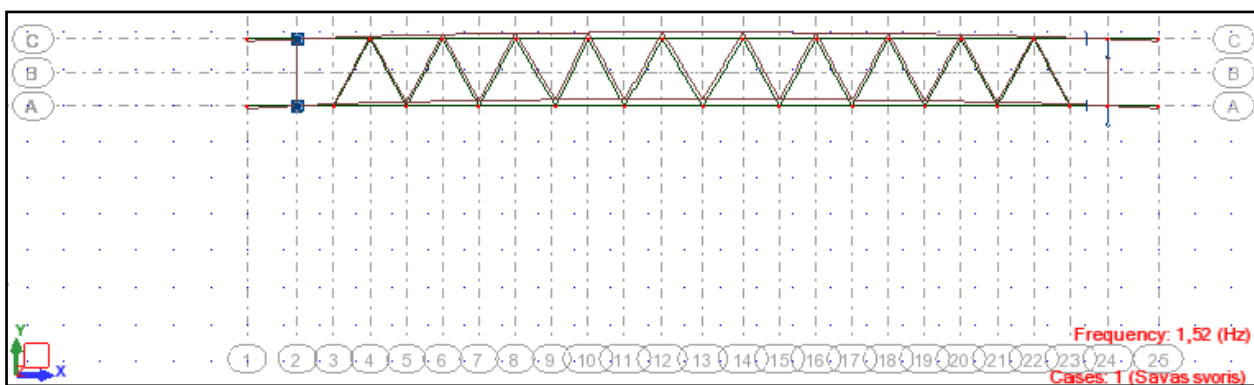
Kadangi projektuojamo pėsčiųjų viaduko konstrukcija susideda tik iš vienos pagrindinės sijos, trečiojo tipo ryšių sistema naudojama nebus. Pirmosioms dviem sistemoms naudojami tinklelių tipai: kryžminis, trikampinis ir K-tipo. Papildomai tinkleliuose dar būna naudojami skersiniai strypai. Ryšių tinklelio elementai išdėstomi simetriškai išilginei konstrukcijos ašiai, taip pasiekiamas didesnis konstrukcijos atsparumas susisukimui. Kiekvieno tinklelio tipo naudojimo efektyvumas priklauso nuo konkretaus atvejo (sijos geometrinių savybių). Kai sijoje negalima arba yra sunku įrengti horizontalius ryšius viršutinėje sijos juostoje, juos gali atstoti tankiai išdėstyti vertikalieji ryšiai. Ryšiai dažniausiai komponuojami iš įvairių profilių. Tačiau jie privalo būti pakankamai standūs kad neišlinktų nuo savojo svorio, nevibruotų nuo dinaminių apkrovų poveikio, ir atlaikytų juose veikiančias tempimo arba gniuždymo įrašas [45].

6.4 Pėsčiųjų viaduko virš geležinkelio savojo svorio sukelti svyravimai

Nustačius projektuojamo pėsčiųjų viaduko dvitėjų sijų skerspjūvius tiriami skirtingi sijos suvaržymo ryšiais variantai, nustatant kiekvieno modelio vertikaliųjų ir horizontaliųjų virpesių vertes. Įvedamas horizontaliųjų ryšių trikampinis tinklelis sijos viduryje (pirmasis horizontaliųjų ryšių variantas), ryšiai su pagrindine sija sudaro 60 laipsnių kampą. Susidaro dviejų dvitėjų konstrukcinis blokas, papildomai ryšiai padidina sijos standumą. Patikrinamos savųjų svyravimų dažnis. Konstrukcija vertikalia kryptimi svyruoja 2,62 Hz dažniu (paveikslėlis 6.1), o horizontalūs svyravimai 1,52 Hz (paveikslėlis 6.2). Kaip matome svyravimai horizontalia kryptimi patenka į netoleruotiną dažnių diapazoną $0,5 \leq 1,52 \leq 1,6$ Hz.

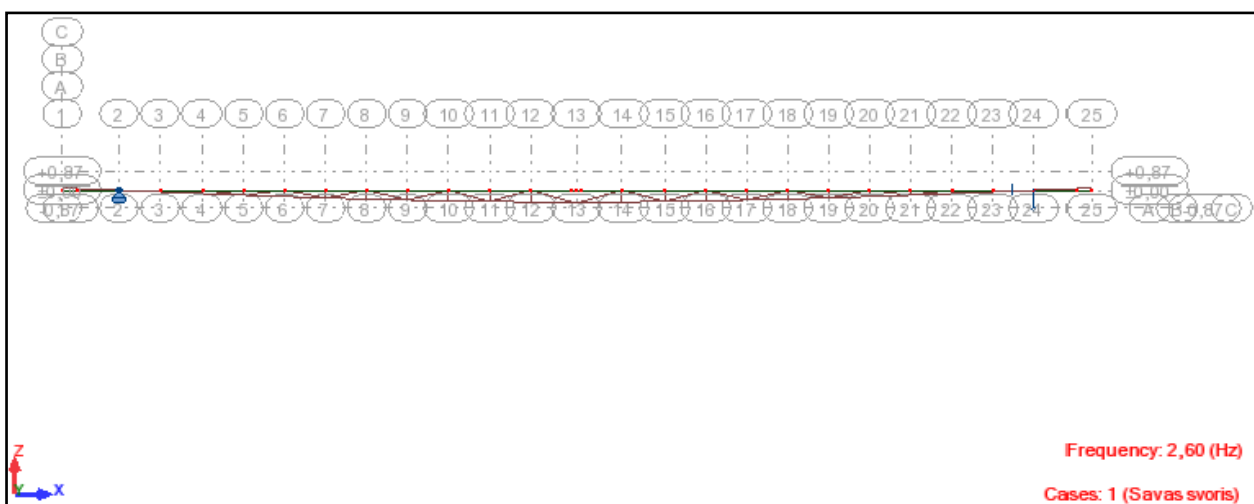


6.1 pav. Trikampinio tinkellio suvaržytų sijų vertikalieji svyravimai

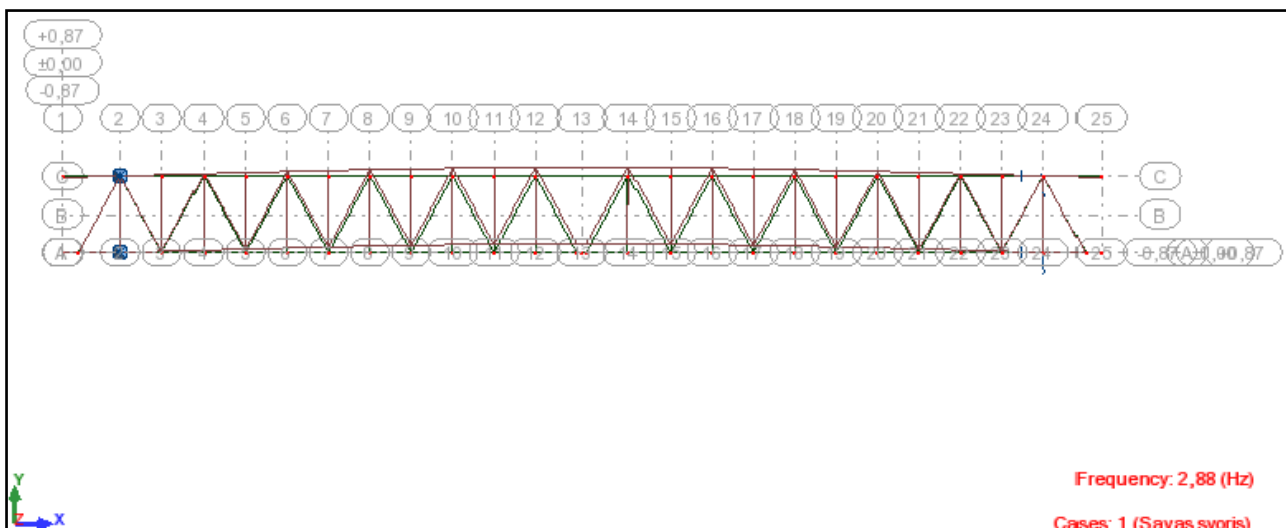


6.2 pav. Trikampinio tinkellio suvaržytų sijų horizontalieji svyravimai

Papildomai įvedami horizontalūs ryšiai (trikampis - spyrinis tinklelio variantas).



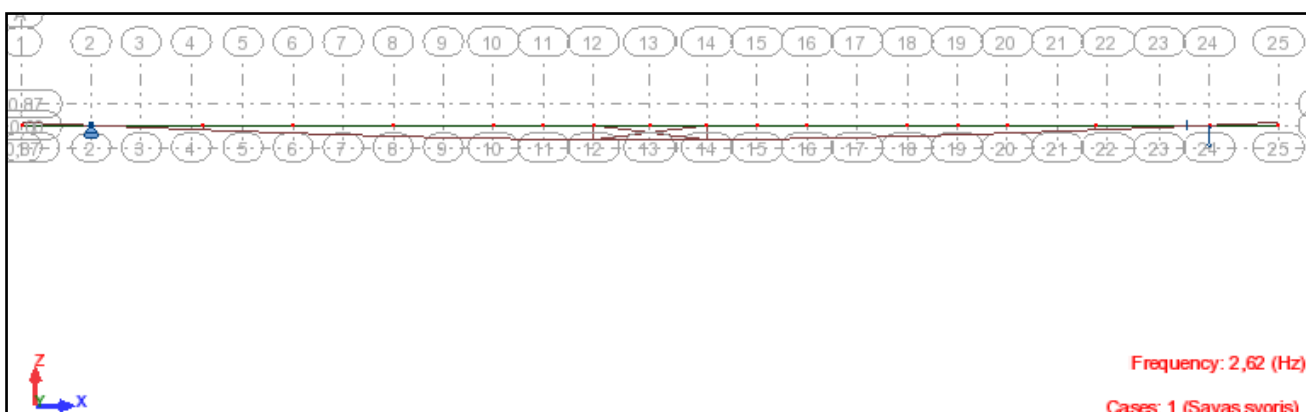
6.3 pav. Trikampinio - spyrinio tinkellio suvaržytų sijų vertikalieji svyravimai



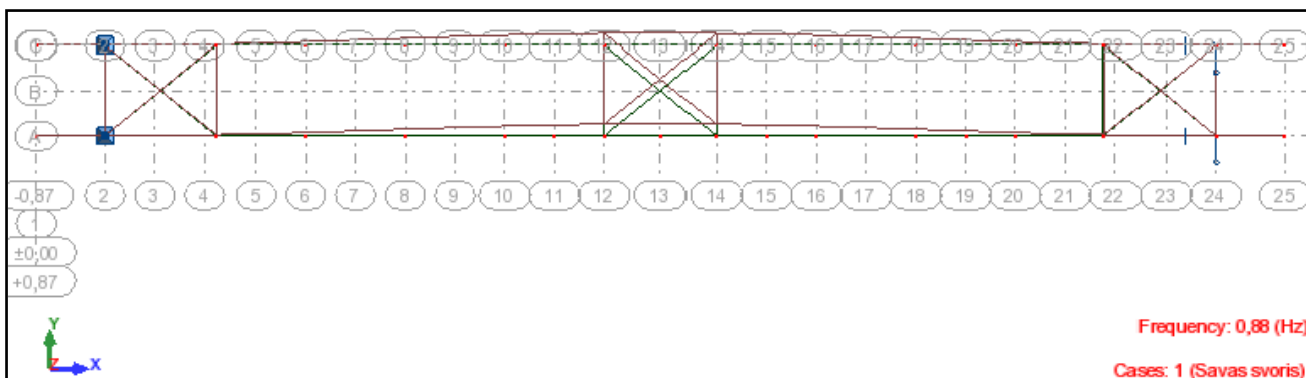
6.4 pav. Trikampinio - spyrinio tinkelio suvaržytų sijų horizontalieji svyravimai

Šiuo antruoju horizontaliųjų ryšių išdėstymo variantu suvaržytos sijos svyravimai pasiekia tinkamas vertes, vertikaliųjų $-2,6$ Hz, horizontaliųjų $-2,88$ Hz (paveikslėliai 6.3; 6.4;). Kadangi padidėja plieno sąnaudos, ryškiai išauga taip suvaržytos sijos masė, nuo $74132,28$ kg masė išauga iki $77865,38$ kg, $3733,1$ kg daugiau. Tokia sija tampa brangesnė, tai nenaudinga ekonominiu požiūriu.

Išbandomas kryžminis suvaržymas, išdėstant kryžminius ryšių segmentus sijos viduryje ir ties atramomis (trečiasis horizontaliųjų ryšių išdėstymo variantas).



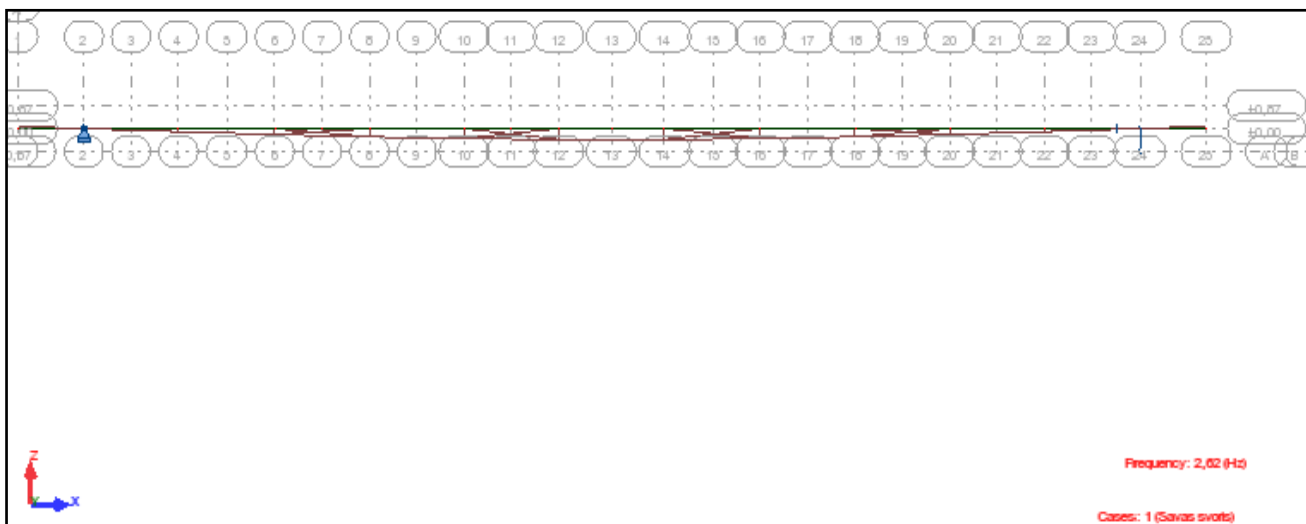
6.5 pav. Kryžminio tinkelio suvaržytų sijų vertikalieji svyravimai



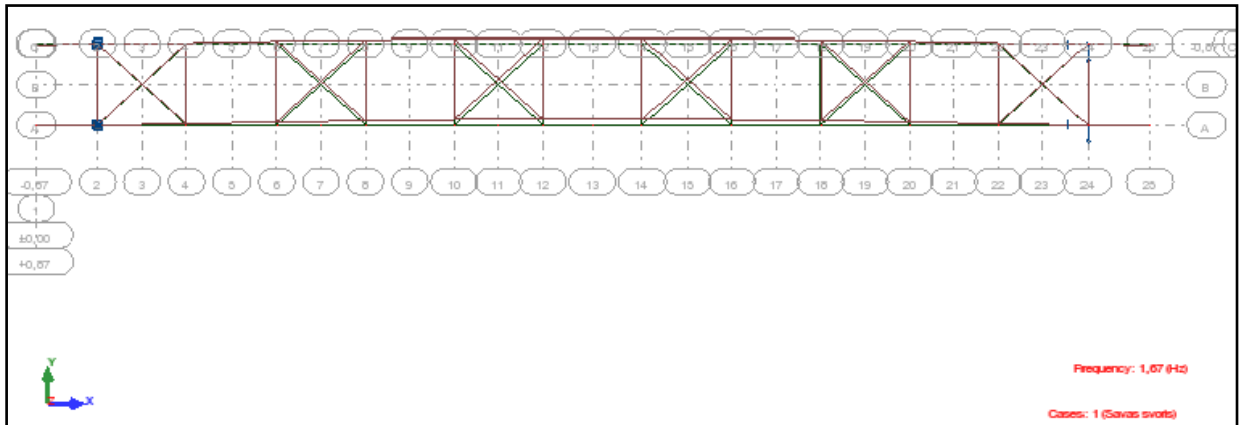
6.6 pav. Kryžminio tinkelio suvaržytų sijų horizontalieji svyravimai

Taip suvaržytos sijos masė vėl sumažėja iki 71370,40 kg, tačiau horizontalieji sijos svyravimai netoleruotinų verčių diapazone $0,5 \leq 0,88 \leq 1,6$ Hz (paveikslėlis 6.6). Vertikalieji svyravimai pasiekia toleruotiną 2,62 Hz vertę (paveikslėlis 6.5).

Sumodeliuotas naujas sijos suvaržymas horizontalioje plokštumoje (ketvirtasis variantas). Sutankinamas kryžminis tinkelis papildomai įvedant tris kryžminius segmentus ir išdėstant juos simetriškai, kas antrame dviejų metrų ilgio tarpe, išilginės sijos atžvilgiu. Sudarytas šešių kryžminių segmentų tinkelis, pasuktų 60° nuo išilginės sijos ašies.



6.7 pav. Sutankinto kryžminio tinkelio suvaržytų sijų vertikalieji svyravimai



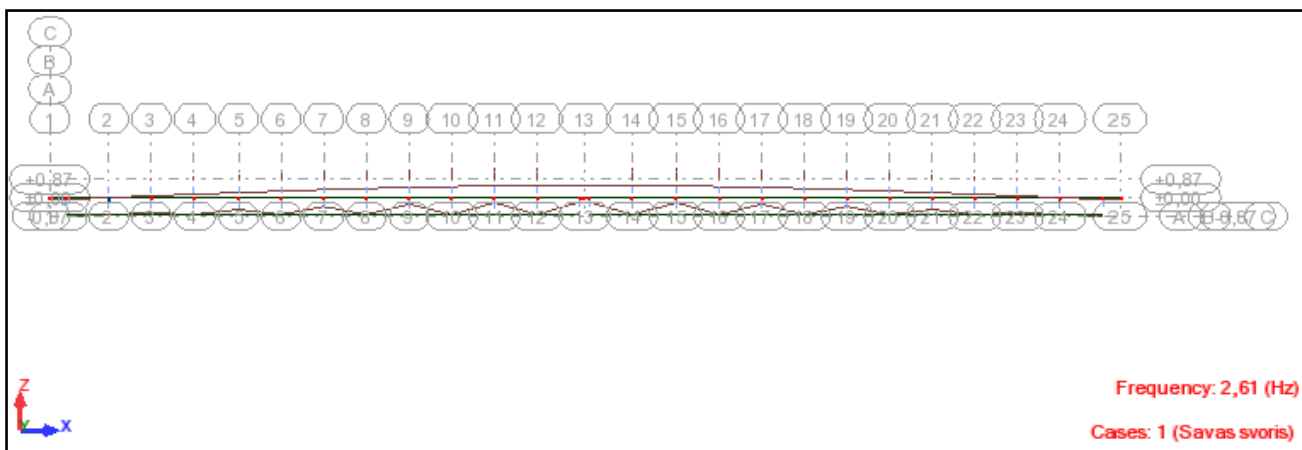
6.8 pav. Sutankinto kryžminio tinklelio suvaržytų sijų horizontalieji svyravimai

Taip suvaržyta sija tampa efektyviausia savųjų svyravimų ir savojo svorio atžvilgiu. Vertikalieji svyravimai 2,62 Hz, o horizontalieji 1,67 Hz (paveikslėliai 6.7; 6.8). Abi vertės nepatenka į draudžiamą diapazoną, esant vertikalųjų svyravimų formai $1,6 \leq n_1 \leq 2,4$ Hz ir $0,5 \leq n_1 \leq 1,6$ Hz, esant horizontaliųjų svyravimų formai. Sijos masė 72370,84 kg. tokio tipo sijos suvaržymas yra racionaliausias ir užtikrinantis didžiausią sijos standumą, mažiausiomis sąnaudomis.

Patikrinama kaip pakis sijos svyravimai antrojo varianto horizontaliuosius ryšius išdėsčius dviejose plokštumose. Kai spyriniai ryšiai išdėstomi ties viršutinėmis sijos juostomis, o trikampinis ryšių tinklelis ties apatine juosta.



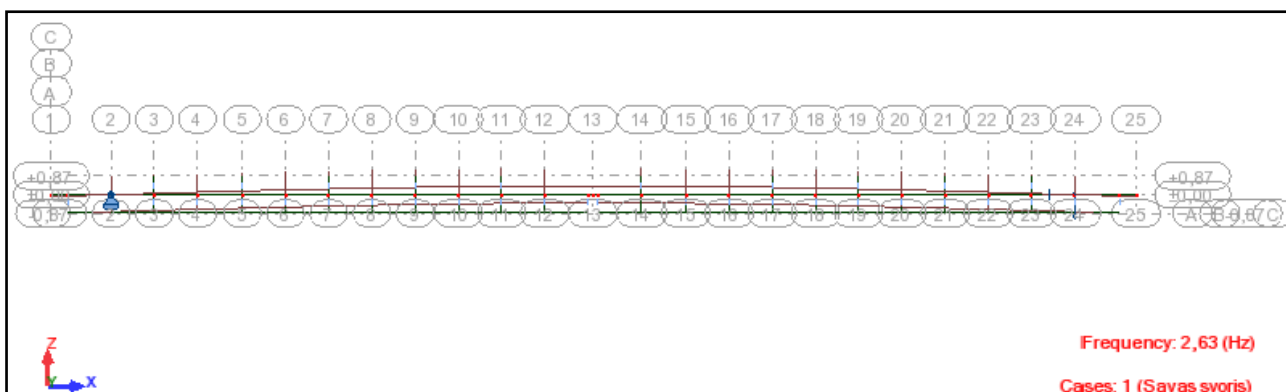
6.9 pav. Suvaržytų sijų horizontalieji svyravimai



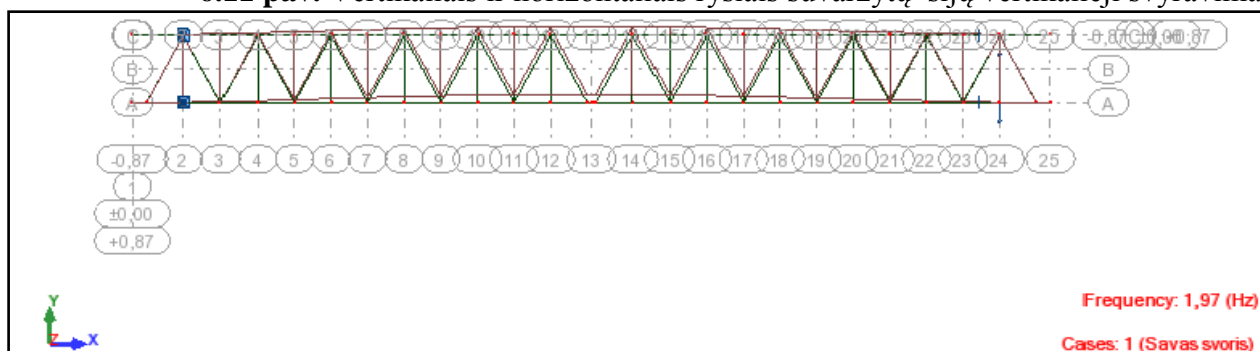
6.10 pav. Suvaržytų sijų vertikalieji svyravimai

Iš paveikslėlių 6.5 ir 6.6 nustatytas svyravimų vertės: vertikalųjų -2,6 Hz, horizontaliųjų -2,88 Hz. Akivaizdu jog dviejose horizontaliose plokštumose ryšių tarp sijų turi įtakos tik svyravimams horizontalia kryptimi (5 ryšių išdėstymo būdas), kurie įgauna mažesnę vertę -1,61 Hz lyginant su -2,88 Hz verte, vertikalieji svyravimai beveik nepakito šia kryptimi konstrukcija svyruoja 2,61 Hz dažniu (paveikslėliai 6.9; 6.10;).

Išbandomas sijos modelis suvaržytas horizontaliaisiais ir vertikaliais ryšiais iškarto. Pasirenkamas antrasis trikampinis tinklelis horizontaliesiems ryšiams, kur papildomai įvedami vertikalieji kryžminiai ryšiai (6 ryšių išdėstymo būdas).



6.11 pav. Vertikaliais ir horizontaliais ryšiais suvaržytų sijų vertikalieji svyravimai



6.12 pav. Vertikaliais ir horizontaliais ryšiais suvaržytų sijų horizontalieji svyravimai

Patikrinamas savųjų svyravimų dažnis. Konstrukcija vertikalia kryptimi svyruoja 2,63 Hz dažniu (paveikslėlis 6.11), o horizontalūs svyravimai 1,97 Hz (paveikslėlis 6.12). Svyravimai vertikalia ir horizontalia kryptimis į netoleruotinų verčių diapazoną nepatenka.

Gauti rezultatai parodo kaip keičiasi savieji konstrukcijos svyravimai tiesiog keičiant ryšių išdėstymą, nekeičiant bendros konstrukcijos masės. Antrasis, penktasis ir šeštasis ryšių išdėstymo variantai nesiskiria bendra mase, tačiau konstrukcijų svyravimai kinta, ypač kinta horizontaliųjų svyravimų vertės nuo 2,88 Hz ir 1,97 Hz 6.4; 6.12; paveikslėliuose iki 1,61 Hz 6.9 paveikslėlyje, svyravimai vertikalia kryptimi kinta nežymiai po 0,01 Hz.

6.1 lentelė. Tiriamųjų modelių duomenų suvestinė

Pavadinimas	Savieji svyravimai Vertikalia kryptimi, Hz	Ssavieji svyravimai Horizontalia kryptimi, Hz	Konstrukcijos bendra masė, kg	Plieninių sijų maksimalūs įlinkiai, mm	Plieninių sijų maksimalūs taškų poslinkiai, mm
Pirmasis horizontaliųjų ryšių variantas (trikampis tinklelis)	2,62	1,52	74132,28	54	45
Antrasis horizontaliųjų ryšių variantas (trikampis-spyrinis tinklelis)	2,60	2,88	77865,38	55	46
Trečiasis horizontaliųjų ryšių variantas (Kryžminių segmentų tinklelis)	2,62	0,88	71370,40	53	45
Ketvirtasis horizontaliųjų	2,62	1,67	72370,84	54	45

ryšių variantas (Kryžminis sutankintas tinklelis)					
Penktasis horizontaliųjų ryšių variantas, ryšiai 2 plokštumose	2,61	1,61	77865,38	55	46
Šeštasis horizontaliųjų ir vertikaliųjų ryšių variantas	2,63	1,97	77865,38	37	31

Pagal gautus duomenis matome, jog svyravimai gali labai kisti nuo pasirinkto suvaržymo būdo ir intensyvumo, kadangi masė taip pat įtakoja svyravimų vertikalios ir horizontalios kryptimi reikšmes. Poslinkiams ir įlinkiams horizontaliųjų ryšių išdėstymas plokštumoje reikšmės beveik neturi. Įvesti vertikalūs ryšiai vietoje dalies horizontaliųjų, sumažino konstrukcijos įlinkių ir poslinkių reikšmes, nors konstrukcijos savasis svoris nekito.

7. IŠVADOS

1. Atlikus suprojektuotos plieninės viaduko sijos, šešių suvaržymo modelių analizę kompiuterine programa nustatyta:
 - Horizontalūs ryšiai ir jų išdėstymas įtakoja savųjų svyravimų dažnį tik horizontalia kryptimi.
 - Vertikalūs ryšiai sumažina konstrukcijos įlinkius ir poslinkius, konstrukcija tampa standesnė. Šio tipo ryšiai mažai reikšmingi savųjų konstrukcijos svyravimų kitimui.
 - Parenkamas racionaliausias sijos suvaržymo tipas, ketvirtasis modelis atitinka svyravimams keliamus reikalavimus, bendra modelio masė 72370,84 kg yra 7% mažesnė už antrojo modelio masę 77865,38 kg.
2. Penktajame variante nekeičiant bendros konstrukcijos masės, ryšių tinklelius išdėstant dviejose horizontaliose plokštumose horizontalieji svyravimai sumažėjo 44%, antrojo modelio savųjų svyravimų vertei pakitus nuo $f_2 = 2,88 \text{ Hz}$ iki $f_5 = 1,61 \text{ Hz}$.
3. Įvedus vertikalius ryšius vietoje spyrių šeštajame modelyje horizontalieji konstrukcijos svyravimai padidėjo iki $f_6 = 1,97 \text{ Hz}$, 31% mažiau lyginant su antruoju modeliu, tačiau tuo pačiu 33% sumažėjo maksimalus konstrukcijos įlinkis, bei nuo 46 mm iki 31 mm sumažėjo maksimalus sijos taškų poslinkis.
4. Baigiamajame darbe suprojektuota 50 metrų ilgio, 4,5 metro pločio ir 1,74m aukščio plienbetoninė sija, kuri sudaryta iš dviejų plieninių dvitėjų ir gelžbetoninio briaunuotų plokščių pakloto, parinktas konstrukcijos elementų standumą užtikrinantis mazgas.
5. Sijos plieninės dalies montavimas atliekamas dviem kranais - FAUN ATR 30-2L. 20 darbininkų siją sumontuos per 1 dieną.
6. Nuspręsta įrengti lentų paklotą saugiam kranų judėjimui užtikrinti montuojant sijas, dėl nepalankaus paviršiaus (geležinkelio bėgių).
7. Suprojektuotos gelžbetoninės apvalaus 0,5m. skersmens atramos viaduko masyvui atremti, parinktas kolonų armavimas.
8. Nustatytos specifinių darbų rizikos vertės: didžiausia rizika sukelia nepalanki geležinkelio aplinka montavimo darbams, kurioje rizika įvertinta 3 balais, 2 balais įvertinti darbų rizika kranų veikimo zonoje ir darbas 7 metrų aukštyje. Parinktos specialios priemonės rizikos sumažinimui.

LITERATŪRA

1. STR 1.01.06:2010 "Ypatingi statiniai" Valstybės žinios, 2010-09-30, Nr. 115-5904
2. STATYBOS TECHNINIŲ REIKALAVIMŲ REGLAMENTAS STR 2.03.01:2001
STATINIAI IR TERITORIJOS. REIKALAVIMAI ŽMONIŲ SU NEGALIA REIKMĖMS
3. LIETUVOS RESPUBLIKOS STATYBOS ĮSTATYMAS
4. STR 1.05.06:2010 "Statinio projektavimas" Valstybės žinios, 2010-09-30, Nr. 115-5902
5. STR 1.06.03:2002 „Statinio projekto ekspertizė ir statinio ekspertizė“ Valstybės žinios, 2002-06-05, Nr. 55-2200
6. STR 1.07.01:2010 „Statybą leidžiantys dokumentai“ Valstybės žinios, 2010-09-30, Nr. 116-5944
7. STR 1.11.01:2010 „Statybos užbaigimas“ Valstybės žinios, 2010-09-30, Nr. 116-5947
8. STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ Valstybės žinios, 2005-08-18, Nr. 100-3733
9. STR 2.01.01(3):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“ Valstybės žinios, 2000-01-27, Nr. 8-215
10. STR 2.03.01:2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“ Valstybės žinios, 2001-06-22, Nr. 53-1898
11. TECHNINIO GELEŽINKELIŲ NAUDOJIMO NUOSTATAI
12. STATYBOS TECHNINIŲ REIKALAVIMŲ REGLAMENTAS STR 2.06.02:2001 "Tiltai ir tuneliai. Bendrieji reikalavimai"
13. TILTŲ HIDROIZOLIACIJOS SLUOKSNIO, SUDARYTO IŠ DVIEJŲ BITUMINIŲ HIDROIZOLIACINIŲ LAKŠTŲ, NAUDOJAMŲ ANT BETONO, ĮRENGIMO TAISYKLĖS ĮT DBH 12
14. LST EN 1991-2 2006. Tiltu eismo apkrovos
15. LST EN 1991-1-4 2005. Bendrieji poveikiai. Vejo poveikiai
16. Eurokodas 3. Plieniniu konstrukciju projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatu taisyklės
17. Kėlimo kranų naudojimo taisyklės. Valstybės žinios, 2010-09-23, Nr. 112-5717.
18. Daunoravičius M., Miniotaite R. Statybos technologijų procesų projektavimas. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2010, 58p.
19. "Kauno kranai" įmonės internetinis puslapis [žiūrėta 2015-11-24]. Prieiga per internetą:<http://www.kranas.lt/lt/automobiliniai-kranai-nuoma/faun-atf-30-21>
20. V.Kitinas Tipinių statybos procesų technologijos ir darbo organizavimo reglamentai. Metodinė technologinių kortelių sudarymo medžiaga. Vilnius:Naujasis lankas, 2007, 128p.

21. Darbuotojų saugos ir sveikatos taisyklės statyboje. DT 5-00 Valstybės žinios, 2011-06-28, Nr. 77-3785
22. DARBOVIEČIŲ ĮRENGIMO STATYBVIETĖSE NUOSTATAI. Valstybės žinios, 2008-01-24, Nr. 10-362
23. Techniniai geležinkelio naudojimo nuostatai.
24. Saugaus traukinių eismo užtikrinimo instrukcija remontuojant kelią.
25. STR 2.02.07:2012 „Sandėliavimo, gamybos ir pramonės statiniai. Pagrindiniai reikalavimai“. Valstybės žinios, 2004-04-15, Nr. 54-1852
26. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Valstybės žinios, 2012, Nr. 18-816 .
27. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 39-1878 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr.: 124 -6254).
28. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
29. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970).
30. Darbuotojų saugos ir sveikatos instrukcijų rengimo ir instruktavimo tvarka. Valstybės žinios, 2012, Nr. 96-4944.
31. Saugos ir sveikatos apsaugos ženklų naudojimo darbovietėse nuostatai. Valstybės žinios, 1999, Nr.104-3014.
32. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
33. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119.
34. Profesinės rizikos vertinimo nuostatais Valstybės žinios, 2012-10-31, Nr. 126-6350
35. Atliekų tvarkymo įstatymas LR 1998m. Nr. VIII-787-31\p.
36. STR 2.01.01(3):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga. Valstybės žinios, 2000, Nr.8-215
37. Buities, sanitarinių ir higienos patalpų įrengimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2003, Nr. 40-1820.
38. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
39. Neprivalomas Direktyvos 2006/25/EB taikymo gerosios praktikos vadovas. Dirbtinė optinė spinduliuotė. Europos komisija, 2011. ISBN 978-92-79-19812-0

40. Lietuvos Respublikos darbo kodekso patvirtinimo, įsigaliojimo ir įgyvendinimo įstatymas LR 2002m. Nr. IX-926 145p.
41. A.J. Notkus. Tiltų projektavimo pagrindai: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2010. 103p.
42. J.G.S. da Silva. Vibration analysis of footbridges due to vertical human loads: Elsevier Ltd., 2007. 1693-1703p.
43. J. Kivilša, Z.Kamaitis, A.Steponavičius. Miesto ir transporto statiniai: vadovėlis. Vilnius: Mokslas, 1981. 130p.
44. T. Helwig, J. Yura, R. Herman. Design guidelines for steel trapezoidal box girder systems: technical report. Texas, 2007. 1p.
45. LST EN 1991-2:2006. Tiltų eismo apkrovos: standartas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2006.
46. T. Helwig, J. Yura. Steel bridge design handbook: Bracing systems design: Technical report. Pittsburg, 2012. 45p.