



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

GEOTECHNIKOS KATEDRA

Jonas Antanaitis

**PAGRINDO STANDUMO ĮVERTINIMO METODO PASIRINKIMO ĮTAKA
PROJEKTUOJANT KONSTRUKCIJAS
EVALUATION OF THE GROUND STIFFNESS FOR STRUCTURAL
DESIGN**

Baigiamasis magistro darbas

Geotechnikos studijų programa, valstybinis kodas 62402T106

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2009

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

GEOTECHNIKOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vadovas

[Signature]

(Parašas)

Antanas Mockus

(Vardas, pavardė)

2009 06 05

(Data)

Jonas Antanaitis

PAGRINDO STANDUMO ĮVERTINIMO METODO PASIRINKIMO ĮTAKA

PROJEKTUOJANT KONSTRUKCIJAS

EVALUATION OF THE GROUND STIFFNESS FOR STRUCTURAL
DESIGN

Baigiamasis magistro darbas

Geotechnikos studijų programa, valstybinis kodas 62402T106

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas

dr. Jurgis Hedzevičius

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

doc. dr. Lofys J. Klobienis

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

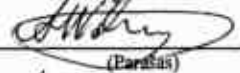
(Data)

Vilnius, 2009

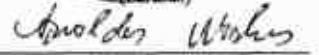
VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
GEOTECHNIKOS KATEDRA

Technologijos mokslo sritis
Statybos inžinerijos mokslo kryptis
Statybos inžinerijos studijų kryptis
Geotechnikos studijų programa, valstybinis kodas 62402T106

TVIRTINU
Katedros vedėjas



(Parašas)



(Vardas, pavardė)

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

2008.12.10 Nr. 1

Vilnius

Studentui (ei)

Jonui Antanaičiui

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: „Pagrindo standumo įvertinimo metodo pasirinkimo įtaka projektuojant konstrukcijas“

patvirtinta 2008 m. gruodžio 9 d. dekanu potvarkiu Nr. 383st

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2009 m. birželio 04 d.

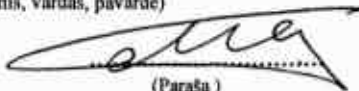
BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

..... Išnagrinėti standumo vertinimo metodus.
..... Konstrukcijų nuosvyje standumo vertinimo
..... kompiuterinius programus. Atlikti
..... standumo vertinimo programų palyginimą
..... standumo vertinimo metodus ir
..... projektuojant konstrukcijas.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas



(Parašas)

Doc. dr. Jurgis Medzvieckas

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau



(Parašas)

Jonas Antanaitis

(Vardas, pavardė)

2008.12.10

(Data)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS

GEOTECHNIKOS KATEDRA

Technologijos mokslo sritis

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Geotechnikos studijų programa, valstybinis kodas 62402T106

PAŽYMA

APIE BAIGIAMĄJĮ MAGISTRO DARBĄ

.....Nr.

Vilnius

Studentas (ė) Jonas Antanaitis

.....
..

(Vardas, pavardė)

Studento (ės) studijų svertinis įvertinimų
vidurkis.....balo.

Baigiamojo darbo tema: „*Pagrindo standumo įvertinimo metodo pasirinkimo įtaka projektuojant
konstrukcijas*“

Baigiamasis darbas peržiūrėtas ir studentui (ei)

.....

leidžiama ginti šį baigiamąjį darbą magistro laipsnio suteikimo komisijoje.

Katedros vedėjas

.....

(Parašas)

.....

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Statybos fakultetas

Geotechnikos katedra

ISBN ISSN

Egz. sk.

Data-....-....

Geotechnikos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Pagrindo standumo įvertinimo metodo pasirinkimo įtaka projektuojant konstrukcijas**

Autorius **Jonas Antanaitis**

Vadovas doc. dr. **J. Medzvieckas**

Kalba



lietuvių



užsienio

Anotacija

Šio baigiamojo darbo tikslas yra išnagrinėti pagrindo standumo įvertinimo įtaką skaičiuojant konstrukcijas. Taigi nagrinėjamas pagrindo standumas, norint išanalizuoti, kokią įtaką parinktas pagrindo standumo įvertinimo metodas turi projektuojant statinio konstrukcijas.

Darbą sudaro pagrindo standumo įvertinimo metodų, konstrukcijos mazgų standumo vertinimo ir pastato skaičiavimo ant deformuojamojo pagrindo dalys.

Pirmoje dalyje yra aptariamos klasikinės pagrindo standumo įvertinimo teorijos, analizuojami pagrindo standumo įvertinimo metodai ir atliekamas grunto standumo vertinimas pagal kompresinį aparatą.

Antroje dalyje yra pateikiamas konstrukcijos mazgų standumo vertinimo principas ir konstrukcijos mazgų standumo skaičiavimas kompiuterinėmis programomis.

Paskutinėje darbo dalyje yra atliekami skaičiavimai pagal skirtingus pagrindo standumo įvertinimo metodus. Nagrinėjamas UAB „Philip Morris Lietuva“ tabako paruošimo cecho pastatas. Modeliuojamas pastatas ant deformuojamojo pagrindo (*STAAD.Pro 2005*) kompiuterine programa, įvertinant pagrindo standumą pagal apskaičiuotus metodus. Pagrindas skaičiuojamas kaip tam tikro standumo spyruoklės (Vinklerio modelis). Gauti analizės rezultatai lyginami tarpusavyje ir pagal konstrukcijos skaičiavimus neįvertinant pagrindo standumo. Gautos priklausomybės tarp nagrinėjamųjų parametrų yra išreiškiamos grafikais ir lentelių forma, formuluojamos išvados.

Darbo apimtis – 108 p. teksto be priedų, 73 iliustr., 32 lent., 33 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: pagrindo standumas, pagrindo standumo įvertinimo metodai.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Geotechnical Engineering

ISBN ISSN
Copies No.
Date-....-....

Geotechnical Engineering study programme master thesis.

Title: Evaluation of the ground stiffness for structural design

Author **Jonas Antanaitis** Academic supervisor **dr. doc. J. Medzvieckas**

Thesis language

☒ Lithuanian

☐ Foreign (English)

Annotation

The purpose of this final work is to research influence evaluation of the ground stiffness calculating bearing structures. The research is of ground stiffness purpose influence to selected stiffness method for bearing structures.

The work consist of influence evaluation of the ground stiffness methods, the influence evaluation of structure's joints stiffness and analysis of structures's on elastic ground parts.

The first part is about classical ground stiffness theories, influence of the ground stiffness methods and evaluation of the ground stiffness with compression device.

The second part of this work is about the influence evaluation of structure's joints stiffness and calculations with computer programs of it.

In the last part of this work there are analysis and calculation by evaluated stiffness methods. It is analysing UAB „Philip Morris Lietuva“ tobacco preparative building. The structure is modeling on the distort ground with computer program (*STAAD.Pro 2005*). The ground is calculating like particular rigidy spring (Vinclar model). The results of this work analysis between pending parameters are in comparing diagrams and tables.

Work size – 108 p. of text, 73 iliustr., 32 tables, 33 source of litr.

Appendixes included.

Keywords: ground stiffness, evaluation of the ground stiffness methods.

TURINYS

Antras antraštinis lapas	2
Magistro darbo užduotis.....	3
Magistro darbo pažyma.....	4
Anotacija	5
Summary	6
Paveikslų sąrašas.....	10
Lentelių sąrašas	13
Santrumpos ir simboliai	15
IVADAS.....	17
1. PAGRINDO STANDUMO ĮVERTINIMO METODAI	18
1.1. Klasikinės deformuojamojo pagrindo įvertinimo teorijos	18
1.2. Pagrindo standumo įvertinimo metodai	25
1.2.1. Proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės pagrindo modelis	25
1.2.2. Dviejų parametų tampriojo sluoksnio pagrindo modelis (<i>LIRA – PC</i>).....	26
1.2.3. Pagrindo standumo įvertinimas pagal Respublikines statybos normas <i>RSN 91 – 85</i> („Gręžinių pamatų projektavimas ir statyba“)	28
1.2.4. Pagrindo standumo įvertinimas giliesiems pamatams	29
1.2.5. Pagrindo standumo vertinimas <i>STAAD.Pro</i> kompiuterine programa	30
1.2.6. Pagrindo standumo įvertinimas taikant <i>Pcsheetpilewall</i> kompiuterinę programą.....	32
1.3. Grunto standumo vertinimas kompresiniu aparatu	39
1.3.1. Atliktų eksperimentų rezultatų analizės metodika	39
1.3.2. Eksperimentinė analizės dalis	40
1.3.3. Pagrindo standumo modulio eksperimentinių tyrimų rezultatų analizė.....	43
2. KONSTRUKCIJOS MAZGŲ STANDUMO VERTINIMAS	48

2.1. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimo principas.....	48
2.2. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas <i>Framework (2D ir 3D)</i> kompiuterine programa..	54
2.2.1. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas <i>Framework 2D</i> kompiuterine programa.....	54
2.2.2. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas <i>Framework 3D</i> kompiuterine programa	
.....	56
2.3. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas <i>STAAD.Pro</i> kompiuterine programa	57
3. PASTATO SKAIČIAVIMAS ANT DEFORMUOJAMOJO PAGRINDO.....	61
3.1. Žinios apie pastatą.....	61
3.2. Pamatai.....	62
3.3. Pagrindas	63
3.4. Pagrindo standumo skaičiavimas pagal fizikines mechanines pagrindo savybes.....	66
3.4.1. Standumo modulio skaičiavimas pagal proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės modelį.....	66
3.4.2. Standumo modulio skaičiavimas pagal Respublikines statybos normas <i>RSN 91 – 85..</i> ...	70
3.4.3. Pagrindo standumo skaičiavimai pagal giliųjų pamatų įvertinimo metodą	
.....	71
3.4.4. Pagrindo standumo skaičiavimai pagal dviejų parametrų tampriojo sluoksnio pagrindo modelį (<i>LIRA – PC</i>)	72
3.4.5. Standumo modulio skaičiavimas panaudojant <i>Pcsheetpilewall</i> paketą.....	72
3.5. Pagrindas modeliuojamas kaip tam tikro standumo spyruoklės (Vinklerio metodas)	
.....	75
3.5.1. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo <i>poliniam pamatui</i> pagal proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės modelį.....	78
3.5.2. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal Respublikines statybos normas <i>RSN 91 – 85 gręžtiniam pamatui</i>	82

3.5.3. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal giliųjų pamatų pagrindo modelį <i>gręžtiniam pamatui</i>	84
3.5.4. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal dviejų parametrų tampriojo sluoksnio pagrindo modelį (<i>LIRA – PC</i>) <i>poliniam pamatui</i>	86
3.5.5. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal Tercagio metodą <i>smėliniam gruntui poliniam pamatui</i>	88
3.5.6. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal Tercagio metodą <i>moliniam gruntui gręžtiniam pamatui</i>	90
3.5.7. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal pamato konstrukcijos leistinus poslinkius <i>moliniam gruntui gręžtiniam pamatui</i>	92
3.5.8. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal pamato konstrukcijos leistinus poslinkius <i>smėliniam gruntui poliniam pamatui</i>	94
3.5.9. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo įvertinant kūginį stiprumą <i>smėliniam gruntui poliniam pamatui</i>	96
3.5.10. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo įvertinant kūginį stiprumą <i>moliniam gruntui gręžtiniam pamatui</i>	98
3.5.11. Pastato skaičiavimas, kai modeliuojamos <i>standžiosios atramos</i> (angl. <i>Fixed</i>)	100
IŠVADOS	106
LITERATŪRA.....	107
PRIEDAI.....	109
1 priedas	110
2 priedas	111
3 priedas	125

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Klasikinės teorijos	18
1.2 pav. Grunto reaktyvinių slėgių pasiskirstymas pagal tiesinį dėsnį	18
1.3 pav. Pagrindo deformavimosi schema nuo išskirstyto krūvio (Vinklerio metodas).....	19
1.4 pav. Tampriosios puserdvės teorijos mechaninis modelis	20
1.5 pav. Pamatinių plokščių ant tampriojo pagrindo schema	22
1.6 pav. Stačiakampės plokštės vidurinėsios plokštumos matmenys	23
1.7 pav. Apvali plokštė ant tampriojo pagrindo.....	24
1.8 pav. Pagrindo, modeliuojamo baigtinio storio sluoksniu ir tampriosios puserdvės schema.....	25
1.9 pav. Dviejų parametrų tampriojo sluoksnio pagrindo modelis	27
1.10 pav. Standumo skaičiavimo <i>LIRA – PC</i> programa schema	28
1.11 pav. Giliojo pamato schema.....	29
1.12 pav. Spyruoklių modeliavimas vertinant konstrukcijos standumą.....	31
1.13 pav. Standumo vertinimo <i>Pcsheetpilewall</i> programa schema	33
1.14 pav. Atraminės sienelės shema	34
1.15 pav. Atraminės sienelės shema (inkaruota sienelė)	36
1.16 pav. Menardo presiometro veikimo schema	37
1.17 pav. Slėgio ir tūrio priklausomybė	38
1.18 pav. Kompresinis aparatas (odometras).....	41
1.19 pav. Odometro principinė schema	41
1.20 pav. 1 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$	44
1.21 pav. 2 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$	45
1.22 pav. 3 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$	46

1.23 pav. 4 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$	47
2.1 pav. Momentų pasiskirstymas sijoje, kai veikia vienodai paskirstyta apkrova	48
2.2 pav. Minimalus natūralusis sijų savojo svorio dažnis.....	48
2.3 pav. Ryšys tarp sukimosi momento ir sukimosi spyruoklės	49
2.4 pav. Mazgo standumo priklausomybė	49
2.5 pav. Rėmo lenkimo momentų diagramos	50
2.6 pav. Konstrukcijos mazgų klasifikacija pagal standumą	50
2.7 pav. Mazgų standumo kaita nuo veikiančio momento įtakos	51
2.8 pav. Mazgo schema, kai vyksta gniuždymas	52
2.9 pav. Mazgo schema, kai vyksta tempimas	52
2.10 pav. Mazgo schema, kai jungė lenkiama	52
2.11 pav. Montuojamoji plokštė lenkiama.....	53
2.12 pav. Mazgo varžtai tempiami.....	53
2.13 pav. <i>Framework</i> programa	54
2.14 pav. Spyruoklių tipai	55
2.15 pav. Spyruoklės jėgos intervalas	56
2.16 pav. Spyruoklių tipai	57
3.1 pav. Pastato laikančiųjų konstrukcijų schema.....	61
3.2 pav. Nagrinėjamojo objekto skersinis pastato pjūvis.....	61
3.3 pav. Polinio pamato konstrukcinė schema	62
3.4 pav. Gręžtinio pamato konstrukcinė schema	63
3.5 pav. UAB „ <i>Philip Morris Lietuva</i> “ kompleksas	63
3.6 pav. Geologinis pjūvis.....	64
3.7 pav. Topografinis planas	65
3.8 pav. Skaičiuojamoji schema, kai pagrindas modeliuojamas baigtinio storio sluoksniu	66

3.9 pav. Sienos skaičiuojamoji schema.....	69
3.10 pav. Gręžtinio pamato schema	71
3.11 pav. Pagrindo standumo modelių palyginimas, kai <i>polinis pamatas</i>	74
3.12 pav. Pagrindo standumo modelių palyginimas, kai <i>gręžtinis pamatas</i>	75
3.13 pav. Apkrovos ir jų deriniai	76
3.14 pav. Bendrasis konstrukcijos modelis.....	76
3.15 pav. Strypų skerspjūvių priskyrimo pavyzdys	77
3.16 pav. Konstrukcijos ant tampriojo pagrindo modeliavimas	78
3.17 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (1 metodas)	79
3.18 pav. Bendrieji konstrukcijos poslinkiai nuo 14 apkrovimo derinio	81
3.19 pav. Skersinių jėgų diagrama (F_y) nuo 14 apkrovimo derinio	81
3.20 pav. Lenkimo momentų diagrama (M_y) nuo 14 apkrovimo derinio.....	82
3.21 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (2 metodas)	83
3.22 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (3 metodas)	85
3.23 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (4 metodas)	87
3.24 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (5 metodas)	89
3.25 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (6 metodas)	91
3.26 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (7 metodas)	93
3.27 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (8 metodas)	95
3.28 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (9 metodas)	97
3.29 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (10 metodas)	99
3.30 pav. Standžiųjų atramų modeliavimas (11 metodas)	100
3.31 pav. Maksimalūs nuosėdžiai pagal skirtingus pagrindo modelius <i>poliniam pamatui</i>	102
3.32 pav. Maksimalūs nuosėdžiai pagal skirtingus pagrindo modelius <i>gręžtiniam pamatui</i>	103
3.33 pav. Maksimalios konstrukcijos įrašos pagal skirtingus deformuojamojo pagrindo modelius <i>poliniam pamatui</i>	104
3.34 pav. Maksimalios konstrukcijos įrašos pagal skirtingus deformuojamojo pagrindo modelius <i>gręžtiniam pamatui</i>	105

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Proporciningumo koeficientai (k) ir (k_p), (MN/m^4) pagal [27].....	30
1.2 lentelė. Konstantų (L_h) ir (L_h') reikšmės [31]	34
1.3 lentelė. Konstantos (k_{sl}) reikšmės moliniam gruntui [31]	35
1.4 lentelė. Koeficiento (α') reikšmės [31]	38
1.5 lentelė. Standumo vertinimo metodas pagal atraminės sienelės leistinus poslinkius [31].....	39
1.6 lentelė. 1 bandymo skaičiavimo rezultatai	43
1.7 lentelė. 2 bandymo skaičiavimo rezultatai	44
1.8 lentelė. 3 bandymo skaičiavimo rezultatai	45
1.9 lentelė. 4 bandymo skaičiavimo rezultatai	46
3.1 lentelė. Skaičiavimai tampriojo sluoksnio storiui (H_{sl}) rasti.....	70
3.2 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (1 metodas).....	80
3.3 lentelė. Atraminės reakcijos (1 metodas).....	80
3.4 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (2 metodas).....	83
3.5 lentelė. Atraminės reakcijos (2 metodas).....	84
3.6 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (3 metodas).....	85
3.7 lentelė. Atraminės reakcijos (3 metodas).....	86
3.8 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (4 metodas).....	87
3.9 lentelė. Atraminės reakcijos (4 metodas).....	88
3.10 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (5 metodas).....	89
3.11 lentelė. Atraminės reakcijos (5 metodas).....	90
3.12 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (6 metodas).....	91
3.13 lentelė. Atraminės reakcijos (6 metodas).....	92
3.14 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (7 metodas).....	93
3.15 lentelė. Atraminės reakcijos (7 metodas).....	94

3.16 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (8 metodas).....	95
3.17 lentelė. Atraminės reakcijos (8 metodas).....	96
3.18 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (9 metodas).....	97
3.19 lentelė. Atraminės reakcijos (9 metodas).....	98
3.20 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (10 metodas).....	99
3.21 lentelė. Atraminės reakcijos (10 metodas).....	100
3.22 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (11 metodas).....	101
3.23 lentelė. Atraminės reakcijos (11 metodas).....	101

SANTRUMPOS IR SIMBOLIAI

C_z – pagrindo standumo modulis (kN/m^3);

P – slėgis į pamatą (kN/m^2);

s – pamato nusėdimas (m);

b – pamato pado plotis (m);

E – grunto deformacijų modulis (MPa);

ν – skersinės deformacijos koeficientas;

ω – koeficientas, kuris priklauso nuo pamato formos, standumo ir taško padėties, kuriame skaičiuojamas nusėdimas;

R – apvalios plokštės spindulys (m);

H_{sl} – deformuojamojo pagrindo storis (m);

R_{sn} – pagrindo skaičiuojamasis stiprumas, kai pamato nuosėdis lygus n % pamato skersmens, surandamas pagal [21] 3.8 punkto nurodymus (kPa);

u – atraminės sienelės poslinkis (m);

D – atraminės sienelės įgylinimas (m);

L_h ir L_h' – konstantos, kurių reikšmės priklauso nuo tankumo laipsnio (I_D) ir kūginio stiprumo (q_c), (kN/m^3);

z – nagrinėjamojo taško gylis nuo žemės paviršiaus (sienelės viršaus) (m);

σ_v' – vertikalūs efektyvieji įtempiai (kPa);

σ_{hi}' – horizontalūs efektyvieji įtempiai (kPa);

E_M – Menardo presiometrinis tamprumo modulis pseudo – elastinėje zonoje (kN/m^2);

α' – koeficientas, pateiktas 1.4 lentelėje;

ΔV – tūrio pokytis cilindrinės formos grežinyje pseudo – elastinėje zonoje (m^3);

Δp – slėgio riba tarp pseudo – elastinės ir plastinės zonų (kPa);

p_1 – slėgio riba tarp pseudo – elastinės ir plastinės zonų (kPa);

V_m – presiometro zondo tūris (m^3);

γ – grunto vienetinis svoris (kN/m^3);

q_c – kūginis stiprumas (MN/m^2);

S_j – sijos ir kolonos mazgo standumas;

k_i – svarbiausių mazgo komponentų standumo koeficientas;

$b_{eff\,c,\,wc}$ – efektinė kolonos gniuždomojo pločio reikšmė;

$b_{eff\,t,\,wc}$ – efektinė kolonos tempiamojo pločio reikšmė;

t_{wc} – kolonos sienelės storis;

d_c – kolonos aukštis;

$L_{eff,\,tfc}$ – efektinis kolonos jungės ilgis;

A_s – varžto pjūvio plotas;

L_b – varžto ilgis;

F_x – spyruoklės jėga veikianti X ašies linkme;

F_y – spyruoklės jėga veikianti Y ašies linkme;

k_x – standumo konstanta X ašies linkme (kN);

k_y – standumo konstanta Y ašies linkme (kN);

e_0 – grunto bandinio poringumo koeficientas;

ρ_s – kietųjų dalelių tankis (g/cm^3);

W – natūralaus grunto drėgnis prieš bandymą (%);

KSR – regresinio nuokrypio kvadratų suma;

KSB – bendro nuokrypio kvadratų suma.

IVADAS

Tarp pagrindo ir pamato bei viso pastato yra glaudi sąveika. Pastato apkrovos veikiamas, pagrindas deformuojamas, suspaudžiamas, todėl pamatai ir visas pastatas pasislenka žemyn, nusėda. Dėl įvairių priežasčių pastato sienų ar kolonų pamatai dažniausiai nusėda nevienodai, dėl to pastato konstrukcijos deformuojamos ir jose atsiranda papildomos įrašos. Deformuojantis pastato konstrukcijoms, persiskirsto per kolonų ar sienų pamatus pagrindui perduodama pastato apkrova, o tai turi įtakos pagrindo įtempiams ir deformacijoms. Tokiu būdu pagrindo ir pastato deformacijos yra bendros, jos turi įtakos viena kitai.

Konstrukcijos sąveikos su deformuojamuoju gruntiniu pagrindu įvertinimas leido sukurti skaičiavimo metodus, turinčius didelę praktinę ir ekonominę reikšmę. Beveik visi inžineriniai statiniai vienaip ar kitaip veikia po jais esančius pamatus ir pagrindus. Todėl pamatai ir pagrindai pastatams turi būti tokie, kad užtikrintų pastato bei atskirų jo konstrukcinių elementų pastovumą ir normalų eksplotavimą. Pagrindo deformacijos įvertinamos šiais grunto rodikliais: pagrindo standumo modulių (C), deformacijų modulių (E), pamato nuosėdžiu (s), deformuojamojo pagrindo sluoksnio storio (H_{sl}), grunto skersinės deformacijos koeficientu (ν), koeficientu, kuriuo įvertinama grunto skersinė deformacija (β) ir kt.

Pamatams ant deformuojamųjų pagrindų įrengti skiriama daug lėšų, todėl šiek tiek patikslinus skaičiavimus ir giliau pažvelgus į tradicinius pastatų pamatų projektavimo metodus galima ne tik atpiginti statybą ir sutaupyti statybinių medžiagų, bet ir konstrukcijas suprojektuoti ir pastatyti patikimesnes.

Darbo objektas – pagrindo standumo įvertinimo metodo pasirinkimo įtaka projektuojant konstrukcijas.

Darbo tikslas – išanalizuoti pagrindo standumo įvertinimo metodus ir pagrindo standumo įtaką pastatų laikančiosioms konstrukcijoms. Atlikti konstrukcijos skaičiavimus ant deformuojamojo pagrindo, įvertinant apskaičiuotas pagrindo standumo reikšmes pagal įvairius metodus. Gautus rezultatus palyginti tarpusavyje ir su konstrukcijos skaičiavimais neįvertinant pagrindo standumo, t.y. modeliuojant standžiąsias atramas (angl. *Fixed*).

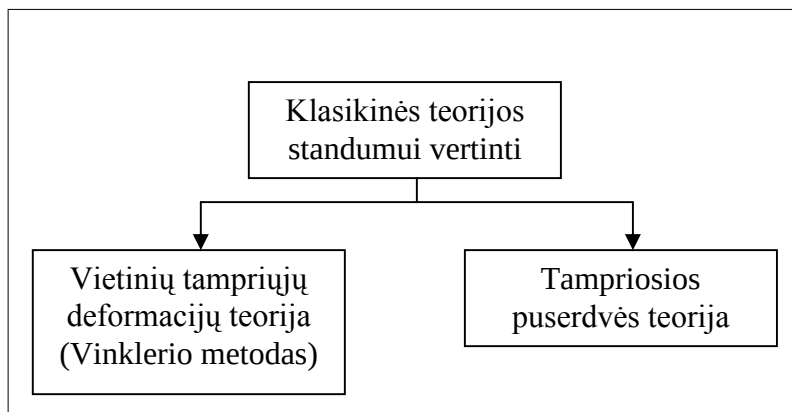
Siekiant įgyvendinti užsibrėžtą tikslą, iškeliami šie darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti ir apskaičiuoti pagrindo standumo įvertinimo metodus.
2. Apžvelgti konstrukcijos mazgų standumo vertinimą.
3. Apskaičiavus ir įvertinus pagrindo standumo modulio reikšmes modeliuoti pastatą (*STAAD.Pro 2005*) kompiuterine programa ant tampriojo deformuojamojo pagrindo. Pagrindas modeliuojamas kaip tam tikro standumo spyruoklės (Vinklerio metodas).

1. PAGRINDO STANDUMO ĮVERTINIMO METODAI

1.1. Klasikinės deformuojamojo pagrindo įvertinimo teorijos

Pagrindo standumo sąvoka išsirutuliojo iš konstrukcijų ant tampriojo pagrindo skaičiavimo teorijos. Konstrukcijų ant tampriojo pagrindo skaičiavimo teorija jungia tamprumo ir gruntų mechanikos mokslo sričių teorijas bei jų taikymą statybinėms konstrukcijoms ant deformuojamojo pagrindo skaičiuoti.

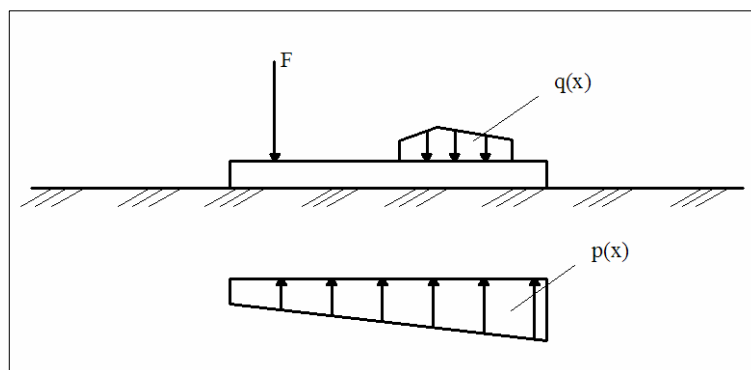


1.1 pav. Klasikinės teorijos

Vietinių tampriųjų deformacijų teorija. Pirmąją teoriją XIX a. pabaigoje sukūrė E. Vinkleris ir H. Cimermanas. Ji pagrįsta tiesine priklausomybe tarp pagrindo įtempių ir deformacijų. Šiame dėsnyje įtempiai sklinda ir pagrindas deformuojamas tik po pamatu. Vinklerio teorijoje buvo pirmą kartą paminėta ir aprašyta standumo sąvoka.

Šioje teorijoje nurodoma, kad pagrindo nuosėdis priklauso tik nuo vietinio apkrovos veikimo, todėl ši hipotezė dar vadinama *vietinių deformacijų hipoteze*.

Pasak A. Krutinio [17], grunto reaktyvinis slėgis po visu pamato paviršiumi pasiskirsto pagal tiesinį dėsnį (1.2 pav.).



1.2 pav. Grunto reaktyvinių slėgių pasiskirstymas pagal tiesinį dėsnį

Tokia hipoteze pirmiausia galima remtis preliminariai nustatant grunto reaktyvinį spaudimą, skaičiuojant pakankamai standžius pamatus.

Pagrindo standumo modulis yra tiesiogiai proporcingas pamatą veikiančiam slėgiui ir atvirkščiai proporcingas nuosėdžiui:

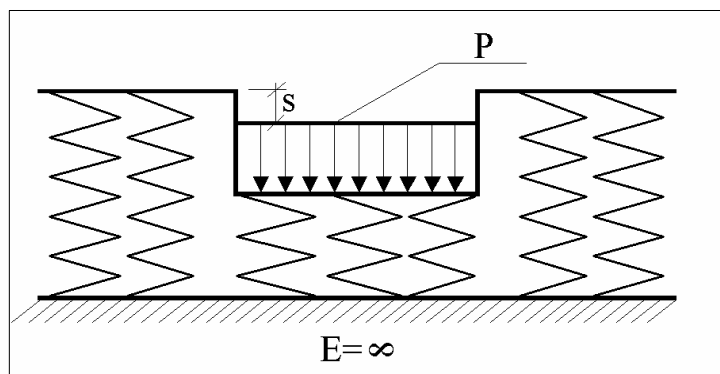
$$C_z = \frac{P}{s}, \quad (1.1)$$

čia:

P – slėgis į pamatą (kN/m^2);

s – pamato nusėdimas (m).

Vietinių tampriųjų deformacijų teorijos mechaninį modelį galima pavaizduoti taip:



1.3 pav. Pagrindo deformavimosi schema nuo išskirstyto krūvio (Vinklerio metodas)

Pagrindas sudarytas iš tampriųjų spyruoklių (1.3 pav.), kurios atremtos į standų nesideformuojantį sluoksnį. Pagal šią teoriją įtempiai sklinda ir pagrindas deformuojamas tik po pamatu [27].

- Taikant *Vinklerio hipotezę* silpniems ir stipriai suspaudžiamiems gruntams, pamatams, turintiems nedidelius plotus ir perduodantiems gana didelio intensyvumo slėgius, gaunami patikimi rezultatai [6].

- *Vietinių tampriųjų deformacijų metodas* duoda rezultatus labiau atitinkančius tikrovei, kai pamatai įrengiami ant labai suspaudžiamų gruntų ($E \leq 5 \text{ MPa}$), taip pat ant ribotai suspaudžiamojo grunto sluoksnio (po juo slūgso nedeformuojamas gruntas) [6].

- Pagrindo deformacijų vietinis įvertinimas neatitinka tikrojo pagrindo deformavimo, nes už pamato kontūrų gruntas iš tikrųjų taip pat deformuojamas. Neįvertinus šių deformacijų, gali deformuotis arba net sugriūti šalia esantys pastatai.

- Pagal *Vinklerio hipotezę* nustatyta, kad sija, apkrauta vienodai paskirstyta apkrova per visą ilgį, neišlinksta, o nusėda kaip standus štampos. Natūriniai stebėjimai rodo, kad veikiant pakankamo intensyvumo apkrovoms, sijos įgauna dideles įlenkių deformacijas, kurių neįvertinant galima priimti klaidingus sprendimus ir padaryti didelių klaidų [11].

- Vienas *vietinių tampriųjų deformacijų teorijos* trūkumų yra tas, kad jis tam pačiam gruntui yra kintamas. Jo kitimas priklauso nuo pamato standumo, jo pado didumo ir formos. Ši teorija gerai tinka skaičiuoti pontoniniams tiltams.

Remiantis pagrindo ir pastato sąveika, galima teigti, kad pagrindo standumas priklauso ne vien tik nuo jį sudarančio grunto savybių, bet ir nuo pamato konstrukcinio tipo bei jo matmenų, taip pat nuo pastato konstrukcijos jautrumo nevienodo nusėdimo atžvilgiu. Vadinasi, tas pats gruntas gali būti stiprus, geras pagrindas vienam pastatui ir silpnas, netinkamas kitam [27].

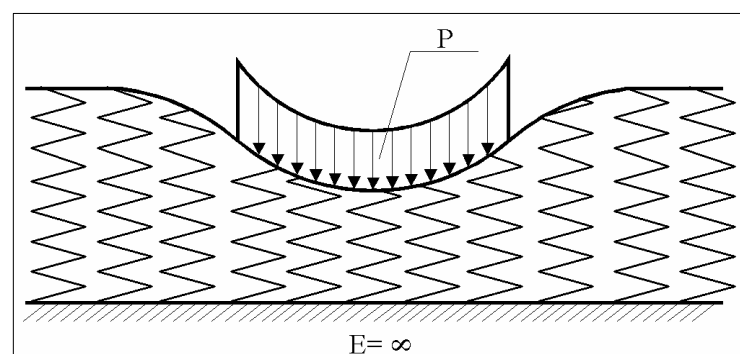
Pagrindo standumą galima rasti ne tik pagal Vinklerio modelį, bet ir pagal kitą klasikinę teoriją, t.y. *tampriosios puserdvės teoriją*, kurią pirmasis pasiūlė G. Proktoras.

Tampriosios puserdvės teorija. Ši teorija buvo pritaikyta skaičiavimams XX a. pradžioje, kurią pasiūlė plėtoti G. Proktoras. Toliau *tampriosios puserdvės teoriją* tobulino N. Gersevanovas, B. Žemočkinas, M. Gorbunovas – Posadovas, A. Simvulidi ir kt.

Skaičiavimo metodai pagrįsti tamprumo teorijos dėsniu, kad įtempiai ir deformacijos sklinda grunte ir už pamato kontūro ribų, o besideformuojančio pagrindo paviršius įlinksta pagal tampriojo įlinkio kreivę (1.4 pav.) – pagrindą sudaro tampriosios, tarp savęs susijusios spyruoklės, atremtos į standų nesideformuojantį sluoksnį.

Pamatas veikiamas vienodai paskirstytos apkrovos, linksta kartu su pagrindo paviršiumi, jame veikia lenkimo momentai ir skersinės jėgos [16].

Tampriosios puserdvės teorijos mechaninį modelį galima pavaizduoti taip:



1.4 pav. Tampriosios puserdvės teorijos mechaninis modelis

- *Tampriosios puserdvės modelio* vienas iš trūkumų yra tai, kad šiame modelyje pastato pagrindo suspaudžiamos zonos storis yra neribojamas. Realiomis sąlygomis, pamato ir pagrindo

sąveikoje, suspaudžiamos zonos storis būna ribotas. O tai daro poveikį kontaktinių įtempių pobūdžiui [6].

- Liauniems pamatams ir jų pagrindui skaičiuoti ši teorija gerai tinka tada, kai pagrindą sudaro mažai suspaudžiami gruntai, kurių stiprumas kerpant didelis. Ji naudojama skaičiuojant ištisinius pamatus po namais, elevatorių silosiniais korpusais ir kt. Kad būtų lengviau skaičiuoti, sudarytos lentelės.

Norint parodyti sąryšį tarp pagrindo standumo ir deformacijų modulio naudojama standumo modulio išraiška pagal *F. Šleicherio* formulę [27]:

$$C_z = \frac{E}{\omega \cdot b(1-\nu^2)}, \quad (1.2)$$

čia:

b – pamato pado plotis (m);

E – grunto deformacijų modulis (MPa);

ν – grunto skersinės deformacijos koeficientas;

ω – koeficientas, kuris priklauso nuo pamato pado formos, pamato standumo ir taško, kuriame skaičiuojamas nusėdimas, padėties.

Iš formulės (1.2) matyti, kad pagrindo standumas priklauso ne tik nuo slėgio (P) į pamatą ar nuosėdžio (s), bet ir nuo grunto deformacijų modulio (E) bei Puasono koeficiento (ν), t. y. pagrindo standumo modulis yra tiesiogiai proporcingas deformacijų moduliui ir atvirkščiai proporcingas Puasono koeficiento išraiškai, o pagrindo standumo modulio dimensija – (kN/m³).

Pastaruoju metu yra taikomi fiziniai mechaniniai deformuojamojo pagrindo modeliai, kurie įvertina pagrindo netiesiškumą.

Netiesiniai deformuojamojo pagrindo modeliai. Statybinių konstrukcijų ant deformuojamojo pagrindo skaičiavimo uždaviniai tampa netiesiniai, jeigu konstrukcijos arba pagrindo medžiagų fizikiniai rodikliai neatitinka apibendrinto Huko dėsnio (fizikinis netiesiškumas), arba jeigu konstrukcijos poslinkiai ir pagrindų nuosėdžiai gana dideli, palyginti su konstrukcijos elementų matmenimis (geometrinis netiesiškumas), ir eksploatuojant konstrukciją keičiasi sistemos „konstrukcija – pagrindas“ skaičiuojamoji schema (konstrukcinis netiesiškumas) [17].

Atskiroms konstrukcijos pamato dalims netekus kontakto su pagrindu pasikeičia sistemos „konstrukcija – pagrindas“ skaičiuojamoji schema, atsiranda konstrukcinis netiesiškumas, kuris turi būti įvertintas tokias sistemas skaičiuojant [16].

Be to, po konstrukcijų pamatais, didelių reaktyvinių spaudimų atsiradimo zonose, taip pat pamatų kraštiniuose ruožuose dėl plastinių deformacijų atsiradimo fizikinės priklausomybės tampa netiesinės. Remiantis eksperimentiniais rezultatais, gautais I. I. Čerkasovo [5] ir G. K. Kleino [15],

sukurti deformuojamojo pagrindo modeliai, kurie įvertina netiesinį ryšį tarp įtempių ir nuosėdžių, taip pat struktūrines gruntinių pagrindų deformacijas.

Stochastiniai tampriojo pagrindo modeliai. Praktikoje gruntinių pagrindų nevienalytiškumą galima įvertinti statiskai apdorojus konstrukcijų ant deformuojamojo pagrindo eksperimentų rezultatus.

Vienas iš paprasčiausių būdų – apskaičiuoti pagrindo nevienalytiškumo koeficientą [17]:

$$\alpha = \frac{E_{0,max}}{E_{0,min}}, \quad (1.3)$$

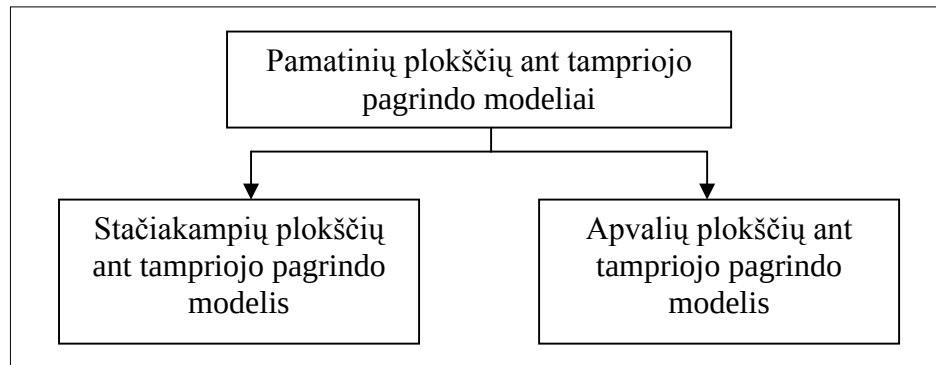
čia:

$E_{0,max}$ ir $E_{0,min}$ – atitinkamai didžiausia ir mažiausia grunto deformacijų modulio reikšmės, (MPa).

Šios konstrukcijos pamato reikšmės nustatytos tarp pastato kontūro ribų. Koeficientas (α) nustatomas statiskai apdorojant skirtingų gruntų tipų eksperimentų rezultatus. Nustačius koeficientą (α), konstrukcijos ant tampriojo pagrindo skaičiuojamos taikant proporcingai deformuojamojo pagrindo mechaninį modelį, atsižvelgiant į tai, kad pagrindo standumo rodikliai gali keistis neperžengiant apskaičiuotų reikšmių ribų. Ši metodika apytikslė, nes negalima tiksliai nustatyti gruntinio pagrindo standumo rodiklių pasiskirstymo dėsningumą. Tai įmanoma tikimybiškai įvertinus gruntinių pagrindų standumo rodiklių pasiskirstymą. Mokslininkai V.V. Bolotinas [3], D. M. Sobolevas [24] pasiūlė stochastinį pagrindo mechaninį modelį, kuriame pagrindo standumo rodiklis yra ne pastovus dydis ir ne determinuota funkcija, o atsitiktinė koordinačių funkcija. Šiuo modeliu gauti skaičiavimų rezultatai yra labiau teoriškai pagrįsti ir labiau atitinka ekonomiškiausius konstrukcijų ant deformuojamojo pagrindo sprendinius [17].

Stochastinio tampriojo pagrindo standumo rodiklių reikšmės įrašius į konstrukcijų ant tampriojo pagrindo skaičiavimo matematinius modelius, galima gauti rezultatus: reaktyvinių spaudimų pasiskirstymą, pagrindo nuosėdžius, lenkimo momentus ir skersines jėgas konstrukcijos elementuose, kurios bus statiskai įvertintos [16]. Daugelio autorių darbuose [3], [20], [24] nurodoma, kad stochastiniai pagrindų modeliai labiau parodo realų gruntinių pagrindų atsitiktinį standumo rodiklių pasiskirstymą ir leidžia tiksliau apskaičiuoti ieškomus dydžius.

Pamatinių plokščių ant tampriojo pagrindo modeliai. Stačiakampių plokščių ant tampriojo pagrindo modelis veikiant paskirstytai apkrovai. Stačiakampės plokštės naudojamos pramoninių ir civilinių pastatų pamatams, kai būtini vienodi pagrindų nuosėdžiai, ir yra vienos iš labiausiai paplitusių konstrukcijų ant tampriojo pagrindo.



1.5 pav. Pamatinių plokščių ant tampriojo pagrindo schema

Nagrinėjamas lenkiamas plokštės elementas, veikiamas paskirstytos apkrovos ir pagrindo reaktyvinio spaudimo. Plokštuma dalijanti horizontaliai plokštės storį pusiau vadinama viduriniąja plokštuma. Plokštės šoninio paviršiaus susikirtimo su viduriniąja plokštuma linija vadinama plokštės kontūru. Lenkiamų plokščių teorijoje viduriniajai plokštumai tenka toks pat svarbus vaidmuo, koks medžiagų mechanikoje tenka lenkiamų sijų neutraliajam sluoksniui.

Apkrovus plokštę, vidurinioji plokštuma šiek tiek deformuojama ir tampa viduriniu plokštės paviršiumi.

Svarbiausios plokščių techniškosios teorijos prielaidos:

- plokštės storis (h) mažas palyginti su kitais matmenimis (L_1) ir (L_2);
- plokštės įlinkiai (w) maži palyginti su storiu (h);
- vidurinėsios plokštumos taškai deformuojant procese pasislenka tik apkrovos veikimo kryptimi;
- vidurinėsios plokštumos normalė po deformacijos lieka tiese, statmena deformuotos plokštės viduriniajam paviršiui. Tai Kirchofo ir Lavo hipotezė, analogiška Bernulio plokščių pjūvių prielaidai, taikomai skaičiuojant sijas.
- įtempiai (σ_z) maži ir neturi įtakos viduriniojo paviršiaus deformacijoms, t. y. manoma, kad plokštės sluoksniai vienas kito nespaudžia.

Stačiakampės plokštės pagal sistemos „pamatas – pagrindas“ santykinį standumą skirstomos į lanksčiąsias ir standžiąsias plokštes ant tampriojo pagrindo.

Plokštės cilindrinis standis (K) apskaičiuojamas pagal formulę [11]:

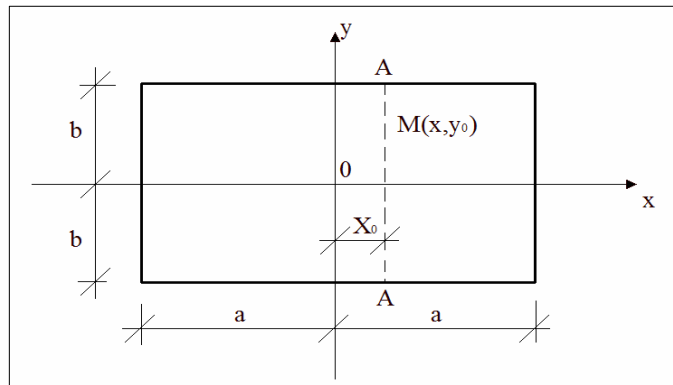
$$K = \frac{E_1 h^3}{12(1 - \nu_1^2)}, \quad (1.4)$$

čia:

E_1 – plokštės deformacijos modulis (MPa);

ν_1 – plokštės skersinės deformacijos koeficientas;

h – plokštės aukštis (m).



1.6 pav. Stačiakampės plokštės vidurinėsios plokštumos matmenys [16]

Bendroji formulė standžiui nustatyti yra [11]:

$$r = \frac{\pi a^2 b E}{K(1-\nu^2)}, \quad (1.5)$$

čia:

a – plokštės ilgis nuo Y ašies iki plokštės krašto (m);

b – plokštės plotis nuo X ašies iki plokštės krašto (m);

E – grunto deformacijų modulis (MPa);

ν – grunto skersinės deformacijos koeficientas.

Plokštė ant tampriojo pagrindo standi, kai $r \leq 4/\alpha$, ir lanksti, kai $r > 4/\alpha$ čia: $\alpha = a/b$ (1.6 pav.).

Apvalių plokščių ant tampriojo pagrindo modelis veikiant paskirstytai apkrovai. Skaičiuojant apvalias plokštes ant tampriojo pagrindo, daroma prielaida, kad plokštės spindulys (R) yra baigtinio ilgio, o sistemos „plokštė – pagrindas“ standumas nustatomas pagal formulę [10]:

$$\alpha = 3 \frac{(1-\nu_1^2)}{1-\nu^2} \cdot \frac{ER^3}{E_1 h^3}, \quad (1.6)$$

čia:

R – apvalios plokštės spindulys (m);

h – plokštės aukštis (m).

Plokštė ant tampriojo pagrindo absoliučiai standi, kai:

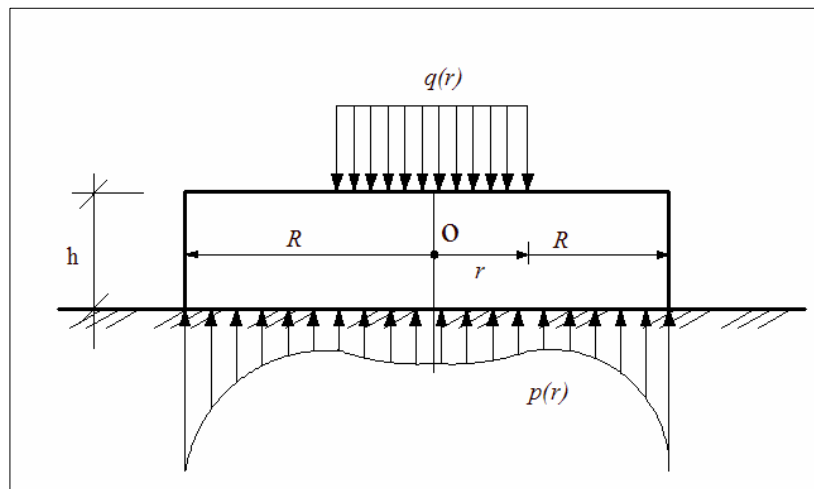
$$\alpha \leq 0,5.$$

Plokštė ant tampriojo pagrindo baigtinio standžio, kai:

$$0,5 < \alpha \leq 10.$$

Ir plokštė ant tampriojo pagrindo absoliučiai lanksti arba neribotų matmenų, kai:

$$\alpha > 10.$$



1.7 pav. Apvali plokštė ant tampriojo pagrindo [17]

Be šių paminėtų teorijų ir metodų, pagrindo standumą galima nustatyti laboriškai ir lauko tyrimais. Grunto suspaudžiamumui tirti ir jo rodikliams nustatyti laboratorijoje naudojami du aparatai: kompresinis (odometras) ir triašio slėgio (stabilometras). O šio magistrinio darbo tyrimams atlikti naudojamas taip pat kompresinis aparatas. Su triašio slėgio aparatu dirbti sudėtinga, juo tiriama mokslinėse laboratorijose. Natūraliai slūgsančio grunto suspaudžiamumas lauke tiriamas dažniausiai dviem metodais: bandant štampu ir presiometru. Apie tyrimus presiometru plačiau aprašyta 1.2.6. skyriuje (Menardo metodas).

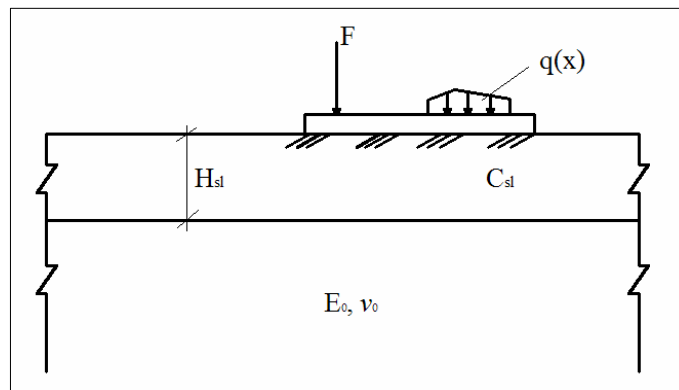
1.2. Pagrindo standumo įvertinimo metodai

1.2.1. Proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės pagrindo modelis

Tamprumo teorijos ir plastiškumo zonų įvertinimo uždavinių teorija labai sudėtinga, todėl praktiniam skaičiavimui rekomenduojama pasirinkti supaprastintą būdą, leidžiantį įvertinti pagrindo įtempių koncentracijos sumažėjimą pamatų kontūre.

Pasak A. Krutinio [17] pastatams grimstant, grunte vyksta atskirų pagrindo dalelių vertikalų tarpusavio poslinkių (šlyties), kurie didžiausi viršutiniuose grunto sluoksniuose. Gilėjant, vertikalų poslinkių dydis mažėja, vadinasi, galima surasti tokį pagrindo gylį, kuriame šlytis tarp dalelių išnyksta. Žemiau šios ribos gruntas deformuojamas pagal tampriojo kūno hipotezę atitinkančias sąlygas. Viršutiniai grunto sluoksniai dėl šlyties jėgų veikimo ir vertikalų dalelių poslinkių tampa

tarsi atskiras tamprusis susispaudžiantis sluoksnis tarp pamato ir tampriosios puserdvės pagrindo. Kombinuotas tampriojo sluoksnio ir tampriosios puserdvės modelis pavaizduotas 1.8 paveiksle.



1.8 pav. Pagrindo, modeliuojamo baigtinio storio sluoksniu ir tampriosios puserdvės schema

Reikia nustatyti šio tampriojo sluoksnio gylį, t.y. rasti zoną, kurioje baigiasi šlytis tarp grunto dalelių, taip pat sukurti metodą, įvertinantį šio sluoksnio įtaką pagrindo reaktyvinių spaudimų pasiskirstymui.

Atliekant praktinius inžinerinius skaičiavimus rekomenduojama pasirinkti $H_{sl} = 1/4b$ (čia: b – pamato pado plotis), kai grunte reaktyviniai spaudimai artimi ribiniams ir gali pasirodyti plastinių deformacijų.

Pabaigiant skaičiavimus pagal tampriojo sluoksnio pagrindo modelį, reikia apibendrinti grunto rodiklių (E), (ν) ir (C) matematinę ryšį. Daugelio autorių eksperimentų rezultatų apibendrinimas [11], [30] pateikiamas tokiomis ryšio formulėmis:

$$C_z = \frac{E}{(1-\nu^2)H_{sl}},$$

(1.7)

arba

$$C_z = \frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)H_{sl}}.$$

(1.8)

Pagal (1.7) formulę daroma prielaida, kad baigtinio storio sluoksnis gali pasislinkti standesnio pagrindo atžvilgiu. (1.8) formulėje įvertinama, kad horizontalieji poslinkiai kontakto su standesnio pagrindo paviršiumi negalimi.

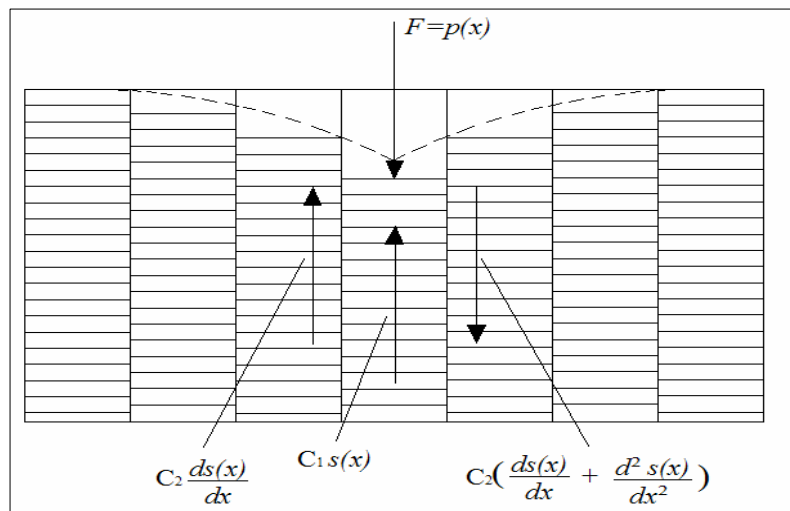
Skaičiuojant standžio rodiklį (C_z), reikia žinoti grunto deformacijos modulį (E), skersinės deformacijos koeficientą (ν) ir tampriai deformuojamojo sluoksnio storį (H_{sl}).

1.2.2. Dviejų parametų tampriojo sluoksnio pagrindo modelis (*LIRA – PC*)

Rusų mokslininkas P. L. Pasternakas 1956 m pasiūlė patobulinti Vinklerio tampriojo sluoksnio pagrindo mechaninį modelį. Jis apibendrino jį dviem parametrais [21]. Pirmasis parametras (C_1), kaip ir Vinklerio hipotezės atveju, apibūdina suspaudžiamo grunto standumą, antrasis parametras (C_2) įvertina trinties ir sankibos jėgas grunte (1.10 pav.). Manoma, kad atsirandančios šlyties jėgos yra tiesiogiai proporcingos pagrindo nuosėdžių greičiui (1.9 pav.).

Pagal dviejų parametų pagrindo elementariame elemente (1.9 pav.) veikiančios apkrovos ir vidinių jėgų pasiskirstymą užrašoma deformuoto pagrindo elemento pusiausvyros lygtis [17]:

$$-C_2 \frac{d^2 s(x)}{dx^2} + C_1 s(x) = p(x). \quad (1.9)$$



1.9 pav. Dviejų parametų tampriojo sluoksnio pagrindo modelis [17]

Šios priklausomybės taikymas išsamiau aprašytas programiniame pakete *LIRA – PC*. Paketas sukurtas Kijevo automatizuotų sistemų mokslinio tyrimo institute. Realizuodama baigtinių elementų metodą, programa atlieka statinių ir dinaminių apkrovų veikiamų konstrukcijų poslinkių ir įrašų skaičiavimus. Be to, atliekant konstrukcijos skaičiavimus galima įvertinti pagrindo standumą.

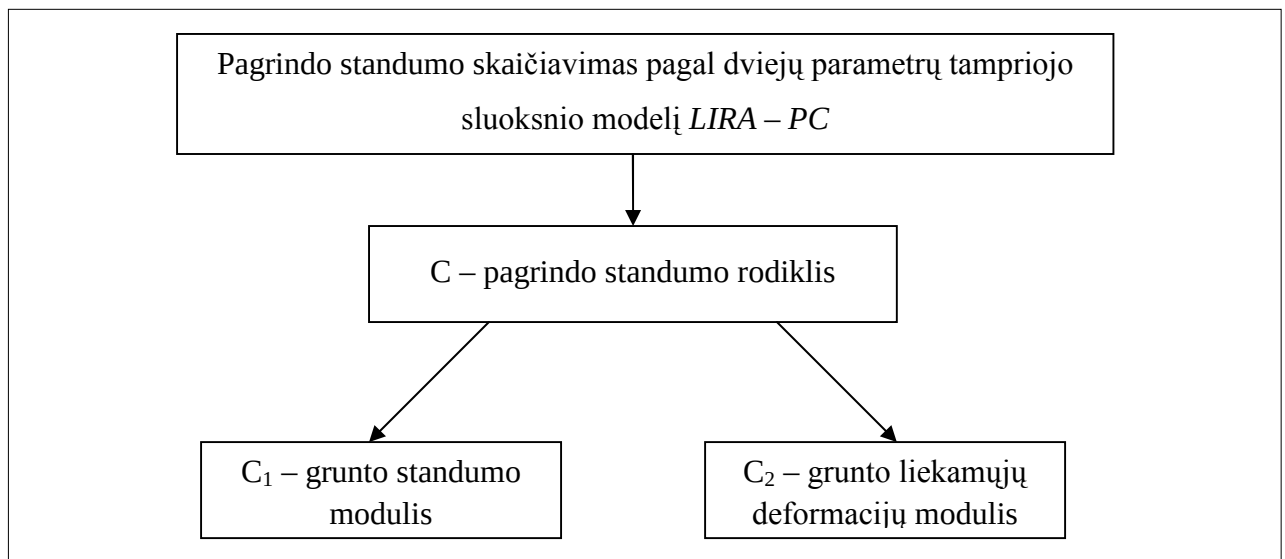
Paketo *LIRA – PC* teigiamos ypatybės yra tokios [8]:

- turi turtingą baigtinių elementų biblioteką (18 tipų);
- pradinę informaciją galima parašyti sutrumpintai;
- turi galingas klaidų pradinuose duomenyse diagnostikos priemones, kurios gali tas klaidas greitai surasti ir ištaisyti;
- skaičiavimai atliekami etapais, tarpinius rezultatus išsaugant;
- nebūtinai visi skaičiavimai turi būti atliekami iš karto;

- rezultatai pateikiami kompaktiškose lentelėse, turinčiose reikiamus paaiškinimus;
- rezultatai gali būti atspausdinti arba pateikti ekrane;
- nedeformuotą ir deformuotą sistemos schemas galima pateikti ekrane.

Konstrukcijos projektiniai skaičiavimai pagal tampriojo sluoksnio pagrindo modelį atliekami žinant šiuos grunto rodiklius:

- grunto deformacijų modulį (E , MPa);
- grunto skersinės deformacijos koeficientą (ν);
- grunto tampriojo sluoksnio storį (H_{sl} , m).



1.10 pav. Standumo skaičiavimo *LIRA – PC* programa schema

Įvertinus šiuos grunto rodiklius apskaičiuojamas grunto standumo modulis ($C_1 = C_z$) [8]:

$$C_1 = \frac{E}{H_{sl} \cdot (1 - 2 \cdot \nu^2)}, \quad (1.10)$$

grunto liekamųjų deformacijų modulis apskaičiuojamas pagal šią formulę,

$$C_2 = \frac{E \cdot H_{sl}}{6 \cdot (1 + \nu)}. \quad (1.11)$$

Grunto liekamųjų deformacijų modulis įvertina trinties ir sankibos jėgas grunte.

1.2.3. Pagrindo standumo įvertinimas pagal Respublikines statybos normas *RSN 91 – 85* („Gręžinių pamatų projektavimas ir statyba“)

Atkreiptinas dėmesys, kad leidinyje [22] Respublikinės statybos normos *RSN 91 – 85* trečiajame skyriuje L. Furmonavičiaus aprašytas pagrindo standumas.

Taip pat šiose statybos normose yra minima apie pagrindų klasifikaciją. Jie klasifikuojami:

- *vienodas pagrindas gręžiniams pamatams įrengti* – tai toks pagrindas, kai laikantįjį sluoksnį sudaro vienodų savybių gruntas;
- *nevienodas pagrindas gręžiniams pamatams įrengti* – tai toks pagrindas, kai laikantįjį sluoksnį sudaro keli skirtingų savybių grunto sluoksniai.

Įvertinus, kad pagrindo standumas pagal (1.1) formulę $C_z = P/s$ priklauso nuo nuosėdžio dydžio (s), galima apskaičiuoti pagrindo vertikalųjį arba horizontalųjį standumą pagal šią formulę:

$$C = \frac{R_{sn}}{s},$$

(1.12)

čia:

s – pamato nuosėdis, kuris lygus $s = (0,005 \div 0,03) \cdot b$ pamato pado skersmens;

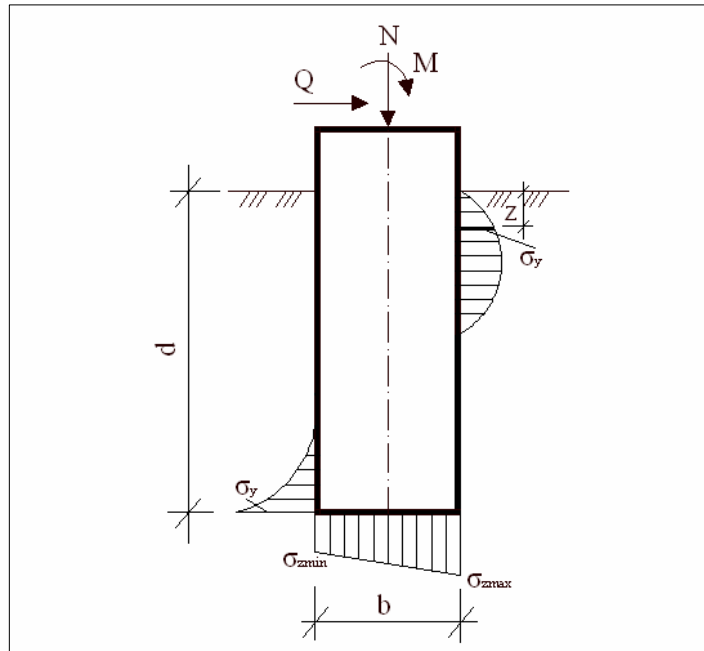
R_{sn} – pagrindo skaičiuojamasis stiprumas, kai pamato nuosėdis lygus n % pamato skersmens, surandamas pagal [22] 3.8 punkto nurodymus, (kPa).

Skaičius (n), nusakantis, kurią dalį (%) pamato skersmens sudaro jo nuosėdis. Skaičiuojamasis pagrindo stiprumas parenkamas, atsižvelgiant į norimą gauti pamato nuosėdžio didumą. Norint užtikrinti pagrindo ir pastato pastovumą, ribinis pamato nuosėdis turi būti ne didesnis kaip 3 % pamato skersmens.

Šis skaičiavimo metodas yra labai panašus į *vietinių tamprųjų deformacijų modelį*, nes vietoj slėgio (P) vertinamas pagrindo skaičiuojamasis stiprumas (R_{sn}), bei abiejuose formulėse (1.1) ir (1.12) įvertinami pamato nuosėdžiai.

1.2.4. Pagrindo standumo įvertinimo giliesiems pamatams metodas

Skaičiuojant giliųjų pamatų pagrindo įtempius, laikoma, kad pamatas standus, o gruntas tamprus, tiesiškai deformuojamas kūnas. Standžiais laikomi gilieji pamatai, kurių gylis ir pločio santykis $d/b \leq 10$ (1.11 pav.). Kai jis didesnis, pamatas yra liaunas ir tai yra ne gilusis pamatas, o polis.



1.11 pav. Giliojo pamato schema

Grunto savybės apibūdinamos grunto standumo moduliu (C_z), matuojamu (kN/m^3) ir rodančiu tiesinę grunto įtempių bei deformacijų priklausomybę (pagal Fuso – Vinklerio teoriją) [27].

Prie giliojo pamato šonų grunto standumo modulis, einant gilyn, didėja pagal tiesinį dėsnį [27]:

$$C_y = kz,$$

(1.13)

čia:

k – proporcingumo koeficientas, randamas 1.1 lentelėje, sluoksniuotam gruntui imamas svertinis vidutinis (MN/m^4);

z – nagrinėjamojo taško gylis nuo žemės paviršiaus (m).

Po giliojo pamato padu grunto standumo modulis pagal [27] formulę:

$$C_z = k_p d,$$

(1.14)

čia:

k_p – proporcingumo koeficientas, randamas 1.1 lentelėje (MN/m^4);

d – pamato gylis nuo žemės paviršiaus (m).

Koeficientų (k) ir (k_p) didžiausios reikšmės 1.1 lentelėje atitinka mažiausias (I_L) ir (e) reikšmes ir atvirkščiai – mažiausios (k) ir (k_p) reikšmės atitinka didžiausias (I_L) ir (e) reikšmes. Tarpinių (I_L) ir (e) reikšmių koeficientai (k) ir (k_p) randami interpoliuojant. Tankių smėlių koeficientai (k) ir (k_p)

imami 30 % didesni negu lentelėje pateiktos didžiausios reikšmės. Čia: I_L – takumo rodiklis; e – grunto poringumo koeficientas.

1.1 lentelė. Proporcingumo koeficientai (k) ir (k_p), (MN/m^4) pagal [27]

Gruntai	k	k_p
Moliai ir priemoliai, kurių $0,75 < I_L \leq 1,0$	0,65 – 2,0	0,5 – 2,0
Moliai ir priemoliai, kurių $0,5 < I_L \leq 0,75$, priesmėliai, kurių $0 < I_L \leq 1,0$, dulkiniai smėliai, kurių $0,6 \leq e \leq 0,8$	2,5 – 5,0	2,0 – 4,0
Moliai ir priemoliai, kurių $0 < I_L \leq 0,5$, priesmėliai, kurių $I_L \leq 0$, smulkūs smėliai, kurių $0,55 \leq e \leq 0,7$	5,0 – 8,0	4,0 – 6,0
Moliai ir priemoliai, kurių $I_L \leq 0$, stambūs smėliai, kurių $0,55 \leq e \leq 0,7$	8,0 – 13,0	6,0 – 10,0
Žvyriniai smėliai, kurių $0,55 \leq e \leq 0,7$, gabaliniai gruntai su smėlio užpildu	–	10,0 – 20,0

1.2.5. Pagrindo standumo vertinimas *STAAD.Pro* kompiuterine programa

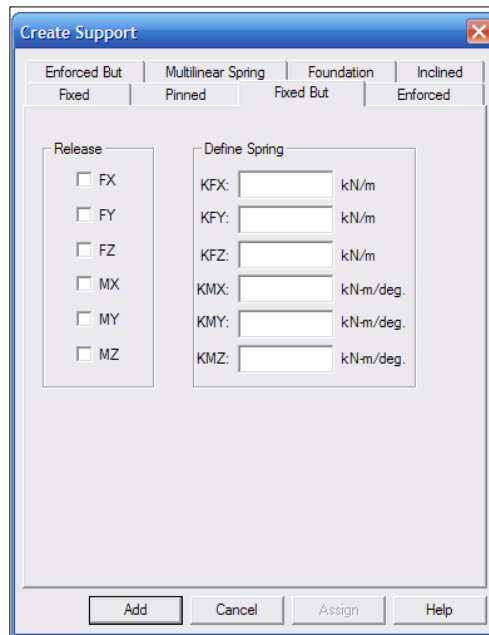
STAAD.Pro – galingas ir lankstus kompleksinio pastatų ir statinių skaičiavimo bei projektavimo taikomųjų programų paketas. *STAAD.Pro* programa taikoma iš esmės visiems inžinerinių konstrukcijų tipams: pramoniniams ir civiliniams pastatams, inžineriniams bei transporto statiniams ir kt.

Dabar *STAAD.Pro* yra populiariausias pasaulyje programinis produktas, kuris statybinių konstrukcijų kompiuterinio projektavimo rinkoje pripažintas standartu *de facto*.

Programa turi galingas konstrukcijos modeliavimo ir duomenų įrašymo, pateikimo priemones – grafinį ir tekstinį redaktorių bei parametrines konstrukcijų formas ir jų geometrijos bibliotekas.

STAAD.Pro skaičiavimai paremti baigtinių elementų metodu. Galima modeliuoti standžias, lanksčiąsias, spyruoklines, pasvirusias, iš dalies užstandintas atramas, ant tampriojo pagrindo modeliuojamus pamatus ir kitas konstrukcijas.

Atramos tipas *tamprioji atrama* (angl. *Fixed but*) visiškai arba iš dalies suvaržo bet kuriuos poslinkius ir posūkius. Dalinis poslinkių ir posūkių suvaržymas realizuojamas spyruoklių standumais. Spyruoklės tiesinis standumas – jėga, sukelianti spyruoklės poslinkį, lygų ilgio vienetui. Spyruoklės kampinis standumas – momentas, sukeliantis spyruoklės posūkį 1° [14].



1.12 pav. Spyruoklių modeliavimas vertinant konstrukcijos standumą

Tamprioji atrama (angl. *Fixed but*) – atrama (1.12 pav.), atlaisvinta bet kurių laisvės laipsnių $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$ globalioje koordinačių sistemoje linkmėmis. Galima pritaikyti tampriąsias atramas, jeigu vietoje parametrų $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$ įrašomos spyruoklės atitinkamų laisvės laipsnių linkmėmis globalioje koordinačių sistemoje $K_{fx} f_1, K_{fy} f_2, K_{fz} f_3, K_{mx} f_4, K_{my} f_5, K_{mz} f_6$; $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$ – spyruoklių standumai [14].

Grunto spyruoklių standumai apskaičiuojami X, Y ir Z ašių atžvilgiu pagal [17] formules:

$$k_x = C_x \cdot A_i, \quad (1.15)$$

$$k_y = C_y \cdot A_i, \quad (1.16)$$

$$k_z = C_z \cdot A_i, \quad (1.17)$$

čia:

A_i – sąlyginis konstrukcijos (pvz. pamato) pado, kuris remiasi į gruntą plotas (m^2).

C_i – pagrindo standumo modulis i – tosios ašies atžvilgiu (kN/m^3), kuris gali būti apskaičiuotas pagal (1.1, 1.2, 1.7, 1.10 ir kt.) formules.

Pagrindo spyruoklių automatiškas modeliavimas. Paskirtis: automatiškai nustatyti konstrukcijų tamprųjų pagrindą modeliuojančias spyruokles mazguose [14].

Sintaksė:

$$joint - list \quad Elastic \quad \left\{ \begin{matrix} Footing & f_1 & (f_2) \\ Mat \end{matrix} \right\} Dir \quad \left\{ \begin{matrix} X \\ XOnly \\ Y \\ YOnly \\ Z \\ ZOnly \end{matrix} \right\} Subgrade \quad f_3$$

čia:

f_1 – pamato pado ilgis ir plotis (jeigu f_2 reikšmė nepateikta, tai programa įvertina $f_1 = f_2$);

f_3 – pagrindo standumo rodiklis, kuris matuojamas *jėgos vnt./ (ploto vnt. x ilgio vnt.)*, X, Y, Z – globalios koordinačių sistemos ašis, kurios linkme nukreiptos spyruoklės.

Jeigu taikomas komandos *atrama* (angl. *Footing*) variantas, tai atraminiame mazge programa panaudoja vieną spyruoklę, kurios standumas lygus $f_1 \times f_2 \times f_3$.

Jeigu taikomas komandos *tamprioji plokštuma* (angl. *Elastic mat*) variantas, tai programa apskaičiuoja kiekvienam *taškų registras* (angl. *joint – list*) sąrašė pateiktam mazgui tenkantį ant tampriojo pagrindo esančios plokštės plotą, kurį padauginus iš f_3 , gaunama tiriamos mazge spyruoklės standumo reikšmė. Kai pasirenkama X, Y arba Z kryptis, tai atitinkama linkme generuojamos spyruoklės ir papildomai suvaržomi trys laisvės laipsniai. Pavyzdžiui, pasirinkus Y kryptį, šia linkme mazguose bus sugeneruotos spyruoklės ir suvaržomi laisvės laipsniai F_x, F_z, M_y .

Pasirinkus *Xonly, Yonly* arba *Zonly*, atitinkama linkme generuojamos spyruoklės, o kitomis linkmėmis poslinkiai nevaržomi.

Pavyzdys:

Support

1 to 300 Elastic mat direct Yonly subg 3000.

Pagal šią komandą mazguose nuo 1 iki 300 – ojo programa automatiškai generuoja Y ašies linkme nukreiptas spyruokles, kurių kiekvienos standumas lygus mazgą atitinkančio ploto ir pagrindo standumo rodiklio, lygaus 3000, sandaugai.

1.2.6. Pagrindo standumo įvertinimas taikant *Pcsheetpilewall* kompiuterinę programą

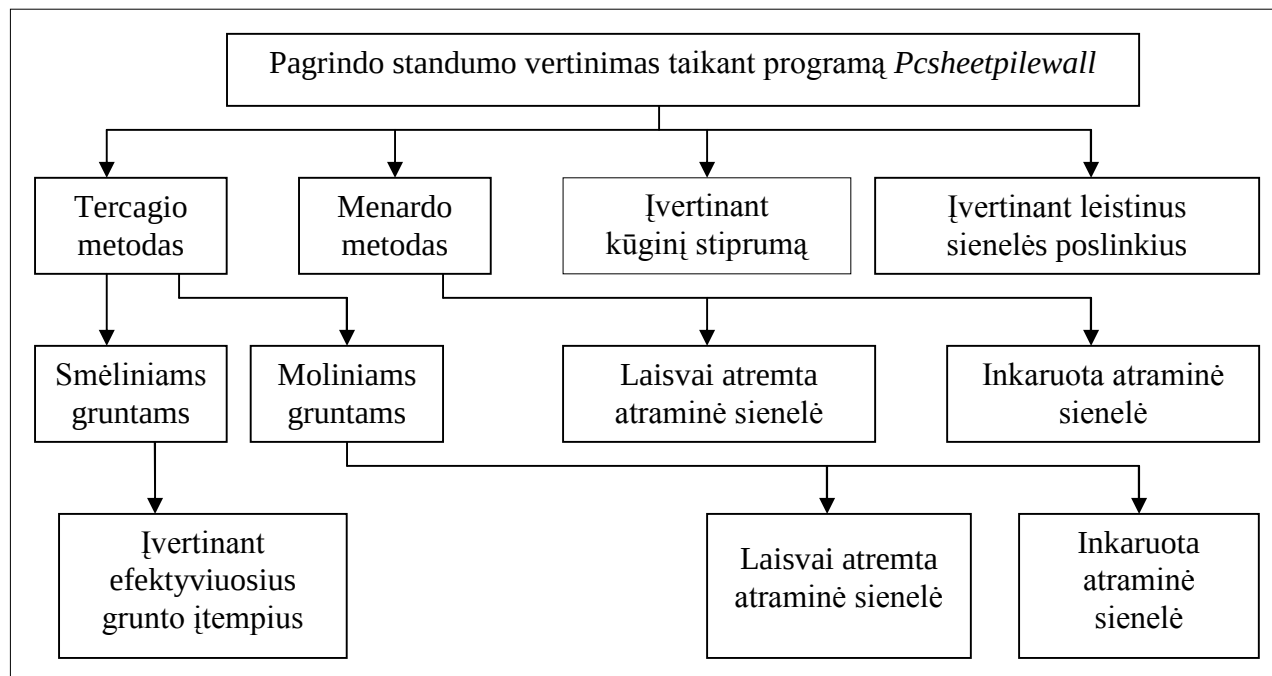
Pagrindo standumą galima įvertinti ir kita skaičiavimo programa *Pcsheetpilewall*. Ši programa naudojama atraminių sienelių projektavimui. Atliekant skaičiavimus šia programa galima rasti pagrindo standumą pagal kelis skirtingus įvertinimo metodus.

Pagrindiniai įvertinimo metodai yra keturi pagal [31]:

- *Tercagio metodas standumui skaičiuoti;*
- *Menardo metodas standumui skaičiuoti;*

- standumo skaičiavimo metodas įvertinant kūginį stiprumą;
- standumas parenkamas pagal atraminės sienelės leistinus poslinkius.

Principinė pagrindo standumo įvertinimo schema parodyta 1.13 paveiksle.



1.13 pav. Standumo vertinimo *Pcsheetpilewall* programa schema

Tercagio metodas

a) Pagal Tercagio teoriją smėliniams gruntams standumas skaičiuojamas [31],

- kai $u > 0,0002D$, tai pagrindo standumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_z = L_h \cdot \frac{z}{D}, \quad (1.18)$$

- kai $u \leq 0,0002D$, tai pagrindo standumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_z = L_h' \cdot \frac{z}{D}, \quad (1.19)$$

čia:

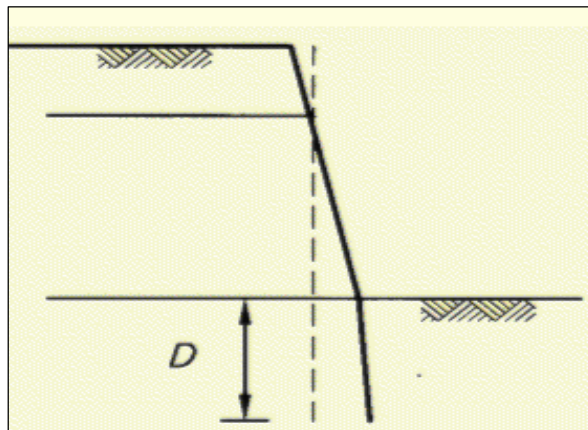
u – atraminės sienelės poslinkis (m);

D – atraminės sienelės įgylinimas (m);

C_z – pagrindo standumo modulis (kN/ m³);

L_h ir L_h' – konstantos, kurių reikšmės priklauso nuo tankumo laipsnio (I_D) ir kūginio stiprumo (q_c) (kN/m^3);

z – nagrinėjamojo taško gylis nuo žemės paviršiaus (sienelės viršaus) (m).



1.14 pav. Atraminės sienelės schema

Šių (1.18) ir (1.19) formulių nariai (u , D , L_h ir L_h') yra tam tikro dydžio konstantos. Taigi net neatlikus skaičiavimų pagal šias dvi formules galima gan tiksliai parinkti standumo reikšmes iš 1.2 lentelės. Reikia žinoti pagrindo kūginį stiprumą (q_c) ir tankumo laipsnį (I_D). Gruntas pagal tankumą skirstomas: purus, kai $q_c = 2,0$ (MPa), vidutinio tankumo, kai $q_c = 4,5$ (MPa), tankus, kai $q_c = 8,5$ (MPa) ir labai tankus, kai $q_c = 12$ (MPa). Nuo šios gruntų klasifikacijos priklauso ir pagrindo standumas, kuris pateiktas 1.2 lentelėje.

Taigi formules (1.18, 1.19) galima užrašyti taip, jeigu santykis (z/D) lygus 1 (m):

$$C_z = L_h, \quad (1.20)$$

$$C_z = L_h',$$

$$(1.21)$$

1.2 lentelė. Konstantų (L_h) ir (L_h') reikšmės [31]

Parametrai	Reikšmės L_h , (kN/m^3), q_c , (MPa)			
Grunto rūšis pagal tankumą	<i>Purus</i>	<i>Vidutinio tankumo</i>	<i>Tankus</i>	<i>Labai tankus</i>
Tankumo laipsnis I_D	0,15 – 0,35	0,35 – 0,65	0,65 – 0,85	0,85 – 1,0
Kūginis stiprumas q_c	2,0	4,5	8,5	12
Konstanta L sausiems ir drėgniems smėliams				
L_h ,	800	2600	6400	14 000
L_h'	40 000	64 000	96 000	130 000
Konstanta L smėliams, esantiems žemiau vandens lygio				

L_h , L_h	500 24 000	1600 38 500	4200 57 600	9000 80 000
------------------	---------------	----------------	----------------	----------------

b) *Standumo išraiška smėliniams gruntams, įvertinant vertikalius ir horizontalius efektyviusius grunto įtempius [31]:*

$$C_z = \frac{L_h}{\gamma} \cdot \frac{0,5 \cdot (\sigma'_v + 2 \cdot \sigma'_{hi})}{D}, \quad (1.22)$$

čia:

σ'_v – vertikalūs efektyvieji įtempiai (kPa);

σ'_{hi} – horizontalūs efektyvieji įtempiai (kPa).

Norint apskaičiuoti standumą pagal (1.22) formulę reikia žinoti horizontalius (σ'_{hi}) ir vertikalius (σ'_v) efektyviusius įtempius, sienelės įgylinimą (D) ir grunto vienetinį svorį (γ).

c) *Pagal Tercagio teoriją moliniams gruntams standumo koeficientas skaičiuojamas [31]:*

- *kai laisvai paremta atraminė sienelė (1.14 pav.),*

$$k_z = \frac{1}{14,75} \cdot \frac{k_{sl}}{D}, \quad (1.23)$$

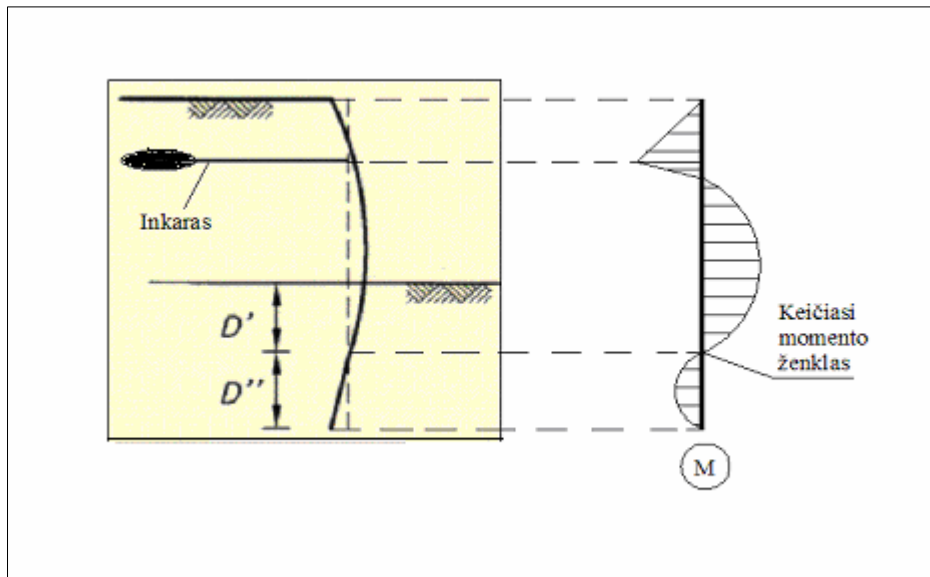
- *kai įtvirtinta inkaru atraminė sienelė (1.15 pav.),*

$$k_z = \frac{1}{14,75} \cdot \frac{k_{sl}}{D} = \frac{1}{14,75} \cdot \frac{k_{sl}}{D^*}. \quad (1.24)$$

Taigi žinant sienelės įgylinimą (D) ir konstantos ($k_{sl} = C_z$) reikšmę, kuri imama iš 1.3 lentelės priklausomai koks molinis gruntas, randamas standumas. Iš 1.3 lentelės *molinis gruntas* skirstomas: silpnas, kai $c_u = 20$ (kN/m²), mažo standumo, kai $c_u = 20 - 50$ (kN/m²), standus, kai $c_u = 100 - 200$ (kN/m²), kietas, kai $c_u > 200$ (kN/m²).

1.3 lentelė. Konstantos (k_{sl}) reikšmės moliniam gruntui [31]

Molis	Silpnas	Mažo standumo	Standus	Labai standus	Kietas
c_u , (kN/m ²)	< 20	20 – 50	50 – 100	100 – 200	> 200
k_{sl} , (kN/ m ³)	< 8000	8000 – 16 000	16 000 – 32 000	32 000 – 64 000	> 64 000



1.15 pav. Atraminės sienelės schema (inkaruota sienelė)

Menardo metodas

Tai standartinis efektyvus metodas grunto suspaudžiamumui tirti gręžiniuose. Presiometru galima bandyti gruntus iki 20 m gylio [27].

Pagrindo standumas apskaičiuojamas pagal formulę [31]:

$$C_h = E_M \cdot \left(\alpha' \cdot \frac{a}{2} + 13 \cdot (9 \cdot a \cdot 10^{-4})^a \right)^{-1}, \quad (1.25)$$

čia:

E_M – Menardo presiometrinis tamprumo modulis (pseudo – elastinėje zonoje) (kN/m²);

α' – koeficientas, pateiktas 1.4 lentelėje;

a – ilgis (m);

- $a = \frac{2}{3}D$, kai inkaruota atraminė sienelė (m);
- $a = D$, kai laisvai paremta atraminė sienelė (m).

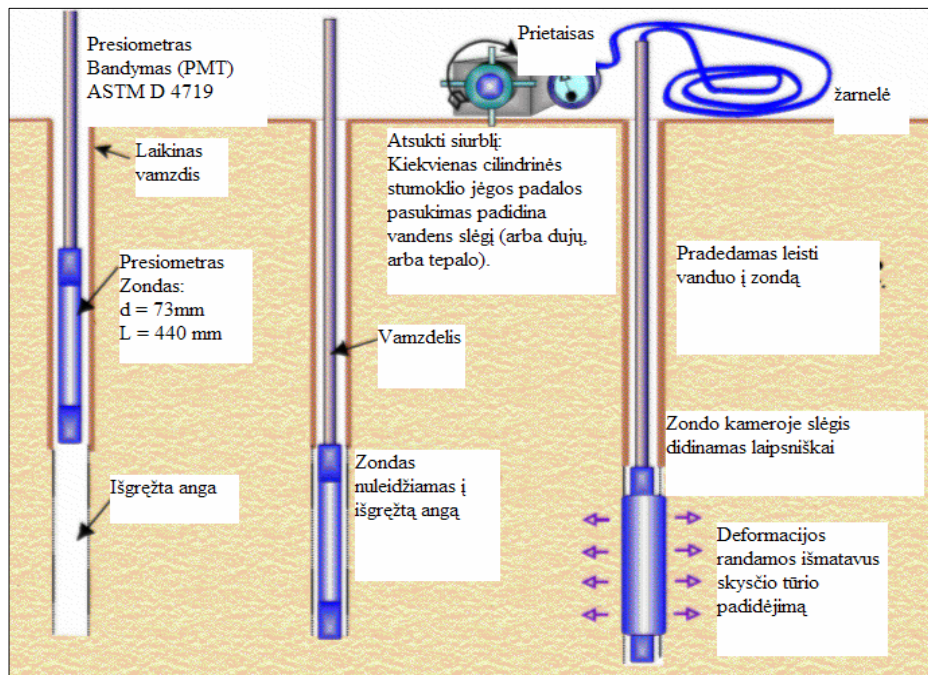
Presiometrą sudaro trys pagrindiniai įtaisai:

1. Presiometro zondas;
2. Vamzdelis;
3. Manometras.

Pagrindinė presiometro dalis yra zondas. Tai elastingas guminis storasienis vamzdis, padalytas į tris kameras [27]. Zondas nuleidžiamas (1.16 pav.) į gręžinį, per vamzdelį į kameras tiekiamas suslėgtas skystis ar dujos.

Slėgis zondo kameroje didinamas laipsniškai po 0,025...0,1 MPa. Jo veikiamas gruntas apie zondą deformuojamas radialiąja kryptimi. Deformacijos randamos išmatavus skysčio tūrio

padidėjimą zondo kameroje, rečiau – betarpiškai išmatavus zondo vidurinės kameros sienelių radialiuosius poslinkius specialiais davikliais [27].



1.16 pav. Menardo presiometro veikimo schema

Menardo presiometrinis tamprumo modulis (pseudo – elastinėje zonoje) skaičiuojamas [31]:

$$E_M = (1 + \nu) \cdot V_m \cdot \frac{\Delta p}{\Delta V},$$

(1.26)

čia:

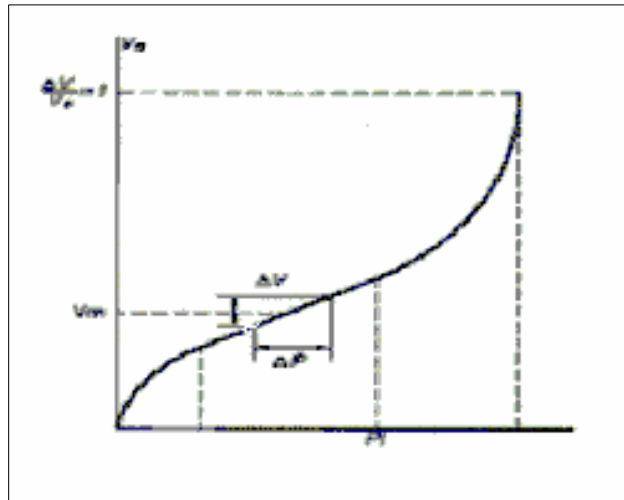
ΔV – tūrio pokytis cilindrinės formos gręžinyje (pseudo – elastinėje zonoje) (m^3);

Δp – slėgio riba tarp pseudo – elastinės ir plastinės zonų (kPa);

V_m – presiometro zondo tūris (m^3);

ν – Puasono koeficientas (imamas dažniausiai 0,33 arba parenkamas iš [2]).

Bandymo presiometru yra du metodai: greitasis ir lėtasis. Bandant greituoju metodu, tariama, kad veikiant kiekvienam apkrovos laipsniui, grunto deformacijos prieaugis smėliams ne didesnis kaip 0,1 mm per 3 min ir moliniams gruntams – per 6 min. Bandant lėtuoju metodu, ta trukmė smėliams yra 15...30 min ir moliniams gruntams – 30...60 min. Dirbant greituoju metodu, visas bandymas trunka 0,5...1 h, dirbant lėtuoju metodu, - keliolika valandų, kartais visą parą ir ilgiau [27].



1.17 pav. Slēgio ir tūrio priklausomybē

1.4 lentelē. Koeficiento (α') reikšmēs [31]

Situacija	<i>Durpēs</i>	<i>Molis</i>	<i>Dumblas</i>	<i>Smēlis</i>	<i>Smēlis ir žvyras</i>
Perkonsoliduotas	1	1	2/3	1/2	1/3
Normaliai konsoliduotas	1	2/3	1/2	1/3	1/4
Nekonsoliduotas	—	1/2	1/2	1/3	1/4

Standumo skaičiavimo metodos įvertinant kūginį stiprumą [31]:

- kai atraminei (metalinei įlaidinei) sieniei, tai

$$C_z = 2000 \cdot q_c,$$

(1.27)

- kai vienam lakštui įlaido ($D < 1$ m), tai

$$C_z = 4000 \cdot q_c,$$

(1.28)

- kai vienam lakštui įlaido ($D > 1$ m), tai

$$C_z = 4000 / D \cdot q_c.$$

(1.29)

Standumo įvertinimo metodos pagal atraminės sienelės leistinus poslinkius

Standumas parenkamas iš 1.5 lentelės pagal atraminės sienelės leistinus poslinkius.

Pagrindo rodikliai:

γ – grunto vienetinis svoris, (kN/m^3);

q_c – kūginis stiprumas, (MN/m^2).

Jokių skaičiavimų atlikti nereikia norint gauti pagrindo standumo reikšmę pagal projektuojamąją situaciją. Tiesiog reikia įvertinti kokie galėtų būti sienelės poslinkiai. Smėliniams gruntams reikia žinoti kūginį stiprumą (q_c), o moliniams – vienetinį svorį (γ).

1.5 lentelė. Standumo vertinimo metodas pagal atraminės sienelės leistinus poslinkius [31]

Gruntas	Pagrindo standumas C_z , (kN/m ³)		
	$w \leq 20 \text{ mm}$	$20 \text{ mm} < w \leq 100 \text{ mm}$	$w > 100 \text{ mm}$
<i>Smėlis (dulkingas): q_c</i>			
< 5	8000	6000	4000
5 – 10	10 000	7500	5000
< 20	45 000	30 000	15 000
<i>Molis</i>			
$\gamma = 13 - 15$	4000	3000	2000
$\gamma = 15 - 17$	5000	3750	2500
$\gamma > 17$	6000	4500	3500
<i>Durpės</i>			
$\gamma = 10 - 11$	3000	2000	1500
$\gamma = 12$	4000	3000	2000

1.3. Grunto standumo vertinimas kompresiniu aparatu

1.3.1. Atliktų eksperimentų rezultatų analizės metodika

Eksperimentiškai gautų rezultatų analizei atlikti yra taikoma regresinė ir koreliacinė analizė, tiksliau, paprastosios tiesinės regresijos metodas.

V. Sakalauskas teigia, jog regresija – tai vienas statistinė priklausomybė, kuri išreiškiama vadinamąja regresijos funkcija. Pastaroji formaliai nustato atitikimą tarp kintamųjų, nebūtinai susietų priežasties ir padarinio ryšiu.

Taigi, regresija yra skirta įvertinti statistinio ryšio formą, o koreliacinė analizė padeda įvertinti statistinio ryšio $y = f(x_i)$ stiprumą ir kartu atrinkti faktorius, darančius didžiausią įtaką y priklausomybėje $y = (x_1, x_2, \dots, x_m, \dots)$ [25].

Regresinėje analizėje priklausomas kintamasis būna tas, kurio elgesį norime išsiaiškinti (prognozuoti), ir grafiniame vaizde – koordinačių sistemoje jis žymimas ant Y ašies, tuo tarpu nepriklausomas kintamasis – tai kintamasis, kuriuo bandome aiškinti priklausomojo pokyčius, t.y. kintamasis, pagal kurio reikšmes norima prognozuoti priklausomojo kintamojo reikšmes, ir grafinėje koordinačių sistemoje šis nepriklausomas kintamasis yra ant X ašies [25].

Gavus regresinę kreivę, reikia išnagrinėti, ar ji gerai atitinka atliktuose eksperimentuose gautus rezultatus. Tam nustatyti yra naudojamas vienas iš svarbiausių tinkamumo matų – determinacijos koeficientas, kuris žymimas R^2 ir apibūdinamas santykiu [25]:

$$R^2 = \frac{KSR}{KSB} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\hat{y}_i - \bar{y} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(y_i - \bar{y} \right)^2},$$

(1.30)

čia: KSR – regresinio nuokrypio kvadratų suma; KSB – bendro nuokrypio kvadratų suma.

Determinacijos koeficientas (jo reikšmės) gali būti intervale nuo 0 iki 1. V. Sakalauskas tvirtina, kad kuo R^2 yra arčiau vieneto, tuo regresinė kreivė geriau tinka eksperimentiniams duomenims. Remiantis determinacijos koeficiento reikšme galima nusakyti kiek procentų y variacijos yra paaiškinama nepriklausomuoju kintamuoju x.

Su regresine analize glaudžiai susiję daugybė koreliacinių metodų ir koreliacijos stiprumo matų. Dažniausiai naudojamas koreliacijos tarp kintamųjų stiprumo matas vadinamas koreliacijos koeficientu ir žymimas raide r bei apibrėžiamas kaip kvadratinė šaknis iš determinacijos koeficiento R^2 . Be to, jo reikšmė bus neigiama neigiamos regresijos atveju ir teigiama – teigiamos regresijos atveju. Koreliacijos koeficientas gali įgyti reikšmes intervale tarp –1 ir 1. Kuo arčiau 1 ar –1 yra R, tuo stipresnis koreliacinis ryšys sieja nagrinėjamus kintamuosius. Tuo tarpu, mažos r reikšmės rodo, kad tiesinis ryšys tarp kintamųjų yra nežymus. Žinoma, tai nereiškia, kad tarp tokių kintamųjų negali būti stipraus netiesinio sąryšio.

1.3.2. Eksperimentinė analizės dalis

Tyrimų analizei buvo panaudotas priemolis moreninis gruntas. Analizę sudaro 4 bandiniai, kurie buvo tiriama su kompresiniu aparatu – odometru.

Darbo tikslas – išanalizuoti ir nustatyti standumo kitimą pagrinde bei gautus bandymų rezultatus susieti priklausomybėmis ir palyginti tarpusavyje.

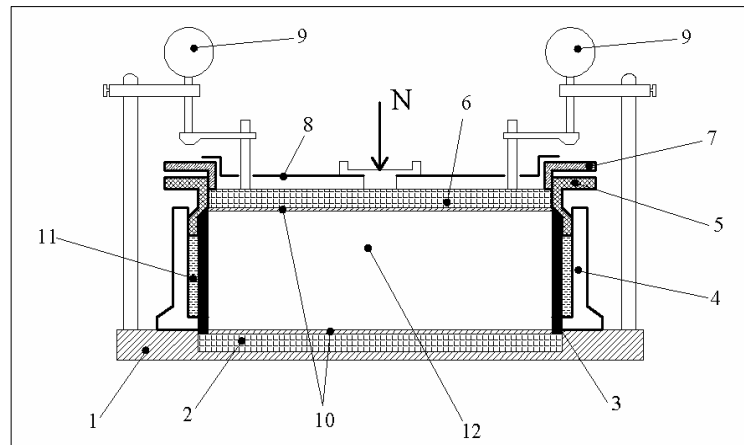
Laboratoriniams bandymams atlikti panaudotas kompresinis aparatas odometras (1.18 pav., 1.19 pav.).

Odometro tyrimo metodika standartinė. Nesuardytos sandaros grunto bandinys, įdėtas į kompresinio aparato standą, nesideformuojantį metalinį žiedą, apkraunamas vertikalia apkrova, perduodama per standžius drenuojančius šampus. Žiedo skerspjūvio plotas dažniausiai yra 40 arba 60 cm², aukštis 2...3 cm [27].

Grunto bandinys patalpinamas į kompresinį aparatą (1.19 pav., 12) ir apkraunamas per šampą normaline jėga $N (F_z)$. Veikiant šiai jėgai, atsiranda gniuždymo įtempiai $\sigma_z = \sigma$, sukeliantys grunto tankėjimą ir šampo sėdimą. Bandant vandens prisotintų gruntų bandinius nutekėjimas iš porų vyksta pro skylutes šampuose ir pagrindą (1.19 pav.).



1.18 pav. Kompresinis aparatas (odometras)



1.19 pav. Odometro principinė schema

1 – kompresinio aparato pagrindas; 2 – apatinis drenavimo štampos; 3 – bandinių žiedas; 4 – vonelė; 5 – žiedo fiksatorius;

6 – viršutinis drenavimo štampos; 7 – grunto fiksatorius; 8 – dangtelis; 9 – indikatorius; 10 – drenavimo filtras; 11 – vanduo; 12 – gruntas

Šioje dalyje grafikų ir lentelių forma pateikiami gauti atliktų tyrimų rezultatai, kurie buvo analizuojami. Nustatoma grunto bandinių standumo modulio priklausomybė nuo apkrovimo laipsnio – $C_{z,i} = f(\sigma_i)$.

Gautos priklausomybės tarp nagrinėjamųjų parametru yra išreiškiamos grafikais ir apibrėžiamos paprastosios tiesinės regresinės analizės lygtimis. Pagrindinis tokios analizės rodiklis yra determinacijos (R^2 , kinta ribose nuo 0 iki 1) koeficientas.

Jeigu gauti determinacijos koeficientai artimi 1, tai reiškia, kad tiesinė regresija atitinka eksperimentinius rezultatus, t.y. egzistuoja ryšys tarp tiriamųjų parametru.

Remiantis dėsniu, pagal kurį gruntas deformuojamas dėl to, kad mažėja porų tūris – grunto santykinės deformacijos perskaičiuojamos į poringumo koeficiento pokytį. Grunto poringumo koeficientas, kai įtempimas σ_i [27] :

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \Delta h_i / h, \quad (1.31)$$

čia:

e_0 – grunto bandinio poringumo koeficientas;

h – aukštis prieš bandant.

Pagal grunto suspaudžiamumo tyrimo rezultatus apskaičiuojamas natūralaus grunto poringumo koeficientas pagal šią [2] išraišką :

$$e_0 = [\rho_s \cdot (1 + 0,01 \cdot W) / \rho] - 1, \quad (1.32)$$

čia:

ρ_s – kietųjų dalelių tankis (g/cm^3),

W – natūralaus grunto drėgnis prieš bandymą (%).

Apskaičiuojamas suspaudžiamumo koeficientas įtempimų intervale nuo 0 iki kiekvieno apkrovos laipsnio [2], (kPa – 1):

$$m_{0,i} = \frac{e_0 - e_i}{\sigma_i - \sigma_0}, \quad (1.33)$$

čia:

e_0, e_i ir e_{i+1} – poringumo koeficientas atitinkamai veikiant įtempimams σ_0, σ_i ir σ_{i+1} .

Apskaičiuojamas deformacijų modulis nuo kiekvieno apkrovos laipsnio [2]:

$$E_i = \beta \frac{1 + e_0}{m_{0,i}}, \quad (1.34)$$

čia:

β – koeficientas, kuriuo įvertinama grunto deformacija (priemolių – 0,5 pagal [27] 29 p.).

Standumo moduliui apskaičiuoti nuo kiekvieno apkrovimo laipsnio naudojama ši formulė (1.1):

$$C_{z,i} = \frac{\sigma_i}{s_i}.$$

Apskaičiuojamos standumo modulio reikšmės nuo kiekvieno apkrovimo laipsnio, įvertinant, kad gruntas gali skersai deformuotis, t. y., statomos (E_i) reikšmės į (1.2) formulę ir gaunama ši išraiška:

$$C_i' = \frac{E_i}{\omega \cdot b(1-\nu^2)}.$$

(1.35)

1.3.3. Pagrindo standumo modulio eksperimentinių tyrimų rezultatų analizė

Nustačius pagrindo standumo ir poringumo koeficiento reikšmes nuo kiekvieno apkrovimo laipsnio buvo atlikta paprastoji tiesinė regresinė tyrimo rezultatų analizė. Remiantis šia analize gautos pagrindo standumo modulio tiesinės priklausomybės nuo kiekvieno apkrovimo laipsnio – $C_{z,i} = f(\sigma_i)$ (1.20, 1.21, 1.22, 1.23 pav.), kurios tarp nagrinėjamųjų parametru yra išreiškiamos grafikais ir apibrėžiamos paprastosios tiesinės regresinės analizės lygtimis. Taip pat lentelių forma išreiškiami standumo reikšmių rezultatai (1.6, 1.7, 1.8, 1.9 lentelėse).

1.6 lentelė. 1 bandymo skaičiavimo rezultatai

Įtempiai σ_i , (kPa)	e_i nuo σ_i	s_i , (mm) nuo σ_i	$C_{z,i} = \frac{\sigma_i}{s_i}$, (MN/m ³)	E_i , (kPa) nuo σ_i	E_{oed} , (kPa) nuo σ_i	$C_i' = \frac{E_i}{\omega \cdot b(1-\nu^2)}$, (MN/m ³)
25	0,432	0,345	72,46	1206,67	2413,34	20,81
50	0,413	0,765	65,36	532,35	1064,7	9,17
150	0,396	1,14	131,58	1419,61	2839,22	24,48
250	0,389	1,305	191,57	1248,28	2496,56	21,52
350	0,376	1,595	219,44	1019,72	2039,44	17,58
450	0,363	1,885	238, 73	861,90	1723,8	14,86

Čia:

ω – koeficientas, kuris priklauso nuo pamato pado formos, pamato standumo ir taško, kuriame skaičiuojamas nusėdimas, padėties (priimas $\omega = 0,79$ iš [27] 6.1 lentelės);

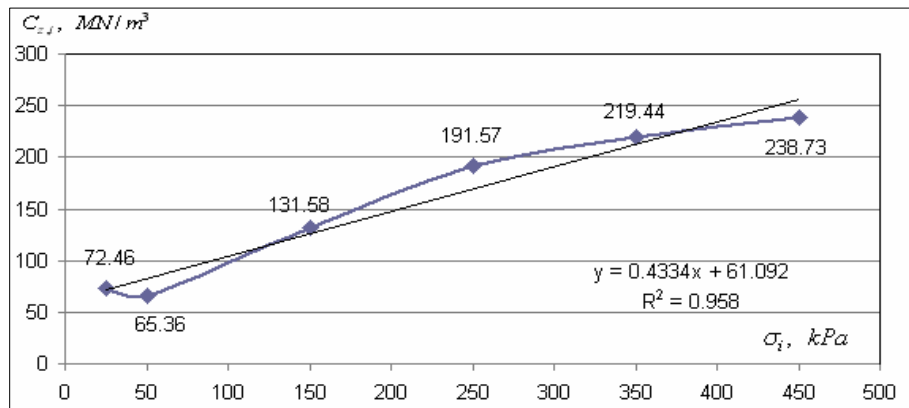
ν – skersinės deformacijos koeficientas (priimamas iš [2] priemoliams $\nu = 0,39$);

b – bandinio žiedo diametras ($b = 8,73$ cm);

β – koeficientas, kuriuo įvertinama grunto deformacija (priemolių – 0,5 pagal [27] 29 p.);

E_{oed} – odometrinis deformacijų modulis apskaičiuojamas pagal [2], ($E_{oed} = E_i / \beta$, MPa).

Iš grafiko matyti (1.20 pav.), kad determinacijos koeficientas $R^2 = 0,958$, o tai reiškia, kad apie 96 % pagrindo standumo ($C_{z,i}$) variacijos galima paaiškinti apkrovimo laipsnio (σ_i) įtaka.



1.20 pav. 1 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$

Paprastosios tiesinės regresijos lygtis užrašoma taip:

$$C_{z,i} = 0,4334 \cdot \sigma_i + 61,092.$$

1.7 lentelė. 2 bandymo skaičiavimo rezultatai

Įtempiai σ_i (kPa)	e_i nuo σ_i	s_i (mm) nuo σ_i	$C_{z,i} = \frac{\sigma_i}{s_i}$, (MN/m ³)	E_i , (kPa) nuo σ_i	E_{oed} , (kPa) nuo σ_i	$C_i' = \frac{E_i}{\omega \cdot b(1-\nu^2)}$, (MN/m ³)
25	0,405	0,28	89,29	1477,08	2954,16	25,47
50	0,396	0,475	105,26	844,05	1688,1	14,60
150	0,370	1,08	138,89	1508,5	3017	26,26
250	0,338	1,82	137,36	897,47	1794,94	15,47
350	0,325	2,11	165,88	770,65	1541,3	13,29
450	0,298	2,72	165,44	595,79	1191,58	10,27

Čia:

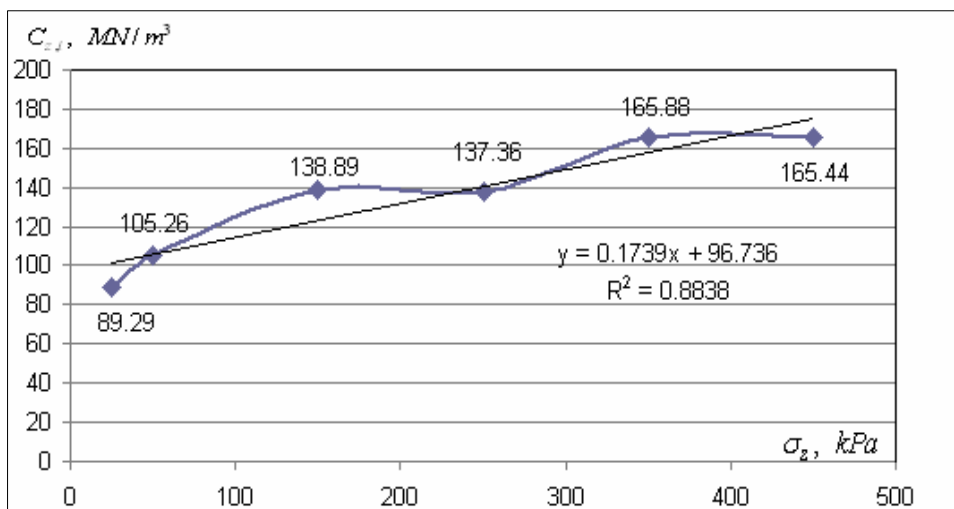
ω – koeficientas, kuris priklauso nuo pamato pado formos, pamato standumo ir taško, kuriame skaičiuojamas nusėdimas, padėties (priimas $\omega = 0,79$ iš [27] 6.1 lentelės);

ν – skersinės deformacijos koeficientas (priimamas iš [2] priemoliams $\nu = 0,39$);

b – bandinio žiedo diametras ($b = 8,73$ cm);

β – koeficientas, kuriuo įvertinama grunto deformacija (priemolių – 0,5 pagal [26] 29 p.);

E_{oed} – odometrinis deformacijų modulis apskaičiuojamas pagal [2], ($E_{oed} = E_i / \beta$, MPa).



1.21 pav. 2 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$

Gauti paprastosios tiesinės regresijos rezultatai (1.21 pav.) rodo, kad determinacijos koeficientas $R^2 = 0,8838$, o tai reiškia, kad apie 88 % pagrindo standumo ($C_{z,i}$) variacijos galima paaiškinti apkrovimo laipsnio (σ_i) įtaka. Paprastosios tiesinės regresijos lygtis užrašoma taip:

$$C_{z,i} = 0,1739 \cdot \sigma_i + 96,736.$$

1.8 lentelė. 3 bandymo skaičiavimo rezultatai

Įtempiai σ_i (kPa)	e_i nuo σ_i	s_i , (mm) nuo σ_i	$C_{z,i} = \frac{\sigma_i}{s_i}$, (MN/m³)	E_i , (kPa) nuo σ_i	E_{oed} , (kPa) nuo σ_i	$C_i' = \frac{E_i}{\omega \cdot b(1-\nu^2)}$, (MN/m³)
25	0,415	0,245	102,04	1276,79	2553,58	22,01
50	0,402	0,475	105,26	662,04	1324,08	11,41
150	0,389	0,7	214,29	1787,5	3575	30,82
250	0,381	0,855	292,40	1489,58	2979,16	25,68
350	0,366	1,115	313,90	1134,92	2269,84	19,57
450	0,351	1,38	326,09	916,67	1833,34	15,80

Čia:

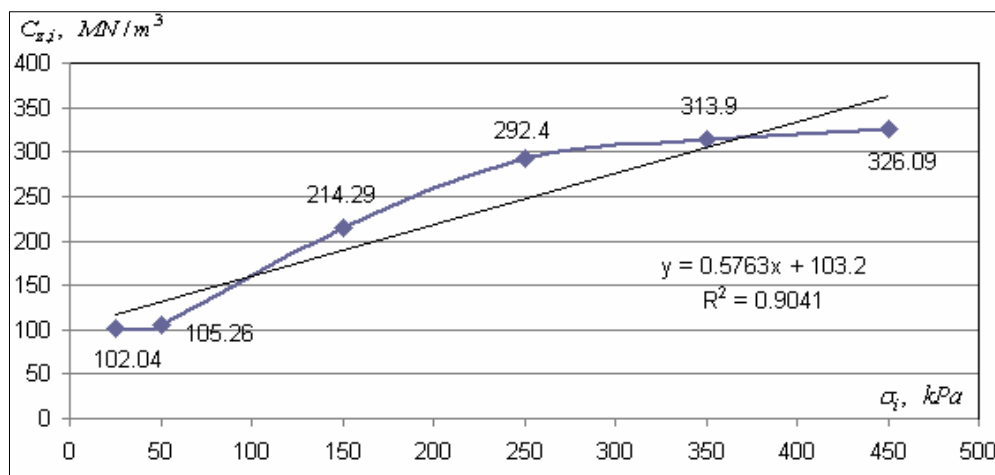
ω – koeficientas, kuris priklauso nuo pamato pado formos, pamato standumo ir taško, kuriame skaičiuojamas nusėdimas, padėties (priimas $\omega = 0,79$ iš [27] 6.1 lentelės);

ν – skersinės deformacijos koeficientas (priimamas iš [2] priemoliams $\nu = 0,39$);

b – bandinio žiedo diametras ($b = 8,73$ cm);

β – koeficientas, kuriuo įvertinama grunto deformacija (priemolių – 0,5 pagal [27] 29 p.);

E_{oed} – ometrinis deformacijų modulis apskaičiuojamas pagal [2], ($E_{oed} = E_i / \beta$, MPa).



1.22 pav. 3 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$

Paprastosios tiesinės regresijos lygtis (1.22 pav.) užrašoma taip:

$$C_{z,i} = 0,5763 \cdot \sigma_i + 103,2.$$

1.9 lentelė. 4 bandymo skaičiavimo rezultatai

Įtempiai σ_i , (kPa)	e_i nuo σ_i	s_i , (mm) nuo σ_i	$C_{z,i} = \frac{\sigma_i}{s_i}$, (MN/m ³)	E_i , (kPa) nuo σ_i	E_{oed} , (kPa) nuo σ_i	$C_i' = \frac{E_i}{\omega \cdot b(1-\nu^2)}$, (MN/m ³)
25	0,423	0,305	81,97	1058,82	2117,64	18,26
50	0,398	0,74	67,57	428,57	857,14	7,39
150	0,383	1,005	149,25	1263,16	2526,32	21,78
250	0,366	1,3	192,31	972,97	1945,94	16,78
350	0,339	1,765	198,30	712,87	1425,74	12,29
450	0,327	1,985	226,70	637,17	1274,34	10,99

Čia:

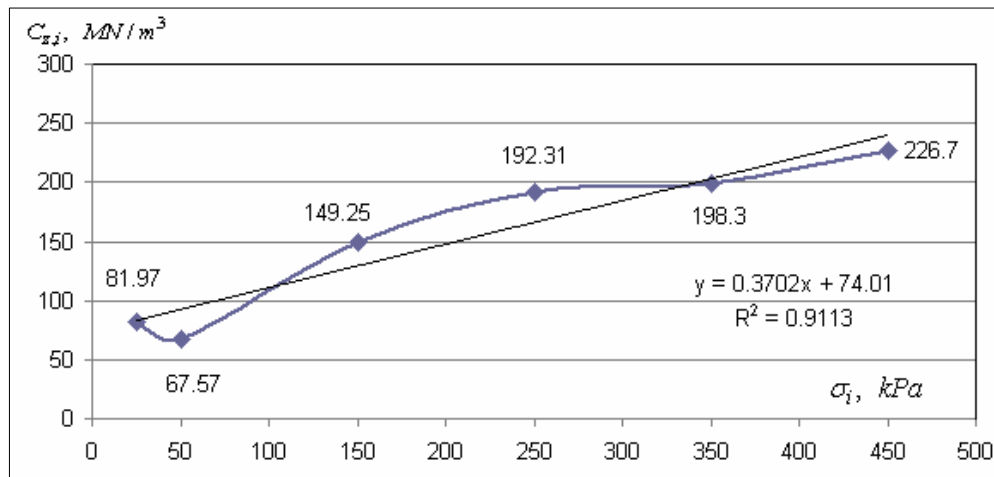
ω – koeficientas, kuris priklauso nuo pamato pado formos, pamato standumo ir taško, kuriame skaičiuojamas nusėdimas, padėties (priimas $\omega = 0,79$ iš [27] 6.1 lentelės);

ν – skersinės deformacijos koeficientas (priimamas iš [2] priemoliams $\nu = 0,39$);

b – bandinio žiedo diametras ($b = 8,73$ cm);

β – koeficientas, kuriuo įvertinama grunto deformacija (priemolių – 0,5 pagal [27] 29 p.);

E_{oed} – odometrinis deformacijų modulis apskaičiuojamas pagal [2], ($E_{oed} = E_i / \beta$, MPa).



1.23 pav. 4 bandymo priklausomybė $C_{z,i} = f(\sigma_i)$

Paprastosios tiesinės regresijos lygtis (1.23 pav.) užrašoma taip:

$$C_{z,i} = 0,3702 \cdot \sigma_i + 74,01.$$

Atlikus eksperimentinius tyrimus tinkamiausi duomenys gaunami pagal 1 bandymą, nes priklausomybės $C_{z,i} = f(\sigma_i)$ determinacijos koeficientas gaunamas didžiausias ($R^2 = 0,958$) lyginant su kitais bandymais.

Natūraliomis sąlygomis po pamatu gruntas deformuojamas kitaip negu kompresiniame aparate (odometre). Kadangi standus metalinis žiedas nevaržo, tai apkrovos veikiamas gruntas po pamatu deformuojamas ne tik vertikaliaja (išilgine), bet ir horizontaliaja (skersine) kryptimis. Todėl tikrajai grunto po pamatu deformacijai apibūdinti vartojamas kitas suspaudžiamumo rodiklis – *deformacijų modulis* (E). Juo įvertinama ne tik vertikalioji, bet ir skersinė grunto deformacija (1.6, 1.7, 1.8, 1.9 lentelės).

2. KONSTRUKCIJOS MAZGŲ STANDUMO VERTINIMAS

2.1. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimo principas

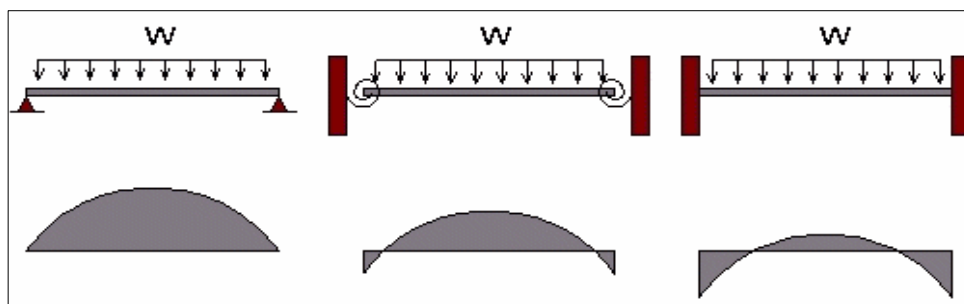
Vienas iš pagrindinių įprastinės konstrukcinės analizės prielaidų – tai, kad konstrukcijos elementų mazgų jungtys atliekant skaičiavimus turi būti įtvirtintos arba standžiai abiejuose galuose, arba lanksčiai. Teoriškai tai užtikrintų geresnį visos konstrukcijos darbą, tačiau praktiškai tipinių konstrukcijų mazgai nedirba kaip visiškai lankstinė ar standžioji jungtis.

Norint įvertinti konstrukcijos mazgų standumą naudojamos tam tikro standumo spyruoklės, kurios veikia kaip tamprieji mazgai. Ši jungtis leidžia tiksliau atlikti konstrukcijos analizę, t.y. tiksliau įvertinti mazgų elgseną konstrukcijoje.

Nuo mazgų įtvirtinimo priklauso ir lenkimo momentų pasiskirstymas – tai priklauso kokiomis jungtimis konstrukcija įtvirtinta. Mazgų pagrindiniai įtvirtinimo tipai yra šie:

- lankstinė jungtis;
- spyruoklinė jungtis;
- standžioji jungtis.

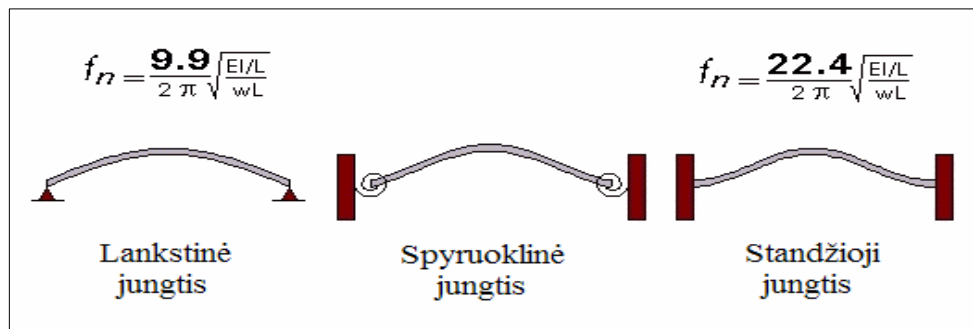
2.1 paveiksle pavaizduotas lenkimo momentų pasiskirstymas sijoje.



2.1 pav. Momentų pasiskirstymas sijoje, kai veikia vienodai paskirstyta apkrova

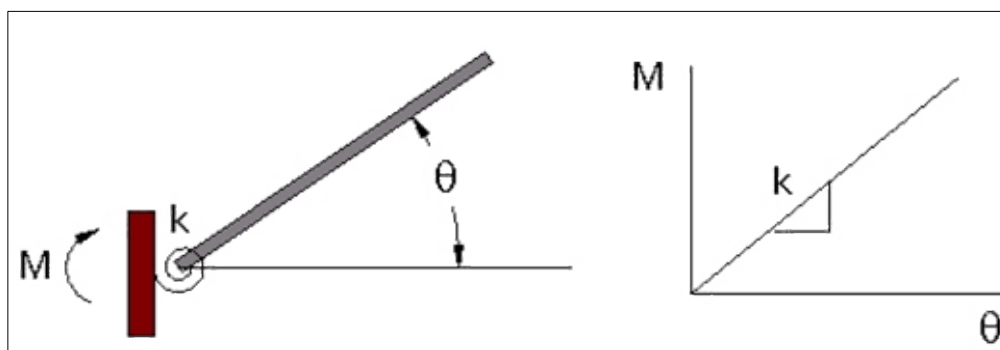
1 – lankstinė jungtis, 2 – spyruoklinė jungtis, 3 – standžioji jungtis [32]

Taip pat yra esminių skirtumų ir tarp minimalaus natūralaus dažnio, kai vertinamas mazgų įtvirtinimo būdas 2.2 pav.



2.2 pav. Minimalus natūralusis sijų savojo svorio dažnis
 E – Jungo modulis, I – inercijos momentas, L – sijos ilgis, w – paskirstytas krūvis [32]

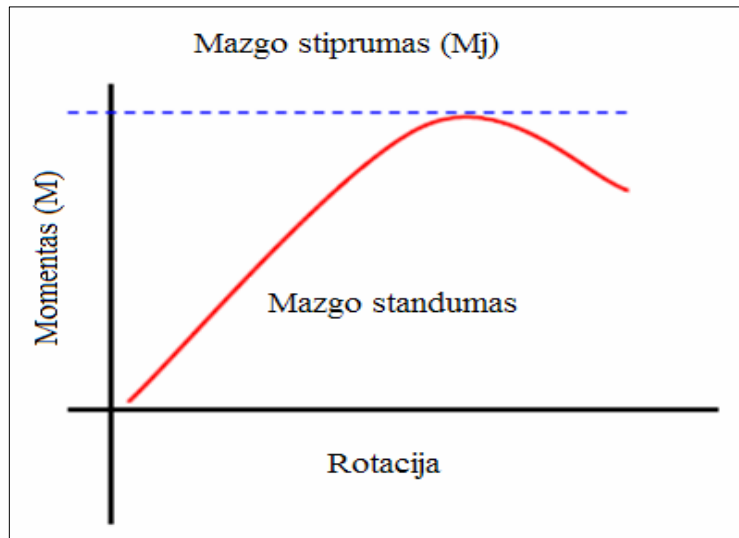
Pusiau standžiosios jungtys gali būti modeliuojamos naudojant sukimosi (rotacines) spyruokles (2.3 pav.).



2.3 pav. Ryšys tarp sukimosi momento ir sukimosi spyruoklės
 M – sukimosi momentas, k – spyruoklės standis, θ – pasisukimo kampas [32]

Sukimosi spyruoklei būdinga tai, kad atsiranda sukimosi momentas, nuo kurio priklauso spyruoklės standis (k). Vertės (k) dydį galima nustatyti bandymais iš priklausomybės, kuri parodyta 2.3 paveiksle.

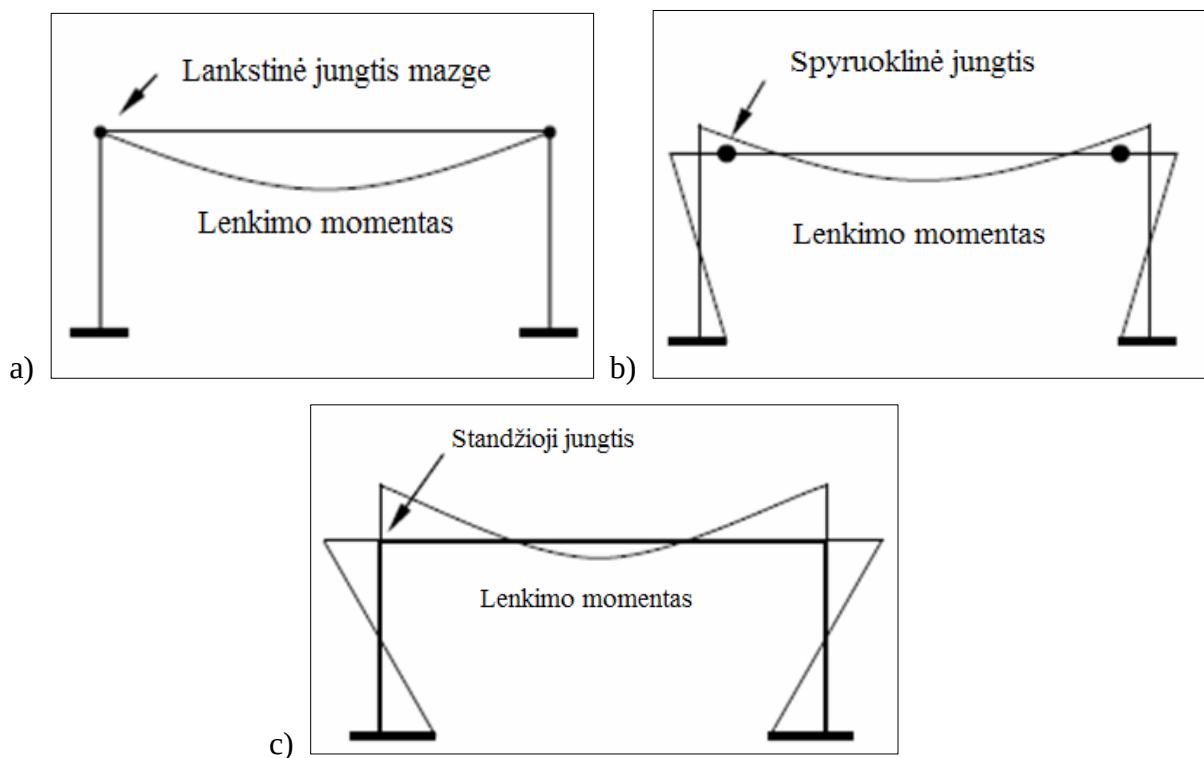
Konstrukcinių mazgų elgsena priklauso nuo tipo, t. y. koks tas mazgas, ar lankstinis, ar visiškai standusis. Šią mazgų elgseną galima nusakyti sukimosi momento tipinių mazgų kreive (2.4 pav.). Tai yra matyti žiūrint į kreivę, kad konstrukcijos mazgai yra baigtinio standumo ir dvi svarbios mazgų charakteristikos yra rotacinis standumas ir stiprumas [33].



2.4 pav. Mazgo standumo priklausomybė

Mazgo standumas apibūdinamas pasisukimu veikiant momentui. Stiprumas apibūdinamas maksimaliu momentu, kuris pasiekiamas prieš suyrant mazgui.

2.5 paveiksle pavaizduota lenkimo momentų diagramos esant skirtingoms mazgų konstrukcijoms.

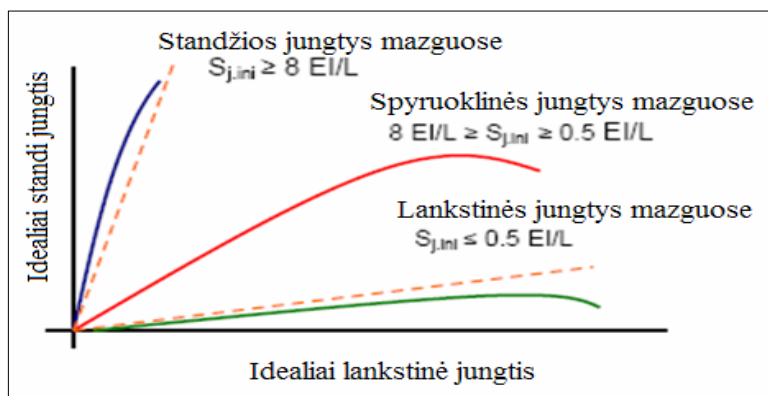


2.5 pav. Rėmo lenkimo momentų diagramos

a) mazgai sujungti lankstais, b) spyruoklinės jungtys mazguose, c) standūs mazgai [33]

Kai rėmo mazgai įtvirtinti lankstais, tai lenkimo momentas veikia tik siją, kolonose lenkimo momentai lygūs 0. O kai mazgai įtvirtinti tam tikro standumo spyruoklėmis ar standžiai, atsiranda lenkimo momentai ir kolonose. Lyginant spyruoklinį įtvirtinimą su standžiu, lenkimo momentai veikiantys konstrukciją yra mažesni, kai mazgai sujungti tam tikro standumo spyruoklėmis.

Remiantis [33] buvo pasiūlyta konstrukcijos mazgus klasifikuoti pagal standumo ribas. Taip pat vienas iš reikalavimų yra pradinių mazgų standumo įvertinimas, kuris priklauso nuo veikiančių momentų mazguose dydžio. Visa tai yra išreikšta kreivėmis 2.6 paveiksle.

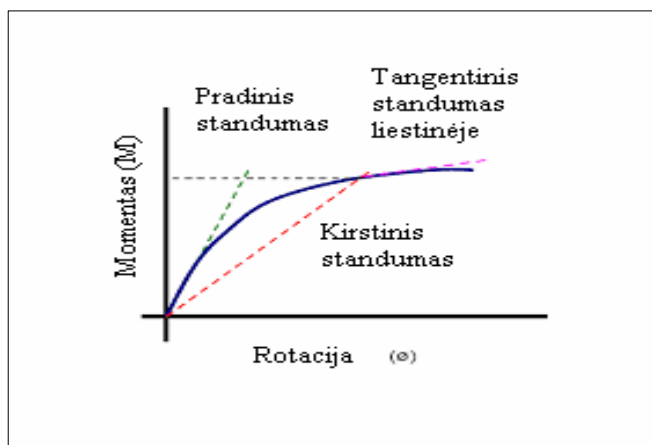


2.6 pav. Konstrukcijos mazgų klasifikacija pagal standumą [33]

Čia: EI/L – sijos standumas. Yra aiškiai matyti (2.6 pav.), kad į viduriniąją zoną patenka spyruoklinis mazgų modeliavimas, o standžioji jungtis priartėjus prie idealiai standžiosios, analogiškai ir lankstinė jungtis priartėjus prie idealiai lanksčiosios jungties. Lankstinė ir standžioji jungtys yra artimos tiesinėms priklausomybėms.

Kita mazgų charakteristika yra jų netiesinė elgsena. Mazgo standumas pakeičiamas mazgą veikiančiu momentu. Eurokode (BSEN 1993 – 1 – 8: 2005, Eurocode – 3; Design of Steel Structures, Part – 1 – 8: Design of Joints) minima, jog ši netiesinė priklausomybė yra globaliosios analizės atvejis pradiniam standumui įvertinti. [33] rekomenduojama priimti standumo skaičiavimams mazgo standumo reikšmę lygę $(S_{j, ini})$, kai momentas yra mažesnis negu $2/3 (M_{j, Rd})$, o kitais atvejais standumas, $(S_{j, in}/n)$. Kaip bebūtų, kai veikia mazgą momentas, daugeliu atvejų manoma, jog priklausomybė yra tiesinė.

Čia: $S_{j, ini}$ – pradinis mazgų standumas, n – koeficientas, dažniausiai priimamas lygus 2, $M_{j, Rd}$ – skaičiuojamasis mazgą veikiantis momentas.



2.7 pav. Mazgų standumo kaita nuo veikiančio momento įtakos

Standumo modulis yra aprašytas [33] „komponento modelyje“, kur bendrasis mazgo sudedamųjų elementų standumas pateikiamas pagal šią formulę:

$$S_j = \frac{Ez^2}{\mu \sum \left(\frac{1}{k_i} \right)}, \quad (2.1)$$

čia:

S_j – sijos ir kolonos mazgo standumas;

E – medžiagos tamprumo modulis;

k_i – svarbiausių mazgo komponentų standumo koeficientas;

z – atramos petys;

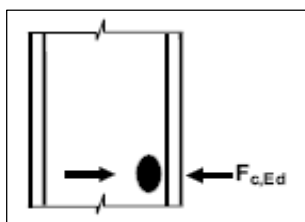
μ – standumo koeficientas, randamas pagal formulę:

$$\mu = \frac{S_{j,ini}}{S_j}, \quad (2.2)$$

(S_j) apskaičiuojamas darant prielaidą, kad standumo koeficientas $\mu = 1,0$.

Tipiniam sijos jungimui su kolona, kai *varžtinis sujungimas*, standumas skirstomas į šias grupes:

a) kolonos – sijos mazgas gniuždomas,

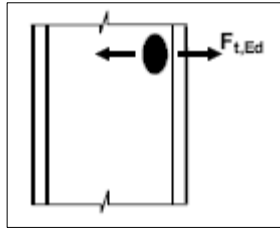


2.8 pav. Mazgo schema, kai vyksta gniuždymas

mazgo standumas apskaičiuojamas pagal [33] šią formulę:

$$K_2 = (0,7b_{effc,t_{wc}}) / d_c, \quad (2.3)$$

b) kolonos – sijos mazgas tempiamas,



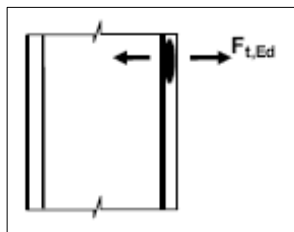
2.9 pav. Mazgo schema, kai vyksta tempimas

mazgo standumas apskaičiuojamas pagal [33] šią formulę:

$$K_3 = (0,7b_{efft,t_{wc}}) / d_c,$$

(2.4)

c) kolonos jungė lenkiama,



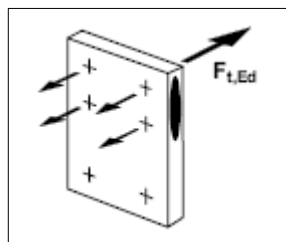
2.10 pav. Mazgo schema, kai jungė lenkiama

mazgo standumas apskaičiuojamas pagal [33] šią formulę:

$$K_4 = (0,9L_{eff}^3) / m^3,$$

(2.5)

d) montuojamoji plokštė lenkiama,

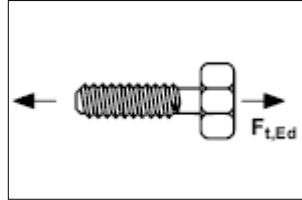


2.11 pav. Montuojamoji plokštė lenkiama

mazgo standumas apskaičiuojamas pagal [33] šią formulę:

$$K_5 = (0,9L_{eff} t_p^3) / m^3, \quad (2.6)$$

e) varžtai tempiami,



2.12 pav. Mazgo varžtai tempiami

mazgo standumas apskaičiuojamas pagal [33] šią formulę:

$$K_{10} = (1,6A_s / L_b), \quad (2.7)$$

čia:

$b_{effc,wc}$ – efektinė kolonos gniuždomojo pločio reikšmė;

$b_{efft,wc}$ – efektinė kolonos tempiamojo pločio reikšmė;

t_{wc} – kolonos sienelės storis;

d_c – kolonos aukštis;

$L_{eff,tfc}$ – efektinis kolonos jungės ilgis;

m – dimensinis koeficientas, pateiktas 6.13 pav. EC3 – 1/8;

A_s – varžto pjūvio plotas;

L_b – varžto ilgis.

Norint įvertinti montuojamosios plokštės darbą kartu su varžtais standumas ir skaičiuojamasis momentas pateikiamas [33] pagal šias formules:

$$S_{j,ini} = 0,13h_c^{-0,32}h_b^{2,3}t_p^{0,51}d^{-0,13}, \quad (2.8)$$

$$M_{Rd} = 1,4 \cdot 10^{-5} h_c^{0,09} h_b^{1,7} t_p^{0,63} d^{1,1} + 7, \quad (2.9)$$

čia:

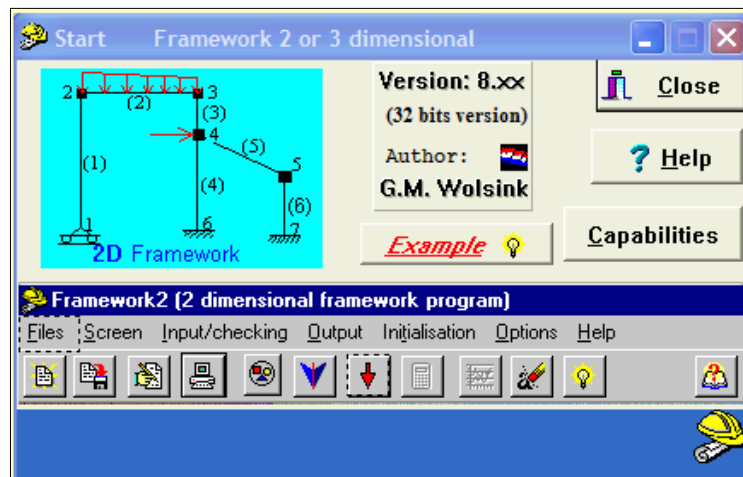
$S_{j,ini}$ – pradinis mazgo standumas;

M_{Rd} – skaičiuotinis mazgo momentas;

h_c – kolonos ilgis;
 h_b – sijos ilgis;
 t_p – plokštės storis;
 d – varžtų diametras.

2.2. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas *Framework (2D ir 3D)* kompiuterinėmis programomis

Šios programos autorius yra G. M. Volsinkas. Programa skirta projektuoti rėmus 2D ir 3D erdvėje, atliekant statinius konstrukcijos skaičiavimus. Taip pat *Framework* programa gali įvertinti konstrukcijos mazgų standumą. Tam, kad atliktume mazgų vertinimo analizę, reikia naudoti konstrukcijos mazguose tam tikro standumo spyruokles (2.13 pav.).



2.13 pav. *Framework* programa [31]

2.2.1. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas *Framework 2D* kompiuterine programa

Standumui mazguose aprašyti naudojamos kiekviename nagrinėjamame mazge spyruoklės, įtvirtintos su išorės aplinka. Jų tipas priklauso nuo įtvirtinimo.

Spyruoklės gali būti įtvirtintos:

- X ašies linkme, (kN/mm):

$$F_x = k_x \cdot U_x . \quad (2.10)$$

- Y ašies linkme, (kN/mm):

$$F_y = k_y \cdot U_y , \quad (2.11)$$

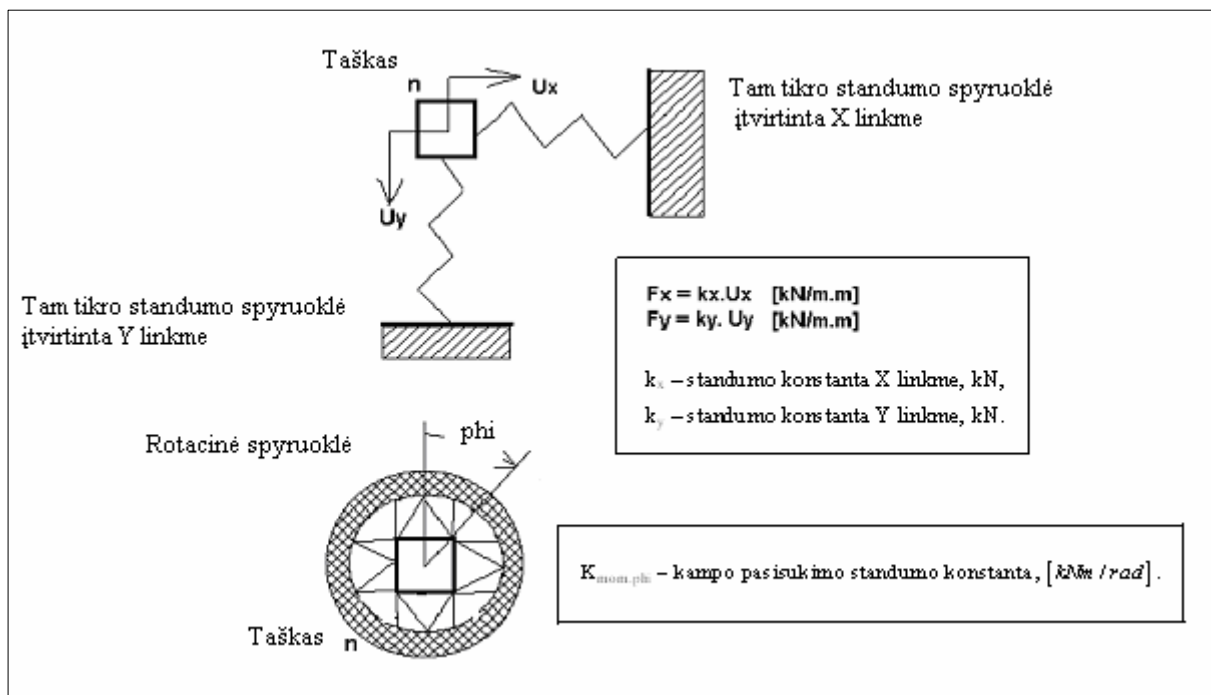
čia:

F_x – spyruoklės jėga veikianti X ašies linkme;

F_y – spyruoklės jėga veikianti Y ašies linkme;

k_x – standumo konstanta X ašies linkme (kN);

k_y – standumo konstanta Y ašies linkme (kN).



2.14 pav. Spyruoklių tipai

Kitas spyruoklių tipas yra *sukimosi spyruoklės*. Kai atsiranda momentas (M), kuris apskaičiuojamas įvertinus spyruoklės standumą:

$$M = K_{mom,\phi} [\text{kNm/rad}],$$

(2.12)

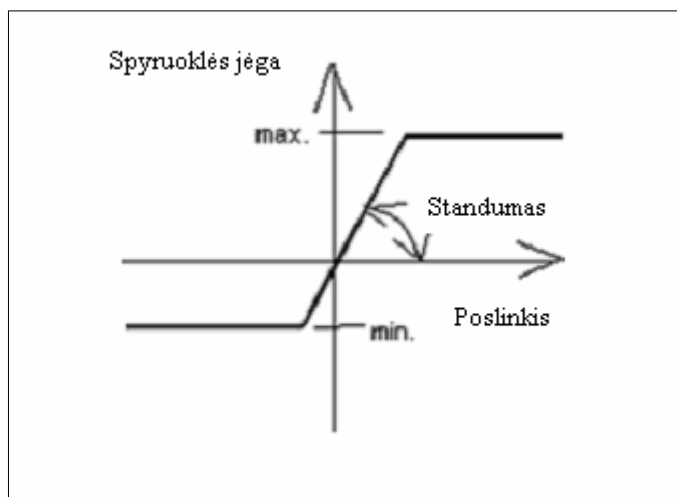
čia:

$K_{mom,\phi}$ – kampo pasisukimo standumo konstanta, (kNm/rad) .

Sukimosi spyruoklės taip pat 2D erdvėje gali būti įvertintos X arba Y ašių linkme.

Jeigu priskirta funkcija programoje ☒ Plastic springs yra patikrinta, tai galima matyti spyruoklių elasto – plastišką elgseną. Ši parinktis gali būti panaudota modeliuojant sąveiką tarp konstrukcijos ir pagrindo (konstrukcija ant tampriojo pagrindo).

O jeigu spyruoklės jėga, atsižvelgiant į spyruoklės standumą, priimtume didesnę už ribą pavaizduotą 2.15 paveiksle, tai programa automatiškai įvertintų, kad jėgos dydis yra konstanta (atitinkamai maksimumo ar minimumo reikšmė).



2.15 pav. Spyruoklės jėgos intervalas

Mazginės spyruoklės turi tempimo arba gniuždymo jėgas, pagal tai jos dar vadinamos tempimo arba gniuždymo spyruoklėmis. Nuo spyruoklės (ar ji tempimo ar gniuždymo) priklauso ir poslinkiai, t.y. jų kryptis ir spyruoklės darbas.

2.2.2. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas *Framework 3D* kompiuterine programa

Šis spyruoklių modeliavimas skiriasi nuo *Framework 2D* tuo, kad galima spyruokles taikyti ne tik X, Y linkmėmis, bet ir Z ašimi.

Spyruoklės gali būti įtvirtintos:

- X ašies linkme (2.10 formulė);
- Y ašies linkme (2.11 formulė);
- Z ašies linkme spyruoklės jėga apskaičiuojama pagal [31] formulę:

$$F_z = k_z \cdot U_z,$$

(2.13)

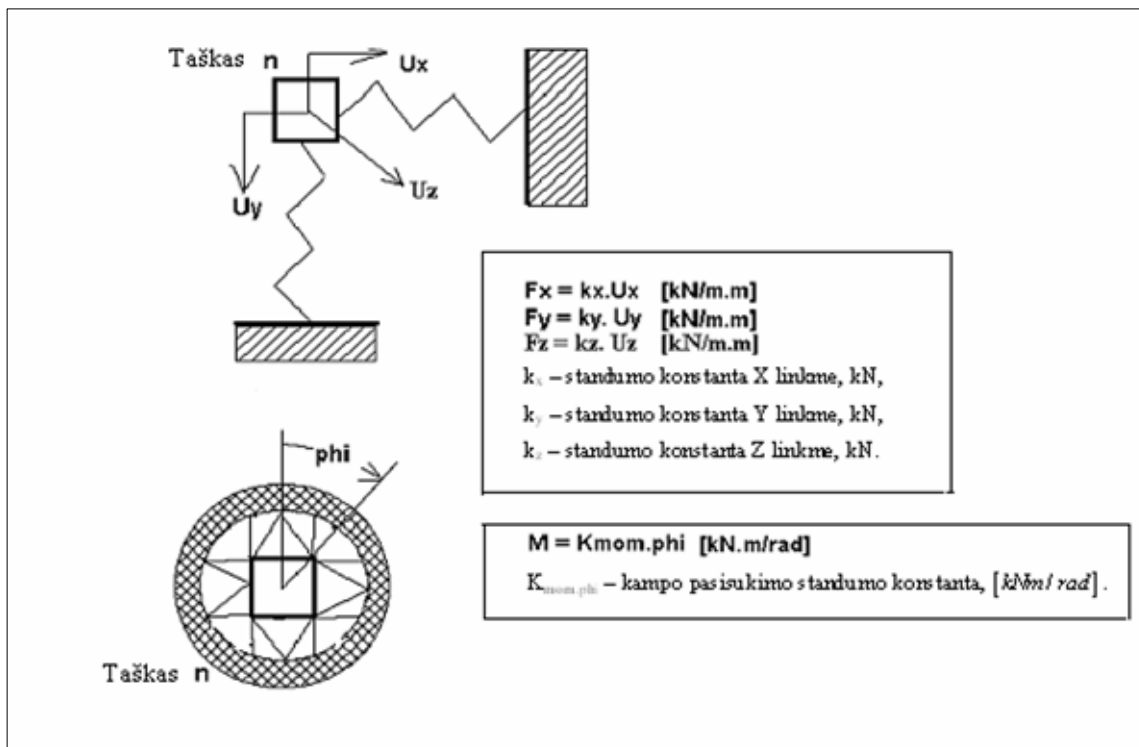
čia:

F_z – spyruoklės jėga veikianti Z ašies linkme (kN/mm);

k_z – standumo konstanta Z ašies linkme (kN).

Kitas spyruoklių tipas yra *sukimosi spyruoklės*. Kai atsiranda momentas (M), kuris apskaičiuojamas, įvertinus spyruoklės standumą (2.12 formulė):

$$M = K_{mom.\phi} \text{ (kNm / rad)}.$$



2.16 pav. Spyruoklių tipai

Sukimosi spyruoklės įtvirtinamos X, Y, Z ašių linkmėmis.

2.3. Konstrukcijos mazgų standumo vertinimas *STAAD.Pro* kompiuterine programa

Taikant tempimo spyruoklių (angl. *Spring tension*) ir gniuždymo spyruoklių (angl. *Spring compression*) komandas, mazguose modeliuojamos atitinkamai tik tempimo ir gniuždymo jėgas perimančios spyruoklės [14].

Naudojant tempimo arba gniuždymo jėgas perimančias spyruokles įvertinama konstrukcijos mazgų standumas.

Paskirtis: strypų galuose naudoti lankstus arba tamprius ryšius (spyruokles), arba iš dalies laisvinti strypų galus bet kurių laisvės laipsnių linkmėmis lokaliaje koordinatinių sistemoje.

Sintaksė:

Mazgo atlaisvinimas (angl. Member Releases)

$$member - list \left\{ \begin{matrix} START \\ END \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} FX \\ FY \\ FZ \\ MX \\ MY \\ MZ \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} KFX & f_1 \\ KFY & f_2 \\ KFZ & f_3 \\ KMX & f_4 \\ KMY & f_5 \\ KMZ & f_6 \end{matrix} \right\}$$

Čia: *Start* – laisvinama strypo pradžia, *End* – laisvinama strypo pabaiga, $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$ – visiškai laisvinimas (lankstas) atitinkamo laisvės laipsnio linkme lokaliajoje koordinatų sistemoje, $K_{fx} f_1, K_{fy} f_2, K_{fz} f_3, K_{mx} f_4, K_{my} f_5, K_{mz} f_6$ – tamprusis ryšys (spyruoklė) atitinkamo laisvės laipsnio linkme lokaliajoje koordinatų sistemoje, $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$ – spyruoklių standumai.

Kurio nors laisvės laipsnio linkme vienoje vietoje galima taikyti lankstą arba tamprųjį ryšį. Klaidinga juos abu naudoti kartu. Varžančios poslinkį tampriosios spyruoklės standumas yra jėga, kuri sukelia spyruoklės poslinkį, lygų ilgio vienetui. Varžančios posūkį tamprios spyruoklės standumas yra momentas, kuris sukelia spyruoklės posūkį, lygų vienam laipsniui.

Pavyzdys:

Mazgo atlaisvinimas, (angl. Member release)

Nuo 3 iki 9 pradžioje $K_{fx} 1000.0$ $M_y M_z$, (angl. 3 to 9 Start $K_{fx} 1000.0$ $M_y M_z$)

13 18 pabaigoje $M_z K_{mx} 200.0$ (angl. 13 18 End $M_z K_{mx} 200.0$)

Čia strypų 3 – 9 pradžiose (pirmuose mazguose) yra lankstai lokalių Y_{loc} ir Z_{loc} ašių atžvilgiu, o X_{loc} ašies linkme nustatytas tamprusis ryšys, kurio standumas lygus 1000 jėgos vnt./ilgio vnt. Strypų 13 ir 18 antruosiuose mazguose yra lankstai lokalių Z_{loc} ašies atžvilgiu ir 200 jėgos vnt.x ilgio vnt./laipsn. standumo kampinės spyruoklės, varžančios posūkį X_{loc} ašies atžvilgiu.

Strypų galuose momentus galima laisvinti iš dalies:

Mazgo atlaisvinimas, (angl. Member release)

$member - list \left\{ \begin{matrix} Start \\ End \end{matrix} \right\} M_p f_1$

Čia $M_p f_1$, – dalinis momentų laisvinimas, f_1 – standumo koeficientas. Su momentais susijęs standumas dauginamas iš koeficiento $(1 - f_1)$.

Pavyzdys:

Mazgo atlaisvinimas, (angl. Member release)

Nuo 15 iki 25 pabaigoje $M_p 0.25$ (angl. 15 to 25 end $M_p 0.25$)

Čia su momentais susiję 15 – 25 strypų galuose standumai bus padauginti iš koeficiento 0.25. Reikia pabrėžti, kad koeficientas f_1 parodo standumo sumažinimą $X_{loc}, Y_{loc}, Z_{loc}$ ašių atžvilgiu. Todėl nereikia manyti, kad momentai bus sumažinti f_1 kartų. Vartotojui gali tekti atlikti keletą bandymų norint nustatyti tokią f_1 reikšmę, kuri lemtų laukiamą momentų sumažėjimą.

Kurio nors laisvės laipsnio linkme vienoje vietoje galima naudoti lankstą, tamprųjį ryšį arba dalinai laisvinti lenkimo momentus. Klaidinga juos visus tris arba bet kuriuos du modeliuoti kartu.

Tik tempimo arba gniuždymo jėgas perimančių spyruoklių modeliavimo algoritmas.

Paskirtis: paskelbti tik tempimo arba gniuždymo jėgas perimančias spyruokles.

Sintaksė:

Tempimo spyruoklė (angl. Spring tension)

Mazgo – spyruoklės registras – specifikacija (angl. joint – list spring – spec)

arba

Gniuždymo spyruoklė (angl. Spring compression)

Mazgo – spyruoklės registras – specifikacija (angl. joint – list spring – spec)

$$spring - spec = \begin{Bmatrix} K_{fx} \\ K_{fy} \\ K_{fz} \end{Bmatrix}$$

Pavyzdys:

Tempimo spyruoklė (angl. Spring tension)

12 17 19 iki 37 65 (angl. 12 17 19 to 37 65)

Gniuždymo spyruoklė (angl. Spring compression)

5 13 46 iki 53 87 K_{fy} (angl. 5 13 46 to 53 87 K_{fy})

12, 17, 19 – 37 ir 65 mazguose esančių visų linkmių spyruoklės perims tik tempimo jėgas. 5, 13, 46 – 53 ir 87 mazguose Y ašies linkme nukreiptos spyruoklės perims tik gniuždymo jėgas. Jeigu šiuose mazguose yra kitų linkmių spyruoklių, tai jos galės perimti gniuždymo ir tempimo jėgas.

Paskelbtos perimančiomis tik tempimo arba gniuždymo jėgas spyruoklės automatiškai išjungiamos tuose apkrovų variantuose, kuriuose programa suranda, kad jos turėtų perimti priešingo ženklo jėgas. Todėl analizė vykdoma kiekvienam apkrovų variantui atskirai iteracijomis.

Pradiniai duomenys turi būti sudaromi taip, kad analizės komanda *atlikti analizę* (angl. *Perform analysis*) būtų naudojama kiekvienam apkrovų variantui atskirai. Taip pat turi būti taikomos komandos *nurodyti nl* (angl. *Set nl*) ir *keisti* (angl. *Change*), kurios informuoja programą apie daugiakartinę analizę.

Jeigu taikoma *mazgo tempimo* (angl. *Member tension*) arba *mazgo gniuždymo* (angl. *Member compression*) komanda, tai pradinių duomenų laikmenoje esančios komandos turi būti surašytos tokia tvarka, kaip parodyta [14] pavyzdyje, kuriame daugtaškiai reiškia kitą įrašomą informaciją.

Su *nurodyti nl* (angl. *Set nl*) komanda pranešama programai, kiek pirminių apkrovų variantų yra pradinių duomenų laikmenoje.

Analizės principas yra toks:

- perskaitomas vien gniuždymo jėgas perimančių strypų sąrašas;
- atliekama visos konstrukcijos analizė;
- patikrinami vien gniuždymo jėgas perimančių spyruoklių ašinių jėgų ženklai ir padaromos neaktyvios tos spyruoklės, kurios yra tempiamos;

– atliekama konstrukcijos analizė nevertinant išjungtų spyruoklių.

Gali būti atlikta iki 10 iteracijos etapų, atitinkančių kiekvieną *atlikti analizę* (angl. *Perform analysis*) komandą. Iteracijų skaičių galima didinti pasitelkus *nurodyti iteracijas* (angl. *Set iterlim*) komandą. Visada reikia patikrinti rezultatų laikmenoje pateikiamus įrašus, kuriais pranešama, ar analizė įvykdyta sėkmingai.

Pagal [14] pateiktą pavyzdį kiekvieno pirminių apkrovų varianto analizė atliekama atskirai. Tai daroma todėl, kad, esant vienam pirminių apkrovų variantui, spyruoklė gali būti tempiama, o esant kitam variantui – gniuždoma. Reikia pabrėžti, kad, atlikus analizę, atitinkančią kiekvieną, išskyrus paskutinį, pirminių apkrovų variantą, komanda *keisti* (angl. *Change*) sunaikinama standumo matrica, išjungtos spyruoklės vėl įjungiamos, o anksčiau įvesta komanda *gniuždymo spyruoklė* (angl. *Spring compression*) tampa negaliojanti. Todėl, pasitelkus komandą *gniuždymo spyruoklė* (angl. *Spring compression*), iš naujo skelbiamos vien gniuždymo jėgas perimančios spyruoklės.

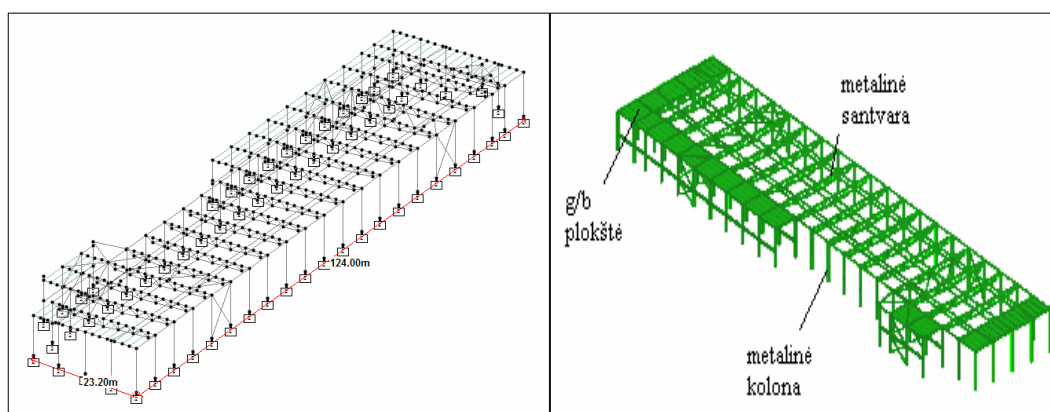
Esant seisminėms, dinaminėms arba paslankioms apkrovoms, *mazgo tempimo* (angl. *Member tension*) komandos taikyti negalima [14].

3. PASTATO SKAIČIAVIMAS ANT DEFORMUOJAMOJO PAGRINDO

3.1. Žinios apie pastatą

Sklypas UAB „Philip Morris Lietuva“ įmonės yra rytinėje Klaipėdos miesto dalyje, pramoninėje zonoje, Vilniaus pl.16. Tai yra kadastrinis sklypas, kadastro Nr. 210100340022.

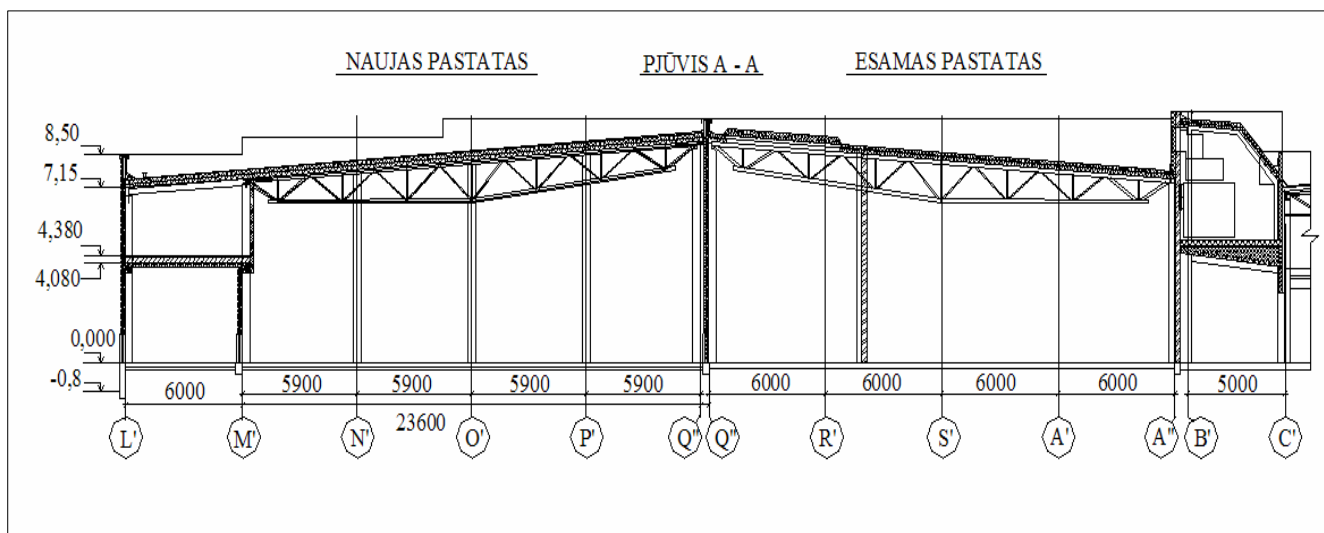
Nagrinėjamas objektas – esamo tabako paruošimo cecho išplėtimas (3.1 pav.).



3.1 pav. Pastato laikančiųjų konstrukcijų schema

Pastato konstrukcinė schema – 23,6 m angos rėmas (3.1, 3.2 pav.), kuris sudarytas iš metalinių ir gelžbetoninių laikančiųjų konstrukcijų analogiškų esamoms gamybinėse patalpose: gelžbetoninių, metalinių kolonų ir ant jų atremtų metalinių santvarų.

Prie pagrindinės angos blokuojami 6 m pločio 2 aukštų priestatai tarp ašių 16 – 20 ir 26 – 36'. Pastato išmatavimai plane $29,6 \times 124$ m, aukštis iki laikančių konstrukcijų – 6,5 m. Pastatas blokuojamas ilgesniaja kraštine prie esamo pirminio paruošimo pastato tarp ašių 15 – 36'.



3.2 pav. Nagrinėjamojo objekto skersinis pastato pjūvis

Pastato karkasas priimtas iš g/b profilio kolonų ir uždarytų stačiakampių vamzdžių santvarų (3.2 pav.).

Pastato išplėtimas susideda iš 1 angos po 23,6 m, kuri yra vieno aukšto (aukštis iki santvarų apačios – 6,5 m) ir iš 6 m angos 2 aukštų priestatų.

Karkaso žingsnis išilgine kryptimi – 6 m.

Pastato standumui užtikrinti numatyti vertikalūs ryšiai tarp kolonų pastato temperatūrinių blokų viduryje bei horizontalūs ryšiai pastato santvarų viršutinių juostų plokštumoje.

Santvaros ir kiti vamzdiniai elementai numatyti iš aukšto atsparumo statybinio plieno S355.

Visi elementai padengti 1 sluoksniu epoksidinio grunto ir 2 sluoksniais epoksidinių dažų bendru storiu ne mažiau 180 mkm ant šratasrove paruošto paviršiaus (paviršiaus švarumo laipsnis Sa 1 ½).

3.2. Pamatai

Analizuojamajam pastatui buvo suprojektuoti dviejų tipų pamatai:

- 1) Poliniai pamatai;
- 2) Gręžtiniai pamatai.

Polinio pamato konstrukcija pavaizduota 3.3 paveiksle. Polinius pamatus sudaro rostverkas ir 2 kaltiniai poliai. Rostverkas perduoda ir paskirsto poliams pastato apkrovą, sujungia juos bendram darbui, suvienodina polių nusėdimus. Betonas – C20/25. Duota charakteringosios apkrovos, veikiančios pamatą:

$V = 56,6$ (kN), $H = 64,6$ (kN), $M = 38,1$ (kNm). Čia: V – vertikali jėga į pamatą, H – horizontali jėga į pamatą, M – pamato lenkimo momentas.

Vilniaus pl. 16. Darbai vykdyti 2006 m. sausio mėn., geologinius tyrimus atliko UAB „Inžineriniai tyrinėjimai“. Jų metu išgręžti 6 gręžiniai 5,0 – 10,0 m gylio. Be to, 10 – tyje taškų buvo atliktas gruntų statinis zondavimas.



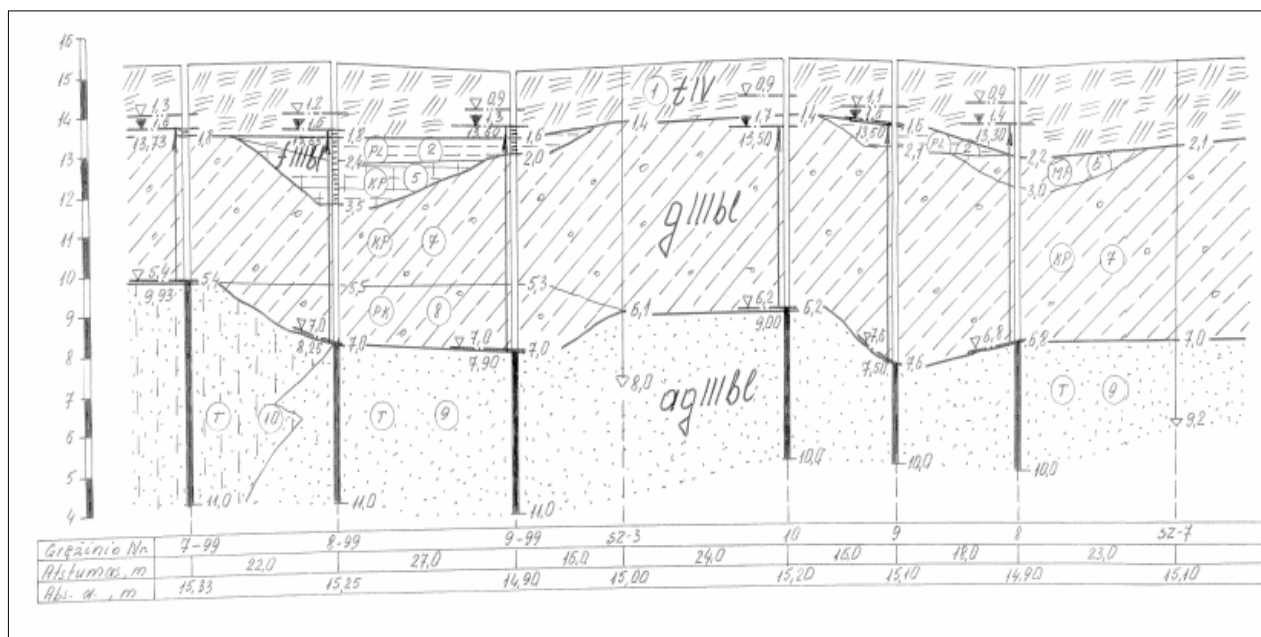
3.5 pav. UAB „Philip Morris Lietuva“ kompleksas

Geomorfologiniu požiūriu sklypas yra pajūrio žemumos lygumoje. Reljefo absoliutieji aukščiai kinta 14,80 – 15,33 m ribose.

Statybinio sklypo paviršius (3.6 pav.) iki 1,4 – 2,1 m padengtas piltu gruntu, sudarytu iš smėlio, žvyro, priemolio, vietomis su statybinėmis atliekomis ir dirvožemio priemaiša. Vyrauja piltas priemolis. Po piltu gruntu iki 2,0 – 3,5 m gylio slūgso fliuvioglacialinės nuogulos: plastingas priesmėlis, vidutinio tankumo smulkus smėlis bei dulkingas minkštai ir kietai plastingas priemolis.

Po fliuvioglacialinėmis nuogulomis iki 5,4 – 8,2 m gylio aptiktas moreninis priemolis nuo minkštai plastingos iki pusketės konsistencijos su smėlio ir žvyro lėšiais. Giliau, iki pragręžto gylio slūgso akvalacialiniai dariniai: tankusis smulkusis ir dulkinis smėlis.

Dulkingas priemolis pasižymi tiksotropinėmis savybėmis, t.y. suardžius jo gamtinę sandarą, o ypač veikiant vibracijai jis įgauna takią būseną, todėl žymiai sumažėja šio grunto atsparumo savybės.



3.6 pav. Geologinis pjūvis

Piltinis gruntas pastato pamatų pagrindui naudoti nerekomenduojamas.

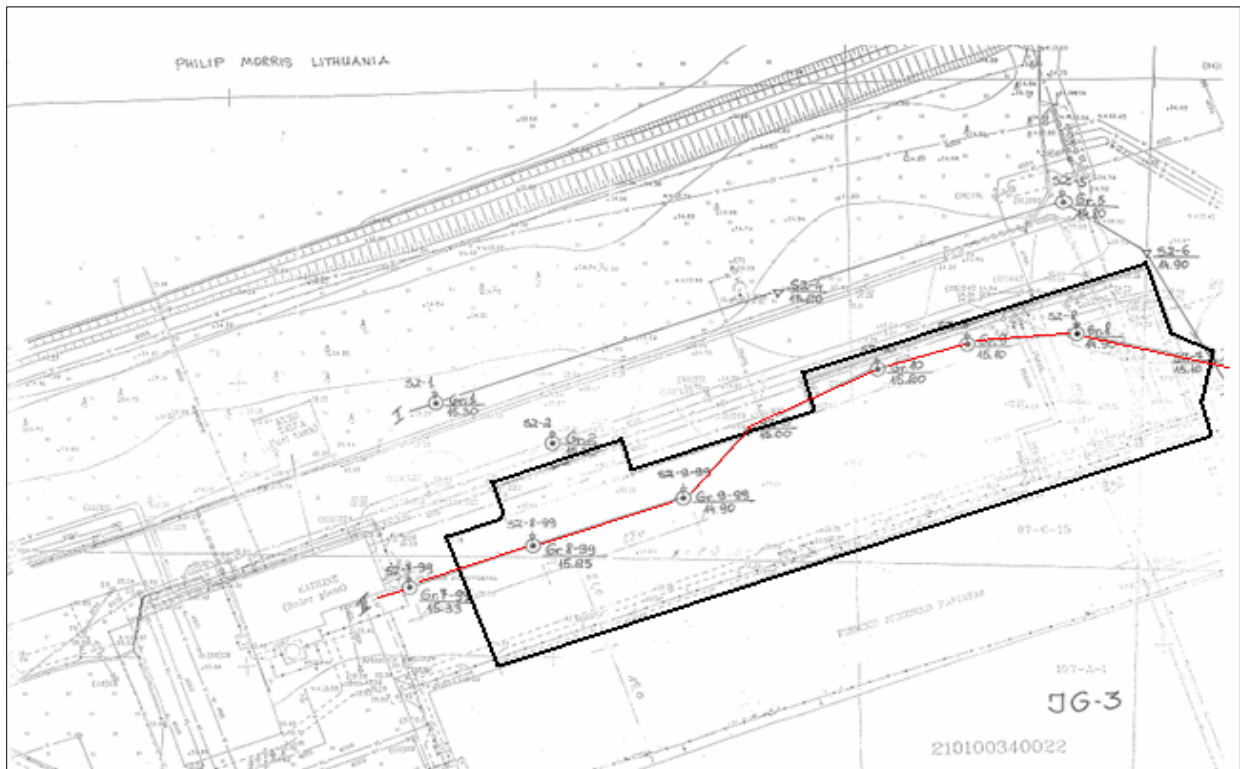
Gruntų slūgsojimas iliustruojamas gręžinių stulpeliuose ir geologiniuose pjūviuose (3.6 pav., 3.7 pav.).

Norint patikslinti gruntų tankumą ir konsistenciją bei deformacijos modulį ir vidinį trinties kampą, nustatymui atliktas gruntų statinis zondavimas. Zonduota lauko aparatūros komplektu PIKA – 9 su S – 832 tipo zondų. Nustatytas grunto priešinimasis kūgio spraudai (q_z , Mpa) ir grunto trintis į movą (f_z , kPa).

Gruntų deformacijos modulis (E) apskaičiuotas pagal koreliacines priklausomybes:

- $E = 5q_z$ – priesmėliui;
- $E = 7q_z$ – dulkingajam priemoliui;
- $E = 7,4q_z + 7,2$ – moreniniam priemoliui;
- $E = 7,8q_z^{0,71}$ – vidutinio tankumo ir tankiems smėliams.

Gruntų pagrindinių fizinių mechaninių savybių rodikliai, pateikti 1 priede, taikytini su sąlyga, jeigu statybos metu gruntai bus apsaugoti nuo gamtinės sandaros suardymo, išmirkimo, išdžiūvimo ir sušaldymo.



3.7 pav. Topografinis planas

Statybinio sklypo ribose aptiktas gruntinis ir tarp sluoksnių vanduo.

Gruntinis vanduo talpinasi piltiniame grunte, smėlio sluoksniuose ir lėšiuose, sporadiškai paplitusioje molinių gruntų stromėje.

Tarp sluoksnių vanduo talpinasi akvaglacinės kilmės smėliuose. Vanduo aptiktas 5,7 – 7,0 m gylyje nuo žemės paviršiaus (7,50 – 9,93 m abs. a.), nusistovėjo 1,3 – 2,1 m (13,50 – 13,73 m abs. a.).

3.4. Pagrindo standumo skaičiavimas pagal fizikines mechanines pagrindo savybes

3.4.1. Standumo modulio skaičiavimas pagal proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės modelį

Pagal proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės modelį pagrindo standumo modulio skaičiavimai yra tinkamesni *polinių pamatų kartu su rostverku konstrukcijai* lyginant su gręžtinių pamatų tipu. Kadangi galima įvertinti turimus grunto fizinius mechaninius savybių rodiklius (1 priedas) bei grunto tampraus sluoksnio aukštį: smėlio smulkiojo tankiojo deformacijų modulį – $E = 60\,700$ (kPa), skersinės deformacijos koeficientą pagal [2] – $\nu = 0,27$, grunto tampraus sluoksnio storį $H_{sl} = 3,09$ (m), apskaičiuojamas pagal 3.1 lentelę.

Skaičiuojamoji shema pavaizduota 3.8 paveiksle. Įtempiai ir deformacijos skaičiuojamos pagal sumavimo metodą. Skaičiavimai pavazduoti 3.1 lentelėje. Jie vykdomi tol, kol įvykdoma sąlyga [27]:

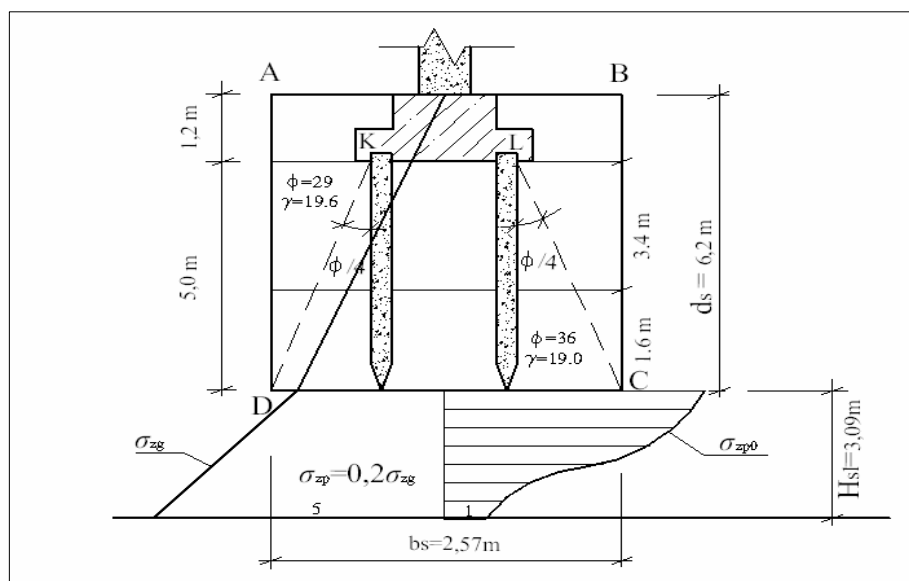
$$\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zg}, \quad (3.1)$$

čia:

σ_{zp} – papildomi įtempiai po pamato padu taškuose, esančiuose įvairiame gylyje z žemiau pamato pado (kPa);

σ_{zg} – įtempiai nuo grunto svorio (kPa).

Polinis pamatas pastato apkrovą perduoda žemiau polių pado slūgsančiam gruntui. Jame susiformuoja įtempių ir deformacijų zona (3.8 pav.), gruntas joje tankėja, pamatas sėda. Polinio pamato nusėdimas skaičiuojamas laikant, kad deformuojamas tik gruntas žemiau polių pado, o poliai ir tarp jų esantis gruntas nesideformuoja, jie sudaro standų masyvą, vadinamą *sąlyginiu pamatu*.



3.8 pav. Skaičiuojamoji schema, kai pagrindas modeliuojamas baigtinio storio sluoksniu (*sąlyginis pamatas*)

Sąlyginio pamato gylis randamas susumavus rostverko gylį (d) ir polių skaičiuojamą ilgį (l) [27]:

$$d_s = d + l,$$

(3.2)

$$d_s = 1,20 + 5,0 = 6,20 \text{ (m)}.$$

Sąlyginio pamato pado pločiui rasti iš taškų K ir L (kraštinių eilių polių išorinių kraštų ir rostverko apačios susikirtimo taškų) brėžiamos dvi tiesės KD ir LC , pasvirusios kampų $\varphi_{II}/4$.

Kai gruntas sluoksniuotas, kampas φ_{II} imamas lygus svertiniam vidurkiui visame polio skaičiuojamajame ilgyje.

Nustatomas vidinės trinties kampo svertinis vidurkis polio skaičiuojamajame ilgyje pagal [27] formulę:

$$\varphi_{II\ m} = \frac{\varphi_{II1} \cdot l_1 + \varphi_{II2} \cdot l_2 + \dots + \varphi_{II n} \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

(3.3)

čia:

$\varphi_{II\ i}$ – atskirų sluoksnių visame polio ilgyje grunto vidinės trinties kampo skaičiuojamosios reikšmės;

l_i – atskirų sluoksnių ilgiai (m).

$$\varphi_{II\ m} = \frac{29 \cdot 3,4 + 36 \cdot 1,6}{3,4 + 1,6} = 31,24.$$

Apskaičiuojamas grunto vienetinio svorio svertinis vidurkis pagal [27] formulę:

$$\gamma_{II\ m} = \frac{h_1 \cdot \gamma_m + h_2 \cdot \gamma_m + \dots + h_n \cdot \gamma_{m,n}}{h_1 + h_2 + \dots + h_n},$$

(3.4)

čia:

$\gamma_{II\ m}$ – atskirų sluoksnių visame sąlyginio pamato aukštyje grunto vienetinio svorio skaičiuojamosios reikšmės;

h – atskirų grunto sluoksnių aukščiai (m).

$$\gamma_{II\ m} = \frac{19,6 \cdot 3,4 + 19,0 \cdot 1,6}{3,4 + 1,6} = 19,41 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Parenkami sąlyginio pamato matmenys pagal šią formulę:

$$b_s = a + b + 2 \cdot l \cdot \tan\left(\frac{\varphi_{II\ m}}{4}\right),$$

(3.5)

čia:

a – atstumas tarp polių ašių (m);

b – polio diametras (*kai apskritimo formos*) arba plotis (*kai stačiakampis polis*) (m);

l – polio ilgis (m).

$$b_s = 0,9 + 0,3 + 2 \cdot 5,0 \cdot \tan\left(\frac{31,24}{4}\right) = 2,572 \text{ (m)}.$$

$$l_s = b_s = 2,572 \text{ (m)}.$$

Skačiuojamas grunto tarp polių svoris pagal [27] formulę:

$$G_{gr} = \gamma_{II\ m} \cdot b_s \cdot l_s \cdot d_s,$$

(3.6)

$$G_{gr} = 19,41 \cdot 2,572 \cdot 2,572 \cdot 6,20 = 796,1 \text{ (kN)}.$$

Polinio pamato pakeisto *sąlyginiu masyviu pamatu*, nuosėdis skaičiuojamas sumavimo metodu.

Papildomas įtempis nuo pastato apkrovos sąlyginio pamato pado lygyje apskaičiuojamas pagal [27] formulę:

$$\sigma_{zpo} = \frac{V_d + G_r + n \cdot G_p + G_{gr}}{b_s \cdot l_s} - \gamma_{II\ m} \cdot d_s,$$

(3.7)

čia:

V_d – skaičiuotinė vertikaliosios jėgos reikšmė (kN);

G_r – rostverko svoris (kN);

G_p – polių svoris (kN);

G_{gr} – grunto tarp polių svoris (kN);

n – polių skaičius pamate.

$$\sigma_{zpo} = \frac{736,55 + 57,42 + 2 \cdot 11,25 + 796,1}{2,572^2} - 19,41 \cdot 6,20 = 123,5 \text{ (kPa)}.$$

Apskaičiuojama skaičiuotinė vertikalios jėgos reikšmė pagal šią formulę:

$$V_d = (V + G_s) \cdot \gamma_G,$$

(3.8)

čia:

G_s – sienos svoris (kN);

γ_G – grunto patikimumo koeficientas (pagal A1+M1+R1 derinį).

$$V_d = (56,6 + 488,99) \cdot 1,35 = 736,55 \text{ (kN)}.$$

$$G_s = \rho \cdot t \cdot b \cdot H,$$

(3.9)

čia:

t – sienos storis (m);

b – skaičiuojamasis sienos ilgis (m);

H – sienos aukštis (m);

ρ – gelžbetoninės ($\rho = 25 \text{ kN/m}^3$) sienos vienetinis svoris (kN/m^3).

$$G_s = \rho \cdot t \cdot b \cdot H = 25 \cdot 0,37 \cdot 5,9 \cdot 8,96 = 488,99 \text{ (kN)}.$$

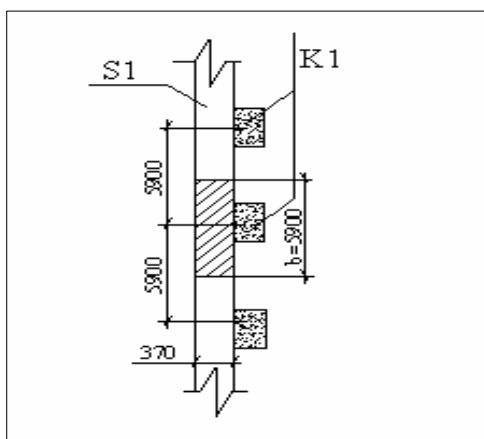
$$\eta = l_s/b_s - \text{sąlyginio pamato kraštinių santykis: } \eta = \frac{2,572}{2,572} = 1,0.$$

$$H_{ci} = 0,2 \cdot b_s,$$

(3.10)

čia: H_{ci} – išskirtų sluoknelių storis (m).

$$H_{ci} = 0,2 \cdot 2,572 = 0,514 \text{ (m)}.$$



3.9 pav. Sienos skaičiuojamoji schema

K1 – kolona 0,5 x 0,5 x 8,96 m; S1 – siena

Rostverko svoris apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$G_r = A_r \cdot d_r \cdot \gamma_m,$$

(3.11)

čia:

A_r – rostverko pado plotas (m^2);

d_r – rostverko aukštis (m);

γ_m – vienietinis betono svoris (kN/m^3).

$$G_r = (1,650 \cdot 1,450) \cdot 1,2 \cdot 20 = 57,42 \text{ (kN)}.$$

Vieno polio svoris apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$G_p = A_p \cdot l_p \cdot \gamma_p,$$

(3.12)

čia:

A_p – polio pado plotas (m^2);

l_p – polio ilgis (m);

γ_p – polio vienietinis svoris (kN/m^3).

$$G_p = (0,3 \cdot 0,3) \cdot 5 \cdot 25 = 11,25 \text{ (kN)}.$$

3.1 lentelė. Skaičiavimai tampriojo sluoksnio storiui (H_{sl}) rasti

T. Nr.	d, (m)	γ_m , (kN/m^3)	σ_{zg} , (kPa)	z, (m)	2z/b	l/b	α	σ_{zp0} , (kPa)	σ_{zp} , (kPa)	σ_{zp} , (kPa)	H_{ci} , (m)	E, (MPa)	Δs , ($m \times 10^{-3}$)
0	6,2	19,41	117,8	0	0	1	1	123,5	123,50				
1	6,714	19,41	127,56	0,514	0,4	1	0,96	123,5	118,56	121,03	0,51	60,7	1,02
2	7,229	19,41	137,35	1,029	0,8	1	0,88	123,5	108,68	113,62	0,51	60,7	0,96
3	7,743	19,41	147,12	1,543	1,2	1	0,625	123,5	77,13	92,90	0,51	60,7	0,78
4	8,258	19,41	156,90	2,058	1,6	1	0,528	123,5	65,15	71,14	0,51	60,7	0,60
5	8,772	19,41	166,67	2,572	2	1	0,353	123,5	43,60	54,37	0,51	60,7	0,46
6	9,286	19,41	176,43	3,086	2,4	1	0,297	123,5	36,62	40,11	0,51	60,7	0,34
7	9,29	19,41	176,51	3,09	2,403	1	0,286	123,5	35,30	35,96	0,51	60,7	0,30
												Viso:	4,46

Sąlyga (3.1 lentelė) įvykdoma 7 taške, esančiame 3,09 (m) gylyje žemiau polio pado:

$$\sigma_{zp} = 35,30 \text{ (kPa)} \approx 0,2\sigma_{zg} = 0,2 \cdot 176,51 = 35,302 \text{ (kPa)}.$$

Visas pamato nusėdimas gaunamas susumavus sluoksnelių nusėdimus per visą pagrindo deformacijų zonos storį. Nusėdimas apskaičiuojamas pagal [27] formulę:

$$s = 0,8 \sum_{i=1}^n s_i,$$

(3.13)

$$s = 0,8 \cdot 0,446 = 0,3568 \text{ (cm)},$$

Turi būti įvykdyta sąlyga pagal [27] formulę:

$$s \leq s_u,$$

$$(3.14)$$

$$s = 0,3568 \text{ (cm)} \leq 0,5 \cdot s_u = 0,5 \cdot 12 = 6,0 \text{ (cm)}.$$

čia:

s_u – ribinė skaičiuojamoji pagrindo ir pastato bendra deformacija, (cm).

Sąlyga įvykdyta. Nuosėdžių reikšmės neviršija ribinės reikšmės ($s_u = 6,0$ cm).

Taigi tampraus sluoksnio storis lygus pagal 3.1 lentelę ($H_{sl} = z, (m)$ 7 taške):

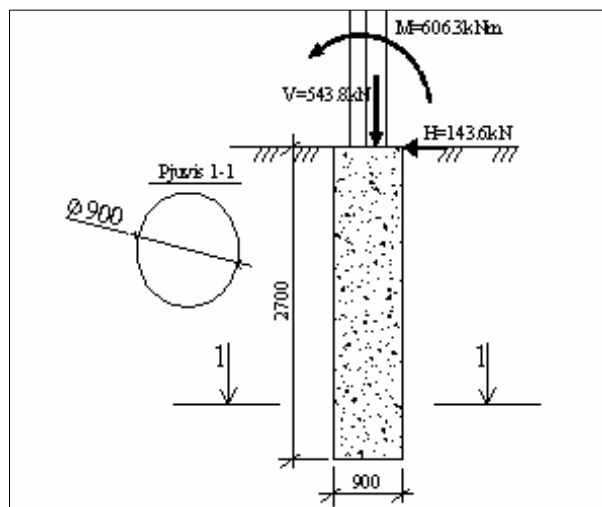
$$H_{sl} = 3,09 \text{ (m)}.$$

Standumo modulis apskaičiuojamas pagal (1.7) formulę:

$$C_z = \frac{E}{(1-\nu^2) H_{sl}} = \frac{60\,700}{(1-0,27^2) \cdot 3,09} = 21\,189 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

3.4.2. Standumo modulio skaičiavimas pagal Respublikines statybos normas RSN 91 – 85

Šis metodas skirtas gręžtinių pamatų pagrindo standumui vertinti. Skaičiuojamoji schema pavaizduota 3.10 paveiksle. Pamatą remiasi į priemolį moreninį kietai plastinę (1 priedas).



3.10 pav. Gręžtinio pamato schema

Pagrindas: priemolio moreninio kietai plastingo kūginis stiprumas – $q_c = 2500$ (kPa) (iš 1 priedo). Skaičiavimai atliekami pagal (3.10 pav.) skaičiuojamąją schemą.

Pagrindo standumo modulis (C_z) apskaičiuojamas pagal (1.12) formulę, kai pamato nuosėdis lygus 3 % pamato skersmens, t.y. $n = 3$ %:

$$C_z = \frac{R_{s3}}{0,03 \cdot b} = \frac{750}{0,03 \cdot 0,9} = 27\,778 \text{ (kN / m}^3\text{)},$$

Molinių gruntų pagrindo skaičiuojamasis stiprumas apskaičiuojamas pagal [22] formulę:

$$R_{s3} ; 0,1 \cdot n \cdot q_c = 0,1 \cdot 3 \cdot 2500 = 750 \text{ (kPa)}.$$

(3.15)

čia:

q_c – grunto kūginis stiprumas (kPa);

n – rodiklis, kuris nusako kiek % nuosėdis sudaro pamato skersmens.

Atlikus pagrindo standumo skaičiavimus pagal statybos normas *RSN 91 – 85* matyti, kad standumo reikšmė gaunama truputi didesnė nei pagal 3.4.1 skyriaus standumo reikšmę. Toks reikšmių skirtumas paaiškinamas tuo, kad standumo skaičiavimai atliekami skirtingais metodais skirtingiems pamatų tipams. Pagal statybos normas nėra vertinamas tamprusis pagrindo sluoksnis (H_{sl}), deformacijų modulis (E) ir Puasono koeficientas (ν), o įvertinamas pagrindo skaičiuojamasis stiprumas (R_{sn}) ir nuosėdžių dydis (s).

3.4.3. Pagrindo standumo skaičiavimai pagal giliųjų pamatų įvertinimo metodą

Pagrindo standumo skaičiavimai pagal giliųjų pamatų įvertinimo metodą yra labiau tinkami gręžtinių pamatų tipui (3.4, 3.10 pav.). Skaičiavimai atliekami pagal 3.10 paveikslą.

Pagrindas: priemolio moreninio kietai plastingo takumo rodiklis $I_L = 0,35$ (iš 1 priedo), $k_p = 5,4$ (1 lentelė, MN/m^4).

Pagrindo standumas apskaičiuojamas pagal (1.14) formulę:

$$C_z = k_p d,$$
$$C_z = 5400 \cdot 2,7 = 14\,580 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Šiame metode yra įvertinamas pamato gylis (d) ir proporcingumo koeficientas (k_p), kuris randamas iš 1.1 lentelės. Šis metodas yra tinkamesnis gręžtiniam pamatų tipui.

3.4.4. Pagrindo standumo skaičiavimai pagal dviejų parametų tampriojo sluoksnio pagrindo modelį (*LIRA – PC*)

Pagrindo standumo skaičiavimai pagal dviejų parametų tampriojo sluoksnio modelį yra tinkamesni poliniam pamatui (3.3 pav.). Skaičiavimo principas labai panašus į proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės modelį. Įvertinamas deformacijų modulis (E), skersinių deformacijų koeficientas (ν) ir grunto tampraus sluoksnio storis (H_{sl}), kuris apskaičiuojamas pagal 3.1 lentelę (sumavimo metodu).

Skaičiavimai atliekami pagal (3.8 pav.) skaičiuojamąją schemą.

Apskaičiuojamas grunto standumo modulis pagal (1.10) formulę:

$$C_z = \frac{E}{H \cdot (1 - 2 \cdot \nu^2)} = \frac{60\,700}{3,09 \cdot (1 - 2 \cdot 0,27^2)} = 22\,997 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Nagrinėjant šį metodą galima daryti išvadą, kad skaičiavimai yra labai artimi 3.4.1. skyriuje apskaičiuotai standumo reikšmei. Reikšmės gaunamos panašios, kaip ir pagal proporcingai deformuojamojo pagrindo modelį, nes taip pat įvertinami trys pagrindiniai grunto rodikliai (E , ν , H_{sl}).

3.4.5. Standumo modulio skaičiavimas panaudojant *Pcsheetpilewall* kompiuterinį paketą

Pagrindo standumo skaičiavimas pagal *Tercagio metodą*

Pagrindo standumo įvertinimas atliekamas pagal 2 skirtingus pamatų (1 – *polinis pamatas*, 2 – *gręžtinis pamatas*) tipus (3.3 pav., 3.4 pav.). Kadangi pagal šį pagrindo standumo įvertinimo metodą galima vertinti standumą skirtingiems gruntams, t.y. *smėliniams* ir *moliniams*. Pirmasis pamatų variantas (3.3 pav.) remiasi į smėlį, o antrasis variantas (3.4 pav.) į priemolį moreninį kietai plastinę.

Pagrindas *polinio pamato* (3.3 pav.): smėlio smulkiojo tankiojo kūginis stiprumas $q_c = 18$ (MPa) iš 1 priedo. Taigi pagal 1.2 lentelę L_h parenkamas – 14 000 (kN/m³).

Pagrindo standumo modulis apskaičiuojamas pagal [31] formulę *smėliniam gruntui*:

$$C_z = L_h,$$

(3.16)

$$C_z = 14\,000 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Pagrindas *gręžtinio pamato* (3.4 pav.): priemolio moreninio kietai plastingo $c_u = 125$ (kN/m²). Taigi pagal 1.3 lentelę parenkamas $k_{sl} = 40\,000$ (kN/m³).

Pagrindo standumo modulis apskaičiuojamas pagal [31] formulę:

$$C_z = k_{sl},$$

(3.17)

$$C_z = 40\,000 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Reikšmės gaunamos skirtingos, kadangi *Tercagio metodas* buvo vertinamas priklausomai nuo grunto ir jo rodiklių.

Pagrindo standumo nustatymas pagal leistinus pamato poslinkius

Pagrindo standumo įvertinimas atliekamas pagal 2 skirtingus pamatų (1 – *polinis pamatas*, 2 – *gręžtinis pamatas*) tipus (3.3 pav., 3.4 pav.). Kadangi pagal šį pagrindo standumo įvertinimo metodą galima vertinti standumą skirtingiems gruntams, t.y. *smėliniams* ir *moliniams* pagal pamato konstrukcijos *leistinus poslinkius*. Pirmasis pamatų variantas (3.3 pav.) remiasi į smėlį, o antrasis variantas (3.4 pav.) į priemolį moreninį kietai plastinę. Pamatų 2 skirtingų tipų leistini poslinkiai neviršija $w < 20$ (mm).

Pagrindas *gręžtinio pamato* (3.4 pav.): priemolio moreninio kietai plastingo vienetinis svoris lygus $\gamma = \rho \cdot g = 2,2 \cdot 9,81 = 22$ (kN/m³). Čia: ρ – grunto tankis (kg/m³); g – svorio jėgos pagreitis. Taigi pagal 1.5 lentelę grunto standumo modulis (C_z) parenkamas *moliniam gruntui*:

$$C_z = 6000 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Pagrindas *polinio pamato* (3.3 pav.): smėlio smulkaus tankaus kūginis stiprumas iš 1 priedo $q_c = 18$ (MPa). Taigi pagal 1.5 lentelę grunto standumo modulis (C_z) parenkamas *smėliniam gruntui*:

$$C_z = 45\,000 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Tagi be jokių skaičiavimų galima lengvai rasti pagrindo standumo reikšmę, tiesiog reikia žinoti grunto vienetinį svorį (γ) moliniams gruntams ir kūginį stiprumą (q_c) smėliniams gruntams.

Pagrindo standumo skaičiavimas, kai įvertinamas kūginis stiprumas

Pagrindo standumo įvertinimas atliekamas pagal 2 skirtingus pamatų (1 – *polinis pamatas*, 2 – *gręžtinis pamatas*) tipus (3.3 pav., 3.4 pav.). Kadangi pagal šį pagrindo standumo įvertinimo metodą galima vertinti standumą skirtingiems gruntams, t.y. *smėliniams* ir *moliniams*. Pirmasis pamatų variantas (3.3 pav.) remiasi į smėlį, o antrasis variantas (3.4 pav.) į priemolį moreninį kietai plastinę.

Kai standumo skaičiavimai atliekami visai atraminei sieniei, standumas apskaičiuojamas pagal (1.28) formulę:

$$C = 4000 \cdot q_c,$$

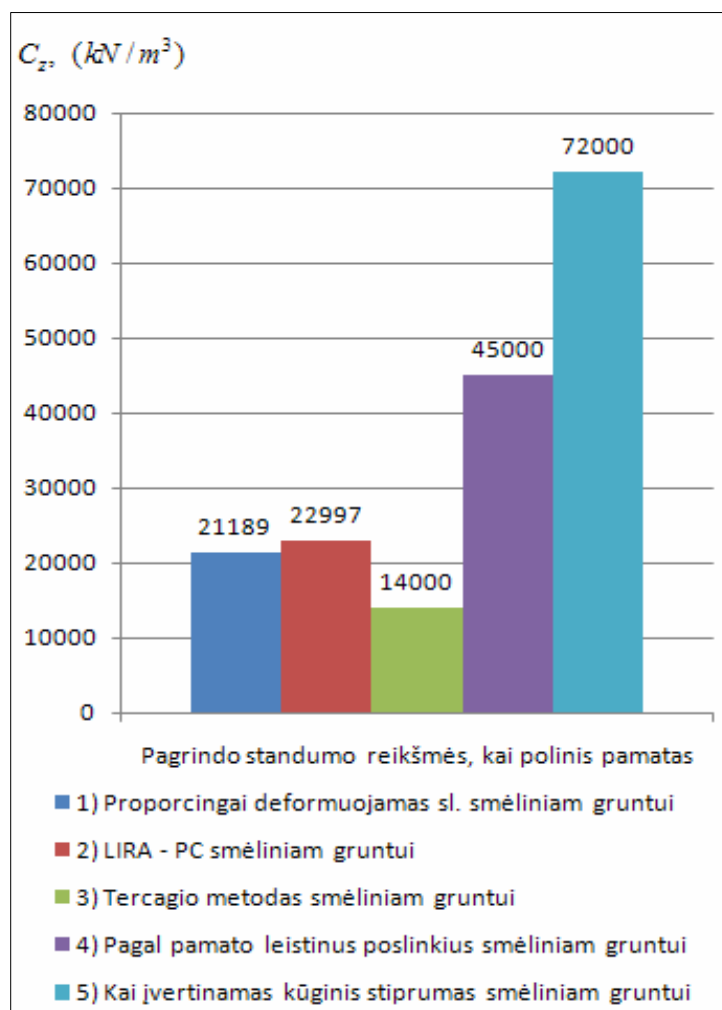
Pagrindas *polinio pamato* (3.3 pav.): smėlio smulkaus tankaus kūginis stiprumas $q_c = 18$ (MPa). Taigi pagal (1.28) formulę standumo modulis apskaičiuojamas *smėliniam gruntui*:

$$C = 4000 \cdot 18 = 72\,000 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

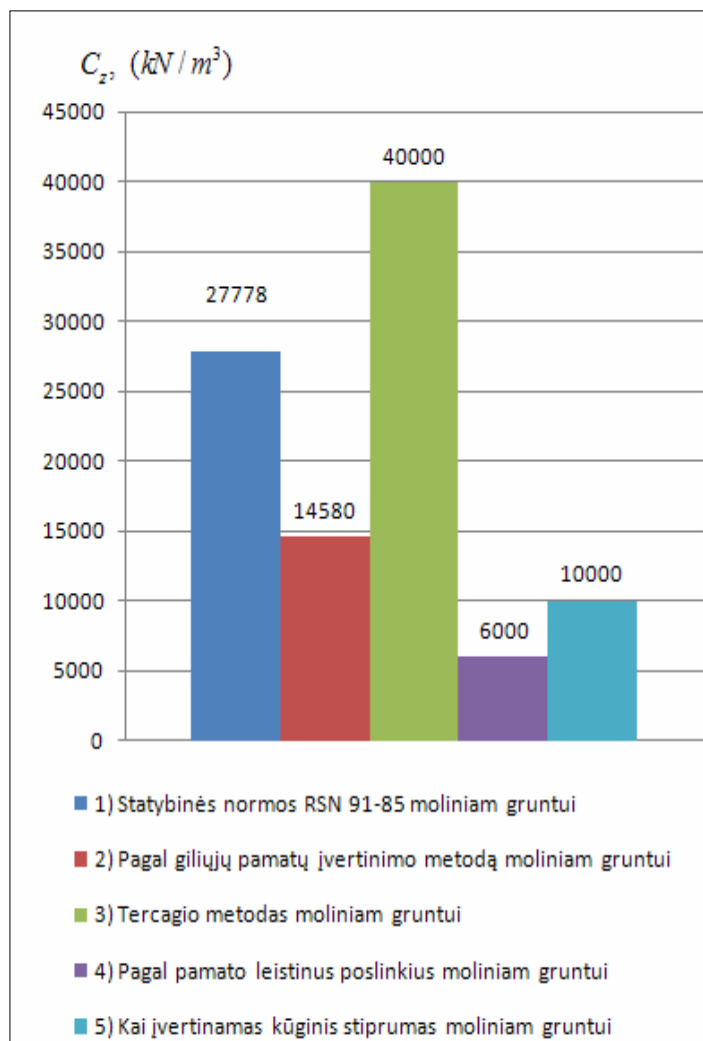
Pagrindas *gręžtinio pamato* (3.4 pav.): priemolio moreninio kietai plastingo vienetinis svoris lygus $\gamma = \rho \cdot g = 2,2 \cdot 9,81 = 22$ (kN/m³). Čia: ρ – grunto tankis (kg/m³); g – svorio jėgos pagreitis. Taigi pagal (1.28) formulę pagrindo standumo modulis apskaičiuojamas *moliniam gruntui*:

$$C = 4000 \cdot 2,5 = 10\,000 \text{ (kN / m}^3\text{)}.$$

Pagal skirtingus metodus gautos standumo modulio reikšmės *poliniam pamatui* pavaizduotos 3.11 paveiksle. Taigi pagrindo standumo modulio (C_z) intervalas yra [14 000; 72 000], (kN/m^3). Mažiausia reikšmė gaunama pagal *Tercagio metodą smėliniam gruntui* – 14 000 (kN/m^3) ir pagal 1.2 lentelės gruntų klasifikavimą pagal standumą gruntas yra *purus*. Didžiausia reikšmė gaunama *įvertinant kūginį stiprumą smėliniam gruntui* – 72 000 (kN/m^3) ir pagal 1.2 lentelės gruntų klasifikavimą gruntas yra *labai standus*. Taigi pagal gautą pagrindo standumo modulio intervalą [14 000; 72 000], (kN/m^3) grunto konsistencija kinta nuo *puraus* iki *labai standaus*.



3.11 pav. Pagrindo standumo modelių palyginimas, kai *polinis pamatas*



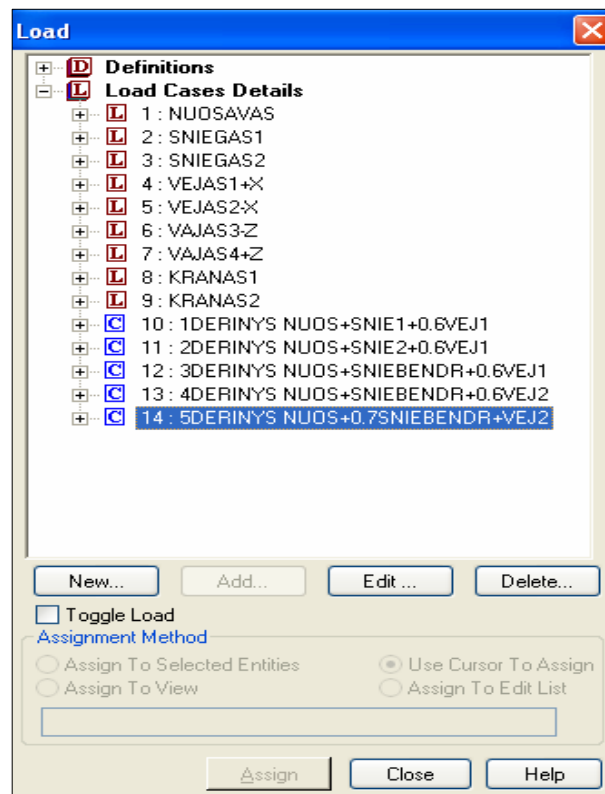
3.12 pav. Pagrindo standumo modelių palyginimas, kai *gręžtinis pamatas*

Pagal skirtingus metodus gautos standumo modulio reikšmės *gręžtiniam pamatui* pavaizduotos 3.12 paveiksle. Taigi pagrindo standumo modulio (C_z) intervalas yra [6000; 40 000], (kN/m³). Mažiausia reikšmė gaunama pagal *pamato leistinus poslinkius moliniam gruntui* – 6000 (kN/m³) ir pagal 1.3 lentelės gruntų klasifikavimą pagal standumą gruntas yra *silpnas*. Didžiausia reikšmė gaunama pagal *Tercagio metodą moliniam gruntui* – 40 000 (kN/m³) ir pagal 1.3 lentelės gruntų klasifikavimą gruntas yra *kietas*. Taigi pagal gautą pagrindo standumo modulio intervalą [6000; 40000] (kN/m³) grunto konsistencija kinta nuo *silpno* iki *kieto*.

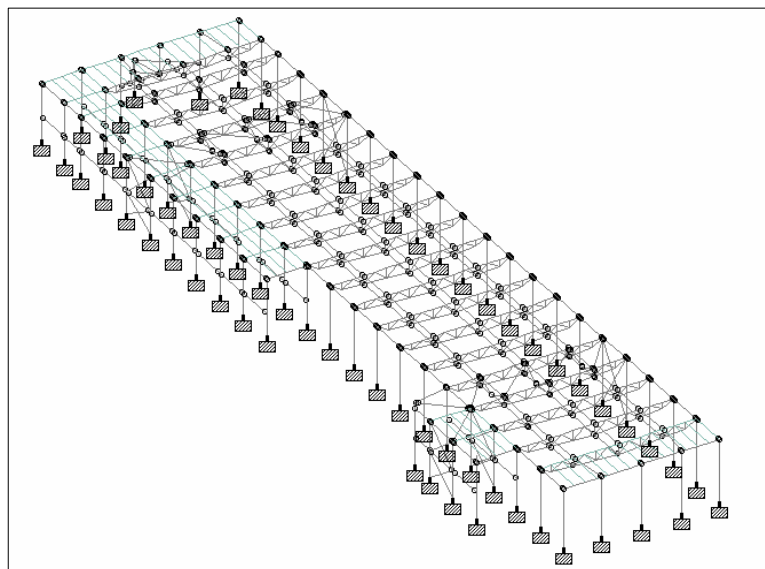
3.5. Pagrindas modeliuojamas kaip tam tikro standumo spyruoklės (Vinklerio metodas)

Pastato skaičiavimas atliekamas taikant baigtinių elementų programinį paketą *STAAD.Pro 2005*. Duomenys įvedami grafiniu būdu, tiesiogiai koreguojant jų skaitmenines reikšmes. Bendrasis konstrukcijos modelis yra erdvinis – *SPACE* tipo (3.14 pav.). Pasirinkus tokį modelio tipą, konstrukcija apkraunama įvairių linkmių apkrovomis. Iš sumodeliuotų apkrovų sudaromi deriniai

(3.13 pav.).

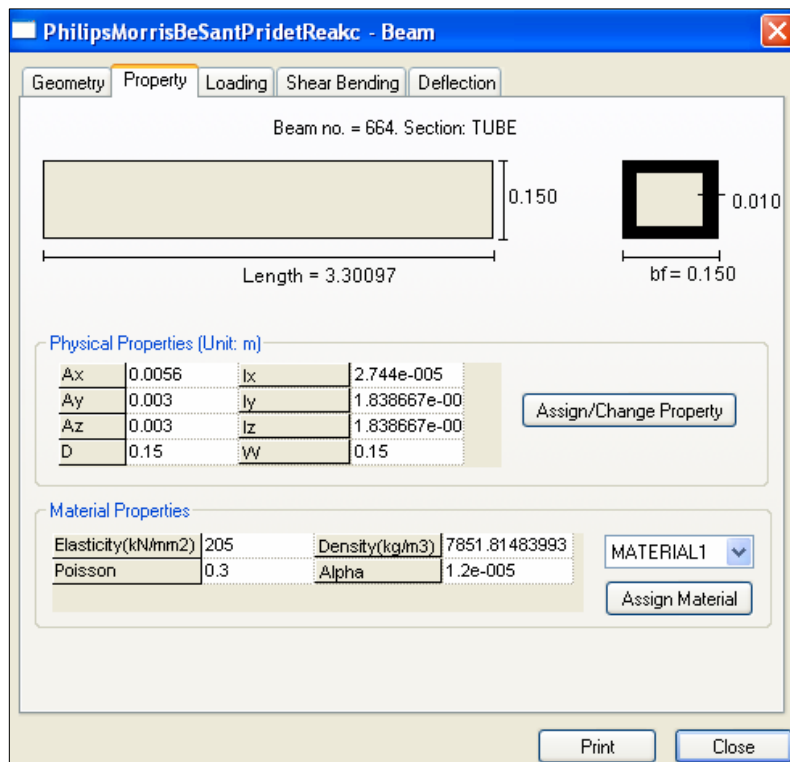


3.13 pav. Apkrovos ir jų deriniai



3.14 pav. Bendrasis konstrukcijos modelis

Bendrasis konstrukcijos modelis sudarytas iš santvarų ir kolonų. Kiekvienam konstrukcijos elementui priskiriami strypų skerspjūviai (3.14 pav.).



3.15 pav. Strypų skerspjūvių priskyrimo pavyzdys

Elementų tamprumo moduliai ir tankis nurodomas komandomis E ir $tankis$ (angl. *Density*). Grunto savybės nurodomos jo standumo koeficientais (k_y) – tai nusakoma komanda *Fixed but kfy*. Konstrukcijos savasis svoris pasirenkamas komanda *savasis svoris Y – 1* (angl. *Selfweight Y – 1*).

Pagrindo standumas (C_z) naudojamas iš 3.4 skyriaus apskaičiuotų įvertinimo metodų poliniam ir gręžtiniam pamatams:

1. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės modelį smėliniam gruntui poliniam pamatui ($C_z = 21\,189 \text{ kN} / \text{m}^3$).

2. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal Respublikines statybos normas RSN 91 – 85 moliniam gruntui gręžtiniam pamatui ($C_z = 27\,778 \text{ kN} / \text{m}^3$).

3. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal giliųjų pamatų įvertinimo metodą moliniam gruntui gręžtiniam pamatui ($C_z = 14\,580 \text{ kN} / \text{m}^3$).

4. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal dviejų parametrų tampriojo sluoksnio pagrindo modelį smėliniam gruntui poliniam pamatui (LIRA – PC) ($C_z = 22\,997 \text{ kN} / \text{m}^3$).

5. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal Tercagio metodą smėliniam gruntui poliniam pamatui ($C_z = 14\,000 \text{ kN} / \text{m}^3$).

6. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal Tercagio metodą moliniam gruntui

gręžtiniam pamatui ($C_z = 40\,000\text{ kN/m}^3$).

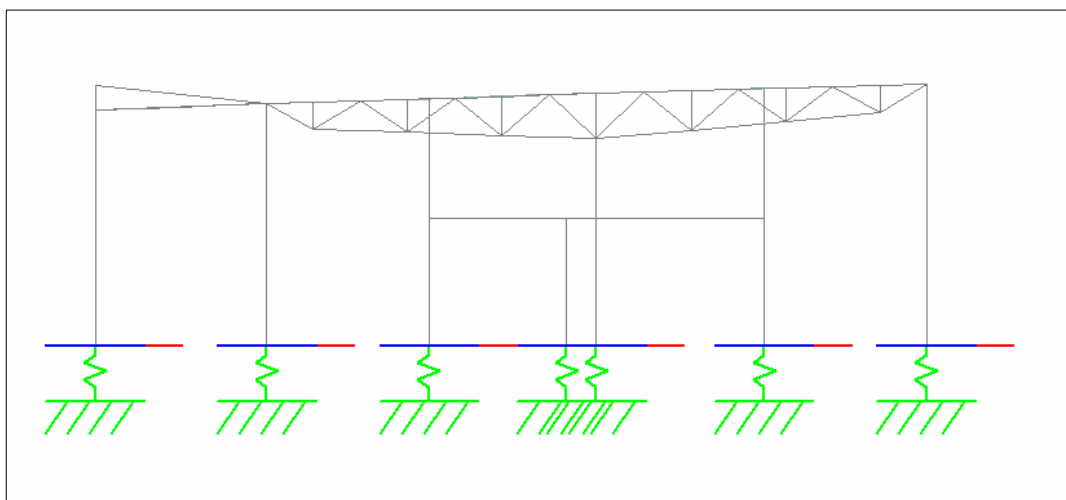
7. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal pamato konstrukcijos leistinus poslinkius moliniam gruntui gręžtiniam pamatui ($C_z = 6000\text{ kN/m}^3$).

8. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas pagal pamato konstrukcijos leistinus poslinkius smėliniam gruntui poliniam pamatui ($C_z = 45\,000\text{ kN/m}^3$).

9. Pagrindo standumo modulio skaičiavimas įvertinant kūginį stiprumą smėliniam gruntui poliniam pamatui ($C_z = 72\,000\text{ MN/m}^3$).

10. Pagrindo standumo skaičiavimas įvertinant kūginį stiprumą moliniam gruntui gręžtiniam pamatui ($C_z = 10\,000\text{ MN/m}^3$).

Turint šiuos grunto rodiklius apskaičiuojamas tampriųjų spyruoklių standumas pagal 10 skirtingų standumo įvertinimo metodų, kurių reikšmės pateiktos aukščiau. Įvertinamas pagrindo standumas kompiuterinėje programoje, t.y. konstrukcija modeliuojama ant tampriųjų tam tikro standumo spyruoklių. Atlikus analizę rezultatų palyginimui naudojama ir konstrukcija, kuri nemodeliuojama ant tampriojo pagrindo, t.y. įvertinama, kad pamatų vertikalūs poslinkiai negalimi – modeliuojamos *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*).



3.16 pav. Konstrukcijos ant tampriojo pagrindo modeliavimas

3.5.1. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo *poliniam pamatui* pagal proporcingai deformuojamojo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės modelį

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių įrašų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.2, 3.3 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis polinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$A_i = b_s \cdot l_s,$$

(3.18)

čia:

b_s – sąlyginio pamato ilgis (m);

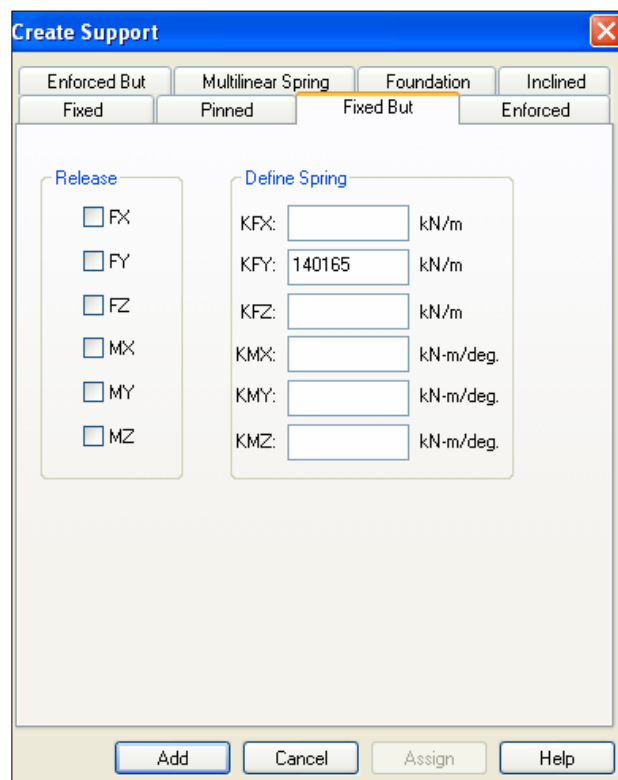
l_s – sąlyginio pamato plotis (m).

$$A_i = 2,572 \cdot 2,572 = 6,615 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 21189 \cdot 6,615 = 140\,165 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.17 pav.).



3.17 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (1 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.2, 3.3 lentelės).

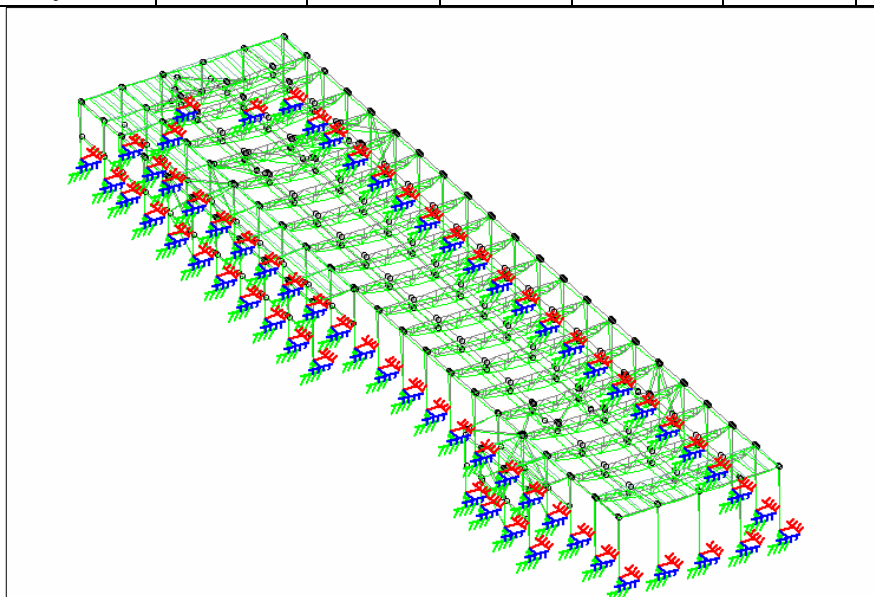
3.2 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (1 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	4,154	500,062	-23,207	13,848	0,509	-20,806	-73,970
11	14 derinys	1,923	270,580	11,429	-0,205	0,100	1,582	10,785
25	14 derinys	2,064	335,474	-45,691	7,437	3,520	-11,036	-117,373
29	14 derinys	2,985	416,177	-27,600	-53,867	0,581	57,427	-58,284
31	14 derinys	1,887	264,772	13,337	-0,595	0,478	3,491	27,021
54	14 derinys	1,193	218,667	-29,641	-53,664	-1,095	56,559	-67,910
57	14 derinys	4,037	510,448	-22,333	-10,037	0,324	10,272	-71,385
67	14 derinys	1,887	265,237	11,422	-0,270	-0,133	1,493	10,118
81	14 derinys	2,212	336,685	-53,361	-12,368	-0,922	14,665	-133,109
85	14 derinys	2,993	416,027	-33,322	-35,375	0,587	43,283	-92,189
95	14 derinys	1,887	265,082	9,874	-0,163	-0,498	0,873	5,204
109	14 derinys	1,209	222,294	-33,341	-38,660	-1,177	48,904	-92,024
113	14 derinys	4,025	505,256	-15,772	-24,827	0,598	26,837	-33,898
115	14 derinys	1,887	266,063	15,227	-0,476	0,115	3,200	33,687
138	14 derinys	2,271	327,436	-47,953	-23,360	-0,566	24,557	-103,967
141	14 derinys	4,038	528,895	-13,898	-5,510	0,142	6,854	-27,409
143	14 derinys	1,887	266,396	15,827	-0,445	0,107	3,182	36,056
166	14 derinys	2,286	351,402	-48,089	-2,807	0,186	3,110	-102,613
169	14 derinys	4,038	532,078	-13,709	-2,688	0,019	4,557	-26,323
171	14 derinys	1,887	266,366	15,982	-0,450	0,095	3,278	36,850
194	14 derinys	2,285	353,277	-47,846	-0,895	-0,011	1,580	-101,719
197	14 derinys	4,038	533,557	-13,752	-4,511	-0,115	7,256	-26,413

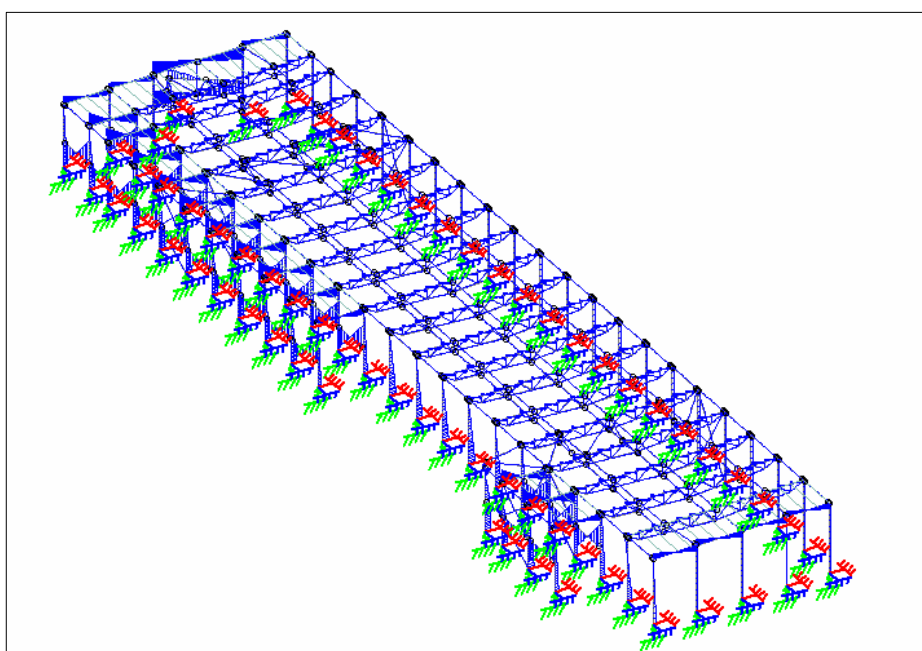
3.3 lentelė. Atraminės reakcijos (1 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	23,207	500,601	13,341	20,806	0,509	-73,970
11	14 derinys	-11,429	272,616	-0,205	-1,582	0,100	10,785
25	14 derinys	45,691	335,226	5,749	11,036	3,520	-117,37
29	14 derinys	27,600	416,177	-53,867	-57,42	0,581	-58,284
31	14 derinys	-13,337	264,772	-0,595	-3,491	0,478	27,021
54	14 derinys	29,641	218,667	-53,664	-56,55	-1,095	-67,910
57	14 derinys	22,333	499,664	7,454	-10,27	0,324	-71,385
67	14 derinys	-11,422	265,237	-0,270	-1,493	-0,133	10,118
81	14 derinys	53,361	333,312	-5,993	-14,66	-0,922	-133,10
85	14 derinys	33,322	416,027	-35,375	-43,28	0,587	-92,189

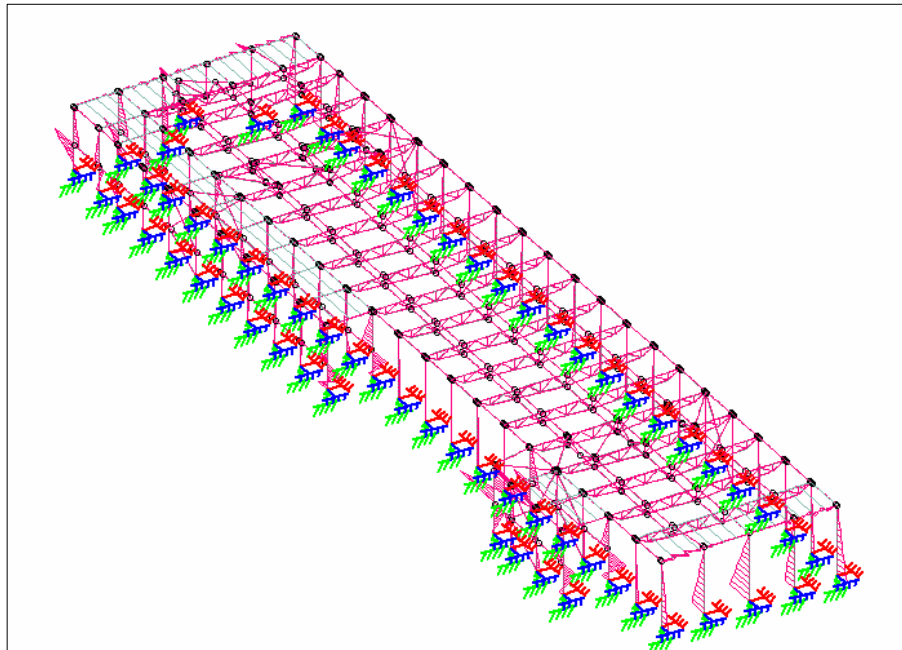
95	14 derinys	-9,874	265,082	-0,163	-0,873	-0,498	5,204
109	14 derinys	33,341	222,294	-38,660	-48,90	-1,177	-92,024
113	14 derinys	15,772	505,256	-24,827	-26,83	0,598	-33,898
115	14 derinys	-15,227	266,063	-0,476	-3,200	0,115	33,687
138	14 derinys	47,953	327,436	-23,360	-24,55	-0,566	-103,96
141	14 derinys	13,898	528,895	-5,510	-6,854	0,142	-27,409
143	14 derinys	-15,827	266,396	-0,445	-3,182	0,107	36,056
166	14 derinys	48,089	351,402	-2,807	-3,110	0,186	-102,61
169	14 derinys	13,709	532,078	-2,688	-4,557	0,019	-26,323
171	14 derinys	-15,982	266,366	-0,450	-3,278	0,095	36,850
194	14 derinys	47,846	353,277	-0,895	-1,580	-0,011	-101,71
197	14 derinys	13,752	533,557	-4,511	-7,256	-0,115	-26,413



3.18 pav. Bendrieji konstrukcijos poslinkiai pagal 14 aspkrovimo derinį



3.19 pav. Skersinių jėgų diagrama (F_y) pagal 14 aspkrovimo derinį



3.20 pav. Lenkimo momentų diagrama (M_y) pagal 14 aspkrovimo derinį

- *Kitų įvertinimo metodų diagramos yra analogiškos savo pradine išraiška šioms gautoms diagramoms (3.18, 3.19, 3.20 pav.), todėl nėra vaizduojamos kituose metoduose.*

3.5.2. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal Respublikines statybos normas RSN 91 – 85 gręžtiniam pamatui

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių įrašų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.4, 3.5 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis gręžtinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$A_i = \pi R^2,$$

(3.19)

čia:

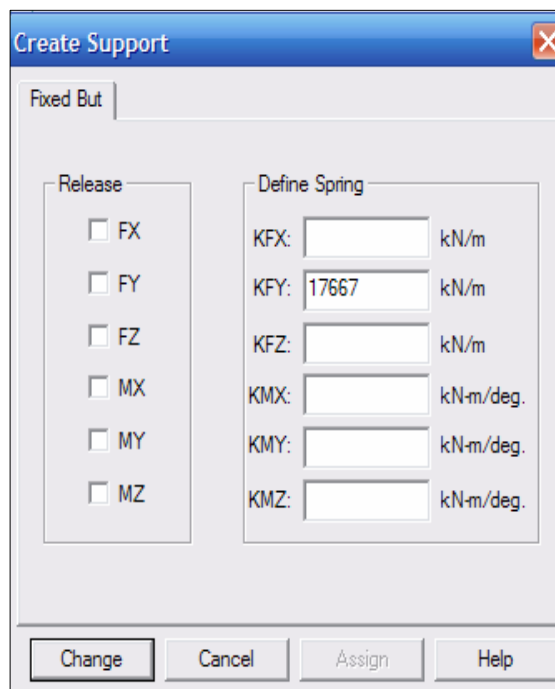
R – pamato spindulys (m).

$$A_i = 3,14 \cdot 0,45^2 = 0,636 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 27778 \cdot 0,636 = 17\,667 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.21 pav.).



3.21 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (2 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.4, 3.5 lentelės).

3.4 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (2 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	8,241	559,631	-21,048	4,097	-0,106	-6,829	-86,385
11	14 derinys	3,829	268,760	5,239	-0,157	0,032	1,147	-17,614
25	14 derinys	4,114	319,627	-36,698	5,404	1,696	-7,441	-103,554
29	14 derinys	5,930	415,069	-29,764	-32,344	0,790	33,280	-90,244
31	14 derinys	3,749	262,181	6,513	-0,401	0,263	2,740	-8,233
54	14 derinys	2,369	170,731	-23,147	-29,811	-0,664	30,569	-66,746
57	14 derinys	8,030	562,102	-20,357	-0,141	0,363	-1,380	-83,780
67	14 derinys	3,749	261,748	5,308	-0,131	-0,216	0,779	-17,127
81	14 derinys	4,382	334,199	-41,756	-0,881	-0,745	0,588	-112,483
85	14 derinys	5,946	415,794	-32,784	-22,936	0,442	28,339	-106,021
95	14 derinys	3,749	262,453	5,087	-0,003	-0,665	0,098	-17,233
109	14 derinys	2,401	173,219	-25,112	-21,461	-1,093	27,412	-78,027
113	14 derinys	7,996	558,008	-15,589	-1,401	0,622	0,479	-60,217
115	14 derinys	3,749	262,053	7,255	-0,400	0,122	2,832	-4,854
138	14 derinys	4,512	326,343	-37,908	-0,614	-0,376	-0,404	-94,186
141	14 derinys	8,021	562,838	-15,056	1,150	0,083	-1,956	-57,744
143	14 derinys	3,748	262,306	7,547	-0,409	0,120	2,959	-3,121
166	14 derinys	4,540	327,371	-38,383	1,414	0,206	-2,370	-94,001

169	14 derinys	8,021	562,334	-14,702	0,591	0,138	-1,079	-55,455
171	14 derinys	3,748	262,271	7,774	-0,434	0,119	3,139	-1,671
194	14 derinys	4,540	326,113	-37,920	0,880	0,112	-1,610	-91,895
197	14 derinys	8,021	562,911	-14,332	-0,034	0,071	-0,139	-53,609

3.5 lentelė. Atraminės reakcijos (2 metodos)

Atramu Nr.	Apkrovimo derinys	F _x , (kN)	F _y , (kN)	F _z , (kN)	M _x , (kNm)	M _y , (kNm)	M _z , (kNm)
1	14 derinys	21,048	560,508	4,097	6,829	-0,106	-86,385
11	14 derinys	-5,239	270,505	0,032	-1,147	0,032	-17,614
25	14 derinys	36,698	317,552	0,976	7,441	1,696	-103,55
29	14 derinys	29,764	415,069	-32,344	-33,28	0,790	-90,244
31	14 derinys	-6,513	262,181	-0,401	-2,740	0,263	-8,233
54	14 derinys	23,147	170,731	-29,811	-30,56	-0,664	-66,746
57	14 derinys	20,357	560,253	3,948	1,380	0,363	-83,780
67	14 derinys	-5,308	261,748	-0,131	-0,779	-0,216	-17,127
81	14 derinys	41,756	325,512	13,465	-0,588	-0,745	-112,48
85	14 derinys	32,784	415,794	-22,936	-28,33	0,442	-106,02
95	14 derinys	-5,087	262,453	-0,003	-0,098	-0,665	-17,233
109	14 derinys	25,112	173,219	-21,461	-27,41	-1,093	-78,027
113	14 derinys	15,589	558,008	-1,401	-0,479	0,622	-60,217
115	14 derinys	-7,255	262,053	-0,400	-2,832	0,122	-4,854
138	14 derinys	37,908	326,343	-0,614	0,404	-0,376	-94,186
141	14 derinys	15,056	562,838	1,150	1,956	0,083	-57,744
143	14 derinys	-7,547	262,306	-0,409	-2,959	0,120	-3,121
166	14 derinys	38,383	327,371	1,414	2,370	0,206	-94,001
169	14 derinys	14,702	562,334	0,591	1,079	0,138	-55,455
171	14 derinys	-7,774	262,271	-0,434	-3,139	0,119	-1,671
194	14 derinys	37,920	326,113	0,880	1,610	0,112	-91,895
197	14 derinys	14,332	562,911	-0,034	0,139	0,071	-53,609

3.5.3. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal giliųjų pamatų pagrindo modelį gręžtiniam pamatui

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių įrašų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.6, 3.7 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis gręžtinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.19) formulę:

$$A_i = \pi R^2,$$

čia:

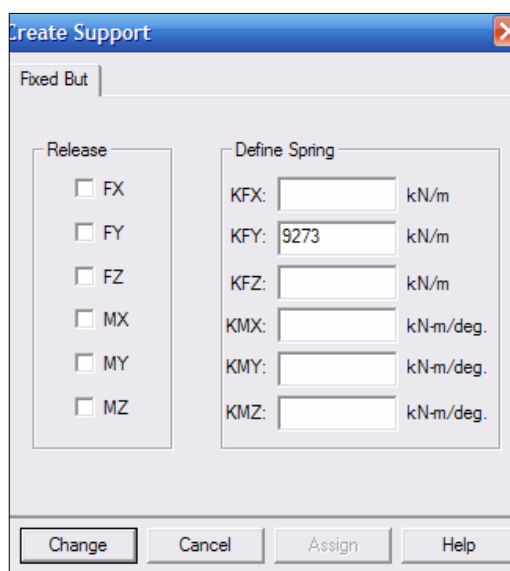
R – pamato spindulys (m).

$$A_i = 3,14 \cdot 0,45^2 = 0,636 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 14\,580 \cdot 0,636 = 9273 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.22 pav.).



3.22 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (3 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.6, 3.7 lentelės).

3.6 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (3 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F _x , (kN)	F _y , (kN)	F _z , (kN)	M _x , (kNm)	M _y , (kNm)	M _z , (kNm)
1	14 derinys	15,672	571,214	-20,671	1,851	-0,174	-3,736	-88,008
11	14 derinys	7,315	267,524	4,394	-0,122	0,022	0,868	-21,639
25	14 derinys	7,867	314,969	-35,364	5,526	1,447	-7,619	-101,466
29	14 derinys	11,298	413,555	-29,975	-28,731	0,797	29,329	-94,067
31	14 derinys	7,142	261,842	5,702	-0,337	0,221	2,347	-12,552
54	14 derinys	4,514	163,975	-22,342	-26,339	-0,613	26,893	-66,621
57	14 derinys	15,321	570,312	-20,075	1,711	0,391	-3,637	-85,718
67	14 derinys	7,143	261,288	4,442	-0,077	-0,228	0,440	-21,144
81	14 derinys	8,320	335,352	-40,128	0,761	-0,688	-1,600	-109,740
85	14 derinys	11,328	414,236	-32,821	-20,630	0,444	25,496	-108,546
95	14 derinys	7,143	262,092	4,430	0,048	-0,694	-0,236	-20,570
109	14 derinys	4,575	166,538	-24,180	-18,903	-1,047	24,036	-76,934
113	14 derinys	15,235	567,139	-15,521	1,626	0,620	-2,876	-63,532
115	14 derinys	7,142	261,579	6,235	-0,347	0,105	2,469	-9,841
138	14 derinys	8,597	327,934	-36,578	1,938	-0,350	-3,121	-92,856
141	14 derinys	15,282	566,242	-15,094	1,236	0,075	-2,223	-61,368

143	14 derinys	7,142	261,781	6,515	-0,361	0,103	2,608	-8,126
166	14 derinys	8,650	322,937	-37,055	1,165	0,208	-2,133	-92,687
169	14 derinys	15,282	566,365	-14,720	0,887	0,146	-1,629	-58,950
171	14 derinys	7,142	261,779	6,756	-0,386	0,100	2,781	-6,598
194	14 derinys	8,650	322,624	-36,573	0,930	0,124	-1,729	-90,469
197	14 derinys	15,282	566,748	-14,300	0,480	0,090	-0,983	-56,896

3.7 lentelė. Atraminės reakcijos (3 metodos)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	F _x , (kN)	F _y , (kN)	F _z , (kN)	M _x , (kNm)	M _y , (kNm)	M _z , (kNm)
1	14 derinys	20,671	572,091	1,851	3,736	-0,174	-88,008
11	14 derinys	-4,394	268,782	0,382	-0,868	0,022	-21,639
25	14 derinys	35,364	311,854	-0,462	7,619	1,447	-101,46
29	14 derinys	29,975	413,555	-28,731	-29,32	0,797	-94,067
31	14 derinys	-5,702	261,842	-0,337	-2,347	0,221	-12,552
54	14 derinys	22,342	163,975	-26,339	-26,89	-0,613	-66,621
57	14 derinys	20,075	570,317	3,019	3,637	0,391	-85,718
67	14 derinys	-4,442	261,288	-0,077	-0,440	-0,228	-21,144
81	14 derinys	40,128	325,994	16,114	1,600	-0,688	-109,74
85	14 derinys	32,821	414,236	-20,630	-25,49	0,444	-108,54
95	14 derinys	-4,430	262,092	0,048	0,236	-0,694	-20,570
109	14 derinys	24,180	166,538	-18,903	-24,03	-1,047	-76,934
113	14 derinys	15,521	567,139	1,626	2,876	0,620	-63,532
115	14 derinys	-6,235	261,579	-0,347	-2,469	0,105	-9,841
138	14 derinys	36,578	327,934	1,938	3,121	-0,350	-92,856
141	14 derinys	15,094	566,242	1,236	2,223	0,075	-61,368
143	14 derinys	-6,515	261,781	-0,361	-2,608	0,103	-8,126
166	14 derinys	37,055	322,937	1,165	2,133	0,208	-92,687
169	14 derinys	14,720	566,365	0,887	1,629	0,146	-58,950
171	14 derinys	-6,756	261,779	-0,386	-2,781	0,100	-6,598
194	14 derinys	36,573	322,624	0,930	1,729	0,124	-90,469
197	14 derinys	14,300	566,748	0,480	0,983	0,090	-56,896

3.5.4. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal dviejų parametų tampriojo sluoksnio pagrindo modelį (*LIRA – PC*) poliniam pamatui

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių jėgų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.8, 3.9 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis polinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.18) formulę:

$$A_i = b_s \cdot l_s,$$

čia:

b_s – sąlyginio pamato ilgis (m);

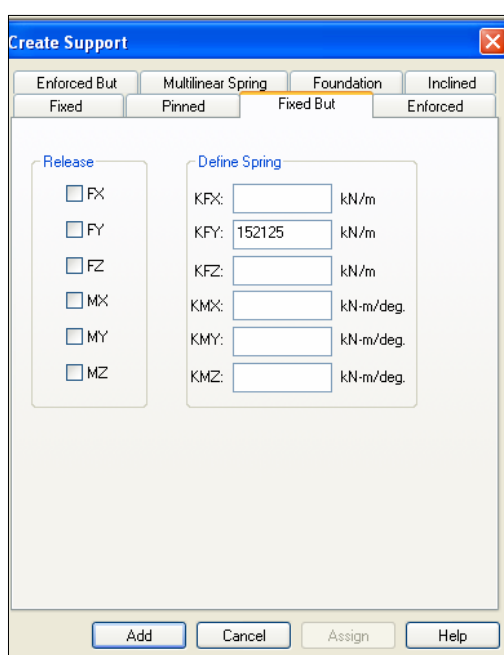
l_s – sąlyginio pamato plotis (m).

$$A_i = 2,572 \cdot 2,572 = 6,615 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 22\,997 \cdot 6,615 = 152\,125 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.23 pav.).



3.23 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (4 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.8, 3.9 lentelės).

3.8 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (4 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	3,828	483,654	-23,909	15,637	0,766	-23,693	-69,964
11	14 derinys	1,772	271,355	13,683	-0,190	0,118	1,474	20,469
25	14 derinys	1,901	342,321	-48,889	8,303	4,193	-12,461	-122,726
29	14 derinys	2,750	413,915	-26,681	-60,615	0,451	65,360	-46,409
31	14 derinys	1,739	265,742	16,014	-0,641	0,536	3,512	40,143
54	14 derinys	1,099	235,722	-32,231	-61,978	-1,282	65,861	-69,115
57	14 derinys	3,719	494,221	-23,031	-12,575	0,325	13,028	-67,698

67	14 derinys	1,739	266,606	13,615	-0,278	-0,108	1,450	19,238
81	14 derinys	2,039	341,730	-57,588	-16,493	-0,951	19,705	-141,265
85	14 derinys	2,758	413,283	-33,568	-38,635	0,656	46,978	-88,147
95	14 derinys	1,739	266,045	11,660	-0,201	-0,456	0,920	12,759
109	14 derinys	1,114	239,510	-36,618	-44,520	-1,171	56,193	-98,583
113	14 derinys	3,709	489,772	-15,830	-34,003	0,567	37,419	-24,832
115	14 derinys	1,739	267,685	18,193	-0,465	0,090	3,033	47,408
138	14 derinys	2,093	331,334	-51,762	-32,969	-0,640	35,296	-108,360
141	14 derinys	3,720	515,217	-13,287	-10,388	0,160	12,976	-16,448
143	14 derinys	1,739	267,977	18,945	-0,421	0,079	2,966	50,010
166	14 derinys	2,106	358,352	-51,634	-6,746	0,174	7,909	-106,224
169	14 derinys	3,720	520,422	-13,111	-5,134	-0,043	8,258	-15,777
171	14 derinys	1,739	268,001	19,096	-0,416	0,060	3,020	50,523
194	14 derinys	2,106	362,573	-51,458	-2,645	-0,071	4,181	-105,819
197	14 derinys	3,720	522,355	-13,321	-6,533	-0,204	10,706	-16,764

3.9 lentelė. Atraminės reakcijos (4 metodus)

Atramu Nr.	Apkrovimo derinys	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	10,221	-13,683	273,391	-0,190	-1,474	0,118
11	14 derinys	9,936	48,889	339,512	2,775	12,46	4,193
25	14 derinys	28,260	26,681	413,915	-60,61	-65,36	0,451
29	14 derinys	19,129	-16,014	265,742	-0,641	-3,512	0,536
31	14 derinys	8,034	32,231	235,722	-61,97	-65,86	-1,282
54	14 derinys	18,288	23,031	482,865	5,774	-13,02	0,325
57	14 derinys	11,916	-13,615	266,606	-0,278	-1,450	-0,108
67	14 derinys	9,880	57,588	336,775	-7,745	-19,70	-0,951
81	14 derinys	31,924	33,568	413,283	-38,63	-46,97	0,656
85	14 derinys	23,237	-11,660	266,045	-0,201	-0,920	-0,456
95	14 derinys	9,802	36,618	239,510	-44,52	-56,19	-1,171
109	14 derinys	20,675	15,830	489,772	-34,00	-37,41	0,567
113	14 derinys	6,588	-18,193	267,685	-0,465	-3,033	0,090
115	14 derinys	7,956	51,762	331,334	-32,96	-35,29	-0,640
138	14 derinys	29,274	13,287	515,217	-10,38	-12,97	0,160
141	14 derinys	8,467	-18,945	267,977	-0,421	-2,966	0,079
143	14 derinys	7,863	51,634	358,352	-6,746	-7,909	0,174
166	14 derinys	29,157	13,111	520,422	-5,134	-8,258	-0,043
169	14 derinys	8,354	-19,096	268,001	-0,416	-3,020	0,060
171	14 derinys	7,795	51,458	362,573	-2,645	-4,181	-0,071
194	14 derinys	29,062	13,321	522,355	-6,533	-10,70	-0,204
197	14 derinys	8,322	-13,683	273,391	-0,190	-1,474	0,118

3.5.5. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal Tercagio metodą smėliniam gruntui *poliniam pamatui*

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių jėgų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.10, 3.11 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis polinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.18) formulę:

$$A_i = b_s \cdot l_s,$$

čia:

b_s – sąlyginio pamato ilgis (m);

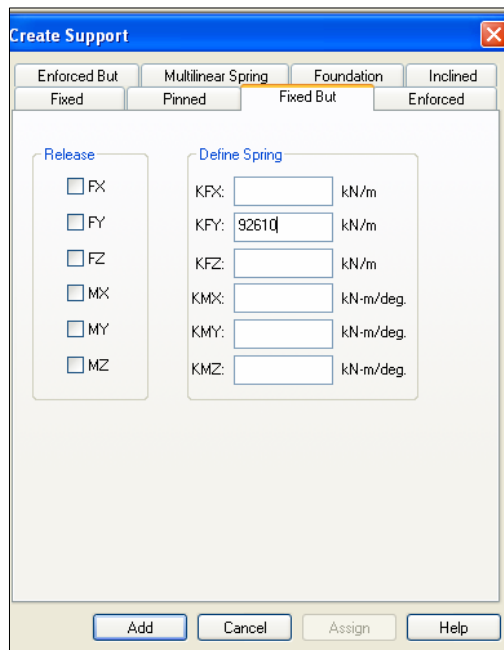
l_s – sąlyginio pamato plotis (m).

$$A_i = 2,572 \cdot 2,572 = 6,615 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 14\,000 \cdot 6,615 = 92\,610 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.24 pav.).



3.24 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (5 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.10, 3.11 lentelės).

3.10 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (5 metodas)

Atramų Nr,	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	6,282	547,591	-21,450	6,387	-0,014	-9,981	-84,292
11	14 derinys	2,914	269,303	6,263	-0,185	0,046	1,386	-12,765
25	14 derinys	3,130	323,400	-38,247	5,501	1,998	-7,638	-105,898
29	14 derinys	4,518	416,344	-29,464	-36,418	0,772	37,776	-85,316

31	14 derinys	2,856	262,596	7,548	-0,458	0,306	3,058	-2,755
54	14 derinys	1,805	178,787	-24,142	-33,880	-0,727	34,903	-66,836
57	14 derinys	6,114	552,463	-20,694	-2,213	0,347	1,161	-81,543
67	14 derinys	2,856	262,305	6,334	-0,181	-0,200	1,083	-12,411
81	14 derinys	3,343	334,043	-43,695	-2,830	-0,794	3,085	-115,795
85	14 derinys	4,530	417,018	-32,814	-25,495	0,456	31,510	-146,357
95	14 derinys	2,856	262,885	5,865	-0,051	-0,632	0,397	-13,378
109	14 derinys	1,829	181,345	-26,335	-24,458	-1,128	31,270	-79,769
113	14 derinys	6,092	547,833	-15,638	-5,135	0,624	4,646	-55,987
115	14 derinys	2,856	262,655	8,521	-0,441	0,131	3,101	1,352
138	14 derinys	3,438	325,137	-39,516	-3,885	-0,407	3,104	-95,703
141	14 derinys	6,111	558,101	-14,948	0,746	0,093	-1,284	-53,038
143	14 derinys	2,856	262,953	8,843	-0,442	0,130	3,204	3,150
166	14 derinys	3,459	332,170	-63,976	1,461	0,203	-2,358	-95,447
169	14 derinys	6,111	557,502	-14,623	0,228	0,125	-0,381	-50,922
171	14 derinys	2,856	262,894	9,054	-0,467	0,128	3,381	4,504
194	14 derinys	3,459	330,507	-39,543	0,824	0,097	-1,444	-93,497
197	14 derinys	6,111	558,241	-14,312	-0,717	0,047	0,977	-49,335

3.11 lentelė. Atraminės reakcijos (5 metodus)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	21,450	548,468	6,387	9,981	-0,014	-84,292
11	14 derinys	-6,263	271,277	-0,145	-1,386	0,046	-12,765
25	14 derinys	38,247	322,004	2,092	7,638	1,998	-105,89
29	14 derinys	29,464	416,344	-36,418	-37,77	0,772	-85,316
31	14 derinys	-7,548	262,596	-0,458	-3,058	0,306	-2,755
54	14 derinys	24,142	178,787	-33,880	-34,90	-0,727	-66,836
57	14 derinys	20,694	548,253	5,417	-1,161	0,347	-81,543
67	14 derinys	-6,334	262,305	-0,181	-1,083	-0,200	-12,411
81	14 derinys	43,695	326,352	10,022	-3,085	-0,794	-115,79
85	14 derinys	32,814	417,018	-25,495	-31,51	0,456	-103,35
95	14 derinys	-5,865	262,885	-0,051	-0,397	-0,632	-13,378
109	14 derinys	26,335	181,345	-24,458	-31,27	-1,128	-79,769
113	14 derinys	15,638	547,833	-5,135	-4,646	0,624	-55,987
115	14 derinys	-8,521	262,655	-0,441	-3,101	0,131	1,352
138	14 derinys	39,516	325,137	-3,885	-3,104	-0,407	-95,703
141	14 derinys	14,948	558,101	0,746	1,284	0,093	-53,038
143	14 derinys	-8,843	262,953	-0,442	-3,204	0,130	3,150
166	14 derinys	39,976	332,170	1,461	2,358	0,203	-95,447
169	14 derinys	14,623	557,502	0,228	0,381	0,125	-50,922
171	14 derinys	-9,054	262,894	-0,467	-3,381	0,128	4,504
194	14 derinys	39,543	330,507	0,824	1,444	0,097	-93,497
197	14 derinys	14,312	558,241	-0,717	-0,977	0,047	-49,335

3.5.6. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal Tercagio metodą moliniam gruntui *gręžtiniam pamatui*

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių įrašų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.12, 3.13 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis gręžtinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.19) formulę:

$$A_i = \pi R^2,$$

čia:

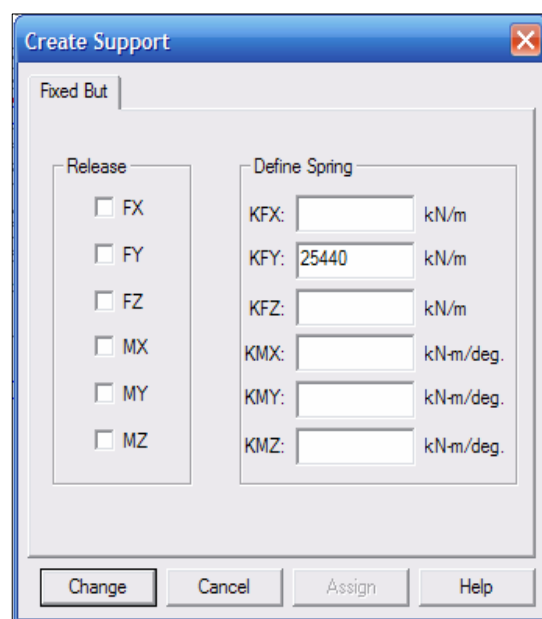
R – pamato spindulys (m).

$$A_i = 3,14 \cdot 0,45^2 = 0,636 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 40\,000 \cdot 0,636 = 25\,440 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.25 pav.).



3.25 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (6 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.12, 3.13 lentelės).

3.12 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (6 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	5,728	557,879	-21,106	4,432	-0,094	-7,285	-86,100
11	14 derinys	2,655	268,870	5,380	-0,161	0,034	1,185	-16,941

25	14 derinys	2,852	320,230	-36,915	5,405	1,738	-7,447	-103,88
29	14 derinys	4,118	415,279	-29,725	-32,921	0,788	33,913	-89,579
31	14 derinys	2,603	262,238	6,653	-0,410	0,269	2,792	-7,491
54	14 derinys	1,645	171,850	-23,283	-30,380	-0,672	31,173	-66,760
57	14 derinys	5,572	560,749	-20,404	-0,445	0,360	-1,003	-83,466
67	14 derinys	2,604	261,825	5,451	-0,139	-0,214	0,827	-16,467
81	14 derinys	3,048	334,131	-42,026	-1,152	-0,753	0,940	-112,94
85	14 derinys	4,129	416,004	-32,785	-23,309	0,444	28,807	-105,63
95	14 derinys	2,604	262,513	5,195	-0,011	-0,660	0,145	-16,692
109	14 derinys	1,667	174,339	-25,276	-21,879	-1,099	27,957	-78,246
113	14 derinys	5,553	556,551	-15,597	-1,909	0,623	1,042	-59,643
115	14 derinys	2,603	262,134	7,428	-0,407	0,123	2,878	-4,006
138	14 derinys	3,133	326,132	-38,130	-1,053	-0,381	0,064	-94,399
141	14 derinys	5,570	562,220	-15,045	1,117	0,084	-1,891	-57,111
143	14 derinys	2,603	262,395	7,723	-0,415	0,122	3,001	-2,266
166	14 derinys	3,153	328,066	-38,603	1,438	0,205	-2,390	-94,207
169	14 derinys	5,570	561,666	-14,695	0,546	0,136	-0,993	-54,844
171	14 derinys	2,603	262,356	7,948	-0,440	0,121	3,182	-0,829
194	14 derinys	3,153	326,711	-38,144	0,874	0,110	-1,591	-92,121
197	14 derinys	5,570	562,270	-14,332	-0,122	0,068	0,004	-53,033

3.13 lentelė. Atraminės reakcijos (6 metodus)

Atramu Nr.	Apkrovimo derinys	F _x , (kN)	F _y , (kN)	F _z , (kN)	M _x , (kNm)	M _y , (kNm)	M _z , (kNm)
1	14 derinys	21,106	558,755	4,432	7,285	-0,094	-86,100
11	14 derinys	-5,380	270,660	-0,002	-1,185	0,034	-16,941
25	14 derinys	36,915	318,273	1,155	7,447	1,738	-103,88
29	14 derinys	29,725	415,279	-32,921	-33,91	0,788	-89,579
31	14 derinys	-6,653	262,238	-0,410	-2,792	0,269	-7,491
54	14 derinys	23,283	171,850	-30,380	-31,17	-0,672	-66,760
57	14 derinys	20,404	558,551	4,168	1,003	0,360	-83,466
67	14 derinys	-5,451	261,825	-0,139	-0,827	-0,214	-16,467
81	14 derinys	42,026	325,576	12,996	-0,940	-0,753	-112,94
85	14 derinys	32,785	416,004	-23,309	-28,80	0,444	-105,63
95	14 derinys	-5,195	262,513	-0,011	-0,145	-0,660	-16,692
109	14 derinys	25,276	174,339	-21,879	-27,95	-1,099	-78,246
113	14 derinys	15,597	556,551	-1,909	-1,042	0,623	-59,643
115	14 derinys	-7,428	262,134	-0,407	-2,878	0,123	-4,006
138	14 derinys	38,130	326,132	-1,053	-0,064	-0,381	-94,399
141	14 derinys	15,045	562,220	1,117	1,891	0,084	-57,111
143	14 derinys	-7,723	262,395	-0,415	-3,001	0,122	-2,266
166	14 derinys	38,603	328,066	1,438	2,390	0,205	-94,207
169	14 derinys	8,339	565,929	0,859	2,084	-0,110	-71,470
171	14 derinys	7,775	264,474	-0,183	-1,631	0,018	-71,995
194	14 derinys	29,033	320,346	-0,240	-0,131	0,132	-93,347
197	14 derinys	8,310	565,927	0,737	1,972	-0,157	-71,223

3.5.7. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal pamato konstrukcijos leistinus poslinkius moliniam gruntui gręžtiniam pamatui

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių įrašų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.14, 3.15 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis gręžtinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.19) formulę:

$$A_i = \pi R^2,$$

čia:

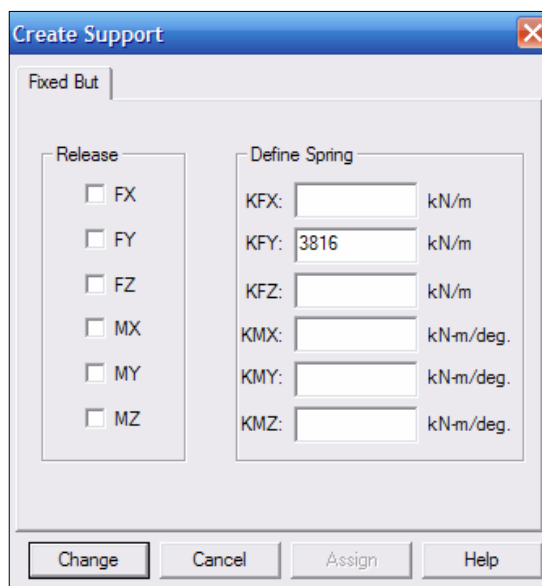
R – pamato spindulys (m).

$$A_i = 3,14 \cdot 0,45^2 = 0,636 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 6000 \cdot 0,636 = 3816 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.26 pav.).



3.26 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (7 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.14, 3.15 lentelės).

3.14 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (7 metodas)

Atramų	Apkrovimo	Nuosėdžiai,	F_x ,	F_y ,	F_z ,	M_x ,	M_y ,	M_z ,
--------	-----------	-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Nr.	derinys	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
1	14 derinys	37,912	582,733	-10,161	0,314	0,290	-0,907	-97,090
11	14 derinys	17,892	-464,386	0,505	-0,031	0,023	0,000	0,000
25	14 derinys	19,215	23,650	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
29	14 derinys	27,455	27,075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
31	14 derinys	17,355	21,829	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
54	14 derinys	10,970	914,016	18,218	-0,003	-0,007	-0,004	2,669
57	14 derinys	37,347	387,301	12,119	0,005	-0,007	-0,008	-4,474
67	14 derinys	17,358	956,980	16,684	-0,012	-0,007	0,054	-2,195
81	14 derinys	20,118	116,975	0,000	-0,091	0,000	0,000	0,000
85	14 derinys	27,526	52,075	0,000	-0,091	0,000	0,000	0,000
95	14 derinys	17,358	565,884	-11,956	0,028	0,025	-0,582	-102,45
109	14 derinys	11,116	-961,934	2,449	-0,005	-0,011	-0,023	-1,109
113	14 derinys	37,021	823,366	21,836	-0,049	-0,000	-0,162	4,021
115	14 derinys	17,355	911,942	12,612	0,012	-0,000	-0,187	-1,952
138	14 derinys	20,890	321,684	-31,919	0,706	0,003	-1,978	-117,49
141	14 derinys	37,135	322,472	-11,956	0,097	0,025	-0,469	-54,631
143	14 derinys	17,354	264,535	-9,858	0,104	0,014	-0,967	-91,081
166	14 derinys	21,021	24,280	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
169	14 derinys	37,135	38,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
171	14 derinys	17,354	19,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
194	14 derinys	21,021	956,928	13,696	-0,016	-0,022	0,059	-4,764
197	14 derinys	37,134	823,711	6,946	0,010	-0,022	-0,049	-8,194

3.15 lentelė. Atraminės reakcijos (7 metodos)

Atramu Nr.	Apkrovimo derinys	F _x , (kN)	F _y , (kN)	F _z , (kN)	M _x , (kNm)	M _y , (kNm)	M _z , (kNm)
1	14 derinys	10,161	583,610	0,314	0,907	0,290	-97,090
11	14 derinys	9,879	269,098	1,490	-0,051	0,010	-91,457
25	14 derinys	28,169	287,802	-9,952	2,679	0,040	-110,98
29	14 derinys	19,053	418,400	-2,601	-1,653	-0,090	-91,231
31	14 derinys	7,977	264,479	-0,114	-1,042	0,007	-73,978
54	14 derinys	18,189	167,172	-3,839	-4,003	0,356	-77,238
57	14 derinys	11,956	564,521	3,388	0,582	0,025	-102,45
67	14 derinys	9,879	264,536	0,052	0,499	0,011	-91,478
81	14 derinys	31,919	311,619	17,119	1,978	0,003	-117,49
85	14 derinys	23,353	419,516	-2,828	-3,138	-0,267	-121,36
95	14 derinys	9,858	264,535	0,104	0,967	0,014	-91,081
109	14 derinys	20,732	169,418	-1,843	-1,350	-0,018	-98,428
113	14 derinys	6,544	564,199	0,964	2,140	-0,142	-67,780
115	14 derinys	7,906	264,478	-0,130	-1,160	0,012	-73,214
138	14 derinys	29,202	318,353	-0,333	-0,289	0,316	-94,776
141	14 derinys	8,426	565,933	0,940	2,108	-0,130	-72,231
143	14 derinys	7,815	264,475	-0,142	-1,270	0,014	-72,371
166	14 derinys	29,088	320,349	-0,342	-0,331	0,237	-93,806
169	14 derinys	8,316	565,928	0,878	2,049	-0,116	-71,270
171	14 derinys	7,749	264,473	-0,155	-1,384	0,016	-71,757
194	14 derinys	28,996	320,345	-0,311	-0,336	0,130	-93,041
197	14 derinys	8,291	565,926	0,755	1,936	-0,166	-71,056

3.5.8. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo pagal pamato konstrukcijos leistinus poslinkius smėliniam gruntui *poliniam pamatui*

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių jėgų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.16, 3.17 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis polinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.18) formulę:

$$A_i = b_s \cdot l_s,$$

čia:

b_s – sąlyginio pamato ilgis (m);

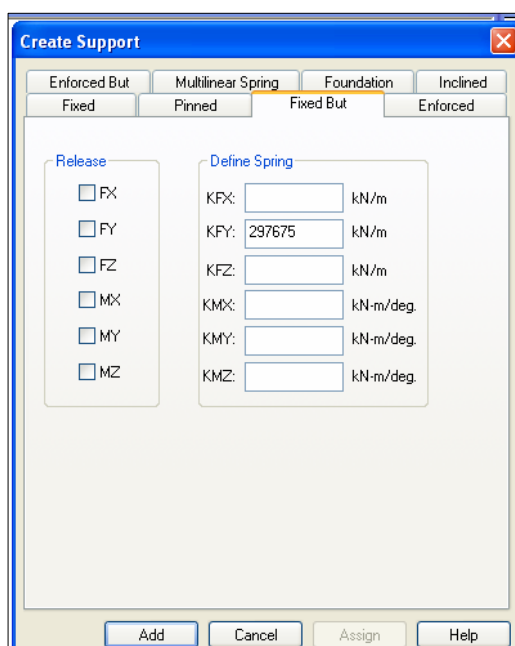
l_s – sąlyginio pamato plotis (m).

$$A_i = 2,572 \cdot 2,572 = 6,615 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 45\,000 \cdot 6,615 = 297\,675 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.27 pav.).



3.27 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (8 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami

rezultatai (3.16, 3.17 lentelės).

3.16 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (8 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F _x , (kN)	F _y , (kN)	F _z , (kN)	M _x , (kNm)	M _y , (kNm)	M _z , (kNm)
1	14 derinys	1,958	453,943	-25,281	17,389	1,326	-26,659	-63,466
11	14 derinys	0,905	273,245	18,392	-0,159	0,140	1,196	38,917
25	14 derinys	0,970	357,673	-55,669	11,179	5,598	-17,290	-135,738
29	14 derinys	1,406	407,332	-24,525	-74,541	0,094	82,755	-23,281
31	14 derinys	0,888	267,806	21,686	-0,782	0,604	3,654	65,781
54	14 derinys	0,562	270,690	-37,834	-79,306	-1,721	85,869	-73,903
57	14 derinys	1,899	463,124	-24,317	-17,436	0,323	18,680	-61,810
67	14 derinys	0,889	269,702	18,170	-0,287	-0,072	1,287	36,316
81	14 derinys	1,044	353,426	-66,397	-23,530	-1,006	27,704	-159,904
85	14 derinys	1,409	405,442	-33,823	-44,746	0,803	54,260	-81,272
95	14 derinys	0,889	268,019	15,445	-0,354	-0,412	1,192	26,751
109	14 derinys	0,569	273,535	-43,558	-55,136	-1,140	68,839	-114,217
113	14 derinys	1,895	461,635	-15,879	-55,238	0,452	62,736	-8,656
115	14 derinys	0,888	271,286	24,284	-0,447	-0,002	2,667	73,407
138	14 derinys	1,069	342,621	-59,799	-55,227	-0,818	60,678	-119,922
141	14 derinys	1,901	487,122	-11,752	-25,069	0,181	31,583	3,957
143	14 derinys	0,888	271,457	25,378	-0,372	-0,020	2,482	76,323
166	14 derinys	1,076	371,257	-58,946	-19,167	0,139	23,040	-115,839
169	14 derinys	1,901	495,538	-11,447	-13,702	-0,199	20,762	4,003
171	14 derinys	0,888	271,640	25,570	-0,346	-0,053	2,449	76,187
194	14 derinys	1,076	379,564	-58,814	-9,273	-0,215	13,455	-116,315
197	14 derinys	1,901	498,387	-11,981	-12,145	-0,424	20,563	0,963

3.17 lentelė. Atraminės reakcijos (8 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	F _x , (kN)	F _y , (kN)	F _z , (kN)	M _x , (kNm)	M _y , (kNm)	M _z , (kNm)
1	14 derinys	25,281	454,021	16,191	26,65	1,326	-63,466
11	14 derinys	-18,392	275,150	-0,074	-1,196	0,140	38,917
25	14 derinys	55,669	347,338	-5,641	17,29	5,598	-135,73
29	14 derinys	24,525	407,332	-74,541	-82,75	0,094	-23,281
31	14 derinys	-21,686	267,806	-0,782	-3,654	0,604	65,781
54	14 derinys	37,834	270,690	-79,306	-85,86	-1,721	-73,903
57	14 derinys	24,317	452,970	-0,891	-18,68	0,323	-61,810
67	14 derinys	-18,170	269,702	-0,287	-1,287	-0,072	36,316
81	14 derinys	66,397	344,978	-9,543	-27,70	-1,006	-159,90
85	14 derinys	33,823	405,442	-44,746	-54,26	0,803	-81,272
95	14 derinys	-15,445	268,019	-0,354	-1,192	-0,412	26,751
109	14 derinys	43,558	273,535	-55,136	-68,83	-1,140	-114,21
113	14 derinys	15,879	461,635	-55,238	-62,73	0,452	-8,656
115	14 derinys	-24,284	271,286	-0,447	-2,667	-0,002	73,407
138	14 derinys	59,799	342,621	-55,227	-60,67	-0,818	-119,92
141	14 derinys	11,752	487,122	-25,069	-31,58	0,181	3,957
143	14 derinys	-25,378	271,457	-0,372	-2,482	-0,020	76,323

166	14 derinys	58,946	371,257	-19,167	-23,04	0,139	-115,83
169	14 derinys	11,447	495,538	-13,702	-20,76	-0,199	4,003
171	14 derinys	-25,570	271,640	-0,346	-2,449	-0,053	76,187
194	14 derinys	58,814	379,564	-9,273	-13,45	-0,215	-116,31
197	14 derinys	11,981	498,387	-12,145	-20,56	-0,424	0,963

3.5.9. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo įvertinant kūginį stiprumą smėliniam gruntui poliniam pamatui

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių įrašų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.18, 3.19 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis polinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.18) formulę:

$$A_i = b_s \cdot l_s,$$

čia:

b_s – sąlyginio pamato ilgis (m);

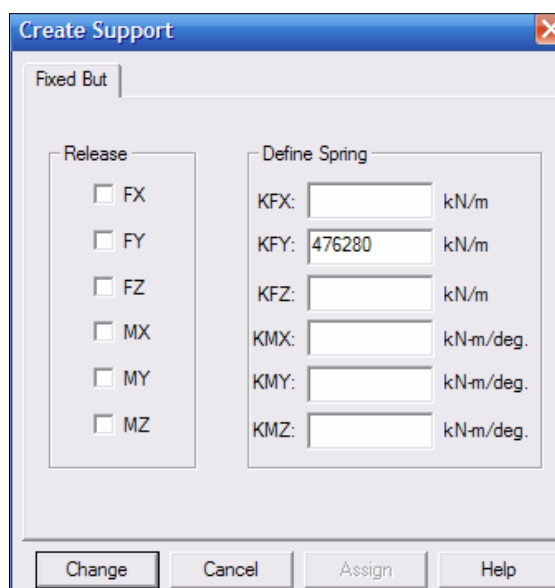
l_s – sąlyginio pamato plotis (m).

$$A_i = 2,572 \cdot 2,572 = 6,615 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 72\,000 \cdot 6,615 = 476\,280 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.28 pav.).



3.28 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (9 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.18, 3.19 lentelės).

3.18 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (9 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	1,236	437,236	-25,995	17,432	1,669	-26,522	-61,346
11	14 derinys	0,555	274,585	21,362	-0,139	0,131	1,003	48,552
25	14 derinys	0,626	366,646	-60,053	12,727	6,454	-19,497	-145,992
29	14 derinys	0,864	402,757	-22,857	-84,043	-0,200	95,566	-10,701
31	14 derinys	0,549	269,181	25,303	-0,931	0,594	3,919	79,660
54	14 derinys	0,329	292,411	-41,469	-90,980	-2,041	100,235	-79,287
57	14 derinys	1,215	444,960	-24,937	-20,666	0,297	23,077	-59,964
67	14 derinys	0,548	271,901	21,051	-0,296	-0,069	1,171	45,110
81	14 derinys	0,698	361,076	-71,982	-27,854	-1,050	33,092	-173,496
85	14 derinys	0,865	399,522	-33,590	-48,554	0,865	59,413	-78,118
95	14 derinys	0,549	269,199	17,925	-0,566	-0,429	1,689	33,876
109	14 derinys	0,334	293,404	-47,934	-61,458	-1,136	76,820	-125,699
113	14 derinys	1,213	446,262	-15,756	-70,974	0,335	82,284	-1,325
115	14 derinys	0,548	273,766	28,034	-0,456	-0,092	2,489	86,877
138	14 derinys	0,693	351,152	-64,911	-71,570	-0,953	80,105	-129,739
141	14 derinys	1,195	470,099	-10,555	-37,992	0,174	48,337	13,948
143	14 derinys	0,548	273,871	29,357	-0,347	-0,117	2,186	89,834
166	14 derinys	0,667	378,466	-63,537	-30,697	0,101	37,508	-124,406
169	14 derinys	1,198	479,558	-10,053	-22,141	-0,320	33,053	13,766
171	14 derinys	0,549	274,169	29,604	-0,310	-0,158	2,108	89,214
194	14 derinys	0,670	388,305	-63,356	-16,506	-0,320	23,589	-125,328
197	14 derinys	1,199	482,727	-10,763	-17,019	-0,596	29,455	9,295

3.19 lentelė. Atraminės reakcijos (9 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	25,995	437,102	15,915	26,522	1,669	-61,346
11	14 derinys	-21,362	276,360	0,030	-1,003	0,131	48,552
25	14 derinys	60,053	352,010	-10,543	19,497	6,454	-145,99
29	14 derinys	22,857	402,757	-84,043	-95,56	-0,200	-10,701
31	14 derinys	-25,303	269,181	-0,931	-3,919	0,594	79,660
54	14 derinys	41,469	292,411	-90,980	-100,2	-2,041	-79,287
57	14 derinys	24,937	436,378	-6,477	-23,07	0,297	-59,964
67	14 derinys	-21,051	271,901	-0,296	-1,171	-0,069	45,110
81	14 derinys	71,982	350,229	-10,268	-33,09	-1,050	-173,49
85	14 derinys	33,590	399,522	-48,554	-59,41	0,865	-78,118
95	14 derinys	-17,925	269,199	-0,566	-1,68	-0,429	33,876
109	14 derinys	47,934	293,404	-61,458	-76,82	-1,136	-125,69
113	14 derinys	15,756	446,262	-70,974	-82,28	0,335	-1,325
115	14 derinys	-28,034	273,766	-0,456	-2,489	-0,092	86,877

138	14 derinys	64,911	351,152	-71,570	-80,10	-0,953	-129,73
141	14 derinys	10,555	470,099	-37,992	-48,33	0,174	13,948
143	14 derinys	-29,357	273,871	-0,347	-2,186	-0,117	89,834
166	14 derinys	63,537	378,466	-30,697	-37,50	0,101	-124,40
169	14 derinys	10,053	479,558	-22,141	-33,05	-0,320	13,766
171	14 derinys	-29,604	274,169	-0,310	-2,108	-0,158	89,214
194	14 derinys	63,356	388,305	-16,506	-23,58	-0,320	-125,32
197	14 derinys	10,763	482,727	-17,019	-29,45	-0,596	9,295

3.5.10. Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo įvertinant kūginį stiprumą moliniam gruntui gręžtiniam pamatui

Šiame skyriuje pateikiamos analizės apskaičiuotos nuosėdžių ir konstrukcijos mazgus veikiančių įrašų bei atraminių reakcijų reikšmės (3.20, 3.21 lentelės).

Spyruoklių standis (y ašies atžvilgiu) apskaičiuojamas pagal (1.16) formulę:

$$k_{iy} = C_{iy} \cdot A_i.$$

Sąlyginis gręžtinio pamato pado plotas apskaičiuojamas pagal (3.19) formulę:

$$A_i = \pi R^2,$$

čia:

R – pamato spindulys (m).

$$A_i = 3,14 \cdot 0,45^2 = 0,636 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Spyruoklių standis lygus:

$$k_y = 10\,000 \cdot 0,636 = 6360 \text{ (kN / m)}.$$

Programos *STAAD.Pro 2005* kompiuterinėje terpėje priskiriamas apskaičiuotas spyruoklių standis (3.29 pav.).

3.29 pav. Spyruoklių priskyrimas konstrukcijai (10 metodas)

Priskyrus konstrukciją ant tampriojo pagrindo atliekama daugiakartinė analizė ir gaunami rezultatai (3.20, 3.21 lentelės).

3.20 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (10 metodas)

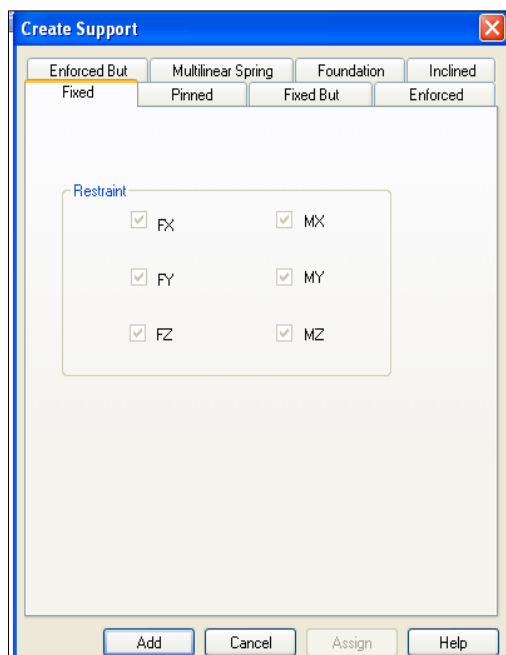
Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	19,073	577,042	-20,483	0,742	-0,196	-2,153	-88,565
11	14 derinys	8,959	266,390	4,051	-0,105	0,021	0,729	-23,271
25	14 derinys	10,393	312,010	-34,783	5,667	1,347	-7,852	-100,495
29	14 derinys	13,785	412,795	-30,044	-27,143	0,798	27,595	-95,534
31	14 derinys	8,728	261,704	5,383	-0,303	0,200	2,126	-14,251
54	14 derinys	5,464	161,158	-22,009	-24,897	-0,592	25,396	-66,524
57	14 derinys	19,013	573,590	-19,962	2,450	0,414	-4,469	-86,572
67	14 derinys	8,709	261,099	4,076	-0,051	-0,231	0,275	-22,852
81	14 derinys	10,867	336,661	-39,450	1,458	-0,653	-2,568	-108,625
85	14 derinys	13,807	413,441	-32,875	-19,689	0,454	24,402	-109,795
95	14 derinys	8,736	261,938	4,144	0,073	-0,706	-0,399	-22,059
109	14 derinys	5,549	163,773	-23,832	-17,799	-1,018	22,539	-76,665
113	14 derinys	18,907	571,150	-15,477	2,875	0,619	-4,260	-64,807
115	14 derinys	8,719	261,390	5,826	-0,316	0,093	2,254	-11,838
138	14 derinys	10,932	328,766	-36,022	2,915	-0,339	-4,129	-92,249
141	14 derinys	18,876	567,477	-15,086	1,218	0,071	-2,278	-62,743
143	14 derinys	8,726	261,567	6,104	-0,332	0,089	2,393	-10,115
166	14 derinys	10,763	320,946	-36,497	0,970	0,209	-1,907	-92,076
169	14 derinys	18,880	568,063	-14,705	1,036	0,148	-1,888	-60,275
171	14 derinys	8,726	261,583	6,352	-0,355	0,085	2,557	-8,554
194	14 derinys	10,753	321,229	-36,008	0,925	0,129	-1,718	-89,815
197	14 derinys	18,893	568,333	-14,263	0,694	0,098	-1,338	-58,132

3.21 lentelė. Atraminės reakcijos (10 metodus)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	20,483	577,919	0,742	2,153	-0,196	-88,565
11	14 derinys	-4,051	267,218	0,678	-0,729	0,021	-23,271
25	14 derinys	34,783	308,149	-1,439	7,852	1,347	-100,49
29	14 derinys	30,044	412,795	-27,143	-27,59	0,798	-95,534
31	14 derinys	-5,383	261,704	-0,303	-2,126	0,200	-14,251
54	14 derinys	22,009	161,158	-24,897	-25,39	-0,592	-66,524
57	14 derinys	19,962	573,935	3,249	4,469	0,414	-86,572
67	14 derinys	-4,076	261,099	-0,051	-0,275	-0,231	-22,852
81	14 derinys	39,450	327,180	16,995	2,568	-0,653	-108,62
85	14 derinys	32,875	413,441	-19,689	-24,40	0,454	-109,79
95	14 derinys	-4,144	261,938	0,073	0,399	-0,706	-22,059
109	14 derinys	23,832	163,773	-17,799	-22,53	-1,018	-76,665
113	14 derinys	15,477	571,150	2,875	4,260	0,619	-64,807
115	14 derinys	-5,826	261,390	-0,316	-2,254	0,093	-11,838
138	14 derinys	36,022	328,766	2,915	4,129	-0,339	-92,249
141	14 derinys	15,086	567,477	1,218	2,278	0,071	-62,743
143	14 derinys	-6,104	261,567	-0,332	-2,393	0,089	-10,115
166	14 derinys	36,497	320,946	0,970	1,907	0,209	-92,076
169	14 derinys	14,705	568,063	1,036	1,888	0,148	-60,275
171	14 derinys	-6,352	261,583	-0,355	-2,557	0,085	-8,554
194	14 derinys	36,008	321,229	0,925	1,718	0,129	-89,815
197	14 derinys	14,263	568,333	0,694	1,338	0,098	-58,132

3.5.11. Pastato skaičiavimas, kai modeliuojamos *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*)

Programoje modeliuojamos standžios atramos (angl. *Fixed*) (3.30 pav.).



3.30 pav. Standžiųjų atramų modeliavimas (11 metodas)

3.22 lentelė. Nuosėdžių ir įrašų veikiančių konstrukcijos mazgus reikšmės (11 metodas)

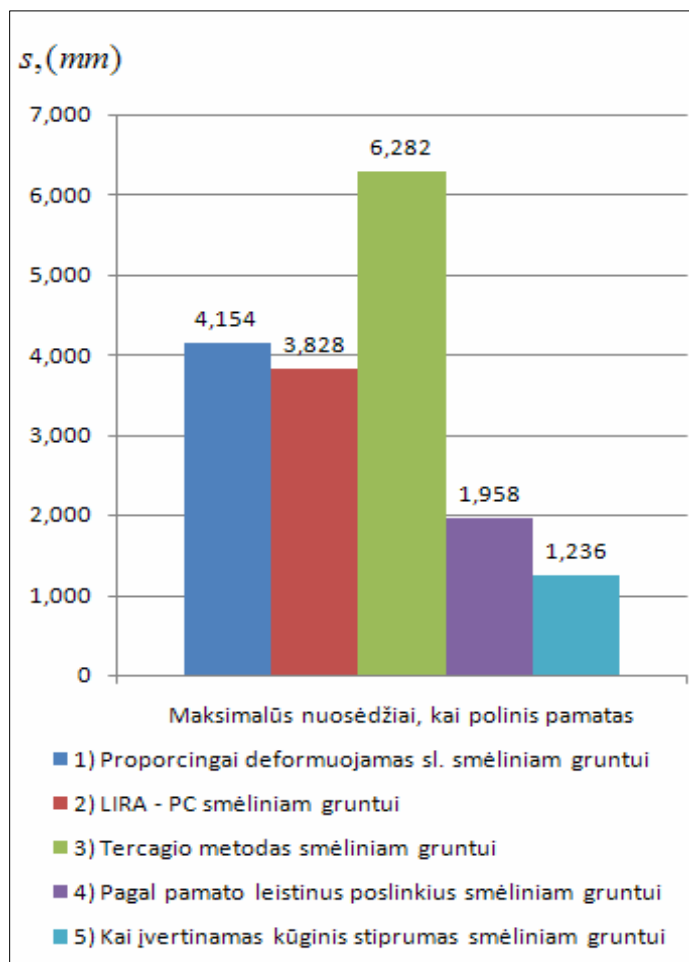
Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	Nuosėdžiai, (mm)	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
1	14 derinys	0,000	416,476	-26,517	16,112	2,069	-22,774	-62,685
11	14 derinys	0,000	276,582	25,291	-0,111	0,060	0,783	56,888
25	14 derinys	0,000	376,727	-66,063	13,891	7,489	-19,863	-164,008
29	14 derinys	0,000	397,084	-19,703	-98,894	-0,716	117,411	2,397
31	14 derinys	0,000	271,291	30,305	-1,293	0,471	4,823	93,337
54	14 derinys	0,000	320,744	-46,374	-108,273	-2,541	123,407	-91,141
57	14 derinys	0,000	422,764	-25,287	-26,210	0,218	32,316	-61,516
67	14 derinys	0,000	275,286	24,887	-0,352	-0,114	1,182	52,388
81	14 derinys	0,000	371,145	-79,402	-33,961	-1,119	42,129	-195,431
85	14 derinys	0,000	390,769	-32,378	-54,461	0,881	69,130	-76,556
95	14 derinys	0,000	270,526	21,422	-1,202	-0,539	3,454	39,486
109	14 derinys	0,000	317,502	-53,720	-69,897	-1,162	88,877	-144,544
113	14 derinys	0,000	428,338	-15,021	-96,534	0,087	115,684	3,141
115	14 derinys	0,000	277,540	32,976	-0,541	-0,279	2,526	98,984
138	14 derinys	0,000	363,317	-71,741	-97,178	-1,186	112,270	-147,878
141	14 derinys	0,000	448,490	-8,431	-60,866	0,113	79,203	21,484
143	14 derinys	0,000	277,619	34,601	-0,338	-0,321	1,924	101,696
166	14 derinys	0,000	386,706	-69,720	-51,623	0,011	64,954	-141,297
169	14 derinys	0,000	457,928	-7,592	-38,136	-0,539	57,110	20,940
171	14 derinys	0,000	278,067	34,930	-0,293	-0,372	1,809	100,210
194	14 derinys	0,000	396,927	-69,424	-30,888	-0,494	44,464	-142,861
197	14 derinys	0,000	460,941	-8,626	-25,843	-0,913	46,546	13,903

3.23 lentelė. Atraminės reakcijos (11 metodas)

Atramų Nr.	Apkrovimo derinys	F_x , (kN)	F_y , (kN)	F_z , (kN)	M_x , (kNm)	M_y , (kNm)	M_z , (kNm)
------------	-------------------	--------------	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------

1	14 derinys	26,517	416,026	14,121	22,774	2,069	-62,685
11	14 derinys	-25,291	278,285	0,105	-0,783	0,060	56,888
25	14 derinys	66,063	357,602	-16,113	19,863	7,489	-164,00
29	14 derinys	19,703	397,084	-98,894	-117,4	-0,716	2,397
31	14 derinys	-30,305	271,291	-1,293	-4,823	0,471	93,337
54	14 derinys	46,374	320,744	-108,273	-123,4	-2,541	-91,141
57	14 derinys	25,287	415,956	-14,683	-32,31	0,218	-61,516
67	14 derinys	-24,887	275,286	-0,352	-1,182	-0,114	52,388
81	14 derinys	79,402	356,817	-11,154	-42,12	-1,119	-195,43
85	14 derinys	32,378	390,769	-54,461	-69,13	0,881	-76,556
95	14 derinys	-21,422	270,526	-1,202	-3,454	-0,539	39,486
109	14 derinys	53,720	317,502	-69,897	-88,87	-1,162	-144,54
113	14 derinys	15,021	428,338	-96,534	-115,6	0,087	3,141
115	14 derinys	-32,976	277,540	-0,541	-2,526	-0,279	98,984
138	14 derinys	71,741	363,317	-97,178	-112,2	-1,186	-147,87
141	14 derinys	8,431	448,490	-60,866	-79,20	0,113	21,484
143	14 derinys	-34,601	277,619	-0,338	-1,924	-0,321	101,696
166	14 derinys	69,720	386,706	-51,623	-64,95	0,011	-141,29
169	14 derinys	7,592	457,928	-38,136	-57,11	-0,539	20,940
171	14 derinys	-34,930	278,067	-0,293	-1,809	-0,372	100,210
194	14 derinys	69,424	396,927	-30,888	-44,46	-0,494	-142,86
197	14 derinys	8,626	460,941	-25,843	-46,54	-0,913	13,903

Maksimalios nuosėdžių reikšmės (s_{max}) nuo skirtingų įvertinimo metodų *poliniam pamatui* pavaizduotos 3.31 paveiksle. Pagal kiekvieną įvertinimo metodą nuosėdžių maksimalios (s_{max}) reikšmės gaunamos skirtingos, kadangi buvo apskaičiuotos skirtingos pagrindo standumo modulio reikšmės (C_z), kurios pavaizduotos 3.11 paveiksle.



3.31 pav. Maksimalūs nuosėdžiai pagal skirtingus pagrindo modelius poliniam pamatui

Didžiausia maksimalių nuosėdžių reikšmė (s_{max}) gaunama pagal Tercagio metodą smėliniam gruntui poliniam pamatui – 6,282 (mm). Mažiausia maksimalių nuosėdžių reikšmė (s_{max}) gaunama įvertinant kūginį stiprumą smėliniam gruntui poliniam pamatui – 1,236 (mm). Taigi (s_{max}) reikšmių intervalas kinta: [1,236; 6,282] (mm).

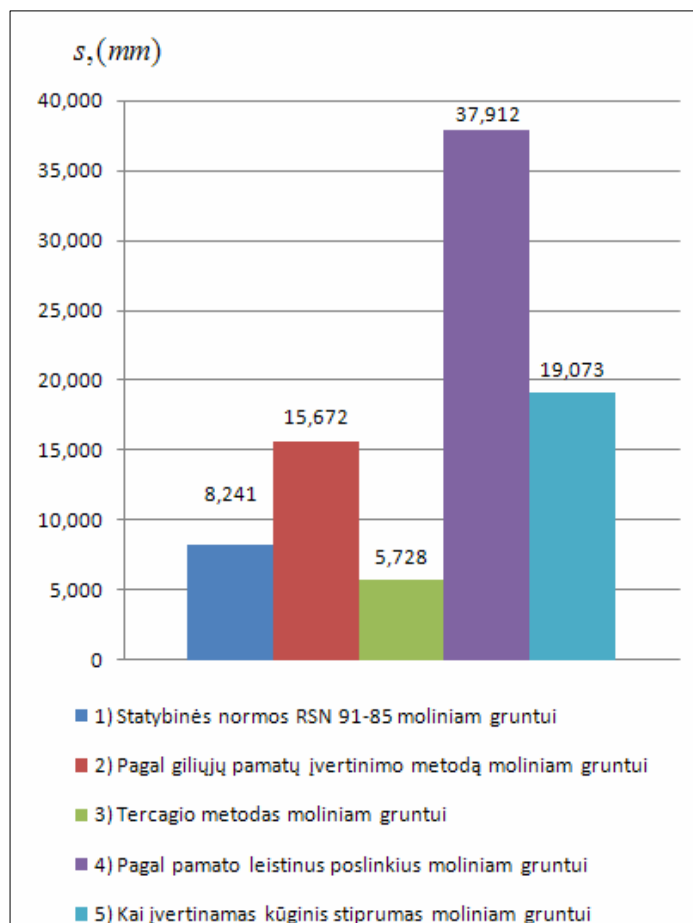
Turi būti įvykdyta sąlyga pagal (3.14) formulę (s_u parenkama iš [27] 7.2 lentelės, atsižvelgiant, koks pastato tipas – pramoninis civilinis vienaaukštis karkasinis pastatas iš g/b ir plieno):

$$s \leq s_u,$$

$$s = 0,6282 \text{ (cm)} \leq 0,5 \cdot s_u = 0,5 \cdot 8 = 4,0 \text{ (cm)}.$$

Sąlyga įvykdyta. Nuosėdžių reikšmės neviršija ribinės reikšmės ($s_u = 4,0 \text{ cm}$).

Atlikus analizę gaunami konstrukcijos maksimalūs (s_{max}) nuosėdžiai gręžtiniam pamatui. Maksimalios nuosėdžių reikšmės pavaizduotos 3.32 paveiksle. Pagal kiekvieną įvertinimo metodą nuosėdžių maksimalios (s_{max}) reikšmės gaunamos skirtingos, kadangi buvo apskaičiuotos skirtingos pagrindo standumo modulio reikšmės (C_z), kurios pavaizduotos 3.12 paveiksle.



3.32 pav. Maksimalūs nuosėdžiai pagal skirtingus deformuojamojo pagrindo modelius *gręžtiniam pamatui*

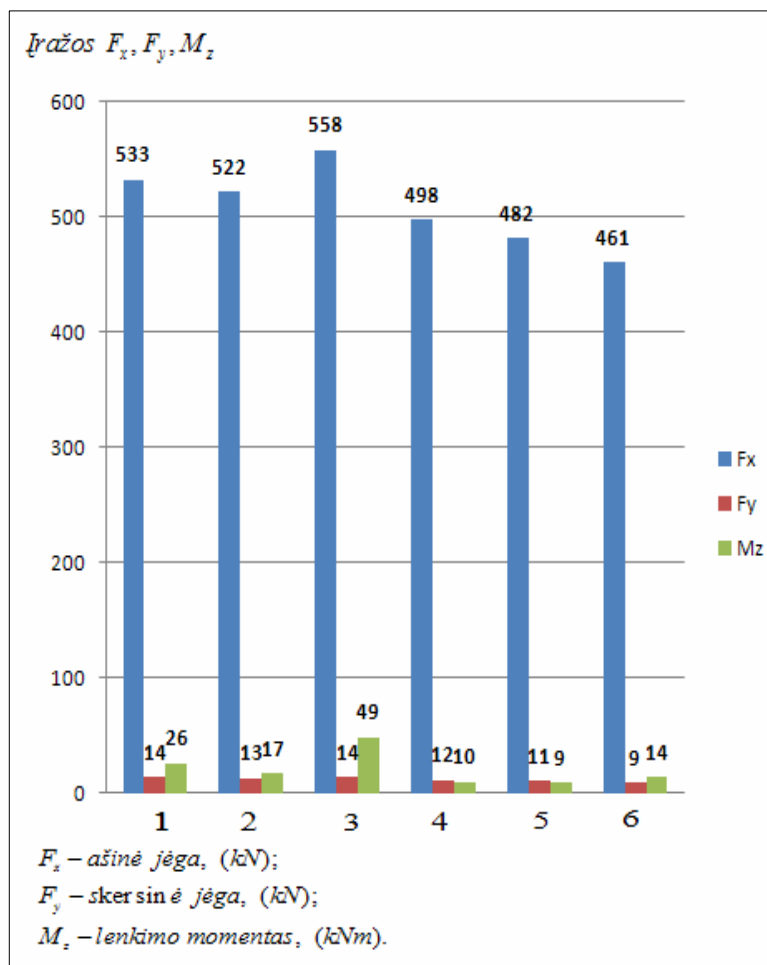
Didžiausia maksimalių nuosėdžių reikšmė (s_{max}) gaunama *pagal gręžtinio pamato leistinus poslinkius moliniam gruntui* – 37,912 (mm). Mažiausia maksimalių nuosėdžių reikšmė (s_{max}) gaunama *pagal Tercagio metodą moliniam gruntui gręžtiniam pamatui* – 5,728 (mm). Taigi (s_{max}) reikšmių intervalas kinta: [5,728; 37,912] (mm).

Turi būti įvykdyta sąlyga pagal (3.14) formulę (s_u parenkama iš [27] 7.2 lentelės, atsižvelgiant, koks pastato tipas – *pramoninis civilinis vienaaukštis karkasinis pastatas iš g/b ir plieno*):

$$s \leq s_u,$$

$$s = 3,79 \text{ (cm)} \leq 0,5 \cdot s_u = 0,5 \cdot 8 = 4,0 \text{ (cm)}.$$

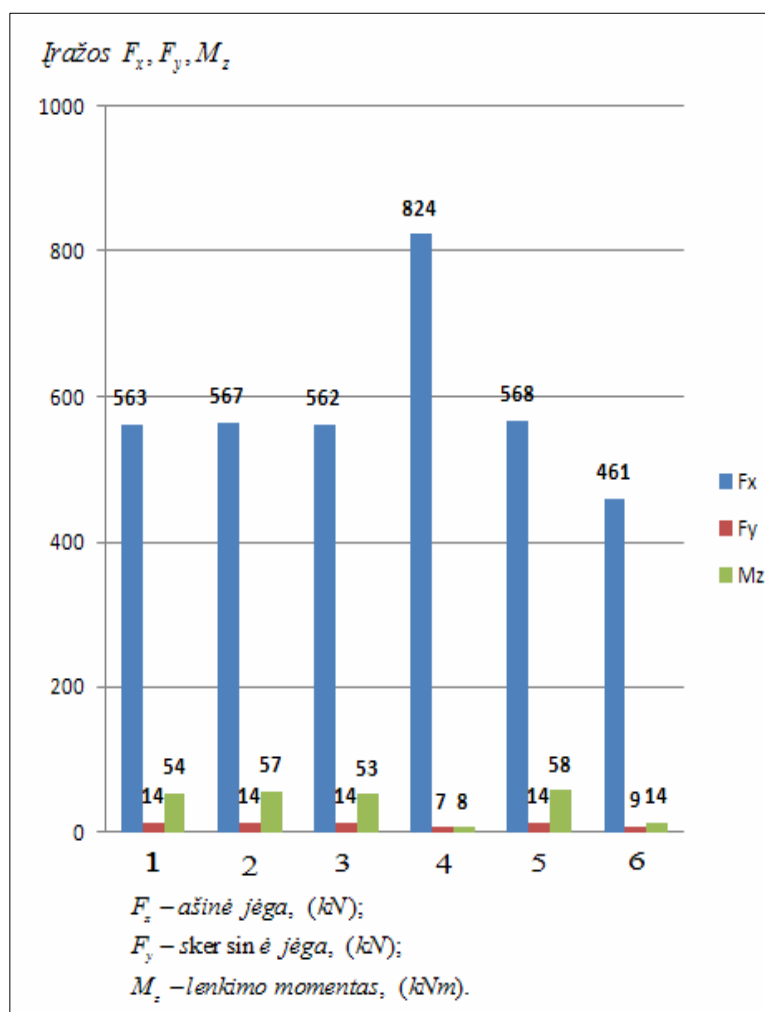
Sąlyga įvykdyta. Nuosėdžių reikšmės neviršija ribinės reikšmės ($s_u = 4,0$ cm).



3.33 pav. Konstrukcijos 197 mazgo įrašos pagal skirtingus deformuojamojo pagrindo modelius *poliniam pamatui*

1 – proporcingai def. sluoksniui; 2 – LIRA – PC; 3 – Tercagio metodas; 4 – pagal leistinus poslinkius; 5 – įvertinant kūginį stiprumą; 6 – standžioji atrama

Atlikus analizę pagal skirtingus pagrindo standumo įvertinimo metodus gaunamos konstrukciją veikiančios įrašos ($F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$) *poliniam pamatui* (3.2, 3.8, 3.10, 3.16, 3.18 lentelės). Tam, kad pamatyti kaip kinta konstrukcijos įrašos pagal skirtingus standumo įvertinimo metodus, parenkamas vienas mazgas (197), kuriame veikia didžiausia ašinė jėga. 197 konstrukcijos mazgo įrašų (F_x, F_y, M_z) reikšmės pavaizduotos 3.33 paveiksle – konstrukcijos mazgą veikia maksimali ašinė jėga. Pagal kiekvieną įvertinimo metodą konstrukcijos įrašų reikšmės gaunamos skirtingos, kadangi buvo apskaičiuotos skirtingos pagrindo standumo modulio reikšmės (C_z), kurios pavaizduotos 3.11 paveiksle. Ašinių jėgų (F_x) intervalas [461; 558] (kN), skersinių jėgų (F_y) intervalas [9; 14] (kN), lenkimo momentų (M_z) intervalas [14; 49] (kNm). Konstrukcijos ašinė jėga pagal 3 metodą (3.33 pav.) (F_x) lyginant su 6 metodu neįvertinant – *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*) padidėja 21 %, skersinė jėga (F_y) padidėja, bet neviršija 20 (kN) ribos ir lenkimo momentas (M_z) padidėja, tačiau jis neviršija 50 (kNm) ribos.



3.34 pav. Maksimalios konstrukcijos įrašos pagal skirtingus deformuojamojo pagrindo modelius *gręžtiniam pamatui*

1 – RSN 91 – 85 ; 2 – giliųjų pamatų metodas; 3 – Tercagio metodas; 4 – pagal leistinus poslinkius; 5 – įvertinant kūginį stiprumą; 6 – standžioji atrama

Atlikus analizę pagal skirtingus pagrindo standumo įvertinimo metodus gaunamos konstrukciją veikiančios įrašos ($F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$) *gręžtiniam pamatui* (3.4, 3.6, 3.12, 3.14, 3.20 lentelės). Tam, kad pamatyti kaip kinta konstrukcijos įrašos pagal skirtingus standumo įvertinimo metodus, parenkamas vienas mazgas (197), kuriame veikia didžiausia ašinė jėga. 197 konstrukcijos mazgo įrašų (F_x, F_y, M_z) reikšmės pavaizduotos 3.34 paveiksle – konstrukcijos mazgą veikia maksimali ašinė jėga. Pagal kiekvieną įvertinimo metodą konstrukcijos įrašų reikšmės gaunamos skirtingos, kadangi buvo apskaičiuotos skirtingos pagrindo standumo modulio reikšmės (C_z), kurios pavaizduotos 3.12 paveiksle. Ašinių jėgų (F_x) intervalas [461; 824] (kN), skersinių jėgų (F_y) intervalas [9; 14] (kN), lenkimo momentų (M_z) intervalas [14; 58] (kNm). Konstrukcijos ašinė jėga pagal 4 metodą (3.34 pav.) (F_x) lyginant su 6 metodu neįvertinant – *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*) padidėja 1,8 karto, skersinė jėga (F_y) sumažėja 2 (kN) ir lenkimo momentas (M_z) padidėja iki

60 (kNm).

Išvados ir pasiūlymai

1. Pagrindo standumo modulio reikšmės (C_z) pagal 5 skirtingus standumo įvertinimo metodus *smėliniam gruntui* (smėlis smulkus tankus – $q_c = 18$ MPa), kai *polinis pamatas* kinta nuo 14 000 iki 72 000 (kN/m³). Taigi šio pokyčio maksimali reikšmė yra 5 kartais didesnė už minimalią reikšmę (3.11 pav.). Pagrindo standumo modulio reikšmės (C_z) pagal 5 skirtingus standumo įvertinimo metodus *moliniam gruntui* (priemolis moreninis kietai plastingas – $q_c = 2,5$ MPa), kai *gręžtinis pamatas* kinta nuo 6000 iki 40 000 (kN/m³). Taigi šio pokyčio maksimali reikšmė yra beveik 7 kartais didesnė už minimalią reikšmę (3.12 pav.). Toks standumo reikšmių pokytis paaiškinamas taip: grunto standumas priklauso nuo pamato tipo, jo formos bei grunto, ant kurio projektuojamas pamatas.

2. Atlikus pastato analizę ant tampriojo pagrindo (*Vinklerio modelis*) su kompiuterine programa *STAAD.Pro 2005* pagal 10 skirtingų pagrindo standumą įvertinančių metodų ir nevertinant pagrindo standumo *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*), gaunami maksimalūs nuosėdžiai pagal kiekvieną standumo įvertinimo metodą, kurie kinta *smėliniam gruntui poliniam pamatui* nuo 1,236 iki 6,282 (mm), o *moliniam gruntui gręžtiniam pamatui* nuo 5,728 iki 37,912 (mm). Tai neviršija leistinos nuosėdžių ribos ($s_u = 4,0$ cm).

3. Atlikus pastato analizę ant tampriojo pagrindo (*Vinklerio modelis*) su kompiuterine programa *STAAD.Pro 2005* pagal 10 skirtingų pagrindo standumą įvertinančių metodų ir nevertinant pagrindo standumo *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*), gaunamos konstrukciją veikiančios įrašos. Tam, kad pamatyti kaip kinta konstrukcijos įrašos pagal skirtingus standumo įvertinimo metodus, parenkamas vienas mazgas (197), kuriame yra didžiausias įrašų pokytis. Ašinių jėgų (F_x) intervalas [461; 558] (kN), skersinių jėgų (F_y) intervalas [9; 14] (kN), lenkimo momentų (M_z) intervalas [14; 49] (kN) (*kai poliniai pamatai*). Konstrukcijos ašinė jėga pagal 3 metodą (3.33 pav.) (F_x) lyginant su 6 metodu neįvertinant *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*), padidėja 21 %, skersinė jėga (F_y) padidėja, bet neviršija 20 (kN) ribos ir lenkimo momentas (M_z) padidėja, tačiau jis neviršija 50 (kNm) ribos. Ašinių jėgų (F_x) intervalas [461; 824] (kN), skersinių jėgų (F_y) intervalas [9; 14] (kN), lenkimo momentų (M_z) intervalas [14; 58] (kNm) (*kai gręžtiniai pamatai*). Konstrukcijos ašinė jėga pagal 4 metodą (3.34 pav.) (F_x) lyginant su 6 metodu neįvertinant *standžiosios atramos* (angl. *Fixed*), padidėja 1,8 karto, skersinė jėga (F_y) sumažėja 2 (kN) ir lenkimo momentas (M_z) padidėja iki 60 (kNm).

4. Pamatams ant deformuojamųjų pagrindų įrengti skiriama daug lėšų, todėl šiek tiek patikslinus skaičiavimus ir giliau pažvelgus į tradicinius pastatų pamatų projektavimo metodus galima ne tik atpiginti statybą ir sutaupyti statybinių medžiagų, bet ir konstrukcijas suprojektuoti ir pastatyti patikimesnes.

LITERATŪRA

1. Aysen, A. *Soil Mechanics: Basic Concepts and engineering Applications*. Univ of Southern Queensland. Australia: Taylor & Francis. 2006. 468 p.
2. Amšiejus, J.; Mackevičius, R.; Medzvieckas, J.; Stragys, V. *Gruntų mechanika. Laboratoriniai darbai*. Vilnius: Technika, 2002. 114 p.
3. Болотин, В. В. *Статистические методы в строительной механике*. Москва: Стройиздат, 1965. 342 с.
4. Cosmos/M. *Designer II. A complete design Analysis system*. Version 1.2. Los Angeles, California, Structural Research and Analysis Corporation. Copyright 1996. 276 p.
5. Черкасов, И. И. *Механические свойства оснований*. Москва. Автотрансиздат. 1958. 298 с.
6. Černius, B. *Pagrindai ir pamatai*. Kaunas: Technologija, 2003. 111 p.
7. Čižas, A. *Medžiagų atsparumas (Konstrukcinių elementų mechanika)*. Vilnius: Technika, 1993. 408 p.
8. Daniūnas, A.; Jurkša, A.; Komka, A. *Programų paketo LIRA – PC taikymas statybinėms konstrukcijoms skaičiuoti*. Vilnius: Technika, 1994. 84 p.
9. Gerdžiūnas, P.; Plakys, V. *Bendrieji akademinių darbų įforminimo reikalavimai*. Vilnius: Technika, 2005. 75 p.
10. Горбунов–Посадов, М. И.; *Устойчивость фундаментов на песчаном основании*. Москва : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. 95 с.
11. Горбунов–Посадов, М. И.; Маликова, Т. А.; Соломин, В. И. *Расчет конструкций на упругом основании*. Москва : Стройиздат, 1984. 679 с.
12. Горбунов–Посадов, М. И.; *Основания, фундаменты и подземные сооружения*. Москва : Стройиздат, 1985. 479 с.
13. Juozaitis, J.; Kvedaras, A.; Pranevičius, J.; Stepanavičius, A.; Šapalas, K.; Vaitkevičius, V. *Pramonės pastato metalinių konstrukcijų projektavimas: Metodiniai nurodymai kursiniam projektui*. Vilnius: Technika, 1977. 88 p.
14. Jurkša, A.; Popovas V. *Statybos konstrukcijų skaičiavimo programa STAAD.Pro. (Programos apžvalga, komandos, skaičiavimo pavyzdžiai)*. Vilnius: Technika, 2003. 325 p.

15. Клейн, Г. К. *Учет неоднородности, разрывности деформаций и других механических свойств грунта при расчете сооружений на сплошном основании*. Москва: МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1956. 254 с.
16. Krutinis, A. *Konstrukcijų ant tampriojo pagrindo skaičiavimo teorija ir metodai*. Vilnius: Technika, 2001. 168 p.
17. Krutinis, A. *Konstrukcijų ant tampriojo pagrindo skaičiavimo teorija ir metodai*. Vilnius: Technika, 2007. 161 p.
18. Kudzyś, A. *Statybos terminų žodynas*. Vilnius: Lietuvos mokslas, 2003. 879 p.
19. Леонтьев, Н. Н.; Леонтьев, А. Н.; Соболев, Д. Н. и др. *Основы теории балок и плит на деформируемом основании*. Москва: МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1982. 120 с.
20. Marek, P.; Brozzetti, J. and Guštar Milan, Editors. *Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Background, Exercises and Software*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, 2001. 472 p.
21. Пастернак, П. Л. *Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели*. Москва: Госстройиздат, 1954. 254 с.
22. Respublikinės statybos normos RSN 91 – 85. *Gręžinių pamatų projektavimas ir statyba*. Vilnius: LTSR valstybinis statybos reikalų komitetas, 1986. 61 p.
23. Paulauskas, J.; Kvedaras, A. *Metalinės konstrukcijos*. Vilnius: Mokslas, 1977. 460 p.
24. Соболев, Д. Н. К расчету конструкций, лежащих на статистически неоднородном основании. *Строительная механика и расчет сооружений*, 1965, № 1, с. 23-30.
25. Sakalauskas, V. *Statistika su Statistica*. Vilnius: Margi raštai, 1998. 227 p.
26. СНиП 2.02.01 – 83. *Основания зданий и сооружений/Госстрой СССР*. – М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.
27. Šimkus, J. *Gruntų mechanika, pagrindai ir pamatai*. Vilnius: Mokslas, 1984. 271 p.
28. Vaitkevičius, V. *Metalinės konstrukcijos*. Vilnius: Mokslas, 1984. 92 p.
29. Valiūnas, K. *Statybinės gruntų savybės*. Kaunas: Technologija, 2004. 69 p.
30. Жемочкин, Б. Н.; Сеницын, А. П. *Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании*. Москва: Госстройиздат, 1962. 240 с.
31. Homepage mechanical programs. [Žiūrėta 2008 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://members.ziggo.nl/wolsink/>.
32. Femci book – Notes on Semi – Rigid Connections. [Žiūrėta 2009 m. sausio 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://femci.gsfc.nasa.gov/semirigid/index.html>.
33. Semi – rigid Design – The Challenges Ahead. [Žiūrėta 2009 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą:

<https://www.ice.org.uk/regions/eastofscotland/eastofscotland/documents/ICE_Paper_2008_Amit_Malik.pdf>.

PRIEDAI

1 priedas

Gruntų fizinių mechaninių savybių suvestinė lentelė

Geol. indeks	Inž. geol. elem. Nr.	Gruntų aprašymas	Dalelių tankis kg/m ³	Skačiuojamas grunto tankis kg/m ³	Skačiuojamas sankabumas kPa	Skačiuojamas vidinės tūties kampas laipsn.	Kūginis stiprumas MPa	Deformacijos modulis MPa	Skačiuojamas stiprumas kPa	Gamtinė drėgnė	Poingumo koeficientas	Takomo rodiklis	Filtracijos koeficientas
tIV			ρs	ρ	c	φ	qz	E	R ₀	W	e	I _L	K _f
	1	Piltas gruntas	-	1500	14	14	3,4*	10,2*	80	-	-	-	-
fIIbI	2	Priesmėlis plastingas	2690	1950	13	9	3,8*	19,0*	180	0,167	0,65	0,50	10 ⁻³
	3	Smėlis smulkus vidutinio tankumo	2660	1650	1*	32*	7,5*	32,6*	200		0,65		2,0
	4	Priemolis dulkingas rinkštai plastingas	2710	2100	19**	27**	1,4*	9,8*	150	0,172	0,51	0,63	10 ⁻⁴
	5	Priemolis dulkingas kietai plastingas	2710	2160	16**	31**	2,5*	17,5*	180	0,142	0,43	0,28	10 ⁻⁵
	6	Priemolis moreninis rinkštai plastingas	2710	2130	17**	27**	1,2*	16,1*	220	0,157	0,46	0,52	10 ⁻⁴
gIIbI	7	Priemolis moreninis kietai plastingas	2710	2200	33**	29**	2,5*	25,7*	280	0,150	0,42	0,35	10 ⁻⁵
	8	Priemolis moreninis puskietis	2710	2220	36**	32**	5,0*	44,2*	300	0,135	0,38	0,20	10 ⁻⁵
agIIbI	9	Smėlis smulkus tankus	2660	1750	1*	36*	18,0*	60,7*	300		0,55		1,0
	10	Smėlis dulkingas tankus	2680	1700	6	34	18,1*	61,2*	150		0,55		0,7

STAAD SPACE PHILIPSMORRIS

SET NL 9

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 27-Feb-06

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KN

JOINT COORDINATES

1 0 0 0; 2 0 8.57 0; 3 1.622 8.618 0; 4 4.948 8.717 0; 5 8.247 8.816 0;
6 11.6 8.914 0; 7 14.926 9.013 0; 8 18.252 9.112 0; 9 21.578 9.21 0;
10 23.2 9.26 0; 11 23.2 0 0; 12 1.622 7.657 0; 13 21.578 8.249 0;
14 4.948 7.543 0; 15 18.252 7.938 0; 16 8.247 7.429 0; 17 14.926 7.626 0;
18 11.6 7.314 0; 19 3.285 8.6675 0; 20 6.5975 8.7665 0; 21 9.9235 8.865 0;
22 13.263 8.9635 0; 23 16.589 9.0625 0; 24 19.915 9.161 0; 25 -6.05 0 0;
26 -6.05 8.33 0; 27 -6.05 4 0; 28 0 4 0; 29 0 0 -42; 30 0 3.3 -42;
31 23.2 0 -42; 32 23.2 9.26 -42; 33 0 8.57 -42; 34 1.622 8.618 -42;
35 3.285 8.6675 -42; 36 4.948 8.717 -42; 37 6.5975 8.7665 -42;
38 8.247 8.816 -42; 39 9.9235 8.865 -42; 40 11.6 8.914 -42;
41 13.263 8.9635 -42; 42 14.926 9.013 -42; 43 16.589 9.0625 -42;
44 18.252 9.112 -42; 45 19.915 9.161 -42; 46 21.578 9.21 -42;
47 1.622 7.657 -42; 48 4.948 7.543 -42; 49 8.247 7.429 -42; 50 11.6 7.314 -42;
51 14.926 7.626 -42; 52 18.252 7.938 -42; 53 21.578 8.249 -42; 54 -6.05 0 -42;
55 -6.05 3.3 -42; 56 -6.05 8.33 -42; 57 0 0 6; 58 0 8.57 6; 59 1.622 8.618 6;
60 4.948 8.717 6; 61 8.247 8.816 6; 62 11.6 8.914 6; 63 14.926 9.013 6;
64 18.252 9.112 6; 65 21.578 9.21 6; 66 23.2 9.26 6; 67 23.2 0 6;
68 1.622 7.657 6; 69 21.578 8.249 6; 70 4.948 7.543 6; 71 18.252 7.938 6;
72 8.247 7.429 6; 73 14.926 7.626 6; 74 11.6 7.314 6; 75 3.285 8.6675 6;
76 6.5975 8.7665 6; 77 9.9235 8.865 6; 78 13.263 8.9635 6; 79 16.589 9.0625 6;
80 19.915 9.161 6; 81 -6.05 0 6; 82 -6.05 8.33 6; 83 -6.05 4 6; 84 0 4 6;
85 0 0 12; 86 0 8.57 12; 87 1.622 8.618 12; 88 4.948 8.717 12;
89 8.247 8.816 12; 90 11.6 8.914 12; 91 14.926 9.013 12; 92 18.252 9.112 12;
93 21.578 9.21 12; 94 23.2 9.26 12; 95 23.2 0 12; 96 1.622 7.657 12;
97 21.578 8.249 12; 98 4.948 7.543 12; 99 18.252 7.938 12; 100 8.247 7.429 12;
101 14.926 7.626 12; 102 11.6 7.314 12; 103 3.285 8.6675 12;
104 6.5975 8.7665 12; 105 9.9235 8.865 12; 106 13.263 8.9635 12;
107 16.589 9.0625 12; 108 19.915 9.161 12; 109 -6.05 0 12; 110 -6.05 8.33 12;
111 -6.05 4 12; 112 0 4 12; 113 0 0 -48; 114 0 3.3 -48; 115 23.2 0 -48;
116 23.2 9.26 -48; 117 0 8.57 -48; 118 1.622 8.618 -48; 119 3.285 8.6675 -48;
120 4.948 8.717 -48; 121 6.5975 8.7665 -48; 122 8.247 8.816 -48;
123 9.9235 8.865 -48; 124 11.6 8.914 -48; 125 13.263 8.9635 -48;
126 14.926 9.013 -48; 127 16.589 9.0625 -48; 128 18.252 9.112 -48;
129 19.915 9.161 -48; 130 21.578 9.21 -48; 131 1.622 7.657 -48;
132 4.948 7.543 -48; 133 8.247 7.429 -48; 134 11.6 7.314 -48;
135 14.926 7.626 -48; 136 18.252 7.938 -48; 137 21.578 8.249 -48;
138 -6.05 0 -48; 139 -6.05 3.3 -48; 140 -6.05 8.33 -48; 141 0 0 -54;
142 0 3.3 -54; 143 23.2 0 -54; 144 23.2 9.26 -54; 145 0 8.57 -54;
146 1.622 8.618 -54; 147 3.285 8.6675 -54; 148 4.948 8.717 -54;
149 6.5975 8.7665 -54; 150 8.247 8.816 -54; 151 9.9235 8.865 -54;
152 11.6 8.914 -54; 153 13.263 8.9635 -54; 154 14.926 9.013 -54;
155 16.589 9.0625 -54; 156 18.252 9.112 -54; 157 19.915 9.161 -54;
158 21.578 9.21 -54; 159 1.622 7.657 -54; 160 4.948 7.543 -54;
161 8.247 7.429 -54; 162 11.6 7.314 -54; 163 14.926 7.626 -54;
164 18.252 7.938 -54; 165 21.578 8.249 -54; 166 -6.05 0 -54; 167 -6.05 3.3 -54;
168 -6.05 8.33 -54; 169 0 0 -60; 170 0 3.3 -60; 171 23.2 0 -60;
172 23.2 9.26 -60; 173 0 8.57 -60; 174 1.622 8.618 -60; 175 3.285 8.6675 -60;
176 4.948 8.717 -60; 177 6.5975 8.7665 -60; 178 8.247 8.816 -60;
179 9.9235 8.865 -60; 180 11.6 8.914 -60; 181 13.263 8.9635 -60;
182 14.926 9.013 -60; 183 16.589 9.0625 -60; 184 18.252 9.112 -60;
185 19.915 9.161 -60; 186 21.578 9.21 -60; 187 1.622 7.657 -60;

188 4.948 7.543 -60; 189 8.247 7.429 -60; 190 11.6 7.314 -60;
 191 14.926 7.626 -60; 192 18.252 7.938 -60; 193 21.578 8.249 -60;
 194 -6.05 0 -60; 195 -6.05 3.3 -60; 196 -6.05 8.33 -60; 197 0 0 -66;
 198 0 3.3 -66; 199 23.2 0 -66; 200 23.2 9.26 -66; 201 0 8.57 -66;
 202 1.622 8.618 -66; 203 3.285 8.6675 -66; 204 4.948 8.717 -66;
 205 6.5975 8.7665 -66; 206 8.247 8.816 -66; 207 9.9235 8.865 -66;
 208 11.6 8.914 -66; 209 13.263 8.9635 -66; 210 14.926 9.013 -66;
 211 16.589 9.0625 -66; 212 18.252 9.112 -66; 213 19.915 9.161 -66;
 214 21.578 9.21 -66; 215 1.622 7.657 -66; 216 4.948 7.543 -66;
 217 8.247 7.429 -66; 218 11.6 7.314 -66; 219 14.926 7.626 -66;
 220 18.252 7.938 -66; 221 21.578 8.249 -66; 222 -6.05 0 -66; 223 -6.05 3.3 -66;
 224 -6.05 8.33 -66; 225 0 0 -72; 226 0 3.3 -72; 227 23.2 0 -72;
 228 23.2 9.26 -72; 229 0 8.57 -72; 230 1.622 8.618 -72; 231 3.285 8.6675 -72;
 232 4.948 8.717 -72; 233 6.5975 8.7665 -72; 234 8.247 8.816 -72;
 235 9.9235 8.865 -72; 236 11.6 8.914 -72; 237 13.263 8.9635 -72;
 238 14.926 9.013 -72; 239 16.589 9.0625 -72; 240 18.252 9.112 -72;
 241 19.915 9.161 -72; 242 21.578 9.21 -72; 243 1.622 7.657 -72;
 244 4.948 7.543 -72; 245 8.247 7.429 -72; 246 11.6 7.314 -72;
 247 14.926 7.626 -72; 248 18.252 7.938 -72; 249 21.578 8.249 -72;
 250 -6.05 0 -72; 251 -6.05 3.3 -72; 252 -6.05 8.33 -72; 253 0 0 -78;
 254 0 3.3 -78; 255 23.2 0 -78; 256 23.2 9.26 -78; 257 0 8.57 -78;
 258 1.622 8.618 -78; 259 3.285 8.6675 -78; 260 4.948 8.717 -78;
 261 6.5975 8.7665 -78; 262 8.247 8.816 -78; 263 9.9235 8.865 -78;
 264 11.6 8.914 -78; 265 13.263 8.9635 -78; 266 14.926 9.013 -78;
 267 16.589 9.0625 -78; 268 18.252 9.112 -78; 269 19.915 9.161 -78;
 270 21.578 9.21 -78; 271 1.622 7.657 -78; 272 4.948 7.543 -78;
 273 8.247 7.429 -78; 274 11.6 7.314 -78; 275 14.926 7.626 -78;
 276 18.252 7.938 -78; 277 21.578 8.249 -78; 278 -6.05 0 -78; 279 -6.05 3.3 -78;
 280 -6.05 8.33 -78; 281 0 0 -84; 282 0 3.3 -84; 283 23.2 0 -84;
 284 23.2 9.26 -84; 285 0 8.57 -84; 286 1.622 8.618 -84; 287 3.285 8.6675 -84;
 288 4.948 8.717 -84; 289 6.5975 8.7665 -84; 290 8.247 8.816 -84;
 291 9.9235 8.865 -84; 292 11.6 8.914 -84; 293 13.263 8.9635 -84;
 294 14.926 9.013 -84; 295 16.589 9.0625 -84; 296 18.252 9.112 -84;
 297 19.915 9.161 -84; 298 21.578 9.21 -84; 299 1.622 7.657 -84;
 300 4.948 7.543 -84; 301 8.247 7.429 -84; 302 11.6 7.314 -84;
 303 14.926 7.626 -84; 304 18.252 7.938 -84; 305 21.578 8.249 -84;
 306 -6.05 0 -84; 307 -6.05 3.3 -84; 308 -6.05 8.33 -84; 309 0 0 -90;
 310 0 3.3 -90; 311 23.2 0 -90; 312 23.2 9.26 -90; 313 0 8.57 -90;
 314 1.622 8.618 -90; 315 3.285 8.6675 -90; 316 4.948 8.717 -90;
 317 6.5975 8.7665 -90; 318 8.247 8.816 -90; 319 9.9235 8.865 -90;
 320 11.6 8.914 -90; 321 13.263 8.9635 -90; 322 14.926 9.013 -90;
 323 16.589 9.0625 -90; 324 18.252 9.112 -90; 325 19.915 9.161 -90;
 326 21.578 9.21 -90; 327 1.622 7.657 -90; 328 4.948 7.543 -90;
 329 8.247 7.429 -90; 330 11.6 7.314 -90; 331 14.926 7.626 -90;
 332 18.252 7.938 -90; 333 21.578 8.249 -90; 334 -6.05 0 -90; 335 -6.05 3.3 -90;
 336 -6.05 8.33 -90; 337 0 0 -94; 338 0 3.3 -94; 339 23.2 0 -94;
 340 23.2 9.26 -94; 341 0 8.57 -94; 342 1.622 8.618 -94; 343 3.285 8.6675 -94;
 344 4.948 8.717 -94; 345 6.5975 8.7665 -94; 346 8.247 8.816 -94;
 347 9.9235 8.865 -94; 348 11.6 8.914 -94; 349 13.263 8.9635 -94;
 350 14.926 9.013 -94; 351 16.589 9.0625 -94; 352 18.252 9.112 -94;
 353 19.915 9.161 -94; 354 21.578 9.21 -94; 355 1.622 7.657 -94;
 356 4.948 7.543 -94; 357 8.247 7.429 -94; 358 11.6 7.314 -94;
 359 14.926 7.626 -94; 360 18.252 7.938 -94; 361 21.578 8.249 -94;
 362 -6.05 0 -94; 363 -6.05 3.3 -94; 364 -6.05 8.33 -94; 365 0 0 -36;
 366 0 3.3 -36; 367 23.2 0 -36; 368 23.2 9.26 -36; 369 0 8.57 -36;
 370 1.622 8.618 -36; 371 3.285 8.6675 -36; 372 4.948 8.717 -36;
 373 6.5975 8.7665 -36; 374 8.247 8.816 -36; 375 9.9235 8.865 -36;
 376 11.6 8.914 -36; 377 13.263 8.9635 -36; 378 14.926 9.013 -36;
 379 16.589 9.0625 -36; 380 18.252 9.112 -36; 381 19.915 9.161 -36;
 382 21.578 9.21 -36; 383 1.622 7.657 -36; 384 4.948 7.543 -36;

385 8.247 7.429 -36; 386 11.6 7.314 -36; 387 14.926 7.626 -36;
 388 18.252 7.938 -36; 389 21.578 8.249 -36; 390 0 0 -30; 391 0 3.3 -30;
 392 23.2 0 -30; 393 23.2 9.26 -30; 394 0 8.57 -30; 395 1.622 8.618 -30;
 396 3.285 8.6675 -30; 397 4.948 8.717 -30; 398 6.5975 8.7665 -30;
 399 8.247 8.816 -30; 400 9.9235 8.865 -30; 401 11.6 8.914 -30;
 402 13.263 8.9635 -30; 403 14.926 9.013 -30; 404 16.589 9.0625 -30;
 405 18.252 9.112 -30; 406 19.915 9.161 -30; 407 21.578 9.21 -30;
 408 1.622 7.657 -30; 409 4.948 7.543 -30; 410 8.247 7.429 -30;
 411 11.6 7.314 -30; 412 14.926 7.626 -30; 413 18.252 7.938 -30;
 414 21.578 8.249 -30; 415 0 0 -24; 416 0 3.3 -24; 417 23.2 0 -24;
 418 23.2 9.26 -24; 419 0 8.57 -24; 420 1.622 8.618 -24; 421 3.285 8.6675 -24;
 422 4.948 8.717 -24; 423 6.5975 8.7665 -24; 424 8.247 8.816 -24;
 425 9.9235 8.865 -24; 426 11.6 8.914 -24; 427 13.263 8.9635 -24;
 428 14.926 9.013 -24; 429 16.589 9.0625 -24; 430 18.252 9.112 -24;
 431 19.915 9.161 -24; 432 21.578 9.21 -24; 433 1.622 7.657 -24;
 434 4.948 7.543 -24; 435 8.247 7.429 -24; 436 11.6 7.314 -24;
 437 14.926 7.626 -24; 438 18.252 7.938 -24; 439 21.578 8.249 -24; 440 0 0 -18;
 441 0 3.3 -18; 442 23.2 0 -18; 443 23.2 9.26 -18; 444 0 8.57 -18;
 445 1.622 8.618 -18; 446 3.285 8.6675 -18; 447 4.948 8.717 -18;
 448 6.5975 8.7665 -18; 449 8.247 8.816 -18; 450 9.9235 8.865 -18;
 451 11.6 8.914 -18; 452 13.263 8.9635 -18; 453 14.926 9.013 -18;
 454 16.589 9.0625 -18; 455 18.252 9.112 -18; 456 19.915 9.161 -18;
 457 21.578 9.21 -18; 458 1.622 7.657 -18; 459 4.948 7.543 -18;
 460 8.247 7.429 -18; 461 11.6 7.314 -18; 462 14.926 7.626 -18;
 463 18.252 7.938 -18; 464 21.578 8.249 -18; 465 0 0 -12; 466 0 3.3 -12;
 467 23.2 0 -12; 468 23.2 9.26 -12; 469 0 8.57 -12; 470 1.622 8.618 -12;
 471 3.285 8.6675 -12; 472 4.948 8.717 -12; 473 6.5975 8.7665 -12;
 474 8.247 8.816 -12; 475 9.9235 8.865 -12; 476 11.6 8.914 -12;
 477 13.263 8.9635 -12; 478 14.926 9.013 -12; 479 16.589 9.0625 -12;
 480 18.252 9.112 -12; 481 19.915 9.161 -12; 482 21.578 9.21 -12;
 483 1.622 7.657 -12; 484 4.948 7.543 -12; 485 8.247 7.429 -12;
 486 11.6 7.314 -12; 487 14.926 7.626 -12; 488 18.252 7.938 -12;
 489 21.578 8.249 -12; 490 0 0 -6; 491 0 4 -6; 492 23.2 0 -6; 493 23.2 9.26 -6;
 494 0 8.57 -6; 495 1.622 8.618 -6; 496 3.285 8.6675 -6; 497 4.948 8.717 -6;
 498 6.5975 8.7665 -6; 499 8.247 8.816 -6; 500 9.9235 8.865 -6;
 501 11.6 8.914 -6; 502 13.263 8.9635 -6; 503 14.926 9.013 -6;
 504 16.589 9.0625 -6; 505 18.252 9.112 -6; 506 19.915 9.161 -6;
 507 21.578 9.21 -6; 508 1.622 7.657 -6; 509 4.948 7.543 -6; 510 8.247 7.429 -6;
 511 11.6 7.314 -6; 512 14.926 7.626 -6; 513 18.252 7.938 -6;
 514 21.578 8.249 -6; 515 0 0 18; 516 0 4 18; 517 23.2 0 18; 518 23.2 9.26 18;
 519 0 8.57 18; 520 1.622 8.618 18; 521 3.285 8.6675 18; 522 4.948 8.717 18;
 523 6.5975 8.7665 18; 524 8.247 8.816 18; 525 9.9235 8.865 18;
 526 11.6 8.914 18; 527 13.263 8.9635 18; 528 14.926 9.013 18;
 529 16.589 9.0625 18; 530 18.252 9.112 18; 531 19.915 9.161 18;
 532 21.578 9.21 18; 533 1.622 7.657 18; 534 4.948 7.543 18; 535 8.247 7.429 18;
 536 11.6 7.314 18; 537 14.926 7.626 18; 538 18.252 7.938 18;
 539 21.578 8.249 18; 540 0 0 24; 541 23.2 0 24; 542 23.2 9.26 24;
 543 0 8.57 24; 544 5.7 0 24; 545 11.6 0 24; 546 17.5 0 24; 547 5.7 8.739 24;
 548 11.6 8.914 24; 549 17.5 9.089 24; 550 0 0 -100; 551 0 8.57 -100;
 552 5.7 0 -100; 553 5.7 8.739 -100; 554 11.6 4.5 -100; 555 11.6 8.914 -100;
 556 17.5 0 -100; 557 17.5 9.089 -100; 558 23.2 0 -100; 559 23.2 9.26 -100;
 560 -6.05 0 -100; 561 -6.05 3.3 -100; 562 -6.05 8.33 -100; 563 5.7 4.5 -100;
 564 17.5 4.5 -100; 565 10.548 0 -104.714; 566 10.548 4.5 -104.714;
 567 7.03391 4.5 -100; 568 8.80791 4.5 -100; 569 14.0872 4.5 -100;
 570 14.024 4.5 -102.357; 571 8.79095 4.5 -102.357; 572 -6.05 0 -3.7;
 573 -6.05 4 -3.7; 576 0 3.3 -100; 577 -6.05 8.33 -3.7; 578 4.948 7.543 3;
 579 4.948 7.543 -3; 580 11.6 7.314 -3; 581 18.252 7.938 -3;
 582 4.948 7.543 -75; 583 11.6 7.314 -75; 584 18.252 7.938 -75; 585 0 8.33 0;
 586 0 8.33 6; 587 0 8.33 -78; 588 0 8.33 -72; 589 -3.025 8.45 12;
 590 -4.5375 8.39 12; 591 -1.5125 8.51 12; 592 -3.025 8.45 6;

593 -4.5375 8.39 6; 594 -1.5125 8.51 6; 595 -3.025 8.45 0; 596 -4.5375 8.39 0;
 597 -1.5125 8.51 0; 598 -4.5375 8.39 -48; 599 -4.5375 8.39 -42;
 600 -3.025 8.45 -48; 601 -3.025 8.45 -42; 602 -1.5125 8.51 -48;
 603 -1.5125 8.51 -42; 604 -4.5375 8.39 -54; 605 -3.025 8.45 -54;
 606 -1.5125 8.51 -54; 607 -4.5375 8.39 -60; 608 -3.025 8.45 -60;
 609 -1.5125 8.51 -60; 610 -4.5375 8.39 -66; 611 -3.025 8.45 -66;
 612 -1.5125 8.51 -66; 613 -4.5375 8.39 -72; 614 -3.025 8.45 -72;
 615 -1.5125 8.51 -72; 616 -4.5375 8.39 -78; 617 -3.025 8.45 -78;
 618 -1.5125 8.51 -78; 619 -4.5375 8.39 -84; 620 -3.025 8.45 -84;
 621 -1.5125 8.51 -84; 622 -4.5375 8.39 -90; 623 -3.025 8.45 -90;
 624 -1.5125 8.51 -90; 625 -3.025 8.45 -94; 626 -4.5375 8.39 -94;
 627 -1.5125 8.51 -94; 628 -4.5375 8.39 -100; 629 -3.025 8.45 -100;
 630 -1.5125 8.51 -100; 631 1.622 8.61809 -100; 632 3.285 8.6674 -100;
 633 4.94801 8.7167 -100; 634 6.59753 8.76562 -100; 635 8.24704 8.81455 -100;
 636 9.92352 8.86427 -100; 637 13.263 8.96333 -100; 638 14.926 9.01265 -100;
 639 16.589 9.06198 -100; 640 18.252 9.11156 -100; 641 19.915 9.16145 -100;
 642 21.578 9.21134 -100; 643 1.622 8.61809 24; 644 3.285 8.6674 24;
 645 4.94801 8.7167 24; 646 6.59753 8.76562 24; 647 8.24704 8.81455 24;
 648 9.92352 8.86427 24; 649 13.263 8.96333 24; 650 14.926 9.01265 24;
 651 16.589 9.06198 24; 652 18.252 9.11156 24; 653 19.915 9.16145 24;
 654 21.578 9.21134 24; 663 -6.05 9.2 12; 670 -6.05 9.2 -3.7; 671 0 8.57 -5.685;
 677 -6.05 4 -42;

MEMBER INCIDENCES

1 1 28; 2 11 10; 3 2 3; 4 3 19; 5 4 20; 6 5 21; 7 6 22; 8 7 23; 9 8 24;
 10 9 10; 11 2 12; 12 12 14; 13 14 16; 14 16 18; 15 18 17; 16 17 15; 17 15 13;
 18 13 10; 19 19 4; 20 20 5; 21 21 6; 22 22 7; 23 23 8; 24 24 9; 25 12 3;
 26 14 4; 27 16 5; 28 18 6; 29 17 7; 30 15 8; 31 13 9; 32 12 19; 33 14 19;
 34 14 20; 35 16 20; 36 16 21; 37 18 21; 38 18 22; 39 17 22; 40 17 23; 41 15 23;
 42 15 24; 43 13 24; 44 25 27; 45 26 596; 46 27 26; 47 28 585; 48 29 30;
 49 31 32; 50 33 34; 51 34 35; 52 36 37; 53 38 39; 54 40 41; 55 42 43; 56 44 45;
 57 46 32; 58 33 47; 59 47 48; 60 48 49; 61 49 50; 62 50 51; 63 51 52; 64 52 53;
 65 53 32; 66 35 36; 67 37 38; 68 39 40; 69 41 42; 70 43 44; 71 45 46; 72 47 34;
 73 48 36; 74 49 38; 75 50 40; 76 51 42; 77 52 44; 78 53 46; 79 47 35; 80 48 35;
 81 48 37; 82 49 37; 83 49 39; 84 50 39; 85 50 41; 86 51 41; 87 51 43; 88 52 43;
 89 52 45; 90 53 45; 91 54 55; 92 56 599; 93 55 677; 94 30 33; 95 57 84;
 96 67 66; 97 58 59; 98 59 75; 99 60 76; 100 61 77; 101 62 78; 102 63 79;
 103 64 80; 104 65 66; 105 58 68; 106 68 70; 107 70 72; 108 72 74; 109 74 73;
 110 73 71; 111 71 69; 112 69 66; 113 75 60; 114 76 61; 115 77 62; 116 78 63;
 117 79 64; 118 80 65; 119 68 59; 120 70 60; 121 72 61; 122 74 62; 123 73 63;
 124 71 64; 125 69 65; 126 68 75; 127 70 75; 128 70 76; 129 72 76; 130 72 77;
 131 74 77; 132 74 78; 133 73 78; 134 73 79; 135 71 79; 136 71 80; 137 69 80;
 138 81 83; 139 82 593; 140 83 82; 141 84 586; 142 85 112; 143 95 94; 144 86 87;
 145 87 103; 146 88 104; 147 89 105; 148 90 106; 149 91 107; 150 92 108;
 151 93 94; 152 86 96; 153 96 98; 154 98 100; 155 100 102; 156 102 101;
 157 101 99; 158 99 97; 159 97 94; 160 103 88; 161 104 89; 162 105 90;
 163 106 91; 164 107 92; 165 108 93; 166 96 87; 167 98 88; 168 100 89;
 169 102 90; 170 101 91; 171 99 92; 172 97 93; 173 96 103; 174 98 103;
 175 98 104; 176 100 104; 177 100 105; 178 102 105; 179 102 106; 180 101 106;
 181 101 107; 182 99 107; 183 99 108; 184 97 108; 185 109 111; 186 110 590;
 187 111 110; 188 112 86; 189 113 114; 190 115 116; 191 117 118; 192 118 119;
 193 120 121; 194 122 123; 195 124 125; 196 126 127; 197 128 129; 198 130 116;
 199 117 131; 200 131 132; 201 132 133; 202 133 134; 203 134 135; 204 135 136;
 205 136 137; 206 137 116; 207 119 120; 208 121 122; 209 123 124; 210 125 126;
 211 127 128; 212 129 130; 213 131 118; 214 132 120; 215 133 122; 216 134 124;
 217 135 126; 218 136 128; 219 137 130; 220 131 119; 221 132 119; 222 132 121;
 223 133 121; 224 133 123; 225 134 123; 226 134 125; 227 135 125; 228 135 127;
 229 136 127; 230 136 129; 231 137 129; 232 138 139; 233 140 598; 234 139 140;
 235 114 117; 236 141 142; 237 143 144; 238 145 146; 239 146 147; 240 148 149;
 241 150 151; 242 152 153; 243 154 155; 244 156 157; 245 158 144; 246 145 159;
 247 159 160; 248 160 161; 249 161 162; 250 162 163; 251 163 164; 252 164 165;

253 165 144; 254 147 148; 255 149 150; 256 151 152; 257 153 154; 258 155 156;
259 157 158; 260 159 146; 261 160 148; 262 161 150; 263 162 152; 264 163 154;
265 164 156; 266 165 158; 267 159 147; 268 160 147; 269 160 149; 270 161 149;
271 161 151; 272 162 151; 273 162 153; 274 163 153; 275 163 155; 276 164 155;
277 164 157; 278 165 157; 279 166 167; 280 168 604; 281 167 168; 282 142 145;
283 169 170; 284 171 172; 285 173 174; 286 174 175; 287 176 177; 288 178 179;
289 180 181; 290 182 183; 291 184 185; 292 186 172; 293 173 187; 294 187 188;
295 188 189; 296 189 190; 297 190 191; 298 191 192; 299 192 193; 300 193 172;
301 175 176; 302 177 178; 303 179 180; 304 181 182; 305 183 184; 306 185 186;
307 187 174; 308 188 176; 309 189 178; 310 190 180; 311 191 182; 312 192 184;
313 193 186; 314 187 175; 315 188 175; 316 188 177; 317 189 177; 318 189 179;
319 190 179; 320 190 181; 321 191 181; 322 191 183; 323 192 183; 324 192 185;
325 193 185; 326 194 195; 327 196 607; 328 195 196; 329 170 173; 330 197 198;
331 199 200; 332 201 202; 333 202 203; 334 204 205; 335 206 207; 336 208 209;
337 210 211; 338 212 213; 339 214 200; 340 201 215; 341 215 216; 342 216 217;
343 217 218; 344 218 219; 345 219 220; 346 220 221; 347 221 200; 348 203 204;
349 205 206; 350 207 208; 351 209 210; 352 211 212; 353 213 214; 354 215 202;
355 216 204; 356 217 206; 357 218 208; 358 219 210; 359 220 212; 360 221 214;
361 215 203; 362 216 203; 363 216 205; 364 217 205; 365 217 207; 366 218 207;
367 218 209; 368 219 209; 369 219 211; 370 220 211; 371 220 213; 372 221 213;
373 222 223; 374 224 610; 375 223 224; 376 198 201; 377 225 226; 378 227 228;
379 229 230; 380 230 231; 381 232 233; 382 234 235; 383 236 237; 384 238 239;
385 240 241; 386 242 228; 387 229 243; 388 243 244; 389 244 245; 390 245 246;
391 246 247; 392 247 248; 393 248 249; 394 249 228; 395 231 232; 396 233 234;
397 235 236; 398 237 238; 399 239 240; 400 241 242; 401 243 230; 402 244 232;
403 245 234; 404 246 236; 405 247 238; 406 248 240; 407 249 242; 408 243 231;
409 244 231; 410 244 233; 411 245 233; 412 245 235; 413 246 235; 414 246 237;
415 247 237; 416 247 239; 417 248 239; 418 248 241; 419 249 241; 420 250 251;
421 252 613; 422 253 254; 423 255 256; 424 257 258; 425 258 259; 426 260 261;
427 262 263; 428 264 265; 429 266 267; 430 268 269; 431 270 256; 432 257 271;
433 271 272; 434 272 273; 435 273 274; 436 274 275; 437 275 276; 438 276 277;
439 277 256; 440 259 260; 441 261 262; 442 263 264; 443 265 266; 444 267 268;
445 269 270; 446 271 258; 447 272 260; 448 273 262; 449 274 264; 450 275 266;
451 276 268; 452 277 270; 453 271 259; 454 272 259; 455 272 261; 456 273 261;
457 273 263; 458 274 263; 459 274 265; 460 275 265; 461 275 267; 462 276 267;
463 276 269; 464 277 269; 465 278 279; 466 280 616; 467 281 282; 468 283 284;
469 285 286; 470 286 287; 471 288 289; 472 290 291; 473 292 293; 474 294 295;
475 296 297; 476 298 284; 477 285 299; 478 299 300; 479 300 301; 480 301 302;
481 302 303; 482 303 304; 483 304 305; 484 305 284; 485 287 288; 486 289 290;
487 291 292; 488 293 294; 489 295 296; 490 297 298; 491 299 286; 492 300 288;
493 301 290; 494 302 292; 495 303 294; 496 304 296; 497 305 298; 498 299 287;
499 300 287; 500 300 289; 501 301 289; 502 301 291; 503 302 291; 504 302 293;
505 303 293; 506 303 295; 507 304 295; 508 304 297; 509 305 297; 510 306 307;
511 308 619; 512 307 308; 513 282 285; 514 309 310; 515 311 312; 516 313 314;
517 314 315; 518 316 317; 519 318 319; 520 320 321; 521 322 323; 522 324 325;
523 326 312; 524 313 327; 525 327 328; 526 328 329; 527 329 330; 528 330 331;
529 331 332; 530 332 333; 531 333 312; 532 315 316; 533 317 318; 534 319 320;
535 321 322; 536 323 324; 537 325 326; 538 327 314; 539 328 316; 540 329 318;
541 330 320; 542 331 322; 543 332 324; 544 333 326; 545 327 315; 546 328 315;
547 328 317; 548 329 317; 549 329 319; 550 330 319; 551 330 321; 552 331 321;
553 331 323; 554 332 323; 555 332 325; 556 333 325; 557 334 335; 558 336 622;
559 335 336; 560 310 313; 561 337 338; 562 339 340; 563 341 342; 564 342 343;
565 344 345; 566 346 347; 567 348 349; 568 350 351; 569 352 353; 570 354 340;
571 341 355; 572 355 356; 573 356 357; 574 357 358; 575 358 359; 576 359 360;
577 360 361; 578 361 340; 579 343 344; 580 345 346; 581 347 348; 582 349 350;
583 351 352; 584 353 354; 585 355 342; 586 356 344; 587 357 346; 588 358 348;
589 359 350; 590 360 352; 591 361 354; 592 355 343; 593 356 343; 594 356 345;
595 357 345; 596 357 347; 597 358 347; 598 358 349; 599 359 349; 600 359 351;
601 360 351; 602 360 353; 603 361 353; 604 362 363; 605 364 626; 606 363 364;
607 338 341; 608 365 366; 609 367 368; 610 369 370; 611 370 371; 612 372 373;

613 374 375; 614 376 377; 615 378 379; 616 380 381; 617 382 368; 618 369 383;
619 383 384; 620 384 385; 621 385 386; 622 386 387; 623 387 388; 624 388 389;
625 389 368; 626 371 372; 627 373 374; 628 375 376; 629 377 378; 630 379 380;
631 381 382; 632 383 370; 633 384 372; 634 385 374; 635 386 376; 636 387 378;
637 388 380; 638 389 382; 639 383 371; 640 384 371; 641 384 373; 642 385 373;
643 385 375; 644 386 375; 645 386 377; 646 387 377; 647 387 379; 648 388 379;
649 388 381; 650 389 381; 651 366 369; 652 390 391; 653 392 393; 654 394 395;
655 395 396; 656 397 398; 657 399 400; 658 401 402; 659 403 404; 660 405 406;
661 407 393; 662 394 408; 663 408 409; 664 409 410; 665 410 411; 666 411 412;
667 412 413; 668 413 414; 669 414 393; 670 396 397; 671 398 399; 672 400 401;
673 402 403; 674 404 405; 675 406 407; 676 408 395; 677 409 397; 678 410 399;
679 411 401; 680 412 403; 681 413 405; 682 414 407; 683 408 396; 684 409 396;
685 409 398; 686 410 398; 687 410 400; 688 411 400; 689 411 402; 690 412 402;
691 412 404; 692 413 404; 693 413 406; 694 414 406; 695 391 394; 696 415 416;
697 417 418; 698 419 420; 699 420 421; 700 422 423; 701 424 425; 702 426 427;
703 428 429; 704 430 431; 705 432 418; 706 419 433; 707 433 434; 708 434 435;
709 435 436; 710 436 437; 711 437 438; 712 438 439; 713 439 418; 714 421 422;
715 423 424; 716 425 426; 717 427 428; 718 429 430; 719 431 432; 720 433 420;
721 434 422; 722 435 424; 723 436 426; 724 437 428; 725 438 430; 726 439 432;
727 433 421; 728 434 421; 729 434 423; 730 435 423; 731 435 425; 732 436 425;
733 436 427; 734 437 427; 735 437 429; 736 438 429; 737 438 431; 738 439 431;
739 416 419; 740 440 441; 741 442 443; 742 444 445; 743 445 446; 744 447 448;
745 449 450; 746 451 452; 747 453 454; 748 455 456; 749 457 443; 750 444 458;
751 458 459; 752 459 460; 753 460 461; 754 461 462; 755 462 463; 756 463 464;
757 464 443; 758 446 447; 759 448 449; 760 450 451; 761 452 453; 762 454 455;
763 456 457; 764 458 445; 765 459 447; 766 460 449; 767 461 451; 768 462 453;
769 463 455; 770 464 457; 771 458 446; 772 459 446; 773 459 448; 774 460 448;
775 460 450; 776 461 450; 777 461 452; 778 462 452; 779 462 454; 780 463 454;
781 463 456; 782 464 456; 783 441 444; 784 465 466; 785 467 468; 786 469 470;
787 470 471; 788 472 473; 789 474 475; 790 476 477; 791 478 479; 792 480 481;
793 482 468; 794 469 483; 795 483 484; 796 484 485; 797 485 486; 798 486 487;
799 487 488; 800 488 489; 801 489 468; 802 471 472; 803 473 474; 804 475 476;
805 477 478; 806 479 480; 807 481 482; 808 483 470; 809 484 472; 810 485 474;
811 486 476; 812 487 478; 813 488 480; 814 489 482; 815 483 471; 816 484 471;
817 484 473; 818 485 473; 819 485 475; 820 486 475; 821 486 477; 822 487 477;
823 487 479; 824 488 479; 825 488 481; 826 489 481; 827 466 469; 828 490 491;
829 492 493; 830 494 495; 831 495 496; 832 497 498; 833 499 500; 834 501 502;
835 503 504; 836 505 506; 837 507 493; 838 494 508; 839 508 509; 840 509 510;
841 510 511; 842 511 512; 843 512 513; 844 513 514; 845 514 493; 846 496 497;
847 498 499; 848 500 501; 849 502 503; 850 504 505; 851 506 507; 852 508 495;
853 509 497; 854 510 499; 855 511 501; 856 512 503; 857 513 505; 858 514 507;
859 508 496; 860 509 496; 861 509 498; 862 510 498; 863 510 500; 864 511 500;
865 511 502; 866 512 502; 867 512 504; 868 513 504; 869 513 506; 870 514 506;
871 491 494; 872 515 516; 873 517 518; 874 519 520; 875 520 521; 876 522 523;
877 524 525; 878 526 527; 879 528 529; 880 530 531; 881 532 518; 882 519 533;
883 533 534; 884 534 535; 885 535 536; 886 536 537; 887 537 538; 888 538 539;
889 539 518; 890 521 522; 891 523 524; 892 525 526; 893 527 528; 894 529 530;
895 531 532; 896 533 520; 897 534 522; 898 535 524; 899 536 526; 900 537 528;
901 538 530; 902 539 532; 903 533 521; 904 534 521; 905 534 523; 906 535 523;
907 535 525; 908 536 525; 909 536 527; 910 537 527; 911 537 529; 912 538 529;
913 538 531; 914 539 531; 915 516 519; 916 540 543; 917 544 547; 918 545 548;
919 546 549; 920 541 542; 921 543 643; 922 547 646; 923 548 649; 924 549 652;
925 550 576; 926 552 563; 927 554 555; 928 556 564; 929 558 559; 930 551 631;
931 553 634; 932 555 637; 933 557 640; 934 560 561; 935 562 628; 936 561 562;
937 563 553; 938 564 557; 939 563 567; 940 554 569; 941 567 568; 942 565 566;
943 566 570; 944 566 571; 945 568 554; 946 569 564; 947 570 564; 948 571 567;
949 570 569; 950 566 554; 951 571 568; 952 570 554; 953 571 554; 954 572 573;
956 112 84; 957 84 28; 958 28 491; 959 111 83; 960 83 27; 961 27 573;
963 335 363; 964 310 338; 965 55 139; 966 30 114; 967 139 167; 968 114 142;
969 167 195; 970 142 170; 971 195 223; 972 170 198; 973 223 251; 974 198 226;

975 251 279; 976 226 254; 977 279 307; 978 254 282; 979 307 335; 980 282 310;
981 363 561; 982 576 551; 983 338 576; 984 26 577; 985 573 577; 986 543 519;
987 542 518; 988 313 341; 989 312 340; 990 336 364; 991 324 352; 992 332 360;
993 320 348; 994 330 358; 995 328 356; 996 316 344; 997 534 98; 998 522 88;
999 536 102; 1000 526 90; 1001 538 99; 1002 530 92; 1003 519 86; 1004 518 94;
1005 86 58; 1006 94 66; 1007 58 2; 1008 66 10; 1009 2 671; 1010 10 493;
1011 494 469; 1012 493 468; 1013 469 444; 1014 468 443; 1015 444 419;
1016 443 418; 1017 419 394; 1018 418 393; 1019 394 369; 1020 393 368;
1021 369 33; 1022 368 32; 1023 33 117; 1024 32 116; 1025 117 145; 1026 116 144;
1027 145 173; 1028 144 172; 1029 173 201; 1030 172 200; 1031 201 229;
1032 200 228; 1033 229 257; 1034 228 256; 1035 257 285; 1036 256 284;
1037 285 313; 1038 284 312; 1039 98 70; 1040 88 60; 1041 102 74; 1042 90 62;
1043 99 71; 1044 92 64; 1045 70 578; 1046 60 4; 1047 74 18; 1048 62 6;
1049 71 15; 1050 64 8; 1051 14 579; 1052 4 497; 1053 18 580; 1054 6 501;
1055 15 581; 1056 8 505; 1057 509 484; 1058 497 472; 1059 511 486;
1060 501 476; 1061 513 488; 1062 505 480; 1063 484 459; 1064 472 447;
1065 486 461; 1066 476 451; 1067 488 463; 1068 480 455; 1069 459 434;
1070 447 422; 1071 461 436; 1072 451 426; 1073 463 438; 1074 455 430;
1075 434 409; 1076 422 397; 1077 436 411; 1078 426 401; 1079 438 413;
1080 430 405; 1081 409 384; 1082 397 372; 1083 411 386; 1084 401 376;
1085 413 388; 1086 405 380; 1087 384 48; 1088 372 36; 1089 386 50; 1090 376 40;
1091 388 52; 1092 380 44; 1093 48 132; 1094 36 120; 1095 50 134; 1096 40 124;
1097 52 136; 1098 44 128; 1099 132 160; 1100 120 148; 1101 134 162;
1102 124 152; 1103 136 164; 1104 128 156; 1105 160 188; 1106 148 176;
1107 162 190; 1108 152 180; 1109 164 192; 1110 156 184; 1111 188 216;
1112 176 204; 1113 190 218; 1114 180 208; 1115 192 220; 1116 184 212;
1117 216 244; 1118 204 232; 1119 218 246; 1120 208 236; 1121 220 248;
1122 212 240; 1123 244 582; 1124 232 260; 1125 246 583; 1126 236 264;
1127 248 584; 1128 240 268; 1129 272 300; 1130 260 288; 1131 274 302;
1132 264 292; 1133 276 304; 1134 268 296; 1135 300 328; 1136 288 316;
1137 302 330; 1138 292 320; 1139 304 332; 1140 296 324; 1141 110 82;
1142 82 26; 1143 549 530; 1144 548 526; 1145 547 522; 1146 56 140;
1147 364 562; 1148 341 551; 1149 344 553; 1150 348 555; 1151 352 557;
1152 340 559; 1153 140 168; 1154 168 196; 1155 196 224; 1156 224 252;
1157 252 280; 1158 280 308; 1159 308 336; 1160 578 14; 1161 579 509;
1162 580 511; 1163 581 513; 1164 579 497; 1165 579 4; 1166 580 501; 1167 580 6;
1168 581 505; 1169 581 8; 1170 582 272; 1171 582 260; 1172 582 232;
1173 583 274; 1174 583 264; 1175 583 236; 1176 584 276; 1177 584 268;
1178 584 240; 1179 81 27; 1180 25 83; 1181 83 26; 1182 27 82; 1183 57 28;
1184 1 84; 1185 585 2; 1186 84 585; 1187 586 58; 1188 28 586; 1189 11 493;
1190 492 10; 1191 279 280; 1192 250 279; 1193 251 252; 1194 278 251;
1195 251 280; 1196 279 252; 1197 254 587; 1198 225 254; 1199 226 588;
1200 253 226; 1201 587 257; 1202 226 587; 1203 588 229; 1204 254 588;
1205 227 256; 1206 255 228; 1207 280 229; 1208 257 232; 1209 260 236;
1210 264 240; 1211 268 228; 1212 82 2; 1213 2 497; 1214 4 501; 1215 6 505;
1216 8 493; 1217 589 591; 1218 590 589; 1219 591 86; 1220 592 594;
1221 593 592; 1222 594 58; 1223 595 597; 1224 596 595; 1229 597 2;
1230 598 600; 1231 599 601; 1236 600 602; 1237 601 603; 1238 602 117;
1239 603 33; 1240 604 605; 1241 605 606; 1242 606 145; 1243 607 608;
1244 608 609; 1246 609 173; 1247 610 611; 1249 611 612; 1250 612 201;
1253 613 614; 1254 614 615; 1255 615 229; 1260 616 617; 1261 617 618;
1262 618 257; 1267 619 620; 1268 620 621; 1269 621 285; 1274 622 623;
1275 623 624; 1276 624 313; 1281 625 627; 1282 626 625; 1283 627 341;
1288 628 629; 1289 629 630; 1290 630 551; 1295 631 632; 1296 632 633;
1297 633 553; 1302 634 635; 1303 635 636; 1304 636 555; 1309 637 638;
1311 638 639; 1313 639 557; 1316 640 641; 1317 641 642; 1318 642 559;
1319 643 644; 1320 644 645; 1321 645 547; 1322 646 647; 1323 647 648;
1324 648 548; 1325 649 650; 1326 650 651; 1327 651 549; 1328 652 653;
1329 653 654; 1330 654 542; 1356 110 663; 1386 577 670; 1387 671 494;
1395 677 56; 1398 670 494; 1399 670 2;

ELEMENT INCIDENCES SHELL

1225 110 82 593 590; 1226 590 593 592 589; 1227 589 592 594 591;
1228 591 594 58 86; 1232 82 26 596 593; 1233 593 596 595 592;
1234 592 595 597 594; 1235 594 597 2 58; 1245 56 140 598 599;
1248 599 598 600 601; 1251 601 600 602 603; 1252 603 602 117 33;
1256 140 168 604 598; 1257 598 604 605 600; 1258 600 605 606 602;
1259 602 606 145 117; 1263 168 196 607 604; 1264 604 607 608 605;
1265 605 608 609 606; 1266 606 609 173 145; 1270 196 224 610 607;
1271 607 610 611 608; 1272 608 611 612 609; 1273 609 612 201 173;
1277 224 252 613 610; 1278 610 613 614 611; 1279 611 614 615 612;
1280 612 615 229 201; 1284 252 280 616 613; 1285 613 616 617 614;
1286 614 617 618 615; 1287 615 618 257 229; 1291 280 308 619 616;
1292 616 619 620 617; 1293 617 620 621 618; 1294 618 621 285 257;
1298 308 336 622 619; 1299 619 622 623 620; 1300 620 623 624 621;
1301 621 624 313 285; 1305 336 364 626 622; 1306 622 626 625 623;
1307 623 625 627 624; 1308 624 627 341 313; 1310 364 562 628 626;
1312 626 628 629 625; 1314 625 629 630 627; 1315 627 630 551 341;
1331 341 551 631 342; 1333 342 631 632 343; 1335 343 632 633 344;
1337 344 633 634 345; 1339 345 634 635 346; 1341 346 635 636 347;
1342 347 636 555 348; 1344 348 555 637 349; 1346 349 637 638 350;
1348 350 638 639 351; 1350 351 639 640 352; 1352 352 640 641 353;
1354 353 641 642 354; 1355 354 642 559 340; 1361 543 519 520 643;
1363 643 520 521 644; 1365 644 521 522 645; 1367 645 522 523 646;
1369 646 523 524 647; 1371 647 524 525 648; 1372 648 525 526 548;
1374 548 526 527 649; 1376 649 527 528 650; 1378 650 528 529 651;
1380 651 529 530 652; 1382 652 530 531 653; 1384 653 531 532 654;
1385 654 532 518 542;

MEMBER PROPERTY EUROPEAN

12 TO 17 59 TO 64 106 TO 111 153 TO 158 200 TO 205 247 TO 252 294 TO 299 341 -
342 TO 346 388 TO 393 433 TO 438 478 TO 483 525 TO 530 572 TO 577 619 TO 624 -
663 TO 668 707 TO 712 751 TO 756 795 TO 800 839 TO 844 883 TO 887 -
888 TABLE ST TUBE TH 0.01 WT 0.15 DT 0.15
11 18 32 43 58 65 79 90 105 112 126 137 152 159 173 184 199 206 220 231 246 -
253 267 278 293 300 314 325 340 347 361 372 387 394 408 419 432 439 453 464 -
477 484 498 509 524 531 545 556 571 578 592 603 618 625 639 650 662 669 683 -
694 706 713 727 738 750 757 771 782 794 801 815 826 838 845 859 870 882 889 -
903 914 927 1179 TO 1184 1186 1188 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 -
1398 1399 TABLE ST TUB1001006
25 TO 31 33 TO 42 72 TO 78 80 TO 89 119 TO 125 127 TO 136 166 TO 172 -
174 TO 183 213 TO 219 221 TO 230 260 TO 266 268 TO 277 307 TO 313 -
315 TO 324 354 TO 360 362 TO 371 401 TO 407 409 TO 418 446 TO 452 -
454 TO 463 491 TO 497 499 TO 508 538 TO 544 546 TO 555 585 TO 591 -
593 TO 602 632 TO 638 640 TO 649 676 TO 682 684 TO 693 720 TO 726 -
728 TO 737 764 TO 770 772 TO 781 808 TO 814 816 TO 825 852 TO 858 -
860 TO 869 896 TO 902 904 TO 913 TABLE ST TUBE TH 0.004 WT 0.06 DT 0.08
2 44 46 49 91 93 96 138 140 143 185 187 190 232 234 237 279 281 284 326 328 -
331 373 375 378 420 423 465 468 510 512 515 557 559 562 604 606 608 609 651 -
652 TO 653 695 TO 697 739 TO 741 783 TO 785 827 829 873 925 929 934 936 954 -
982 985 1191 1193 1356 1386 1395 TABLE ST TUBE TH 0.01 WT 0.2 DT 0.4
45 139 233 280 327 374 421 466 511 558 605 1009 1220 TO 1224 1229 1230 1236 -
1238 1240 TO 1244 1246 1247 1249 1250 1253 TO 1255 1260 TO 1262 1267 TO 1269 -
1274 TO 1276 1281 TO 1283 1387 TABLE ST IPE300
92 186 921 TO 924 930 933 935 1217 TO 1219 1231 1237 1239 1288 TO 1290 1295 -
1296 TO 1297 1316 TO 1330 TABLE ST IPE240
MEMBER PROPERTY EUROPEAN
916 TO 920 PRIS YD 0.4 ZD 0.4
MEMBER PROPERTY EUROPEAN
926 928 937 938 942 TABLE ST TUBE TH 0.008 WT 0.3 DT 0.3
931 932 1302 TO 1304 1309 1311 1313 TABLE ST IPE450
939 TO 941 945 946 TABLE ST HE360A

943 944 947 948 TABLE ST IPE330
 949 TO 953 1164 TO 1169 1171 1172 1174 1175 1177 1178 TABLE ST TUB80804
 956 TO 961 963 TO 981 983 TABLE ST HE280A
 984 986 TO 1008 1010 TO 1163 1170 1173 1176 TABLE ST TUB1001004
 1189 1190 1205 1206 TABLE ST TUB1201208
 3 TO 10 19 TO 24 50 TO 57 66 TO 71 97 TO 104 113 TO 118 144 TO 151 -
 160 TO 165 191 TO 198 207 TO 212 238 TO 245 254 TO 259 285 TO 292 -
 301 TO 306 332 TO 339 348 TO 353 379 TO 386 395 TO 400 424 TO 431 -
 440 TO 445 469 TO 476 485 TO 490 516 TO 523 532 TO 537 563 TO 570 -
 579 TO 584 610 TO 617 626 TO 631 654 TO 661 670 TO 675 698 TO 705 -
 714 TO 719 742 TO 749 758 TO 763 786 TO 793 802 TO 807 830 TO 837 -
 846 TO 851 874 TO 881 890 TO 895 TABLE ST TUBE TH 0.01 WT 0.12 DT 0.18
 1207 TO 1216 TABLE ST TUB1401406
 1185 1187 1201 1203 TABLE ST TUBE TH 0.012 WT 0.2 DT 0.5
 1 47 48 94 95 141 142 188 189 235 236 282 283 329 330 376 377 422 467 513 -
 514 560 561 607 828 871 872 915 1197 -
 1199 TABLE ST TUBE TH 0.014 WT 0.2 DT 0.4
 ELEMENT PROPERTY
 1225 TO 1228 1232 TO 1235 1245 1248 1251 1252 1256 TO 1259 1263 TO 1266 1270 -
 1271 TO 1273 1277 TO 1280 1284 TO 1287 1291 TO 1294 1298 TO 1301 1305 TO 1308 -
 1310 1312 1314 1315 1331 1333 1335 1337 1339 1341 1342 1344 1346 1348 1350 -
 1352 1354 1355 1361 1363 1365 1367 1369 1371 1372 1374 1376 1378 1380 1382 -
 1384 1385 THICKNESS 0.001
 DEFINE MATERIAL START
 ISOTROPIC MATERIAL1
 E 2.05e+008
 POISSON 0.3
 DENSITY 77
 ALPHA 1.2e-005
 ISOTROPIC MATERIAL2
 E 2.5e+007
 POISSON 0.17
 DENSITY 24
 ALPHA 1.1e-005
 END DEFINE MATERIAL
 CONSTANTS
 BETA 90 MEMB 25 TO 31 33 TO 42 72 TO 78 80 TO 89 119 TO 125 127 TO 136 166 -
 167 TO 172 174 TO 183 213 TO 219 221 TO 230 260 TO 266 268 TO 277 307 TO 313 -
 315 TO 324 354 TO 360 362 TO 371 401 TO 407 409 TO 418 446 TO 452 -
 454 TO 463 491 TO 497 499 TO 508 538 TO 544 546 TO 555 632 TO 638 -
 640 TO 649 676 TO 682 684 TO 693 720 TO 726 728 TO 737 764 TO 770 -
 772 TO 781 808 TO 814 816 TO 825 852 TO 858 860 TO 869
 MATERIAL MATERIAL1 MEMB 1 TO 915 921 TO 954 956 TO 961 963 TO 1331 1333 1335 -
 1337 1339 1341 1342 1344 1346 1348 1350 1352 1354 TO 1356 1361 1363 1365 -
 1367 1369 1371 1372 1374 1376 1378 1380 1382 1384 TO 1387 1395 1398 1399
 MATERIAL MATERIAL2 MEMB 916 TO 920
 MEMBER TRUSS
 25 TO 43 72 TO 90 119 TO 137 166 TO 184 213 TO 231 260 TO 278 307 TO 325 354 -
 355 TO 372 401 TO 419 446 TO 464 491 TO 509 538 TO 556 585 TO 603 632 TO 650 -
 676 TO 694 720 TO 738 764 TO 782 808 TO 826 852 TO 870 896 TO 914
 SUPPORTS
 1 11 25 29 31 54 57 67 81 85 95 109 113 115 138 141 143 166 169 171 194 197 -
 199 222 225 227 250 253 255 278 281 283 306 309 311 334 337 339 362 365 367 -
 390 392 415 417 440 442 465 467 490 492 515 517 540 541 544 TO 546 550 552 -
 556 558 560 565 572 FIXED BUT KFY 140165
 MEMBER OFFSET
 1229 1238 1239 1290 END -0.2 0 0
 939 START 0.15 0 0
 956 TO 961 963 TO 981 983 START 0 0 -0.1
 956 TO 961 963 TO 981 983 END 0 0 0.1

MEMBER TENSION

1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206

LOAD 1 NUOSAVAS

SELFWEIGHT Y -1.35

MEMBER LOAD

3 TO 10 19 TO 24 45 50 TO 57 66 TO 71 97 TO 104 113 TO 118 139 144 TO 151 -

160 TO 165 191 TO 198 207 TO 212 233 238 TO 245 254 TO 259 280 285 TO 292 -

301 TO 306 327 332 TO 339 348 TO 353 374 379 TO 386 395 TO 400 421 -

424 TO 431 440 TO 445 466 469 TO 476 485 TO 490 511 516 TO 523 532 TO 537 -

558 563 TO 570 579 TO 584 605 610 TO 617 626 TO 631 654 TO 661 670 TO 675 -

698 TO 705 714 TO 719 742 TO 749 758 TO 763 786 TO 793 802 TO 807 -

830 TO 837 846 TO 851 874 TO 881 890 TO 895 1220 TO 1224 1229 1230 1236 1238 -

1240 TO 1244 1246 1247 1249 1250 1253 TO 1255 1260 TO 1262 1267 TO 1269 1274 -

1275 TO 1276 1281 TO 1283 UNI GY -6

JOINT LOAD

12 TO 18 47 TO 53 68 TO 74 96 TO 102 131 TO 137 159 TO 165 187 TO 193 215 -

216 TO 221 243 TO 249 271 TO 277 299 TO 305 327 TO 333 355 TO 361 383 TO 389 -

408 TO 414 433 TO 439 458 TO 464 483 TO 489 508 TO 514 533 TO 539 FY -8

MEMBER LOAD

939 TO 941 943 TO 948 UNI GY -2.4

956 TO 961 963 TO 981 983 UNI GY -40

92 186 921 TO 924 930 TO 933 935 1217 TO 1219 1231 1237 1239 1288 TO 1290 -

1295 TO 1297 1302 TO 1304 1309 1311 1313 1316 TO 1330 UNI GY -3

985 CON GY -208 0.3

1386 CON GY -64 0.7

985 CMOM GX -31 0.3

PERFORM ANALYSIS

CHANGE

MEMBER TENSION

1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206

LOAD 2 SNIEGAS1

MEMBER LOAD

3 TO 6 19 TO 21 45 50 TO 53 66 TO 68 97 TO 100 113 TO 115 139 144 TO 147 160 -

161 TO 162 191 TO 194 207 TO 209 233 238 TO 241 254 TO 256 280 285 TO 288 -

301 TO 303 327 332 TO 335 348 TO 350 374 379 TO 382 395 TO 397 421 -

424 TO 427 440 TO 442 466 469 TO 472 485 TO 487 511 516 TO 519 532 TO 534 -

558 563 TO 566 579 TO 581 605 610 TO 613 626 TO 628 654 TO 657 670 TO 672 -

698 TO 701 714 TO 716 742 TO 745 758 TO 760 786 TO 789 802 TO 804 -

830 TO 833 846 TO 848 874 TO 877 890 TO 892 1220 TO 1224 1229 1230 1236 1238 -

1240 TO 1244 1246 1247 1249 1250 1253 TO 1255 1260 TO 1262 1267 TO 1269 1274 -

1275 TO 1276 1281 TO 1283 UNI GY -16.8

45 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1224 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

233 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1230 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

280 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1240 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

327 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1243 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

374 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1247 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

421 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1253 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

466 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1260 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

511 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1267 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

558 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5

1274 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

1282 TRAP GY -8.5 0 0 1.5

605 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5
 1221 TRAP GY -8.5 0 0 1.5
 139 TRAP GY -17 -8.5 0 1.5
 943 944 TRAP GY 0 -17.9 0 2
 947 TRAP GY -11.7475 0 0 4.1
 943 TRAP GY -17.9 -11.7475 2 4.199
 948 TRAP GY -13.5864 0 0 2.93
 944 TRAP GY -17.9 -13.5864 2 2.939
 945 TRAP GY -17.9 -16.5 2.02 2.79
 940 TRAP GY -16.5 -9.54
 946 TRAP GY -9.54 0
 945 TRAP GY -8.34 -17.9 0 2.02
 941 TRAP GY 0 -8.34
 92 186 921 922 930 931 935 1217 TO 1219 1231 1237 1239 1288 TO 1290 -
 1295 TO 1297 1302 TO 1304 1319 TO 1324 UNI GY -9.6
 92 TRAP GY -8.5 -4.25 0 1.5
 1231 TRAP GY -4.25 0 0 1.5
 935 TRAP GY -8.5 -4.25 0 1.5
 1288 TRAP GY -4.25 0 0 1.5
 1218 TRAP GY -4.25 0 0 1.5
 186 TRAP GY -8.5 -4.25 0 1.5
 PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 MEMBER TENSION
 1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206
 LOAD 3 SNIEGAS2
 MEMBER LOAD
 7 TO 10 22 TO 24 54 TO 57 69 TO 71 101 TO 104 116 TO 118 148 TO 151 -
 163 TO 165 195 TO 198 210 TO 212 242 TO 245 257 TO 259 289 TO 292 -
 304 TO 306 336 TO 339 351 TO 353 383 TO 386 398 TO 400 428 TO 431 -
 443 TO 445 473 TO 476 488 TO 490 520 TO 523 535 TO 537 567 TO 570 -
 582 TO 584 614 TO 617 629 TO 631 658 TO 661 673 TO 675 702 TO 705 -
 717 TO 719 746 TO 749 761 TO 763 790 TO 793 805 TO 807 834 TO 837 -
 849 TO 851 878 TO 881 893 TO 895 UNI GY -16.8
 923 924 932 933 1309 1311 1313 1316 TO 1318 1325 TO 1330 UNI GY -9.6
 PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 MEMBER TENSION
 1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206
 LOAD 4 VEJAS1+X
 MEMBER LOAD
 138 140 232 234 279 281 326 328 373 375 420 465 510 512 557 559 604 606 608 -
 651 652 695 696 739 740 783 784 827 872 915 1191 1193 UNI GX 5.7
 JOINT LOAD
 82 140 168 196 224 252 280 308 336 364 FX 16.7
 MEMBER LOAD
 48 91 93 94 142 185 187 188 828 871 916 934 936 942 1395 UNI GX 2.85
 JOINT LOAD
 56 110 562 566 FX 8.35
 MEMBER LOAD
 44 46 UNI GX 4.75
 954 985 UNI GX 2.85
 JOINT LOAD
 577 FX 8.35
 26 FX 13.9
 MEMBER LOAD
 985 UNI GX 7 1.33 4.33
 1386 UNI GX 7
 JOINT LOAD
 670 FX 11.8

PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 MEMBER TENSION
 1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206
 LOAD 5 VEJAS2-X
 MEMBER LOAD
 138 140 232 234 279 281 326 328 373 375 420 465 510 512 557 559 604 606 608 -
 651 652 695 696 739 740 783 784 827 872 915 1191 1193 UNI GX -4.28
 JOINT LOAD
 82 140 168 196 224 252 280 308 336 364 FX -12.5
 369 394 419 444 469 519 FX -7.2
 MEMBER LOAD
 48 91 93 94 142 185 187 188 828 871 916 934 936 942 1395 UNI GX -2.14
 JOINT LOAD
 56 110 562 566 FX -6.25
 33 86 494 543 FX -3.6
 MEMBER LOAD
 44 46 UNI GX -3.56
 954 985 UNI GX -2.14
 JOINT LOAD
 577 FX -6.27
 26 FX -10.4
 MEMBER LOAD
 1386 UNI GX -5.6
 985 UNI GX -5.6 1.33 4.33
 JOINT LOAD
 670 FX -11.8
 PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 MEMBER TENSION
 1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206
 LOAD 6 VAJAS3-Z
 MEMBER LOAD
 917 TO 919 UNI GZ -5.7
 JOINT LOAD
 548 549 FZ -9.61
 542 FZ -4.81
 MEMBER LOAD
 916 920 UNI GZ -2.85
 925 TO 928 937 938 942 982 UNI GZ -4.28
 JOINT LOAD
 553 555 557 566 FZ -7.2
 551 FZ -12.5
 559 FZ -3.61
 562 FZ -6.3
 547 FZ -16.7
 543 FZ -8.35
 MEMBER LOAD
 929 934 936 UNI GZ -2.14
 JOINT LOAD
 56 110 577 FZ -8.35
 PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 MEMBER TENSION
 1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206
 LOAD 7 VAJAS4+Z
 MEMBER LOAD
 917 TO 919 UNI GZ 2.85
 JOINT LOAD
 548 549 FZ 7.2

542 FZ 3.61
 MEMBER LOAD
 916 920 UNI GZ 2.14
 925 TO 928 937 938 942 982 UNI GZ 5.7
 JOINT LOAD
 553 555 557 566 FZ 9.61
 559 562 FZ 4.81
 551 FZ 16.7
 562 FZ 8.35
 547 FZ 12.5
 543 FZ 6.3
 MEMBER LOAD
 929 934 936 UNI GZ 2.85
 JOINT LOAD
 56 110 577 FZ 8.35
 PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 MEMBER TENSION
 1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206
 LOAD 8 KRANAS1
 JOINT LOAD
 439 464 489 514 FY -15.6
 PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 MEMBER TENSION
 1179 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 1202 1204 TO 1206
 LOAD 9 KRANAS2
 JOINT LOAD
 436 461 486 511 FY -15.6
 LOAD COMB 10 1DERINYS NUOS+SNIE1+0.6VEJ1
 1 1.0 2 1.0 4 0.6
 LOAD COMB 11 2DERINYS NUOS+SNIE2+0.6VEJ1
 1 1.0 3 1.0 4 0.6
 LOAD COMB 12 3DERINYS NUOS+SNIEBENDR+0.6VEJ1
 1 1.0 2 1.0 3 1.0 4 0.6
 LOAD COMB 13 4DERINYS NUOS+SNIEBENDR+0.6VEJ2
 1 1.0 2 1.0 3 1.0 5 0.6
 LOAD COMB 14 5DERINYS NUOS+0.7SNIEBENDR+VEJ2
 1 1.0 2 0.7 3 0.7 5 1.0
 PERFORM ANALYSIS
 CHANGE
 LOAD LIST 10 TO 14
 PARAMETER
 CODE RUSSIAN
 BEAM 2 MEMB 1 TO 954 956 TO 961 963 TO 1224 1229 TO 1231 1236 TO 1244 1246 -
 1247 1249 1250 1253 TO 1255 1260 TO 1262 1267 TO 1269 1274 TO 1276 -
 1281 TO 1283 1288 TO 1290 1295 TO 1297 1302 TO 1304 1309 1311 1313 -
 1316 TO 1330 1386 1387 1395 1398 1399
 CMM 6 MEMB 3 TO 43 50 TO 90 97 TO 137 144 TO 184 191 TO 231 238 TO 278 285 -
 286 TO 325 332 TO 372 379 TO 419 424 TO 464 469 TO 509 516 TO 556 563 TO 603 -
 610 TO 650 654 TO 694 698 TO 738 742 TO 782 786 TO 826 830 TO 870 -
 874 TO 914 949 TO 953 986 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 TO 1211 1213 -
 1214 TO 1216 1387
 CMN 1 MEMB 3 TO 43 50 TO 90 97 TO 137 144 TO 184 191 TO 231 238 TO 278 285 -
 286 TO 325 332 TO 372 379 TO 419 424 TO 464 469 TO 509 516 TO 556 563 TO 603 -
 610 TO 650 654 TO 694 698 TO 738 742 TO 782 786 TO 826 830 TO 870 -
 874 TO 914 1185 1187 1201 1203
 CMN 6 MEMB 1 2 44 46 TO 49 91 93 TO 96 138 140 TO 143 185 187 TO 190 232 234 -
 235 TO 237 279 281 TO 284 326 328 TO 331 373 375 TO 378 420 422 423 465 467 -
 468 510 512 TO 515 557 559 TO 562 604 606 TO 609 651 TO 653 695 TO 697 739 -

740 TO 741 783 TO 785 827 TO 829 871 TO 873 915 925 TO 929 934 936 TO 938 -
 942 954 982 985 1191 1193 1197 1199 1386 1395
 *kolonu
 KZ 2 MEMB 2 49 96 143 190 237 284 331 378 423 468 515 562 609 653 697 741 -
 785 829 873 942
 KY 2 MEMB 942
 *KZ 3.65 MEMB 1338
 *KZ 4.4 MEMB 1336
 *KZ 1.83 MEMB 1334
 *KZ 2.2 MEMB 1332
 *KY 1.83 MEMB 1338
 *KY 2.2 MEMB 1336
 *KY 3.65 MEMB 1334
 *KY 4.4 MEMB 1332
 KZ 21.6 MEMB 1356 1386
 KZ 4.25 MEMB 187 985
 KZ 4.6 MEMB 185 954
 KY 10.8 MEMB 1356 1386
 KY 2.13 MEMB 187 985
 KY 2.3 MEMB 185 954
 KZ 3.85 MEMB 1395
 KY 1.92 MEMB 1395
 KZ 10.1 MEMB 91
 KZ 23.8 MEMB 93
 KY 5.05 MEMB 91
 KY 11.9 MEMB 93
 KZ 5 MEMB 91 232 279 326 373 420 465 510 557 604
 KY 2.5 MEMB 91 232 279 326 373 420 465 510 557 604
 KZ 5.2 MEMB 48 189 236 283 330 377 422 467 514 561 608 652 696 740 784
 KY 2.6 MEMB 48 189 236 283 330 377 422 467 514 561 608 652 696 740 784
 KZ 3.3 MEMB 234 281 328 375 512 559 606 1191 1193
 KY 1.65 MEMB 234 281 328 375 512 559 606 1191 1193
 KZ 3.24 MEMB 94 235 282 329 376 513 560 607 651 695 739 783 827 1197 1199
 KY 1.62 MEMB 94 235 282 329 376 513 560 607 651 695 739 783 827 1197 1199
 KZ 4.15 MEMB 44 138 185
 KY 2.1 MEMB 44 138 185
 KZ 3.85 MEMB 46 140
 KY 1.9 MEMB 46 140
 KZ 4.28 MEMB 1 95 142 828 872
 KY 2.14 MEMB 1 95 142 828 872
 KZ 3.74 MEMB 47 141 188 871 915
 KY 1.87 MEMB 47 141 188 871 915
 KZ 1.65 MEMB 936 982
 KY 1.65 MEMB 936 982
 KZ 2.52 MEMB 925 934
 KY 2.52 MEMB 925 934
 KZ 1.98 MEMB 938
 KY 1.98 MEMB 938
 KZ 2.02 MEMB 928
 KY 2.02 MEMB 928
 KZ 2.06 MEMB 937
 KY 2.06 MEMB 937
 KZ 1.94 MEMB 926
 KY 1.94 MEMB 926
 SGR 4 MEMB 1 2 44 46 TO 49 91 93 TO 96 138 140 TO 143 185 187 TO 190 232 234 -
 235 TO 237 279 281 TO 284 326 328 TO 331 373 375 TO 378 420 422 423 465 467 -
 468 510 512 TO 515 557 559 TO 562 604 606 TO 609 651 TO 653 695 TO 697 739 -
 740 TO 741 783 TO 785 827 TO 829 871 TO 873 915 925 926 928 929 934 -
 936 TO 938 942 954 982 985 1191 1193 1197 1199 1386 1395
 SGR 6 MEMB 3 TO 43 45 50 TO 90 92 97 TO 137 139 144 TO 184 186 191 TO 231 -

233 238 TO 278 280 285 TO 325 327 332 TO 372 374 379 TO 419 421 424 TO 464 -
466 469 TO 509 511 516 TO 556 558 563 TO 603 605 610 TO 650 654 TO 694 698 -
699 TO 738 742 TO 782 786 TO 826 830 TO 870 874 TO 914 921 TO 924 927 930 -
931 TO 933 935 939 TO 941 943 TO 953 956 TO 961 963 TO 981 983 984 -
986 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 1200 TO 1224 1229 TO 1231 1236 TO 1244 -
1246 1247 1249 1250 1253 TO 1255 1260 TO 1262 1267 TO 1269 1274 TO 1276 1281 -
1282 TO 1283 1288 TO 1290 1295 TO 1297 1302 TO 1304 1309 1311 1313 -
1316 TO 1330 1387 1398 1399
CMN 8 MEMB 949 TO 953 986 TO 1184 1186 1188 TO 1190 1192 1194 TO 1196 1198 -
1200 1202 1204 TO 1211 1213 TO 1216 1387 1398 1399
GAMC1 0.95 MEMB 1 TO 954 956 TO 961 963 TO 1224 1229 TO 1231 1236 TO 1244 -
1246 1247 1249 1250 1253 TO 1255 1260 TO 1262 1267 TO 1269 1274 TO 1276 1281 -
1282 TO 1283 1288 TO 1290 1295 TO 1297 1302 TO 1304 1309 1311 1313 -
1316 TO 1330 1386 1387 1395 1398 1399
GAMC2 0.95 MEMB 1 TO 954 956 TO 961 963 TO 1224 1229 TO 1231 1236 TO 1244 -
1246 1247 1249 1250 1253 TO 1255 1260 TO 1262 1267 TO 1269 1274 TO 1276 1281 -
1282 TO 1283 1288 TO 1290 1295 TO 1297 1302 TO 1304 1309 1311 1313 -
1316 TO 1330 1386 1387 1395 1398 1399
CHECK CODE ALL
FINISH

3 priedas

PAGRINDO STANDUMO ĮVERTINIMO METODO PASIRINKIMO ĮTAKA PROJEKTUOJANT KONSTRUKCIJAS

Jonas Antanaitis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
el. paštas Jonas.Antanaitis@st.vgtu.lt

Anotacija. Šiame straipsnyje nagrinėjamas pagrindo standumas, norint išanalizuoti, kokią įtaką parinktas pagrindo standumo įvertinimo metodas turi projektuojant statinio konstrukcijas. Analizuojami pagrindo standumo įvertinimo metodai ir atliekami skaičiavimai pagal šiuos nagrinėjamus modelius. Atlikus pagrindo standumo vertinimą pagal skirtingus įvertinimo būdus, nagrinėjamas UAB „Philip Morris Lietuva“ tabako paruošimo cecho pastatas. Modeliuojamas pastatas ant deformuojamo pagrindo (STAAD.Pro 2005) kompiuterine programa, įvertinant pagrindo standumą pagal apskaičiuotus metodus. Pagrindas skaičiuojamas kaip tam tikro standumo spyruoklės (Vinklerio metodas). Gauti analizės rezultatai lyginami tarpusavyje ir pagal konstrukcijos skaičiavimus neįvertinant pagrindo standumo. Gautos priklausomybės tarp nagrinėjamųjų parametrų yra išreiškiamos grafikais.

Reikšminiai žodžiai: pagrindo standumas, pagrindo standumo įtakos vertinimas.

Įvadas

Tarp pagrindo ir pamato bei viso pastato yra glaudi sąveika. Pastato apkrovos veikiamas, pagrindas deformuojasi, susispaudžia, todėl pamatai ir visas pastatas pasislenka žemyn, nusėda. Dėl įvairių priežasčių pastato sienų ar kolonų pamatai dažniausiai nusėda nevienodai, dėl to pastato konstrukcijos deformuojasi ir jose atsiranda papildomos įrašos. Deformuojantis pastato konstrukcijoms, persiskirsto per kolonų ar sienų pamatus pagrindui perduodama pastato apkrova, o tai turi įtakos pagrindo įtempiams ir deformacijoms. Tokiu būdu pagrindo ir pastato deformacijos yra bendros, jos turi įtakos viena kitai.

Konstrukcijos sąveikos su deformuojamu gruntu pagrindu įvertinimas leido sukurti skaičiavimo metodus, turinčius didelę praktinę ir ekonominę reikšmę. Beveik visi inžineriniai statiniai vienaip ar kitaip sąveikauja su po jais esančiais pamatais ir pagrindais. Todėl pamatai pastatams turi būti tokie, kad užtikrintų pastato bei atskirų jo konstrukcinių elementų pastovumą ir normalų eksplotavimą.

Pamatams ant deformuojamų pagrindų įrengti skiriama daug lėšų, todėl šiek tiek patikslinus skaičiavimus ir giliau pažvelgus į tradicinius pastatų pamatų projektavimo metodus galima ne tik atpiginti statybą ir sutaupyti statybinių medžiagų, bet ir konstrukcijas suprojektuoti ir pastatyti patikimesnes.

Klasikinės deformuojamo pagrindo įvertinimo teorijos

Vieną iš pirmųjų teorijų XIX a. pab. sukūrė E. Vinkleris ir H. Cimermanas. Ji pagrįsta tiesine

priklausomybe tarp pagrindo įtempių ir deformacijų. Teorijoje nurodoma, kad pagrindo nuosėdis priklauso tik nuo vietinio apkrovos veikimo, todėl ši hipotezė dar vadinama vietinių deformacijų hipoteze. Pagrindo standumo modulis yra tiesiogiai proporcingas pamatą veikiančiam slėgiui ir atvirkščiai proporcingas nuosėdžiui:

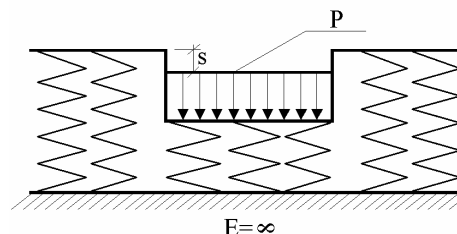
$$C_z = \frac{P}{s}, \quad (1)$$

čia: P – slėgis į pamatą, (kN/m^2); s – pamato nusėdimas, (m) (Šimkus 1984).

Pagrindas sudarytas iš tamprių spyruoklių (1 pav.), kurios atremtos į standų nesideformuojantį sluoksnį. Pagal šią teoriją įtempiai sklinda ir pagrindas deformuojamas tik po pamatu.

Vietinių tampriųjų deformacijų metodas duoda rezultatus labiau atitinkančius tikrovei, kai pamatai įrengiami ant labai suspaudžiamų gruntų ($E \leq 5 \text{ MPa}$), taip pat ant ribotai suspaudžiamo grunto sluosnio – po juo slūgso nesideformuojantis gruntas.

Mechaninį modelį *vietinių tampriųjų deformacijų teorijos* galima pavaizduoti taip (1 pav.):



1 pav. Pagrindo deformavimosi schema (Vinklerio metodas)

Kita klasikinė teorija yra tampraus puserdvio teorija.

Skaičiavimo metodai pagrįsti tamprumo teorijos dėsniu, kad įtempiai ir deformacijos sklinda grunte ir už pamato kontūro ribų, o besideformuojančio pagrindo paviršius įlinksta pagal tampraus įlinkio kreivę – pagrindą sudaro tamprios, tarp savęs susijusios spyruoklės, atremtos į standų nesideformuojantį sluoksnį.

Liauniems pamatams ir jų pagrindui skaičiuoti ši teorija gerai tinka tada, kai pagrindą sudaro mažai suspaudžiami gruntai, kurių stiprumas kerpančiam didelis. Ji naudojama skaičiuojant ištisinius pamatus po namais, elevatorių silosiniais korpusais ir kt. Kad būtų lengviau skaičiuoti, sudarytos lentelės.

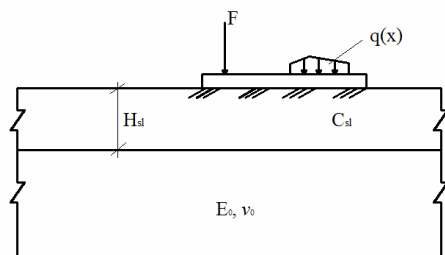
Norint parodyti sąryšį tarp pagrindo standumo modulio ir deformacijų modulio naudojama ši standumo modulio išraiška (Šimkus 1984) pagal F. Šleicherio formulę:

$$C_z = \frac{E}{\omega \cdot b (1 - \nu^2)}, \quad (2)$$

čia: b – pamato pado plotis, (m); E – grunto deformacijų modulis, (MPa); ν – skersinės deformacijos koeficientas; ω – koeficientas, kuris priklauso nuo pamato formos, standumo ir taško padėties, kuriame skaičiuojamas nusėdimas.

Pagrindo standumo įvertinimo metodai

Proporcingai deformuojamo sluoksnio, esančio ant tampriosios puserdvės, pagrindo modelis pavaizduotas 2 paveiksle.



2 pav. Baigtinio storio sluoksnio pagrindo modelis

Atliekant skaičiavimus pagal tampriojo sluoksnio pagrindo modelį, reikia apibendrinti grunto rodiklių (E_0 , ν_0 – skersinės deformacijos koeficientas ir C_z – pagrindo standumo modulis) matematinę ryšį. Daugelio autorių eksperimentų rezultatų apibendrinimas (Горбунов-Посадов 1984, Жемочкин 1962):

$$C_z = \frac{E_0}{(1 - \nu_0^2) \cdot H_{sl}}, \quad (3)$$

čia: H_{sl} – deformuojamojo sluoksnio storis, (m).

Rusų mokslininkas P. L. Pasternakas 1956 m pasiūlė patobulinti Vinklerio tampriojo sluoksnio

pagrindo mechaninį modelį. Jis apibendrino jį dviem parametrais. Pirmasis parametras (C_1), kaip ir Vinklerio hipotezės atveju, apibūdina suspaudžiamo grunto standumą, antrasis parametras (C_2) įvertina trinties ir sankibos jėgas grunte (Krutinis 2007).

Šios (4, 5) priklausomybės taikymas išsamiau aprašytas programiniame pakete *LIRA – PC*. Paketas sukurtas Kijevo automatizuotų sistemų mokslinio tyrimo institute. Realizuodama baigtinių elementų metodą, programa atlieka statinių ir dinaminių apkrovų veikiamų konstrukcijų poslinkių ir įrašų skaičiavimus. Be to, atliekant konstrukcijos skaičiavimus galima įvertinti pagrindo standumą. Įvertinus šiuos grunto rodiklius apskaičiuojamas grunto standumo modulis (Daniūnas et al. 1994):

$$C_1 = \frac{E}{H \cdot (1 - 2 \cdot \nu^2)}, \quad (4)$$

grunto liekamųjų deformacijų modulis apskaičiuojamas pagal šią išraišką:

$$C_2 = \frac{E \cdot H}{6 \cdot (1 + \nu)}. \quad (5)$$

Atkreiptinas dėmesys, kad leidinyje Respublikinės statybos normos *RSN 91–85* trečiajame skyriuje L. Furmonavičiaus aprašytas pagrindo standumas.

Įvertinus, kad pagrindo standumas pagal (1) formulę priklauso nuo nuosėdžio dydžio, galima apskaičiuoti pagrindo standumą ir pagal šią formulę (RSN 91–85 1986):

$$C = \frac{R_{sn}}{s}, \quad (6)$$

čia: s – pamato nuosėdis, kuris lygus $s = (0,005 \div 0,03)b$ pamato pado skersmens; R_{sn} – pagrindo skaičiuojamasis stiprumas, kai pamato nuosėdis lygus n % pamato skersmens, surandamas pagal RSN 91–85 198) 3.8 punkto nurodymus, (kPa).

Vienas iš šiuolaikinių būdų vertinti pagrindo standį yra kompiuteriniai programiniai paketai. *STAAD.Pro* – galingas ir lankstus kompleksinio pastatų ir statinių skaičiavimo bei projektavimo taikomųjų programų paketas. *STAAD.Pro* programa taikoma iš esmės visiems inžinerinių konstrukcijų tipams: pramoniniams ir civiliniams pastatams, inžineriniams bei transporto statiniams ir kt. Pagrindo standumas įvertinamas modeliuojant tam tikro standžio spyruoklės (Fixed but).

Fixed but – atrama, atlaisvinta bet kurių laisvės laipsnių $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$ globalioje koordinačių sistemoje linkmėmis. Galima pritaikyti tampriasias

atramas, jeigu vietoje parametrų $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$ įrašomos spyruoklės atitinkamų laisvės laipsnių linkmėmis globalioje koordinačių sistemoje $Kfx f_1, Kfy f_2, Kfz f_3, Kmx f_4, Kmy f_5, Kmz f_6$; $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$ – spyruoklių standumai (Jurkša 2003).

Grunto spyruoklių standumo koeficientas apskaičiuojamas pagal šią formulę (Krutinis 2007) :

$$k_{ij} = C_{ij} \cdot A_{ij}, \quad (7)$$

čia: C_{ij} – pagrindo standumas j – osios ašies atžvilgiu, (kN/m^3); A_{ij} – sąlyginis konstrukcijos (pvz. pamato) pado, kuris remiasi į gruntą plotas, (m).

Kitas pagrindo standumo įvertinimas taikant programą *Pcsheetpilewall*. Ši programa skirta atraminių sienelių projektavimui. Pagrindiniai įvertinimo metodai yra šie:

Tercagio metodas;

įvertinant kūginį stiprumą;

pagal sienutės leistinus poslinkius.

Taigi pagal *Terzaghi metodą* moliniam gruntui žinant konstantos (k_{sl}) reikšmę, kuri imama iš 1 lentelės priklausomai koks molinis gruntas, randama standumo reikšmė (C_z) pagal (8) formulę. Pagal 1 lentelę molinis gruntas skirstomas: silpnas, kai $c_u = 20$, mažo standumo, kai $c_u = 20 - 50$, standus, kai $c_u = 100 - 200$, kietas, kai $c_u > 200$ (kN/m^2).

1 lentelė. Konstantos (k_{sl}) reikšmės

Molis	Silpnas	Mažo standžio	Standus	Labai standus	Kietas
c_u (kN/m^2)	< 20	20 – 50	50 – 100	100 – 200	> 200
k_{sl} (kN/m^3)	< 800 0	8000 – 16000	16000 – 32000	32000 – 64000	> 64000

Pagal Terzaghi teoriją moliniams gruntams standumas skaičiuojamas pagal išraišką, kurioje standumo modulis (C_z) prilyginamas konstantai (k_{sl}) (Prieiga per internetą: <<http://members.ziggo.nl/wolsink/>> 2009) :

$$C_z = k_{sl}, \quad (8)$$

čia: k_{sl} – standumo koeficientas, (kN/m^3).

Pagal *Tercagio teoriją* smėliniams gruntams standumas skaičiuojamas pagal išraišką, kurioje taip pat prilyginamas standumo koeficientui:

$$C_z = L_h, \quad (9)$$

čia: L_h – standumo koeficientas, kuris imamas iš lentelių, (kN/m^3).

Standumo skaičiavimo metodas *įvertinant kūginį stiprumą* (programa *Pcsheetpilewall*). Žinant nagrinėjamo grunto kūginį stiprumą, galima apskaičiuoti grunto standumo modulį:

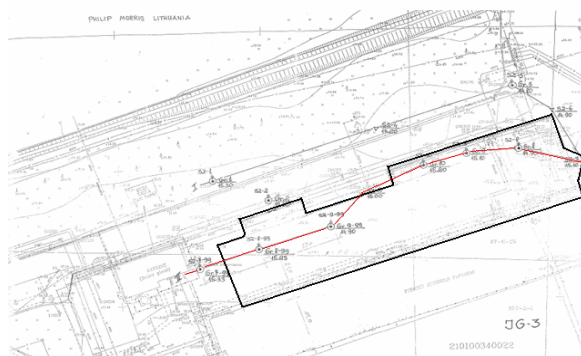
$$C_z = 2000 \cdot q_c, \quad (10)$$

Standumo įvertinimo metodas *pagal atraminės sienutės leistinus poslinkius*. Standumas parenkamas iš 2 lentelės pagal atraminės sienutės leistinus poslinkius.

Jokių skaičiavimų atlikti nereikia norint gauti pagrindo standumo reikšmę pagal projektuojamąją situaciją. Tiesiog reikia įvertinti kokie galėtų būti horizontalūs sienutės poslinkiai. Smėliniams gruntams reikia žinoti kūginį stiprumą (q_c), o moliniams – vienetinį svorį (γ).

Pastato skaičiavimas ant deformuojamojo pagrindo

Sklypas UAB „Philip Morris Lietuva“ įmonės yra rytinėje Klaipėdos miesto dalyje, pramoninėje zonoje, Vilniaus pl.16. Tai yra kadastrinis sklypas, kadastro Nr. 210100340022. Nagrinėjamas objektas - esamo tabako paruošimo cecho išplėtimas (3 pav.).

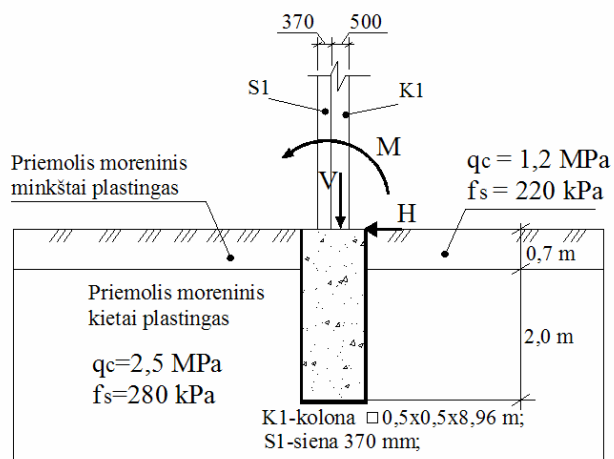


3 pav. Topografinis planas

Darbai vykdyti 2006 m. sausio mėn., geologinius tyrimus atliko UAB „Inžineriniai tyrinėjimai“. Jų metu išgręžti 6 gręžiniai 5,0 – 10,0 m gylio.

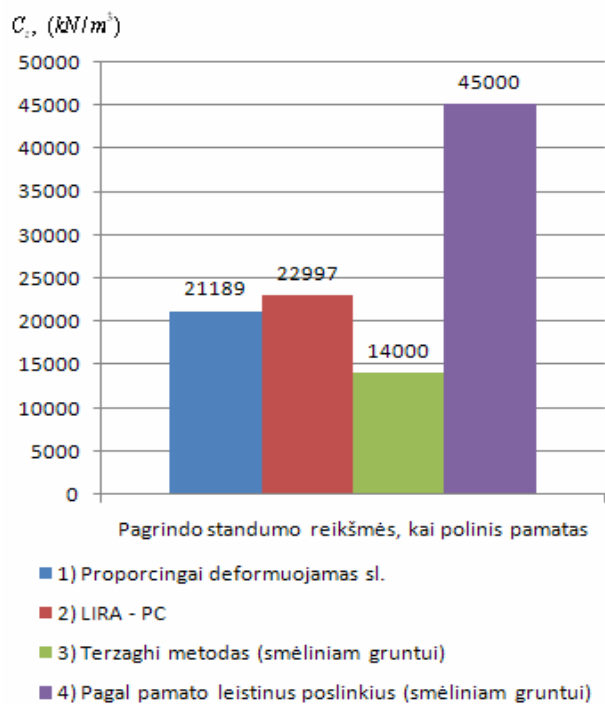
2 lentelė. Sienutės pagrindo standumo reikšmės

Gruntas	Spyruoklių standumas (C, kN/m ³)		
	$w \leq 20 \text{ mm}$	$20 \text{ mm} < w \leq 100 \text{ mm}$	$w > 100 \text{ mm}$
<i>Smėlis (dulkingas): q_c</i>			
< 5	8000	6000	4000
5 – 10	10000	7500	5000
< 20	45000	30000	15000
<i>Molis</i>			
$\gamma = 13 - 15$	4000	3000	2000
$\gamma = 15 - 17$	5000	3750	2500
$\gamma > 17$	6000	4500	3500
<i>Durpės</i>			
$\gamma = 10 - 11$	3000	2000	1500
$\gamma = 12$	4000	3000	2000



6 pav. Gręžtinio pamato konstrukcinė schema

Pagal 4 skirtingus metodus *poliniam pamatui* gautos standumo modulio reikšmės pavaizduotos 7 paveiksle.

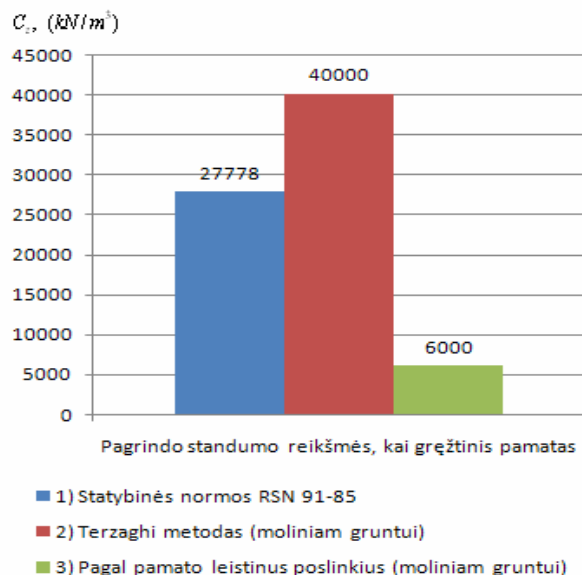


7 pav. Pagrindo standumo modelių palyginimas (poliniam pamatui)

Taigi pagrindo standumo intervalas yra $[14000; 45000]$, (kN/m^3).

Didžiausia pagrindo standumo reikšmė gaunama pagal leistinus pamato poslinkius smėliniam gruntui (poliniam pamatui) – 45000 , (kN/m^3). Mažiausia reikšmė gaunama pagal Tercagio metodą smėliniam gruntui (poliniam pamatui) – 14000 (kN/m^3).

Pagal 3 skirtingus metodus gręžtiniam pamatui gautos standumo modulio reikšmės pavaizduotos 8 paveiksle.



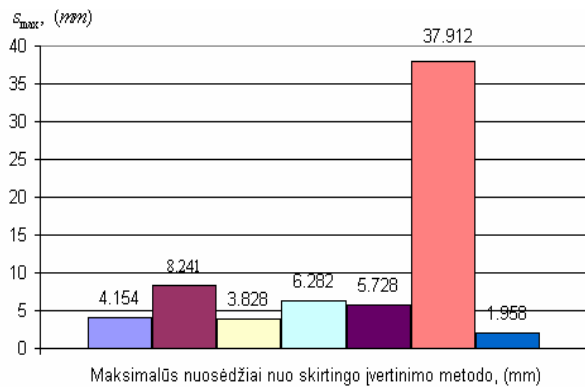
8 pav. Pagrindo standumo modelių palyginimas (gręžtiniam pamatui)

Taigi pagrindo standumo intervalas yra [6000; 40000], (kN/ m³).

Didžiausia pagrindo standumo reikšmė gaunama pagal Tercagio metodą moliniam gruntui (gręžtiniam pamatui) – 40000, (kN/m³). Mažiausia reikšmė gaunama pagal pamato leistinus poslinkius moliniam gruntui (gręžtiniam pamatui) – 6000 (kN/ m³).

Toks reikšmių intervalas gaunamas dėl to, kad kiekvienas metodas skirtingai vertina pagrindo standumą ir vertinimas yra dviem tipams pamatų, kurie remiasi į skirtingus gruntus (stiprumo rodikliai skirtingi). Pavyzdžiui proporcingai deformuojamo sluoksnio, esančio ant tamprios puserdvės modelis įvertina šiuos grunto rodiklius: deformacijų modelį, skersinės deformacijos koeficientą bei tampraus sluoksnio storį. Jis tinkamesnis polinių pamatų skaičiavimams lyginant su gręžtiniais pamatais. Tai gana patikimas metodas. Gręžtinių pamatų pagrindo standumo skaičiavimams tinkamesnis yra pagal RSN 91–85 metodas. Žinant grunto kūginį stiprumą patogus metodas vertinti pagrindo standumą yra *Pcsheetpilewall* kompiuterine programa pagal standumo įvertinimo metodą – vertinant pagal grunto kūginį stiprumą.

Žinant pagrindo standumo reikšmes, atliekamas pastato skaičiavimas ant deformuojamo pagrindo pagal Vinklerio modelį, naudojant *STAAD.Pro 2005* kompiuterinę programą.



- 1) Proporcingai deformuojamas sl.
- 2) RSN 91-85
- 3) LIRA-PC
- 4) Terzaghi metodas (smėliniams gr.)
- 5) Terzaghi metodas (moliniams gr.)
- 6) Pagal pamato konstrukcijos horizontalius poslinkius (moliniams gruntams)
- 7) Pagal pamato konstrukcijos horizontalius poslinkius (smėliniams gruntams)

9 pav. Maksimalūs nuosėdžiai pagal 7 įvertinimo modelius

Atlikus analizę gaunami konstrukcijos atramų nuosėdžiai. Maksimalios nuosėdžių reikšmės pavaizduotos 9 paveiksle. Pagal kiekvieną įvertinimo metodą reikšmės gaunamos skirtingos. Kadangi pagal standumo vertinimo metodus buvo gautos skirtingos (C_z) reikšmės. Kuo apskaičiuota standumo modulio reikšmė didesnė, tuo nuosėdžiai pagal analizę buvo gauti mažesni.

Išvados

1. Išanalizavus ir apskaičiavus pagrindo standumą pagal skirtingus įvertinimo metodus matyti, kad metodai yra nevienodai vertinami. Todėl ne visada tai pačiai projektuojamajai situacijai yra tinkami.
2. Universaliausias iš pateiktų šiame straipsnyje metodų yra pagrindo standumo vertinimas pagal grunto kūginį stiprumą.
3. Atlikus analizę nuosėdžių intervalas poliniam pamatui – [1,958; 6,282], (mm), o gręžtiniam – [5,728; 37,912], (mm). Jie neviršija leistinos nuosėdžių ribos.
4. Atlikus pastato analizę ant deformuojamo pagrindo pagal 7 skirtingus standumo vertinimo metodus galima daryti išvadą, kad pastato konstrukcijoms pagrindo standumas neturi didelės reikšmės, nes pagrindas yra pakankamai standus. Konstrukciją veikiančių įrašų persiskirstymas pagal skirtingus vertinimo metodus ir nevertinant pagrindo standumo (kai modeliuojamos atramos standžios) neviršija 1% ribos.

Padėkos

Dėkoju doc. dr. Jurgiui Medzvieckui už pagalbą rengiant šį straipsnį.

Literatūra

- Daniūnas, A.; Jurkša, A.; Komka, A. 1994. *Programų paketo LIRA – PC taikymas statybinėms konstrukcijoms skaičiuoti*. Vilnius: Technika. 84 p. ISBN 9986-05-136-3.
- Jurkša, A.; Popovas V. 2003. *Statybos konstrukcijų skaičiavimo programa STAAD.Pro. (Programos apžvalga, komandos, skaičiavimo pavyzdžiai)*. Vilnius: Technika. 325 p. ISBN 9986-05-494-X.
- Krutinis, A. 2007. *Konstrukcijų ant tampriojo pagrindo skaičiavimo teorija ir metodai*. Vilnius: Technika. 161 p. ISBN 978-9955-28-175-7.
- RSN 91 – 85. 1986. *Gręžinių pamatų projektavimas ir statyba*. Vilnius, 1986. 61 p.
- Šimkus, J. 1984. *Gruntų mechanika, pagrindai ir pamatai*. Vilnius: Mokslas. 271 p.

- Горбунов-Посадов, М. И.; Маликова, Т. А.; Соломин, В. И. 1984. *Расчет конструкций на упругом основании*. Москва : Стройиздат. 679 с.
- Жемочкин, Б. Н.; Сеницын, А. П. 1962. *Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании*. Москва: Госстройиздат. 240 с.
- Homepage mechanical programs [interaktyvus] 2008. [Žiūrėta 2008 m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://members.ziggo.nl/wolsink/>>.

EVALUATION OF THE GROUND STIFFNESS FOR STRUCTURAL DESIGN

J. Antanaitis

Summary

Article purpose – introduce readers with influence evaluation of the ground stiffness calculating bearing structures. To tell about different methods of the ground stiffness and do analysis of UAB „Philip Morris Lietuva“ structure's with computer program STAAD.Pro 2005.