KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas

Jūrų inžinerijos katedra

Dovydas Balsys

AŠINĖS JĖGOS ĮTAKA DEFORMUOTO POLIO LAIKOMAJAI GALIAI (PIRSO ATVEJIS)

Uosto statinių studijų programos Magistro baigiamasis darbas Studijų kodas: 621H20004

Darbo vadovas

dr. Darius Narmontas

Klaipėda, 2016

KLAIPĖDA UNIVERSITY

Faculty of Marine Technologies and Natural Sciences

Department of Marine Engineering

Dovydas Balsys

AXIAL FORCE INFLUENCE FOR DEFORMED PILE LOAD CAPACITY (PIER CASE)

Port structures study program Master Thesis Studies code: 621H20004

Academic supervisor

dr. Darius Narmontas

Klaipeda, 2016

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas Jūrų inžinerijos katedra

TVIRTINU__

Studijų programos vadovas Lekt. Dr. D.Narmontas

AŠINĖS JĖGOS ĮTAKA DEFORMUOTO POLIO LAIKOMAJAI GALIAI (PIRSO ATVEJIS)

Magistro baigiamasis darbas

Autorius TMNUS-14 gr. magistrantas		
	Dovydas Balsys	
		(data, parašas)
Vadovas	Lekt. Dr. D. Narmontas	
		(data, parašas)
Recenzentas	Lekt. Dr. A. Štuopys	
		(data, parašas)
Recenzentas	Prof. Dr. M. Samofalov	
		(data, parašas)
CD pateiktas	Lekt. Dr. D. Narmontas	

(data, parašas)

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS JŪROS TECHNOLOGIJŲ IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS JŪRŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Uosto statinių studijų programa, Valstybinis kodas 612H20004 Antra pakopa: Statybos inžinerijos magistro kvalifikacija

TVIRTINU:
Studijų programos vadovas
Dr. Darius Narmontas
A Comp
(parašas) 2015 m

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Studentas

Dovydas Balsys (vardas, pavardė)

Baigiamojo magistro darbo tema

Ašinės jėgos įtaka deformuoto polio laikomajai galiai (pirso atvejis)

Darbe išnagrinėti, ištirti ir aprašyti šias dalis:

- 1. Įvadas
- 2. Pirso statinio apžvalga, apkrovos ir poveikiai į jo elementus;
- 3. Statinio skaitinis modeliavimas, skirtingų apkrovimo variantų tyrimas;
- 4. Eksperimentinio pirso polio modelio sukūrimas.
- 5. Eksperimento atlikimas su skirtinga apkrovos reikšme;
- 6. Natūrinio eksperimento modelio diskretizavimas baigtiniais elementais ir skaitmeninis tyrimas;
- 7. Eksperimento rezultatų apibendrinimas ir palyginimas su realaus pirso modelio skaičiavimo rezultatais;
- 8. Išvados
- 9. Literatūros sąrašas

Darbą parengti ir pateikti pagal KU Senato 2010 m. balandžio mėn. 09 d. nutarimu Nr. 11 – 56 patvirtintu "Klaipėdos universiteto studentų savarankiškų rašto ir meno darbų bendrųjų reikalavimų aprašą".

Užduoties gavimo data: Darbo baigimo terminas:

2015 rugsėjo mėn. 21 d. 2016 gegužės mėn. 27 d.

Studento parašas

Darbo vadovas

Dovydas Balsys (vardas, pavardė) lekt. dr. Darius Narmontas (vardas, pavardė)

(parašas) (parašas)

Baigiamojo darbą pateikti dviem popieriniais egzemplioriais (recenzentai, po recenzavimo grąžinama gynimo komisijai) ir kompiuterinė "*V_Pavarde temos_pirmi_penki_žodžiai.pdf*" laikmena Kompiuterinė laikmena pateikiama dviem egzemplioriais: baigiamojo darbo vadovui ir studijų programos vadovui.

Klaipėdos universitetas Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas Jūrų inžinerijos katedra

Uosto statinių studijų programos baigiamasis magistro darbas

AŠINĖS JĖGOS ĮTAKA DEFORMUOTO POLIO LAIKOMAJAI GALIAI ANALIZĖ (PIRSO ATVEJIS)

Autorius: D. Balsys Vadovas: lekt. dr. D. Narmontas Kalba: lietuvių

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe tiriama ašinės jėgos įtaka pirso kratinės poliui. Tikrinama kokie poslinkiai pasireiškia, jeigu į polį atsitrenkia laivas. Kaip šiuos poslinkius įtakoja pirso antstato ašinės jėgos dydis. Darbe atliekamas statinio skaitinis modeliavimas ir eksperimentinis pirso poliaus tyrimas ir modeliavimas.

Teorinėje dalyje atlikta literatūros apžvalga apie pirso konstrukciją, aptarti išoriniai poveikiai veikiantys statinį (hidrostatinė vandens apkrova, bangų apkrovos, dinaminė jėga, eksploatacinės ašinės ir išskirstytos apkrovos). Taip pat aptartos metalo savybės bei gruntų charakteristikos.

Tiriamojoje dalyje atlikti pirso statinio skaitiniai modeliavimai, keičiant dinaminės skersinės jėgos pridėjimo vietą, didinant ašinės jėgos dydį ir keičiant grunto savybes. Palyginta kaip keičiasi rezultatai sudarant skirtingus skaičiavimų modelius. Sudarytas eksperimentinis modelis ir apskaičiuota dinaminė skersinė jėga kuri paveikia modelį. Eksperimento metu išmatuoti poslinkiai ir mechaniniai virpesiai. Taip pat ištirti grunto sluoksniai ir grunto sluoksnių tamprumo moduliai. Taip pat sudarytas eksperimentinio pirso modelio skaičiavimas, pritaikant gautus grunto savybių rezultatus ir naudotas apkrovas. Visi gauti poslinkiai sulyginti, rezultatai pavaizduojami grafiškai. Atlikus visus eksperimentinius bandymus ir modeliavimus, ištirta, kad ašinė apkrova turi didelę įtaką pirso krantinei.

Baigiamąjį darbą sudaro: 86 puslapių, 78 paveikslėliai ir 11 lentelių.

Raktažodžiai: uostas, pirsas, poliai, gruntas.

Klaipėda university Marine technology and natural sciences department Maritime engineering department Port structures study program in the final master's work

AXIAL FORCE INFLUENCE FOR DEFORMED PILE LOAD CAPACITY (PIER CASE)

Author: D. Balsys

Academic supervisor: lekt. dr. D. Narmontas Thesis language – Lithuanian

SUMMARY

In the master's thesis investigated the influence of axial force for pier berth pile. Checking what displacements occur when the pile gets hit by a ship. How these displacements are affected by pier superstructure axial force size. The work carried out in a static numerical modelling and experimental pier pile test and simulation.

In the theoretical part literature reviewed on the pier construction, external effects acting on the structure (hydrostatic water loads, wave loads, dynamic load, performance axial and split loads). Also discussed metal properties and soil characteristics.

In research carried out in the pier structure numerical simulations by changing the dynamic shear force adding location, increasing the size of the axial force and changing soil characteristics. Compared how results change doing different calculation models. Made an experimental model and calculated dynamic shear force that affects the model. During the experiment measured displacements and mechanical vibrations. Also researched soil layers and ground layers elastic modules. Also made and experimental model for the calculation of the pier, adapting the received results of soil properties and used loads. All results taken together and displayed graphically. After completing all the experiments and modulating, it has been researched that axial force has a big impact on pier berth.

This work consists of: 86 page, 78 pictures and 11 tables.

Key words: port, pier, pile, soil.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Pirsas.	15
2 pav. Kopenhagos uosto pirsas.	15
3 pav. Polinių krantinių konstrukcija.	16
4 pav. Polinės krantinės skersinis pjūvis.	17
5 pav. Bangų profilis ir parametrai.	19
6 pav. Dinaminio ir statinio deformavimų kreivės.	20
7 pav. Slydimo (a) ir dvilinkio (b) deformacijų schema.	22
8 pav. Įtempių pasiskirstymas plokštumose. Moro įtempių apskritimas.	24
9 pav. Įtempių ir deformacijų grafikas modulių nustatymui.	24
10 pav. Pirso krantinės schema.	29
11 pav. Pjūvio A-A schema.	29
12 pav. Standaus rėmo skaičiuojamoji schema.	30
13 pav. 1-ojo skaičiavimo varianto skaičiuojamoji schema.	31
14 pav. 1-ojo skaičiavimo varianto deformuotoji schema.	32
15 pav. 1-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.	32
16 pav. Pirso krantinės schema.	33
17 pav. Pjūvio A-A schema.	33
18 pav. 2-ojo skaičiavimo varianto schema.	34
19 pav. 2-ojo skaičiavimo varianto deformuotoji schema.	34
20 pav. 2-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.	34
21 pav. 3-ojo varianto pirso krantinės schema.	35
22 pav. 3-ojo skaičiavimo varianto schema.	36
23 pav. 3-ojo skaičiavimo varianto deformuotojo schema.	36
24 pav. 3-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.	37
25 pav. 4-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės schema.	38
26 pav. 4-ojo skaičiavimo varianto schema.	38
27 pav. 4-ojo skaičiavimo varianto deformuotoji schema.	39
28 pav. 4-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.	39
29 pav. 5-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės schema.	40
30 pav. 5-ojo skaičiavimo varianto schema.	41
31 pav. 5-ojo skaičiavimo varianto deformuotoji schema.	41
	8

32 pav. 5-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.	42
33 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės 1-a schema.	43
34 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės 2-a schema.	44
35 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės 3-ia schema.	45
36 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės 4-a schema.	46
37 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės 5-a schema.	47
38 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės 6-a schema.	48
39 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso krantinės 7-a schema.	49
40 pav. Pirso pjūvio ir pirso dinaminės skersinės jėgos sukeltų poslinkių rezultatų grafikas.	51
41 pav. Pirso krantinės dinaminės skersinės jėgos sukeltų poslinkių rezultatų grafikas.	51
42 pav. Virpesių analizatorius "ADASH VA4 PRO".	52
43 pav. Grunto dinaminio modulio matavimo prietaisas "HMP-LFG".	54
44 pav. Elektrinis slankmatis "HOREX".	55
45 pav. Bandinys.	56
46 pav. 25,2 kg akmuo.	57
47 pav. 30,7 kg akmuo.	57
48 pav. Metalinis vamzdis su medine dėže.	57
49 pav. Betoninis gaminys su inkariniu varžtu.	58
50 pav. Medinis rėmas.	58
51 pav. Bandymas.	59
52 pav. Skersinių dinaminių jėgų dedamosios metalinio vamzdžio skerspjūviui.	59
53 pav. Ištrauktas grąžtas su gruntais.	60
54 pav. Grunto savybių tyrimo schema.	60
55 pav. 1-ojo matavimo sluoksniuotumas.	61
56 pav. 2-ojo matavimo sluoksniuotumas.	61
57 pav. 60 cm gylio duobė prie metalinio vamzdžio.	62
58 pav. 3-ojo matavimo sluoksniuotumas.	62
59 pav. Grunto sluoksniai aplink metalinį vamzdį.	63
60 pav. Grunto tamprumo modulio matavimas 40 cm gylyje.	64
61 pav. Poslinkių rezultatų grafikas bandant pozicijoje Nr. 1.	65
62 pav. Bandymo be ašinės apkrovos virpesių grafikas.	66
63 pav. Bandymo su 247,21 N ašine apkrova virpesių grafikas.	66
	9

64 pav. Bandymo su 548,38 N ašine apkrova virpesių grafikas.	67
65 pav. Virpesių pagreičių ir trukmės grafikai.	67
66 pav. Bandymo kompiuterinis modelis.	69
67 pav. 1-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema.	71
68 pav. 1-ojo bandymo deformuotojo skaičiavimo schema.	71
69 pav. 2-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema.	72
70 pav. 2-ojo bandymo deformuotojo skaičiavimo schema.	72
71 pav. 3-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema.	73
72 pav. 3-ojo bandymo deformuotojo skaičiavimo schema.	73
73 pav. Elektrinio slankmačio ir kompiuterinio modeliavimo gautų poslinkių rezultatų grafikas.	74
74 pav. Bandinio kompiuterinio modeliavimo poslinkių grafikas.	74
75 pav. Pirso kompiuterinio modeliavimo poslinkių grafikas.	75
76 pav. Elektrinio slankmačio, bandinio ir pirso kompiuterinių modeliavimų poslinkių absoliut verčių grafikas	inių 75
77 pav. Elektrinio slankmačio, bandinio ir pirso kompiuterinių modeliavimų absoliutinių ve grafikas	rčių 76
78 pav. Slankmačio ir "ADASH VA4 PRO" virpesių analizatoriaus priklausomybė	79

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Grunto tankumas.	23
2 lentelė. Atskirų apkrovų deriniai.	27
3 lentelė. Rėmo ir pirso kratinės skaičiavimų variantų rezultatai.	50
4 lentelė. Dinaminio tamprumo modulio matavimo rezultatai.	64
5 lentelė. Rezultatų gautų elektroniniu slankmačių rezultatai.	65
6 lentelė. Virpesių analizatorius "ADASH VA4 PRO" gauti rezultatai.	68
7 lentelė. Pirso krantinės kompiuterinių skaičiavimų rezultatai.	76
8 lentelė. Vamzdžio viršaus poslinkio rezultatai, paveikus dinaminei skersinei jėgai.	76
9 lentelė. Mechaninių svyravimų sukelti poslinkiai.	77
10 lentelė. Dinaminio tamprumo modulio matavimo rezultatai.	78
11 lentelė. Kompiuterinio bandymo modelio gautų poslinkių rezultatai.	79

TURINYS

ĮVADAS		
1. TE	ORINĖ DALIS	15
1.1.	PIRSAI IR JŲ KONSTRUKCIJA	15
1.2.	HIDROSTATINĖ VANDENS APKROVA.	18
1.3.	BANGŲ APKROVOS.	19
1.4.	DINAMINĖ JĖGA.	20
1.5.	Eksploatacinės ašinės apkrovos.	21
1.6.	METALŲ CHARAKTERISTIKOS	21
1.7.	GRUNTO SAVYBĖS	23
2. MA	ATEMATINIŲ MODELIŲ SUDARYMAS	25
2.1.	PIRSO KOMPIUTERINIŲ VARIANTŲ SKAIČIAVIMAI	25
2.1	1.1. Pirso skaičiuojamose schemose priimto prielaidos	25
2.1	1.2. Apkrovų skaičiavimas	26
	2.1.2.1. Hidrostatinio slėgio skaičiavimas	26
	2.1.2.2. Bangų apkrovų skaičiavimas	26
	2.1.2.3. Dinaminės jėgos skaičiavimas.	27
	2.1.2.4. Naudojimo apkrovos skaičiavimas	27
	2.1.2.5. Apkrovų deriniai.	27
2.1	1.3. Atskirų derinių skaičiavimai	29
	2.1.3.1. Skaičiuojamojo rėmo schema	29
	2.1.3.2. 1-asis skaičiavimo variantas (2D rėmas)	31
	2.1.3.3. 2-asis skaičiavimo variantas (fragmentas).	33
	2.1.3.4. 3-asis skaičiavimo variantas (3D rėmas su dvigubai mažesne apkrova)	35
	2.1.3.5. 4-asis skaičiavimo variantas (3D rėmas su plokšte)	37
	2.1.3.6. 5-asis skaičiavimo variantas (Su silpnesniais gruntais)	40
	2.1.3.7. 6-asis skaičiavimo variantas (įvairūs deriniai).	43
	2.1.3.8. Rezultatai	50
3. EK	SPERIMENTINIAI TYRIMAI	52
3.1.	POLIO MODELIO EKSPERIMENTINIO TYRIMO PRIELAIDOS	52
3.2.	TYRIMUI NAUDOTA ĮRANGA	52
3.2	2.1. Virpesių analizatorius "ADASH"	52
3.2	2.2. Grunto dinaminio tamprumo modulio matavimo prietaisas "HMP-LFG"	54

3.2	2.3.	Elektrinis slankmatis "HOREX".	55
3.3.	PAS	SIRUOŠIMAS TYRIMUI	56
3.4.	BA	NDYMŲ REZULTATAI	59
3.4	4.1.	Grunto savybių tyrimas.	60
3.4	4.2.	Bandinio viršūnės poslinkio rezultatai.	
3.4	4.3.	Virpesių analizatoriaus "ADASH VA4 PRO" gauti rezultatai	66
3.4	4.4.	Mechaninių svyravimų skaičiavimas	68
3.5.	SM	ŪGIO DINAMINĖS JĖGOS SKAIČIAVIMAS	69
3.6.	BA	NDYMO KOMPIUTERINIS MODELIAVIMAS	70
4. EK	SPE	RIMENTINIO IR SKAITINIO TYRIMO REZULTATŲ ANALIZĖ	76
IŠVAD	0 5 I	R REKOMENDACIJOS	81
LITERATŪRA			85
PRIED	PRIEDAI		

ĮVADAS.

Pirsai – svarbūs uosto statiniai gerinantys jo infrastruktūrą. Pirso konstrukciją sudaro metaliniai arba gelžbetoniniai poliai, kurio viena ilgio dalis yra grunte, kita dalis – vandenyje, ir likusioji – iškilusi virš vandens. Polius su krantu jungia pirso antstatas, dažniausiai gelžbetoninis, prie kurio švartuojasi laivai, juo važinėja kranai, ant jo yra sandėliuojami konteineriai ir kita.

Uostų pirsų poliai yra veikiami įvairių mechaninių apkrovų, tokių kaip hidrodinaminio vandens slėgio, laivų bei ledo luitų smūginių jėgų, išskirstytų antstato ir eksploatacijos apkrovų, bei bangavimo apkrovų. Šiame baigiamajame darbe ištirta, kiek gali pasislinkti pirso antstatas į polį atsitrenkus laivui arba ledo lyčiai ir kaip tai įtakoja skirtingas antstato svoris. Ši tema yra aktuali, nes apie ją yra labai mažai informacijos. Ar atitinkamai dinaminei jėgai paveikus polį pirso konstrukcija išlaikys savo laikomąją galią.

Problemos formulavimas:

Ištirti kaip dinaminė jėga gali paveikti pirso polį. Ši dinaminė jėga gali būti laivo arba ledo lyties smūgis. Kaip atstato svoris, eksploatacinė išskirstyta apkrova įtakoja polį, paveikus dinaminei skersinei jėgai.

Darbo aktualumas:

Darbe norima ištirti kaip laivo smūgis į polį gali paveikti pirso krantinę. Norima sužinoti ar šis smūgis gali būti kritinis. Ši tema yra mažai nagrinėta, apie tai yra mažai informacijos ir straipsnių. Statybos techniniai reglamentai aprašo tik smūgį į atmušas, nėra vertinami avariniai atvejai.

Darbo tema:

Ašinės jėgos įtaka deformuoto polio laikomajai galiai analizė (pirso atvejis).

Darbo tikslas:

Nustatyti smūginės apkrovos paveikto deformuoto polio laikomosios galios pokyčio priklausomybę nuo ašinės jėgos. Kokio dydžio poslinkiai atsiranda, kai pirso antstatas skirtingo svorio bei matmenų. Tiriamas tuščiaviduris metalinis polis.

Darbo uždaviniai:

- 1. Atlikti Lietuvos bei užsienio straipsnių, reglamentų bei kitos literatūros apžvalgą.
- 2. Atlikti pirso krantinės kompiuterinį modeliavimą.
- 3. Išanalizuoti tyrumui pasirinktą naudoti įrangą.
- 4. Ištirti bandomojo modelio antstato poslinkį, jį paveikus visomis įvertintomis apkrovomis.
- 5. Ištirti dinaminio smūgio sukeliamus mechaninius svyravimus.
- 6. Ištirti grunto savybes.
- 7. Atlikti bandymo kompiuterinį modeliavimą.
- 8. Palyginti bei apibendrinti visus gautus rezultatus.

Darbe taikyti tyrimo metodai:

- 1. Literatūros analizė.
- 2. Eksperimentiniai tyrimo metodai.
- 3. Dinaminio grunto tamprumo modulio matavimo prietaisas "HMP LFG".
- 4. Elektrinis slankmatis poslinkiui išmatuoti.
- 5. Virpesių analizatorius "ADASH VA4 PRO".
- 6. Kompiuterinė programa STAAD.Pro visiems kompiuteriniams skaičiavimams atlikti.
- 7. AutoCAD programa brėžiniams braižyti.

Bandymui buvo naudotas 2 m ilgio tuščiaviduris metalinis vamzdis S235 metalo stiprumo klasės. Vamzdžio vienas metras (1 m) įkaltas į gruntą, likusi vamzdžio dalis - vienas metras (1 m) - vertikaliai iškilęs virš grunto. Ašinei apkrovai sudaryti, ant jo į specialią dėžę sudedami akmenys – 25,2 kg ir 30,7 kg svorio. Pirmam apkrovimui naudojamas 25,2 kg akmuo, antram – 25,2 kg ir 30,7 kg akmenys kartu. Dinaminei jėgai sugeneruoti, naudojamas 25,1 kg betoninis gaminys, kuris pritvirtintas prie medinio rėmo. Švytuoklės principu, paleistas iš atitinkamo kampo, jis sugeneruoja reikalingą dinaminę jėgą.

Atliekant skaičiavimus su STAAD.Pro kompiuterine programa, suskaičiuoti tokie modeliai:

1. Pirso bei atskirų jo pjūvių modeliai.

2. Atskirsi pirso atvejai, kai keičiamas eksploatacinės apkrovos dydis, grunto tamprumo moduliai ir dinaminės skersinės jėgos poveikis į skirtingą polį.

3. Bandinio baigtinių elementų modelis.

Visi gauti rezultatai buvo palyginti ir aprašyti baigiamajame darbe.

Mokslinį tiriamąjį darbą sudaro keturios dalys – teorinė, matematinių modelių, eksperimentinių tyrimų, eksperimentinio ir skaitinio tyrimo rezultatų analizė. Pateiktos išvados, literatūros sąrašas.

1. TEORINĖ DALIS.

Pirsų konstrukcijos uostuose gali būti paveiktos laivų arba ledo lyčių smūgių. Kad išsaugoti pirso konstrukciją, jų poliai turi būti suprojektuoti taip, kad išlaikytų laivų ir lyčių smūginę jėgą. Siekiant nustatyti šią jėgą, reikia atlikti dinaminio smūgio jėgos patikimus teorinius arba skaitmeninius skaičiavimus. Tačiau labai mažai bandymų yra atlikta, kad nustatyti smūgio poveikį į polį ir jo atsaką į smūgį (S. Yanian, 2013). Pirso kratinė pavyzdžiai pavaizduoti 1 ir 2 paveiksluose.



1 pav. Pirsas.



2 pav. Kopenhagos uosto pirsas.

1.1. Pirsai ir jų konstrukcija.

Pirsai – prieplaukos statiniai, prie kurių iš abiejų pusių gali švartuotis laivai, jie skirti krovos darbams bei aptarnavimo tikslams (V. Paulauskas, 2001).

Polinės kratinės dažniausiai statomos su antstatu (antpoliu) (3 pav.). Tokios kratinės susideda iš dviejų pagrindinių elementų:

• polinio pamato, susidedančio iš atskirų polių ar ištisinės įlaidų sienutės;

• antstato (antpolio), jungiančio polių viršūnes tarpusavyje ir sudarančio prieplaukos teritoriją. Antstatas yra viršutinė prieplaukos statinio dalis.



3 pav. Polinių krantinių konstrukcija.

1 – polis; 2 – priekinė sija; 3 – laivų tvirtinimo kablys; 4 – surenkamoji gelžbetoninė plokštė;

5 – monolitinis rygelis; 6 – komunikacijų kanalas; 7 – užnugario jungiamasis masyvas;

8 - atvirkštinis filtras; 9 - akmenų paklotas

(L. Katkevičius, 2008)

Poliai ir įlaidai gali būti metaliniai, gelžbetoniniai ir mediniai.

Metaliniai poliai yra atsparūs juos gniuždant, tempiant, lenkiant, išlaiko dinamines apkrovas. Poliai gali būti bet kokio ilgio. Jie gali būti pjaustomi ir suvirinami kalimo proceso metu. Lyginant su gelžbetoniniais, metaliniai poliai turi šių privalumų: esant vienodai keliamajai galiai – jie lengvesni, atsparesni lenkimui, perima didesnes horizontaliąsias apkrovas (tai leidžia sumažinti polių skaičių). Dažniausiai naudojami plieniniai vamzdžiai bei įvairių skerspjūvio formų valcuoto plieno profiliai. Kartais vamzdinių polių keliamajai galiai padidinti apatinėje dalyje įrengiamas betoninis kamštis (L. Katkevičius, 2008).

Plieninių polių panaudojimas leidžia žymiai sutrumpinti statybos laiką. Vamzdiniai arba dėžiniai poliai (suvirinti iš kelių įlaidų), kad padidėtų jų ilgaamžiškumas ir atsparumas lenkimui, užpildomi smėliu ar betonu (L. Katkevičius, 2008).

Antstatai įrengiami iš gelžbetonio, betono, plieno (konstrukcijoms ant plieninių polių).

Polinių krantinių konstrukcijos. Kai kuriais atvejais, kaip ir uždarojo tipo krantinės, atvirosios skirstomos į pagrindinius tipus priklausomai nuo principų, kad krantinė turėtų pakankamą stabilumą:

 a) polių arba kolonų krantinė. Krantinės platforma ir priekinė siena yra montuojama ant kolonų arba polių, arba kombinuojant šiuos elementus, jeigu nėra pakankamo stabilumo prieš išorines jėgas. Krantinės inkaruojamos tvirtinimo plokšte;

b) atraminės sienutės krantinė. Krantinės platforma ir priekinė dalis yra įrengiama ant įlaidinių polių, kurie skirti patikimo stabilumo reikalaujančioms apkrautoms krantinėms. Krantinė yra pakankamai stabili išlaikyti laivų apkrovas, laikinas apkrovas, galimą spaudimą iš užpildymo konstrukcijos gale neinkaruojant konstrukcijos. Tokiu pat būdu, kaip ir gravitacinė sienutė, konstrukcija pirmiausiai pastatoma, o po to užpildoma jos užnugarinė dalis (Č. Ramonas, 2000).

Polinės krantinės, lyginant su masyviosiomis, yra tinkamiausios esant tokioms sąlygoms:

a) jūros dugnas yra per daug silpnas išlaikyti masyvią krantinės konstrukciją;

b) grunto sudėtis žemiau dugno yra tinkama atraminiams poliams;

c) didelis vandens gylis;

d) reikia minimizuoti hidraulinį režimą;

e) esant sunkumams gaunant tinkamą užpildą atraminės sienutės krantinei (L. Katkevičius, 2008).

4 pav. pateikiamas polinės kratinės skersinis pjūvis ir nurodomos pagrindinės konstrukcijos charakteristikos.



4 pav. Polinės krantinės skersinis pjūvis.

(L. Katkevičius, 2008)

Dažniausiai geriausias ekonominis sprendimas atvirose krantinėse yra tuomet, kai bendras plotis B lyginant su krantinės priekine dalimis – mažas (2 pav.). Bendras plotis susideda iš: B_1 – krantinės platformos plotis, bei B_2 – dydis, apibrėžiantis galinės sienos storį, atraminės plokštės nuolydį ir inkaravimo plokštės plotį (L. Katkevičius, 2008).

H yra krantinės priekio aukštis. Jis apibrėžiamas būtinuoju vandens gyliu ir krantinės paviršiaus aukščių virš žemiausio vandens lygio. Šis matmuo susidedu iš trijų atskirų aukščių: H_1 – gylis tarp žemiausio vandens lygio ir uosto baseino dugno; H_2 – krantinės platformos aukštis virš žemiausio vandens lygio (platformos viršus neturėtų būti žemesniame lygyje negu aukščiausias vandens lygis plius 0,5 m); H_3 – atstumas, nusakomas kaip vieta tarp galinės sienos arba atraminės plokštės virš žemiausio vandens lygio (L. Katkevičius, 2008).

2 pav. paaiškinimai:

 α – nuolydis, prasidedantis apie 1 m už krantinės sienos. Atstumu b apibrėžiamas šlaito statumas. α – svyruoja nuo 38.7 (1:1.25) iki 29.7 (1:1,75), priklausomai nuo grunto sudėties. Optimaliausias ir dažniausiai naudojamas kampas 33.7 (1:1.5).

c – labai svarbus parametras. Tai labai pažeidžiama vieta, kuri sukelia pavojų galinei sienutei ar atraminei plokštei nuslinkti. Šis parametras turi būti ne mažesnis 3,0 m, bei ši dalis turi būti uždengta.

d – inkarinės ar trinties plokštės plotis.

e – atstumas tarp krantinės linijos ir pirmos polių eilės (L. Katkevičius, 2008).

1.2. Hidrostatinė vandens apkrova.

Pirso kratinės polių dalis yra vandenyje, todėl jie yra veikiami hidrostatinės vandens apkrovos. Hidrostatinis poveikis hidrotechniniam statiniui ir jų elementams pasireiškia hidrostatiniu slėgiu. Hidrostatinis slėgis yra jėga, veikianti į ploto vienetą ir matuojamas paskaliais (Pa), lygus vieno Niutono slėgio jėgai į kvadratinį metrą (J. Vyčius, 2008).

Hidrostatiniam slėgiui būdingos dvi pagrindinės savybės:

• Pirmoji savybė – hidrostatinis slėgis yra statmenas slegiamam paviršiui ir į jį nukreiptas. Tik esant šioms dviem sąlygoms, skystis išlieka pusiausvyros būsenoje, nes skystis nesugeba priešintis tangentiniams įtempiams – nestatmenoms į paviršių arba nukreiptoms priešinga slegiamam paviršiui kryptimi jėgoms (J. Vyčius, 2008).

• Antroji savybė – hidrostatinis slėgis nagrinėjamame taške yra visomis kryptimis vienodas. Jeigu slėgis kuria nors kryptimi būtų didesnis, ta kryptimi vyktų skysčio judėjimas, t. y. sutriktų skysčio pusiausvyra. Skysčio pusiausvyra taške galima tik tuo atveju, kai slėgis jame visomis kryptimis vienodas. Šios sąlygos matematinė išraiška:

$$p_x = p_y = p_z = p_n$$

čia: p_x , p_y , p_z – taške M x, y, z koordinačių ašių kryptimi orientuoti slėgiai;

 p_n – slėgis laisvai orientuota kryptimi M.

Skysčio slėgio poveikį į kietus paviršius reikia nustatyti konstruojant rezervuarus, cisternas, statant krantines, užtvankas ir kitus hidrotechninius statinius (J. Vyčius, 2008).

Absoliutus hidrostatinis slėgis, bet kuriame povandeniniame taške skaičiuojamas pagal formulę:

$$p_{abs} = p_o + \rho g d$$
,

čia: p_0 yra išorinis slėgis į vandens paviršių, (Pa); ρ – vandens tankis, (kg/m³); g – gravitacijos pagreitis, (m/s²); d – nagrinėjamo taško gylis, (m).

Hidrostatinis slėgis dažniausiai veikia esant natūralioms sąlygoms, todėl skaičiuojant apkrovas į hidrotechninį statinį (toliau vadinamu HTS) išorinis slėgis p_0 jų aplinkoje dažnai yra lygus atmosferos slėgiui ($p_0 = p_{atm}$). Dėl to į jį neatsižvelgiama, t. y. hidrostatinis slėgis reprezentuojamas manometriniu slėgiu p_{atm} , pagal formulę: $p = p_{man} = \rho gd$ (STR 2.05.15:2004).

1.3. Bangų apkrovos.

Pirsų kratinių poliai taip pat yra veikiami skirtingų bangų, kurios taip pat gali turėti įtakos polio ir viso pirso stabilumui. Bangų profilis ir parametrai pateikiami 5 pav.



5 pav. Bangų profilis ir parametrai. (STR 2.05.15:2004)

Bangų poveikio didžiausioji jėga Q_{max} , veikianti skersinių matmenų $a \le 0,4 \lambda$ ir $b \le 0,4 \lambda$ vertikaliąją aptakią kliūtį, esant $d > d_{cr}$, gaunama iš keleto reikšmių, apskaičiuotų esant įvairiems atstumams nuo bangos keteros, išreikštos santykiu $k=x/\lambda$, pagal formulę:

$$Q_{\max} = Q_{i,\max}\delta_i + Q_{v,\max}\delta_v,$$

čia: $Q_{i,max}$ ir $Q_{v,max}$ – atitinkamai bangų poveikio jėgos inercijos ir greičio dedamosios, apskaičiuojamos pagal formules: $Q_{i,max} = 0,25\rho g\pi b^2 h k_v \alpha_i \beta_i;$

 $Q_{\nu,\max} = 0.83\rho gbh^2 k_{\nu}^2 \alpha_{\nu} \beta_{\nu},$

čia: δ_i ir δ_v – bangų poveikio didžiausios jėgos inercijos ir greičio dedamųjų derinio koeficientai, priimami iš (STR 2.05.15:2004, 9.2 pav.); h, λ – skaičiuotinis bangos aukštis ir ilgis, nustatomi pagal (STR 2.05.15:2004, II sk.); a – kliūties matmuo bangos spindulio kryptimi; b – kliūties matmuo bangos spindulio normalės atžvilgiu; k_v – koeficientas, nustatomas pagal (STR 2.05.15:2004); α_i ir α_v – gylio inercijos ir greičio koeficientai, nustatomi iš (STR 2.05.15:2004, 9.3 pav.); β_i ir β_v – užtvaros formos inercijos ir greičio koeficientai skritulio skerspjūviui nustatomi iš (STR 2.05.15:2004, 9.4 pav.).

1.4. Dinaminė jėga.

Apkrovimo greitis, kuriam esant nustatomi medžiagų mechaninių savybių rodikliai – normuojamas. Tačiau daugelis konstrukcinių elementų apkraunami greitai (įvairūs besisukantys elementai) arba labai greitai (smūgiu veikiami elementai). Nustatyta, kad beveik visų medžiagų, joms plastiškai deformuojantis, mechaninių savybių rodikliai kinta. Kuo didesnis deformavimo greitis, tuo didesnės takumo ir stiprumo ribos. Ypač jautriai į deformavimo greičio pokyčius reaguoja plastmasės ir kitos organinės medžiagos, o metalų mechaninės savybės keičiasi tik esant dideliems greičių pokyčiams. Todėl dinamiškai deformuojant medžiagą, ji tampa trapesnė (V. Juodelis, 2004). Dinaminio ir statinio deformavimų kreivės pateiktos 6 pav.



6 pav. Dinaminio ir statinio deformavimų kreivės.

(V. Juodelis, 2004)

Dinaminė smūginė jėga į pirso polių gali sukelti avarinę situaciją, priklausomai kokio dydžio dinaminė jėga jį paveiks, bei kokių matmenų yra pirso konstrukcija bei poliai. Šią jėgą pagrinde gali sukelti laivo arba ledo lyties smūgis. Atitinkamai kuo didesnis laivo ar ledo lyties svoris, arba greitis, tuo smūgio jėga bus didesnė (Y. Qianjin, 2009).

Kinetinė laivo atsirėmimo energijos išraiška apskaičiuojama pagal formulę:

$$E_t = 0.5\Psi Dv^2$$

čia: D – skaičiuotinė laivo vandentalpa, t.; v – normalinė (statmena kratinei linija) laivo priplaukimo greičio dedamoji, pagal (STR 2.05.15:2004, 12.2 lentelė); Ψ – koeficientas, nustatomas pagal (STR 2.05.15:2004, 12.3 lentelė).

Laivo atsirėmimo, priplaukiant prie statinio, skersinė horizontalioji jėga F_t nustatoma pagal (STR 2.05.15:2004, 12.2 lentelė).

1.5. Eksploatacinės ašinės apkrovos.

Gniuždymas – tai deformavimo tipas, apibūdinamas strypo ilgio pasikeitimu nuo ašinės jėgos. Kai N>0 – tempimas, kai N<0 – gniuždymas.

Tiek tempimas, tiek gniuždymas matematiškai nagrinėjami vienodai, t. y. visi strypo įtemptąją ir deformuotąją būseną apibūdinantys dydžiai (ašinės jėgos, normaliniai įtempimai, skerspjūvių poslinkiai ir linijinės deformacijos) tarpusavyje susiejami tomis pačiomis formulėmis. Tai yra į gniuždymą žiūrima kaip į neigiamą tempimą. Taip pat reikia atsižvelgti, kad pakankamai ilgai gniuždomi strypai gali prarasti pirminę pusiausvyros formą (K. A. Vaišvila, 2008).

Pirso poliai taip pat yra veikiami ir ašinių eksploatacinių apkrovų. Tai pirmiausia yra pirso antpolis (antstatas), kurio pagrindą sudaro gelžbetonis. Dar gali būti konteineriai, žmonių srautai, mašinos, kranai ir t. t. Kaip visose metalinių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimo normose, šie dydžiai turi būti įvertinti tinkamumo ir saugos ribiniams būviams. Saugos ribinis būvis apskaičiuojamas pagal formulę:

$q_d = q_k \cdot \gamma_d$,

čia: γ_d – dalinis patikimumo koeficientas (STR 2.05.04:2003).

1.6. Metalų charakteristikos.

Deformacija – tai medžiagų formų ir matmenų kitimas, veikiant jėgai. Metalų deformaciją gali sukelti ne tik išorinė jėga, bet ir vidiniai įtempimai, susidarantys detalėse, pavyzdžiui, dėl temperatūros skirtumų jos skerspjūvyje, struktūriniai ir faziniai virsmai, kurių metu kinta metalo tūris, atomų difuzija ir kiti faktoriai (V. Juodelis, 2004).

Metalų deformacija skirstoma į dvi rūšis:

- Tamprioji deformacija vadinama ta, kai, pašalinus veikiančią jėgą, išnyksta.
- Plastinė deformacija vadinama ta, kai, pašalinus veikiančią jėga, išlieka.

Tampriąją deformaciją sukelia normaliniai įtempimai. Jų veikiami atomai metalo kristalinėje gardelėje truputį pasislenka iš pusiausvyros padėčių. Pašalinus veikiančius įtempimus, atomai grįžta į savo vietas. Dėl to tamprioji deformacija nepakeičia metalo struktūros ir jo savybių. Normaliniams įtempimams viršijus metalo tamprumo ribą, jo kristalinė gardelė suyra – įvyksta trapusis irimas (V. Juodelis, 2004).

Plastiniai poslinkiai kristaluose vyksta slydimo arba dvilinkio būdu. Slydimo atveju viena kristalo dalis pasislenka lygiagrečiai kitos dalies atžvilgiu (7 pav., a). Dvilinkio atveju atskiros kristalo dalys pasisuka ir išsidėsto simetriškai tam tikrų plokštumų atžvilgiu (7 pav., b).



7 pav. Slydimo (a) ir dvilinkio (b) deformacijų schema. (V. Juodelis, 2004)

Metaluose deformacija dažniau vyksta slydimo būdu.

Plastinę deformaciją sukelia tangentiniai įtempimai. Pradžioje jie kristalinę gardelę deformuoja tampriai, tačiau šiems įtempimams pasiekus tam tikrą kritinį dydį įvyksta šlytis, t. y. viena kristalo dalis pasislenka kitos dalies atžvilgiu. Pašalinus veikiančius įtempimus, šis pasislinkimas lieka (V. Juodelis, 2004).

Metalų stiprumas. Suirimas yra paskutinė deformacijos stadija. Suirimas – tai įtrūkio susidarymo metale ir jų augimo procesas.

Mikroįtrūkos metale atsiranda susidarant dislokacijų telkiniams prieš įvairias kliūtis: grūdų bei fazių, nemetalinių intarpų daleles ir pan. Susitelkus vienoje vietoje daug dislokacijų ($\sim 10^{12} - 10^{13}$), jos susilieja, sudarydamos mikroįtrūką. Jei ši mikroįtrūka yra tam tikro kritinio dydžio, ji pradeda augti.

Suirimo būdai yra skirstomi į du dydžius:

 Trapus – šiuo atveju susidariusios mikroįtrūkos viršūnė, jai augant, lieka aštri. Tokio įtrūkos auginimui reikia nedaug energijos. Ji auga labai greitai. Kitaip trapus metalų suirimas yra vadinamas katastrofiniu (V. Juodelis, 2004).

Tąsus – šiuo atveju susidariusios įtrūkos viršūnė, jai augant, apvalėja. Priešais augančios įtrūkos viršūnę susidaro didelė plastinės deformacijos zona, todėl jos augimui reikia daug energijos.
Tąsus suirimas vyksta palyginti lėtai, todėl jis mažiau pavojingas negu trapus (V. Juodelis, 2004).

Bandymui naudojamas S235 plieno markės tuščiaviduris metalinis polis 76,1 mm skersmens ir 3,2 mm sienelės storio

(http://metaloprekyba.lt/produktas/apvalus-konstrukciniai-vamzdziai/?lang=lt).

1.7. Grunto savybės.

Grunto tankis ρ atspindi natūralaus drėgnio grunto tūrio vieneto masę. Grunto tankiui didelę įtaką turi grunto drėgnis w ir poringumas n. Grunto tankis apskaičiuojamas kaip grunto masės m santykis su jo tūriu V:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Tankumas – skirtas apibūdinti rupiųjų (smėlių, žvyrų) tankumą randamas tankumo rodiklis I_D. Šis rodiklis rodo rūpiųjų gruntų sutankėjimo laipsnį. Tankumą galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$I_{D} = \left(\frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}\right) \cdot 100\%$$

čia: e – natūralaus grunto poringumo koeficientas; e_{max} ir e_{min} – ribinės poringumo koeficiento reikšmės, išreiškiančios jo mažiausią (e_{max}) ir didžiausią (e_{min}) tankį (D. Sližytė, 2012). Rupiųjų gruntų skirstymas pagal tankumo rodiklį parodytas 1 lentelėje.

1 lentelė. Grunto tankumas.

Tankumas	I _D , %
Labai purus	0-15
Purus	15-35
Vidutinio tankumo	35-65
Tankus	65-85
Labai tankus	85-100

Mechaninės savybės yra dvi: spūdumas ir kerpamasis stipris. Pagrindą apkrovus apkrova, kuri nesukelia šlyties deformacijų, gruntas tankėja, mažėjant tūriui. Šioje fazėje nustatomas grunto tamprumo (dar vadinamas Jungo) modulis ir skersinės deformacijos (arba Puasono) koeficientas. Padidinus apkrovą grunte prasideda negęstančios šlyties deformacijos ir esant tam tikram apkrovos dydžiui pasiekiama grunto ribinė laikomoji galia. Šioje fazėje svarbiausia grunto savybė – kerpamasis stipris – aprašomas sankabumu c ir vidinės trinties kampu φ . Mechaninės grunto savybės nustatomos laboratorijoje ir lauke, natūraliomis slūgsojimo sąlygomis, atliekant normatyviniais dokumentais reglamentuotus bandymus. Gruntas gali deformuotis ir dėl kitų priežasčių, kaip antai mažėjant grunto drėgniui, kai kurie smulkieji gruntai gali susitraukti, mažėjant porų tūriui mažėja ir grunto tūris (D. Sližytė, 2004).

Pagrindinis grunto stiprumo rodiklis yra kerpamasis stipris. Šis dydis dažniausiai išreiškiamas dviem parametrais pagal Moro ir Kulono teoriją: vidinės trinties kampu φ ir sankabumu c, dar kitaip šie rodikliai vadinami grunto stiprio rodikliais. Jeigu tam tikruose plokštumos taškuose tangentiniai įtempiai tampa lygūs kerpamajam stipriui, gruntas šiuose taškuose kerpasi, prasideda deformacijos

dėl šlyties. Susiformuoja slydimo plokštuma, kuria slys dalis grunto, sukeldama konstrukcijų pagrindo suirimą. Grunto suirimo kriterijus yra sąryšis tarp ekstreminio įtempių būvio ir kerpamojo stiprio rodiklių (D. Sližytė, 2004). Įtempių pasiskirstymas plokštumose pavaizduotas 8 pav.



8 pav. Įtempių pasiskirstymas plokštumose. Moro įtempių apskritimas. (D. Šližytė, 2012)

Pasipriešinimas kirpimui suirimo plokštumoje išreiškiamas pagal lygtį:

$$\tau = \sigma \cdot tg\phi + c$$

čia: τ – tangentiniai įtempiai suirimo plokštumoje vertinami kai kirpimo stipris; σ – normaliniai įtempiai suirimo plokštumoje; ϕ – vidinės trinties kampas; c – sankiba.

Projektuojant polinius pamatus yra svarbus grunto tamprumo modulis E. Jis išreiškia tiesios linijos nuožulnumą įtempių ir deformacijų grafike (grafiko dalis, kai įtempių ir deformacijų kreivės artima tiesei). Bet dažnai įtempiai priimami 50 % nuo didžiausių. Įtempių – deformacijų kreivės pavyzdys pateiktas 9 pav.



9 pav. Įtempių ir deformacijų grafikas modulių nustatymui. (D. Šližytė, 2012)

Bandymo metu išmatuojamas grunto dinaminis tamprumo koeficientas naudojant "HMP LFG" prietaisą. Šis prietaisas naudojamas žemės ir kelio sudedamųjų dalių: grunto bei skaldos sutankinimo lygiui matuoti. Šio prietaiso pagalba nustatomas grunto sutankinimo laipsnis ir kokybė (http://www.hmp-online.com/en/produkte/leichtes_fallgewicht).

2. MATEMATINIŲ MODELIŲ SUDARYMAS.

2.1. Pirso kompiuterinių variantų skaičiavimai.

Uždaviniai sprendžiami, nagrinėjant skirtingus variantus:

 1-uoju variantu skaičiuojamas dviejų polių ir sijos rėmas, apkrautas hidrostatinio slėgio, bangų poveikio, dinamine ir eksploatacinėmis jėgomis. Hidrostatinis slėgis vertinamas tik viena kryptimi (kadangi dinaminė jėga daug reikšmingesnė F_{dyn}>>Q_{max}).

2) 2-uoju variantu skaičiuojamas keturių polių ir antstato rėmas, apkrautas hidrostatinio slėgio, bangų poveikio, dinaminės ir eksploatacinių apkrovų. Į polį kurį veikia dinaminė jėga, hidrostatinis slėgis vertinamas tik viena kryptimi (kadangi dinaminė jėga daug reikšmingesnė F_{dyn} >> Q_{max}).

3. 3-iuoju variantu skaičiuojama visa pirso kratinė, apkrauta hidrostatinio slėgio, bangų poveikio, dinaminės ir eksploatacinės apkrovų. Poliai sujungiami antstatu. Į polį, kurį veikia dinaminė jėga, hidrostatinis slėgis vertinamas tik viena kryptimi (kadangi dinaminė jėga daug reikšmingesnė F_{dyn}>>Q_{max}).

4) 4-uoju variantu skaičiuojama visa pirso kratinė, apkrauta hidrostatinio slėgio, bangų poveikio, dinaminės jėgos ir dvigubai mažesnės eksploatacinės apkrovos nei 3-ajame variante. Poliai sujungiami su plokšte. Į polį, kurį veikia dinaminė jėga, hidrostatinis slėgis vertinamas tik viena kryptimi (kadangi dinaminė jėga daug reikšmingesnė F_{dyn} >> Q_{max}).

5) 5-uoju variantu skaičiuojama visa pirso krantinė, apkrauta hidrostatinio slėgio, bangų poveikio, dinaminės ir eksploatacinės apkrovų. Poliai sujungiami antstatu. Polių atraminio grunto savybės priimamos pagal eksperimente gautus duomenis. Į polį, kurį veikia dinaminė jėga, hidrostatinis slėgis vertinamas tik viena kryptimi (kadangi dinaminė jėga daug reikšmingesnė F_{dyn} >> Q_{max}).

6) 6-uoju variantu skaičiuojami visi pirso krantinės įvairūs atvejai, naudojant 3-ajį skaičiavimo modelį, bet pridedant apkrovas į skirtingus polius. Taip pat skaičiuojamas simetriškas modelis, kai dinaminė apkrova paveikia iš priešingos pusės ir tikrinama ar rezultatai sutampa. Į polį, kurį veikia dinaminė jėga, hidrostatinis slėgis vertinamas tik viena kryptimi (kadangi dinaminė jėga daug reikšmingesnė F_{dyn} >> Q_{max}).

2.1.1. Pirso skaičiuojamose schemose priimto prielaidos

 Pirso tvirtinimo į krantą ir polių skaičiaus įtaką galime vertinti santykiniu koeficientu, kad polio viršvandeninės ir įkalo grunte dydžiai yra tolygūs.

 Dinaminę skersinę jėga sukeliančio laivo tonažas priimamas pagal Klaipėdos uoste plaukiojančius laivus.

3) Polių skerspjūviai priimti pagal literatūros šaltiniuose pateiktas konstrukcijas.

 Gruntinė sąlygos atitinka vidutines moreninio grunto sąlygas vyraujančias kuršių marių uosto teritorijoje.

5) Patikrinimui gruntinė polio aplinka priimama pagal bandymo sąlygas.

2.1.2. Apkrovų skaičiavimas.

2.1.2.1. Hidrostatinio slėgio skaičiavimas.

Skaičiuojamas hidrostatinis vandens poveikis pagal formulę (STR 2.05.15:2004, formulė 5.1):

 $p_{abs} = p_0 + \rho g d = 0 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 14 = 0,137 \cdot 10^6 = 137,34 \text{ kN/m},$

čia: p_0 yra išorinis slėgis į vandens paviršių, Pa; ρ – vandens tankis, kg/m³; g – gravitacijos pagreitis, m/s²; d – nagrinėjamo taško gylis, m.

Hidrostatinis slėgis dažniausiai veikia esant natūralioms sąlygoms, todėl skaičiuojant apkrovas į hidrotechninį statinį (toliau vadinamu HTS) išorinis slėgis p_0 jų aplinkoje dažnai yra lygus atmosferos slėgiui ($p_0 = p_{atm}$). Dėl to į jį neatsižvelgiama, t. y. hidrostatinis slėgis reprezentuojamas manometriniu slėgiu p_{atm} , pagal formulę: $p = p_{man} = \rho gd$ (STR 2.05.15:2004, formulė 5.2).

2.1.2.2. Bangų apkrovų skaičiavimas.

Bangų poveikio didžiausioji jėga Q_{max} , veikianti skersinių matmenų $a \le 0,4\lambda$ ir $b \le 0,4\lambda$ vertikaliąją aptakią kliūtį, esant $d > d_{cr}$, gaunama iš keleto reikšmių, apskaičiuotų esant įvairiems atstumams nuo bangos keteros, išreikštos santykiu $k=x/\lambda$, pagal formulę:

 $Q_{max} = Q_{i,max}\delta_i + Q_{v,max}\delta_v = 13,47 \cdot 10^3 \cdot 0,4 + 9,22 \cdot 10^3 \cdot 0,4 = 9,08 \text{ kN},$

čia: $Q_{i,max}$ ir $Q_{v,max}$ – atitinkamai bangų poveikio jėgos inercijos ir greičio dedamosios, apskaičiuojamos pagal formules:

$$\begin{split} Q_{i,max} &= 0,25\rho g\pi b^2 h k_v \alpha_i \beta_i = 0,25\cdot 1000\cdot 9,81\cdot 3,14\cdot 1,22^2\cdot 1\cdot 0,79\cdot 0,93\cdot 1,6 = \\ & 13,47 \text{ kN}; \end{split}$$

 $Q_{\nu,max} = 0.83\rho gbh^2 k_{\nu}^2 \alpha_v \beta_v = 0.83 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 1.22 \cdot 1 \cdot 0.79^2 \cdot 0.93 \cdot 1.6 = 9.22 \text{ kN},$

čia: δ_i ir δ_v – bangų poveikio didžiausios jėgos inercijos ir greičio dedamųjų derinio koeficientai, priimami iš (STR 2.05.15:2004, 9.2 pav.)

h, λ – skaičiuotinis bangos aukštis ir ilgis, nustatomi pagal (STR 2.05.15:2004, II sk.);

a-kliūties matmuo bangos spindulio kryptimi;

b – kliūties matmuo bangos spindulio normalės atžvilgiu;

 k_v – koeficientas, nustatomas pagal (STR 2.05.15:2004);

 α_i ir α_v – gylio inercijos ir greičio koeficientai, nustatomi iš (STR 2.05.15:2004, 9.3 pav.);

 β_i ir β_v – užtvaros formos inercijos ir greičio koeficientai skritulio skerspjūviui nustatomi iš (STR 2.05.15:2004, 9.4 pav.).

2.1.2.3. Dinaminės jėgos skaičiavimas.

Skaičiuojama kinetinė laivo atsirėmimo energijos išraiška pagal formulę (STR 2.05.15:2004, f 12.10):

$$E_t = 0.5\Psi Dv^2 = 0.5 \cdot 0.65 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 0.11^2 = 78.65 \cdot 10^3 \text{ kJ},$$

čia: D – skaičiuotinė laivo vandentalpa, priimama 20 tūkst. t.;

v – normalinė (statmena kratinei linija) laivo priplaukimo greičio dedamoji, pagal (STR 2.05.15:2004, 12.2 lentelė) priimama $v = 0,11 \text{ m/s}^2$;

 Ψ – koeficientas, kurį pagal (STR 2.05.15:2004, 12.3 lentelė) priimamas 0,65.

Nustatomas laivo atsirėmimo priplaukiant prie statinio skersinė horizontalioji jėga F_t. Ji nustatoma pagal lentelę (STR 2.05.15:2004, 12.2 lentelė):

$$F_t = 11 \cdot 10^3 \text{ kN}.$$

2.1.2.4. Naudojimo apkrovos skaičiavimas.

Eksploatacinė apkrova tinkamumo ribiniam būviui:

 $q_k=20 \text{ kN/m}^2$.

Skaičiuojama eksploatacinė apkrova saugos ribiniam būviui pagal formulę:

 $q_d = q_k \cdot \gamma_d = 20 \cdot 1.3 = 26 \text{ kN/m}^2;$

čia: γ_d – dalinis patikimumo koeficientas, priimamas γ_d =1,3.

2.1.2.5. Apkrovų deriniai.

Skirtinguose skaičiavimo variantuose, apkrovų deriniai yra sudaryti skirtingai, atsižvelgiant koks rėmas skaičiuojamas ir kur yra pridėta dinaminė jėga. Atskiri apkrovų deriniai yra pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. Atskirų apkrovų deriniai.

Nr.	Poskyrio pavadinimas	Apkrovos	Kaip vertinamos apkrovos (pastabos)
		Hidrostatinis slėgis	Priimamas tik iš vienos pusės (priešingos krypties nei dinaminės jėgos dedamoji)
1.	1-asis skaičiavimo	Dinaminė jėga	Priimama į vieną polį
	variantas (2D rėmas)	Bangavimo jėgos	Priimamos į abu polius (dinaminės jėgos
		Naudojimo apkrovos	Priskiriamos strypams
			Priimamas tik iš vienos pusės tiems
2.	2-asis skaičiavimo	Hidrostatinis slėgis	dviems poliams, kurie yra vienoje eilėje su
	variantas (fragmentas)		dinaminės jėgos veikimo dedamąja
		Dinaminė jėga	Priimama į vieną polį

		D · ··	Priimamos į abu polius (dinaminės jėgos
		Bangavimo jegos	veikimo kryptimi)
		Naudojimo apkrovos	Priskiriamos plokštumai
		-	Priimamas tik iš vienos pusės tiems
	3-iasis skaičiavimo	Hidrostatinis slėgis	dviems poliams, kurie yra vienoje eilėje su
			dinaminės jėgos veikimo dedamąja
3.		Dinaminė jėga	Priimama į vieną polį
	variantas (5D Tenias)	Bangavimo iégos	Priimamos į abu polius (dinaminės jėgos
		Dangavinio jegos	veikimo kryptimi)
		Naudojimo apkrovos	Priskiriamos plokštumai
			Priimamas tik iš vienos pusės tiems
		Hidrostatinis slėgis	dviems poliams, kurie yra vienoje eilėje su
	4-asis skaičiavimo		dinaminės jėgos veikimo dedamąja
1	variantas (3D rėmas	Dinaminė jėga	Priimama į vieną polį
4.	su dvigubai mažesne	Bangavimo iágos	Priimamos į abu polius (dinaminės jėgos
	ašine apkrova)	Bangavimo jegos	veikimo kryptimi)
		Naudojimo apkrovos	Naudojama $q_d = 13 \text{ kN/m}^2$ išskirstyta
			Priskiriamos plokštei
			Priimamas tik iš vienos pusės tiems
	5-asis skaičiavimo variantas (3D rėmas su mažesniais grunto tamprumo moduliais)	Hidrostatinis slėgis	dviems poliams, kurie yra vienoje eilėje su
			dinaminės jėgos veikimo dedamąja
5.		Dinaminė jėga	Priimama į vieną polį
		Bangavimo iégos	Priimamos į abu polius (dinaminės jėgos
		Dangavinio jegos	veikimo kryptimi)
		Naudojimo apkrovos	Priskiriamos plokštei
			Priimamas tik iš vienos pusės tiems
		Hidrostatinis slėgis	dviems poliams, kurie yra vienoje eilėje su
6.	6-asis skaičiavimo		dinaminės jėgos veikimo dedamąja
	variantas (įvairūs	Dinaminė jėga	Priimama į vieną polį
	apkrovų deriniai)	Bangavimo jėgos	Priimamos į abu polius (dinaminės jėgos
			veikimo kryptimi)
		Naudojimo apkrovos	Priskiriamos plokštei

2.1.3. Atskirų derinių skaičiavimai.

2.1.3.1. Skaičiuojamojo rėmo schema.

Iš pirso krantinės schemos (10 pav.) yra išpjaunamas pjūvis A-A (11 pav.) Iš pjūvio A-A yra išpjaunamas skaičiuojamas rėmas, kuriam sudaroma skaičiuojamoji schema (12 pav.).



10 pav. Pirso krantinės schema.

11 pav. Pjūvio A-A schema.

Turima strypinė sistema įtvirtinta standžiomis jungtimis (12 pav.). Du vienodų matmenų plieniniai S500 klasės vamzdiniai poliai tampriomis atramomis įtvirtinti į gruntą ir tarpusavyje standžiai sujungti gelžbetoniniu antpoliu, kurį veikia eksploatacinė apkrova $q_k=26$ kN/m². Poliai yra 10 m įgilinti į gruntą, 14 m vandenyje ir 2 m iškilę virš vandens. Abu polius veikia vandens hidrostatinis slėgis bei bangų apkrovos. Polį paveikia dinaminė apkrova F_{dyn} , kuri yra sutelkta į vidurinę poliaus dalį, esančią virš vandens iki antstato.

Hidrometeorologiniai duomenys Klaipėdos regione (RSN 156-94):

Žemiausia oro temperatūra Klaipėdos regione -33,4 °C;

Aukščiausia oro temperatūra Klaipėdos regione +34 °C;

Žemiausia vandens temperatūra Klaipėdos uoste -0,3 °C;

Aukščiausia vandens temperatūra Klaipėdos uoste +25,5 °C.



12 pav. Standaus rėmo skaičiuojamoji schema.

2.1.3.2. 1-asis skaičiavimo variantas (2D rėmas).

Pagal užduoties sąlygas, naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO sudaroma skaičiuojamoji schema (13 pav.). Sprendžiant uždavinį, sudaroma deformuotoji schema (13 pav.) – gaunamas lenkimo momentų pasiskirstymas (15 pav.) Patikrinama ar deformacijos vyksta logiškai, ar nėra jokių klaidų.



13 pav. 1-ojo skaičiavimo varianto schema.







Pagal gautus rezultatus, naudojant kompiuterinę programą STAAD.Pro, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 14447 mm (14 pav.);
- lenkimo momentas, veikiantis polių 38,09 · 10³ kNm (15 pav.).

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti $s_u = \frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48 \text{ mm}.$

Patikrinama 1-ojo skaičiavimo varianto ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

 $s_u\!\!=\!\!48\ mm << 14447\ mm$

Skaičiuojant 1-ąjį skaičiavimo variantą, gauname, kad taško poslinkis smarkiai viršija leistiną ribą.

2.1.3.3. 2-asis skaičiavimo variantas (fragmentas).

2-ajame skaičiavimo variante iš pirso kratinės modelio (16 pav.) išpjaunamas didesnis, 4 polių, pjūvis (17 pav.) Pagal užduoties sąlygas, naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, sudaroma skaičiuojamoji schema (18 pav.). Sprendžiant uždavinį, sudaroma deformuotoji schema (19 pav.) bei gaunamas lenkimo momentų pasiskirstymas (20 pav.). Pasitikrinama, ar deformacijos vyksta logiškai, ar nėra klaidų.



16 pav. Pirso kratinės schema.



17 pav. Pjūvio A-A schema.







deformuotoji schema.



Pagal gautus rezultatus, naudojant kompiuterinę programą STAAD.Pro, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 13401 mm (19 pav.);
- lenkimo momentas, veikiantis polių $21,53 \cdot 10^3$ kNm (20 pav.).

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 2-ojo skaičiavimo varianto ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u=48 \text{ mm} << 13401 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 2-ąjį skaičiavimo variantą, gaunam, kad taško poslinkis smarkiai viršija leistiną ribą.

2.1.3.4. 3-asis skaičiavimo variantas (3D rėmas su dvigubai mažesne apkrova).

3-ajame skaičiavimo variante skaičiuojama visa pirso krantinė, antstatas priimamas kaip plokštė. Dinaminė apkrova pridedama į pirso vidurį (21 pav.). Pagal užduoties sąlygas, naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, sudaroma skaičiuojamoji schema (22 pav.). Sprendžiant uždavinį, sudaroma deformuotoji schema (23 pav.) bei gaunamas lenkimo momentų pasiskirstymas (24 pav.). Patikrinama ar deformacijos vyksta logiškai, ar nėra klaidų.



21 pav. 3-ojo varianto pirso kratinės schema.



22 pav. 3-ojo skaičiavimo varianto schema.



23 pav. 3-ojo skaičiavimo varianto deformuotoji schema.



24 pav. 3-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.

Pagal gautus rezultatus, naudojant kompiuterinę programą STAAD.Pro, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 29 mm (23 pav.);
- lenkimo momentas veikiantis polių 358,11 kNm (24 pav.).

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 3-ojo skaičiavimo varianto ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u = 48 \text{ mm} > 29 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 3-ąjį skaičiavimo variantą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.

2.1.3.5. 4-asis skaičiavimo variantas (3D rėmas su plokšte).

4-ajame skaičiavimo variante skaičiuojama visa pirso krantinė, antstatą priimant kaip plokštę, kuri apkraunama $q_d = 13 \text{ kN/m}^2$ išskirstyta apkrova. Dinaminė apkrova pridedama į pirso vidurį (25 pav.). Pagal užduoties sąlygas, naudojant kompiuterinę programą STAAD.Pro, sudaroma skaičiuojamoji schema (26 pav.). Sprendžiant uždavinį, sudaroma deformuotoji schema (27 pav.) bei
gaunamas lenkimo momentų pasiskirstymas (28 pav.). Patikrinama ar deformacijos vyksta logiškai, ar nėra klaidų.







26 pav. 4-ojo skaičiavimo varianto schema.



27 pav. 4-ojo skaičiavimo varianto deformuotoji schema.



28 pav. 4-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.

Pagal gautus rezultatus, naudojant kompiuterinę programą STAAD.Pro, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 31 mm (27 pav.);
- lenkimo momentas veikiantis polių 360 kNm (28 pav.).

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 4-ojo skaičiavimo varianto ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u\!\!=\!\!48\ mm>31\ mm$$

Skaičiuojant 4-ąjį skaičiavimo variantą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.

Pagal gautus 3-ojo ir 4-ojo skaičiavimų rezultatus žinoma, kad sumažinus eksploatacinę apkrovą, poslinkiai nuo skersinės dinaminės apkrovos išauga.

2.1.3.6. 5-asis skaičiavimo variantas (Su silpnesniais gruntais).

5-ajame skaičiavimo variante, skaičiuojama taip pat kaip ir 4-ajame, bet tamprioms atramoms priskiriami mažesni tamprumo moduliai:

- 0-2 m 8,28 MPa;
- 2 m 4 m 18,06 MPa;
- 4 m 10 m 13,70 MPa.

Dinaminė apkrova pridedama į pirso vidurį (29 pav.). Pagal užduoties sąlygas, naudojant kompiuterinę programą STAAD.Pro, sudaroma skaičiuojamoji schema (30 pav.). Sprendžiant uždavinį, sudaroma deformuotoji schema (31 pav.) bei gaunamas lenkimo momentų pasiskirstymas (32 pav.). Pasitikrinama ar deformacijos vyksta logiškai, ar nėra klaidų.



29 pav. 5-ojo varianto pirso kratinės schema.



30 pav. 5-ojo skaičiavimo varianto schema.



31 pav. 5-ojo skaičiavimo varianto deformuotoji schema.



32 pav. 5-ojo skaičiavimo varianto lenkimo momentų schema.

Pagal gautus rezultatus, naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 34 mm (31 pav.);
- lenkimo momentas veikiantis polių 351 kNm (32 pav.).

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 5-ojo skaičiavimo varianto ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u = 48 \text{ mm} > 34 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 5-ąjį skaičiavimo variantą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.

Pagal gautus 3-ojo ir 5-ojo skaičiavimų rezultatus žinoma, kad sumažinus grunto tamprumo modulius (tampriu atramų tamprumo modulius), poslinkiai nuo skersinės dinaminės apkrovos išauga.

2.1.3.7. 6-asis skaičiavimo variantas (įvairūs deriniai).

6-ajame skaičiavimo variante skaičiuojama taip pat kaip ir 3-ajame, bet keičiamos dinaminės jėgos pridėjimo vietą. Skaičiuojamųjų, deformuotųjų ir lenkimo momentų schemos nepateikiamos. Tiesiog surašomi gauti rezultatai. Tai pat sudaromas simetriškas apkrovų derinys, kad patikrinti ar nejsivėlė klaidų.



33 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso kratinės 1-oji schema.

Pagal gautus rezultatus, sudarius skaičiuojamąją schemą, pagal 33 pav., naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 11 mm;
- lenkimo momentas veikiantis polių 408 kNm.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti $s_u = \frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48 \text{ mm}.$

Patikrinama 6-ojo skaičiavimo varianto 1-oji schema ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u = 48 \text{ mm} > 11 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 6-ąjį skaičiavimo variantą 1-ąją schemą, gaunam, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.



34 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso kratinės 2-oji schema.

Pagal gautus rezultatus, sudarius skaičiuojamąją schemą, pagal 34 pav., naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 20 mm;
- lenkimo momentas veikiantis polių 390 kNm.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 6-ojo skaičiavimo varianto 2-oji schema ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u = 48 \text{ mm} > 20 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 6-ąjį skaičiavimo variantą 2-ąją schemą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.



35 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso kratinės 3-oji schema.

Pagal gautus rezultatus, sudarius skaičiuojamąją schemą, pagal 35 pav., naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 26 mm;
- lenkimo momentas veikiantis polių 375 kNm.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 6-ojo skaičiavimo varianto 3-oji schema ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u=48 \text{ mm} > 26 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 6-ąjį skaičiavimo variantą 3-ąją schemą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.



36 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso kratinės 4-oji schema.

Pagal gautus rezultatus, sudarius skaičiuojamąją schemą, pagal 36 pav., naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 36 mm;
- lenkimo momentas veikiantis polių 329 kNm.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 6-ojo skaičiavimo varianto 4-oji schema ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$s_u\!\!=\!\!48\ mm>36\ mm$

Skaičiuojant 6-ąjį skaičiavimo variantą 4-ąją schemą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.



37 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso kratinės 5-oji schema.

Pagal gautus rezultatus, sudarius skaičiuojamąją schemą, pagal 37 pav., naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 41 mm;
- lenkimo momentas veikiantis polių 230 kNm.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti s_u = $\frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48$ mm.

Patikrinama 6-ojo skaičiavimo varianto 5-oji schema ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u = 48 \text{ mm} > 41 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 6-ąjį skaičiavimo variantą 5-ąją schemą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.



38 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso kratinės 6-oji schema.

Pagal gautus rezultatus, sudarius skaičiuojamąją schemą, pagal 38 pav., naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 48 mm;
- lenkimo momentas veikiantis polių 475 kNm.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti $s_u = \frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48 \text{ mm}.$

Patikrinama 6-ojo skaičiavimo varianto 6-oji schema ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$$s_u=48 \text{ mm} = 48 \text{ mm}$$

Skaičiuojant 6-ąjį skaičiavimo variantą 6-ąją schemą, gaunama, kad taško poslinkis yra lygus ribiniui, todėl toks poslinkis reikalavimų dar neviršija.



39 pav. 6-ojo skaičiavimo varianto pirso kratinės 7-oji schema.

Pagal gautus rezultatus, sudarius skaičiuojamąją schemą, pagal 39 pav., naudojant kompiuterinę programą STAAD.PRO, gaunama:

- antstato taško maksimalus poslinkis 29 mm;
- lenkimo momentas veikiantis polių 358 kNm.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", maksimalus statinio viršaus taško poslinkis neturi viršyti $s_u = \frac{H}{500} = \frac{24000}{500} = 48 \text{ mm}.$

Patikrinama 6-ojo skaičiavimo varianto 7-oji schema ar antstato taško maksimalus poslinkis neviršija normų:

$s_u\!\!=\!\!48~mm>29~mm$

Skaičiuojant 6-ąjį skaičiavimo variantą 7-ąją schemą, gaunama, kad taško poslinkis yra mažesnis negu ribinis, todėl toks poslinkis reikalavimų neviršija.

Skaičiuojant 3-ojo skaičiavimo varianto simetrišką atvejį, rezultatai gauti identiški. Galima teigti, kad skaičiavimai atlikti teisingai.

2.1.3.8. Rezultatai.

Skaičiuojant užduotį, atliktos visos numatytos užduotys.

1) Patikrinamas rėmo taško viršaus poslinkis;

2) Tikrinami skirtingi variantai:

- 1-ajame variante skaičiuotas pirso kratinės dviejų polių pjūvis;
- 2-ajame variante skaičiuotas pirso krantinės keturių polių pjūvis;
- 3-ajame variante skaičiuota visa pirso krantinė;
- 4-ajame variante skaičiuota dvigubai sumažinus eksploatacinę antstato apkrovą;
- 5-ajame variante skaičiuota sumažinus grunto tamprumo modulius;
- 6-ajame variante skaičiuota skersinę dinaminę jėga pridedant į skirtingus polius; 6-ojo

skaičiavimo 6-jame variante skaičiuotas 3-ojo varianto simetrinis atvejis.

Gauti skirtingi poslinkiai ir lenkimo momentai pateikti 3 lentelėje.

3 lent. Rėmo ir pirso krantinės skaičiavimų variantų rezultatai.

Eil. Nr.	Skaičiavimo var.	Poslinkis, mm	Lenkimo momentas, kNm
1	1-asis	14447	38,09·10 ³
2	2-asis	13401	$21,53 \cdot 10^3$
3	3-asis	29	358,11
4	4-asis	31	360
5	5-asis	34	351
6	6-asis, schema nr. 1	11	408
7	6-asis, schema nr. 2	20	390
8	6-asis, schema nr. 3	26	375
9	6-asis, schema nr. 4	36	329
10	6-asis, schema nr. 5	41	230
11	6-asis, schema nr. 6	48	475
12	6-asis, schema nr. 7	29	358

3) Pirso kratinės skaičiavimų rezultatų išvados:

 a) kai poliai ir antstatas nėra sujungti su krantu (poliai tampriomis atramomis įtvirtinti į gruntą) – poslinkiai dėl dinaminės skersinės jėgos poveikio pasireiškia labai dideli. (1 ir 2 skaičiavimo variantai);

b) kuo silpnesnis atraminis polių gruntas – tuo poslinkiai dėl dinaminės skersinės jėgos poveikio pasireiškia didesni (3 ir 4 skaičiavimo variantai);

c) kuo mažesnė eksploatacinė apkrova – tuo poslinkiai dėl dinaminės skersinės jėgos poveikio pasireiškia didesni (5 skaičiavimo variantas);

d) į kuo tolimesnį poli sukoncentruota skersinė dinaminė jėga, tuo antstato poslinkiai didesni, artėjant link kranto jie mažėja (6-ieji skaičiavimo variantai);

e) rezultatų grafiniai palyginimai pateikti 40 ir 41 pav.



40 pav. Pirso pjūvio ir viso pirso dinaminės skersinės jėgos sukeltų poslinkių rezultatų grafikas.



41 pav. Pirso krantinės dinaminės skersinės jėgos sukeltų poslinkių rezultatų grafikas.

3. EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI.

Eksperimentinėje darbo dalyje atlikta:

- Į gruntą sukaltas apvalus metalinis vamzdis.
- Grunto dinaminis tamprumo koeficientas išmatuotas "HMP-LFG" prietaisu.
- Bandymui atlikti sukonstruotas medinis rėmas švytuoklei prikabinti.
- Elektriniu slankmačiu išmatuoti poslinkiai, švytuoklei trenkiant į vidurinę vamzdžio dalį.
- Išmatuoti vamzdžio viršūnės virpesiai smūgio metu.

3.1. Polio modelio eksperimentinio tyrimo prielaidos

1) Bandymas yra pirso sumažintas variantas.

2) Betoninis smūgis atkuria laivo sukeliamą dinaminę skersinę jėgą. Smūgis apskaičiuojamas matematiniu būdu.

3) Ašine apkrova sukuriama pagal galimybes

3.2. Tyrimui naudota įranga.

3.2.1. Virpesių analizatorius "ADASH".

Bandinio virpesiams matuoti naudotas - virpesių analizatorius "ADASH VA4 PRO" (42 pav.).



42 pav. Virpesių analizatorius "ADASH VA4 PRO".

"ADASH VA4 PRO" techninės specifikacijos (<http://adash.cz/doc/a4400/A4400_VA4_EN. pdf):

Įvesties kanalai:

- 4 AC, ICP[®] maitinimas įjungtas/išjungtas.
- 4 DC procesams apdoroti.

1 TACHO išoriniams trikdžiams.

Įvesties sritis:

AC +/- V didžiausias, mažiausias.

DC +/- V.

Konvertavimas:

24 bit., 64 bit. vidinis signalo apdorojimas.

Dinaminis diapazonas S/N:

120 dB.

Dažnio intervalai:

Didžiausias intervalas: 1Hz – 90 kHz (1 Ch, 194 kHz).

Didžiausias intervalas: 1 Hz – 25 kHz (4 Ch, 64 kHz).

Mažiausias intervalas: 1 Hz – 25 kHz (4 Ch, 64 Hz).

Bandymo rėžimai:

Visiškai sinchroninis keturiems kanalams.

FFT raiška:

Mažiausiai 100 linijų.

Daugiausiai 3276800 linijų.

Matavimo režimai:

Analizatorius – analitinis matavimas.

Duomenų kolektorius – maršruto matavimas.

Įvedimas – vietoj balansavimo.

Ribos nuo, iki.

Įrašymas – signalo įrašymas.

Stetoskopas.

FASIT – sistema klaidų nustatymui.

Oktavos analizatorius.

Taškinis testas.

ADS – vaizdinės rezultatų kreivės.

Procesorius:

Intel Atom 1.6 GHz.

Atmintis:

120 GB, daugiausiai. 4 GB vienam matavimui, maksimalus matavimų skaičius priklauso nuo tuščios atminties.

Duomenų apdorojimas:

Realaus laiko FFT.

DEMOD – ENVELOPE analizė.

ACMT – mažo greičio detali analizė.

Analizės užsakymas.

Vartotojo juostinė analizė.

RPM matavimas.

DC matavimas.

Orbitos matavimas.

Signalo gaviklis:

64 kHz diskretizavimo dažnis.

4 Ch atminties naudojimas 3GB/1 valandą.

4 Ch pilnas įrašymas – 35 valandos.

Ekranas:

Spalvotas, 800x600 pikselių, LCD.

Duomenų perdavimas:

USB.

Eksploatacinė temperatūra:

Nuo -10°C iki +50°C.

Energijas:

Baterijos veikimo laikas 5h, AC 230 V.

3.2.2. Grunto dinaminio tamprumo modulio matavimo prietaisas "HMP-LFG".

Grunto dinaminio tamprumo modulio matavimui naudojamas prietaisas "HMP-LFG" (43 pav.).



43 pav. Grunto dinaminio tamprumo modulio matavimo prietaisas "HMP-LFG".

"HMP-LFG" prietaiso techninės specifikacijos (<u>http://www.hmp-online.com/en/produkte/</u> leichtes_fallgewicht):

<u>fontes_tangewicht</u>].

Apkrovos mechanizmas:

Bendras prietaiso svoris - 15,0 kg.

Krentančio kūno svoris – 10,0 kg.

Didžiausia smūgio jėga – 7,07 kN.

Smūgio momento trukmė – 17,0 ± 1,5 ms.

Medžiaga – sunkiai chromuotas plienas, dengtas cinku.

Atramos – apkrovos plokštė:

Skerspjūvis – 300 mm.

Plokštės storis – 20,0 mm.

Bendras svoris – 15,0 kg.

Medžiaga – cinku dengtas plienas.

Elektroninis matavimo prietaisas:

Sąsajos – USB, spausdintuvas, GPS.

Maitinimas – 4x R6 elementai.

Matmenys – 210 mm x 100 mm x 45 mm.

Matmenų tikslumas – 0,1 bis 2,0 mm \pm 0,02 mm.

Matavimo riba $E_{vd} - E_{vd} < 225 \text{ MN/m}^2$.

Eksploatavimo ribos – iki 40 °C.

Atmintis – 500 matavimų.

3.2.3. Elektrinis slankmatis "HOREX".

Bandinio viršūnės poslinkiui smūgio metu išmatuoti buvo naudotas elektrinis slankmatis "HOREX" (44 pav.)



44 pav. Elektrinis slankmatis "HOREX".

Elektrinio slankmačio "HOREX" techninės specifikacijos (<u>http://www.bacjsc.vn/en/electronic-</u> <u>caliper-horex-2211716-0-150mm001mm.html</u>):

Matavimo intervalas – 0-150 mm. Tikslumas – 0,01 mm. Gnybtų ilgis – 40 mm. Standartas DIN 862. Medžiaga – nerūdijantis plienas. Skaitmeninis.

3.3. Pasiruošimas tyrimui.

Pirso poliui pavaizduoti, buvo pasirinktas 2,00 m ilgio, 76,1 mm skersmens ir 3,2 mm sienelės storio metalinis tuščiaviduris S235 plieno klasės vamzdis. Pusė šio vamzdžio (1,00 m) įkalta į gruntą, o likusi dalis (1,00 m) iškilusi virš grunto. Bandinys pateiktas 45 pav.



45 pav. Bandinys.

Ašinei apkrovai sudaryti, ant vamzdžio buvo užmauta medinė dėžė (48 pav.). Papildomai apkrovai sudaryti, į dėžę buvo dedami 25,2 kg ir 30,7 kg akmenys. (46, 47 pav.).



46 pav. 25,2 kg akmuo.

47 pav. 30,7 kg akmuo.



48 pav. Metalinis vamzdis su medine dėže.

Dinaminei skersinei jėgai sukelti, buvo panaudotas betoninis gaminys. Į jo vieną galą pragręžta skylė ir įtvirtintas inkarinis varžtas, kuris sukoncentravo dinaminę jėga į mažesnį plotą. Betoninis gaminys su inkariniu varžtu pateiktas 49 pav.



49 pav. Betoninis gaminys su inkariniu varžtu.

Švytuoklei su bordiūru laikyti, sukonstruotas medinis rėmas (supyniu principas). Medinis rėmas pavaizduotas 50 pav.



50 pav. Medinis rėmas.

Metalinio vamzdžio viršaus poslinkiui, smūgio metu, išmatuoti, buvo panaudotas elektrinis slankmatis "HOREX". Šalia metalinio vamzdžio į gruntą įkaltas medinis kuolas, kurio 1,00 m virš

žemės (vienodame lygyje kaip ir metalinis vamzdis). Ant jo šono pritvirtintas slankmatis, taip, kad smūgis neįtakotų kuolo. Paruoštas bandymas pavaizduotas 51 pav.



51 pav. Bandymas.

3.4. Bandymų rezultatai.

Bandymai atlikti 3-mis etapais iš dviejų skirtingų pusių:

- Vamzdžio neapkrovus ašine jėga.
- Vamzdį apkrovus 247,21 N ašine jėga.
- Vamzdį apkrovus 548,38 N ašine jėga.

Bandymo metu smūgiai į metalinį vamzdį buvo atliekami iš dviejų pusių (52 pav.).



52 pav. Skersinių dinaminių jėgų dedamosios metalinio vamzdžio skerspjūviui.

3.4.1. Grunto savybių tyrimas.

Grunto savybėms sužinoti buto tiriami grunto 1 metro sluoksniai ir dalis jų tamprumo modulių. Grunto sluoksniams sužinoti, į žemę buvo įkalamas grąžtas (40 mm skersmens, 1 m ilgio) ir tuomet sukant jį ratu, ištraukiamas į paviršių. Vidinė grąžto dalis tuščiavidurė, joje susikaupia sluoksniniai gruntai. Ištrauktas grąžtas su gruntais pateiktas 53 pav.



53 pav. Ištrauktas grąžtas su gruntais.

Grunto dinaminio tamprumo moduliui išmatuoti naudotas "HMP LFG" prietaisas (43 pav.). Spaudžiant rankenėlę, paleidžiama laisvai kristi smūgiuojanti prietaiso dalis. Po smūgio, ranka pagalba ji pagaunama ir užfiksuojama prie rankenos. Prieš pradedant matavimą, turi būti atliekami trys sutankinantys smūgiai, kad laisvesnės dalelės esančios ant paviršiaus sutankėtų. Tada vėl atliekami trys smūgiai, kuriuos prietaisas fiksuoja, ir iš jų išveda vidurkį.

Gruntas buvo matuojamas keturiais etapais:

- 1-uoju etapu buvo nuėmus viršutinę žemės paviršių sluoksnį (nukasta žolė);
- 2-uoju etapu, iškasus 20 cm gylio duobę;
- 3-iuoju etapu, iškasus 40 cm gylio duobę;
- 4-uoju etapu, iškasus 60 cm gylio duobę.

Dinaminiai smūgiai buvo atliekami toje pačioje vietoje, o grunto sluoksniuotumas buvo tikrinamas trijuose skirtinguose taškuose. Grunto savybių tyrimo schema pateikta 54 pav.



54 pav. Grunto savybių tyrimo schema.

Grunto sluoksniuotumo tyrimo gauti rezultatai:

- 1. 1-uoju sluoksniuotumo matavimu gauti rezultatai (55 pav.):
 - 0-15 cm juodžemis;
 - 15-35 cm-dirvožemiu užterštas smėlis;
 - 35-45 cm-priemolis;
 - 45 60 cm dirvožemiu užterštas smėlis;
 - 60 70 cm organinis sluoksnis (dirvožemis);
 - 70 100 cm smėlis.



55 pav. 1-ojo matavimo sluoksniuotumas.

- 2. 2-uoju sluoksniuotumo matavimu gauti rezultatai (56 pav.):
 - 0-15 cm juodžemis;
 - 15 35 cm dirvožemiu užterštas smėlis;
 - 35 86 cm organinis sluoksnis (dirvožemis);
 - 86 100 cm smėlis.



56 pav. 2-ojo matavimo sluoksniuotumas.

3. 3-uoju sluoksniuotumo matavimu, matavimas buvo atliktas grąžtą įkalant į iškastą duobę, kurios gylis 60 cm (57 pav.). Tokiu būdu, grąžtas įkaltas iki 120 cm gylio nuo žemės paviršiaus. 3iuoju sluoksniuotumo matavimu gauti rezultatai (58 pav.):

- 0-15 cm juodžemis;
- 15 35 cm dirvožemiu užterštas smėlis;
- 35 104 cm organinis sluoksnis (dirvožemis);
- 104 120 cm smėlis.



57 pav. 60 cm gylio duobė prie metalinio vamzdžio.



58 pav. 3-iojo matavimo sluoksniuotumas.

Atlikus sluoksniuotumo matavimus, buvo atkastas metalinis vamzdis (59 pav.). Paveiksle aiškiai matomi sluoksniai. Matyti, kad viršutinė dalis – juodžemis; vidurinė dalis – smėlis, užterštas dirvožemiu ir statybiniu laužu; apatinė dalis – organinis sluoksnis (dirvožemis).



59 pav. Grunto sluoksniai aplink metalinį vamzdį.

Grunto dinaminio tamprumo modulio matavimas buvo atliekamas toje pačioje vietoje, matuojant vis žemesnėje altitudėje. Grunto tamprumo modulio matavimas 40 cm gylyje pavaizduotas 60 pav. Dinaminio tamprumo modulio matavimo rezultatai pateikti 4 lentelėje.



61 pav. Grunto tamprumo modulio matavimas 40 cm gylio duobėje.

Matavimo Nr.	Grunto altitudė	Grunto tipas	$\mathbf{E}_{\mathbf{vd}}$
1.	±0 cm	Juodžemis	8,28 MN/m ²
2.	-20 cm	Užterštas smėlis	18,06 MN/m ²
3.	-40 cm	Organinis sluoksnis (dirvožemis)	13,70 MN/m ²
4.	-60 cm	Organinis sluoksnis (dirvožemis)	13,71 MN/m ²

4 lentelė. Dinaminio tamprumo modulio matavimo rezultatai.

Taigi atlikus grunto sluoksniuotumo ir dinaminio tamprumo tyrimus, galima teigti, kad likusios dalies (Nuo -60 cm iki 100 cm) dinaminis tamprumo modulis $E_{vd} = 13,7$ MN/m². Gauti rezultatai toliau taikomi kompiuteriniuose skaičiavimuose. Dinaminio tamprumo modulio matavimo prietaisu "HMP-LFG" gautų rezultatų išrašai pateikti priede Nr. 2.

3.4.2. Bandinio viršūnės poslinkio rezultatai.

Elektroniniu slankmačiu gauti rezultatai, smūgiuojant į vamzdį, betoniniu gaminiu, atlenkus 10° kampu, pateikiami 5 lentelėje.

Rezultatai gauti atliekant bandymą pozicijoje Nr. 1						
Ašinė ankrova. N	Vamzdžio viršūnės poslinkis, mm					
	Smūgis Nr. 1	Smūgis Nr. 2	Smūgis Nr. 3			
0	18,9	38,1	40,8			
247,21	13,7	10,8	14,8			
548,38	7,8	6,6	6,8			
Rezultatai gauti atliekant bandymą pozicijoje Nr. 2						
Ašinė apkrova. N	Vamzdžio viršūnės poslinkis, mm					
	Smūgis Nr. 1	Smūgis Nr. 2	Smūgis Nr. 3			
0	48,2	36,4	46,0			
247,21	31,7	26,7	29,9			
548,38	11,2	7,2	9,4			

5 lentelė. Rezultatų gautų elektroniniu slankmačiu suvestinė.

Matoma, kad bandinį apkrovus 247,21 N ašine apkrova, jo viršūnės poslinkis ženkliai sumažėjo. Apkrovą padidinus iki 548,38 N, poslinkiai dar labiau sumažėjo.





3.4.3. Virpesių analizatoriaus "ADASH VA4 PRO" gauti rezultatai.

Virpesių analizatoriumi "ADASH VA4 PRO" buvo išmatuoti metalinio vamzdžio viršūnės virpesiai. Virpesiai buvo matuojami kiekvieno smūgio metu. Magnetinis jutiklis pridedamas prie bandinio, kuris perduoda signalą į kompiuterį. Atlikus bandymus, žinoma, kad kuo didesne apkrova buvo apkrautas bandinys, tuo virpesiai slopsta greičiau ir pasiekia mažesnį pagreitį smūgio metu. (62, 63, 64 pav.). Kairėje esanti skalė rodo virpesių pagreitį (mm/s²), o apačioje – laiką, per kurį virpesiai nuslopsta. Visų bandymų grafikai pateikti prieduose.



62 pav. Bandymo be ašinės apkrovos virpesių grafikas.



63 pav. Bandymo su 247,12 N ašine apkrova virpesių grafikas.



64 pav. Bandymo su 548,38 N ašine apkrova virpesių grafikas.

Virpesių analizatoriaus "ADASH VA4 PRO" gauti rezultatai (priimta, kad virpesiai nuslopsta kai pagreitis <5 %):

• Bandymas be ašinės apkrovos: momentinis pagreitis a_{max}=1265 m/s², virpesių nuslopimo laikas ~0,227 s.

• Bandymas su 247,21 N ašine apkrova: momentinis pagreitis $a_{max}=997$ m/s², virpesių nuslopimo laikas ~0,020 s.

• Bandymas su 548,38 N ašine apkrova: momentinis pagreitis $a_{max}=992$ m/s², virpesių nuslopimo laikas ~0,019 s.



Rezultatų grafinis palyginimas pateiktas 65 pav.

65 pav. Virpesių pagreičių ir trukmės grafikai.

3.4.4. Mechaninių svyravimų skaičiavimas.

Svyravimas – periodiškai pasikartojantis kūno judėjimas ta pačia trajektorija pakaitomis į priešingas puses pusiausvyros padėties atžvilgiu (P. Žiulikas, 2008).

Pagal gautus mechaninių svyravimų grafikus, rezultatus, apskaičiuojami poslinkiai.

Virpesių analizatoriaus "ADASH VA4 PRO" skaičiavimams gauti rezultatai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Virpesių analizatoriaus "ADASH VA4 PRO" gauti rezultatai.

Ašinė	Pagreitis, a	Laikas, t	Periodas, T
apkrova, N			
0	1265 m/s^2	0,227 s	5,6·10 ⁻³ s
247,21	997 m/s ²	0,020 s	$2,2\cdot10^{-3}$ s
548,38	992 m/s ²	0,019 s	2,1·10 ⁻³ s

Skaičiuojamas svyravimų dažnis, kai ašine apkrova 0 N:

$$v = \frac{1}{T} = 178,57m/s$$

Skaičiuojama svyravimų fazė, kai ašine apkrova 0 N:

 $\varphi = 2\pi vt = 6,28rad.$

Skaičiuojamas svyravimų kampinis ciklinis dažnis, kai ašine apkrova 0 N:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 1121,43rad / s^2.$$

Skaičiuojamas kūno padėties poslinkis, kai ašine apkrova 0 N:

$$x = \frac{a}{-\omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t)} = 37,79mm.$$

Bandymų su apkrova poslinkiai apskaičiuojami analogiškai, todėl skaičiavimai nepateikiami.

Mechaninių svyravimų skaičiavimų gautas kūno padėties poslinkis esant 247,21 N ašinei apkrovai:

 $x_{247,21} = 11,65mm.$

Mechaninių svyravimų skaičiavimų gautas kūno padėties poslinkis esant 548,38 N ašinei apkrovai:

$$x_{548,38} = 10,92mm.$$

3.5. Smūgio dinaminės jėgos skaičiavimas.

Dinaminę skersinę jėgą sukelia betoninis gaminys su inkariniu varžtu, kurio svoris 25,1 kg. Pritvirtinto kūjo prie rėmo peties ilgis – 914 mm. Norint padaryti bandymo kompiuterinį modelį, būtina apskaičiuoti kokio didumo dinaminę jėgą sukels smūgis, kai betoninis gaminys paleidžiamas laisvai kristi iš α =10⁰ kampo. Bandymo kompiuterinis modelis pavaizduotas 66 pav.



66 pav. Bandymo kompiuterinis modelis.

Apskaičiuoju kūjo galvos smūgio taško inercijos momentą:

 $I = ml^2 = 25, 1 \cdot 0, 914^2 = 20,968$,

čia: I-inercijos momentas;

m – kūno masė, kg;

l-peties ilgis, m.

Apskaičiuoju kūjo svyravimo periodą:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgR}} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{20,968}{25,1 \cdot 9,81 \cdot 0,914}} = 1,92s \,,$$

čia: $g - laisvo kritimo pagreitis, m/s^2;$

R – atsilenkimo kampas.

Apskaičiuoju kūjo galvos taško linijinį greitį:

$$v = \frac{TmgR}{\pi mR} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{Tg}{\pi} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{1,92 \cdot 9,81}{3,14} \cdot \sin 10 = 1,042m/s^{2}.$$

Apskaičiuoju smūgio kinetinę energiją:

$$E_t = \frac{mv^2}{2} = \frac{25.1 \cdot 1.042^2}{2} = 13.63 kJ$$

Randu smūgio sukeliamą dinaminę jėgą:

 $F_{DYN} \cong E_t = 19,63kN$. (J. Juodis, 2009)

3.6. Bandymo kompiuterinis modeliavimas.

Su Staad.PRO programa sudaromi trys kompiuteriniai modeliai. Pirmas be ašinės apkrovos, antras, kai naudojama 247,41 N ašinė apkrova, trečias – 548,38 N ašinė apkrova. Visas vamzdis padalintas į lygias 11x11 mm kvadratines plokšteles. Vamzdžio dalis esanti grunte įtvirtinta skirtingais tamprumo moduliais tampriomis atramomis. Pagal grunto tyrimo gautus rezultatus, tamprumo moduliai tokie:

- 0 15 cm gylyje 8,28 MPa;
- 15 35 cm gylyje 18,06 MPa;
- 35 100 cm gylyje 13,7 MPa.

Į vidurinę vamzdžio dalį esančią virš grunto sukoncentruota 13,63 kN jėga. Ašinė jėga pasiskirsto į 0,25 m² plotą (paviršius 0,5 m ilgio ir 0,5 m pločio). Pirmuoju variantu vamzdis yra veikiamas 989,64 N/m² ašinės gniuždančios jėgos. Antruoju – 2193,52 N/m² ašinės gniuždančios jėgos. Bandinio kompiuterinio skaičiavimo schema paveikta 49 pav.

Suskaičiuotas rezultatas su=0,64 mm, o vamzdžio viršaus poslinkis s=0,012 mm.

Pirmasis bandymas buvo atliekamas, vamzdžio neapkraunant jokia ašine jėga. Pagal elektrinio slankmačio gautus rezultatus matyti, kad šio bandymo rezultatų gauti poslinkiai – didžiausi (18,9 – 48,2 mm). Sudarius atitinkamų apkrovų bandymo kompiuterinę schemą (67 pav.) ir atlikus skaičiavimus gaunamas 100 mm vamzdžio viršūnės poslinkis. Bandinio deformuotoji schema pavaizduota 68 pav.



67 pav. I-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema.



Antrasis bandymas buvo atliekamas vamzdį apkraunant 989,64 N/m² išskirstyta ašine apkrova. Pagal elektrinio slankmačio gautus rezultatus matyti, kad šio bandymo rezultatų gauti poslinkiai 10,8 – 31,7 mm. Sudarius atitinkamų apkrovų bandymo kompiuterinę schemą (69 pav.) ir atlikus skaičiavimus gautas 10 mm vamzdžio viršūnės poslinkis. Bandinio deformuotoji schema pavaizduota 70 pav.



69 pav. II-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema.



Trečiasis bandymas buvo atliekamas vamzdį apkraunant 2193,52 N/m² išskirstyta ašine apkrova. Pagal elektrinio slankmačio gautus rezultatus matyti, kad šio bandymo rezultatų gauti poslinkiai 6,6 - 11,2 mm. Sudarius atitinkamų apkrovų bandymo kompiuterinę schemą (71 pav.) ir atlikus skaičiavimus gautas 9 mm vamzdžio viršūnės poslinkis. Bandinio deformuotoji schema pavaizduota 72 pav.



71 pav. III-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema.

72 pav. III-ojo bandymo deformuotoji skaičiavimo schema.


Elektrinio slankmačio ir kompiuterinio modeliavimo gauti poslinkių rezultatai pateikti 73 pav.

73 pav. Elektrinio slankmačio ir kompiuterinio modeliavimo gautų poslinkių rezultatų grafikas.

Pagal gautus modeliavimo ir bandymo rezultatus nustatyta, kad apkrovai didėjant, rezultatai panašėja ir mažėja skaičiavimo paklaida ir gauti poslinkiai.

Atlikus papildomus pirso kratinės ir bandymo kompiuterinius modeliavimus, keičiant ašinės jėgos dydį, gauti poslinkių ,atsiradusių dėl skersinės dinaminės jėgos, rezultatų grafikai – 74 ir 75 pav.







75 pav. Pirso kompiuterinio modeliavimo poslinkių grafikas.

Kiekviena poslinkių kreivė kinta pagal atitinkamą kreivę. Elektrinio slankmačio, bandinio kompiuterinio modeliavimo ir pirso kompiuterinio modeliavimo poslinkių absoliutinių verčių grafikas pateiktas 76 pav. Elektrinio slankmačio, bandinio pirso ir kompiuterinių modeliavimų absoliutinių verčių grafikas pateiktas 77 pav.



76 pav. Elektrinio slankmačio, bandinio ir pirso kompiuterinių modeliavimų poslinkių absoliutinių verčių grafikas.



77 pav. Elektrinio slankmačio, bandinio ir pirso kompiuterinių modeliavimų absoliutinių verčių grafikas.

1. EKSPERIMENTINIO IR SKAITINIO TYRIMO REZULTATŲ ANALIZĖ.

Pagal STR 2.05.04:2003 "Poveikiai ir apkrovos", statinio maksimalus viršaus taško poslinkis negali viršyti $\frac{H}{500}$. Pagal skaičiuojamąją pirso konstrukciją – $\frac{24000}{500}$ = 48 mm. Skaičiuojant pirso krantinę, buvo ieškomas pirso antstato maksimalus taško poslinkis, polį paveikiant dinamine skersine jėga F_{DYN}=11 MPa. Buvo atlikti 6 skirtingi skaičiavimo variantai ir gauti skirtingi rezultatai:

 1-uoju atveju buvo skaičiuojamas pirso krantinės pjūvis, kurį sudaro du poliai ir dalis antstato.

 2-uoju atveju buvo skaičiuojamas pirso krantinės pjūvis, kurį sudaro keturi poliai ir dalis antstato.

3-uoju atveju buvo skaičiuojama visa pirso krantinė.

• 4-uoju atveju buvo skaičiuojama visa pirso krantinė, pritaikius gruntui tamprumo modulius gautus eksperimentinio tyrimo metu.

• 5-uoju atveju buvo skaičiuojama visa pirso krantinė, eksploatacinę išskirstytą apkrovą sumažinus per pusę ($q_d = 13 \text{ kN/m}^2$).

 6-uoju atveju buvo skaičiuojami 6 skirtingi variantai. Kiekvienu variantu buvo keičiama dinaminės skersinės jėgos pridėjimo vieta į polių. Dinaminė skersinė jėga buvo pridedama į polius esančius arčiau kranto ir į polius esančius toliau pirso krantinės galo. 6-asis atvejis buvo suskaičiuotas, sudarius 3-ojo skaičiavimo varianto veidrodinį skaičiavimo modelį. Rezultatai gauti vienodi. Pirso krantinės kompiuterinių skaičiavimų rezultatai pateikti 7 lentelėje.

Eil. Nr.	Skaičiavimo var.	Poslinkis, mm	Lenkimo momentas, kNm
1	1-asis	14447	38,09·10 ³
2	2-asis	13401	$21,53 \cdot 10^3$
3	3-asis	31	358,11
4	4-asis	29	360
5	5-asis	34	351
6	6-asis, schema nr. 1	11	408
7	6-asis, schema nr. 2	20	390
8	6-asis, schema nr. 3	26	375
9	6-asis, schema nr. 4	36	329
10	6-asis, schema nr. 5	41	230
11	6-asis, schema nr. 6	31	358

7 lentelė. Pirso krantinės kompiuterinių skaičiavimų rezultatai.

Eksperimentinio tyrimo metu išmatuoti 3 dydžiai:

• Vamzdžio viršaus taško poslinkis, bandinį paveikus dinamine skersine jėga. Tikrintas poslinkis vamzdį apkraunant skirtinga ašine apkrova ir be apkrovos.

• Mechaniniai svyravimai, kuriuos sukelia dinaminė skersinė jėga. Pagal gautus duomenis ir grafikus, apskaičiuoti mechaninių svyravimų sukeliami poslinkiai.

• Grunto mechaninės savybės. Kas 20 cm išmatuotas grunto dinaminio tamprumo modulis, įvertinti grunto sluoksniai ir jų gyliai.

Dinaminio smūgio bandymai atlikti vamzdžio neapkraunant ašine jėga, apkraunant 247,21 N ir 548,38 N ašinėmis gniuždančiomis jėgomis. Kuo didesne ašine gniuždančia jėga apkraunamas vamzdis, tuo viršaus taško poslinkis mažesnis. Bandymai atlikti dviejose skirtingose pozicijose (Nr. 1 ir Nr. 2). Vamzdžio, paveikto dinaminės skersinės jėgos, viršaus taško poslinkio rezultatai pateikti 8 lentelėje.

Rezultatai gauti atliekant bandymą pozicijoje Nr. 1			
Ašinė apkrova. N	Vamzdžio viršūnės poslinkis, mm		
,,,,,,,,	Smūgis Nr. 1	Smūgis Nr. 2	Smūgis Nr. 3
0	18,9	38,1	40,8
247,21	13,7	10,8	14,8

8 lentelė. Vamzdžio viršaus poslinkio rezultatai, paveikus dinaminei skersinei jėgai.

548,38	7,8	6,6	6,8
Rezultatai gauti atliekant bandymą pozicijoje Nr. 2			
Ašinė ankrova N	Vamzdžio viršūnės poslinkis, mm		
	Smūgis Nr. 1	Smūgis Nr. 2	Smūgis Nr. 3
0	48,2	36,4	46,0
247,21	31,7	26,7	29,9
548,38	11,2	7,2	9,4

Kiekvieno smūgio metu išmatuoti vamzdžio viršūnės mechaniniai virpesiai su "ADASH VA4 PRO" virpesių analizatoriumi. Pagal gautus grafikus ir rezultatus, suskaičiuoti vamzdžio poslinkiai. Mechaninių svyravimų sukelti poslinkiai pateikti 9 lentelėje.

Rezultatai gauti atliekant bandymą pozicijoje Nr. 1				
Ačinė ankrova N	Vamzdžio viršūnės poslinkis, mm			
Asine approva, iv	Smūgis Nr. 1	Smūgis Nr. 2	Smūgis Nr. 3	
0	21,64	37,79	43,44	
247,21	11,65	12,32	15,47	
548,38	10,92	8,97	7,23	
Rezultatai gauti atliekant bandymą pozicijoje Nr. 2				
Ašinė ankrova N	Vamzdžio viršūnės poslinkis, mm			
	Smūgis Nr. 1	Smūgis Nr. 2	Smūgis Nr. 3	
0	47,12	38,97	45,86	
247,21	29,14	22,14	31,69	
548,38	12,45	8,77	8,53	

9 lentelė. Mechaninių svyravimų sukelti poslinkiai.

Gauti rezultatai kinta nuo -3,12 mm iki 2,56 mm. Maksimali gauta paklaida 28,57 %, minimali – 0,03 %.

Priklausomybė tarp slankmačio ir "ADASH VA4 PRO" virpesių analizatoriaus gautų rezultatų pavaizduota 78 pav.



78 pav. Slankmačio ir "ADASH VA4 PRO" virpesių analizatoriaus priklausomybė.

Atlikus grunto tyrimus su "HMP LFG" dinaminio tamprumo modulio matavimo prietaisu nustatyti grunto sluoksniai ir jų tamprumo moduliai. Grunto tyrimo rezultatai pateikti 10 lentelėje.

Matavimo Nr.	Grunto altitudė	Grunto tipas	$\mathbf{E_{vd}}$
1.	± 0 cm	Juodžemis	8,28 MN/m ²
2.	-20 cm	Užterštas smėlis	18,06 MN/m ²
3.	-40 cm	Organinis sluoksnis (dirvožemis)	13,70 MN/m ²
4.	-60 cm	Organinis sluoksnis (dirvožemis)	13,71 MN/m ²

10 lentelė. Dinaminio tamprumo modulio matavimo rezultatai.

Gauti rezultatai toliau naudoti kompiuteriniame bandymo modeliavime, priskiriant gautas tamprumo modulio reikšmes tamprioms atramoms.

Su STAAD.PRO programa suskaičiuotas kompiuterinis bandymo modelis, kuriame visas 2,0 m ilgio ir 76,1 mm skersmens vamzdis padalintas į 11x11 mm plokšteles. Kaip ir bandyme, pusė vamzdžio tampriai įtvirtinta grunte. Tamprioms apkrovoms priskirtos bandymo metu gautos tamprumo modulio reikšmės (10 lentelė). Kompiuteriniu modeliavimu gauti vamzdžio viršūnės poslinkiai pateikti 11 lentelėje.

Ašinė apkrova. N	Vamzdžio viršūnės poslinkis, mm
0	100,0
247,21	10,0
548,38	9,0

11 lentelė. Kompiuterinio bandymo modelio gautų poslinkių rezultatai.

Pagal gautus eksperimentinio tyrimo bei kompiuterinio modeliavimo rezultatus matyti, kad dinaminio smūgio bandymo metu, kai ašinė apkrova 0, poslinkiai smarkiai skiriasi. Kai naudojama 247,21 N ir 548,38 N ašinės apkrovos, bandymo ir kompiuterinio modeliavimo rezultatai skiriasi nedaug.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS.

1. Darbo teorinėje dalyje aptarti pirso krantinių bei polių tipai. Jų konstrukcija, optimaliausi projektuojamų dydžių santykiai, bei pirso tipo parinkimo sąlygos. Aptarta kokie išoriniai mechaniniai veiksniai, kokios išorinės jėgos veikia pirso kratinę ir jos polius. Kokių tipų gruntai vyrauja pakrantėse.

2. Atlikus pirso krantinės kompiuterinius skaičiavimus, nustatyta, kad kuo labiau pirsas sutvirtintas su krantu ir gruntu, tuo jis atsparesnis dinaminės skersinės jėgos į polį poveikiui. Didėjant ašinei apkrovai didėja konstrukcijos stabilumas skersinės jėgos poveikiui. Kuo apkrova didesnė, tuo antstato poslinkiai smūgio metu – mažesni. Antstato ir polio poslinkiai yra didžiausi, kai dinaminė skersinė jėga paveikia į polį esantį toliausiai nuo kranto. Dinaminės skersinės jėgos pridėties tašką artinant link kranto, pasireiškiantys poslinkiai mažėja. Baigiamajame darbe skaičiuojant pirso krantinę, pagal pasirinktą reglamentuojamą laivo tonažą ir priplaukimo greitį, atsiradę poslinkiai dėl dinaminės skersinė jėgos poveikio yra mažesni negu ribiniai (mažiau nei 48 mm).

3. Eksperimentinio tyrimo metu didinta išskirstyta apkrova gniuždanti vamzdį. Bandymas atliktas trimis etapais: be gniuždančios apkrovos; su 247,21 N gniuždančia apkrova ir su 548,38 N gniuždančia apkrova. Kuo didesnė apkrova naudota, tuo vamzdžio viršaus poslinkis, paveikus dinaminei skersinei jėgai, mažesnis. Didžiausias poslinkis be apkrovos – 48,2 mm, mažiausias – 6,6 mm.

4. Atlikus eksperimentinį tyrimą, gauti "ADASH VA4 PRO" virpesių analizatoriaus rezultatai, iš kurių suskaičiuoti virpesių sukelti poslinkiai. Elektrinio slankmačio ir virpesių analizatoriaus gauti rezultatai skiriasi nuo -3,12 mm iki 2,56 mm. Didžiausia paklaida – 28,57 %, mažiausia – 0,03 %. Paklaida galėjo atsirasti, nes virpesių analizatoriaus jutiklio magnetinis paviršius yra plokščias, o vamzdžio paviršius – apvalus.

5. Ištirta, kad gruntas į kurį įkaltas vamzdis, sudarytas iš trijų sluoksnių: juodžemio (E=8,28 MN/m²); užteršto smėlio (E=18,06 MN/m²); organinio sluoksnio (E=13,70 MN/m²). Grunto sluoksniams ištirti naudotas grąžtas, o tamprumo moduliui išmatuoti, kas 20 cm atlikti matavimai su "HMP-LFG" dinaminio tamprumo modulio matavimo prietaisu.

6. Pagal eksperimentinio bandymo metu gautus duomenis, sudarytas kompiuterinis modelis. Modelis skaičiuotas baigtinių elementų metodu, visą vamzdį padalinus į 11x11 mm plokšteles. Skaičiavimai atlikti 3 etapais: vamzdžio neapkraunant gniuždančia apkrova, poslinkis 100 mm; vamzdį apkraunant 247,12 N gniuždančia apkrova, poslinkis 10 mm; vamzdį apkraunant 548,38 N gniuždančia apkrova, poslinkis 9 mm. Nustatyta, kad kuo labiau apkrautas vamzdis gniuždančia apkrova, tuo poslinkiai, paveikus dinaminei skersinei jėgai, mažesni. Kompiuterinio modeliavimo rezultatai gauti panašūs į eksperimentinio bandymo rezultatus. 7. Atlikus kompiuterinius pirso ir bandinio modeliavimus, bei bandymą, gautos kreivės ir lygtys pagal kurias kinta polio (vamzdžio) poslinkiai, didinant ašinę apkrovą, paveikiant skersinei dinaminei jėgai.

Bandyto vamzdžio poslinkiai kinta pagal lygti:

y=0,0338x²-2,4311x+44,648.

Bandinio kompiuterinio modelio poslinkiai kinta pagal lygtį:

 $y=1E-09x^4-3E-06x^3+0,0022x^2-0,7533x+97,359.$

Pirso kompiuterinio modelio poslinkiai kinta pagal lygtį:

 $y=9E-06x^4-0,0021x^3+0,1665x^2-5,5061x+85,128.$

8. Pirso krantinės turi būti suprojektuotos taip, kad įvykus avariniam atvejui, poslinkiai neviršytų ribinių. Standartuose aptariamas laivo švartavimasis prie kratinės, kai smūgius perima atmušos. Nėra informacijos kaip turi būti projektuojami pirsai, kad laivo smūgis nesukeltų pavojingų padarinių. Ištirta, jei dinaminis smūgis į polį stipresnis ir į kuo tolimesnį polį nuo krantinės sutelktas smūgis, tuo antstato poslinkiai didesni. Pagal darbe gautus rezultatus, nustatyta, kad poslinkius galima sumažinti didinant polių skaičių ir antstato išskirstytą apkrovą.

CONCLUSIONS AND RECCOMENDATIONS.

1. In the theoretical part the pier berths and pole types are discussed. Their design, optical projected scales, dimensions, and the pier type selection conditions. Discussed what external mechanical factors and what external forces impact pier and its piles. Discussed what type of soils dominate coasts.

2. The pier berth computer calculations showed that the more the pier is reinforced with the berth and the soil, the more resistant it is against dynamic shear force impact to the pile. Operational split load reinforces the pier. The bigger the load, the displacement of the superstructure on impact are lower. Superstructure and pile displacements are greatest when the dynamic shear force affects the pile located farthest from the shore. Dynamic shear force adding closer towards the shore, occurring displacements decrease. Thesis calculating the waterfront pier, according to the chosen regulated ships tonnage and approaching speed, occurring displacements due to the dynamic shear force are smaller than limited. Less than 48 mm.

3. During the experimental study, split load compressing the pipe was increased. The test was carried out in three stages: without compression force, the compressive load of 247.21 N and 548.38 N compressive load. The higher load applied, pipe top displacement is bigger under the dynamic shear force. The biggest displacement without load – 48.2 mm, the smallest – 6.6 mm.

4. Tests were performed to obtain "ADASH VA4 PRO" vibration analyzer results from which vibration caused displacements were found. Electric caliper and vibration analyzer results different from -3.12 mm to 2.56 mm. The maximum bias – 28.57 %, the lowest – 0.03 %. Bias could occur because the vibration analyzer sensor magnetic surface is flat, and the pipe surface is round.

5. Tested, that the soil consists of three layers: the black earth ($E=8.28 \text{ MN/m}^2$); contaminated sand ($E=18.06 \text{ MN/m}^2$); and organic layer ($E=13.70 \text{ MN/m}^2$). To investigate soil layers drill has been used. The modulus of elasticity was measured every 20 cm with "HMP-LFG" dynamic elastic modulus measurement device.

6. According to experimental data obtained during the test, composed a computer model. The model calculated with finite element method, the entire tube divided into 11x11 mm plates. Calculations made in 3 steps: the pipe without burdening the compressive load, displacement – 100 mm; pipe under compressive load of 247.12 N, displacement – 10 mm; the pipe under compressive load of 548.38 N, displacement – 9 mm. It was found that the more loaded pipe with compressive load, the displacement, exposure to dynamic shear force, are smaller. Computer simulation results were similar to experimental tests results.

7. From pier and experiment computer modeling, and experiment, curves and equations have been received, from which piers(piles) displacements are received, increasing the axial load and impacting with dynamic shear force.

8. The pier berth must be designed so that in the event of an emergency, displacements do not exceed the limit. Standards write about ships mooring to the berth, when special berth constructions take over the impact. There is no information how piers should be designed, that ships impact wouldn't lead to dangerous consequences. Investigated the bigger is the dynamic shear force to the pile and to the furthest pile from shore it is concentrated, the superstructures displacements are bigger. By working results showed that displacement can be reduced by increasing the number of piles and superstructures split load.

LITERATŪRA.

1. Juodelis, V.; Bendikas, J.; Valiulis, A. V. 2004. Metalotyros pagrindai. Vilnius, Technika. 158 p.

2. Juodis, J.; Sankauskienė, T. 2009. Medžiagų atsparumas. Vilnius, Technika. 35 p.

3. Katkevičius, L.; Baublys, R. 2008. Vandens kelių, krantinių ir prieplaukų statyba. Kaunas, Ardiva. 80 p.

4. Paulauskas, V.; Barzdžiukas, R.; Plačienė, B. ir kt. 2001. Uostų technologija. Klaipėda, KU leidykla. 205 p.

5. Ramonas, Č. 2000. Hidrotechninė statyba. Akademija, LŽŪU Leidybinis centras. 93 p.

6. Sližytė, D.; Medzvieckas, J.; Mackevičius, R. 2012. Pamatai ir pagrindai. Vilnius, Technika.
 239 p.

Vaišvila, K. A.; Patašius, A.; Šadževičius, R. 2008. Statybinė mechanika. Kaunas, Technika.
 84 p.

8. Vyčius, J. 2008. Hidraulika. Kaunas, Ardiva. 85 p.

9. Žiulikas, P.; Barauskas, R. 2008. Mechaniniai virpesiai. Kaunas. 347 p.

10. RSN 156-94 Statybinė klimatologija. 1995. Vilnius.

11. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos. Vilnius, Aplinkos ministerija. 15 p.

12. STR 2.05.05:2005. Gelžbetoninių ir betoninių konstrukcijų projektavimas. Vilnius, Aplinkos ministerija. 123 p.

STR 2.05.05:2005 Gelžbetoninių ir betoninių konstrukcijų projektavimas. 3 priedas.
 Vilnius, Aplinkos ministerija. 117 p.

14. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Vilnius, Aplinkos ministerija.106 p.

15. STR 2.05.15:2004. Hidrotechnikos statinių poveikiai ir pakrovos. Vilnius, Aplinkos ministerija. 17 p.

16. Mohamed, A.; ElGawady, M. A.; Haitham, M. D. 2012. Analysis of segmental piers of concrete filled FRP tubes. WA, United States. 11 p.

17. Qianjin, Y.; Fenwei, G.; Tuomo K. 2009. Dynamic ice forces of slender vertical structures due to ice crushing. China. 7 p.

18. Wanli, Y.; Qiao, L. 2013. The expended Morison equation considering inner and outer water Hydrodinamic pressure of hollow piers. China. 9 p.

19. Xiuli, D.; Piguang, W.; Mi Z. 2014. Simplified formula of hydrodinamic pressure on circular bridge piers in the domain. China. 10 p.

20. Yanian, S.; Hong, H. 2013. Laboratory tests and numerical simulations of barge impact on circular reinforced concrete piers. Australia. 13 p.

21. Apvalūs konstrukciniai vamzdžiai [Žiūrėta 2016 m. vasario 22 d.]. Prieiga per internetą: <u>http://metaloprekyba.lt/produktas/apvalus-konstrukciniai-vamzdziai/?lang=lt</u>.

22. Elektrinis slankmatis "HOREX" [Žiūrėta 2016 m. balandžio 11d.]. Prieiga per internetą: <u>http://www.bacjsc.vn/en/electronic-caliper-horex-2211716-0-150mm001mm.html</u>.

23. Light Weight Deflectometer "HMP LFG" [Žiūrėta 2016 m. vasario 22 d.]. Prieiga per internetą: <u>http://www.hmp-online.com/en/produkte/leichtes_fallgewicht</u>.

24. Virpesių analizatorius "ADASH VA4 PRO" [Žiūrėta 2016 m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą <u>http://adash.cz/doc/a4400/A4400_VA4_EN.pdf</u>.

Naudota programinė įranga:

- 1. AutoCAD.
- 2. Microsoft Office.
- 3. Staad.PRO.

PRIEDAI

1 priedas





4-ojo smūgio virpesių grafikas:







6-ojo smūgio virpesių grafikas



7-ojo smūgio virpesių grafikas:







9-ojo smūgio virpesių grafikas:



10-ojo smūgio virpesių grafikas:



11-ojo smūgio virpesių grafikas:



12-ojo smūgio virpesių grafikas:



13-ojo smūgio virpesių grafikas:







15-ojo smūgio virpesių grafikas:



16-ojo smūgio virpesių grafikas:







18-ojo smūgio virpesių grafikas:



2 Priedas

Dinamines plokštes ijungimas tikrinimas : TP BF-StB part B 8.3 Irenginys: HMP-LFG-SK Nr.: 08106

Tikrintojas + 8°C Orai/temperatura Banoymas Nr. 1 Projektas ±Oun juodžemis Pavirsius/Sluoksnis Nr.: 789 Testavimo Data/Laikas:

2016-04-25/ 16:24 n | Sn(mm) | Vn(mm/s) 1 | 2.847 | 556.89 2 | 2.699 | 539.03 3 | 2.608 | 528.53 MW | 2.718 | 541.5 Analize: Evd = 8.28 MN/m² s/v = 5.01 ms



Dinamines plokštes ijungimas tikrinimas su TP BF-StB part B 8.3 Irenginys: HMP-LFG-SK Nr.: 08106

Tikrintojas +8°C orai/temperatura Bandymas Nr.2 Projektas -20cm/uzt smelis Pavirsius/Sluoksnis

Nr.: 790 Testavimo Data/Laikas: 2016-04-25/ 16:33 n | Sn(mm) | Vn(mm/s) 1 | 1.300 | 334.36 2 | 1.250 | 341.25 3 | 1.187 | 321.30 MW | 1.246 | 332.3 Analize: Evd = 18.06 MN/m² s/v = 3.74 ms

t=5ms/d. s=0,20 mm/d.

Dinamines plokštes ijungimas tikrinimas s TP BF-StB part B 8.3 Irenginys: HMP-LFG-SK Nr.: 08106

Tikrintojas +800 Orai/temperatura Bandymas Nr. 3 Projektas -40cm/org. sluchsni Pavirsius/Sluoksnis

Nr.: 791
Testavimo Data/Laikas
2016-04-25/ 16:50
n | Sn(mm) | Vn(mm/s
1 | 1.667 | 420.06
2 | 1.638 | 422.09
3 | 1.622 | 422.15
MW | 1.642 | 421.4
Analize:
Evd = 13.70 MN/m²
s/v = 3.89 ms

t=5ms/d. s=0,40 mm/d

Dinamines plokštes ijungimas tikrinimas su TP BF-StB part B 8.3 Irenginys: HMP-LFG-SK Nr.: 08106

. Tikrintojas +800 Oran/temperatura Bandymas Nr. 4 Projektas

-60 cm/organinis sl Pavirsius/Sluoksnis

Nr.: 792
Testavimo Data/Laikas:
2016-04-25/ 17:09
n | Sn(mm) | Vn(mm/s)
1 | 1.719 | 436.58
2 | 1.643 | 425.90
3 | 1.562 | 410.01
MW | 1.641 | 424.2
Analize:
Evd = 13.71 MN/m²
s/v = 3.86 ms



1-asis skaičiavimo variantas (2D rėmas)

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 11-May-15

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KN

MEMBER INCIDENCES

4 2 4; 5 6 7; 6 6 4; 7 4 26; 8 6 27;

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 5e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

4 TO 6 PRIS YD 1 ZD 6

MEMBER PROPERTY AMERICAN

7 8 PRIS ROUND STA 1.2 END 1.2 THI 0.1

CONSTANTS

MATERIAL CONCRETE MEMB 4 TO 6

MATERIAL STEEL MEMB 7 8 SUPPORTS 8 TO 29 FIXED BUT MX MY MZ KFX 30000 KFY 30000 KFZ 30000 LOAD 1 LOADTYPE None TITLE APKROVOS MEMBER LOAD 4 TO 6 UNI GY -26 7 8 TRAP GX 0 137 2 16 8 CON GX -9.08 2 8 CON GX -11000 1 7 TRAP GX 0 -137 2 16 PERFORM ANALYSIS FINISH

2-asis skaičiavimo variantas (fragmentas)

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 12-May-15

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KN

ELEMENT INCIDENCES SHELL

37 19 22 18 15;

ELEMENT PROPERTY

37 THICKNESS 1

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 5e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616 ALPHA 1e-005 **DAMP 0.05 TYPE CONCRETE STRENGTH FCU 27579** END DEFINE MATERIAL MEMBER PROPERTY AMERICAN 33 TO 36 PRIS ROUND STA 1.22 END 1.22 THI 0.064 MEMBER PROPERTY AMERICAN 4 TO 6 9 TO 15 17 TO 32 PRIS YD 0 CONSTANTS MATERIAL STEEL MEMB 4 TO 6 9 TO 15 17 TO 36 MATERIAL CONCRETE MEMB 37 **SUPPORTS** 51 TO 62 FIXED BUT MX MY MZ KFX 60000 KFY 60000 39 TO 50 FIXED BUT MX MY MZ KFX 50000 KFY 50000 KFZ 50000 27 TO 38 FIXED BUT MX MY MZ KFX 40000 KFY 40000 KFZ 40000 23 TO 26 63 TO 66 FIXED BUT MX MY MZ KFX 30000 KFY 30000 KFZ 30000 LOAD 1 LOADTYPE None TITLE LOAD CASE 1 MEMBER LOAD 33 TO 36 TRAP GX 0 137 2 16 MEMBER LOAD 33 TO 36 CON GX -9.08 2 36 CON GX -5500 1 MEMBER LOAD 33 TO 35 TRAP GX 0 -137 2 16 ELEMENT LOAD 37 PR GY -26 PERFORM ANALYSIS FINISH 3-asis skaičiavimo variantas (3D rėmas su dvigubai mažesne apkrova) STAAD PLANE

START JOB INFORMATION ENGINEER DATE 21-May-15

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79 UNIT METER KN ELEMENT INCIDENCES SHELL 123 60 61 45 44;

ELEMENT PROPERTY

123 THICKNESS 1

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 5e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

125 TO 140 PRIS ROUND STA 1.22 END 1.22 THI 0.064

2 5 8 11 14 17 20 23 25 TO 105 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL MEMB 2 5 8 11 14 17 20 23 25 TO 105 125 TO 140

MATERIAL CONCRETE MEMB 123

SUPPORTS

33 TO 39 60 61 FIXED

174 TO 205 222 TO 237 FIXED BUT MX MY MZ KFX 60000 KFY 60000 KFZ 60000 126 TO 173 FIXED BUT MX MY MZ KFX 50000 KFY 50000 KFZ 50000 78 TO 125 FIXED BUT MX MY MZ KFX 40000 KFY 40000 KFZ 40000 62 TO 77 206 TO 221 FIXED BUT MX MY MZ KFX 30000 KFY 30000 KFZ 30000 LOAD 1 LOADTYPE None TITLE APKROVOS MEMBER LOAD 125 TO 140 CON GX -9.08 1 125 TO 133 135 TO 140 TRAP GX 0 -137 2 16 125 TO 140 TRAP GX 0 137 2 16 134 CON GX -11000 1 0 ELEMENT LOAD 123 PR GY -26 PERFORM ANALYSIS FINISH 4-asis skaičiavimo variantas (3D rėmas su plokšte) STAAD PLANE

START JOB INFORMATION ENGINEER DATE 21-May-15 END JOB INFORMATION **INPUT WIDTH 79** UNIT METER KN ELEMENT INCIDENCES SHELL 123 60 61 45 44; ELEMENT PROPERTY 123 THICKNESS 1 DEFINE MATERIAL START **ISOTROPIC STEEL** E 5e+008 POISSON 0.3 **DENSITY 76.8195** ALPHA 1.2e-005 DAMP 0.03 TYPE STEEL STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2 **ISOTROPIC CONCRETE**

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

125 TO 140 PRIS ROUND STA 1.22 END 1.22 THI 0.064

2 5 8 11 14 17 20 23 25 TO 105 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL MEMB 2 5 8 11 14 17 20 23 25 TO 105 125 TO 140

MATERIAL CONCRETE MEMB 123

SUPPORTS

33 TO 39 60 61 FIXED

174 TO 205 222 TO 237 FIXED BUT MX MY MZ KFX 60000 KFY 60000 KFZ 60000

126 TO 173 FIXED BUT MX MY MZ KFX 50000 KFY 50000 KFZ 50000

78 TO 125 FIXED BUT MX MY MZ KFX 40000 KFY 40000 KFZ 40000

62 TO 77 206 TO 221 FIXED BUT MX MY MZ KFX 30000 KFY 30000 KFZ 30000

LOAD 1 LOADTYPE None TITLE APKROVOS

MEMBER LOAD

125 TO 140 CON GX -9.08 1

125 TO 133 135 TO 140 TRAP GX 0 -137 2 16

125 TO 140 TRAP GX 0 137 2 16

134 CON GX -11000 1 0

ELEMENT LOAD

123 PR GY -13

PERFORM ANALYSIS

FINISH

5-asis skaičiavimo variantas (Su silpnesniais gruntais)

STAAD PLANE START JOB INFORMATION ENGINEER DATE 21-May-15 END JOB INFORMATION INPUT WIDTH 79 UNIT METER KN ELEMENT INCIDENCES SHELL 123 60 61 45 44;

ELEMENT PROPERTY

123 THICKNESS 1

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 2.05e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

125 TO 140 PRIS ROUND STA 1.22 END 1.22 THI 0.064

2 5 8 11 14 17 20 23 25 TO 105 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL MEMB 2 5 8 11 14 17 20 23 25 TO 105 125 TO 140

MATERIAL CONCRETE MEMB 123

SUPPORTS

33 TO 39 60 61 FIXED

62 TO 77 206 TO 221 FIXED BUT MX MY MZ KFX 8280 KFY 8280 KFZ 8280

78 TO 109 FIXED BUT MX MY MZ KFX 18060 KFY 18060 KFZ 18060

110 TO 205 222 TO 237 FIXED BUT MX MY MZ KFX 13700 KFY 13700 KFZ 13700

LOAD 1 LOADTYPE None TITLE APKROVOS

MEMBER LOAD

125 TO 140 CON GX -9.08 1

125 TO 133 135 TO 140 TRAP GX 0 -137 2 16 125 TO 140 TRAP GX 0 137 2 16 134 CON GX -11000 1 0 ELEMENT LOAD 123 PR GY -26 PERFORM ANALYSIS FINISH

4 priedas

1-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 19-Jan-16

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KN

ELEMENT PROPERTY

1 TO 3360 THICKNESS 0.0032

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 2.35e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 3380 3382 TO 3385 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL ALL

SUPPORTS

1682 TO 1941 FIXED BUT MX MY MZ KFX 8280 KFY 8280 KFZ 8280

1942 TO 2301 FIXED BUT MX MY MZ KFX 18060 KFY 18060 KFZ 18060

2302 TO 3381 FIXED BUT MX MY MZ KFX 13700 KFY 13700 KFZ 13700 LOAD 1 LOADTYPE None TITLE LOAD CASE 1 ELEMENT LOAD 513 PR GX -19.63 0.00597385 -0.00597385 PERFORM ANALYSIS FINISH 2-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 19-Jan-16

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KN

ELEMENT PROPERTY

1 TO 3360 THICKNESS 0.0032

3396 THICKNESS 0.4 0.4 0.4

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 2.35e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 3380 3382 TO 3395 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 3360 3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 - 3380 3382 TO 3395

MATERIAL CONCRETE MEMB 3396

SUPPORTS

1682 TO 1941 FIXED BUT MX MY MZ KFX 8280 KFY 8280 KFZ 8280

1942 TO 2301 FIXED BUT MX MY MZ KFX 18060 KFY 18060 KFZ 18060

2302 TO 3381 FIXED BUT MX MY MZ KFX 13700 KFY 13700 KFZ 13700

LOAD 1 LOADTYPE None TITLE LOAD CASE 1

ELEMENT LOAD

513 PR GX -19.63 0.00597385 -0.00597385

3396 PR 0.98964

PERFORM ANALYSIS

FINISH

3-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION **ENGINEER DATE 19-Jan-16** END JOB INFORMATION **INPUT WIDTH 79** UNIT METER KN ELEMENT PROPERTY 1 TO 3360 THICKNESS 0.0032 **3396 THICKNESS 0.4** DEFINE MATERIAL START **ISOTROPIC STEEL** E 2.35e+008 POISSON 0.3 **DENSITY 76.8195** ALPHA 1.2e-005 **DAMP 0.03 TYPE STEEL** STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2 **ISOTROPIC CONCRETE**

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 3380 3382 TO 3395 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 3360 3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 -

3380 3382 TO 3395

MATERIAL CONCRETE MEMB 3396

SUPPORTS

1682 TO 1941 FIXED BUT MX MY MZ KFX 8280 KFY 8280 KFZ 8280

1942 TO 2301 FIXED BUT MX MY MZ KFX 18060 KFY 18060 KFZ 18060

2302 TO 3381 FIXED BUT MX MY MZ KFX 13700 KFY 13700 KFZ 13700

LOAD 1 LOADTYPE None TITLE LOAD CASE 1

ELEMENT LOAD

513 PR GX -19.63 0.00597385 -0.00597385

3396 PR 2.19352

PERFORM ANALYSIS

FINISH

4 priedas

1-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 19-Jan-16

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KN

ELEMENT PROPERTY

1 TO 3360 THICKNESS 0.0032

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 2.35e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 3380 3382 TO 3385 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL ALL

SUPPORTS

1682 TO 1941 FIXED BUT MX MY MZ KFX 8280 KFY 8280 KFZ 8280

1942 TO 2301 FIXED BUT MX MY MZ KFX 18060 KFY 18060 KFZ 18060

2302 TO 3381 FIXED BUT MX MY MZ KFX 13700 KFY 13700 KFZ 13700 LOAD 1 LOADTYPE None TITLE LOAD CASE 1 ELEMENT LOAD 513 PR GX -19.63 0.00597385 -0.00597385 PERFORM ANALYSIS FINISH 2-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 19-Jan-16

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KN

ELEMENT PROPERTY

1 TO 3360 THICKNESS 0.0032

3396 THICKNESS 0.4 0.4 0.4

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 2.35e+008

POISSON 0.3

DENSITY 76.8195

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

TYPE STEEL

STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 3380 3382 TO 3395 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 3360 3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 - 3380 3382 TO 3395

MATERIAL CONCRETE MEMB 3396

SUPPORTS

1682 TO 1941 FIXED BUT MX MY MZ KFX 8280 KFY 8280 KFZ 8280

1942 TO 2301 FIXED BUT MX MY MZ KFX 18060 KFY 18060 KFZ 18060

2302 TO 3381 FIXED BUT MX MY MZ KFX 13700 KFY 13700 KFZ 13700

LOAD 1 LOADTYPE None TITLE LOAD CASE 1

ELEMENT LOAD

513 PR GX -19.63 0.00597385 -0.00597385

3396 PR 0.98964

PERFORM ANALYSIS

FINISH

3-ojo bandymo kompiuterinio skaičiavimo schema

STAAD PLANE

START JOB INFORMATION **ENGINEER DATE 19-Jan-16** END JOB INFORMATION **INPUT WIDTH 79** UNIT METER KN ELEMENT PROPERTY 1 TO 3360 THICKNESS 0.0032 **3396 THICKNESS 0.4** DEFINE MATERIAL START **ISOTROPIC STEEL** E 2.35e+008 POISSON 0.3 **DENSITY 76.8195** ALPHA 1.2e-005 **DAMP 0.03 TYPE STEEL** STRENGTH FY 253200 FU 407800 RY 1.5 RT 1.2 **ISOTROPIC CONCRETE**

E 2.17185e+007

POISSON 0.17

DENSITY 23.5616

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

TYPE CONCRETE

STRENGTH FCU 27579

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 3380 3382 TO 3395 PRIS YD 0

CONSTANTS

MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 3360 3365 TO 3368 3370 TO 3372 3374 TO 3376 3379 -

3380 3382 TO 3395

MATERIAL CONCRETE MEMB 3396

SUPPORTS

1682 TO 1941 FIXED BUT MX MY MZ KFX 8280 KFY 8280 KFZ 8280

1942 TO 2301 FIXED BUT MX MY MZ KFX 18060 KFY 18060 KFZ 18060

2302 TO 3381 FIXED BUT MX MY MZ KFX 13700 KFY 13700 KFZ 13700

LOAD 1 LOADTYPE None TITLE LOAD CASE 1

ELEMENT LOAD

513 PR GX -19.63 0.00597385 -0.00597385

3396 PR 2.19352

PERFORM ANALYSIS

FINISH