

PVIBROMONOLITINIO POLIO IR PAGRINDO SĄVEIKOS FIZINIO MODELIO SUDARYMAS

Arūnas Jankauskas¹, Sonata Gadeikytė²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹arunas.jankauskas@gmail.com; ²sonata.gadeikyte@gf.vu.lt

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama polių, įgilintų į smėlingą dulkingą molį, ir pagrindo sąveika. Apžvelgiami eksperimentiniai ir teoriniai darbai. Pateikiama gruntų geologinė litologinė sandara, modelio sudarymo metodika. Sumodeliuotas eksperimentas, išanalizuotos grunto judėjimo kryptys. Atlikti lauko ir laboratoriniai tyrimai, jų analizė ir pateiktos grunto pasiskirstymo schemas. Apskaičiuotas grunto pakilimas aplink polių. Sudarytas fizinis modelis remiantis jau anksčiau nagrinėtu fiziniu modeliu ir jo pagrindu.

Reikšminiai žodžiai: deformacija, fizinis modelis, gruntas, tankis, vibropolis.

Įvadas

Vibromonolitinių polių įrengimo pradžia laikomas praeito šimtmečio ketvirtasis dešimtmetis. Pirmosios studijos apie vibropolius buvo atliktos 1930 m. Vokietijoje ir 1931 m. Rusijoje. Rusų gruntų dinamikos tyrėjas O. Pavyluko tyrimai parodė, kad vibracija galima sumažinti gruntų pasipriešinimą polio įgilinimo metu. Šie tyrimai paskatino plačiau naudoti vibromonolitinius polių pamatams statyti. Tyrimų pagausėjo praeito šimtmečio penktajame ir šeštajame dešimtmetyje. Tuo pat metu pradėti vis plačiau naudoti vibrop-laktai. Šie prietaisai davė didelę ekonominę naudą pamatų statyboje (Holeyman 2002).

Vibracijos įtaka įvairiems gruntams yra nevienoda. Smėliuose aplink vibromonolitinių polių grunto deformacijos vyksta vienaip, moluose – kitaip, morenoje – dar kitaip. Įvairių šalių mokslininkai sudarinėja įvairiausių gruntų deformacijų pasiskirstymo aplink vibromonolitinių polių fizinius modelius. Sudarant ir matematiškai pagrindžiant šiuos modelius dalyvavo šie mokslininkai: A. Caquot (1934), W. Buisman (1935), K. Terzaghi (1943), E. Meyerhof (1951, 1953), V. S. Berezantzev (1961), B. Skempton, H. Yassin ir H. Gibson (1953), S. Vesic (1975, 1977), N. Birbaumer ir kt. (Lancellota 1995).

Grunto deformacijų pasiskirstymo aplink vibromonolitinių polių fizikiniam modeliui sudaryti Lietuvoje 2005 metais buvo padaryti penki lauko bandymai, kuriuos atliko doktorantas Gintaras Žaržojus. Šie bandymai vyko moreniniuose gruntuose Klaipėdos (gamyklos „Orion global pet“ statybos aikštelė) ir Vilniaus (UAB „Geostatyba“ gamybinės bazės teritorija) objektuose. Bandymų metu buvo vibracijos būdu įgilintas 1,5 m ilgio ir 0,45 m skersmens polio. Šalia polio

pagal pasirinktą modelį buvo įrengta žymeklių sistema. Įgilintas polio buvo atkastas taip, kad nebūtų pažeista žymeklių sistema. Atkasus polio buvo matuojamas žymeklių padėties pokytis nuo polio ašies ir imami grunto bandiniai laboratoriniams tyrimams.

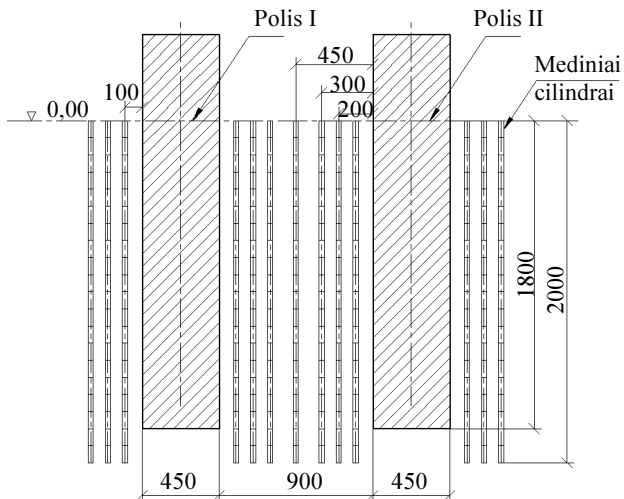
Šiame darbe, remiantis anksčiau minėtų bandymų patirtimi, bandyta sukurti dviejų polių įgilinimo metu atsirandančių grunto masyvo deformacijų hipotetinį fizinį modelį.

Vibracijos būdu įrengiamų polių ir grunto sąveikos fizinio modelio sudarymas

Geologinė litologinė sandara. Teritoriją sudaro viršutinio pleistoceno Nemuno svitos Baltijos posvitės glacialinės nuogulos (gIIIbl). Šios nuogulos slūgso iki 5,6–6,7 m gylio. Jos susideda iš minkštai plastiško, kietai plastiško, puskiečio ir kieto smėlingo, dulkingo moreninio molio. Minkštai plastiškas smėlingas ir dulkingas moreninis molis slūgso iki 0,9–1,7 m gylio. Bandymų taškuose iki pasiekto gylio apie 2 m slūgso minkštai plastiškas, kietai plastiškas, smėlingas ir dulkingas moreninis molis su gausiais smėlio ir dulkio lęšiais. Vandens šiame gylyje nebuvo aptikta. Grunto pavadinimas pagal LST EN ISO 14688-2:2004 – smėlingas dulkingas molis.

Modelio sudarymo metodika. Lietuvoje 2009 metais buvo atliktas bandymas, kurio tikslas yra įvertinti deformacijų įtakos zonas aplink įrengtus du vibromonolitinius polių moreniniame grunte ir sudaryti šių zonų fizinį modelį.

Bandymui pasirinkti 0,45 m skersmens poliai, kurie nudojant vibroplaktą įgilinti iki 1,8 m gylio (1 pav.). Polio medžiaga – plieninis vamzdis su dugnu pagal LST EN 12699:2002. Žymekliai yra mediniai pilnaviduriai cilindrai, kurių skersmuo 30 mm, o ilgis 100 mm.



1 pav. Polių ir žymeklių įrengimo schema
Fig. 1. A scheme for installing piles and markers

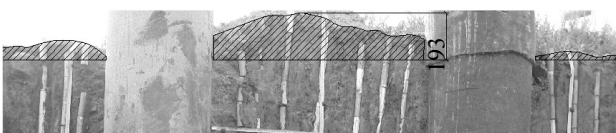
Grunto lauko tyrimo rezultatai

2 paveiksle matyti, kad žymekliai buvo įgilinti vertikaliai. Jų nuokrypis nuo ašies yra polio įgilinimo naudojant vibroplaktą rezultatas. Žymeklių išsidėstymo grunto ir polio tarpusavio santykis leidžia pamatyti grunto deformacijas.



2 pav. Vibropolių ir žymeklių sistemos bendras vaizdas atkasus gruntą
Fig. 2. The general picture of the system built of vibro piles and markers

Pakilusio paviršiaus kreivė apytiksliai būtų tokia, kaip pateikta 3 paveiksle.



3 pav. Grunto pakilimas aplink vibracijos būdu įrengtus poliuis
Fig. 3. Ground rising around the piles

Polių įgilinimo metu po polio padu susiformavo kūgis (4 pav.). Kūgio kampas yra apie 90 laipsnių.



4 pav. Susidaręs kūgis po polio padu (kampas yra apie 90 laipsnių)

Fig. 4. The ground cone under the pile head (the angle is nearly 90 degrees)

Laboratorijoje ištirto grunto rezultatai

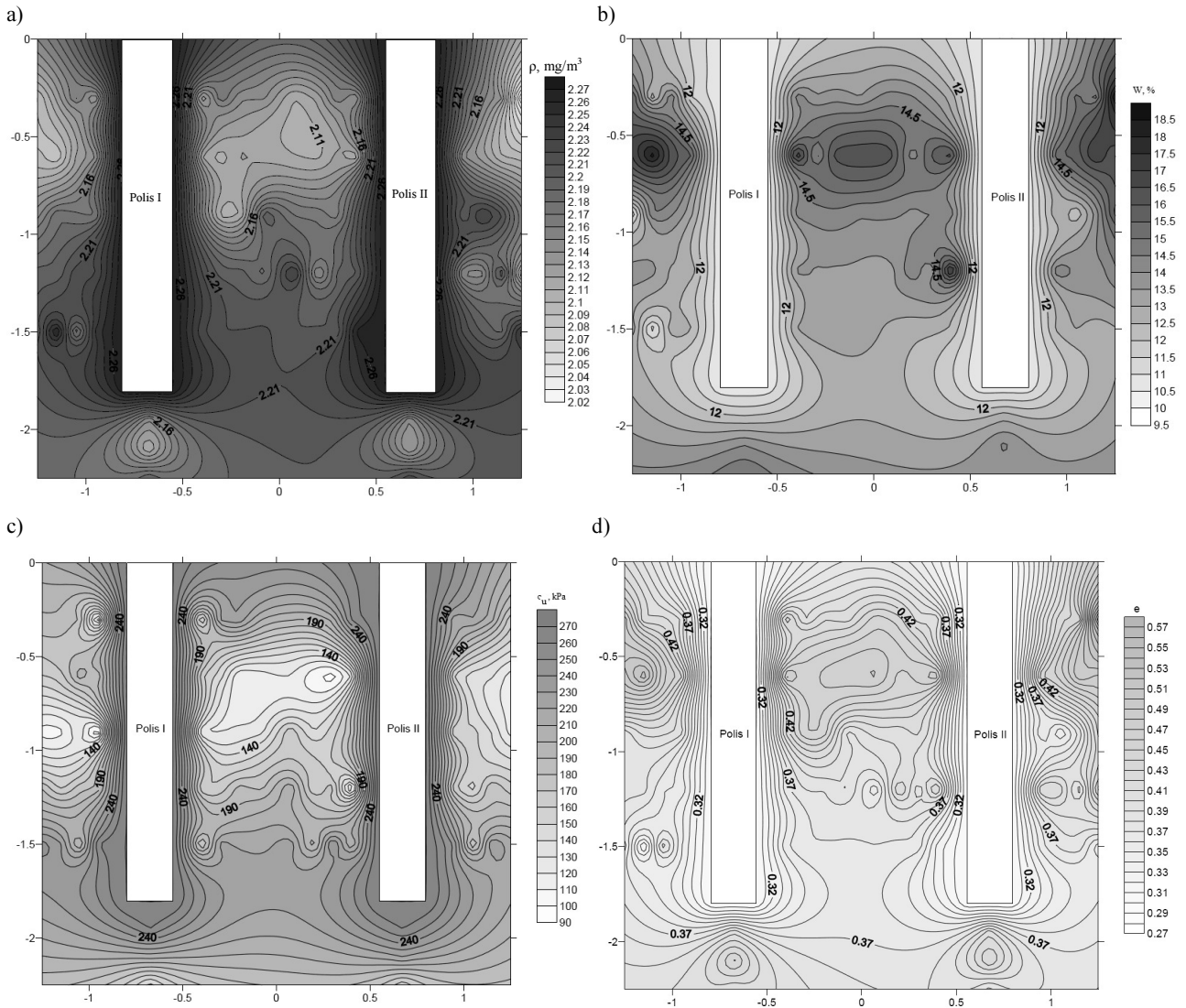
Bandymo metu buvo imami bandiniai laboratoriniams tyrimams. Tyrimų metu buvo nustatytas gamtinis drėgnis (W , %), kietų dalelių tankis (ρ_s , mg/m^3), gamtinis tankis (ρ , mg/m^3), takumo drėgnis (W_L , %), plastiškumo drėgnis (W_p , %), vidinės trinties kampas (φ), sankiba (c), deformacijos modulis (E_{OD}), taip pat atlikti lauko bandymai sparnuote (1 lentelė).

Tamsesne spalva pažymėtos vietos rodo, kad (5 pav., a), tose vietose grunto tankis didesnis. Tankio vertės šiose vietose yra iki $2,26 \text{ mg}/\text{m}^3$. Tik pradėjus polio įgilinimą gruntas, esantis šalia jo, judėjo vertikaliai žemyn, o susiformavus kūgiui po polio padu jis pradėjo slinkti į šonus ir kilti aukštyn, apie 0,7 m gylyje įvyko grunto susidūrimas, kurį galime pastebėti įrengtų žymeklių sistemoje (2 pav.). Susidūrė dviejų skirtingų plastiškumo rūšių grunta, tai yra viršuje esantis minkštai plastiškas smėlingas ir dulkingas molis slinkdamas vertikaliai žemyn kartu su poliu atsirėmė į kietai plastišką smėlingą ir dulkingą molį ir pradėjo slinkti į šonus. Žymekliai toje vietoje išsikraipė. Viršutinėje dalyje grunto tankis yra mažesnis ir tai galima būtų paaiškinti tuo, kad gruntas, atsirėmęs į kitą kietesnį gruntą, judėjo į šonus ir kilo aukštyn, kur buvo laisviau. Šioje dalyje grunto tankis siekia $2,13 \text{ mg}/\text{m}^3$.

1 Lentelė. Geotechniniai grunto parametrai

Table 1. Geotechnical soil parameters

Grunto pavadinimas	ρ_s , mg/m ³	P , mg/m ³	W , %	W_L , %	W_P , %	C , kPa	Φ , laips.	c_u , kPa	E_0 , MPa
Priemolis moreninis, minkštai plastiškas	2,67	2,13	12,3	17	14,88	38,0	20	226	28,0
Priemolis moreninis, kietai plastiškas	2,68	2,16	13,92	16,6	14,01	42,0	23	176	35,0



5 pav. Grunto masivo verčių pasiskirstymo schemas: tankio (a); drėgnio (b); kirpimo sparnuote nedrenuojant (c); poringumo (d)
Fig. 5. The diagrams of solid ground repartition values: density (a); humidity (b); undrained shear impeller (c); porosity (d)

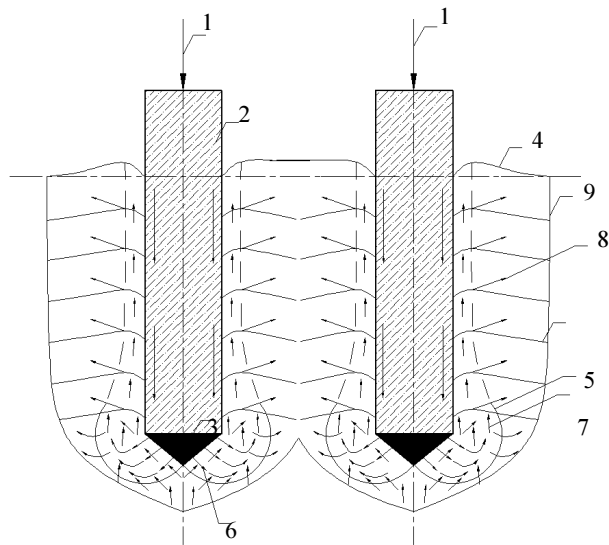
Kitame paveiksle (5 pav., b) pavaizduotas grunto masyvo drėgnio verčių pasiskirstymas. Kur gruntas labiau sutankėjęs, ten drėgnio vertės mažesnės. Iš kirpimo lauko sparnuote bandymų rezultatų (5 pav., c) galima teigti, kad jie tik patvirtina grunto tankio verčių pasiskirstymą. Taip pat pavaizduotos ir poringumo vertės (5 pav., d).

Apskaičiavus pakilusio grunto kiekį (3 pav.) ir palyginus su įgilinto vibravimo būdu polio tūriu, grunto sutankėjimo lygis yra nedidelis.

$$V_{gr} = V_p = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (1)$$

čia V_{gr} – išspausto grunto tūris, m^3 ; V_p – įgilinto polio tūris, m^3 ; r – polio spindulys, m ; h – įgilinta polio dalis, m .

Bandymo metu naudojamo polio $r = 0,225 m$, $h = 180 m$. Įrašę šias vertes į (1) formulę gauname, kad išstumto grunto tūris bus $V_{gr} = 0,286 m^3$. Gautas grunto tūris turi pasiskirstyti aplink polį esančioje terpėje (6 pav.). Sudarant fizinių modelių reikia nustatyti šio grunto tūrio pasiskirstymo mechanizmą.



6 pav. Fizinis modelis: 1 – dinaminė jėga; 2 – polis; 3 – sutankinto grunto kūgis; 4 – grunto paviršiaus pakilimas; 5 – riba tarp suardytos sutankintos zonos ir mažai deformacijų paveikto grunto; 6 – grunto iš po kūgio stūmimas į šonus; 7 – suardyto sutankinto grunto judėjimo kryptis; 8 – papildomos deformacijos jėgos; 9 – deformacijos jėgų įtakos riba

Fig. 6. Physical model

Taigi, sukūrus fizinių grunto ir polio sąveikos modelių galima teigti, kad atstumas 3 D tarp polių, įrengtų moreniniame grunte, yra pakankamas ir gali būti mažinamas (Žaržojus 2006). Kadangi pagal pateiktą modelį sutankinto ir suardyto grunto zona negali viršyti $0,4 D$, tik šioje zonoje vyksta didžiausi grunto pasikeitimai (Mikšys 1991). Iš išpūsto (pakilusio) grunto paviršiaus kreivės matyti, kad deformacijos, veikiančios gruntą, šioje zonoje

yra didžiausios. Tolstant nuo šios zonos deformacijų įtaka smarkiai mažėja.

Išvados

1. Išanalizavus atliktą polių bandymą deformacijų įtakos zonai nustatyti ir išnagrinėjus pasaulyje taikomus kai kuriuos modelius, galima teigti, kad visi nagrinėti fiziniai modeliai nagrinėtame moreniniame grunte grunto deformacijų fizinių modelių atitinka ne iki galo.

2. Lietuvoje jau prieš šį bandymą buvo atlikti panašūs penki bandymai, todėl lyginant rezultatus galima teigti, kad moreninio grunto deformacijos yra tokios, kaip parodyta sudarytame fiziniame modelyje.

3. Atstumas tarp gretimų polių 3D yra labai didelis vertinant pagal sudarytą modelį, bet gali būti mažinamas, kadangi vieno polio grunto deformacijų įtaka kitam poliui yra nepastebima.

Literatūra

- Holeyman, A.; Vanden Berghe, J. F.; Charue, N. 2002. *Vibratory pile driving and deep soil compaction*. A. A. Balkema Publisher Lisse/ Abingdon/ Exton (PA)/ Tokyo. 233 p.
- Lancellota, R. 1995. *Geotechnical Engineering*. Department of structural engineering. Technical University of Turin. A. A. Balkema / Rotterdam / Brookfield. 414 p.
- LST EN 12699:2002. *Specialieji geotechnikos darbai. Sprausiniai poliai*. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002.
- Mikšys, R. B. 1991 *Taikomoji gruntų mechanika. Trinties polių veikimo teorija*. Asmeninis archyvas.
- Žaržojus, G. 2006. *Polio laikomosios gėbos vertinimai Lietuvos gruntuose*: magistro darbas. Vilniaus universitetas.
- Žaržojus, G.; Trumpis, G. 2009. *Vėjo jėgainių parkas Liepynės k. Kretingos raj. Inžinerinių geologinių tyrimų ataskaita*. UAB „Geotestus“ archyvas.

DESIGNING A PHYSICAL MODEL FOR THE INTERACTION BETWEEN DISPLACEMENT PILES AND SOIL

A. Jankauskas, S. Gadeikytė

Abstract

The article deals with the interaction between piles installed in dusty sandy clay and the base. The paper reviews experimental and theoretical work, presents a geological litological structure of soil and looks at the methods of composing a model. The article also describes the model of the carried out experiment and analyzes directions towards soil movement. Field and laboratory studies as well as soil analysis, including its distribution scheme are provided. Ground elevation around the piles has been calculated. A new physical model has been created on the basis of the before examined physical model and its reasoning.

Keywords: deformation, physical model, ground, density, vibropile.