

SPAUSTINIO POLIO BANDYMO STATINE APKROVA MODELIAVIMAS PLAXIS 3D

Tautvydas STATKUS

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva
El. paštas tautvydas.statkus@vgtu.lt*

Santrauka. Šiame straipsnyje aptarta spaustinių polių įrengimo technologija ir ją taikant vykstantys procesai, keičiantys pagrindo fizines ir mechanines charakteristikas. Spaustinio polio bandymui statine apkrova modeliuoti pasirinktas PLAXIS 3D programinis paketas ir aprašytos jo galimybės bei raiša. Detaliai nupasakotas modelio kūrimas, medžiagų modeliai, modelio geometrija, baigtiniai elementai, kraštinės sąlygos ir priimamos prielaidos sprendžiant problemą. Suformuluoti trys sprendžiamieji uždaviniai ir apkrovos bei nuosėdžio priklausomybe pateikiamas rezultatų palyginimas su eksperimentu. Atsižvelgiant į modeliavimo rezultatus suformuluotos išvados.

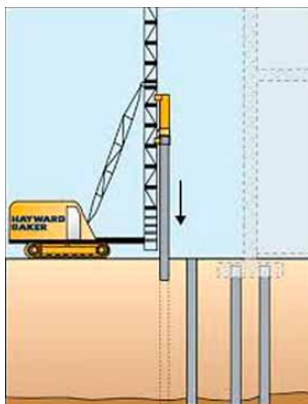
Reikšminiai žodžiai: spaustinis polis, modeliavimas, pagrindas, nuosėdis, PLAXIS 3D.

Įvadas

Poliai naudojami tada, kai stiprus grunto sluoksnis slūgso po silpnu gruntu arba tada, kai seklųjį pamatą įrengti neracionalu. Viena iš ekonomiškai efektyviausių tokių pamatų įrengimo technologijų – spraustinių polių technologija.

Įrengiant spraustinius polius, smėlinis gruntas sustankinamas, pakeičiamos pagrindo fizinės ir mechaninės savybės. Tokio tipo poliai dar vadinami pakeičiančiais gruntą. Viena iš spraustinių polių įrengimo technologijų, t. y. spaustinių (angl. *jacked*) polių įrengimo technologija, pateikta 1 pav.

Atskiro polio, veikiamo vertikalios gniuždymo apkrovos, apkrovos perdavimo mechanizmas pagrindui yra



1 pav. Spaustinių polių įrengimo technologija
Fig. 1. Jacked pile installation technology

esminis giliųjų pamatų projektavimo principas. Labai svarbu, kad fizinė sąveika tarp pamato ir pagrindo būtų ištrita.

Ašine gniuždymo apkrova apkrautas polis pagrindui apkrovą perduos dalimis: tangentiniais įtempiais šoniniu paviršiumi ir normaliniais įtempiais padu (Bowles 1997; Das 2007; Fleming *et al.* 2009; Gwizdala, Krasinski 2013; Murthy 2002; Rao 2011; Tomlinson, Woodward 2008; Verruijt 2006).

Nors spaustiniai poliai naudojami jau labai seniai, prognozuoti jų pagrindo deformacijas yra sunku. Šio tipo įrengiami poliai pakeičia pagrindo savybes. Lietuvoje ir visame pasaulyje atliekami eksperimentiniai tyrimai ir skaitiniai modeliavimai, siekiant kuo tiksliau išanalizuoti spaustinių polių poveikį pagrindui.

PLAXIS 3D yra trimatė geotechnikos inžinerijos baigtinių elementų programa, kuri sukurta deformacijų, stabilumo ir gruntinio vandens tėkmės analizei ir yra plačiai naudojama visame pasaulyje.

PLAXIS pradėta kurti 1987 m. Delfto technologijos universitete. Pirminis programos tikslas – sukurti paprastą 2D baigtinių elementų programą, kuria būtų galima analizuoti upių krantines ant minkšto pagrindo Olandijos žemumose. Vėlesniais metais PLAXIS išplėsta ir pritaikyta kitoms geotechninėms problemoms spręsti. 1998 m. išleista pirmoji PLAXIS 2D versija „Windows“ operacinei sistemai. Tuo metu Kernelio skaičiavimai 3D baigtiniams elementams skaičiuoti išsivystė ir 2001 m. 3DTunnel buvo

išleista. *3DFoundation* yra antroji PLAXIS programa, bet nei su *3DTunnel*, nei su *3DFoundation* programiniu paketu negalima sukurti netaisyklingos formos geometrijos (galioja geometriniai apribojimai). PLAXIS 3D yra trimatė programa, kuri turi paprastą vartotojo sąsają su 3D modeliavimo galimybėmis, ji buvo išleista 2010 m.

PLAXIS ketina pateikti praktinės analizės įrankį, kuris būtų naudojamas geotechnikos inžinierių, kurie nebūtinai yra programuotojai. Inžinieriai netiesinę baigtinių elementų analizę laiko sudėtinga ir užimančia daug laiko, bet PLAXIS mokslinių tyrimų ir plėtros komanda šį klausimą išsprendė suprojektuodama teoriškai patikimą programinį paketą, kurio galimybės prieinamos per paprastą vartotojo sąsają. Todėl dauguma geotechnikos inžinierių pripažino šį įrankį ir naudoja inžineriniams tikslams.

Šio straipsnio tikslas – nustatyti tiksliausią spraustinio polio skaičiuojamąją schemą modeliuojant su PLAXIS 3D.

Modelio kūrimas

Modeliuojant spaustinius poliūs negalima taikyti geologinėje ataskaitoje pateikiamų fizinių ir mechaninių pagrindo savybių reikšmių, nes spaudžiant polį smėlinis gruntas tankinamas, todėl pakeičiamos jo savybės. Pagrindo deformacijų modulis gali padidėti iki trijų kartų, palyginti su pradinėmis reikšmėmis (Murthy 2002), o empiriniai koeficientai, kurie taikomi skaičiuojant polių nuosėdį, spraustinių polių yra 4,5 karto didesni už gręžtinių polių (Vesic 1977).

Medžiagų modeliai

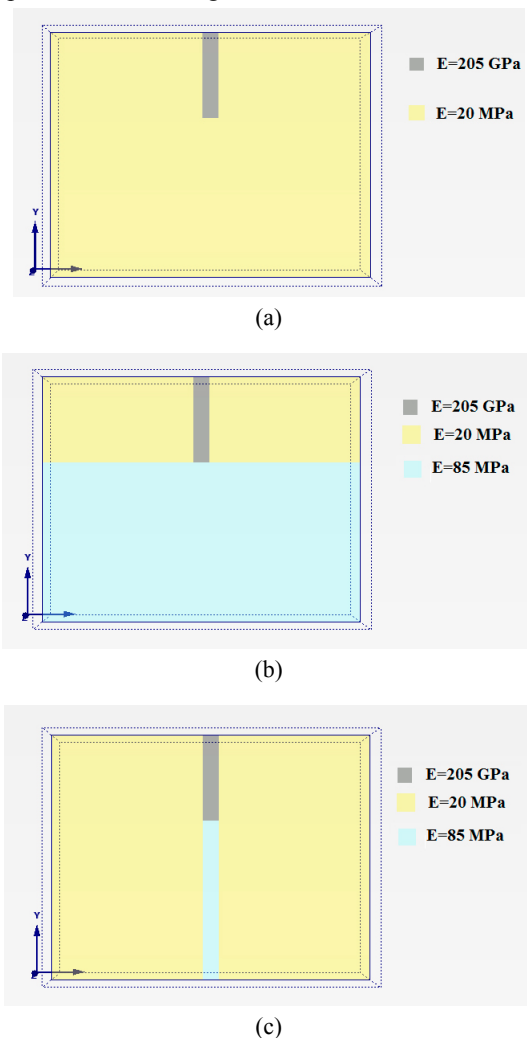
Polis aprašomas tampriai tiesiniu modeliu. Tai pats paprasčiausias egzistuojantis įtempių-deformacijų modelis, kuris paremtas Huko dėsniumi. Naudojant šį modelį reikalingos tik dvi medžiagos charakteristikos, t. y. deformacijų modulis E ir Puasono koeficientas. Plieniniam poliui priskirtos 205 GPa deformacijų modulio ir 0,3 Puasono koeficiento reikšmės sprendžiamuose uždaviniuose.

Gruntas aprašomas tampriai plastiniu Moro ir Kulono modeliu. Tai idealiai tampriai plastinis modelis, kuris turi fiksuotą takumo paviršių. Naudojant šį modelį reikalingos penkios medžiagų apibūdinančios charakteristikos: deformacijų modulis E , Puasono koeficientas, vidinės trinties kampas, sankabumas c ir dilatacijos kampas. Deformacijų modulis ir Puasono koeficientas aprašo grunto tamprumą, o vidinės trinties kampas ir sankabumas – plastiškumą. Moro ir Kulono modelis yra pirmosios eilės grunto arba uolienos aproksimacijos modelis, kuris yra rekomenduojamas pirminiai problemos analizei. Kiekvienas sluoksnis turi vidutinį pastovų standumą, todėl skaičiuojamas palyginti

greitai, o deformacijų rezultatai gaunami gana patikimi. Gruntui priskirtos pastovios 0,3 Puasono koeficiento, dilatacijos kampo, 10 kPa sankabumo ir 34° vidinės trinties kampo reikšmės. Deformacijų modelis sprendžiamuose uždaviniuose kito nuo 20 iki 85 MPa.

Sprendžiami uždaviniai

Siekdami palyginti pagrindo deformacinių savybių įtaką, šiame darbe analizuosime 3 uždavinius. Pirmas uždavinys (2 pav., a) atitiks geologinės ataskaitos duomenis, polis bus modeliuojamas nepakeitus mechaninių pagrindo savybių. Antru atveju (2 pav., b) pagrindo deformacijų modelis, esantis žemiau polio pado lygio, bus padidintas 4,5 karto, lyginant su pirmu uždaviniu. Trečiu atveju (2 pav., c) pagrindo deformacijų modulis bus padidintas tik po polio padu, o šonuose esantis gruntas bus aprašytas taip kaip ir prie polio šonų esantis gruntas.

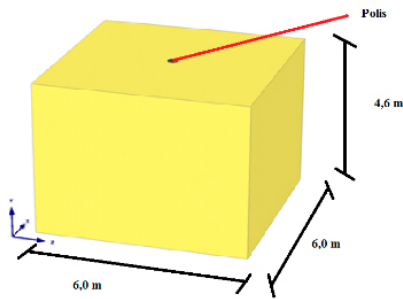


2 pav. Pirmojo uždavinio skaičiuojamoji schema (a), antrojo uždavinio skaičiuojamoji schema (b), trečiojo uždavinio skaičiuojamoji schema (c)

Fig. 2. Calculation scheme of the first task (a), calculation scheme of the second task (b), calculation scheme of the third task (c)

Modelio geometrija

Modeliuojant poli sukuriamas tūrinis grunto masyvas (3 pav.), kurio horizontali plokštuma $6,0 \times 6,0$ m, o aukštis – 4,6 m.



3 pav. Tūrinis grunto masyvas
Fig. 3. Volumetric soil solid

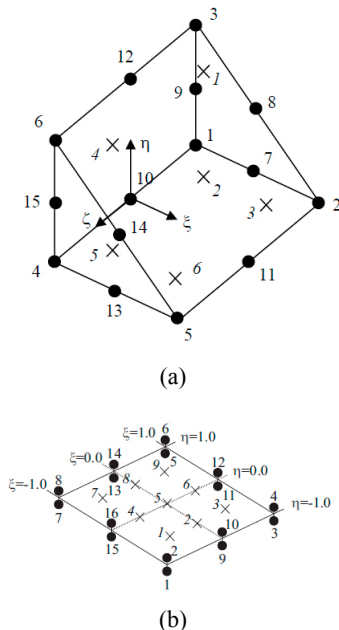
Grunto masyvui aprašyti naudojami gręžiniai ir darbinės plokštumos. Gręžiniuose aprašoma grunto stratigrafija, sluoksnių lygiai, porinio vandens slėgio pasiskirstymas ir priskiriamos fizinės bei mechaninės savybės.

Darbinės plokštumos naudojamos apkrovoms ir konstrukcijoms kurti.

Polis kuriamas kaip masyvus apskritas elementas su išoriniu kontaktu, kuris aprašomas grunto stiprumu. Polio skersmuo – 0,3 m, įgilinimas – 1,6 m. Jis kuriamas masyvo centre, viršutinėje horizontalioje plokštumoje (3 pav.).

Baigtiniai elementai

Grunto ir polio tūris modeliuojamas 15 taškų pleišto pavidalo elementais. Poslinkiai skaičiuojami taškuose \bullet , ėtempiai – \times (4 pav., a).



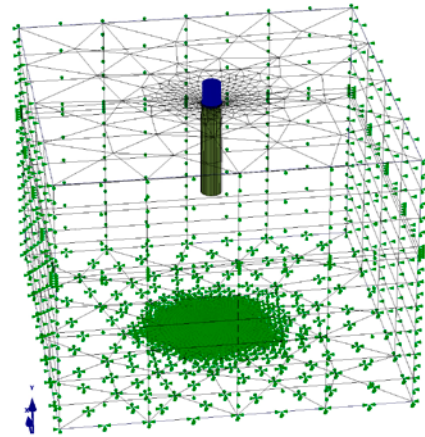
4 pav. Gruntui ir poliui naudojami baigtiniai elementai (a), kontakto baigtiniai elementai (b)

Fig. 4. Finite elements used for soil and pile (a), contact finite elements (b)

Grunto ir polio sąlyčio zonos aprašomos grunto stiprumu, tam naudojami kontakto elementai (4 pav., b). Kontakto elementai turi taškų poras, todėl galimi skirtingi taškų poros poslinkiai (praslydimas).

Kraštinės sąlygos

Grunto masyvo apatinės dalies poslinkiai horizontalia ir vertikalia kryptimi negalimi, o vertikalių masyvo sienų poslinkiai negalimi horizontalia kryptimi (5 pav.).



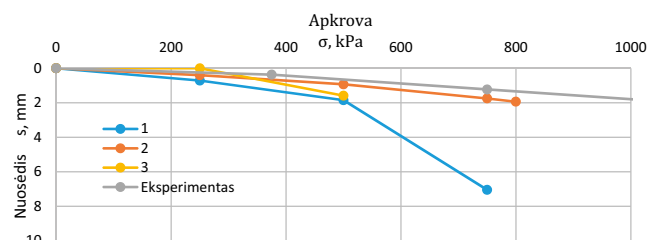
5 pav. Kraštinės sąlygos
Fig. 5. Boundary conditions

Rezultatų analizė

Modeliuojant spausstinio polio bandymą, nepakeitus pagrindo savybių (2 pav., a), nuosėdžiai gaunami nuo 2,5 iki 5,7 karto didesni negu nustatyti eksperimentu (6 pav.). Tokios deformacijos būtų panašios į gręžtinių polių.

Antru atveju, kai pagrindo savybės pakeistos po polio padu esančio viso grunto masyvo (2 pav., b), gaunami eksperimentui artimiausi rezultatai (6 pav.).

Pakeitus pagrindo savybes tik po pamato padu (2 pav., c), gaunamos mažesnės arba didesnės pamato nuosėdžio reikšmės (6 pav.).



6 pav. Polio viršaus apkrovos ir nuosėdžio priklausomybė
Fig. 6. Dependence of the pile top load and settlement

Modeliuojant pakeistas tik pagrindo po polio padu deformacijų modelis, todėl tikroji plastiškumo riba nebuvo pasiekta.

Išvados

Siekiant tinkamai sumodeliuoti spaustinio polio elgseną nuo monotoniškai didėjančios apkrovos, reikia tinkamai sudaryti skaičiuojamąją schemą (negalima tiesiogiai taikyti geologinėje ataskaitoje pateiktų pagrindo charakteristikų).

Pagrindo elgsenai turi įtakos pagrindo deformacijų modulis, vidinės trinties kampas ir sankabumas. Tai yra svarbiausi dydžiai, į kuriuos reikia kreipti dėmesį modeliuojant spaustinį polį.

Spaustinio polio nuosėdis tiksliausiai gautas, kai po polio pado lygiu viso grunto masyvo deformacijų modulis padidintas 4,5 karto.

Literatūra

- Bowles, J. E. 1997. *Foundation analysis and design*. Peoria, Illinois. 1241 p.
- Das, B. M. 2007. *Principles of foundation Engineering*. Wisconsin: Thomson.
- Fleming, K.; Weltman, A.; Randolph, M.; Elson, K. 2009. *Piling engineering*. London & New York: Taylor & Francis. 407 p.
- Gwizdala, K.; Krasinski, A. 2013. Bearing capacity of displacement piles in layered soils with highly diverse strength parameters, in *Proceedings of the 18th International Conference for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2–5 September 2013, Paris, France.
- Murthy, V. N. S. 2002. *Geotechnical engineering. Principles and practices of soil mechanics and Foundation engineering*. New York: Marcel Dekker. 1050 p.
- Rao, K. 2011. *Foundation design theory and practice*. Asia: John Wiley & Sons. 645 p.
- Tomlinson, M.; Woodward, J. 2008. *Pile design and construction practice*. London, New York: Taylor & Francis. 566 p.
- Verruijt, A. 2006. *Offshore soil mechanics*. Delft University of Technology. 204 p.
- Vesic, A. S. 1977. *Design of Pile Foundations, National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Practice* No. 42. Transportation Research Board, Washington, DC. 68 p.

MODELING OF THE JACKED PILE STATIC LOAD TEST WITH PLAX 3D

T. Statkus

Abstract

In this article jacked pile installation technology and its current processes, altering the base physical and mechanical characteristics are discussed. For the jacked pile static load test simulation Plax 3D software was selected, the opportunities and developments were described. Model building, materials, models, model geometry, finite elements, boundary conditions and assumptions adopted in addressing problems described in detail. Three different tasks formulated and load-settlement dependence a comparison of the results with the experiment given. Conclusions are formulated according to the modeling results.

Keywords: jacked pile, modeling, base, settlement, PLAXIS 3D.