



VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
HIDROGEOLOGIJOS IR IŽINERINĖS GEOLOGIJOS KATEDRA

TRIASO MOLIO-CEMENTO MIŠINIO GEOTECHNINĖS SAVYBĖS
GEOTECHNICAL PROPERTIES OF TRIASSIC CLAY-CEMENT
MIX

Aplinkos hidrogeologijos ir geoinžinerijos magistro baigiamasis darbas

Studentas: K. Zokaitė

Darbo vadovas: doc. dr. Saulius Gadeikis

TURINYS

Įvadas.....	3
I Grunto-cemento mišinio taikymas praktikoje.....	5
II Molio-cemento mišinių laboratoriniai tyrimai.....	7
2.1 Tyrimo medžiaga.....	7
2.2 Gamtinio triaso molio geotechninės savybės.....	9
2.3 Tyrimo eiga.....	12
2.4 Fizinių savybių nustatymas.....	17
2.5 Mechaninių savybių nustatymas.....	28
III Rezultatų analizė.....	31
IV Išvados.....	34
Literatūra.....	35
Santrauka.....	37
PRIEDAI.....	39

Įvadas

Šio darbo *tikslas* yra molio-cemento mišinių geotechninių savybių ištyrimas, grunto modifikavimo proceso įsisavinimas laboratorinėmis sąlygomis. Grunto modifikacija yra taikoma silpnų gruntų geotechninių savybių „gerinimui“. Tyrimui buvo pasirinktas pakankamai geromis geotechninėmis savybėmis pasižymintis Šaltiškių karjere išgaunamas triaso periodo molis. Grunto-cemento mišinių metodas grunto modifikavimui pasirinktas siekiant išgauti mišinį gebantį atitikti geotechninių savybių reikalavimus inžinerinio barjero sudedamajai daliai. Tokiu būdu, modifikuotas molinis gruntas, galėtų būti naudojamas mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų paviršinio kapinyno statybos metu, kaip viena iš inžinerinio barjero sudedamųjų dalių. Naudojant molio-cemento mišinius galimas laiko reikalingo atliekant inžinerinio barjero dalies statybos darbų sąnaudų sumažinimas lyginant su tankinimo darbais. Molio-cemento mišinių geotechninės savybės lyginamos su gamtinėmis triaso periodo molio geotechninėmis savybėmis.

Tyrimo uždaviniai :

- Gamtinio triaso periodo molio grunto geotechninių savybių, nustatytų ankstesnių tyrimų metu, analizė;
- Gamtinio triaso periodo molinio grunto suardytos sandaros bandinių paėmimas *in-situ*;
- Molio-cemento mišinių paruošimas naudojantis tarptautiniais metodiniais nurodymais;
- Molio-cemento mišinių geotechninių savybių tyrimas, gautų rezultatų analizavimas bei išvadų pateikimas.

Molio-cemento mišiniams pagaminti buvo imami suardytos sandaros triaso periodo molio bandiniai. Suardytos sandaros bandiniai buvo konservuojami vietoje ir gabenami į VU grunto tyros laboratoriją. Laboratorijoje buvo atlikti gamtinio molio paruošimo mišiniams darbai. Tyrimų metu buvo naudotasi tarptautinių rekomendacijų nurodymais bei grunto-cemento mišinių pritaikymo pasaulyje pavyzdžiais (TRL, DPWH, 2003; Portland cement association, 2001). Paruošti molio-cemento mišiniai buvo konservuojami. Atliktas molio-cemento mišinių geotechninių savybių nustatymas skirtingomis standėjimo stadijomis. Iš viso buvo atlikta 40 tankio matavimų, 36 drėgnio matavimai, 18 takumo drėgnio ir 18 plastingumo drėgnio nustatymo bandymų. Atlikti 36 gniuždymo bandymai.

Molio-cemento mišiniai susideda iš grunto – tyrimo metu naudojamo triaso periodo molio, vandens bei rišamosios medžiagos. Pasirenkant grunto-cemento mišinių dedamųjų dalių kiekius buvo atsižvelgta į galimybę panaudoti metodiką lauko sąlygomis, todėl parinktas didelis

vandens kiekis mišiniuose. Visuose mišiniuose buvo naudojamas 40 % svorio, nuo bendro masės svorio, vandens kiekis. Šis vandens kiekis molio-cemento mišiniuose suteikia galimybę išgauti lengvai panaudojamo skiedinio konsistenciją. Tokios konsistencijos molio-cemento mišinys gali būti naudojamas statybų metu. Lauko sąlygomis molio-cemento mišinys gali būti gaminamas betonmaišėmis ir paskleidžiamas reikiamoje vietoje kompresoriais. Buvo parinktos molio-cemento mišinių standėjimo laikas parametrų nustatymams - 2, 14 ir 26 paros. Tokiais laiko periodais stebimas molio-cemento mišinių geotechninių savybių pokytis. Šiuo laiko periodu vyksta didžiausi pasikeitimai grunto mišinio struktūroje ir po stebimojo laikotarpio pasikeitimai tampa nežymūs. Rišamoji medžiaga molio-cemento mišiniams pasirinkta kokybiškomis savybėmis pasižymintis portlandcementis. Pagal skirtingus molio-cemento arba grunto-cemento maišymo nurodymus parinktas cemento kiekis atspindi dažniausiai naudojamus 5, 10 ir 15 % priedo kiekius. Molio-cemento mišiniams naudojami cemento kiekiai sudaro 5, 10, 15 % mišinio masės. Šiuo atveju galima nustatyti kokį cemento kiekį sudėtyje turintys molio-cemento mišiniai pagal geotechninių savybių pokytį lyginant su gamtiniu triaso periodo moliu kinta stabiliausiai.

Molio-cemento mišinių geotechninių savybių pokytis lyginant su gamtinio triaso periodo molio geotechninėmis savybėmis analizuojamas ir pateikiamos išvados.

Norėčiau išreikšti padėką magistro baigiamojo darbo vadovui doc. dr. Sauliui Gadeikiui už puikų vadovavimą, pasitikėjimą, pagalbą ir svarbiausia kantrybę ruošiant šį darbą.

Norėčiau padėkoti šio darbo recenzentui prof. dr. Kastyčiui Dunduliui už vertingas pastabas bei vertinimą.

Norėčiau padėkoti VU GMF gruntotyros laboratorijos laborantui Domui Gribuliui už pagalbą ir patarimus atliekant laboratorinius tyrimus.

Taip pat nuoširdžiai dėkoju UAB „Artva“ kolektyvui už pagalbą laukuose, imant bandinius, už palaikymą ir supratingumą rašant magistro baigiamąjį darbą.

I Grunto-cemento mišinio taikymas praktikoje

Grunto modifikavimui skirtas gamtinio grunto bei rišamosios medžiagos maišymas naudojamas kaip sprendimas paruošti tinkamą pagrindą statybos darbų aikštelėms ar keliams esant sudėtingoms sąlygoms. Grunto-cemento mišiniai yra taikomi tiek paviršiniams sluoksniams (iki 3 – 5 metų gylio), tiek giliems sluoksniams naudojant *in-situ* gruntą ir cemento skiedinį. Šis mišinys leidžia sumažinti statybos darbų kaštus lyginant su grunto pakeitimu statybos darbų ar kelių klojimo metu. Esamo grunto panaudojimas statybos aikštelėje yra didelis pranašumas lyginant su pramoninių dangų klojimu. Laiko atžvilgiu grunto stabilizavimas grunto-cemento mišiniais yra greitesnis procesas nei kitos grunto geotechninių savybių gerinimo priemonės, kaip tankinimas ar konsolidacija apkraunant svoriu (Saadelin, Siddiqua, 2013). Dažnai paviršinio grunto stabilizavimo metodas naudojamas keliams, kur esamas gruntas yra prastas, o jo keitimas yra neįmanomas. Grunto-cemento mišinių metodu gaunamas tvirtas pagrindas keliams suteikia galimybę sumažinti tiesimui naudojamą asfalto kiekį. Apdirbant esamą silpną medžiagą grunto-cemento mišinių metodu gaunamas ilgalaikis pagrindas gebantis atitikti keliamus geotechninius parametrus.

Grunto modifikavimas atliekamas maišant natūralų gruntą, vandenį ir pridedant rišamosios medžiagos. Silpni molingi dulkingi ar smėlingi gruntai turintys „silpnus“ geotechninius parametrus yra netinkami pagrindui, negeba atlaikyti apkrovų ar vibracijos yra naudojami kaip pagrindinė dedamoji mišinyje. Kaip rišamoji medžiaga naudojamos kalkės, bitumas bei cementas.



1 pav. Kelio pagrindo modifikavimas grunto-cemento mišiniu (www.glennlegeconstruction.com).

Modifikuojant esamą silpną gruntą (pagrindą) statybos darbų aikštelėje ar kelio ruože greideriu ar ekskavatoriumi nuimamas paviršinis sluoksnis su organikos ar pulto grunto priemaiša ir išrenkami stambesni akmenys. Ruošiant modifikuojamą gruntą, apdirbamas sluoksnio storis yra apie 300 mm. Šiame intervale natūralus gruntas yra suardomas. Betonvežiais ar kita technika, gebančia lieti skiedinį ant paruošto grunto, barstomas sausas cementas ar purškiamas cemento skiedinys. Esamas suardytas natūralus gruntas su priedais maišomas ekskavatoriumi ar greideriu. Paruoštas paviršius yra laistomas vandeniu (jeigu buvo naudotas sausas cementas) ir tankinamas įprastu būdu – vibrovoliais ar virboploktėmis. (TRL, DPWH, 2003; Portland cement association, 2001).

Gauto modifikuoto grunto-cemento mišinio geotechniniai parametrai yra geresni lyginant su gamtinio, naudoto mišiniuose, grunto geotechniniais parametrais. Grunto-cemento mišinio laikomoji geba lyginant su gamtiniu gruntu, didėja. Taip pat grunto-cemento mišiniai pasižymi mažesniu plastingumu ir brinkimo indeksu lyginant su gamtiniu gruntu. Naudojant grunto-cemento mišinius mažėja vandens įtaka ir tūrio pokyčiai metinių ciklų periodais (Aberdeen group, 1968). Dėl cementacijos vykstančios grunto-cemento mišiniuose dalelių dydis bei vidinė trintis didėja lyginant su gamtiniu gruntu. Absorbicija ir cheminis ryšys sutvirtina daleles (Office of Geotechnical Engineering, 2008).

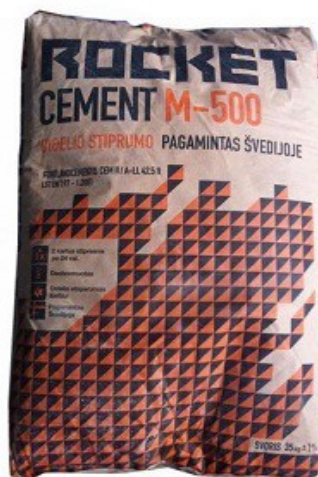
Rišamosios medžiagos bei grunto sąveika grunto-cemento mišiniuose vyksta hidratacijos proceso metu. Ši reakcija vyksta nepriklausomai nuo grunto genezės, nes veiklioji medžiaga išlieka naudojama stabiliomis savybėmis pasižymintis portlandementis. Hidratacijos proceso produktas – hidratuota klintis, kuri sukelia antrines reakcijas veikiančias smulkiadispersines daleles (dažniausiai molio) grunte. Smulkiadispersinės silicio ar aliuminio silikato medžiagos sąveikoje su drėgme, kambario temperatūroje reaguoja su cimente esančiomis kalkėmis ir sudaro kalcio hidroksidą. Pirminės hidratacijos reakcijos prasideda kai cementas kontaktuoja su vandeniu ir trunka pirmą parą, o antrinės reakcijos vyksta ilgą laiką tol, kol yra pakankamas drėgmės kiekis vykti reakcijoms (AustStab, 2012).

II Molio-cemento mišinių laboratoriniai tyrimai

2.1 Tyrimo medžiaga

Rišamoji medžiaga - cementas yra sėkmingai naudojamas grunto modifikavimui. Grunto-cemento mišiniams gaminti naudojami „silpni“ moliai ir dulkingi gruntai. Rišamoji medžiaga – cementas, dėl paprasto naudojimo ir stabilių savybių yra viena pirmųjų modifikuojant gruntą. Naudojantis tarptautine patirtimi ir metodo nurodymais grunto modifikavimui pasirinktas Portland klasės cementas (EuroSoilStab, 2002; Little, Nair, 2009; FHWA 2013).

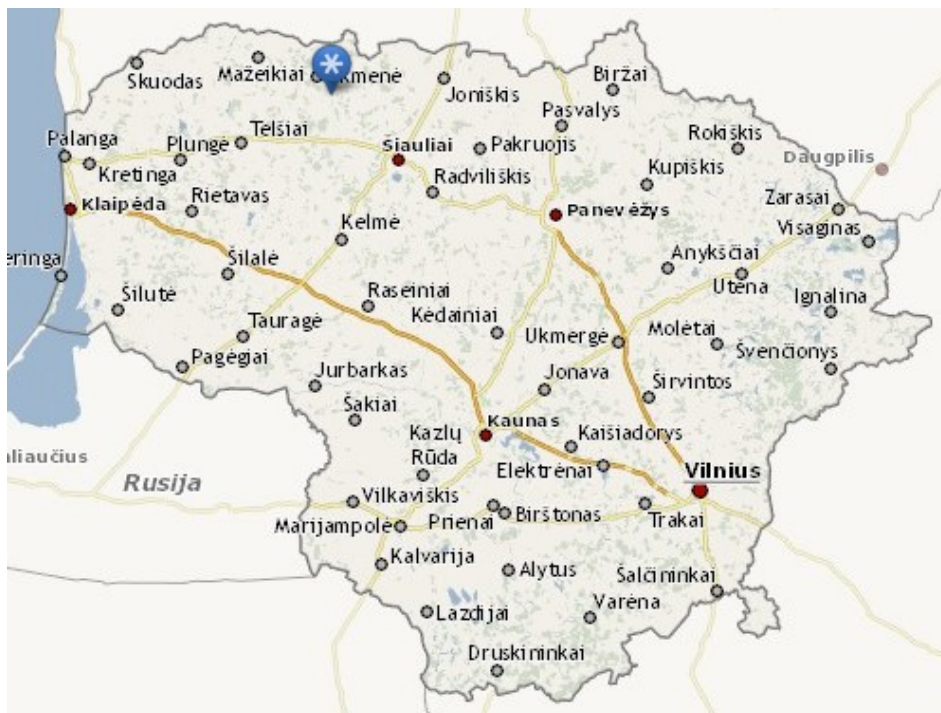
Cementas skirtas betono gamybai - surišti užpildus, vandenį bei kitus priedus. Dažniausiai naudojama rišamoji medžiaga yra portlandcementis. Tai yra cemento mišinys, tačiau lyginant su paprastu cementu, dalis klinkerio masės dalis yra keičiama aukštakrosnių šlakais, priedais ar klintimis, kas pagerina betono savybes (Vilimas, 2011). Eksperimentui pasirinktas CEM II tipo sudėtinis portlandcementis (CEM II/A-LL 42,5 R 3,6 (2 pav.)).



2 pav. CEM II/A-LL 42,5 R klasės cemento pavyzdys (www.lytagra.lt).

Šios klasės cementas pasižymi mažesniu galutiniu poringumu betone, didesniu, lyginti su kitų klasių cementu (dėl nedidelio šlako kiekio sudėtyje) išskiriamos šilumos kiekiu, greitu pradiniu kietėjimu (dėl C_3S alito, skirtingai nei C_2S belita, kuris sumažina greitą stingimą). Šios savybės leidžia molio-cemento mišiniui išgauti mažesnę poringumą, didesnę tankį. Didesnė išsiskyrusi šiluma atspindėjo lauko sąlygas, kuriose vyrauja džiovinimas. Greitas pradinis kietėjimas suteikė galimybę pastebėti pokyčius tarp standėjimo stadijų molio-cemento mišinyje.

Gruntas yra pagrindinė grunto-cemento mišinio dalis. Tyrimams pasirinktas triaso periodo molis, išgaunamas Šaltiškių karjere. Šis karjeras yra Akmenės rajone, Papilės seniūnijoje, Draginių kaime (3 pav.).



3 Pav. Šaltiškių molio karjero vieta Lietuvos žemėlapyje (www.maps.lt).

Ankstyvuojū triaso periodu (T_1), prieš 250 mln. metų dykuminėmis sąlygomis susikaupė smulkiadispersinės nuogulos. Šiuo metu šios nuogulos sutinkamos molio pavidalu. Specifinės raudonos spalvos molio klotas iškilęs netoli žemės paviršiaus yra šiaurės vakarinėje Lietuvos dalyje. Karjeras pradėjo savo veiklą 1971 metais, o naudojamas antrasis telkinys pradėtas eksploatuoti 1983 metais. Iš antrojo sklypo raudonasis molis išgaunamas Akmenės rajone, Papilės seniūnijoje, Draginių kaime (4 pav.).

Triaso periodo molis išgaunamas karjere atviruoju būdu, kraunamas pradžiūti, vėliau



4 Pav. AB "Kalcitas" Šaltiškių molio karjeras (www.kalcitas.lt).

transportuojamas geležinkelio linija. Pagrindinis karjero tikslas yra aprūpinti moliu AB „Akmenės cementas“ gamyklą, naudojančią molį kaip žaliavą jų gaminamam cementui (www.kalcitas.lt). Cementas gaminamas naudojant molį kai jis dedamas į sumaltą kalkakmenį (molio dalis sudaro 25 – 30% maišomos medžiagos kiekio). Gaunamas mišinys yra kaitinamas 1400 °C laipsnių temperatūroje. Toliau medžiaga yra malama, pridedama gipso ir kitų priedų. Gaunamas galutinis produktas – įvairių markių bei paskirties portlandcementis (www.cementas.lt).

Molio-cemento mišiniams pasirinktas triaso periodo molis, siekiant panaudoti jį vieno iš inžinerinio barjero sluoksnių statybos metu. Tyrimo perspektyva - nustatyti molio-cemento mišinio tinkamumą naudoti kaip vieną iš medžiagų sudarančią inžinerinį barjerą, izoliuojančių grunto sluoksnių įrengimui aplink betoninius rūsius, kuriuose bus patalpintos mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžės radioaktyviosios atliekos. Šis inžinerinis barjeras skirtas izoliuoti aplinką taip, kad požeminis kapinynas visiškai užtikrintų radionuklidų migracijos apribojimą ir galimas nutekėjimas neviršytų leistinų ribų, atitiktų saugos reikalavimus. Taip pat inžinerinis barjeras turi palaikyti ilgalaikį struktūrinį požeminio kapinyno sistemų vientisumą. Visomis sudedamosiomis dalimis ši danga skirta apsaugoti atliekų pakuotes nuo irimo ar infiltracijos (Urbaitis, 2011).

2.2 Gamtinio triaso molio geotechninės savybės

2004 ir 2005 metais UAB „J. Jonyno ecofirma“ atliko Šaltiškių rajono triaso periodo (T₁) monmorilonitinio molio laboratorinius tyrimus. Buvo atlikti bandymai gamtinėms molio savybėms nustatyti. 2004 metų ataskaitoje buvo nurodyta detalios telkinio žvalgybos metu nustatyta *cheminė sudėtis*. Ji pateikta 1 lefelėje.

1 lentelė. Gamtinio triaso molio cheminė sudėtis (Jonynas ir kt., 2004).

Cheminis elementas	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Kiekis vnt. d.	0,471 vnt. d.	0,640 vnt. d.	0,129 vnt. d.	0,064 vnt. d.	0,104 vnt. d.	0,037 vnt. d.

Kaitinimo nuostolis nurodytas 13,37%. Žvalgybos metu nustatytas telkinio tolygumas vertikalia ir horizontalia kryptimis. 1971 metais, klodo žvalgybos metu, buvo tirta cheminė sudėtis patvirtino telkinio vientisumą.

2005 metais atliktos UAB „Jonyno ecofirma“ cheminės analizės vidutinės sudėties procentines reikšmės pateiktos 2 lentelėje. Kaitinimo nuostolis nurodytas 13,96% (Jonynas, 2005).

2 lentelė. Gamtinio triaso molio cheminė sudėtis (Jonynas, 2005).

Cheminis elementas	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
Kiekis vnt. d.	0,455 vnt. d.	0,430 vnt. d.	0,135 vnt. d.	0,052 vnt. d.	0,129 vnt. d.	0,030 vnt. d.	0,002 vnt. d.	0,003 vnt. d.	0,050 vnt. d.

Taip pat atliktų tyrimų ataskaitose nurodoma **granulimetrinė sudėtis**, kuri mažai skiriasi skirtingais tyrimų metais. Šaltiškių molio granulimetrinė sudėtis pateikta 2004 metų tyrimuose: smėlio frakcija – 3,09 – 6,51%, dulkių – 75,46 – 82,42%, molio – 14,1 – 19,4%. Pagal ISO 14688-2:2004 gruntas įvardinamas kaip dulkingas molis. Taip pat tų metų darbe pateikiama nustatyta procentinė **molio mineralų sudėtis**. 2004 metų pateikti duomenys skiriasi lyginant juos su 2012 metais atliktais tyrimais (Gadeikis ir kt., 2012). Tyrimui naudojamos vidutinės šių tyrimų vertės. Abiejų tyrimų metu pateiktos molio mineralų sudėties bei vidutinės vertės pateikiamos 3 lentelėje.

3 lentelė. Gamtinio triaso molio vidutiniai mineralų kiekiai (Jonynas ir kt., 2004, Gadeikis ir kt., 2012) bei jų vidurkinės vertės.

	Molio mineralas	Montmorilonitas	Ilitas	Chloritas
<i>Jonynas ir kt., 2004</i>	kiekis vnt. d.	0,56 - 0,71 vnt. d.	0,17 - 0,30 vnt. d.	0,09 - 0,17 vnt. d.
<i>Gadeikis ir kt., 2012</i>	kiekis vnt. d.	0,64 vnt. d.	0,31 vnt. d.	0,06 - 0,17 vnt. d.
<i>Vidutinės vertės</i>	kiekis vnt. d.	0,64 vnt. d.	0,26 vnt. d.	0,12 vnt. d.

Gamtinio triaso molio *fizinės savybės* pateikiamos 2004 metų ataskaitoje (Jonynas, 2004): gamtinis drėgnis W_N nurodytas 0,183 – 0,267 vnt. d., optimalus drėgnis W_{OP} – 0,178 – 0,190 vnt. d.

Detalesnės *fizinių ir mechaninių savybių vertės* pateikiamos 2012 metais publikuotame straipsnyje (Gadeikis ir kt., 2012). Jos pateikiamos 6 lentelėje.

4 lentelė. *Gamtinės būsenos Šaltiškių molio fizinių ir mechaninių savybių apibendrinti rodikliai (Gadeikis ir kt., 2012.)*

Geotechninė savybė	Gamtinis drėgnis (W)	Plastingumo drėgnis (W_P)	Takumo drėgnis (W_L)	Plastingumo rodiklis (I_L)	Takumo rodiklis (I_P)	Konsistencijos rodiklis (I_C)	Optimalus drėgnis (W_{OP})
kiekis	0,198 vnt. d.	0,322 vnt. d.	0,573 vnt. d.	-0,49 vnt. d.	0,252 vnt. d.	1,49 vnt. d.	0,184 vnt. d.
Geotechninė savybė	„Proctor“ tankis (ρ_{pr})	Brinkimo indeksas (δ_0)	Sankiba (c)	Vidinės trinties kampas (ϕ)	Gamtinis tankis (ρ)	Deformacijų modulis (E)	
kiekis	1,630 Mg/m ³	4,46 %	218 kPa	25 laips.	2,08 Mg/m ³	29,7 MPa	

Taigi tirto triaso molio sudėtis yra detalai ištirta, informacija mažai skiriasi ar kinta skirtingose ataskaitose bei straipsniuose. Tiriamojo darbo metu remtasi vėliausiai pateiktais duomenimis, todėl tolimesniame darbe, imant bandinius ir atliekant tyrimus papildomai nebuvo atlikti bandymai gamtinio triaso periodo molio geotechninėms savybėms gauti.

2.3 Tyrimo eiga

Paruošiamieji lauko darbai susidėjo iš nesuardytos bei suardytos sandaros bandinių ėmimo iš Šaltiškių molio karjero (AB „Kalcitas“), esančio Akmenės rajone, Papilės seniūnijoje, Dragainių kaime (5, 6 pav.).



5 pav. Šaltiškių molio karjero vaizdas 2015 metų vasarą (K. Zokaitės nuotr.).



6 pav. Gamtinio triaso molio nesuardytos sandaros bandinių ėmimas (K. Zokaitės nuotr.).

Bandiniai buvo konservuojami vietoje ir gabenami į VU gruntotyros laboratoriją (7, 8 pav.).



7 pav. Suardytos ir nesuardytos sandaros triaso molio bandinių ėmimas ir konservavimas (K. Zokaitės nuotr.).



8 pav. Bandinių laikymas VU gruntotyros laboratorijoje (K. Zokaitės nuotr.).

Dėl sausringos 2015 metų vasaros nesuardytos sandaros molio bandiniai neatitiko kokybės reikalavimų, suiro, todėl buvo naudojami, kaip suardytos sandaros bandiniai tolimesniuose bandymuose. Tyrimo metu, molio-cemento mišinių geotechninių savybių pokyčiams palyginti buvo naudojamos gamtinio triaso molio geotechninės savybės iš ankstesnių tyrimų ataskaitų bei straipsnių (Jonynas ir kt., 2004; Jonynas, 2005; Gadeikis ir kt., 2012).

Paruošiamieji darbai laboratorijoje – molinio grunto trynimas rankiniu bei mechaniniu būdu ir džiovinimas (9, 10 pav.).



9 pav. Gamtinio triaso molio paruošimas smulkinant rankiniu būdu (K. Zokaitės nuotr.).



10 pav. Gamtinio triaso molio paruošimas džiovinant (K. Zokaitės nuotr.).

Maišant molio-cemento mišinį laboratorinėmis sąlygomis reikalingas išdžiovintas ir susmulkintas gruntas. Tyrimo metu naudojamas gruntas – molis. Šiuo atveju susmulkintas iki „dulkio“ frakcijos, tam kad būtų išgautas tolygus mišinys.

Naudojamas sausas bei sutrintas molis leido imituoti būsimas lauko ir maišymui reikalingas konsistencijos sąlygas t. y. pasirinktas **vandens kiekis** mišinyje – 40 % mišinio svorio. Šis kiekis susideda iš natūraliai esančio vandens kiekio molyje - 19,8 % ir dalies reikalingos cementui hidratuoti t. y. 20 % nuo cemento svorio vandens. Likusioji dalis skirta pagaminti pakankamai skystam mišiniui, kurį galima būtų pritaikyti medžiagos paskleidimui lauko sąlygomis.

Cementui pilnai hidratuoti reikalingas 20 % cemento svorio dalies vandens (Makusa, 2012).

Standėjimo laikas parinktas pagal rekomendacijas (TRL, DPWH, 2003; Portland cement association, 2001). Jose minimas pirmų dviejų parų standėjimo laiko svarbumas, kurio metu vyksta pirminė cemento hidratacija ir šilumos išsiskyrimas – I standėjimo stadija. Pirmi molio-cemento mišinių bandymai vykdomi po 2-jų parų. Kontroliniai bandymai atliekami po 14 parų – II standėjimo stadija. Kadangi po mėnesio molio-cemento mišinio pokyčiai tampa mažai pastebimi lyginant su pirmomis 28 paromis (Montgomery, 1998), todėl paskutiniai tyrimai atliekami praėjus 26 paroms nuo bandymų pradžios – III standėjimo stadija.

Cemento kiekis tiriamuosiuose mišiniuose numatytas pagal analogiškai atliktų tyrimų plastingumo pokyčius. Minimalus cemento kiekis mišinyje skirtinguose šaltiniuose nurodomas kaip 5 %, o 15 % riba nurodoma kaip maksimali, nes didesnis cemento kiekis šiuo atveju nebeturės įtakos. Siekiant nustatyti vykstančius geotechninių savybių pokyčius molio-cemento

mišiniuose kaip stebėjimo taškas įtrauktas ir kontrolinis 10 % cemento kiekio mišinys. (Sadelin, Siddiqua, 2013).

Pagal nustatytą molio-cemento mišinio standėjimo laiką buvo suskirstyti bandymai ir sudarytas tinklinis grafikas (Priedas Nr. 1). Tyrimai grafike užkoduoti taip: atskiros bandinių grupės buvo sudarytos pagal procentinį cemento kiekį mišiniuose t. y. **5%**, **10%** ir **15%**. Toliau seka etapai laike, kur:

I – pirmas etapas, kai standėjimo laikas 2 paros;

II – antras, kur standėjimo laikas yra 14 parų;

III – trečias, kur standėjimo laikas yra 26 paros.

Grafike taip pat nurodytas bandymo pavadinimas bei laikas skirtas bandinių svėrimui. Taigi buvo sudarytas grafikas numatantis užmaišymo, bandymo atlikimo ir svėrimo dienas ir laiką.

Pavyzdžiui, tiriant 5% cemento kiekio mišinyje turinčių molio-cemento bandinių geotechnines savybes: 5% cemento kiekio mišinyje turintys molio cemento bandiniai **I**, **II**, **III** bandiniai paruošti ir konservuoti **2015-11-26**. Po dviejų parų **2015-11-28** su molio-cemento bandiniais turinčiais 5% cemento kiekio mišinyje, **I** standėjimo stadijos, buvo atliekamas nedrenuotas nekonsoliduotas vienašio gniuždymo bandymas. Tuo pat metu iš šio bandinio (5% cemento kiekio mišinyje turintis, **I** standėjimo stadijoje) imama dalis mišinio drėgnio bei tankio nustatymui. Atlikus gniuždymo bandymus molio-cemento mišinys buvo džiovinamas ir kitą dieną naudojamas fizinių savybių nustatymui (takumo bei plastingumo drėgniui nustatyti). **2015-11-29** atliekamas bandinių svėrimas drėgniui nustatyti ir atliekami 5% cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių, **I** standėjimo stadijos, plastingumo bei takumo drėgnio nustatymo bandymai. **2015-11-30** gaunami paskutiniai rezultatai 5% cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių bandymai **I**-ajai standėjimo stadijai.

Darbas laboratorijoje prasideda nuo mišinio paruošimo. Pirma randamas naudosimo cilindro tūris. Šiuo atveju: naudojant PVC kanalizacijos vamzdžius kaip medžiagą cilindriui, kurių vidaus skersmuo yra lygus 10,10 cm (t. y. cilindro vidaus spindulys yra lygus $R = 5,05$ cm), visų cilindrų aukštis yra vienodas ir lygus $H = 9,50$ cm, taigi gauname $760,67 \text{ cm}^3$ tūrį.

Maišant 5 % molio-cemento mišinius buvo naudojama: 836,7 g molio (55 %), 608,5 g vandens (40 %) bei 76,1 g cemento (5 %).

Maišant 10 % molio-cemento mišinius buvo naudojama: 760,7 g molio (50 %), 608,5 g vandens (40 %) bei 152,1 g cemento (10 %).

Maišant 15 % molio-cemento mišinius buvo naudojama: 684,6 g molio (45 %), 608,5 g vandens (40 %) bei 228,2 g cemento (15 %).

Gaminant molio-cemento mišinį buvo naudojamas sausas sutrintas molis, tada beriamas cementas, sausu būdu maišant medžiagas, ir paskutinis supilamas vanduo (11, 12, 13 pav.).



11 pav. Paruošto molio svėrimas (K. Zokaitės nuotr.).



12 pav. Molio ir cemento kiekiai paruošti maišymui sausu būdu (K. Zokaitės nuotr.).



13 pav. Į paruoštą, sausu būdu sumaišytą molį ir cementą pilamas vanduo (K. Zokaitės nuotr.).

Maišymas atliekamas rankiniu būdu, tol kol išgaunama vienoda konsistencija (apie 15 min.). Maišymas vykdomas naudojantis grunto-cemento mišinių laboratorinių tyrimų rekomendacijomis (FHWA, 2013) (14 pav.).



14 pav. Molio-cemento bandinio paruošimas maišant rankiniu būdu (K. Zokaitės nuotr.).

Toliau mišinys skirstomas į žinomo tūrio cilindrus. Siekiama išgauti bandinių tankį, kuris būtų lygus gamtiniam triaso molio tankiui ($2,08 \text{ Mg/m}^3$). Dėl branklaus molio gautas vidutinis tankis bandiniuose - $1,588 \text{ Mg/m}^3$ (15 pav.). Taros su molio-cemento mišiniais konservuojamos taip, kad molio-cemento mišiniai išliktų nepakitę bent 26 paras, tiek kiek truks bandymai (16 pav.).



15 pav. Molio-cemento bandinio supyli – mas į konservavimo tarą (K. Zokaitės nuotr.).



16 pav. Paruoštų molio-cemento bandinių konservavimas (K. Zokaitės nuotr.).

Pagal grafiką, nustatytu laiku, bandiniai tyrimams suformuojami naudojant standartinį cilindą (17 pav.). Grunto cilindras sveriamas ir tokiu atveju apskaičiuojamas bandinio tankis. Grunto cilindras naudojamas vienašio nedrenuoto nekonsoliduoto gniuždymo bandymo metu (18 pav.).



17 pav. Molio-cemento mišinio bandinio suformavimas vienašiam nedrenuotam nekonsoliduotam gniuždymui (K. Zokaitės nuotr.).



18 pav. Vienašio nedrenuoto nekonsoliduoto gniuždymo bandymas (K. Zokaitės nuotr.).

Likutinis mišinio kiekis naudojamas drėgniui nustatyti ir ruošiamas plastingumo bei takumo drėgnio nustatymo bandymams.

Takumo drėgnio nustatymas atliktas kūginiu penetrometru (19 pav.). Plastingumo drėgnio nustatymas atliktas kočiojimo metodu. Bandiniai džiovinami, sveriami ir gaunami rezultatai (20 pav.).



19 pav. Takumo drėgnio nustatymo bandymas krentančio kūgio metodu (K. Zokaitės nuotr.).



20 pav. Plastingumo drėgnio nustatymo bandymas kočiojimo metodu (K. Zokaitės nuotr.).

Iš viso buvo atlikta tankio matavimų – 40 vnt., drėgnio matavimų – 36 vnt., takumo drėgnio nustatymo matavimų – 18 vnt., plastingumo drėgnio matavimų – 18 vnt., nedrenuoto nekonsoliduoto vienašio gniuždymo bandymų – 36 vnt. Priede Nr. 2 pateiktos visų molio-cemento bandinių kortelės.

2.4 Fizinių savybių nustatymas

Tankio nustatymas ir rezultatai

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 (Sližytė ir kt., 2012):

$$\rho = m / V;$$

Gamtinis triaso molio tankis yra $2,08 \text{ Mg/m}^3$ (Gadeikis ir kt., 2012). Molio-cemento mišinių geotechninių savybių pokyčio tyrimo metu gaminant mišinius siektinas jo tankis buvo atitinkantis natūralų, tačiau dėl brinklios montmorilonitinės sudėties ir suardytos sandaros tankis

yra nepasiekiamas. Tiriant mišinio bandinius vidutinė visų bandinių tankio reikšmė gauta 1,588 Mg/m³. Molio-cemento mišinių tankiui nustatyti buvo naudojamas žiedų metodas. Naudojamo cilindro tūris yra 100 cm³, bandinių svoris svyravo nuo 156,10 g iki 162,40 g, taigi bandinių bendras vidutinis tankis svyruoja nuo 1,561 Mg/m³ iki 1,624 Mg/m³.

5 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių vidutinis tankis (ρ) (Mg/m³).

		Standėjimo stadija		
		I (t = 2 paros) tankis ρ	II (t = 14 parų) tankis ρ	III (t = 26 paros) tankis ρ
Cemento kiekis mišinyje (%)	5	1,624 Mg/m ³	1,572 Mg/m ³	1,561 Mg/m ³
	10	1,603 Mg/m ³	1,581 Mg/m ³	1,572 Mg/m ³
	15	1,580 Mg/m ³	1,589 Mg/m ³	1,596 Mg/m ³

5 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad molio-cemento mišinių su 5 % cemento kiekiu tankio vidutinės reikšmės svyruoja nuo 1,561 Mg/m³ trečioje standėjimo stadijoje iki 1,624 Mg/m³ pirmojoje standėjimo stadijoje. Molio-cemento mišinių su 10 % cemento priemaiša vidutinės tankio reikšmės svyruoja nuo 1,572 Mg/m³ trečiojoje standėjimo stadijoje iki 1,603 Mg/m³ pirmojoje standėjimo stadijoje. 15 % cemento kiekio sudėtyje turintys molio-cemento mišinių bandinių vidutinės tankio reikšmės svyruoja nuo 1,580 Mg/m³ pirmojoje standėjimo stadijoje iki 1,596 Mg/m³ trečiojoje standėjimo stadijoje.

Bendrai visuose molio-cemento mišiniuose tankio vidutinė vertė išlieka apie 1,586 Mg/m³. Skirtumas tarpo didžiausios ir mažiausios tankio reikšmės molio-cemento bandiniuose sudaro 0,063 vnt. d. t.y. apie 3,8 %. Tai rodo pastovų bandinių tankį viso tyrimo metu ir patvirtina molio-cemento mišinių vienodumą visomis standėjimo stadijomis bei esant skirtingam cemento kiekiui juose.

Drėgnio matavimas ir rezultatai

Grunto drėgniu W vadinamas grunto poras užpildančio laisvojo vandens masės m_w ir sauso grunto masės santykis. Laisvojo vandens kiekis nustatomas džiovinant 105°C temperatūroje. Grunto drėgnis lygus (Sližytė ir kt., 2012):

$$W = (m_w / m_s) * 100 \%;$$

čia m_w – vandens masė; m_s – sauso grunto masė.

Molio-cemento mišinių bandiniams drėgno nustatymas atliekamas svėrimo ir džiovavimo būdu, kai iš gauto drėgno bandinio svorio atimamas sauso bandinio svoris ir gaunamas vandens svoris buvęs bandinyje. Jų santykis nusako molio-cemento mišinio drėgnį (LST EN ISO 14688-1:2007). Gamtinio triaso molio drėgnis yra 0,198 vnt. d. (Gadeikis ir kt., 2012). Maišant molio-cemento mišinius buvo naudojamas vienodas, 0,400 vnt. d. vandens kiekis. Šis kiekis tikslingai parinktas siekiant aprūpinti sudėtyje esantį cementą drėgme reikalinga vykti reakcijoms bei papildoma dalimi vandens skirtą lengvesniam molio-cemento bandinių maišymui tiek laboratorinėmis tiek ateityje lauko sąlygomis. Atliekant bandymus gauti rezultatai rodo, kad vandens procentinis kiekis gautas bandiniuose kinta nuo 0,591 iki 0,664 vnt. d.

6 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių vidutinis drėgnis (W) (vnt. d.).

		Standėjimo stadija		
		I (t = 2 paros) drėgnis W	II (t = 14 parų) drėgnis W	III (t = 26 paros) drėgnis W
Cemento kiekis mišinyje (%)	5	0,664 vnt. d.	0,633 vnt. d	0,649 vnt. d
	10	0,615 vnt. d	0,628 vnt. d	0,634 vnt. d
	15	0,619 vnt. d	0,591 vnt. d	0,612 vnt. d

6 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad 5 % cemento kiekio sudėtyje turinčių molio-cemento mišinių vidutinis drėgnis svyruoja nuo 0,633 vnt. d. antrojoje standėjimo stadijoje iki 0,664 vnt. d. pirmojoje standėjimo stadijoje. 10 % cemento kiekio mišiniuose turinčių molio-cemento bandinių vidutinis drėgnis svyruoja nuo 0,615 vnt. d. pirmojoje standėjimo stadijoje iki 0,634 vnt. d. trečiojoje standėjimo stadijoje. 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių molio-cemento bandinių vidutinis drėgnis svyruoja nuo 0,591 vnt. d. antrojoje standėjimo stadijoje iki 0,619 vnt. d. pirmojoje standėjimo stadijoje.

Bendrai visuose molio-cemento mišiniuose drėgno vidutinė vertė išlieka apie 0,627 vnt. d. Skirtumas tarpo didžiausios ir mažiausios tankio reikšmės molio-cemento bandiniuose sudaro 0,073 vnt. d. t.y. apie 10,9 %. Šis svyravimas atsirado dėl molio-cemento mišiniams gaminti naudoto didelio vandens kiekio. Esant dideliame vandens kiekiui išgaunama mišinio konsistencija sudaro galimybę patogiai jį naudoti statybų metu. Tačiau dirbant su takiais mišiniais atsiranda drėgmės praradimo galimybė bandinių formavimo ir konservavimo metu. Šis svyravimas stebimas visomis standėjimo stadijomis, esant skirtingiems cemento kiekiams mišiniuose. Nors

drėgmės kiekio bandiniuose svyravimas sudaro apie 10,9 %, tačiau didelės įtakos nedaro, nes vidutinės drėgnio vertės kinta paklaidos ribose. Todėl galime teigti, kad visų molio-cemento mišinių drėgnio rezultatai rodo išlaikytą vienodą drėgmės kiekį – pradinį drėgmės kiekį.

Plastingumo nustatymas ir rezultatai

Plastingumu vadinama rišliųjų gruntų savybė keisti fizinę būseną (keisti formą esant mechaniniam poveikiui) kintant jų drėgniui. Ši savybė būdinga smulkiesiems ir kai kuriems mišriesiems gruntams. Plastingumas apibūdinamas nustatant gruntų takumo ribos drėgnį W_L ir plastiškumo ribos drėgnį W_P . Jie nustatomi laboratoriniais tyrimais. Takumo ribos drėgnis W_L atitinka drėgnį, kuriam esant rišlusis (sankibus) gruntas pereina iš plastiškos būsenos į taktą. (Sližytė ir kt., 2012).

Plastingumo drėgnio W_P nustatymas atliekamas kočiojimo metodu t.y. rankiniu būdu, kai išdžiovintas, sutrintas ir persijotas molio-cemento mišinio bandinys maišomas su vandeniu, išgaunama vienalytė masė. Į rankas imamas nedidelis rutulėlis bandinio ir vyniojamas tarp delnų, kol pasiekia 1 mm diametro ir 3 cm ilgio virvelės dydį. Kai virvelės paviršius ima trūkinėti, bandinys pasiekia plasticumo ribą. Išdžiovinus bandinius gaunamas vandens kiekio svoris buvęs jame. Prie šio vandens kiekio molio-cemento mišinyje nustatomas plastiškumo drėgnis (LST EN ISO 14688-1:2007). Tai yra riba, kurią nežymiai viršijus suardytos sandaros molio gruntas iš pusiau kietos būsenos pereina į plastišką. (Gadeikytė, 2012). Gamtinio triaso molio plasticumo drėgnis buvo 0,322 vnt. d. (Gadeikis ir kt., 2012).

7 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių vidutinis plasticumo drėgnis (W_P) (vnt. d.).

	Cemento kiekis mišinyje %		
	5 %	10 %	15 %
Vidutinis plasticumo drėgnis W_P , vnt. d.	0,420 vnt. d.	0,396 vnt. d.	0,392 vnt. d.

Plastingumo drėgnio vertės kitimas stebimas keičiant grunto, šiuo atveju molio-cemento mišinio, granulimetrinę sudėtį pridėdant dulkių frakcijos, šiuo atveju – cemento. 7 lentelės duomenimis 5 % cemento sudėtyje turinčių molio-cemento mišinių vidutinis plasticumo drėgnis siekia 0,420 vnt. d. Molio-cemento mišinių su 10 % cemento kiekiu bandinių vidutinė plasticumo drėgnio reikšmė siekia 0.396 vnt. d. Molio-cemento mišinių su 15 % cemento kiekiu bandinių vidutinė plasticumo drėgnio reikšmė siekia 0,392 vnt. d.

Iš duomenų matyti, kad didžiausia vidutinė plastingumo drėgnio reikšmė yra 5% cemento kiekio mišiniuose turinčiuose bandiniuose. Tuo tarpu mažiausiu plastingumo drėgniu pasižymi 15 % cemento kiekio mišiniuose turintys bandiniai. Tačiau plastingumo drėgnio vertės 10 ir 15 % cemento kiekio mišiniuose yra panašios. Remiantis šiais duomenimis galima daryti išvadą, kad didėjant cemento kiekiui mišiniuose nežymiai mažėja plastingumo drėgnis. Lyginant su gamtiniu triaso molio visais atvejais plastingumo drėgnis padidėja. Ne toks žymus plastingumo drėgnio pokytis stebimas 10 ir 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčiuose bandiniuose.

Takumo drėgnio W_L nustatymas atliekamas kūginiu penetrometru t.y. krentančio kūgio metodu. Tiriamas molio-cemento mišinys yra išdžiovinamas 105 C , sutrinamas. Naudojama mišinio dalis, kurios dalelių dydis yra mažesnis kaip 0,400 mm. Paruoštas molio-cemento mišinio bandinys yra maišomas su distiliuotu vandeniu, išgauta vienalytė masė dedama į biuksą. Biuksas statomas po kūgiu taip, kad kūgio smaigalys būtų prie pat mišinio paviršiaus. Kūgis paleidžiamas ir užrašomas įsmigimo gylis. Bandymas vykdomas keturis kartus. Vandens kiekis kiekvieno bandymo metu yra skirtingas. Siekiant tikslesnių duomenų kūgio smigimo gylio amplitudė yra nuo 10 iki 30 mm. Duomenys sužymimi grafike, kur nubrėžiama koreliacijos kreivė – tiesinė duomenų priklausomybė ir ties 20 mm kūgio smigimo gylio riba nustatomas takumo drėgnis esantis bandinyje – takumo drėgnis (LST EN ISO 14688-1:2007). Gamtinio triaso molio takumo drėgnis yra 0,573 vnt. d. (Gadeikis ir kt., 2012).

8 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių vidutinis takumo drėgnis (W_L) (vnt. d.).

	Cemento kiekis mišinyje %		
	5 %	10 %	15 %
Vidutinis takumo drėgnis W_L , vnt. d.	0,571 vnt. d.	0,527 vnt. d.	0,539 vnt. d.

Takumo drėgnio vertės kitimas stebimas keičiant grunto, šiuo atveju molio-cemento mišinio, granulimetrinę sudėtį pridodant dulquio frakcijos, šiuo atveju – cemento. 8 lentelėje pateiktos molio-cemento bandinių vidutinio takumo drėgnio reikšmės. Molio-cemento mišinių su 5 % cemento kiekio sudėtyje vidutinės takumo drėgnio reikšmė siekia 0,571 vnt. d. Molio-cemento mišiniuose, kurių sudėtyje yra 10 % cemento takumo drėgnio reikšmė siekia 0,527 vnt. d. Molio-cemento mišinių su 15 % cemento kiekiu sudėtyje vidutinės takumo drėgnio reikšmė siekia 0,539 vnt. d. Didžiausia takumo drėgnio vertė stebima 5 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių. Mažiausia takumo drėgnio vertė stebima 10 % cemento kiekio mišiniuose

turinčių bandinių. Tačiau nedidelis takumo drėgnio pokytis stebimas tarp 10 ir 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių. Iš šių duomenų galime daryti išvadą, kad 5 % cemento priemaiša nedaro įtakos grunto takumo drėgniui, tačiau 10 ar 15 % cemento priemaiša nežymiai sumažina takumo drėgmės vertę lyginant su gamtiniu triaso moliu.

Takumo ir plastingumo drėgnio vertes, dėl nežymaus pokyčio lyginant su gamtiniu triaso moliu, sudėtinga įvertinti. Buvo skirta po 6 bandymus abiem parametrams nustatyti. Tiksliam šio nedidelio takumo ir plastingumo drėgnio verčių pokyčiui nustatyti tolimesniems tyrimams rekomenduojamas didesnis bandymu skaičius.

Smulkieji ir mišrieji grunta **klasifikuojami** pagal takumo ribos drėgnio vertes. (Gadeikytė, 2013). Molio cemento mišinius skirtingomis standėjimo stadijomis ir skirtingu cemento kiekiu juose, galima klasifikuoti tokiomis pat sąlygomis. Gamtinio triaso molio klasifikacija pagal takumo drėgnį būtų didelio plastiškumo gruntas. Molio-cemento mišinių klasifikacija pagal vidutines takumo drėgnio ribas pateikta 9 lentelėje.

9 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių klasifikavimas pagal vidutinės takumo drėgmės (W_L) reikšmes.

		Standėjimo stadija			Vidurkis
		I (t = 2 paros)	II (t = 14 parų)	III (t = 26 paros)	
Cemen- to kiekis mišinyje (%)	5	Vidutinio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas
	10	Didelio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas	Vidutinio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas
	15	Didelio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas	Didelio plastingumo gruntas

9 lentelės duomenys rodo, kad 5 % cemento kiekio mišinyje turintys molio-cemento bandiniai tik pirmoje standėjimo stadijoje priskiriami vidutinio plastingumo gruntams, o antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos mišiniai klasifikuojami kaip didelio plastingumo grunta. 10 % cemento kiekio mišinyje turintys molio-cemento bandiniai pirmoje ir antroje standėjimo stadijoje klasifikuojami kaip didelio plastingumo grunta, o trečiosios standėjimo stadijos bandiniai klasifikuojami kaip vidutinio plastingumo grunta. Tas galėtų būti lemiamą kritine cemento kiekio dedamosios masė mišinyje, kai esamas rišliosios medžiagos kiekis tik dalinai pakeičia grunto savybes ir pokytis yra nežymus. Pagal klasifikaciją vidutinio plastingumo gruntais laikomi tie, kurių takumo drėgnis yra didesnis nei 0,350 vnt. d. ir mažesnis nei 0,500

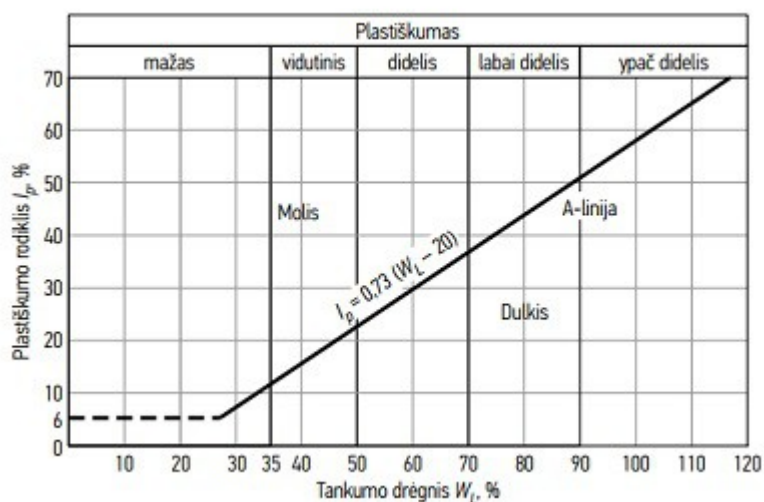
vnt. d. Šiuo atveju skaičiavimui naudotos 0,001 dalies tikslumo vertės, tik pateikimo metu suapvalintos, todėl 10 % cemento kiekio mišinyje turintys bandiniai klasifikuojami kaip vidutinio plastingumo gruntai, nors jų vertė yra labai gretima klasifikavimo ribai. Molio-cemento mišiniai su 15% cemento kiekiu visomis standėjimo stadijomis įvardinami kaip didelio plastiškumo gruntai.

Plastingumo rodiklių apskaičiavimas ir rezultatai

Plastingumo rodiklis I_p suprantamas kaip skirtumas tarp grunto takumo drėgnio W_L ir plastiškumo drėgnio W_p :

$$I_p = W_L - W_p;$$

Pagal plastingumo rodiklį ir takumo drėgnį galima nustatyti, ar smulkusis gruntas yra molis ar dulkis (21 pav.) (Sližytė ir kt., 2012).



21 pav. Smulkių gruntų pavadinimui nustatyti pagal plastingumo rodiklį I_p ir takumo drėgnį W_L diagrama.

Gamtinio triaso molio plastingumo rodiklis I_p – 0.252 vnt. d. (Gadeikis ir kt., 2012). 10 lentelėje pateiktos apskaičiuotos vidutinės molio-cemento mišinių plastingumo rodiklio vertės.

10 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių vidutinės plastingumo rodiklio reikšmės (I_p) (vnt. d.).

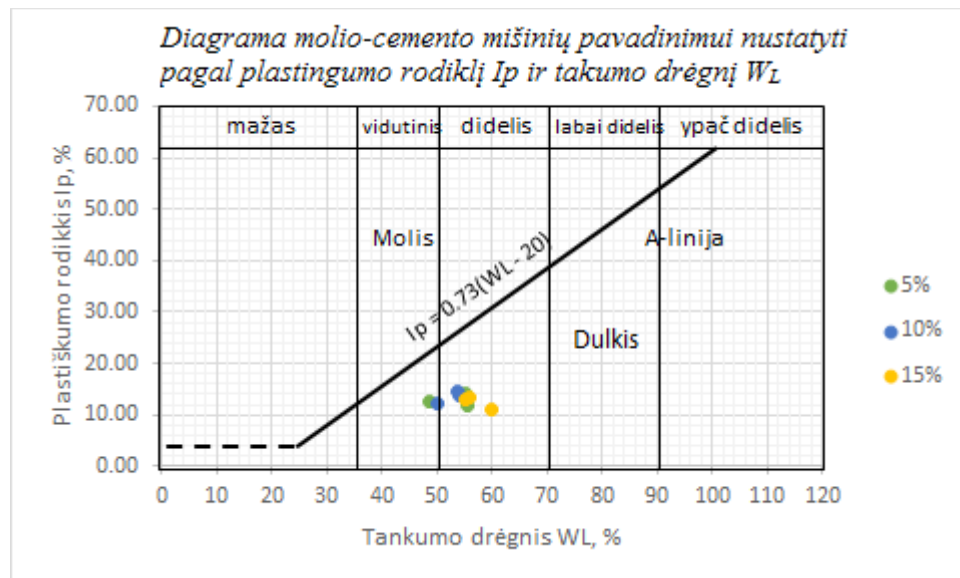
	Cemento kiekis mišinyje %		
	5 %	10 %	15 %
Vidutinis plastingumo rodiklis I_p , vnt. d.	0,156 vnt. d.	0,130 vnt. d.	0,146 vnt. d.

Pagal 10 lentelės duomenis matyti, kad 5 % cemento kiekio mišiniuose molio-cemento bandinių vidutinė plastingumo reikšmė yra 0,156 vnt. d. Molio-cemento mišinių su 10 % cemento kiekiu juose vidutinė plastingumo rodiklio reikšmė siekia 0,130 vnt. d. Molio-cemento mišinių su 15 % cemento kiekiu juose vidutinė plastingumo rodiklio reikšmė siekia 0,146 vnt. d.

5, 10 ir 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių molio-cemento bandinių vidutinės plastingumo rodiklio reikšmės yra mažesnės nei gamtinio triaso molio. Iš šių duomenų matyti, kad plastingumo rodiklis atspindinti molio-cemento bandinių maišymo metu buvusią konsistenciją, kuri dėl didelio naudoto vandens kiekio maišant buvo taki.

Sąlyginai didelės takumo ir plastingumo drėgnio vertės lemia didesnę plastingumo rodiklio vertę. Pagal šį rodiklį galimas grunto molingumo apibūdinimas naudojantis Rusijos standartu (ГОСТ 25100–95) skirtu apytikslei molinių kvartero gruntų klasifikacijai pagal granulimetrinę sudėtį (Gadeikytė, 2013). Pagal šį standartą ir gautąsias vidutines plastingumo rodiklio vertes molio-cemento mišiniai skirtingais cemento kiekiais juose įvardinami kaip vidutinio plastingumo priemoliai

Smulkaus grunto kaip molis ar dulkis įvardinimui naudota plastingumo rodiklio I_p ir takumo drėgnio W_L santykinė diagrama. Molio-cemento mišinių tyrimų rezultatai pateikiami 20 pav. Taip pat 11 lentelėje pateikti vidutiniai mišinių pavadinimai pagal 20 paveikslą.



22 pav. Diagrama smulkių gruntų pavadinimui nustatyti pagal plastingumo rodiklį I_p ir takumo drėgnį W_L . Pateikiami tyrimų rezultatai 5, 10, 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių vidutinės reikšmės pirmoje (2 parų), antroje (14 parų) ir trečioje (26 parų) stadijose.

11 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių pavadinimas pagal vidutinių reikšmių plastingumo rodiklį I_p ir takumo drėgnį W_L .

		Standėjimo stadija			Vidurkis
		I (t = 2 paros)	II (t = 14 parų)	III (t = 26 paros)	
Cemento kiekis mišinyje (%)	5	Dulkis vidutinio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo
	10	Dulkis vidutinio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo
	15	Dulkis didelio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo	Dulkis didelio plastingumo

11 lentelėje pateikti molio-cemento mišinių pavadinimai pagal vidutinių reikšmių plastingumo rodiklį ir takumo drėgnį. 5 % cemento kiekio turintys molio-cemento mišiniai pirmojoje standėjimo stadijos įvardinami kaip vidutinio plastingumo dulkiai, tačiau iš antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos tokios pat sudėties mišinys įvardinamas kaip didelio plastingumo dulkis. 10 % cemento kiekio mišiniuose turintys molio-cemento bandiniai pirmojoje standėjimo stadijoje įvardinti kaip vidutinio plastingumo dulkis, o antroje ir trečioje standėjimo stadijose tirti bandiniai įvardinti kaip didelio plastingumo dulkiai. 15 % cemento kiekio mišiniuose turintys molio-cemento bandiniai visomis standėjimo stadijomis įvardinti kaip didelio plastingumo dulkiai.

Kaip matyti iš 11 lentelės duomenų su lig pridedamu cemento kiekiu mišiniuose keičiasi identifikuojamas pavadinimas, iš molio į dulkį. Mažiausiai cemento kiekio mišinyje turinčių bandinių rezultatai rodo, mišinys įgauna didelio plastingumo dulquio įvardinimą. Iš ankstesnių tyrimų buvo nustatyta, kad pagal gruntų granulimetrinę sudėtį gamtinis triaso molis įvardinamas kaip dulkingas molis (Gadeikis ir kt., 2012), todėl matomas pasikeitimas lemiamas atsiradusia cemento priemaiša t.y. granulimetrinės sudėties pakeitimu.

Takumo rodiklis I_L nurodo grunto konsistenciją nuo tokios iki kietos. Apskaičiuojamas pagal formulę (Sližytė, 2012):

$$I_L = (W - W_p) / I_p;$$

čia – W – drėgnis, W_p - plastingumo ribos drėgnis, I_p – plastingumo rodiklis.

Gamtinio triaso molio takumo rodiklis - -0,49 vnt. d.. (Gadeikis ir kt., 2012) Neigiama reikšmė gauta dėl gamtinio triaso molio kietos bei pusketės konsistencijos (Jonynas, 2004). Molio-cemento mišinių takumo rodiklio vidutinės reikšmės yra teigiamos.

12 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių vidutinių reikšmių takumo rodiklis (I_L) (vnt. d.).

	Cemento kiekis mišinyje %		
	5 %	10 %	15 %
Vidutinis takumo rodiklis I_L , vnt. d.	1,468 vnt. d.	1,769 vnt. d.	1,473 vnt. d.

Pagal 12 lentelėje pateiktus duomenis visų mišinių vidutinės takumo rodiklio reikšmės, viršija 1 vnt. d. 5 % cemento kiekio mišinyje turinčių bandinių vidutinis takumo rodiklis siekia 1,468 vnt. d. 10 % cemento kiekio mišinyje turinčių bandinių vidutinis takumo rodiklis gautas 1,769 vnt. d. 15 % cemento kiekio mišinyje turinčių bandinių vidutinis takumo rodiklis yra 1,473 vnt. d.

Didžiausia takumo rodiklio vertė stebima tik 10 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių vidurkinė reikšmė yra didžiausia. 5 % ir 15 % cemento kiekio molio-cemento mišiniuose turinčių bandinių takumo rodikliai yra mažesni.

Molio-cemento mišinių plastingumo klasifikacija pagal takumo rodiklį šiuo atveju yra paprasta, nes visi bandinių vidurkiai yra didesni nei 1 vnt. d. – tai leidžia įvardinti molio-cemento mišinių konsistenciją kaip takią (Sližytė, 2012). Tyrimų pradžioje maišant visus bandinius naudotas didelis vandens kiekis leido mišinio sudedamąsias išmaišyti sudarant takią pastą. Taigi vertinant molio-cemento mišinio gamybos stadiją vertinimas pagal takumo rodiklį yra teisingas.

Konsistencijos rodiklis I_C parinktas tolimesniems tyrimams. Ankščiau atliktų tyrimu metu natūralaus Triaso molio konsistencijai nustatyti buvo naudojamas ne tik takumo bet ir konsistencijos rodiklis. Nors šie rodikliai yra tarpusavyje susiję, kai kuriais atvejais galimas tikslesnis parametrų vertinimas naudojant konsistencijos rodiklį. Konsistencijos rodiklis apskaičiuojamas:

$$I_C = (W_L - W) / I_P;$$

čia : W – drėgnis, W_L - takumo ribos drėgnis, I_P – plastingumo rodiklis.

Pagal ankstesnių tyrimų medžiagą gamtinio triaso molio I_C vidutinė vertė yra 1,490 vnt. d. (Gadeikis ir kt, 2012). Vidutinės mišiniam nustatytos konsistencijos rodiklio vertės pateikiamos 13 lentelėje.

13 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių konsistencijos rodiklio (I_C) vidutinės reikšmės (vnt. d.).

	Cemento kiekis mišinyje %		
	5 %	10 %	15 %
Vidutinis konsistencijos rodiklis I_C , vnt. d.	-0,500 vnt. d.	-0,762 vnt. d.	-0,466 vnt. d.

Iš 13 lentelės duomenų matyti, kad visų bandinių su skirtingu cemento kiekiu juose konsistencijos rodiklio reikšmės neigiamos. 5 % cemento kiekio mišinyje turinčių molio-cemento mišinių vidutinė konsistencijos rodiklio reikšmė siekia -0,500 vnt. d. 10 % cemento kiekio mišinyje turinčių molio-cemento mišinių vidutinė konsistencijos rodiklio reikšmė yra -0,762 vnt. d. 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių vidutinė konsistencijos rodiklio reikšmė gauta -0,466 vnt. d.

Kaip ir takumo rodiklio verčių įvertinimas, taip ir konsistencijos rodiklio verčių vertinimas yra analogiškas, kai mažiausia šio parametro vertė stebima 10 % cemento kiekio mišinyje turinčių molio-cemento mišiniuose. 5 ir 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių molio-cemento bandinių vidutinės konsistencijos rodiklio vertės yra didesnės.

Pagal molio cemento mišinių konsistencijos rodiklio vidutines reikšmes visi molio-cemento mišiniai yra priskiriami labai minkštai konsistencijai (LST EN ISO 14688–2:2007). Taip pat tyrimo pradžioje maišymui naudotas didelis kiekis vandens paveikė konsistencijos rodiklio vertę, todėl vertinant molio-cemento mišinio gamybos stadiją vertinimas pagal takumo rodiklį yra teisingas.

Tiriant molio-cemento mišinių plastingumo rodiklius (I_B , I_L bei I_C) pastebėta, kad su besikeičiančia cemento kiekio priemaiša, rodiklių svyravimas yra nežymus. Galime daryti išvadą, kad pridėdant dulquio frakcijos į gamtinį triaso molį nedaroma įtaka plastingumo rodikliams. Taip pat neatmetama prielaida, kad nedidelis kiekis atliktų bandymų neatskleidžia žymesnių pokyčių tarp molio-cemento mišinių prie skirtingos cemento kiekio priemaišos. Lyginant su gamtiniu triaso moliu, molio-cemento mišiniai dėl didelio drėgmės kiekio juose yra takūs, didelio plastingumo gruntai.

2.5 Mechaninių savybių nustatymas

Tyrimų metu buvo atlikti 36 vienašio nedrenuoto nekonsoliduoto gniuždymo bandymai. Šie bandymai skirti nustatyti molio cemento mišinių *nedrenuotą sankibą* (c_U) bei stiprumą gniuždant (q_u). Kerpamojo stiprio nedrenuojant bandymas buvo pasirinktas siekiant nustatyti molio-cemento mišinių stiprumo rodiklius (LGT, 2015). Iš gautų parametrų galima nustatyti molio-cemento mišinių pokyčius lyginant tarp skirtingų standėjimo stadijų bei esant skirtingam cemento kiekiui juose.

Atliktų bandymų rezultatų reikšmės pateikiamos 13 ir 14 lentelėse. 13 lentelėje pateiktos stiprumo gniuždant q_u vidutinės reikšmės (kPa). 14 lentelėje pateiktos nedrenuotos sankibos c_U vidutinės reikšmės (kPa). Pateiktos vidutinės bandinių reikšmės leis nustatyti pokytį tarp parametrų pokyčių skirtingomis standėjimo stadijomis lyginant su pirmąja.

14 lentelė. Molio-cemento mišinio bandinių stiprumo gniuždant (q_u) vidutinės reikšmės (kPa).

		Standėjimo stadija		
		I (t = 2 paros) stiprumas gniuždant q_u	II (t = 14 parų) stiprumas gniuždant q_u	III (t = 26 paros) stiprumas gniuždant q_u
Cemento kiekis mišinyje (%)	5	56,97 kPa	179,09 kPa	211,24 kPa
	10	86,86 kPa	222,22 kPa	301,22 kPa
	15	99,51 kPa	553,49 kPa	610,89 kPa

14 lentelėje pateiktos vienašio nedrenuoto nekonsoliduoto gniuždymo bandymų rezultatų vidutinės reikšmės. Molio-cemento mišinio su 5 % cemento kiekiu stiprumas gniuždant kinta nuo 56,97 kPa dviejų parų standėjimo periodu iki 211,24 kPa 26 parų standėjimo periodu. Molio-cemento

mišinio su 10 % cemento kiekiu stiprumas gniuždant kinta nuo 86,86 kPa dvejų parų standėjimo periodu iki 301,22 kPa 26 parų standėjimo periodu. Molio-cemento mišinio su 15 % cemento kiekiu stiprumas gniuždant kinta nuo 99,51 kPa dvejų dienų standėjimo stadijoje iki 610,89 kPa 26 dienų standėjimo periodu.

Pateikti duomenys rodo, kad skirtingą cemento kiekį mišiniuose turinys bandiniai nevienodai stiprėja laiko atžvilgiu. 5 % cemento kiekio turintys mišiniai pirmuoju standėjimo etapu pasiekia 56,97 kPa, antruoju standėjimo etapu 179,09 kPa – t.y. bandinių vidutinis stiprumas gniuždant padidėja 314,36 %. Trečiuoju etapu bandinių vidutinis stiprumas gniuždant padidėja 370,79 % lyginant su pirmu – dvejų dienų standėjimo etapu arba kitaip tariant skirtumas tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos stiprumo gniuždant yra tik 56,43 %. Molio-cemento mišiniai su 10 % cemento kiekiu pirmoje dvejų parų standėjimo stadijoje vidutiniškai pasiekia 86,86 kPa vidutinį gniuždomąjį stiprį, o jau antroje – 222,22 kPa, kas yra 255,83 % daugiau nei pirmoje. Trečioje standėjimo stadijoje – po 26 parų vidutinis molio-cemento mišinių su 10 % cemento kiekiu stiprumas gniuždant siekia 301,22 kPa, kas yra 346,79 % daugiau nei tokios pat sudėties bandinių vidutinė reikšmė po pirmų dvejų standėjimo parų arba kitaip tariant skirtumas tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos stiprumo gniuždant yra 90,96 %.. Molio-cemento mišinių su 15 % cemento kiekiu gniuždomasis stipris pirmuoju standėjimo etapu sudaro 99,51 kPa. Antruoju standėjimo etapu, po 14 parų nuo bandymo pradžios, šio mišinio bandinių gniuždomojo stiprio vidurkis siekia 553,49 kPa – 556,22 % daugiau nei pirmoje standėjimo stadijoje. Trečioje standėjimo stadijoje 15 % cemento turinčių molio-cemento mišinių gniuždomojo stiprio vidurkis siekia 610,89 kPa, kas yra 613,90 % daugiau nei gauti duomenys iš pirmosios standėjimo stadijos bandinių arba kitaip tariant skirtumas tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos stiprumo gniuždant yra 57,68 %.

Iš šių duomenų matyti, kad mažiausias gniuždomojo stiprio didėjimas lyginant pirmą ir antrą standėjimo stadijas atsiranda 10 % cemento kiekio turinčiuose molio-cemento mišiniuose, o didžiausias gniuždomojo stiprio didėjimas tarp pirmų dvejų standėjimo stadijų stebimas 15 % cemento kiekio mišinių bandymų rezultatų vidurkio. Lyginant skirtumą tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos gniuždomuosius stiprius mažiausias pokytis vyksta mišiniuose turinčiuose 5 % cemento kiekio juose – 56,43 %. Tačiau nežymus didėjimas stebimas ir tarp mišinių turinčių 15 % cemento kiekio, kur skirtumą tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijų gniuždomojo stiprio vidutinių reikšmių lyginant su pirmosios stadijos reikšmėmis – 57,68 %. Didžiausias gniuždomojo stiprio vidutinių reikšmių pokytis tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos lyginant su pirmąją vyksta 10 % cemento turinčiuose molio-cemento mišiniuose.

15 lentelė. Molio-cemento mišinių bandinių nedrenuotos sankibos (c_U) vidutinės reikšmės (kPa).

		Standėjimo stadija		
		I (t = 2 paros) nedrenuota sankibą c_U	II (t = 14 parų) nedrenuota sankibą c_U	III (t = 26 paros) nedrenuota sankibą c_U
Cemento kiekis mišinyje (%)	5	28,48 kPa	89,54 kPa	105,62 kPa
	10	43,43 kPa	111,11 kPa	150,56 kPa
	15	49,76 kPa	276,74 kPa	305,45 kPa

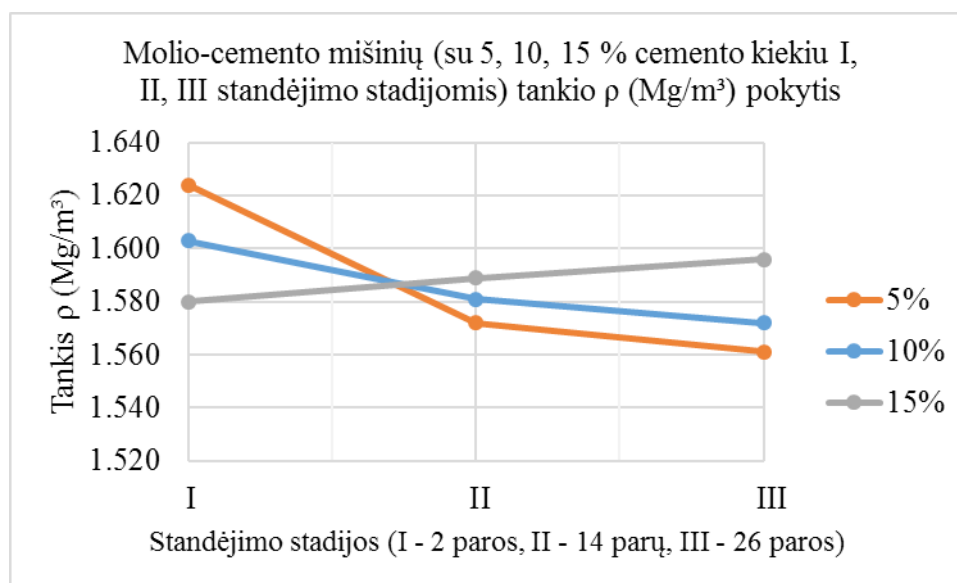
15 lentelėje pateikiami molio-cemento mišinių nedrenuotos sankibos c_U nustatymų vidutinės reikšmės. Molio-cemento mišinių turinčių 5 % cemento kiekį nedrenuotos sankibos vidutinės reikšmės kinta nuo 28,48 kPa pirmoje standėjimo stadijoje iki 105,62 kPa trečioje standėjimo stadijoje. Molio-cemento mišinių su 10 % cemento kiekiu nedrenuotos sankibos vidutinės reikšmės kinta nuo 43,43 kPa pirmojoje standėjimo stadijoje iki 150,56 kPa trečioje standėjimo stadijoje. Molio-cemento mišiniuose, kur cemento kiekis sudaro 15 % nedrenuotos sankibos vidutinės reikšmės kinta nuo 49,76 kPa pirmoje Standėjimo stadijoje iki 305,45 kPa trečioje Standėjimo stadijoje.

Kadangi stiprumo gniuždant q_c bei nedrenuotos sankibos c_u rodikliai yra tiesiogiai susiję, tai ir vidutinių reikšmių parametrų pokytis tarp standėjimo stadijų lyginant su pirmąja išlieka analogiškas nagrinėtajam stiprumo gniuždant atvejui.

III Rezultatų analizė

Tyrimo metu buvo nustatytos molio-cemento mišinių, su skirtingais cemento kiekiais bei skirtingomis standėjimo stadijomis, geotechninės savybės. Gautų duomenų grafinis pavaizdavimas leidžia pamatyti kaip kinta molio-cemento mišinių geotechninės savybės laike.

Tyrimo metu buvo nustatinėjamos fizinės savybės ir atlikti molio-cemento mišinių tankio matavimai žiedų metodu. Gauti duomenys pateikiami 23 pav.

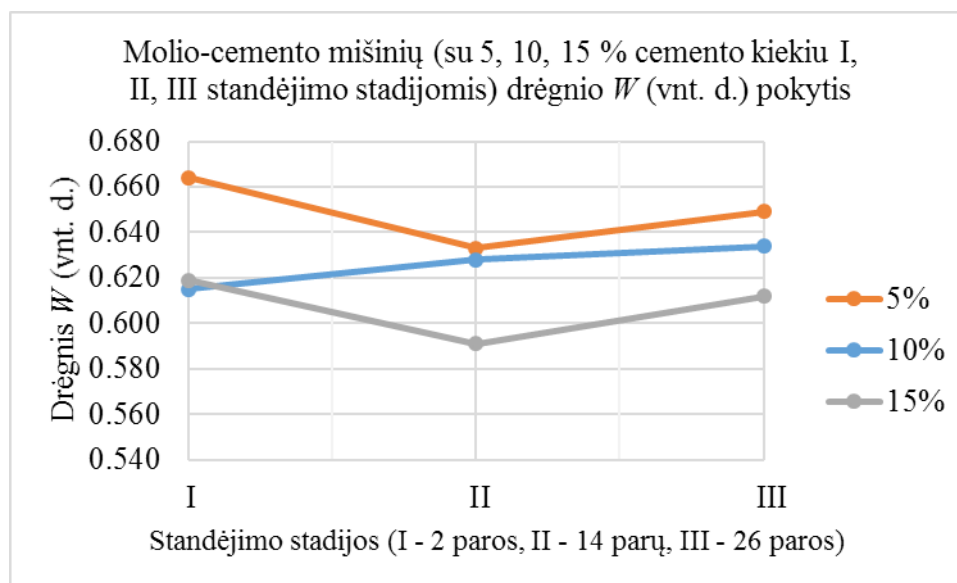


23 pav. Molio-cemento mišinių su 5, 10, 15 % cemento kiekiais I, II, III standėjimo stadijomis tankio (ρ) (Mg/m^3) pokyčio grafikas.

Iš grafiko duomenų matyti, kad 5 % cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių tankio verčių vidurkis laiko atžvilgiu labai nežymiai, bet kinta mažėjančia tvarka. Stebimas staigiausias tankio vertės šuolis tarp pirmosios ir antrosios standėjimo stadijos. 10 % cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių tankio verčių vidurkis laiko atžvilgiu taip pat labai nežymiai kinta mažėjančia tvarka, tačiau skirtingai nuo 5 % cemento kiekio turinčių molio mišinių, kitimas vyksta tolygiai visomis standėjimo stadijomis. 15 % cemento turinčių molio-cemento mišinių tankio verčių vidurkis laiko atžvilgiu labai nežymiai kinta didėjančia tvarka. Skirtingai nuo mažiaus cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių. 15 % cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių tankis nežymiai didėja.

Šie svyravimai vyksta paklaidos ribose ir yra nežymūs, todėl galime teigti, kad viso tyrimo metu molio-cemento mišiniuose išlaikomas visų bandinių tankis.

Tyrimo metu buvo atlikti molio-cemento mišinių drėgno matavimai svorio metodu. Gauti duomenys pateikiami 24 pav.

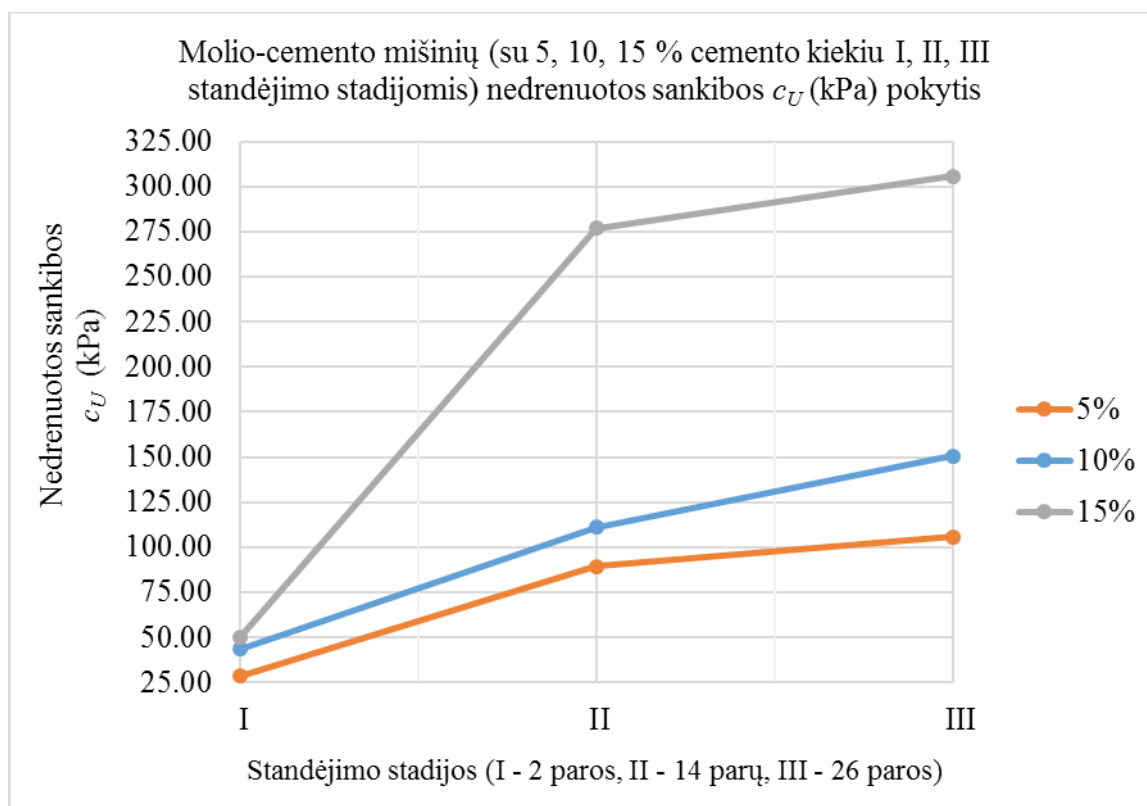


24 pav. Molio-cemento mišinių (su 5, 10, 15 % cemento kiekiais I, II, III standėjimo stadijomis) drėgno (W) (vnt. d.) pokyčio grafikas.

Iš grafiko duomenų matyti, kad 5 % cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių drėgno verčių vidurkis laiko atžvilgiu labai nežymiai kinta t.y. pirmoje standėjimo stadijoje yra didžiausias, antroje mažėja ir pasiekia minimalią vertę, o trečioje standėjimo stadijoje vėl nežymiai padidėja ir pasiekia vidutinę, lyginant su kitomis standėjimo stadijomis, vertę. 10 % cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių drėgno verčių vidurkis laiko atžvilgiu svyruoja nežymiai. Šio mišinio drėgno vidurkis pirmojoje standėjimo stadijoje yra mažiausias ir sekančiomis standėjimo stadijomis nežymiai, tačiau didėja, trečiojoje standėjimo stadijoje pasiekdamas maksimalią vertę. 15 % cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių drėgno verčių vidurkis svyruoja netolygiai, kaip ir 5 % molio-cemento mišiniai. 15 % molio-cemento mišinių drėgno verčių vidurkis labai nežymiai kinta nuo didžiausios vertės pirmojoje standėjimo stadijoje, antroje – mažėja ir pasiekia minimalią vertę, trečiojoje – dalinai kyla ir pasiekia vidutinę vertę.

Šie nežymūs molio-cemento mišinių drėgno verčių pokyčiai rodo, kad standėjant molio-cemento mišiniui galimi nežymūs, paklaidos ribose, svyravimai. Šie bandymai įrodo, kad visų bandinių drėgnis išlaikytas vienodas visomis standėjimo stadijomis bei prie skirtingo kiekio cemento priemaišos.

Tyrimo metu buvo nustatoma molio-cemento mišinių nedrenuota sankiba. Gauti duomenys pateikiami 25 pav.



25 pav. Molio-cemento mišinių (su 5, 10, 15 % cemento kiekiais I, II, III standėjimo stadijomis) nedrenuotos sankibos (c_u) (kPa) pokyčio grafikas.

Iš grafiko matyti akivaizdus visų molio-cemento mišinių nedrenuotos sankibos vidutinių verčių didėjimas. 5 % cemento kiekio turinčių molio-cemento mišinių nedrenuotos sankibos vidutinės vertės laiko atžvilgiu kinta mažiausiai. Čia tarp pirmosios ir antrosios standėjimo stadijų pokytis yra analogiškas kaip ir 10 % molio-cemento mišinių, tačiau skiriasi pokyčio dydis tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijų, kur šiuose mišiniuose nedrenuotos sankibos vertės didėjimas ne toks žymus. Tolygiausiai kinta 10 % cemento kiekio molio-cemento mišinyje turinčių bandinių vidutinės nedrenuotos sankibos vertės. Jų pokytis artimas tiesinei funkcijai ir gali būti toliau nuspėjamas. Maksimalų pokytį patiria 15 % cemento kiekį turintys molio-cemento mišiniai, jų nedrenuotos sankibos vertės pokytis tarp pirmosios ir antrosios standėjimo stadijų yra maksimalus visos lentelės atžvilgiu. Tačiau vertės pokytis tarp antrosios bei trečiosios standėjimo stadijų yra žymiai menkesnis. Menkesni pokyčiai 5 ir 15 % molio-cemento mišiniuose būtent tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos gali būti sąlygoti medžiagos stabilizavimu ir cementacijos proceso lėtėjimu, kai tuo tarpu 10 % molio-cemento mišinių nedrenuotos sankibos didėjimas yra tolygus visomis stadijomis.

IV Išvados

Atlikus laboratorinius bandymus ir išanalizavus gautus rezultatus pateikiamos tokios išvados:

1. Gamtinio triaso molio tankis yra $2,08 \text{ Mg/m}^3$. Gautas molio-cemento mišinių vidutinis tankis yra $1,586 \text{ Mg/m}^3$. Tyrimo metu nustatyta, kad molio-cemento mišiniai, skirtingomis standėjimo stadijomis ir esant skirtingai cemento priemaišai juose yra vienodo tankio. Gamtinio triaso molio drėgnis yra $0,198$ vnt. d. Gautas molio-cemento mišinių vidutinis drėgnis yra $0,628$ vnt. d. Tyrimo metu atlikti drėgnio matavimai įrodė, kad visų molio-cemento mišinių, skirtingomis standėjimo stadijomis bei esant skirtingam cemento kiekiui juose, drėgnis yra vienodas.
2. Gamtinio triaso molio plastingumo drėgnio vertė yra $0,322$ vnt. d. Tirtų molio-cemento mišinių vidutinė plastingumo drėgnio vertė gauta $0,402$ vnt. d. Gamtinio triaso molio takumo drėgnio vertė yra $0,573$ vnt. d. o tirtų molio-cemento mišinių vidutinė takumo drėgnio vertė gauta $0,546$ vnt. d. Esant skirtingai „dulkių“ frakcijos cemento priemaišai plastingumo ir takumo drėgnis bei kiti plastingumo rodikliai išlieka vienodi.
3. Stipruminės molio-cemento mišinio savybės skirtingai kinta esant skirtingoms standėjimo stadijomis bei esant skirtingai cemento priemaišai. 5 ir 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių vidutinės nedrenuotos sankibos vertės laiko atžvilgiu tarp pirmosios ir antrosios standėjimo stadijos smarkiai didėja, kai tuo tarpu tarp antrosios ir trečiosios standėjimo stadijos kinta nežymiai. Skirtingai nuo 10 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių vidutinių reikšmių nedrenuotos sankibos vertės visomis standėjimo stadijomis didėja tolygiai.
4. Didelis nedrenuotos sankibos vertės šuolis tarp pirmosios ir antrosios standėjimo stadijos išskiria 15 % cemento kiekio turinčius mišinius. Tai reiškia, kad 5 ir 10 % cemento kiekio priemaiša sukelia nežymius pokyčius.
5. Atliekant gamtinio triaso periodo molio modifikavimą cementu rekomenduotinas yra 15 % cemento kiekis mišiniuose.

Literatūra

1. Gadeikis S., Dundulis K., Žaržojus G., Gadeikytė S., Klizas P., Urbaitis D., Gribulis D. „Inžinerinių barjerų izoliacinių molio gruntų sluoksnių geotechniniai tyrimai“, 2012.
2. Gadeikytė S., Gadeikis S. „Gruntotyros pagrindai“, 107 p., 2013
3. Jonynas J., Levčenkaite I., Giparas G., UAB „J. Jonyno ecofirma“ „Medžiagų, tinkamų radioaktyviųjų atliekų kapinyno inžineriniams barjerams, kapinyno dangai ir tarpų užpildui, apibūdinimas“, 2004.
4. Jonynas J., UAB „J. Jonyno ecofirma“ „Triaso molio tinkamumo paviršinio kapinyno hidroizoliavimui tyrimai“, 2005.
5. Makusa G. P. „Soil Stabilization Methods And Materials In Engineering Practice“, 2012.
6. Montgomery D. E. „Stabilised soil research progress report ssrpr2“, 1998.
7. Saadelin R., Siddiqua S. „Geotechnical characterization of a clay-cement mix“, 2013.
8. Sližytė D., Medzvieckas J., Mackevičius R. „Pamatai ir pagrindai“, 239 p., 2012.
9. The Aberdeen group „Soil stabilization techniques“, 1968.
10. Transport Research Laboratory and the Department of Public Works and Highways „Literature Review Stabilised Sub-Bases for Heavily Trafficked Roads“, 2000.
11. Urbaitis D., UAB „Specialus montažas - NTP“, UAB „Geotestus“ „Inžinerinių barjerų izoliacinio sluoksnio geotechninių tyrimų ataskaita“, 2011.
12. Vilimas E. „Cemento tipo įtaka betono savybėms“, 2011.

Standartai, rekomendacijos, normatyviniai dokumentai:

1. AustStab „Cement Stabilization Practice“, 2012.
2. EuroSoilStab. „Development of design and construction methods to stabilize soft organic soils: design guide for soft soil stabilization.“ CT97-0351, 2002.
3. FHWA Federal Highway Administration „Design Manual: Deep Mixing for Embankment and Foundation Support“, 2013.
4. Indiana state Office of Geotechnical Engineering “Design Procedures for Soil Modification or Stabilization”, 2008.
5. Little D., Nair S. National Cooperative Highway Research Program „Recommended Practice for Stabilization of Subgrade Soils and Base Materials“, 2009.
6. LGT prie AM įsakymas Nr. 1-222 (2015-11-16): „Dėl Projektinių Inžinerinių Geologinių Ir Geotechninių Tyrimų Rekomendacijų Patvirtinimo“, 12 priedas „Laboratoriniai

Bandymai Geotechniniams Parametrams Nustatyti“, 2015.

7. LST EN ISO 14688-1:2007 Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 1 dalis. Atpažintis ir aprašymas (ISO 14688-1:2002), 2002.
8. LST EN ISO 14688-2:2007 Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 2 dalis. Klasifikavimo principai (ISO 14688-2:2004), 2004.
9. Portland cement association „Soil-cement inspectors manual“, 64 p., 2001.
10. ГОСТ 25100–95. Грунты. Классификация. Москва: ИПК Издательство стандартов. 32 с., 1995.

Internetinė prieiga:

1. <http://www.kalcitas.lt/page1.html> ;
2. <http://cementas.lt/index.php?id=168> .

Santrauka

Tiriamasis darbas atliekamas siekiant grunto-cemento metodu modifikuoti triaso periodo molį. Molio-cemento mišinių geotechninių savybių pokyčiams stebėti naudoti ankstesnių tyrimų metu nustatyti rodikliai. Tiriamasis darbas susideda iš geotechninių savybių nustatymo bandymų grupės. Mišiniams gaminti buvo naudojamas 40 % vandens kiekis, 5, 10 ir 15 % cemento kiekis. Molio-cemento mišinių geotechninių savybių nustatymas buvo atliekamas trimis standėjimo stadijomis – po 2, 14 ir 26 parų. Tyrimo metu bandymai buvo atliekami sekant sudarytu tinkliniu laiko grafiku. Buvo atliekami fizinių bei mechaninių savybių nustatymo bandymai. Nustatytas molio-cemento mišinių tankis, drėgnis, plastingumo drėgnis, takumo drėgnis, plastingumo rodiklis, takumo rodiklis, konsistencijos rodiklis, nedrenuota sankiba. Analizuojami gauti rezultatai rodo, kad 15 % cemento kiekio mišiniuose turinčių bandinių stipruminės savybės kinta žymiausiai, o 5 ir 10 % cemento priemaiša daro nedidelę įtaką. Gaunamos pagerintos geotechninės savybės. ir pateikiamos išvados. Tyrimo aktualumas – stebint geotechninių savybių pokyčius pritaikyti molio-cemento mišinių metodą kaip tinkamą naudoti vienam iš daugelio medžiagų inžinerinių barjerų izoliuojančių grunto sluoksnių įrengimui aplink betoninius rūsius, kuriuose bus patalpintos mažo ir vidutinio aktyvumo trumpaamžės radioaktyviosios atliekos.

Summary

This thesis deals with modification of Triassic clay with cement, using soil-cement mixing method. For tracking of the changes in geotechnical parameters between clay-cement mix and natural Triassic clay, data from earlier researches were used. During the preparation of the clay-cement mix, 40 % of water was added to the dry natural clay. Also there were made three different groups of specimens were they had different amount of cement (5, 10 and 15 %). The tests were executed during three stages of stiffening – a 2, 14 and 26 days after the start of the research. During the Research a strict schedule was made. The time of execution of the test were shown in the schedule. Geotechnical properties of clay-cement mix were established. The density, water content, index of plasticity, consistency, and liquid limits were obtained. Unconfined undrained compression tests were conducted and parameters of unconfined shear strength were obtained. Analyzed data has shown that the clay-cement mixtures with 15 % of cement in the content has improved the most, the cement addition of 5 and 10 % has a low impact to the properties of strength. The relevance of the thesis is to suggest the usage of Triassic clay-cement mix as the part of an engineered barrier through the construction of a new Near Surface Repository facility will be designed, and subsequently constructed, for the disposal of Short-lived Low and Intermediate Radioactive Waste.

PRIEDAI

Priedas Nr 1

Molio-cemento mišinių geotechninių savybių nustatymo laboratorinių darbų grafikas

			11/26/2015	11/27/2015	11/28/2015	11/29/2015
Paruošiamieji darbai	Paruošiamieji darbai	Paruošiamieji darbai	I, II, III 5% Gaminimas, konservavimas		I 5% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	I 5% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas
11/30/2015	12/1/2015	12/2/2015	12/3/2015	12/4/2015	12/5/2015	12/6/2015
I 5 % svėrimas, duomenų gavimas	I, II, III 10% Gaminimas, konservavimas	I, II, III 15% Gaminimas, konservavimas	I 10% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	I 10% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas. I 15% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	I 10 % svėrimas, duomenų gavimas. I 15% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas	I 15 % svėrimas, duomenų gavimas
12/7/2015	12/8/2015	12/9/2015	12/10/2015	12/11/2015	12/12/2015	12/13/2015
			II 5% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	III 5% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas	II 5 % svėrimas, duomenų gavimas	
12/14/2015	12/15/2015	12/16/2015	12/17/2015	12/18/2015	12/19/2015	12/20/2015
	II 10% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	II 10% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas. II 15% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	II 10 % svėrimas, duomenų gavimas. II 15% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas	II 15 % svėrimas, duomenų gavimas		
12/21/2015	12/22/2015	12/23/2015	12/24/2015	12/25/2015	12/26/2015	12/27/2015
	III 5% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	III 5% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas	III 5 % svėrimas, duomenų gavimas			III 10% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas
12/28/2015	12/29/2015	12/30/2015	12/31/2015			
III 10% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas. III 15% Gniuždymo bandymai, drėgnio, tankio nustatymas	III 10 % svėrimas, duomenų gavimas. III 15% takumo, plastingumo drėgnio nustatymas	III 15 % svėrimas, duomenų gavimas	Duomenų apdorojimas	Duomenų apdorojimas	Duomenų apdorojimas	Duomenų apdorojimas

Priedas Nr. 2

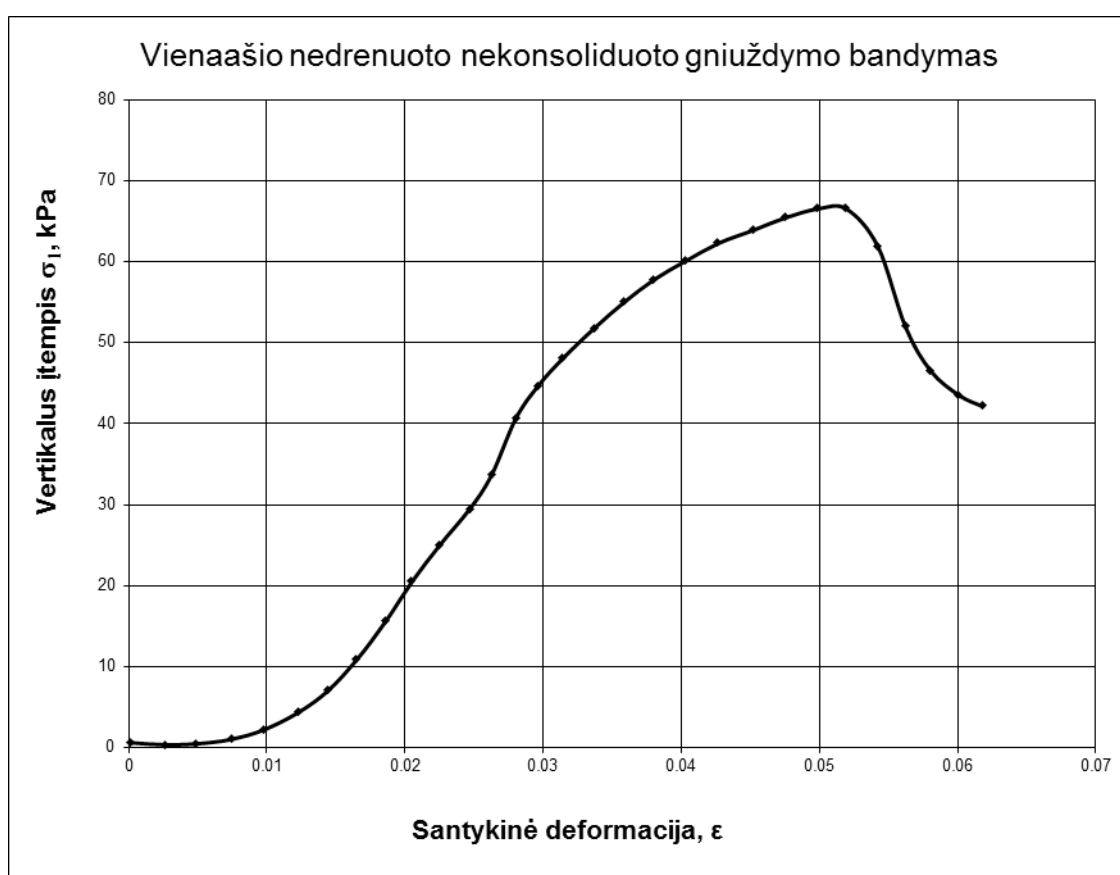
Molio-cemento bandinio geotechninių parametrų kortelės

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 5% Nr. 1					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,664	1,600	0,361

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,487	0,126	2,41	-1,41	66,59	33,29



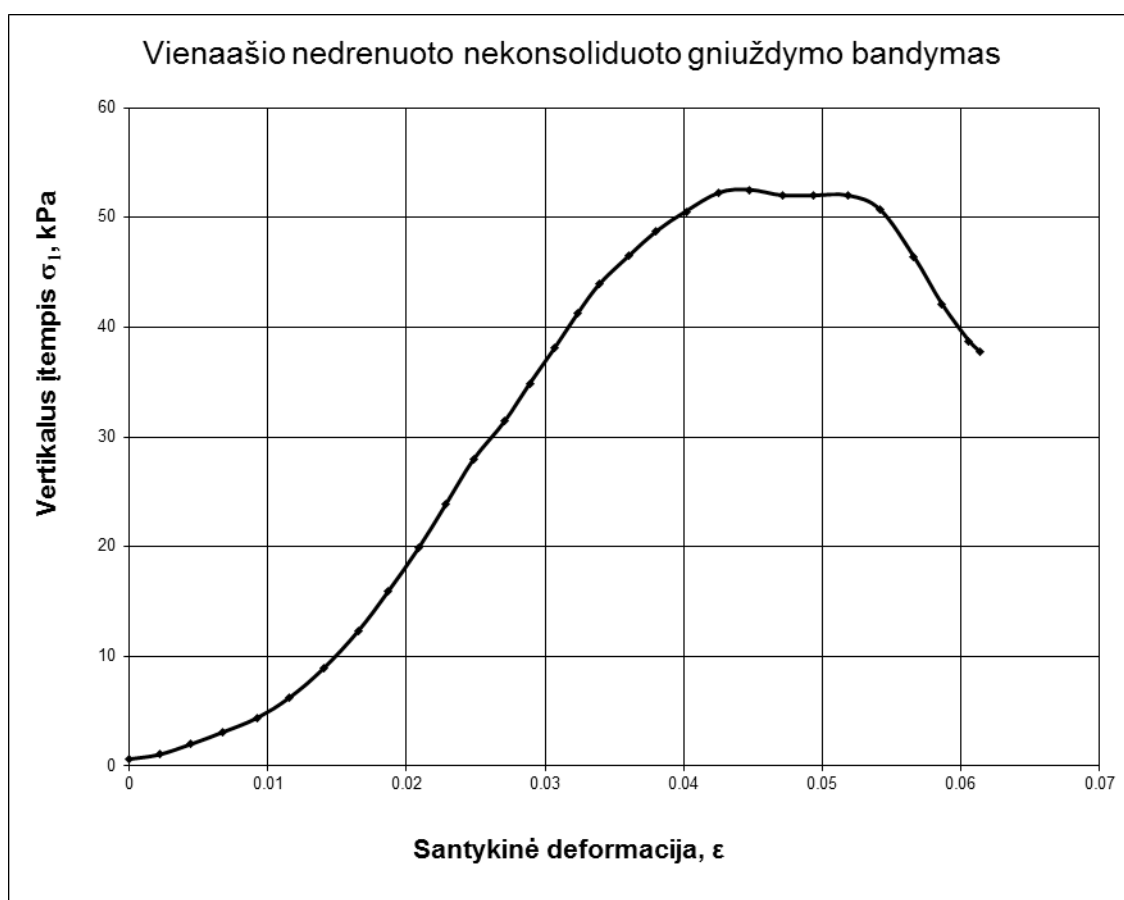
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.01

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 5% Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,664	1,601	0,361

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _C (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,487	0,126	2,41	-1,41	52,51	26,25



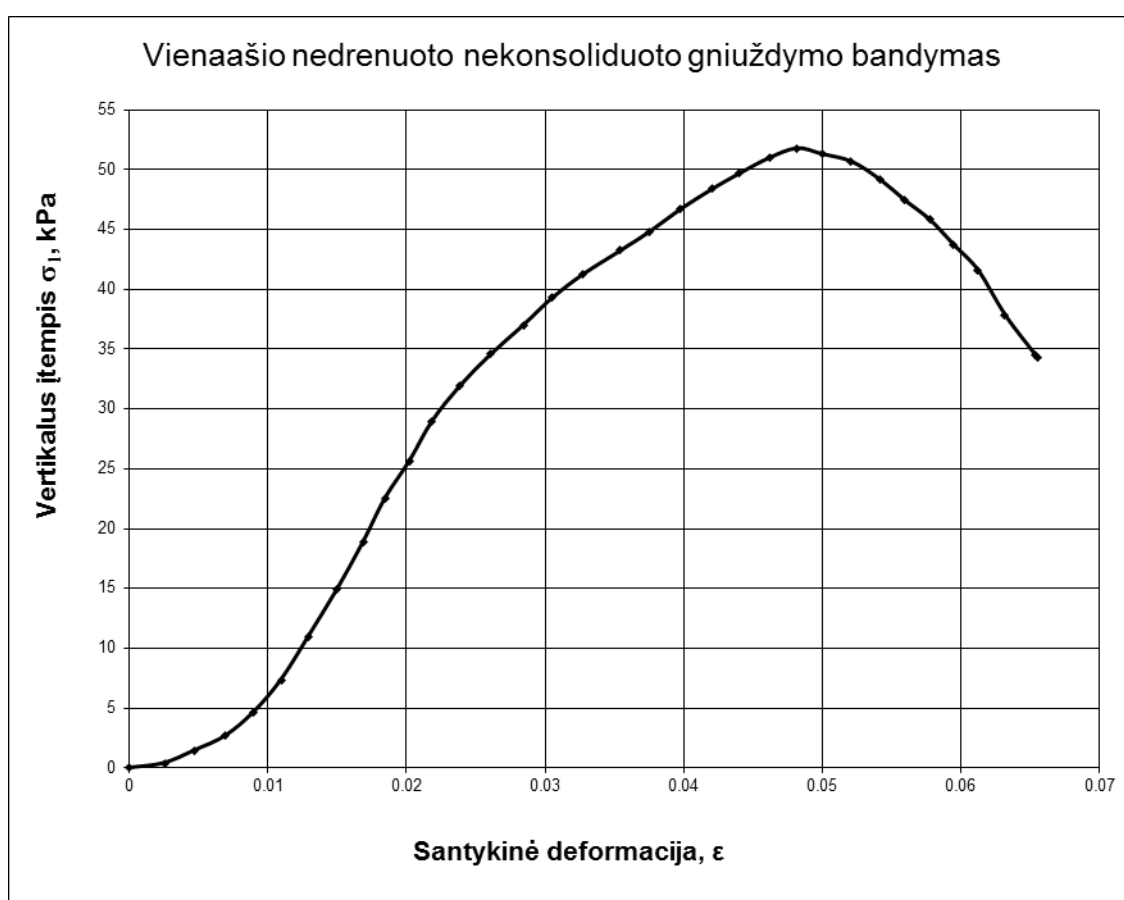
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.01

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 5% Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,664	1,691	0,361

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,487	0,126	2,41	-1,41	51,80	25,90



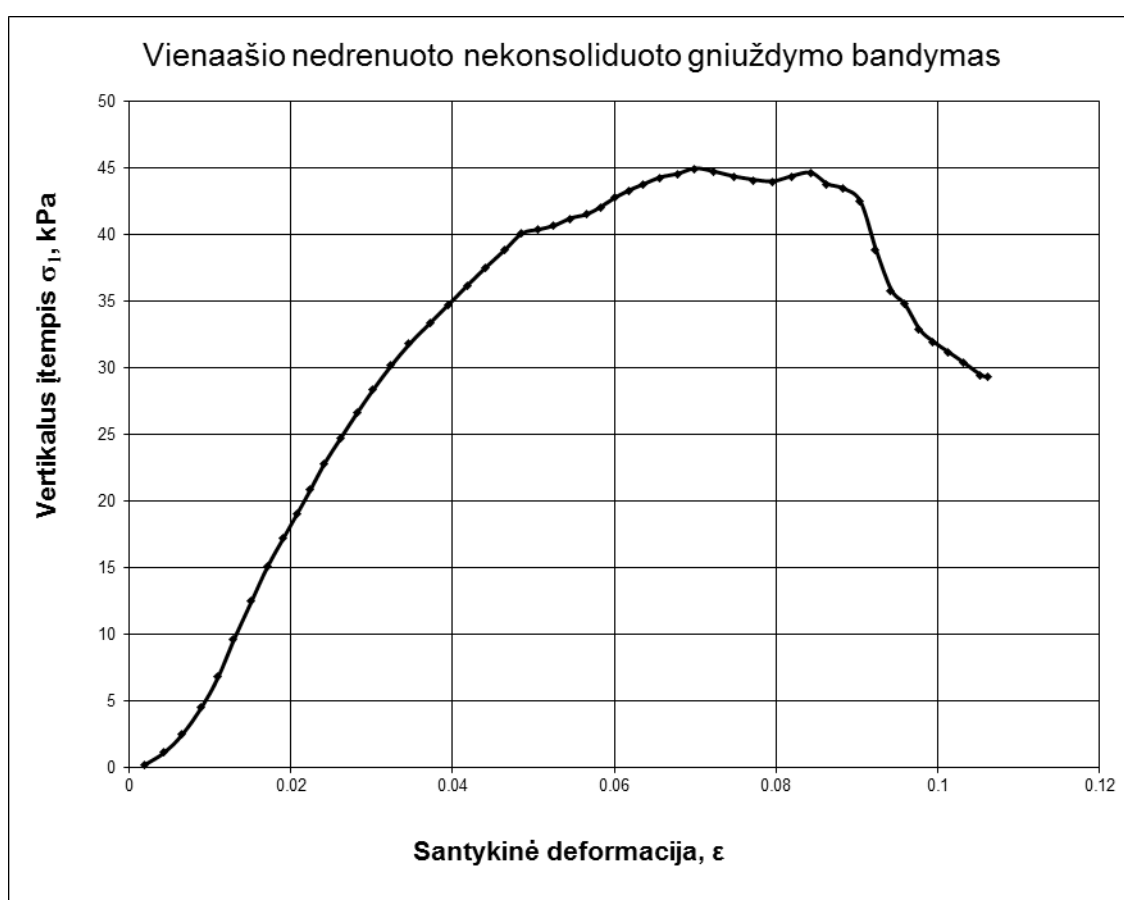
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.01

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 5% Nr. 4					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,664	1,570	0,361

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,487	0,126	2,41	-1,41	44,97	22,48



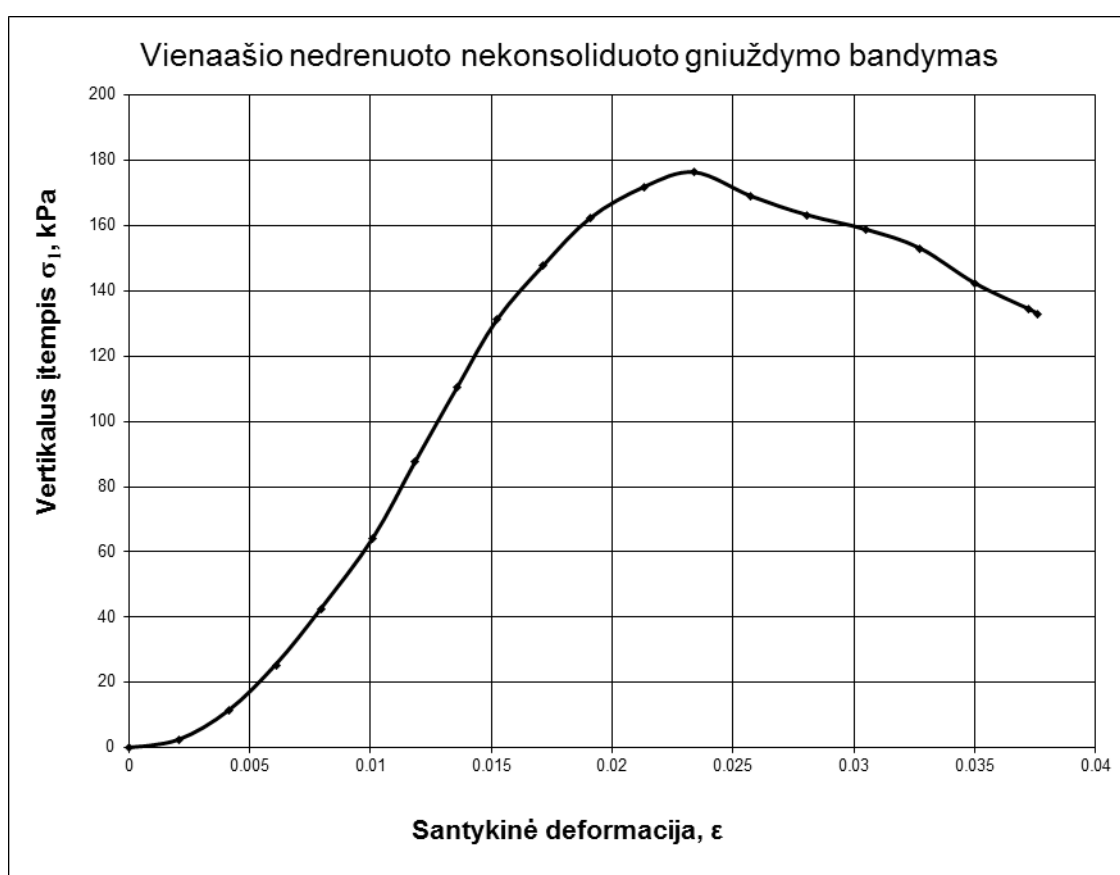
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.01

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 5% Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,633	1,518	0,407

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,550	0,143	1,58	-0,58	176,33	88,17



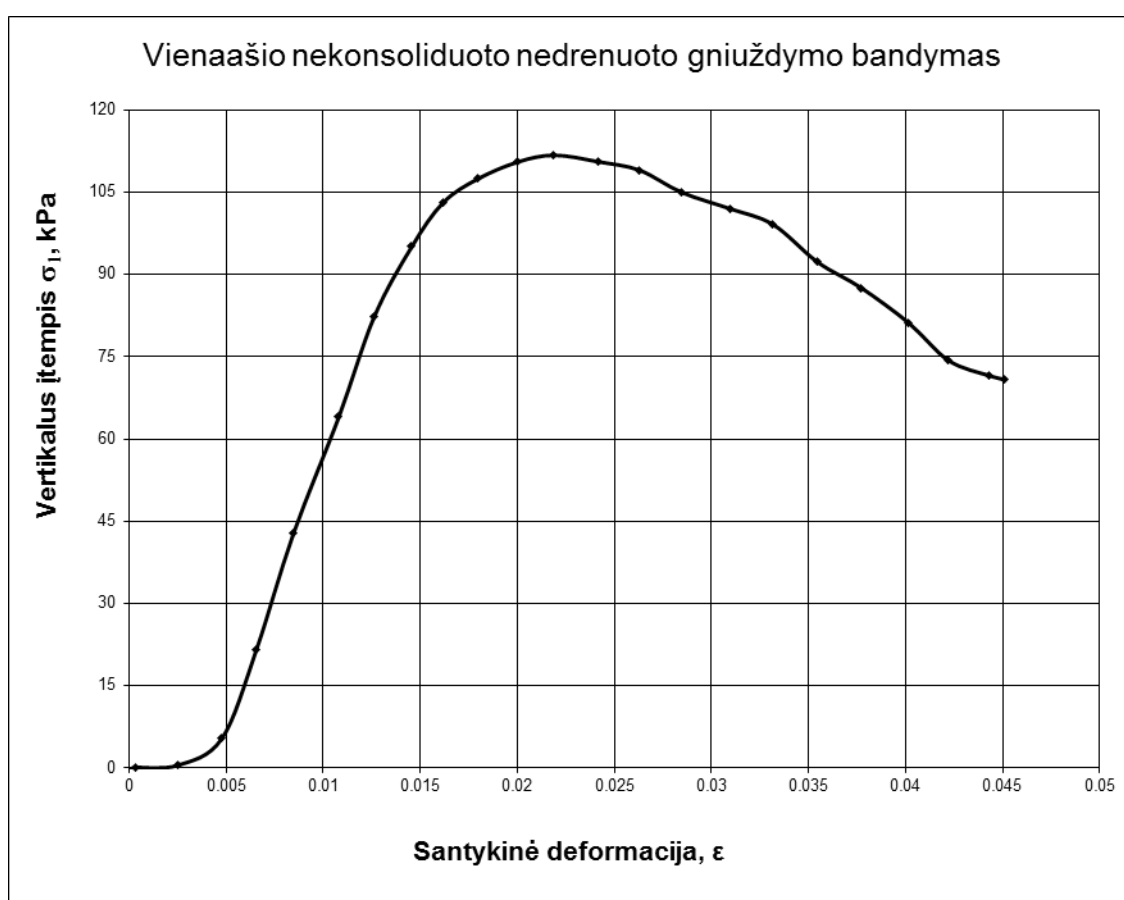
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.12

Molio-cemento bandinio geotechninių parametų kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 5% Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,633	1,558	0,407

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,550	0,143	1,58	-0,58	111,80	55,90



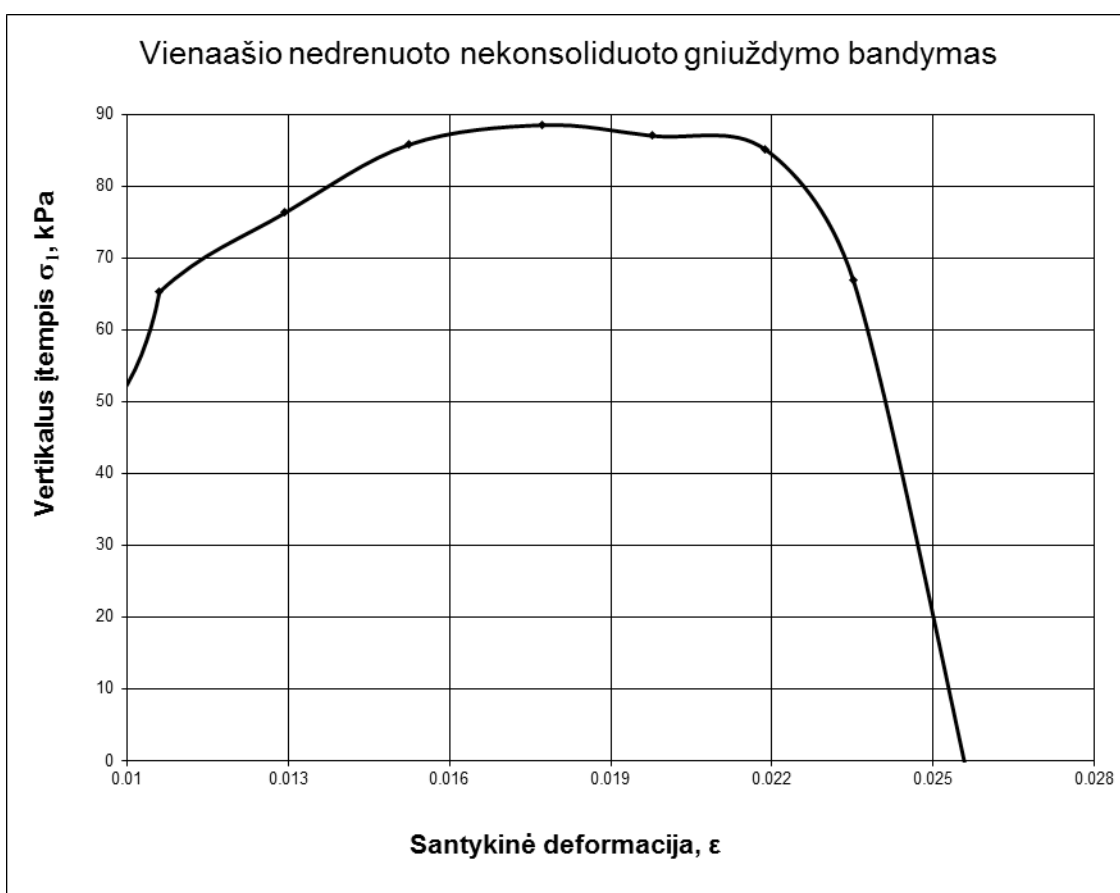
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.12

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 5% Nr. 4					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,633	1,571	0,407

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,550	0,143	1,58	-0,58	88,56	44,28



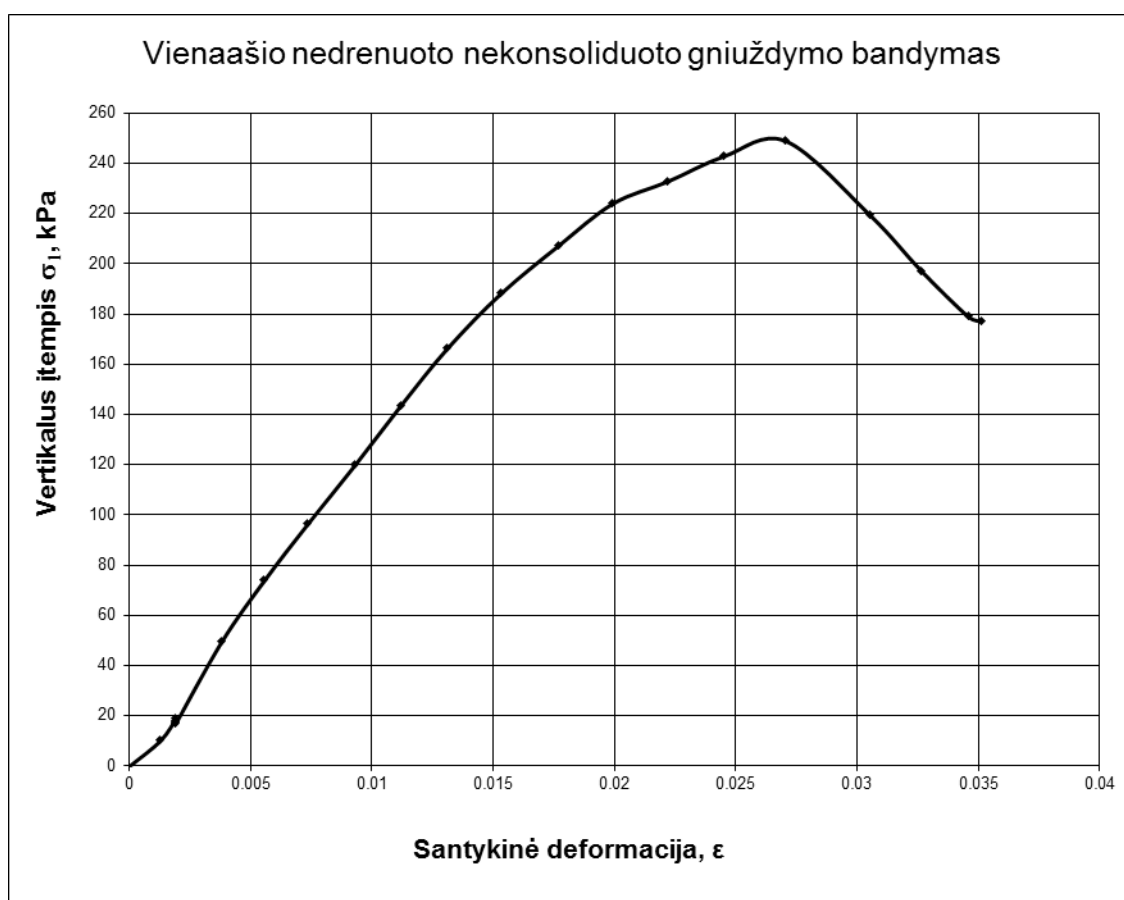
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.12

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 5% Nr. 1					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,649	1,559	0,439

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,556	0,117	1,80	-0,80	249,13	124,56



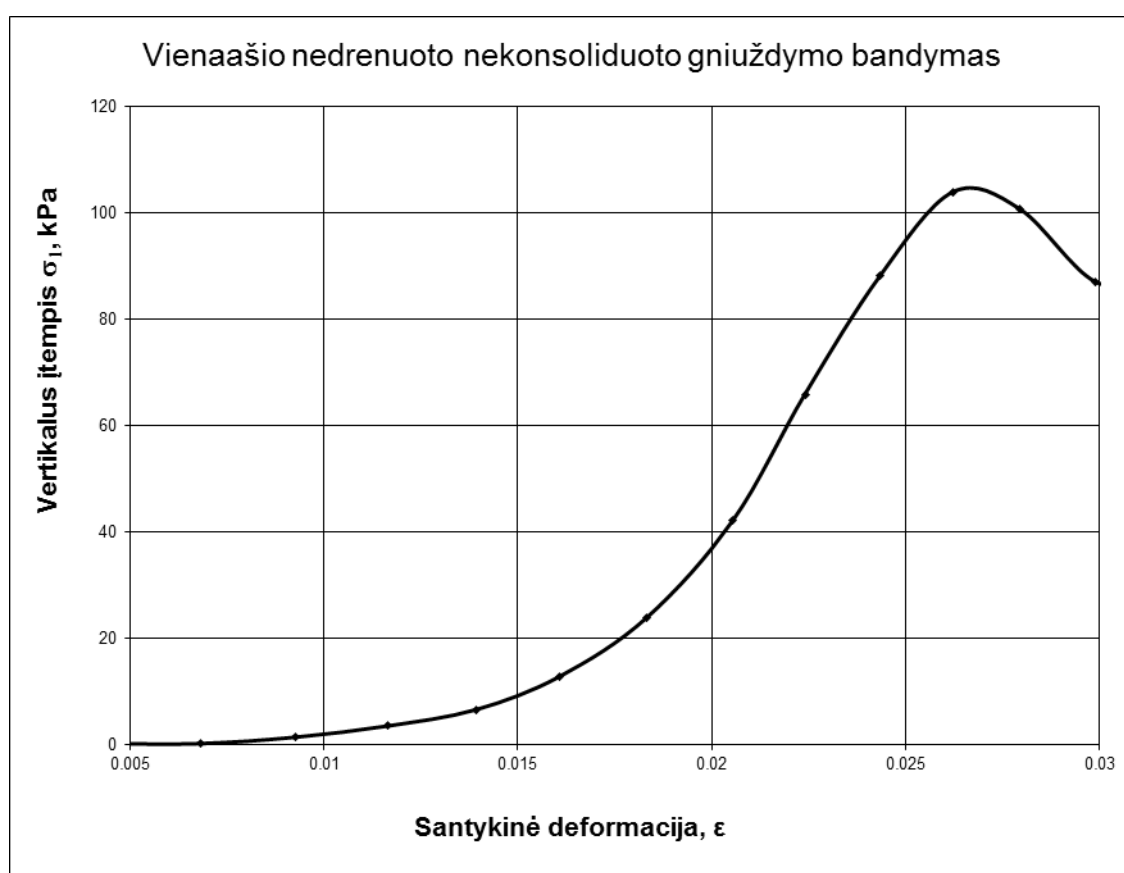
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.24

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 5% Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,649	1,541	0,439

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,556	0,117	1,80	-0,80	103,95	51,97



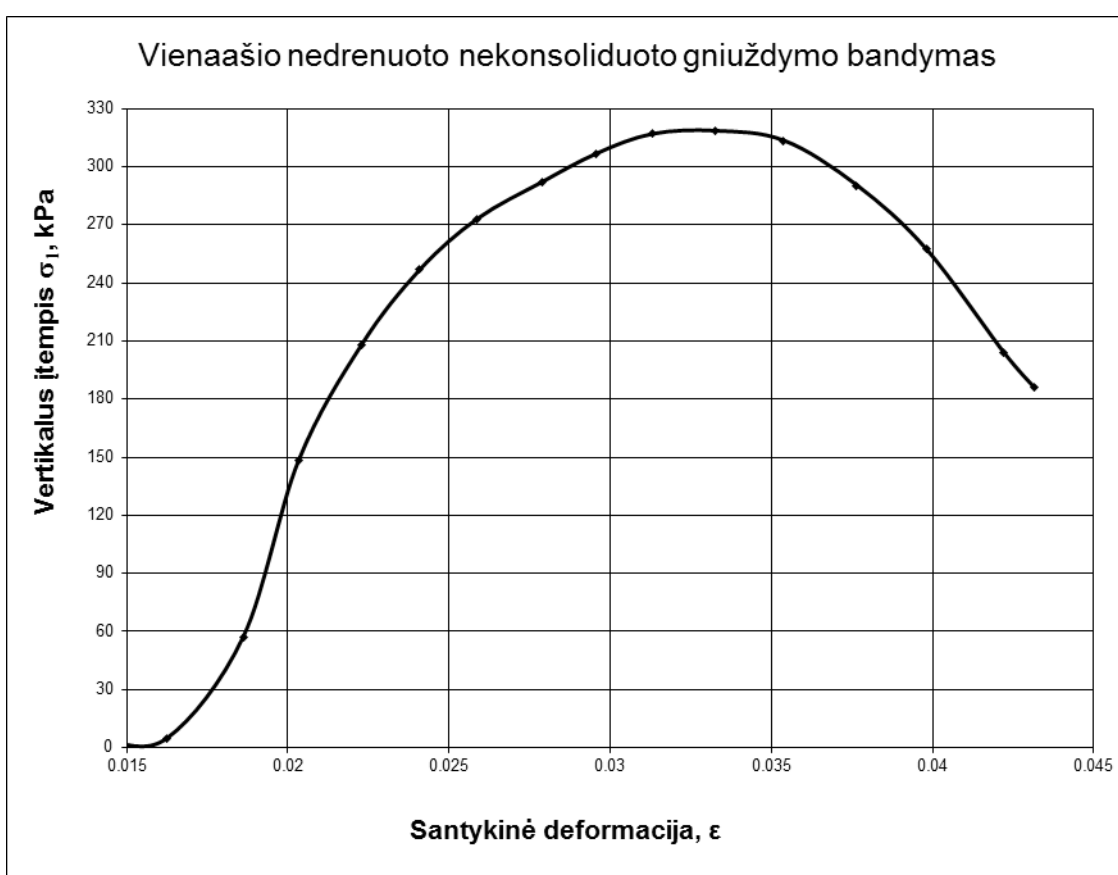
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.24

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 5% Nr. 4					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,649	1,579	0,439

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,556	0,117	1,80	-0,80	318,52	159,26



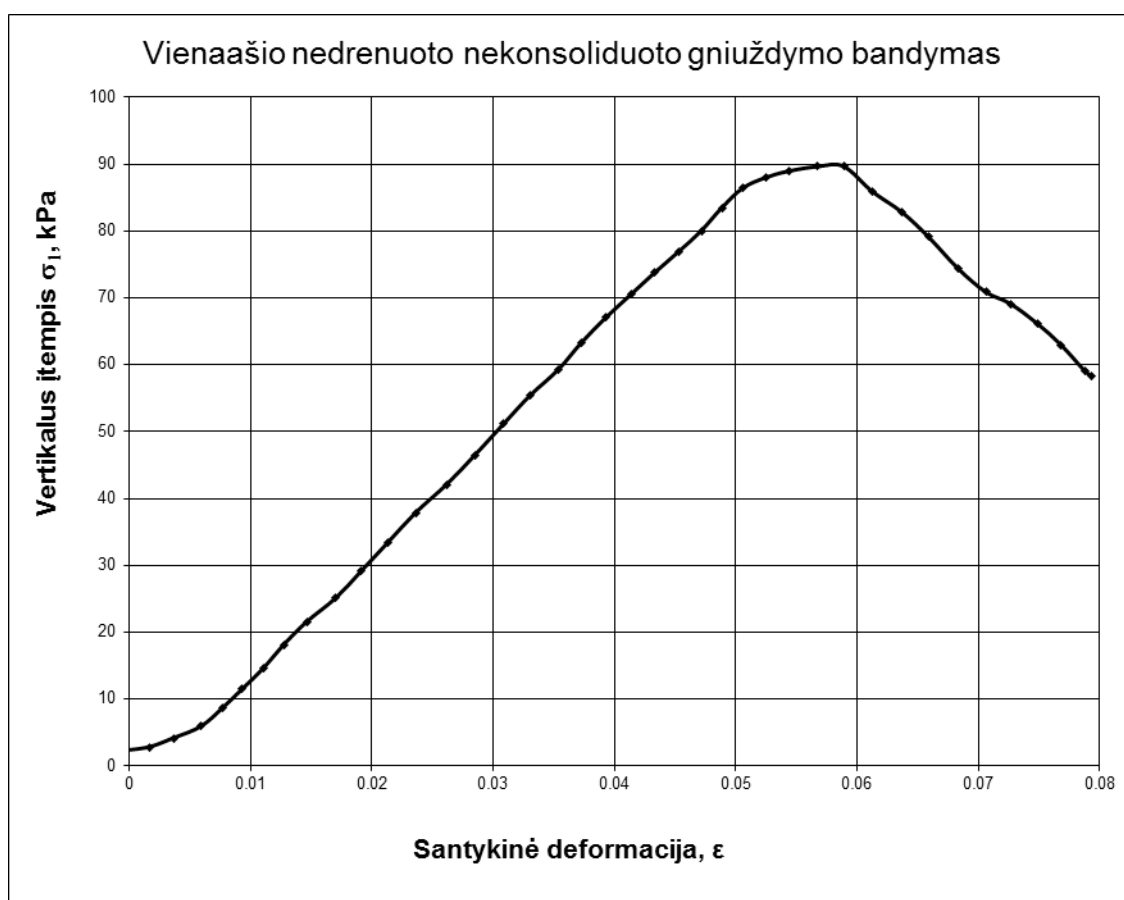
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.24

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 10 % Nr. 1					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,615	1,588	0,404

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,540	0,136	1,55	-0,55	89,68	44,84



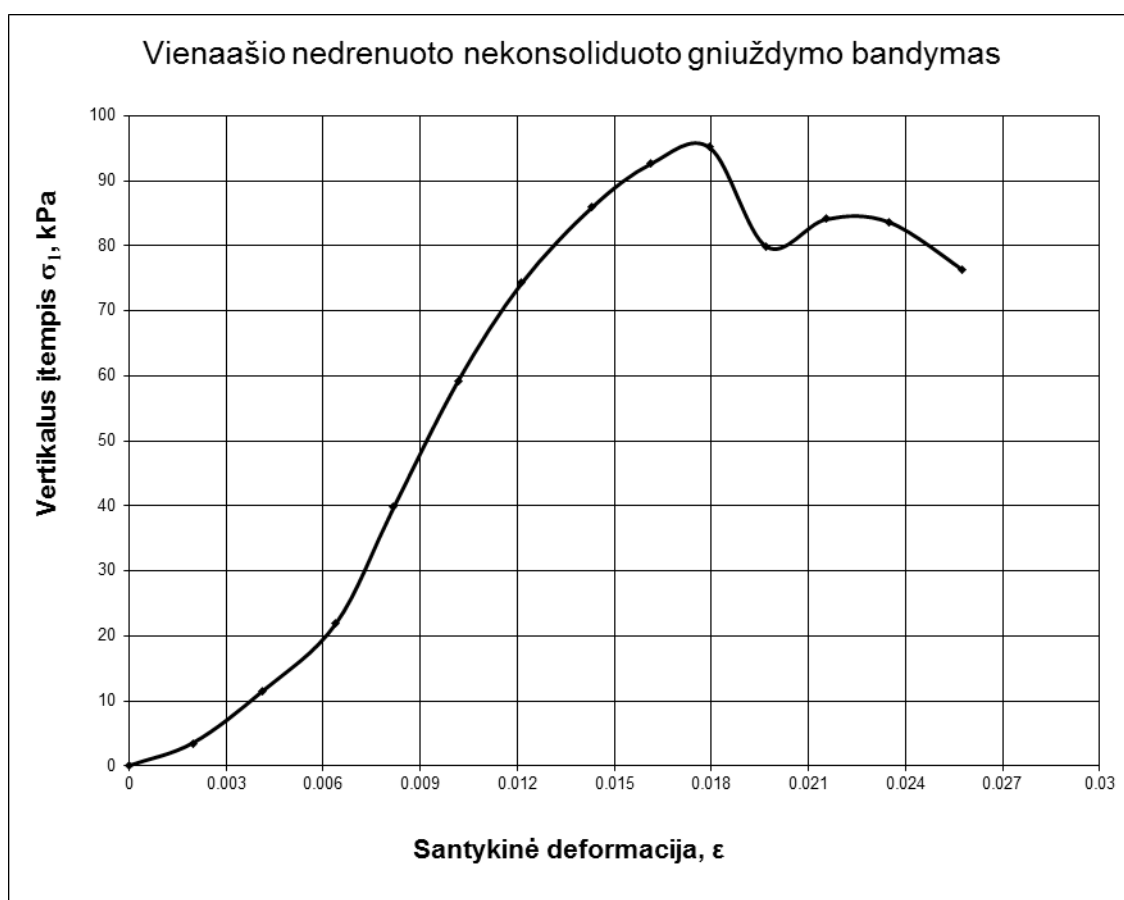
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.05

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 10 % Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,615	1,616	0,404

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,540	0,136	1,55	-0,55	95,18	47,59



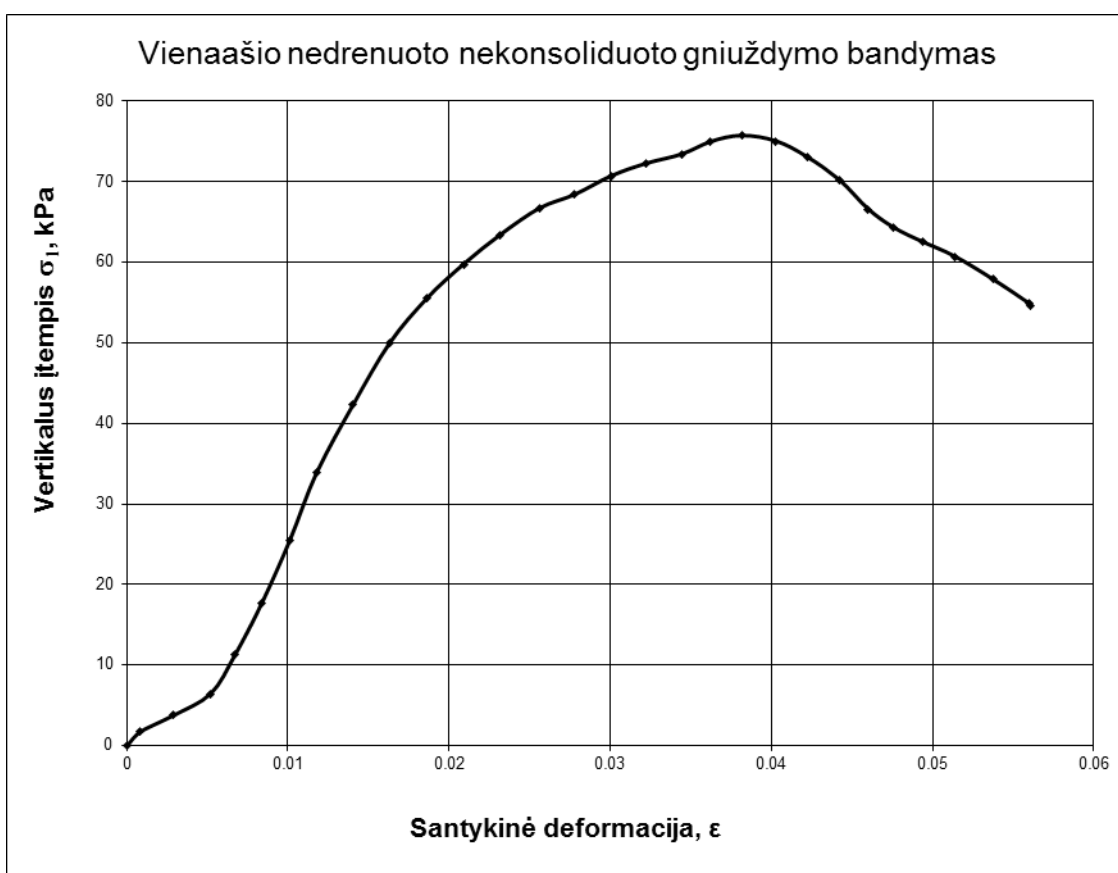
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.05

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 10 % Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,615	1,580	0,404

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,540	0,136	1,55	-0,55	75,71	37,85



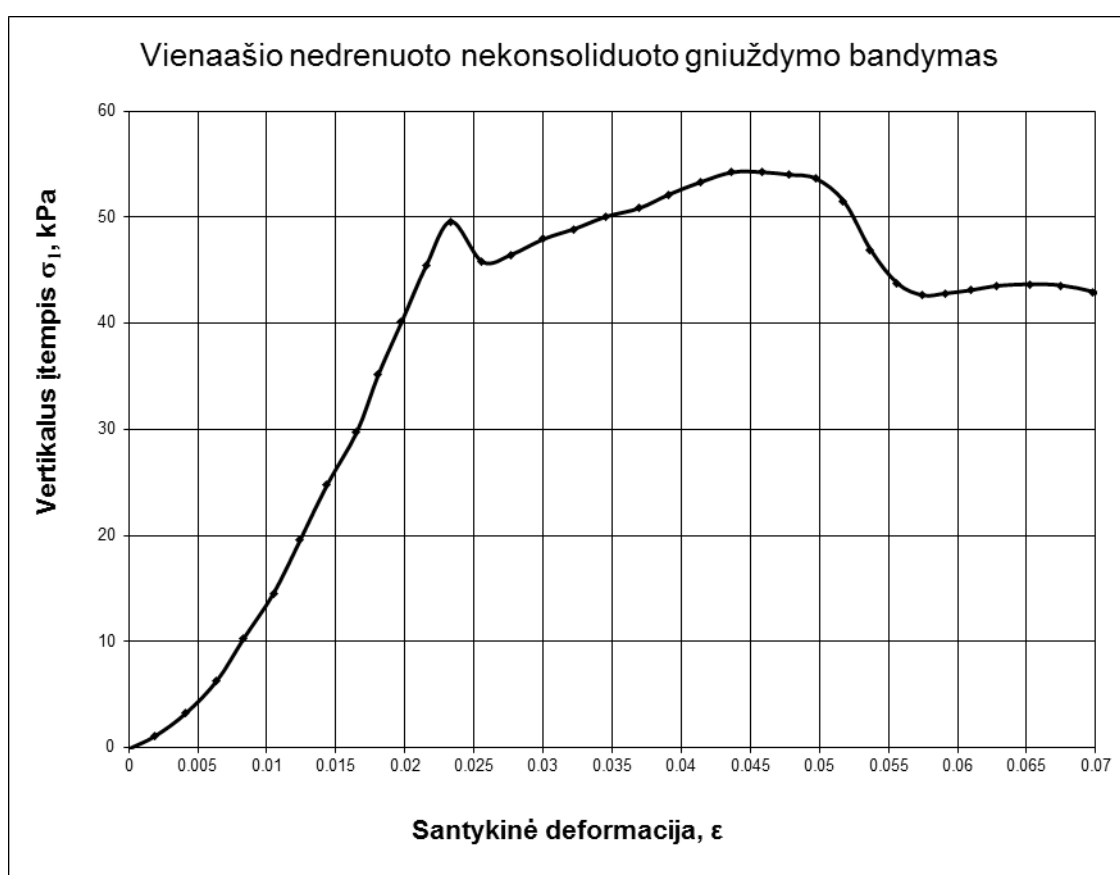
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.05

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 10 % Nr. 4					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,615	1,598	0,404

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,540	0,136	1,55	-0,55	54,24	27,12



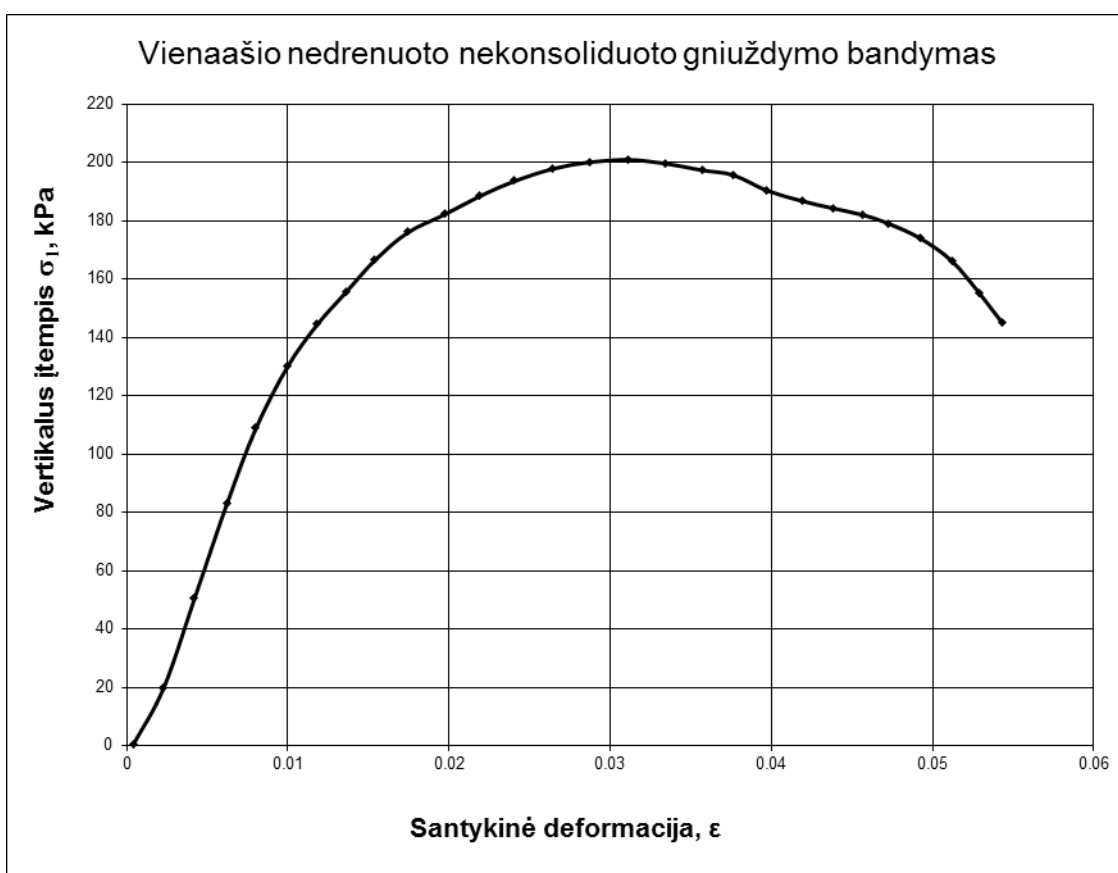
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.05

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 10 % Nr. 1					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,628	1,575	0,389

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,536	0,146	1,63	-0,63	201,02	100,51



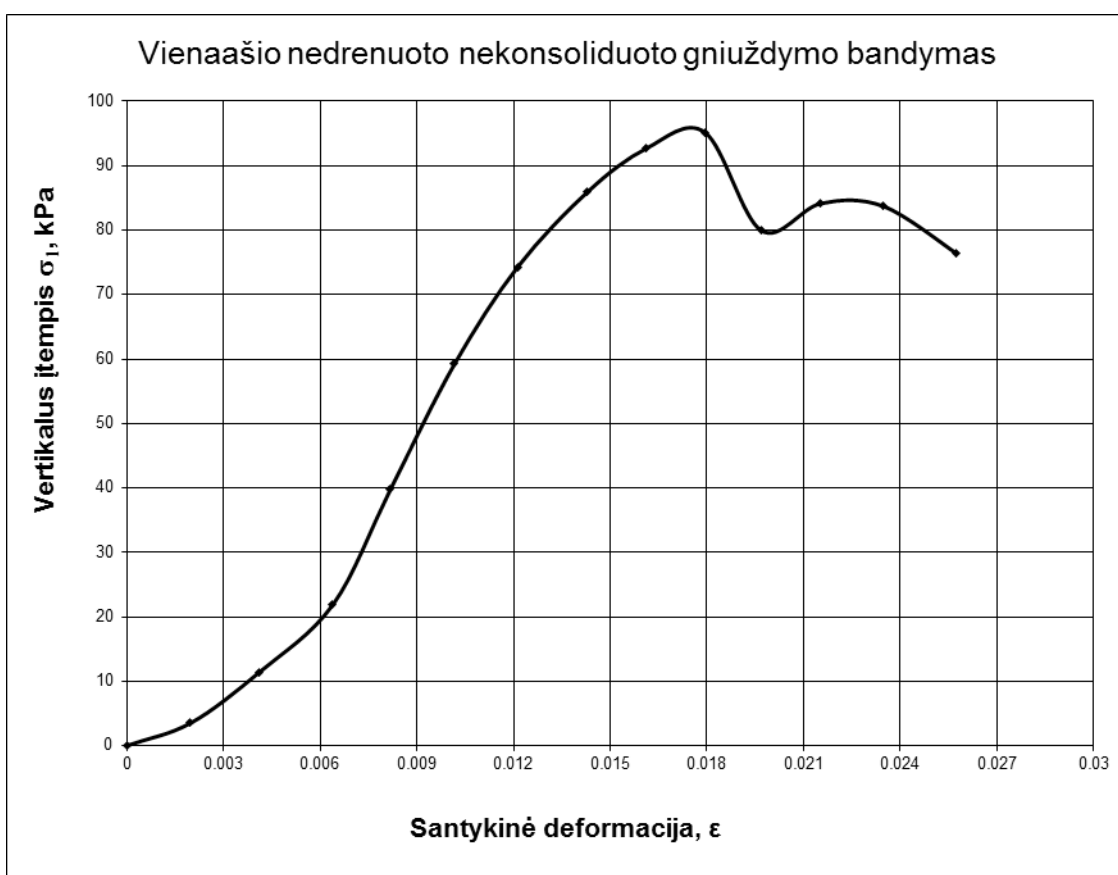
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.17

Molio-cemento bandinio geotechninių parametų kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 10 % Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,628	1,535	0,389

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,536	0,146	1,63	-0,63	95,18	47,59



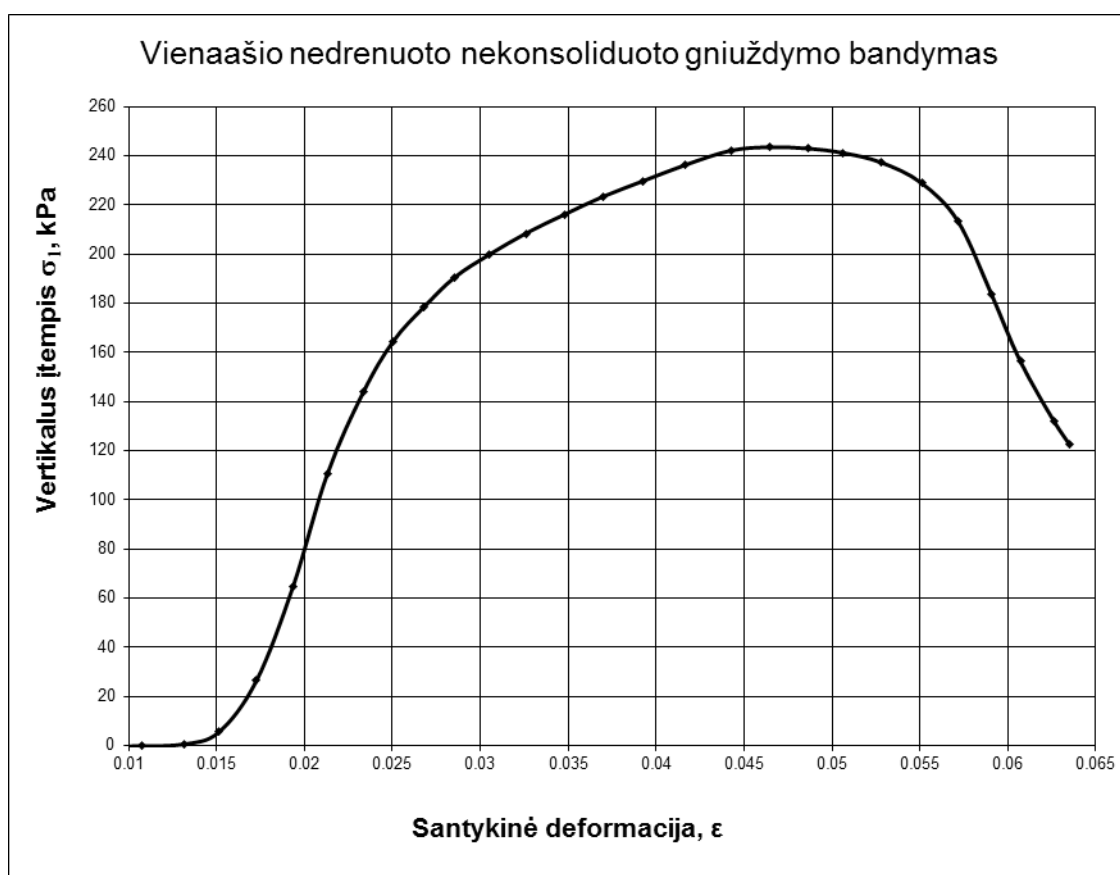
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.17

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 10 % Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,628	1,576	0,389

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,536	0,146	1,63	-0,63	243,42	121,71



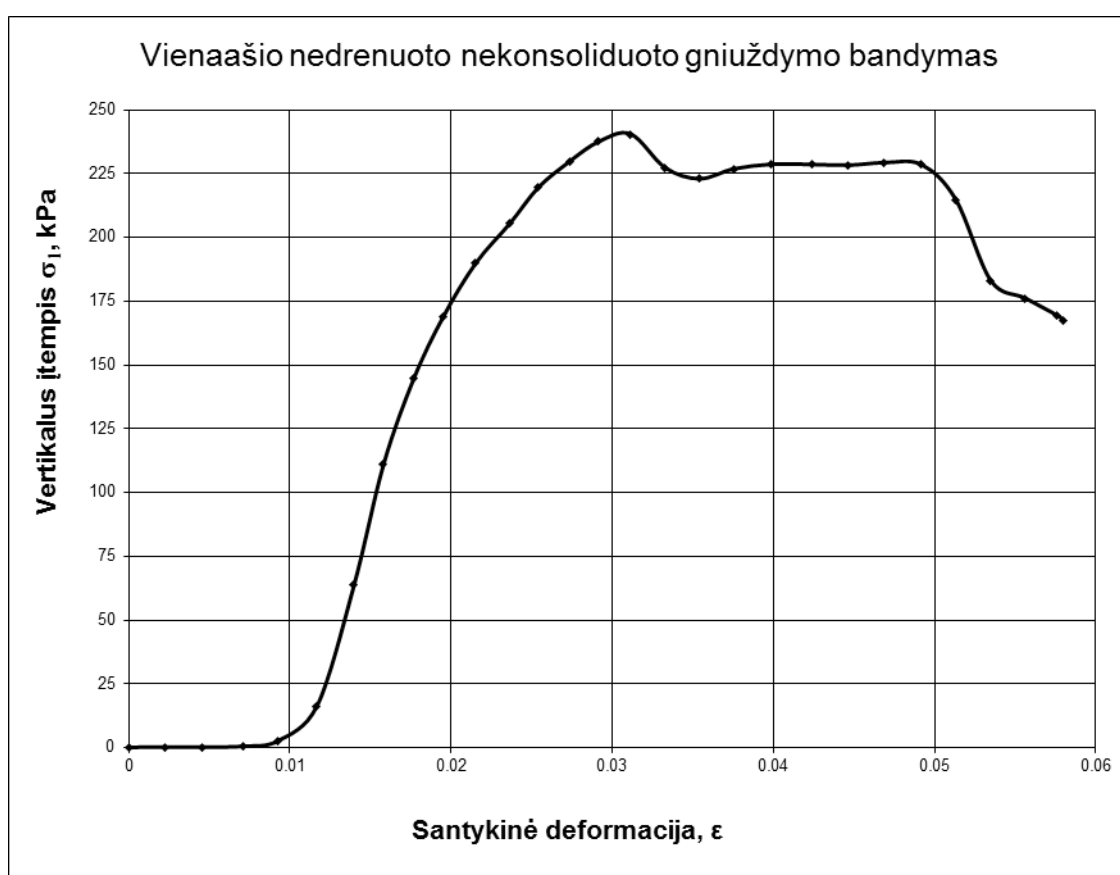
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.17

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 10 % Nr. 1					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,634	1,497	0,379

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,500	0,121	2,11	-1,11	240,55	120,28



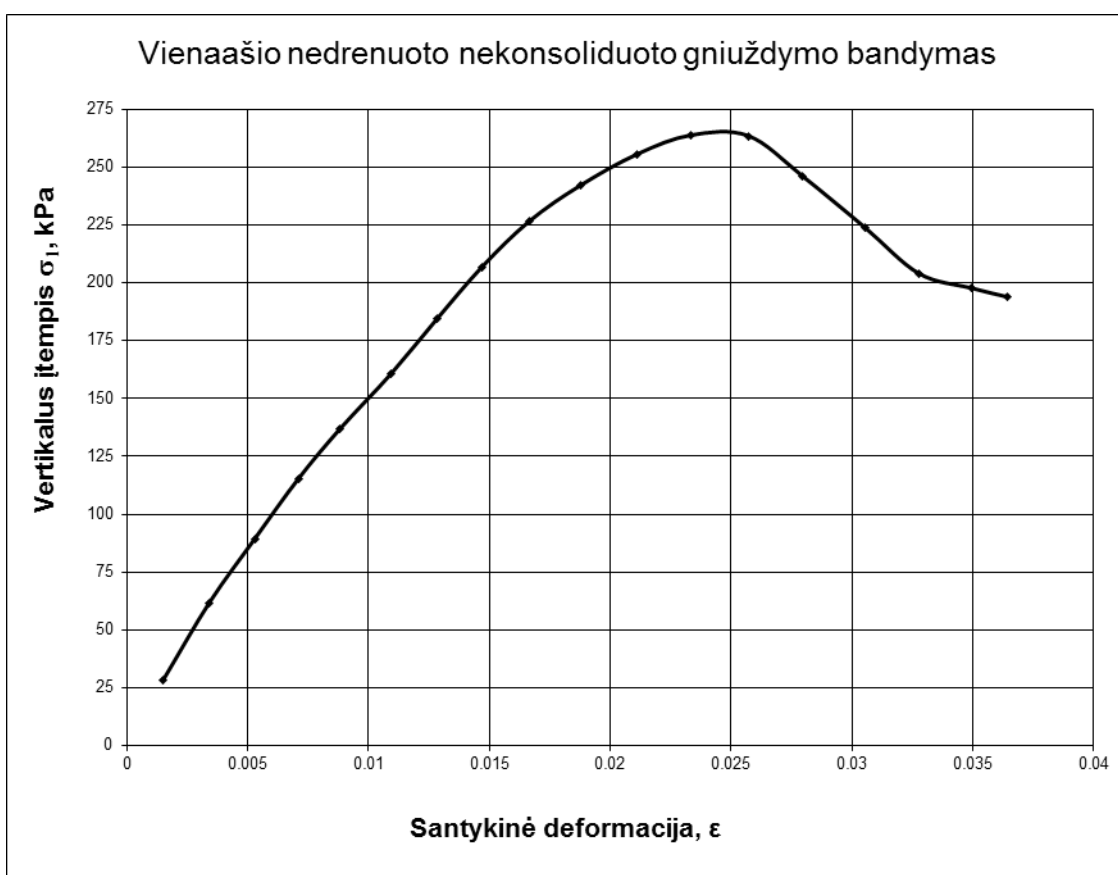
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.29

Molio-cemento bandinio geotechninių parametų kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 10 % Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,634	1,566	0,379

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,500	0,121	2,11	-1,11	263,72	131,86



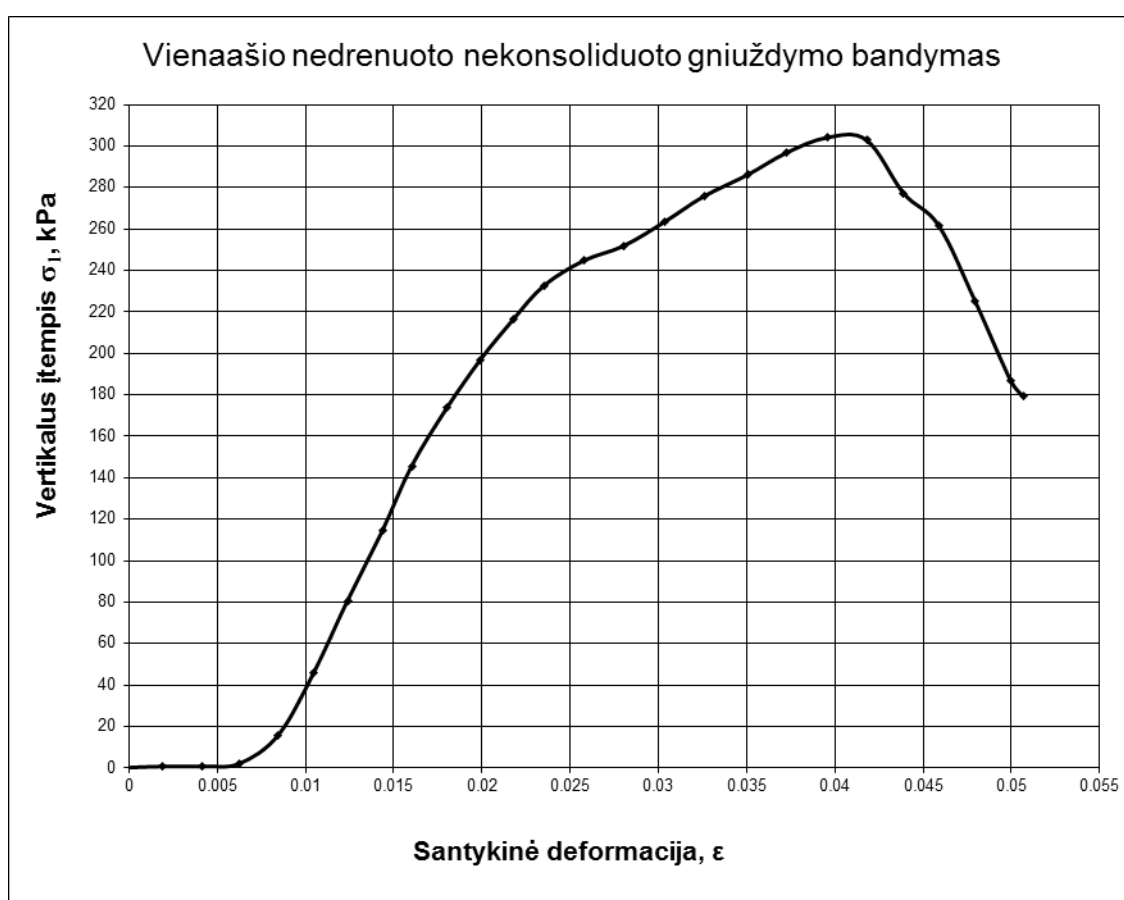
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.29

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 10 % Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,634	1,583	0,379

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,500	0,121	2,11	-1,11	304,20	152,10



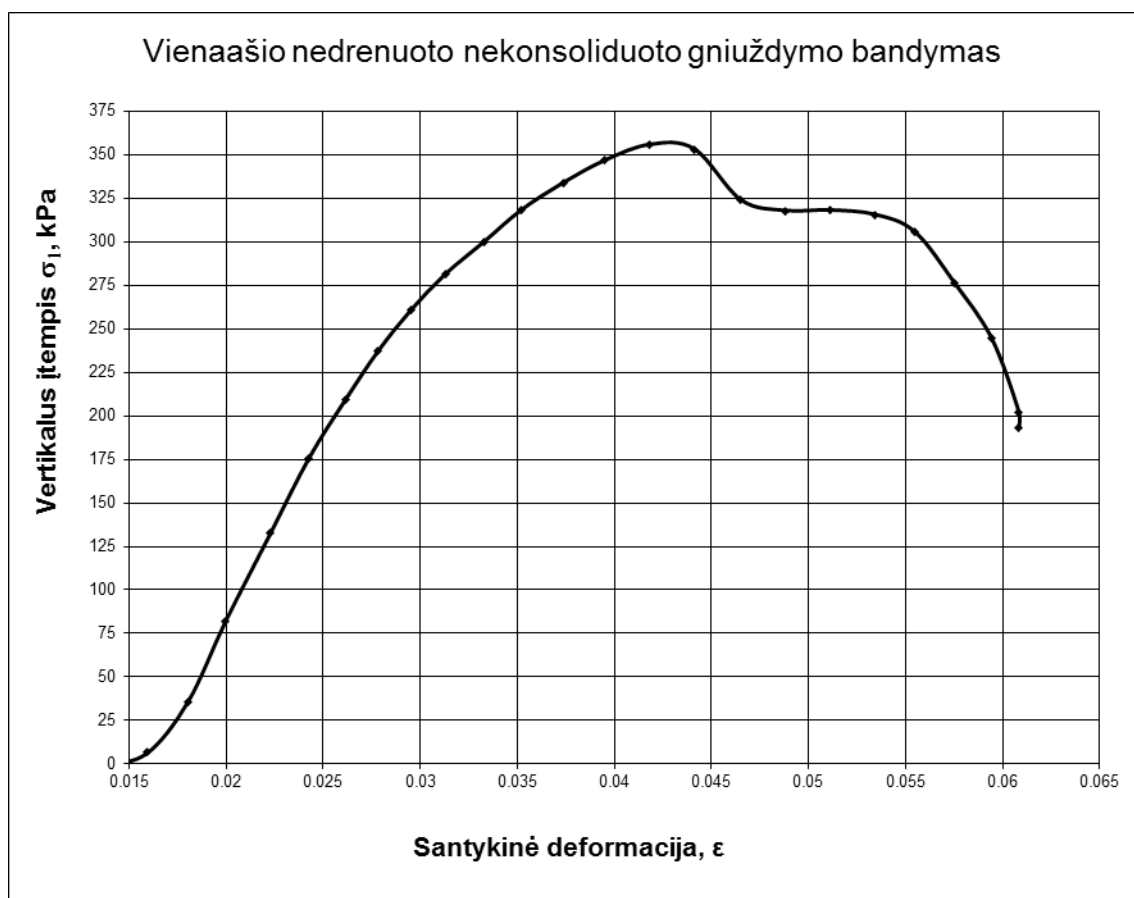
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.29

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 10 % Nr. 5					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,634	1,593	0,379

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,500	0,121	2,11	-1,11	355,75	177,87



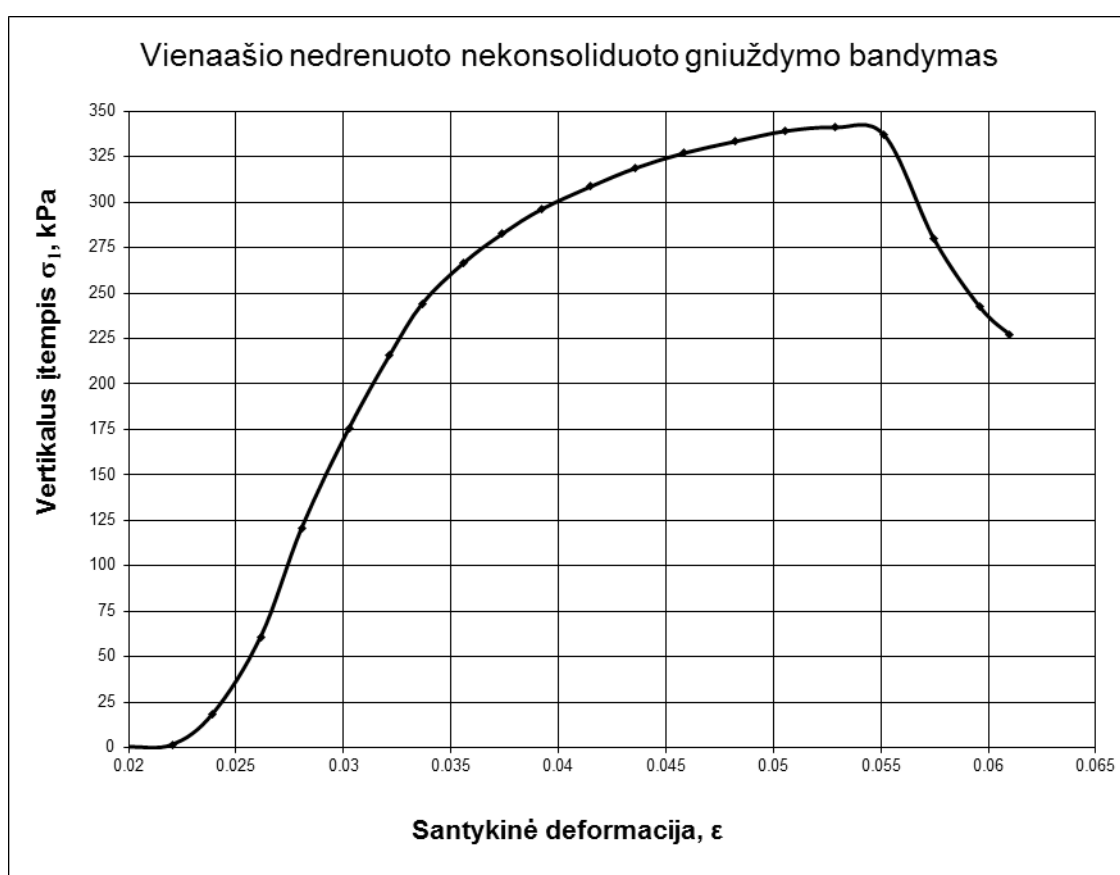
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.29

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 10 % Nr. 6					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,634	1,583	0,379

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,500	0,121	2,11	-1,11	341,39	170,69



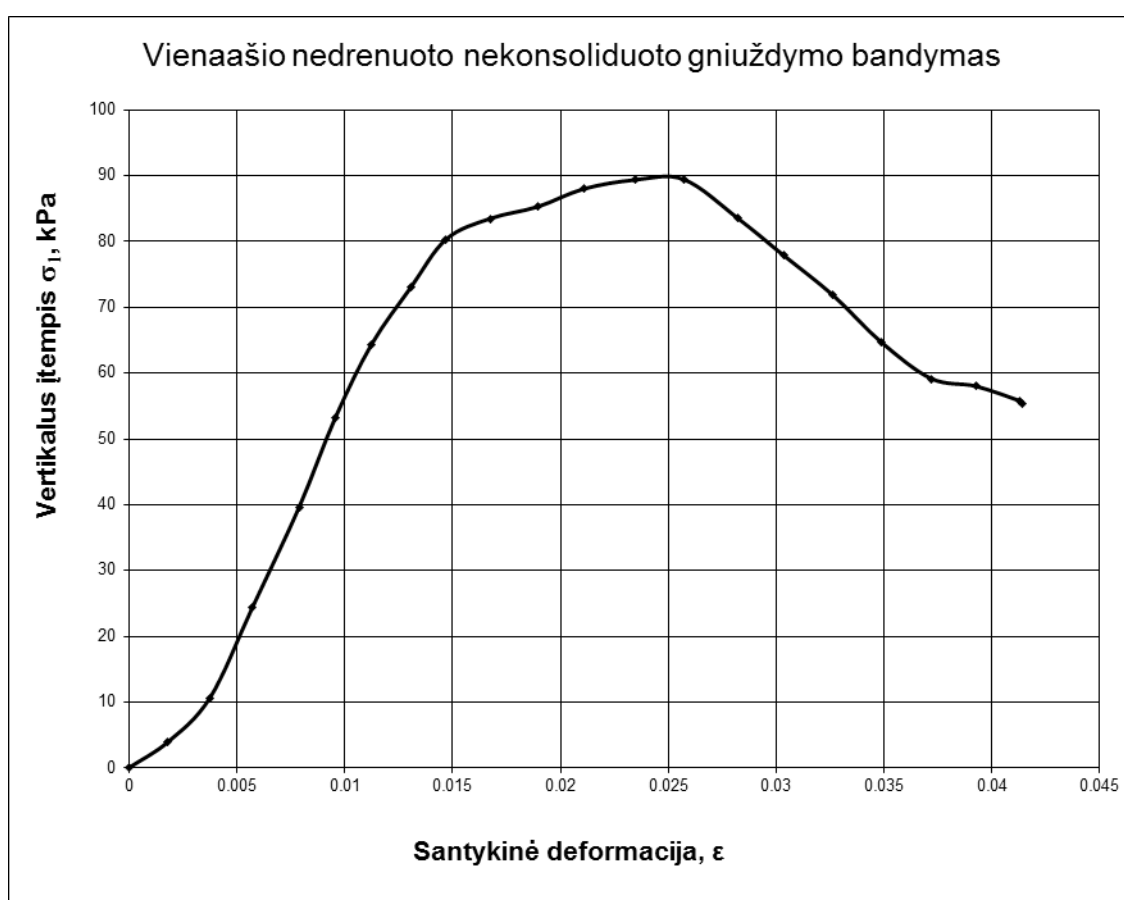
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.29

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 15 % Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,619	1,573	0,426

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,558	0,133	1,46	-0,46	89,42	44,71



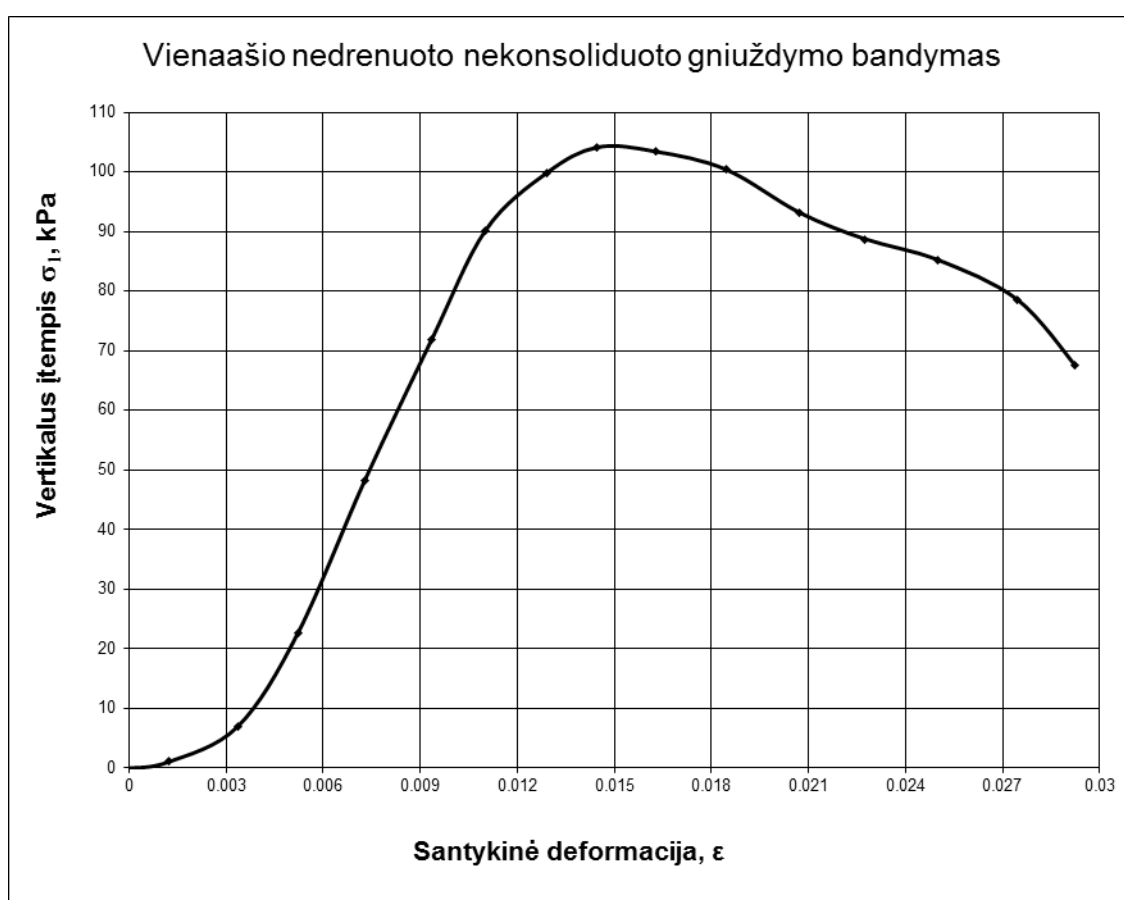
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.06

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 15 % Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,619	1,559	0,426

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,558	0,133	1,46	-0,46	104,13	52,07



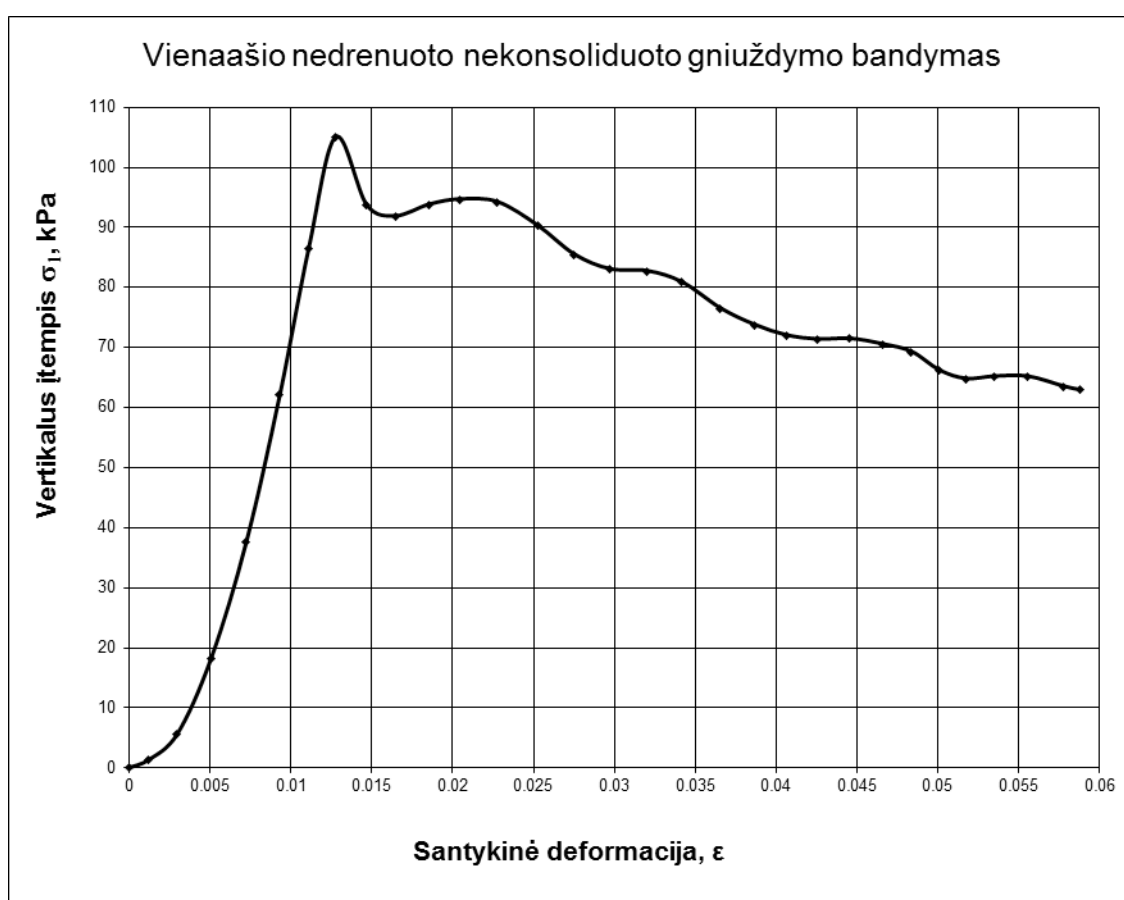
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.06

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
I 15 % Nr. 4					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,619	1,566	0,426

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,558	0,133	1,46	-0,46	104,99	52,50



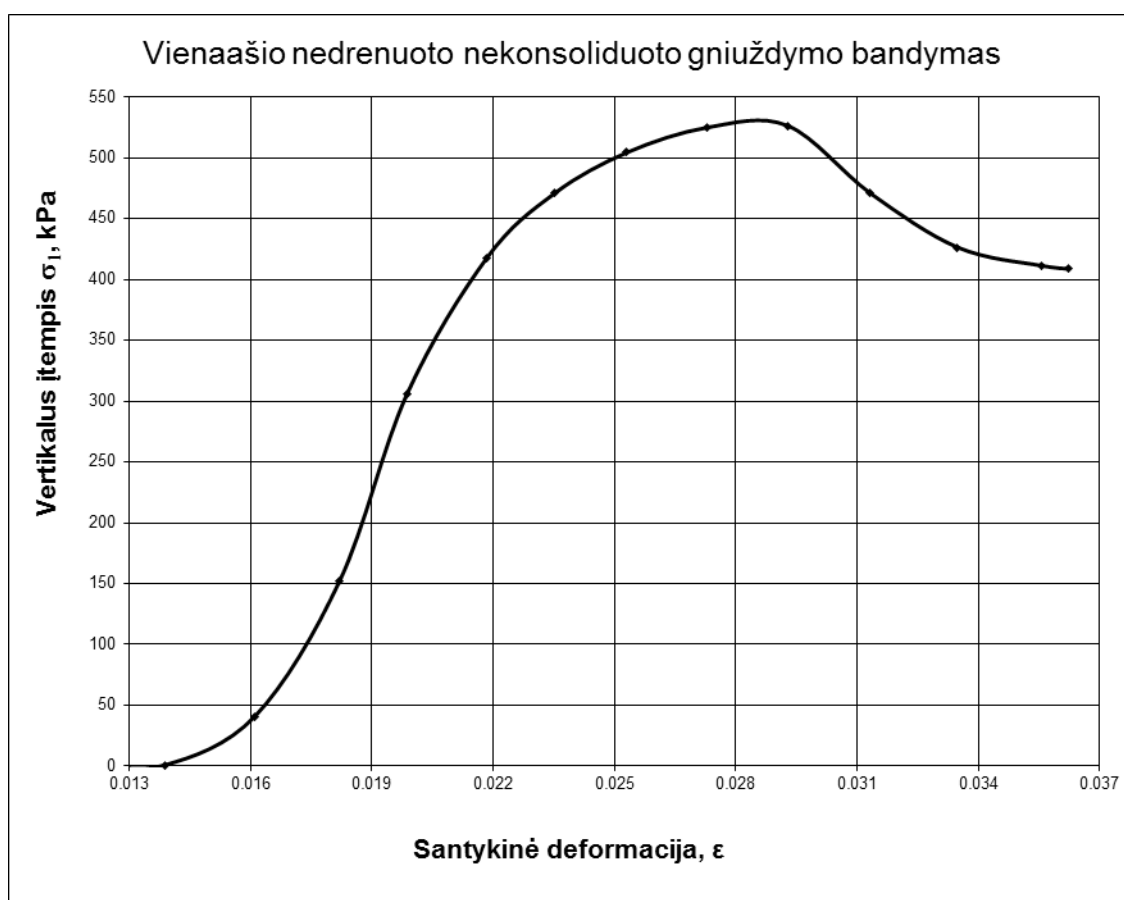
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.06

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 15 % Nr. 1					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,591	1,591	0,482

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,594	0,111	0,97	0,03	526,61	263,30



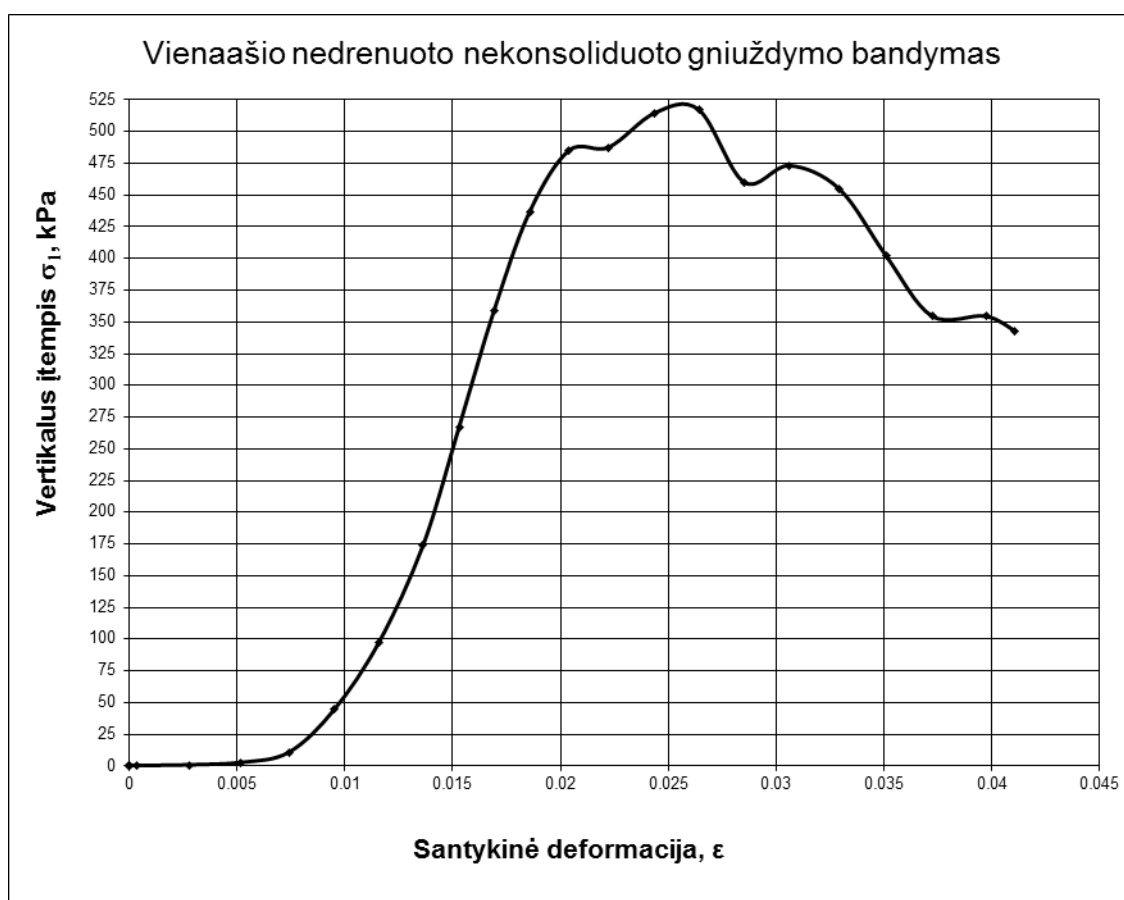
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.18

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 15 % Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,591	1,540	0,482

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,594	0,111	0,97	0,03	517,14	258,57



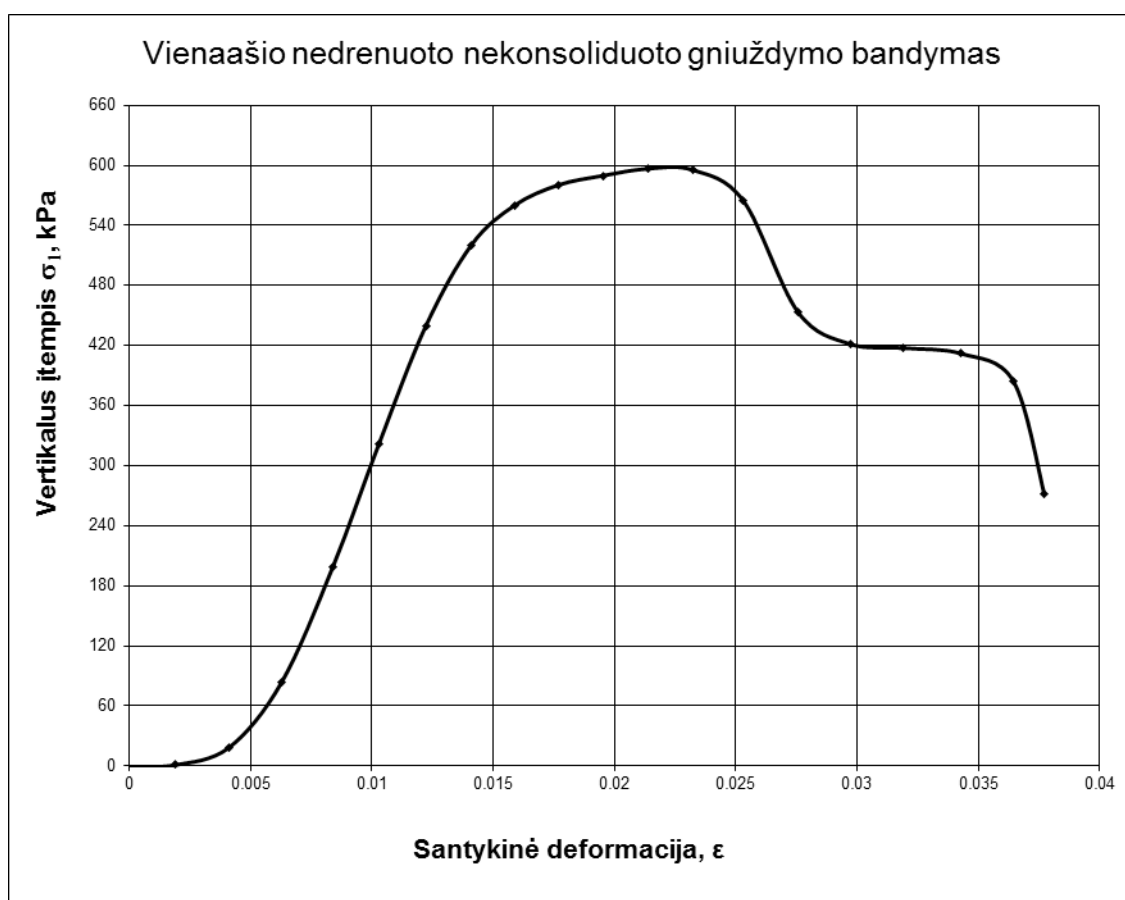
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.18

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
II 15 % Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,591	1,575	0,482

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,594	0,111	0,97	0,03	596,37	289,19



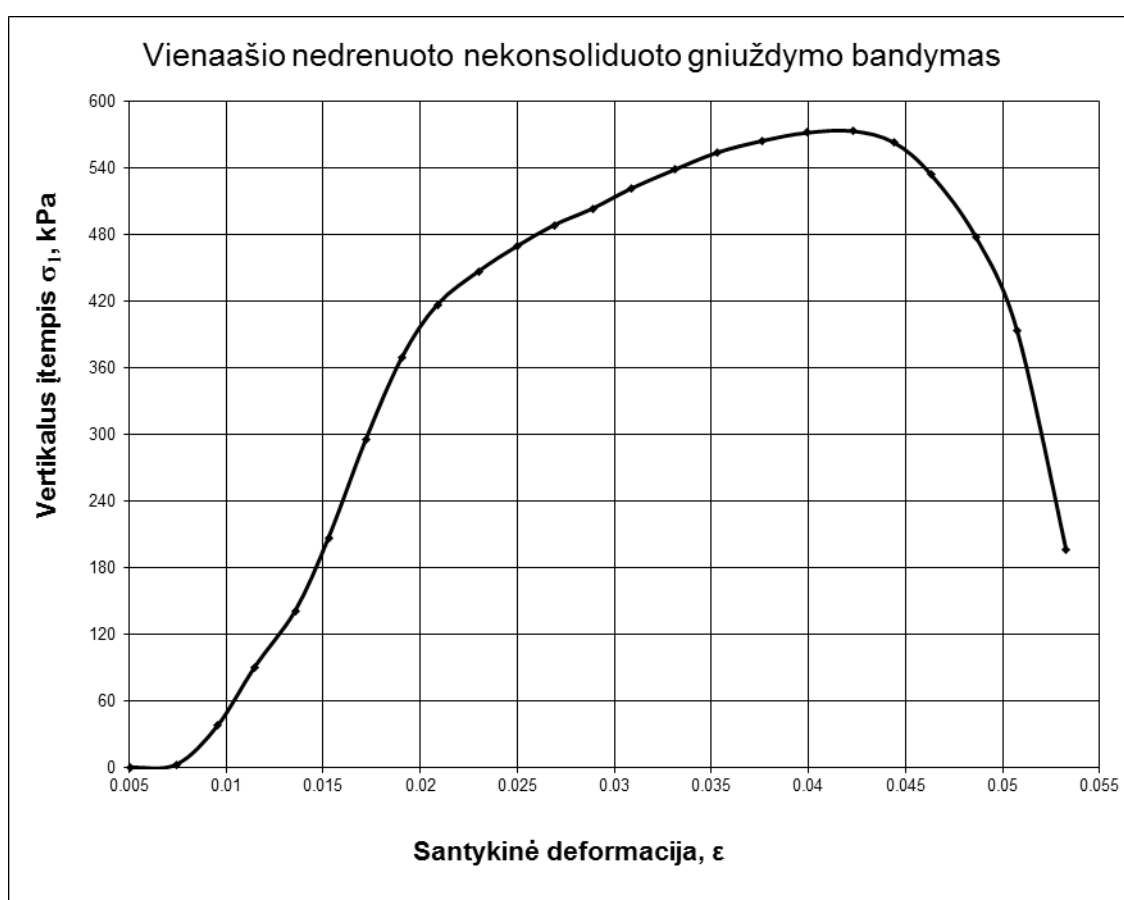
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.18

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas	
II 15 % Nr. 4	

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,591	1,586	0,482

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _u (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _u (kPa)
0,594	0,111	0,97	0,03	573,83	286,91



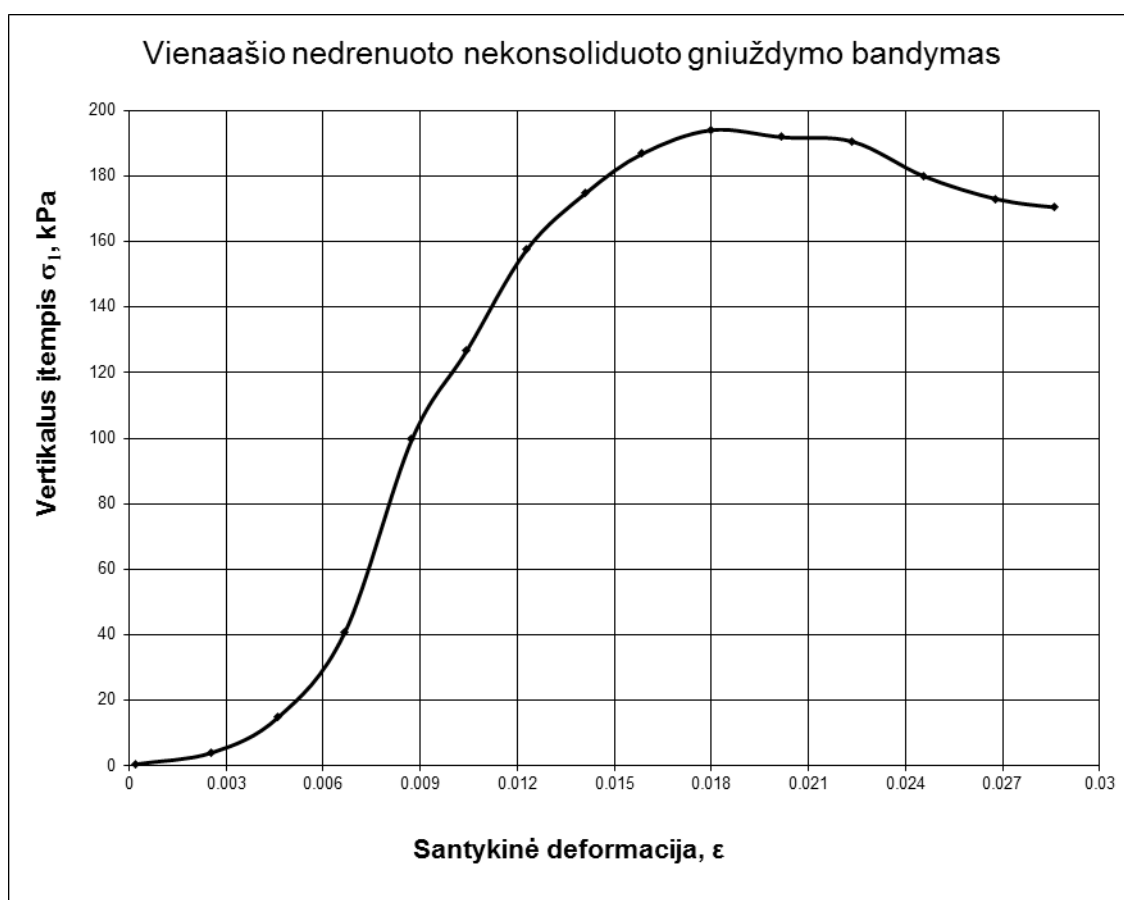
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.18

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 15 % Nr. 1					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,612	1,512	0,422

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas c _U (kPa)
0,553	0,131	1,45	-0,45	194,08	97,04



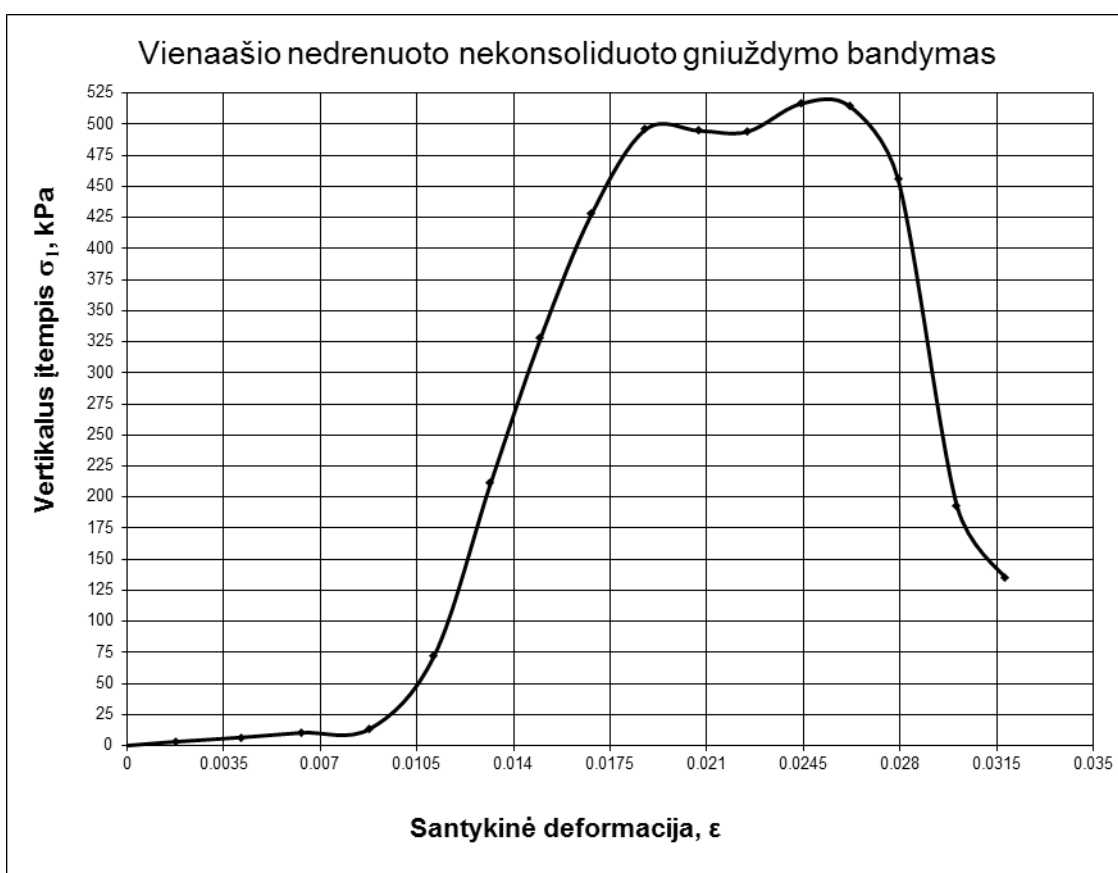
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.30

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 15 % Nr. 2					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,612	1,590	0,422

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždam q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas C _U (kPa)
0,553	0,131	1,45	-0,45	517,03	258,51



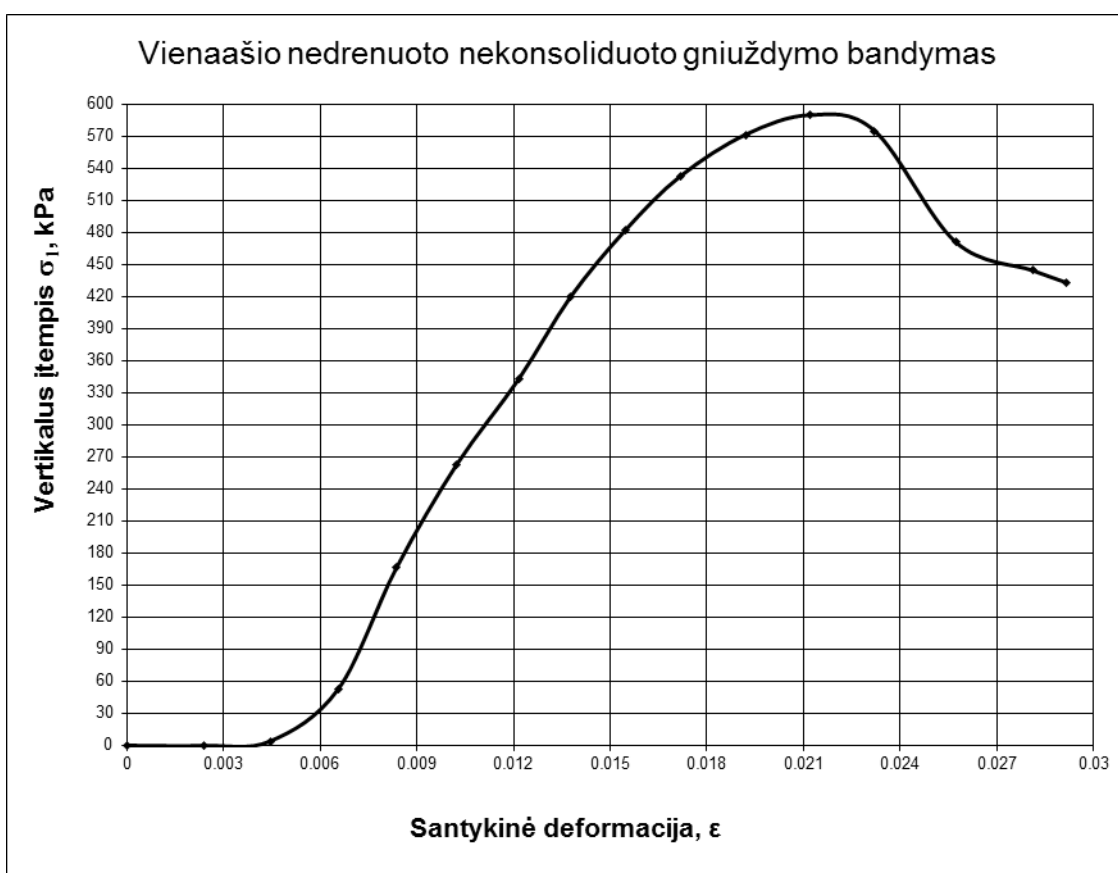
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.30

Molio-cemento bandinio geotechninių parametų kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 15 % Nr. 3					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,612	1,581	0,422

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas C _U (kPa)
0,553	0,131	1,45	-0,45	589,54	294,77



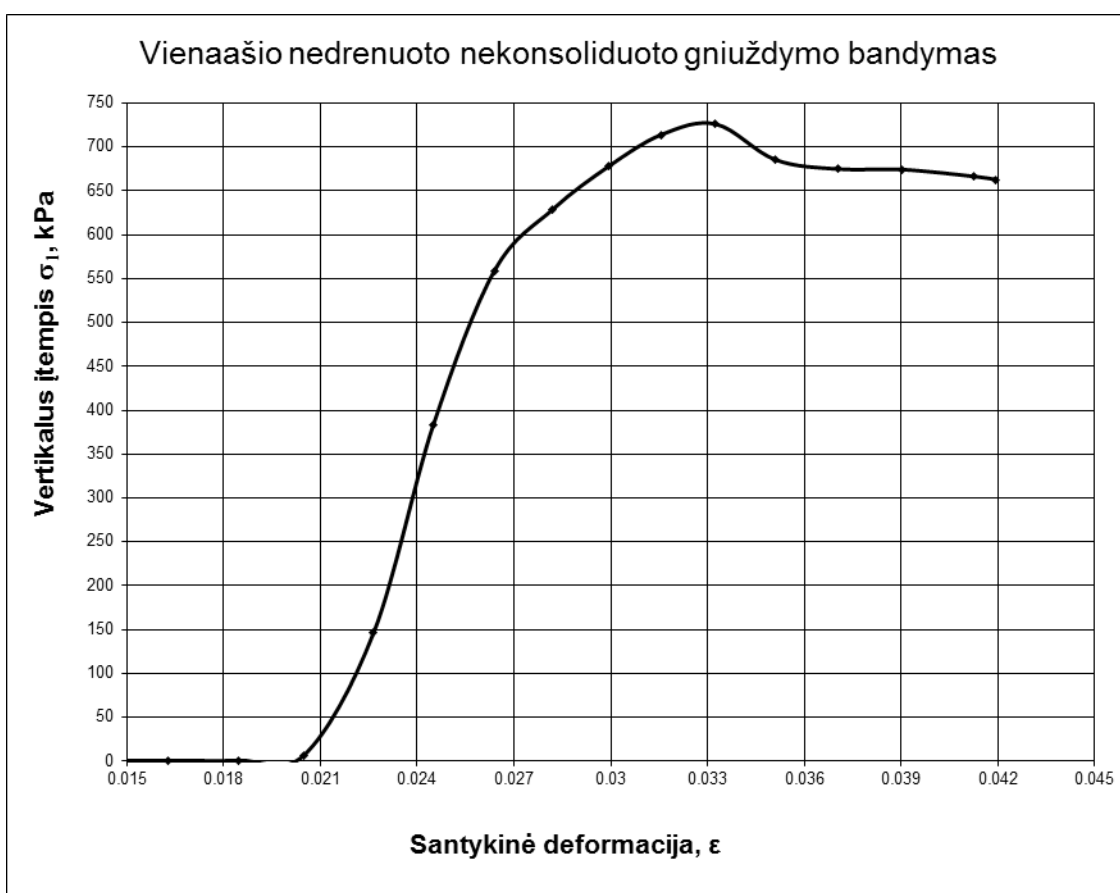
Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.30

Molio-cemento bandinio geotechninių parametru kortelė

Bandinio pavadinimas					
III 15 % Nr. 5					

Žiedo aukštis H (mm)	Žiedo skersmuo φ (mm)	Žiedo tūris V (cm ³)	Drėgnis W (vnt. d.)	Tankis ρ (Mg/cm ³)	Plastingumo drėgnis W _p (vnt. d.)
80	40	100,53	0,612	1,594	0,422

Takumo drėgnis W _L (vnt. d.)	Plastingumo rodiklis I _p (vnt. d.)	Takumo rodiklis I _L (vnt. d.)	Konsistencijos rodiklis I _c (vnt. d.)	Stiprumas gniuždant q _U (kPa)	Nedrenuotas grunto stiprumas C _U (kPa)
0,553	0,131	1,45	-0,45	726,11	363,06



Bandymus atliko:	K.Zokaitė
Data:	2015.12.30