An aerial photograph showing a large landslide area. The landslide is a wide, light-brown slope of earth and debris, extending from a forested hillside down towards a road and fields. A yellow rectangular box is overlaid on the center of the image, containing text. The surrounding landscape includes green fields, a road, and some buildings.

Grunšu dinamisko īpašību noteikšana trīsasu iekārtā

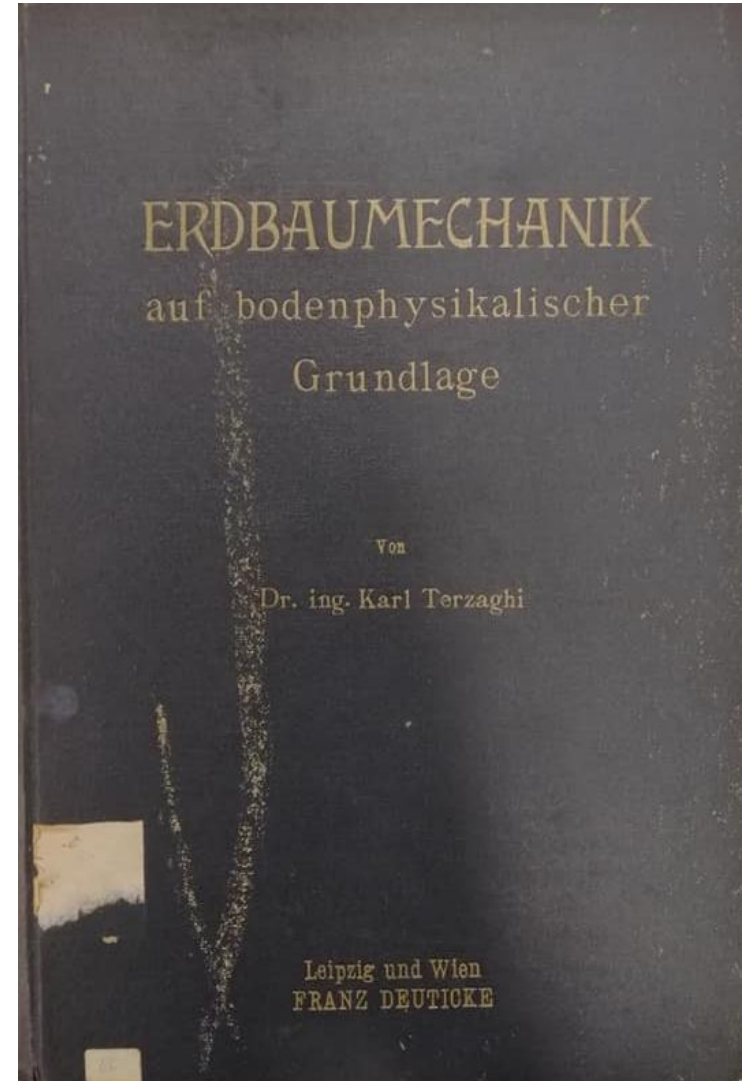
Dr. geol. asoc.prof. Māris Krievāns

Ievads

Grunšu mehānikas teorētiskie un eksperimentālie pētījumi kopš Karla Terzagi pirmās grāmatas *Erdbaumechanik aur Bodenphysikalischer Grundlage* publicēšanas 1925. gadā ir eksponenciāli strauji attīstījušies.

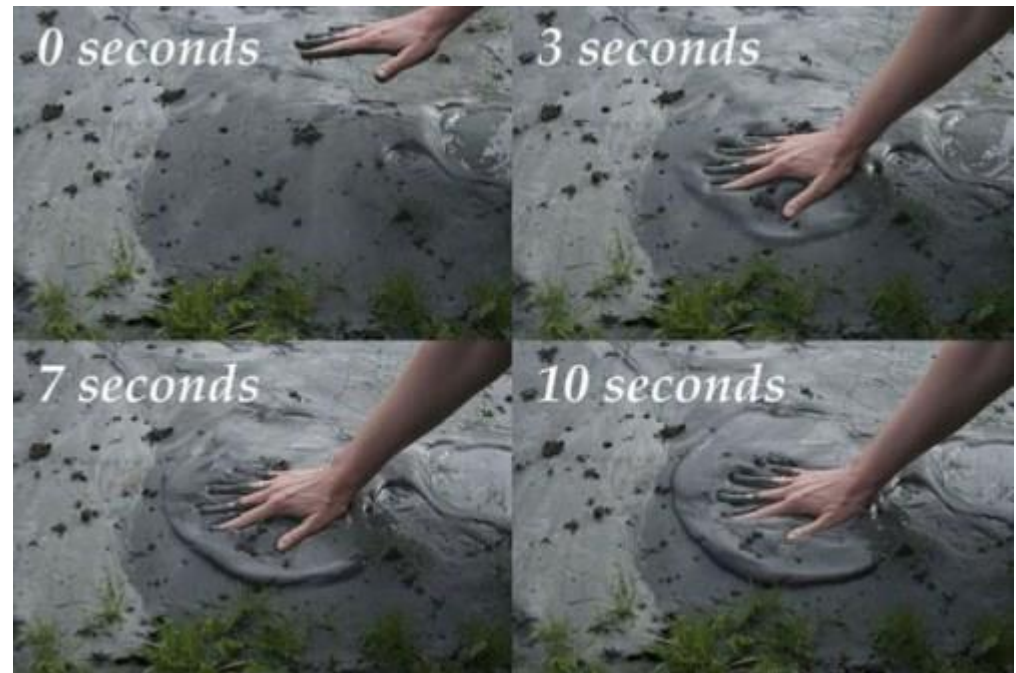
Lai arī lielākā daļa pagājušā gadsimta pētījumi ir veltīti grunts uzvedības noteikšanai statiskās složošanas apstākļos, jāņem vērā, ka termins “složošana” ietver gan statisko, gan dinamisko složošanu.

Attīstoties ģeotehniskās izpētes tehnoloģijai un zināšanām par grunts uzvedību statisko slodžu iedarbē, mūsdienās **sarežģītākās ģeotehniskās problēmas ir tieši saistītas ar cikliskajām un dinamiskajām slodzēm.**



levads

Daudzas ģeotehniskas problēmas ir saistītas ar dinamiskām un cikliskām slodzēm, piemēram, viļņu vai ledus slodzes, kas iedarbojas uz jūrā izbūvētām konstrukcijām vai tiltu pamatiem, vēja elektrostaciju pamatiem un ostām.



Grunts sašķidrināšanās notiek, jo saistītais ūdens pāriet brīvajā ūdenī, tādējādi strauji palielinot grunts reālo mitrumu un samazinot grunts cieto fāzi.

Ievads

Pie dinamiskajām slodzēm pieskaitāmas arī seismiskās, autotransporta, vilcienu un rūpnīcu iekārtu vibrāciju izraisītās slodzes.

Grunts reakciju uz dinamiskām un cikliskām slodzēm lielā mērā nosaka grunts mehāniskās īpašības, kas būtībā ietver:

- bīdes moduli (bīdes viļņu ātrumu);
- enerģijas slāpēšanas koeficientu;
- Puasona koeficientu;
- grunts skeleta blīvumu.

No šīm īpašībām **bīdes modulis (*shear modulus G*)** un **slāpēšanas koeficients (*damping ratio λ*)** ir vissvarīgākās grunšu īpašības, ar kurām raksturo to dinamisko uzvedību.

Abas šīs īpašības ietekmē ne tikai efektīvais spriegums un pārkonsolidācijas koeficients (*Overconsolidation ratio - OCR*), bet arī bīdes spriegums

Ģeotehnikas jautājumi

Rupjas gruntis zem drenētām monotonām slodzēm:

- Bīdes parametri (iekšējais berzes leņķis) lai pārbaudītu: nogāžu stabilitāti, nestspēju, slīdēšanu, grunts spiediena aprēķiniem.

Rupjas gruntis zem nedrenētām monotonām slodzēm:

- Nogāžu stabilitāte un noslīdeņu sašķidrināšanās.

Rupjas gruntis zem drenētām cikliskām slodzēm:

- Atklātas jūras vēja parki;
- Ātrgaitas dzelzceļa līnijas.

Rupjas gruntis zem nedrenētām cikliskām slodzēm:

- Grunts sašķidrināšanās pēc zemestrīcēm;
- Grunts sašķidrināšanās pēc sprādzienu sērijas.

Smalkas gruntis zem drenētām monotonām slodzēm:

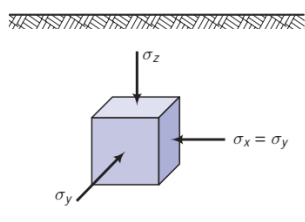
- Bīdes stiprības parametri (iekšējais berzes leņķis, saiste).

Smalkas gruntis zem nedrenētām monotonām slodzēm:

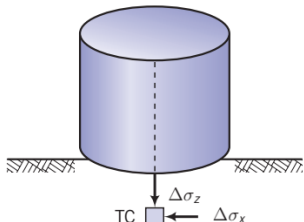
- Atklātas jūras vēja parki;
- Naftas ieguves platformas.



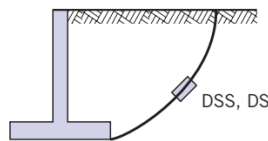
Ģeotehnikas jautājumi



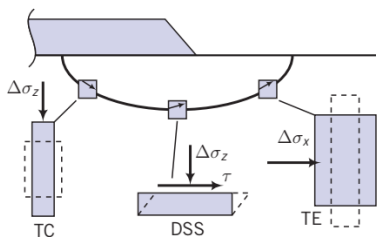
(a) Initial stresses–level ground



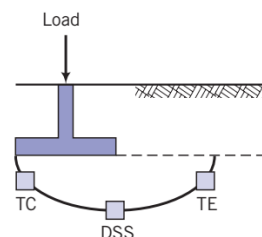
(b) Tank foundation



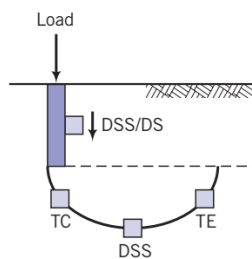
(c) Retaining wall



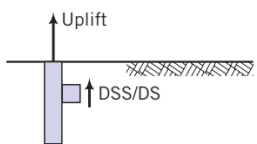
(d) Embankment



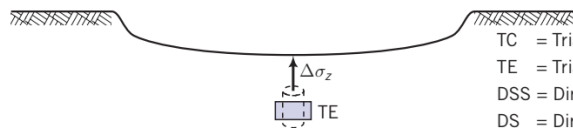
(e) Spread footing



(f) Pile supporting compressive load

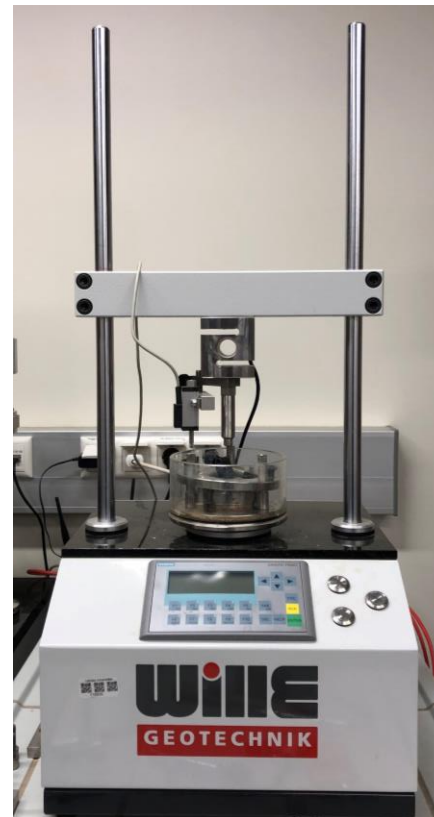


(g) Pile supporting tensile load



(h) Excavation

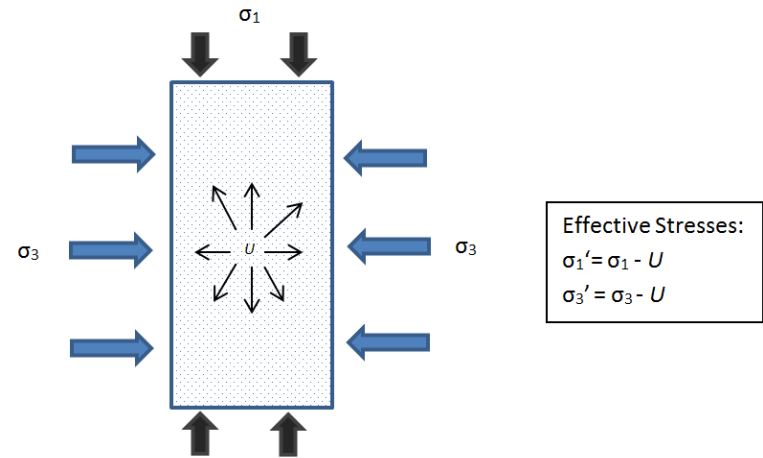
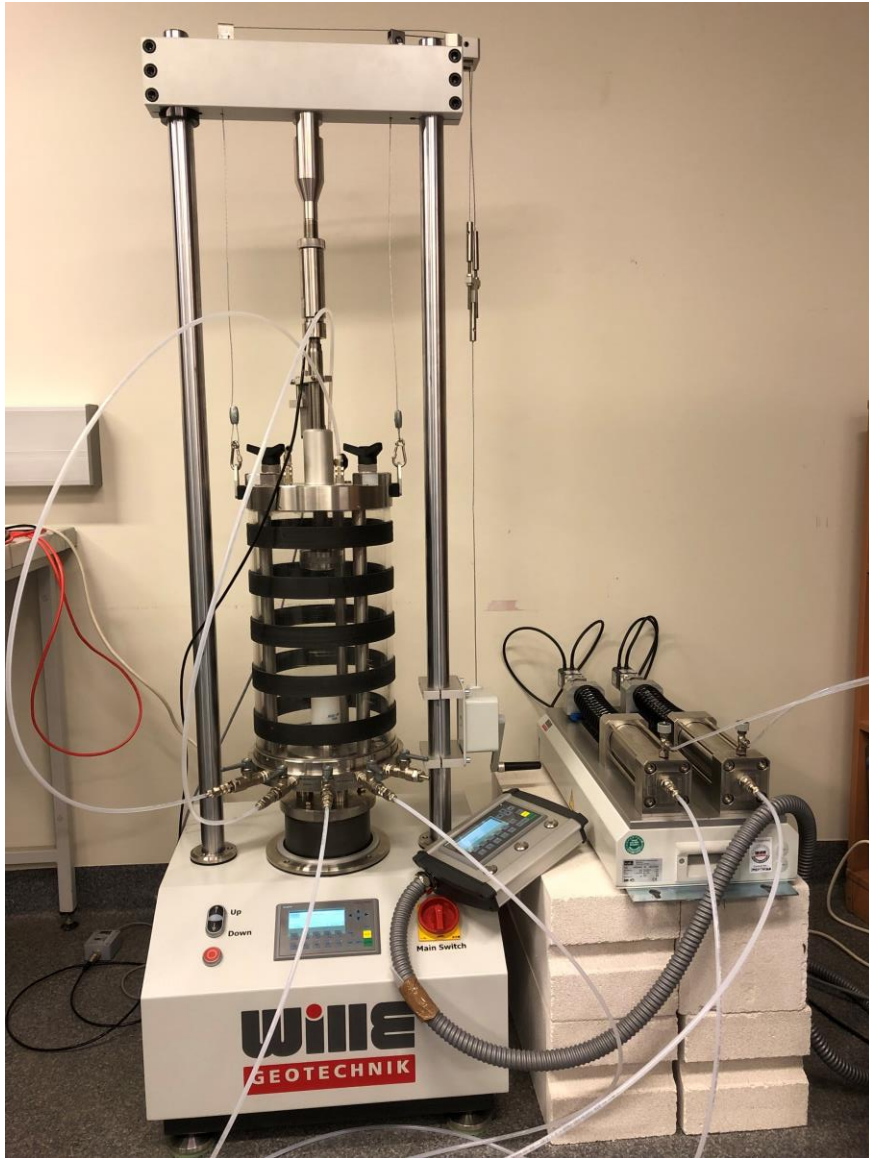
TC = Triaxial compression
 TE = Triaxial extension
 DSS = Direct simple shear
 DS = Direct shear



Pamatu un pamatnes būvniecība izraisa sprieguma izmaiņas, parasti tās ir neto pieaugošas vai neto tīklveida pieaugošas.

Vienmēr ir jānosaka neto slodzes pieaugums gruntī, kas rodas pamatu izbūves gaitā, lai varētu **aprēķināt grunts sēšanos**.

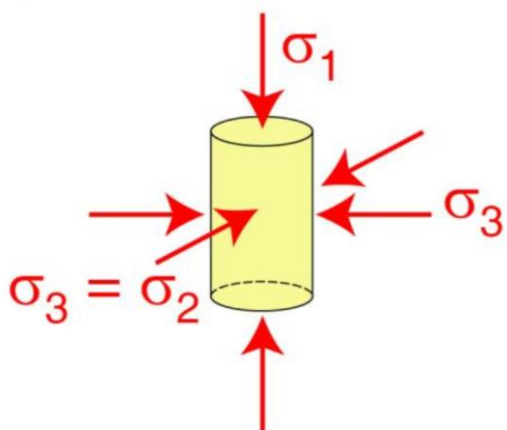
Statiskā trīsasu iekārta



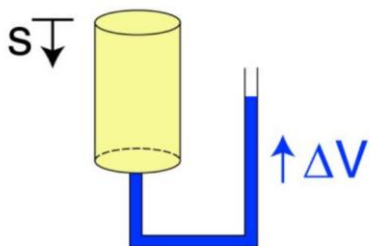
Trīsasu testu veidi – konsolidācija un drenāža

CD – tests

I) Konsolidācija

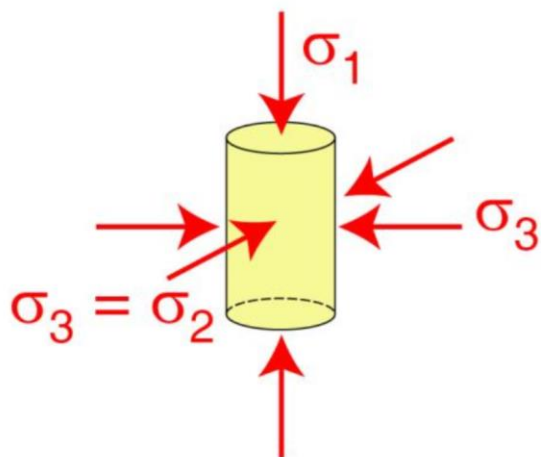


II) Drenēta slogošana (bīde)

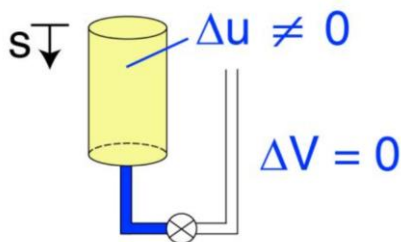


CU – tests

I) Konsolidācija

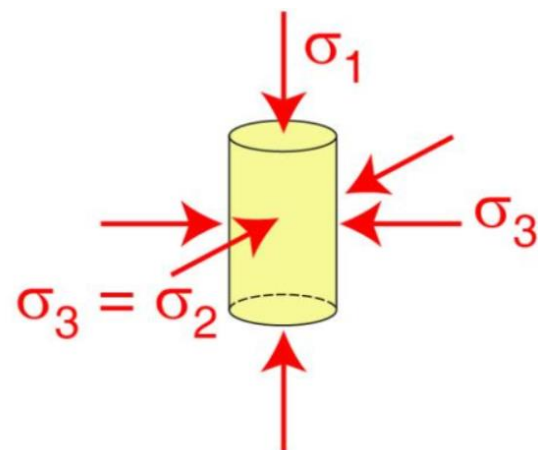


II) Nedrenēta slogošana (bīde)

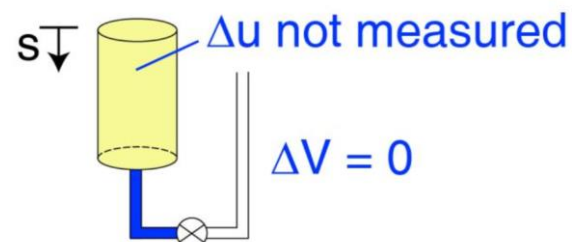


UU – tests

I) Nav konsolidācijas

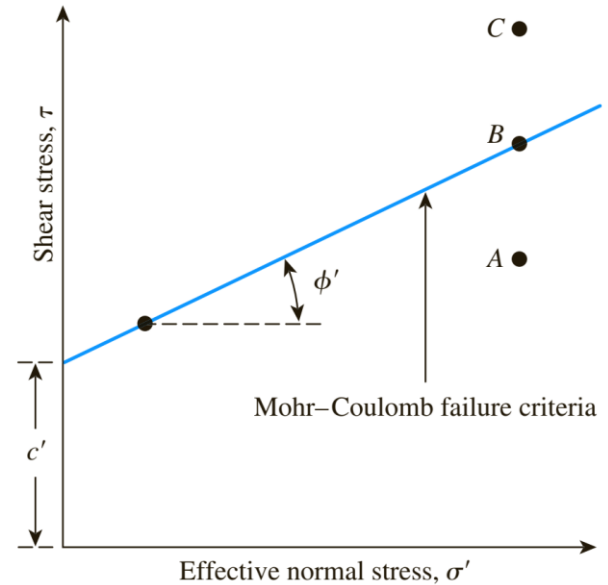
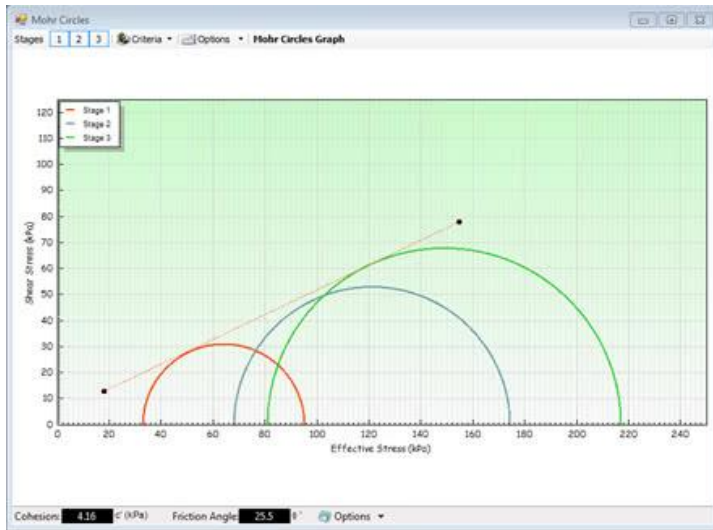
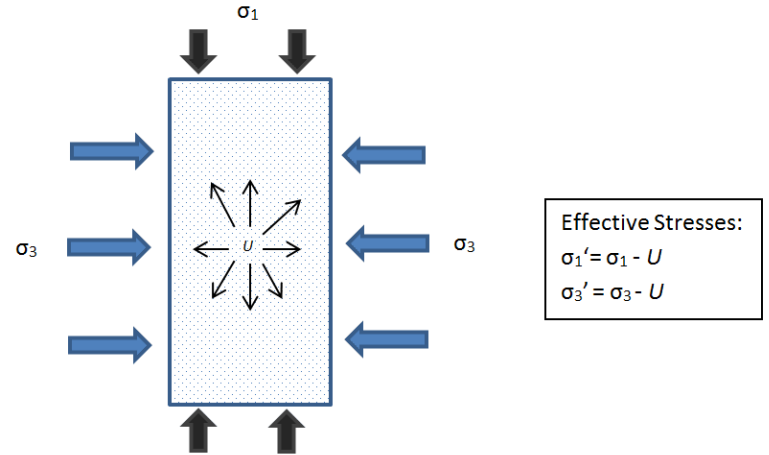
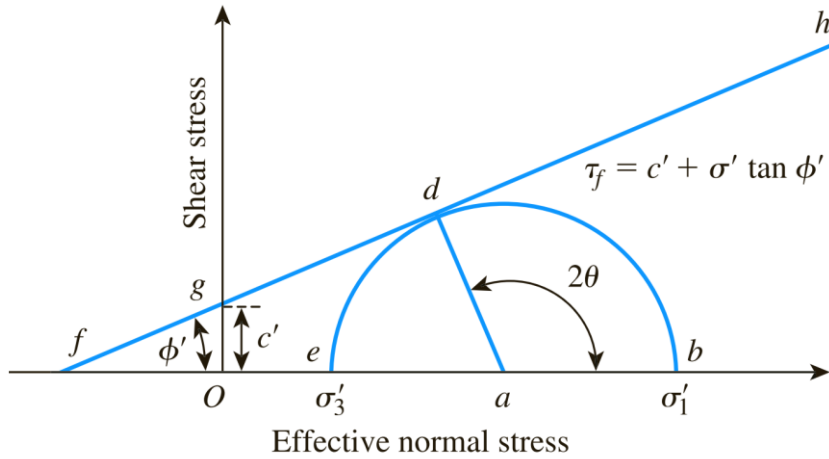


II) Nedrenēta slogošana (bīde)



Izotropiski vai anizotropiski konsolidēt?

Statiskā trīsas iekārta

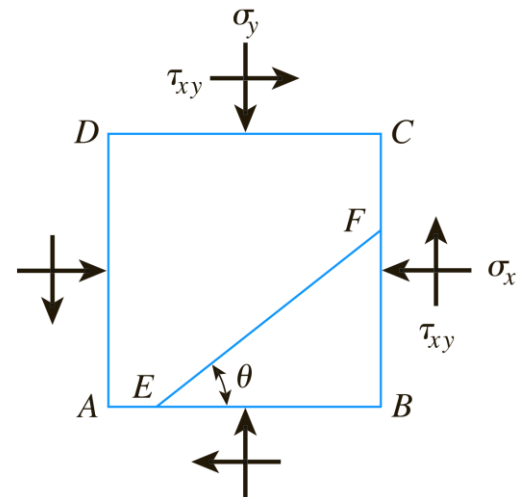


Normālspriegums un bīdes spriegums plaknē

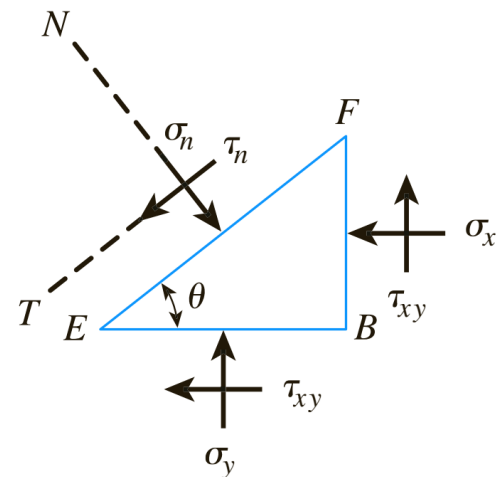
Augšējais attēlā parādīts divdimensionāls grunts elements, kas ir pakļauts **normālajam** un **bīdes spriegumam** ($\sigma_y > \sigma_x$).

Spriegumus x un y virzienos var izmantot, lai atrastu normālos un tangencionālos spriegumus jebkuram leņķim.

Lai noteiktu normālo un bīdes spriegumu bīdes plaknē EF, kas veido leņķi θ ar plakni AB, mums jāņem vērā apakšējā attēlā parādītā EFB brīvā ķermeņa diagramma.

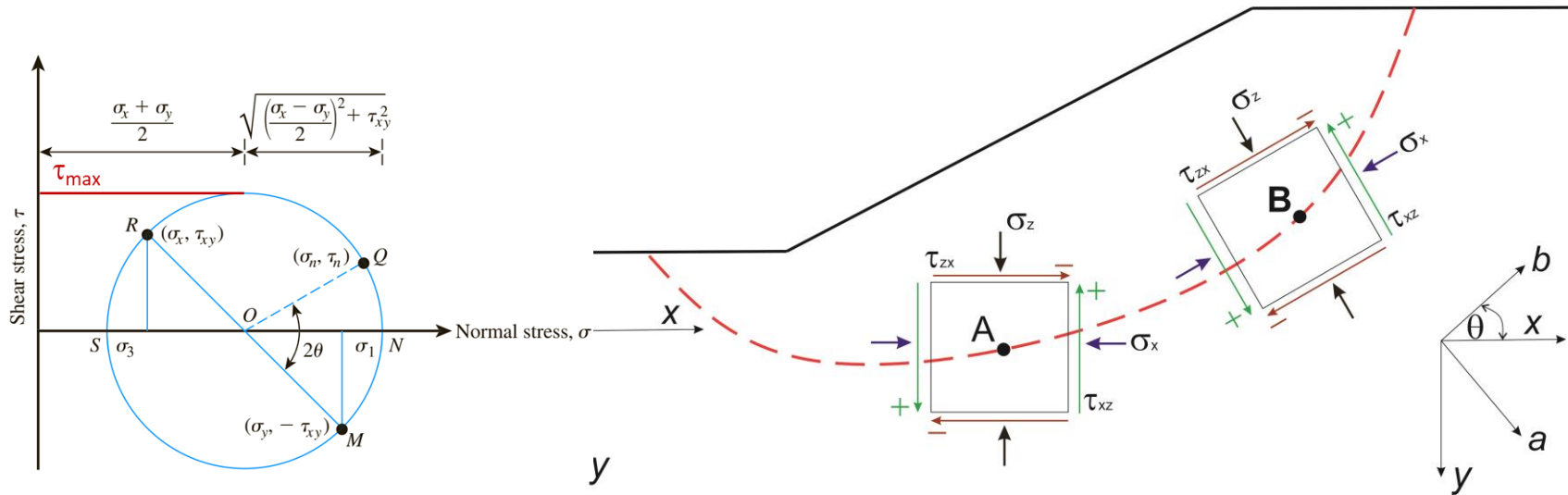


Uz grunts elementu iedarbojas normālais un bīdes spriegumi



Brīvā ķermeņa diagramma EFB

Normālspriegums un bīdes spriegums plaknē



Mēs varam izmantot **Mora apli**, lai atrastu normālos un bīdes spriegumus, kas iedarbojas uz plakni.

Sarežģītāk ir aprēķināt spriegumu grunts elementa plaknē, ja tās pagrieztas kādā noteiktā leņķī.

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

Mora – Kolumba sabrukšanas kritērijs

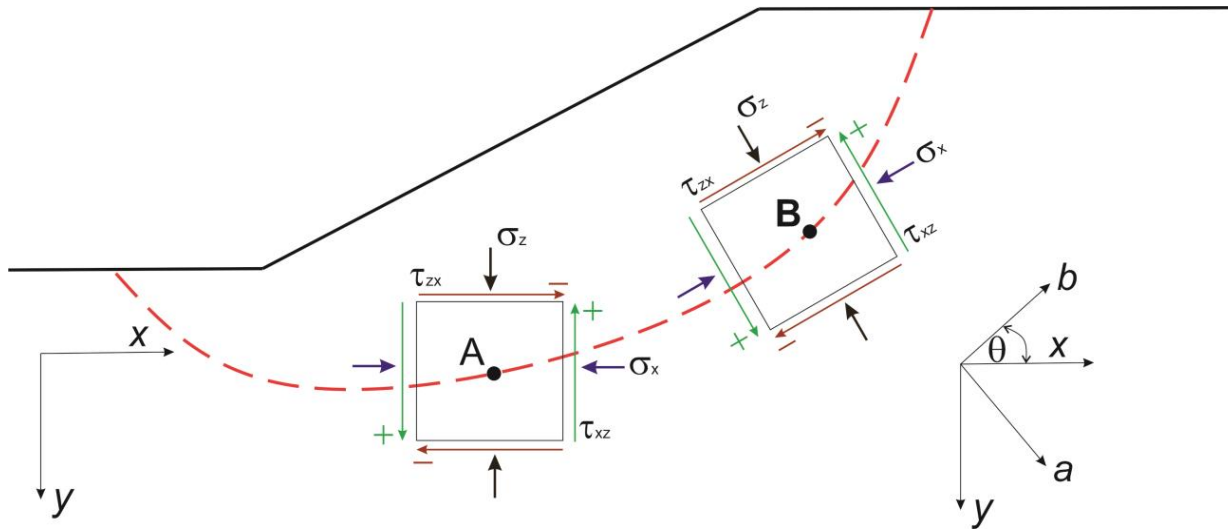
Kur:

τ_f = bīdes stiprība
 c = saiste

ϕ = iekšējais berzes leņķis

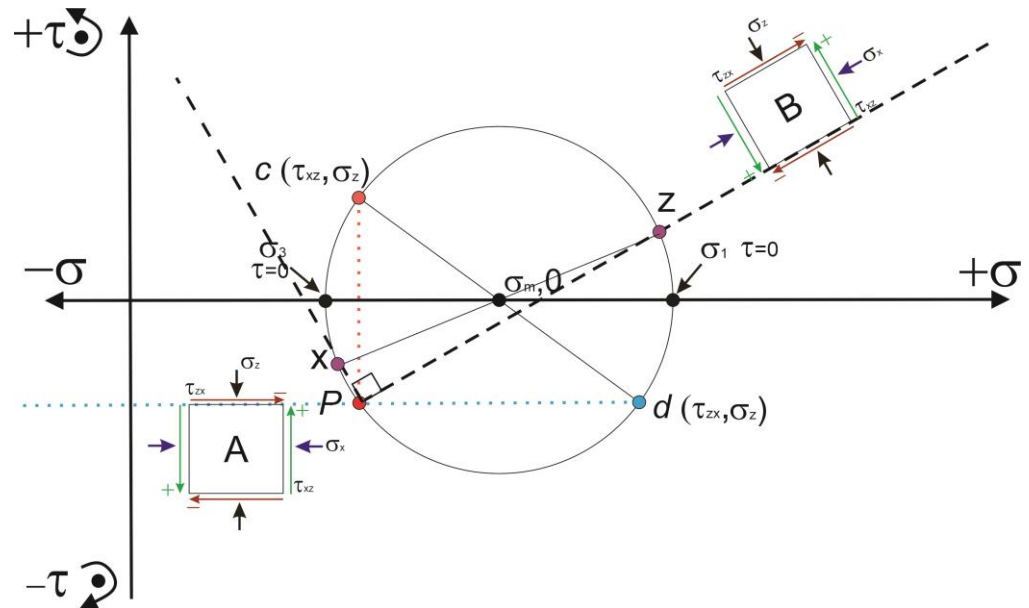
σ = normālspriegums uz sabrukšanas plaknes

Normālspriegums un bīdes spriegums plaknē



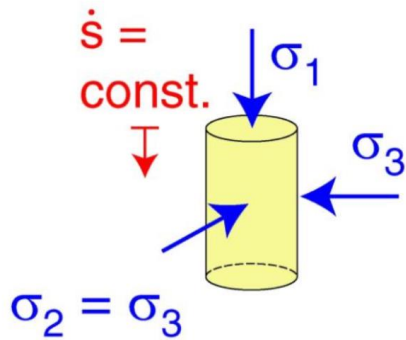
No orientācijas nemainās:

- 1) Mora aplis;
- 2) Centrs jeb vidējais spriegums;
- 3) Rādiuss, kas arī ir maksimālais bīdes spriegums!

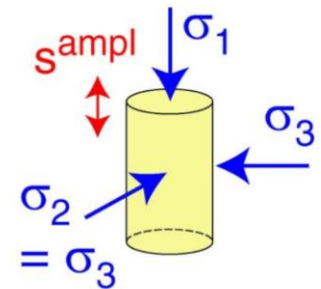
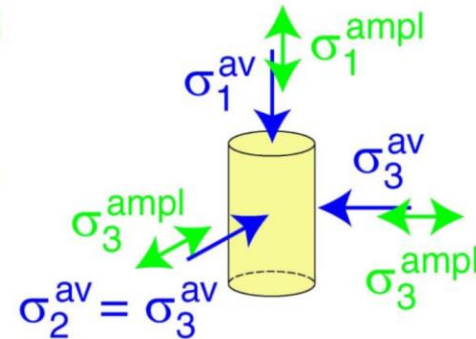
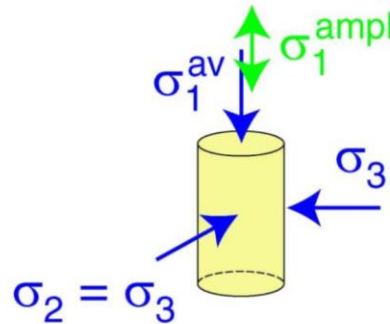


Trīsasu testu veidi - slogošana

Monotonie jeb statistiskie trīsasu testi



Dinamiskie jeb cikliskie trīsasu testi



Konstants laterālais spriegums un ciklisks vertikālais spriegums

Ciklisks laterālais un vertikālais spriegums

Konstants laterālais spriegums un pārvietojums ciklisks

Cikliskās un dinamiskās īpašības (Jaunās paaudzes EN 1997-2)

Grunts mehānisko īpašību izpētei uz cikliskajām un dinamiskajām slodzēm jāsniedz atbilstoša informācija priekš:

1. Ciklisko un dinamisko iedarbju projektēšanai;
2. Seismiskajai projektēšanai (EN 1998-1-1 un EN 1998-5).

Līdz ar to grunts pārbaudēm jāsniedz atbilstoša informācija par:

- Sprieguma – relatīvo deformāciju reakcija uz cikliskām iedarbēm, iekļaujot arī nelielu deformāciju stingumu;
- Vibrāciju enerģijas izkliedēšanas īpašības;
- Porūdens spiediena pieaugums ciklisko iedarbju rezultātā;
- Bīdes stiprības izmaiņas ciklisko iedarbju rezultātā;
- Cikliskā degradēto nedrenētās bīdes pretestību grunts sašķidrināšanās novērtējumam;
- Grunts uzvedība pēc ciklisko un dinamisko slodžu norises.

Jaunās paaudzes 7. Eirokodeksa 2. daļā tiek izstrādāta nodaļa par grunšu cikliskajā, dinamiskajām un seismiskajām īpašībām, kas līdz šim nav ietvertas LVS EN 1997-2:2007.

Cikliskās un dinamisko īpašību noteikšana

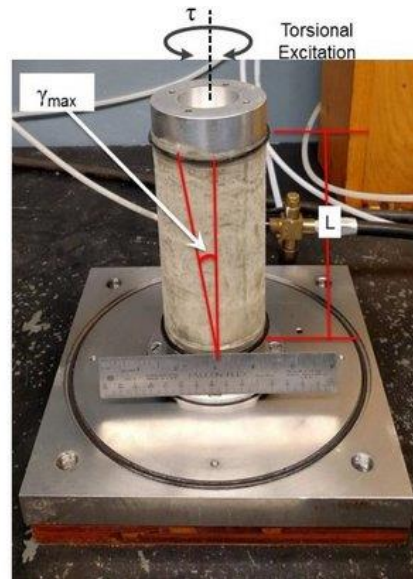
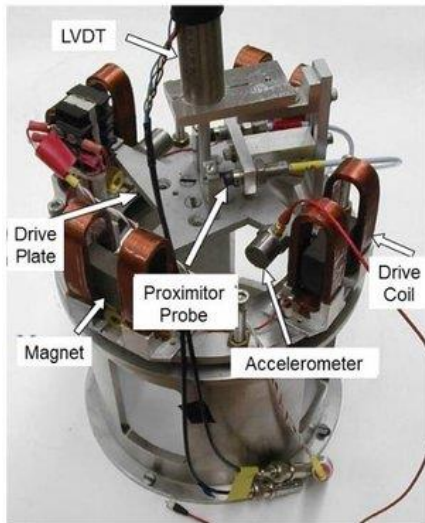
Ciklisko un dinamisko slodžu testēšana laboratorijās jāveic izmantojot vismaz ar vienu vai vairākām tabulā norādītajām metodēm.

Pagaidām nav izstrādātu EN vai ISO standartu norādītajiem testiem.

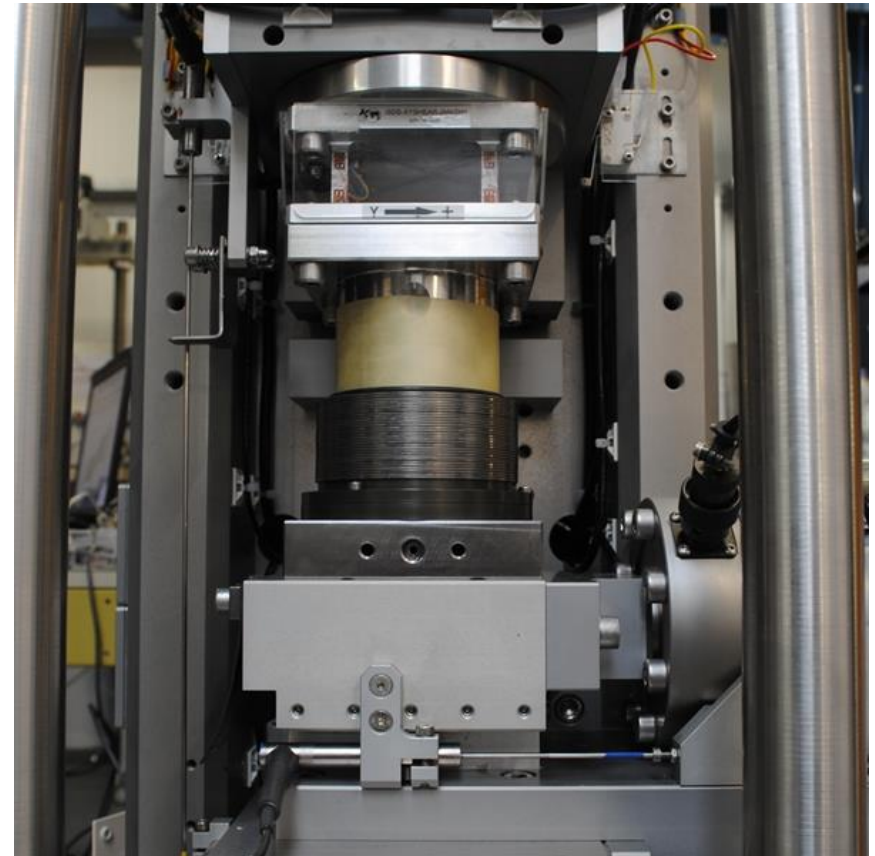
Laboratorijas tests						
Tests	Cikliskā vērpes bīde	Cikliskā tiešā vienkāršā bīde	Cikliskais trīsasu	Rezonanses kolonu	Bendera elementi	Cikliskais trīsasu priekš iežiem
Deformācijas līmenis						
Ļoti neliels ($<10^{-5}$)	(Pilns)	-	-	Pilns	Viens	(Pilns)
Neliels ($10^{-5} - 10^{-2}$)	Pilns	Pilns	(Pilns)	(Pilns)	-	Pilns
Vidējs ($10^{-2} - 10^{-1}$)	-	(Pilns)	Pilns	-	-	-
Standarts	JGS0543	ASTM D8296-19	ASTM D3999 ASTM D5311	ASTM D4015-07	ASTM D8295-19	JGS 2561 JGS 2562
- = Nav piemērojams; viens = viena konvencionālā vērtība; pilns = pilns grafiks; () = daļēji piemērots						

Jāņem vērā, ka izšķir bīdes moduli ļoti mazām, mazām un vidējām deformācijām, kā dēļ ir izstrādātas dažādas laboratorijas un lauka metodes attiecīgā moduļa noteikšanai.

Cikliskās un dinamisko īpašību noteikšana



Cikliskās vērpes bīdes un Rezonances kolonu iekārta



Cikliskā tiešā vienkāršā bīde

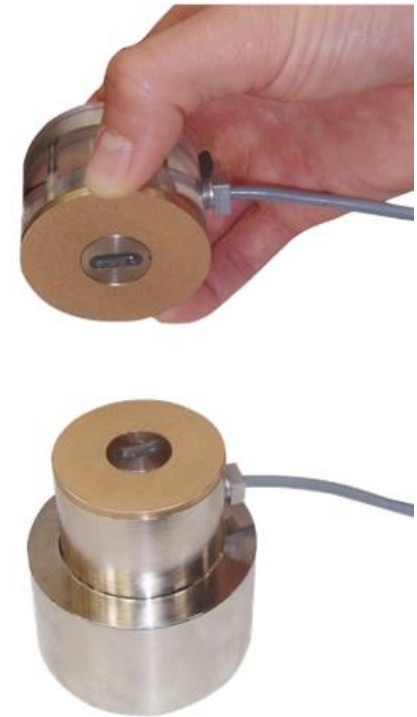
Cikliskās un dinamisko īpašību noteikšana



Cikliskais trīsasu tests



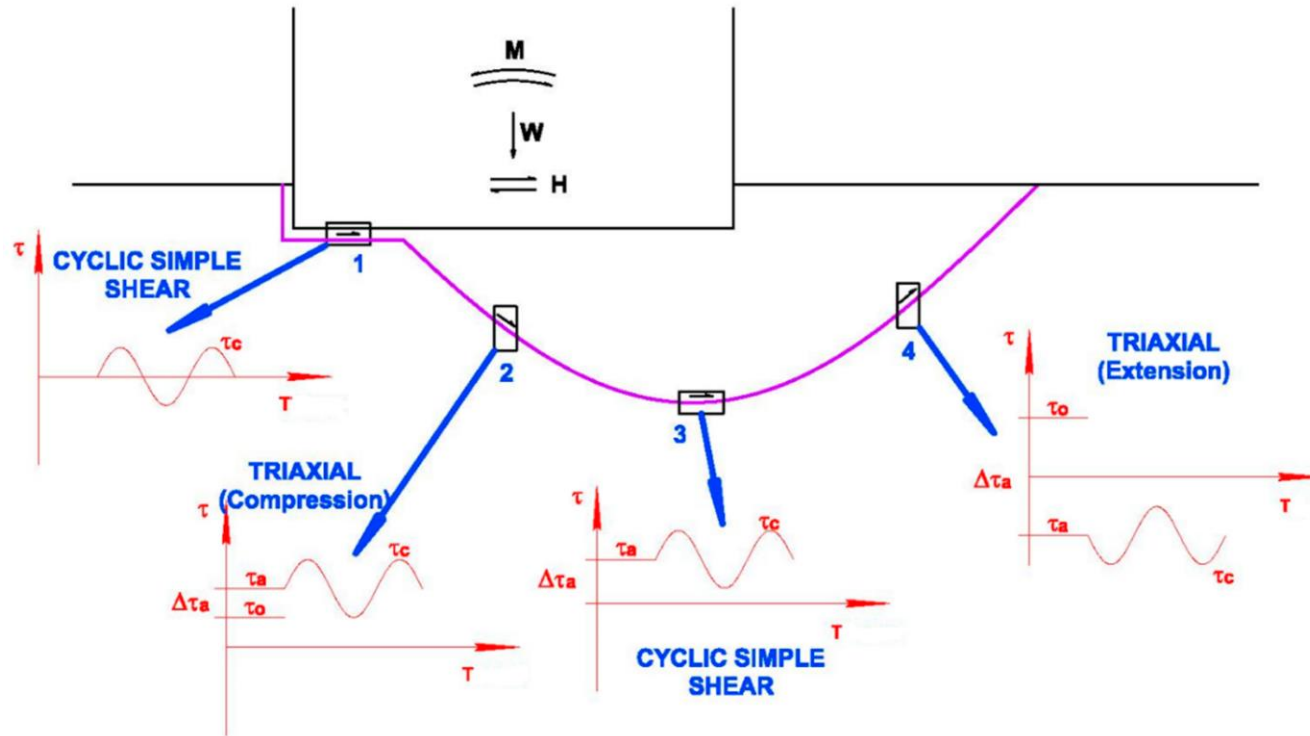
<https://www.gdsinstruments.com/>



Bendera elementi

Divi iekārtu tipi – katram savs pielietojums.....

Dinamiskie testi



Shēma, kas idealizē sprieguma apstākļus, kuri rodas gar hipotētisku sabrukuma virsmu un kurus var simulēt ar vienkāršiem cikliskajiem bīdes testiem un trīsasu testiem.

Trīsasu iekārta mazam skaitam lēniem cikliem ($f < 0.01$ Hz)

Kontroles iespējas:

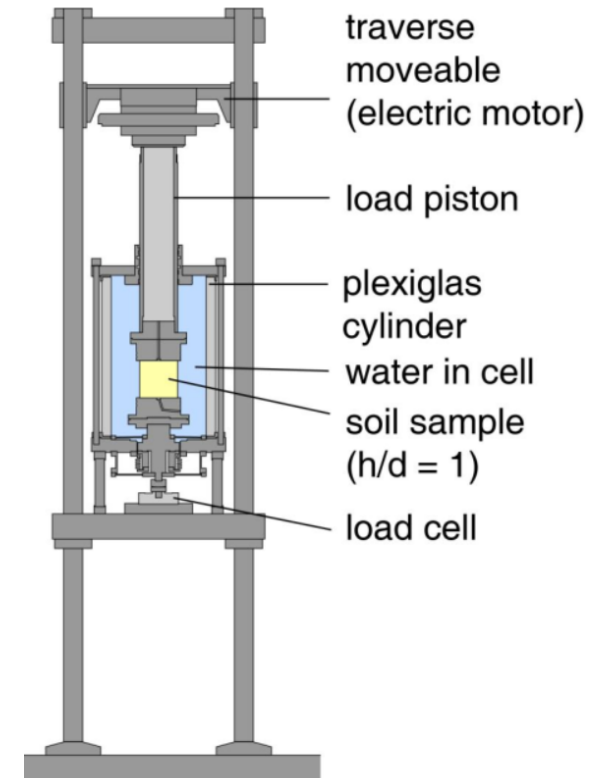
- Vertikālais spriegums F^{ampl}
- Vertikālā sprieguma cikli σ_1^{ampl}
- Konstants laterālais spriegums σ_3
- Porūdens spiediens u
- Pārvietoējuma ātrums S

Mērījumi:

- Parauga augstuma izmaiņas Δh
- Tilpuma izmaiņas ΔV

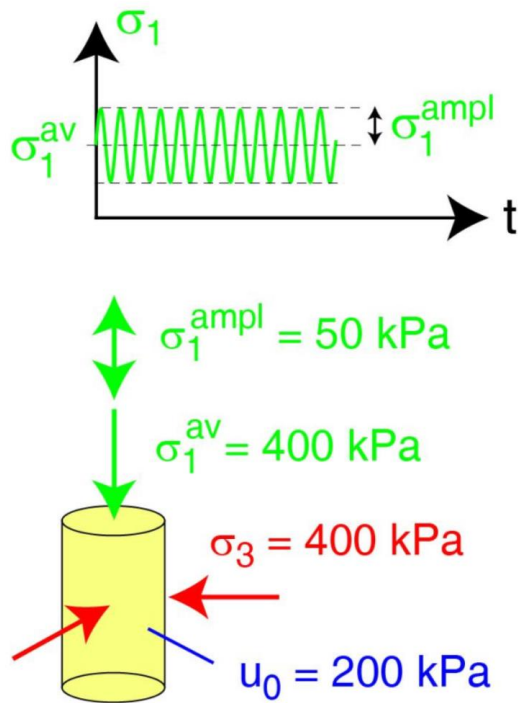
Aprēķinu lielumi:

- Efektīvie spriegumi σ'_1 un σ'_3
- Vidējais spiediens p'
- Deviatora spriegums q
- Spriegumu attiecība M_U
- Iekšējais berzes leņķis φ
- Saiste c
- Vertikālā deformācija ε_1
- Tilpuma deformācija ε_v
- Laterālā deformācija ε_3

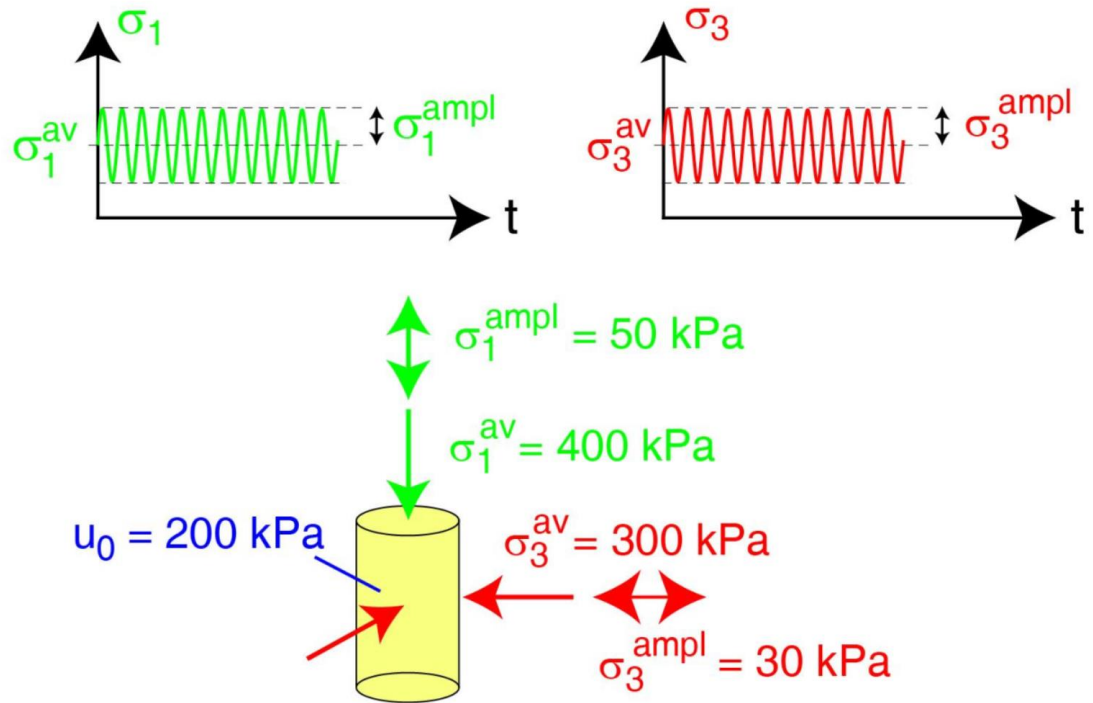


Dinamiskie trīsasu testi

Aksiālie sprieguma cikli:



Aksiālie un laterālie sprieguma cikli:



Lielākais pieprasījums ir pēc aksiālajiem sprieguma testiem.

Dinamiskie trīsasu testi

Grunts *hardening*

PLAXIS SoilTest - HS测试

File Test Results Kernel Options Expert Help

PLAXIS 2D «soil test»

Triaxial CycTriaxial Oedometer CRS DSS CDSS PMT

Property Value Unit

Material set

Identification HS测试

Material model Hardening soil

Stiffness

$E_{50\text{ref}}$ 40.00E3 kN/m²

E_{oadref} 40.00E3 kN/m²

E_{urref} 120.0E3 kN/m²

power (m) 0.5000

ν_{ur} 0.2000

K_0^{nc} 0.7076

P_{ref} 100.0 kN/m²

Strength

c_{ref} 100.0 kN/m²

ϕ' (phi) 17.00 °

ψ (psi) 10.00 °

R_f 0.9000

Tension cut-off

Tensile strength 0.000 kN/m²

General properties

γ_{unsat} 19.00 kN/m³

γ_{sat} 20.00 kN/m³

Type of test: Drained

Direction: Compression

Consolidation: Isotropic

K0: 1.000

Input

Initial cell pressure [σ'_{cell}] 100.0 kN/m²

Maximum strain [ϵ_{yy}] 10.00 %

Number of steps 100

Vertical precons. stress 0.000 kN/m²

Apply mob. rel. shear strength

Mob. rel. shear strength 0.000

Run Test configurations

Session | Model history |

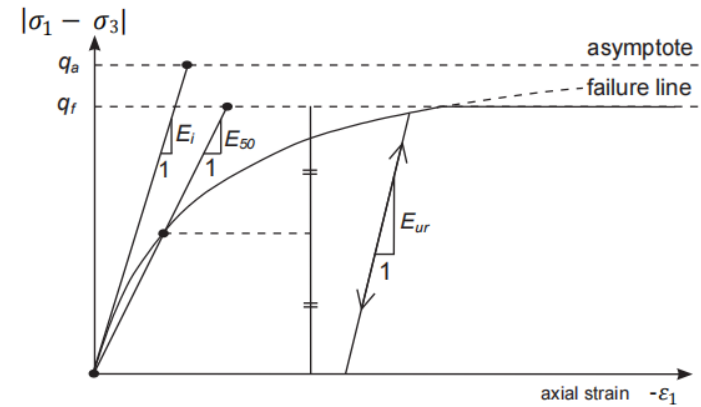
Use the "info" command to access information about an object

Use the "commands" command to view the command parameters expected

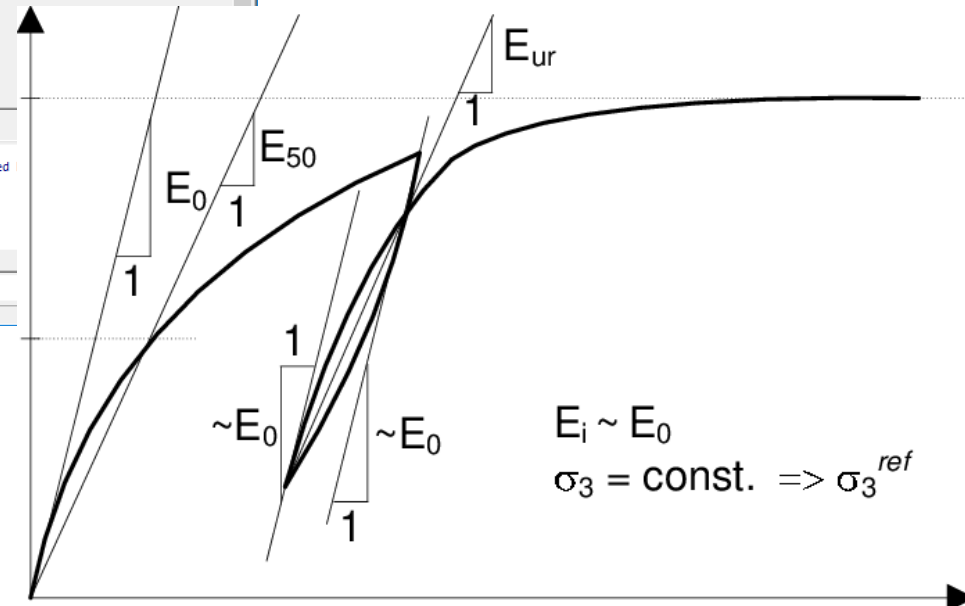
```

0001> #- running SoilTest.exe 21.0.1.7
OK
0002> _calculate Triaxial
OK
    
```

Command

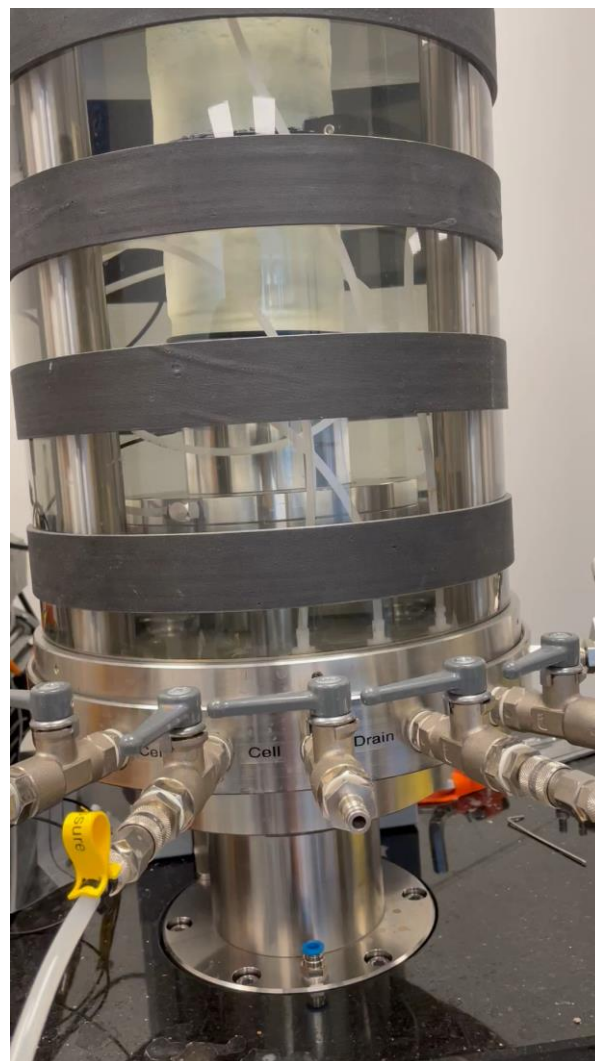
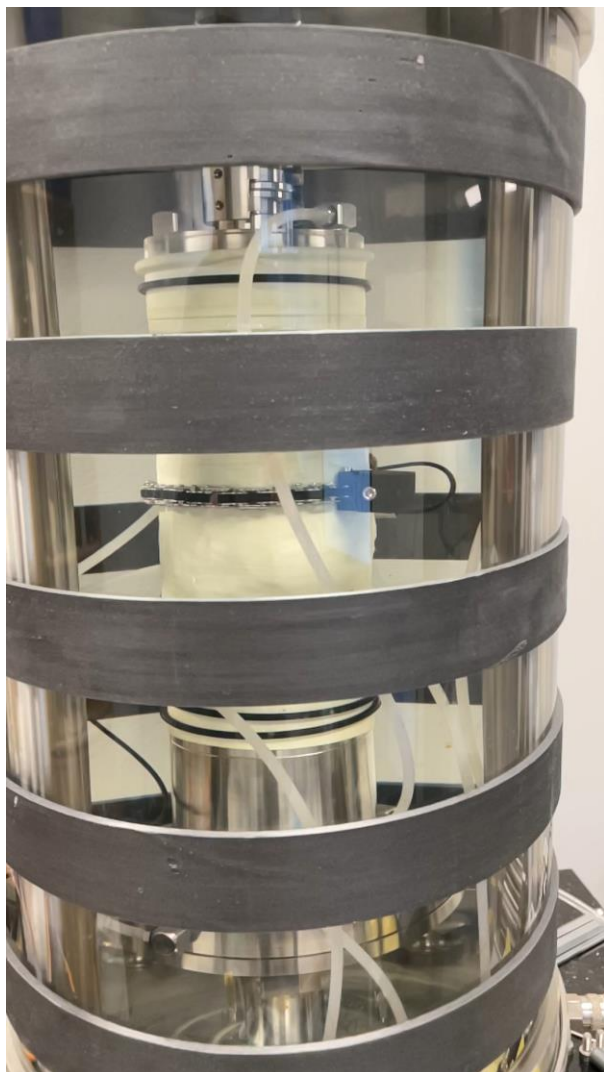


Hiperboliskā sprieguma un deformācijas sakarība primārajā noslodzē CD triaksiālajam testam

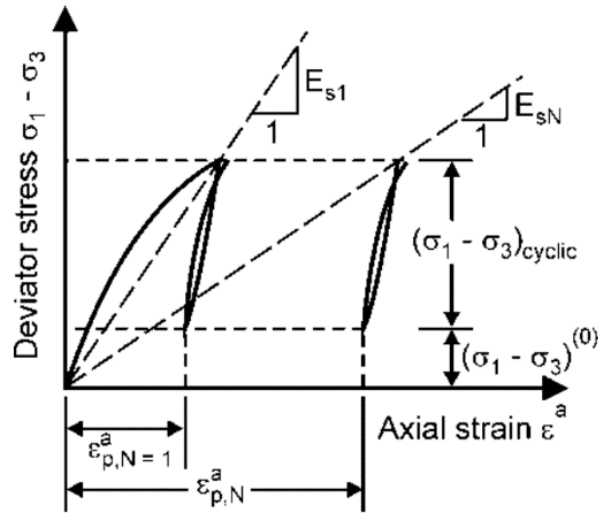


Hiperboliskā sprieguma un deformācijas sakarība primārajā noslodzē/atslodzē CD triaksiālajam testam

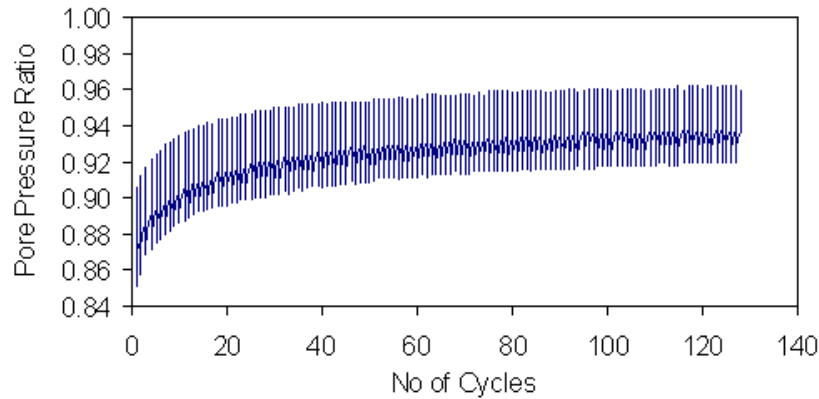
Dinamiskie trīsasu testi



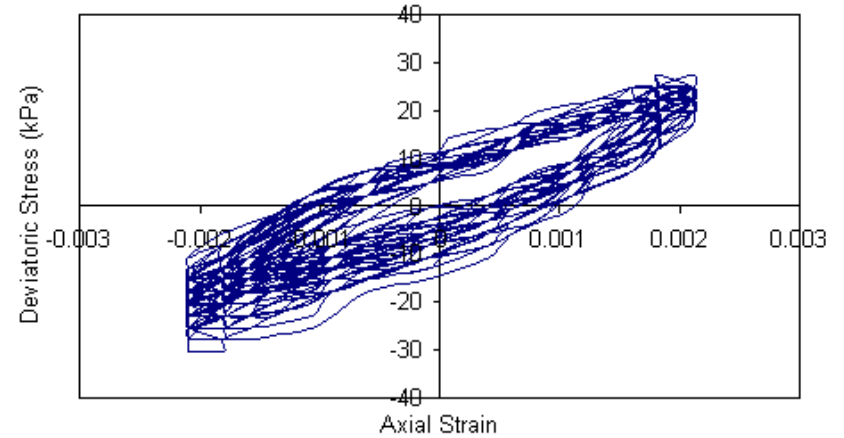
Dinamiskie trīsas testi



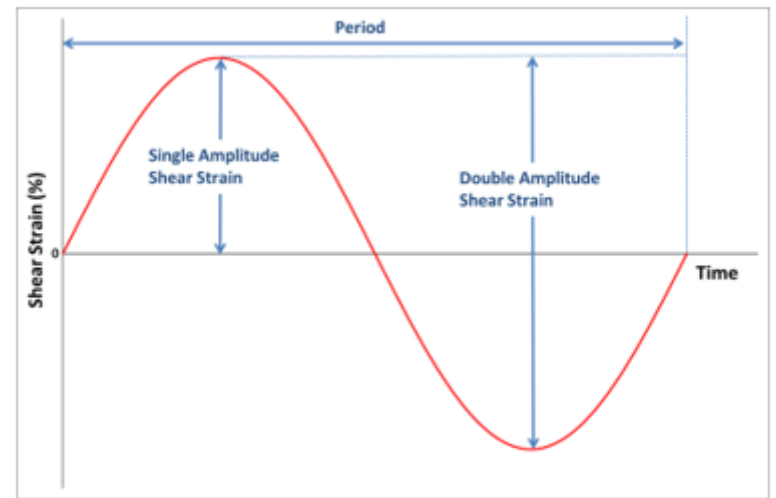
Statiskā trīsas testā - soil hardening – noslogojot/atslogojot



Porūdēns spiediena mērijumi cikla laikā



Dinamiskā trīsas testa histerēzes cilpas

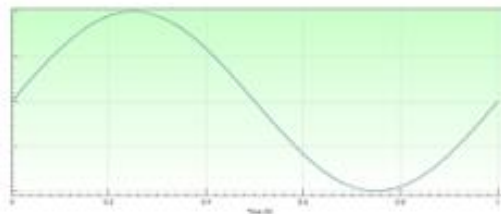


Viena un dubultā bīdes sinusa viļņa amplitūda

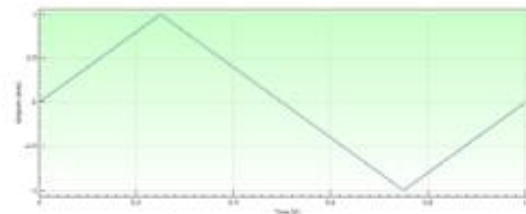
Dinamiskie trīsas testi



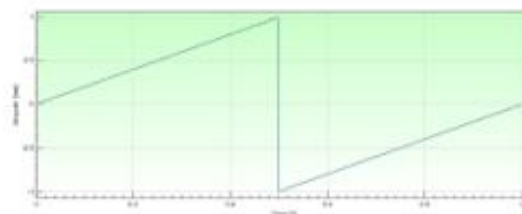
Trīsas šūna



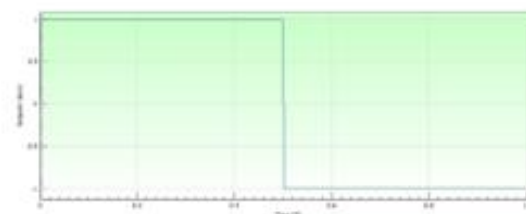
Sinusoidal



Triangle



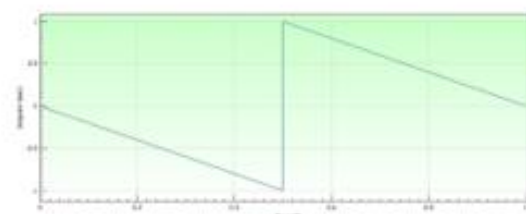
SawTooth



Rectangle



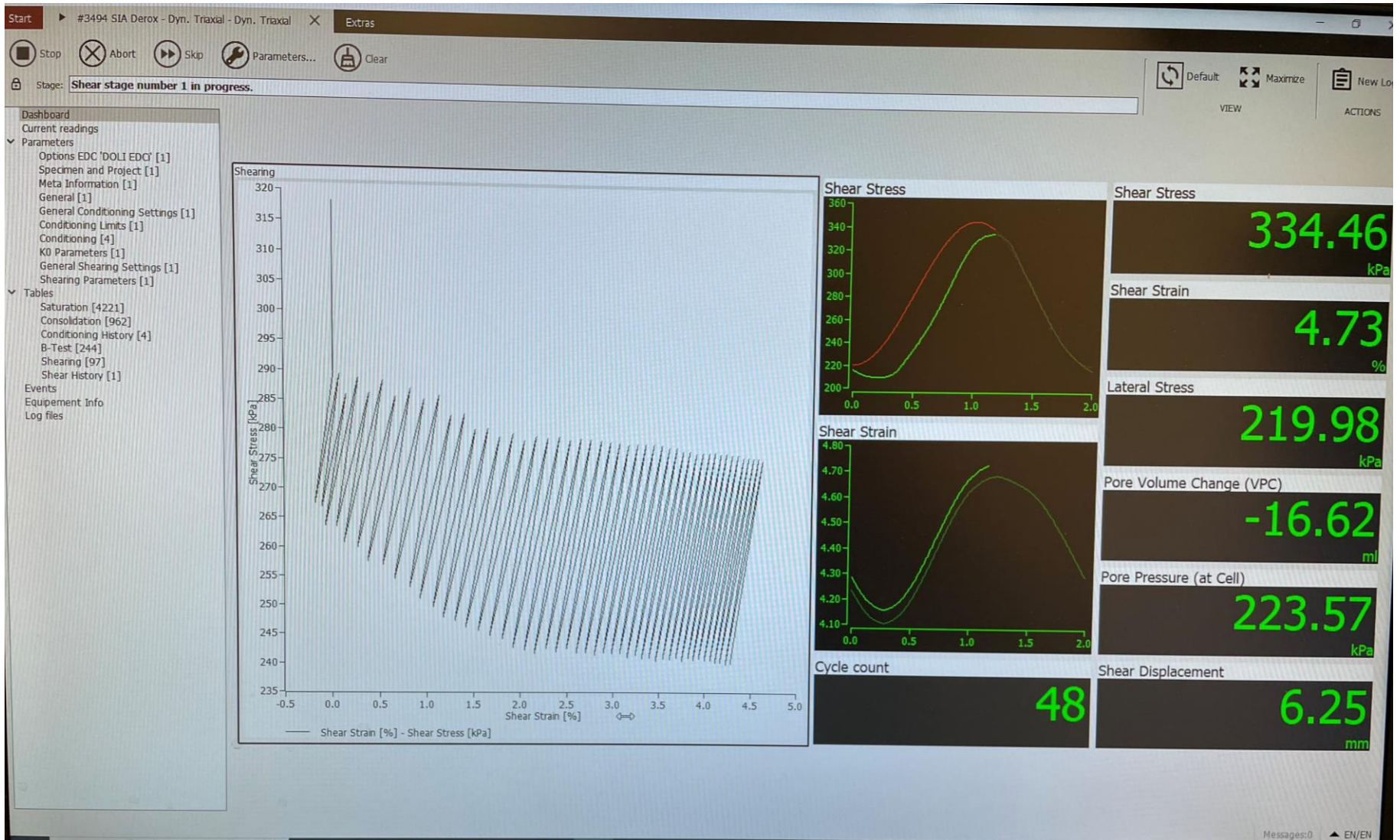
Haversine



SawTooth Inverted

Tipiskās viļņu formas, kuras izmanto dinamiskajos trīsas testos –
konkrētā iekārta ļauj definēt lietotāja izveidotās viļņu formas

Dinamiskie trīsas testi

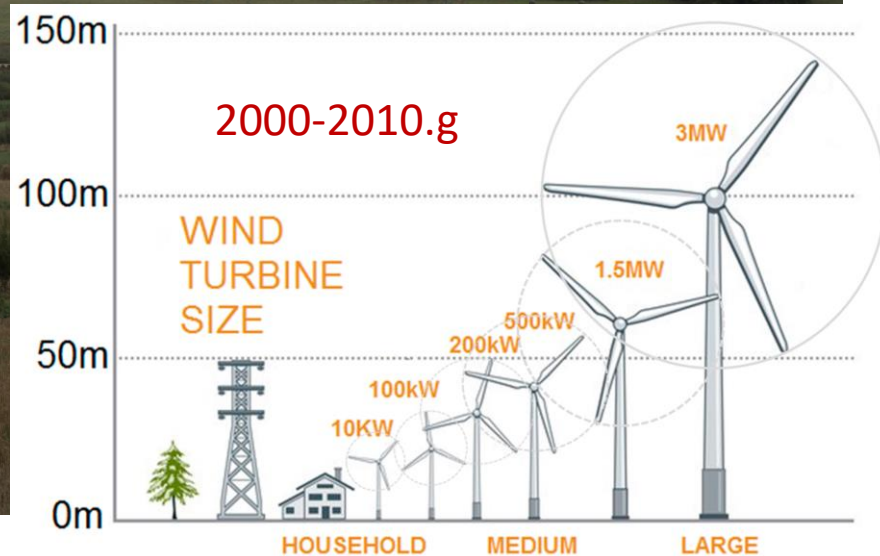
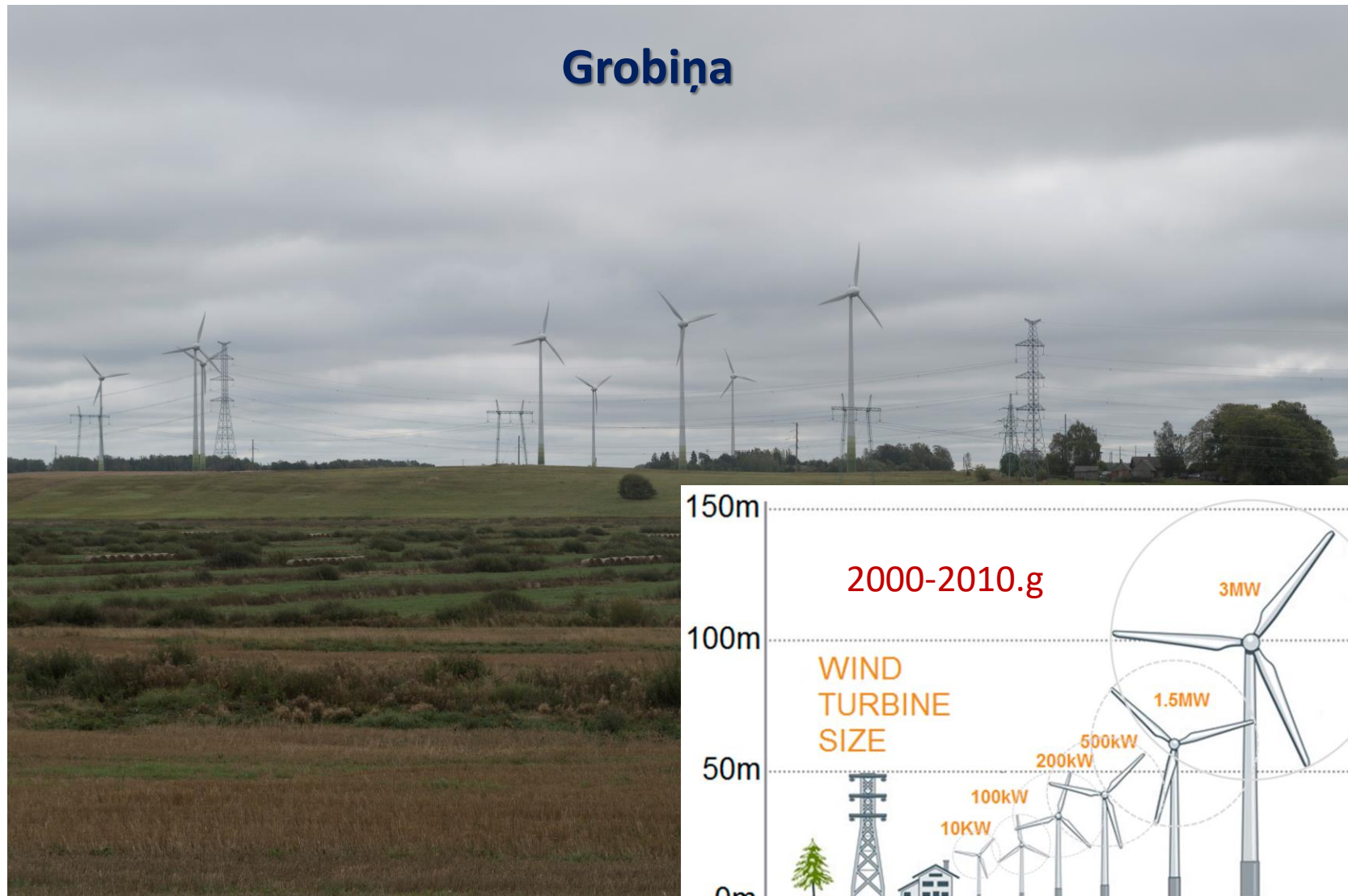


Grobiņa



Vēja ģeneratoru augstums ir 76,8 metri, spārnu garums - 21 metrs,
katra ģeneratora jauda 600 kW.

Grobiņa



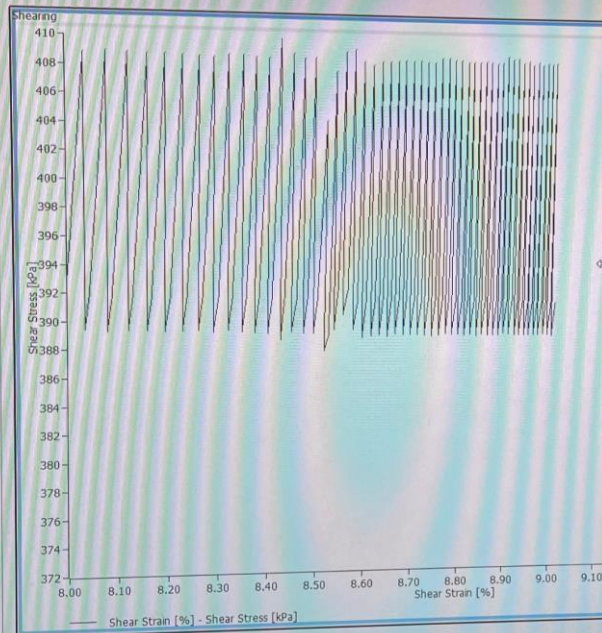
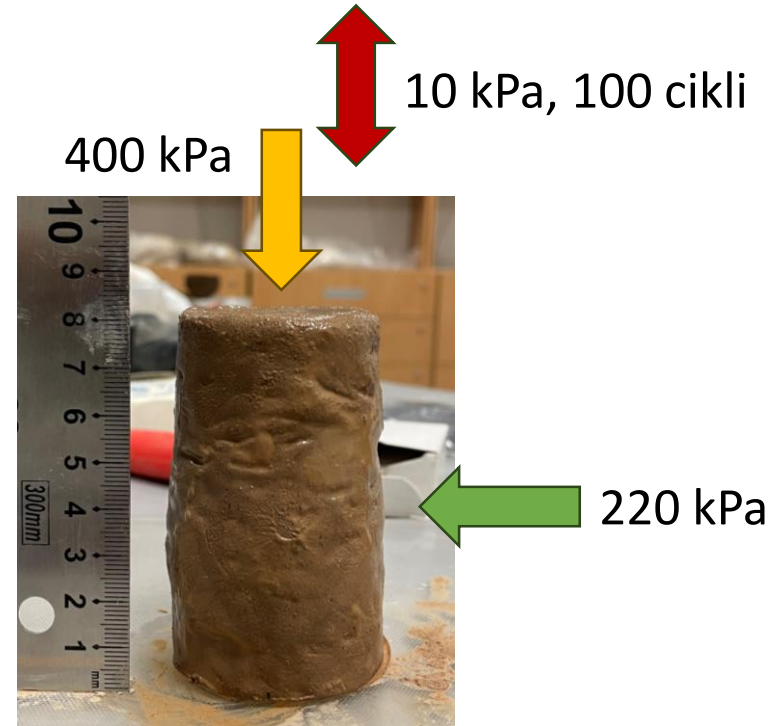
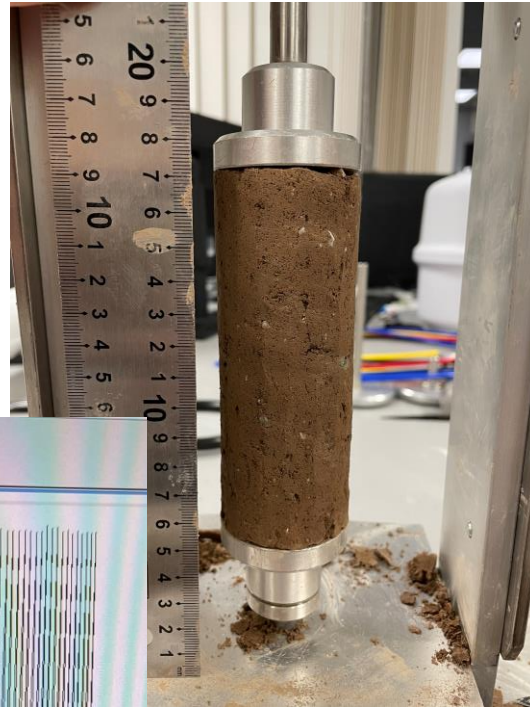
Vēja ģeneratoru augstums ir 76,8 metri, spārnu garums - 21 metrs, katra ģeneratora jauda 600 kW.

Dinamiskie trīsasu testi



2023. gada septembra beigas.

Dinamiskie trīsasu testi

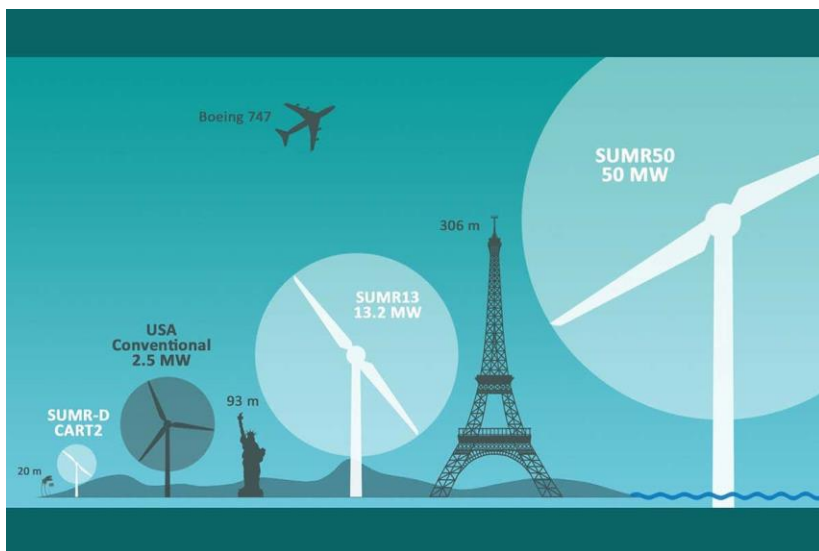
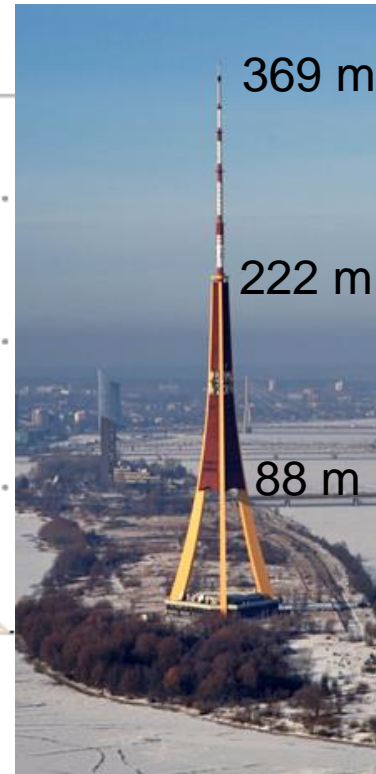
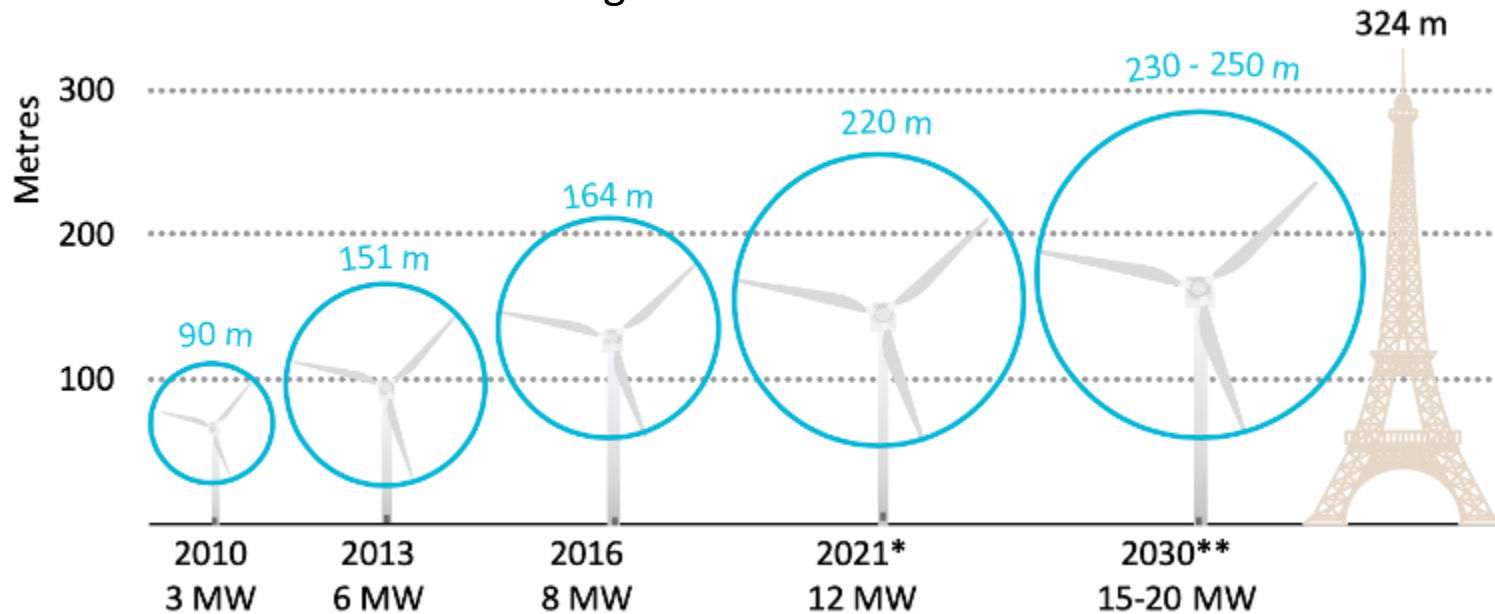


Ciets smilšmāls 12,5 m dziļumā

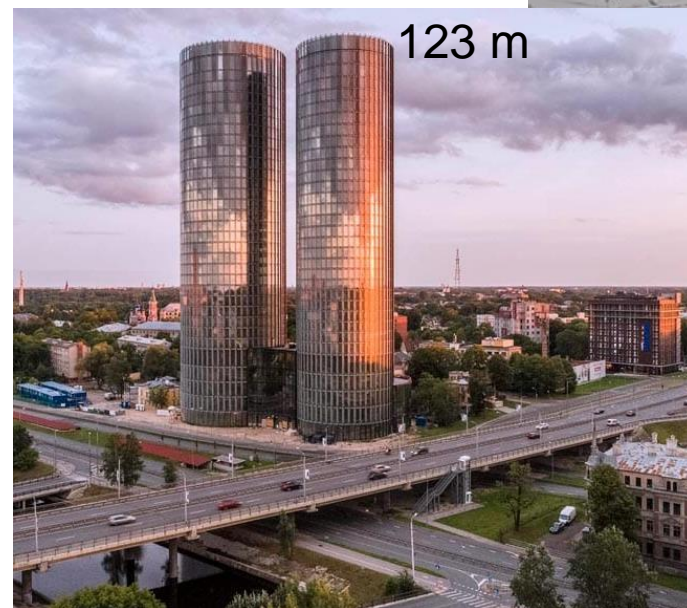
Pie konsolidācijas parauga augstums izmainījās par dažiem mm.

Literatūrā cikliskā slodzes norādītas 50-150 kPa

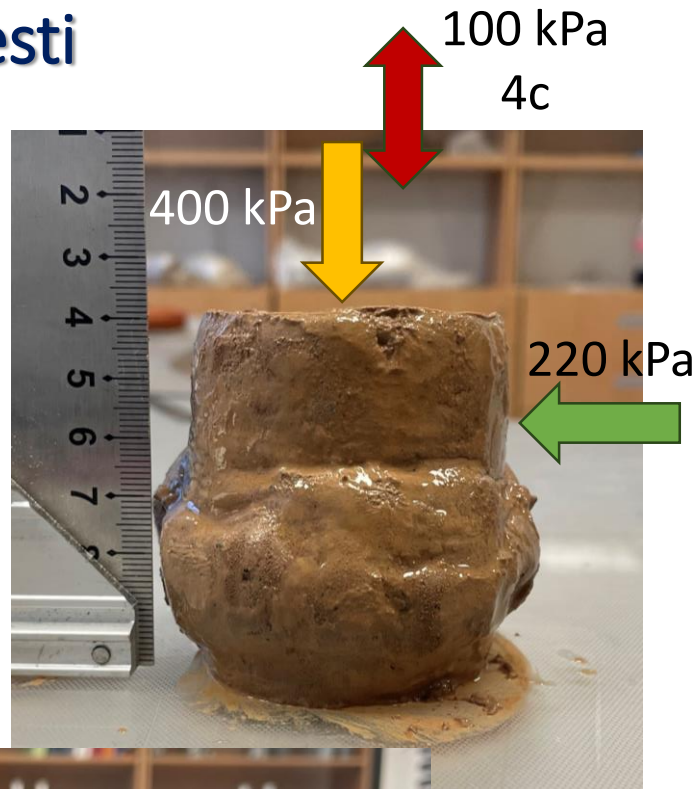
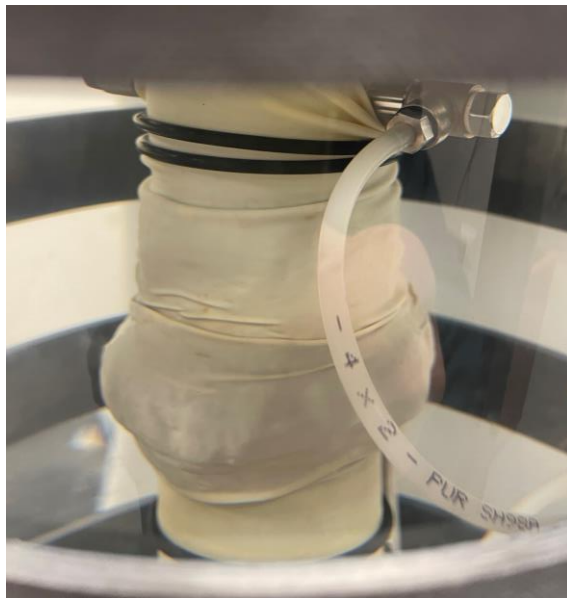
2018-2020. g.



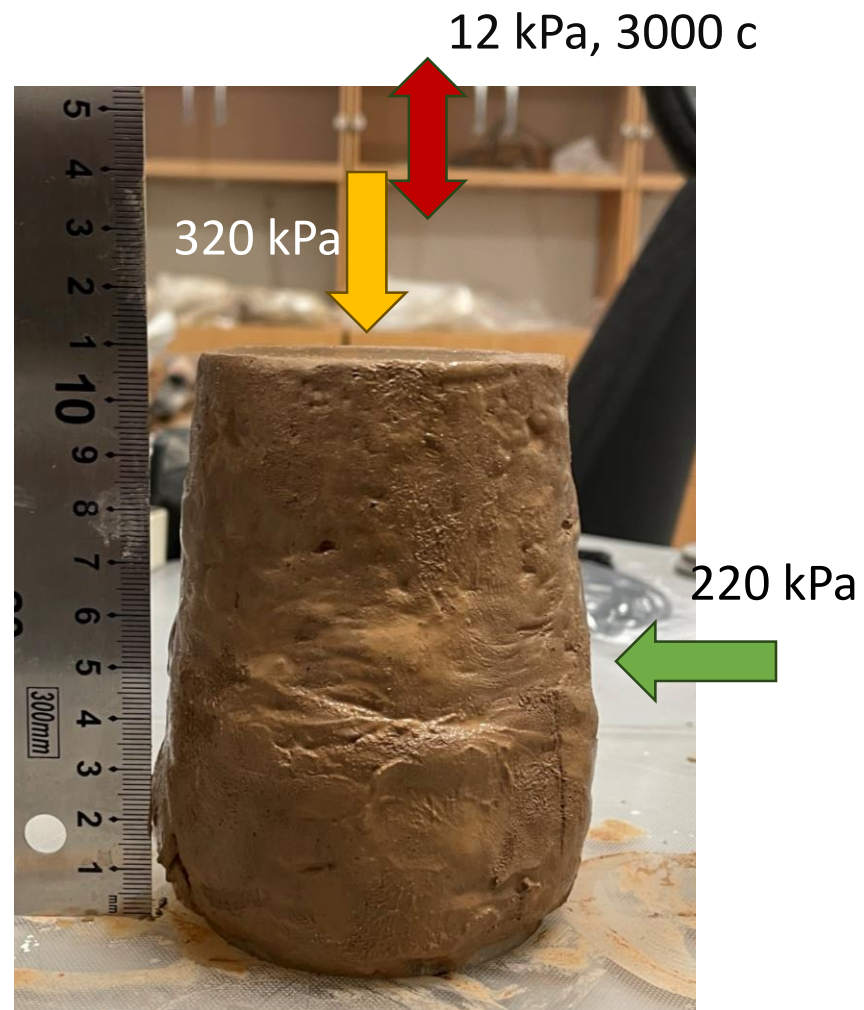
Nākotne?



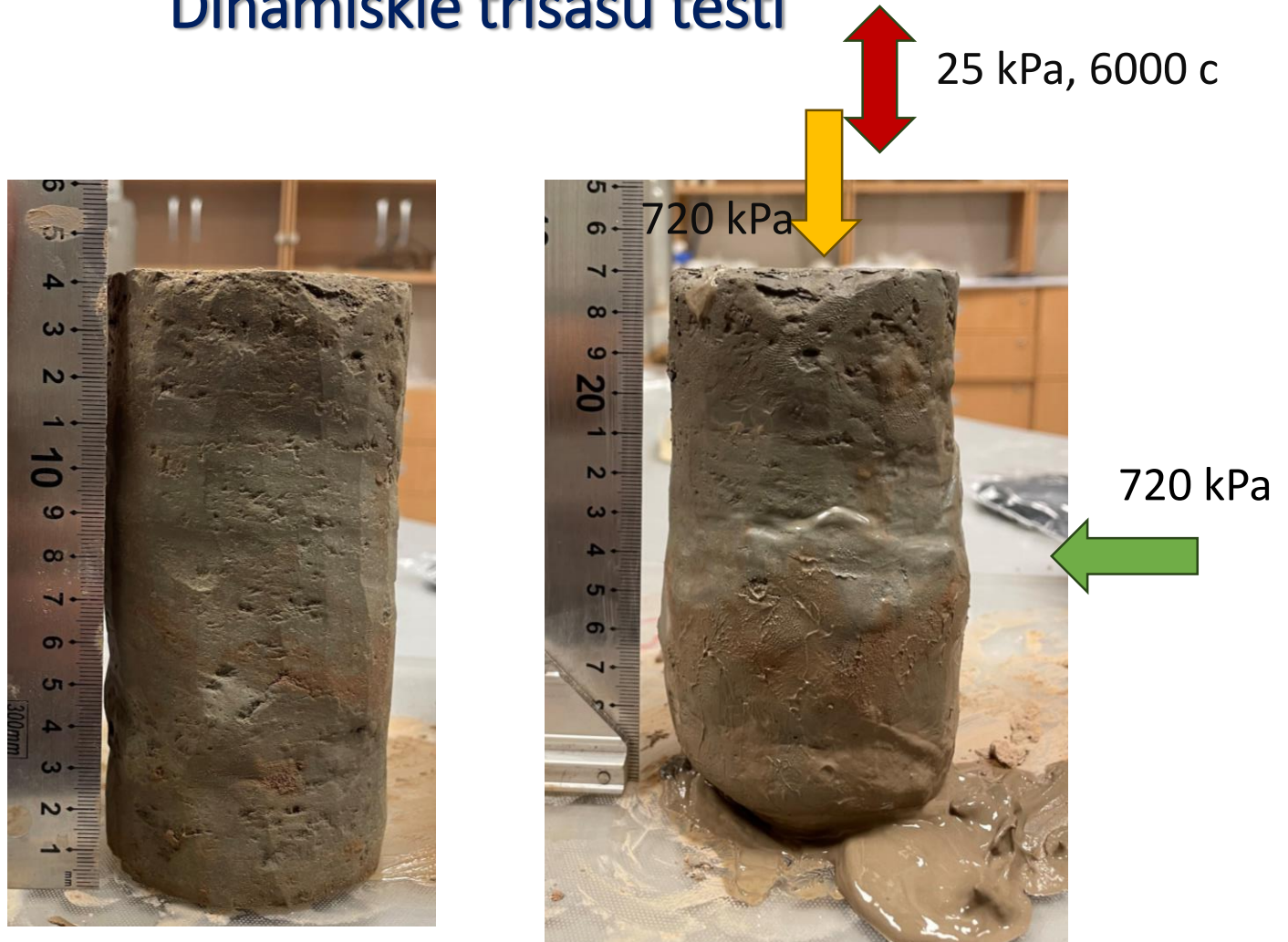
Dinamiskie trīsasu testi



Dinamiskie trīsasu testi

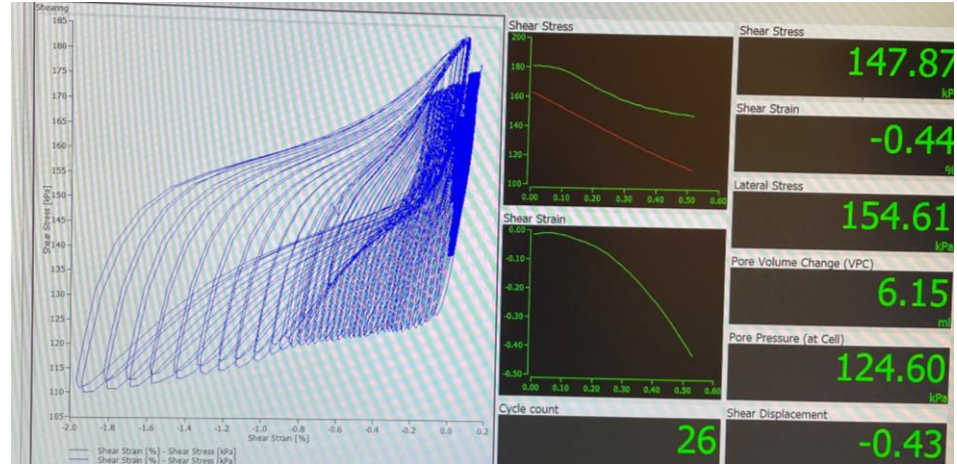
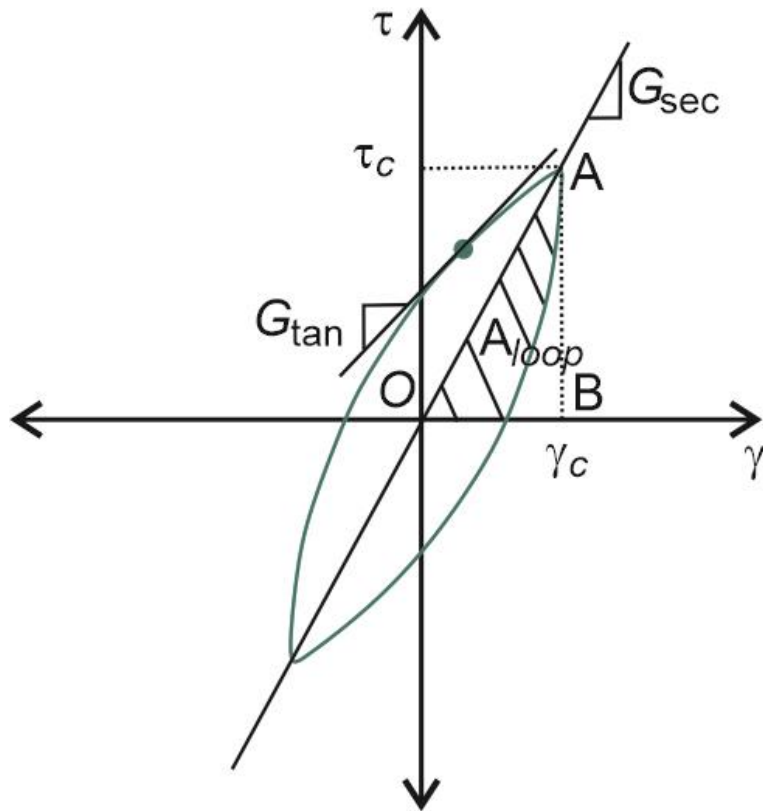


Dinamiskie trīsasu testi



Mālainis aleirolīts, ļoti ciets, 36m dziļums

Sektantes modulis un slāpēšanas koeficients



Ja uz grunts iedarbojas simetriskā cikliskā slodze, tās bīdes sprieguma un bīdes deformācijas attiecībai parasti ir izteikta histerēzes cilpa.

Histerēzes cilpai ir noteikts slīpums, kas ir tieši atkarīgs no grunts stinguma vai elastības moduļa.

Sekantes moduli var noteikt pēc sekojošā vienādojuma:

$$G_{sec} = \frac{\tau_c}{\gamma_c}$$

kur τ_c ir maksimālais bīdes spriegums un γ_c ir maksimālā bīdes relatīvā deformācija noteiktajā ciklā.

Sektantes modulis un slāpēšanas koeficients

Cilpa attēlā norāda, ka cikliskās slodzes laikā notiek enerģijas izkliedēšana.

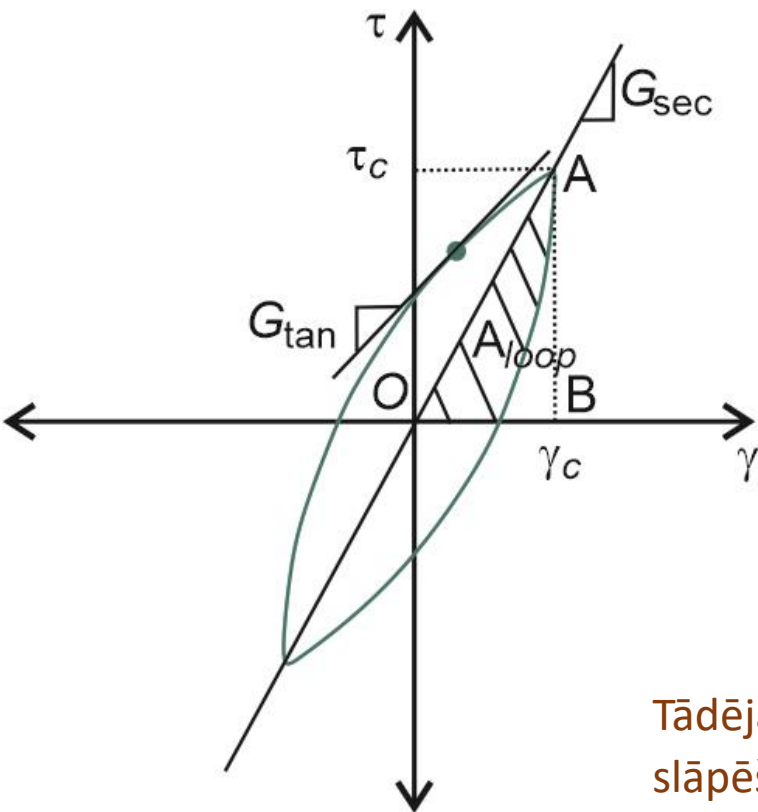
Tādējādi teorētiski maksimālā izkliedētā enerģija viena cikla laikā W ir trīsstūra OAB laukums, jeb:

$$W = \frac{1}{2} \tau_c \gamma_c = \frac{1}{2} G_{sec} \gamma_c^2$$

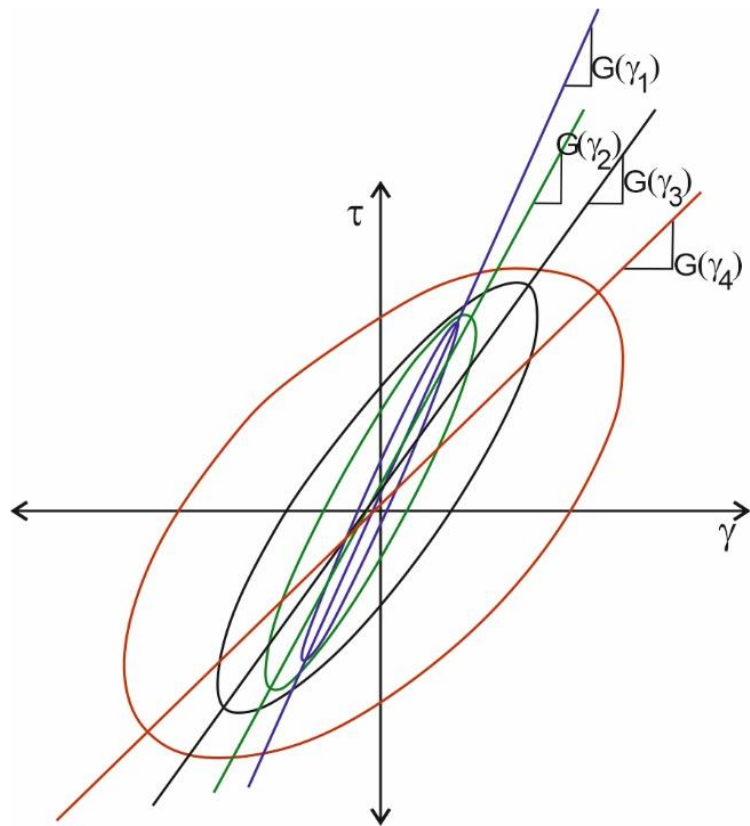
Viena cikla laikā faktiskā izkliedētā enerģija ΔW ir mazāka par teorētiski maksimālo, un to definē laukums histerēzes cilpas iekšpusē A_{loop} .

Tādējādi enerģijas zudumi ir tieši saistāmi ar slāpēšanas koeficientu λ , ko parasti definē kā:

Damping Ratio $\lambda = \frac{\Delta W}{4\pi} / W = \frac{A_{loop}}{4\pi} / \frac{1}{2} G_{sec} \gamma_c^2 = \frac{1}{2\pi} \frac{A_{loop}}{G_{sec} \gamma_c^2}$



Sektantes modulis un slāpēšanas koeficients

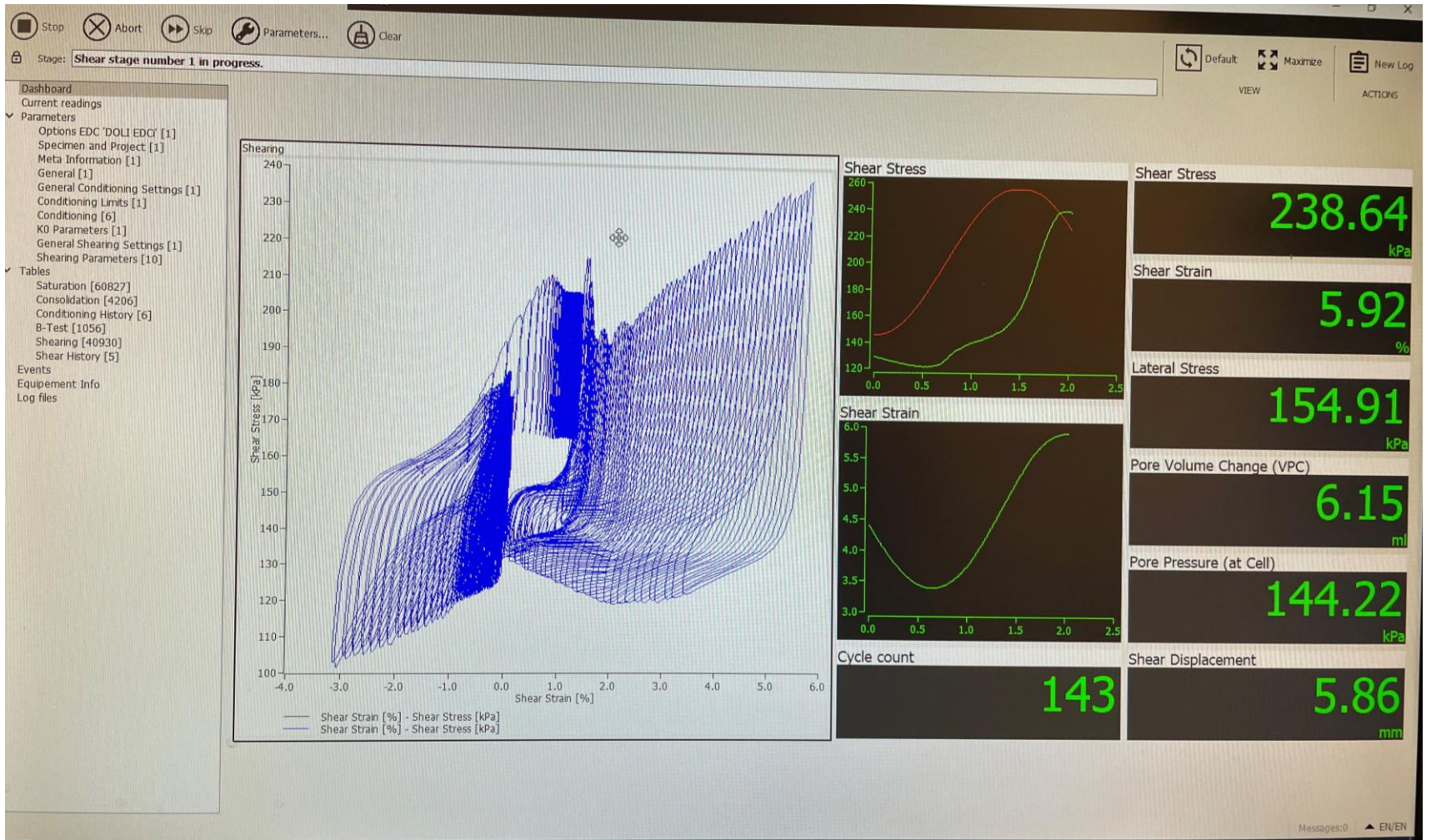


Sekantes bīdes moduli G_{sec} viena cikla ietvaros ietekmē:

- cikliskās deformācijas amplitūda;
- vidējais galvenais spriegums;
- porainības koeficients un līdz ar to arī blīvums;
- plastiskuma indekss I_p (putekļiem un mālam);
- pārkonsolidācijas koeficients (OCR).

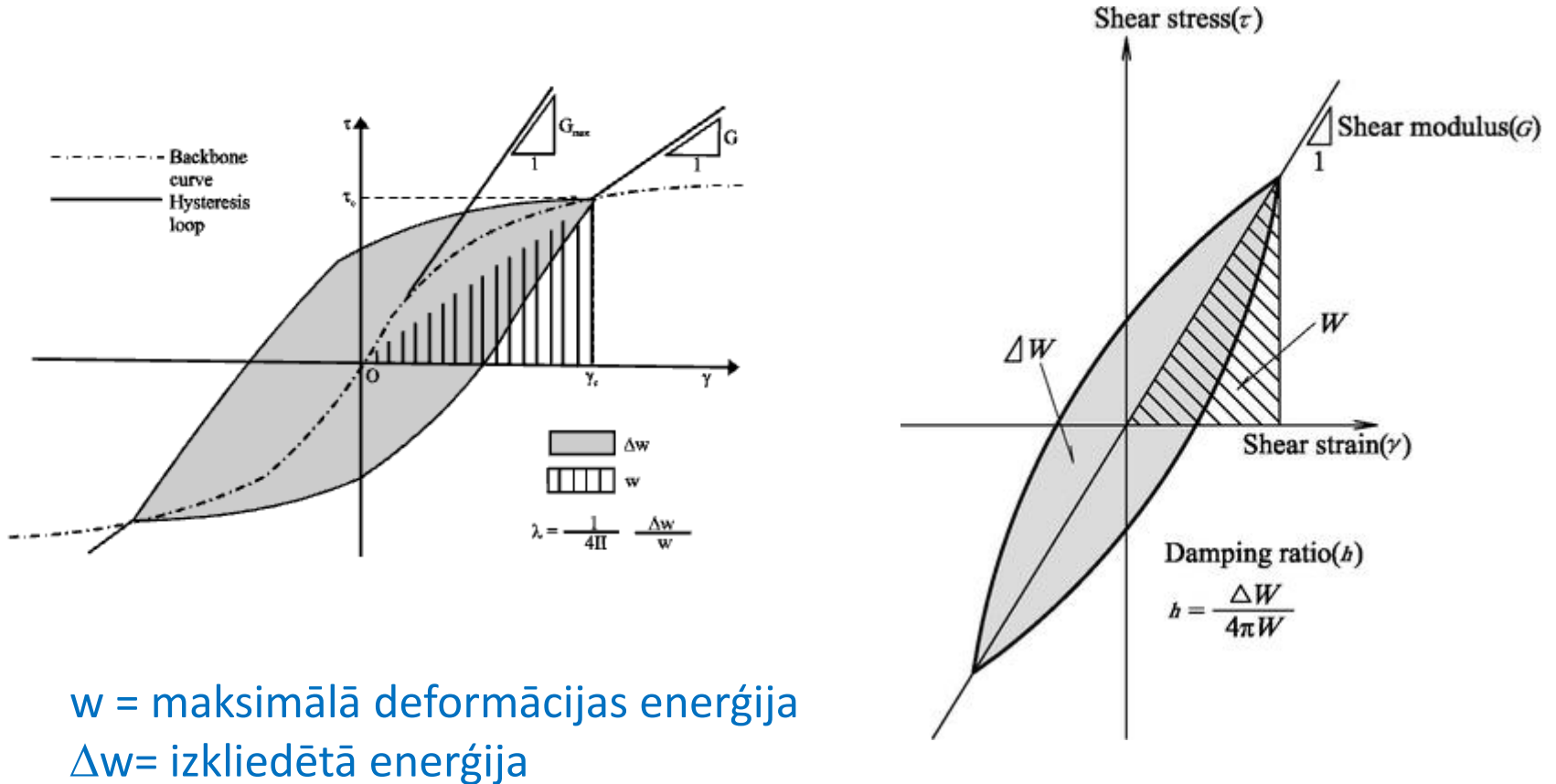
Sekantes bīdes modulis mainās arī atkarībā no slodzes ciklu skaita.

Svarīgi uzsvērt, ka mālainām gruntīm slodzes ciklu skaita palielināšanās īsākā laika posmā tieši ietekmē bīdes moduļa samazināšanos, jo notiek straujš poru spiediena pieaugums.



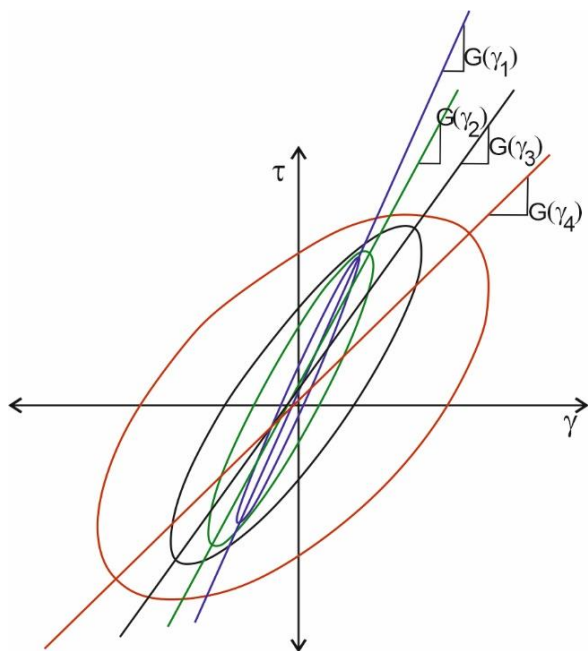
Faktiskās histerēzes līknes ļoti reti, kad būs ideāli simetriskas

Sektantes modulis un slāpēšanas koeficients



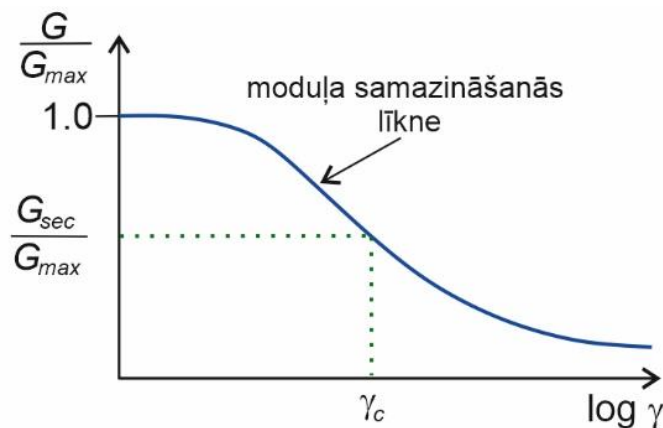
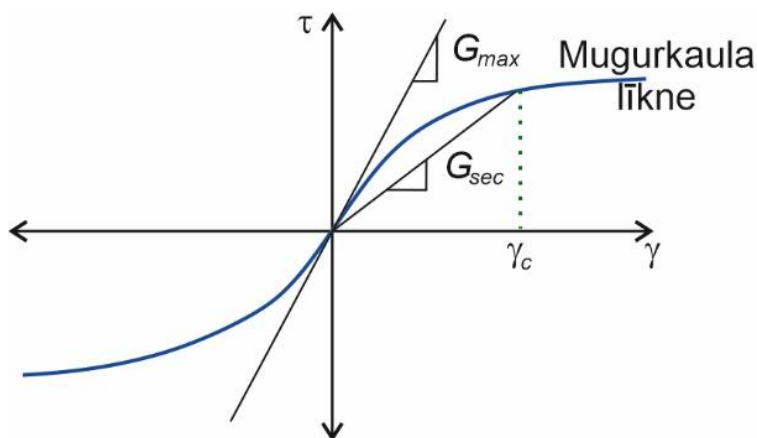
Literatūrā nereti G_{sec} vienkāršoti pieraksta kā G .

Sektantes modulis un slāpēšanas koeficients

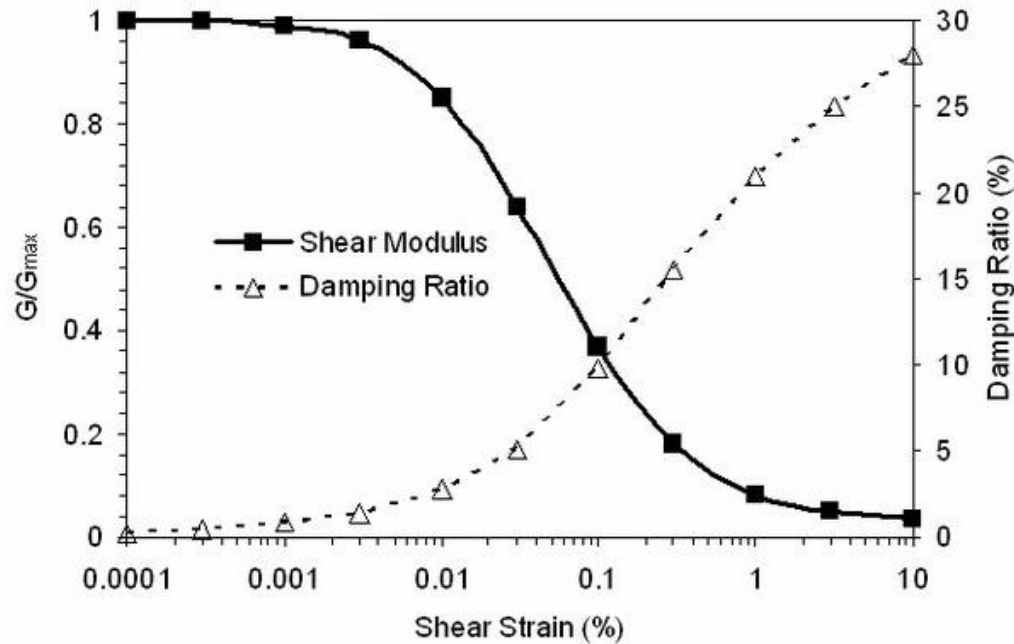


Mēs varam, savienojot histerēzes cilpu smaļņu punktus tajā pat bīdes sprieguma / bīdes relatīvās deformācijas telpā, iegūt tā saucamo “mugurkaula līkni” (*backbone curve*).

Šī līkne uzskatāmi parāda, kā bīdes modulis mainās, pie nulles bīdes relatīvās deformācijas tam esot G_{max} un palielinoties deformāciju amplitūdai tam G_{sec} samazinoties.

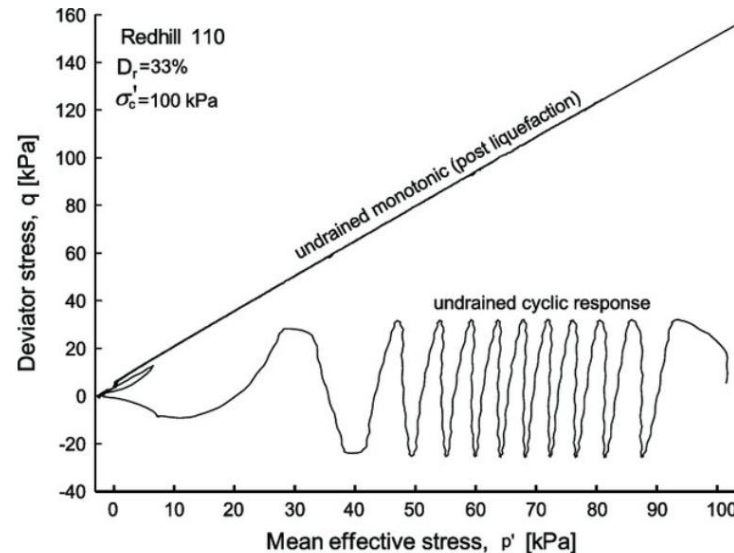


Sektantes modulis un slāpēšanas koeficients



Normalizētais bīdes modulis (G) un slāpēšanas koeficients (D) kā funkcija no bīdes sprieguma (γ) (Jerram et al., 2006).

Statiskā un dinamiskā testa rezultātu salīdzinājums



Paraugu kvalitāte, paraugu skaits...



Sektantes modulis un slāpēšanas koeficients

Sekantes bīdes moduli G_{sec} vienīgi iespējams noteikt, izmantojot tabulā norādītās laboratorijas metodes.

Laboratorijas tests						
Tests	Cikliskā vērpes bīde	Cikliskā tiešā vienkāršā bīde	Cikliskais trīsasu	Rezonanses kolonu	Bendera elementi	Cikliskais trīsasu priekš iezīem
Deformācijas līmenis						
Ļoti neliels ($<10^{-5}$)	(Pilns)	-	-	Pilns	Viens	(Pilns)
Neliels ($10^{-5} - 10^{-2}$)	Pilns	Pilns	(Pilns)	(Pilns)	-	Pilns
Vidējs ($10^{-2} - 10^{-1}$)	-	(Pilns)	Pilns	-	-	-
Standarts	JGS0543	ASTM D8296-19	ASTM D3999 ASTM D5311	ASTM D4015-07	ASTM D8295-19	JGS 2561 JGS 2562
- = Nav piemērojams; viens = viena konvencionālā vērtība; pilns = pilns grafiks; () = daļēji piemērots						

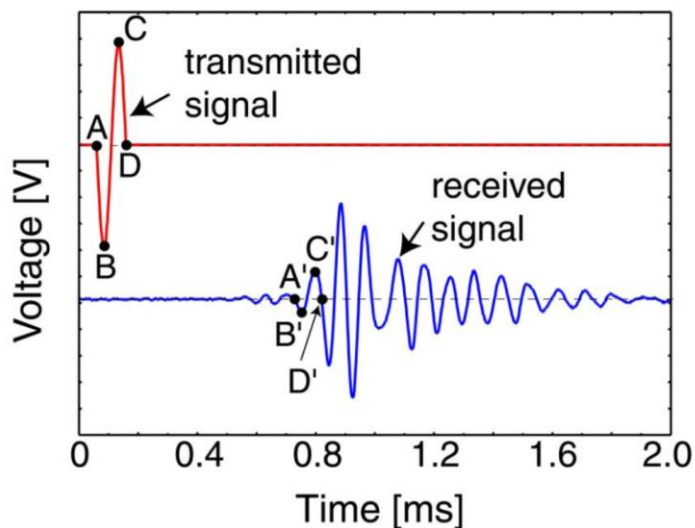
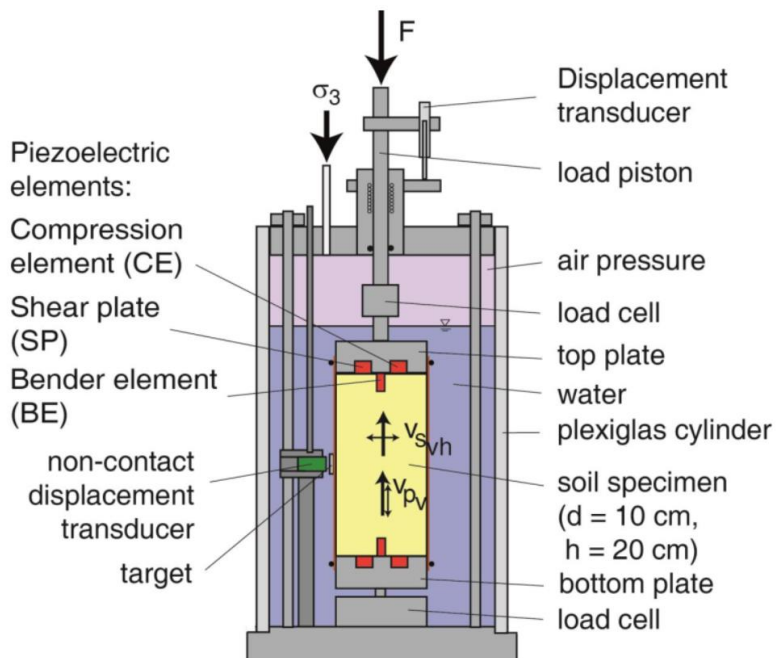
Līdz ar to plašāku diskusiju raisa iegūto grunts paraugu kvalitāte, kas atkarīga ne tikai no izmantotās grunts paraugošanas ierīces, to darbinošās iekārtas un tās operatora pieredzes un garastāvokļa, bet arī paraugu transportēšanas saudzīguma uz laboratoriju.

Papildu ietekmes faktori saistās tieši ar darbībām laboratorijā, piemēram, grunts parauga izspiešanu no paraugcaurules, tā sagatavošanu laboratoriskajiem testiem, veidojot testējamo provi, un iestatītajiem testa parametriem.



Paldies par uzmanību!

S-viļņu ātruma mērīšana izmantojot Bendera elementus



$$v = l/t$$

Kur:

v – ātrums

l – ceļa garums

t – laiks

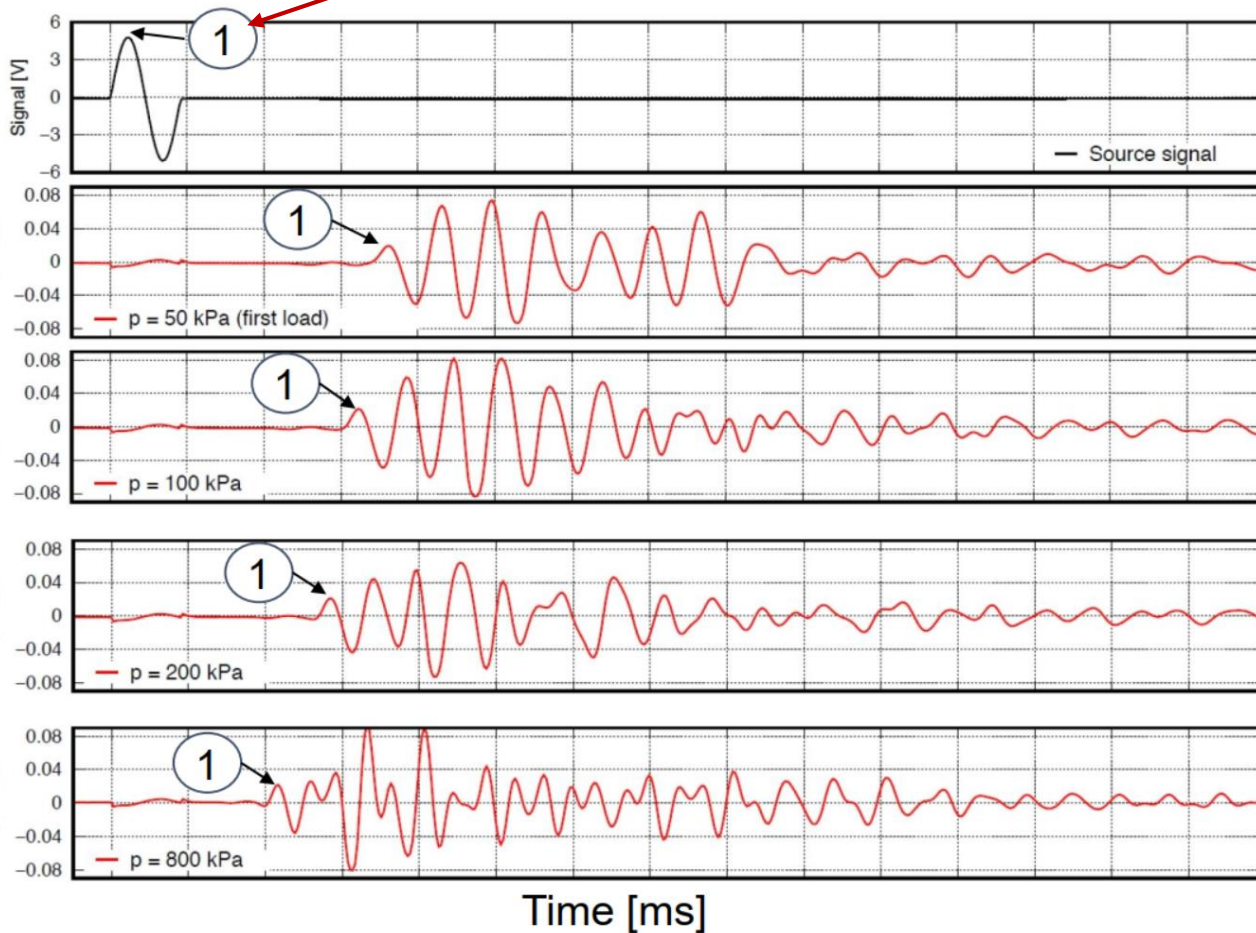
$$G_0 = \rho v_s^2$$

v_s – bīdes viļņu ātrums

ρ - grunts blīvums

S-viļņu ātruma mērīšana izmantojot Bendera elementus

Pirmais pīķis



S – viļņu ātrums:

$$v_s = \sqrt{G/\rho} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot 2(1 + \nu)}$$

P – viļņu ātrums:

$$v_p = \sqrt{\frac{G}{\rho} \cdot \frac{2(1+\nu)}{1-2\nu}} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\nu}{1-\nu-2\nu^2}}$$

Bīdes modulis G (kPa)

Blīvums ρ (g/cm³)

Poisona skaitlis ν (-)

Junga modulis E (kPa)

RTU iekārta ($f < 0.0001 - 10$ Hz)

20 kN spriegums un dinamiskā slodze no 0.0001-10Hz



- 1 – Elektromehāniska sloģšana;
- 2 – Trīsasu šūna;
- 3 – Deformāciju mērījumi;
- 4 – Šūnas pacelšanas mehānisms;
- 5 – Automātisks tilpuma kontrolieris šūnas spiedienam;
- 6 – Automātisks tilpuma kontrolieris šūnas pretspiedienam;
- 7 – Dinamisks augstas precizitātes kontrolieris;
- 8 – Programmatūras nodrošinājums jebkādiem statistiskiem un cikliskiem trīsasu testiem.

RTU BIF iepirkuma iekārta ($f < 0.0001 - 10$ Hz)



Simulācija	Tipiskās frekvences
Zemestrīces	1 Hz
Vibrējošas iekārtas	10HZ
Viļņošanās	0.1 HZ
Vēja turbīnas	1 Hz

Iekārtas šūna paceļama, līdz ar to parauga ievietošana un testa uzsākšana ir ļoti ātra

RTU BIF iepirkuma iekārta ($f < 0.0001 - 10$ Hz)

Trīsasu testa iekārta atbalsta sekojošos testus:

- Piesātinājuma pakāpe (piesātināts/nepieredzējis);
- Nepiesātināts tests;
- B-vērtība;
- Konsolidācijas posms (izotrops vai anizotrops);
- Caurlaidības testa modulis ;
- Spriedzes ceļa modulis: Lineārie sprieguma ceļi - p , q vai s , t ;
- Standarta triaksiālais tests: UU, CU, CD ar poru spiediena mērījumiem;
- KO testi;
- Sprieguma (stiepes) testa modulis;
- **Dinamiskās bīdes pakāpes modulis:** Dinamiskās triaksiālās pārbaudes modulis ar sprieguma vai deformācijas kontroli, ieskaitot ciklisku sprieguma kontroli - ciklisku deformācijas kontroli;
- **Iepriekšējās sloģošanas modulis:** paraugam var piešķirt dažādu veidu sloģošanas viļņu formu, piemēram, sinusoidālu, kvadrātveida, trīsstūra, taisnstūra, rampas signālu un lietotāja noteiktu viļņu formu, kā arī dinamiskās rampas;
- Elastīgā moduļa testa modulis;
- Automātiska laukuma korekcija pēc tilpuma izmaiņām vai vertikālās deformācijas;
- Monitorings ar vienlaicīgu datu aprēķināšanu testu laikā.