

NAZIV PREDMETA:

MEHANIKA TLA

Semestar:

V (zimski A i B)

Nedeljni fond časova:

(4+3)

Ukupni fond časova:

(60+45)

Predavanja se sastoje od:

- praćenja usmenog izlaganja gradiva iz predmeta Mehanika tla.

Vežbe se sastoje od:

- praktičnog prikaza istražnih radova u tlu
- praćenja laboratorijskih opita i obrade podataka
- samostalne izrade računskih zadataka predviđenih programom.

Za sticanje prava na potpis, student je obavezan da ispuni sledeće uslove:

- da redovno prisustvuje predavanjima
- da redovno prisustvuje vežbama i radi na rešavanju zadataka predviđenih programom vežbi. U toku jednog semestra sa vežbi se može izostati najviše **DVA** puta (opravdano ili neopravdano), ali i te vežbe se moraju naknadno uraditi i overiti.
- da na vežbama izradi predviđene zadatke na dobijenim obrascima i na unapred pripremljenim listovima formata A4 ili A3.
- da uradjene vežbe u savijenoj dvolisnici sa formatizovanim zaglavljem predaje na pregled i overu na kraju izvedene vežbe.
- da na kraju semestra podnese na uvid sve overene vežbe oformljene u elaborat radi dobijanja potpisa.

Uslovi ispita:

- pismeni deo ispita: od zadatih 5 zadataka student treba da reši 4 za vreme od 4 časa. Svaki zadatak se ocenjuje procentualno od 0 do 100 %. Ocenu pismenog dela ispita čini zbir procenata 4 najbolje uradjena zadatka, prema tabeli ocena. Minimalni procenat za pozivanje na usmeni deo ispita je 190 % (ocena 6). Osnovu zadataka pismenog dela ispita i pripreme čine zadaci uradjeni na vežbama, zbirka zadataka i predavanja iz Mehanike tla.
- usmeni deo ispita: studentu se zadaju 8 pitanja. Krajnja ocena se formira na osnovu pismenog dela ispita i kvaliteta odgovora na usmenom delu ispita.

Literatura:

M. Maksimović

MEHANIKA TLA (drugo izdanje)
Čigoja štampa, Beograd, 2001

M. Maksimović
P. Santrač

ZBIRKA ZADATAKA IZ OSNOVA MEHANIKE TLA
(5. izmenjeno i prošireno izdanje), Subotica, 2001.

ISTRAŽNI RADOVI U TLU - GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA

GEOTEHNIČKIM ISTRAŽNIM RADOVIMA treba obezbediti podloge za projektovanje, izvođenje i eksploataciju građevinskih objekata. Istražni radovi se izvode po prethodno izrađenom istraživačkom projektu. Istraživanje terena se izvodi u fazama:

- preliminarne
- detaljne
- dopunske.

Obim istraživanja zavisi od vrste objekta, njegovog značaja, namene, faze projektovanja, raspoloživosti predhodnim informacijama i dr. Istražni radovi se dele, i razlikuju su, ako se:

- gradi na ili u tlu (podloga objekata)
- ili se tlo koristi kao građevinski materijal (nasipi, nasute brane i sl.).

Cilj istražnih radova je utvrđivanje vrsta materijala (identifikacija i klasifikacija), njihov prostorni odnos, režim podzemnih voda, utvrđivanje inženjerskih svojstava (čvrstoće, deformabilnosti, vodopropustljivosti, ugradljivosti).

Rezultati istraživanja se prikazuju geotehničkim elaboratom.

1. Istraživanja sa površine terena:

- prethodna geološko-geotehnička istraživanja
- geofizička istraživanja
 - * geoelektrične metode
 - * seizmičke metode
 - * metode pomoću radioaktivnih izotopa

2. Dubinska istraživanja:

- sondažne jame
- sondažni bunari
- sondažni zasjeci, potkopi i galerije
- sondažne bušotine. Izvode se:

A. ručnom sondažnom garniturom

B. mašinskom sondažnom garniturom.

Истражни радови у илу - геотехничка истраживања

1.

Сврха → поуздане информације о илу

↓
погодно за пројектовање, грађење и експлоатацију грађевинских објеката

Истраживању у смислу истраживачких радова претходи: план истраживања (пројекат)

Фазе истраживања:

1. прелиминарна
2. дејавна
3. дојунска

1. Прелиминарна - сагледавање проблематике и сакупљање података - хидролошки, геолошки, сеизмички...

мања количина истражних радова која покрива све области.

2. Дејавне - широк спектар геотех. метода и основа је за главни пројекат

3. Дојунска - у случају непредвиђених ситуација - санација - дојунско истраживање

Обим истраживања зависи од врсте објекта, његовог значаја, намене, фазе пројектовања, расположивости прелиминарних информација и др.

Објекти се граде на илу или у илу (улуци); илу се користи и као грађевински материјал (настилки)

Сви подаци који се сакупљају приказују се геотехничким елаборацијама


1. Истраживање са површине терена:

а) прелиминарна геолошко-геотехничка истраживања

- сакупља се документација за локацију будућег објекта, проучавамо геолошке карте и аеро-фото снимке

- излази се на терен: морфолошка слика: засеци, расеци, раседи, подземне воде; информације од мештана

б) инжењерско-биолошка истраживања

- прикупљамо информације о биљкама на будућој локацији, одређене врсте биљака живе на одређеној врсти ила, ако постоји хлороза →  постојој биљке је мало дрвцасти.

в) геофизичка истраживања - само у прелиминарним фазама може и у дојунс.

- геотехничке методе (мерање разлике ел. потенцијала на више места и на различитим дубинама) ⇒ специфични отпор ила, а он зависи од врсте ила, подземних вода итд.

- сеизмичке методе - користе се много више

- брзина простирања вештачки затворених динамичких таласа

1 слој

2 слој

Беленимо: директни талас АВ

Одређени талас А-површина - В

преломљени талас

Ово су информације које добијам на основу брзине.

- методе помоћу радиоактивних изотопа

користе се ради утврђивања густина и влажност ситнозрног ила и то искључиво у непредвиђеном стању.

2. Губинска истраживања:

- а) сонданне јаме 4-5 м дубине → изван табаритија објекта (јер је то ослабљено место)
 ↳ обавезно изнад нивоа подземне воде
 ↳ могу се узимати поремећени и непоремећени узорци и картирање слојева по дубини
 Ако су јаме за саобраћајнице (50-500 м) → растојање
 - за квалитет материјала у позармичким зонама → 30 м - 120 м за насипе

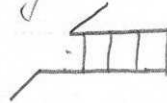
б) сонданни бунари

вертикална окна - дубине 10-12 м
 изводе се углавном ручно. Обавезно подрађивање.
 вода која се појави приликом се пушта.
 скупи су.



в) сонданне галерије

хоризонтална окна → утврђивање хоризонталне слојевитости
 обавезно се подрађује
 - опасна је: могу нарушити стабилност мадине



г) сонданне бушотине - најчешће

- са површини терена или са дна јаме бушимо све док не дођемо до зоне до које верујемо да неће доћи до најлонских промена у изградњи објекта.

- 6 м - лакши објекти (2-3 м по ширини) - приземне зграде

- 1,5x ширина објекта - је дубина за веће објекте

- 30-50 м → за фундирање објекта на шиповима

- вишеспратне зграде 15-50 м

- 30-90 м хале

- 15-60 м насипне бране и хидротехничке насипе

Ако је камотен терен - дубина x 2, нехомоген - дубина: 2 то може, а не мора.

Развођење: ручном, сонданном тарнишуром или машинском тарнишуром

Бушење: ротационо → малим торзије на бушети прибор

перкусионо → ударно (маљем)

камбинована метода

Ручна сонданна тарнишур - лакши објекти и непланирана места мах 6 м
 Прибор: шипке дубине 1 м које се завршавају режњем сврдлом.

Ручка се зове т ручка.

Преко 6 м треба извршити зацењвање бушотине - поседно месак - обложном колоном (то је као нека цев која има навој), бушење даље кроз обложни колон са кашиком или цилиндром

За обложни колон се користи тарнишур! Шорањ

- машинско бушење - поред начина постоји погонски део. Општи бушење шипке - уне
 ситнозрно шло - има као неки прстен за придржавање (за држане шла)
 за кружнозрно шло - буткалица (буткањем продирање у дубину → обавезна је вода
 пуно пуца се подигне и дигне (тада се затвори поклопац)

д) шло - обавезно се зацењује

тарнишуром за машинско ротационо бушење је са ротационим сврдлица

(иначе се може узети непоремећени узорак из шла)

бушење језгровањем - погонски део, урезај за маневрисање, прибор за бушење.

Ротирањем цилиндричне цеви која на доњем крају има круну за друшење-бушење.

Цев може бити једношрука, двошрука и трошрука, прва за ситне, а пре-

остале две за шло. Словашка цев ротира а унутрашња се упикује у шло

за захватање узорка. Између - шруцим флуид под притиском → и до круне

па изван словашке и навоје.

Бушотине - сврха (страница 2)

- узимање узorka из шла
- одређивање нивоа подземне воде - мишталкач → миштил кад стигне до воде
- узимање узorka воде
- мерење торног притиска (пнезометри) → страница 8
- (a) и (b) отворени Касаграндеови пнезометри → у шло са ветом водопрон. рецн. мо песак има више него глина. Торни притисак се мери - мерењем нивоа воде у цеви која је уграђена у бушотину. Цев да буде што мањег пречника да би дошок воде што више утицао (јер ако је цев великог пречника онда посиди извесно кашњење) (a). Онај под (b) је већ бољи $D = 5-25 \text{ m}$. Ситнозрна шла (c) и (d) таса пошредна да отвори вентил изм. торном притиску.
- Електрични - мери се деформација еластичне мембране која је изложена притиску воде. Помоћу мерне шраке или вибрирајуће аирате се прешвара

** бишно. Пенетрационо сондирање

1. Стандардни пенетрациони тест (SPT)
2. Ситнички пенетрациони тест (CPT)
3. Чейни пенетраметри

Збова два највише?

1. и 2. тамо где није могуће узети непометени узорак → нпр. у песку или шљунку, где се порозност и влажност порећује
- SPT се изводи у бушотини при чему се на низ шипки учвршћује стандардна пен. каш.
 - Ошпи се састоји од врху удара мања масе 63,5 kg (који слободно пада са висине од 76 cm и којим се постигне продирање од 30 cm и то у фазама $3 \times 15 \text{ cm}$ а прва фаза се одбацује.

страница 6

- из кашике се може узети узорак → кашика је дводелна на горе је кулиница која затвара воду
- За песак кашике, за шљунак конус са углом 60°

$N_{\text{кашике}} = 0,75 \cdot N_{\text{конуса}}$

- CPT → користи се за мерење ошпира које што пружа при ушискивању конусног пенетрометра са углом од 60° и површине пројекције основе конуса од 10 cm^2 (страница 7)
- уреди се апаратура-анкерима или беластин одозго ако је лоше што брзина ушискивања конуса је 2 cm/sec .

мерни уређај - ошпира ушискивања - димензија напон P_a

- ознака $\sqrt{S_{kd}}$ или f_s → пенетрациони ошпира.

Поред мерења ошпира врха, може да се мери ошпира бочног шрења по оно-мачу шипке, обележава се f_s .

механички M_1, M_3, M_2

електрични E_1, E_2

Резултатни тестови → по дубини како се мења ошпира врха и укупне силе шрења (бочног) (страница 7)

Корелација SPT: CPT → страница 6

або → пречник зрна од кој је само 50% зрна мање

- Чейни пенетраметри - одређивање чврстоће шла одмах за недренирану чврстоћу шла. Избављен је за директно чишћење.

- Крилна сонда - за одређивање недрениране смичуће чврстоће пошпируно за-сигених глина - све поре су са водом.

а) лабораторијска б) теренска

4. Крипца уписује се у узорак → па наносимо Мт → и када дође до слоја шла → што је када више не пружи отпор.

Побашајак - моментални торзије.

3. Узимање, паковање, транспорт и чување узорака

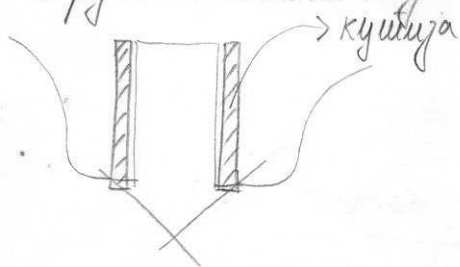
узорици - поремећени (имају исти гранулометријски састав као и природно шло али им је структура делимично или потпуно нарушена)
непоремећени (разликују се у порозности и влажности у односу на природно шло)

- поремећени: узорци се користе за опште збијања, теренску идентификацију, под. исп.

- непоремећени: заштитену структуру, влажност и порозност - идентични са природним шлом. За класификацију, за одређивање влажности, задржане тежине, безмичке чврстоће шла, за одређивање стисливости и деформабилности шла.

- Узорци из шла се узимају:

1. ручно → искоришћено јаку и оставио ситу шла

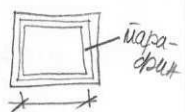


- ако је шло чврсто можемо ашвом, заштитио парадина
а ако није чврсто - обавезан парадина између купије и узорка па то све у већу купију
али довољно крути.

- може и цилиндром (што мањи зидови)

мање поремећен узорак

- иначе поремећени могу - бушењем, буткалица шлд.



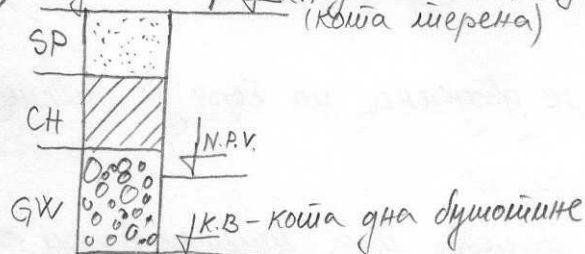
4. Остали теренски опити: - опити са пробним оптерећењем (нпр. уграђени шип - оптерећујемо и растеретијемо до слоја шла или шла)
- опити шлом - оптерећује се посматрајући шла → резултат Е

- теренски CBR - опит

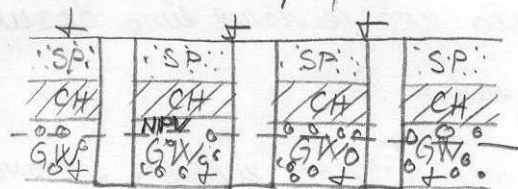
5. Приказ испитаних радова

- геотехничким елаборатом

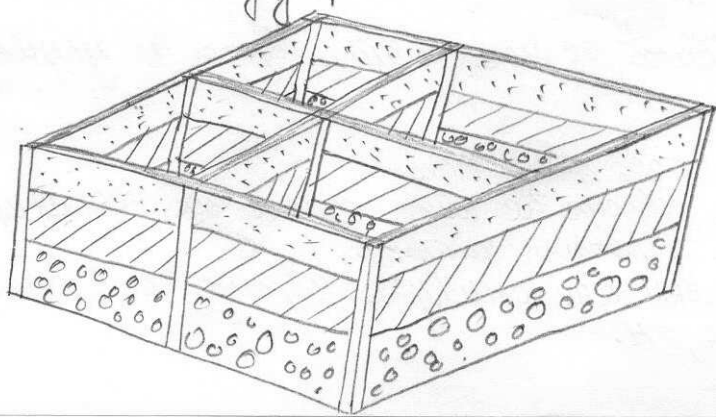
1) сонданни пресек бушотине - резултат бушења или из бушотине (коша мерена)



- геотехнички профил



- геотехнички блок дијаграм



TERENSKA IDENTIFIKACIJA I KLASIFIKACIJA															
Objekat		Vrsta sondiranja				Prečnik uzorka		Datum sond.							
Sonda	Granulacija				Reakcija na trešenje	Ip	γ_d	Miris	Boja	Sadr. CaCO ₃	Sjaj	Opti palcem	Terenska klasifikacija	Klasif. simbol	
	d _{max}	oblik zrna	Procentat												
			šljunka	peska											prašine i gline
S1/2.0	30 mm	neporemećen	95%	5%	—	—	—	—	žuta	—	—	—	globoko granulirani rečni šljunak	GW	
S2/1.8	30 mm	zaoštrožen	95% sednjiti i sitan	5% kaolin	—	—	—	—	siva	—	—	—	rečni pesak, slabo granuliran	SP	
S3/4.2	0,2 mm	zaoštrožen	—	100%	—	—	—	—	siva	—	—	—	neguska prašina (mug)	OL	
S4/1.5	—	—	—	—	100%	—	—	—	žuto	—	—	—	neguska prašina	ML	
S5/3.6	—	—	—	5%	95%	—	—	—	žuto	—	—	—	prašnast pesak	SH	
S6/2.5	—	—	—	70%	30%	—	—	—	sivo	—	—	—	gluvinasta prašina, malo do sednjice plastičnosti	ML/CL	
S7/2.5	—	—	—	—	100%	—	—	—	žuto	—	—	—	vrloko-plastična gлина	CH	
S8/6.4	—	—	—	—	100%	—	—	—	žuto	—	—	—	—	—	
Neporemećeni uzorci															
					Nivo podzemne vode		Način sondiranja		Napomena						
					Pojava podzemne vode										
					Statički nivo podzemne vode										

Statički nivo podzemne vode

Način
sondiranja

Napomena

Квантитативни показатељи тла

1.

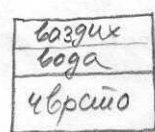
- Тло - природна мешавина минералних зрна која се могу раздвојити механичким поступцима. Састоји се од чврсте, течне и гасовите фазе

минерално зрно вода ваздух и водена пара

Гео тла задржане V



задржане



W - тежина

a - ваздух
w - вода
s - чврсто

тежине

* G_s - специфична тежина тла $G_s = \frac{\gamma_s \rightarrow \text{чврсто}}{\gamma_w \rightarrow \text{вода}} = \frac{W_s/V_s}{W_w/V_w} = \frac{W_s/V_s}{V_s \gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$
 $\gamma_w = 9,807 \text{ kN/m}^3$ $1 \text{ g/cm}^3 = 9,807 \text{ kN/m}^3$ конверзија

G_s - показује колико је честица тла тежа од честице воде

2,6-2,8 2,65-2,67 $\rightarrow G_s$ за песак
 2,67-2,70 \rightarrow прашинаст песак
 2,7-2,8 \rightarrow неорјанска глина
 $G_s < 2 \rightarrow$ орјанска глина

Метода пикнометра за G_s

Пикнометар - бочица 100 мл

Измери се маса m_1 - маса узорка (10-50g) која у сувом стању прође кроз сито отвора 2mm и ту масу сипамо у пикнометар. У пикнометар сипамо деаерисану, десиливану воду до 3/4 задржане и након што се тресица извлачењем мефритом ваздуха из зрна тла - кувањем или вакумирањем. Када извучемо ваздух пуњимо до врха водом. Око 20°C - би требало да је термостатна. Укупна маса m_2 : $m_2 = \text{узорак} + \text{пикнометар} + \text{вода}$. Накроју маса $m_3 \rightarrow$ када се испразни онда се мери само пикнометар и вода (m_3)

$G_s = \frac{m_1}{m_1 + m_3 - m_2}$ 200-500 мл \rightarrow пикнометар за шљунак

* Задржане тежине чврстих честица $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = G_s \cdot \gamma_w [\text{kg/m}^3]$

* Задржане тежине тла (у природном стању)

$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_w + V_a} [\text{kg/m}^3]$

* Одрезивање γ за ситнозрно тло

1. Метода цилиндра познате задржане

Цилиндар познате задржане V, масе M_2 упишан је се у ситнозрно тло и води се узорак ваљкастог облика. Затим се измери маса цилиндра заједно са узорком M_1

$\gamma = \frac{M_1 - M_2}{V} \cdot g^*$ - фактор конверзије $1 \text{ g/cm}^3 = 9,807 \text{ kN/m}^3$

2. Метода са парафином

Узорак масе M_1 урађа се у брућ парафин и добијано масу M_2 (узорак + парафин). Узорак се безије контејнер мале масе и урађа се у бандажену мензурну са водом, да бисмо одредили задржану масу $m_2 \rightarrow V$

Парафин = $0,89 \text{ g/cm}^3$ парафин - да вода не би ушла у поре

$\gamma = \frac{M_1}{V - \frac{M_2 - M_1}{\gamma_{\text{парафина}}}} \cdot g^*$ - задржане парафина

3. Метода са живом
Узорак познате масе M се уклања у живу ради утврђивања запремине V
 $\rho_{\text{живе}} = 13,6 \text{ g/cm}^3 \quad V = \frac{M_{\text{живе}}}{\rho_{\text{живе}}} \rightarrow \rho = \frac{M}{V}$

* Одређивање ρ за кружнозрно шло

1. Помоћу пластичног омошача
У шлу ископамо одређену количину шла. Измеримо шлу масу. У ископану руду се ставља пластични омошач и из мензуре сипамо воду у руду док се она не испуни.

2. Помоћу гумене мембране
Ископамо руду. Маса. Али сада постоји апарат који аутоматски одређује запремину руде \rightarrow излази вода пуцањем и пуни се мембрана - сипава се ниво

3. Помоћу калибрираног песка
 M као приближно калибрирани песак - приближно исти пречник зрна, преовладава 1 фракција. У ископану руду сипамо калибрирани песак, а пре штога смо одредили запреминску тежину у сувом стању шло песка. И на основу масе коју смо сипали и запреминске тежине песка $\rightarrow V$

$$V = \frac{M_{\text{кр}}}{\rho_{\text{кр}}}$$

4. Помоћу радиоактивних изотопа

* Садржина воде у шлу - влажност (W) (влажност у природном стању)

$$W = \frac{W/W}{W/S} \times 100\% \quad W = \frac{W - W/S}{W/S} \times 100\% \quad W = \frac{M_W}{M_S} \cdot 100\% = \frac{M - M_S}{M_S} \cdot 100\%$$

- Одређивање:

1. Лабораторијски поступак: узимамо влажан нејоремећен или полужоремећен узорак, стављамо га у посуду и меримо укупну масу - M_1 (узорак + посуда). Узорак сушимо у сушару око 24h на температури од $105^\circ - 110^\circ\text{C}$. За нормална шла за британска $50^\circ - 60^\circ\text{C}$. Ако з засићена мерења масе дају исту тежину сушење прекидамо. Меримо масу сувог узорка са посудом M_2 и на kraju меримо само масу посуде M_3 .

$$W = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \cdot 100\%$$

2. Теренске методе

- Индиректна метода са карбидом (SPEEDY)
У мешалну комору са херметичким поклопцем сипамо одређену количину влажне узорка и 1-3 кашице калијума - карбида и две мешалне кулице ради брже мешања, затим пропресемо комору да би карбид реаговао. Везивање воде и карбида изазива ослобађање гаса који као пражњак делује на дно боче - а то се мери манометром. Манометар је сангдарен да се директно очитава влажност.

- Метода са ватик (кварцна ланца)
На шлеху - маса узорка испуњено дејавом кварцне ланце и даље је поступак исти.

- Метода неутронског зрачења

Влажност у засићеном стању \rightarrow све поре су испуњене само водом (W_z)
Индиректно добијемо $W_z = \left(\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_s} \right) \cdot \rho_w \cdot 100\%$ или $W_z = \frac{V_v \cdot \rho_w}{W/S}$ запремина пора
 $V_w = V_v$

* Запреминашка тежина шла у сувом стању γ_d (све поре испуњене ваздухом)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W_s}{V_s + V_a} \quad V_a = V_v \quad [V_w = 0] \quad \gamma_d \text{ [кН/м}^3\text{]}$$

γ_d као γ само се ради са осушеним узорцима

* Запреминашке тежине водом засићеног шла γ_z [кН/м³]

$$\gamma_z = \frac{W_z}{V} \rightarrow \text{тежина узорка у засићеном стању}$$

$$\gamma_z = \frac{W_z}{V} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v}$$

* Запреминашке тежине у потпуно засићеном стању γ' [кН/м³]

$$\gamma' = \gamma_z - \gamma_w \quad \text{исход } \rho \cdot V$$

$$\gamma_s > \gamma_z > \gamma > \gamma_d > \gamma'$$

* Порозност n : $n = \frac{V_v}{V} \cdot 100 [\%]$

* Коэффициент порозности e : $e = \frac{V_v}{V_s} \cdot 100 [\%]$ → бољи је због тога што се деформисањем узорка смањује само запремина пора, а не V_s , а код порозности се мења и V_v и V .

* Степен засићења узорка шла S_r : $S_r = \frac{V_w}{V_v}$ или $S_r = \frac{W}{W_z} \cdot 100 [\%]$ (влажност)

Погледа: $S_r = 0 \rightarrow$ суво шло

$0 < S_r < 100\% \rightarrow$ делимично засићено шло

$S_r = 100\% \rightarrow$ засићено шло (све поре испуњене водом)

Везе: $\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w$; $\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$

$$n = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_s} = \frac{e}{1 + e}; \quad e = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d} = \frac{n}{1 - n}$$

$$\gamma_z = (1 + w_z) \cdot \gamma_d = \frac{G_s + e}{1 + e} \cdot \gamma_w$$

$$w_z = \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right) \cdot \gamma_w$$

$$\gamma' = \gamma_z - \gamma_w$$

①

	$M_1 (g)$	$M_2 (g)$	$M_3 (g)$	G_s
①	41,82	176,79	150,24	2,739
②	32,51	169,13	148,53	2,730

$$\bar{G}_s = 2,734$$

②

	$M_1 (g)$	$M_2 (g)$	$V (\text{cm}^3)$	$\gamma' \text{ (кН/м}^3\text{)}$
①	427,54	222,42	100	20,116
②	431,83	225,64	100	20,221

$$\bar{\gamma} = 20,169 \text{ кН/м}^3$$

③

	$M_1 (g)$	$M_2 (g)$	$M_3 (g)$	$W (\%)$
①	143,52	132,88	72,81	17,71
②	156,28	143,95	75,12	17,91

$$\bar{W} = 17,81 \%$$

④ $\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w = 2,734 \cdot 9,807 = 26,812 \text{ кН/м}^3$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} = \frac{20,169}{1 + 0,178} = 17,121 \text{ кН/м}^3;$$

$$n = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_s} = \frac{26,812 - 17,121}{26,812} \cdot 100 = 36,14 \%;$$

$$e = \frac{26,812 - 17,121}{17,121} = 0,566$$

$$\gamma_z = (1 + w_z) \cdot \gamma_d$$

$$w_z = \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right) \cdot \gamma_w \cdot 100 = \left(\frac{1}{17,121} - \frac{1}{26,812} \right) \cdot 9,807 \cdot 100 = 20,70 \%$$

$$\rho_z = (1 + 0,207) \cdot 17,121 = 20,666 \text{ KN/m}^3$$

$$\rho' = \rho_z - \rho_{\text{air}} = 20,666 - 9,807 = 10,859 \text{ KN/m}^3$$

⑤ $Gr = \frac{W}{W_z} \cdot 100 = \frac{17,81}{20,80} \cdot 100 = 86,04\%$

Основна класификација шла → 2.2 страна 3
 1. Јединствена класификација шла - предлог Касагранда

Свако шло се може са два симбола описати:
 G - шљунак [C - глина примарне ознаке
 S - песак [O - органско шло
 M - прашина P_t - пресек
 Крутинозрна: (2. симбол)
 W - добра } трануларност
 P - лоша }
 U - уједначена }
 F - прашина } примесе
 C - глине }

сипнозрна: (2. симбол)
 L - ниска } пластичност
 (1) - (средња) }
 H - висока }

2. Описи за теренску идентификацију и класификацију

- Крутинозрно

* визуелни транупометријски састав - визуелни облик и величина зрна, максимални пречник, број зрна, присуство везива, присуство CaCO₃
 * опис дисперзије - одређену количину материјала сипано у мензуру и гледано време шалонења
 30 sec - 1 min - песак; 15 min - 1h - прашина; преко 1h - глине

- Сипнозрно

* опис пресека - влажан узорак штавио на глат, онем се изравни горња површина и врши се попресекање. Ако се сјај дрзко појављује онда је то прашина, сјај је појављивај Мк (прашине високе пластичности) и ако нема промена у сјају онда је глина
 * опис ломљења - осушени узорак шла (дроби између прстију) (Повећањем глинености фракција расте чврстоћа и осушеном шлају) Мала чврстоћа и дрзко се ломи Мк (прашине ниске пластичности), мала до средња Мк, средња чврстоћа сл (глине ниске пластичности) и велика чврстоћа сл
 * опис ваљања - глатом се влажан узорак ваља у ваљчице пречника око 3 cm и прашино када ће се поравнати тлокошине на ваљцима. Ако је шло мале пластичности, ваљцима се након неколико ваљања мрве. Висока пластичност мају и куглице, дуго се ваља.
 * опис сјаја - онем пресечено узорак и гледано какав је сјај. Ако је прашина-узорак без сјаја, мали-средњи сјај глине ниске пластичности сл, високи сјај-глине високе пластичности сл.
 * осетљивост на поремећеност (глине пресвета) - влажан узорак глине твечито прашина и употребљено чврстоћу непоремећеног и твеченог узорака. Разлике у чврстоћи показује на то да су сензитивне глине.
 * садржај CaCO₃ - на узорак шла неколико капи HCl и посматрамо реакцију не шуми - садржај CaCO₃ је мањи од 1%
 ако шуми крајко и тихо - садржај CaCO₃ је 1-2%
 крајко и јако - 3-4%
 дуго и јако - вети садржај од 5%
 * описи мириса и боје
 → колико има органских састојака
 више органских → онда је црно и непуштајућег мириса.

ZADACI

1. Odrediti granicu tečenja tla na osnovu podataka datih u tabeli I.
2. Odrediti granicu plastičnosti tla na osnovu podataka datih u tabeli II.
3. Izračunati indeks plastičnosti, indeks konsistencije i indeks tečenja tla, ako je vlažnost uzorka 30 %.
4. Odrediti granicu skupljanja (w_s) i specifičnu težinu tla (G_s) na osnovu sledećih podataka:

Broj posude	2	
Bruto vlažna masa,	M_1 (g)	47,36
Bruto suva masa,	M_2 (g)	41,09
Masa posude,	M_p (g)	12,34
Masa vode,	$M_1 - M_2$ (g)	6,27
Masa suvog uzorka,	M_0 (g) = $M_2 - M_p$	28,75
Vlažnost uzorka,	w (%) = $\frac{M_w}{M_0} \cdot 100$	21,809 %
Zapremina cilindra,	V (cm ³)	16,79
Zapremina suvog uzorka,	V_0 (cm ³)	15,11
Smanjenje sadržaja vode u uzorku do w_s ,	Δw (%) = $\frac{V - V_0}{M_0} \cdot \rho_w \cdot 100 = 5,8\%$	
Granica skupljanja $w_s = w - \Delta w$	w_s (%) = $w - \Delta w = 16,009\%$	
Specifična težina tla,	$\frac{1}{G_s} = \frac{V_0}{M_0} \rho_w - w_s$	$G_s = 2,739$

$$\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$$

3.3 KLASIFIKACIJA TLA NA OSNOVU LABORATORIJSKIH ISTRAŽIVANJA

1. Jedinstvena klasifikacija tla
 - osnovni simboli za tla G, S, M, C, O, Pt
 - dopunski simboli kod krupnozrnog tla:
 - simboli graduiranosti: W, P, U
 - simboli za primeše (sitnozrne frakcije): F, C
 - dopunski simboli za sitnozrna tla
 - simboli plastičnosti: L, I, H
2. Dijagram plastičnosti (Casagrandeov dijagram plastičnosti)
3. Izvršiti klasifikaciju uzoraka tla prema datim krivama granulometrijskog sastava na osnovu Jedinstvene klasifikacije tla.
4. Izvršiti klasifikaciju sitnozrnog tla prema rezultatima zadatka 1 i 2. Odrediti pokazatelje konsistentnog stanja sitnozrnog tla prema I_c i I_L .

SEJANJE

Prosejana masa = 491.76 gr.

Otvor sita D (mm)	Ostalo na situ (g)	Prošlo kroz sito (g)	Prolazi kroz sito (%)
50.0			
20.0			
10.0			
5.0	0	491.76	100.0
2.0	1.92	489.84	99.6
1.0	13.22	476.62	96.9
0.5	18.79	457.83	93.1
0.2	38.44	419.39	85.3
0.1	41.62	377.77	76.82
0.075	16.71	361.06	73.4
Kontrola	130.79	361.06	73.4

HIDROMETRISANJE

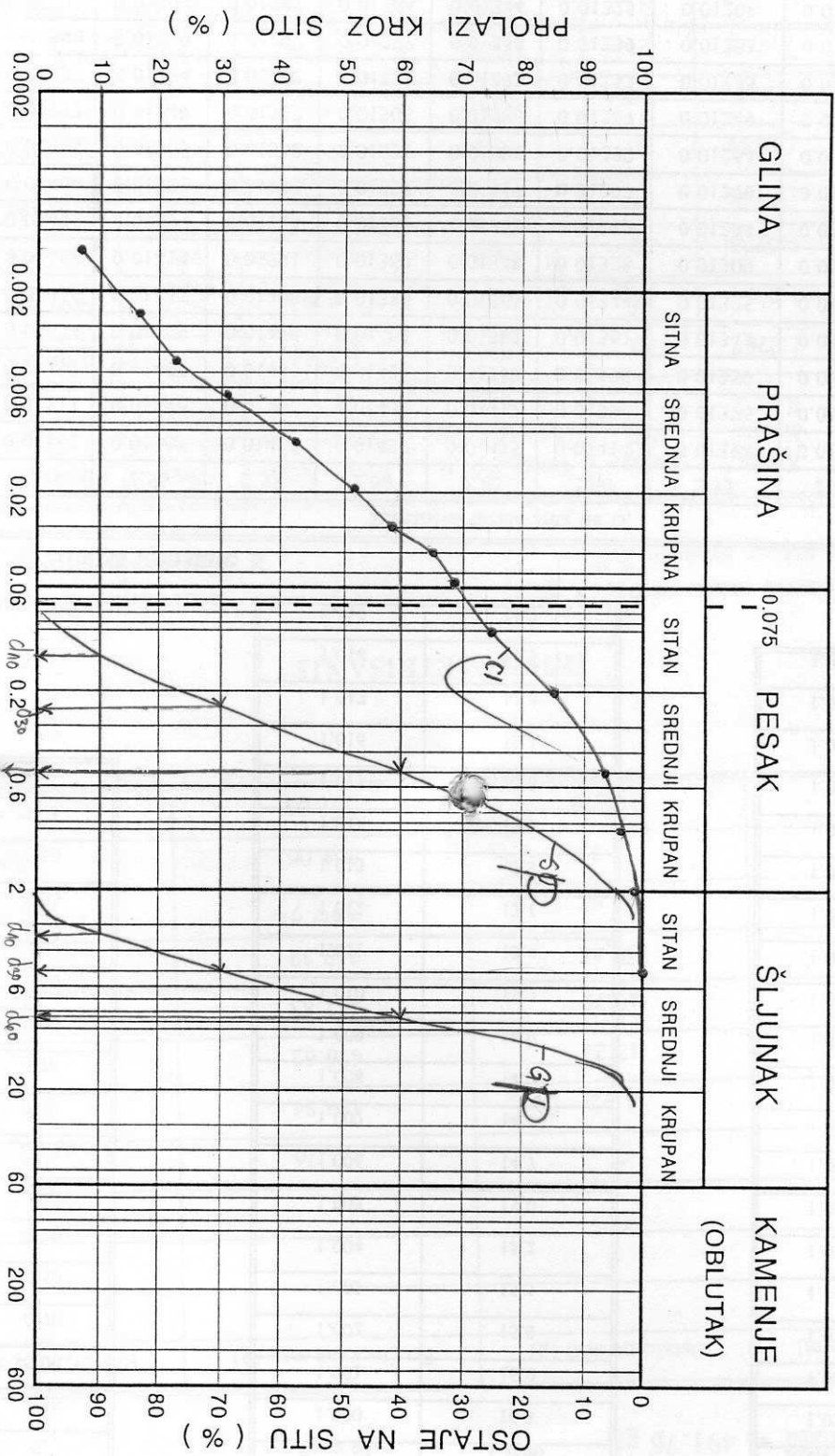
Hidrometrisana masa = 61.23 gr.
 Specifična težina zrna = 2.7

Korekcija meniska
 Korekcija ukupna

$C_M = + 0.5 = 0.000$
 $C_U = - 1.1 = -0.00$

Proteklo vreme T (min)	Očitav. na hydr. R_a	Korek. čitanja $R_a - C_U$	Temp. (°C)	Korig. čitanj. $R_c = (R_a - C_U) \pm C_t$	Korig. čitanj. $R = R_a + C_M$	Efekt. dubina L (cm)	Konst. K	Prečnik zrna D (mm)	Zrna sitnij. P (%)
0.5	1.0278	1.0267	20	1.0267	1.0283	8.81	0.01344	0.0564	69.3
1	1.0262	1.0251	20	1.0251	1.0267	9.26	0.01344	0.0409	65.1
2	1.0239	1.0228	20	1.0228	1.0244	9.88	0.01344	0.0299	59.1
5	1.0206	1.0195	20	1.0195	1.0211	10.68	0.01344	0.0196	50.6
15	1.0170	1.0159	20	1.0159	1.0175	11.65	0.01344	0.0118	41.2
45	1.0129	1.0118	20	1.0118	1.0134	12.9	0.01344	0.0072	30.6
120	1.0101	1.0090	21	1.0092	1.0106	13.52	0.01328	0.0045	23.9
300	1.0072	1.0061	21	1.0063	1.0077	14.2	0.01328	0.0029	16.3
1440	1.0048	1.0037	19	1.0034	1.0053	14.91	0.01361	0.0014	8.8

DIJAGRAM GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA

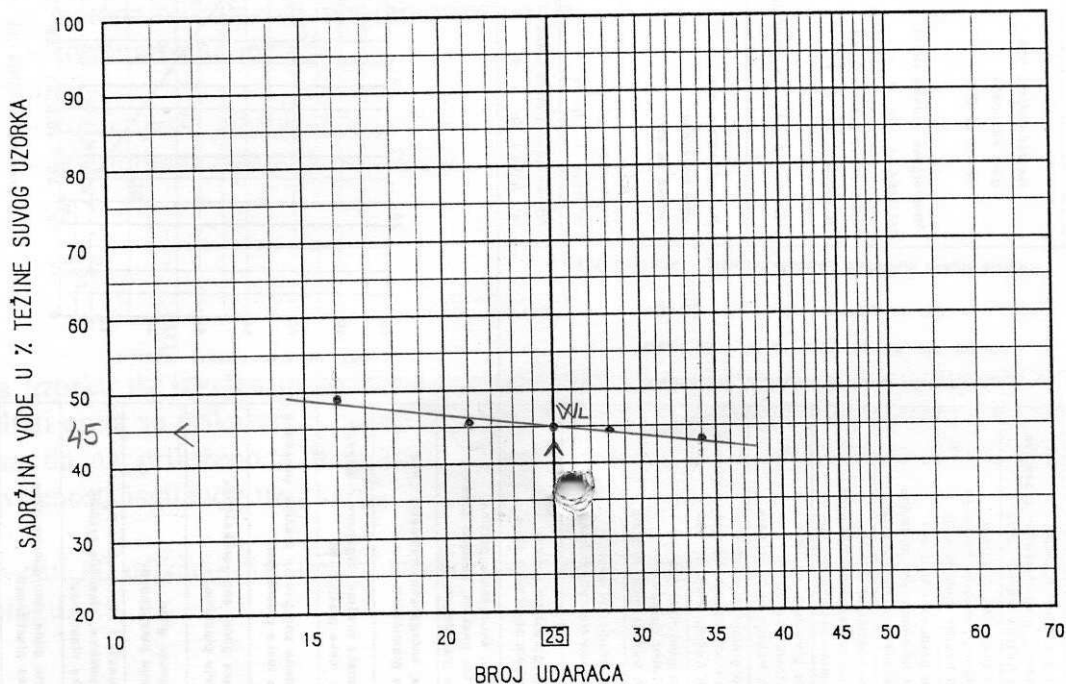


GRAĐEVINSKI FAKULTET – BEOGRAD
Laboratorija za Mehaniku Tla

OBJEKAT : Brana Velebit
SONDA/DUBINA : S8-4.25/4.50

ATERBERGOVE GRANICE KONSISTENCIJE

GRANICA TEČENJA W_L



GRANICA TEČENJA W_L

GRANICA PLASTIČNOSTI W_p

UDARACA	34	28	21	16	1	2	3
OZNAKA TARE	5	14	8	27	36	15	19
VLAŽNO (A gr.)	35.61	32.58	35.51	34.92	20.60	20.00	21.57
SUVO (B gr.)	28.17	25.77	27.82	27.11	18.91	18.46	19.70
TARA (C gr.)	10.83	10.42	11.33	11.07	10.97	11.22	10.84
A-B (gr.)	7.44	6.81	7,69	7.81	1.69	1.54	1,87
B-C (gr.)	17.34	15.35	16,49	16.04	7.94	7.24	8,86
(A-B)/(B-C)*100%	42.9	44.4	46,6	48.7	21.3	21.3	21,1

GRANICA TEČENJA	$W_L (\%) = 45$	INDEKS PLASTIČNOSTI	$I_p = W_L - W_p = 23,8 \%$
GRANICA PLASTIČNOSTI	$W_p (\%) = 21,2$	INDEKS TEČENJA	$I_L = (W - W_p) / I_p = 0,37$
SADRŽINA VODE U PRIRODNOM STANJU	$W (\%) = 30$	INDEKS KONSISTENCIJE	$I_C = (W_L - W) / I_p = 0,67$

NAPOMENA :

DATUM : ISPITAO : OBRADIO : PREGLEDAO :

1. Транслометријска крива се користи при класификацији шла (крујнозрних), за одређивање водопроницајности, за одређивање опорности шла на мраз, при пројектовању брана.

Транслометријска крива описује садржај зрна различите величине изражен у процентима тежине.

Метода сувог сејања (када је шло чисто и ситне фракције нису залепљене за крујне фракције)

Поступак: измери се одређена количина узорка и убацу се у тарништуру сита различитог пречника, затим се врши вибрирање сита и просејавање, меримо масу зрна која је остала на сити, да би се одредио проценат пролаза кроз сито

Мокро сејање се користи ако постоје ситније фракције залепљене за крујне. Поступак је сличан као код сувог сејања, чиме се вибрирања вршимо мистирање млазом воде док не прођу сва зрна ситнија од окца. Такође се мере остаци на сити.

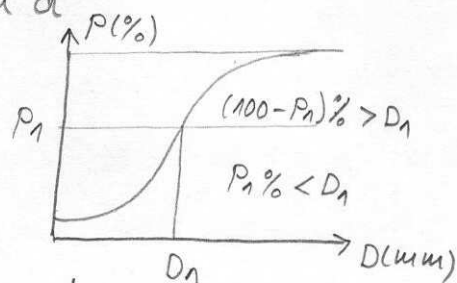
m_0 - маса која је остала на сити пречника d

1. Метода сејања: $P(\%)$

$$P = \frac{M - \sum M_d}{M} \cdot 100 [\%]$$

M - укупна маса

$M - \sum M_d$ - маса која је прошла кроз сито отвора d



2. Метода хидрометрија (аерометрија)

Заснива се на Стокс-овом закону за брзину шалонења еквивалентног сферичног зрна у суспензији

Стоксов закон: $v = \frac{\delta_s - \delta_w}{19\eta} \cdot D^2$ D - пречник зрна
 η - вискозитет течности

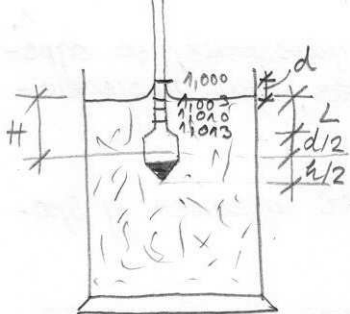
користи се за зрна (0,0002 - 0,2 mm)

$$v = \frac{L}{T} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{18\eta L}{\delta_s - \delta_w}} = K \sqrt{\frac{L}{T}} [\text{mm}]$$

за одређивање вискозитета и брзине користи се хидрометар. (затворени стаклени балон који служи за мерење густине суспензије) - око 50g сувог узорка се помеша са анином и у посуду (има функцију спречавања слеђивања течних фракција). Мешавина добијена од 1 до 16 h након чега се додаје десимлована вода и у посудици мешавини материјал се помеша. Мешавина се сипа у мензурку запремине 100 ml и напуни десимлованом водом. Пони се до ознаке за 100 ml, крај мензуре затворено дналом и промешка се суспензија 1 min, убацује се хидрометар и врши се читавање у одређеним временским интервалима. Након одређеног времена хидрометар вади се из суспензије јер показује погрешне резултате због шалонења течности. Након овог времена прече се одредити T суспензије.

Хидрометар се сипа у мензурку 20 s пре читања, а после га ставимо у посуду са десимлованом водом.

корекције: $C_H(+,-)$
 $C_A(-)$
 $C_M(+)$
 $C_T(+,-)$ } $C_H(+,-)$



$$p(\%) = \frac{100}{M_i} \cdot G_s (R_c - G_w) \cdot 1000 (\%)$$

$$G_s - G_w$$

$$R_c = R_A \pm C_u \pm C_t \Rightarrow P$$

$$R = R_A + C_M \Rightarrow L \Rightarrow D$$

- постоје корекције читања на аерометру (хидрометру)

1) корекција грешке аерометра $C_N(+, -)$ (позитивна негативна)
у деситиловану воду ставити хидрометар који треба да на $T^\circ - 20^\circ$ покаже 1 (јединицу) $C_N(-)$

2) корекција антикоагулатора - одређује се на исти начин као и корекција хидрометра само што се сада деситилованој води дода антикоагулатор у количини као за извођење бицила

3) корекција мениска - одр. услед ефекта капиларности $C_M(+)$

4) корекције температуре $C_T(+, -)$

- укућна корекција $C_u(+, -)$

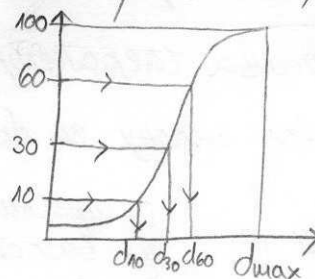
* коефицијент једноличности:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad d_{60} - \text{пречник доминантног зрна које је 60\%}$$

d_{10} - пречник ефикасног зрна тла, које је 10% зрна мање

③ * коефицијент закривљености:

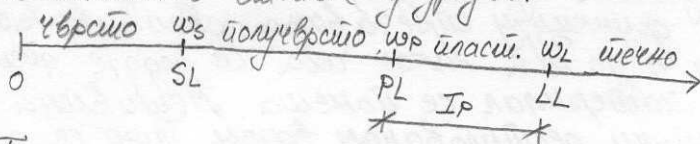
$$C_z = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} \quad d_{30} (30\% \text{ зрна је мање})$$



3.2. Границе конзистенције тла

- формулисао их је Ајенберт искључиво за ситнозрна тла.

- представљају карактеристичне влажност које изражавају границе промене конзистентних стања. То су влажност при којима тло прелази из једног конзистентног стања у друго.



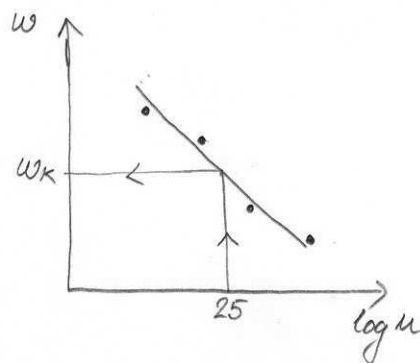
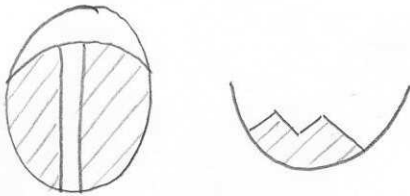
- Граница шечења је гранична влажност између пластичног и шечног конзистентног стања. Одређује се постојућу Касграндјеову прескалицу.

w_L - је влажност при којој ^{узорак} тла у Касграндјеовој прескалицу раздвојен стандардним профилисаним ножем након 25 удараца слој на дужини 10-20 мм

- Узорак се осуши, усити и просеје кроз сито отвора до 0,5 мм (100-200 г). Узорак се измеша са деситилованом водом тако да се добије једнолична каша. Маса се унесе у посуду апарата и стандардним профилисаним ножем уреже се бразда по средини узорка. Посуда пада брзином од два удараца у 5 са висине

од 10 мм, затим се изброји број удараца пошребан да се бразде споје на дужину 10-11 мм. Из средине спојеног тела узима се узорак шла за одређивање влажнoсти. Затим се одговарајући део материјала извади и стави у посуду, дода се 1-3 мм воде и понови ошлти. Изводе се 4 ошлти. Две шачке испод и две шачке изнад главна удараца.

1. Граница шечења

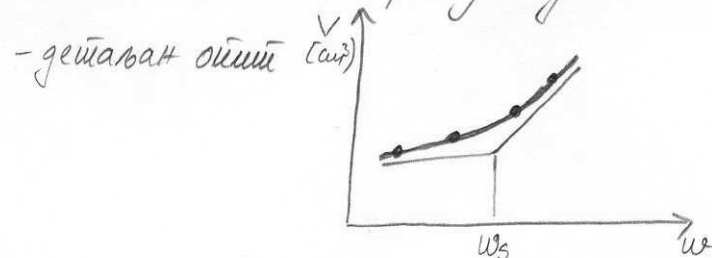


2. Граница пластичности

- w_p - гранична влажност између попућврстој и пластичној конзистентној стања. У лабораторији представља најмању влажност при којој се узорак шла може ваљати у ваљчице пречника 3 мм а да се на њима тек појаве пукотине. Узорак шла се осуши, уситни, просеје кроз сито 0,5 мм измери маса од 15-20 г, затим се узорак помеша са водом и ваљано ваљчице пречника 3 мм. Када пречник пређе 3 мм ваљчице поново у 6-8 качада и од њих правимо кулишце и на крају ошлти ваљчице. При садржити воде близу границе пластичности ваљчати почињу да пуцају, лопе се и распадају. На крају када се појаве пукотине одређујемо влажност узорка.

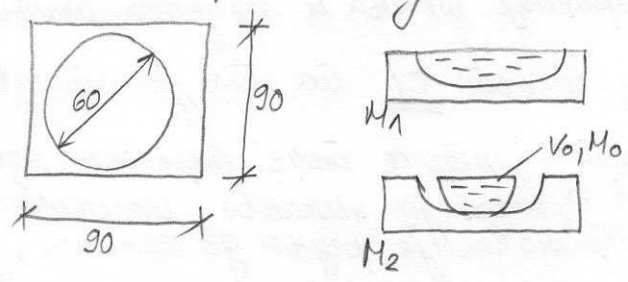
3. Граница скупљања

- Узорак измешано са водом и током сушења на собној температури у одређеним временским интервалима мерино масу и задрешину шлти узорка. Затим одређујемо влажност и њу са задрешинам наносимо на дијаграм. Преко шачака повлачимо криву чије асимптоте у пресечној шачки одређују w_s .

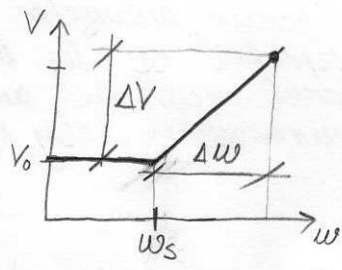
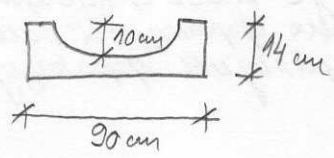


- Поједностављен ошлти се ради у лабораторији, узорак се све исто као преша-дно (0,5 мм). Ошлтиришке на количину од 30 г. У одговарајућој посуду узорак се

измеша са деситилованом водом тако да све поре буду испуњене водом (зоси-
ћен). Посуда се претходно претане танким слојем вазелина да се узорак не би
спейио и измеримо масу и запремину посуде.



Затим се узорак у најмање три слоја угради у подлогу, горњу површину изра-
вноко ножем и измеримо масу подлоге са зосићеним узорком. Оставимо узорак да
се суши на 105°C и измеримо масу узорка. Затим одредимо масу сувог узорка
поштапањем у жибу:



$$w_s = w - \Delta w$$

$$\Delta w = \frac{\Delta V}{M_0} \rho_w = \frac{V - V_0}{M_0} \cdot \rho_w$$

4. индекс пластичности: $I_p = w_L - w_p$

5. индекс конзистенције: $I_c = \frac{w_L - w}{I_p}$

6. индекс течења: $I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$ $I_c + I_L = 1$

$I_L > 1$ течно стање

$I_L < 1$ чврсто стање

7. колоидална активност (A)

по Скептиону: $A = \frac{I_p (\%)}{CF (\%)} \quad d < 0,002 \text{ mm}$

CF - проценат зрна чији је пречник
мањи од 0,002 mm

- тла са већом активношћу имају тенденцију да мењају запремину при промени
влажности без значајне промене

- одређује се граница течења природног тла и граница течења сушеног тла
 w_L° , w_L° и ако је овај однос $< 0,75$ органско тло, $> 0,75$ прашина.

задача 3. $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

1. крива Више од 50% (око 72%) зрна је ситније од 0,075 мм } \Rightarrow прашине, глина
Граница мечења је $w_L = 45\%$ } \Rightarrow органска глина
средње пластичности.

На основу дијаграма који даје зависност границе мечења и индекса пластичности
(w_L, I_p) = (45, 23,8) \rightarrow ова тачка пада у област CI па глина је мршава

глина, органска глина средње пластичности, што се види по теренским идентификационим критеријумима глина: реакција на пречење је никаква, пластичност ваљкања је средње тврда или се, сува чврстоћа је средња до велика, дај је средњи до јак.

2. крива: Више од 50% крујнозрне фракције (око 95%) је мање од 2 мм

$$d_{10} = 0,14$$

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 3,57$$

$$C_z = \frac{d_{30}^2}{d_{10} d_{60}} = 0,823$$

$$d_{30} = 0,25$$

$$d_{60} = 0,5$$

\Rightarrow није SW већ је SU или SP

Пошто крива нема неких „шицева“ преовладава једна фракција па је крива SU тј. глина је слабо градуирани пескови униформног гранулометријског састава, ситних фракција ништа или слабо. Преовладава једна величина зрна међу крујним фракцијама.

SU – чисти пескови

3. крива Више од 50% крујнозрне фракције (100%) је веће од 2 мм

$$d_{10} = 3,3$$

$$C_u = 2,58$$

$$C_z = 0,89$$

$$d_{30} = 5$$

$$d_{60} = 8,5$$

\Rightarrow није GW већ је GU или GP

Пошто нема „шицева“ \Rightarrow преовладава једна фракција па је GU тј. глина је: чисти шљункови тј. слабо градуирани шљункови униформног састава (гранулометријског), ситних фракција мало или ништа. Преовладава једна величина зрна међу крујним фракцијама.

ZADACI

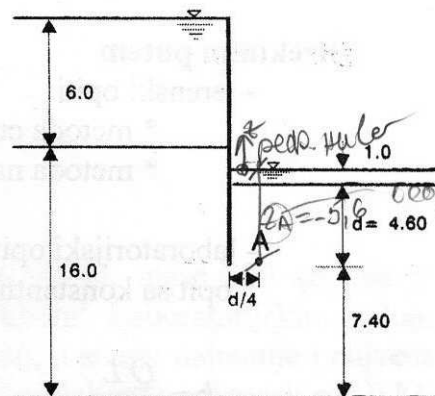
1. Odrediti vodopropustljivost tla iz podataka dobijenih opitom:

- a) sa konstantnim pritiskom,
- b) sa opadajućim pritiskom.

2. Priboj pobijen u peskovito dno reke debljine ¹⁶16 m prikazan je na skici.

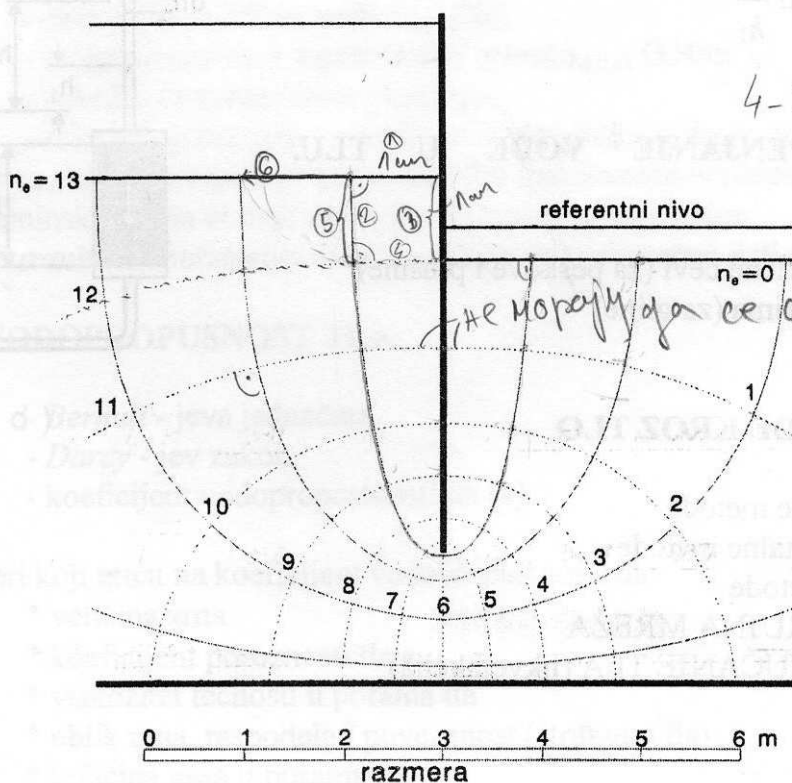
- Nacrtati strujnu mrežu.
- Odrediti protok vode po m'jedne strane priboja u m^3/dan .
- Proceniti izlazni gradijent u području dna temeljne jame.
- Odrediti vrednost pornog pritiska u tački A.
- Odrediti faktor sigurnosti protiv ključanja dna temeljne jame.

Koeficijent vodopropustnosti tla: $k = 4 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$.
Zapreminska težina $\gamma_z = 19.0 \text{ kN/m}^3$



nepropusna kontura

PRIMER STRUJNE MREŽE



4-5 struj.

не морам да се сусичу у једној м-и

GRAĐEVINSKI FAKULTET - BEOGRAD

Laboratorija za Mehaniku Tla

OBJEKT:

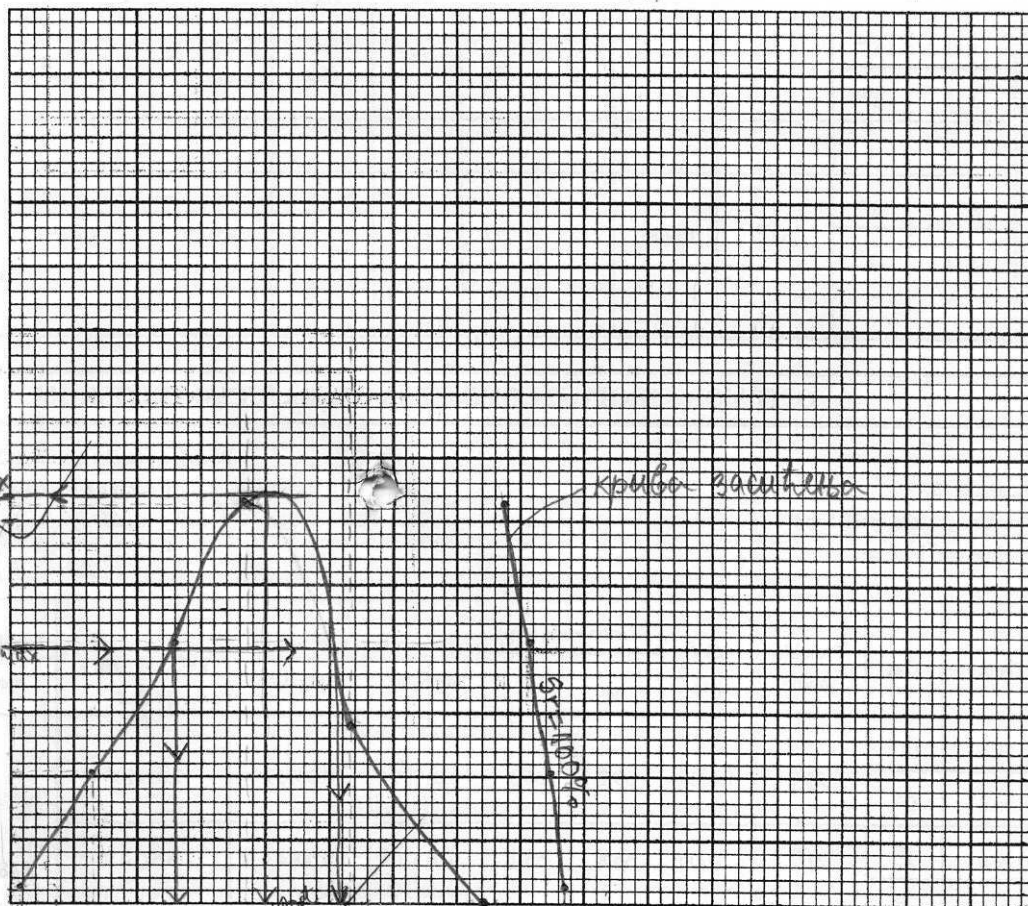
SONDA/DUBINA:

OPTIMALNA VLAŽNOST PO PROKTORU

$$1:6 = 0,05 : x$$

$$14,05 : 10 =$$

$$x = \frac{0,05 \cdot 6}{1} = 0,3$$

Zapreminska težina u suvom stanju γ_d (kN/m³)

Oznaka tare	Bruto masa vlaž. uz. (gr)	Bruto masa suvog uz. (gr)	Masa tare	Neto masa vlaž. uz.	Neto masa suvog uz.	Masa vode	Zapremi-na cilindra (cm ³)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	Sadržina vode w %	[%] w ₂
1	1795	1655	320	1475	1335	140	950	15.53	14.05	10.48	33,47
2	1900	1720	360	1540	1360	180	950	16.21	14.32	13.23	32,16
3	11935	1705	315	1620	1390	230	950	17.05	14.63	16.55	30,71
4	2065	1790	360	1705	1430	275	950	17.95	15.05	19.23	28,84
5	2150	1830	460	1690	1370	320	950	17.79	14.42	23.36	
6	2160	1780	450	1710	1330	380	950	18.74	14.00	28.57	

DATUM:

ISPITAO:

OBRADIO:

PREGLEDAO:

OPIT VODOPROPUŠTLJIVOSTI SA KONSTANTNIM PRITISKOM										
Aparat br. 3 Površina preseka $F=100 \text{ cm}^2$ Visina uzorka $L=10 \text{ cm}$				$C = L/F = 0.1$ $k = \frac{q L}{F \Delta t H} = \frac{C q}{H \Delta t}$						
Datum	Čas	Proteklo vreme	Δt (s)	Količina vode (cm^3)			Visina vod. stuba H (cm)	$H \times \Delta t$	$q/(H \Delta t)$	$k = C q/(H \Delta t)$ (cm/s)
				q_1	q_2	Δq				
1.11	8 ⁰⁰		172800	0	125	125	500	$86,4 \cdot 10^6$	$1,447 \cdot 10^{-6}$	$0,145 \cdot 10^{-6}$
3.11	8 ⁰⁰									
3.11	8 ⁰⁰	52 ³⁰	189000	125	277	152	50	$9,45 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$
5.11	12 ³⁰									

OPIT VODOPROPUŠTLJIVOSTI SA OPADAJUĆIM PRITISKOM										
Aparat br. 6 Površina preseka F=78.5 cm ² Visina uzor. h= 4 cm						Površina preseka cevi f= 0.286 cm ² C= 2.3 h f/F = 0.033 $k = \frac{f h}{F \Delta t} \ln \frac{h_0}{h_1}$				
Datum	Čas	Proteklo vreme	Δ t (s)	Visina vode (cm)		log h ₀ /h ₁	C log h ₀ /h ₁	k=C log h ₀ /h ₁ x 1/ Δ t	k (cm/s) srednje	Vertik. pritisak (kPa)
				h ₀	h ₁					
29.6	10 ⁰⁰	23 ²⁰	84000	59.2	56.8	0.01797	0.00059	7.02x10 ⁻⁹	5.48x10 ⁻⁹	200
30.6	9 ²⁰									
30.6	9 ²⁰	21 ⁴⁰	78000	56.8	55.1	0.01320	0.00043	5.5x10 ⁻⁹		200
1.7	7 ⁰⁰									
1.7	7 ⁰⁰	24 ⁰⁰	86400	55.1	53.8	0.01037	0.00034	3.9x10 ⁻⁹		200
2.7	7 ⁰⁰									
3.7	8 ⁵⁰	4 ¹⁸	15480	117.3	112.8	0,01699	0,00056	36,0465·10 ⁻⁹	22,85·10 ⁻⁹	0.0
3.7	13 ⁰⁸									
3.7	13 ⁰⁸	7 ¹²	25920	112.8	110.7	0,00816	0,00027	10,378·10 ⁻⁹		0.0
3.7	20 ²⁰									
3.7	20 ²⁰	11 ¹⁰	40200	110.7	104.0	0,02711	0,00089	22,1·10 ⁻⁹		0.0
4.7	7 ³⁰									

$k = \frac{2}{3} K \rightarrow$ srednja vrednost je K

Збијеност тла. Водопроницаост тла

1. збијеност тла

- збијеност крутизрне тла

$$V_{max} > V > V_{min}$$

$$e_{max} > e > e_{min}$$

$$\gamma_{dmin} < \gamma_d < \gamma_{dmax}$$

$$e_{max} = \frac{\gamma_s}{\gamma_{dmin}} - 1$$

$$\gamma_{dmax} = \frac{M}{V_{min}} \cdot g$$

- релативна збијеност:

$$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \cdot 100\% ; Dr = \frac{\gamma_{dmax} (\gamma_d - \gamma_{dmin})}{\gamma_d (\gamma_{dmax} - \gamma_{dmin})} \cdot 100\%$$

- индекс збијености $I_D = \frac{Dr}{100}$

* задатак 1.

$$V_{min} = 190 \text{ cm}^3, V_{max} = 200 \text{ cm}^3; \gamma_{dmin} = \frac{M}{V_{min}} \cdot g \Rightarrow \gamma_{dmax} = \frac{300}{190} \cdot 9,807 = 15,484 \text{ kN/m}^3$$

$$M = 300 \text{ g}$$

$$\gamma_s = 27,9 \text{ kN/m}^3$$

$$e = 0,83$$

$$Dr, e_{min}, e_{max} = ?$$

$$e_{max} = \frac{\gamma_s}{\gamma_{dmin}} - 1 \Rightarrow e_{max} = \frac{27,9}{14,711} - 1 = 0,897$$

$$e_{min} = \frac{27,9}{15,484} - 1 = 0,802$$

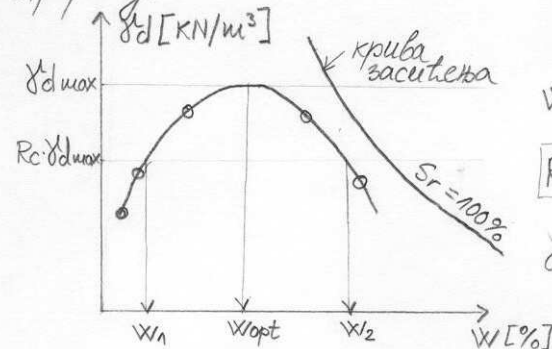
$$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \cdot 100 = \frac{0,897 - 0,83}{0,897 - 0,802} \cdot 100 = 70,5\% \Rightarrow \text{крутизрно тло је збијено}$$

- збијеност ситнозрне тла $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$

Прокторов опит

- стандардни Прокторов опит - модификовани

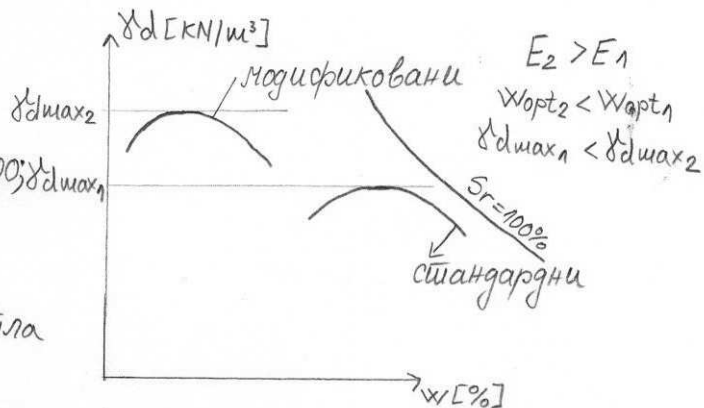
Прорачун:



$$w_z = \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right) \cdot \gamma_w \cdot 100, \gamma_{dmax}$$

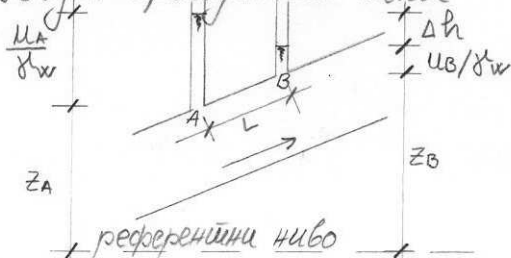
$$R_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} \times 100\%$$

свјен збијености тла



- крива засићења (све поре су испуњене водом, увек се налази са десне стране Прокторове криве, даје зависност γ_d и w_z)

2. Водопроницаост тла



$$h_A = z_A + h_{pA}$$

$$h_B = z_B + h_{pB}$$

висина прилипка

поштални пошенијал

$$h = z + \frac{u}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} = z + h_p$$

- хидраулички градијент (однош пошенијал између две т-е кроз пресеци тла)

$$i = \frac{h_A - h_B}{L} = \frac{\Delta h}{L}$$

- Дарсијев закон филтрације (важи за струјање воде у засићеној порозној средини)

$$Q = k \cdot i \cdot A ; v = \frac{Q}{A} = k \cdot i$$

филтрација се обавља само кроз део који садржи поре у тлу

- Коefицијент водопроницаости (филтрације) има димензију брзине и изражава се у m/s $k = a \cdot 10^{-6}$

* Коefицијент који утиче на водопроницаост

- величина зрна $k = f(d^2) \left[\frac{cm}{s} \right]$ $C = 100 \div 150$ (за једноличне пескове $C_u < 5$)

$$\text{Хазен } k = C \cdot (d_{10})^2$$

- коefицијент порозности e (k опада са повећањем порозности тј. повећањем збијености)

$$\text{за песак } k = a \cdot \frac{e^3}{1+e}$$

$$\text{за глине } \log k = \log k_0 + v(e - e_0) \quad \text{почетни коef. порозности}$$

- вискозитет течности (зависи од температуре) $K_{20} = \frac{\eta_t}{\eta_{20}} \cdot K_t$

- облик зрна

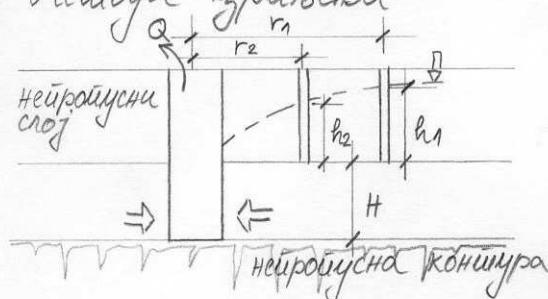
- количина ваздуха или гаса у порима (ваздух и гас смањују ефикасни пресек за филтрацију воде)

Методe за одређивање коefицијента водопроницаости

а) индиректним путем (преко емпиријских формула) (Хазен)

б) директним путем (Шеренски и лабораторијски опити)

* Метода црљења

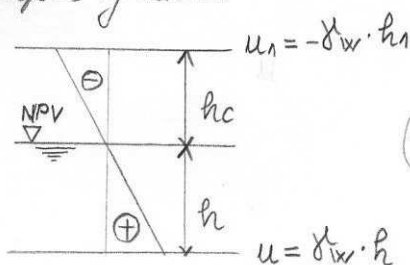


$$k = \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{2\pi(h_1 - h_2)H}$$

* Метода наливања - мери се количина воде која се кроз одређено време и кроз одређену површину бушотине инфилтрира у тло.

- Лабораторијски опити

- Капиларно пењање воде у тлу



$$h_c = \frac{0,3}{d[cm]} [cm]$$

висина капиларног пењања

$$u = \gamma_w \cdot h$$

- за шљунак $h_c < 5\text{ cm}$
 за песак $5\text{ cm} < h_c < 1\text{ m}$
 за прашину $1\text{ m} < h_c < 10\text{ m}$
 за глину $h_c > 10\text{ m} (35\text{ m})$

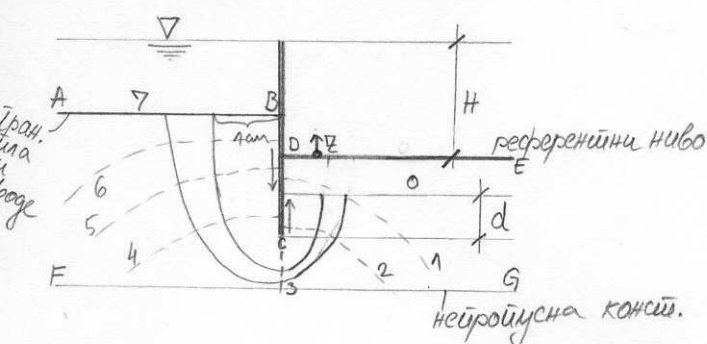
Филтрација воде кроз тло

- Графичка метода (циљ је да се нацрта фамилија струјница и фамилија еквипотенцијала који задовољавају граничне услове и диференцијалну једначину филтрације)

1. одреди се дачеи филтрације и уоче се гранични услови
2. црта се струјна мрежа која се састоји из фамилије струјница које представљају путању водене честице кроз тло и фамилије еквипотенцијала које повезују тачке у тлу са истим потталним потенцијалом.

- Особине струјне мреже

1. две струјнице се никада не могу сјети нити сусјетити
2. пад тлезаметарске висине је исти између две суседне еквипотенцијале (вани линеарна интерполација)
3. прошиок између било које две струјнице је константан
4. брзина варира у обрнутој пропорцији од ширине канала (прошиок између две струјнице)
5. у хомогеној и изотропној средини струјнице и еквипотенцијале су ортогоналне.



AB, CD - граничне еквипотенцијале

$$\Delta h = \frac{H}{N_e} \rightarrow \text{разлика нивоа воде са леве и десне стране}$$

еквипотенцијални пад

N_f - број струјних канала (не мора да буде цео број)

$$q = K \cdot \Delta h$$

Кључање тла

$$\sigma'_v = \sigma_v - u$$

Напон између честица тла

$\sigma_v \downarrow$ када се вода креће на горе и обрнуто

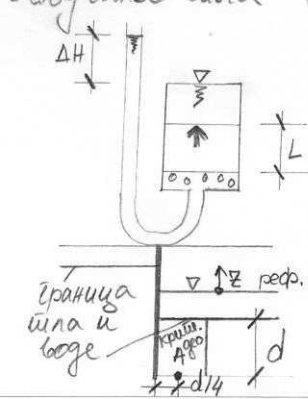
$$\sigma'_v = L \cdot \gamma' - H \cdot \gamma_w = 0 \Rightarrow L \cdot \gamma' = H \cdot \gamma_w \Rightarrow i_{cr} = \frac{H}{L} = \frac{\gamma'_1}{\gamma_w}; \quad F_s = \frac{i_{cr}}{i} - \text{фактор сигурности на кључање}$$

$$h_A = z_A + \frac{u_A}{\gamma_w}; \quad i = \frac{h_A}{d} = \frac{n \cdot \Delta h}{d};$$

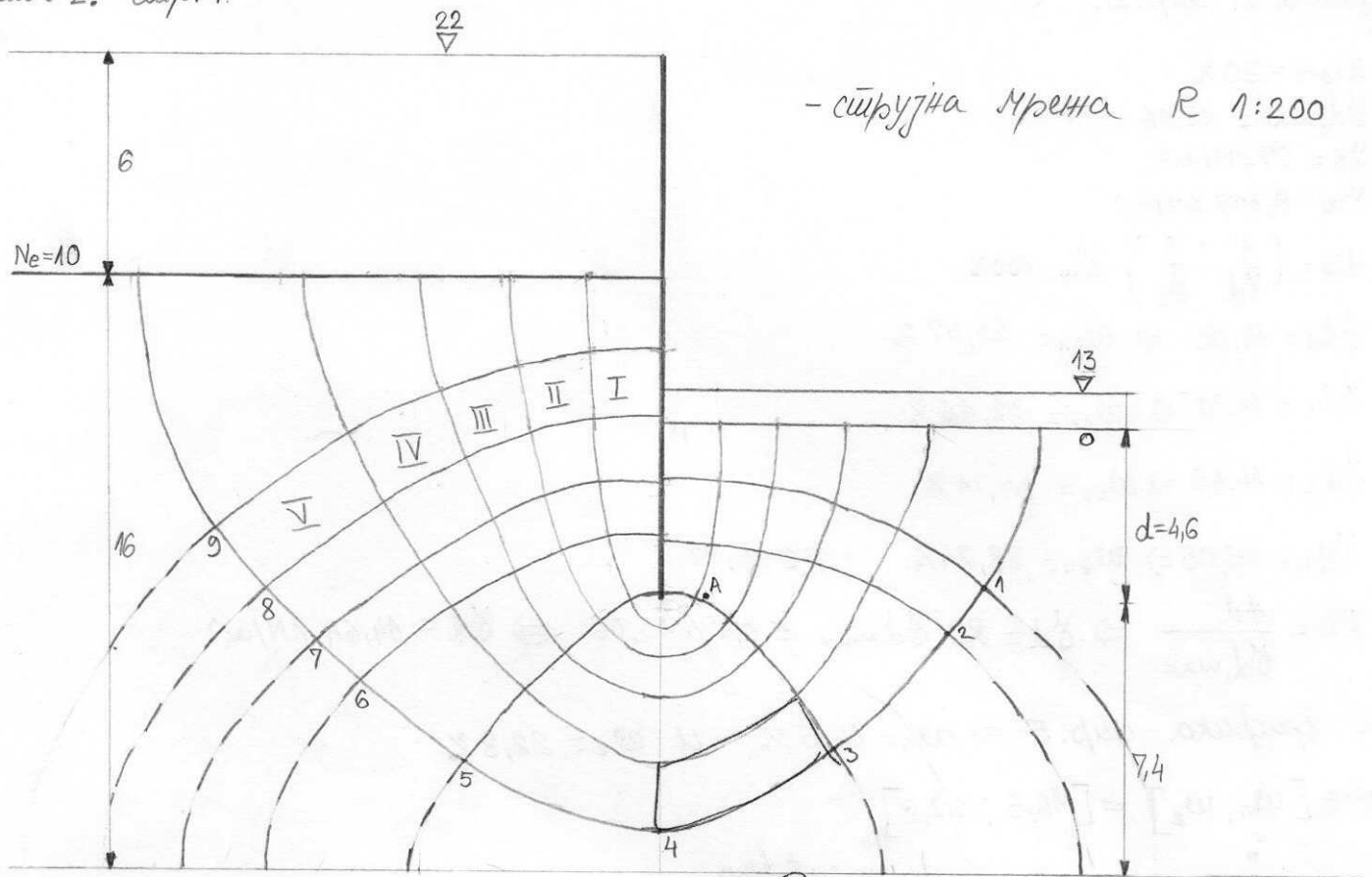
$$u_A = \gamma_w (h_A - z_A); \quad \gamma' = \gamma'_2 - \gamma_w;$$

$$h_A = n \cdot \Delta h;$$

број еквипотенцијале где се налази тачка А



ако је $F_s < 1$ долази до кључања тла
 ако је $F_s 1 \div 3$ постоји ризик од кључања
 ако је $F_s > 3$ нема опасности од кључања



- циркулна мрежа R 1:200

а) проток воде

$$k = 4 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

$$H = 22 - 13 = 9 \text{ m}$$

N_F - број циркулних канала

$$N_F = 4,5$$

$$Q = k \cdot H \cdot \frac{N_F}{N_E} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 9 \cdot \frac{4,5}{10} \cdot 24 \cdot 36 = 0,14 \frac{\text{m}^3}{\text{dan}}$$

gustina mreže ???

б) изпазни градијент

$$\Delta h = \frac{H}{N_E} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ m}, d = 4,6 \text{ m}$$

$$i = \frac{h_A}{d} = \frac{n \cdot \Delta h}{d} = \frac{2,6 \cdot 0,9}{4,6} = 0,509$$

n - броје еквивал. где се налази м-а А. $n = 2,6$

mreža završljenih kvadrata

в) торзи приписак у А:

$$z_A = -5,6 \text{ m}$$

$$h_A = n \cdot \Delta h$$

$$u_A = \gamma_w \cdot (h_A - z_A) = \gamma_w \cdot (n \Delta h + z_A) = 9,807 \cdot (2,6 \cdot 0,9 + 5,6) = 77,87 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

д) фактор сигурности кључања:

$$\gamma_z = 19 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

$$i_{cr} = \frac{\gamma'_z}{\gamma_w} = \frac{19 - 9,807}{9,807} = 0,937$$

$$F_s = \frac{i_{cr}}{i} = \frac{0,937}{0,509} = 1,84$$

$1 < F_s < 3 \Rightarrow$ постоји ризик од кључања

prostupali dotak?

Задача 2. с.р. 2.

$$w_{opt} = 20\%$$

$$\gamma_{d,max} = 15,06 \text{ KN/m}^3$$

$$\gamma_s = 27 \text{ KN/m}^3$$

$$\gamma_w = 9,807 \text{ KN/m}^3$$

$$w_z = \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right) \cdot \gamma_w \cdot 100\%$$

$$\gamma_{d1} = 14,05 \Rightarrow w_{z1} = 33,47\%$$

$$\gamma_{d2} = 14,32 \Rightarrow w_{z2} = 32,16\%$$

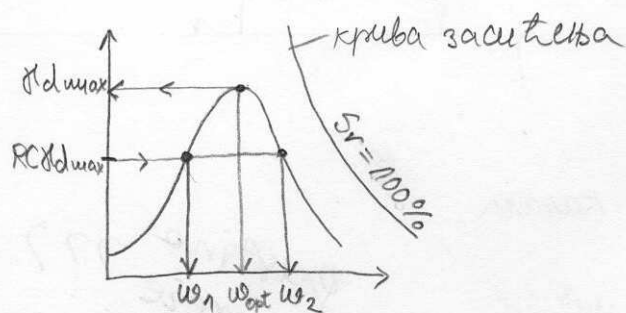
$$\gamma_{d3} = 14,63 \Rightarrow w_{z3} = 30,71\%$$

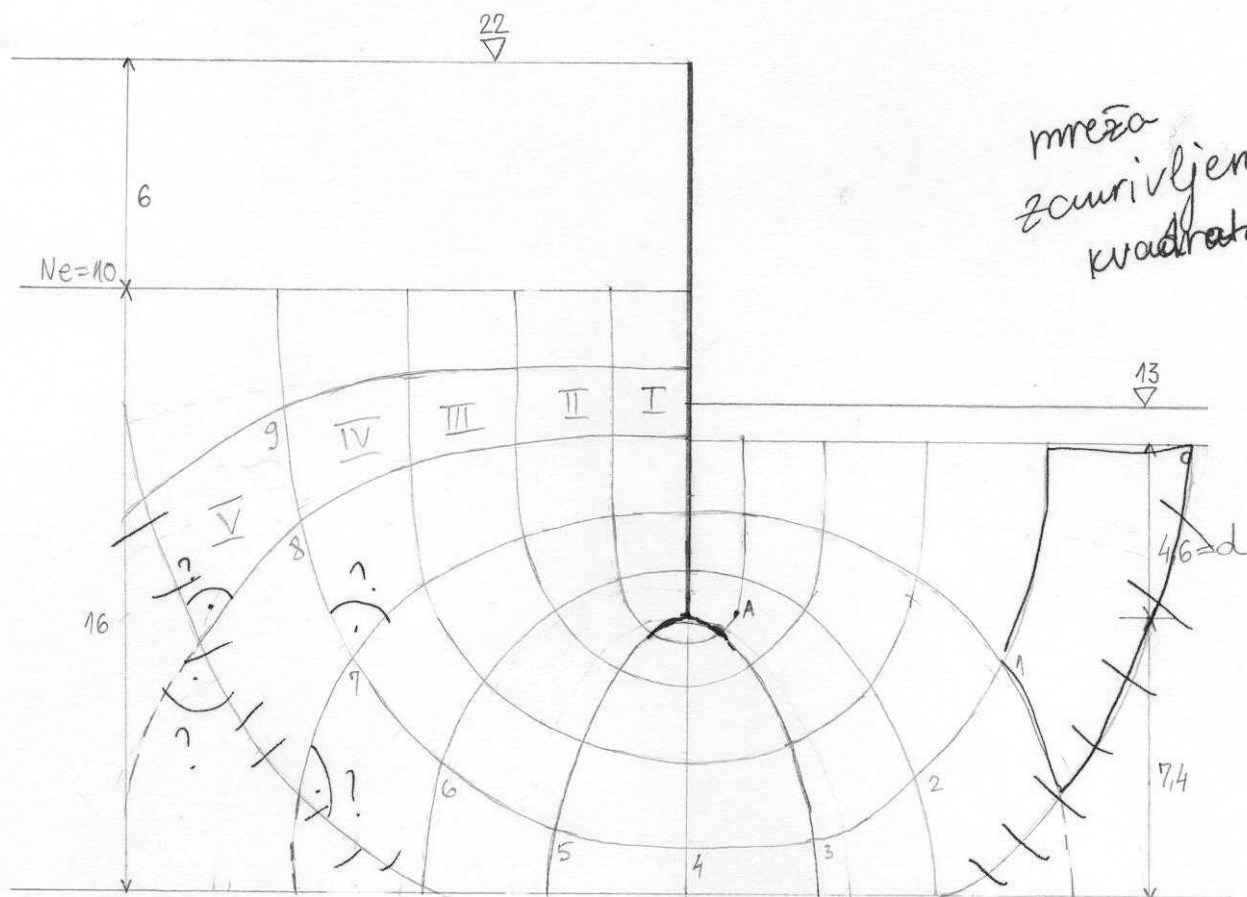
$$\gamma_{d4} = 15,05 \Rightarrow w_{z4} = 28,84\% ; RC = 0,97$$

$$RC = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d,max}} \Rightarrow \gamma_d = RC \cdot \gamma_{d,max} = 0,97 \cdot 15,06 \Leftrightarrow \gamma_d = 14,61 \text{ KN/m}^3$$

са графика с.р. 5 $\Rightarrow w_1 = 16,5\%$ и $w_2 = 22,8\%$

$$w \in [w_1, w_2] = [16,5; 22,8]$$





mreža
zaobljenih
kvadrata ?

EDOMETARSKI OPIT

Aparat	D_0 (cm)	h_0 (cm)	A_0 (cm ²)	V_0 (cm ³)	γ_s (kN/m ³)
I	6.35	2.54	31.67	80.442	26.97

	Masa uzorka sa cilindrom (g)	Masa cilindra (g)	Neto masa vlažnog uzorka (g)	Neto masa suvog uzorka (g)	Masa vode u uzorku (g)	Vlažnost uzorka (%)
Pre opita	253.78	100	153.78	115.19	38.59	33.5
Posle opita	248.71	100	148.71	115.19	33.52	29.1

Datum	Vreme (h)	Δt (h)	Δt (min)	$\sqrt{\Delta t}$ (min)	σ (kN/m ²)	Očitavanje na komparateru
1.2.1993	7 ⁰⁰		1	1	50/100	0.058
			4	2		0.075
			9	3		0.089
			16	4		0.099
			25	5		0.106
			36	6		0.111
		1	4	2		0.118
		1	40	6.32		0.121
		6	40	6.32		0.124
		15		3.87		0.126
		24		4.90		0.127

Datum	Vreme (h)	Δt (h)	Δt (min)	$\sqrt{\Delta t}$ (min)	σ (kN/m ²)	Očitavanje na komparateru
2.2.1993	7 ⁰⁰		1	1	100/200	0.187
			4	2		0.253
			9	3		0.308
			16	4		0.346
			25	5		0.374
			36	6		0.393
		1	4	2		0.420
		1	40	6.32		0.432
		6	40	6.32		0.444
		15		3.87		0.451
		24		4.90		0.455

3a 200

0,455

Datum	Vreme (h)	Δt (h)	Δt (min)	$\sqrt{\Delta t}$ (min)	σ (kN/m ²)	Očitavanje na komparateru
3.2.1993	7 ⁰⁰		1		200/400	0.603
			4			0.764
			9			0.899
			16			0.991
			25			1.060
			36			1.106
		1	4			1.172
		1	40			1.201
		6	40			1.231
		15				1.247
		24				1.257

Datum	Vreme (h)	Δt (h)	Δt (min)	$\sqrt{\Delta t}$ (min)	σ (kN/m ²)	Očitavanje na komparateru
4.2.1993	7 ⁰⁰		1		400/800	1.435
			4			1.628
			9			1.790
			16			1.900
			25			1.983
			36			2.000
		1	4			2.117
		1	40			2.153
		6	40			2.188
		15				2.208
		24				2.222

$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta h_i - \Delta h_{i-1}}{h_0 - \Delta h_{i-1}}$$

 $k_s = 20,97$
 $A_0 = 31,67$
 $h_0 = 254$
 $D = 115,119 \text{ g} - \text{masa cybosa i zorka}$

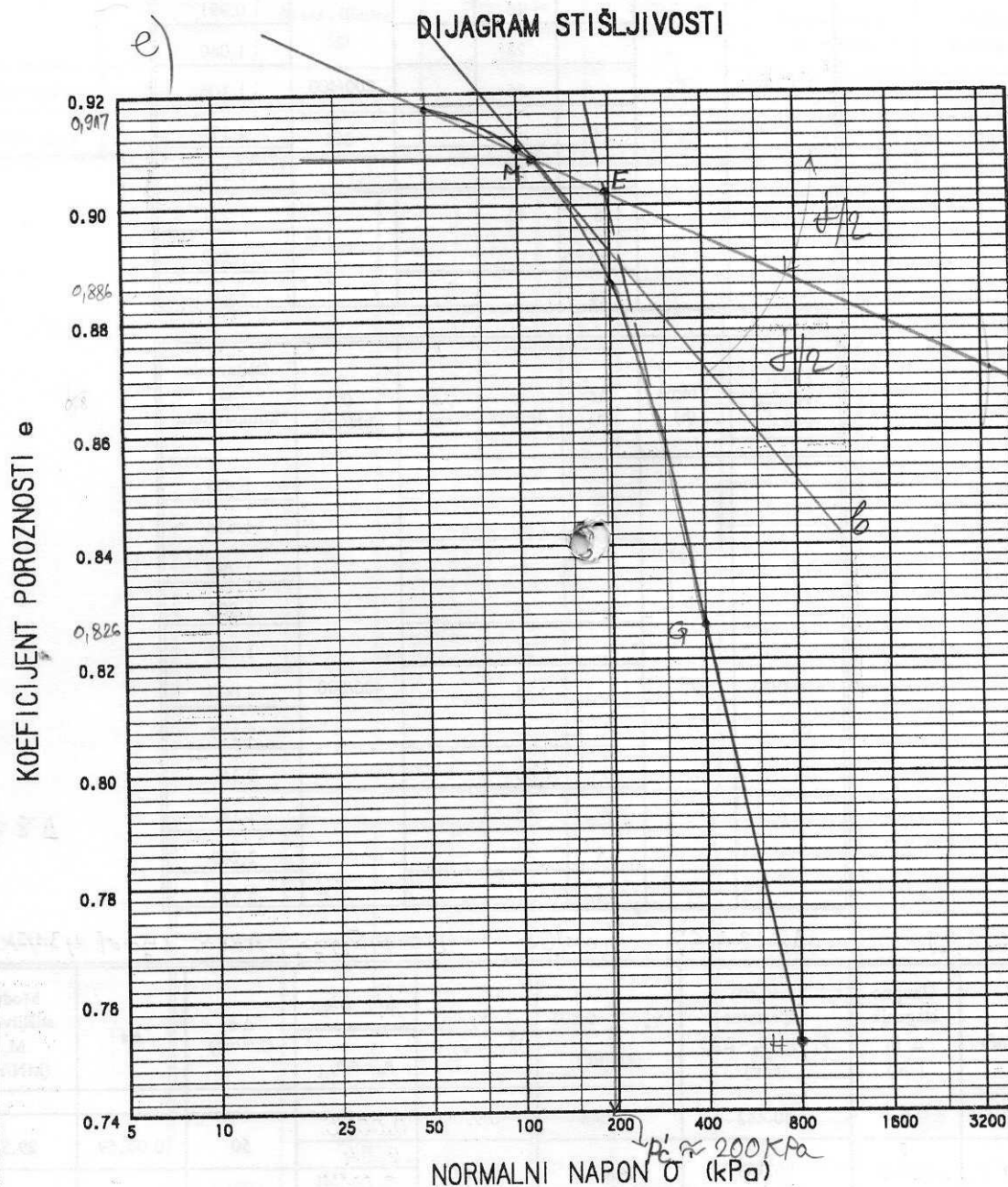
σ (kN/m ²)	Ukupno sleganje Δh_i (cm)	Smanjena zapremina $V_1 = A_0(h_0 - \Delta h_i)$ (cm ³)	$\gamma_d = \frac{D}{V_1} \cdot 9.807$ (kN/m ³)	$e = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_d}$	$\frac{\Delta h_i - \Delta h_{i-1}}{h_0 - \Delta h_{i-1}}$	$\Delta \sigma$ (kN/m ²)	$\Delta \varepsilon$	Modul stišljivosti M_v (MN/m ²)
0	0	80.442	14.048	0.920	0,0043			
50	0.0043	80.306	14.071	0.917	2,54	50	0.00169	29.58
100	0.0127	80.040	14.118	0.910	0,0084	50	0.00331	15.11
200	0,0455	79,00	14,3	0,886	2,5357	100	0.01298	7.70
400	0,1257	76,46	14,77	0,826	0,0328	200	0,03215	6,22
800	0,2222	73,405	15,39	0,752	2,5273	400	0,03997	10,04
50	0.1984	74.158	15.238	0.770	0,0802	750	-	-

 $P'_0 = 800 \text{ Pa}$
 $P'_0 = 50 \text{ kPa}$
 $\log P'_0$
 $\Delta \varepsilon (800-400)$
 $\log \frac{800}{400}$

25
75
150
300
600

GRAĐEVINSKI FAKULTET – BEOGRAD
Laboratorija za Mehaniku Tla

OBJEKAT : Poslovni objekat – Novi Beograd
SONDA/DUBINA : SB-1/6.0 m



$$C_c = 0.246$$

$$P'_c = 200 \text{ kPa}$$

$$C_r = 0.0166$$

$$P'_o = 53.64 \text{ kPa}$$

$$OCR = P'_c / P'_o = 3.728$$

DATUM :

ISPITAO :

OBRADIO :

PREGLEDAO :

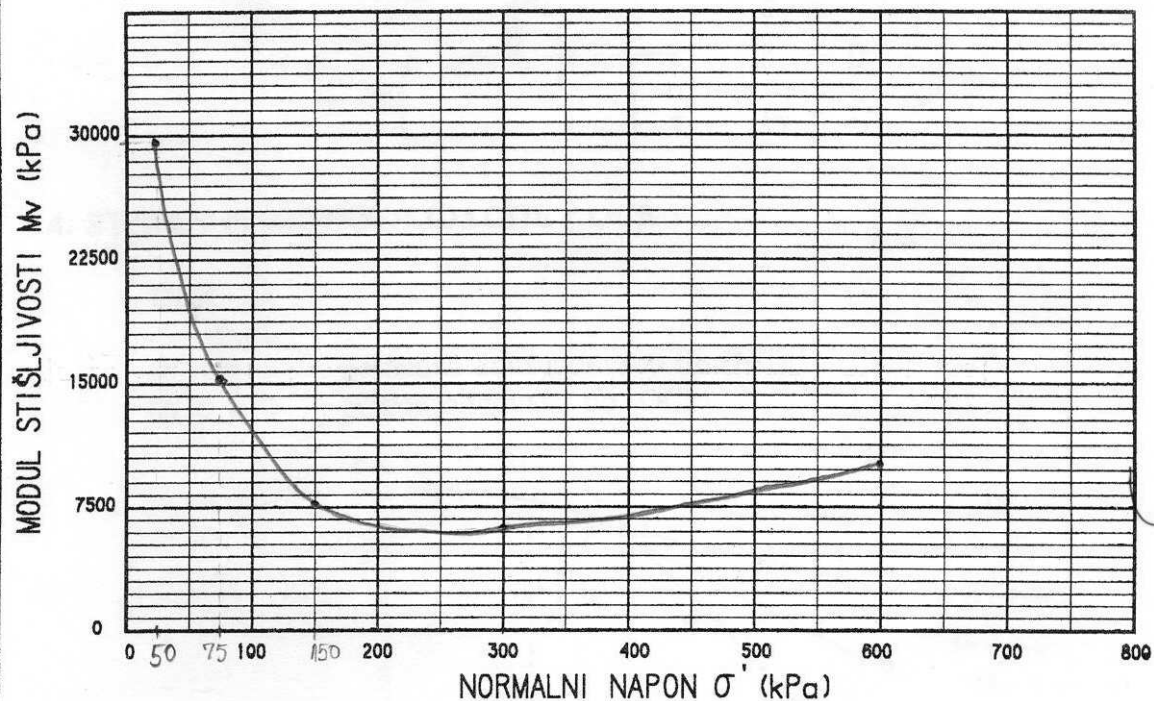
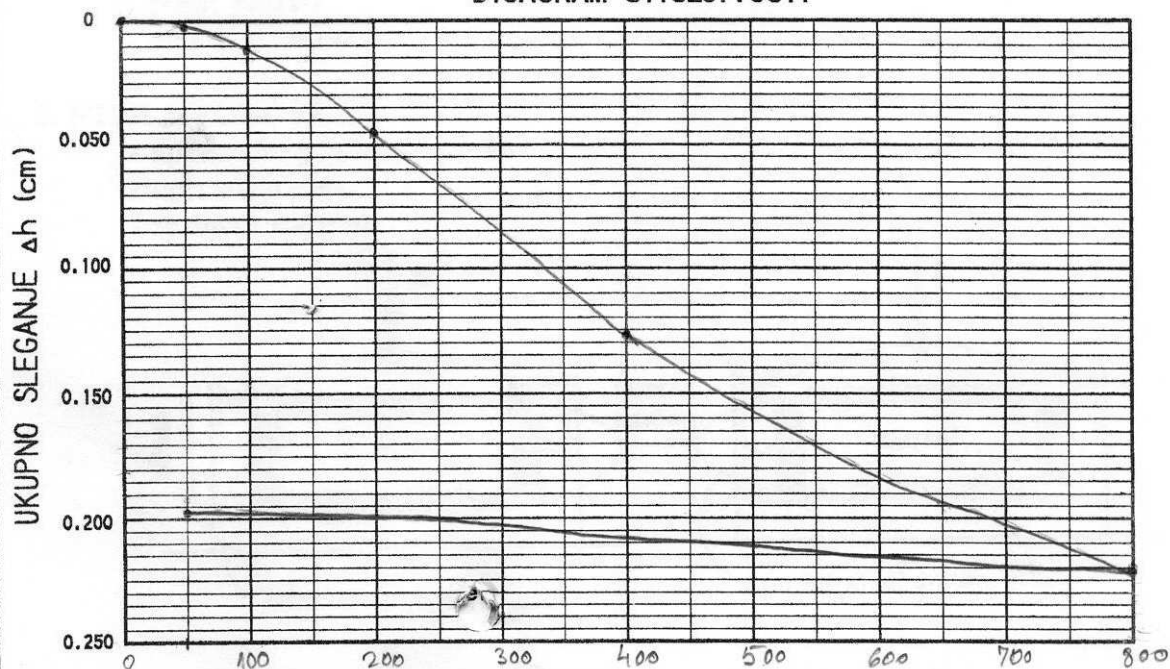
GRAĐEVINSKI FAKULTET - BEOGRAD

Laboratorija za Mehaniku Tla

OBJEKAT : Poslovni objekat - Novi Beograd

SONDA/DUBINA : SB-1/6.0 m

DIJAGRAM STIŠLJIVOSTI



NAPOMENA :

DATUM :

ISPITAO :

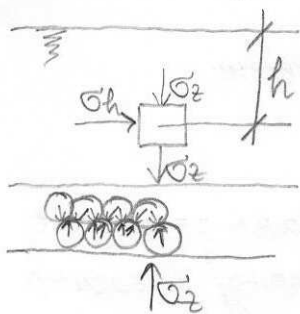
OBRADIO :

PREGLEDAO :

Ситишљивост тла

1.

1. Напон у тлу

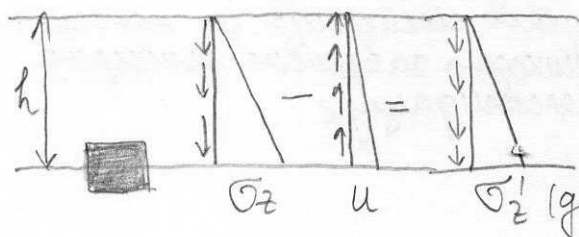


- имамо вертикални напон σ_z и хоризонтални σ_h
- тло има запрем. тежину у засићеном стању γ_z
- σ_z добија се као $\sigma_z = \gamma_z \cdot h = \rho_v$

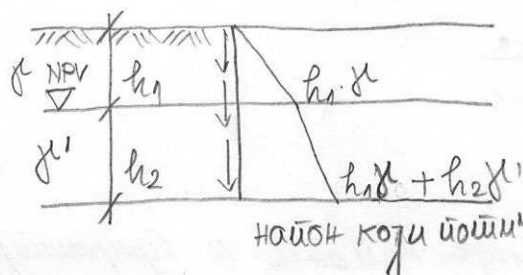
σ_z - тотални напон у тлу због порног притиска и ефективног напона (σ_z')

$$\sigma_z' = \sigma_z - u = \gamma_z \cdot h - \gamma_w \cdot h = (\gamma_z - \gamma_w) \cdot h = \gamma' \cdot h$$

$$\sigma_h' = K_0 \cdot \sigma_z' \text{ (хоризонтални ефективни напон)}$$



(део напона који прима скелет тла)

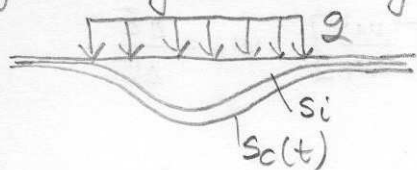


напон који потиче од укупне тежине

Када рачунамо тоталне и ефективне γ' , а ако нема вод идемо са γ .

2. Ситишљивост тла је особина тла да мења запремину при повећању ефективних напона.

- дисорзијске деформације (услед промене облика тла) одвија се у недретираном условима. Временом притиска у води отада, на рачун тла расте ефектив. напон, смањује се запремина тла, рачун напонске вод - консолидација. (консол. слегање је ф-ја времена)



Укупно слегање тла је инципијално слегање + консолидиционо слегање $s_i + s_c = s$

- еднотнајски опити - опити ситишљивост



$$D \gg h_0$$

- узорак се верт. опитирује а сиречене су бочне деформације узорка (меримо промену висине узорка. Узорак се опитирује симетрично, крете се од 25 кПа, свака слегања опитирује је 2 пута брже

$$\epsilon_z \neq 0 \quad \sigma_z \neq 0$$

$$\epsilon_r = 0 \quad \sigma_r \neq 0$$

$$\epsilon_r = \frac{1}{E} [\sigma_r' - \nu (\sigma_r' + \sigma_z')]]$$

$$\epsilon_r = 0 \Rightarrow \sigma_r' = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_z'$$

$$\sigma_r' = K_0 \cdot \sigma_z'$$

$$(NC) K_{0,NC} = 1 - \sin \phi'$$

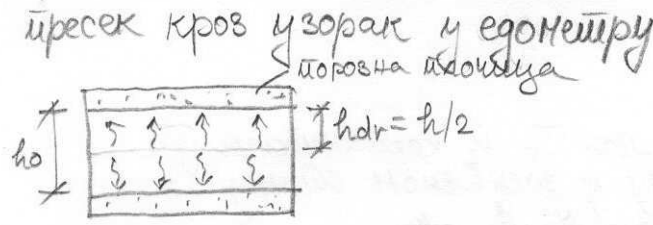
$\phi' \rightarrow$ угао општите опитног тла

$$(OC) K_0 = K_{0,NC} (OCR)^{\tan \phi'}$$

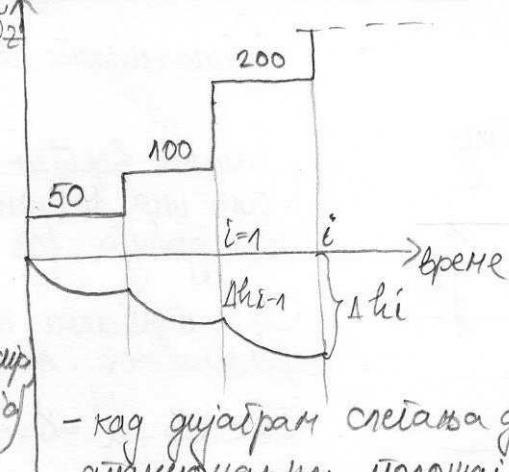
OCR - степен преконсолидације

$\sigma_r \rightarrow$ радијални напон

$K_0 \rightarrow$ коеф. притиска тла у стању мировања



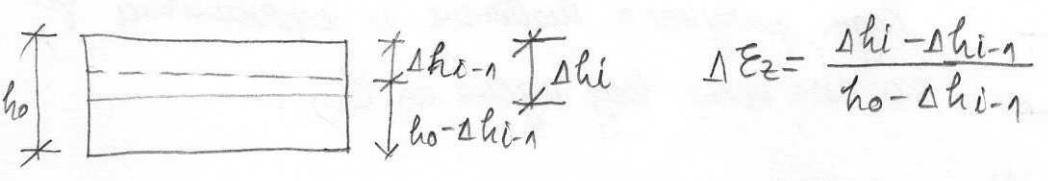
- прво оптерећење (компресија)
- затим узорак расипајуће (екстензија)
- и поново га оптерећујемо (рекомпресија)



- кад дијаграм следава досијмине амплитуднарти постојај наносимо следећу амплитуду оптерећења
- следећа амплитуда се наноси након претходно завршене примарне консолидације

Показатељи стисљивости

- Сферична деформација $\epsilon = \frac{\Delta h}{h}$



- Модул стисљивости M_v : (однос промена напона и промена деформација)

$$M_v = \frac{\sigma_i - \sigma_{i-1}}{\Delta h_i - \Delta h_{i-1}} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

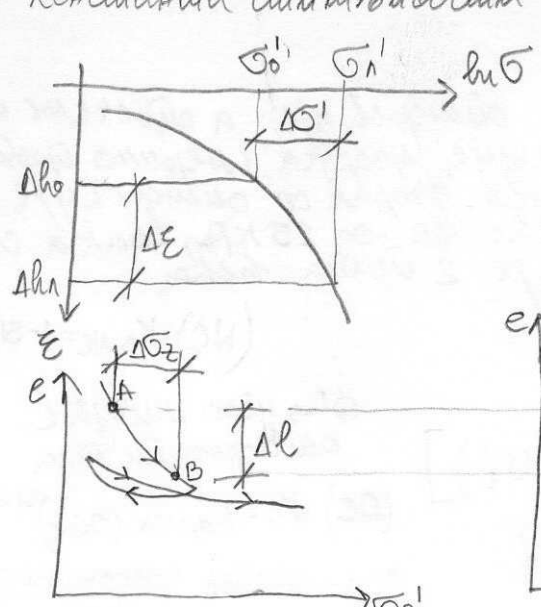
$$M_v = \frac{1-\nu}{(1-2\nu)(1+\nu)} E \quad \nu = \frac{1}{3} \Rightarrow M_v = 1,5 E$$

$\nu = 0,5 \Rightarrow M_v \rightarrow \infty$ (нестисљиво тело)

* коефицијент запреминске стисљивости $m_v = \frac{1}{M_v} \left[\frac{m^2}{KN} \right] \quad m_v = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta \sigma}$

(када је веза напона и деф. линеарна)

* константна стисљивост



$$C = \frac{\Delta \ln \sigma'}{\Delta \epsilon} = \frac{1}{\Delta \epsilon} \cdot \ln \left[\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right]$$

$$\Delta \epsilon_z = \frac{1}{C} \ln \left[\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right]$$



* коэффициент сжимаемости a_v

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma_z'} = (1+e_0) \frac{\Delta \varepsilon_z}{\Delta \sigma_z'} = (1+e_0) m_v$$

* индекс сжимаемости C_c

$$C_c = \frac{(1-e_0) \Delta e}{\log \left[\frac{p_0' + \Delta \sigma_z'}{p_0'} \right]} \quad \varepsilon_z = \frac{C_c}{1+e_0} \log \left[\frac{p_0' + \Delta \sigma_z'}{p_0'} \right] \quad C_c = \text{const}$$

$$C_c = 0,009 (W_L - 10\%)$$

↓ коэф. пороз. опада са повећањем вертикалних напона

* индекс бубрења C_s и индекс рекompресије C_r

$$C_r = \frac{(1-e) \Delta e}{\log \left(\frac{p_0'}{p_0'} \right)} \approx C_s \quad \frac{C_r}{C_s} = \frac{1}{3} \div \frac{1}{12} \left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{5} \right)$$

* степен прекомсолидации

- ако у прошлости није било изложено већим нап: који су већи од текућих напона - нормално консолидовано тло

- ако је у прошлости тло изложено већим напонам (напонам прекомсолидации) од текућих напона - прекомсолидовано тло

$$OCR = \frac{p_0'}{p_{0d}} \begin{cases} = 1 & \text{NC} \\ > 1 & \text{OC} \end{cases}$$

↓ текући напон који важе у тлу

* Задаче

1. a) $\gamma' = ?$ $h = 6 \text{ m}$

$$\gamma_z = \frac{M_z}{V} \cdot g = \frac{153,78}{80,442} \cdot 9,807 = 18,75 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma' = \gamma_z - \gamma_w = 18,75 - 9,807 = 8,94 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

$$\sigma_z' = \gamma' \cdot h = 8,94 \cdot 6 = 53,64 \text{ kPa}$$

g) $OCR = \frac{p_0'}{p_0' + \gamma \cdot h} = \frac{200}{53,64} = 3,728 > 1 \Rightarrow \text{OC (прекомсолидовано тло)}$

$$p_0' = \sigma_z' = 53,64 \text{ kPa}$$

h) $\sigma = 60 - 100 \text{ kN/m}^2$ $\sigma_{z1} = 60 \text{ kN/m}^2$ $\sigma_{z2} = 100 \text{ kN/m}^2$

$$m_v = ?$$

$$m_v = \frac{\sigma_{z2} - \sigma_{z1}}{\Delta h_2 - \Delta h_1} = \frac{40}{0,0127 - 0,005} = 13,169 \text{ MPa}$$

$$m_v = \frac{1}{M_v} = 7,594 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{KN} = 75,94 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{kPa}}$$

f) са дужама (сжимаемост очиглавно $p_0' = 200 \text{ kPa}$ стр. 6.)

$\Delta h_1 = 0,005$ (очиглавно из дужама сжимаемост стр. 7.)
 $\Delta h_2 = 0,0127$

4.

$$i) C_c = \frac{1 - \Delta e}{\log \left[\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'_z}{\sigma'_0} \right]} = \frac{0,825 - 0,752}{\log \left(\frac{400 + 400}{400} \right)} = 0,246$$

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= 400 - 800 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma'_0 &= 400 \text{ kPa} = p'_0 \\ \Delta \sigma'_z &= 400 \text{ kPa} \end{aligned}$$

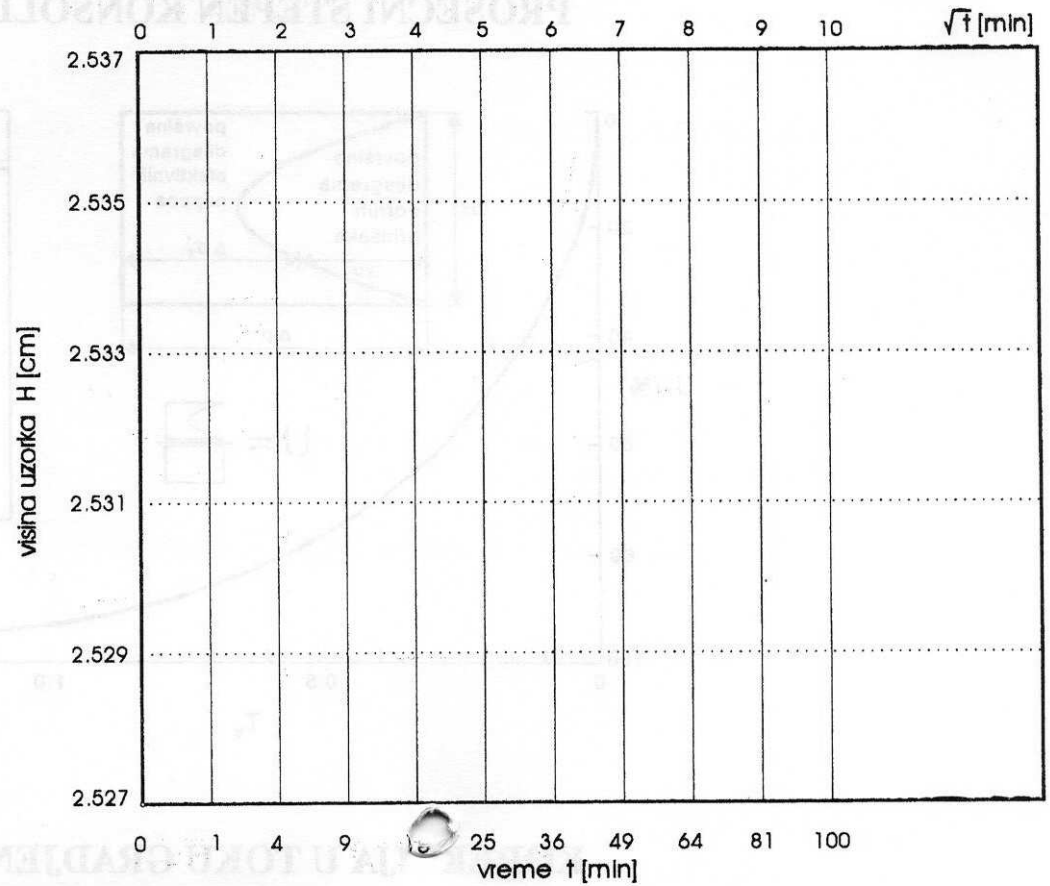
$$j) C = \frac{\ln \left(\frac{p'_0 + \Delta \sigma'_z}{p'_0} \right)}{0,0708} = \frac{\ln \left(\frac{200 + 600}{200} \right)}{0,0708} \Rightarrow C = 19,57$$

$$\Delta \varepsilon_z = \frac{\Delta \varepsilon_z}{h_0 - \Delta h_{200}} = 0,0708$$

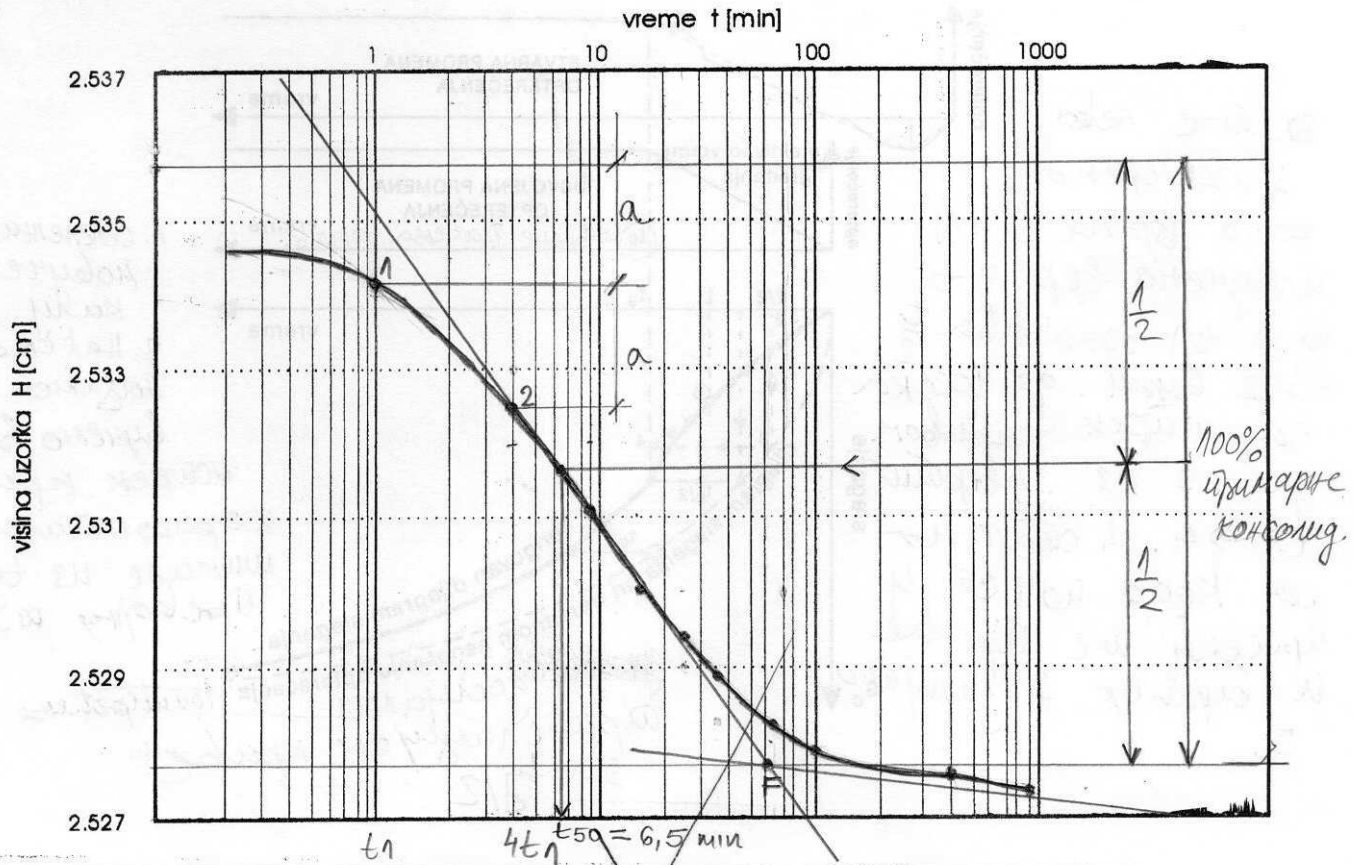
$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= 200 - 800 \text{ kN/m}^2 \\ \Delta \sigma'_z &= 600 \text{ kPa} \\ \sigma'_0 &= 200 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$k) C_r = \frac{\Delta e}{\log \left(\frac{p'_0}{p'_0} \right)} = \frac{0,02}{\log \left(\frac{800}{50} \right)} = 0,0166$$

1. GRUPA A



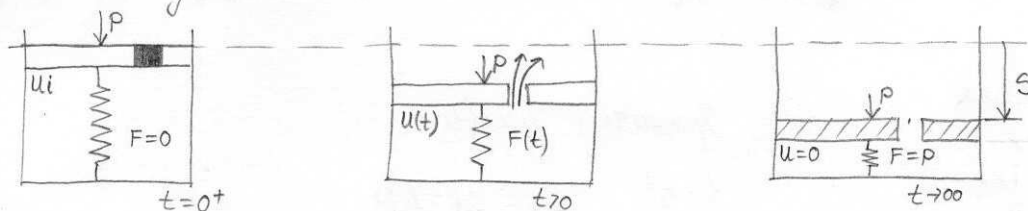
2. GRUPA B



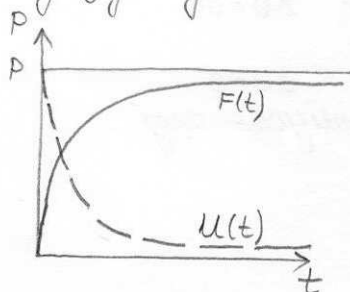
Временски шок консолидације

1.

- Механички модели



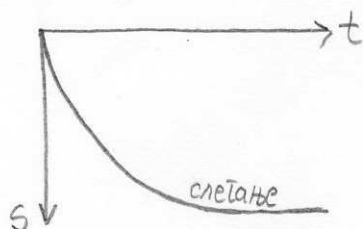
- консолидација је смањење запремине и порног притиска



$$P = F(t) + u(t)$$

$F(t)$ - сила у опрузи

$u(t)$ - сила притиска воде



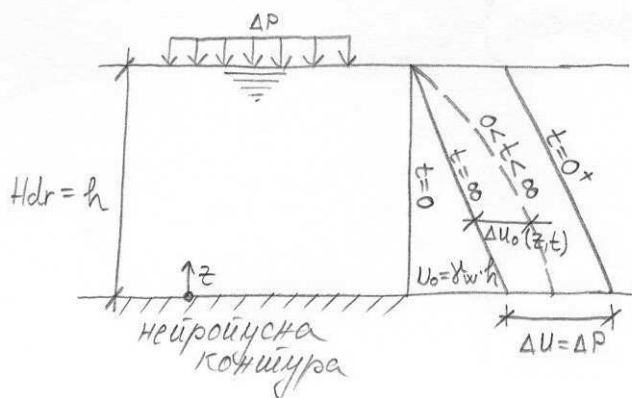
- Терцаи

- диференцијална једначина једнодимензионалне консолидације: $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{m_v \gamma_w} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = C_v \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$

- претпоставке:

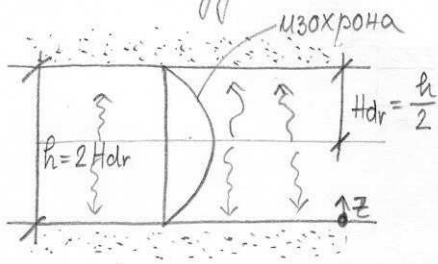
1. тло се може представити хомогеним изотропним слојем
2. тло је потпуно засићено
3. вода и зрна тла су практично нестисљиви
4. промена запремине и крив. воде су једнодимензиони
5. деформације су мале
6. важи Дарсијев закон филтрације
7. коефицијент водопр. и коэф. m_v су const и не зависе од нивоа напона
8. постоји једнозначна зависност између e и σ_z'
9. нема секундарне консолидације
10. оптерећење је најбоље одједнач

$$C_v = \frac{k}{m_v \gamma_w} = \frac{k \cdot m_v}{\gamma_w} - \text{коефицијент консолидације}$$



$t > 0$ притисак у води опада

- непрекидана линија је решење диференцијалне једначине, изохона, даје расподелу порних притисака по дубини.



Гранични услови

$$t = 0^+ \quad \Delta U = \Delta p$$

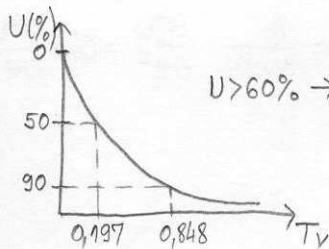
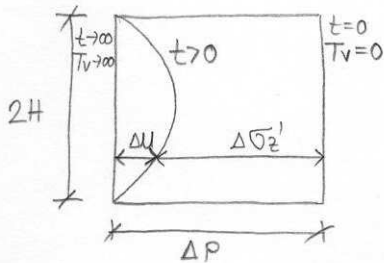
$$0 < t < \infty \quad z = 0, z = 2Hdr \quad \Delta U = 0$$

$$t \rightarrow \infty \quad 0 \leq z < 2Hdr \quad \Delta U = 0$$

- вода се дренажа преко горње површине јер је има водопроницан слој

- временски фактор: $T_v = \frac{c_v \cdot t}{H_{dr}^2}$

Просечан степен консолидације



$$U > 60\% \rightarrow T_v = 0,9332 \log(1-U) - 0,0851$$

- Слегање у времену

$$S(t) = S_c(t \rightarrow \infty) \cdot U(t)$$

$$S_c = \frac{\Delta \sigma_z'}{M_v} \cdot H = \frac{\Delta e}{1+e_0} \cdot H \quad \text{консолидационо слегање}$$

Одређивање коефицијента консолидације c_v

- Метода Taylor-а (метода квадратног корена)
- Метода Casagrande-а (метода логаритма времена)

1.1.

t	H [cm]
0	2,5357
1	2,54 - 0,0058 = 2,5342
4	2,5325
9	2,5311
16	2,5301
25	2,5294
36	2,5289
64	2,5282
100	2,5279
400	2,5276
900	2,5274
1440	2,5273

$$H_{dr} = \frac{h}{2}$$

$$h = \frac{1}{2} (H_{\text{početno}} + H_{\text{poslednje}})$$

$$h = \frac{1}{2} (2,5357 + 2,5273) = 2,5315 \text{ cm}$$

$$H_{dr} = \frac{1}{2} \cdot 2,5315 = 1,2658 \text{ cm}$$

са гујаирама 2 сир. 4 очува се $t_{50} = 6,5 \text{ min}$

$$C_v = 0,197 \cdot \frac{H_{dr}^2}{t_{50}} = 0,197 \cdot \frac{1,2657^2}{6,5 \cdot 60} = 8,09 \cdot 10^{-4} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

1.2. $k = \frac{C_v \cdot \gamma_w}{M_v} = \frac{8,09 \cdot 10^{-4} \cdot 9,807}{15,11 \cdot 10^3} = 5,25 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ ($M_v = 15,11 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$ берида др. 5)

3. $h_{dr} = \frac{h}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ m}$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$k = 2 \cdot 10^{-8} \text{ cm/s}$$

$$C_v = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\Delta \sigma_z' = 70 \text{ kN/m}^2$$

1) модула стисливост

$$C_v = \frac{k}{m_v \cdot \gamma_w} = \frac{k \cdot M_v}{\gamma_w} \Rightarrow M_v = \frac{C_v \cdot \gamma_w}{k} = \frac{6,75 \cdot 10^{-4} \cdot 9,807}{2 \cdot 10^{-8}} = 3309,86 \text{ kN/m}^2$$

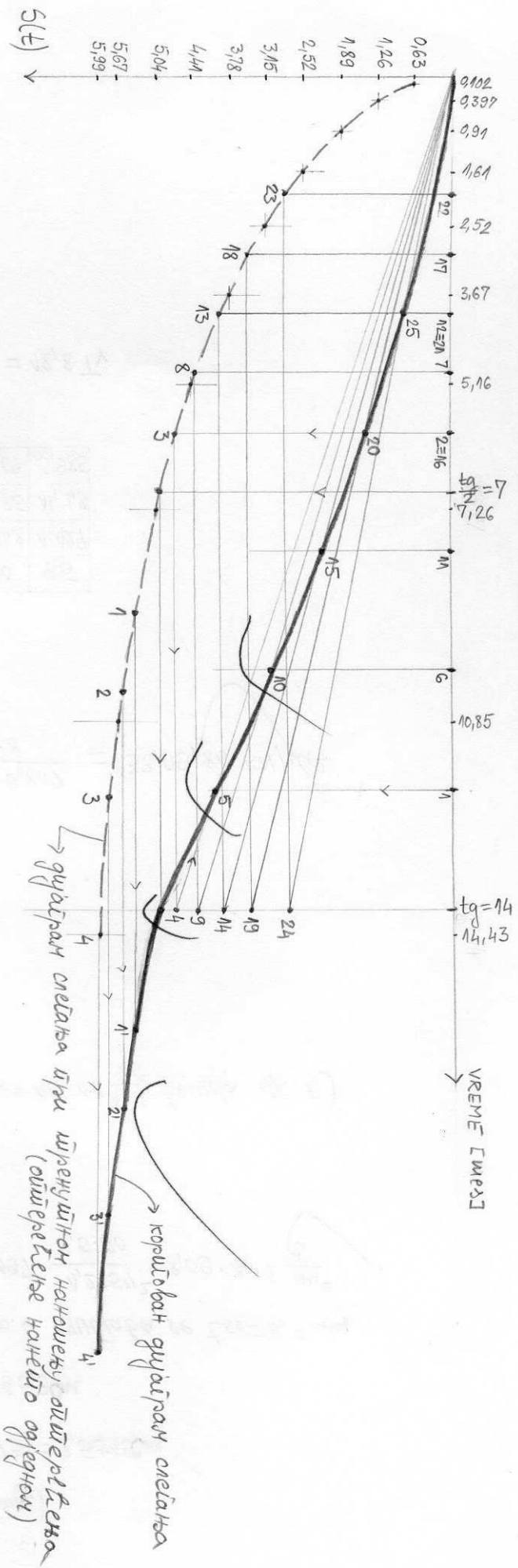
2) $S_c = \frac{\Delta \sigma_z' \cdot H}{M_v} = \frac{70}{3309,86} \cdot 3 = 6,3 \text{ cm}$

3)

U%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
T_v	0,008	0,031	0,071	0,126	0,197	0,287	0,403	0,567	0,848	1,127
$t [\text{mes}]$	0,102	0,397	0,91	1,61	2,52	3,67	5,16	7,26	10,85	14,43
$S(t)$	0,63	1,26	1,89	2,52	3,15	3,78	4,41	5,04	5,67	5,985

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H_{dr}^2} \Rightarrow t = \frac{T_v \cdot H_{dr}^2}{C_v} = \frac{2,25 \cdot T_v}{6,75 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{1}{2592000} = 12,8 T_v$$

$$S(t) = S_c \cdot U = 6,3 \cdot U$$

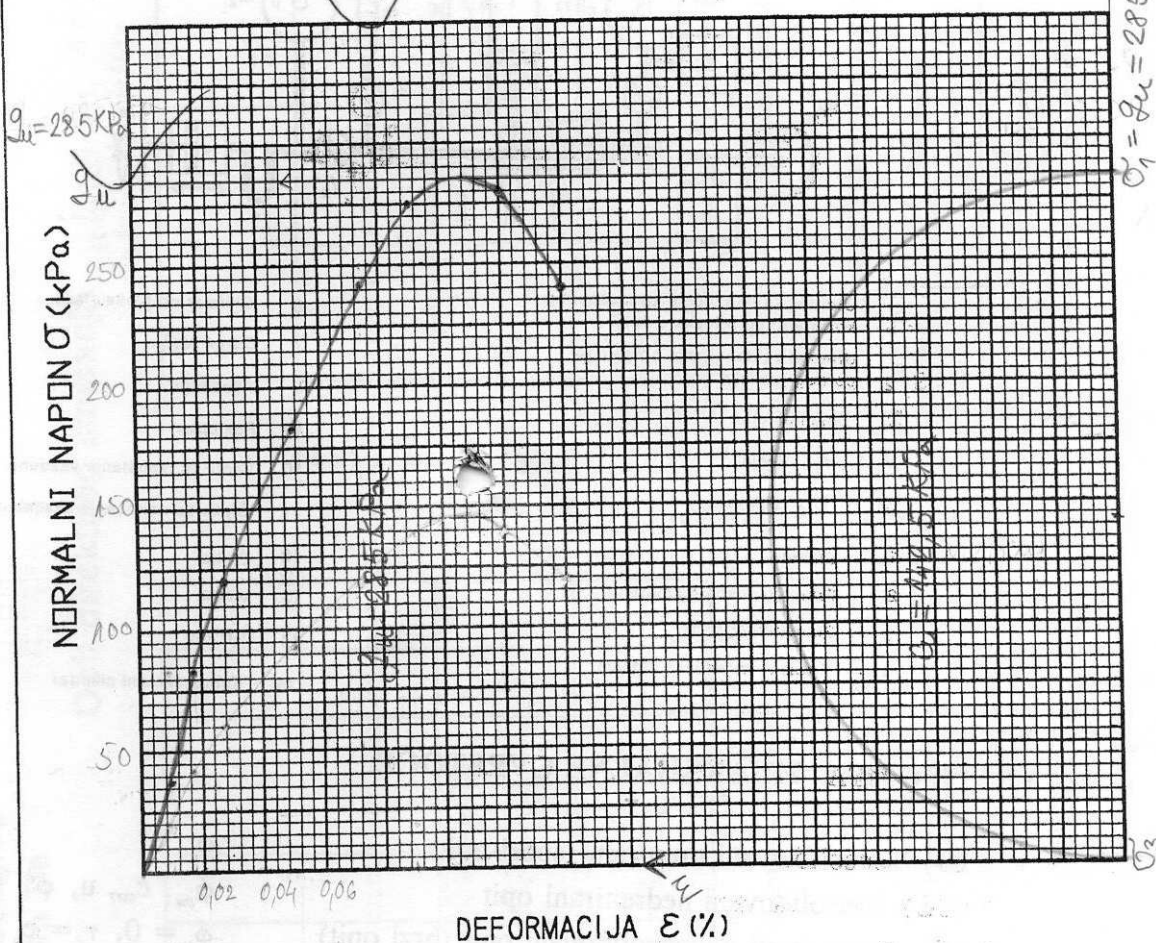


GRAĐEVINSKI FAKULTET – BEOGRAD
Laboratorija za Mehaniku Tla

OBJEKAT :
SONDA/DUBINA :

$$c_u = \frac{q_u}{2} = \frac{285}{2} = 142,5 \text{ kPa}$$

DIJAGRAM JEDNOAKSIJALNE ČVRSTOĆE



Uzorak	Klasif. simbol	γ (kN/m^3)	γ_d (kN/m^3)	w (%)	I_c	q_u (kN/m^2)	c_u (kN/m^2)

NAPOMENA :

DATUM :

ISPITAO :

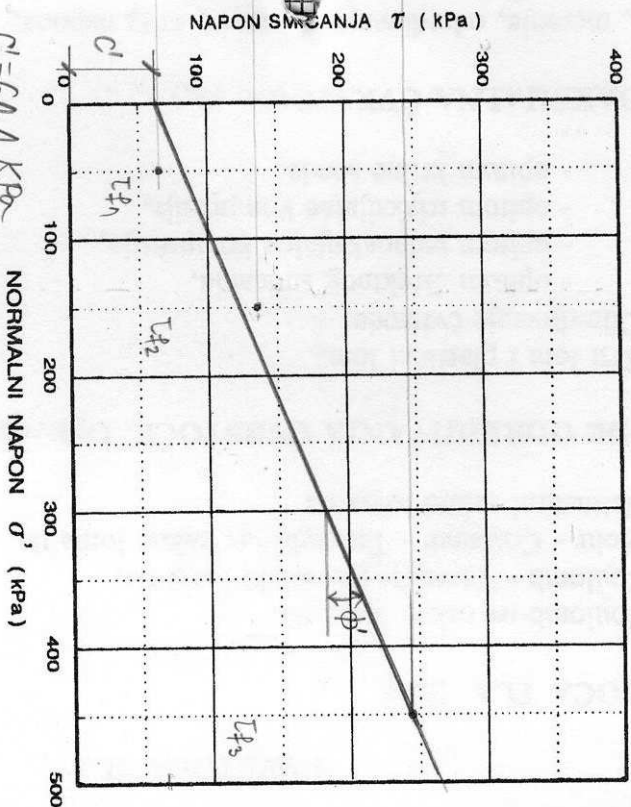
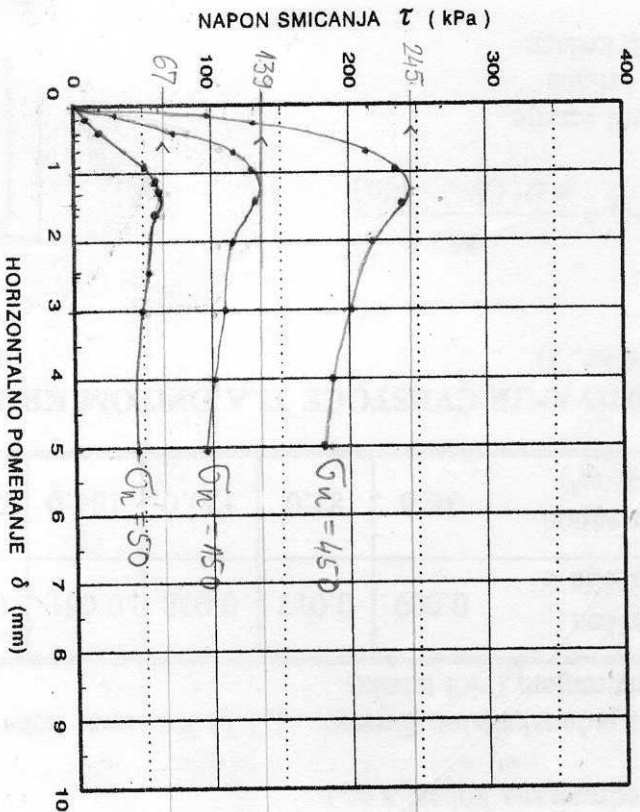
OBRADIO :

PREGLEDAO :

zabac. τ u δ

Opit direktnog smicanja

odgovara normalnom
povratu kretanju tla za 30% u odnosu na počet



OBJEKAT:

Datum sondiranja	
Sonda/Dubina	
Kola terena	
Početni napon p_0 (kPa)	
Vlažnost pre opta (%)	
Suva zapr. težina γ_d (kN/m ³)	
LL /PI/SL (%)	

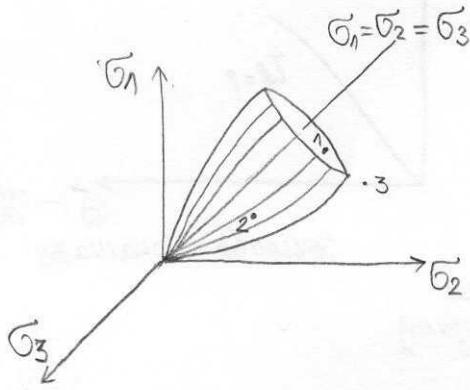
CF (d% < 2 μ)	
Specifična težina G_s	
Stepen zasićenja S_r (%)	
Vlažnost posle opta (%)	
Konsolidacija t_{100}	
Brzina smič. pom. (mm/min)	
Vista opta (U/D/R)	

REZULTATI OPTA DIREKTOG SMICANJA

Tot. naponi	Efekt. naponi	Netin. efek. naponi
$\tan \phi$	$\tan \phi'$	ϕ'_B
ϕ	ϕ'	$\Delta \phi'$
c (kPa)	c' (kPa)	p_N (kPa)
	61,1	7,95
		53,3
		283,78

Чврстоћа шла

1.



1. могуће најлонско стање
2. наступило је лан материјала
3. немогуће најлонско стање

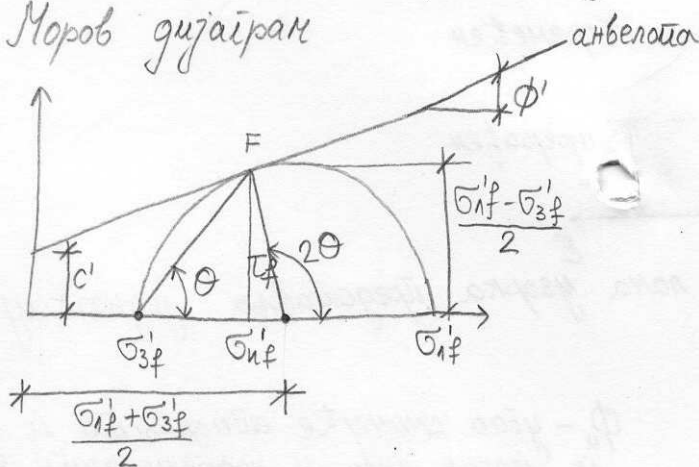
- највећи смичући најлон који се може нанети структури шла у одређеном правцу до појаве великих деформација је смичућа чврстоћа шла

- Кулон (Coulomb) $\tau_f = f(\sigma_n)$

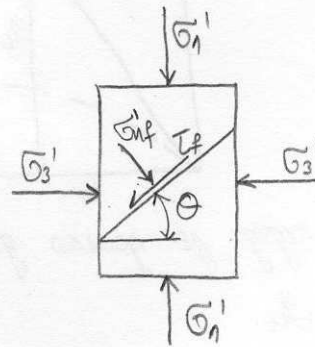
- Мор (Mohr) $\tau_f = c + \sigma_n \tan \phi$ → угао смичуће отпорности
кохезија

- Терцаги (Terzaghi) $\tau_f = c' + \sigma_n' \tan \phi'$

Моров дијаграм

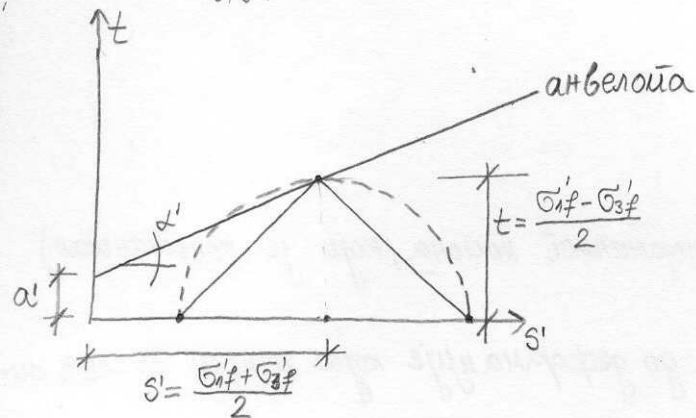


$$\sin \phi' = \frac{(\sigma_n' - \sigma_3')/2}{c' \tan \phi' + (\sigma_n' + \sigma_3')/2}$$



$$\theta = \pm (45 + \frac{\phi'}{2})$$

- Лембов дијаграм лама - најлонско стање се приказује најлонском тачком.

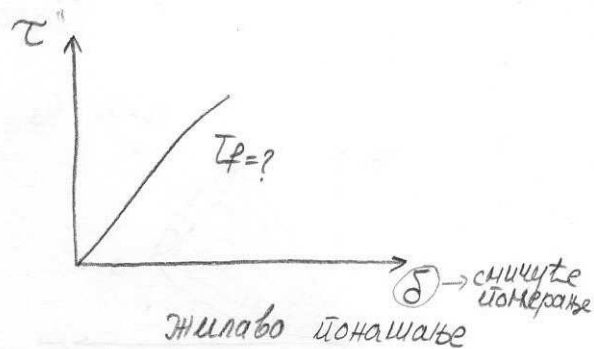
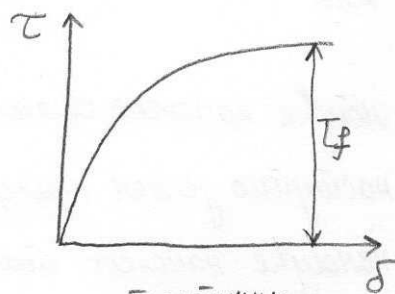
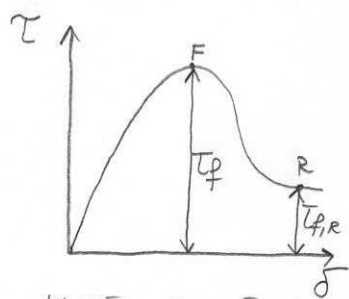


$$t = a' + s' \tan \phi'$$

$$\sin \phi' = \tan \phi'$$

$$c' = \frac{a'}{\cos \phi'}$$

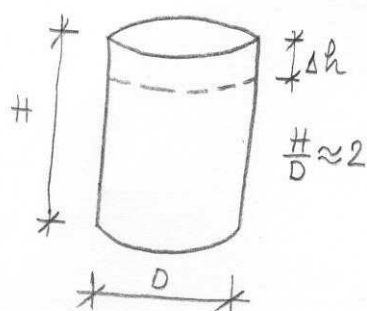
Облици лама зависе од: нивоа нормалног најлона, збујености шла и врсте шла.



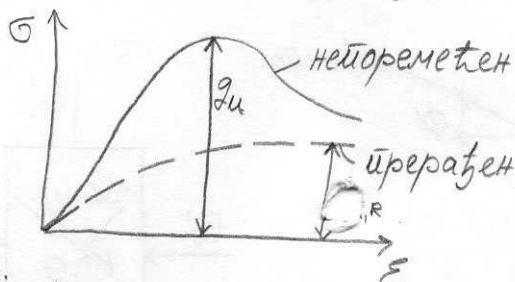
криво пластични
 τ_F - вршна сличућа чврстоћа
 $\tau_{F,R}$ - резидуална (сличућа чврстоћа након великих деформација)
 пластични
 (код расиреситих и средње збијених материјала)

Метод одређивања чврстоће тла

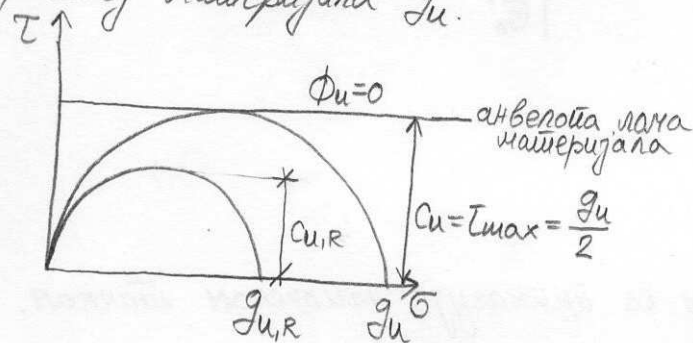
1. Општи једноосијалне компресије (на цилиндричним водом засићеним узорцима, тло је ситнозрно)



узорак се оптерећује вертикалном силом до лома а бочне деформације су сиречене. Општи је недрениран



- вертикална сила при којој је дошло до лома узорка представља једноосијалну чврстоћу материјала q_u .



ϕ_u - угао сличуће опортности и увек је једнак нули у недренираним условима

c_u - кохезија у недренираним условима

$$St = \frac{c_u}{c_{u,R}} \text{ сензитивност}$$

2. Општи директној смицања

1) фаза навошења вертикалној оптерећења (нормалној напона, који је константан)

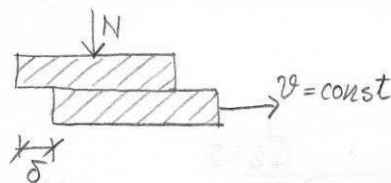
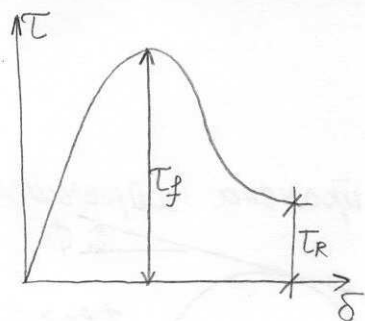
до постојане консолидације.

2) фаза навошења сличуће силе до лома или до деформације која износи 10-15% димензије узорка у правцу смицања.

- врши се у:

а) опарајћу са контролисаним прираштајем сличуће силе

б) опарајћу са контролисаном брзином сличуће померања

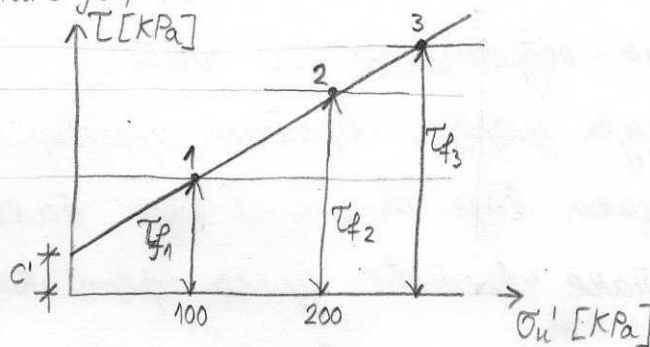
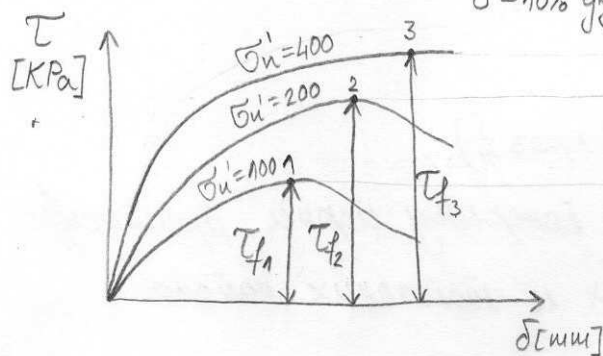


- врсте ошита

1. "D" консолидовани дренажни (сиори) ошита

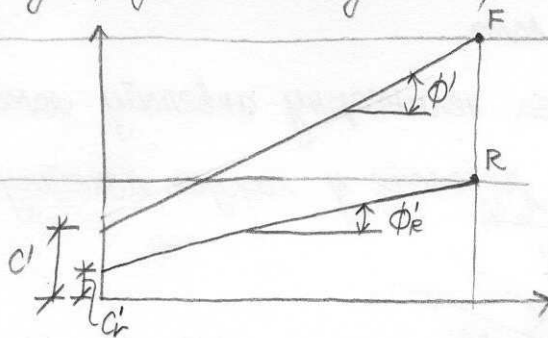
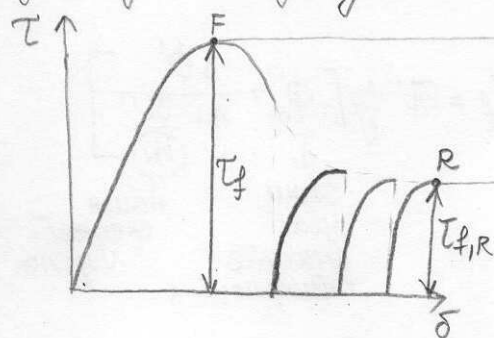
$$v = \frac{\delta_f}{t_f}$$

$t_f = 10 \cdot t_{100}$ → време непосредно за 100% примарне консолидације
 δ - 10% дужине узорка



2. "R" - повратни (реверсни) ошита

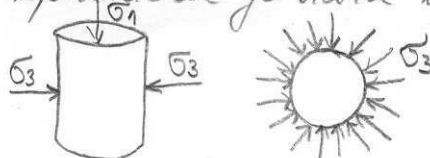
- узорак се консолидује под нормалним оптерећењем
- узорку се наноси смичућа сила до лача или до померања 10-15%
- узорак (каду) враћамо у почетни положај и поново се врши смичање и тако редом док не добијемо 2x истих вредности смичуће чврстоће $\tau_{f,R}$

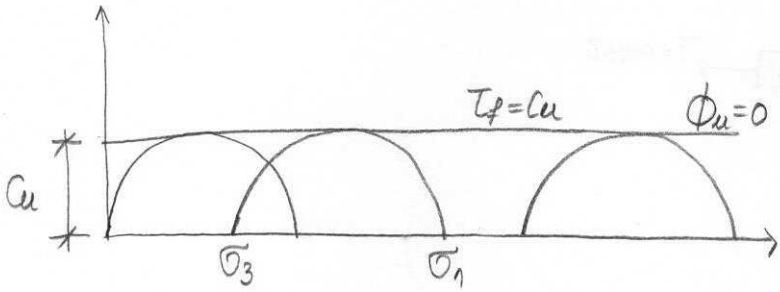


3. Ошита приаксијалне компресије изводи се на цилиндричним водач засићеним узорцима

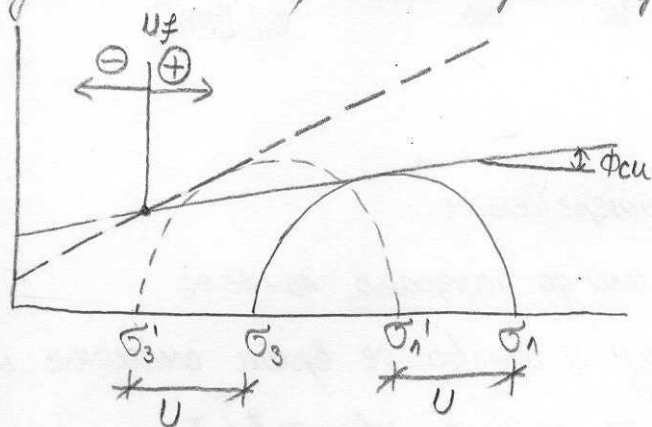
- 1) фаза се састоји из наношења свеситраног напона σ_3 који је const током целог ошита
- 2) наношење аксијалног притиска до лача или до деформације 20% висине узорка

- недренирани "U" ошита



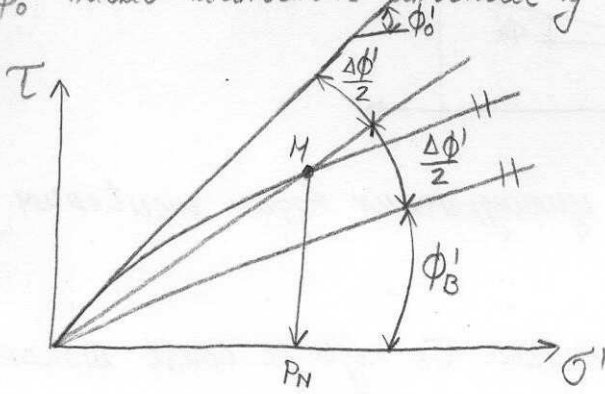


- консолидован-дренирани "CD" ойыт
- дрыға фраза мора бийтм сйора да се не би генерализати йорни ірийтисци
- йойтални найонн = ефрект. най.
- Консолидован - недренирани CU ойыт
- 1. консолидауија узорка (ірийтисно ірачену V кроз t)
- 2. нема ойытцажа воде из узорка йла йа се генеризу йорни ірийтисци
- добіјамо сйаже чврстоће іреко ефрективних и йойталних найона



Нелинеарни закон лама

- гиперболически израз за нелинеарну анvelopу лама : $\tau_f = \sigma'_u \tan \left[\phi'_B + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{\sigma'_u}{P_N}} \right]$
- ϕ'_0 - найм йаніеніе анvelopе у координ. почейку



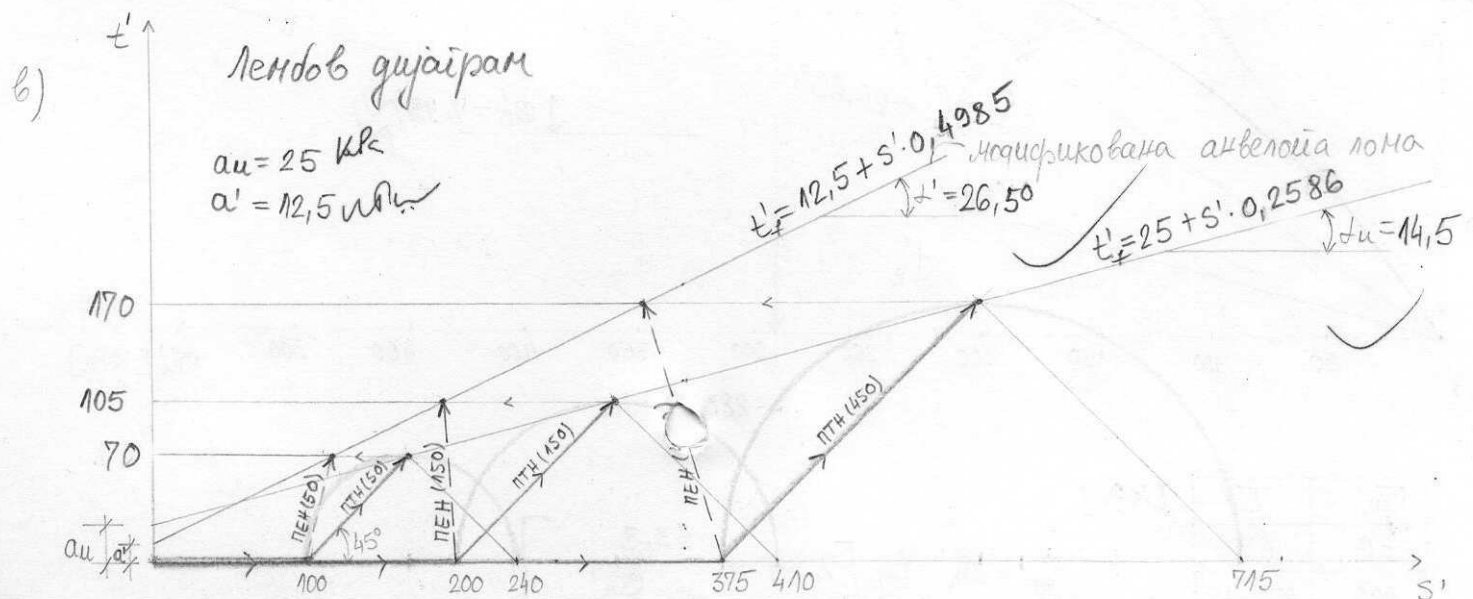
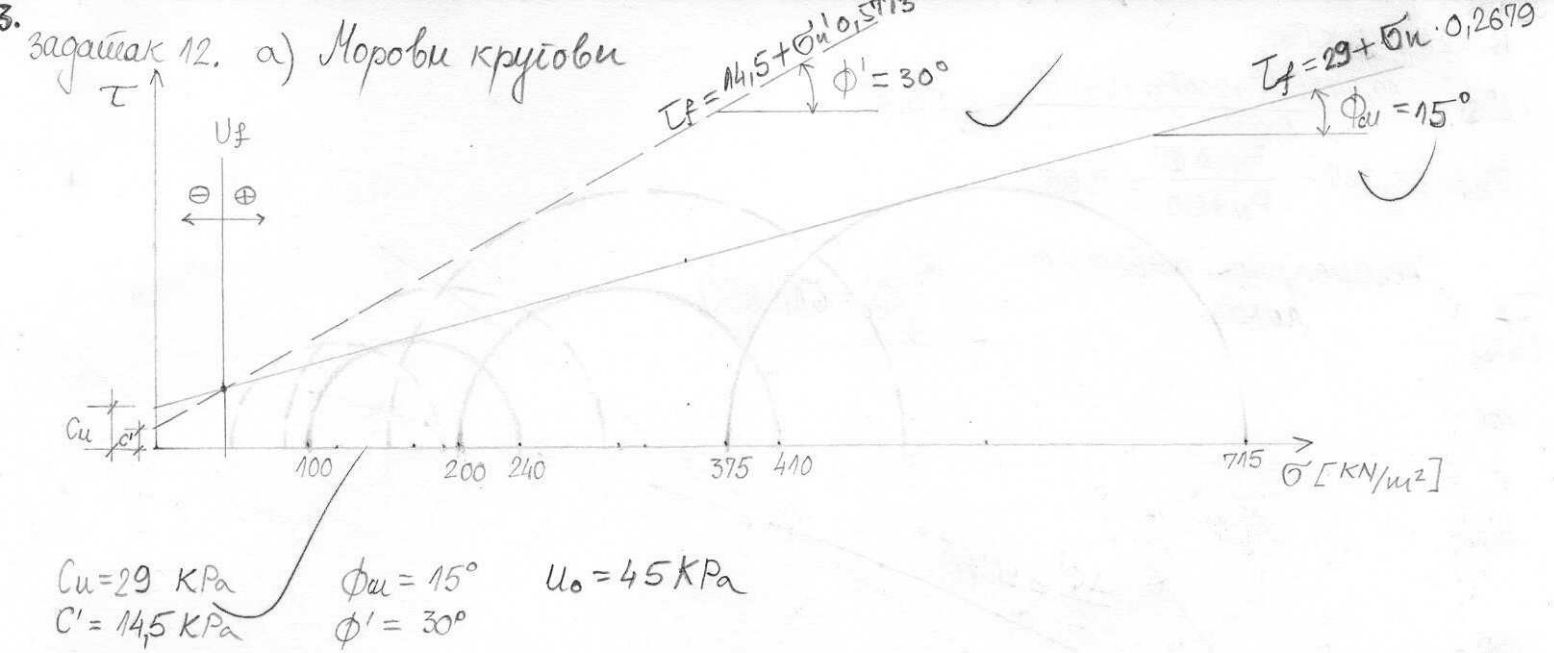
$$\Delta \phi' = \phi'_0 - \phi'_B$$

$$\sigma'_u \rightarrow \infty \quad \sigma'_u \rightarrow 0$$

$$\phi' \rightarrow \phi'_B \quad \phi' \rightarrow \phi'_B + \Delta \phi' = \phi'_0$$

базни ціао
сйичуће
ойытисноітм

найон
средней
цїла



$$\phi' = \arcsin(\tan \phi) = \arcsin(\tan 26,5^\circ) = 29,9$$

$$c' = \frac{a'}{\cos \phi'} = \frac{12,5}{\cos 30^\circ} = 14,5$$

$$\tau' = a' + s' \tan \phi'$$

9. б) $\tau_f = \sigma_n' \tan \left[\phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{\sigma_n'}{P_N}} \right]$

(1) $67 = 50 \cdot \tan \left[\phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{50}{P_N}} \right] \Rightarrow 1,34 = \tan \left[\phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{50}{P_N}} \right] \Rightarrow \phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{50}{P_N}} = 53,267$

(2) $139 = 150 \tan \left[\phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{150}{P_N}} \right] \Rightarrow 0,926 = \tan \left[\phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{150}{P_N}} \right] \Rightarrow \phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{150}{P_N}} = 42,82$

(3) $245 = 450 \tan \left[\phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{450}{P_N}} \right] \Rightarrow 0,544 = \tan \left[\phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{450}{P_N}} \right] \Rightarrow \phi_B' + \frac{\Delta \phi'}{1 + \frac{450}{P_N}} = 28,566$

(1) $\Rightarrow \phi_B' + \frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 50} = 53,267 \quad | \cdot (-1)$
 (2) $\Rightarrow \phi_B' + \frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 150} = 42,82 \quad | +$
 (3) $\Rightarrow \phi_B' + \frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 450} = 28,566 \quad | +$

$-\frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 50} + \frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 150} = -10,447 \Rightarrow \frac{(-P_N - 150 + P_N + 50) \cdot P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N^2 + 200P_N + 7500} = -10,447$

$-\frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 50} + \frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 450} = -24,701 \Rightarrow \frac{(-P_N - 450 + P_N + 50) \cdot P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N^2 + 500P_N + 22500} = -24,701$

$\Delta \phi' = \frac{-10,447(P_N^2 + 200P_N + 7500) + P_N \cdot 100}{P_N^2 + 500P_N + 22500}$
 $\Delta \phi' = \frac{+24,701(P_N^2 + 500P_N + 22500) + 400P_N}{P_N^2 + 500P_N + 22500}$

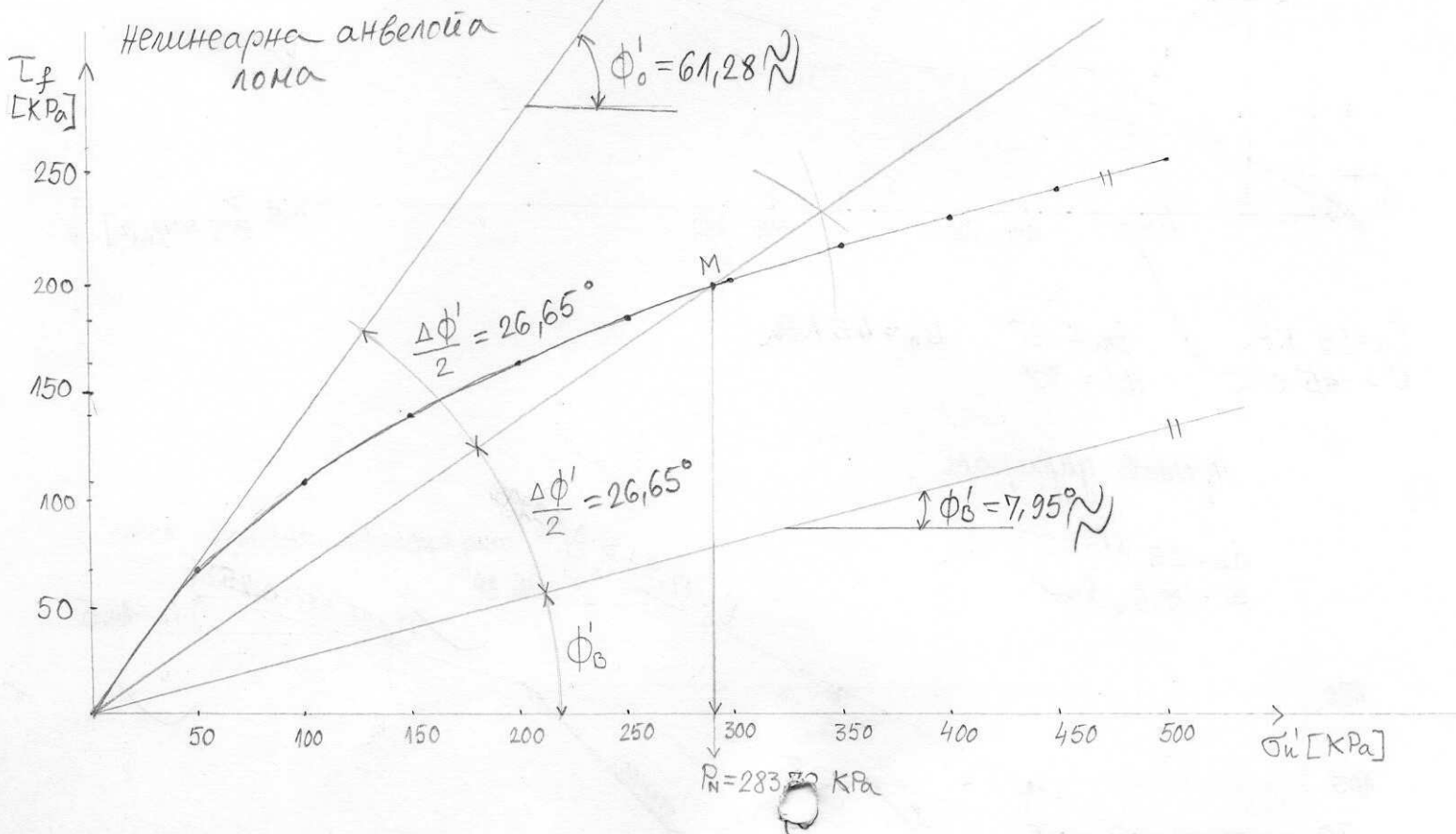
$\Delta \phi' = \Delta \phi' \Rightarrow \frac{10,447(P_N^2 + 200P_N + 7500)}{100P_N} = \frac{24,701(P_N^2 + 500P_N + 22500)}{400P_N}$

$4,27P_N^2 - 998,225P_N - 60590,625 = 0$
 $P_N = \frac{998,225 \pm 1425,25}{8,54} = 283,78 \text{ kPa}$

$$P_N = 283,78 \text{ KPa}$$

$$\Delta \phi' = \frac{10,447(P_N^2 + 200P_N + 7500)}{100P_N} = 53,3^\circ$$

$$\phi'_0 = 53,267 - \frac{P_N \cdot \Delta \phi'}{P_N + 50} = 7,95^\circ$$



σ'_n	τ_f	[KPa]
50	67	
100	108,61	
150	139	
200	163,21	
250	183,57	
300	201,3	
350	217,17	
400	231,63	
450	245	
500	257,55	

$$\tau_f = \sigma'_n \operatorname{tg} \left[7,95 + \frac{53,3}{1 + \frac{\sigma'_n}{283,78}} \right]$$