

PRIMIJENJENA MEHANIKA TLA

(I . predavanje)

PLAN NASTAVE I OBAVEZE STUDENATA

BODOVNI SUSTAV – za predmet Primijenjena mehanika tla								
Obveza	Br	Bodova	maks.	Potrebno za potpis	Potrebno za konačnu ocjenu			
					2	3	4	5
predavanja	12	0.75	9					
vježbe	12	0.75	9					
domaće zadaje	2	6	12					
kolokvij	1	20	20					
tokom semestra	25	-	50	25				
Pisani ispit	1	50	50	-				
UKUPNO	26	-	100	-	55	65	75	85

IZVEDBENI PLAN NASTAVE - predavanja

Redni broj	Datum	PREDAVANJA
1.	16.10.	Uređaji i pokusi za ispitivanje krutosti i čvrstoće tla u laboratoriju (edometar, troosni uređaj, direktno smicanje, ostali uređaji)
2.	23.10	Ponašanje suhog pijeka u troosnom uređaju: CID pokusi, krutost, čvrstoća, dilatacija, kritično stanje, utjecaj početne zbijenosti i konsolidacijskog pritiska
3.	30.10.	Ponašanje vodom zasićenog pijeska u nedreniranim uvjetima u <u>troosnom</u> uređaju; princip efektivnih naprezanja
4.	6.11.	Ponašanje sitnozrnog tla u troosnom uređaju: drenirani i nedrenirani pokusi
5.	13.11.	Ponašanje tla u edometru
6.	20.11.	Elastični i elastoplastični modeli tla
7.	27.11.	Kolokvij (unutar termina predavanja)
8.	4.12.	Elastično-plastični model („Mohr-Coulombov” model)
9.	11.12.	Ponašanje elastično-plastičnog modela u troosnom uređaju: drenirani i nedrenirani pokusi
10.	18.12.	Terenski pokusi za ispitivanja tla
11.	8.01.	Određivanje parametara tla iz laboratorijskih i terenskih pokusa
12.	15.08.	Profil tla, početno stanje naprezanja, voda u tlu

SADRŽAJ

➤ UVOD

- osnovni problemi u projektiranju građevinskih / geotehničkih konstrukcija (usporedba tla i ostalih građevinskih materijala)

➤ PONAVLJANJE

- mehaničke karakteristike čelika i betona
(ponavljanje: **Metalne konstrukcije i Betonske konstrukcije**)
- mehanika kontinuuma: deformacije, naprezanja, krutost
(ponavljanje: **Otpornost materijala, Matematika**)
- mehanika tla: ispitivanje tla u laboratoriju
(ponavljanje: **Mehanika tla**)

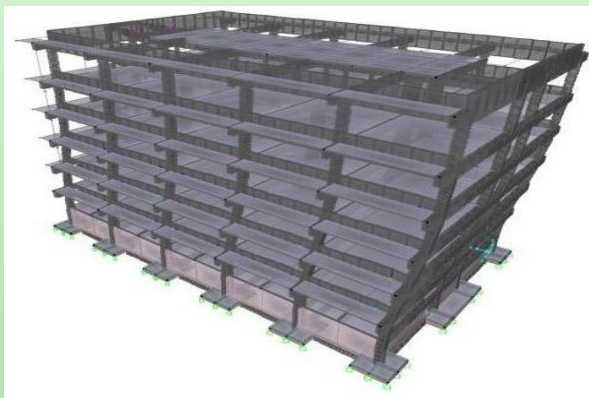
➤ PRIMIJENJENA MEHANIKA TLA

➤ TROOSNI POKUS

- osnovni elementi pokusa i opreme za ispitivanje
- stanje naprezanja i deformacija u troosnom pokusu
- princip efektivnih naprezanja u tlu
- drenirani CID i nedrenirani CIU troosni pokusi

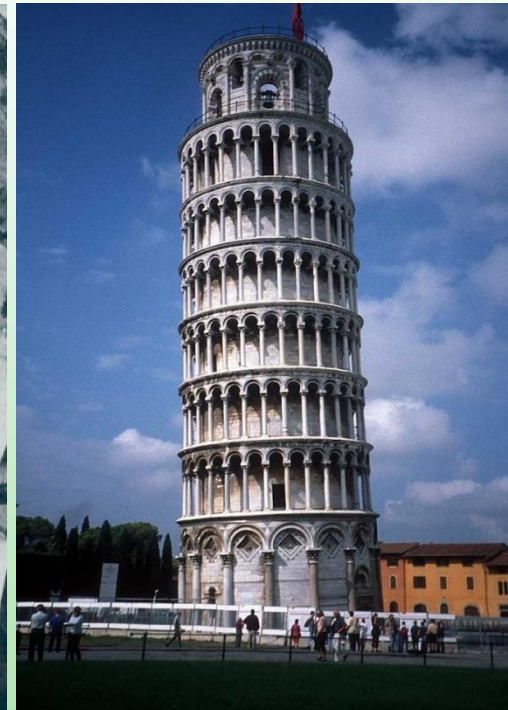
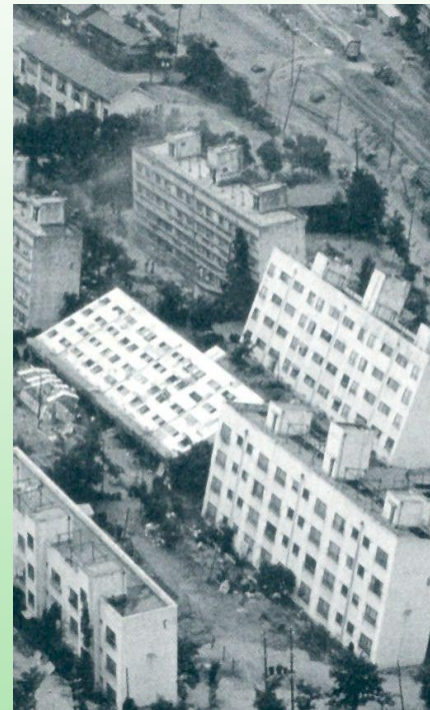
OSNOVNI ROBLEMI U PROJEKTIRANJU GRAĐEVINSKIH / GEOTEHNIČKIH KONSTRUKCIJA

STABILNOST I UPORABIVOST GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA



ČVRSTOĆA BETONA I ČELIKA (f_c , f_y)
KRUTOST BETONA I ČELIKA (E , ν)

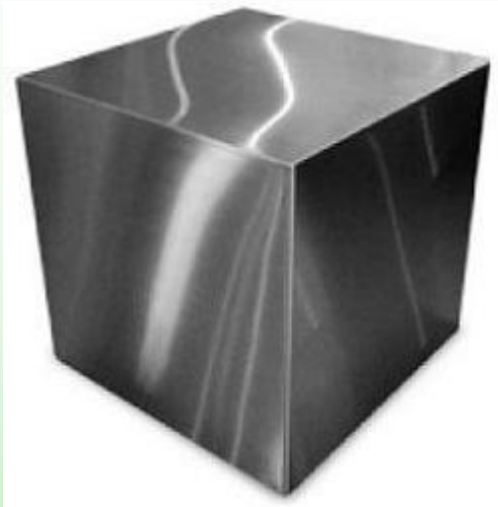
STABILNOST I UPORABIVOST GEOTEHNIČKIH KONSTRUKCIJA / GRAĐEVINSKIH OBJEKATA **(PRIMIJEJENA MEHANIKA TLA)**



ČVRSTOĆA TLA (kut unutarnjeg trenja ϕ i kohezije c)
KRUTOSTI TLA (modul stišljivosti M_v , Youngov modul elastičnosti E i Poissonov koef. ν)

TLO I 'OSTALI' GRAĐEVINSKI MATERJALI

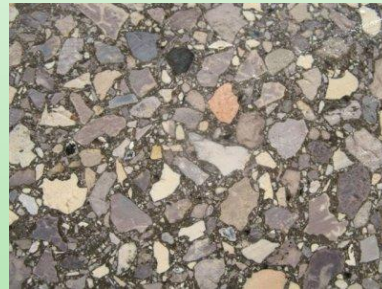
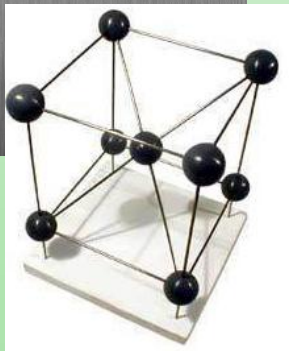
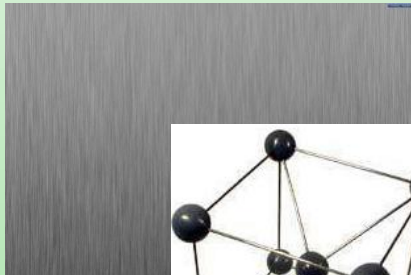
ČELIK



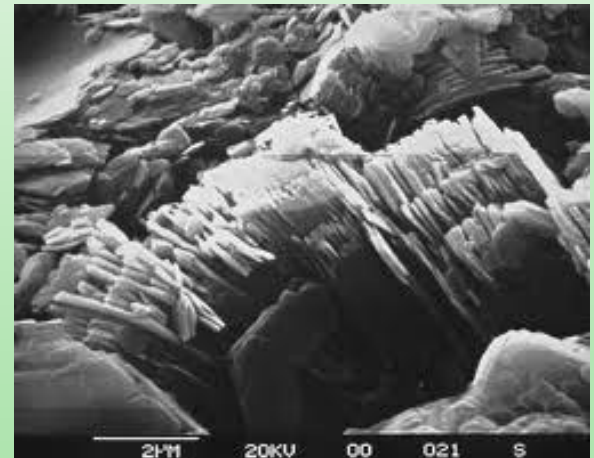
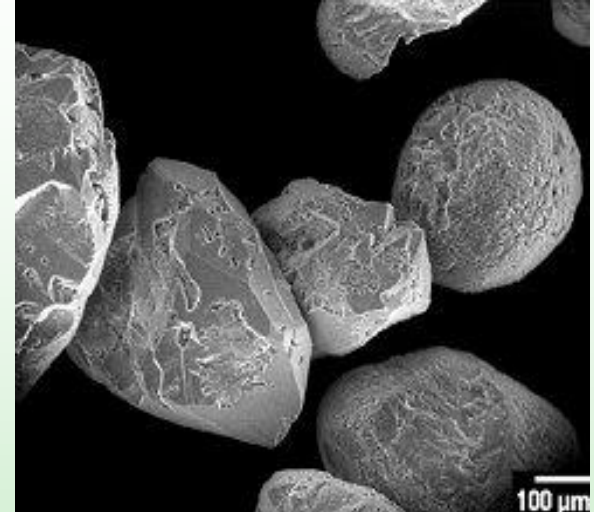
BETON



TLO



TLO KAO ZRNATI MATERIJAL



KRUTOST I ČVRSTOĆA GRAĐEVINSKIH MATERIJALA (čelik, beton)

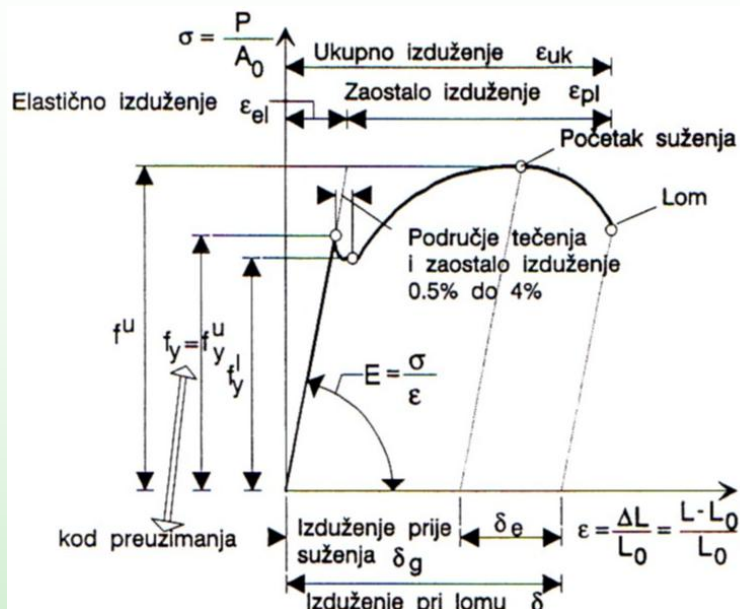


**ČELIK – ispitivanje vlačne
čvrstoće u kidalici**



**BETON – ispitivanje tlačne
čvrstoće u preši**

DIJAGRAMI ISPITIVANJA (čelik, beton)

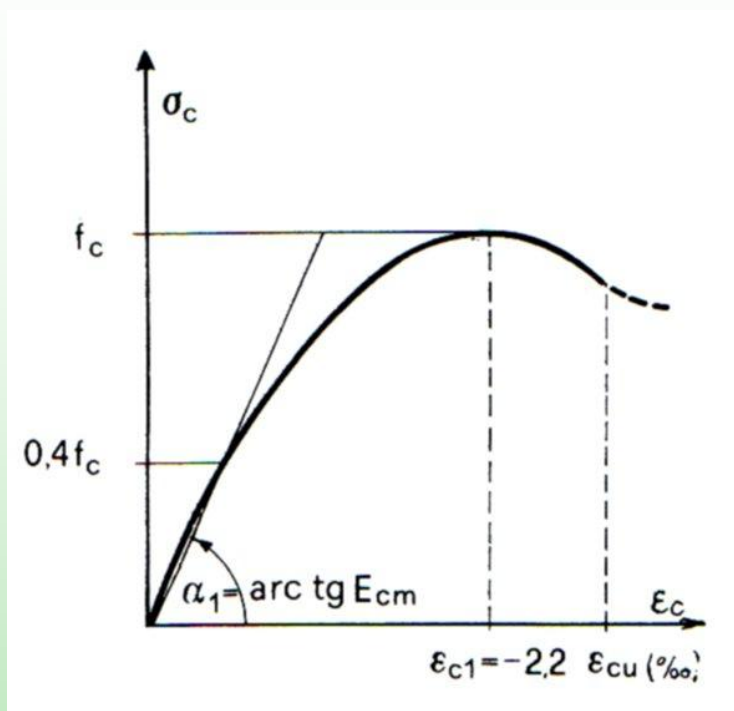


Karakteristika	Željezo	Građevinski čelik
granica popuštanja f_y (N/mm ²)	100	235 do 355
tvrdća prema Brinelu HB (N/mm ²)	600	1028 do 1457
vlačna čvrstoća f_u (N/mm ²)	200	360 do 510
suženje pri lomu ψ (%)	80	
izduženje kod loma δ_n (%)	50	22 do 26
žilavost (Joule)	2.5	27

ČELIK

(B. Androić, D. Dujmović, I. Džeba, 1994.

“Metalne konstrukcije I”, Građevinski fakultet u Zagrebu)



Klasa betona	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37
f_{cm} (N/mm ²)	20	24	28	33	38
ϵ_{cu} (‰)	-3.6	-3.5	-3.4	-3.3	-3.2

BETON

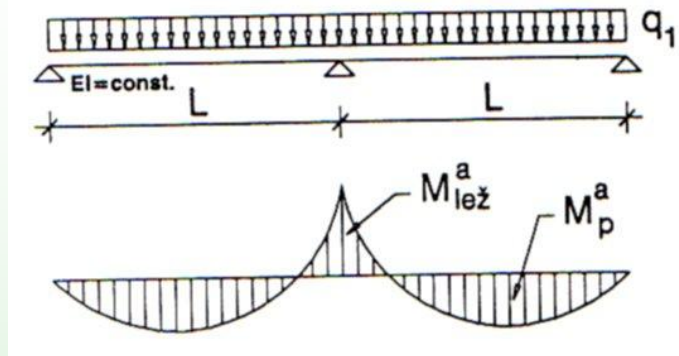
(I. Tomičić, 1996. "Betonske konstrukcije",

Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb)

PRORAČUN GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA

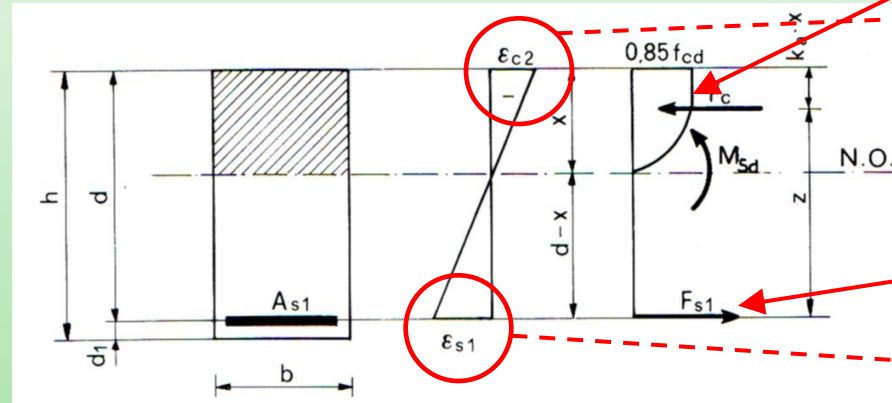
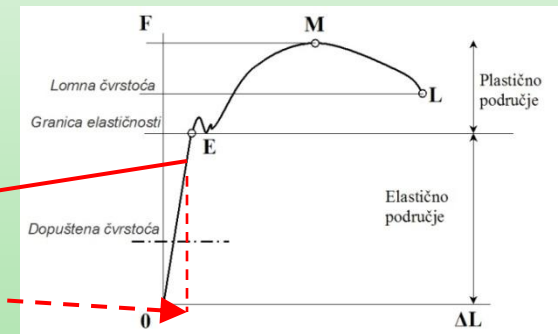
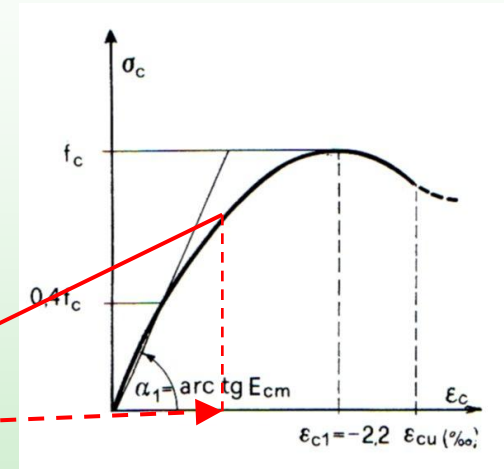
3. KONTROLA NOSIVOSTI

(otpornost poprečnog presjeka)



1. STATIČKI PRORAČUN KONSTRUKCIJE

(određivanje reznih sila s obzirom na geometriju, opterećenja i krutost elemenata konstrukcije)



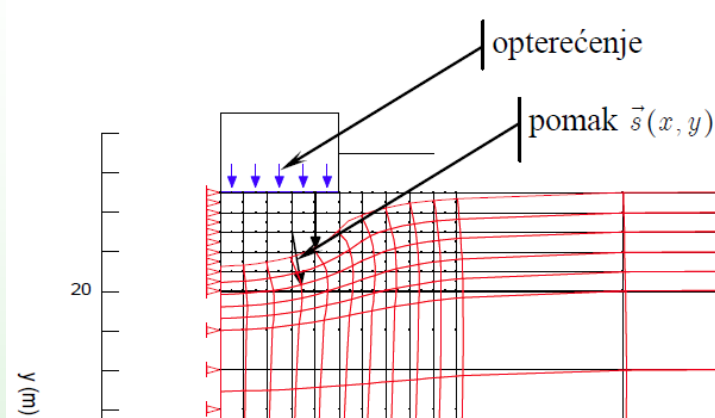
2. PRORAČUN NAPREZANJA U KONSTRUKCIJI

(određuje se s obzirom na geometriju poprečnog presjeka i krutosne karakteristike materijala)

4. KONTROLA DEFORMACIJA

(progib, pomak, savijanje...)

POMACI I DEFORMACIJE



pomaci točaka (x, y, z) neprekidne sredine
vektori $\vec{s} = \vec{s}(x, y, z)$

normalne deformacije $\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{zz}$,

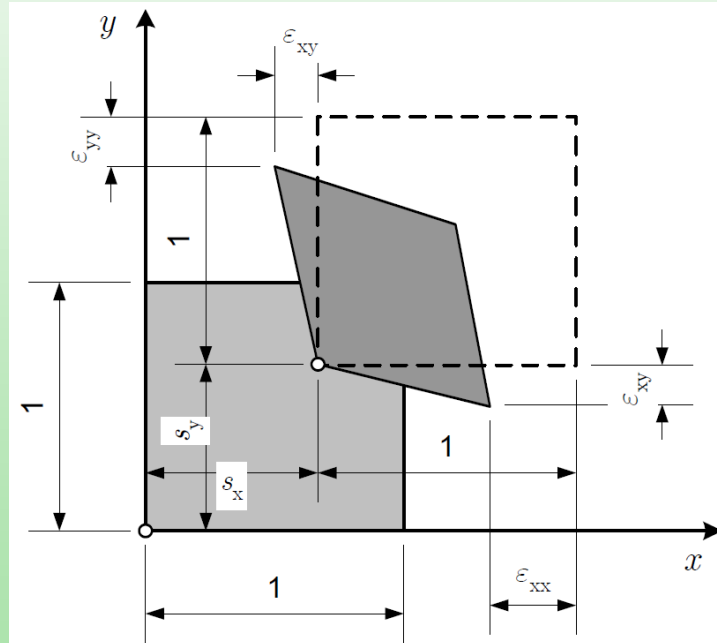
$$\epsilon_{xx} = -\frac{\partial s_x}{\partial x}, \epsilon_{yy} = -\frac{\partial s_y}{\partial y}, \epsilon_{zz} = -\frac{\partial s_z}{\partial z}$$

posmične deformacije $\epsilon_{xy}, \epsilon_{yz}, \epsilon_{xz}$

$$\epsilon_{xy} = -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial s_x}{\partial y} + \frac{\partial s_y}{\partial x} \right)$$

$$\epsilon_{yz} = -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial s_y}{\partial z} + \frac{\partial s_z}{\partial y} \right)$$

$$\epsilon_{xz} = -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial s_x}{\partial z} + \frac{\partial s_z}{\partial x} \right)$$

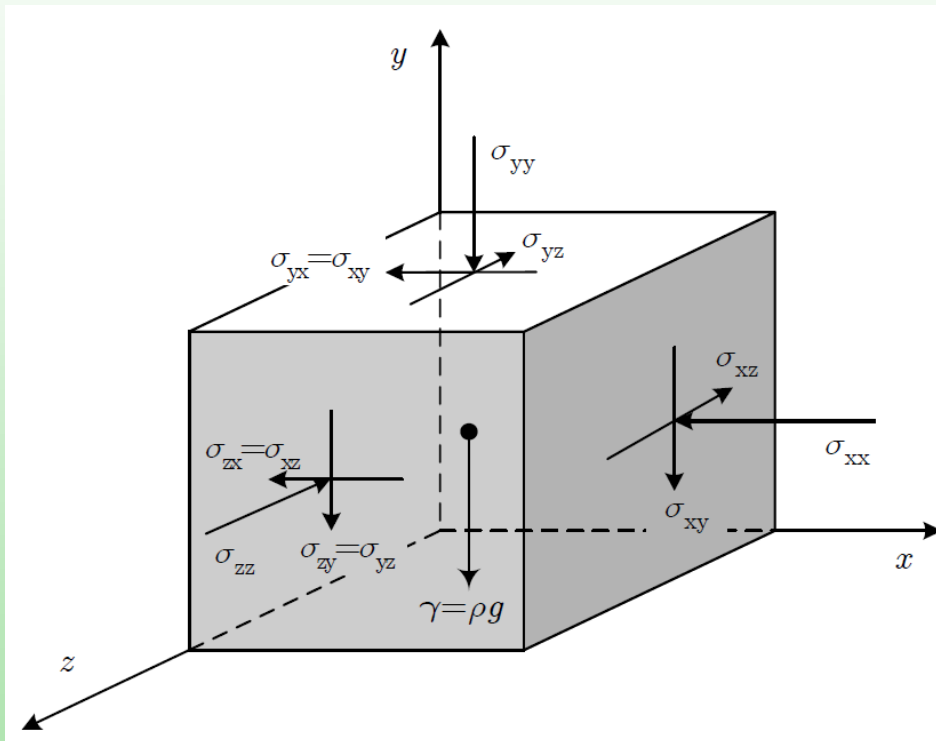


„inženjerske“ posmične deformacije

$$\gamma_{xy} = 2\epsilon_{xy}, \gamma_{yz} = 2\epsilon_{yz}, \gamma_{xz} = 2\epsilon_{xz}$$

NAPREZANJE

Naprezanje: prijenos sile između dva infinitezimalno mala susjedna dijela tijela preko zamišljene ravnine prereza, izraženog kao sila podijeljena po površini prereza (jedinice: sila / površina; kN/m²)



interpretacija komponenti matrice naprezanja
(označeni pozitivni smjerovi prema mehanici tla)

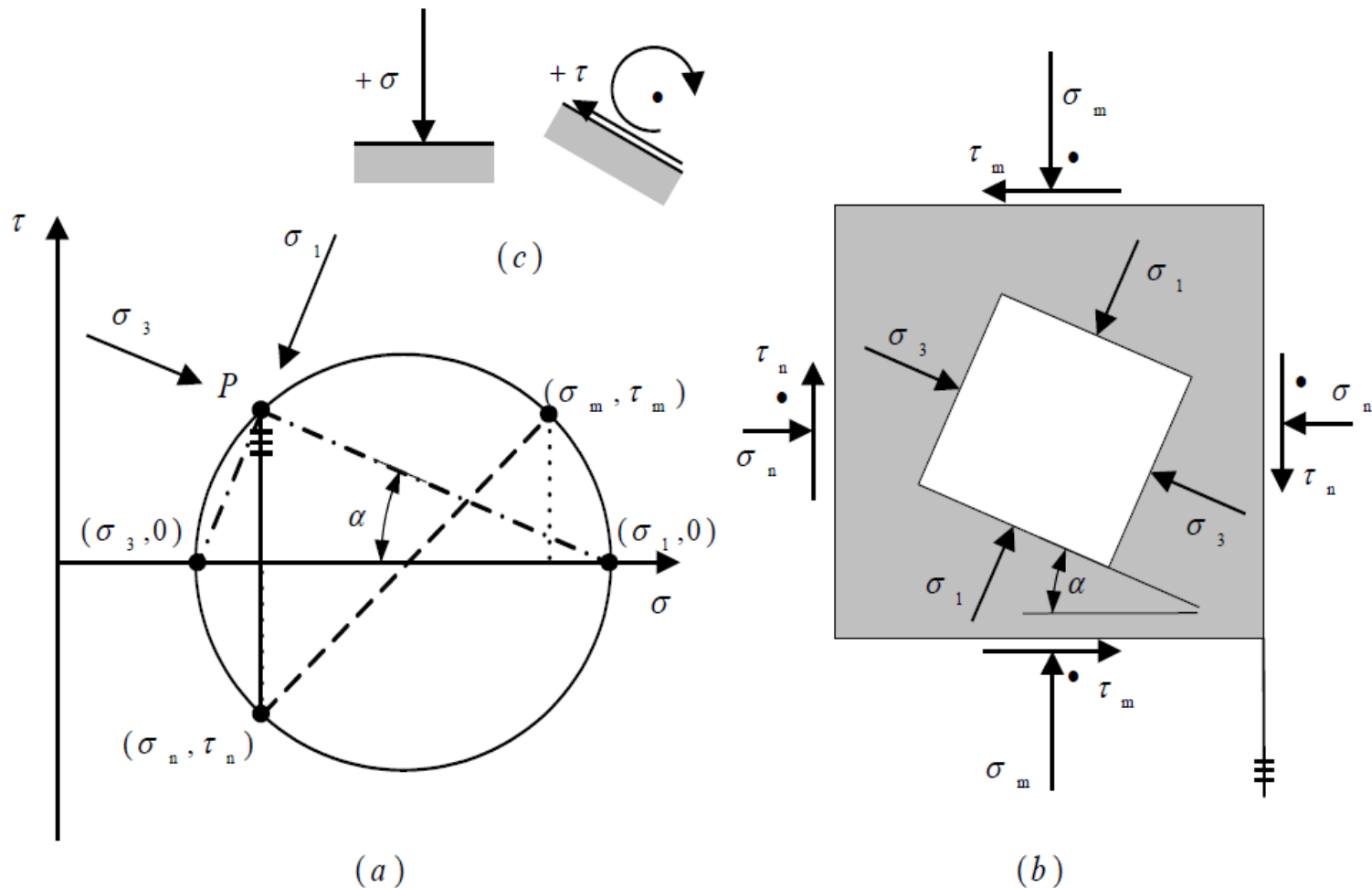
normalna naprezanja: σ_{xx} , σ_{yy} , σ_{zz}

posmična naprezanja: σ_{xy} , σ_{yz} , σ_{zx}

Komponente vektora naprezanja t_x , t_y i t_z u smjeru koordinatnih osi x, y i z na proizvoljnoj ravnini čija normala jedinične dužine ima komponente l_x , l_y , l_z

$$\begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{bmatrix}$$

MOHROVA KRUŽNICA NAPREZANJA



Mohrova kružnica i pol P; a) komponente naprezanja i glavna naprezanja;
b) definicija predznaka komponenti naprezanja

KRUTOST – ovisnost naprežanja o deformacijama

Krutost: opiranje materijala deformaciji; ako je to opiranje reverzibilno govorimo o elastičnosti, ako je i linearno i izotropno, govorimo o linearnoj elastičnosti

Konstitucijska jednadžba izotropno elastičnog tijela:

E – Youngov modul elastičnosti; ν – Poissonov broj; G – modul posmika, posmični modul, modul smicanja; M – edometarski modul; K_0 – koeficijent bočnog naprežanja, koeficijent bočnog tlaka, koeficijent mirovanja

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xx} &= \frac{1}{E} [\sigma_{xx} - \nu (\sigma_{yy} + \sigma_{zz})] \\ \varepsilon_{yy} &= \frac{1}{E} [\sigma_{yy} - \nu (\sigma_{xx} + \sigma_{zz})] \\ \varepsilon_{zz} &= \frac{1}{E} [\sigma_{zz} - \nu (\sigma_{xx} + \sigma_{yy})] \\ \gamma_{xy} &= \frac{1}{G} \sigma_{xy}, \quad \gamma_{xz} = \frac{1}{G} \sigma_{xz}, \quad \gamma_{yz} = \frac{1}{G} \sigma_{yz} \\ G &= \frac{E}{2(1 + \nu)}\end{aligned}$$

deformacija - naprežanje

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= M [\varepsilon_{xx} + K_0 (\varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz})] \\ \sigma_{yy} &= M [\varepsilon_{yy} + K_0 (\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{zz})] \\ \sigma_{zz} &= M [\varepsilon_{zz} + K_0 (\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy})] \\ \sigma_{xy} &= G \gamma_{xy}, \quad \sigma_{yz} = G \gamma_{yz}, \quad \sigma_{xz} = G \gamma_{xz} \\ M &= E \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}, \quad K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}\end{aligned}$$

naprežanje - deformacija

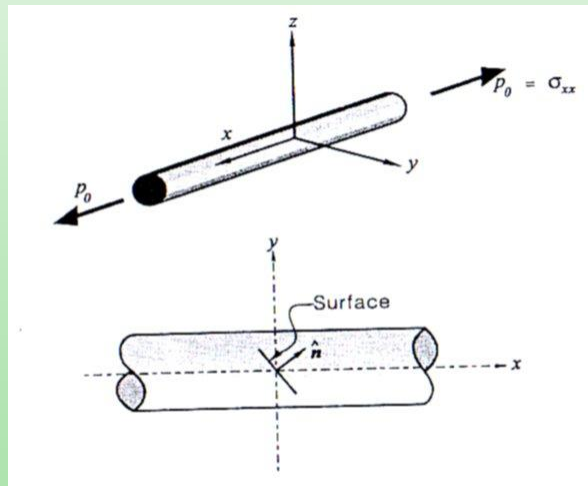
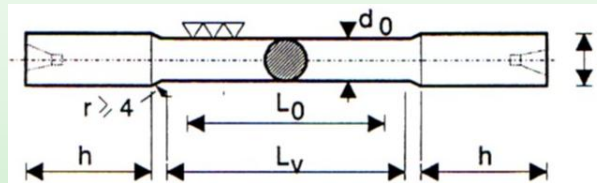
PRIMJERI – deformacije, naprezanje, krutost

PRIMJER - ISPITIVANJE VLAČNE ČVRSTOĆE ČELIKA

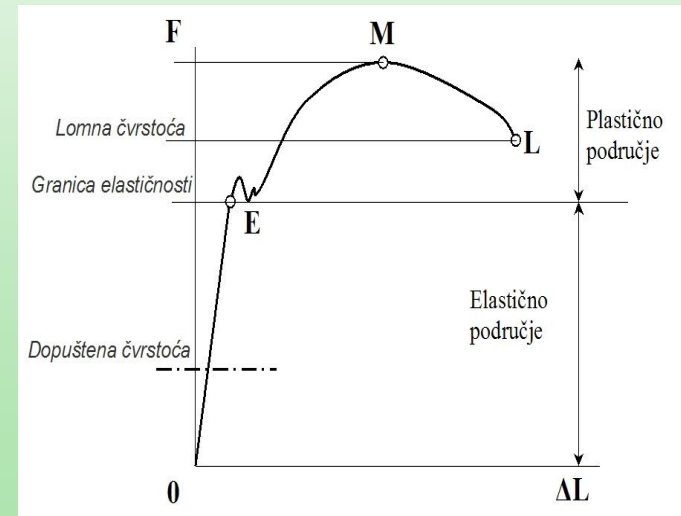
Uzorak čelika dimenzija $L_0 = 100$ mm, $d_0 = 10$ mm ispitan je u kidalici za čelik. Prema rezultatima ispitivanja pri vlačnoj sili od 19.6 kN uzorak se produlji za 0.125 mm. Raspiši tenzor naprezanja i deformacija za ravninu okomitu na os uzorka. Geometrijski odredi normalno i posmično naprezanje za ravninu pod nagibom od 45° u odnosu na os uzorka. Isto odredi primjenom Mohrovog dijagrama.



ispitivanje čelika



shematski prikaz ispitivanja



naponsko – deformacijska krivulja

ISTRAŽIVANJE TLA – terensko istražno bušenje



- uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka
- određivanje uslojenosti tla i razine podzemne vode

ISTRAŽIVANJE TLA – laboratorijska istraživanja

KLASIFIKACIJA TLA



JEDINSTVENA KLASIFIKACIJA (USCS)

- 15 vrsta materijala
(GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, CS,
ML, CL, OL, MH, CH, OH, Pt)

SIJANJE

Za određivanje granulometrijske krivulje krupnozrnatih materijala

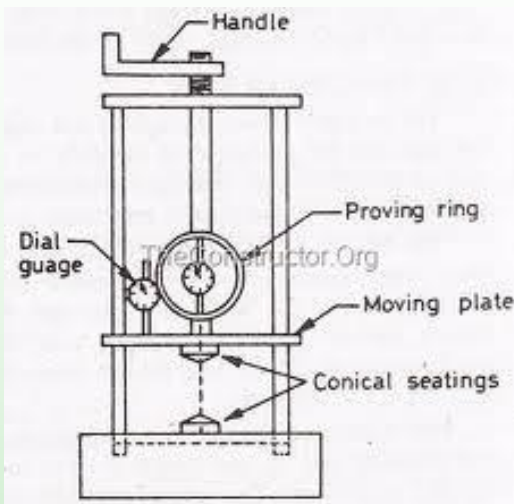


ATTEBERGOVE GRANICE PLASTIČNOSTI

granica tečenja	w_L
granica plastičnosti	w_P

Uređaji i pokusi za ispitivanje krutosti i čvrstoće tla

JEDNOOSNA ČVRSTOĆA



ZADAJE SE:

- vertikalno opterećenje P

$$\sigma_1 = P/A$$

MJERI SE:

- pomak kalupa s_1

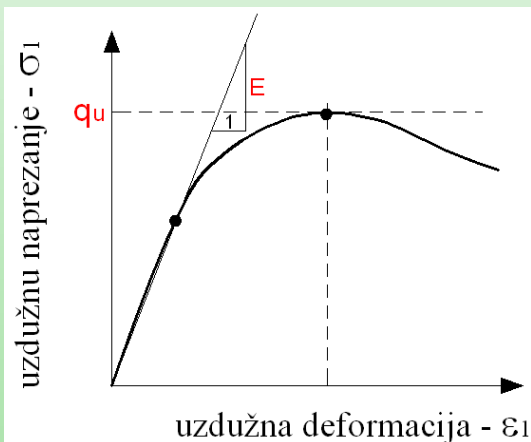
REZULTAT:

- parametri čvrstoće
- jednoosna čvrstoća q_u [kN/m²]
- krutost $E = \sigma_1 / \varepsilon_1$

- nedrenirana čvrstoća

$$c_u = q_u / 2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

ČVRSTOĆA NA SMICANJE !



PRIMJERI – deformacije, naprezanje, krutost, čvrstoća

PRIMJER – ISPITIVANJE JEDNOOSNE ČVRSTOĆE TLA

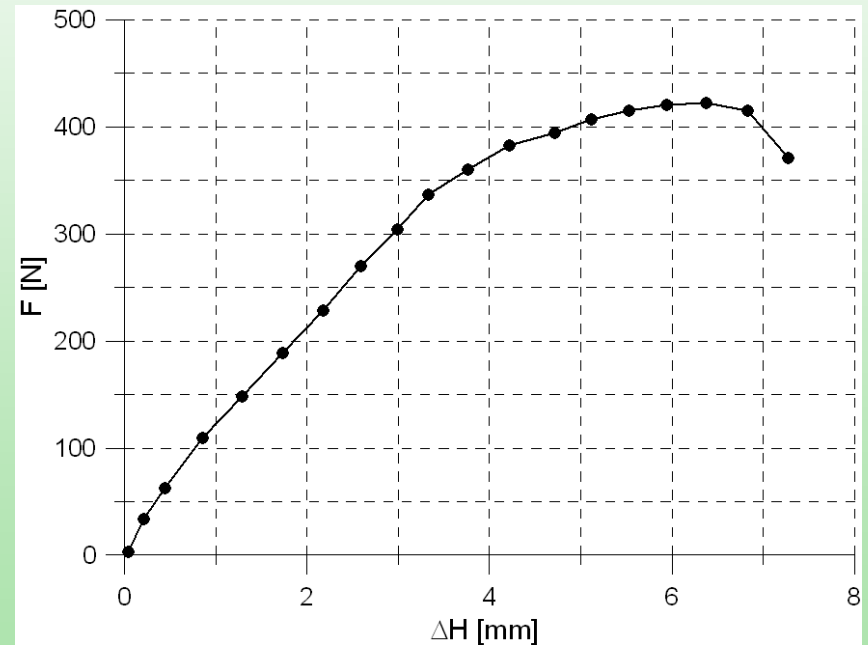
Uzorak gline dimenzija $H_0 = 80$ mm i promjera $d_0 = 35$ mm ispitan je u uređaju za jednoosnu kompresiju. Rezultat ispitivanja dan je u obliku krivulje vlačna sila F – produljenje ΔH . Slom uzorka ostvario se pod nagibom 45° u odnosu na os uzorka. Skiciraj problem ispitivanja uzorka tla i naznači pripadna naprezanja i deformacije u skladu sa odabranim koordinatnim sustavom. Raspiši tenzor naprezanja i deformacija za stanje sloma i izračunaj promjenu promjera uzorka uz pretpostavku nedreniranog stanja. Skiciraj Mohrov dijagram naprezanja te izračunaj nedreniranu posmičnu čvrstoću tla. Procijeni elastičnu i plastičnu uzdužnu deformaciju.



pokus



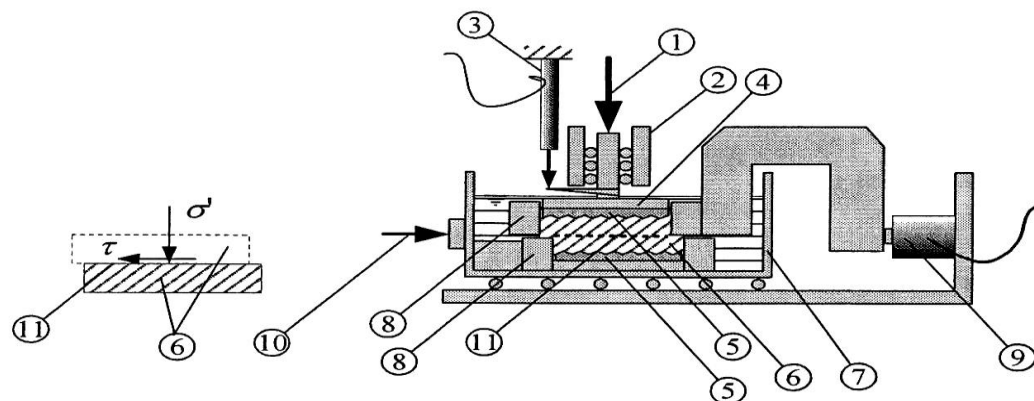
shematski prikaz



'naponsko – deformacijska' krivulja

Uređaji i pokusi za ispitivanje krutosti i čvrstoće tla

DIREKTAN POSMIK



ZADAJE SE:

- vertikalno opterećenje P

$$\sigma_1 = P/A$$

- horizontalna sila F

$$\tau = F/A$$

MJERI SE:

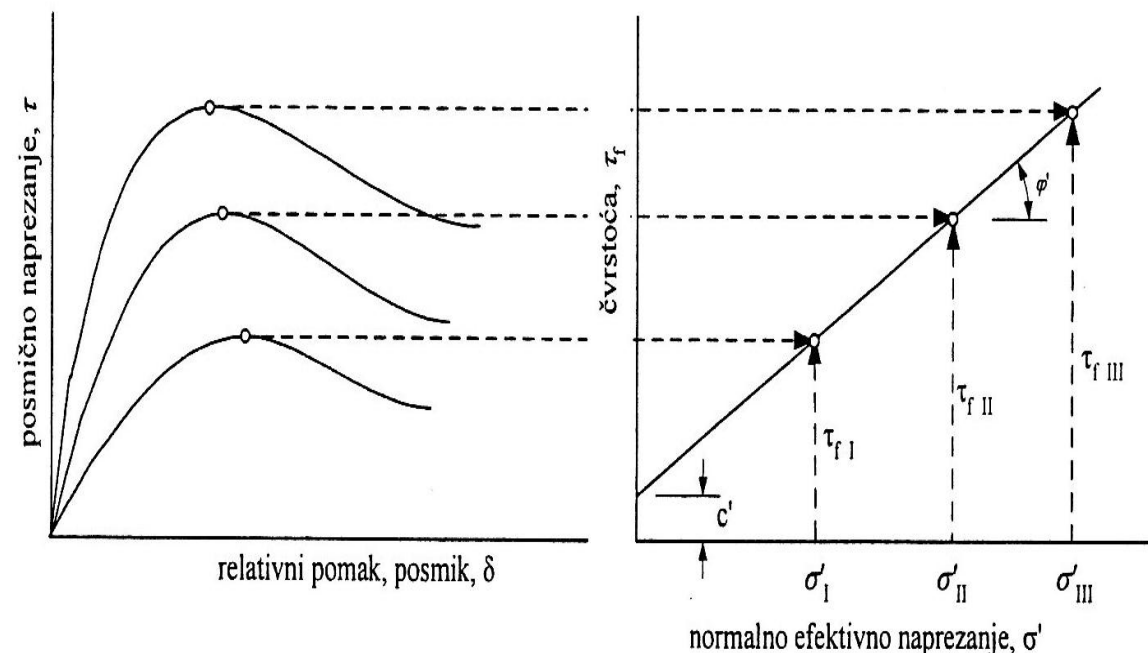
- pomak kalupa s_2

REZULTAT:

- parametri čvrstoće
- kohezija c [kN/m²]
- kut unutarnjeg trenja φ [°]
- **MC zakon čvrstoće**

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

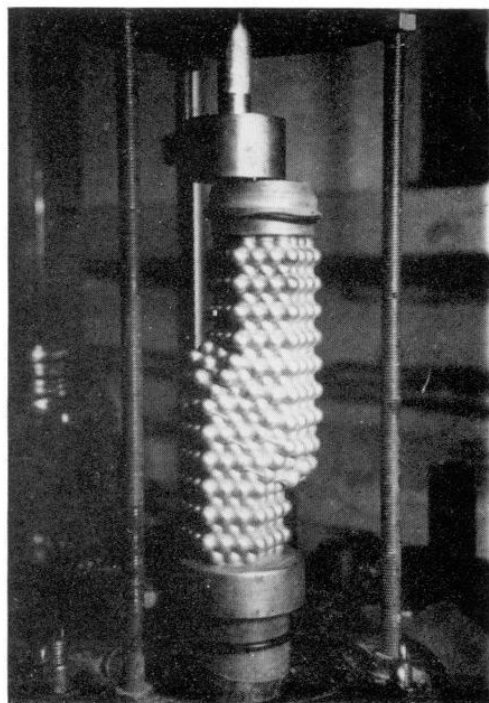
ČVRSTOĆA NA SMICANJE !



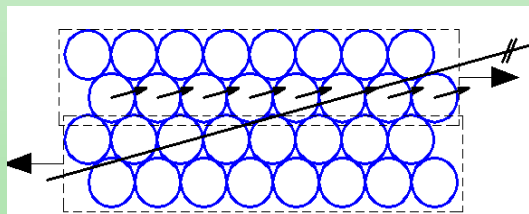
DILATACIJA PIJESKA USLIJED SMICANJA



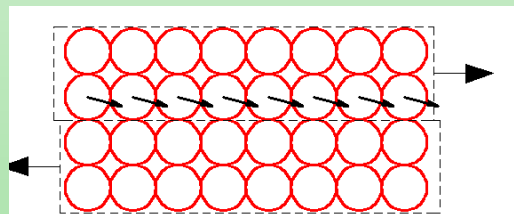
primjer djelovanja dilatacije



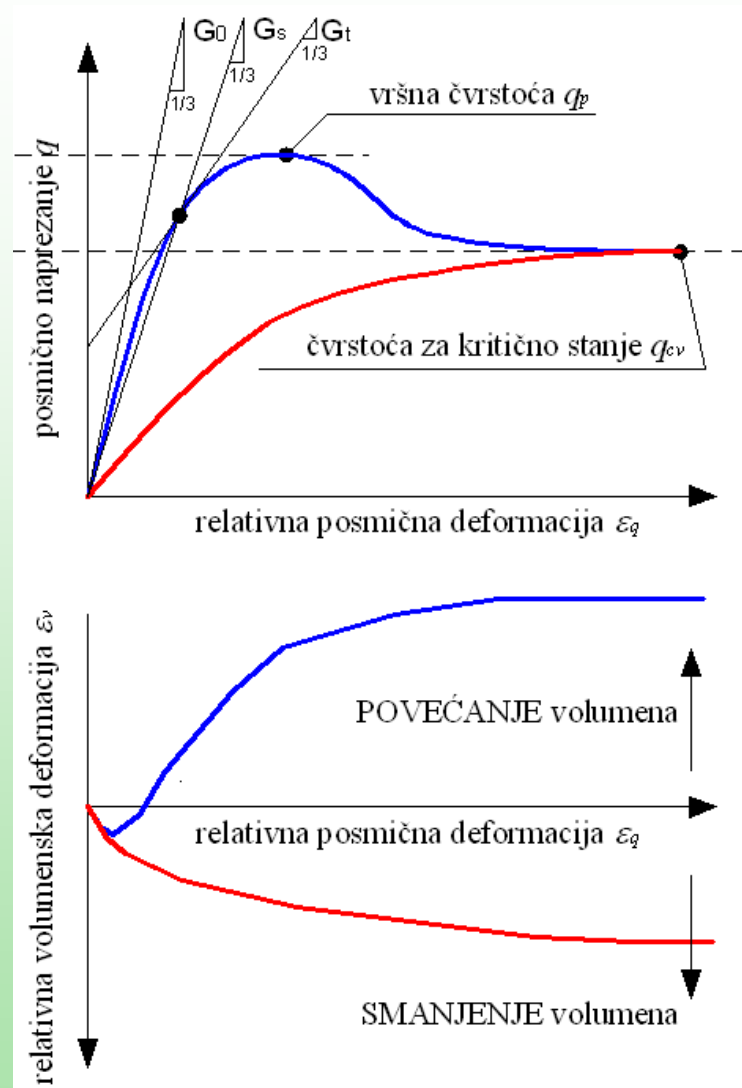
ispitivanje dilatacije



ZBIJENI UZORAK

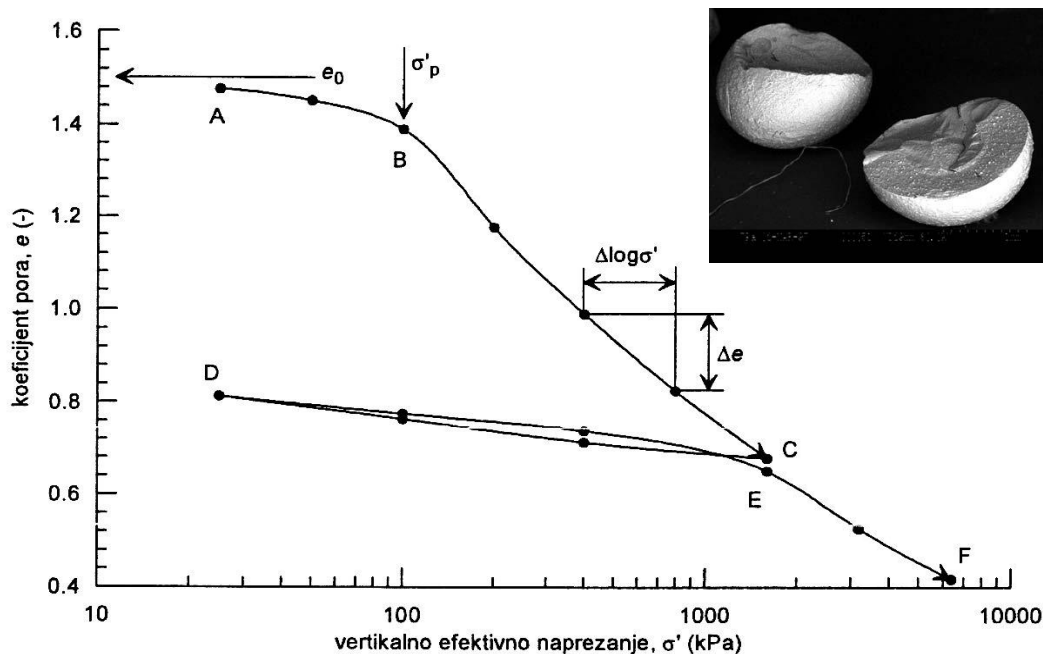
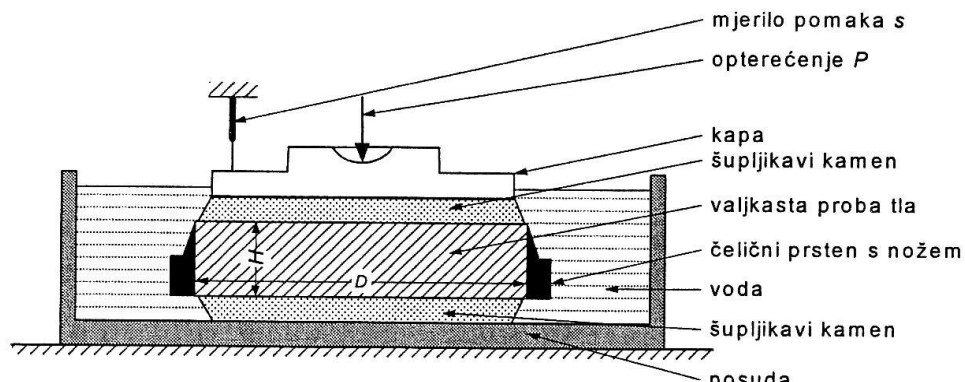


RAHLI UZORAK



Uređaji i pokusi za ispitivanje krutosti i čvrstoće tla

EDOMETARSKI POKUS



ZADAJE SE:

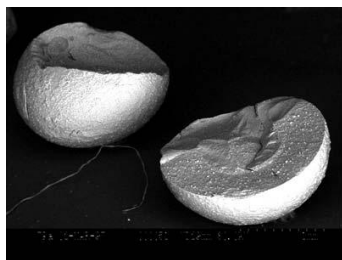
- opterećenje P
(vertikalno naprezanje)
 $\sigma_1 = P/A$

MJERI SE:

- vertikalna deformacija s_1
(koeficijent pora)
 $e = (H_{V0} - s_1) / H_s$

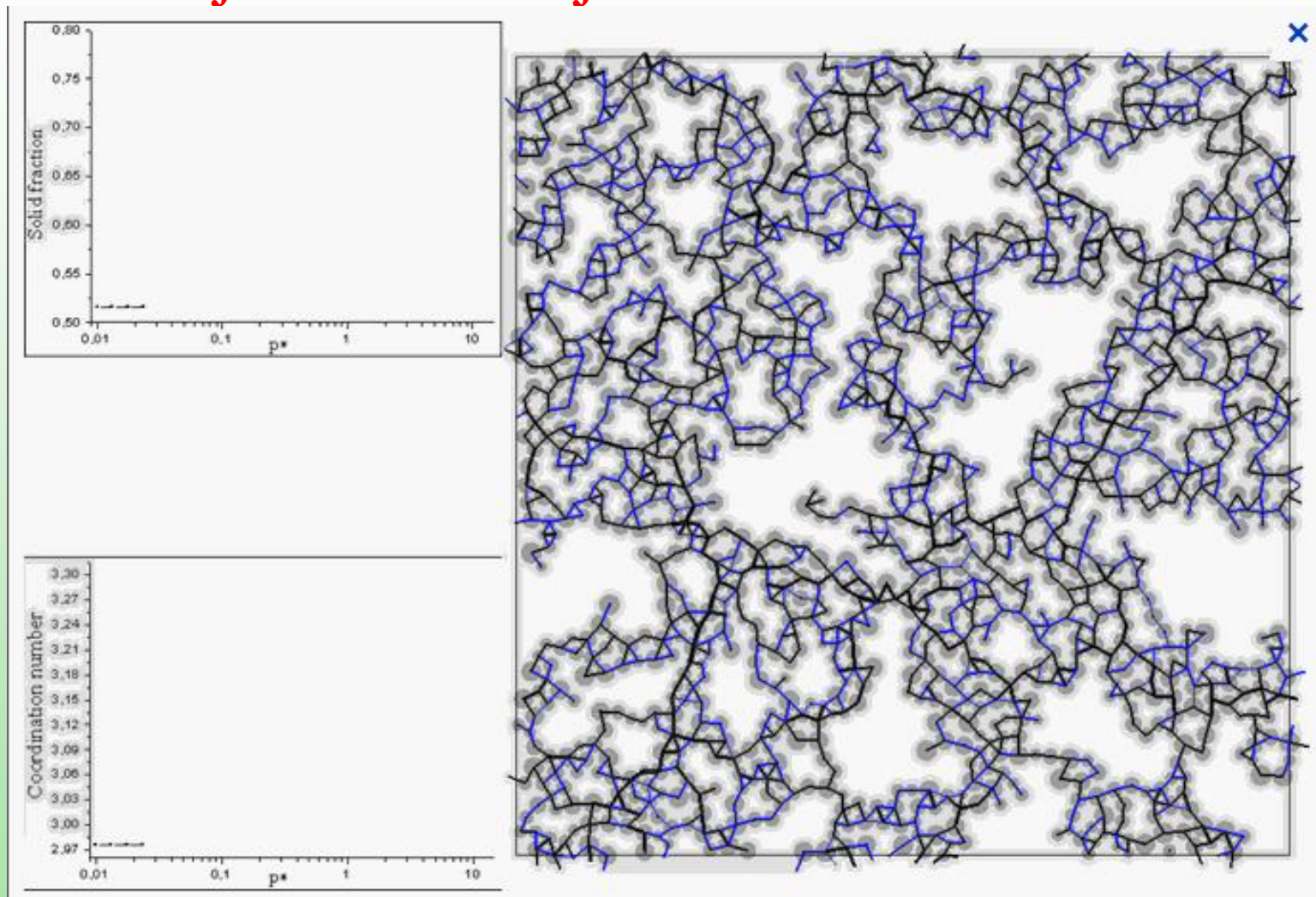
REZULTAT:

- relativna deformacija
 $\epsilon_1 = s_f / H_0$
- modul stišljivosti
 $E_{oed} = \Delta \sigma_1 / \Delta \epsilon_1$



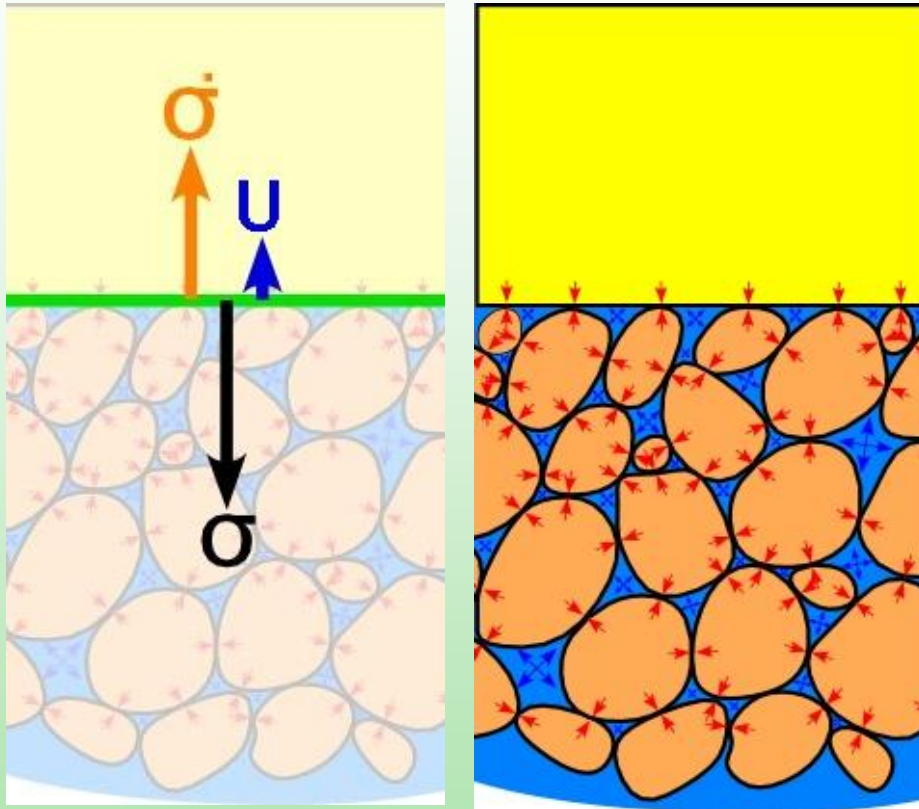
Uređaji i pokusi za ispitivanje krutosti i čvrstoće tla

SIMULACIJA KOMPRESIJE STRUKTURE TLA



PRINCIP EFEKTIVNIH NAPREZANJA

Efektivna naprezanja prenosi skelet tla a porni tlak prenosi voda: $\sigma' = \sigma - u$



shematski prikaz efektivnih naprezanja u tlu:
 σ – ukupno (totalno) naprezanje; u – porni
pritisak; σ' – efektivno naprezanje

definicija efektivnih naprezanja:

$$\sigma'_{xx} = \sigma_{xx} - u$$

$$\sigma'_{yy} = \sigma_{yy} - u$$

$$\sigma'_{zz} = \sigma_{zz} - u$$

$$\sigma'_{xy} = \sigma_{xy}, \quad \sigma'_{xz} = \sigma_{xz}, \quad \sigma'_{yz} = \sigma_{yz}$$

$$\sigma' = \sigma - u, \quad \tau' = \tau$$

volumenska deformacija $\Delta V / V = \varepsilon_v$

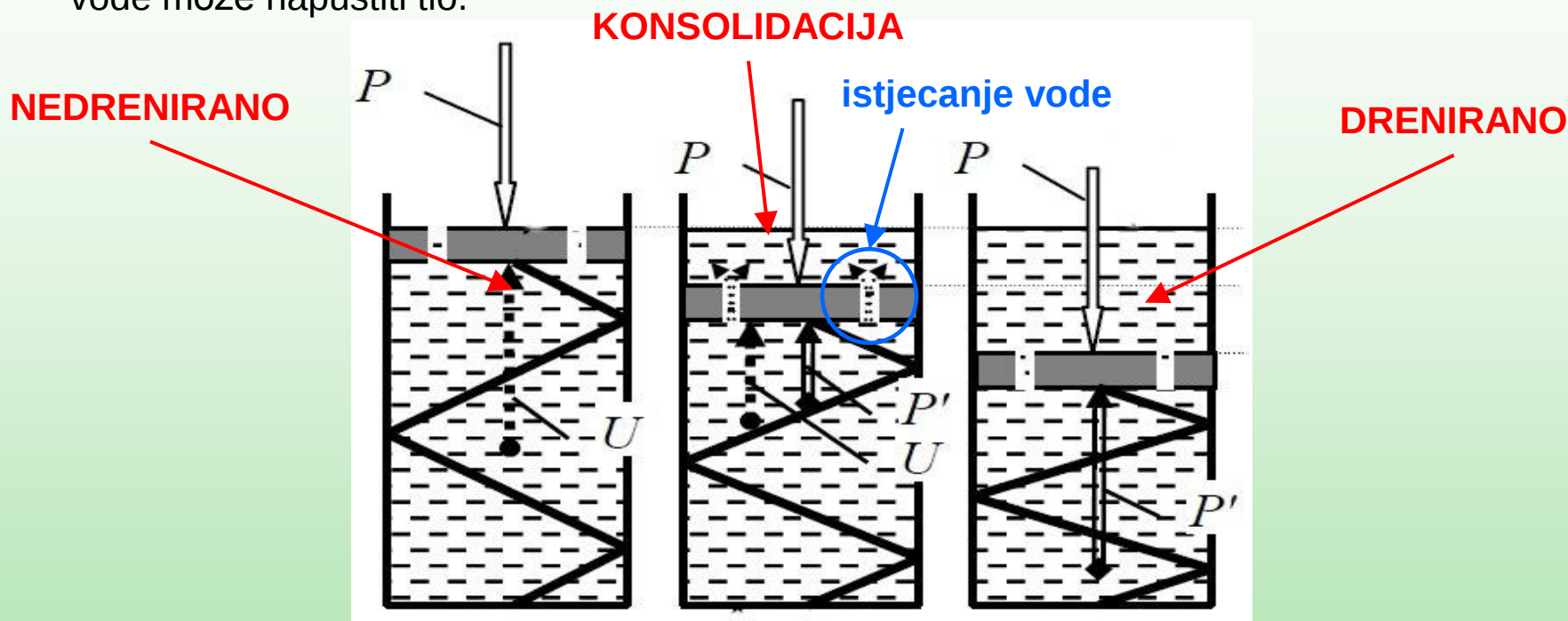
$$\varepsilon_v = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}$$

koeficijent pora e

$$\Delta e = \varepsilon_v(1 + e)$$

DRENIRANO I NEDRENIRANO STANJE

NEDRENIRANO STANJE TLA javlja se u slučajevima kada je opterećenje na tlo nanoseno tako brzo da u vremenu nanošenja opterećenja samo zanemariv volumen vode može napustiti tlo.



KONCEPT DRENIRANOG / NEDRENIRANOG STANJA: interakcija skeleta čvrstih čestica (opruga) i vode u vodom zasićenom tlu: nedrenirani uvjeti, konsolidacija, drenirani uvjeti (P – vanjsko opterećenje, ukupna naprezanja; P' – efektivna naprezanja koja prenosi skelet tla; U – tlak vode u porama)

MEHANIČKO PONAŠANJA TLA

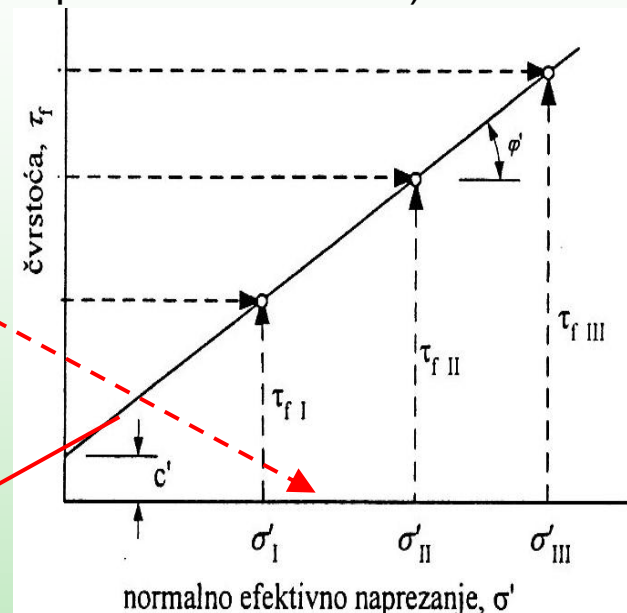
KARAKTERISTIKE MEHANIČKOG PONAŠANJA TLA:

- Tlo je nehomogen i anizotropan materijal
- Tlo se uslijed promjene naprezanja ponaša izrazito nelinearno
- Plastične deformacije javljaju se već pri maloj ukupnoj deformaciji, što proizlazi prvenstveno iz zrnate strukture tla, a očituje se promjenom strukture tla i drobljenjem 'zrna' tla
- Krutost tla ovisi o intenzitetu naprezanja i deformacija
- Čvrstoća tla (posmična čvrstoća) ovisi o razini efektivnog naprezanja i razini deformacije
- Uslijed deformiranja u tlu se pojavljuje dilatacija (promjena volumena uslijed smicanja)
- Ponašanje tla ovisi o prisutnosti vode te o mogućnosti procjeđivanja vode u tlu ovisno o brzini deformacije (drenirano / nedrenirano stanje)

PRORAČUN GEOTEHNIČKIH KONSTRUKCIJA

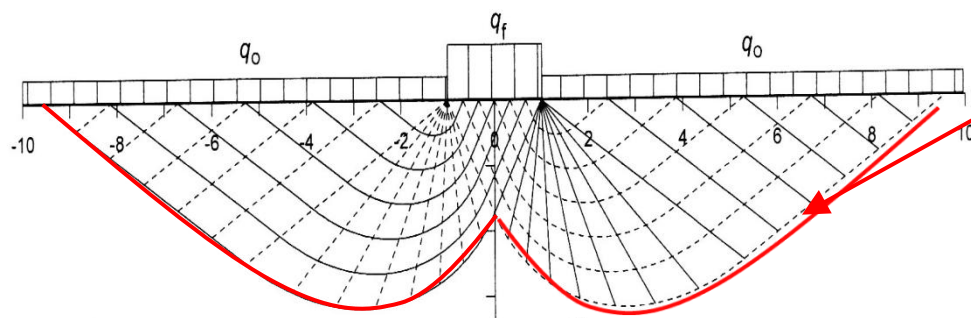
3. KONTROLA NOSIVOSTI

(kontrola posmičnog naprezanja i posmične čvrstoće)



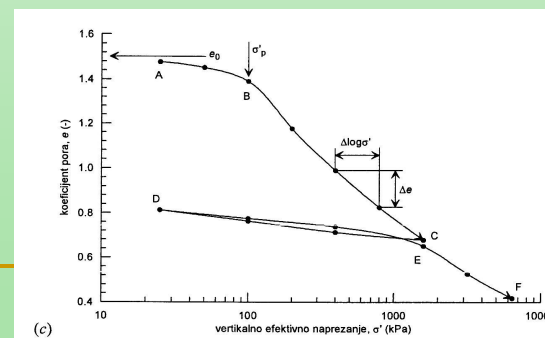
1. STATIČKI PRORAČUN (nosivost temelja)

(određivanje mehanizma sloma i stanja naprezanja u tlu: normalno efektivno naprezanje i posmično naprezanje)

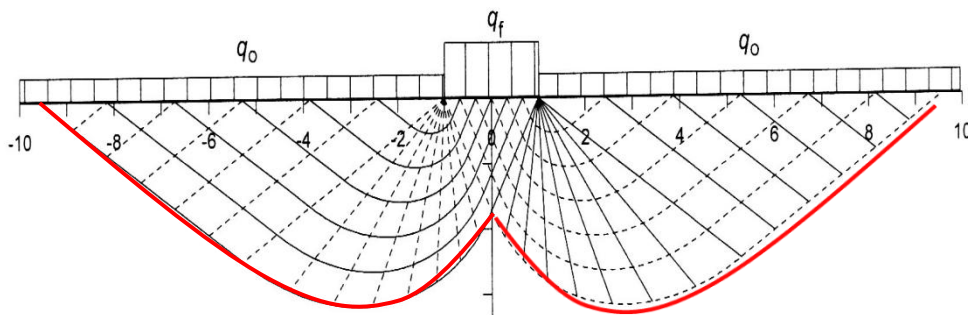


2. PRORAČUN POSMIČNOG NAPREZANJA NA POTENCIJALNOJ PLOHI SLOMA (određuje se s obzirom na stanje efektivnog naprezanja i parametre čvrstoće tla)

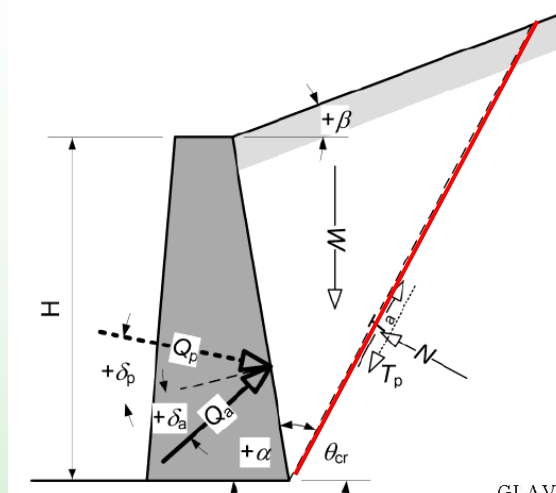
4. KONTROLA DEFORMACIJA (slijeganje temelja...)



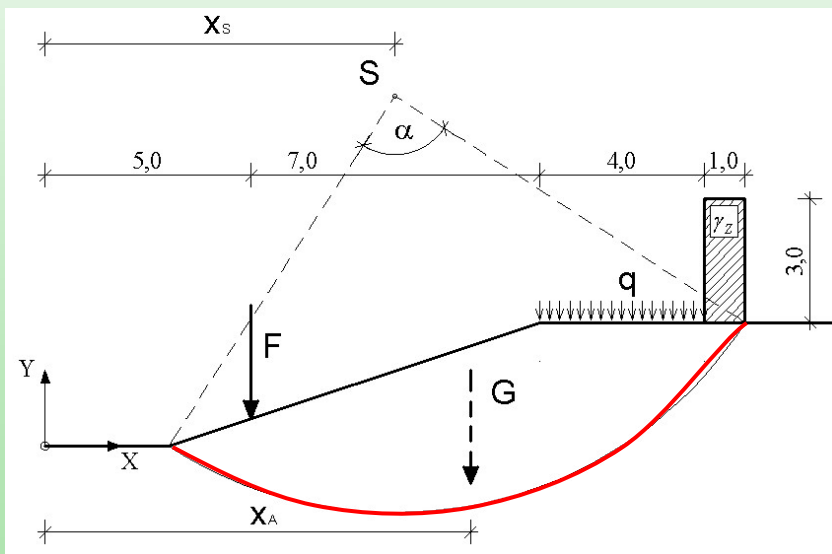
PRORAČUN GEOTEHNIČKIH KONSTRUKCIJA



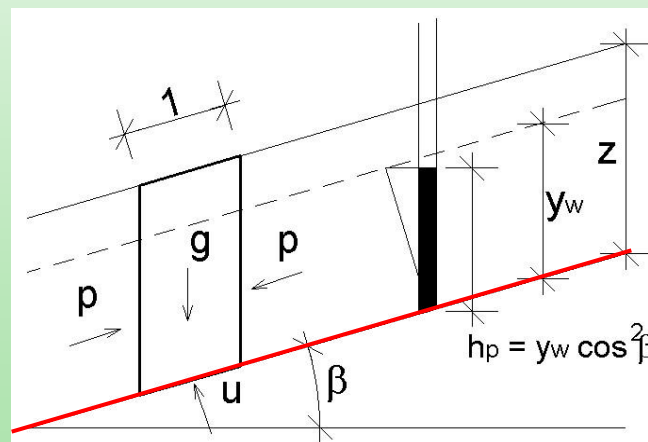
NOSIVOST TEMELJA



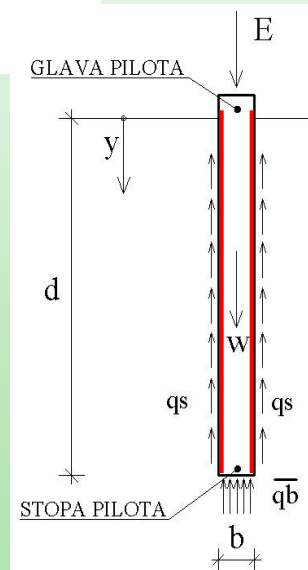
POTPORNI ZID



KRUŽNA KOSINA

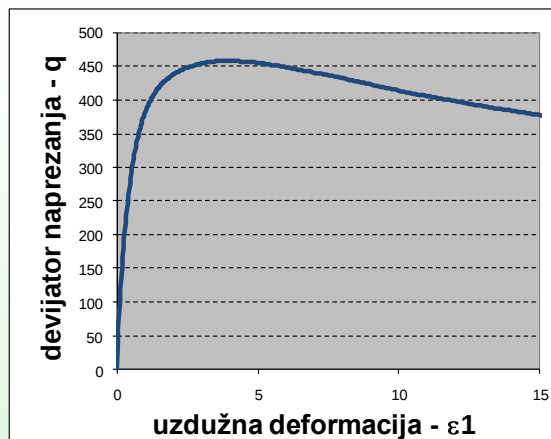
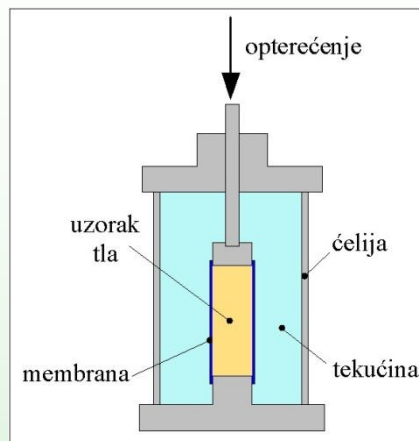


BESKONAČNA KOSINA



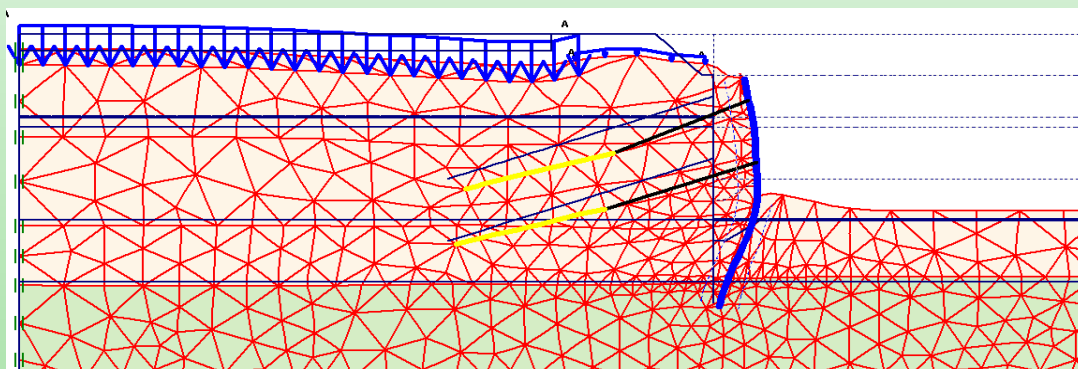
PILOT

PRIMIJENJENA MEHANIKA TLA



1. ISPITIVANJE MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA TLA

(određivanje krutosti i čvrstoće za razno stanje naprezanja i deformacija – optimalno u troosnom pokusu)



3. NUMERIČKI PRORAČUN GEOTEHNIČKOG MODELA

(promjena teorije elastičnosti/plastičnosti i mehanike kontinuuma)

2. MATEMATIČKI MODEL ZA OPISIVANJE PONAŠANJA TLA

(odabir optimalnog modela i pripadnih parametara)

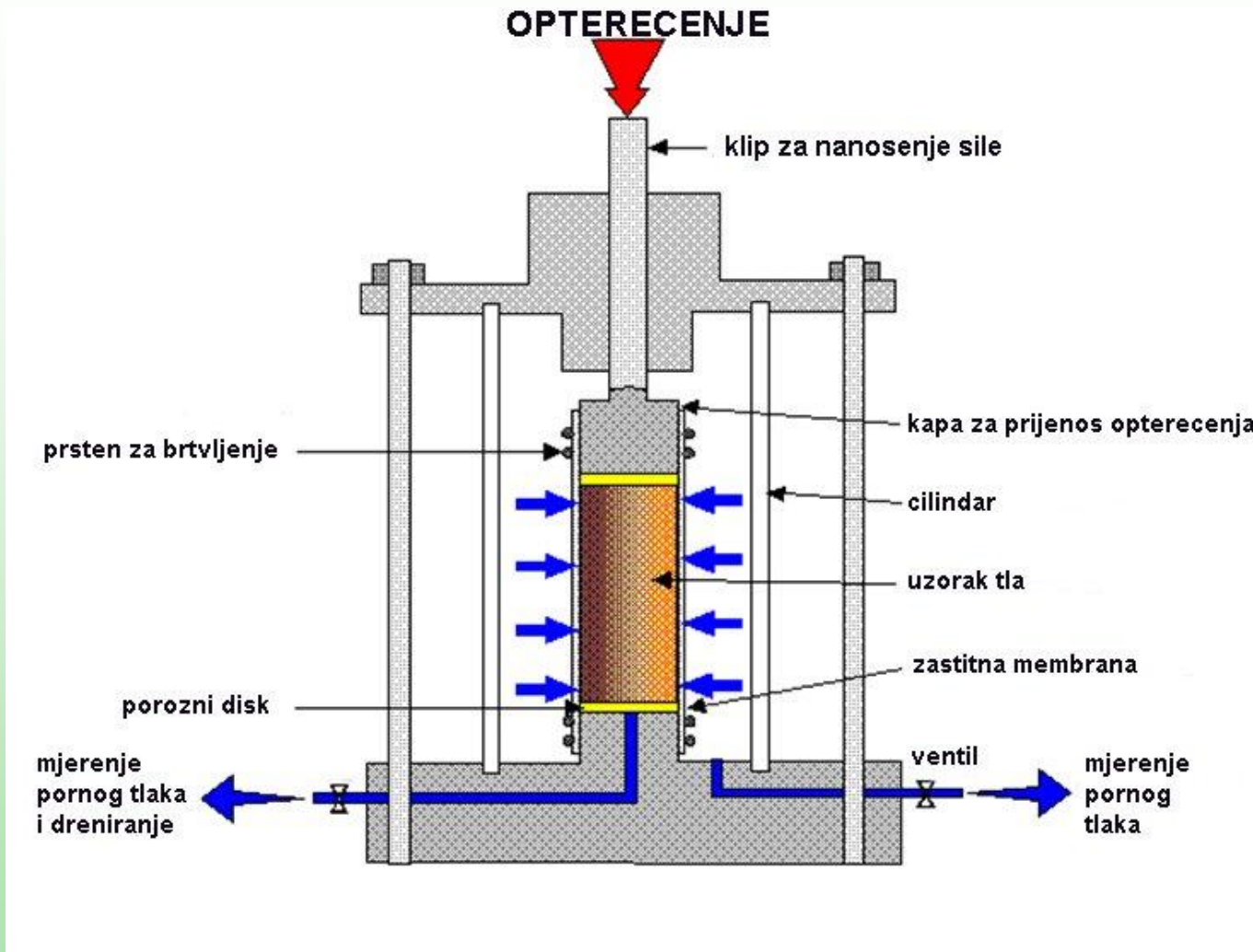
MODEL	temeljna krivulja
LINEARNO ELASTIČNI	
IDEALNO ELASTO-PLASTIČNI	
OČVRŠĆAVAJUĆI	
MODEL KRITIČNOG STANJA	

TROOSNI POKUS



Primjer laboratorijskog sustava opreme za provođenje pokusa troosnog smicanja

TROOSNI POKUS

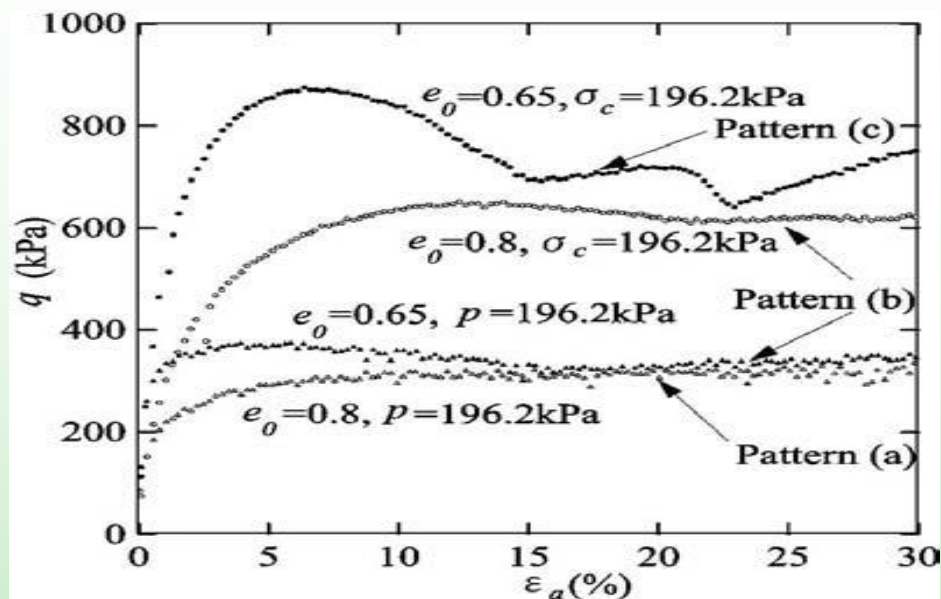


Shematski prikaz uređaja za troosno smicanje

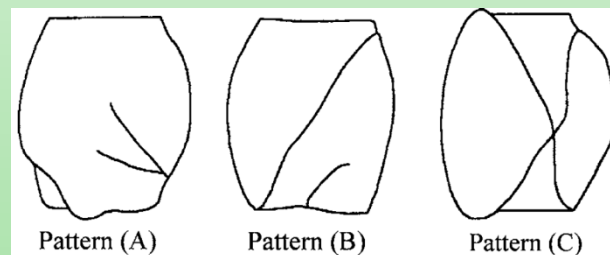
TROOSNI POKUS – rezultati ispitivanja / slom uzorka



Uzorak pijeska pri slomu

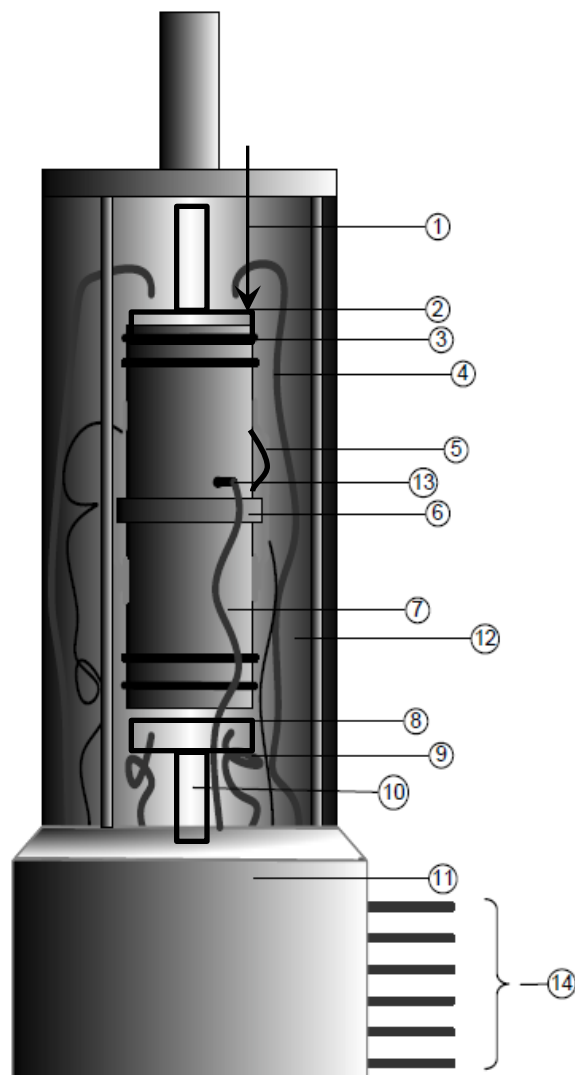


Oblici naponsko-deformacijskih krivulja
(Suzuki 2006)

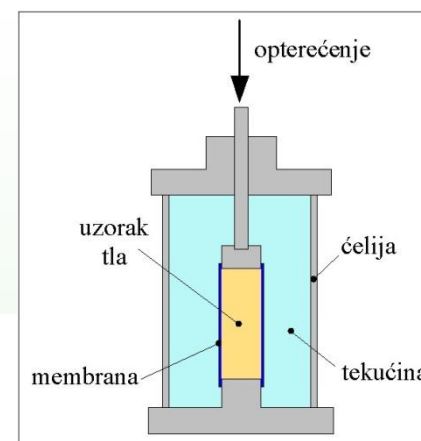


Oblici sloma uzorka (Suzuki 2006)

TROOSNI POKUS

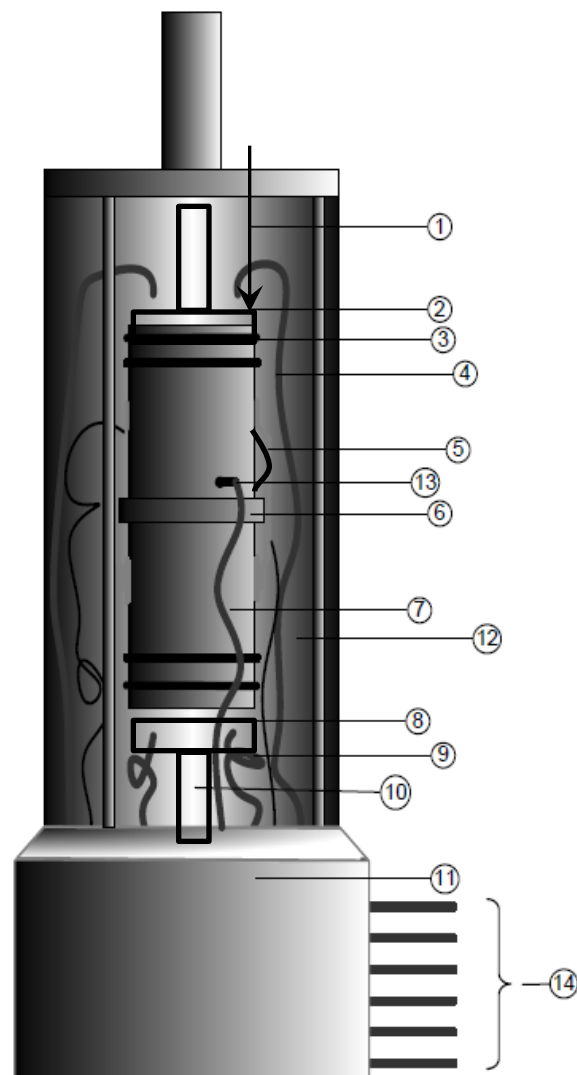


- 1 - osjetilo vertikalne sile;
- 2 - gornja kapa probe;
- 3 - gumeni prstenovi za brtvljenje gumene membrane uz kapu (membrana razdvaja vodu u troosnoj ćeliji od vode u porama probe tla;
- 4 - cjevčica za spoj filtarskog kamena u gornjoj kapi i vanjskog izvora ili mjerila tlaka vode;
- 5 - precizno mjerilo vertikalne deformacije neposredno na probi;
- 6 - precizno mjerilo bočne deformacije neposredno na probi;
- 7 - proba tla u zaštitnoj tankoj gumenoj membrani;
- 8 - donja kapa, postolja, probe tla;
- 9 - cjevčica za spoj filtarskog kamena u donjoj kapi i vanjskog izvora ili mjerila tlaka vode;
- 10 - klip kojim se nameće vertikalana deformacija probe pomoću pogona u postolju;



Ćelija suvremenog troosnog uređaja

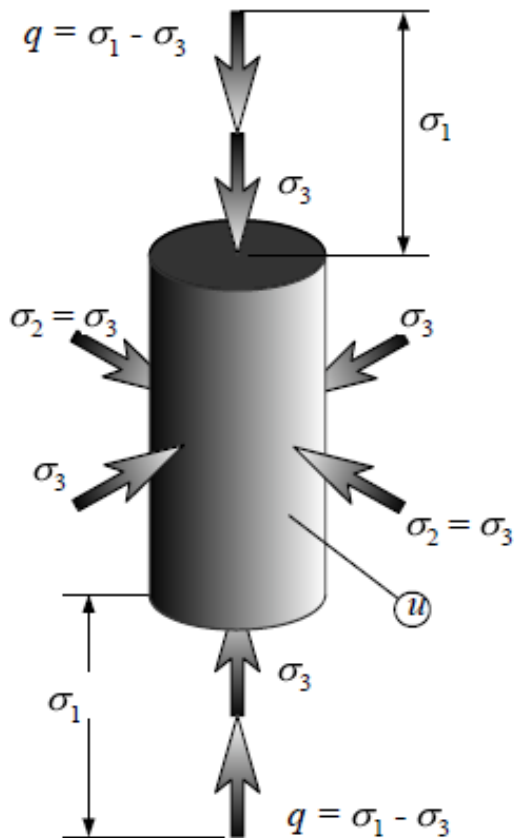
TROOSNI POKUS



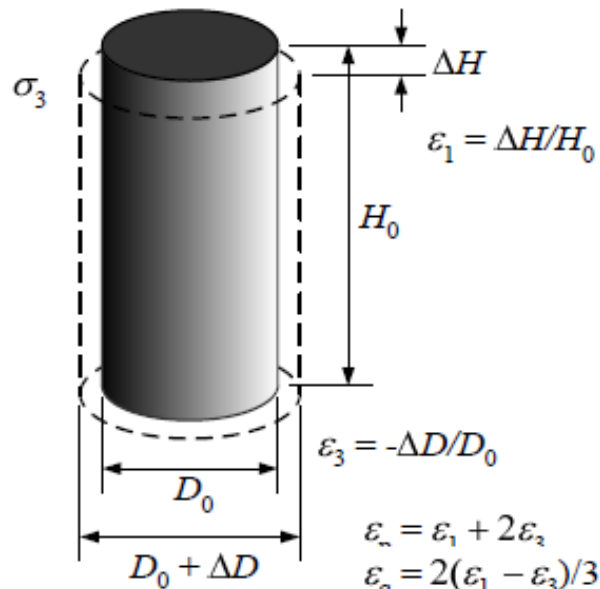
- 11 - postolja troosne ćelije s pogonskim mehanizmom za vertikalno pomicanje donje kape čime se nameće vertikalna deformacija probe tla;
- 12 - prozirni nepropusni oklop troosne ćelije koji drži vodu u ćeliji pod zadanim tlakom;
- 13 - medicinska igla ubodena u probu za neposredno mjerenje pornog tlaka;
- 14 - izvodi tlačnih i električnih vodova iz ćelije - priključci ostalih mehaničkih i elektronskih komponenti uređaja (ispiranje filtarskog kamena u gornjoj i donjoj kapi, mjerenje tlaka porne vode preko filtarskih kamena u kapama, električni izvodi mjerila lokalnih deformacija na probi, izvod mjerila vertikalne sile, vodovi za upravljanje motorom za nametanje vertikalne deformacije, izvod za mjerenje vertikalne deformacije, izvod za nametanje pritiska vode u ćeliji, izvod za mjerenje tlaka porne vode neposredno u probi preko medicinske igle, izvodi za druge manjene (na primjer «bender» elementi u kapama za mjerenje brzine širenja elastičnih valova);

Ćelija suvremenog troosnog uređaja

TROOSNI POKUS – naprezanja i deformacije



$$\begin{aligned} p &= \sigma_3 + q/3 \\ p' &= \sigma'_3 + q/3 \\ \sigma'_3 &= \sigma_3 - u \end{aligned}$$



$$\sigma_1 \epsilon_1 + 2 \sigma_3 \epsilon_3 = p \epsilon_p + q \epsilon_q$$

DIMENZIJE UZORKA:

H_0 – početna visina uzorka

D_0 – početni promjer uzorka

ZADAJE SE:

σ_1 – vertikalno naprezanje

$\sigma_3 = \sigma_3$ – radijalno naprezanje

MJERI SE:

ΔH – vertikalni pomak kape

u – porni pritisak - CIU

ΔV – promjena volumena (volumen vode koji izađe kroz dren) – CID

ΔD – promjena promjera uzorka

RAČUNA SE:

ϵ_1 – vertikalna relativna deformacija

$\epsilon_3 = \epsilon_3$ – radijalna relativna def.

ϵ_v – volumenska deformacija

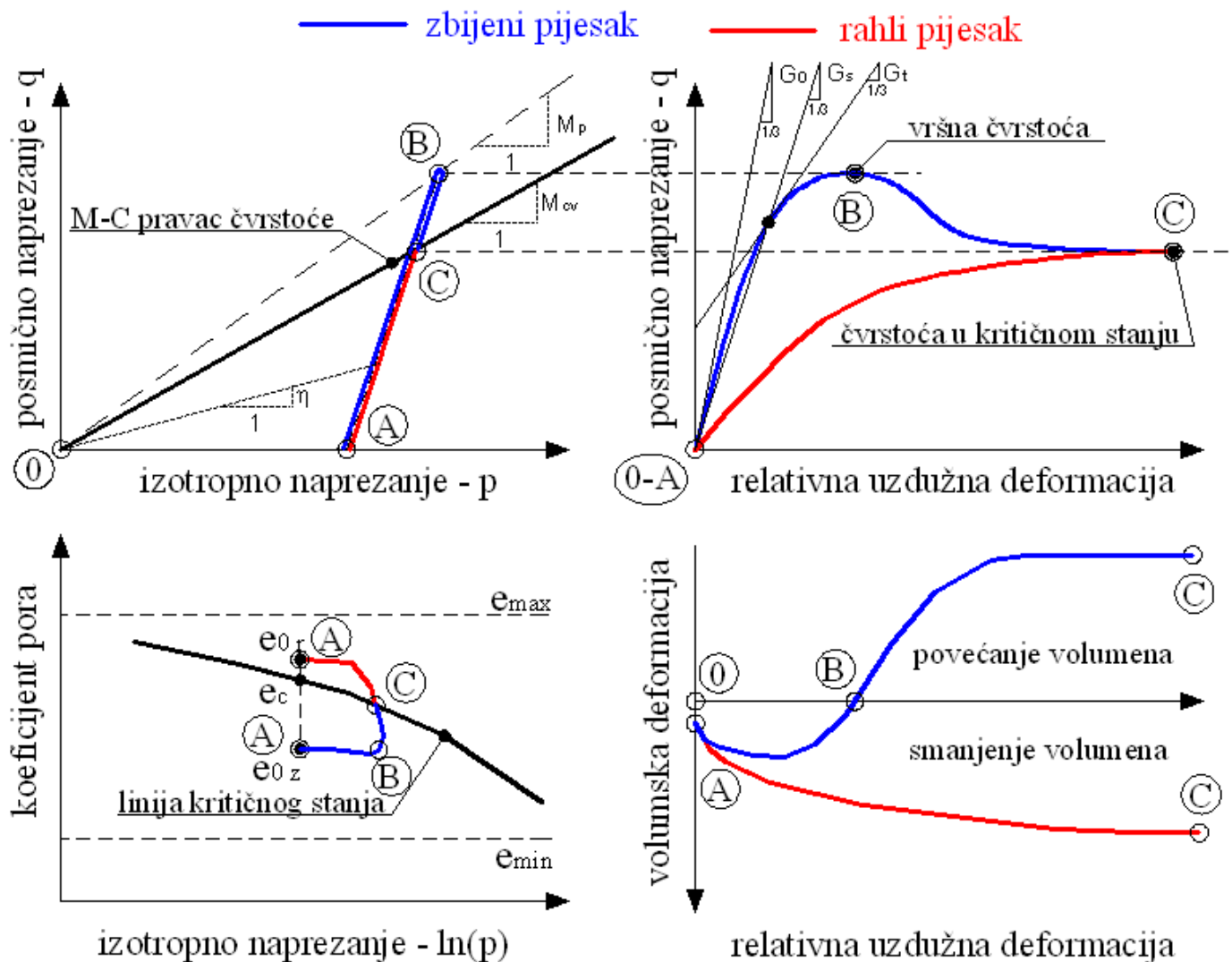
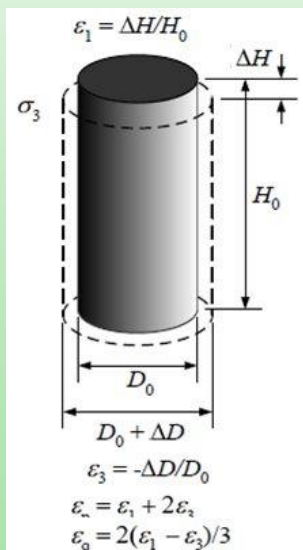
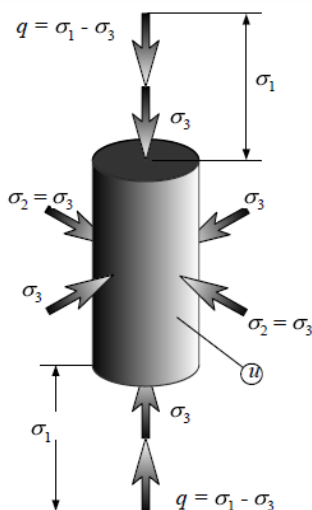
ϵ_q – devijatorska deformacija

p – srednje naprezanje

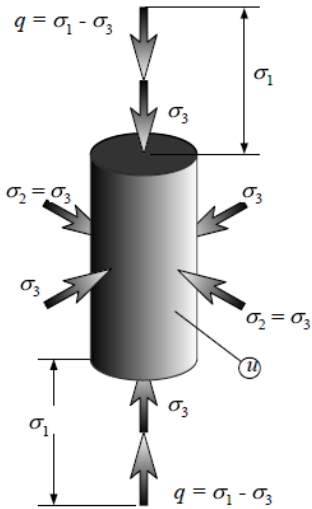
p' – efektivno srednje naprezanje

Naprezanja i deformacije probe tla u troosnom pokusu

TROOSNI POKUS – rezultati CID pokusa



TROOSNI POKUS – rezultati CID pokusa



0 – A : IZOTROPNA KOMPRESIJA

$$\sigma'_1 = \sigma'_2 = \sigma'_3 = p$$

$$q = 0$$

A – B, C : SMICANJE

$$\sigma'_{3c} = \sigma_{3c} = \text{kons.}$$

$$\Delta p' = \frac{1}{3} \Delta \sigma'_1$$

$$p'_0 = p'_c = \sigma_{3c}$$

$$p' = \frac{1}{3} (\sigma'_1 + 2\sigma_{3c})$$

$$\Delta \sigma_3 = 0$$

$$\Delta q = \Delta \sigma_1$$

$$q = \sigma_1 - \sigma_{3c}$$

$$\Delta q / \Delta p' = 3$$

KOEFICIJENT NAPREZANJA:

$$\eta = \frac{q}{p}$$

- izotropno naprezanje

- vršna čvrstoća

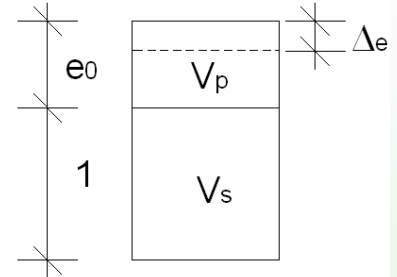
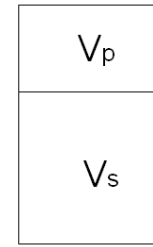
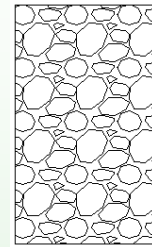
- kritično stanje

$$\eta = 0$$

$$\max \eta = \eta_p = q_p / p = M_p$$

$$\eta_{cv} = q_{cv} / p = M_{cv}$$

PROMJENA KOEFICIJENTA PORA:



$$\varepsilon_v = \frac{-\Delta e}{1 + e_0}$$

$$\Delta e = -\varepsilon_v (1 + e_0)$$

KARAKTERISTIKE DIJEGRAMA:

A – konsolidacija $p_c = \sigma_{3c}$

B – vršna čvrstoća $q = q_p; \frac{dq}{d\varepsilon_q} = 0$

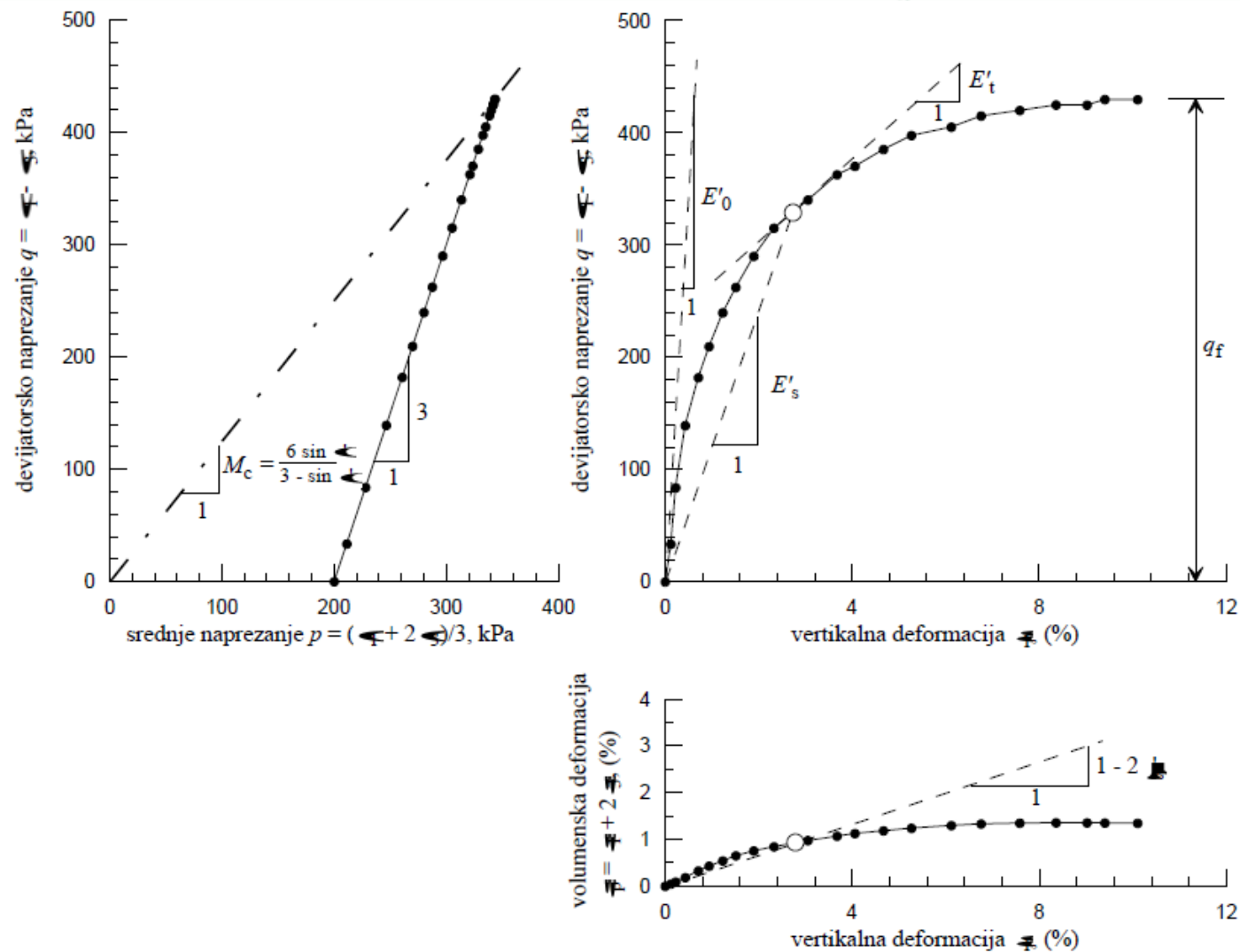
$$\frac{d\varepsilon_v}{d\varepsilon_q} = 0$$

C – kritično stanje

$$\frac{dq}{d\varepsilon_q} = 0; \frac{d^2 q}{d\varepsilon_q} = 0$$

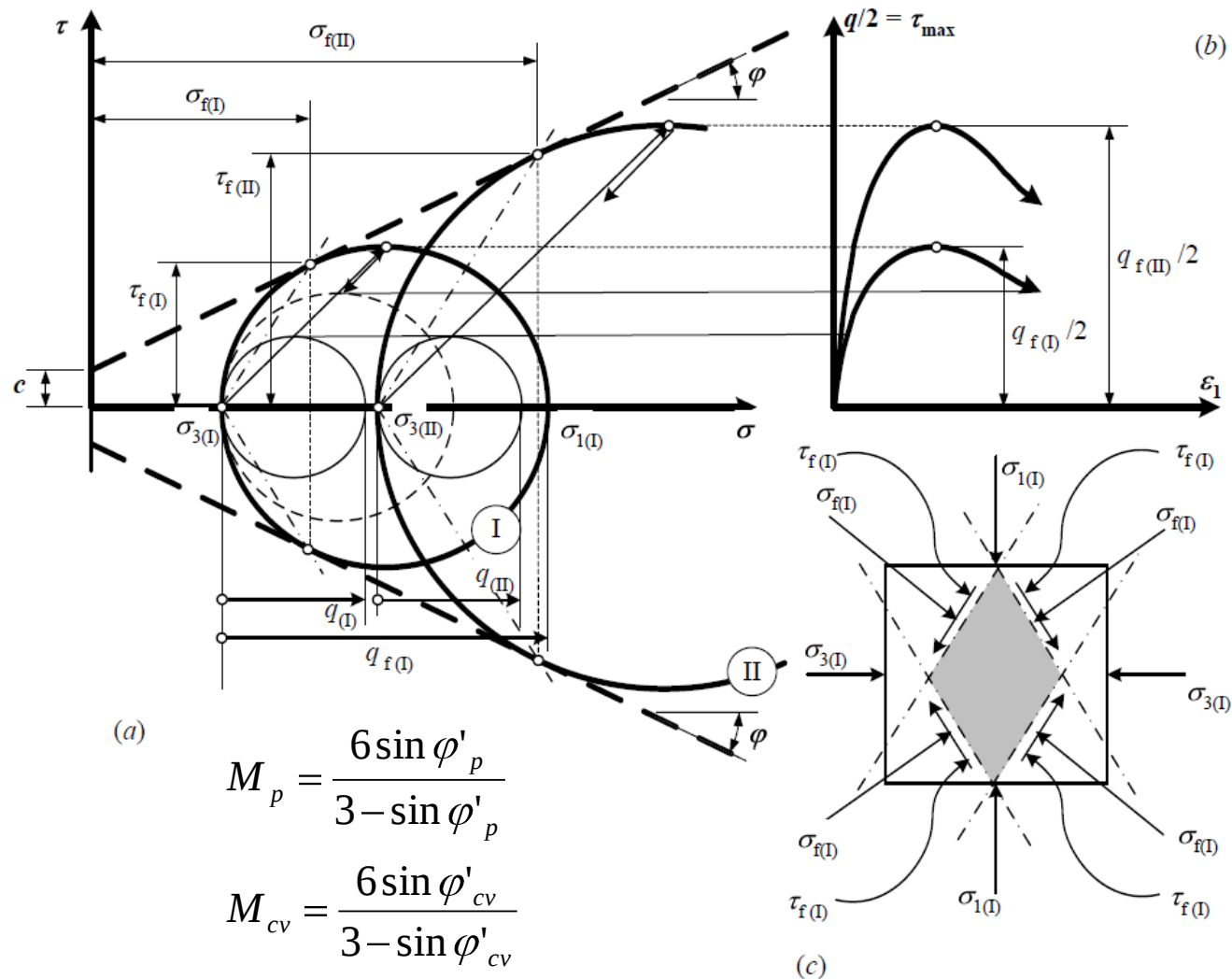
$$\frac{d\varepsilon_v}{d\varepsilon_q} = 0; \frac{d^2 \varepsilon_v}{d\varepsilon_q} = 0$$

TROOSNI POKUS – rezultati CID pokusa



Primjer dreniranog pokusa smicanja u troosnom uređaju (CID) na uzorku rahlog pijeska

TROOSNI POKUS – MC zakon čvrstoće tla



Mohrova interpretacija Coulombovog zakona čvrstoće