
Mechanika zemin I

4 – Stlačitelnost

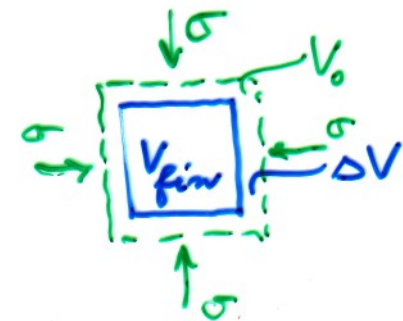
1. Izotropní stlačení
2. Nelinearita
3. Překonsolidace OC; OC vs. creep
4. Jednoosé stlačení - parametry
5. Výpočet sedání za předpokladu jednoosé stlačitelnosti
6. Součinitel tlaku v klidu a vztah E_{oed} vs E' pro pružnou látku

Izotropní stlačení

- Zatížení
- izotropní $\Delta\sigma_1' = \Delta\sigma_2' = \Delta\sigma_3' = \Delta\sigma' = \Delta p'$; $q = \text{konst.}$
 - anizotropní $\Delta\sigma_1'$; $\Delta\sigma_2'$; $\Delta\sigma_3' \rightarrow \Delta p'$

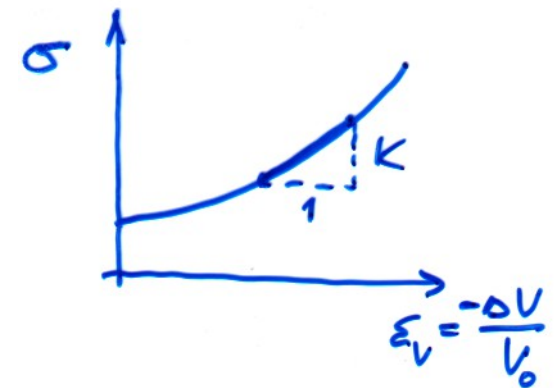
$\Delta p' \neq 0 \rightarrow$ strukturní změny (změny uspořádání zrn/částic)
= stlačení

$\Delta p' > 0 \rightarrow$ kyprá z. \rightarrow ulehlá z. - změna pórovitosti

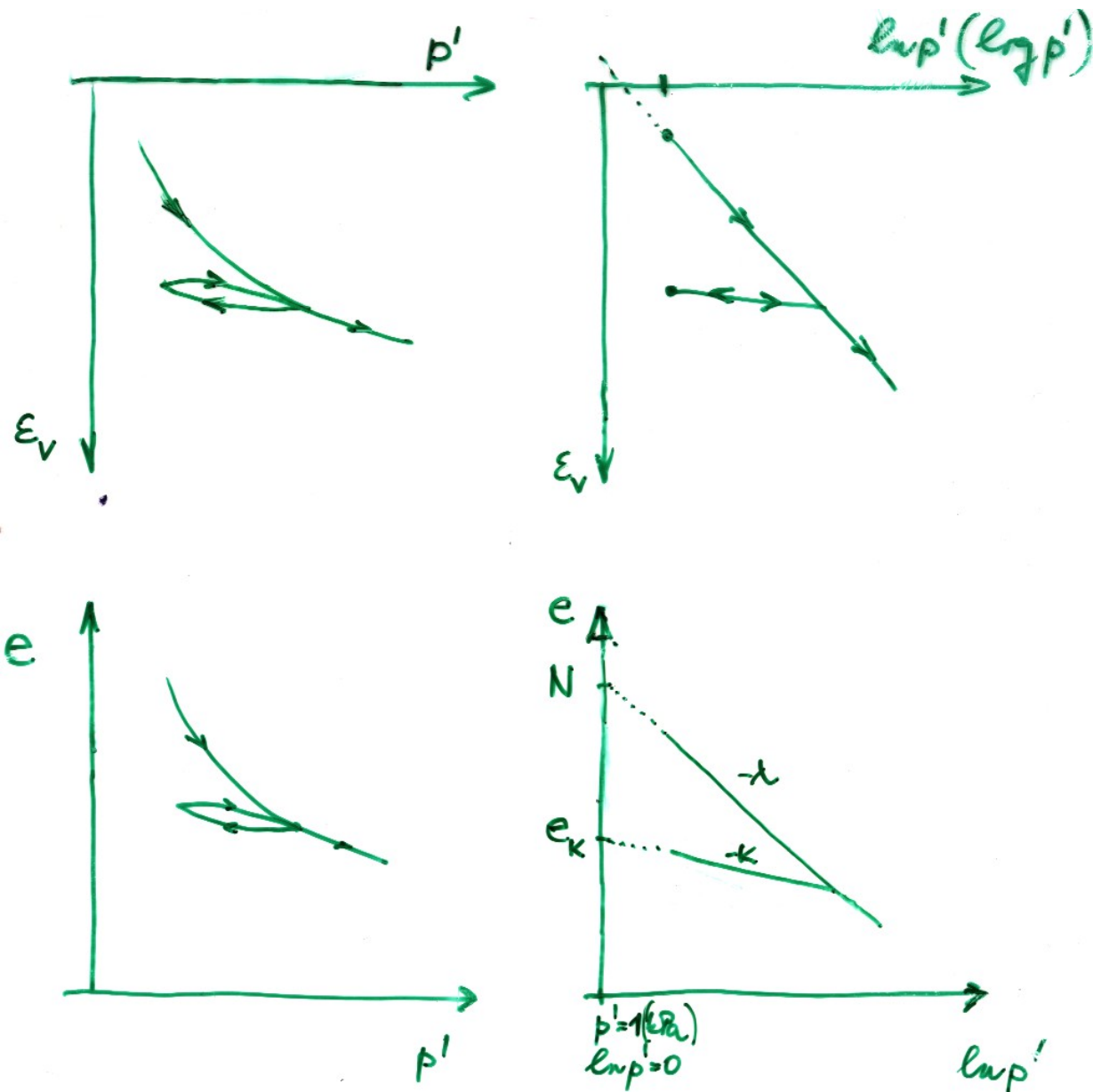


Pro izotropní zatížení (tj pro $q = \text{konst.}$):

objemový modul $K = dp' / d\varepsilon_v \neq \text{konst.}$



Izotropní stlačení



Izotropní stlačení

(semi)logaritmické zobrazení v intervalu napětí významném pro praxi je **lineární**

přetížení – čára normálního stlačení = Normal Compression Line = **NCL**:

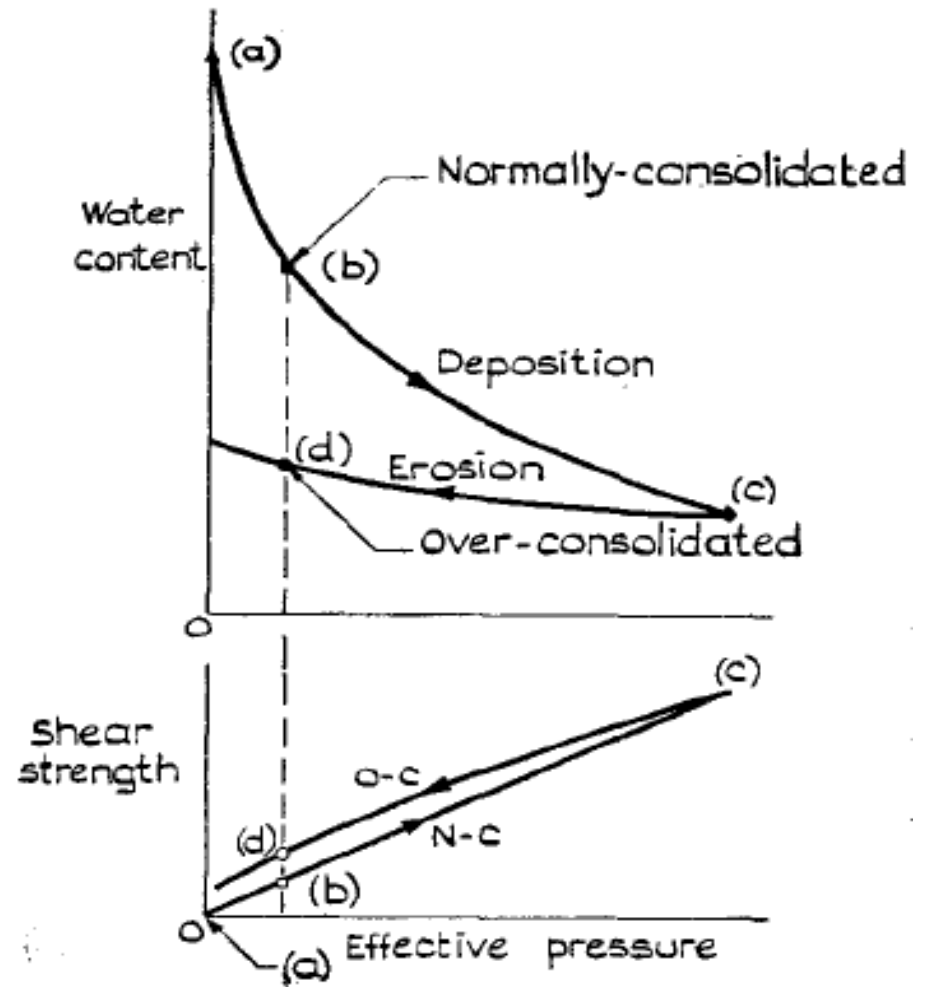
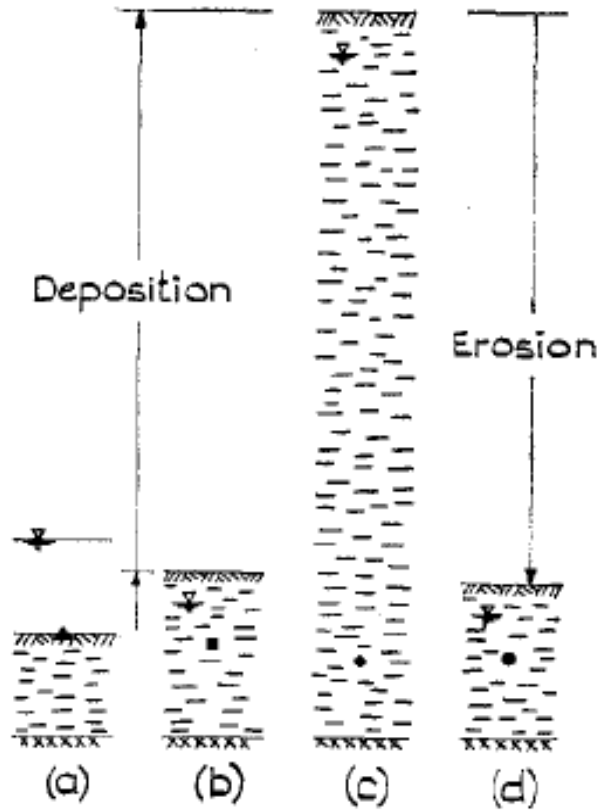
$$e = N - \lambda \ln p'$$

odlehčení – čára URL

$$e = e_k - \kappa \ln p'$$

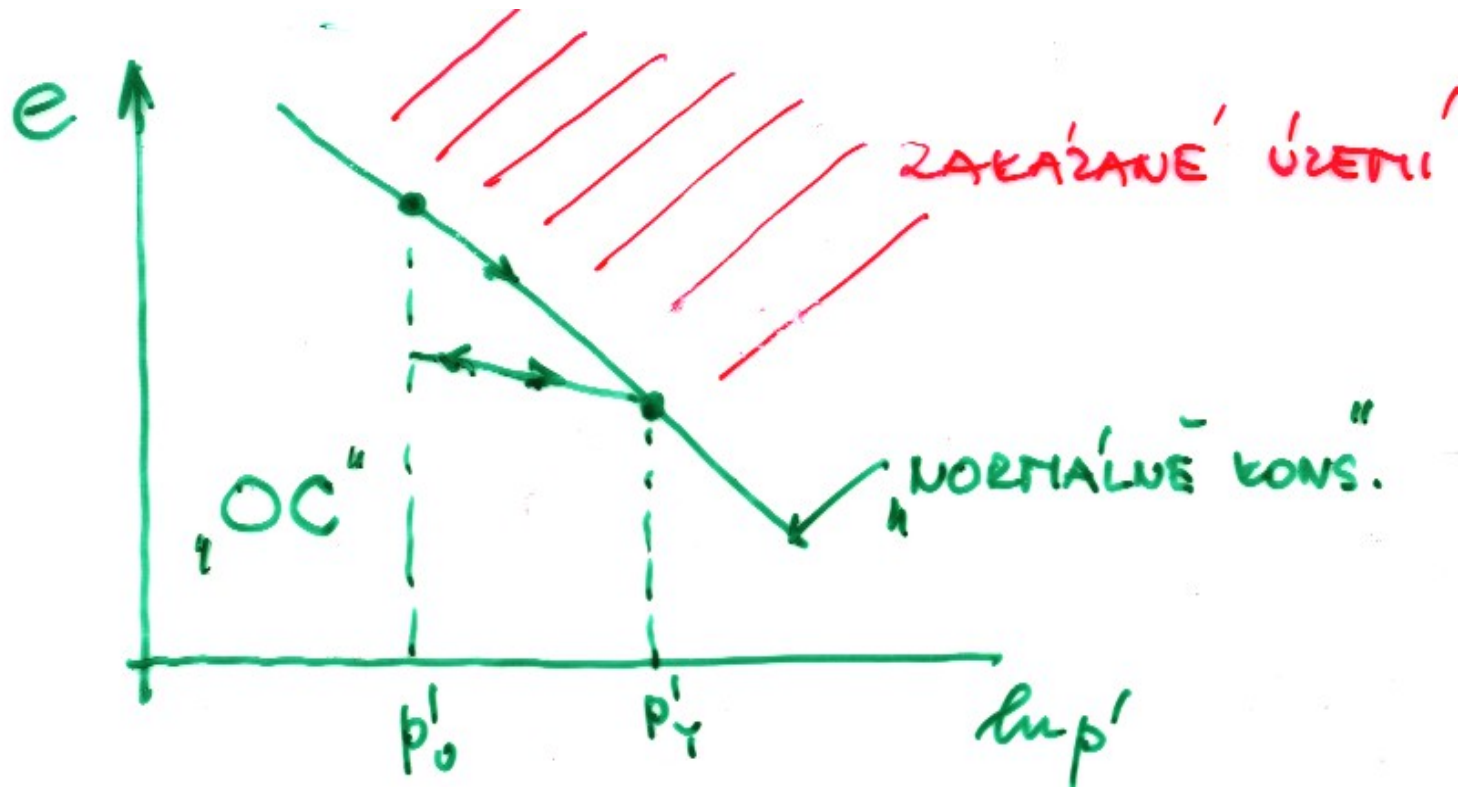
Parametry izotropní stlačitelnosti: λ ; κ ; N ; e_k (konstanty)

Překonsolidace

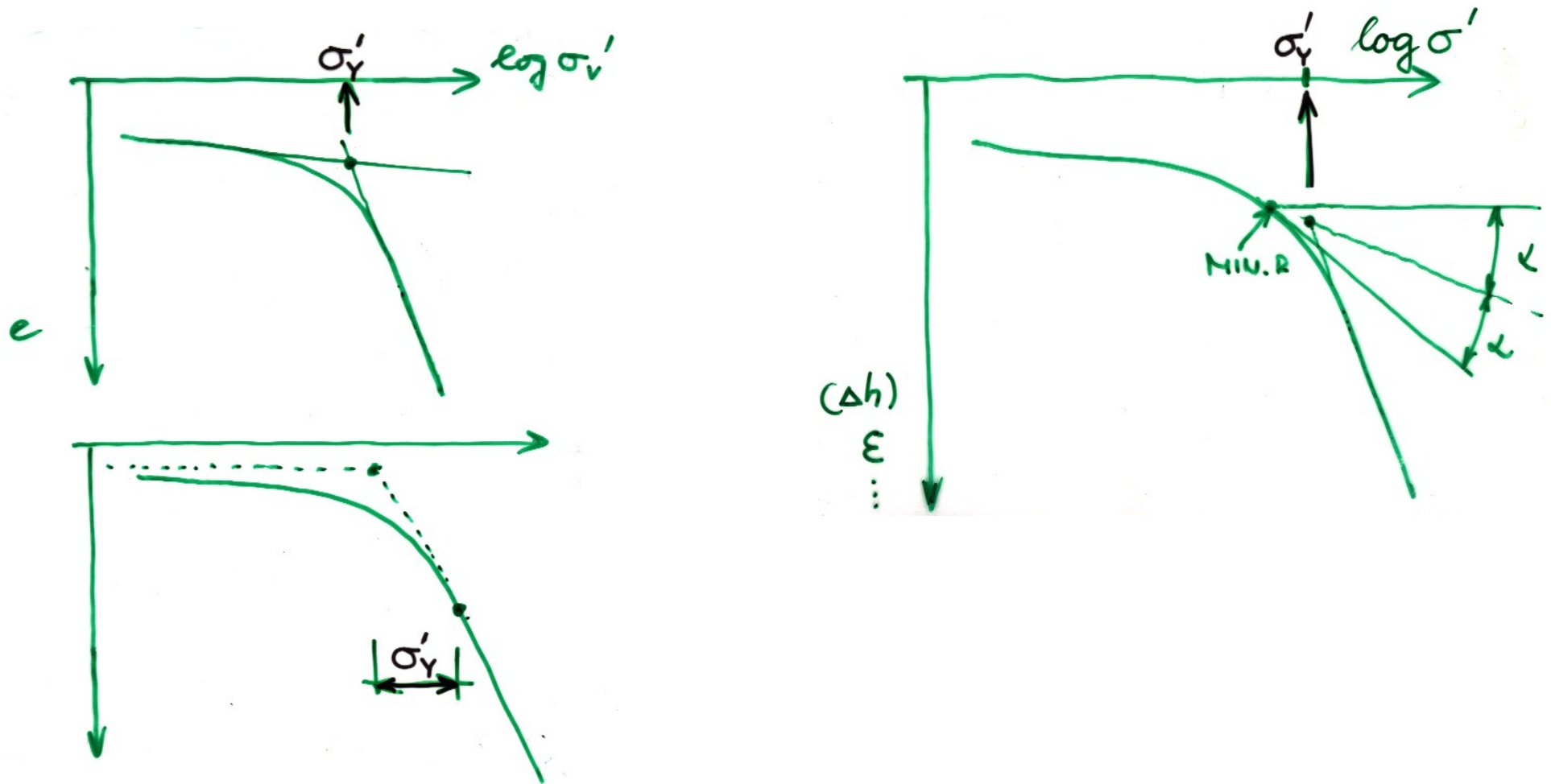


Skempton (1964)

Překonsolidace

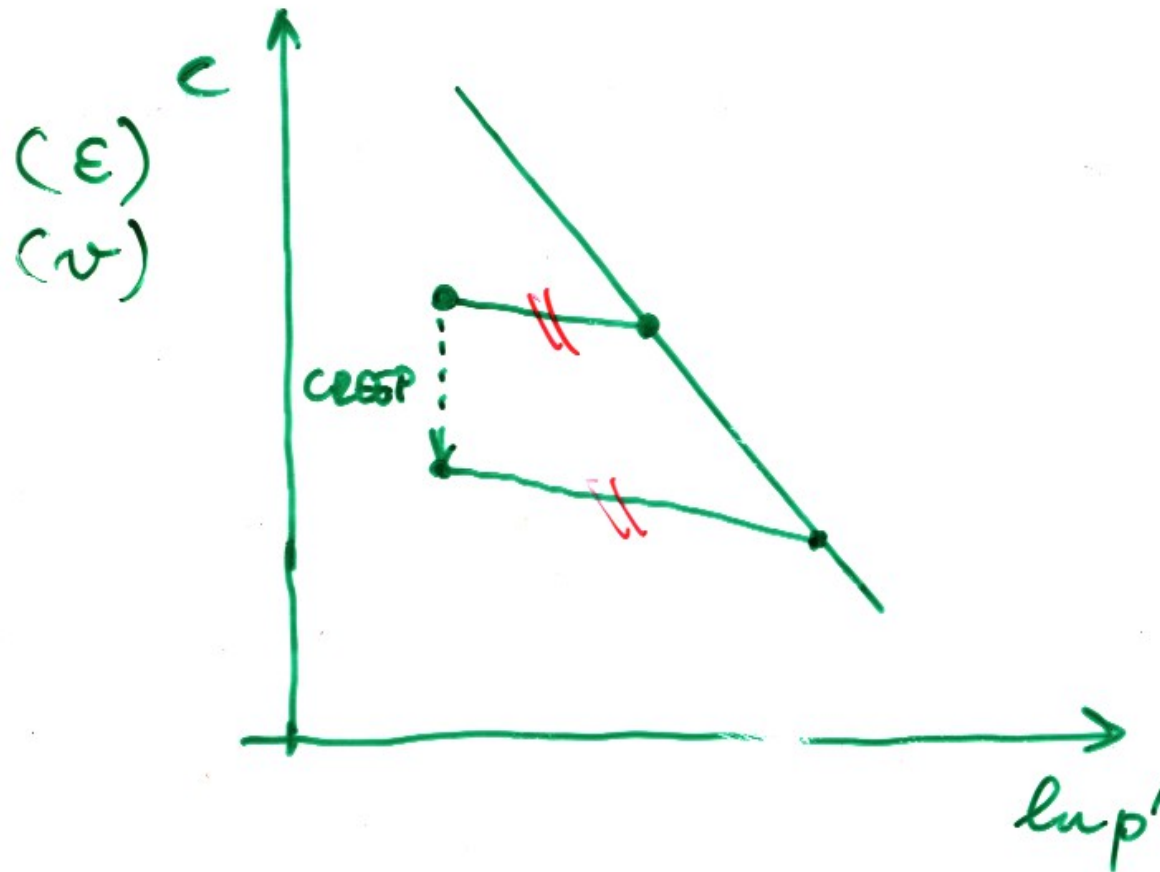


Způsoby stanovení „překonsolidačního“ napětí (při oedometrické zkoušce):

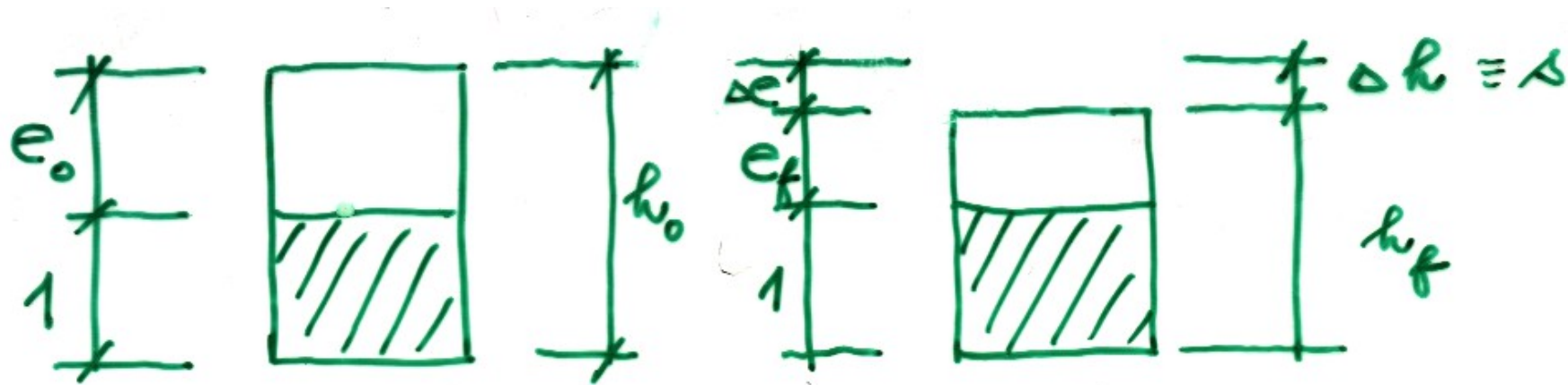


Překonsolidace vs creep

→ význam „překonsolidačního“ napětí ???



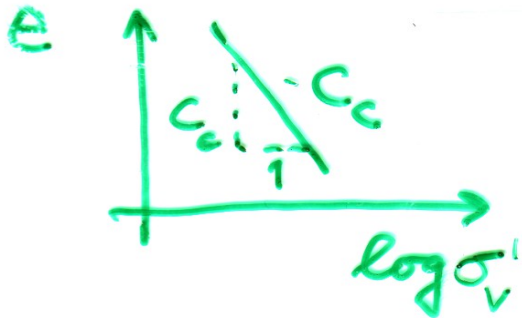
Jednoosé stlačení (oedometr)



$$\varepsilon_v = - \Delta h / h_0 = - \Delta e / (1+e_0) \equiv s / h_0$$

v praxi se využije jednoosé stlačení pro výpočet sednutí vrstvy zeminy,
pro sednutí základu apod:

$$s = - \Delta e / (1+e_0) h_0 = \varepsilon_v h_0$$



Jednoosé stlačení (oedometr)

logaritmicky napětí vs e: index stlačitelnosti $C_c = - \Delta e / \Delta \log \sigma_v'$

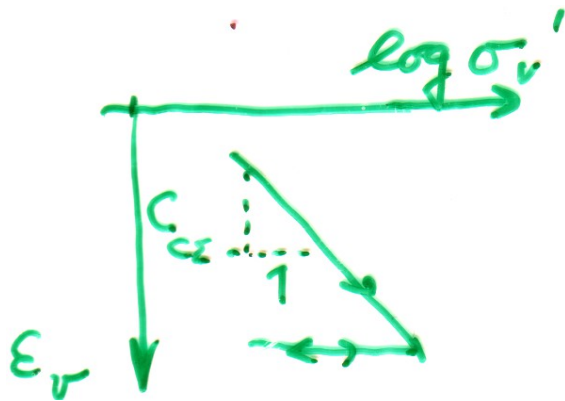
odlehčení C_{cr} (případně $C_s \leftarrow$ 'swelling')

Je skutečným parametrem – je konstantou (pro běžný rozsah napětí)

Pozn.:

C_c musí být stanoveno pro NCL, případně uvést výjimky od této definice (překonsolidovaná zemina...)

(stanovená hodnota C_c závisí na e_0 vzorku)



Jednoosé stlačení (oedometr)

logaritmicky napětí vs ε : **modifikovaný index stlačitelnosti**

$$C_{c\varepsilon} = \Delta\varepsilon / \Delta\log\sigma'_v$$

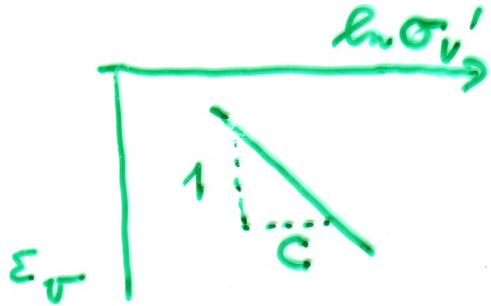
odlehčení $C_{r\varepsilon}$ (případně $C_{s\varepsilon}$ ← 'swelling')

Hodnota je konstantní (pro běžný rozsah napětí), ale **závisí na počátečním čísle pórovitosti**:

$$\varepsilon_v = -\Delta e / (1+e_0) \rightarrow C_{c\varepsilon} = C_c / (1+e_0)$$

Jednoosé stlačení (oedometr)

logaritmicky napětí vs ε : index tuhosti $S_c = \Delta \ln \sigma_v' / \Delta \varepsilon$



Hodnota je konstantní (pro běžný rozsah napětí)



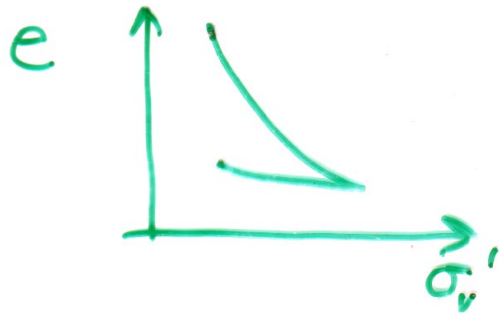
Jednoosé stlačení (oedometr)

aritmeticky napětí vs ϵ : oedometrický modul $E_{\text{oed}} = \Delta\sigma_v' / \Delta\epsilon$

součinitel objemové stlačitelnosti $m_v = 1 / E_{\text{oed}}$

Není skutečným parametrem – není konstanta (závisí na úrovni napětí)

Jednoosé stlačení (oedometr)



aritmeticky napětí vs e: číslo stlačitelnosti $a_v = - \Delta e / \Delta \sigma'_v$

Není skutečným parametrem – není konstanta (závisí na úrovni napětí)

Jednoosé stlačení (oedometr) – výpočet sedání

$$s = - \Delta e / (1+e_0) h_0 = \varepsilon_v h_0$$

sčítání přes vrstvy: $s = \sum s_i$

výpočet s jednotlivými „parametry“:

$$s = C_c h_0 / (1+e_0) \log ((\sigma_{v0}' + \Delta\sigma_v') / \sigma_{v0}')$$

$$s = C_{c\varepsilon} h_0 \log ((\sigma_{v0}' + \Delta\sigma_v') / \sigma_{v0}')$$

$$s = m_v h_0 \Delta\sigma_v' \quad (m_v \text{ není konstanta})$$

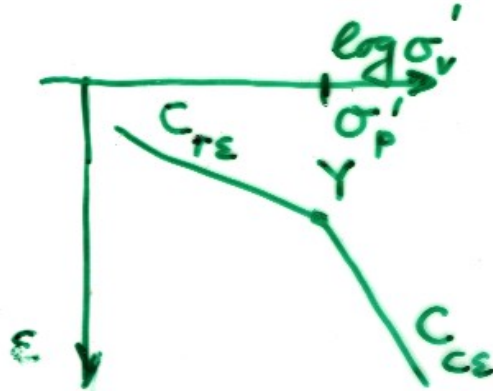
$$s = h_0 \Delta\sigma_v' / E_{\text{oed}} \quad (E_{\text{oed}} \text{ není konstanta})$$

$\Delta\sigma_v'$ efektivní přetížení

(např. pod základem, v tzv. základové spáře)

Jednoosé stlačení (oedometr) – sedání OC zeminy

např. při použití $C_{c\varepsilon}$



$$s = C_{r\varepsilon} h_0 \log (\sigma'_p / \sigma_{v0}') + C_{c\varepsilon} h_0 \log ((\sigma_{v0}' + \Delta\sigma'_v) / \sigma'_p)$$

Jednoosé stlačení – součinitel tlaku v klidu

$$\varepsilon_h \equiv 0$$

$$\varepsilon_h = 1 / E' (\sigma_h' - \nu' (\sigma_h' + \sigma_v')) = 0$$

$$\sigma_h' - \nu' \sigma_h' - \nu' \sigma_v' = 0$$

$$\sigma_h' / \sigma_v' = \nu' / (1 - \nu') = K_0 = \text{„součinitel tlaku v klidu“}$$

Pozor:

Definice platná pouze pro pružnou látku; zeminy: ν' proměnné

Poměr napětí (K_0) je konstantní jen pro NC zeminu!

Oedometr – radiální napětí pro NC zeminu $\sigma_h' = K_0 \sigma_v'$

Pružný vztah mezi oedometrickým a Youngovým modulem

oedometr ($\Delta\sigma_v$; $\sigma_h' = \sigma_v' K_0$; $\varepsilon_h = 0$):

$$\varepsilon_v = \sigma_v' / E_{\text{oed}}'$$

Hooke-ův zákon pro oedometr:

$$\varepsilon_v = 1 / E' (\sigma_v' - \nu' (\sigma_h' + \sigma_h')) = \sigma_v' / E' (1 - \nu' (2\nu' / (1 - \nu')))$$

$$\varepsilon_v = \sigma_v' / E' (1 - 2\nu'^2 / (1 - \nu'))$$

$$\rightarrow 1 / E_{\text{oed}}' = 1 / E' (1 - 2\nu'^2 / (1 - \nu'))$$

$$\rightarrow E_{\text{oed}}' = E' / (1 - 2\nu'^2 / (1 - \nu'))$$

Typické hodnoty parametrů

$$C_c; C_{cr} \approx C_c / 5$$

jíl	$C_c = 0,2 - 0,5$
silt, siltovitý jíl	$C_c = 0,15 - 0,3$
sensitivní jíly	$C_c > 1; C_c = 7-10$
rašelina	$C_c = 10 - 15$

$$E_{oed}$$

jemnozrnné zeminy	$E_{oed} = 1 - 30 \text{ MPa}$
kaolin – cvičení MZ1	$E_{oed} = 3 - 8 \text{ MPa}$
písky	$E_{oed} = 5 - 100 \text{ MPa}$
šterky	$E_{oed} = 20 - 500 \text{ MPa}$

Oedometrický modul je **závislý na úrovni napětí**

ČSN pro plošné základy udává hodnoty E (bez intervalu napětí), E_{oed}
Ize dopočítat pomocí pružnosti v' ($v' \neq \text{konst.}$)

Základní

<http://natur.cuni.cz/~bohac/>

Atkinson, J.H. (2007) The mechanics of soils and foundations. 2nd ed. Taylor & Francis (v knihovně Geol sekce je několik exemplářů)

Doporučená rozšiřující literatura (omezeně dostupná na oddělení IG)

Feda, J. (1977) Základy mechaniky partikulárních látek. Academia, Praha. (Případně anglická verze: Feda, J. (1982) Mechanics of particulate materials, Academia-Elsevier.)

Mitchell, J.K. and Soga, K (2005) Fundamentals of soil behaviour. J Wiley. (Případně starší vydání, bez druhého autora: 1973; 1993.)

Wood, D.M. (1990) Soil behaviour and critical state soil mechanics. Cambridge Univ.Press.

Bolton, M. (1979) A guide to soil mechanics. Macmillan Press, ISBN 0-33318931-0.

Craig, R.F. (2004; existují různá vydání, první 1974) Soil mechanics. Spon Press.

Holtz, R.D. and Kovacs, E.D. (1981) An introduction to geotechnical engineering, Prentice-Hall, ISBN 0-13-484394-0

Atkinson, J.H and Bransby, P.L. (1978) The mechanics of soils. McGraw-Hill, ISBN 0-07-084077-2.