
Mechanika zemin II

2 – Chování zemin in situ; parametry pro praxi

1. Chování zemin in situ vs. rekonstituovaná zemina
2. Parametry pro praktické úlohy MZ

Rekonstituovaná zemina – připravena v laboratoři: jíl - pasta při $w > w_L$

nemá významné vazby (\pm mezi koloidními č. – prakticky nevýznamné)

nemá významnou strukturu (zrna/částice uspořádány náhodně;
 \pm kompresní str.)

na její chování nemá vliv čas od přípravy (žádný vliv „ageing“; „creep“)

mechanické vlastnosti vyplývají z mineralogie \rightarrow skutečné materiálové parametry

Přirozená zemina

struktura:

uspořádání částic (např. zvrstvení) + vazby (silové faktory mezi částicemi)

Přirozená zemina (vliv struktury)

geneticky: sedimentovaná nebo reziduální z.

K_0 stlačení, odlehčení

ageing – vlastnosti se mění s časem ($n \times 10^6$ let vs mladé sedimenty desítky/stovky let)

vazby:

vazby koloidních částic

cementace

creep

chemismus PV

zvětrávání – vliv na vazby

Obtížné měření parametrů přirozených zemin
odběr neporušených ? vzorků

Optimální řešení:

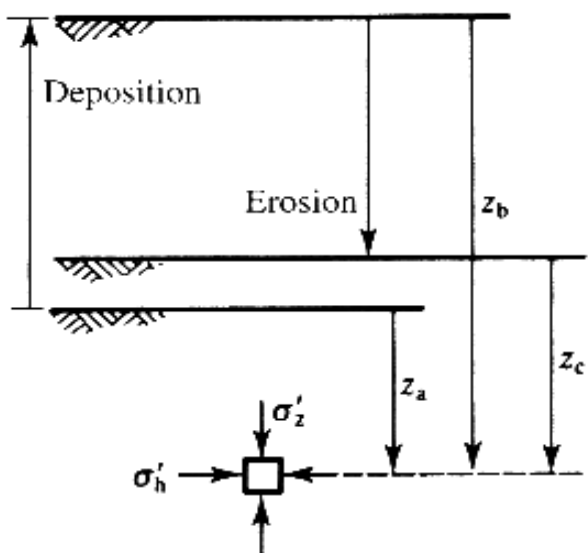
co nejkvalitnější vzorky

chování do souvislosti s teorií – CSSM

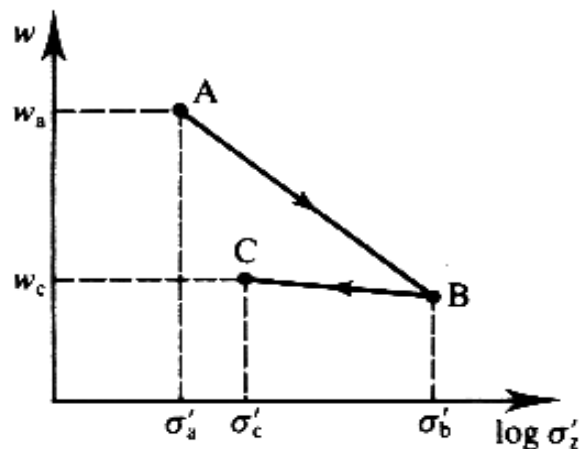
Samotné zkušebnictví bez vhodné teorie – empiricismus – není kvalitním
GT/IG průzkumem

Vhodnější teoreticky podložené korelace - např. s konzistenčními mezemi -
než teorií nepodložené zkušebnictví

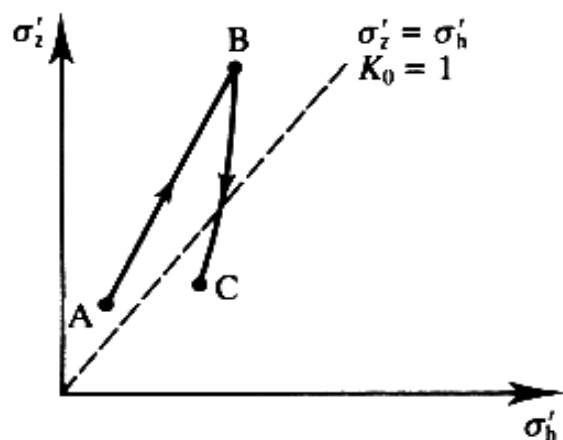
1-D sedimentace a eroze



(a)



(b)



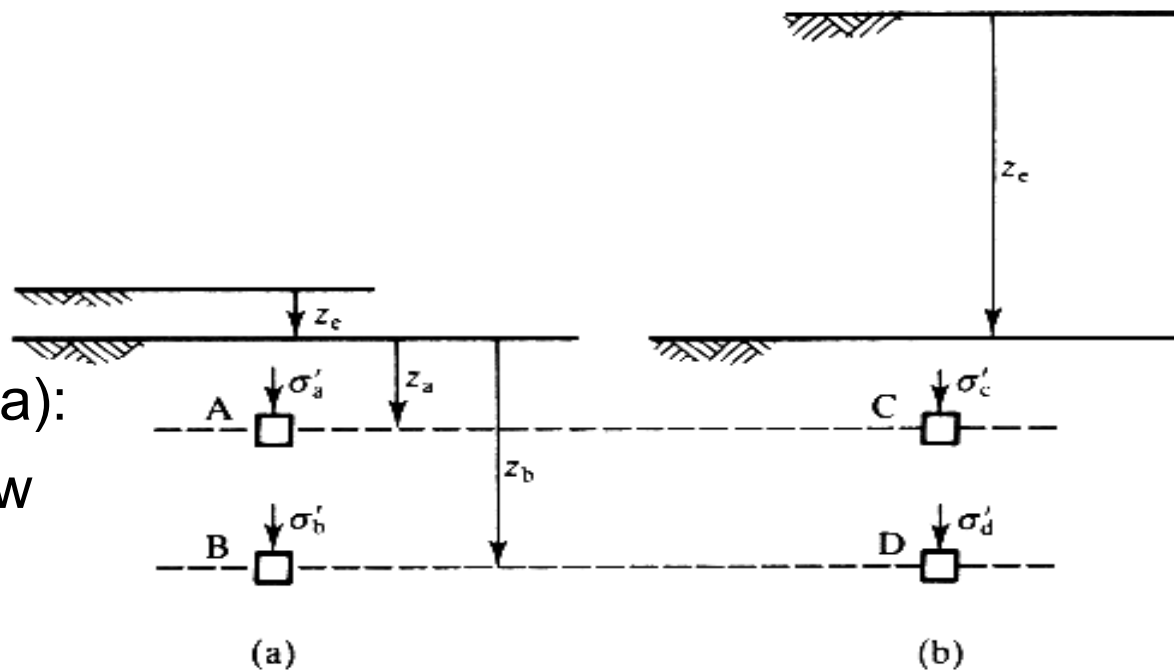
(c)

součinitel tlaku v klidu (viz MZ1)

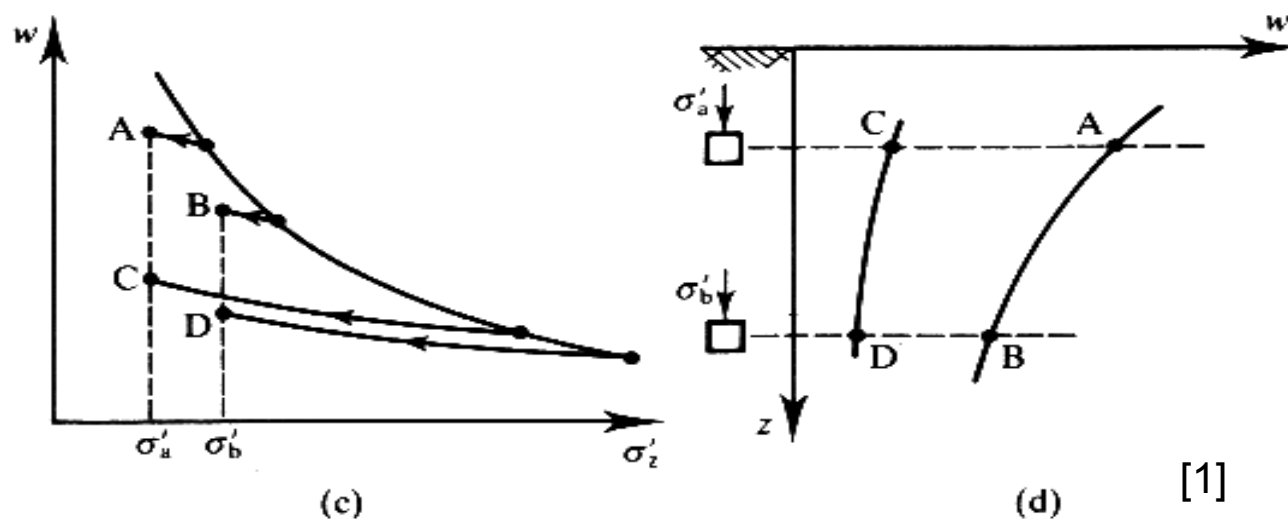
$$K_0 = \sigma'_h / \sigma'_v$$

1-D sedimentace a eroze

mírná eroze – odlehčení (a):
relativně velká změna w

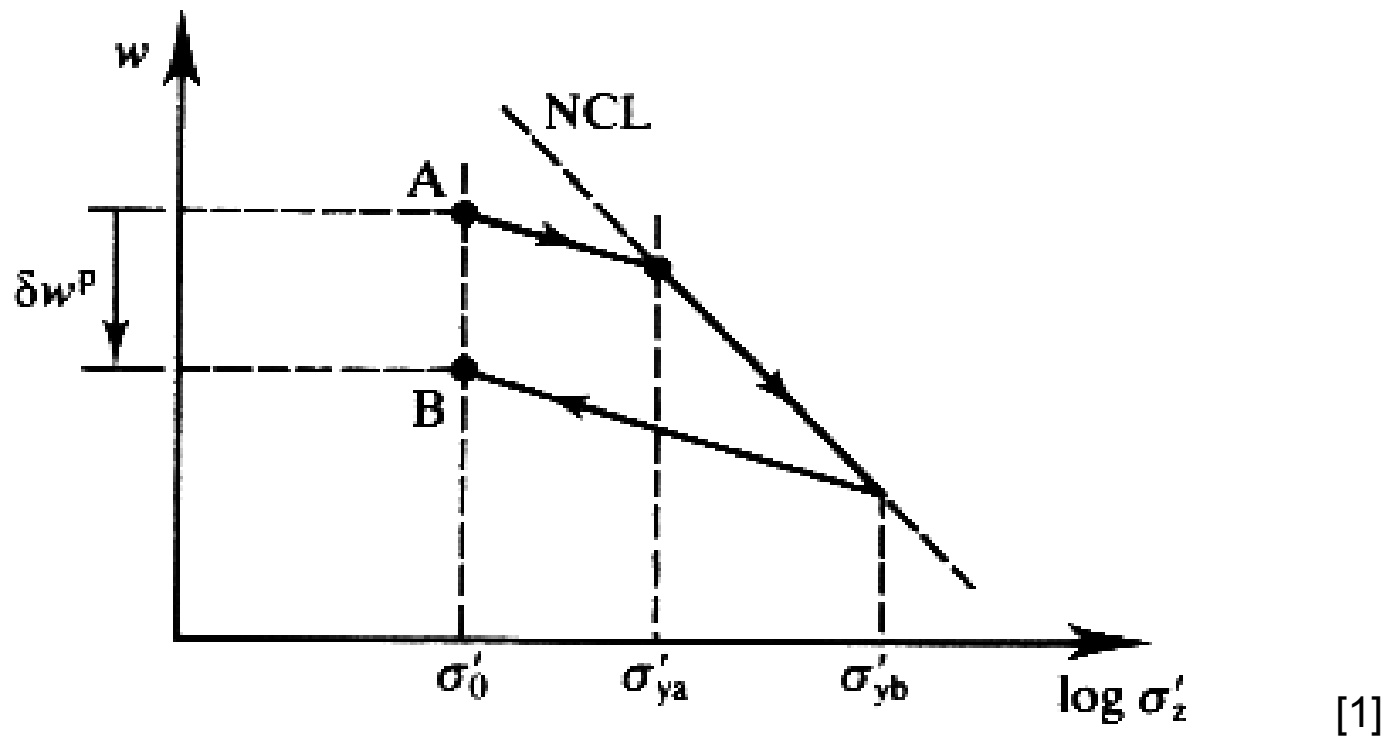


značná eroze (b):
relativně malá změna w
 w nízké (\leftarrow vysoká napětí)



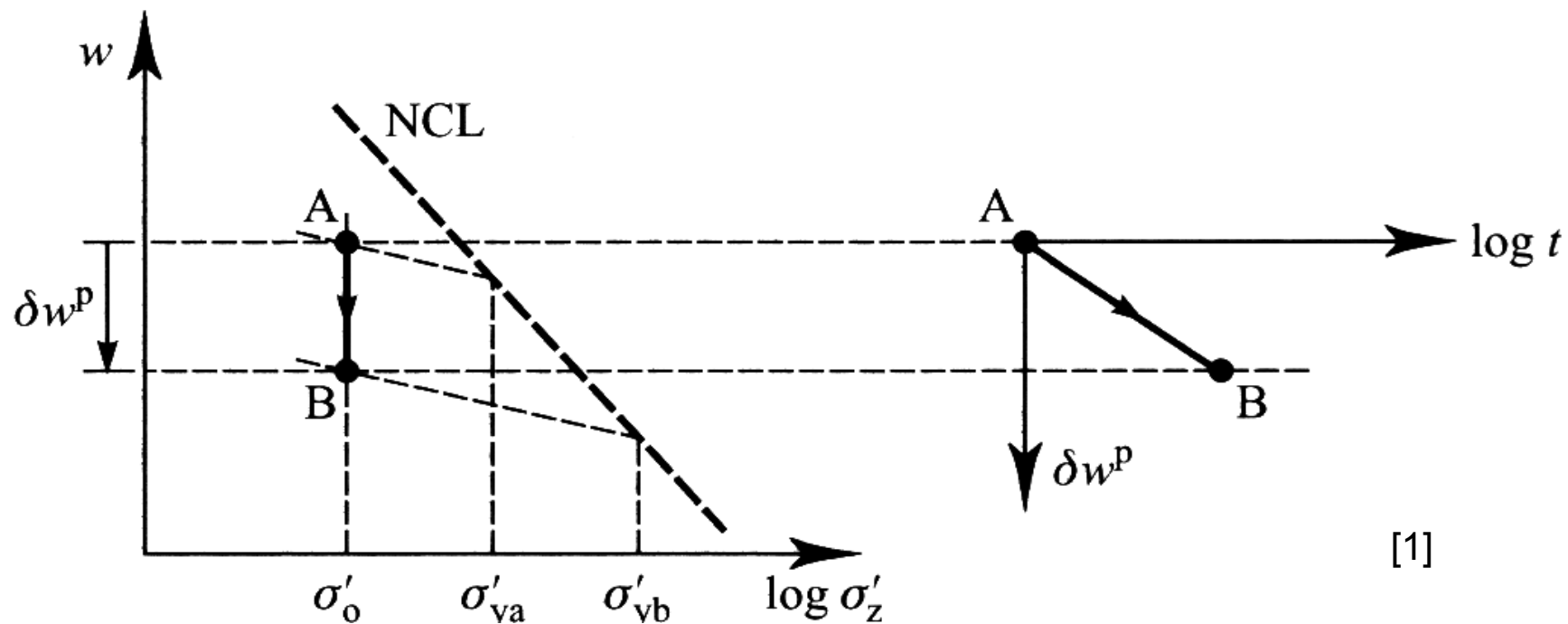
[1]

Změna stavu – změna OCR



vznik překonsolidované zeminy

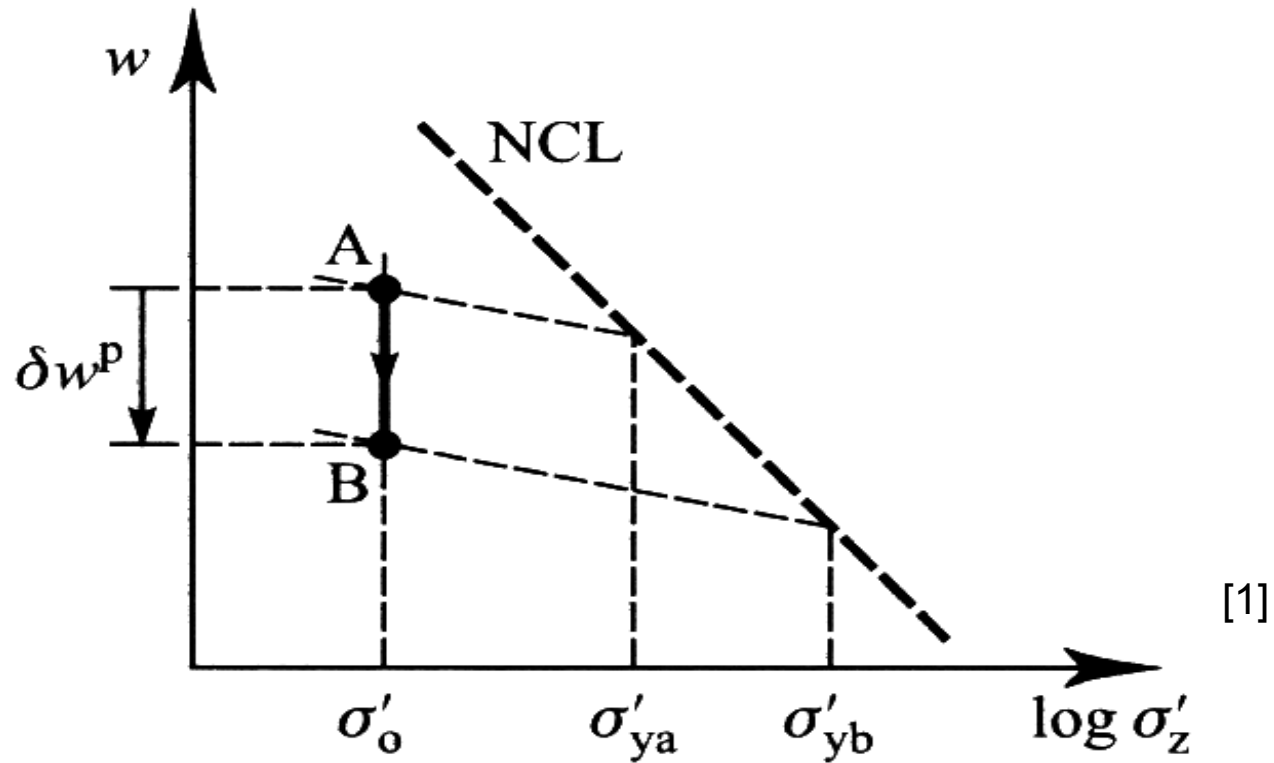
Změna stavu – creep – zdánlivá změna OCR



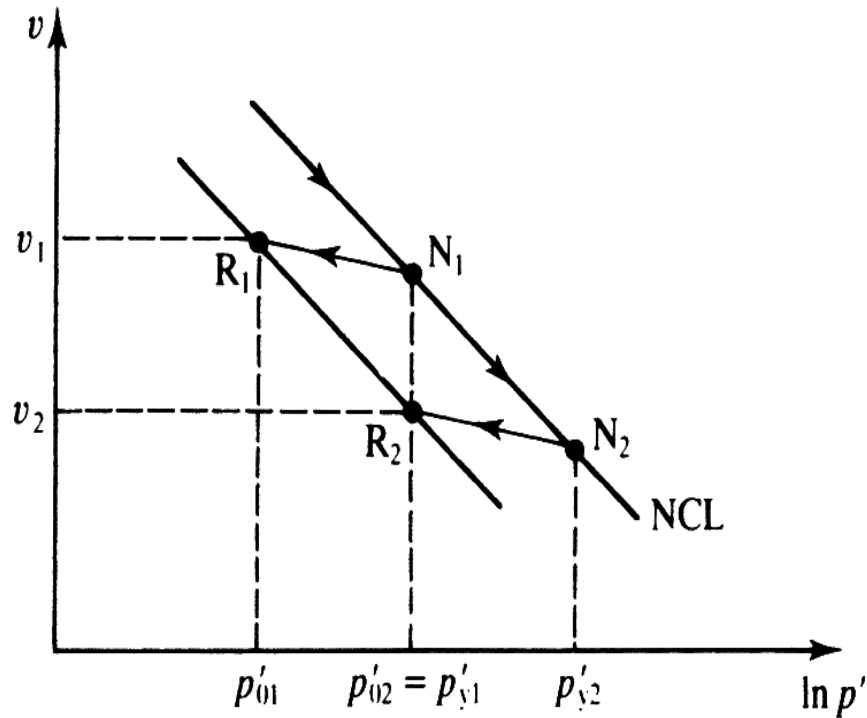
$$\delta w^p = C_\alpha \log (t / t_0)$$

....ve skutečnosti OCR v bodě B zůstává stejné jako v A

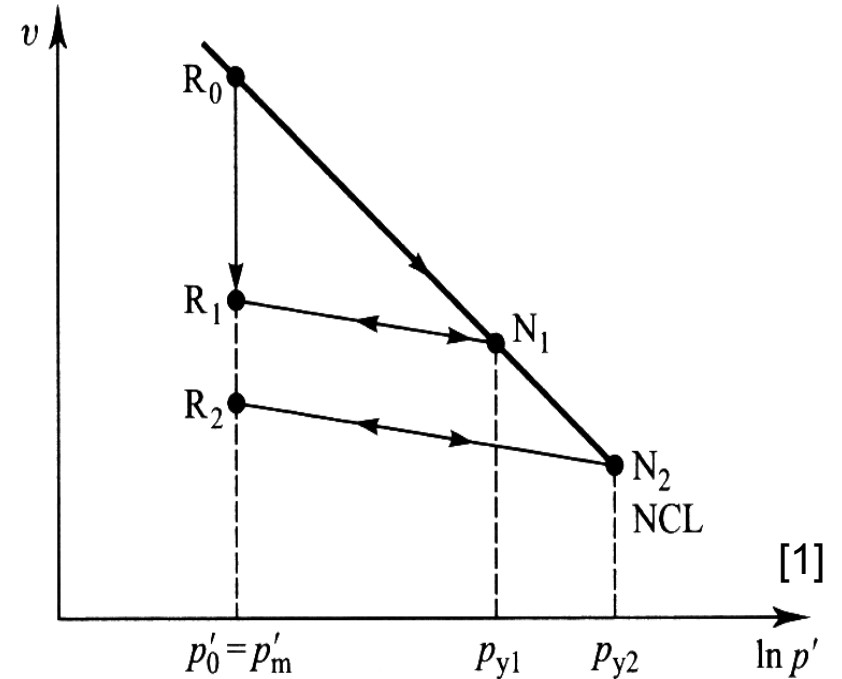
Změna stavu – vibrace hrubozrnné zeminy – zdánlivá změna OCR



1-D sedimentace a eroze - překonsolidace vs pseudo – překonsolidace



$$\text{OCR} = p'_m / p'_0$$



$$\text{OCR} (R_0) = \text{OCR} (R_1)$$

OCR nepopisuje korektně stav zeminy

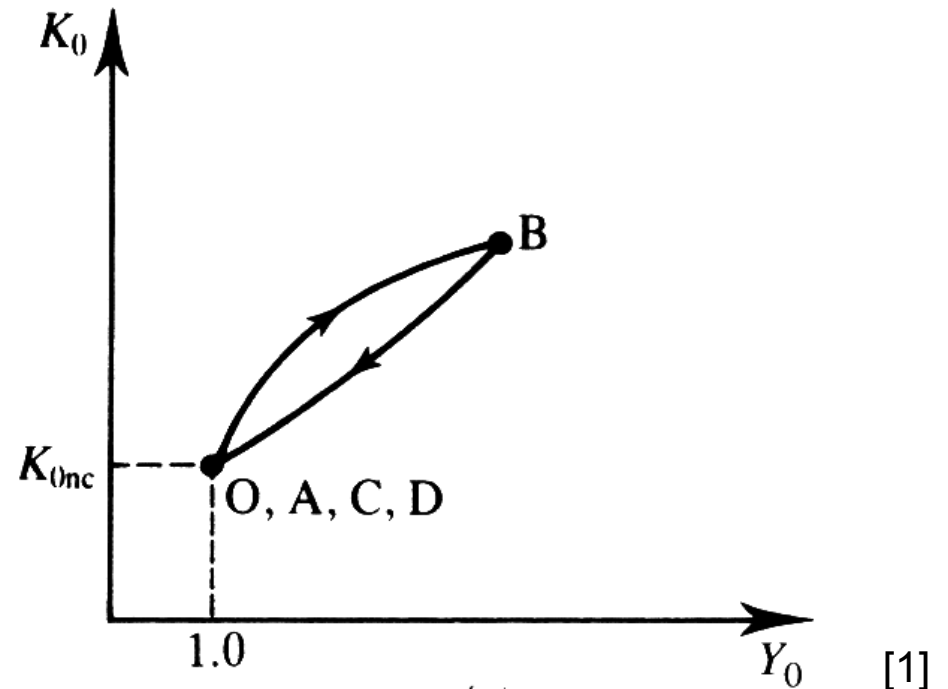
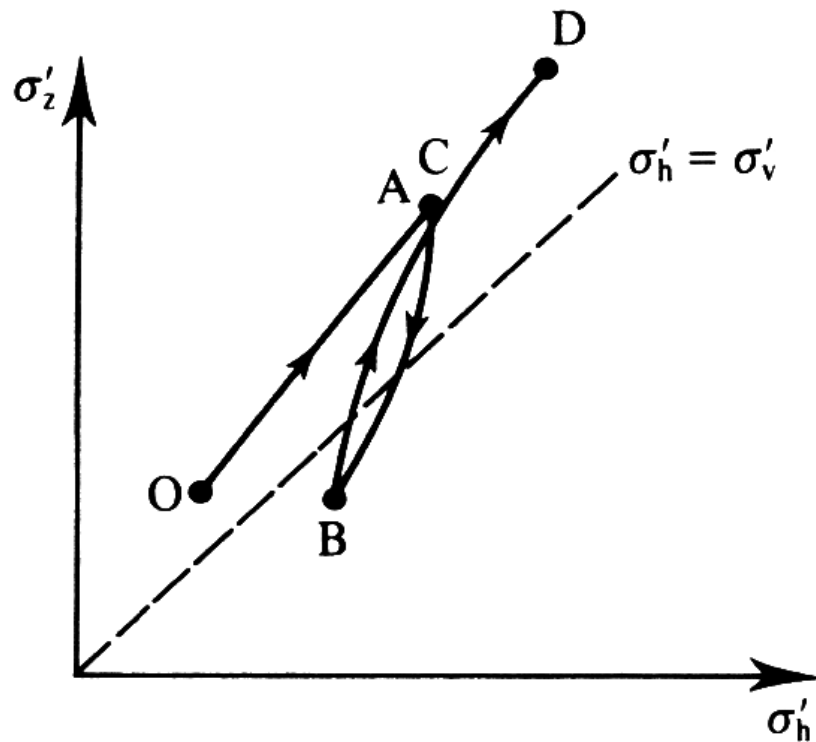
Pro popis stavu vhodnější použít poměr napětí při zplastizování: $Y_p = p'_y / p'_0$

...ale s jednou výjimkou – při stanovení K_0

1-D sedimentace a eroze

NC: $K_0 = \text{konst}$; $K_0 = 1 - \sin\phi_{cr}'$

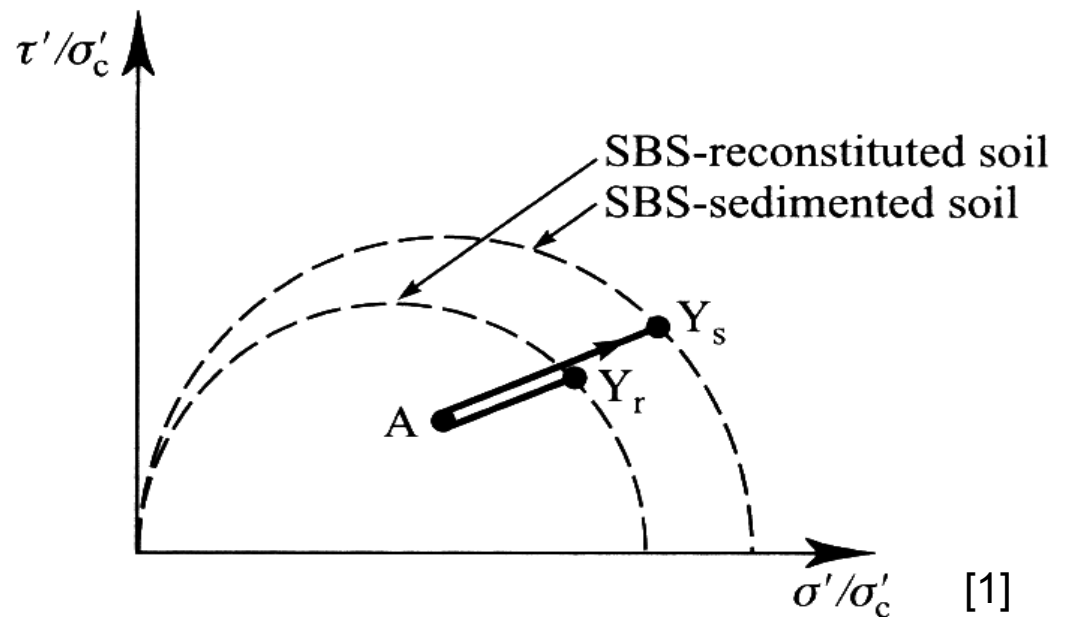
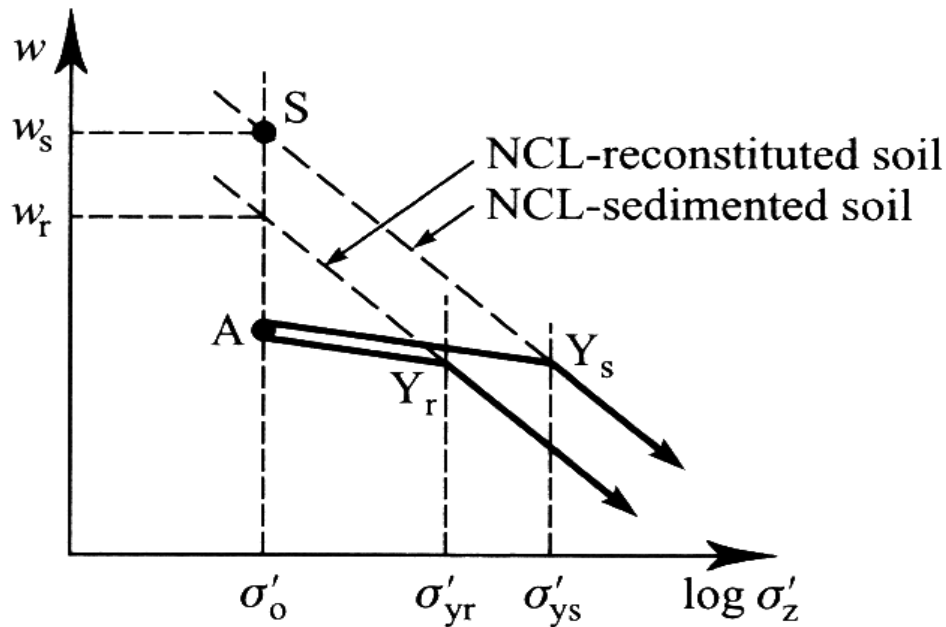
OC: $K_0 \neq \text{konst}$; empirický vztah v závislosti na OCR (z laboratorních zkoušek) $K_{0,OC} = K_{0,NC}(\text{OCR})^{\sin\phi}$ - zde nutno uvažovat OCR, ne Y_p !



Sedimentovaná zemina

Sedimentace – vrstvy o různé zrnitosti – v detailu, v jednotlivých vrstvách:
 lokálně špatně zrněná zemina → vyšší pórovitost („...špatně se hutní...“):

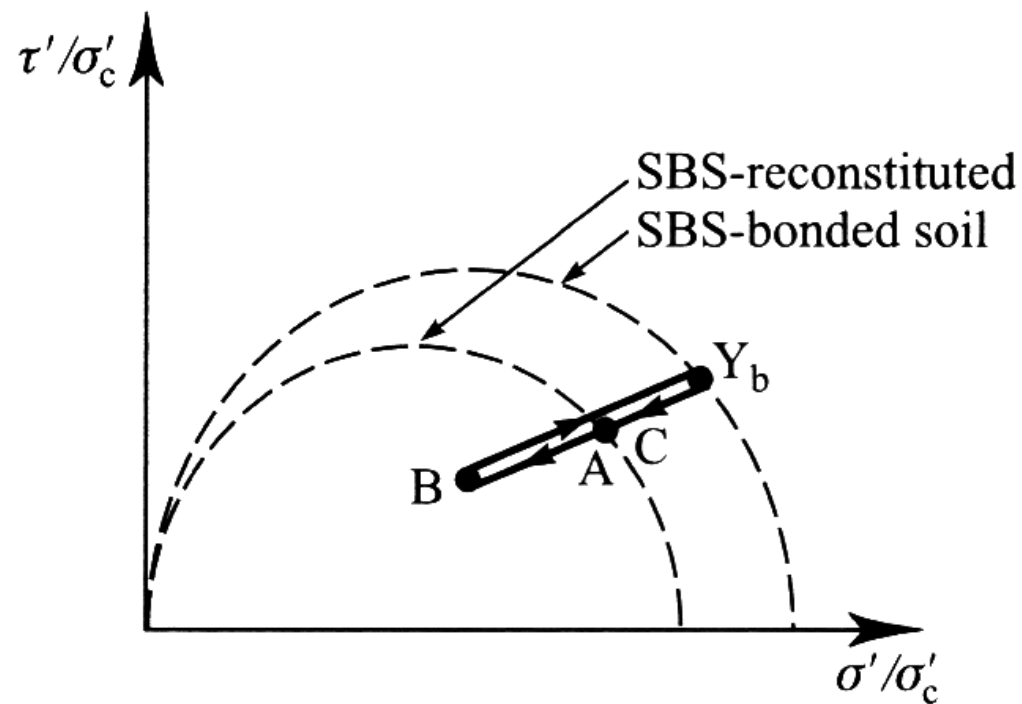
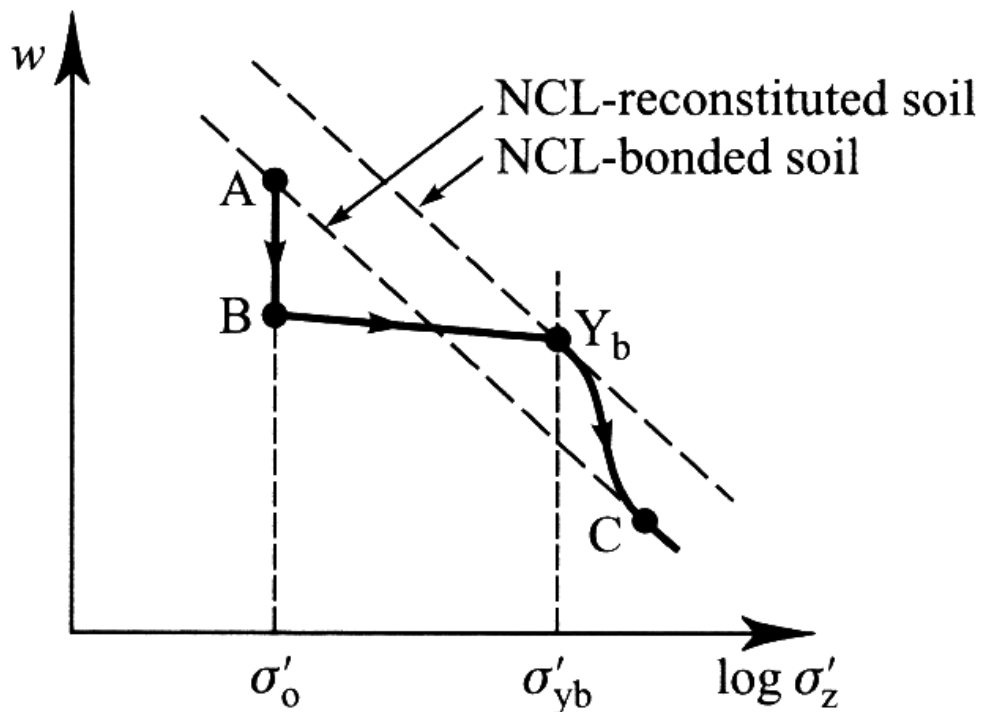
sedimentovaná z. je nad NCL rekonstituované z.



→ dva různé body zplastizování (Y_r a Y_s) pro zeminu v bodě A

Cementace („bonding“)

cementovaná zemina (z. se strukturou) je nad NCL rekonstituované z.

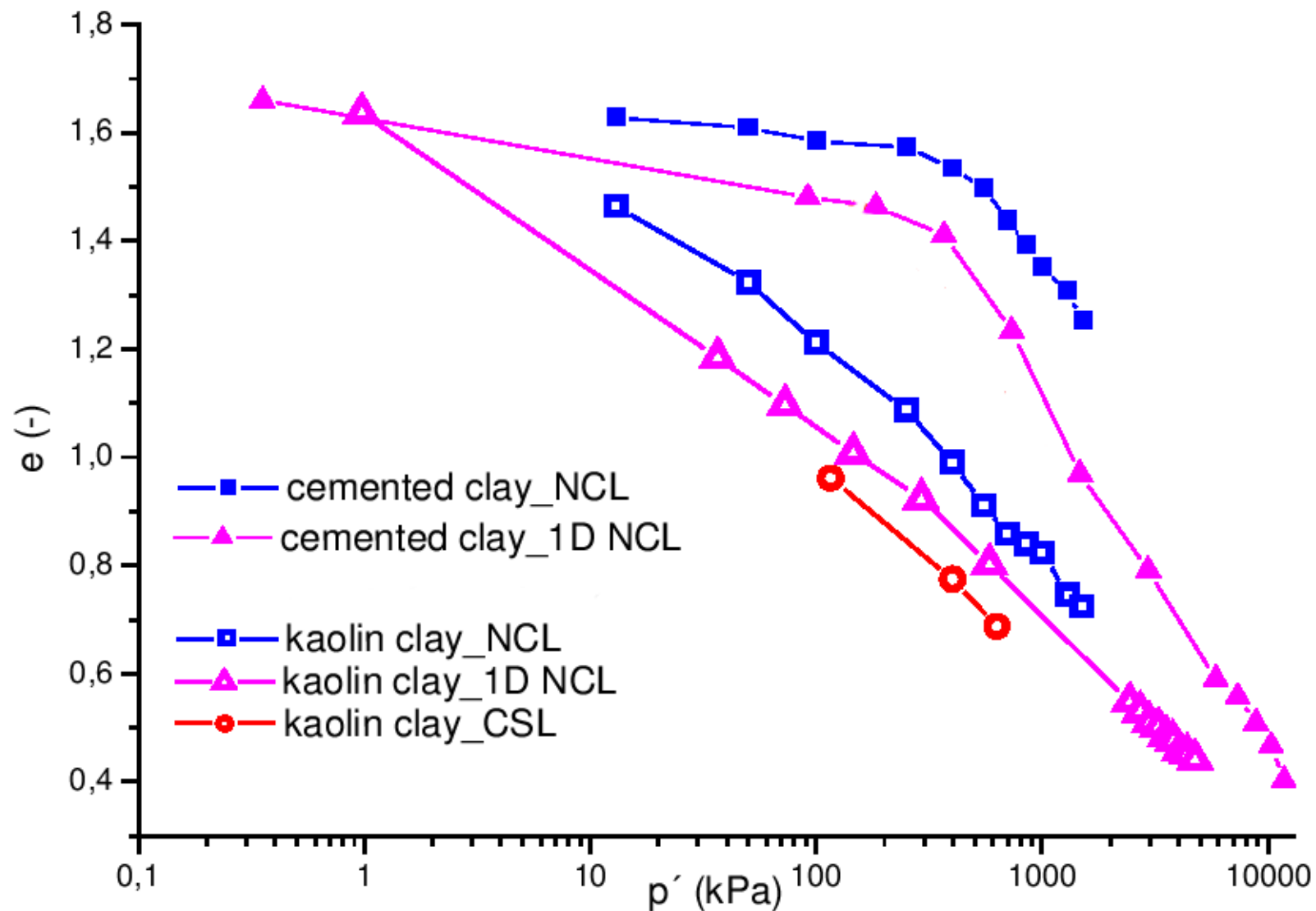


[1]

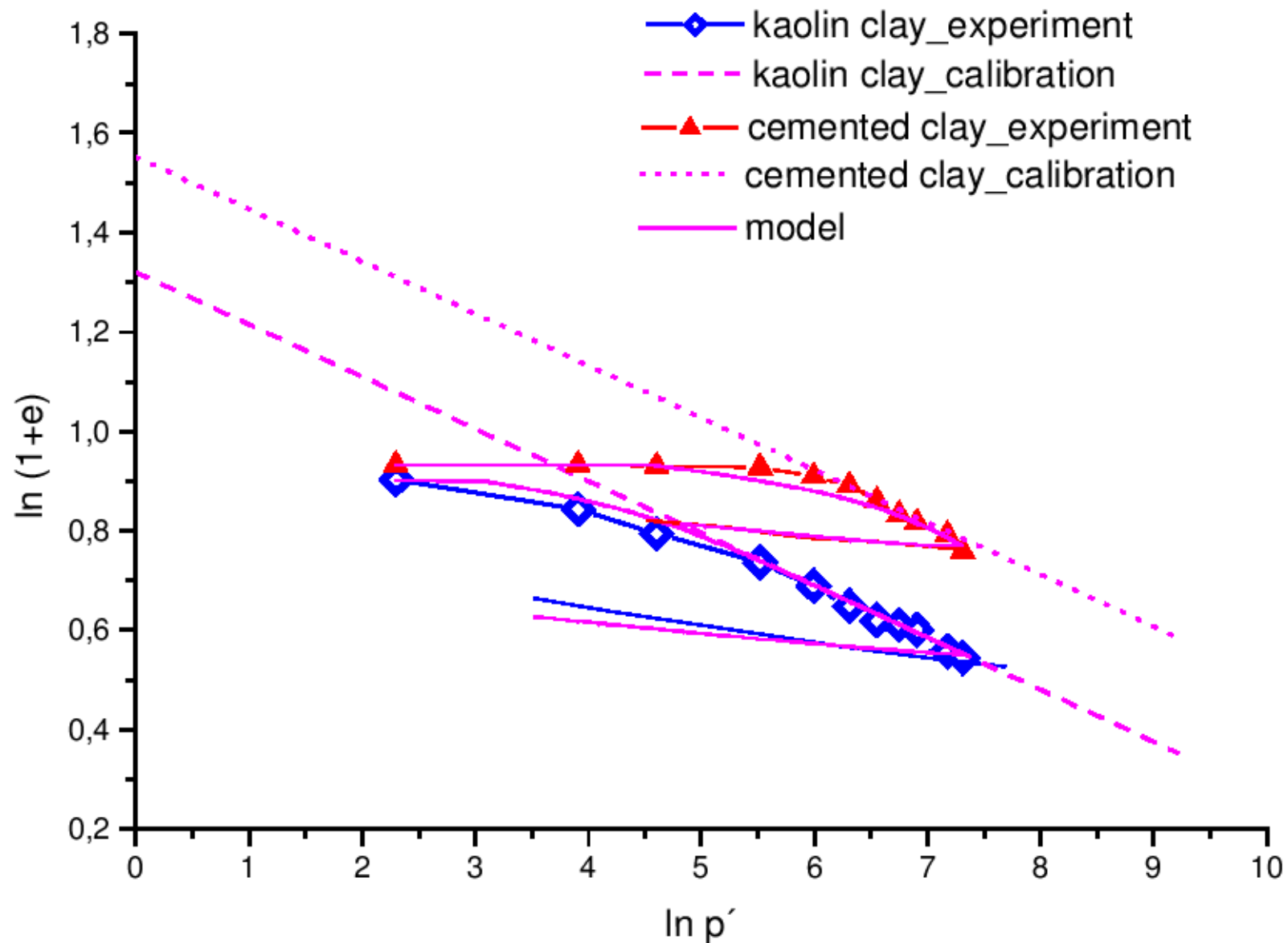
→ zemina přechodně existuje mimo SBS

Cementace („bonding“)

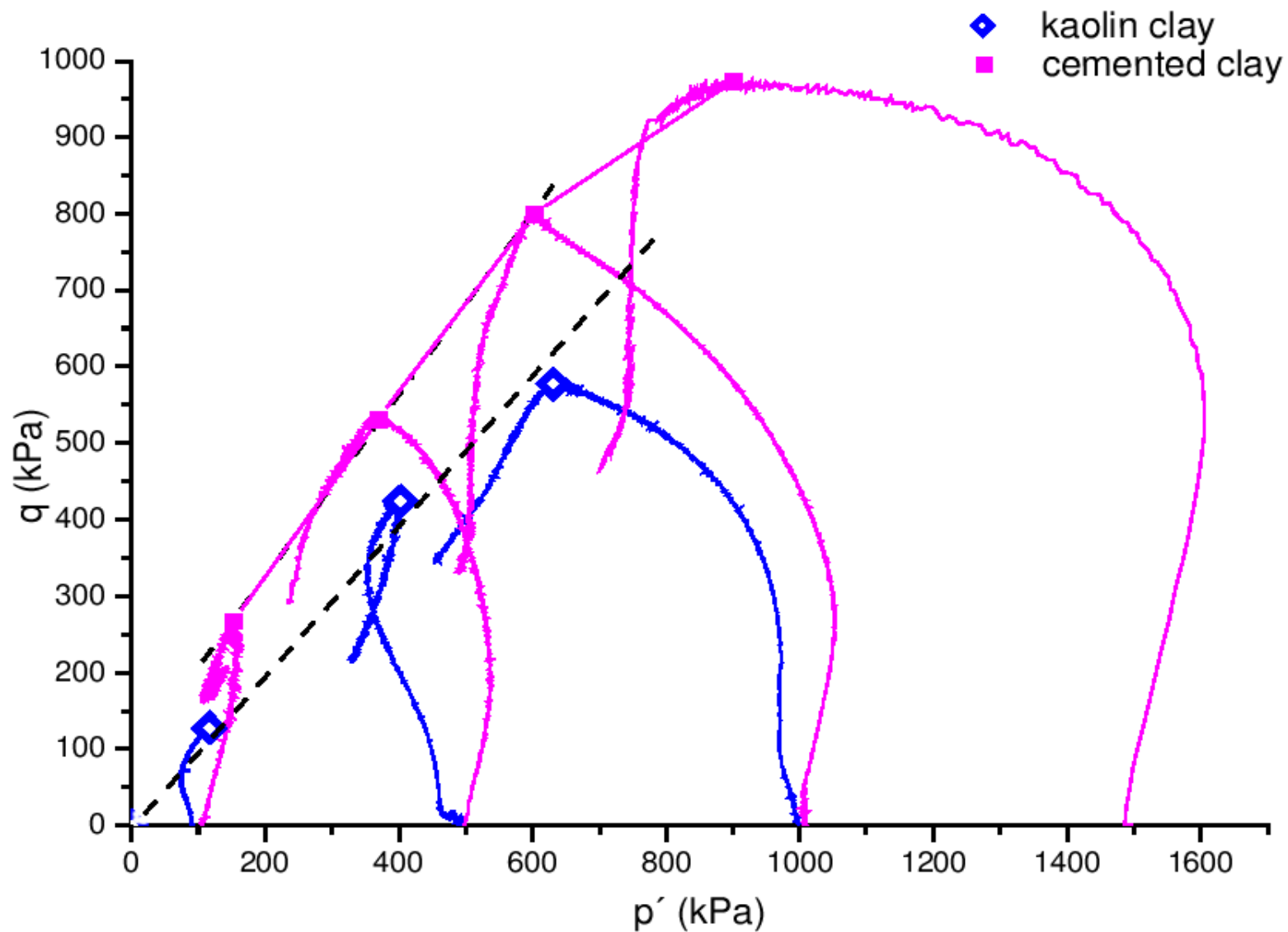
cementovaná zemina (z. se strukturou) je nad NCL rekonstituované z.



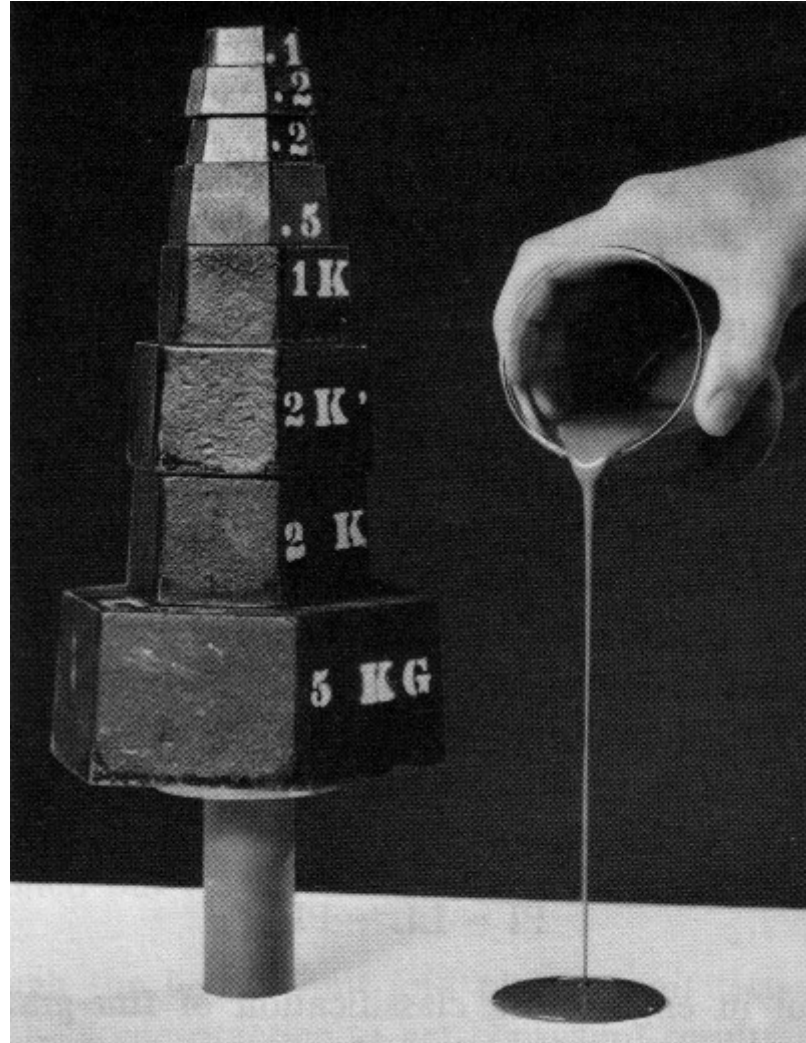
Cementace („bonding“) - laboratorní chování a numerický model



Cementace („bonding“) - pevnost



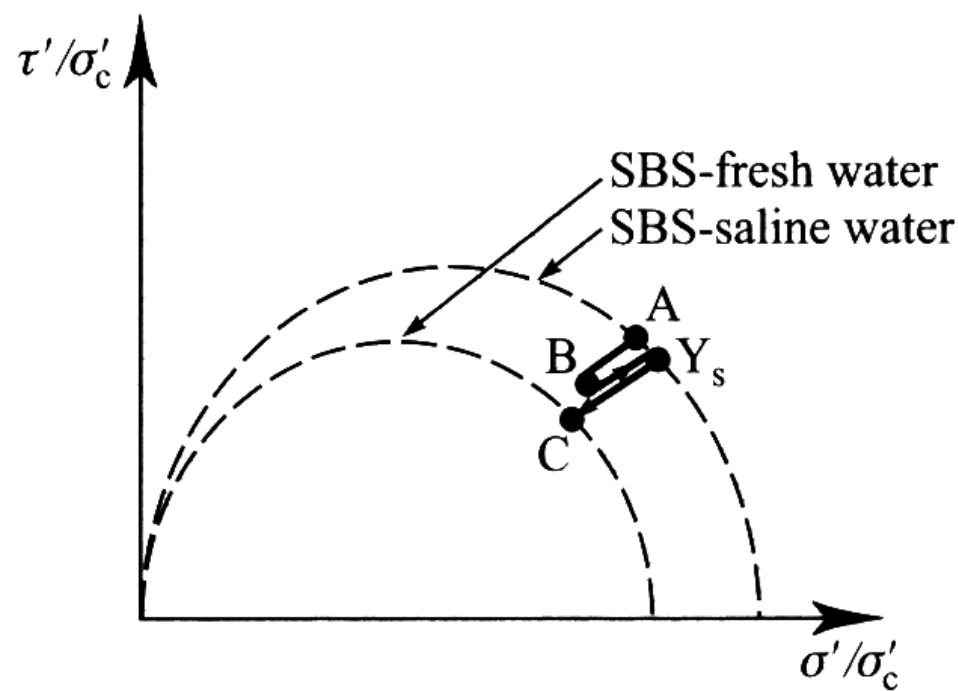
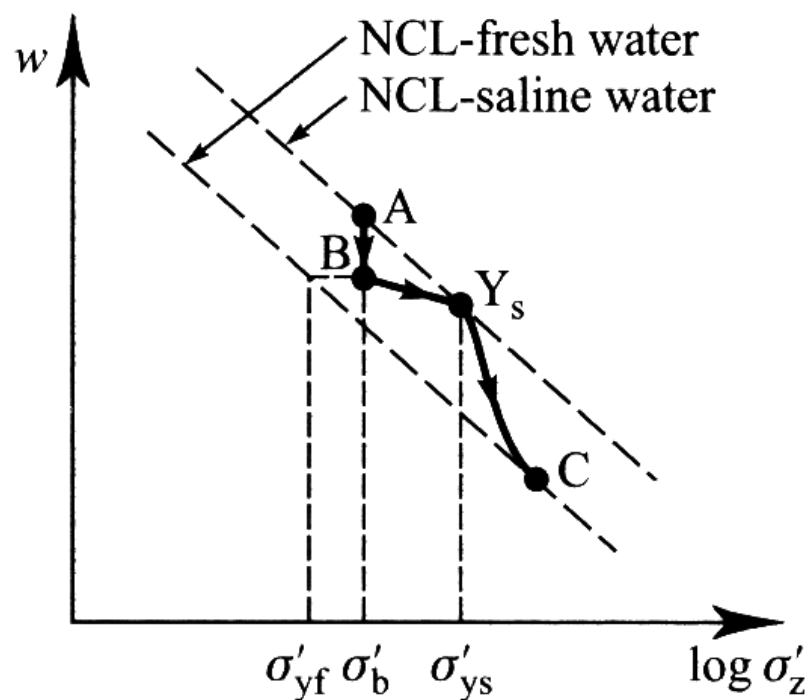
Změna salinity – „senzitivní“ jíly



Holtz and Kovacs (1981)

Změna salinity

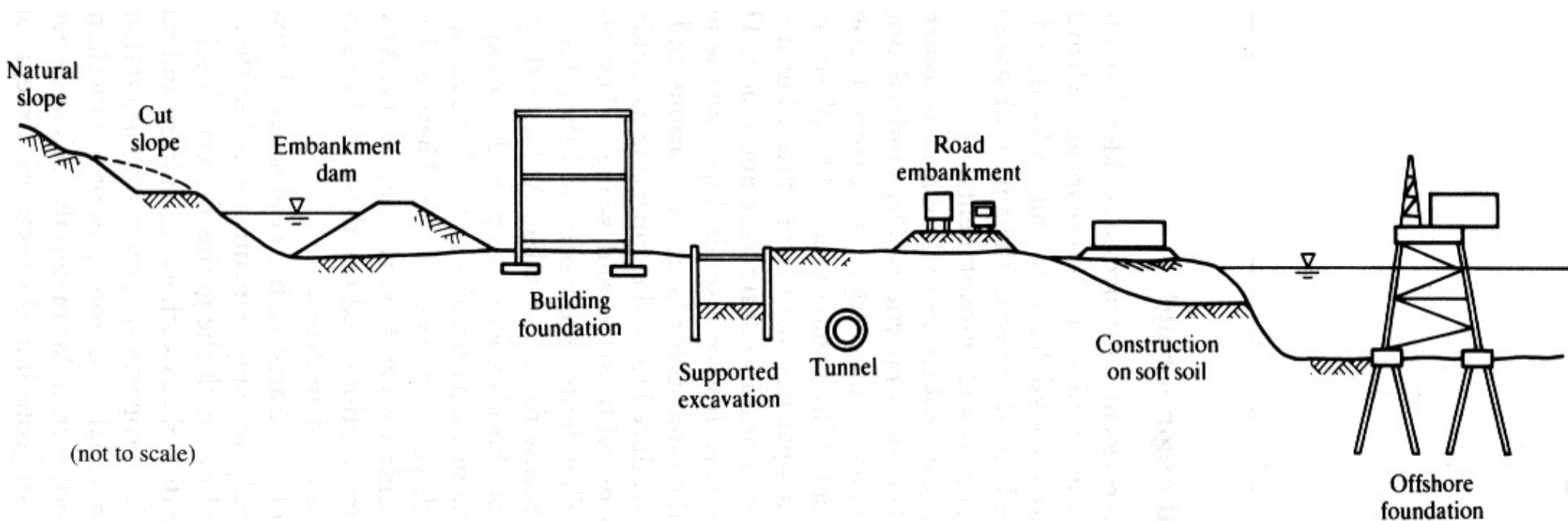
zemina sedimentovaná v mořské vodě (z. se strukturou) je nad NCL
sladkovodní z.



[1]

→ zemina přechodně existuje mimo SBS

GEOTECHNICKÉ STAVBY – aplikace IG, mechaniky zemin



NASYCENÉ ZEMINY

[1]

Tradiční dělení GT problémů:

deformační úlohy

sedání základu, náklon a posun opěrné stěny

parametry: přetvárné

stabilitní úlohy

vyčerpání pevnosti, porušení

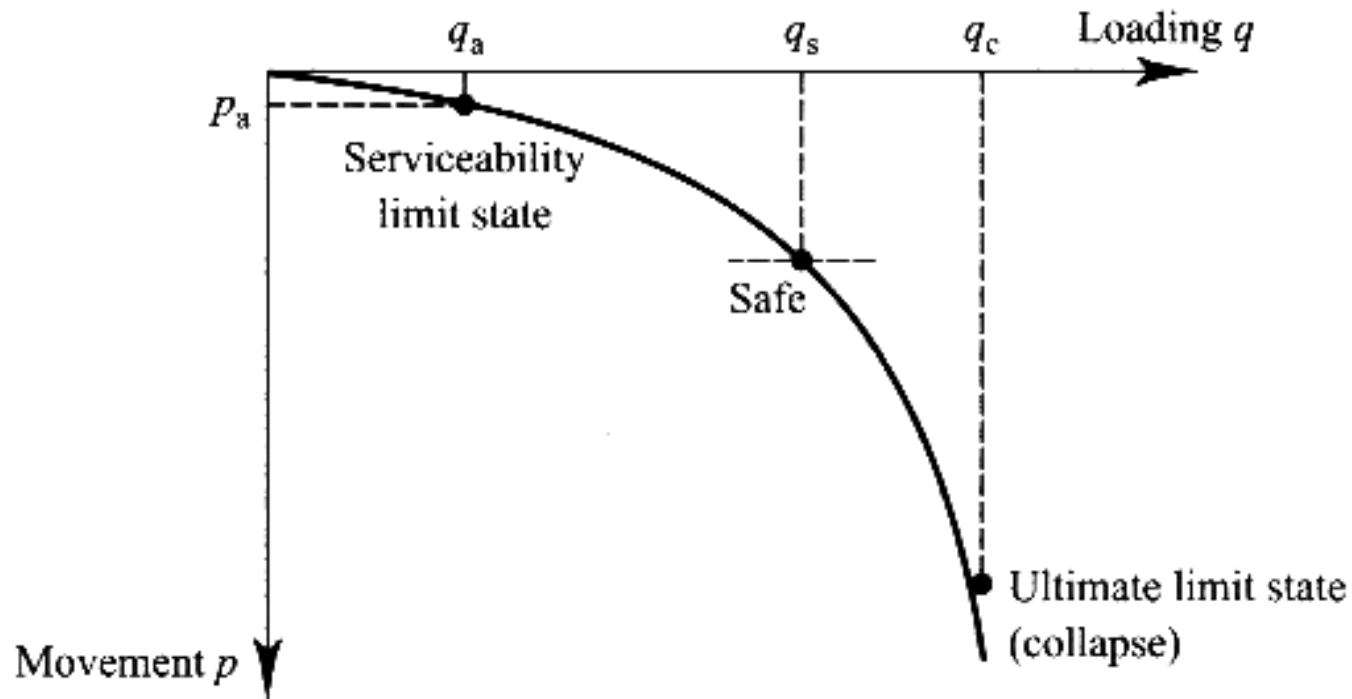
parametry: pevnost

Dělení vyplývá z obtížnosti řešení klasickými metodami mechaniky/matematiky

Numerické metody – komplexní řešení obou uměle oddělených „disciplin“

MZ2 - pouze nejjednodušší tradiční řešení; vhodná pro jednoduché úlohy a pro ověření správnosti numerických řešení

Inženýr musí zajistit, že nenastane mezní stav
 mezní stav použitelnosti „2.MS“
 mezní stav porušení „1.MS“



[1]

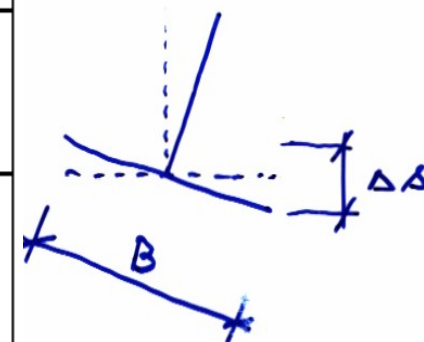
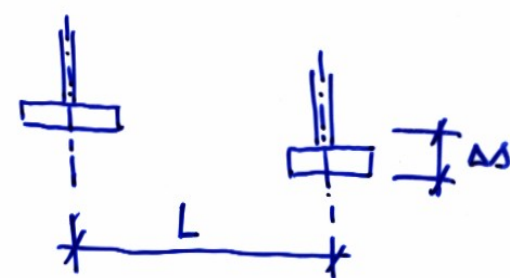
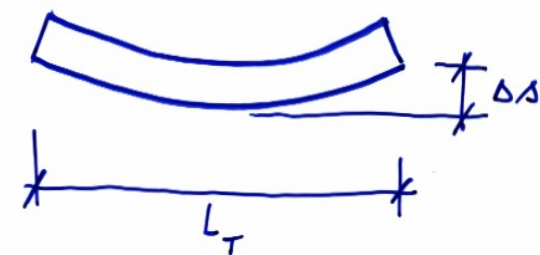
$$q_s = q_c / F_s$$

$$q_a = q_c \times L_f$$

Geotechnické úlohy

2. MZ – v české praxi – předepsaná hodnota posunu (např. sednutí – ČSN EN 1997-1 „Národní příloha“)

Druh stavby	Konečné celkové průměrné sednutí $s_{m,fin}$	Nerovnoměrné sednutí		
	Hodnota (mm)	Druh	Hodnota	Název
1. Budovy a konstrukce u nichž nevznikají vlivem nerovnoměrného sedání přidatná namáhání a není nebezpečí porušení prostupů a souvisejících konstrukcí	120	$\frac{\Delta s}{L}$	0,003 0,006	RP ÚP
2. Konstrukce				
2.1 staticky určité	100	$\frac{\Delta s}{L}$	0,005	ÚP
2.2 železobetonové staticky neurčité	60	$\frac{\Delta s}{L}$	0,002	ÚP
2.3 ocelové staticky neurčité	80	$\frac{\Delta s}{L}$	0,003	ÚP
3. Vícepodlažní skeletové budovy				
3.1 železobetonové skelety s výplňovým zdivem	60	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015	RP
3.2 ocelové skelety s výplňovým zdivem	70	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0025	ÚP
4. Vícepodlažní budovy s nosnými stěnami				
4.1 zděné z cihel a bloků se ztužujícími věnci	80	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015	RP
4.2 z velkorozměrových panelů a monolitického betonu	60	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015	ÚP
5. Železobetonové konstrukce				
5.1 Tuhé železobetonové konstrukce	200	$\frac{\Delta s}{B}$	0,003	N
5.2 Komíny do výšky 100 m	200	$\frac{\Delta s}{B}$	0,005	N
5.3 Komíny vyšší než 100 m	100	$\frac{\Delta s}{B}$	0,002	N
6. Jeřábové dráhy	50	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015	ÚP



Vysvětlivky: RP - relativní průhyb, ÚP - úhlové přetvoření, N - naklonění

Parametry pro analýzy

Parametry materiálové (skutečné) - konstanty:

např. φ_c – úhel vnitřního tření v kritickém stavu ($M = q_c/p_c'$)

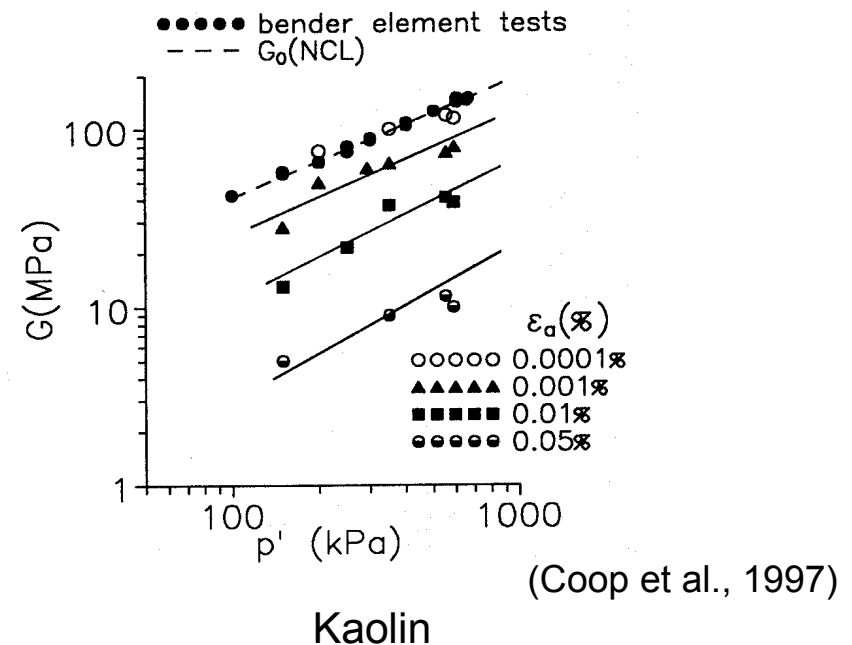
λ, Γ

Parametry závislé na stavu (nejsou skutečnými parametry, konstantami)

s_u

ale např i tzv. „dynamický“ smykový modul G_{max} , měřený GF metodami - závislý na úrovni napětí:

...atd.



Popis a klasifikace zemin:

zrnitost – hrubozrnné vs jemnozrnné → drénovaná vs. nedrénovaná událost

hrubozrnná – tvar částic

jemnozrnná – konzistenční meze → odhad parametrů

Stav:

kombinace napětí a vlhkosti ($S_r=1$)

$e(n)$

I_c

Drénované zatížení / událost

hrubozrnná zemina, pomalé přitěžování

analýza v efektivních napětích

nutná znalost pórových tlaků – z polohy HPV nebo z proudové sítě

Nedrénované zatížení / událost

jemnozrnná zemina, rychlé přitěžování

pórové tlaky neznámé – pouze totální napětí

$S_r=1$ → nulové objemové deformace, tj $K_u = \infty$, $v_u = 0,5$

Konsolidace

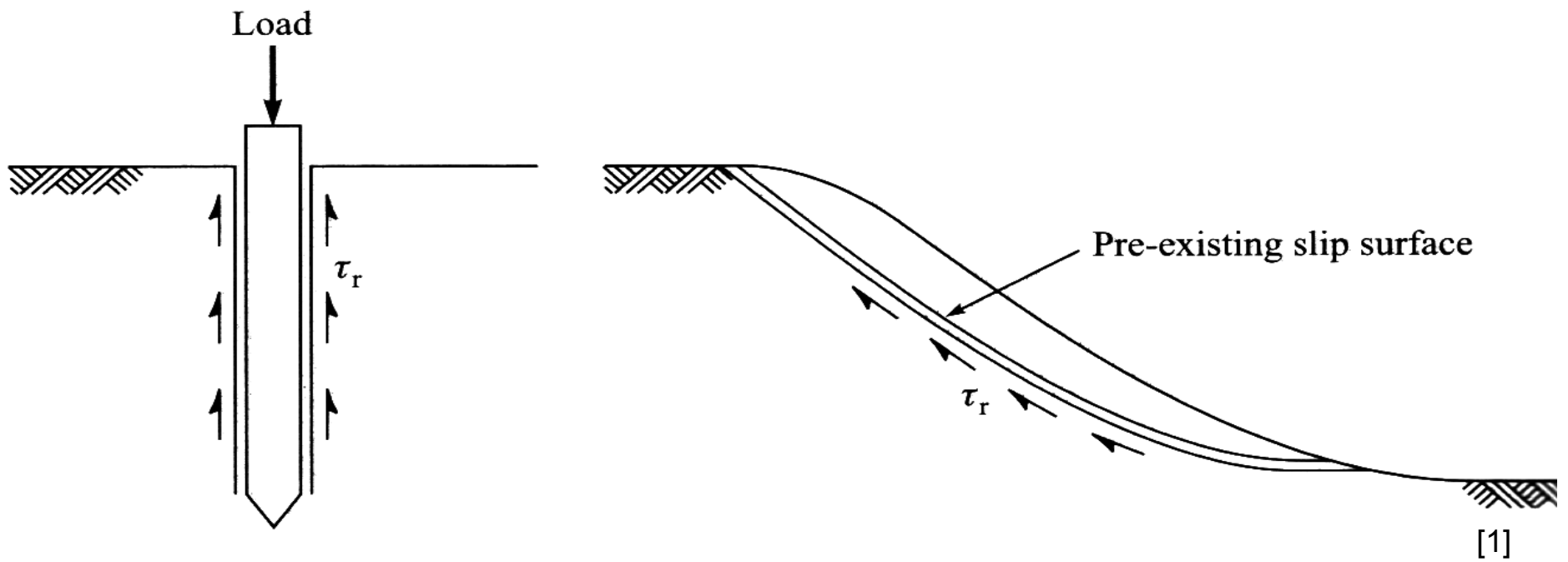
neodvodněné zatížení → změna pórových tlaků → hydraulický gradient → proudění do úplné disipace přírůstků pórových tlaků

Ve skutečnosti dochází k částečné drenáži a částečné změně pórových tlaků → tzv. sdružená analýza.

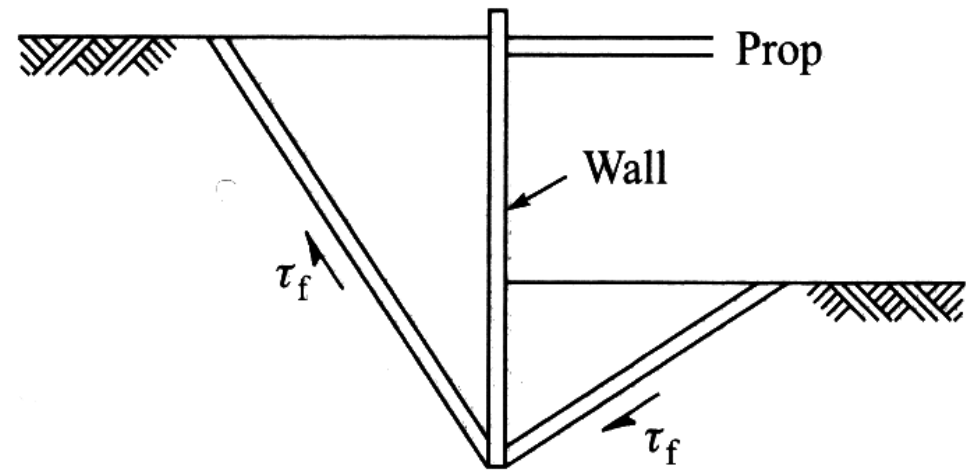
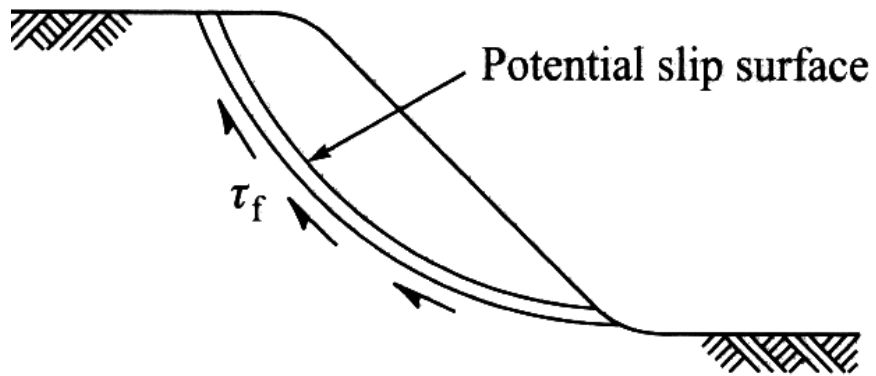
Pro jednoduché analýzy se uvažuje idealizovaný stav:

DRÉNOVANÉ nebo **NEDRÉNOVANÉ** chování

Použití reziduální pevnosti



Použití kritické pevnosti



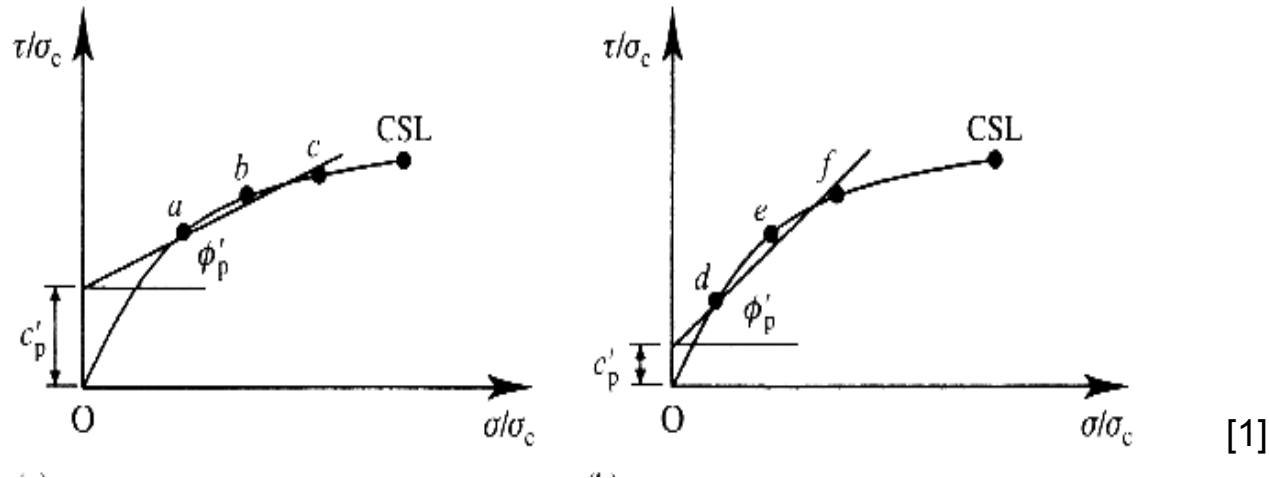
[1]

Použití vrcholové pevnosti

Pro mezní stav použitelnosti – relativně malé deformace

Nevhodná pro stabilitní analýzy

Pozor:

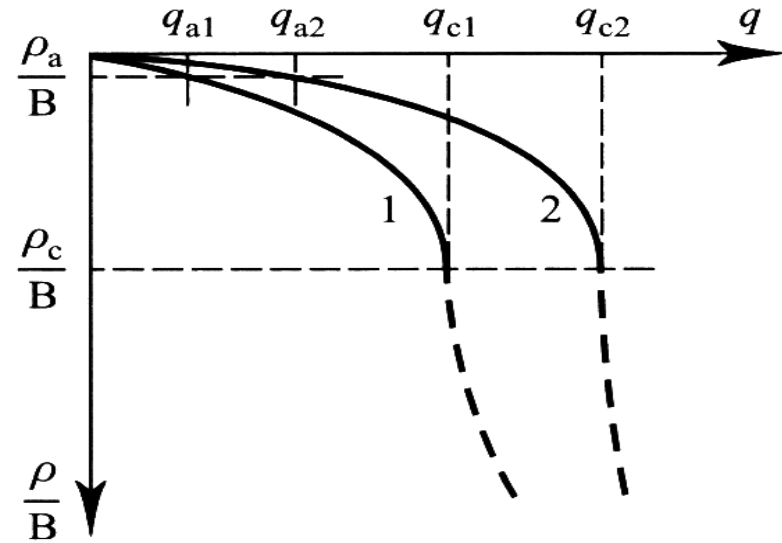
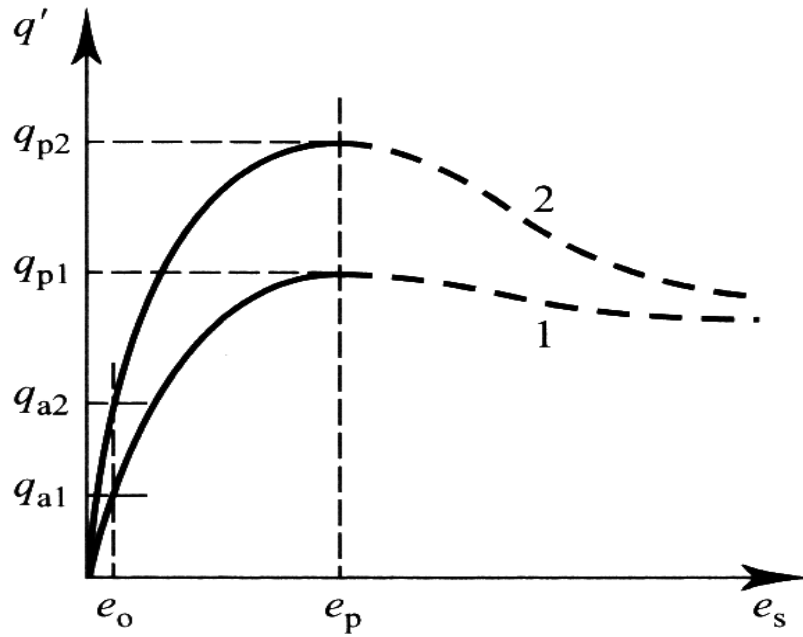


Vrcholová obálka je zakřivená, protože necementované zeminy mají $c = 0$ pro $\sigma' = 0$

Přes normalizaci přímka nevystihuje dobře vrcholovou = zakřivenou MC obálku:

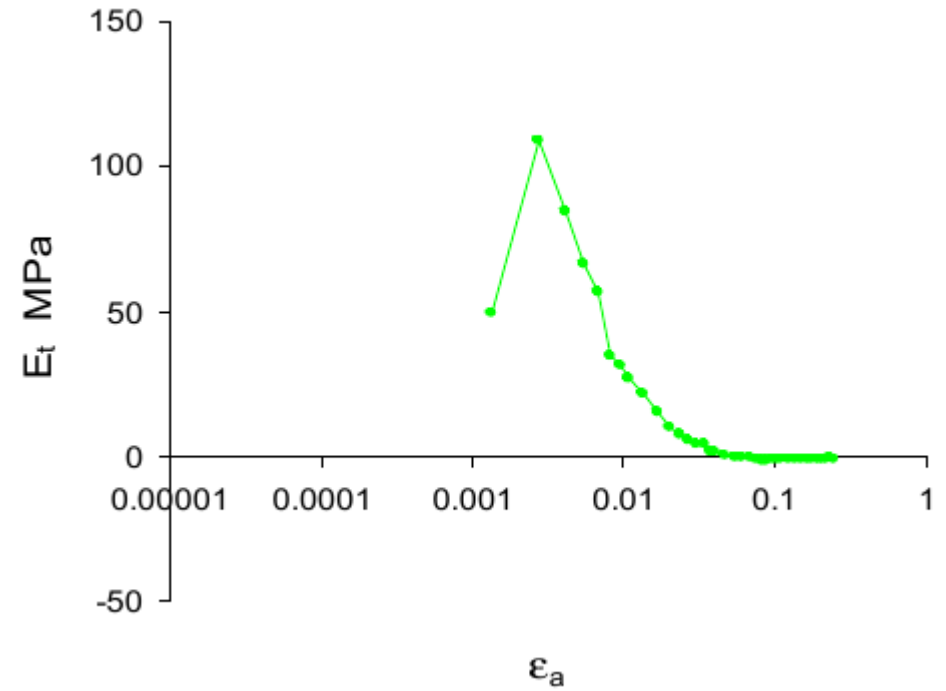
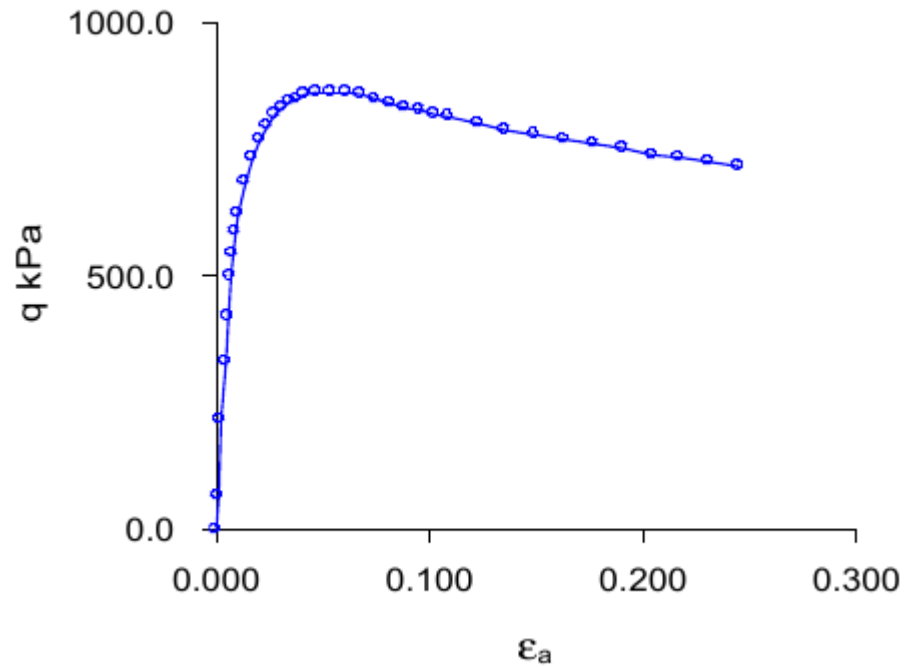
c'_p a ϕ'_p závisejí na úrovni napětí (na intervalu, v němž provedeny zkoušky)

2. MS - „Load Factor“ aplikovaný na maximální zatížení (na mezní zatížení, únosnost)

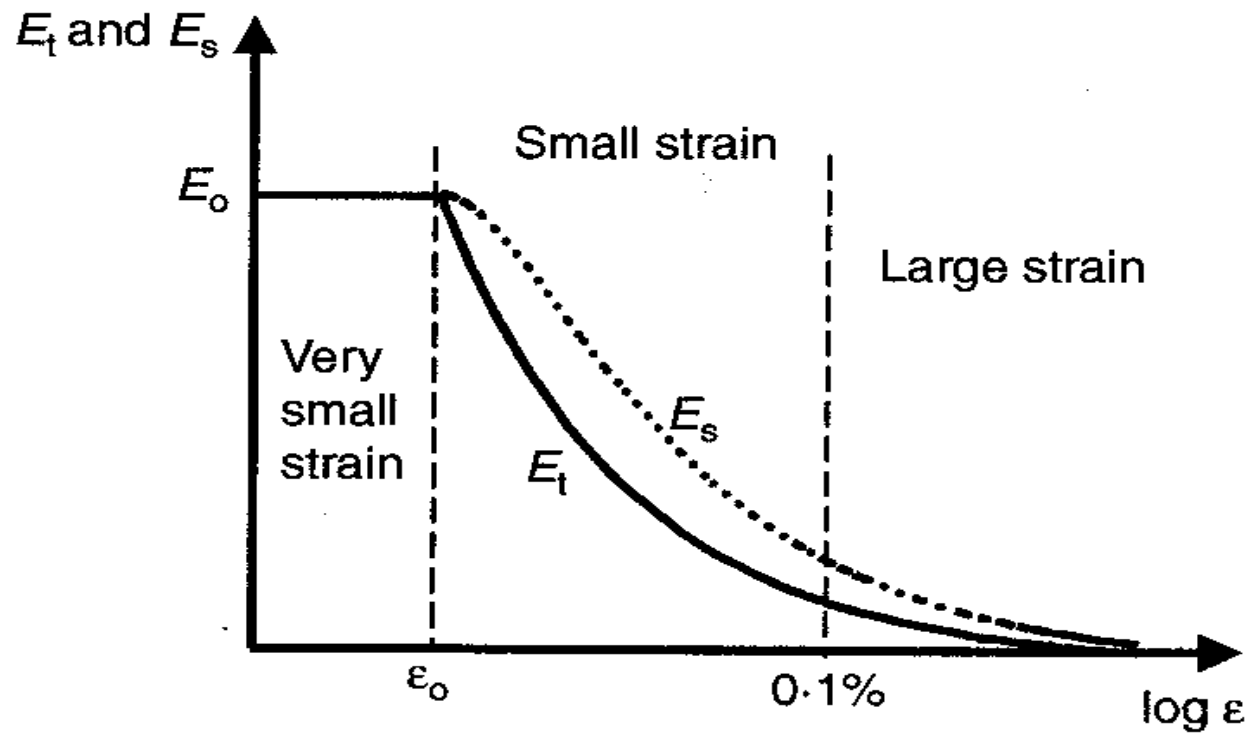


[1]

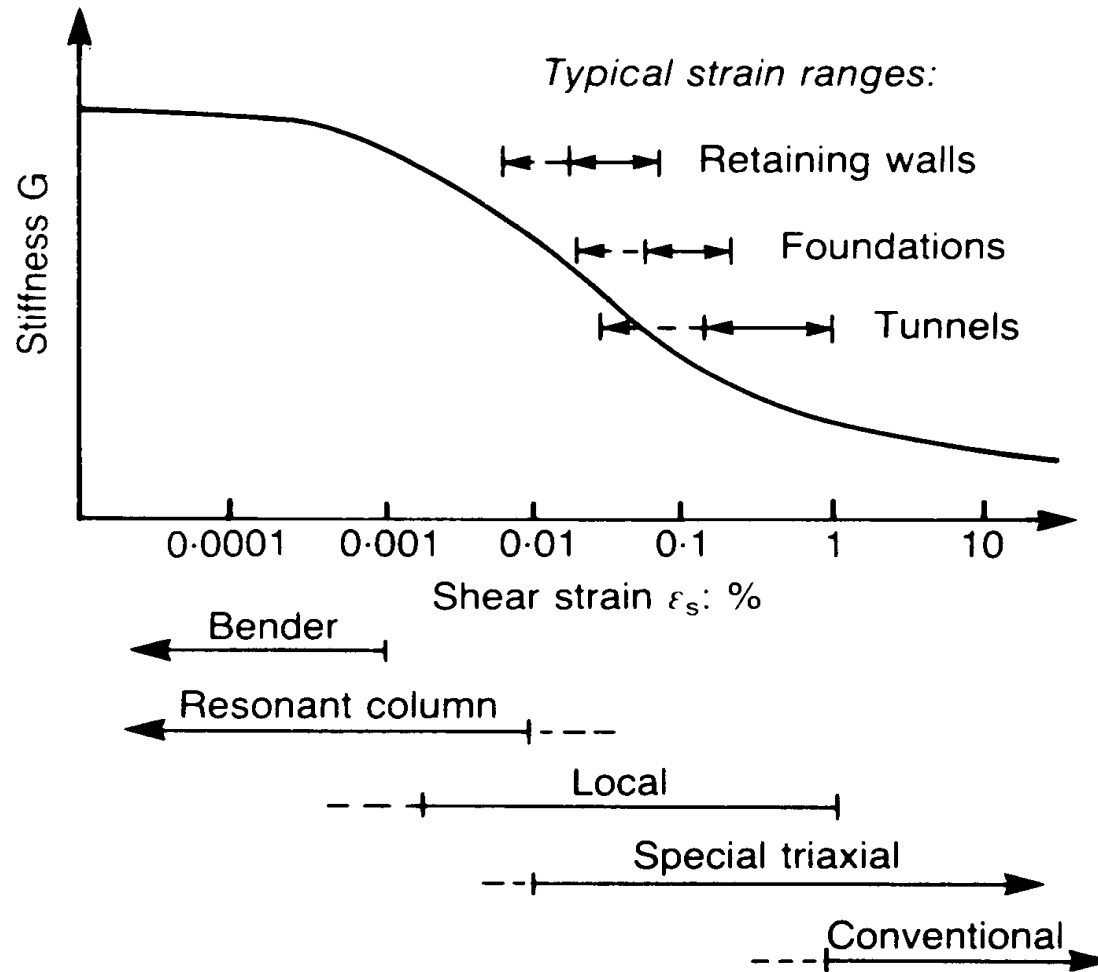
2. MS – tuhost zemin



2. MS – tuhost zemin – závislost tuhosti na úrovni přetvoření

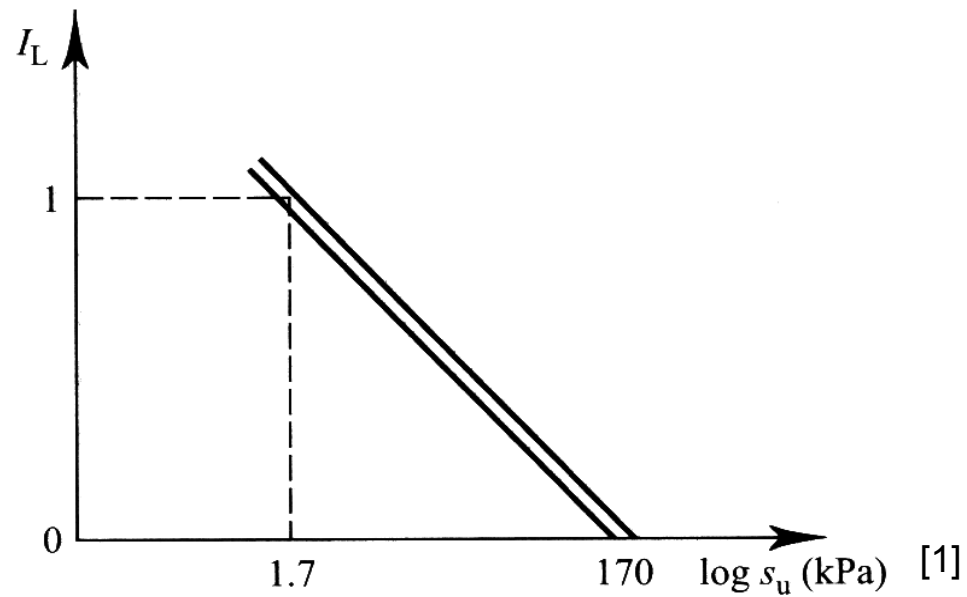


2. MS – tuhost zemin – závislost tuhosti na úrovni přetvoření



Souvislost parametrů se stavem z.

Neodvodněná pevnost s_u vs konzistence (I_C ; I_L)

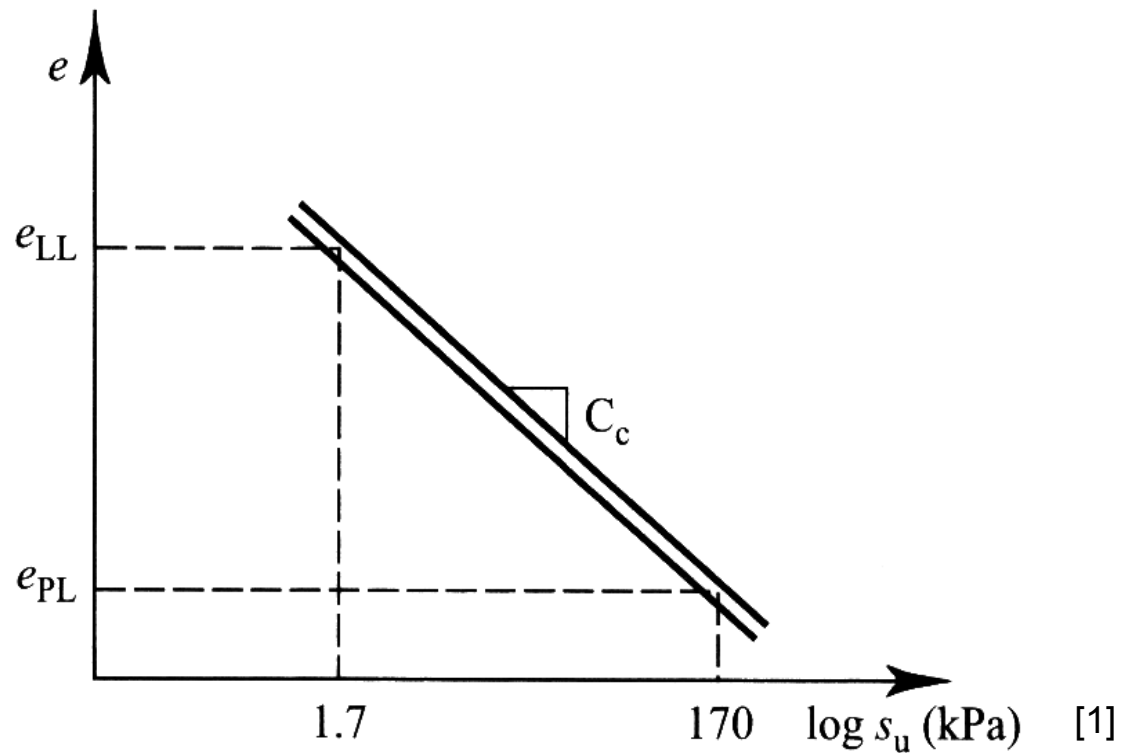


Souvislost parametrů s indexovými vlastnostmi

Stlačitelnost vs konzistenční meze (e při w_L a w_P ; $Se = wp_s / \rho_w = wG_s$)

$$e_{LL} - e_{PL} = C_c \log 100 = 2C_c$$

$$C_c = I_P G_s / 2$$



[1] Atkinson, J.H. (2007) The mechanics of soils and foundations. 2nd ed. Taylor & Francis.

Základní – povinná

- Atkinson, J. H. (2007) The mechanics of soils and foundations. 2nd ed. Taylor & Francis.
(několik výtisků je v knihovně geologické sekce; první vydání (1993) lze najít na i-netu)
Odkaz na prezentace přednášek je na <http://natur.cuni.cz/~bohac/>

Rozšiřující (omezeně dostupná na oddělení IG)

- Terzaghi, K, Peck, R.B. and Mesri, G. (1996) Soil mechanics in engineering practice. J. Wiley & Sons.
- Tomlinson, M.J. (1995) Foundation design and construction. 6th ed, Longman/J. Wiley & Sons.
- Fleming W.G.K., Weltman A.J., Randolph, M.F. and Elson, W.K. (1994) Piling engineering. 2nd ed. Blackie A&P.