

STRUKTURNÍ KOLAPS NĚKTERÝCH SPRAŠOIDNÍCH ZEMIN V KARPATSKÉ PŘEDHLUBNÌ

1

Antonín PASEKA

Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, ústav geotechniky

RESUMÉ: Triaxial testing is recommended for the volume changes in loess soils. Compare with the oedometer test the influence of the shear strains could be taken into account. This was verified on loess sediments from Brno, Czech Republic

1. ÚVOD

Zeminy s velkou pórovitostí tvoří skupinu látek, jimž je v současných geotechnických studiích věnována velká pozornost. Patří sem z našeho hlediska zejména spraše v širším smyslu, jejichž pórovitost je zpravidla větší než 40 %, dále tzv. senzitivní jíly a některé ledovcové sedimenty. Z umělých sypanin jsou chováním blízké materiály odkališť (např. n až 60 %), ale výjimečně i některé sypaniny ve stavebnictví. Že jde o materiály se složitým mechanickým chováním je patrné zejména z toho, že se k němu opakovaně vrací studie odborníků, i z toho, že i jako jednotlivci se často setkáváme s jevy, které na první pohled odporuji ustáleným pravidlům, i těm, které bývají včleněny do příslušných norem v oboru geotechniky.

Spraš je pozoruhodným sedimentem pleistocénu a tvoří velmi problematickou základovou půdu. V současnosti o spraší existuje několik tisíc publikací, které si často protiřečí.

Fyzikální podmínky chování spraší jsou velmi odlišné v jednotlivých regionech nejen ve světovém měřítku, ale i v rámci České republiky.

Autor se podílel na řešení nepředvídaných poruch objektů založených na sprašových zeminách v Brněnském regionu. Jedná se zejména o lokality Jundrov, Žabovřesky a Medlánky.

Článek je zaměřen v úzkém pohledu na studium změny objemu od zkusu, při níž se pevnost zeminy náhle (relativně) zmenší a teprve při větších zkosech se začne opět zvětšovat. Toto chování nebylo dosud dostatečně objasněno a jeho neznalost vedla (a může i v budoucnu vést) k neočekávaným poruchám staveb.

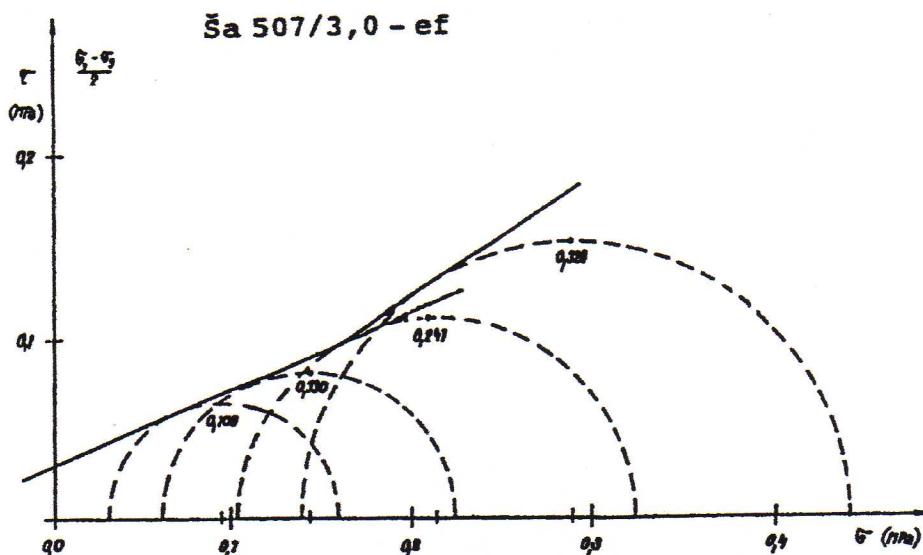
2. LABORATORNÍ ZKOUŠKY SMYKOVÉ PEVNOSTI PROVEDENÉ V TŘÍOSÉM PŘÍSTROJI

Většina výzkumů prosedavosti spraší je založena na zkouškách provedených oedometrickým přístrojem. Ukázalo se však [1], že pro studium tohoto jevu je důležité použití tříosého přístroje. Zde probíraný případ náhlého zřícení struktury spraší bylo studováno pomocí trojosých zkoušek na lokalitě Brno-Žabovřesky, kde základovou půdu pětipodlažních budov tvoří prosedavé sprašové sedimenty (původní pórovitost $n = 45\%$ a stupeň nasycení $S_r = 0,63$ až $0,71$, vlhkost na mezi tekutosti je $w_L = 35$ až 53% při indexu

2

plasticity $I_p = 12$ až $32,5\%$, obsah CaCO_3 byl zjištěn $2,2$ až 24%), jejichž mocnost je $7,6$ až $16,0\text{ m}$ a leží na povrchu souvrství neogenních jílů. Původní vlhkost základové půdy $w = 13,1$ až $21,3\%$ byla v důsledku promáčení zvýšena o 5 až 7% ; tím se změnil stupeň nasycení až na hodnotu $S_r = 100\%$. Byly provedeny zkoušky typu CIUP, a to jak při přirozeném stupni nasycení, tak i po nasycení vzorků.

Z provedených zkoušek CIUP vyplývá, že chování těchto zemin při nasycení vodou je takové, že v prvních okamžicích proniká voda do zeminy, aniž by ovlivňovala její pevnost. Teprve když se zvýší stupeň nasycení nad $0,7$ a vlhkost dosáhne kolem 24% , ztrácejí se kohezní vazby (cementační, uhličitanem vápenatým) mezi pevnějšími prachovitými částicemi a zemina pod svislým tlakem sedá. Avšak zvýšený obsah vody v pôrech bráni konsolidaci a vyvíjí se značný tlak vody v pôrech. Teprve po delší době drénováním zemina konsoliduje. Čára pevnosti v Mohrově zobrazení je tedy na počátku v malém sklonu a teprve od $\sigma = 0,12$ až $0,15 \text{ MPa}$ začíná stoupat (obr. 1)



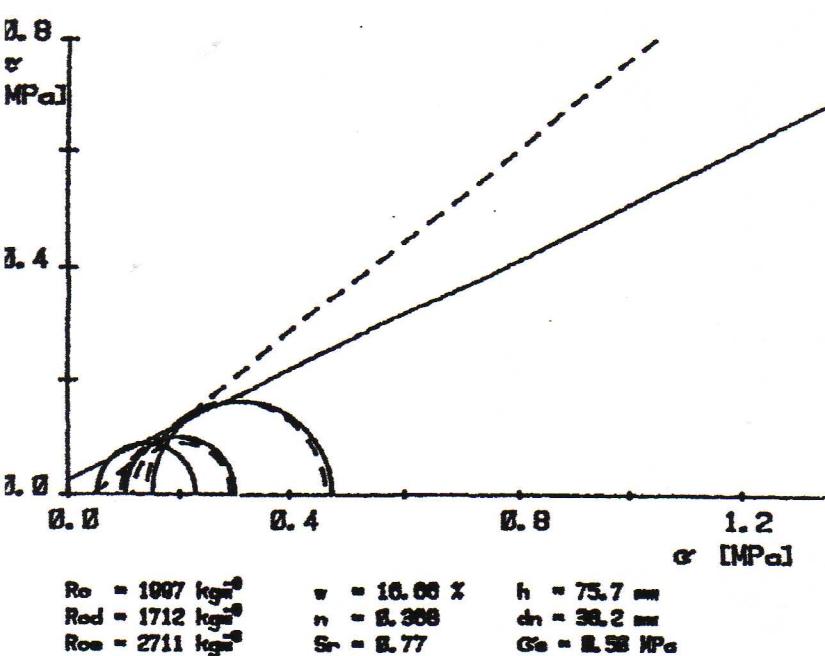
Obr. 1 Mohrův diagram v efektivních napětích, zkouška CIUP

Při cementačních vazbách uhličitanem vápenatým bude patrně proces nasycení relativně rychleji předbíhat proces změknutí. Naopak při cementaci jílovitými částicemi bude patrně stupeň nasycení při zhroucení zeminy menší.

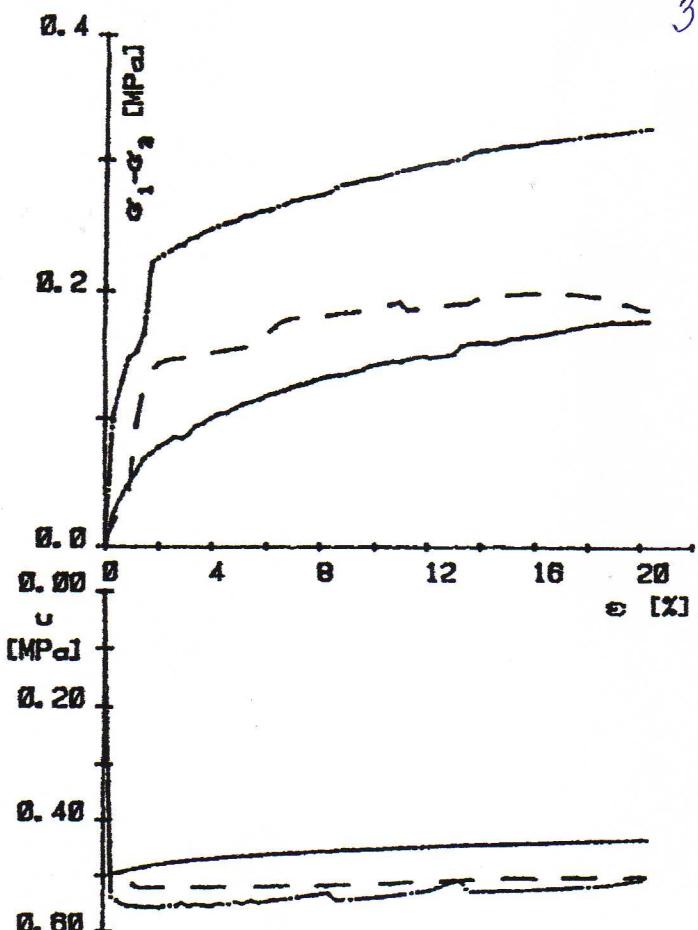
Při tlacích větších než asi $0,15 \text{ MPa}$ se skelet zeminy vlivem většího tlaku zhroutí již při malém stupni nasycení a zemina tedy nemůže vykázat větší tlaky vody v pôrech.

Ve smyslu předchozích úvah byl učiněn pokus charakterizovat účinky kolapsu na postupný smykový odpor. Vzhledem k časové náročnosti a nákladnosti zkoušek to bylo uskutečněno tak, že se jedna skupina vzorků napřed nasytila a pak teprve namáhala smykiem, druhá skupina se v přirozeném stavu namáhala smykiem. Sycení jednoho zkušebního těleska probíhalo cca 7 až 12 dní.

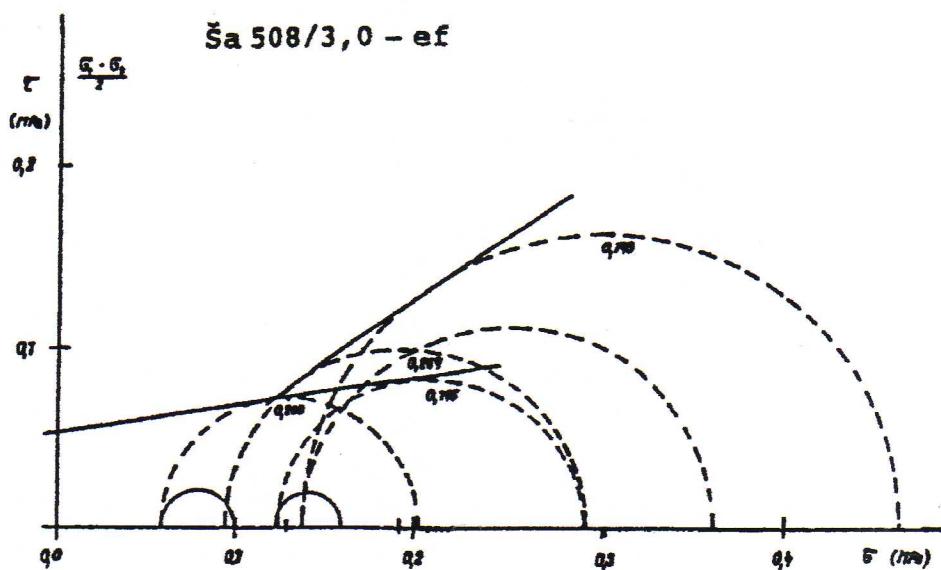
Nejprve pojednáme o předsycených vzorcích zemin. Na obr. 2 vpravo jsou znázorněny zkušební diagramy, vlevo Mohrovo znázornění, které je pak v detailu na obr. 3. Ve vrcholech Mohrových kružnic je připsaná pórovitost n .



Obr. 2A Diagram v efektivních
a totálních napětích



Obr. 2B Pracovní diagram
a tlak vody v pórech



Obr. 3 Detail obr. 2A

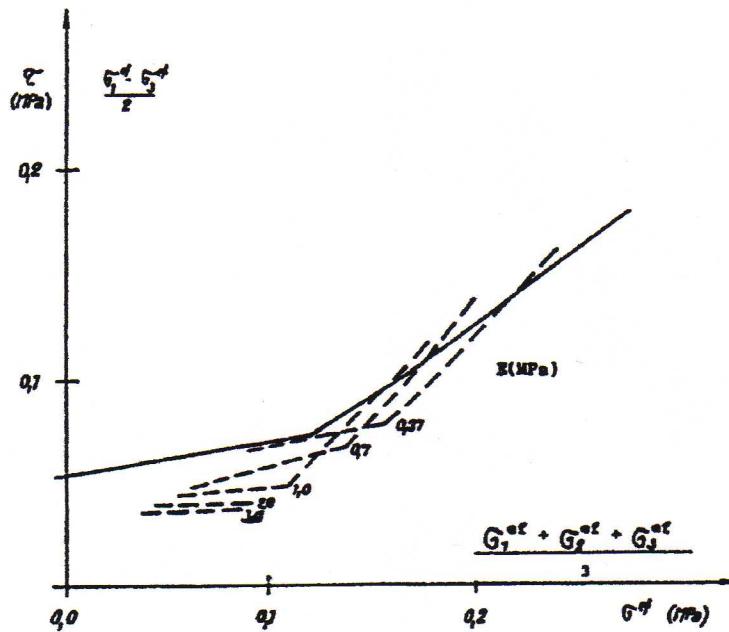
Pisatel se domnívá, že je pozoruhodné, že předsycení vzorku (při všeobecném stejném σ_3) vyvolalo jen velmi malé zhroucení struktury, kdežto hlavní podíl zhroucení nastal po uplatnění smykového namáhání. Tím by snad bylo možné vysvětlit, proč selhává kriterium prosedavosti založené na oedometrických zkouškách. Za povšimnutí snad stojí, že vzorek s největším pláštovým tlakem (0,65 MPa, obr. 2) vykazuje při dostoupení pevnosti již první znaky přechodu od vláčného do křehkého chování, neboť se zde projevují náznaky vzniku tenké kluzné plochy.

Většina tříosých zkoušek spráší vykazuje, že hranice mezi křehkým a vláčným chováním je při pláštovém tlaku kolem asi 0,1 MPa. Ale i křehkému chování předchází oblast zmenšení objemu v důsledku zvětšení σ_1 a to vede ke zmenšení objemu a zvětšení tlaku vody v pôrech. Tyto jevy vnášejí do rozboru zkoušek komplikace, které v oblasti zkoušení nakypřených jemnozrnných zemin bývají různě a někdy snad i nejasně vysvětlovány, např. odkaz na Hvorslevovu teorii pevnosti [2], [5]. Ale respektujeme přitom i tvrzení, že u spráší vzhledem k jejich struktuře, tolik odlišné od písků, nelze poznatky o těchto rozdílných látkách slučovat. Pisatel se domnívá, že tyto rozdíly se projeví právě při cílevědomě řízených zkouškách, při nichž se vhodně rozeznává vliv zvodnění od vlivu smykového namáhání.

Modul přetvárnosti E stanovený neodvodněnými tříosými zkouškami byl vypočten pro lokalitu Žabovřesky:

$$E = \frac{\Delta \sigma_1^e - 2\nu\Delta\sigma_3^e}{\Delta\varepsilon_1} \cdot 100$$

Změna modulu E (MPa) je pro uvedenou lokalitu znázorněna na obr. 4.



Obr. 4 Modul deformace (E) stanovený triaxiální zkouškou.

Do Mohrova zobrazení vkládáme isolinie E, kterýžto způsob zobrazení je velmi vhodný a dovoluje použít Mohrova zobrazení i k znázornění proměnlivosti přetvárných vlastností. Zároveň je tam možné zakreslit stopy napjatosti při různých zkouškách.

Z uvedeného obrázku je patrné, jak se E mění s měnícím se stavem napjatosti. S rostoucí intenzitou tlakového namáhání a to do 0,08 až 0,11 MPa zůstává přibližně konstantní, při dalším zvyšování tlakového namáhání se pak E zvětšuje. Podobně se E chová při zvyšující se intenzitě smykového namáhání $(\sigma_1^{\text{ef}} - \sigma_3^{\text{ef}})/2$, tj. nejprve je přibližně konstantní a při zvyšujícím se smykovém namáhání se pak naopak zmenšuje.

3. ZÁVĚR

Z provedeného šetření lze vyvodit závěr, že pro navrhování staveb ve sprašových oblastech nelze vystačit s jednoduchými pravidly o prosedavosti spraší. Na podkladě dosažených výsledků k prosedání může u jemnozrnných zemin docházet, vyskytuje-li se některá z těchto podmínek:

- a) zemina je eolického původu;
- b) obsah prachové složky > 60 % hmotnosti suché zeminy;
- c) stupeň nasycení $S_r < 0,7$; mez tekutosti $w_L < 50 \%$;
- d) pórovitost $n > 40 \%$ a současně i jejich vlhkost $w < 20 \%$;
- e) při projektech násypů nebo lehčích staveb na skloněných územích nevycházet z předpokladů, že nenasycená zemina na svahu nemůže být namáhána většími smykovými napětími, než jsou dány úhlem sklonu svahu α . A že tedy stupeň bezpečnosti F je dán poměrem $\text{tg}\phi/\text{tg}\alpha$, kde je ϕ klasický úhel pevnosti zeminy. Zmenšující se objem zeminy při zkusu a kluzu, zvláště po navlhčení, dodává další energii k vývoji kluzových jevů;
- f) provádět podrobný průzkum smykové pevnosti. Pokud by tento požadavek nebylo možné včas splnit, nepřipustit větší úhel smykového namáhání než 10° ;
- g) větší odkryté plochy sprašových zemin by měly být zřizovány se spádem min. 2 % a chráněny málo propustným pokryvem po dobu výstavby. Zabezpečit je tak, aby nevznikala zamokřená místa. Vyvarovat se zřizování vodorovných ploch;
- h) inženýrské sítě vedoucí vodu uložit do výkopů s řádným drenážním systémem.

4. LITERATURA

- [1] Audrie, T., Bouquier, L. (1976): Collapsing behaviour of some loess soils from Normandy. Q. J1 Engng. Geol. Northern Ireland.
- [2] Hvorslev, M. J. (1937): Über die Festigkeitseigenschaften gestörter bindiger Böden. Can. Geot. Journ.
- [3] Paseka, A., Procházka, J. (1988): Naklánění devítipodlažních budov v Brně-Jundrově Sborník konference Zakládání 88, Brno
- [4] Paseka, A., Drobničková, H., Stehlíková, V. (1992): Příčiny poruch objektů rozvodny VN v Brně-Medlánkách. Sborník konference u příležitosti jubilea V. Mencla. Brno
- [5] Sladen, J. A., Hollander, R. D., Krahn, J. (1985): The lignefaction of sands a collapse surface approach. Can. Geot. Journ.