



**Oponentský posudek doktorské disertační práce Mgr. Jany Trhlíkové s názvem**  
***Mechanické chování zpevněných jemnozrnných zemin – simulace neporušených vzorků***

**Úvod**

Mechanické chování zpevněných jemnozrnných zemin je tématem, o které má zájem jak praxe, tak i výzkum. Praxe proto, že zpevněné zeminy se vyskytují nejen v přírodě, ale bývají čím dál tím více produkovány i uměle, především v rámci zlepšování zemin málo vhodných pro stavební účely. Řada aplikací je v předstihu k naším dnešním znalostem a zakládá se na ryze empirickém přístupu. Tato situace by stačila na to, aby výzkum zpevněných zemin byl vyžadován a podporován. K tomu se připojuje množství efektů a jevů, které jsou specifické pro zpevněné zeminy a které výrazně zvyšují atraktivitu tohoto tématu pro vědecké bádání. Předložená disertace se zaměřuje na systematický experimentální popis chování zpevněných zemin, k čemuž využívá moderní laboratorní techniku na světové úrovni.

**Obsah**

První kapitola disertační práce představuje rozsáhlou rešerši dosavadních poznatků o vzniku přírodních i uměle zpevněných zemin a o činitelích jejich zpevnění. V první části se autorka věnuje jak mineralogickým, tak i chemickým a strukturním faktorům. Při tom se jí v řadě případů daří nalézat vztahy k mechanickým vlastnostem, na které se soustředí ve své vlastní experimentální práci. Následující část o mechanickém chování zpevněných zemin shrnuje stav poznání přímo ve vztahu k plánovaným laboratorním zkouškám, a tím vymezuje oblasti, které vyžadují další zkoumání. V závěru první kapitoly pak doktorandka popisuje základní myšlenky materiálových vztahů používaných pro popis zpevněných zemin.

Jednostránková druhá kapitola definuje tři hlavní cíle disertace: výrobu vzorků zpevněné zeminy, jejich testování při stlačování a smykání v oboru velmi malých až velkých přetvoření a vyhodnocení smykového modulu při malých přetvořeních

Třetí kapitola popisuje výrobu rekonstituovaných vzorků z kaolinitického jílu a Portlandského cementu. Rovněž shrnuje vlastnosti obou složek samostatně i ve směsi, včetně snímků ze skenovacího elektronového mikroskopu a difrakční analýzy.

Chování zpevněných vzorků při zkouškách stlačitelnosti je obsahem čtvrté kapitoly. Oedometrické zkoušky byly prováděny s řízeným zatěžováním a vykazují konzistentní výsled-

ky – nárůst zdánlivého překonsolidačního napětí se stupněm zpevnění, charakterizovaným množstvím cementu a dobou zrání. Naměřené součinitele stlačitelnosti v závislosti na zatížení jsou cennými výsledky pro kvantifikaci mechanické odezvy zpevněných zemin. Poněkud schází vyhodnocení závislosti mezi zdánlivým překonsolidačním napětím a množstvím cementu (příp. časem zrání) v samostatných diagramech. Oedometrické zkoušky byly doplněny zkouškami izotropní stlačitelnosti, které vykazují obdobné výsledky jako oedometrické zkoušky. Ačkoli to nepatřilo mezi cíle disertaci, bylo by jistě užitečné využít získaná experimentální data k popisu časově závislé stlačitelnosti pomocí součinitele konsolidace a určit součinitel propustnosti v závislosti na stupni zpevnění a úrovni napětí.

Výsledky smykových zkoušek v triaxiálním přístroji a krabicovém smykači se zabývá pátá kapitola. V rámci triaxiálních zkoušek byly provedeny i měření smykového modulu při malých přetvořeních pomocí *bender elements* a lokálních snímačů posunů umístěných přímo na vzorku. Dle očekávání způsobuje nárůst cementace vyšší soudržnost a křehčí chování s výraznějším povrcholovým změkčením. Je potěšitelné, že se doktorandka pokusila vysvětlit tendenci k dilatantnímu chování v neodvodněných triaxiálních zkouškách na základě literatury zabývající se vlivem kyselosti (pH součinitelem) vody na mechanické vlastnosti jílu. Také správně poukázala na spornou interpretaci výsledků zkoušek v povrcholové oblasti zahrnující lokalizaci deformace ve smykových zónách. Proto je poněkud zarážející, že pro krabicové smykové zkoušky vyhodnotila objemové přetvoření  $\varepsilon_v$ , které se vztahuje pouze k chování smykové zóny a ne celého vzorku. Také schází údaje o úhlu vnitřního tření, který byl určen z krabicových zkoušek, a o soudržnosti v závislosti na množství cementu (tyto údaje se dají vyhodnotit z obr. 5.5).

Naměřené smykové moduly  $G_0$  při malých deformacích jsou významným přínosem disertace a jejich interpretaci jsou věnovány dvě následující kapitoly. V šesté kapitole se tyto moduly porovnávají s empirickým vztahem mezi  $G_0$ , ekvivalentním napětím  $p_e$  a stavem struktury  $s$ . Naměřená data se tímto vztahem dají dobře aproximovat, takže lze určit parametry tohoto vztahu. Přesto zůstává nejasné, jestli se smykový modul  $G_0$  po dosažení zdánlivého překonsolidačního napětí s dalším nárůstem napětí zvyšuje nebo nejprve snižuje. Tuto otázku doktorandka objasňuje pomocí hypoplastického modelu pro sktrukturované zeminy navrženého D. Mašinem a ukazuje, že se nejedná o rozpor, nýbrž o závislost na rychlosti degradace struktury.

V sedmé kapitole používá doktorandka své výsledky ke kalibraci hypoplastického modelu zmíněného výše. Je jisté, že vzhledem k oblíbenosti hypoplastického modelu pro simulaci geotechnických problémů bude o takto určené parametry značný zájem jak domácích, tak i zahraničních výzkumníků a expertů.

Osmá kapitola shrnuje výsledky disertace. Bohužel se zde nenabízí žádný pohled na nevyřešené otázky, kterých by se mohl týkat navazující výzkum. Nebylo by například užitečné vědět, jaké by bylo chování původně zpevněných vzorků po jejich opětovném rekonstituování,

tj. vliv cementu mimo vazby na chování jílu?

### **Hodnocení**

Práce je napsaná v dobré angličtině a text je srozumitelně formulován. Grafická úprava by však mohla být pečlivější – řada převzatých obrázků a diagramů je ve velmi špatné kvalitě na hranici čitelnosti.

Mei nejdůležitější výsledky předložené disertace patří konzistentní výsledky experimentů se zpevněnými zeminami od velmi malých až po velká přetvoření nejen při smykání, ale i při stlačování. Tyto výsledky umožnily kalibraci hypoplastického modelu pro zpevněné zeminy, pro které tyto parametry doposud nebyly k dispozici. Za zmínku stojí i velmi rozsáhlá a fundovaná rešerše odborné literatury.

Závěrem lze konstatovat, že disertační práce Mgr. Trhlíkové je na vysoké odborné úrovni a přináší celou řadu nových a významných výsledků. Předloženou práci lze bez nejmenších pochybností doporučit k obhajobě.

Dresden, 22.8.2013

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle