

Doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.
Ústav geotechniky
Fakulta stavební VUT Brno

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Autor: Mgr. Jana Trhlíková

Mechanical behaviour of cemented fine-grained soils – simulation of undisturbed samples *(Mechanické chování zpevněných jemnozrnných zemin – simulace neporušených vzorků)*

Školitel: Ing. Jan Boháč, CSc.

Školitel-konzultant: Doc. RNDr. David Mašín, Ph.D.

Dopisem ze dne 1. 7. 2013 jsem byl požádán o vypracování oponentního posudku doktorské práce na téma „“, kterou vypracovala Mgr. Jana Trhlíková. Po prostudování předložené práce předkládám komisi pro obhajobu disertačních prací v doktorském studijním programu „Aplikovaná geologie“, Universita Karlova v Praze posudek s těmito komentáři a závěry:

1. Obsah práce

Předložená práce je rozdělena do osmi kapitol a to v rozsahu 108 stran včetně obrázků a grafů.

První kapitola shrnuje dosavadní poznatky k řešené problematice. Autorka tuto problematiku rozdělila na popis cementačních vazeb vzniklých během přirozeného vývoje zeminy a uměle vytvořených. Součástí této kapitoly je i rekapitulace doposud provedeného výzkumu vlivu cementačních vazeb na stlačitelnost, smykovou pevnost, smykovou tuhost a přehled konstitučních modelů zahrnujících vliv struktury.

Druhá kapitola podává informaci o cílech disertační práce.

Stěžejními kapitolami práce jsou kapitoly 3 až 7. Třetí kapitola se věnuje přípravě vzorků. Je zde uveden rozbor jednotlivých komponent (kaolin + portlandský cement) pro výrobu uměle vytvořených cementačních vazeb a dále popisuje metodiku přípravy zkušebních vzorků.

Čtvrtá kapitola prezentuje laboratorní práce zabývající se jednoosou a izotropní stlačitelností, která byla provedena jak na jemnozrnných zeminách s cementačními vazbami, tak i na zeminách, které tyto vazby postrádají. Je zde zkoumán vliv cementačních vazeb ve vztahu

k množství pojiva a době zrání vzorku. Zkoušky stlačitelnosti prokázaly vliv cementačních vazeb při tomto způsobu namáhání vzorku, který je patrný až do tzv. Prahového napětí. Po jeho překročení dochází ke snížení tuhosti zeminy v důsledku porušení cementačních vazeb.

Obsahem páté kapitoly je shrnutí poznatků z laboratorních zkoušek zaměřených na zjištění smykové pevnosti a její závislost na přítomnosti cementačních vazeb. I v tomto případě byly provedeny dva typy zkoušek: smyková krabicová zkouška a trojosá zkouška CIUP. Časově méně náročná smyková krabicová zkouška byla zvolena za účelem ověření vlivu množství pojiva na obálku pevnosti. Výsledky této zkoušky prokázaly, že obálka pevnosti zeminy roste se zvyšujícím se podílem cementačních vazeb. Významnější a důležitější část popisu smykového chování zpevněné zeminy představují výsledky získané z CIUP zkoušek, které potvrdily výše uvedený závěr o pozitivním účinku cementačních vazeb na smykovou pevnost. Součástí kapitoly je i ověření vlivu zpevnění zeminy na tuhost při malých přetvoření. K jejímu stanovení byly použity ponorné snímače LVDT a tzv. Bender elementy. Vliv cementačních vazeb se projevil zvýšením smykové tuhosti a rovněž konstantní velikostí smykové tuhosti při rostoucím středním efektivním napětím, dokud nebylo dosaženo prahového napětí. Po překročení prahového napětí vykazuje redukce smykové tuhosti zpevněné i nezpevněné zeminy podobný trend. Srovnání průběhů smykové tuhosti měřené Bender elementy a LVDT snímači dále prokázaly její závislost velikosti přetvoření.

Na základě výsledků z předchozích kapitol je v šesté kapitole představeno rozšíření vztahu závislosti smykové tuhosti na napětí a na nestabilní struktuře zeminy. K popisu nestabilní struktury je použit koncept sensitivity, ve kterém sensitivity představuje stavovou proměnnou. Modifikovaný vztah pro smykovou tuhost byl verifikován na základě laboratorních výsledků z disertační práce a odborné literatury.

Na tuto kapitolu navazuje kapitola sedmá, ve které jsou popsány matematické simulace laboratorních, při kterých byl použit hypoplastický model pro jemnozrnné zeminy s nestabilní strukturou. Výsledky získané z numerických simulací byly porovnány s experimentálně získanými průběhy izotropního stlačování, CIUP zkoušek a tuhostí v závislosti na velikosti přetvoření.

Poslední, osmá kapitola, shrnuje nejdůležitější poznatky, výsledky disertační práce

2. Aktuálnost tématu

Problematika cementovaných zemin, kterou se předložená disertační práce zabývá, představuje v rámci geotechniky velmi aktuální téma. Při optimální navrhování geotechnických konstrukcí hraje důležitou roli přesnost popisu mechanického chování zemin. Proto znalost a zohlednění vlivu struktury (v tomto případě vazeb mezi částicemi - cementace) na mechanické chování jemnozrnných zemin je velmi důležité. Pro objasnění jejího vlivu na mechanické chování zemin bylo v rámci disertační práce provedeno velké množství laboratorních zkoušek, které umožnily tento vliv struktury analyzovat. Poznatky prezentované v práci tak umožňují získat komplexnější představu o chování zemin s ohledem na jejich strukturu (cementační vazby), a to nejen zemin přírodních, ale i zemin zlepšených pojivem in-situ.

3. Metody zpracování

Disertační práce je založena na laboratorním testování zemin zpevněných cementačními vazbami. Rozsáhlý soubor výsledků získaných z těchto zkoušek umožnil ověřit vznik cementačních vazeb a zhodnotit jejich vliv na mechanické chování zeminy v oboru malých i

velkých přetvoření. Získání neporušených vzorků je z důvodu porušení jejich struktury při odběru velmi obtížné, proto autorka pro simulaci cementačních vazeb využila uměle zpevněnou zeminu (pojivo - portlandský cement). Vliv struktury na mechanické chování je srovnán se zeminou bez cementačních vazeb. Součástí práce je také aplikace matematického modelování s cílem zohlednit vliv struktury zeminy v materiálovém modelu. K tomuto účelu byl využit hypoplastický konstituční model pro jemnozrnné zeminy.

4. Hlavní výsledky práce

Hlavním výsledkem práce je potvrzení vzniku cementačních vazeb a stanovení jejich vlivu na mechanické chování zpevněné zeminy. Jak autorka ve své práci uvádí, zemina s cementačními vazbami vykazuje zvýšenou smykovou pevnost a počáteční tuhost v oblastech malých až velkých přetvoření. Současně dochází ke snížení stlačitelnosti. Tyto jevy jsou patrné až do dosažení tzv. prahového napětí, po jehož překročení dochází k jejich rychlé degradaci – nestabilní struktura.

Další významný přínos spočívá v rozšíření vztahu pro vyjádření smykového modulu tuhosti G_0 a upřesnění jeho závislosti na středním efektivním napětí, stupni zdánlivé překonsolidace a sensitivitě. Platnost vztahu byla ověřena porovnáním s výsledky ostatních autorů.

5. Význam pro praxi a další rozvoj vědy

Dosažené výsledky napomohly komplexnějšímu porozumění vlivu struktury na mechanické chování zpevněných zemín. Rozsáhlý soubor laboratorních zkoušek prokázal vhodnost jednotlivých typů zkoušek na ověření vlivu cementačních vazeb.

Dosažené poznatky jsou významné nejen z hlediska základního výzkumu, ale mají i významný dopad pro praktické aplikace. Mgr. Trhlíková ve své práci prokázala porovnáním experimentálně naměřených dat a jejich numerickou simulací vhodnost použití hypoplastického modelu pro jemnozrnné zeminy při řešení této problematiky.

Současný stav řešení problematiky v předložené disertační práci je dobrým výchozím podkladem pro další studium nejen přírodně zpevněných zemín, ale i zemín zpevněných dodatečně.

6. Připomínky k práci

Po formální stránce mám výtku k některým obrázkům, které jsou špatně čitelné. Jedná se o obrázky, které jsou přebírány z cizích zdrojů.

Po stránce věcné předkládám k diskusi při obhajobě disertační práce tyto náměty, dotazy:

- Na str. 51 autorka uvádí: „The artificially cemented soil permits the simulation of naturally cemented soil and hence the data obtained from compression of artificial specimens may lead to the understanding of the behaviour of natural soils“. Ve spojitosti s tímto tvrzením bych se položil tyto dílčí dotazy:
 - o na základě čeho bylo stanoveno množství cementu a doba zrání pro simulování neporušených vzorků?

- je možné určit obsah pojiva tak, aby odpovídal vzniku a pevnosti cementačních vazeb přirozeně uložené zeminy?
- Na str. 52 se píše: „The initial water contents of treated specimens varied between 70 – 80%“. Na straně 45, ve které je popisována jeho příprava, je výchozí vlhkost 70%. Prosím o vysvětlení, proč došlo k nárůstu vlhkosti.

7. Závěr

Po seznámení se a zhodnocení předložené disertační práce konstatuji, že Mgr. Jana Trhlíková prokázala, že ovládá základy metodiky vědecké práce. Práce je napsána dobrou angličtinou, formulace jsou jednoznačné a srozumitelné. Závěry jsou logické a jsou podpořeny dosaženými výsledky. Práce je zpracována na vysoké úrovni. Cíle, které byly vytyčeny, byly splněny. Na základě těchto skutečností

doporučuji

komisi pro obhajobu disertačních prací v doktorském studijním programu „Aplikovaná geologie“ předloženou práci přijat k obhajobě.



V Brně 23. 8. 2013

Doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.
oponent