



*OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE*

**URČENÍ MOCNOSTI EROZE BRNĚNSKÉHO TĚGLU**

*Autor práce:* **Mgr. Richard Malát**

*Oponent práce:* **doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.**

**Aktuálnost tématu disertační práce**

Téma práce je aktuální, neboť objektivní informace o mocnosti eroze marinního překonsolidovaného miocenního jílu (téglu) je z důvodu vlivu na chování zeminového prostředí v konečném důsledku důležitá pro spolehlivost návrhů geotechnických konstrukcí lokalizovaných v místech výskytů těchto typů zemin. Téma stanovení mocnosti eroze brněnského téglu není sice, jak sám autor práce uvádí, téma zcela nové. Práce však dokumentovala, mimo jiné, značnou variabilitu mocnosti eroze téglu stanovené různými přístupy a různými autory. Z pohledu vypracování dalších originálních postupů a z nich plynoucích závěrů a doporučení pro objektivizaci mocnosti eroze téglu lze tedy jakýkoliv další výzkum přispívající k objektivizaci kvantifikace mocnosti eroze téglu považovat za aktuální.

**Splnění cílů disertační práce**

Doktorandem hlavní vytýčený cíl, kterým bylo stanovení mocnosti eroze téglu, byl splněn. Byly splněny i dílčí cíle práce – formulace metodiky numerické zpětné analýzy pro dosažení deklarovaného hlavního cíle, realizace této numerické zpětné analýzy, vyhodnocení mocnosti eroze téglu s využitím konvenčních technik a metod, kritický rozbor a porovnání získaných numerických výsledků s výsledky dalších metod a formulace doporučení vhodných metod pro dosažení hlavního cíle práce.

**Postup řešení a konkrétní přínos doktoranda**

Předložená práce má z hlediska předmětné problematiky komplexní charakter, čemuž odpovídají i využití metody a postup řešení.

Autor práce postupoval v logickém sledu. Vycházel nejprve ze standardních metod určujících mocnost eroze na základě mechanických vlastností (Baldwin-Butlerova metoda, metoda vycházející z překonsolidačních napětí), přičemž se autor věnoval rovněž problematice vlivu stárnutí zeminy na výsledky těchto uvedených standardních metod a formuloval jejich praktická omezení.

V další části práce se disertant zaměřil na analýzu vztahu eroze a výchozí napjatosti v zeminách, zejména analyzoval standardní přístupy ke stanovení zemního tlaku v klidu v normálně konsolidovaných a překonsolidovaných zeminách. Laboratorním a polním metodám stanovování zemního tlaku v klidu se disertant podrobně věnoval v samostatné kapitole, přičemž uvádí nejen jejich princip, ale především jejich jistá omezení a nejistoty spojené s jejich prováděním a vyhodnocením.

Značná část práce je věnována problematice návrhu a realizace inverzní numerické analýzy pro stanovení mocnosti eroze téglů. Inverzní postup vycházel z předpokladu, že mocnost eroze může být odvozena z napjatosti reprezentované koeficientem zemního tlaku v klidu. Vlastní provedená numerická 3D analýza v prostředí softwaru Plaxis 3D s využitím hypoplastického konstitutivního modelu pro vrstvu téglu vycházela z deformačních měření in-situ v rozrážkách průzkumné štoly pro Královopolské tunely v Brně. Aplikovaná inverzní metoda byla založena na sblížovacích (iteračních) výpočtech s variantními hodnotami zemního tlaku v klidu pro dosažení shody naměřených a vypočtených hodnot poměrů horizontální a vertikální složky konvergence rozrážek realizovaných z průzkumné štoly. Získané výsledky numerické inverzní analýzy pro tři analyzované rozrážky byly porovnány s výsledky mocnosti eroze stanovenými polními metodami (plochým dilatometrem a pomocí Push-in-spade shaped pressure cell) a s výsledky dle Baldwin – Butlerovy rovnice a Casagrandeho metody.

V závěru práce provedl disertant porovnání vlastních získaných výsledků mocnosti eroze téglu i výsledků získaných dalšími autory a provedl jejich kritické zhodnocení, včetně rozboru pravděpodobných důvodů značného rozptylu výsledků (od nulových hodnot až po mocnost eroze 1000 m) a formulace omezení aplikace určitého typu metody.

Konkrétní přínos doktoranda lze spatřovat v několika dílčích oblastech. První oblastí je prohloubení a rozšíření metodiky inverzní numerické analýzy s využitím komplexního 3D numerického modelu zahrnujícího jak samotnou průzkumnou štolu, tak i analyzované rozrážky při aplikaci hypoplastického konstitutivního modelu chování téglu. Druhou oblastí je oblast vlastních polních testů pro stanovení mocnosti eroze téglů na základě experimentálního určení zemního tlaku v klidu. Dalším dílčím přínosem je porovnání výsledků provedené numerické inverzní analýzy s výsledky konvenčních metod, kritický rozbor získaných výsledků a jejich rozptylu a formulace doporučení pro aplikaci jednotlivých metod z hlediska jejich vypovídací schopnosti a omezení.

Finálním přínosem je, v souladu s názvem práce, formulace závěru k pravděpodobné mocnosti eroze brněnských téglů 30-40 m.

### **Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru**

Konkrétní praktický přínos práce lze spatřovat v dalším upřesnění mocnosti eroze brněnských téglů, ale práce má i přínos v obecnější rovině z hlediska metodiky stanovování mocnosti eroze a formulace omezujících aplikačních podmínek a omezení jednotlivých v práci využívaných metod při jejich využití v praktické aplikaci.

Z pohledu rozvoje vědního oboru považují práci za přínosnou z hlediska prohlubování a rozšiřování znalostí o vlastnostech a chování brněnského téglu v souvislosti s jeho erozí, analýzy vlivu stárnutí zemin na vypovídací schopnost aplikovaných metod pro stanovení mocnosti eroze téglů, rozvoje inverzních postupů numerického modelování a aplikace a kalibrace pokročilého hypoplastického modelu pro modelování chování téglů.

Všechny zmiňované získané výsledky lze využít pro spolehlivější návrhy a realizace geotechnických staveb v podmínkách marinních překonsolidovaných miocenních jíílů, avšak zejména inverzní postupy a metody mohou mít přesah i do jiných typů zeminového prostředí.

### **Formální úroveň práce**

Formální úroveň práce je velmi dobrá. Rozsah práce je 148 stran, textová část je vhodně doplněna obrázky, grafy s výsledky zkoušek, tabulkami a grafickými výstupy z numerických modelů. Formulace jsou jasné a srozumitelné. Formální úroveň práce poněkud snižuje relativně častý výskyt překlepů, místy se vyskytují i gramatické chyby, zejména v interpunkci.

### **Připomínky a otázky k práci:**

- 1) V kapitole 4.2 uvádí autor práce přehled a základní principy polních metod pro stanovování zemního tlaku v klidu. V tomto přehledu postrádám informaci o možnosti využití kompaktní kuželové tenzometrické sondy (CCBO) pro stanovení úplného tenzoru napětí v jednom vrtu.
- 2) Inverzní numerická analýza byla prováděna vzhledem k minimalizaci odchylky mezi poměrem naměřených a vypočtených hodnot poměrů horizontální a vertikální složky konvergence rozrážek realizovaných z průzkumné štoly. Dle schématu rozmístění konvergenčních bodů na obr. 48 bylo však k dispozici pravděpodobně vyšší množství konvergenčních údajů (celkem uvažováno v konvergenčním profilu 8 konvergenčních bodů). Ověřoval autor práce, jaká bude pro inverzně stanovený zemní tlak v klidu shoda mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami konvergence i mezi dalšími konvergenčními body? Pokud ano, jakých výsledků bylo dosaženo?
- 3) Str. 126 – autor práce při hodnocení a analýze výsledků inverzního modelování uvádí: *Okolí rozrážek R3 a R4 může být ve stavu normální konsolidace a nízké zjištěné koeficienty  $K_0$  mohou být způsobeny vyšším kritickým úhlem vnitřního tření v okolí těchto rozrážek.* Čím si autor vysvětluje vyšší hodnoty kritického úhlu vnitřního tření v okolí rozrážek?
- 4) Na str. 135 autor práce uvádí, že v numerickém modelu plochého dilatometru vytvořeného v prostředí programu ABAQUS byla pevnost na kontaktu zemina- ocel redukována na 20% původní pevnosti zeminy - byl tedy využit určitý typ interface prvku v modelu. Proč nebyl uvažován interface prvek rovněž v provedeném modelu softwarem Plaxis 2D, kdy docházelo k nereálným výrazným koncentracím napětí pod okrajem oblasti s předepsaným posunutím simulujícím vlastní sondu (rozdíl napětí pod středem a pod okrajem předepsaného posunutí činí v realizovaném numerickém modelu přes 60 %, což sám autor práce hodnotí jako nereálné)?

## **Závěr posudku**

Odborná úroveň práce je velmi vysoká, přináší nové, originální poznatky, které mají význam jak z hlediska teoretického, tak i z hlediska praktického využití. Práce má odpovídající strukturu vědecké práce, metody práce jsou vhodně voleny. Autor práce prokázal své široké znalosti a dovednosti a svou vysokou odbornou erudici jak v oblasti laboratorních i polních zkoušek pro vyhodnocení chování zeminového prostředí i vstupních charakteristik pokročilých konstitutivních modelů chování zemin, tak i v oblasti numerického modelování. Ocenění zasluhuje rovněž kritická analýza získaných výsledků, dokumentující výbornou orientaci autora práce v řešené problematice.

Poznatky a výsledky získané v rámci zpracování práce dávají předpoklad nejen pro uplatnění v praxi, ale i pro publikaci v kvalitních vědeckých časopisech a na konferencích.

**Práce dle mého názoru splňuje požadavky na disertační práci, doporučuji ji k obhajobě a po jejím úspěšném završení doporučuji udělit titul PhD.**



V Ostravě dne 9.3.2018

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.