

Posudek doktorské disertační práce

Analýza chování kořene kotvy v jemnozrnných zeminách

Autor práce: ing. Juraj Chalmovský

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

Aktuálnost tématu disertační práce

Zemní kotvy jsou široce využívány ke stabilizaci jemnozrnných zemin, jsou aplikovány pro zajištění stability pažicích konstrukcí, kotvení svahů, hrází, základových desek proti vztlačovým účinkům vody apod. Jejich návrh je však mnohdy prováděn na základě zjednodušujících postupů, které zanedbávají významné faktory, které určují reálné chování zemních kotev. Tyto zjednodušující návrhové postupy, které se obvykle omezují pouze na závislost mezní síly a odporu zemní kotvy proti vytržení a vycházejí ze zjednodušeného nereálného předpokladu rovnoměrné mobilizace smykového napětí podél kořene kotvy, mohou vést k nespolehlivým a neekonomickým návrhům zemních kotev. Z tohoto pohledu je tedy téma práce velmi aktuální.

Splnění cílů disertační práce

Hlavním cílem práce bylo zpřesnění výpočetního postupu pro návrh předepjatých zemních kotev v jemnozrnných zeminách s důrazem na chování kořene kotvy, analýza a kvantifikace dílčích faktorů výrazně ovlivňujících napěťo-deformační chování těchto stabilizačních prvků. K dosažení tohoto hlavního cíle autor práce jasně deklaroval i dílčí cíle práce, které byly směřovány jak do oblasti komplexní rešerše této problematiky, analýzy rešeršních poznatků, stanovení metodiky matematického modelování se zohledněním důležitých faktorů a nových pokročilých konstitutivních modelů, zhodnocení archivních zkoušek i realizace vlastních zatěžovacích zkoušek a tvorbu vlastní programové aplikace. Autorem deklarované cíle byly jednoznačně splněny.

Postup řešení a konkrétní přínos doktoranda

Autor disertační práce zvolil k dosažení svého hlavního cíle i dílčích cílů logický postup a odpovídající metody řešení. Vycházel z rozsáhlé detailní rešerše současného stavu řešení problematiky, umožňující základní identifikaci důležitých a málo prozkoumaných faktorů projevujících se v chování zeminových kotev. Dále provedl modelovou studii s využitím metody konečných prvků pro ověření chování kotev. Disertant provedl, mimo jiné, analýzu citlivosti vzhledem vybraným faktorům numerického modelování (hustota sítě, typ konečného prvku, kontaktní prvky a jejich redukční charakteristiky, vliv kontaktních pásů). Značný prostor je v předložené práci věnován analýze vlivu redukčních parametrů pevnosti interface prvků. Část modelové analýzy je věnována rovněž metodice zahrnutí vlivu

dodatečné vysokotlaké injektáže do matematického modelu, která by zohledňovala specifické faktory spojené s aplikací vysokotlaké injektáže (zvětšení průměru vrtu, nárůst radiálního napětí, konsolidace injektáže spojená se změnou objemu tělesa kořene kotvy). Pozornost věnoval autor rovněž volbě pokročilých konstitutivních modelů jak pro zohlednění smykového změkčení (Multilaminate Constitutive Model for Stiff Soil), tak i pro zohlednění změkčení při tahovém namáhání v důsledku vzniku trhlin v materiálu injektáže. Cenná je rovněž provedená kalibrace vstupních dat těchto konstitutivních modelů pro brněnské jíly s využitím výsledků laboratorní zkoušek, inverzní analýzy i 3D numerického modelu triaxiálních zkoušek. Disertant se detailně zabýval variantními přístupy k modelování redistribuce smykového napětí v patě kořene kotvy, přičemž srovnává vlastní dosažené výsledky s výsledky zahraničních studií.

Autor rovněž vyhodnotil výsledky archivních zatěžovacích zkoušek a provedl dále vlastní zatěžovací zkoušky až do porušení (celkem 6 zkoušek) s využitím různých typů monitorovacích zařízení (strunové a odporové tenzometry, magnetoelastické snímače), a to jak ve volné, tak i kotevní délce táhla, v injektované i neinjektované zóně zálivky. Disertant podrobně analyzoval výsledky monitoringu kotev, formuloval určitá úskalí spojená s monitoringem kotev a formuloval závěry týkající se napjatostně-deformačního chování kotev (potvrzení výrazného povrchového poklesu předpínací síly (reziduální hodnota 48% maximální síly), neefektivita kotev s příliš dlouhou kotevní délkou, rozvoj tahových trhlin s důsledkem v rozdílech výsledků měření v táhle a injektáži).

Výsledky zkoušek pak autor porovnal s výsledky rovinných numerických výpočtů provedenými komerčním softwarem (Plaxis2D) i pomocí vlastní programové aplikace vytvořené v prostředí programu MATLAB R 2011b, do níž zahrnul nové poznatky získané v rámci zpracovávání disertační práce.

Autorem nově vytvořená programová aplikace, která je rovněž významným přínosem autora práce k dané problematice, překonává zjednodušený nereálný předpoklad rovnoměrné mobilizace smykového napětí podél kořene kotvy, umožňuje zahrnout v práci popsané a monitoringem ověřené dílčí faktory (vliv progresivního poklesu plášťového tření, vliv dodatečné vysokotlaké injektáže, snížení tuhosti systému táhlo-injektáž v důsledku vzniku tahových trhlin). Verifikace vytvořené programové aplikace byla provedena na základě 3 studií s využitím zatěžovacích zkoušek v brněnských neogenních jílech, čtvrtá zkouška pak s využitím zkoušek kotev realizovaných v rámci stavby Optimalizace traťového úseku Krasíkov-Česká Třebová. Verifikační analýza potvrdila dostatečnou míru shody mezi výsledky výpočtů dle autorem stanovené metodiky implementované do vlastního softwaru a výsledky monitorovacích měření.

Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru

Z hlediska postupu i aplikovaných metod řešení je práce komplexní, lze konstatovat vysoký přínos autora práce pro rozvoj poznání v oblasti chování zeminových kotev v jemnozrnných zeminách s důrazem na chování kořene kotvy, metod jejich monitoringu i vhodné metodiky modelové analýzy napěťo-deformačního chování kotev, což je obecně považováno za dosti

problematickou oblast numerického modelování. Detailnější analýzy zeminových kotev a jejich dílčích částí s využitím numerického modelování nejsou příliš časté. Praxí využívané komerční softwary obvykle pracují se zjednodušenými postupy a jejich uživatelé v případech modelování kotevních prvků často dostávají jako výsledek modelování nereálné hodnoty, které se mnohdy značně liší od výsledků experimentálních, v některých případech je modelem získaný stabilizační efekt zcela nevýznamný v porovnání s reálným stabilizačním projevem. Získané poznatky přispějí k objektivnějšímu praktickému návrhu zeminových kotev i k jejich správné instalaci, zajišťující spolehlivou funkci a ekonomickou efektivitu aplikace těchto stabilizačních opatření.

Formální úroveň práce

Rozsah práce je 166 stran, textová část je vhodně doplněna obrázky, grafy, fotografiemi a grafickými softwarovými výstupy. Práce má logickou strukturu a je zpracována velmi pečlivě. Gramatická a jazyková úroveň je vysoká, v práci se prakticky nevyskytují žádné překlepy.

Připomínky a otázky k práci:

- 1) Str. 18 – vztah (2-1) – je využito nestandardní značení u pro napětí, obvykle je toto značení využíváno v odborné literatuře pro posuny
- 2) Jaký je názor autora práce na volbu vhodného návrhového přístupu dle EC 7 pro návrh kotev?
- 3) Byly numerické výpočty realizovány za předpokladu drénovaného nebo nedrénovaného prostředí? Pokud bylo uvažováno drénované prostředí, jaký je názor autora práce na vliv pórových tlaků na návrh kotev?

Závěr posudku:

Odborná i formální 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 a poznatky rešeršní, modelové i experimentální jsou detailně analyzovány, vzájemně propojeny a jsou formulovány odpovídající závěry a doporučení. Autor práce prokázal své široké znalosti a dovednosti a svou vysokou odbornou erudici jak v oblasti chování kotev, experimentálních zkoušek, matematického modelování, konstitutivního modelování i programování. Poznatky a výsledky získané v rámci zpracování práce dávají předpoklad pro publikaci v kvalitních vědeckých databázích.

Práce dle mého názoru zcela jednoznačně splňuje požadavky na disertační práci, doporučuji ji k obhajobě a po jejím úspěšném završení doporučuji udělit titul Ph.D.

V Ostravě dne 30.5.2016


doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.