

Posouzení diplomové práce

Autor: Bc. Petr Karlín

Název diplomové práce: Monitoring sedání násypů dopravních staveb

Školitel: Ing. Jan Novotný, CSc.

Konzultant: Doc. RNDr. David Mašín, Ph.D.

Zpracovatel posudku:

RNDr. František Kresta, Ph.D.

ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika a.s., pracoviště Ostrava, 28.října 150, 702 00 Ostrava – Moravská Ostrava,

VŠB – Technická Univerzita Ostrava, Fakulta stavební, L. Podéště 1875, 708 00 Ostrava - Poruba

Diplomová práce s velmi obecným názvem “Monitoring sedání násypů dopravních staveb“ se v první části věnuje obecným postupům při návrhu a realizaci násypových tělesa a jejich monitoringu. Ve druhé části je pozornost zaměřena na analýzu chování vybraných násypů dopravních staveb v České republice s cílem porovnat prognózu sedání určenou matematickým modelováním s reálně naměřenými daty z monitoringu sedání násypů metodou hydrostatické nivelace.

Diplomová práce má 99 stran textu a 8 příloh obsahujících základní informace popisovaných lokalit, geologické řezy, geologické profily vrtů a výstupy matematického modelování sedání násypů na jednotlivých lokalitách (přílohy 1 až 7). V příloze 8 jsou zjištěné výsledky tabelárně sumarizovány.

Připomínky k textu diplomové práce, které jsou uvedeny níže, mají převážně formální nebo vysvětlující a doplňující charakter.

Kap. 1 Úvod

V současné době propagujeme následující postup při modelování sedání vysokých násypů s využitím naměřených dat

- 1) V etapě DSP+DZS se provede výpočet sedání násypů a návrh monitoringu na základě výsledků podrobného geotechnického průzkumu a znalosti sypaniny, se kterou se do daného násypu uvažuje.
- 2) V etapě RDS je výpočet sedání násypů optimalizuje podle okrajových podmínek výstavby – konkrétní sypanina, časový průběh výstavby, termíny pokládky vozovkových vrstev a asfaltových nebo cementobetonových krytů. Rovněž se upřesní rozsah monitoringu.
- 3) Monitoring sedání násypů je téměř vždy doplněn měřením pórových tlaků v podloží v témže profilu. Z vrtů pro instalaci snímačů pórových tlaků se upřesní geologická stavba přímo v podloží měřeného profilu a případně se provede další zpřesnění matematického modelu
- 4) Další přepočtení sedání násypu se obvykle provádí po dokončení násypu s cílem upřesnit další prognózu s ohledem na termíny realizace vozovky.
- 5) Po dokončení monitoringu se provádí poslední přepočtení s cílem porovnat předpoklady a skutečnost a stanovit další prognózu chování násypu po uvedení komunikace do provozu.

Většina stavebních firem (pro které se monitoring obvykle provádí) na tento postup přistupuje, protože mají informace o chování násypů v době výstavby a mohou operativně přizpůsobovat jednotlivé stavební operace (např. stavby Silnice I/48 Rychaltice – Frýdek-Místek, Silnice I/11 Ostrava – prodloužená Rudná, Silnice I/56 Ostrava – Prodloužená Místecká aj.).

Kap. 2.1.1 Zeminy v násypu

Autor neuvádí základní předpis pro úpravu zemin – TP 94, který podrobně popisuje způsoby úpravy zemin a požadavky na průkazní a kontrolní zkoušky. Pouze cituje jednu z norem řady EN 14227 pro úpravu zemin cementem (EN 14227-10).

Kap. 2.1.2.3 Mezní hodnoty deformace

Autor se věnuje pouze stanovení mezních hodnot deformace násypového tělesa v přechodové oblasti mostů. Nekomentuje mezní hodnoty deformace mimo přechodové oblasti.

Kap. 2.1.3.2 Deformace podloží násypu

Postup výpočtu sedání byl ze zrušené ČSN 73 1001 převzat do ČSN 73 6244 Přechody mostů pozemních komunikací (příloha D).

Kap. 2.1.4 Navrhování konstrukce násypu

Návrhem násypového tělesa se vedle citované EN 1997-1 zabývá především ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Postupy při realizaci násypových těles jsou popsány v ČSN 73 6133 a TKP 4 Zemní práce.

Kap. 2.2.1 Lehčené materiály

Autor uvádí jako lehčené materiály lehké keramické kamenivo, expandovaný a extrudovaný polystyrén, tedy materiály podrobně popisované v TP 198 Vylehčené násypy pozemních komunikací. Nejběžnějším lehčeným materiálem je popílek s objemovou hmotností cca 1000 kg.m⁻³, který je zmiňován kap. 1 Úvod TP 198. Autor použití popílku popisuje v kapitole 2.2.2 Druhotné materiály.

Kap. 2.2.2 Druhotné materiály

- Autor chybně popisuje zkratku TP jako technický postup, správně technické podmínky.
- Ve výčtu technických podmínek (TP) zabývajících se druhotnými materiály chybí TP 210 Užití recyklovaných stavebně demoličních materiálů do pozemních komunikací.
- V části b) strusky autor nepřesně popisuje druhy strusek, vhodnější je používat termín druhy vedlejších produktů hutní výroby. Studený odval obsahuje jak vysokopeční, tak ocelářskou strusku a není struskou. Jedná se o heterogenní směs vedlejších produktů hutní výroby.
- Autor nepřesně analyzuje příčiny objemových změn struskového kameniva z literatury. Příčinou není vznik druhotných oxidů, ale druhotných hydroxidů a karbonátů
- Hlušina – vhodnější je uvádět termín uhelná hlušina. Uvedené parametry v tabulce 4 se týkají uhelné neprohořelé hlušiny.
- Pneumatiky – použití balíků pneumatik do násypového tělesa se ve Velké Británii řídí předpisem *PAS 108:2007 Specification for the production of tyre bales for use in construction*. Aplikace balíků pneumatik do násypu byla v roce 2010 oceněna geotechnickou Flemingovou cenou (*Kidd A. – McNeill R. – Beales S. (2010): Fleming Award A421 Improvements: M1 Junction 13 to Bedford. Use of Tyre Bales to Form Lightweight Embankment- Highways Agency London*).

- Autor uvádí starší citace z let 2006-2007, kdy bylo použití starých pneumatik do násypových těles ve stadiu ověřování.

Kap. 2.3 Kontrolní činnosti při stavbě násypu

Autor dává dohromady kontrolní zkoušky prováděné při výstavbě násypu (kontrola zhutnění, kontrola materiálu, tloušťky jednotlivých vrstev) a metody monitoringu sedání a měření pórových tlaků v podloží násypu. Zatímco kontrolní zkoušky jsou přesně definovány v TKP 4 a standardně se na stavbách provádějí, monitoring je popsán pouze obecně v ČSN 73 6133 a není běžnou součástí stavebních postupů.

Kap. 2.3.1 Zhutnění

Při výstavbě násypů pozemních komunikací se pro kontrolu míry zhutnění používá parametr D. Parametr C se pro vyjádření míry zhutnění v případě pozemních komunikací nepoužívá (používá se např. při výstavbě vodohospodářských staveb – hrází) (podrobněji viz ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin, TKP 4 Zemní práce).

Kap. 2.3.2 Měření deformací

Bylo by vhodnější u inklinometrie uvést, že pro měření sedání se používá horizontální inklinometrie. Vertikální inklinometrie se používá pro měření horizontálních deformací ve vrtech (v případě násypových těles např. „roztlačování“ násypů a „vytlačování“ jejich podloží v horizontálním směru).

Kap. 3 Predikce konsolidace

U vzorců pro okamžité sednutí a primární sednutí na str. 26 není uvedena citace.

Kap. 4.1 Spraše

Autor uvádí, že se v případě spraší jedná o rizikové zeminy z hlediska prosedání, což je pravda. Neuvádí však žádný příklad problémů se sedáním násypů na spraších. Pokud se provede kvalitně násypové těleso a zajistí se odvodnění tak, aby se voda nedostala do kontaktu s prosedavými zeminami, k podstatným vertikálním deformacím nedochází.

Kap. 4.4 Jíly

Vedle odhadu namrzavosti jemnozrnných zemin dle Scheibleho kritéria lze stanovit namrzavost zemin laboratorní zkouškou dle ČSN 72 1191 Zkoušení míry namrzavosti.

Kap. 5.1.2 Odvodnění

Používání svislých drénů pro urychlení konsolidace se řídí EN 15237. Svislé drény jsou standardním opatřením používaným na stavbách násypů na nasycených jílech (často v údolních nivách vodních toků) – např. Dálnice D4707 Bílovec – Ostrava, Rudná, Silnice I/48 Rychaltice – Frýdek-Místek, Silnice I/11 Ostrava – Prodloužená Rudná. Používá se nejen v Asii, jak je uváděno v práci.

Kap. 5.2.1 Lehčené násypy

Mezi lehké materiály patří struska vysokopecní (není vhodné používat termín struska bez přívlastku, jak je uvedeno v práci). Struska ocelářská patří mezi těžké kamenivo s objemovou hmotností nad 3000 kg.m⁻³ a rozhodně není lehkým materiálem.

Kap. 6 Parametry pro model

- Autor neuvádí, proč zvolil pro jím vybraný průměrný koeficient hydraulické vodivosti jednotku m/den, když hodnoty koeficientu hydraulické vodivosti převzaté z norem ČSN

73 6244 Přejchodové oblasti mostů a ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže jsou uvedeny v m/s. Důvodem je pravděpodobně fakt, že jednotka m/den je požadována jako vstup do software PLAXIS. Vhodnější by bylo uvést průměrnou hodnotu v m/s a potom i v m/den.

- V práci chybí způsob stanovení vybraného průměrného koeficientu hydraulické vodivosti pro jednotlivé třídy zemín (aritmetický průměr, jiná střední charakteristika souboru, vyšší hodnota z prezentovaných, jiný způsob odvození). Je nutno upozornit, že doporučené intervaly hodnot koeficientu hydraulické vodivosti v ČSN 75 2410 jsou především u vysoce plastických jílu nereálné ($4 \cdot 10^{-7}$ - $2 \cdot 10^{-10}$ m.s⁻¹). Doporučuji používat orientační hodnoty uvedené v ČSN 73 6244.
- V tabulce chybí hodnoty koeficientu hydraulické vodivosti pro jíly a hlíny se střední plasticitou (CI, MI), mezi které nejčastěji spadají spraše a sprašové hlíny a které autor musel do modelu zahrnout.

Kap. 7 Lokality

- Autor se zmiňuje o vývoji přístrojů a jejich přesnosti pro měření sedání. Bylo by vhodné porovnat přesnost měření z r. 1999 a současné doby. V praxi se výrazně zařízení pro měření hydrostatickou nivelací firmy GLOTZL, které využívá ARCADIS CZ a.s. (dříve Stavební geologie – Geotechnika a.s.) ani jejich přesnost v uvedeném období nezměnily.
- Při popisu lokalit obecně chybí informace o použité sypanině do násypů (upravená zemina, kamenitá sypanina, uhelná hlušinová sypanina, popílky apod.). Autor u všech násypů předpokládá tytéž vlastnosti, což určitě vneslo do jednotlivých modelů chybu.
- Obrázky (grafické výstupy z programu PLAXIS) vložené do textu nejsou čitelné. Vhodnější by bylo zvětšit legendu a měřítko, nebo je dát do přílohy.
- V geologických mapách vložených do textu chybí přibližná lokalizace profilů a vysvětlivky, třebaže ty nahrazuje autor popisem jednotlivých barev na mapách v textu.

Kap. 7.1 Běloutín

- V popisu podloží autor používá termín tégl, který je spíše zastaralým lokálním výrazem, chybí informace o konzistenci jílu předkvartérního podloží a informace o prekonsolidaci. Předkvartérní podloží v zájmové oblasti je tvořeno spodnobadenskými marinními jíly s vysokou plasticitou, které mohou obsahovat neprůběžné vrstvičky písků. Konzistence na kontaktu s kvartérními sedimenty je obvykle tuhá, s hloubkou přechází do konzistence pevné. S hloubkou roste i modul deformace těchto jílu, což je nutno uvažovat v modelu.
- V textu není přesně uvedeno, jak daleko od měřeného profilu se nacházel průzkumný vrt, z něhož byl odvozen geologický profil.
- Popisovaný geologický profil s 6 m mocnou vrstvou písčítých jílu (CS) v podloží je pro vývoj spodního badenu v zájmové oblasti netypický. Obvykle převládají vysoce plastické jíly jen s ojedinělými polohami písků. Písčitý vývoj se objevuje na okraji sedimentačního prostoru (ověřeno např. při vrtání pilot pro most přes řeku Odru v Ostravě). Byla provedena rešerše profilů i dalších vrtů v blízkosti měřeného profilu?
- Velmi dobrá shoda modelu s reálnými daty (rozdíl 2 cm v celkovém sedání) může být i náhodná – chyběla data o koeficientu hydraulické vodivosti, není uveden materiál násypu, geologický vrt, z něhož se vycházelo, byl situován mimo profil apod. Doporučuji nepřeceňovat tuto dobrou shodu.

Kap. 7.2 Hrádek nad Nisou

Barevné odlišení jednotlivých geologických jednotek na geologické mapě je popsáno v textu.

Kap. 7.3. Libice nad Cidlinou

Příčinou málo kvalitních vstupních dat pro modelování v tomto případě byl nedostatek jádrových vrtů a laboratorních zkoušek. Je známo, že firma Zeman - INGEO (prováděla průzkum na lokalitě v r. 1998) provádí pouze statické penetrace a na základě jejich výsledků odvozuje parametry zemin (např. podrobný průzkum pro stavbu Severního spoje v Ostravě). Tomu odpovídá velmi přesné odvození změny efektivního úhlu vnitřního tření s hloubkou, ale na druhé straně absence údajů o efektivní soudržnosti. Samozřejmě ze statických penetrací nelze určit hodnotu koeficientu hydraulické vodivosti.

Informace o tom, že přínosnější byl průzkum z r. 1978 oproti průzkumu z r. 1998, rovněž napovídá o kvalitě prací výše uvedené firmy.

Kap. 7.4 Oslavička

S ohledem na geologickou stavbu podloží profilu s relativně propustnými zeminami v hloubkách od 1.5 m pod terénem byla prognóza sedání násypu pouze 2.9 cm a reálně změřené sedání 5.3 cm. Rozdíly mezi prognózou a skutečnými hodnotami jsou při malých deformacích běžné a není nutno se jimi znepokojovat.

Kap. 7.5 Ostrava

- Autor kriticky nekomentuje popis předkvartérního podloží z průzkumu, kde je používán termín slín. Přitom se jedná o marinní jíly spodnobadenského stáří charakteru jílu s vysokou plasticitou, tuhé až pevné konzistence.
- Geneticky je nadloží tvořeno fluviálními sedimenty (odspodu štěrky, výše silty a jíly).
- Autor upozorňuje na rozdíly v geometrii (šířky, výška) násypu mezi průzkumem a reálným měřením. Měření, která měl autor k dispozici, neobsahovala data z měření do výšky násypu 12 m. Šířka násypu byla při realizaci zvětšena na 100 m a u násypu byly vybudovány přítěžovací lavice.
- Těleso násypu je vybudováno z uhelné hlušinové sypaniny (odval Paskov D) s odlišnými fyzikálně-mechanickými parametry, než které použil autor.
- V měřeném profilu se v poloze jílu a siltů nachází i poloha rašeliny (tl. 0.2-0.4 m), která zásadně ovlivnila výsledky měření a kterou autor nezahrnul při definování fyzikálně-mechanických vlastností fluviálních jílu.
- Celkové sedání dosáhlo po 1409 dnech maximální hodnoty 67.51 cm ve vzdálenosti 58 m od levé strany profilu ve směru staničení (cca uprostřed pod násypem).
- Autor pracoval s neúplnými údaji, a proto se nemohl dobrat k jednoznačným závěrům.

Kap. 7.6 Strážný

Rozdíl mezi měřenými daty a modelem (3 cm) je s ohledem na složitou geologickou stavbu a výskyt rašeliny v podloží velmi malý. Problémem je stanovení vlastností rašeliny (modul deformace, koeficient hydraulické vodivosti), které se mohou měnit v čase při postupné konsolidaci.

Kap. 7.7. Velká Hleďsebe

Základním problémem této lokality je stanovení vstupních parametrů heterogenních navážek, které tvoří bezprostřední podloží měřeného profilu.

Kap. 8 Diskuse

Srovnání výsledků měření s prognózou sedání dle matematického modelu (tab. 36) přináší velmi dobrou shodu (rozdíly po vyřazení lokality Libice nad Cidlinou) se liší do 2.7 cm. Tak kvalitní shoda je překvapivá a nelze ji přeceňovat. Vstupy do modelu jsou zatíženy následujícími chybami

- neznalost materiálu násypu a jeho vlastností
- často chybějící data o koeficientu hydraulické vodivosti a nutnost jejich odvození z norem
- nepřesné informace o geologické stavbě v místě měření
- neúplná data z měření (Ostrava)

Autor se věnoval často atypickým lokalitám – Velká Hleďsebe – navážky, Strážný – rašelina. Vhodnější by bylo věnovat se srovnání měření a modelů pro násypy v podobných geologických formacích (násypy v karpatské předhlubni, násypy v jihočeské pánvi apod.). Potom by bylo možno výsledky objektivněji sumarizovat a vyhodnotit.

Ukazuje se, že vstupní hodnoty musí být podloženy kvalitními laboratorními zkouškami a kvalitním geologickým modelem.

Kap. 9 Závěr

Protože autor neuvádí druh sypaniny u jednotlivých násypů, nelze provést analýzu porovnání prognózy sedání a reálných hodnot v závislosti na druhu sypaniny.

Přílohy

- V převzatých geologických profilech chybí stratigrafické zatřídění a kritický komentář ke geologickému popisu z hlediska současně platných norem a předpisů
- Geologické profily byly připraveny ručně. Diplomová práce by si zasloužila kvalitnější výstup.
- V profilu Ostrava, chybí informace o polohách rašeliny.

Hodnocení diplomové práce

- 1) Zadání diplomové práce diplomant splnil.
- 2) Podklady pro zpracování diplomové práce jsou citovány.
- 3) Odkazy na převzaté poznatky a materiály jsou dostatečně označeny a odlišeny od výsledků vlastní práce diplomanta.
- 4) Diplomová práce má přínos pro praktické účely pro upřesnění vstupních parametrů pro numerické modelování sedání vysokých násypů. Podtrhuje nutnost průběžného upřesňování modelu v závislosti na měřených hodnotách.
- 5) Předložená práce odpovídá po obsahové a formální stránce a svým rozsahem požadavkům na diplomové práce z oboru inženýrské geologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze.
- 6) Doporučuji ve výzkumu pokračovat, ale soustředit se na měřené profily ve vybraných geologických formacích – karpatská předhlubeň, jihočeské pánve, Česká křídová pánev, severočeské pánve apod. Rovněž by bylo vhodné posoudit shodu mezi modelem a reálnými daty pro různé typy materiálu násypu - násypy z popílků, lehkého keramického kameniva, kamenité sypaniny, uhelné hlušinové sypaniny, upravené zeminy apod. - a případná opatření pro urychlení konsolidace (geodrény, předtížení apod.).
- 7) Předloženou práci doporučuji obhajobě.

V Ostravě, 6.9.2013

RNDr. František Kresta, Ph.D.

