

Souhrn dizertační práce

Od 40. let minulého století probíhá v severních Čechách rozsáhlá povrchová těžba hnědého uhlí. Odtěžený nadložní jíl se ukládá na výsyvky ve formě hrud o průměru do 500 mm. Průměrná výška výsypek dosahuje 20 až 50 m.

Charakteristickou vlastností výsypek je jejich dvojitá pórovitost, která je dána vnitřní pórovitostí jílových hrud (intragranulární pórovitost) a mezerovitostí (intergranulární pórovitost).

Celková pórovitost čerstvé výsyvky může dosáhnout až 70%.

Vysoká a nerovnoměrná stlačitelnost výsypek komplikuje jejich budoucí využití pro zakládání staveb. Dalším problematickým faktorem je změna struktury výsypek v čase, při které dochází k jejich homogenizaci a přeměně původně sypkého materiálu na zeminu s mechanickým chováním odpovídajícím jílu. V důsledku těchto faktorů jsou mechanické vlastnosti starých výsypek obtížně předpověditelné.

Cílem práce je popis mechanického chování výsypek a změn jejich vnitřní struktury na základě analýzy terénních měření, fyzikálního modelování v geotechnické centrifuzě a

5 numerického modelování.

V souvislosti se stavbou dálnice D8 byly v letech 1998 a 2001 v plánované trase dálnice vybudovány dva pokusné násypy. Násypy, postavené na 20-30 let staré vodou nasycené výsypce, byly monitorovány po dobu 3 a 6 let. Podloží násypů bylo instrumentováno profily hydrostatické nivelace, hloubkovými referenčními značkami pro měření vertikálních posunů a měřidly pórového tlaku. Výsledky monitoringu ukázaly rychlou disipaci pórových tlaků po zatížení násypem. Část naměřeného sednutí byla způsobena také poklesem hladiny podzemní vody během měření a creepem. Srovnání jednotlivých profilů hydrostatické nivelace prokázalo značně nerovnoměrné sedání výsypky.

Modelování v minicentrifuzě a oedometrické zkoušky na materiálu modelu demonstrovaly základní mechanické chování zemin s dvojitou pórovitostí: při nízkých vertikálních napětích převažuje nevratná deformace způsobená přeskupováním jílových hrud, zatímco při vyšších vertikálních napětích se výrazněji projevuje elastická složka deformace a sklon čáry odlehčení je podobný jako u rekonstituované zeminy.

Posouzení dvou odlišných metod sypání výsypky ukázalo, že

6 sypáním jílových hrud do vody vzniká výsypka z větší prvotní mezerovitostí a tedy vyšší stlačitelností. Z hlediska pozdějšího využití výsypky se nejvhodnější metodou sypání výsypky ukázalo sypání jílových hrud „na sucho“, následované rychlým přirozeným nasycením.

Modelování pokusného násypu v geotechnické centrifuzě probíhalo při 150 g. Byly provedeny dvě zkoušky s různými technikami konstrukce násypu. Výsledky modelování

potvrdily, že hydraulická vodivost výrazně klesá v závislosti na míře degradace struktury výsypky. Při konsolidaci modelu výsypky v centrifuze bylo zaznamenáno výrazné sednutí na začátku konsolidace, způsobené uzavíráním mezer mezi hroudami a rychlou disipací pórových tlaků. Po uzavření většiny mezer je propustnost výsypky závislá na nízké propustnosti materiálu hrud a disipace a sedání výsypky je výrazně pomalejší.

Výrazné počáteční sednutí v důsledku uzavírání mezer v horní části modelu výsypky bylo pozorováno i po přetížení násypem. V porovnání s výsledky polního měření bylo u modelu v centrifuze naměřeno vyšší sednutí v horních 10 metrech výsypky. Rozdíl je pravděpodobně způsoben nižší intergranulární pórovitostí horní vrstvy výsypky *in situ* v

7

důsledku degradace původní struktury vlivem zvětrávání. Pro numerické modelování pokusných násypů byl zvolen hypoplastický model pro jíly s metastabilní strukturou. Základní hypoplastický model byl kalibrován na základě trojosých zkoušek (izotropní stlačitelnosti a smykových) na rekonstituovaném jílu. Parametry charakterizující dvojí pórovitost a rychlost její degradace byly kalibrovány na základě oedometrických zkoušek na granulovaném jílu (výsypkový materiál se zmenšenými rozměry jílových hrud). Kvalita předpovědi modelu byla ověřena numerickou simulací konsolidace výsypky v centrifuze a vzájemným porovnáním výsledků numerického modelu a konsolidace modelu v centrifuze. Hypoplastický model se použil pro simulaci obou pokusných násypů a výsledky byly porovnány s výsledky monitoringu.

Numerický model poskytl výrazně větší sednutí než monitoring. Podobně jako při modelování v centrifuze byl rozdíl vysvětlen zvětráváním vrchní části výsypky v terénu. Degradace struktury výsypky v důsledku zvětrávání byla zohledněna v numerickém modelu snížením čísla pórovitosti výsypky, senzitivity a parametru κ^* v závislosti na hloubce.

Zpětná analýza degradace struktury výsypky ukázala, že změna

8

struktury se výrazně projevuje v horních 10 metrech, a že vliv zvětrávání výsypky v terénu postupně klesá s hloubkou.