

## MECHANIKA ZEMIN I LABORATORNÍ CVIČENÍ 5: TROJOSÁ ZKOUŠKA

### CÍL CVIČENÍ

Cvičení seznamuje s jednoduchou verzí konvenčního trojosého přístroje, s podstatou "tlakové" trojosé zkoušky a s jejím vyhodnocením. Současně se demonstrují některé důležité rysy pevnosti a chování zemin při smyku:

- existence vrcholové pevnosti a pevnosti povrcholové (kritické, pokud ji při zkoušce dosáhnete),
- souvislost mezi deviátorovým napětím a objemovými změnami při odvodněné zkoušce,
- závislost tuhosti zemin (v tomto případě Youngova modulu) na úrovni přetvoření a na úrovni napětí.

### ODVODNĚNÁ ZKOUŠKA IZOTROPNĚ KONSOLIDOVANÉHO (CID) NASYCENÉHO VZORKU

Válcový vzorek, obvykle průměru 35mm až 100mm a dvojnásobné výšky, se opatří nepropustnou membránou a umístí se do komory, v níž je možno na vzorek vyvodit kapalinou všesměrný tlak. Tento tlak je totálním radiálním napětím  $\sigma_r$ , působícím na plášť vzorku, a působí rovněž část totálního osového napětí  $\sigma_a$  na jeho podstavách. Druhá část  $\sigma_a$ , tzv. deviátorové napětí  $q$  velikosti  $\sigma_a - \sigma_r$ , se vyvozuje zatěžovacím pístem.

Vzorek lze odvodnit přes propustné destičky v jedné či obou podstavách. Drenážní vedení je možno uzavřít kohoutem, potom probíhá zatěžování za neodvodněných podmínek, zkouška se nazývá neodvodněná (nedrénovaná). V takovém případě se zpravidla přístroj vybaví snímačem tlaku a pórový tlak ve vzorku se měří. Je-li kohout otevřen, voda může proudit ze vzorku či do vzorku. Při správně zvolené rychlosti přitěžování vzhledem k propustnosti zkoušené zeminy se potom počáteční pórový tlak nemění a zkouška se nazývá odvodněná (drénovaná). V tom případě se měří objemové změny nasyceného vzorku množstvím vody proudící ze/do vzorku.

Při nejběžnější "tlakové" trojosé zkoušce se vzorek zatěžuje kladným přírůstkem osového napětí při konstantním radiálním napětí  $\sigma_r$ . Nejběžněji se osově přitížení realizuje konstantním přírůstkem osově deformace. „Deviátorová“ síla  $Q = Aq = A(\sigma_a - \sigma_r)$  se měří vhodným siloměrem ( $A$  je průřezová plocha vzorku, jež je při zkoušce proměnná – to je třeba zohlednit při vyhodnocení).

### POSTUP ZKOUŠKY

Připraví se vodou nasycený vzorek písku (stejněho jako při stanovení sypného úhlu) a změří se jeho rozměry. Před smykovou fází zkoušky se vzorek zkonsoliduje komorovým tlakem, při němž se bude provádět smyk (ve vašem případě  $\sigma_r = \dots \dots \dots$  kPa. Při naší drénované zkoušce bude  $\sigma_r = \sigma_r'$ , neboť  $\Delta u = 0$  a počáteční pórový tlak  $u$  je roven atmosférickému tlaku ( $u = 0$ ). Při výpočtu počáteční výšky a průměru vzorku před smykem  $H_{0\text{smyk}}$  a  $D_{0\text{smyk}}$  je třeba uvážit změnu rozměrů při konsolidaci. Ze vztahu  $\epsilon_v = \epsilon_a + 2\epsilon_r$  lze spočítat rozměry po konsolidaci za předpokladu izotropie (tj. pro  $\epsilon_a = \epsilon_r$ ).

Zaznamenejte počáteční rozměry smykové fáze zkoušky, počáteční čtení siloměru, indikátoru výšky vzorku a měřidla objemových změn ("byrety"). Po spuštění svislého posunu komory vzhůru se vzorek osově stlačuje, a to takovou rychlostí, aby se umožnila drenáž (při neodvodněné zkoušce vyrovnání pórových tlaků v celém vzorku). Ve vhodně volených intervalech se odečítá deformace siloměru, změna výšky vzorku a změna hladiny vody v byretě, reprezentující změnu objemu vzorku. Zkouška se ukončí při dosažení posunu (změně výšky vzorku) cca 15mm (upřesní se dle průběhu).

Při zkoušce sledujte změnu tvaru vzorku a způsob jeho porušení. Pořídte náčrtek polohy smykové plochy, pokud se vytvoří, i tvaru vzorku po zkoušce.

Po zkoušce vzorek opatrně rozeberte a beze ztrát zeminy nechte vysušit. Z hmotnosti sušiny a z rozměrů se stanoví pórovitost před začátkem zkoušky i před začátkem smyku (po konsolidaci).

### ZPRACOVÁNÍ DAT

Při výpočtu aktuální plochy vzorku dejte pozor na znaménka v definicích  $\Delta H$ ,  $\Delta V$ ,  $\epsilon_a$  a  $\epsilon_v$ . Deviátorová síla se spočte z deformace (stlačení) siloměru a kalibrační konstanty:  $Q[N] = (\text{stlačení siloměru [mm]}) \times 245$ .

Nakreslete grafy

- Obr. 1: napětídeformační diagram (nesprávně „pracovní diagram“)  $q$  proti osovému přetvoření  $\epsilon_a$ ;
- obr. 2: objemové přetvoření  $\epsilon_v$  proti  $\epsilon_a$ .

Obr. 1 a 2 kreslete pod sebe na jednu stranu A4 s počátky pod sebou a s vodorovnými osami  $\epsilon_a$  ve stejném měřítku, aby bylo možno grafy snadno srovnávat. V grafech najdete, kde se dosáhlo vrcholového stavu a kde stavu kritického, při němž se zemina smykově přetváří při konstantním napětí a objemu. Uvažte, že pokud se při smyku vytvořila ve vzorku zřetelná smyková plocha, nedosáhlo se ve skutečnosti kritického stavu. Přesto i v takovém případě odhadněte  $q_{cr}$ , tj. deviátorové napětí v kritickém stavu, kdy se podle vašich grafů stav nejvíce ke kritickému blíží (tj. zemina se smyká za konstantního napětí a konstantního objemu). Kritický stav je také při konvenční zkoušce problematický pokud se vzorek deformuje jako soudek (výpočet plochy  $A$ , a deviátorového napětí není korektní). Lze to vyřešit, ale my to pro jednoduchost zanedbáme.

- Obr. 3 a 4: Mohrovy kružnice efektivního napětí pro vrcholový stav a pro stav kritický (tedy dva diagramy  $\tau : \sigma'$ , každý se dvěma kružnicemi).

Ze své jedné zkoušky budete mít pouze jednu Mohrovu kružnici pro vrcholový a jednu pro kritický stav (či pro jeho odhad). Abyste mohli z diagramů nalézt obálky pevnosti, je třeba provést zkoušek

