

MECHANIKA ZEMIN I

LABORATORNÍ CVIČENÍ 4: PEVNOST PÍSKU, KAPILÁRNÍ SOUDRŽNOST

CÍL CVIČENÍ

Jednoduchou možností, jak stanovit smykovou pevnost písku (obecně sypké látky bez vlivu kapilárních sil), je změření úhlu přirozené sklonitosti. Nejčastěji se však pro určení pevnosti materiálů používají zatěžovací zkoušky válcových vzorků. V mechanice zemin je takovou zkouškou zkouška trojosá, při níž je válcový vzorek zatížen radiálním a osovým totálním napětím. Zjednodušenou formou je zkouška v prostém tlaku, s totálním radiálním napětím rovným nule. Při cvičení se provede zkouška vlhkého písku v prostém tlaku. Cvičení demonstruje některé podstatné rysy pevnosti a chování sypké zeminy při zatížení, především:

- úhel přirozené sklonitosti a jeho vztah k úhlu vnitřního tření,
- zvýšení pevnosti vlivem sání u částečně nasycené (nenasycené) zeminy; vznik kapilární soudržnosti,
- nevhodnost zkoušky v prostém tlaku pro zeminy – nemožnost kontrolovat stupeň nasycení po dobu zkoušky, stanovit dostatečně přesně pórový tlak a efektivní napětí a zkoušku tak řádně interpretovat atd.,
- obtíže s efektivním napětím pro nenasyčené zeminy.

POSTUP

1. Úhel přirozené sklonitosti

Sypte pomalu suchý písek na vodorovnou plochu, až se vytvoří kužel výšky několika centimetrů. Při sypání sledujte, zda se svah průběžně sesouvá, tj. zda písek je v kritickém stavu. Proveďte alespoň tři měření úhlu sklonu svahu a spočítejte jejich průměr. Z naměřených dat stanovte úhel vnitřního tření v kritickém stavu zkoušeného písku.

2. Pevnost částečně nasyceného vzorku písku v prostém tlaku

Připravte písek o přibližné vlhkosti 10% pečlivým smícháním suchého písku a potřebného množství vody. Zhotovte válcový vzorek, který nebude příliš ulehlý (co nejkypřejší bábovičku, kterou je možné postavit na váhu a provést na ní zkoušku). Změřte průměr a výšku a stanovte hmotnost vzorku před zkouškou. S využitím vah proveďte zkoušku v prostém tlaku:

vzorek opatrně umístěte na váhu;

rukou pomalu zatěžujte horní podstavu vzorku a vzrůst osového tlaku sledujte na váze;

zaznamenejte čtení na váze při porušení;

po zkoušce stanovte hmotnost sušiny (beze ztrát hmotnosti celý vzorek dejte vysušit a po vysušení zvažte);

zkoušku proveďte tolikrát, abyste měli alespoň tři čtení hmotnosti (zatížení), jejichž rozptyl nebude větší než cca 10%; při vyhodnocení uvažujte průměry napětí, vlhkosti a stupně nasycení.

VYHODNOCENÍ A ZPRÁVA

Spočítejte svislé normálové napětí při porušení vzorku a vykreslete Mohrovu kružnici pro totální napětí. Za předpokladu linearitu obálky pevnosti nenasyčených zemin stanovte kapilární soudržnost způsobenou sáním. Využijte přitom ϕ' (stanovené ad 1.) a $c'=0$.

Stanovte pórový tlak při porušení vzorku za předpokladu, že pro efektivní napětí nenasyčené zeminy platí vztah $\sigma' = \sigma - (Su_w + (1-S)u_a)$, tj. že pórový tlak je $u = (Su_w + (1-S)u_a)$, kde S je stupeň nasycení. Znalost ϕ' využijte k sestavení Mohrovu kružnice pro efektivní napětí (resp. k určení její polohy na ose $\tau=0$) a tím k určení pórového tlaku. Z pórového tlaku spočítejte kapilární sání $u_a - u_w$, které pro váš průvzdušný vzorek při $u_a=0$ bude $-u_w$.

Pozn. Výpočet kapilární soudržnosti odpovídá teorii nenasyčených zemin (za zjednodušujícího předpokladu linearitu obálky). Efektivní napětí vypočítané podle uvedené rovnice (při použití stupně nasycení pro vyjádření pórového tlaku v nenasyčené zemině) však je zjednodušeným odhadem. Efektivní napětí ve smyslu Terzaghiho věty pro nasycené zeminy vyžaduje složitější formulaci, používající zpravidla jiný parametr než stupeň nasycení, retenční čáru zeminy aj.

Vaše zpráva o cvičení bude kromě zaznamenaných dat obsahovat

1. Efektivní úhel vnitřního tření suchého písku ϕ' , určený změřením úhlu přirozené sklonitosti α . Vysvětlení vztahu mezi ϕ' a α (schéma, rovnice).
2. Graficky i početně stanovenou velikost kapilární soudržnosti v nenasyčeném písku.
3. Mohrovy kružnice totální a efektivní napjatosti při porušení v prostém tlaku. Graficky stanovený pórový tlak.
4. Početní stanovení velikosti pórového tlaku (podle Bishopa). Z geometrie Mohrovu kružnice odvoďte obecný vztah pro velikost pórového tlaku ve vzorku v závislosti na ϕ' , zatížení při porušení a průměru vzorku. Dosazením spočítejte "pórový tlak" a "sání" (za předpokladu platnosti Bishopovy rovnice) ve vaší nenasyčené bábovičce.
5. Váš komentář k soudržnosti zkoušené zeminy formou výstižné úvahy. Je suchý písek soudržnou nebo nesoudržnou zeminou? Je zavlhlý (částečně nasycený) písek soudržnou nebo nesoudržnou zeminou? Jak je označení "(ne)soudržná zemina" fyzikálně výstižné?

DATA

1. Úhel přirozené sklonitosti

Měření č.	1	2	3				Průměrný úhel vnitřního tření
úhel α [°]							
úhel vnitřního tření ϕ' [°]							

2. Pevnost vlhkého písku v prostém tlaku

vzorek	výška vzorku [m]	průměr vzorku [m]	zatížení při porušení resp. hmotnost [kg]	síla při porušení [N]	plocha vzorku [m ²]	napětí při porušení [Pa]	vlhkost vzorku				číslo pór. e	stupeň nasyc. S	
							váženka	hmotn. vlhká [g]	hmotn. suchá [g]	vlhk. w			
1													
2													
3													
Prů- měr	-----	-----	-----	-----	-----		-----	-----	-----				

Jak postavit ideální hrad z písku?

Vědci z prestižního Massachusettského technologického institutu (MIT) v americkém Bostonu tvrdí, že rozluštili tajemství ideálního hradu z písku.

Děti by jej podle nich měly uplácet nejlépe z osmi dílů písku a jednoho dílu vody. Výzkumný tým podle britského listu Daily Telegraph použil během badání různé typy baněk obsahující zrnka písku rozdílných velikostí. Písek smíchal s různými tekutinami. Když pak vědci baňky převrátili, za pomoci optických přístrojů změřili přesný úhel, kdy písek začal padat lavinovitě dolů.



ARCHIV METRO

OSM KU JEDNÉ, to je správný poměr na výrobu hradu z písku.

Díky získaným údajům pak vědci sestavili matematický vzorec popisující „stabilitu mokrého písku“. Tým vedený Sarah Nowakovou a Arshadem Kudrollim nakonec dětem vzkázal: nejstabilnější hrad získáte smícháním písku a vody v poměru osm ku jedné.

ČTK

...a nezakreslený článek je na <http://www.nature.com/nphys/journal/v1/n1/full/nphys106.html>