

Misure di rigidità iniziale durante la fase di taglio di prove triassiali: risultati sperimentali e considerazioni preliminari.

MICHELE ORAZI*

* Laboratorio Geomeccanico di Ugo Sergio Orazi - Via Cairo - 61024 Mombaroccio (PU). Email: labgeomeccanico@libero.it.

In questa breve nota vengono presentati e commentati i risultati sperimentali più significativi, relativi a misure del modulo di rigidità al taglio iniziale (G_0), eseguite durante la fase di taglio di prove triassiali, su provini ricostituiti di una terra di bassa plasticità. Tale modulo di rigidità è stato determinato misurando la velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), essendo

$$G_0 = \rho V_s^2 \quad [1]$$

dove ρ è la densità del terreno, con l'impiego di un'attrezzatura (prodotta dalla Wykeham Farrance) costituita da due trasduttori piezoelettrici a flessione (*bender elements*) posti rispettivamente nel piedistallo alla base della cella triassiale e nella testa di carico (Fig. 1), messa a disposizione dal Laboratorio Geomeccanico di Ugo Sergio Orazi. Per dettagli si rimanda ai lavori di BRIGNOLI & GOTTI (1992) e VIGGIANI & ATKINSON (1995). In seguito, data la configurazione dell'apparecchiatura di prova, si farà sempre riferimento al modulo G_{0vh} , dove il primo indice si riferisce alla direzione di propagazione delle onde (v) ed il secondo a quella di polarizzazione (h), chiamato semplicemente G_0 .



Fig. 1 - Trasduttori piezoelettrici a flessione in cella triassiale.

È noto che è possibile esprimere la dipendenza di G_0 dalle variabili di stato, pressione efficace media (p') ed indice dei vuoti (e), attraverso un'equazione del tipo:

$$G_0 = C f(e) p'^n \quad [2]$$

dove C e n sono delle costanti del materiale e $f(e)$ è una funzione dell'indice dei vuoti. Per il materiale oggetto di studio, facendo riferimento alla funzione dell'indice dei vuoti $f(e) = e^{-1}$ proposta da BIAREZ & HICHER (1994), risulta $C = 130$ e $n = 0.5$ con G_0 e p' espressi in MPa (ORAZI, 2008). Pertanto, nel caso di un provino normal consolidato in condizioni isotrope, il cui stato è rappresentato da un punto della linea di consolidazione normale (*iso-NCL*), il modulo di rigidezza al taglio iniziale è dato dall'equazione [2] con

$$e = (N - 1) - \lambda \ln p' \quad [3]$$

essendo la [3] l'equazione della *iso-NCL*. Per analogia, è ragionevole ipotizzare che, anche allo stato critico, il modulo di rigidezza al taglio iniziale si possa esprimere con l'equazione [2] con

$$e = (I - 1) - \lambda \ln p' \quad [4]$$

dove la [4] rappresenta la proiezione della linea di stato critico (*CSL*) sul piano e - p' . Pertanto, poiché passando dalla *iso-NCL* alla *CSL* a parità di p' il valore di e diminuisce (cioè il materiale si addensa), si può ipotizzare che il valore di G_0 tenderà ad essere via via più elevato; l'esatto contrario si prevede invece per stati iniziali alla sinistra della *CSL*. Tramite l'equazione [2] è quindi possibile confrontare, a parità di condizioni (p' , e), le misure di G_0 eseguite durante la fase di taglio con quelle relative alla consolidazione isotropa e valutare così l'effetto dello sforzo deviatorico (q) sulla rigidezza al taglio iniziale.

La figura 2 mostra i risultati sperimentali di due prove drenate su provini sovraconsolidati (*OC*) e di una prova su un provino normal consolidato (*NC*), sollecitato inizialmente in condizioni drenate e successivamente a drenaggio impedito. I percorsi degli sforzi efficaci sono riportati in figura 2-a. Le curve sforzo-deformazione, rappresentate in figura 2-b in termini di q/p' , si presentano fortemente non lineari, asintotiche, senza mostrare una chiara situazione di instabilità meccanica. Il provino *NC* e quello leggermente *OC* mostrano un comportamento volumetrico di tipo contraente, mentre il provino *OC* esibisce una prima fase a comportamento leggermente contraente, seguita da una fase in cui mostra un comportamento marcatamente dilatante (figura 2-c).

In figura 2-d sono confrontate le misure di rigidezza iniziale con la previsione teorica ricavata in base all'equazione [2]. Nel caso del provino *NC*, i valori di G_0 misurati durante la fase di taglio drenata ed in parte durante quella non-drenata sono in linea con l'equazione [2]; d'altra parte, al crescere dello sforzo deviatorico, la previsione teorica non concorda con le misure effettuate. Analogamente, nel caso del provino leggermente *OC* i dati sperimentali relativi

alla prima fase della sollecitazione, caratterizzata da una minore deformabilità volumetrica, sono in buon accordo con l'equazione [2] ma, quando il comportamento contraente diventa più evidente, si osserva una rapida riduzione dei valori di G_0 . Anche nella prova sul provino OC le misure di G_0 , in una prima fase ben rappresentate dall'equazione [2], mostrano una netta deviazione dal trend iniziale, corrispondente in maniera piuttosto accurata al punto in cui il comportamento volumetrico diventa di tipo dilatante.

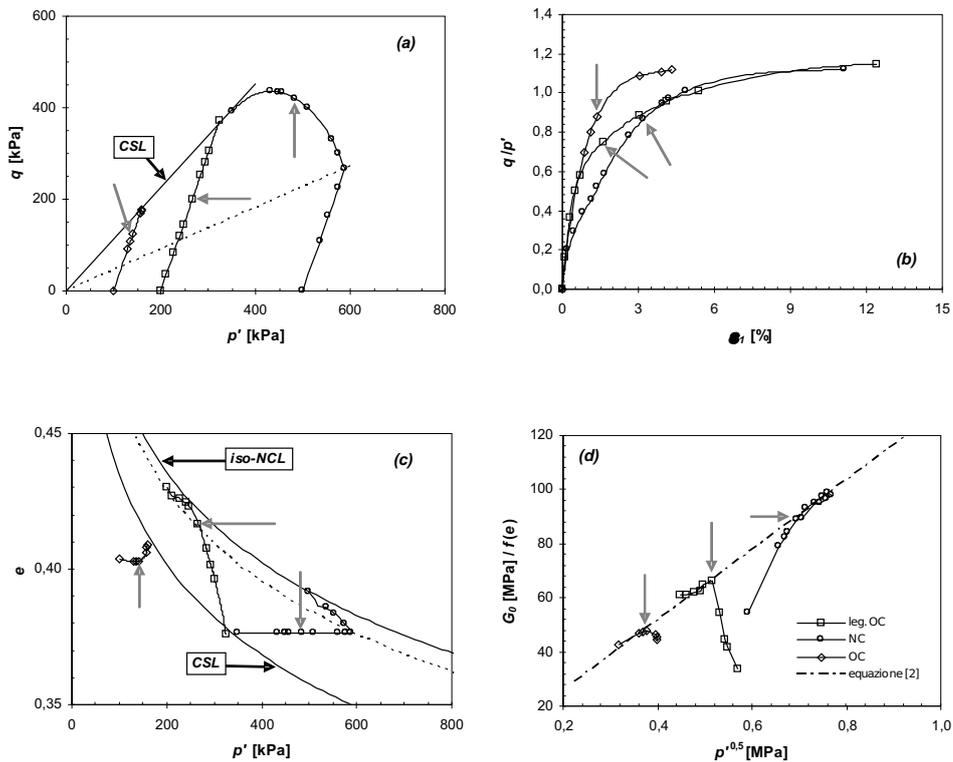


Fig. 2 - Misure di G_0 durante la fase di taglio di prove triassiali.

Dai risultati illustrati è evidente che, a bassi livelli di carico, le misure di G_0 sono in linea con l'equazione [2] e pertanto può essere considerato trascurabile l'effetto dello sforzo deviatorico sulla rigidità al taglio iniziale. Tuttavia, ad elevati livelli di carico, si osservano valori di G_0 più bassi di quelli previsti dall'equazione [2], che perde così di rappresentatività. L'ipotesi che si può avanzare, allo stato attuale della sperimentazione, è che questo fenomeno sia un effetto della localizzazione delle deformazioni in una banda molto ristretta dei provini, con la successiva formazione di superfici di discontinuità che inevitabilmente si ripercuotono in maniera significativa sulla velocità media di

Orazi M. – Misure di rigidezza iniziale durante la fase di taglio di prove triassiali: risultati sperimentali...

propagazione dell'onda di taglio.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Giuseppe Scarpelli dell'Università Politecnica delle Marche per aver contribuito con utili suggerimenti alla stesura definitiva del presente testo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BIAREZ J. & HICHER P. Y. (1994) - *Elementary mechanics of soil behaviour. Saturated remoulded soils*. A.A.Balkema / Rotterdam / Brookfield.
- BRIGNOLI E. & GOTTI M. (1992) - *Misure di velocità di onde di taglio in laboratorio con l'impiego di trasduttori piezoelettrici*. Rivista Italiana di Geotecnica, XXVI, 1, 5-16.
- ORAZI M. (2008) - *Rigidezza iniziale di una terra ricostituita di bassa plasticità*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli Studi di Urbino.
- VIGLIANI G. & ATKINSON J.H. (1995) - *Interpretation of bender element tests*. Géotechnique, 45, 1, 149-154.