



ALCUNE ESPERIENZE DI PROVE DINAMICHE SUI SUOLI TRENINI

1. INTRODUZIONE

Le prime informazioni sul comportamento dinamico dei suoli trentini sono disponibili dal 2012, anno in cui il Laboratorio Geotecnico della Provincia autonoma di Trento ha acquisito la strumentazione e le competenze per le prove di colonna risonante e di taglio torsionale ciclico. Di seguito, vengono brevemente esposti alcuni casi storici di sperimentazioni condotte in colonna risonante, con l'obiettivo confrontare il comportamento di alcuni terreni trentini con le curve disponibili in letteratura.

2. CORRELAZIONE CON PROPRIETÀ INDICE

2.1 Influenza della plasticità.

Una delle proprietà indici più utilizzata nelle correlazioni in geotecnica per i terreni a grana fine (limi e argille) è costituita dai limiti di Atterberg. Anche per le prove dinamiche sui terreni si conferma questa consuetudine, tanto che VUCETIC & DOBRY, 1991, proposero delle correlazioni tra l'indice di plasticità e le curve del modulo di taglio normalizzato e del fattore di smorzamento in funzione della deformazione di taglio.

In Fig. 1 sono rappresentati 6 campioni che dal punto di vista granulometrico sono classificati come limi argillosi mentre secondo i limiti di Atterberg sono classificati come argille di *media plasticità* (*cerchietti*) e *bassa plasticità* (*triangolini*).

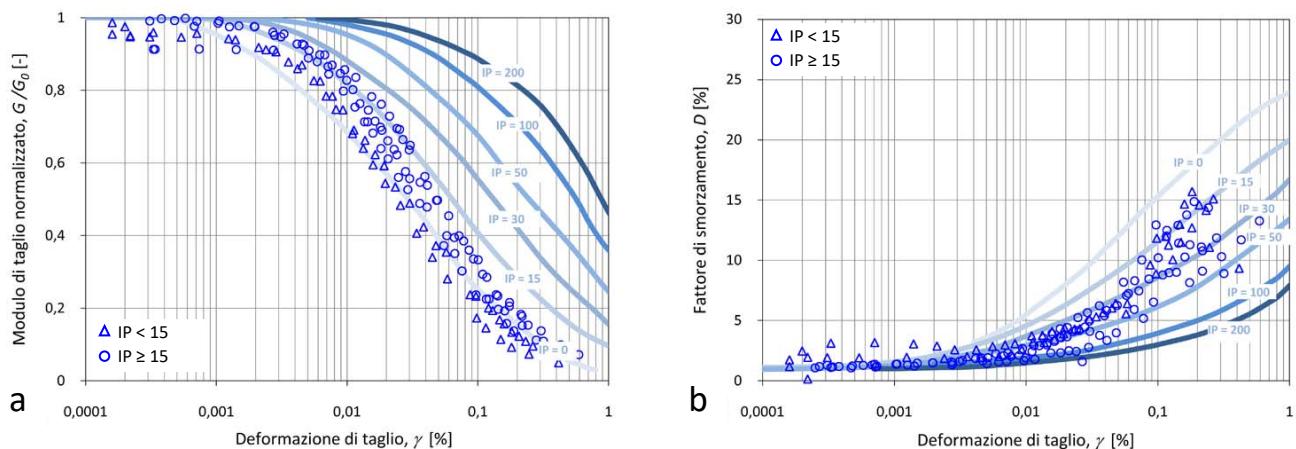


Figura 1. Confronto tra i risultati di 6 terreni di Caldes con le curve di bibliografia (Vucetic & Dobry, 1991), per diversi indici di plasticità. Sono rappresentate 2 argille di bassa plasticità con $IP < 15$ (triangoli) e 4 argille di media plasticità, con $IP \geq 15$ (cerchi).
(a) Curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato; (b) curve del fattore di smorzamento.

A plasticità più alta corrisponde l'atteso spostamento a destra dei valori. Rispetto alle curve proposte da VUCETIC & DOBRY, 1991, i terreni analizzati assumono un comportamento congruente fino alla soglia elastica, mentre ad elevate deformazioni proseguono con un andamento riferibile a terreni meno plastici. Questa stessa parziale concordanza riscontrata per i nostri limi è stata osservata anche in altri studi italiani, come ad es. *Analisi, modellazione e miglioramento sismico delle fondazioni di edifici esistenti*, Maugeri et al., Rivista Italiana di Geotecnica 4/2006.



La peculiarità della maggior parte dei terreni trentini a grana fina è quella di appartenere granulometricamente ai limi argillosi, che assumono un comportamento intermedio tra quello tipico delle sabbie molto fini e le argille, tanto che non risultano facilmente inquadrabili secondo la comune asserzione che un limo plastico presenta un comportamento analogo a quello di un'argilla, mentre un limo non plastico assume il comportamento tipico di una sabbia.

Questa peculiarità è stata notata spesso nei risultati delle prove geotecniche tradizionali e si conferma anche per le prove dinamiche, dove le altre prove condotte (edometriche, triassiali CIU, test di conducibilità idraulica) confermano il tipico comportamento intermedio tra i limi e le argille.

2.2 Sabbie e influenza del grado di addensamento.

Per i terreni incoerenti, è stato confrontato l'esito di tre prove condotte su campioni di sabbie del sito di Caldes (2 campioni) e dal sito dei Murazzi (1 campione), ricostituiti con diverso grado di costipamento, di granulometria determinata mostrata in Fig. 2a.

Per le sabbie, SEED & IDRISI, 1970, pubblicarono delle curve tipiche di modulo di taglio e fattore di smorzamento.

Dal confronto ottenuto sovrapponendo i risultati ottenuti in colonna risonante sui nostri campioni analizzati con le curve di Seed & Idriss si evidenzia una sostanziale concordanza, specialmente per il modulo di taglio (vedi fig. 2b per il modulo di taglio e 2c per il fattore di smorzamento).

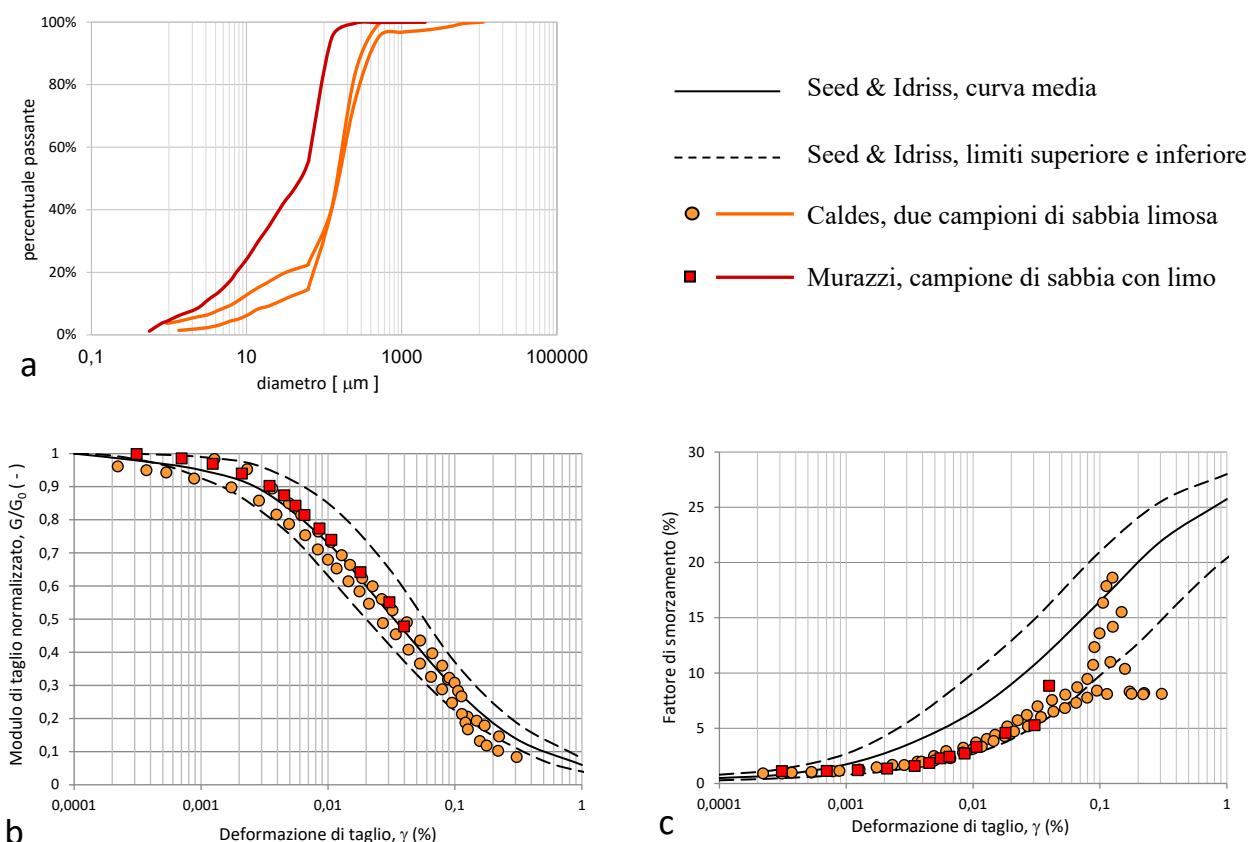


Figura 2. Risultati ottenuti da 2 campioni di sabbie limose di Caldes e 1 campione di sabbia con limo di Murazzi: (a) curve granulometriche dei tre campioni; (b) e (c) confronto delle misure di modulo di taglio e del fattore di smorzamento rispettivamente ottenute in modalità colonna risonante con le curve di bibliografia (Seed & Idriss, 1970).



Nella stessa pubblicazione, SEED & IDRISI, 1970, consapevoli di quanto il modulo di taglio delle sabbie fosse fortemente influenzato dalla pressione di confinamento e dall'indice dei vuoti, proposero la seguente relazione:

$$G = 1000 \cdot K_2 \sigma'_c^{1/2} \quad (1)$$

dove G è il modulo di taglio, σ'_c è la pressione efficace di consolidazione, espressi in psf (*pound square foot* = libbra su piede quadrato), mentre il coefficiente K_2 è un valore sperimentale espresso in funzione dell'indice dei vuoti e della deformazione di taglio.

Se riferita ai valori iniziali e facendo le dovute trasformazioni per operare in unità di misura S.I., la (1) diventa:

$$G_{max} = 6,92 \cdot K_{2(max)} \cdot \sigma'_c^{1/2} \quad (2)$$

dove G_{max} è il modulo di taglio iniziale, cioè ottenuto a bassissima deformazione, σ'_c la pressione efficace, espressi in MPa, mentre $K_{2(max)}$ è il valore massimo che il coefficiente K_2 indicato nella (1) raggiunge a bassissima deformazione, che va da circa 30 per sabbie poco addensate a circa 75 per sabbie molto addensate.

Sui tre campioni di sabbia analizzati in laboratorio sono state condotte misure di G_{max} (ottenute a bassissima deformazione) per diversi valori di σ'_c operando in modalità *multi-stage consolidation test*, cioè conducendo le misure di G_{max} al termine di diverse fasi di consolidazione effettuate sullo stesso provino.

Dall'interpolazione mostrata in Fig. 3, si ricava il parametro k di correlazione tra G_{max} e $\sigma'_c^{1/2}$ secondo l'equazione:

$$G_{max} = k \cdot \sigma'_c^{1/2} \quad (3)$$

per cui, dal confronto tra la (2) e la (3) abbiamo potuto determinare il parametro $K_{2(max)}$:

$$K_{2(max)} = \frac{k}{6,92} \quad (4)$$

Il confronto con i valori di ottenuti di $K_{2(max)}$ ottenuti sui tre campioni di sabbia analizzati con i valori di Seed & Idriss è mostrato in Tabella 1.

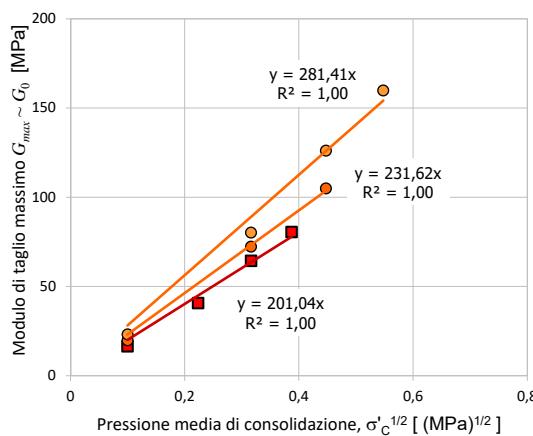


Tabella 1

Seed & Idriss, 1970		<i>Laboratorio PAT</i>	
indice dei vuoti e	$K_{2(max)}$	indice dei vuoti e	$K_{2(max)}$
0,4	70	0,61	41
0,5	60		
0,6	51		
0,7	44		
0,8	39		
0,9	34	0,89	33,5
		0,95	29

Figura 3. Correlazione tra pressione di consolidazione e valori iniziali di modulo di taglio per determinare la costante di proporzionalità k dell'equazione (3).



3. CONCLUSIONI

La correlazione tra indice di plasticità sui limi argillosi analizzati è concorde con la bibliografia, con curve che si spostano nella parte destra del diagramma all'aumentare della plasticità. Il confronto dei campioni analizzati con le curve di VUCETIC & DOBRY, 1991, distinte per indice di plasticità, mostra un andamento sovrapponibile fino alla soglia elastica, mentre per le deformazioni più elevate l'andamento corrisponde a materiali meno plastici. Tale differenza è probabilmente motivata dal fatto che i campioni analizzati hanno le tipiche caratteristiche geotecniche dei suoli fini trentini, intermedie tra il limo e l'argilla.

Il comportamento delle sabbie analizzate può essere correlato con la loro densità apparente e gli esiti sono concordanti con SEED & IDRISI, 1970, sia nella valutazione del coefficiente di proporzionalità tra modulo di taglio e pressione di consolidazione in funzione dell'indice dei vuoti ($K_{2(\max)}$ vs e), sia nell'andamento dei valori di modulo di taglio e fattore di smorzamento rispetto alla deformazione di taglio.