

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”
FACOLTA' DI INGEGNERIA**



**CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E
IL TERRITORIO
(CURRICULUM DIFESA DEL SUOLO)**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA E
AMBIENTALE**

ABSTRACT

Verifica sperimentale dell'anisotropia del comportamento meccanico di un terreno
rinforzato con fibre di piccole dimensioni

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing. Alessandro FLORA

CORRELATORE

Ing.Stefania LIRER

CANDIDATA

Aurora CAPUANO matr.324/180

ANNO ACCADEMICO 2011-2012

Nel presente elaborato si intende valutare una particolare proprietà del comportamento meccanico dei terreni fibro-rinforzati, l'anisotropia. L'inserimento di fibre diffuse di piccola dimensione consente di migliorare le prestazioni meccaniche di un terreno, incrementandone la resistenza al taglio e la duttilità.

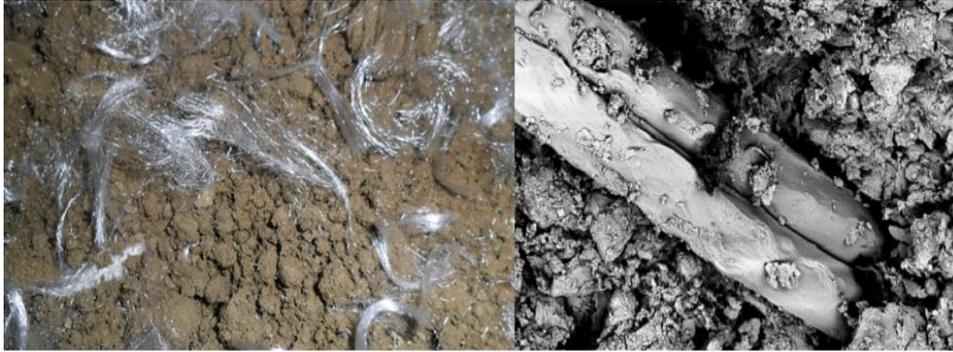


Figura 1- Particolare fotografico ed al microscopio di una sabbia fibro-rinforzata

Questa tecnica di consolidamento vede la propria applicazione nei seguenti casi:

- Costruzione rilevati in terra
- Stabilizzazione coltri superficiali
- Mitigazione erosione spondale di argini in terra

Il funzionamento si basa su micro-meccanismi di tipo attritivo; le fibre presenti all'interno del materiale creano una sorta di griglia tridimensionale che avvolge i grani di terreno. Quando il terreno è sollecitato, nelle fibre insorgono degli sforzi di trazione, in relazione ai quali si innescano due meccanismi di rottura: per stati tensionali bassi si ha lo scorrimento della fibra, dato che non viene vinta la resistenza a trazione di quest'ultima, diversamente si ha rottura per snervamento. Il comportamento meccanico di questi materiali composti dipende dalle proprietà fisiche e meccaniche delle componenti, quali il terreno naturale e le fibre.

Dagli studi presenti in letteratura si è osservato che fattori determinanti sono :

- lunghezza delle fibre

- snellezza delle fibre
- contenuto percentuale in peso
- stato tensionale

la crescita dei quali comporta l'aumento della resistenza al taglio del materiale. Gli inviluppi di rottura che descrivono il comportamento di questi materiali concordano su una forte non linearità; caratteristica ancora poco definita, è l'anisotropia. Tra i principali studi in merito, si citano gli articoli Zornberg (2002) e Lirer, Flora e Consoli, (2011) che saranno utilizzati per l'interpretazione dei dati sperimentali. Zornberg (2002) propone un inviluppo di rottura bilineare, ciascun tratto corrisponde ad uno dei due meccanismi di rottura, a seconda che si abbia lo scorrimento o lo snervamento delle fibre. I parametri valutati sono: il contenuto percentuale volumetrico, la snellezza delle fibre, il coefficiente $c_{i\phi}$ di attrito e la resistenza a trazione della fibra. Il parametro α infine, compreso tra 0-1, misura l'omogeneità di distribuzione delle fibre. In corrispondenza del valore unitario, si ha una giacitura delle fibre omogenea ed isotropa. Recentemente sviluppato, presso l'Università di Napoli "Federico II", il modello proposto da Lirer, Flora e Consoli (2011) è basato sulla distribuzione delle fibre secondo la direzione orizzontale che corrisponde al massimo rendimento; questo introduce una misura efficace dell'interazione terreno-fibra tramite il fattore geometrico β e tiene conto dell'influenza della tensione di confinamento, diversamente dai modelli presenti in letteratura.

L'obiettivo del presente studio è verificare gli effetti dell'anisotropia attraverso una programmazione sperimentale costituita da 15 prove di tipo CID, ovvero consolidate isotropicamente drenate. Le prime 3 determinano il comportamento meccanico del terreno naturale e le restanti 12 coinvolgono il terreno fibro-rinforzato. Vengono esperiti 3 differenti livelli tensionali $\sigma_c = 50, 100$ e 200 KPa e 4 differenti giaciture delle fibre all'interno del campione ovvero $\psi = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ e 90° rispetto alla direzione verticale. Il terreno fibro-rinforzato viene realizzato impiegando una sabbia proveniente dalla Diga del Melito e fibre in polipropilene di lunghezza $L_f = 24$ mm.

NOME	TIPO	C/E	σ_c	ψ	e	W_{fibre}	W_{acqua}
			KPa	[°]		[%]	[%]
PT1	CID	C	50	-	1,5	-	15
PT2	CID	C	100	-	1,5	-	15
PT3	CID	C	200	-	1,5	-	15
PTF4	CID	E	50	0	1,5	0,05	15
PTF5	CID	C	50	0	1,5	0,05	15
PTF6	CID	C	50	30	1,5	0,05	15
PTF7	CID	C	50	60	1,5	0,05	15
PTF8	CID	C	50	90	1,5	0,05	15
PTF9	CID	C	100	30	1,5	0,05	15
PTF10	CID	C	100	60	1,5	0,05	15
PTF11	CID	C	100	90	1,5	0,05	15
PTF12	CID	C	200	0	1,5	0,05	15
PTF13	CID	C	200	30	1,5	0,05	15
PTF14	CID	C	200	60	1,5	0,05	15
PTF15	CID	C	200	90	1,5	0,05	15

Tabella 1-Programma sperimentale

Dall'analisi dei risultati sperimentali è ben visibile l'effetto dell'anisotropia: la giacitura delle fibre più performante è quella orizzontale. Per i campioni con fibre verticali si ha un decremento della resistenza al taglio rispetto al terreno naturale.

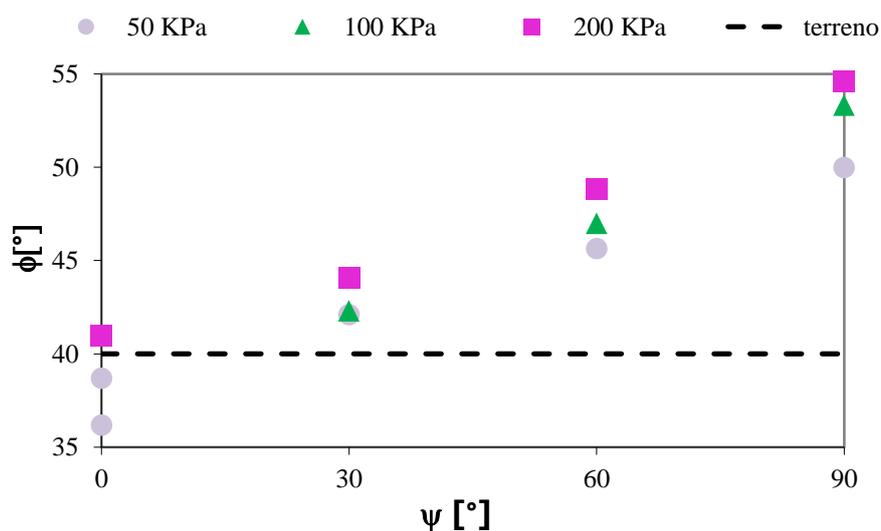


Figura 2-Valori degli angoli di attrito del terreno fibro-rinforzato in funzione della giacitura delle fibre ψ

L'effetto dell'anisotropia è presente in tutti i livelli tensionali investigati; questo va ad unirsi all'influenza della tensione di confinamento.

I dati ricavati sono stati elaborati tramite i modelli introdotti precedentemente ed è stata valutata la loro capacità predittiva attraverso gli indici σ scarto quadratico medio ed Cv Coefficiente di variazione. I valori dei parametri di Zornberg sono stati scelti ricercando la migliore predizione, *best fitting*, per ogni giacitura; sono state proposte delle modifiche del modello proposto da Lirer, Flora e Consoli (2011) per tenere conto dell'influenza dell'anisotropia.

In conclusione, dalla sperimentazione condotta presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale si è osservato che il comportamento meccanico dei terreni fibro-rinforzati:

- è fortemente anisotropo
- è influenzato dai parametri geometrici degli elementi costituenti
- varia con lo stato tensionale cui viene sottoposto.