

TERRE RINFORZATE CON INCLUSIONI

I terreni rinforzati con inclusioni fanno parte dei materiali compositi.

La introduzione di inclusioni nel terreno comporta il miglioramento delle caratteristiche del terreno originario.

Il principio del funzionamento del rinforzo dei terreni con inclusioni si basa sull'attrito tra inclusioni e terreno.

Nel recente passato sono state condotte molte sperimentazioni in laboratorio e su opere in vera grandezza con diversi tipo di inclusioni; ancora sono in corso ricerche finalizzate alla ottimizzazione della tecnica e delle tecnologie di costruzione delle terre rinforzate.

Le prove e le sperimentazioni condotte hanno consentito di appurare che:

il meccanismo di rinforzo dei terreni si esplica con modalità diverse in relazione alla rigidezza flessionale dei rinforzi.

TERRE RINFORZATE CON INCLUSIONI

INCLUSIONI FLESSIBILI	Il meccanismo di interazione riguarda principalmente lo sviluppo di tensioni tangenziali di attrito al contatto Terreno - Rinforzo
INCLUSIONI RIGIDE	Il meccanismo di rinforzo è più complesso perché oltre alla sollecitazione di trazione entrano in gioco anche flessione e taglio

Terre armate ricadono nella categoria delle terre rinforzate con inclusioni flessibili

TERRE ARMATE

Fonti bibliografiche di riferimento:

Comastri C., “Appunti del corso di Opere in terra e Stabilità dei versanti”, UNIFE (2007)

Ghionna V.N., “Tecniche di consolidamento mediante rinforzo” – Atti UNIFE (2003).

Ghionna V.N., “ Il rinforzo dei terreni mediante inclusioni” – Atti XIX Convegno Nazionale di Pavia (1995).

Design and Construction Guidelines for Reinforced Soil Structures Vol.1, Vol.2.

Bowles J , Foundation analysis and design

TERRE ARMATE

Utilità e vantaggi offerti dalle Terre Armate

Statici e strutturali

Ambientali

Operativi, cantieri

Economici

TERRE ARMATE

Vantaggi

Statici e strutturali

- . Affidabilità in zona sismica
- . Altezza delle strutture limitata solo alla capacità portante del terreno di fondazione
- . Distribuzione uniforme delle pressioni sul terreno
- . Capacità di assorbire cedimenti senza danno
- . Garanzia di corretta esecuzione dei rilevati
- . Affidabilità nel dimensionamento della curabilità dell'opera
- . Riduzione dei cedimenti e delle deformazioni

TERRE ARMATE

Vantaggi Ambientali

- . Ridotto impatto ambientale
- . Uso di materiali naturali e stabili nel tempo o ad evoluzione controllabile, quindi non inquinanti
- . Fondazioni dirette senza necessità di pali e di possibili danneggiamento delle falde sotterranee
- . Possibilità di smontare la struttura
- . Riduzione dell'impiego di macchine operatrici ad alto impatto
- . Riduzione dei vincoli progettuali e delle aree sottratte al territorio

TERRE ARMATE

Vantaggi Operativi

- . Rapidità e semplicità esecutiva
- . Modalità costruttive semplici
- . Minimizzazione delle aree di cantiere
- . Minimizzazione di mano d'opera
- . Modesto condizionamento del cantiere dalle condizioni climatiche

TERRE ARMATE

Vantaggi Economici

- . Minori interventi di fondazione
- . Riduzione oneri esproprio, occupazioni temporanee, sospensione del traffico, ecc..
- . Ottimizzazione delle fasi di lavoro
- . Rapidità di costruzione

TERRE ARMATE

La tecnica della TERRA ARMATA prevede la messa in opera di terreno, armature, piastre di cemento armato che costituiscono il paramento esterno. Le piastre sono collegate alle armature. Il terreno è costipato per strati con idonei rulli compattatori. Le armature sono di acciaio galvanizzato.

Esse possono essere lisce o ad aderenza migliorata

TERRE ARMATE

Possibilità di impiego

Opere di sostegno

Rilevati strutturali

Spalle di ponti e viadotti

Pareti di scavo per trincee

Argini per zone di stoccaggio, discariche

Silos di stoccaggio

Piani di lavoro a quote diverse

Sponde in zone fluviali e marine

Barriere paramassi e paravalanghe, barriere antirumore

TERRE ARMATE

Possibilità di impiego

immagini

TERRE ARMATE

Cenni bibliografici

- Ghionna V.N., (1995), «Il rinforzo dei terreni tramite inclusioni» AGI
- Cividini A.,Gioda G.,Sterpi S.,(1995), «Modellazione numerica della costruzione di una parete in terra rinforzata» AGI
- Fioravante V.,(1995), «Sui principi generali della modellazione fisica in centrifuga con particolare riferimento ai terreni rinforzati con geosintetici» (AGI)
- Mascardi C.,(1995), «La progettazione degli interventi di miglioramento e rinforzo dei terreni e delle rocce» AGI
- Holtz R.D.,Christopher B.R.,Berg R.R., (1997), «Geosynthetic Engineering» - Btech
- Bowles J., (2000) «Foundation Analysis and Design» - McGrawHill

TERRE RINFORZATE TRAMITE INCLUSIONI - TERRE ARMATE

Definizione Secondo Schlosser (1983)

- Area di terreno trattata relativamente estesa rispetto alle dimensioni delle inclusioni
- Densità delle inclusioni relativamente elevata ed uniforme
- Interazione tra terreno e rinforzo sviluppata su tutta la lunghezza del rinforzo

Queste caratteristiche consentono di considerare il terreno trattato con inclusioni come «**nuovo materiale composito**» il cui comportamento può essere studiato attraverso l'analisi di un «**volume rappresentativo**» di esso.

Ulteriore distinzione in funzione del tipo di rinforzo: **Rinforzi flessibili; Rinforzi rigidi**
Rinforzi estensibili; Rinforzi inestensibili

Opere di sostegno, Rilevati: in genere si utilizzano Rinforzi flessibili, estensibili o poco estensibili

Con le inclusioni, nei termini dianzi indicati, si ottiene un materiale con caratteristiche meccaniche di insieme molto migliori rispetto a quanto sarebbe ottenuto con il solo terreno tal quale: le «**armature**» hanno la principale funzione di resistere a **trazione**.

TERRE RINFORZATE TRAMITE INCLUSIONI - TERRE ARMATE

Inclusioni flessibili: (strisce, reti metalliche, griglie e reti, teli di geosintetici ecc..)

Meccanismo di interazione: sviluppo di tensioni tangenziali di attrito al contatto terreno-inclusione



Analisi del meccanismo di interazione:

Discreto

Globale («materiale omogeneo»)

Inclusioni rigide: tubi, barre di acciaio, chiodi, profili metallici (resistenza anche a flessione e compressione)

Comportamento all'interfaccia armature-terreno

E' retto da fenomeni di interazione elementari che si sviluppano in una sottile striscia di terreno adiacente alla superficie di contatto il cui spessore non supera 15÷50 volte il diametro medio dei grani (Boulon, 1986). Sulla superficie di contatto per le inclusioni flessibili si sviluppano le tensioni tangenziali che sono funzione del coefficiente di attrito all'interfaccia e del corrispondente angolo di attrito terreno – superficie inclusione.

f : coefficiente di attrito;

δ : angolo di attrito terreno – superficie dell'inclusione

(Juran 1988) δ in funzione dell'angolo di resistenza a taglio del terreno ϕ'

$$\mu = \tan \delta / \tan \phi'$$

Quindi:

$$f = \mu \cdot \tan \phi'$$

TERRE RINFORZATE TRAMITE INCLUSIONI - TERRE ARMATE

Comportamento all'interfaccia armature-terreno

f, δ sono funzione di numerosi fattori dipendenti dal tipo di terreno e dalle armature.

Armature: armature metalliche, geosintetici, lisce, con risalti, geotessuti, ecc..)

Terreno: natura e proprietà fisiche e le caratteristiche che influenzano il comportamento alla dilatanza dei terreni come la granulometria, frantumabilità, stato di addensamento, livello delle tensioni normali efficaci ecc..

Nel caso di griglie e reti metalliche o di geosintetico con elementi trasversali il terreno resta imprigionato nelle maglie. (Jewell et Al. 1984) introduce, per tali condizioni, una tensione tangenziale equivalente applicata all'intera superficie della maglia in grado di tenere conto della resistenza passiva allo scorrimento complessiva per effetto di tutti i meccanismi evocati.

Sono così anche definiti i parametri:

f_{eq}

δ_{eq}

μ_{eq}

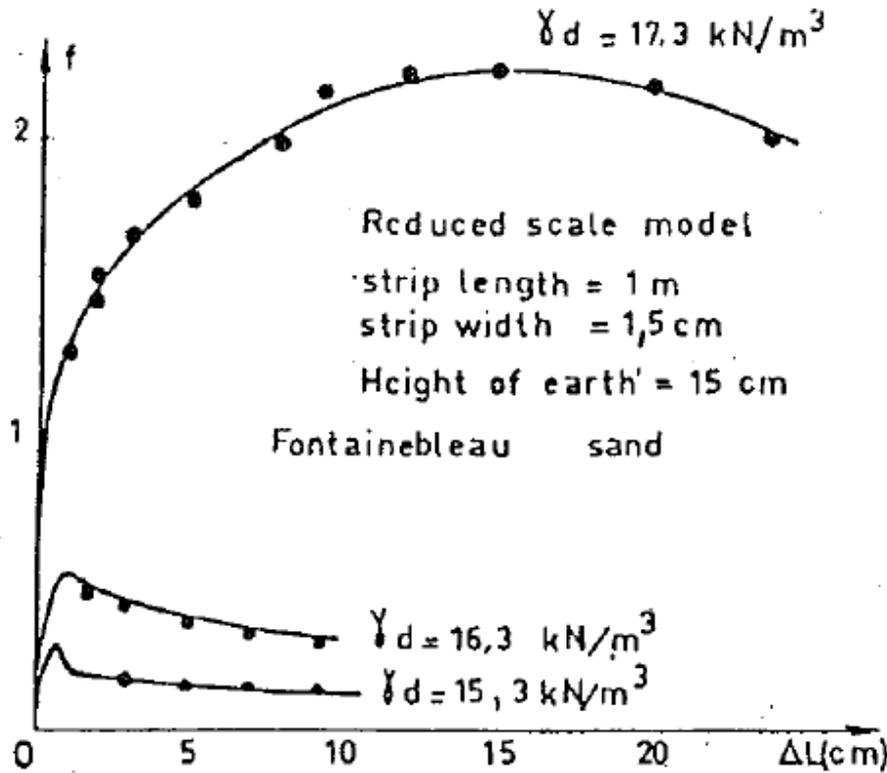
Data la difficoltà aggiuntiva posta da questo tipo di inclusione diventano indispensabili le prove su campioni di dimensioni rappresentative comprendenti un numero adeguato di maglie della inclusione.

TERRE RINFORZATE TRAMITE INCLUSIONI - TERRE ARMATE

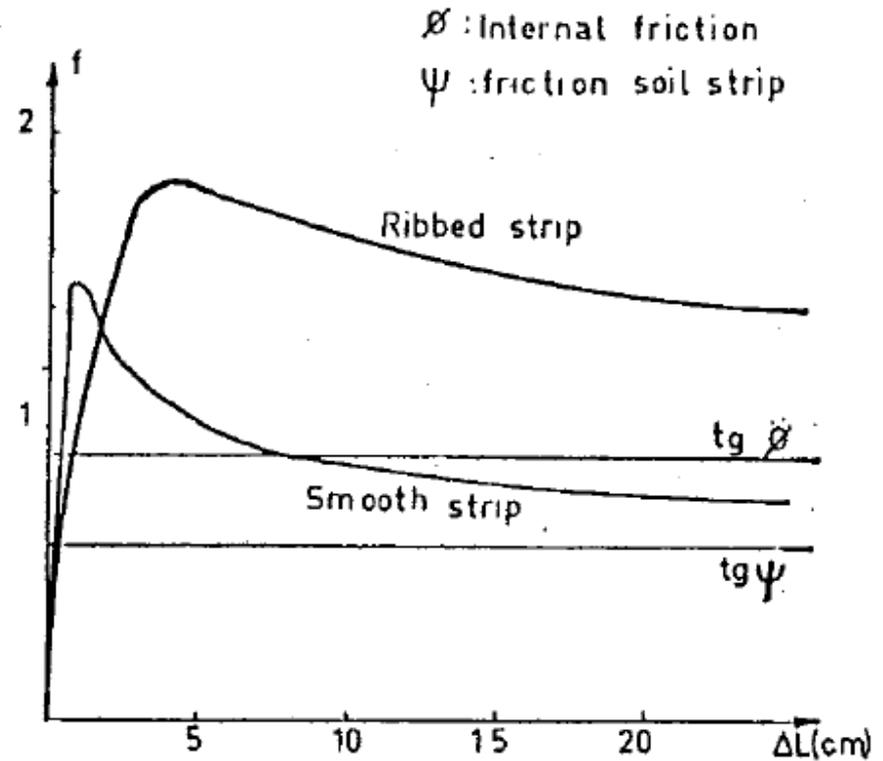
$$f = \operatorname{tg} \psi$$

$$f = \mu \operatorname{tg} \phi'$$

Comportamento all'interfaccia armature-terreno



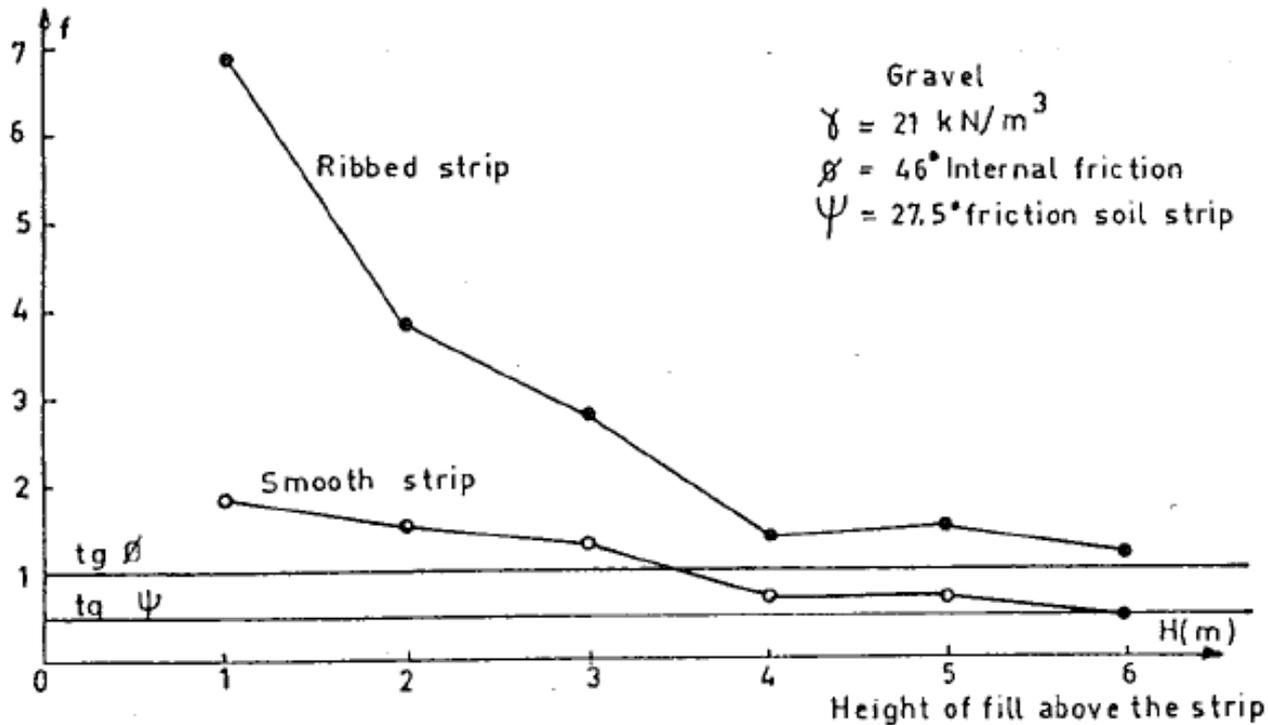
a) Pull out test of a strip buried in sand influence of the density



b) Influence of the nature of the surface in pull out tests of strips

TERRE RINFORZATE TRAMITE INCLUSIONI - TERRE ARMATE

Comportamento all'interfaccia armature-terreno



$$f = \text{tg } \psi$$

$$f = \mu \text{ tg } \phi'$$

c) Influence of the overburden pressure in pull out tests of strips

- Factors affecting the value of the apparent coefficient of friction (Alimi et al., 1977)

TERRE RINFORZATE TRAMITE INCLUSIONI - TERRE ARMATE

Comportamento all'interfaccia armature-terreno

$$f = \operatorname{tg} \psi$$

$$f = \mu \operatorname{tg} \phi'$$

La riduzione del coefficiente di attrito apparente (tutti i meccanismi di interazione tra terreno ed inclusioni) con le pressioni efficaci si verifica in maggiore misura per le densità relative più alte e le pressioni più basse

Le evidenze sperimentali possono essere spiegate con la tendenza alla dilatanza del terreno all'interno dell'interfaccia tra terreno ed inclusione a seguito delle forti deformazioni di taglio concentrate nella zona d'interfaccia.

La tendenza alla dilatanza è tanto più accentuata quanto maggiore è lo stato di addensamento del terreno e minore è la pressione normale efficace di confinamento σ'_n *

TERRE RINFORZATE TRAMITE INCLUSIONI - TERRE ARMATE

Comportamento all'interfaccia armature-terreno

$$f = \operatorname{tg} \psi$$

$$f = \mu \operatorname{tg} \phi'$$

Se la tendenza all'aumento di volume è contrastata dalla presenza del terreno circostante (dilatanza impedita) si produce un aumento delle tensioni tangenziali d'attrito sulla superficie di contatto

$$\tau^*$$

Tale aumento è di solito interpretato come una modifica del coefficiente di attrito all'interfaccia che passa dal valore nominale f a quello apparente

$$f^*$$

$$\tau^* = f \cdot \sigma_n' = f^* \cdot \sigma_n$$