

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Ricerca delle caratteristiche dei terreni

Inquadramento e caratterizzazione geologica del territorio in cui si trova l'area di interesse: megastruttura

Lo studio geologico si avvale di indagini e di tutte le informazioni, rilievi in campo, ricognizioni, analisi della storia evolutiva del territorio

In relazione all'inquadramento geologico ed alle caratteristiche dell'opera da realizzare (struttura, robustezza, architettura, funzionalità, vita nominale, alla collocazione ambientale dell'opera,



RICERCA

Informazioni e dati disponibili:

Lavori eseguiti in loco, archivi (ISPRA, Regione, ecc)

SPERIMENTAZIONE

Indagini e prove in sito

Prove geotecniche di laboratorio

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e di resistenza : stato critico

Recentemente si è assistito, per la materia «geotecnica», a sviluppi estremamente interessanti sulle relazioni costitutive dei terreni. Diversi Studiosi si sono cimentati nello sviluppo dei metodi di analisi numerica per la comprensione dei legami costitutivi dei terreni nelle diverse condizioni assunte nei processi di carattere marcatamente applicativi.

La classe di modelli materiali più interessata sviluppata dalla moderna Meccanica dei Terreni è quella dei modelli elasto-plastici ad incrudimento isotropo o cinematico dei quali in capostipite è il modello Cam Clay e la teoria dello **stato critico**

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e di resistenza

Nella attività professionale ed in particolare nella progettazione delle fondazioni, in riferimento alla componente geotecnica, quindi per analizzare e descrivere dal punto di vista delle applicazioni tecniche il comportamento dei terreni naturali , **si ricorre a metodi semplici scontandone le inevitabili limitazioni e facendo uso dell'esperienza maturata per problemi analoghi a quelli di interesse.**

Dobbiamo comunque considerare che lo sviluppo delle teorie che sono state elaborate da Studiosi della materia rappresentano una grande risorsa per la semplificazione che si adotta nella pratica. La conoscenza delle nuove teorie della geotecnica moderna può dare ulteriore sostanza alle scelte che si fanno nell'ambito delle attività professionali

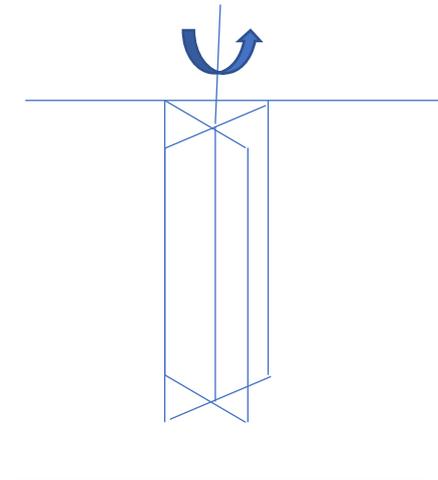
RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Resistenza e stato critico

Per questo si ritiene opportuno fare un richiamo, ancorché brevemente in questa presentazione della materia di teoria e tecnica delle fondazioni, alla teoria dello stato critico affidando la presentazione a un documento pubblicato su internet, riferito al testo del prof. Riccardo Berardi. Il documento, pubblico, è collegato alla presentazione di questa lezione n.14. Nei passi principali si esprime il senso dei concetti espressi e le relative implicazioni sulla pratica della progettazione e costruzione delle fondazioni.



5.2 COMPORTAMENTO MECCANICO resistenza e stato critico 19 20 (1).pdf



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Resistenza e stato critico

Stato critico:

- ✘ Condizione raggiunta per elevati livelli di deformazione distorsionale (>10%)
- ✘ Associata a flusso “turbolento” delle particelle
- ✘ In condizione CS il terreno continua a deformarsi, sottoposto a taglio:
 - tensione tangenziale costante
 - tensione efficace agente costante
 - volume costante
- ↳ cioè **SENZA** VARIAZIONI DI STATO
- ✘ In condizione CS esiste un’unica relazione (CSL) tra tensione tangenziale, tensione efficace agente e indice dei vuoti
- ✘ La condizione CS è **INDIPENDENTE** dalle condizioni iniziali
- ✘ La risposta del terreno alle sollecitazioni esterne e quindi **l’evoluzione** dallo STATO INIZIALE verso lo STATO CRITICO **determina** il comportamento meccanico del terreno e quindi permette di **prevedere** la risposta delle opere interagenti

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

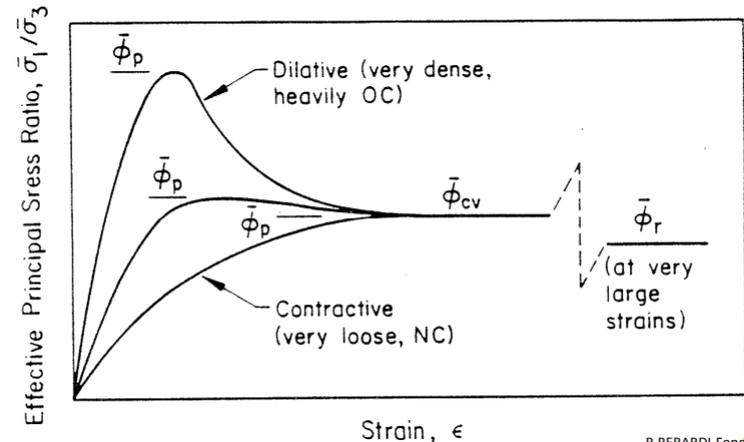
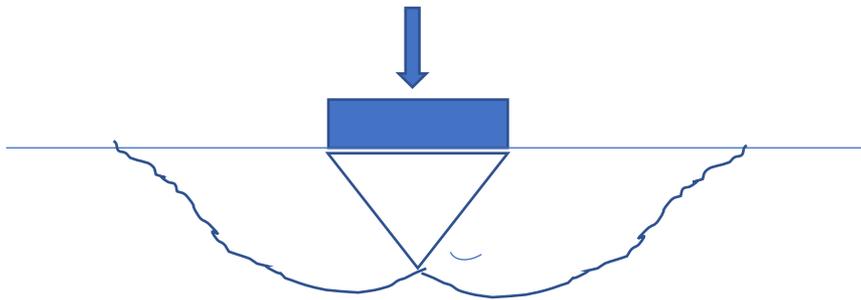
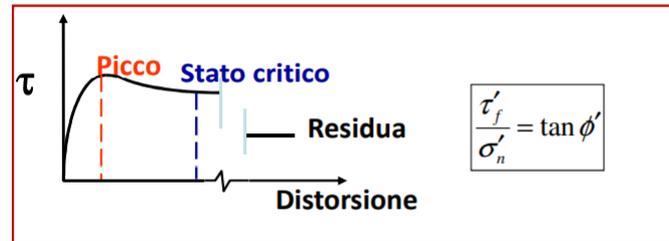
Resistenza e stato critico

Angolo di resistenza a taglio di picco: terre a grana grossa / terre a grana Fine
 terreni moto permeabili / terreno poco permeabili

1) ASPETTO : differenti soglie di resistenza

Resistenza a taglio in condizioni $e_{critico}$

Resistenza residua



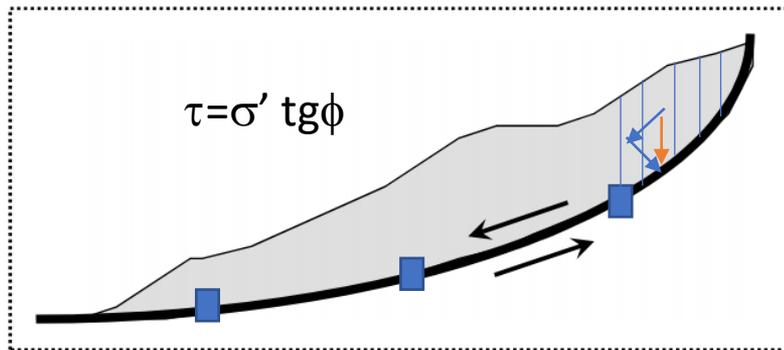
RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Resistenza e stato critico

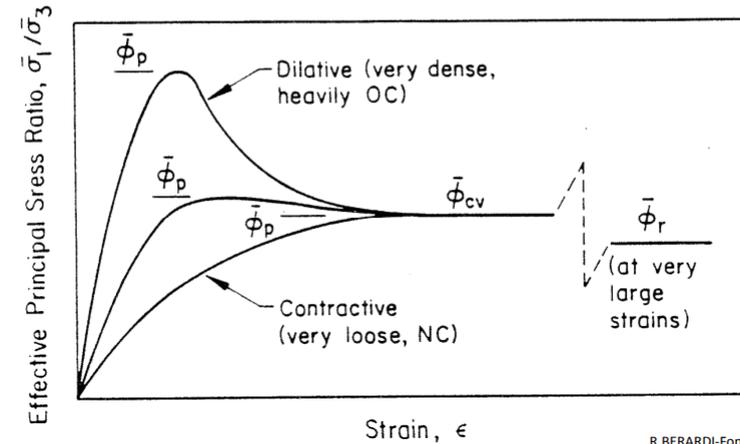
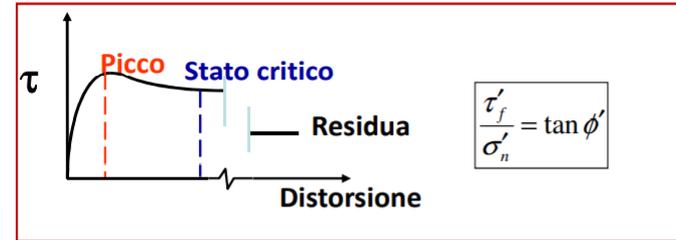
Angolo di resistenza a taglio di picco: terre a grani
terreni mo

Resistenza a taglio in condizioni e _{critico}

Resistenza residua τ



1) ASPETTO : differenti soglie di resistenza



$$\phi'_p = 38^\circ$$

$$\phi'_{cv} = 30^\circ$$

$$\phi'_{res} = 30^\circ$$

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Resistenza e stato critico

Angolo di resistenza al taglio: contributo della dilatanza

Coesione non drenata c_u

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Resistenza e deformabilità

Angolo di resistenza a taglio: picco, critico, residuo

Picco: somma di angolo di resistenza per attrito grani+assestamento+dilatanza

Coesione: apparente, vera

Terreni a grana grossa

Terreni a grana fine

Argille

Permeabilità [k] coefficiente di permeabilità: $1 \cdot 10^{-3} \dots 10^{-4} \text{m/sec}$ $1 \cdot 10^{-8} \dots 10^{-9} \text{m/sec}$

Condizioni drenate – condizioni non drenate

Coesione non drenata

Deformabilità: modulo edometrico; modulo elastico..

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

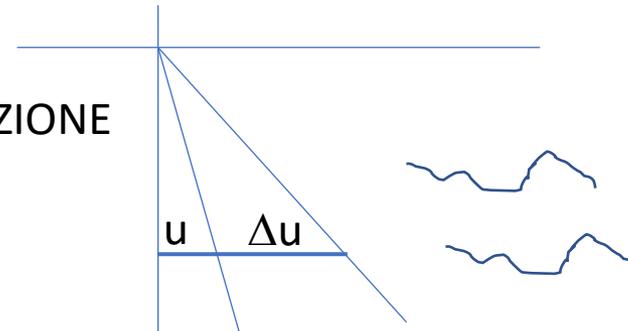
La scelta dei parametri di deformabilità e costruzione delle fondazioni è operazione complessa. Per questo si trattano separatamente per classi i terreni tenendo conto degli aspetti che li contraddistinguono.

Terreni incoerenti:

- . resistenza a taglio $\tau_f = 0$ se $\sigma' = 0$
- . **alta permeabilità**
- . **condizioni drenate**

. La caratteristica principale è l'alta permeabilità

$$\sigma' = (\sigma - u + \Delta u) \text{ LIQUEFAZIONE}$$



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni incoerenti:

- . Difficile o impossibile campionamento terreno naturale
- . Adozione di modelli semplici
- . Resistenza a taglio

$$N = S / \cos \alpha$$

Resistenza a taglio di picco o massimo

Resistenza a taglio per attrito particellare
 Resistenza a taglio per assestamento grani
 Resistenza a taglio per dilatanza.

$$\phi_p' = \phi_{att} + \phi_{ass} + \phi_{dil}$$



$$N = (\pi \cdot d \cdot L) \times \tau$$

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

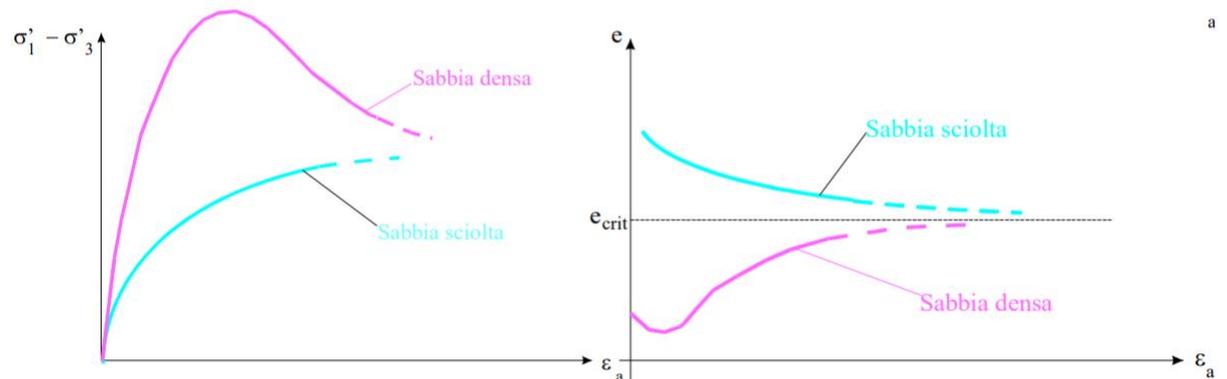
Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni incoerenti:

angolo di resistenza a taglio in condizioni di porosità critica

COMPORAMENTO DILATANTE E CONTRATTIVO

Durante una prova di resistenza meccanica di laboratorio (ad es. prova di taglio diretto o prova triassiale drenata), il comportamento di due provini della stessa sabbia aventi differente indice dei vuoti (ovvero con differente densità relativa) e sottoposti alla stessa pressione di confinamento può essere molto diverso:



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni incoerenti:

angolo di resistenza a taglio in condizioni di porosità critica

All'aumentare di ε_a :

PROVINO DI SABBIA SCIOLTA

1. graduale aumento della resistenza mobilizzata ($\sigma'_1 - \sigma'_3$) tendente a stabilizzarsi su un valore massimo, anche per grandi deformazioni;
2. progressiva e graduale diminuzione del volume (e quindi dell'indice dei vuoti) con tendenza a stabilizzarsi su un valore minimo (corrispondente a un *indice dei vuoti critico, e_{crit}*), anche per grandi deformazioni.

⇒ **COMPORAMENTO CONTRATTIVO**

PROVINO DI SABBIA DENSA

1. curva di resistenza con un massimo accentuato (corrispondente alla condizione di rottura) e un valore residuo, per grandi deformazioni, pressoché eguale al valore di resistenza mostrato dal provino di sabbia sciolta (a parità di pressione di confinamento);
2. piccola diminuzione di volume iniziale, (e quindi di e), seguita da un'inversione di tendenza (per cui e supera il valore iniziale e tende allo stesso *indice dei vuoti critico, e_{crit}* sempre a parità di pressione di confinamento).

⇒ **COMPORAMENTO DILATANTE**

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

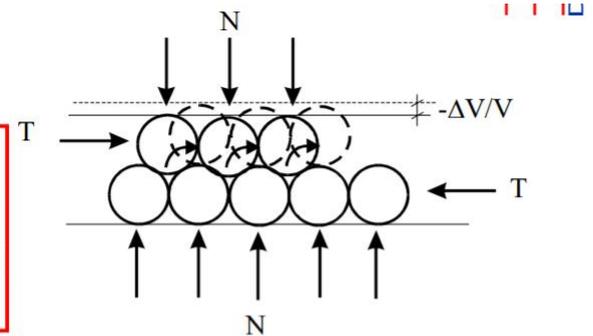
Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni incoerenti:

angolo di resistenza a taglio in condizioni di porosità critica

INDICE DEI VUOTI CRITICO

Il valore dell'indice dei vuoti che discrimina fra comportamento deformativo volumetrico *dilatante e contrattivo*, è definito *indice dei vuoti critico*.



L'indice dei vuoti critico non è una caratteristica del materiale ma dipende dalla pressione efficace di confinamento, per cui un provino di sabbia di una data densità relativa può avere comportamento dilatante a bassa pressione efficace di confinamento e contrattivo ad alta pressione efficace di confinamento.

Quindi il comportamento contrattivo o dilatante di una sabbia dipende dallo stato iniziale del terreno, ovvero dalla pressione di confinamento, σ'_0 , e dall'indice dei vuoti (o dalla densità relativa) iniziale, e_0 .

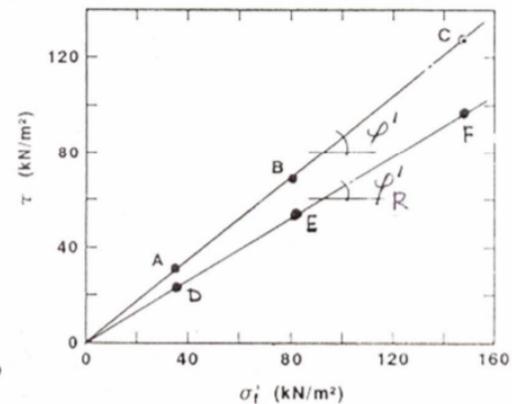
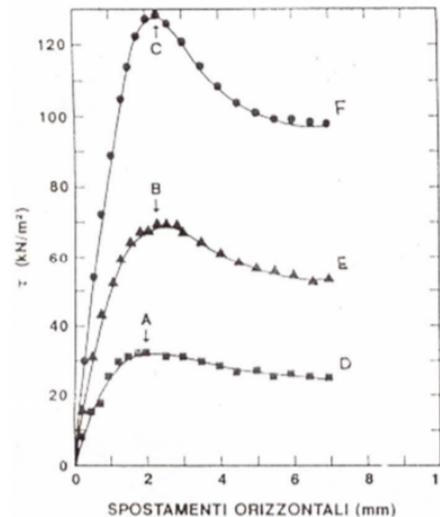
RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni incoerenti:

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DI PICCO E RESIDUO

Per una sabbia che presenta un massimo nelle curve tensioni – deformazioni si possono definire due diverse rette di involuppo della resistenza, ovvero due angoli di resistenza al taglio: *l'angolo di resistenza al taglio di picco (a rottura)*, ϕ'_P , e *l'angolo di resistenza al taglio residuo (per grandi deformazioni)*, ϕ'_R



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni incoerenti:

I principali fattori che influenzano, in misura quantitativamente diversa, l'angolo di resistenza al taglio di picco dei terreni sabbiosi sono:

- la densità,
- la forma e la rugosità dei grani,
- la dimensione media dei grani,
- la distribuzione granulometrica

$\phi' = 36^\circ + \Delta\phi'_1 + \Delta\phi'_2 + \Delta\phi'_3 + \Delta\phi'_4$			
<i>Densità</i>	$\Delta\phi'_1$	<i>sciolta</i>	- 6°
		<i>media</i>	0°
		<i>densa</i>	+ 6°
<i>Forma e rugosità dei grani</i>	$\Delta\phi'_2$	<i>spigolo vivi</i>	+ 1°
		<i>media</i>	0°
		<i>arrotondati</i>	- 3°
<i>Dimensione dei grani</i>	$\Delta\phi'_3$	<i>molto arrotondati</i>	- 5°
		<i>sabbia</i>	0°
		<i>ghiaia fine</i>	+ 1°
<i>Distribuzione granulometrica</i>	$\Delta\phi'_4$	<i>ghiaia grossa</i>	+ 2°
		<i>uniforme</i>	- 3°
		<i>media</i>	0°
		<i>distesa</i>	+ 3°

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

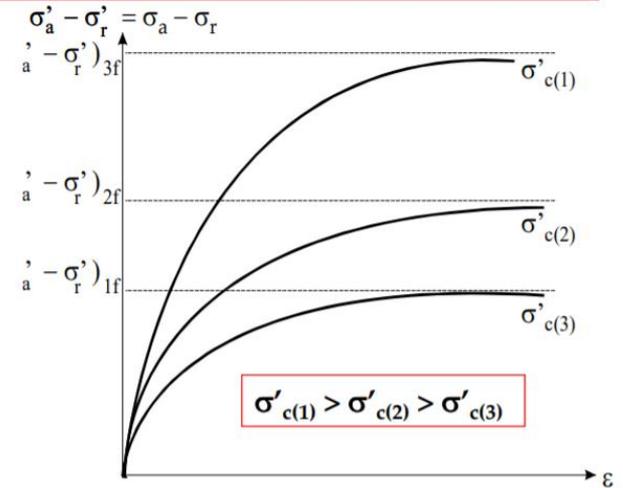
Terreni a grana fine

RESISTENZA AL TAGLIO DEI TERRENI A GRANA FINE

TERRENI NC

I terreni a grana fine (limi e argille) saturi e normalmente consolidati, alle profondità di interesse per le opere di ingegneria geotecnica, presentano di norma indice di consistenza, $I_c < 0.5$ e coesione efficace $c' = 0$.

La curva tensioni-deformazioni, ottenuta da una prova di taglio diretto o da una prova triassiale drenata, presenta un andamento monotono con un graduale aumento della resistenza mobilizzata fino a stabilizzarsi su un valore massimo che rimane pressoché costante anche per grandi deformazioni, e che cresce al crescere della pressione efficace di confinamento.

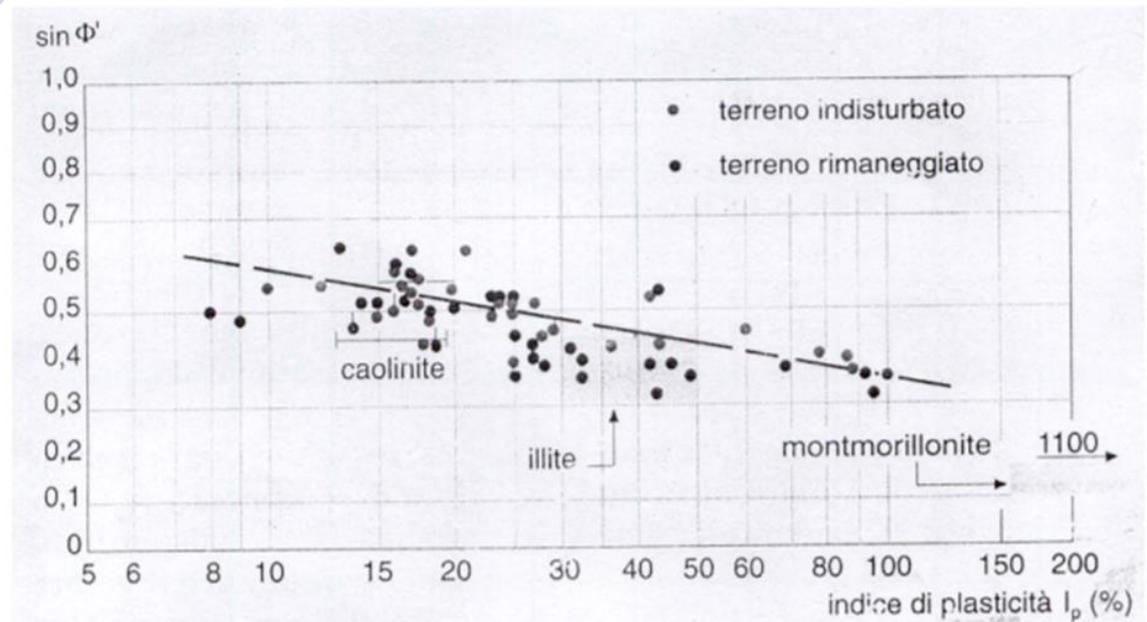


RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni coesivi:

L'angolo di resistenza al taglio ϕ' è inferiore a quello dei terreni a grana grossa e dipende dai minerali argillosi costituenti e quindi dal contenuto in argilla, CF , e dall'indice di plasticità, I_p .



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

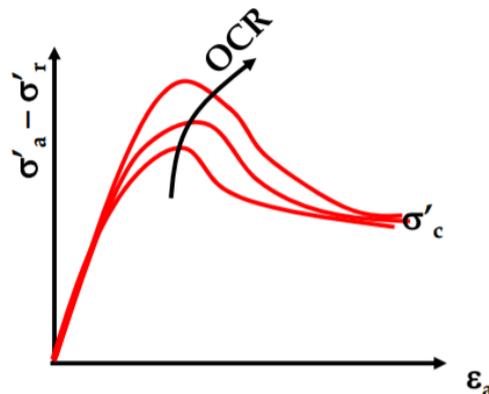
Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni a grana fine :

TERRENI OC

I terreni a grana fine sovraconsolidati presentano di norma indice di consistenza, $I_c > 0,5$, coesione efficace $c' > 0$.

La curva tensioni-deformazioni, ottenuta da una prova di taglio diretto o da una prova triassiale drenata, presenta un massimo accentuato, corrispondente alla condizione di rottura, e un valore residuo, per grandi deformazioni.



A parità di pressione efficace di confinamento la resistenza al taglio di picco dei terreni a grana fine cresce con il grado di sovraconsolidazione.

L'angolo di resistenza al taglio residua è indipendente dalla storia dello stato tensionale, e quindi dal grado di sovraconsolidazione, OCR .

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

Scelta dei parametri di deformabilità e resistenza: terreni incoerenti

Terreni a grana fine:

A parità del grado di sovraconsolidazione e per lo stesso tipo di terreno, la resistenza al taglio di picco cresce al crescere della pressione efficace di confinamento, mentre il picco nella curva sforzi-deformazioni risulta sempre meno accentuato fino ad ottenere un andamento monotono, tipico di terreni normalconsolidati.

