



UNIVERSITA' DI FERRARA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

INGEGNERIA CIVILE [1227] Classe LM23

CORSO DI
FONDAZIONI

[012388]

AA 2017-2018

PROF. ING. CLAUDIO COMASTRI

mail claudio.comastri@unife.it
ing.comastri@studiothesis.it

tel. 051 675 0312 Studio Thesisengineering

Ricevimento: il venerdì dalle 11,30 alle 13,00 in Dipartimento Ingegneria
1°Piano - Studio 127.



RICHIAMI DI MECCANICA E MECCANICA DEI TERRENI

Meccanica . Settori della Meccanica

Meccanica delle terre - Geotecnica

Meccanica delle terre – Tensioni e deformazioni

Meccanica delle terre – Meccanica del Corpo Rigido

Meccanica delle terre – Analisi degli stati di tensione e deformazione

Meccanica delle terre – Angolo di attrito mobilitato e dilatanza

Meccanica delle terre – Superfici di scorrimento



MECCANICA : INTRODUZIONE

MECCANICA è la scienza che studia e descrive i movimenti che avvengono in natura ed in particolare studia le forze e gli spostamenti (tensioni e deformazioni)

SETTORI DELLA MECCANICA → si differenziano anche in funzione del **MATERIALE** considerato

MATERIALE → elemento fisico descritto in base alla qualità e caratteristiche del materiale e in relazione alla **scala di osservazione**

GEOTECNICA

MECCANICA PARTICELLARE → analisi del comportamento di insieme delle particelle a partire dal comportamento meccanico della singola particella e dell'interazione di essa con le altre

MECCANICA DEI FLUIDI → moto dei fluidi nei vuoti del terreno

MECCANICA DEI CONTINUI → materia come distribuzione continua di punti materiali



MECCANICA DEI TERRENI - GEOTECNICA

GEOTECNICA

MECCANICA PARTICELLARE → analisi del comportamento di insieme delle particelle a partire dal comportamento meccanico della singola particella e dell'interazione di essa con le altre

MECCANICA DEI FLUIDI → moto dei fluidi nei vuoti del terreno

MECCANICA DEI CONTINUI → materia come distribuzione continua di punti materiali

ESEMPIO: COSTRUZIONE DI PLINTO DI FONDAZIONE SU DEPOSITO SABBIOSO SATURO E SUCCESSIVA DEMOLIZIONE

1. Appoggio della fondazione sul terreno e applicazione del carico
2. Demolizione della fondazione e con asportazione del carico dal deposito di sabbia satura

SCALA DI OSSERVAZIONE: Meccanica Particellare, Meccanica del Fluido, Meccanica del Continuo

GEOTECNICA: si fa uso della Meccanica del Continuo senza perdere la coscienza della natura particellare del terreno e delle diverse fasi che lo compongono



MECCANICA DEI TERRENI - GEOTECNICA

In tutti i settori della meccanica esistono comunque delle regole che sono comuni:

Le forze ed i momenti applicati ad un corpo non soggetto ad accelerazioni alcuna devono essere in equilibrio
(**prima legge di Newton**)



Un oggetto in quiete rimarrà in quiete ed un oggetto in moto persevererà nello stato di moto con velocità costante, a meno che non subisca l'azione netta di una forza **$F=m \cdot a$**

Per ogni corpo o sistemi di corpi che si deformi o si sposti nello spazio, le deformazioni devono essere congruenti e gli spostamenti devono essere compatibili.



MECCANICA : TENSIONI E DEFORMAZIONI

EQUILIBRIO: Un corpo soggetto ad un sistema di forze, in quiete, deve essere in equilibrio o muoversi di modo uniforme

CONGRUENZA: La materia non può compenetrarsi e non può distaccarsi , lacerarsi

FORZA(*): Azione esterna applicata

SPOSTAMENTO(°): Movimento dovuto alla applicazione di un sistema di forze

TENSIONE (*): E' la forza per unità di area indotta da un sistema di forze all'interno del corpo

DEFORMAZIONE(°): E' la variazione della distanza fra due punti rispetto alla distanza originaria dei punti stessi

(*) Enti statici; (°) Enti cinematici

LEGAME COSTITUTIVO: Causa / effetto : una forza/tensione determina uno spostamento/deformazione
Il legame costitutivo è governato dalle caratteristiche meccaniche dei singoli materiali e le relazioni matematiche che lo definiscono permettono di valutare l'entità delle deformazioni associate a un determinato stato di tensione.
La scelta e definizione di un legame costitutivo è una delle fasi più importanti e delicate di un problema meccanico: nel caso dei terreni è una definizione particolarmente complesso per la natura stessa del materiale che oltre ad essere multifase cambia il proprio comportamento in relazione allo stato tensionale a cui è sottoposto oltre ad altre peculiarità.



MATERIALI DOTATI DI MEMORIA: Alcuni materiali, ed il terreno è tra questi, si dicono dotati di memoria.
Storia geologica
Processi di storia recente (sovracconsolidazione ecc..)



MECCANICA : TENSIONI E DEFORMAZIONI

CONVENZIONI: Per i terreni, data la natura granulare, si assumono positive le tensioni di compressione e le deformazioni ad essere associate

COMPLESSITA' DI STUDIO DEL MATERIALE TERRENO

La natura granulare e multifase del terreno, materiale naturale, rende molto difficile la applicazione di legami costitutivi e di formule matematiche per l'analisi del comportamento del terreno stesso soggetto ad azioni, sollecitazioni che inducono tensioni e deformazioni (Legame costitutivo??). **Compito della disciplina geotecnica è quello di individuare e disporre di strumenti di analisi che coniughino rigore metodologico, affidabilità dei risultati e semplicità applicativa.**

RICORSO A METODI NUMERICI IMPLEMENTATI CON PROGRAMMI DI CALCOLO SEMPRE PIU' SOFISTICATI

Richiedono una conoscenza estremamente approfondita della geotecnica relativo al problema del programma di calcolo e dei relativi procedimenti e dei dati di ingresso che richiede

E' SEMPRE E COMUNQUE UNA VERIFICA A POSTERIORI DEL RISULTATO OTTENUTO RISPETTO ALLA ATTESA OTTENUTA CON UNA ANALISI SEMPLIFICATA

RICHIAMI DI MECCANICA : TENSIONI E DEFORMAZIONI

Si assuma un cubo di terreno di lati uguali, soggetto a forze normali e di taglio. Nell'immagine è riportata la sezione verticale in asse al cubo. L'incremento della forza δF_n determina un incremento della tensione normale $\delta\sigma$ e di deformazione $\delta\varepsilon$.

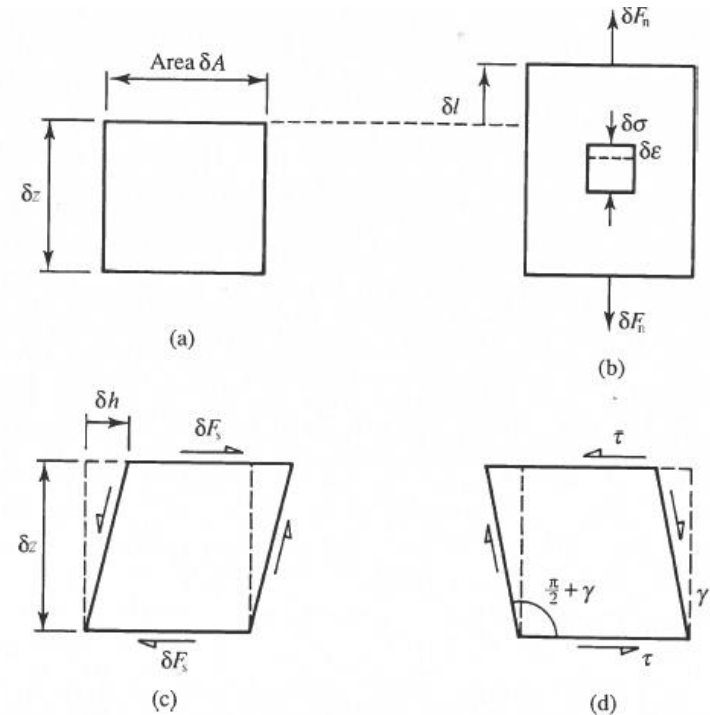
$$\delta\sigma = -\frac{\delta F_n}{\delta A}$$

$$\delta\tau = -\frac{\delta F_s}{\delta A}$$

$$\delta\varepsilon = -\frac{\delta l}{\delta z}$$

$$\delta\gamma = -\frac{\delta h}{\delta z}$$

L'incremento della forza δF_s di taglio determina un incremento della tensione normale $\delta\tau$ e di deformazione $\delta\gamma$. Nelle definizioni è introdotto il segno meno (-) in modo da mantenere positive le compressioni e per le deformazioni di taglio il segno meno fa sì che si resti nel quadro delle tensioni e deformazioni associate ad incrementi d'angolo nei quadranti positivi dell'elemento)

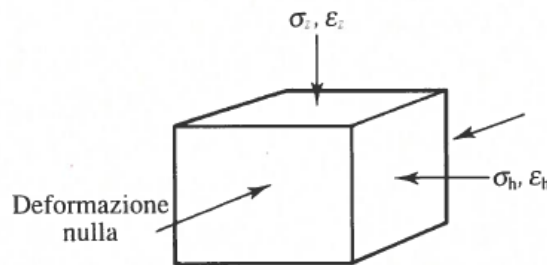


Rif. Bibl. Atkinson [2]

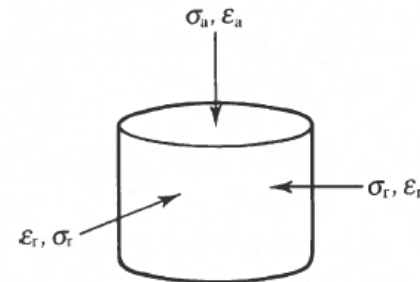
RICHIAMI DI MECCANICA : DEFORMAZIONI PIANE E ASSIAL-SIMMETRICHE

Esistono casi speciali per i quali la rappresentazione dello stato tensionale e deformativo richiede unicamente due assi: ved. fig.(a).

Nella fig.(b) si rappresenta una condizione per la quale le tensioni e deformazioni in un piano normale all'asse sono uguali in ciascuna direzione. Per l'analisi di un problema assial-simmetrico è sufficiente studiare le tensioni e le deformazioni in un piano contenente l'asse di simmetria.



(a) Deformazione piana

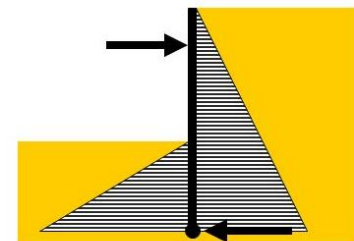
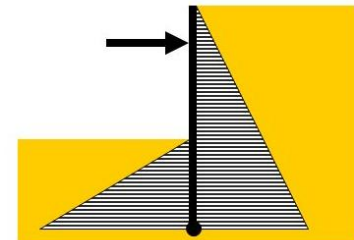
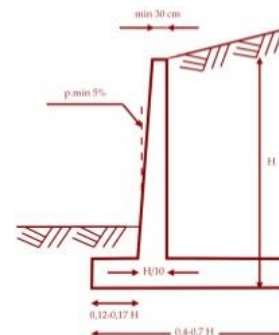
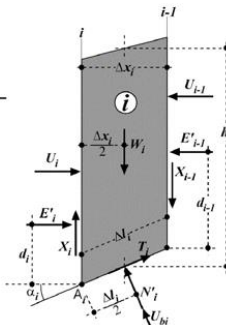
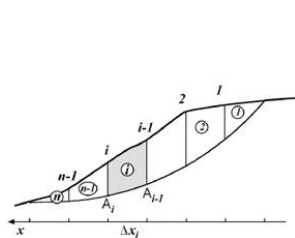
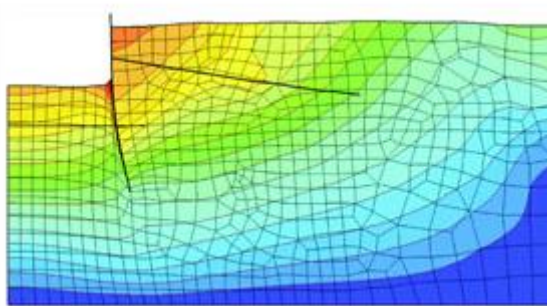
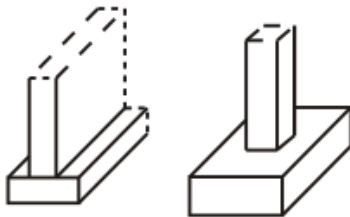
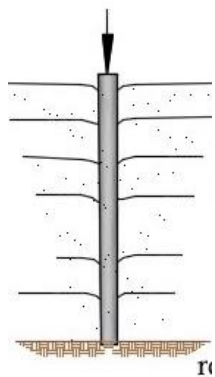


(b) Simmetria assiale

RICHIAMI DI MECCANICA : DEFORMAZIONI PIANE E ASSIAL-SIMMETRICHE

Esempi di condizioni per le quali si può considerare il problema in condizioni di deformazioni piane:

- Travi di fondazione allungate
- Opere di sostegno allungate a sezione trasversale costante, allungate (paratie, diaframmi, muri di sostegno, rilevati stradali)
- Problemi di stabilità di versanti e pendii
- Scavi
- Pali (assialsimmetria)





RICHIAMI DI MECCANICA: MECCANICA DEL CORPO RIGIDO

Quando in un terreno si raggiungono le condizioni di rottura (collasso), in genere si formano all'interno del corpo del terreno, **delle superfici di scorrimento**.
(In scala geologica: **faglie, giunti, dislocazioni**.)

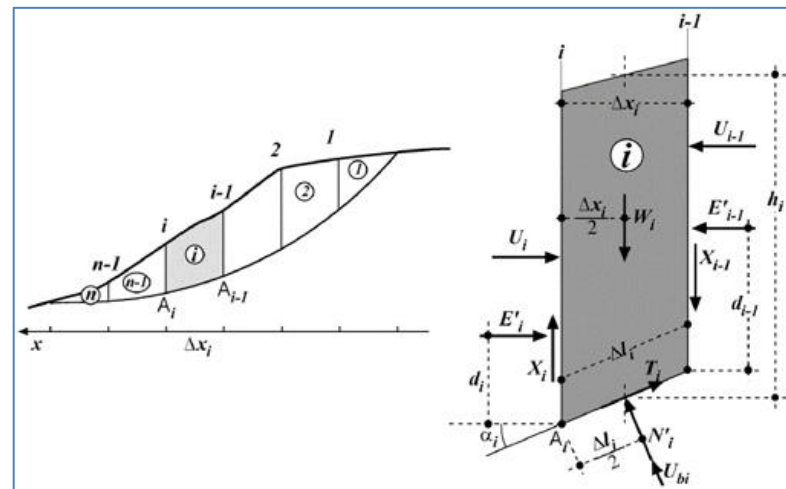
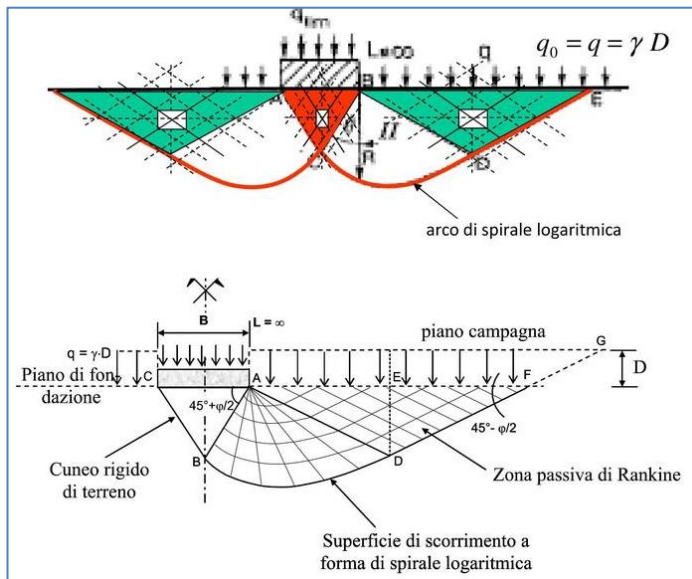


RICHIAMI DI MECCANICA: MECCANICA DEL CORPO RIGIDO

Quando in un terreno si raggiungono le condizioni di rottura (collasso), in genere si formano all'interno del corpo del terreno, **delle superfici di scorrimento**.

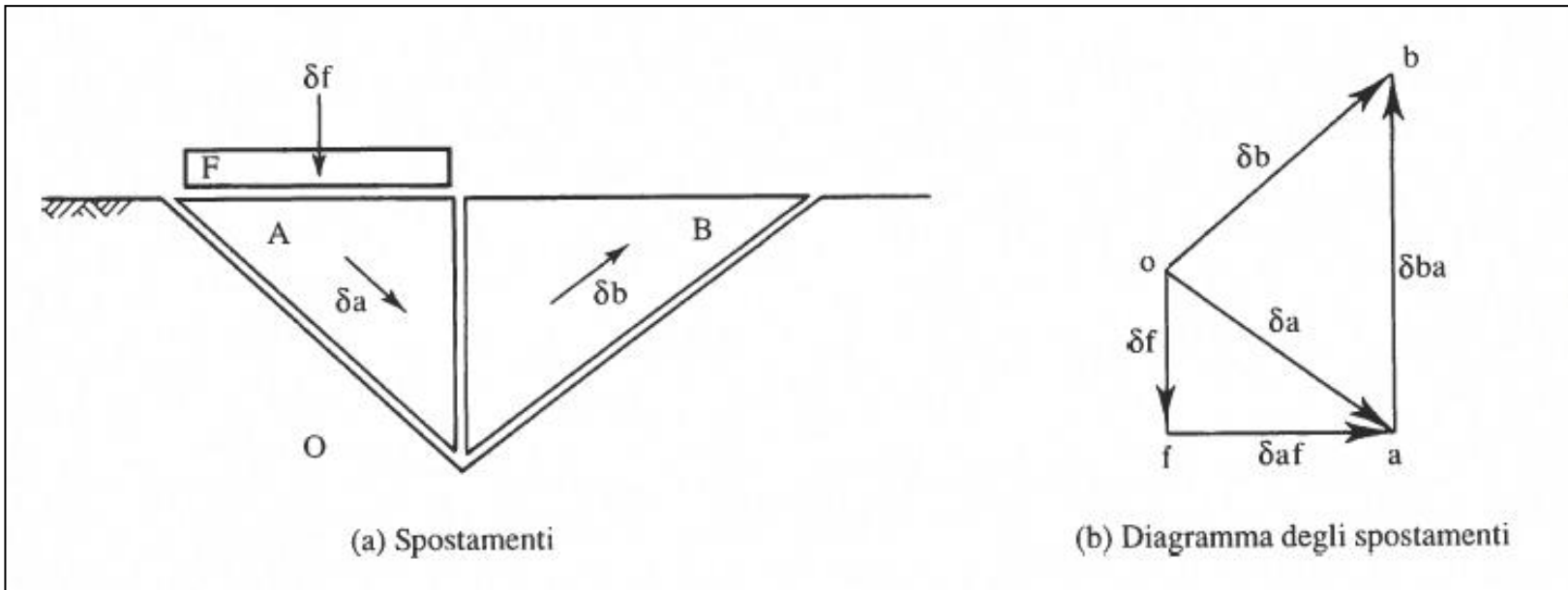
Le superfici di scorrimento dividono il corpo di terreno in blocchi che si muovono l'uno rispetto all'altro.

Le deformazioni all'interno di ciascun blocco sono trascurabili rispetto agli scorrimenti relativi tra i blocchi.



RICHIAMI DI MECCANICA: MECCANICA DEL CORPO RIGIDO

Quando è possibile affrontare lo studio del comportamento del terreno nei termini di meccanica del corpo rigido « a blocchi» si può affrontare l'analisi del meccanismo stesso indicando le direzioni e le intensità dei movimenti, come può accadere sotto una fondazione superficiale

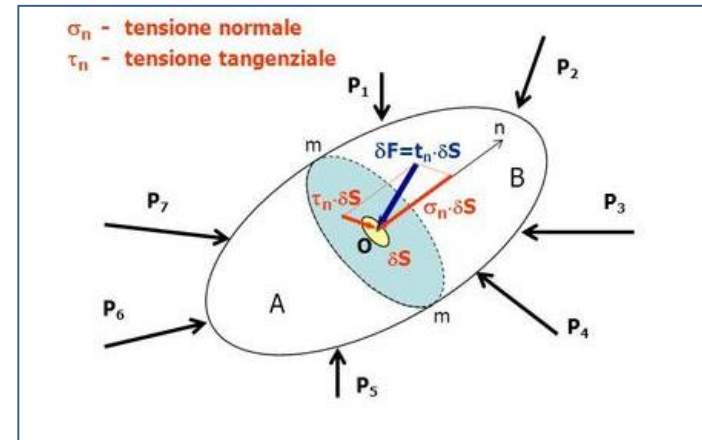


CENNI SULL'ANALISI DEGLI STATI DI TENSIONE

All'interno di un corpo continuo sollecitato da forze esterne ed interne (anche solo dal proprio peso), esiste un quadro tensionale che varia da punto a punto del corpo stesso.

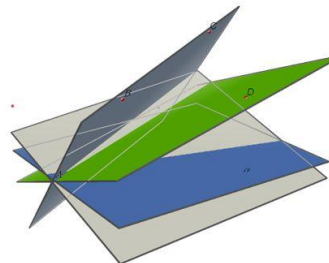
Per esempio nel terreno sotto la fondazione superficiale o di lato ad essa lo stato tensionale indotto è diverso.

Inoltre: in ogni punto, le tensioni che agiscono sui piani che contengono il punto stesso, sono diverse tra loro



STELLA DI PIANI

L'insieme di piani
passanti tutti per uno
stesso punto A si dice
invece
STELLA

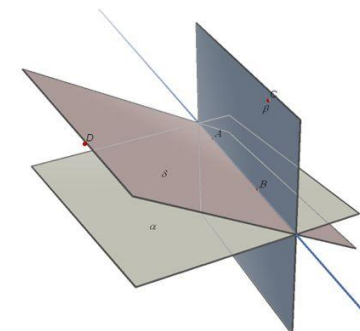


FASCIO DI PIANI

Ritorniamo al caso N° 2 e,
lasciando A e B sul piano α ,
scegliamo un altro punto D nello
spazio
A, B e D individuano un terzo
piano δ passante sempre per
la retta AB

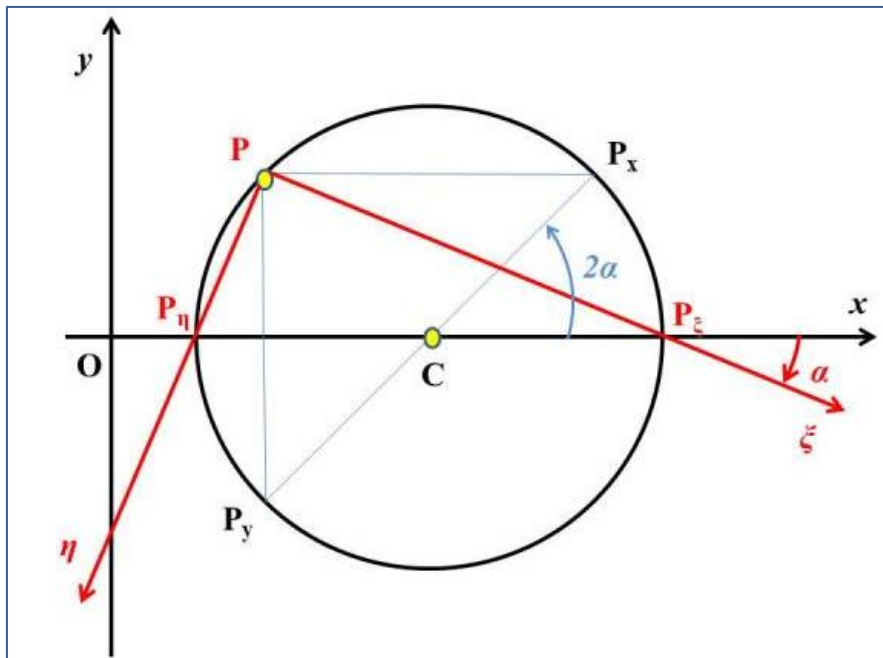
Spostando il terzo punto
possiamo cioè costruire infiniti
piani passanti per la stessa
retta AB

Questo insieme prende il nome di
FASCIO DI PIANI



CENNI SULL'ANALISI DEGLI STATI DI TENSIONE

Un modo semplice ed intuitivo per rappresentare gli stati di tensione in un punto è la rappresentazione di MOHR che gode di importanti proprietà.



Il **POLO di MOHR** è quel punto del cerchio di Mohr che gode della proprietà:

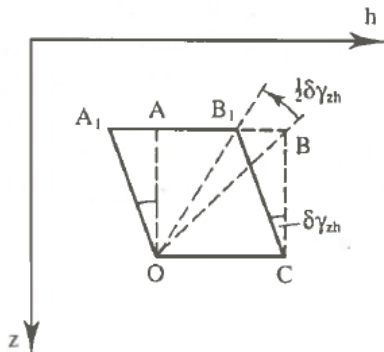
Conducendo per il polo una retta parallela alla traccia della giacitura sulla quale si vogliono conoscere le componenti speciali di tensione, tale retta interseca il cerchio in un secondo punto, oltre al polo stesso, le cui coordinate sono la tensione normale e la tensione tangenziale totale relative alla giacitura la cui traccia è parallela alla retta tracciata.

CENNI SULL'ANALISI DEGLI STATI DI DEFORMAZIONE

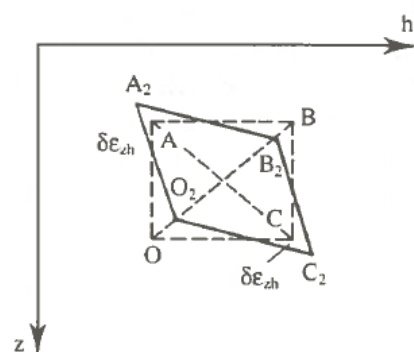
La differenza tra l'analisi degli stati di tensione e di deformazione consiste nel fatto che:

- Per gli stati di tensione è possibile assumere una tensione di riferimento considerata nulla (per esempio corrispondente alla pressione atmosferica);
- Per gli stati di deformazione non esiste uno zero assoluto per cui si parla solo di incrementi di deformazione.

In genere se si tratta di deformazioni piccole si usa il simbolo $\delta\epsilon$ mentre se si tratta di deformazioni grandi il simbolo che si utilizza è $\Delta\epsilon$

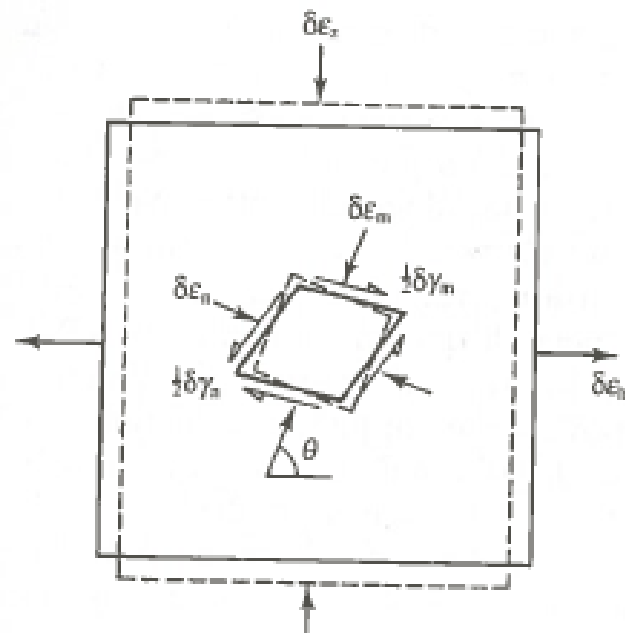


Deformazione di taglio
Deformazione angolare:
La diagonale OB ha
ruotato di un angolo
 $1/2\delta\gamma_{zh}$

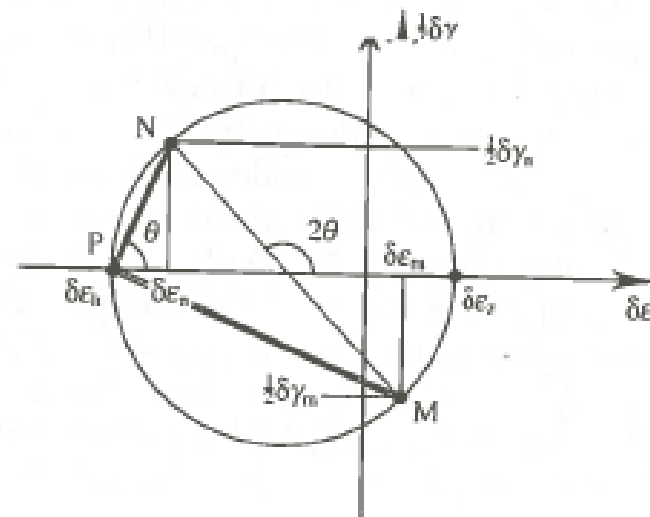


Deformazione di taglio
Il centro dell'elemento
non è cambiato come
anche le direzioni delle
disegnali: i lati hanno
ruotato dello stesso angolo
 $\delta\epsilon_{zh} = \delta\epsilon_{hz} = 1/2\delta\gamma_{zh}$

CENNI SULL'ANALISI DEGLI STATI DI DEFORMAZIONE



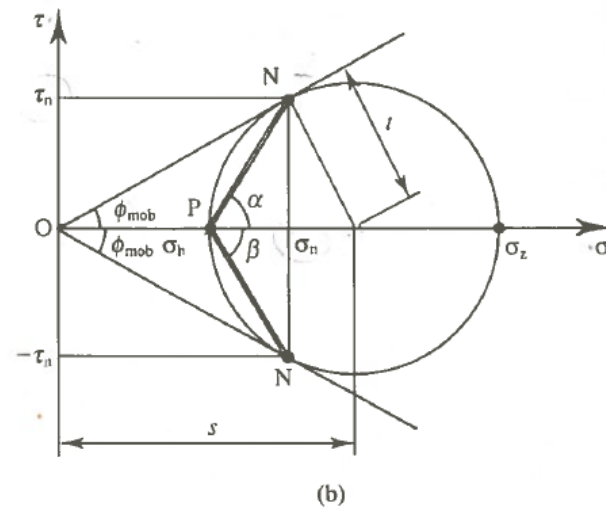
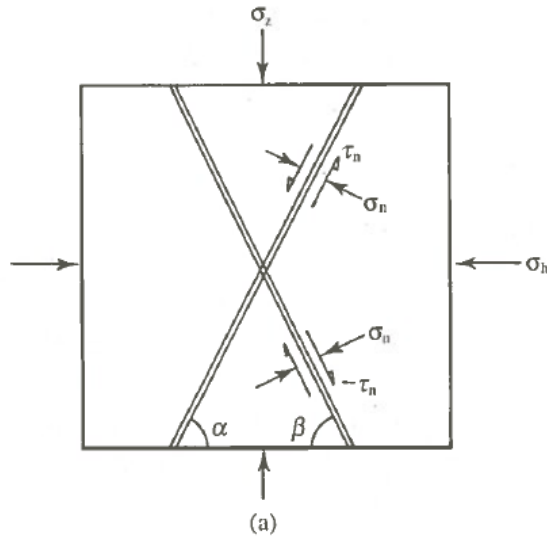
(a) Deformazioni in un elemento



(b) Cerchio di Mohr delle deformazioni

CENNI SU ANGOLO DI ATTRITO MOBILITATO E DILATANZA

$$\frac{\tau}{\sigma} = \tan \phi_{\text{mob}}$$

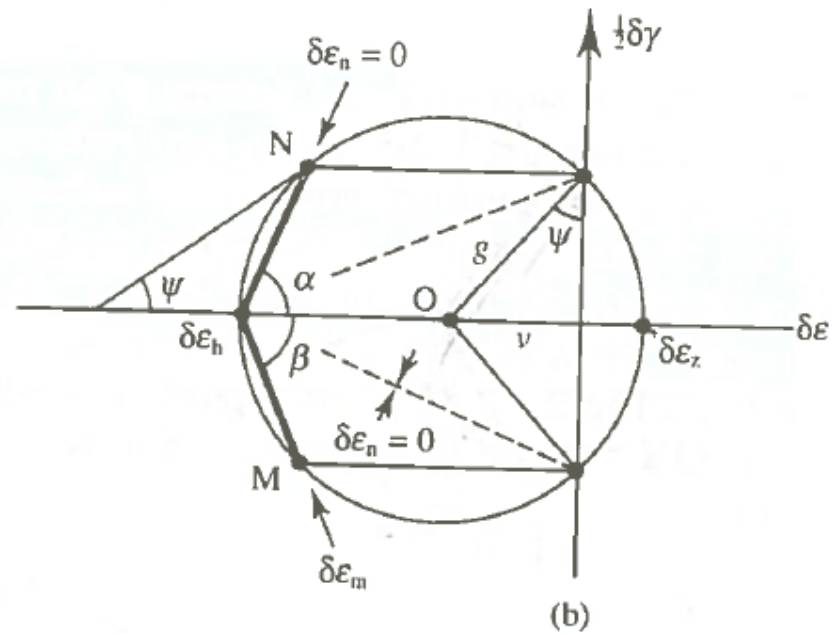
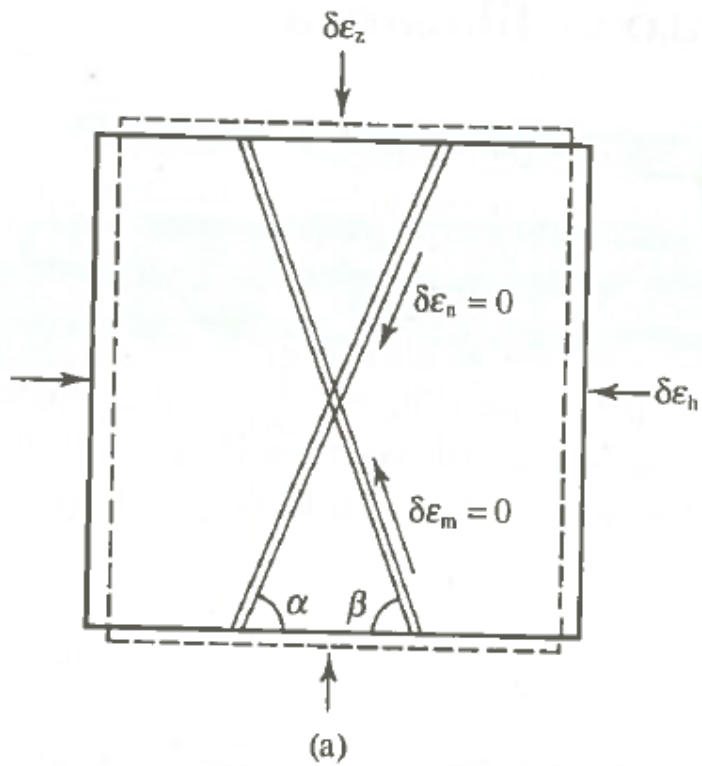


$$\frac{t}{s} = \sin \phi_{\text{mob}} = \frac{\sigma_z - \sigma_h}{\sigma_z + \sigma_h}$$

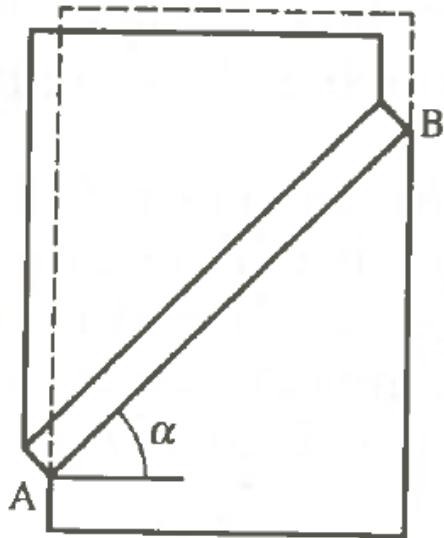
$$\frac{\sigma_z}{\sigma_h} = \frac{1 + \sin \phi_{\text{mob}}}{1 - \sin \phi_{\text{mob}}} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{1}{2} \phi_{\text{mob}} \right)$$

$$\alpha = \beta = 45^\circ + \frac{1}{2} \phi_{\text{mob}}$$

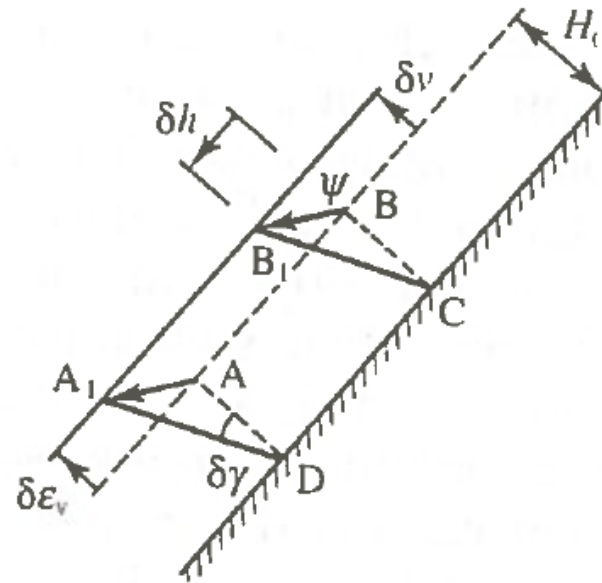
CENNI SU ANGOLO DI ATTRITO MOBILITATO E DILATANZA



CENNI SU – SUPERFICI DI SCORRIMENTO – BANDE DI TAGLIO



(a)



(b)

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

Resistenza:

Stato tensionale ultimo che il materiale è in grado di sopportare

Rottura:

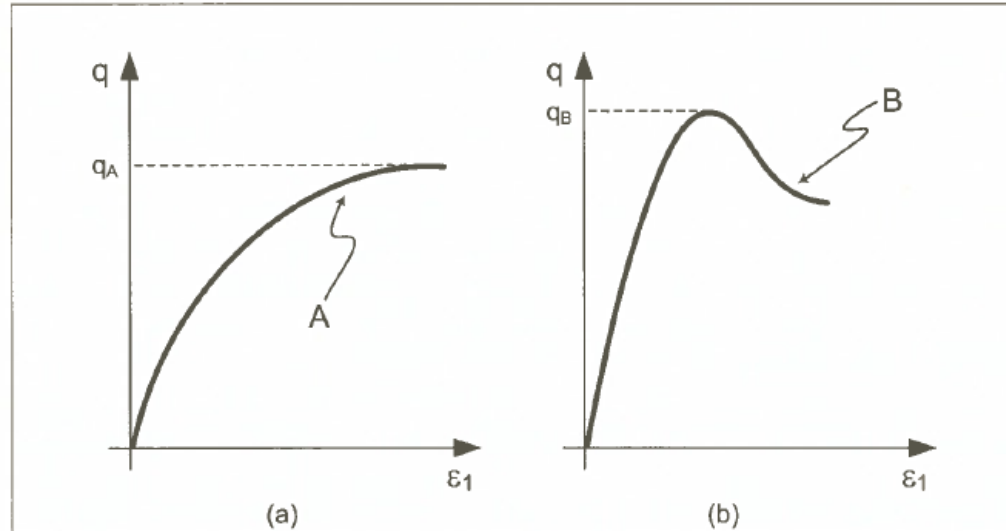
Nella **meccanica delle terre** raggiungimento di condizioni limite dello **stato tensionale a taglio**

$q = (\sigma_1 - \sigma_3)$ Tensione deviatorica
è una misura della resistenza a taglio sopportato dallo scheletro solido essendo pari al diametro del cerchio di Mohr (terreno secco) $q = q' = (\sigma'_1 - \sigma'_3)$

ε_1 = deformazione verticale

A comportamento duttile

B comportamento fragile



Curve tensione deviatorica-deformazione assiale

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

Rottura duttile:

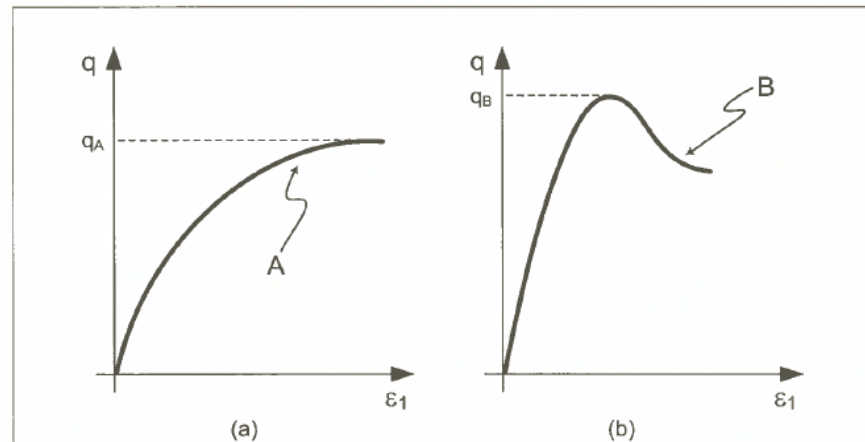
Fase finale di un processo rilevante di deformazione plastica, cioè di un processo, cioè di un processo secondo il quale la deformazione è sostenuta da un aumento della tensione anche oltre il limite di snervamento: tale incremento di tensione va progressivamente diminuendo e tende a zero con l'aumentare della deformazione. Si hanno deformazioni irreversibili che restano dopo la rimozione dello stato di tensione applicato.

A comportamento duttile

B comportamento fragile

Rottura fragile:

Nel caso di rottura fragile il processo di deformazione plastica che precede la rottura è meno evidente. La rottura può manifestarsi con distacco del materiale e con concentrazioni delle deformazioni in zone localizzate (bande di taglio). **Resistenza di picco.**



Curve tensione deviatorica-deformazione assiale

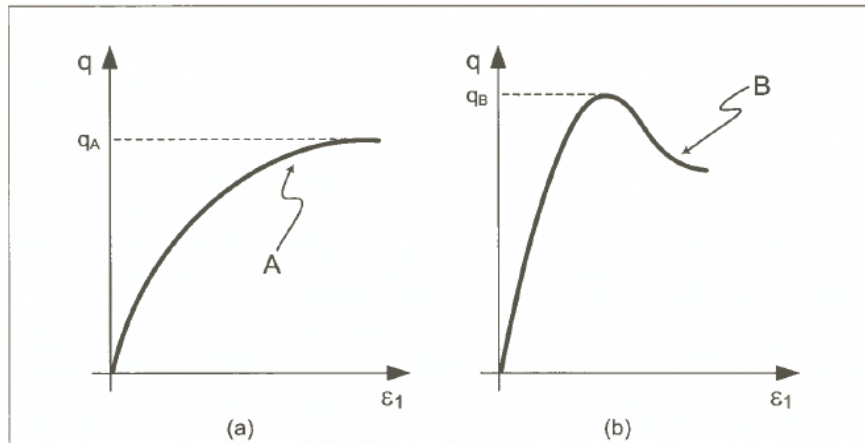
CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

Valutazione della resistenza (SLU)

Valutazione delle deformazioni attese (SLE)

Spesso le condizioni di deformabilità (rigidezza) del terreno influenzano maggiormente il progetto di un'opera di fondazione).

Nel caso di comportamento duttile la **rigidezza** (vista come pendenza della tangente in un punto della curva sforzi deformazioni) **tende a diminuire** fino ad annullarsi in corrispondenza del raggiungimento della resistenza limite q_A .



Curve tensione deviatorica-deformazione assiale

La **rigidezza espressa dal modulo edometrico $M = d\sigma'_z / d\varepsilon_z$** invece tende ad aumentare.

????

Nel caso della fig. a) si può vedere che la rigidezza intesa come rapporto tra tensione e deformazione diminuisce e si giunge alla rottura in quanto il materiale non è più in grado di **sostenere sforzi di taglio**.
(Si registrano scorrimenti tra le particelle e deformazioni indefinite)

Nel caso di una compressione monodimensionale si ha come effetto la riduzione dell'indice dei vuoti fino ad ottenere una condizione per la quale non è più possibile una ulteriore diminuzione. Non si giunge a rottura e si tende verso il comportamento di materiale rigido.



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

I PARAMETRI GEOTECNICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' DIPENDONO

Tipo di terreno:	Grana grossa Grana fine
Stato del terreno:	Indice dei vuoti Tensione efficace agente Storia tensionale (addensamento, consolidazione)
Condizioni di drenaggio:	c. drenate, c.non drenate
Metodo di indagine adottato:	tipo di prova, velocità di prova direzione sollecitazioni, ecc..
Applicazione dei carichi:	Carico, Scarico



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Applicabile per Terre a Grana Grossa e Terre a Grana Fine

$$|\tau| = c + \sigma \cdot \mu = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

τ : tensione tangenziale limite di taglio lungo la superficie di scorrimento

C : resistenza per coesione lungo la superficie di scorrimento

σ : tensione normale alla superficie di scorrimento

μ : coefficiente di attrito lungo la superficie di scorrimento

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi$$

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

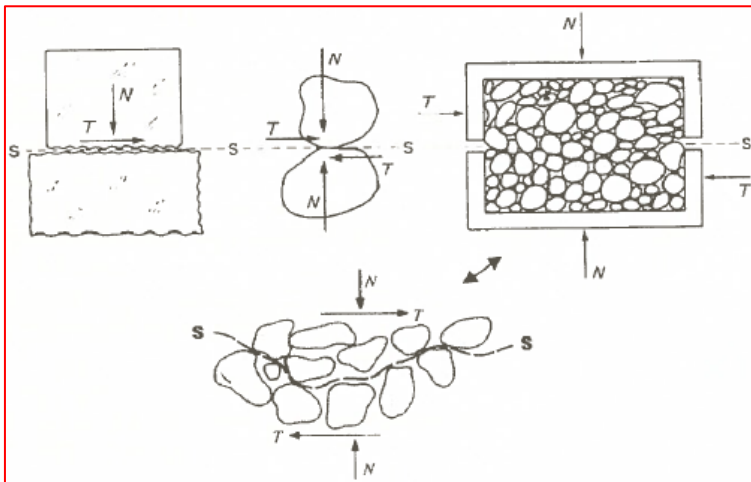
Criterio di Mohr - Coulomb

$$|\tau| = c + \sigma \cdot \mu = c + \sigma \tan \phi$$

Descrive lo scorrimento tra due corpi rigidi a contatto

Tipo di contatto?

Forma e posizione della superficie di scorrimento



Individuazione univoca della posizione della superficie di scorrimento

$$c=0$$

$$|\tau| = \sigma \cdot \mu = \sigma \tan \phi$$

In queste condizioni il blocco rigido sul piano inclinato con angolo β si instabilizza quando si raggiunge la condizione $\beta = \phi$

Quando, cioè, la risultante W delle componenti N, T sarà inclinata di un angolo limite rispetto alla normale al piano di scorrimento

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

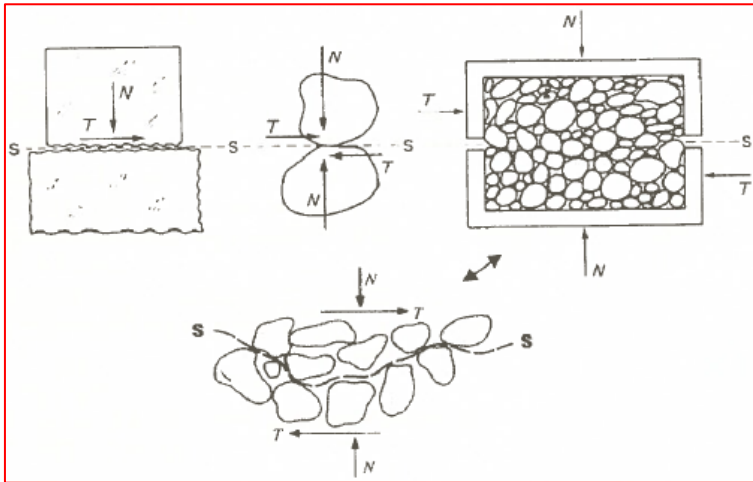
Criterio di Mohr - Coulomb

$$|\tau| = c + \sigma \cdot \mu = c + \sigma \tan \phi$$

Descrive lo scorrimento tra due corpi rigidi a contatto

Tipo di contatto?

Forma e posizione della superficie di scorrimento



Individuazione univoca della posizione della superficie di scorrimento

$$c=0$$

$$|\tau| = \sigma \cdot \mu = \sigma \tan \phi$$

In queste condizioni il blocco rigido sul piano inclinato con angolo β si instabilizza quando si raggiunge la condizione $\beta = \phi$

Quando, cioè, la risultante W delle componenti N, T sarà inclinata di un angolo limite rispetto alla normale al piano di scorrimento

β : ANGOLO DI INCLINAZIONE DEL PIANO

$\beta = \phi$ ANGOLO DI ATTRITO INTERNO



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

$$|\tau| = c + \sigma \cdot \mu = c + \sigma \tan \varphi$$

Efficace per interpretare i fenomeni di rottura per scorrimento, tuttavia anche con l'introduzione della generalizzazione del criterio di Coulomb apportata da Mohr $|\tau| = f(\sigma)$, i due criteri non rappresentano appieno il comportamento a rottura dei terreni: essi infatti si riferiscono ad un mezzo monofase.

PRINCIPIO DEGLI SFORZI EFFICACI – TERZAGHI (1920-1936)

$$|\tau| = c' + (\sigma - u) \tan \varphi' = c' + \sigma' \tan \varphi'$$

c' : coesione efficace

φ' : angolo di resistenza a taglio



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

$$|\tau| = c + \sigma \cdot \mu = c + \sigma \tan \varphi$$

Efficace per interpretare i fenomeni di rottura per scorrimento, tuttavia anche con l'introduzione della generalizzazione del criterio di Coulomb apportata da Mohr $|\tau| = f(\sigma)$, i due criteri non rappresentano appieno il comportamento a rottura dei terreni: essi infatti si riferiscono ad un mezzo monofase.

PRINCIPIO DEGLI SFORZI EFFICACI – TERZAGHI (1920-1936)

$$|\tau| = c' + (\sigma - u) \tan \varphi = c' + \sigma' \tan \varphi$$

$$|\tau| = \sigma \cdot \mu = \sigma \tan \varphi$$

- Per le terre a grana grossa le forze di coesione sono «NULLE» $c'=0$
- Solo nel caso di cementazione (coesione vera) è lecito assumere $c' \neq 0$

- Per le terre a grana fine (NC o poco OC) si assume $c'=0$ anche se si potrebbe considerare un modesto contributo della «coesione vera»
- Per le argille fortemente consolidate OC si può assumere un valore $c' \neq 0$ ma con grande cautela e da porre in relazione al livello tensionale agente.

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

$$|\tau| = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \phi' = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi'$$

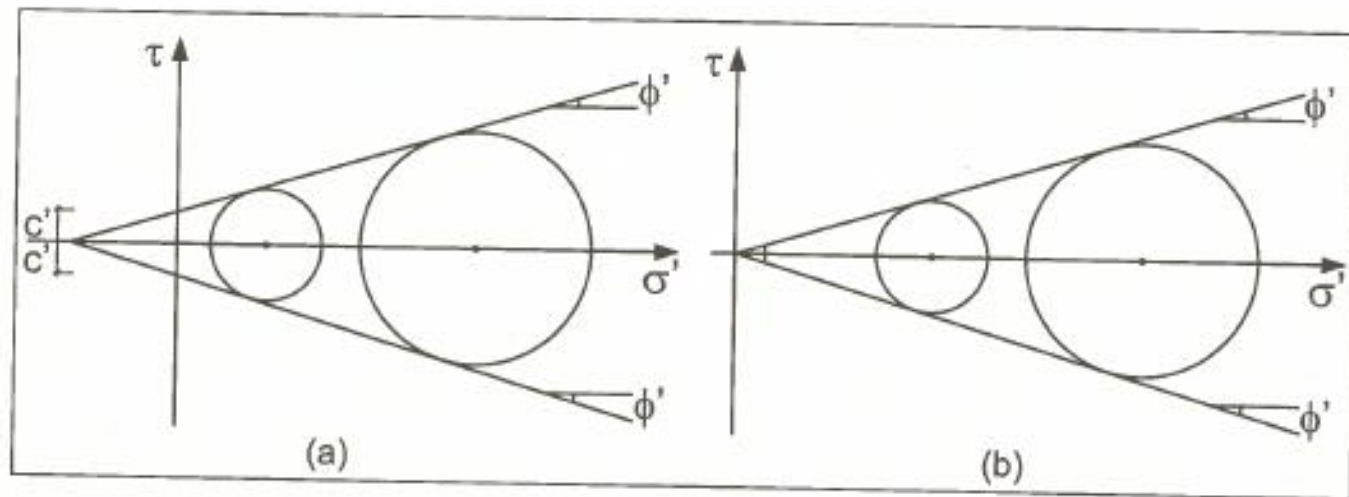


Fig. 5.4 Criterio di Mohr-Coulomb: (a) $c' \neq 0$; (b) $c' = 0$



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO (scheletro solido del materiale-tensioni efficaci)

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

DIPENDE

- Natura del terreno
- Condizione del terreno (resistenza massima, di «picco»)
- Può assumere valori variabili in funzione dello stato del terreno
- Può generalmente assumere valori da 20° a 30° per terre a grana fine
- Può generalmente assumere valori da 30° a 45° per terre a grana grossa

NON E' UNA PROPRIETA' DEL TERRENO

Per lo stesso terreno può assumere valori diversi a seconda dello stato in cui si trova il materiale

Vedi figure seguenti

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

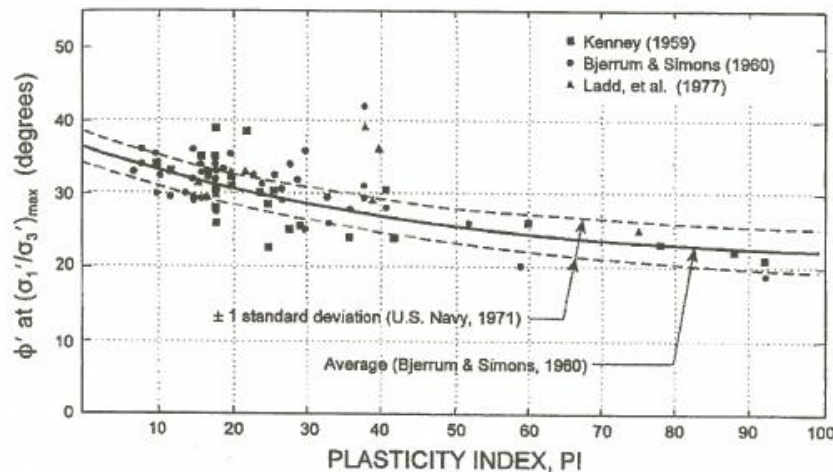


Fig. 5.5 Valori dell'angolo di resistenza al taglio per terre a grana fine

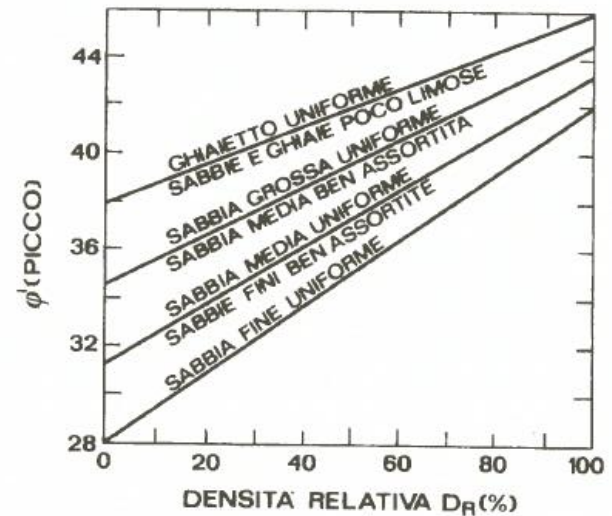


Fig. 5.6 Valori dell'angolo di resistenza al taglio per terre a grana grossa

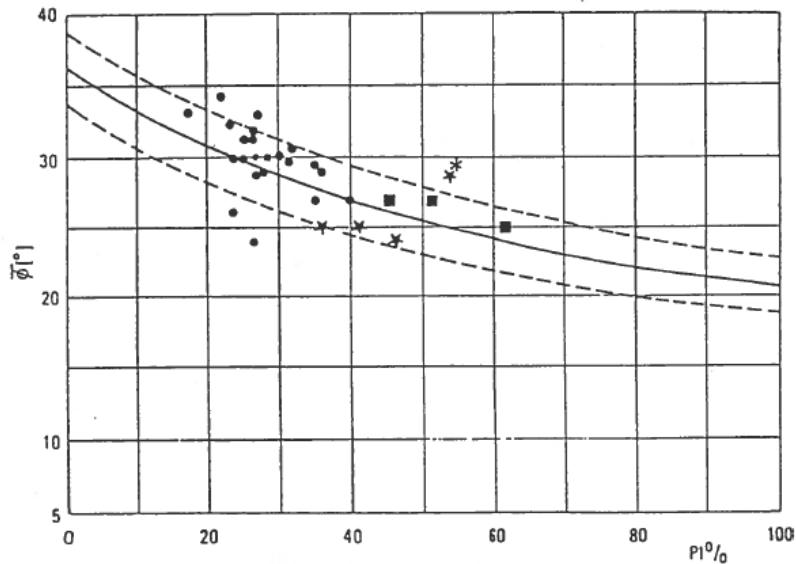


CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE



- ✕ TRIESTE
- PORTO TOLLE
- MANFREDONIA
- ▲ AL FAO
- * VENEZIA

PARAMETRI CORRELATI

- Angolo d'attrito ($\bar{\phi}$)
- Indice plastico (PI)

LIMITI DI VALIDITA

- Argille normalconsolidate italiane.

BIBLIOGRAFIA ORIGINALE

- Jamiolkowski M. et al. (1979), "Design Parameters for Soft Clays", State of the Art Report, 7th ECSMFE, Brighton

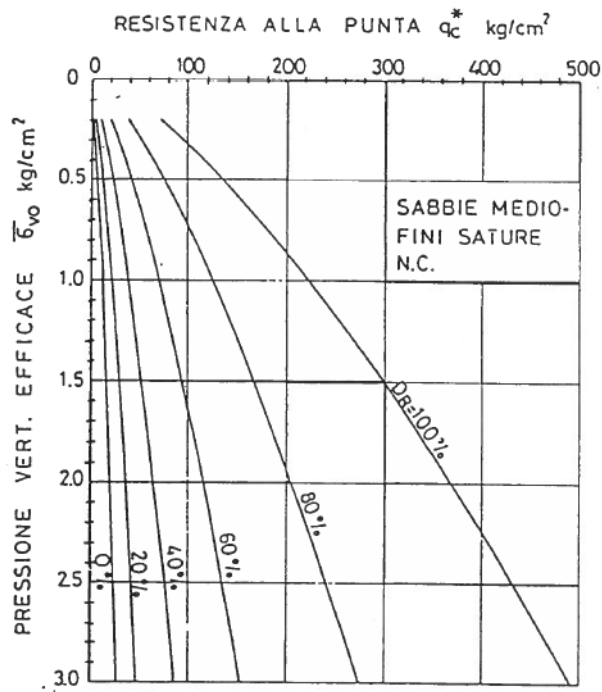


CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE



- Densita' relativa (D_R)
- Resistenza alla punta CPT
- Tensione verticale efficace

LIMITI DI VALIDITA

- Sabbie medio fini sature normalconsolidate. Penetrometro meccanico tipo Fugro.

BIBLIOGRAFIA ORIGINALE

- Schmertmann J.M. (1978), "Guidelines for Cone Penetration Test", U.S. Department of Trans., FHWA-TS-78-209

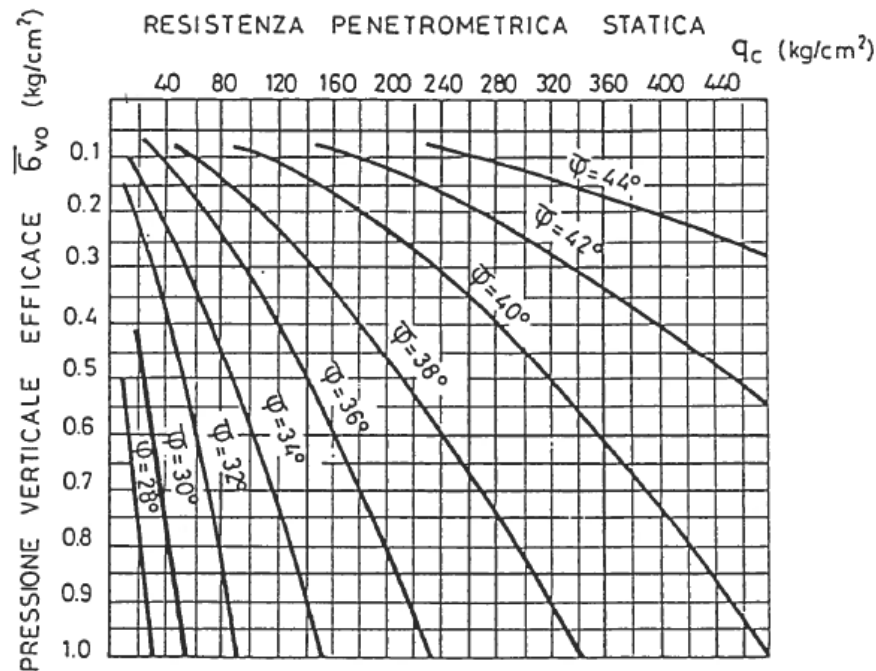


CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE



PARAMETRI CORRELATI

- Angolo d'attrito ($\bar{\phi}$)
- Resistenza alla punta CPT
- Tensione verticale efficace

LIMITI DI VALIDITA

- Terreni incoerenti.

BIBLIOGRAFIA ORIGINALE

- Trofimov J. (1974): Il testo di riferimento non fornisce ulteriori indicazioni



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

$$|\tau| = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi = c' + \sigma' \operatorname{tg} \varphi$$

u ??

Resistenza del terreno:

Terreno saturo in condizioni drenate

Terreno terreno secco

In condizioni non drenate: Δu ???

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

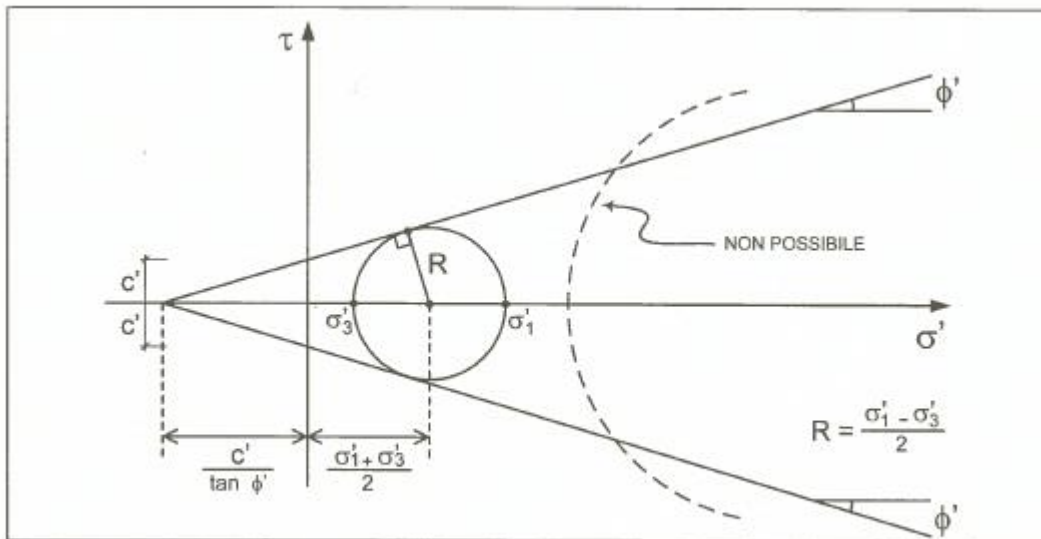


Fig. 5.7 Stati tensionali possibili secondo il criterio di Mohr-Coulomb

La resistenza allo scorrimento aumenta con l'aumentare della tensione normale al piano di scorrimento. $|\tau| = \sigma \cdot \mu = \sigma \tan \phi$

La resistenza massima:
 $\tau_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma'_1 - \sigma'_3)$
Equivale al raggio del cerchio massimo sul piano di Mohr, gli stati di tensione limite per la rottura sono rappresentati dall'insieme dei cerchi aventi per raggio il valore indicato (ved. figure)

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

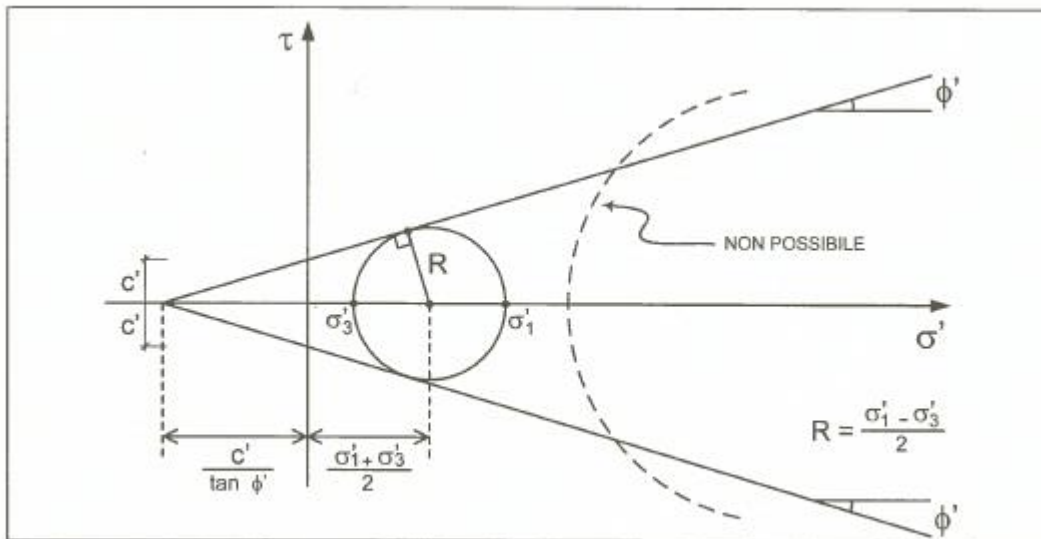


Fig. 5.7 Stati tensionali possibili secondo il criterio di Mohr-Coulomb

ANGOLO DI MASSIMA
OBLIQUITA'

È l'angolo che determina il
massimo rapporto tra tensione
tangenziale e normale

La regione interna alle due rette
tangenti ai cerchi di Mohr
contiene gli stati tensionali
«possibili». Non sono possibili
stati tensionali esterni a tale
regione

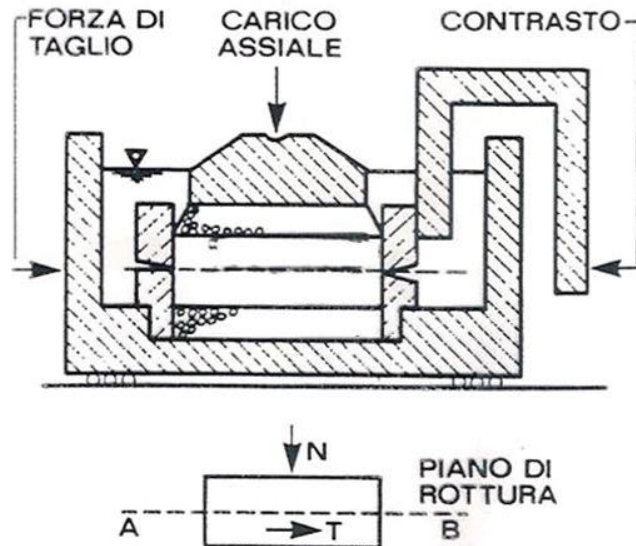


CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE



PROVA DI TAGLIO SEMPLICE

Prova drenata

Angolo resistenza a taglio picco

Angolo resistenza critico

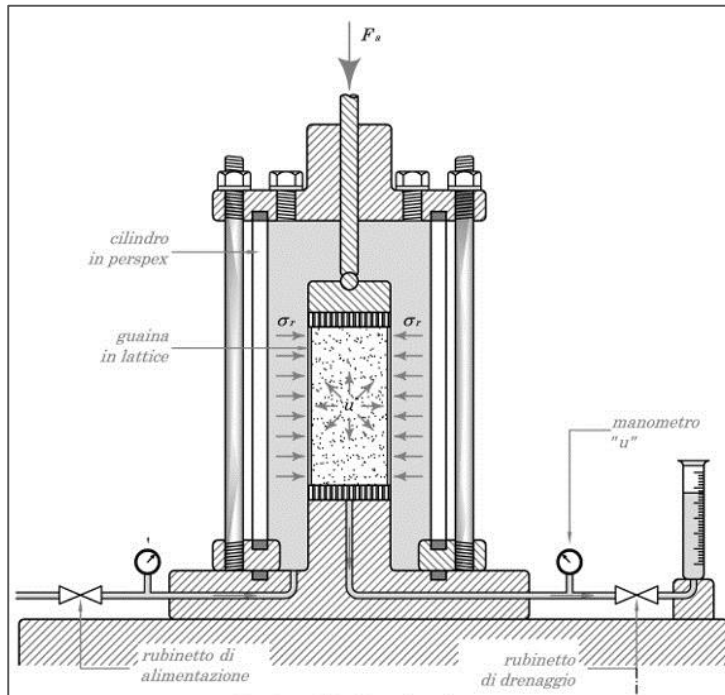
Angolo resistenza residuo

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE



PROVA TRIASSIALE

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

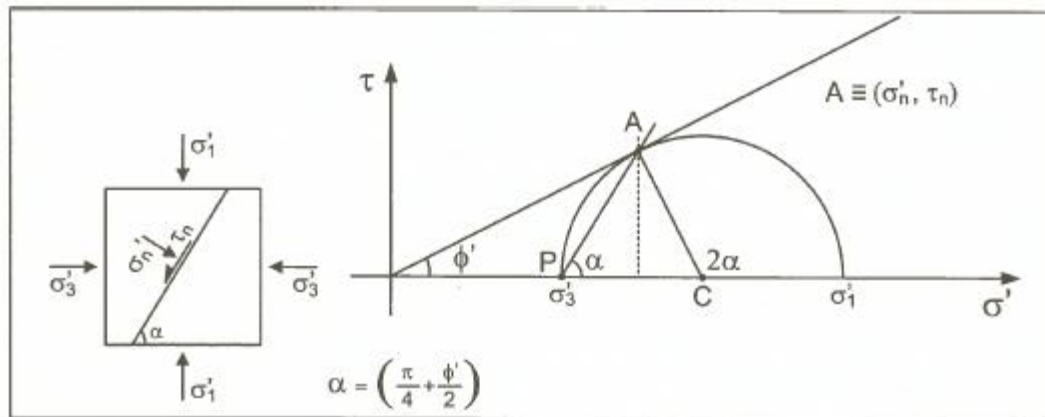


Fig. 5.8 Condizioni di rottura e giacitura del piano di scorrimento

Assumendo $c'=0$
dalla figura a lato si trae:

La rottura avviene su un piano
inclinato di $\alpha = (\pi/4 + \phi'/2)$
rispetto alla direzione della
tensione σ'_3 .

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

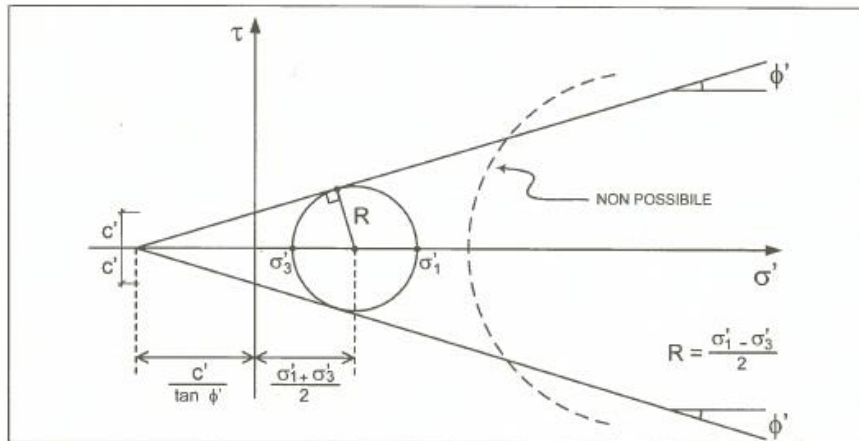


Fig. 5.7 Stati tensionali possibili secondo il criterio di Mohr-Coulomb

Tensione orizzontale efficace: $\sigma'_{ho} = K \cdot \sigma'_{vo}$

K: Coefficiente di spinta

$$K_o(NC) = \sigma'_{ho} / \sigma'_{vo} \rightarrow K_o = \left(1 + \frac{2 \sin \phi'}{3}\right) \cdot \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \rightarrow \text{Jaky: } K_o(NC) \cong 1 - \sin \phi'$$

NEI TERRENI (NC) RISULTA : $\sigma'_{vo} > \sigma'_{ho}$

IN TERMINI DI TENSIONI PRINCIPALI

$$\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = \left(\frac{c}{\tan \phi'} + \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2}\right) \cdot \sin \phi'$$

da cui

$$\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = c' \cos \phi' + \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} \cdot \sin \phi'$$

Per terre a grana grossa $c' = 0$

Si ricorda che: $\frac{\sigma'_{ho}}{\sigma'_{vo}} = K_o = 1 - \sin \phi' < 1$
(Coefficiente di spinta a riposo)

CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

L'ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO

GRANDEZZA CHE MAGGIORMENTE CONDIZIONA LA RESISTENZA A TAGLIO DELLE TERRE

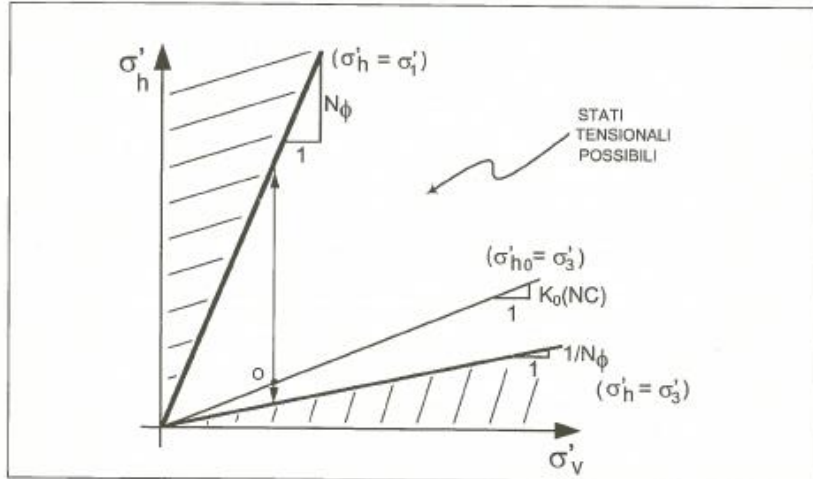


Fig. 5.9 Condizioni di rottura; condizioni a riposo; stati limite attivo e passivo

IN TERMINI DI TENSIONI PRINCIPALI

$$\frac{\sigma'1 - \sigma'3}{2} = c' \cos \phi' + \frac{\sigma'1 + \sigma'3}{2} \cdot \sin \phi'$$

Può essere scritta:

$$\sigma'1 = \left(\frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \right) \cdot \sigma'3 = N\phi \cdot \sigma'3$$

Ovvero

$$\sigma'3 = \left(\frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \right) \cdot \sigma'1 = \frac{1}{N\phi} \cdot \sigma'1$$

STATO LIMITE PASSIVO:

$$\sigma'h, P / \sigma'vo = \left(\frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \right) = K_p$$

STATO LIMITE ATTIVO

$$\sigma'h, A / \sigma'vo = \left(\frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \right) = K_A$$

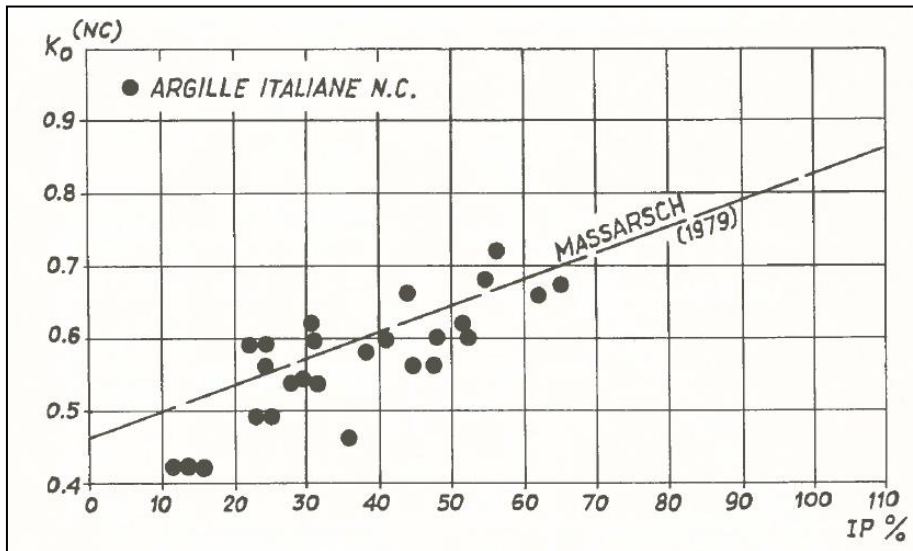
$$K_A \cdot K_p = 1$$



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

TENSIONI ORIZZONTALI EFFICACI - COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO



In caso di deformazione laterale impedita per un provino soggetto a compressione monodimensionale le tensioni orizzontali aumentano con l'incrementarsi delle tensioni verticali.

Sperimentalmente è dimostrato che per un terreno NC è possibile definire un coefficiente di proporzionalità detto COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO.

$$K_0(NC) = \sigma'_{ho} / \sigma'_{vo} \rightarrow K_0 = \left(1 + \frac{2 \sin \phi'}{3}\right) \cdot \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \rightarrow \text{Jaky: } K_0(NC) \cong 1 - \sin \phi'$$

$$K_0(OC) = K_0(NC) \cdot OCR^\alpha \cong (1 - \sin \phi') \cdot OCR^\alpha$$



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

TENSIONI ORIZZONTALI EFFICACI - COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO

Tabella 2.2.1 - Valori di k_0 per l'argilla di Porto Tolle -

<i>Procedimento</i>	k_0 (NC)
1. Celle di pressione totale	$0.48 \div 0.56$
2. Pressiometro autoperforante	0.60 ± 0.18
3. Prove triassiali	$0.48 \div 0.57$
4. Edometro strumentato	$0.48 \div 0.56$
5. In funzione di ϕ	$0.50 \div 0.56$
6. In funzione di IP	$0.54 \div 0.60$

In caso di deformazione laterale impedita per un provino soggetto a compressione monodimensionale le tensioni orizzontali aumentano con l'incrementarsi delle tensioni verticali.

Sperimentalmente è dimostrato che per un terreno NC è possibile definire un coefficiente di proporzionalità detto COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO.

$$K_0(\text{NC}) = \sigma'_{ho} / \sigma'_{vo} \rightarrow K_0 = \left(1 + \frac{2 \sin \phi'}{3}\right) \cdot \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \rightarrow \text{Jaky: } K_0(\text{NC}) \cong 1 - \sin \phi'$$

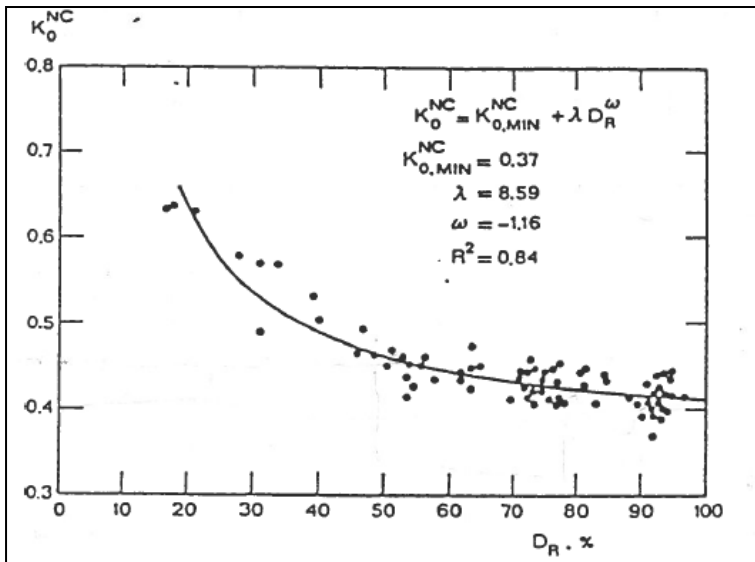
$$K_0(\text{OC}) = K_0(\text{NC}) \cdot \text{OCR}^\alpha \cong (1 - \sin \phi') \cdot \text{OCR}^\alpha$$



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

TENSIONI ORIZZONTALI EFFICACI - COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO



$\alpha \cong 0,35 \div 0,45$ per argille al diminuire della plasticità;

$\alpha \cong 0,40 \div 0,50$ per sabbie all'aumentare della densità $D_R\%$

α In caso di incertezza si assume: $\alpha=0,50$

$$K_o(\text{NC}) = \sigma'_{ho} / \sigma'_{vo} \rightarrow K_o = \left(1 + \frac{2 \sin \phi'}{3}\right) \cdot \frac{1 - \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \rightarrow \text{Jaky: } K_o(\text{NC}) \cong 1 - \sin \phi'$$

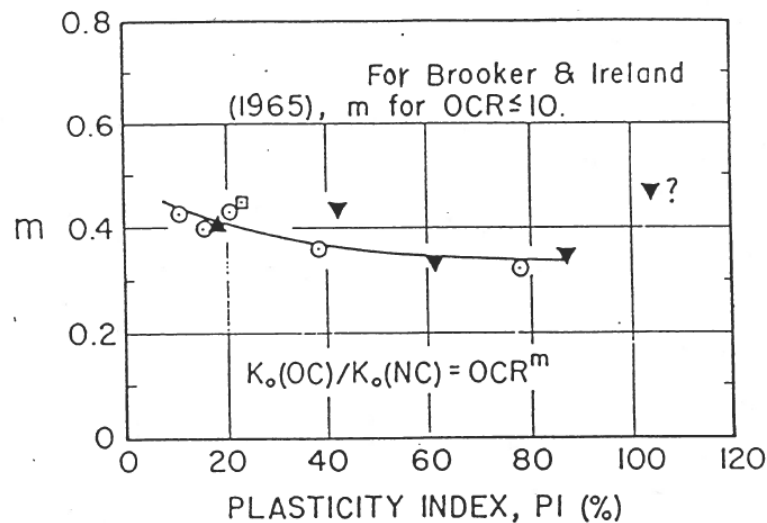
$$K_o(\text{OC}) = K_o(\text{NC}) \cdot \text{OCR}^\alpha \cong (1 - \sin \phi') \cdot \text{OCR}^\alpha$$



CENNI SU ASPETTI RELATIVI A RESISTENZA E DEFORMAZIONE

RESISTENZA A TAGLIO : ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

TENSIONI ORIZZONTALI EFFICACI - COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO



Correlazione Per $OCR < 10$

$\alpha \cong 0,35 \div 0,45$ per argille al diminuire della plasticità;

$\alpha \cong 0,40 \div 0,50$ per sabbie all'aumentare della densità $D_R\%$

α In caso di incertezza si assume: $\alpha=0,50$

$$K_o(OC) = K_o(NC) \cdot OCR^\alpha \cong (1 - \sin \phi') \cdot OCR^\alpha$$