

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)

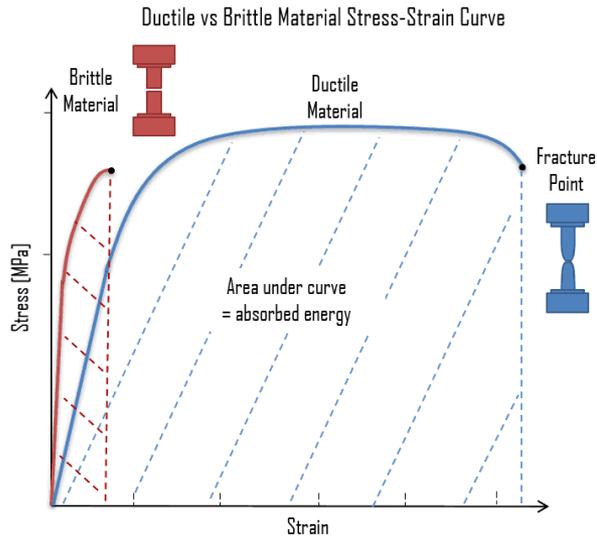
SPERIMENTAZIONE

Indagini e prove in sito

Prove geotecniche di laboratorio

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

COMPORAMENTO DUTTILE – COMPORAMENTO FRAGILE



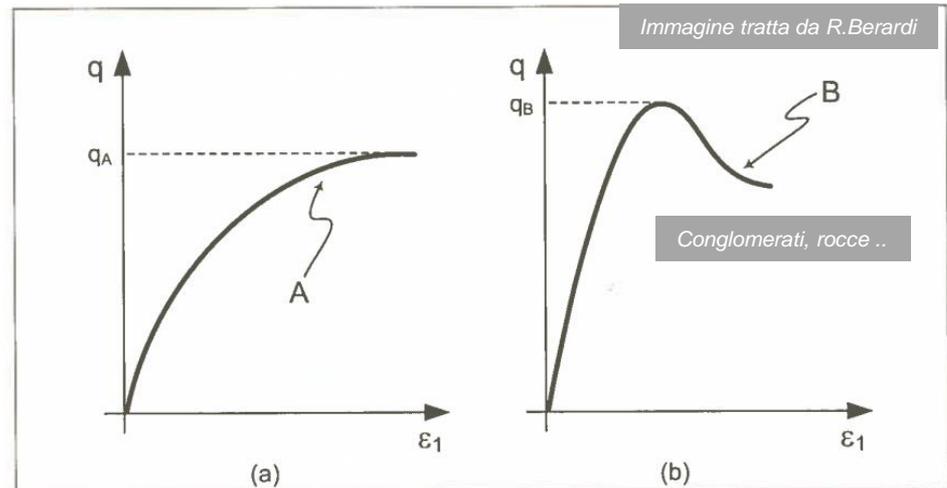
TERRE:

Nella meccanica delle terre si fa riferimento al raggiungimento di condizioni limite dello stato tensionale di **Taglio**

TERRE

Le terre sottoposte a stati tensionali, in funzione di diverse condizioni possono seguire comportamenti (tensioni-deformazioni) riconducibili a due criteri:

- Comportamento duttile
- Comportamento fragile



Per i terreni:

Curve tensione deviatorica « $q=(\sigma'1 - \sigma'3)$ » – deformazione assiale « ε_1 »

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

COMPORTAMENTO DUTTILE – COMPORTAMENTO FRAGILE TERRE: RESISTENZA A TAGLIO – DEFORMAZIONE - RIGIDEZZA

ROTTURA DUTTILE

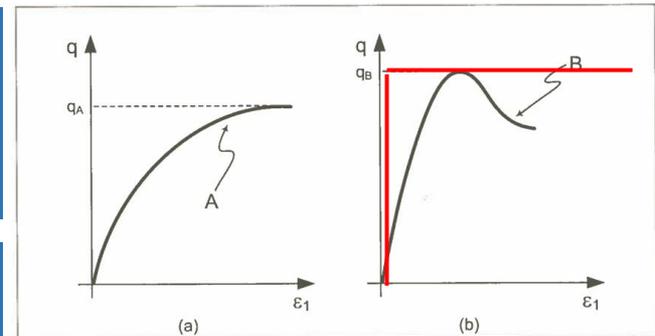
Rappresenta la fase finale di un processo con deformazioni plastiche rilevanti sostenute da incrementi di tensione anche oltre il limite di snervamento: essi si riducono fino a tendere a zero con l'aumento della deformazione.

ROTTURA FRAGILE

Il processo di deformazione plastica è molto ridotto: (si possono avere rotture con processi di tipo rigido-plastico)

La rottura si manifesta con un evidente ginocchio della curva ed il materiale può manifestare dei distacchi ovvero con ridistribuzioni e concentrazioni delle deformazioni in zone localizzate:

Bande di taglio →



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

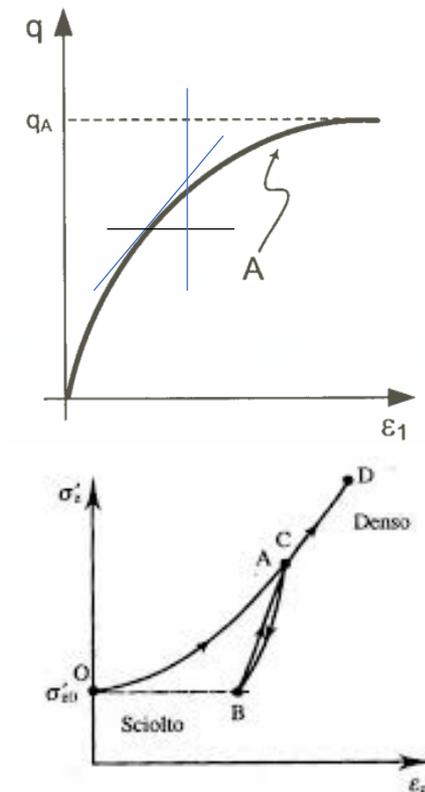
COMPORTAMENTO DUTTILE – COMPORTAMENTO FRAGILE TERRE: RESISTENZA A TAGLIO – DEFORMAZIONE - RIGIDEZZA

RIGIDEZZA DEI TERRENI

La rigidità è il fattore che determina, per effetto dei carichi applicati, gli spostamenti, i cedimenti nei terreni e delle opere con essi interagenti.

La rigidità dei terreni è il gradiente della curva tensioni-deformazioni. Nella figura a fianco è evidente l'andamento **NON** lineare della rigidità: questo significa che il parametro meccanico che caratterizza la rigidità non assume valore costante nell'intero intervallo tensionale che precede la rottura. Nel caso in figura la **rigidità diminuisce** mano a mano che aumenta la tensione, fino ad annullarsi alla rottura q_A .

Nel caso della compressione monodimensionale della prova edometrica, all'aumentare della tensione di compressione la rigidità espressa dal modulo edometrico tende ad aumentare.



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

COMPORTAMENTO DUTTILE – COMPORTAMENTO FRAGILE TERRE: RESISTENZA A TAGLIO – DEFORMAZIONE - RIGIDEZZA

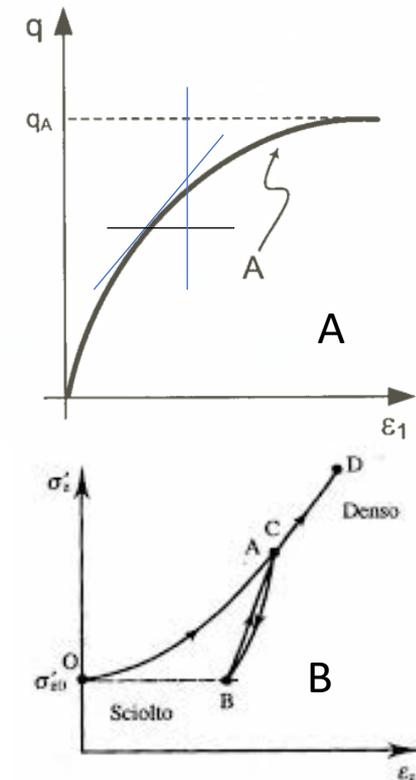
RIGIDEZZA DEI TERRENI

La rigidezza è il fattore che determina, per effetto dei carichi applicati, gli spostamenti, i cedimenti nei terreni e delle opere con essi interagenti.

DIFFERENZA TRA I DUE CASI: «A», «B»

Nel primo caso «A» (Rigidezza che diminuisce) la rigidezza diminuisce fino ad azzerarsi in corrispondenza della rottura in quanto il materiale non è più in grado di sopportare sforzi di taglio. (Si verificano scorrimenti tra le particelle, deformazioni a tensione deviatorica costante);

Nel caso «B» (rigidezza che aumenta) la compressione monodimensionale ha un effetto di riduzione dei vuoti ed il raggiungimento di una condizione in cui esso non può ulteriormente diminuire. A causa della incomprimibilità dello scheletro solido o scheletro+acqua in condizioni drenate) non si giunge a rottura e si tende ad un comportamento di materiale rigido.



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

COMPORTAMENTO DUTTILE – COMPORTAMENTO FRAGILE TERRE: RESISTENZA A TAGLIO – DEFORMAZIONE - RIGIDEZZA

NOTA TECNICA OPERATIVA PER LA VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'

I PARAMETRI DIPENDONO DA:

Tipo di terreno (grana grossa, grana fine)

Stato del terreno: (peso di volume; indice dei vuoti, tensione efficace agente, storia tensionale)

Condizioni di drenaggio (condizioni drenate, non drenate)

Metodi di indagine adottati

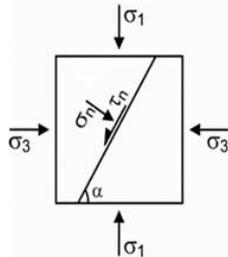
Tipo di applicazione dei carichi: intensità, velocità di applicazione, carico, scarico)

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine



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

$\mu ?$

$$\tau = c$$

$$\tau = \sigma \cdot \mu = \sigma \cdot \operatorname{tg} \phi$$

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

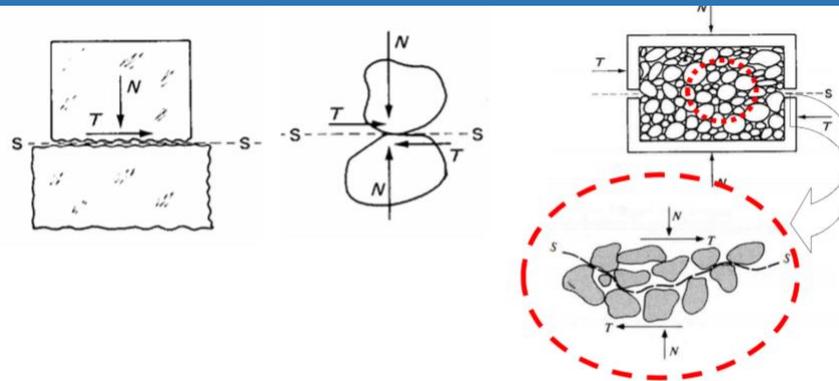
RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine

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

$\mu ?$

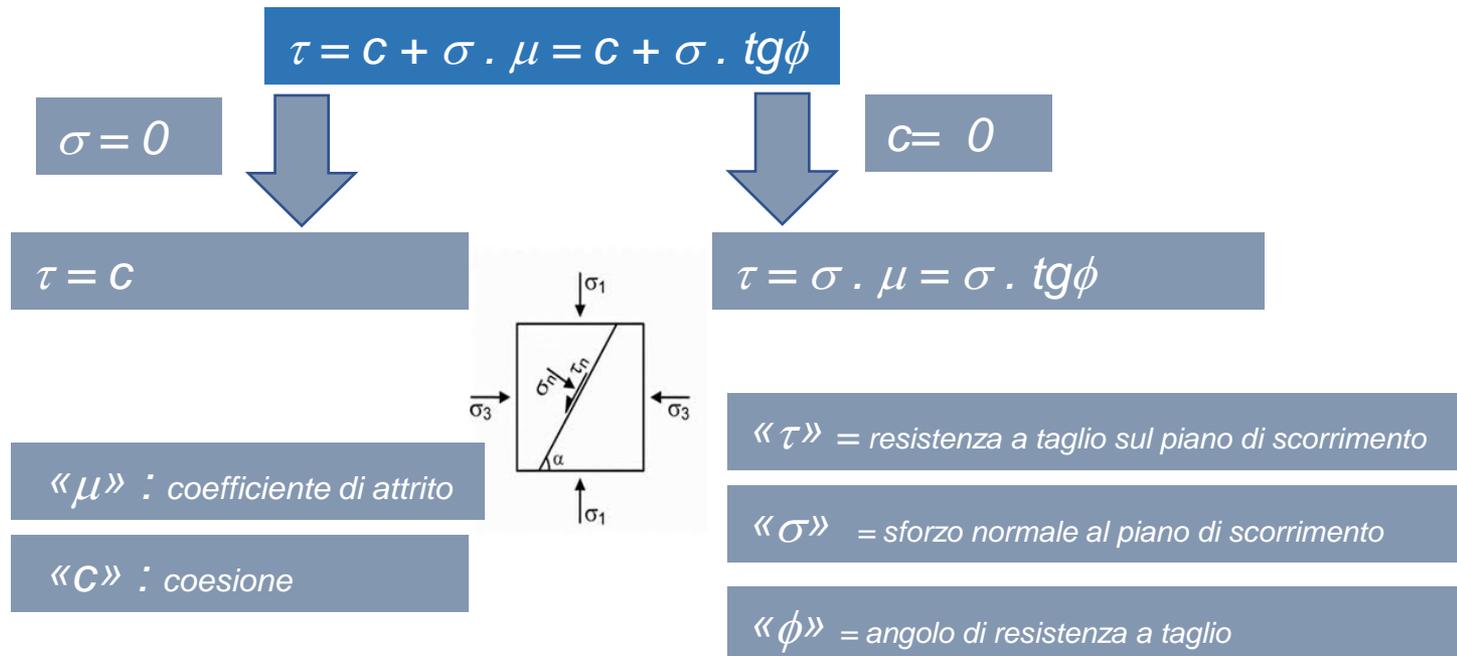


RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine

In termini di tensioni efficaci

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

« C' » : *coesione*

« C' » : *coesione vera*

Resistenza a taglio a rottura sul piano di rottura

$$\tau_{ff} = c'_{ff} + (\sigma_{ff} - u_{ff}) \operatorname{tg} \phi'_{ff} = c'_{ff} + \sigma'_{ff} \cdot \operatorname{tg} \phi'_{ff}$$

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine

In termini di tensioni efficaci

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

« ϕ' » : angolo di resistenza a taglio di **picco**

Non è una proprietà del terreno: dipende dallo stato in cui esso si trova

Resistenza a taglio a rottura sul piano di rottura

$$\tau_{ff} = c'_{ff} + (\sigma_{ff} - u_{ff}) \operatorname{tg}\phi'_{ff} = c'_{ff} + \sigma'_{ff} \cdot \operatorname{tg}\phi'_{ff}$$

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

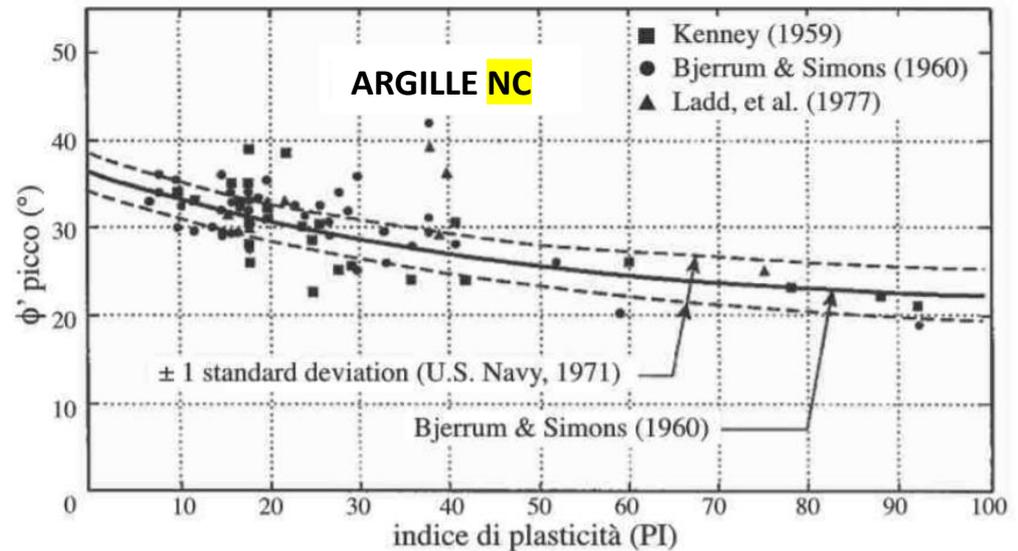
RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine

« ϕ' » : angolo di resistenza a taglio di **picco**

Non è una proprietà del terreno: dipende dallo stato in cui esso si trova



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

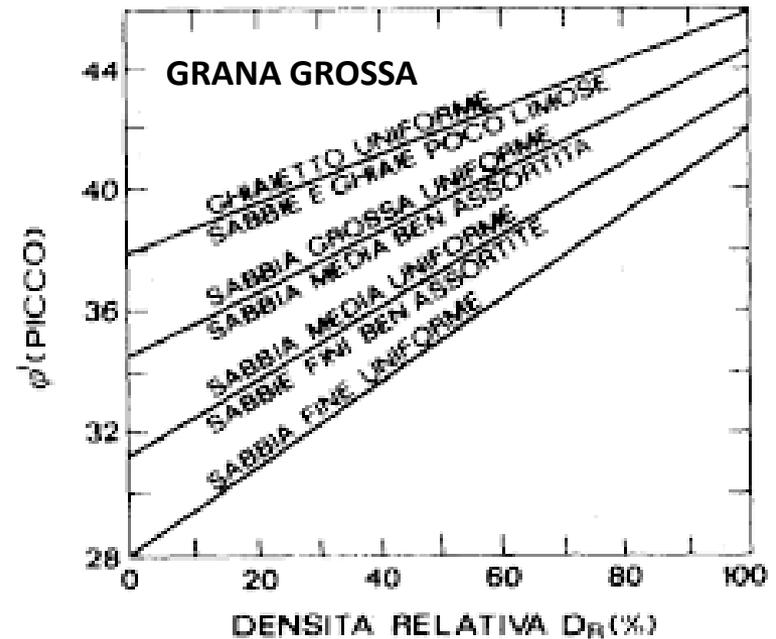
RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine

« ϕ' » : angolo di resistenza a taglio di **picco**

Non è una proprietà del terreno: dipende dallo stato in cui esso si trova



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

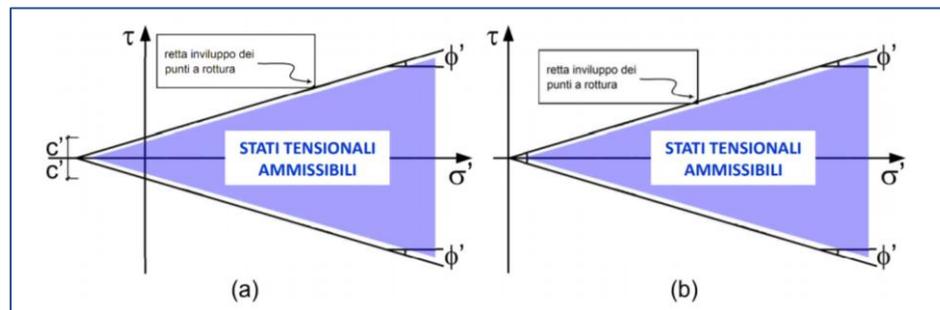
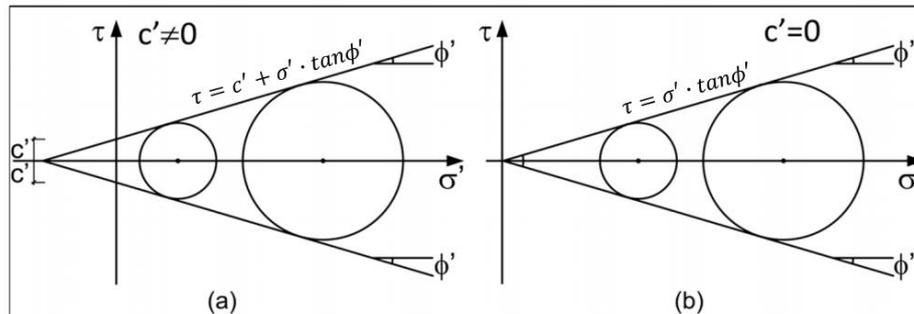
Criterio di Mohr - Coulomb

Valido per terreni a grana grossa ed a grana fine

La resistenza a taglio τ aumenta con l'aumentare dello sforzo normale sul piano di scorrimento

Compressione sul piano di scorrimento e compressione idrostatica sono essenziali per il criterio di rottura

Gli stati di tensione limite di rottura sono rappresentati dai cerchi aventi per raggio $\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ e tangenti alle due semirette: vedi figura



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Condizioni di rottura e giacitura sul piano di scorrimento

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

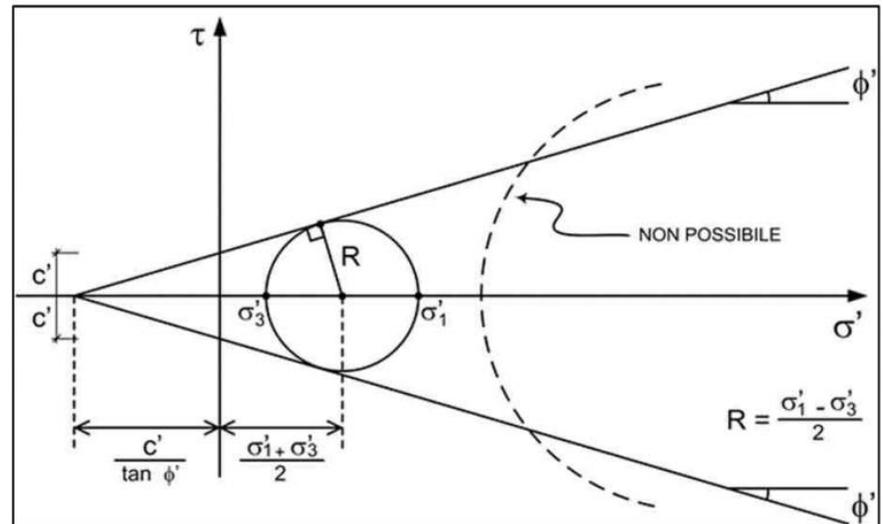
$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} + \frac{2c' \cos\phi'}{1 - \sin\phi'}$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'} - \frac{2c' \cos\phi'}{1 + \sin\phi'}$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} = \sigma'_3 \cdot N_\phi$$

se $c'=0$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'} = \sigma'_1 \cdot \frac{1}{N_\phi}$$



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Condizioni di rottura e giacitura sul piano di scorrimento

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

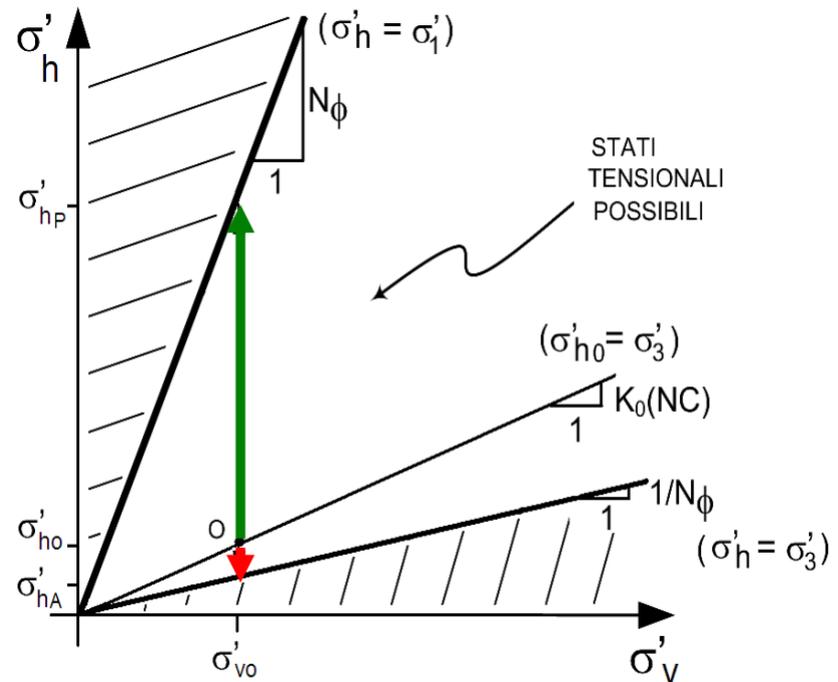
$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} + \frac{2c' \cos\phi'}{1 - \sin\phi'}$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'} - \frac{2c' \cos\phi'}{1 + \sin\phi'}$$

se $c'=0$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} = \sigma'_3 \cdot N_\phi$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'} = \sigma'_1 \cdot \frac{1}{N_\phi}$$



Per PI 20 : $\phi' = 30^\circ$ $K_A = 0,33$, $K_P = 3$

Per PI 20 : $K_0 = 1 - \sin\phi' = 1 - 0,5 = 0,5$

RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

Condizioni di rottura e giacitura sul piano di scorrimento

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

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} + \frac{2c' \cos\phi'}{1 - \sin\phi'}$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'} - \frac{2c' \cos\phi'}{1 + \sin\phi'}$$

se $c'=0$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} = \sigma'_3 \cdot N_\phi$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'} = \sigma'_1 \cdot \frac{1}{N_\phi}$$

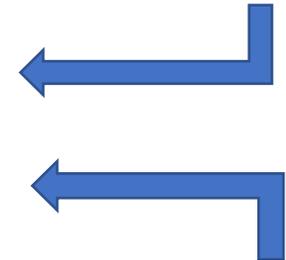
Se la tensione orizzontale σ'_h diminuisce la rottura avviene per il raggiungimento delle condizioni dette **di stato limite attivo per cui vale**

Coefficiente di spinta attiva

$$\frac{\sigma'_{h,A}}{\sigma'_{vo}} = \left(\frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'} \right) = K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi'}{2} \right)$$

Coefficiente di spinta passiva

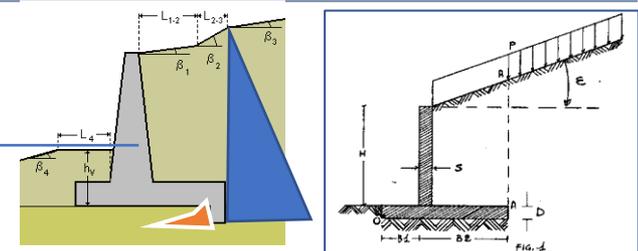
$$\frac{\sigma'_{h,P}}{\sigma'_{vo}} = \left(\frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} \right) = K_P = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right)$$



Se la tensione orizzontale σ'_h aumenta e supera la σ'_v diventando la tensione principale massima, la rottura avviene per il raggiungimento delle condizioni dette **di stato limite passivo per cui vale**

$K_A \cdot K_P = 1$

$K_A < K_0 \text{ (NC)} < K_P$



RICHIAMI DI MECCANICA DEI TERRENI

RESISTENZA A TAGLIO: ANALISI IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI

Criterio di Mohr - Coulomb

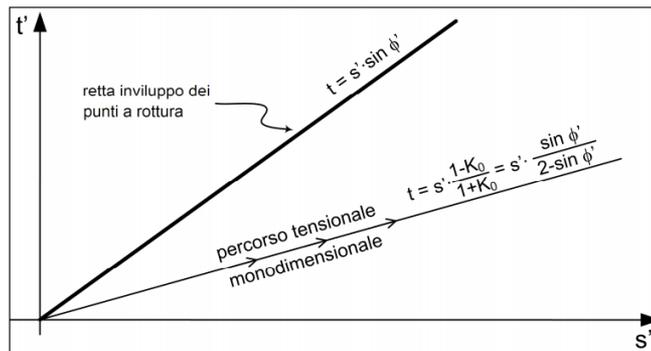
Condizioni di rottura e giacitura sul piano di scorrimento

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

$$s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \qquad s' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2}$$

$$t = t' = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}$$

$$t = c' \cdot \cos\phi' + s' \cdot \sin\phi' = a' + s' \cdot \tan\alpha'$$



$$a' = c' \cdot \cos\phi'$$

$$\tan\alpha' = \sin\phi'$$