

## LE CARATTERISTICHE DELLE TERRE

Si definisce "terra" un qualsiasi **materiale sciolto costituito da detriti rocciosi di varie dimensioni** e con caratteristiche fisiche che possono variare nel tempo. La meccanica delle terre studia le caratteristiche e le proprietà delle terre sciolte al fine di utilizzarle come materiale di costruzione.

I terreni si suddividono in:

- **Coerenti** (come l'argilla, che è elastica e impermeabile);
- **Incoerenti** (come la sabbia, che subisce deformazioni irreversibili ed è permeabile).

Nelle terre si distinguono tre fasi: solida (granuli di roccia), liquida (presenza di acqua nei pori) e gassosa (gas nelle cavità).

Le caratteristiche fisiche delle terre sono: peso volumico reale ed a apparente, volume, contenuto in acqua, permeabilità (k) e capillarità.

**La coesione (c) è la forza di adesione dei granuli.**

## L'ANGOLO DI ATTRITO INTERNO O NATURAL DECLIVIO

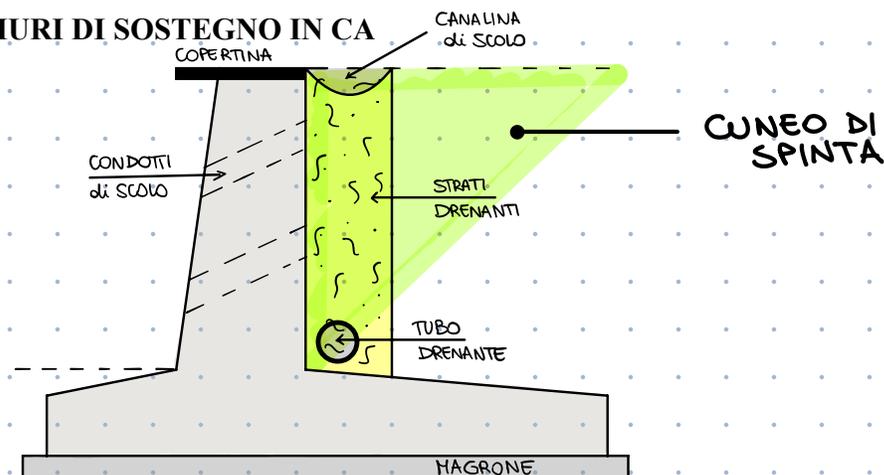


L'angolo formato dalla scarpa di un volume di terra rispetto a un piano orizzontale è definito angolo d'attrito interno  $\Phi$ . Esso indica la **resistenza allo scorrimento** delle particelle di terra l'una sull'altra ed è un dato fornito dal geologo e dipende da granulometria e presenza di acqua. Tutte le superfici inclinate sull'orizzontale di un angolo  $a > \Phi$  costituiscono probabili piani di scorrimento del volume di terra sovrastante, che può scivolare a valle. Per impedire che ciò accada è necessario sostenere la terra franante con **opere capaci di riportare l'equilibrio e opporsi alla spinta delle terre**: tali opere sono i muri di sostegno. Il **cuneo di spinta** è quella parte di terra che effettivamente spinge sul manufatto.

## MURI DI SOSTEGNO: GRAVITÀ O FLESSIBILI

Il muro di sostegno è un elemento costruttivo che si oppone alla spinta delle terre. Può essere a gravità (massiccio) oppure elastico (flessibile) in calcestruzzo. I muri a gravità (detti così perché sfruttano il proprio peso) possono essere di diversi materiali: **mattone pieno, terra, pietra, calcestruzzo non armato, gabbionate, geo blocchi, tronchi**; i muri elastici sono in calcestruzzo armato.

## OPERE DI FINITURA PER MURI DI SOSTEGNO IN CA



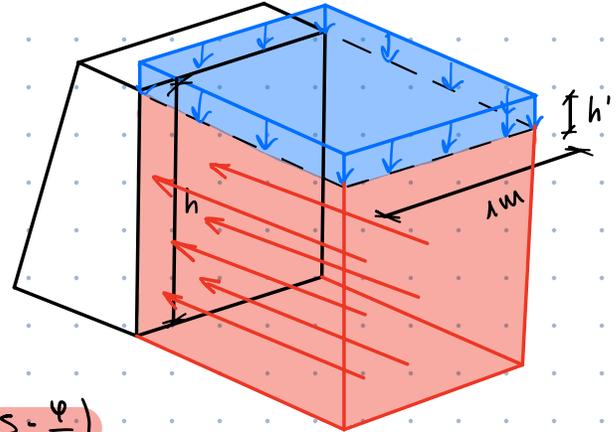
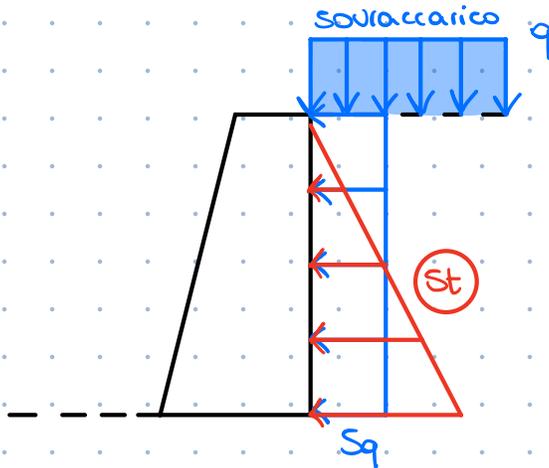
## LA SPINTA DEL TERRENO, COULOMB E LA FORMULA GENERALIZZATA

Si definisce spinta del terreno la risultante delle pressioni esercitate da un prisma di terra su un'opera di sostegno. La sua determinazione è un problema di ingegneria geotecnica che viene affrontato utilizzando diverse teorie, come quella di Coulomb (1776). Nella teoria di Coulomb la terra viene considerata incoerente e priva di coesione, l'attrito terra-muro viene trascurato, il terrapieno è orizzontale e il paramento interno del muro verticale.

$$\hookrightarrow \varepsilon = 0$$

$$\hookrightarrow \beta = 0$$

$$\hookrightarrow \delta = 0$$



$$St = \frac{1}{2} \gamma_t h^2 \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$Sq = q h \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Nel caso in cui anche solo uno dei parametri beta, epsilon o delta è diverso da zero non è possibile usare Coulomb, bisogna usare la formula generalizzata:

$$St = \frac{1}{2} \gamma_t h^2 K_A$$



$$K_A = \eta_A =$$

$$\frac{\sin^2(\beta + \varphi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \sin(\beta + \varepsilon)}} \right]^2}$$

## PROGETTO E DIMENSIONAMENTO DEI MURI DI SOSTEGNO CON SOVRACCARICO

$$St = \frac{1}{2} \gamma_t h^2 \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \rightarrow + \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right)$$

$$St = \frac{1}{2} \gamma_t h^2 K_A \rightarrow + \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right)$$

$\frac{q}{\gamma_t} = h' =$  altezza fittizia di un quantitativo equivalente in peso al sovraccarico

$$\left[ \begin{array}{l} \text{BARICENTRO TRAPEZIO} \\ \frac{h}{3} \cdot \frac{h + 3h'}{h + 2h'} \end{array} \right]$$

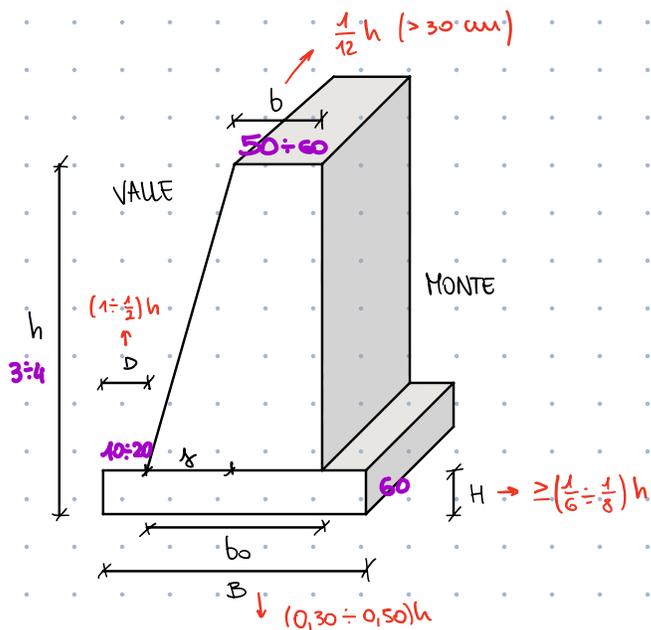
## PROGETTO E DIMENSIONAMENTO DEI MURI DI SOSTEGNO A GRAVITÀ (MASSICCI)

### metodo tabellare (pag. 413)

Il dimensionamento del muro avviene sulla base di:

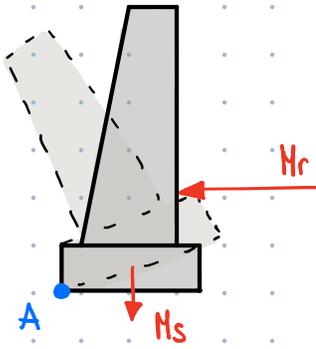
- **Natura del terreno** (peso specifico, angolo d'attrici, coesione)
- **Entità della spinta**
- **Tipologia** (muro di sostegno propriamente detto, di sotto scarpa o di contro ripa)
- **Forma della sezione del muro** (trapezia, rettangolare o a grado)
- **Tipo di materiale** (CSL, pietra, gabbiate, geo blocchi, laterizio, terra, tronchi)
- **Altezza** (compresa tra i 3 e i 4 metri)

Utilizzando il metodo tabellare, vado a calcolare l'**altezza fittizia** e ricavo poi, dalla tabella, il valore di  $r$ , cioè del **rapporto tra base e altezza** del muro. Moltiplico il valore di  $r$  per l'altezza del muro ottenendo così la **lunghezza in testa**. Calcolo poi la scarpa e il valore di  $b_0$ .

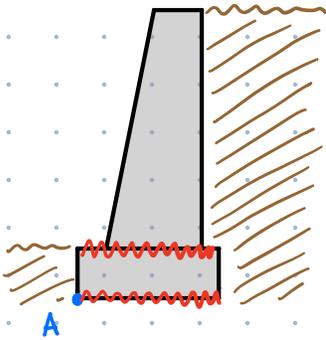


1.  $h' \rightarrow 9/\gamma t$
2.  $\gamma t$  da tabella
3.  $s$  da tabella
4.  $b/h (r)$  da tabella
5.  $b \rightarrow r \cdot h$
6.  $f \rightarrow h \cdot \text{tg}(90 - \alpha)$
7.  $b_0 = b + f$

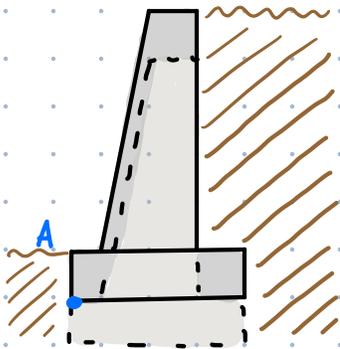
## LE VERIFICHE DI STABILITÀ PER I MURI DI SOSTEGNO



- **Verifica a ribaltamento:** vado a calcolare, rispetto al punto più a valle, il momento ribaltante (dovuto alla **spinta delle terre**) e quello stabilizzante (dovuto al **peso del muro**). Ho la stabilità nel momento in cui  $M_s > M_r$ . Essendo il momento una forza per una distanza, quanto più a valle è la scarpa, maggiore sarà la stabilità.



- **Verifica allo scorrimento** sul piano di posa, per la sezione muro-muro e muro-terreno. Il momento resistente è dato dalla **forza di attrito**, cioè dal peso proprio del muro moltiplicato per un coefficiente  $f$  (0,75 per cls); il momento spingente è dato dalla somma delle **spinte delle terre** e del **sovraccarico**.



- **Verifica al collasso** per l'insieme fondazione-terreno: il terreno è in grado di sostenere il peso del muro e dei carichi senza sprofondare? Il momento spingente è dato dalla **spinta** delle terre, quello resistente dalla **portanza del terreno**, calcolata con la formula di Hansen. Il carico  $Q$  deve cadere all'interno del terzo medio.

Esiste una quarta verifica, quella di **stabilità generale**, che considera manufatto e terreno sia a monte che a valle.

### RICORDA

Esistono dei metodi grafici per determinare la spinta delle terre (si ottiene un vettore che, misurato, dà il valore della forza), ma con l'avvento delle nuove tecnologie sono stati abbandonati.

## DOMANDE AGGIUNTIVE

### 1. Sezioni

- TRAPAZIA con scarpa (a monte o a valle)
- TRAPEZIA a doppia scarpa
- RETTANGOLARE
- A GRADONI

### 2. Scarpa

La scarpa serve a opporsi meglio alla spinta del terreno. Può essere misurata in gradi, percentuale o centimetri. Ad esempio, su un muro di 3 m, una scarpa del 12% è pari a 36 cm.

### 3. Fondazione

La fondazione non è obbligatoria, ma consigliata (comunque, anche in sua assenza, c'è sempre uno strato di matrone che livella il terreno). I compiti della fondazione sono: aumentare la base d'appoggio e di conseguenza la resistenza a compressione e dare maggiore stabilità al manufatto.

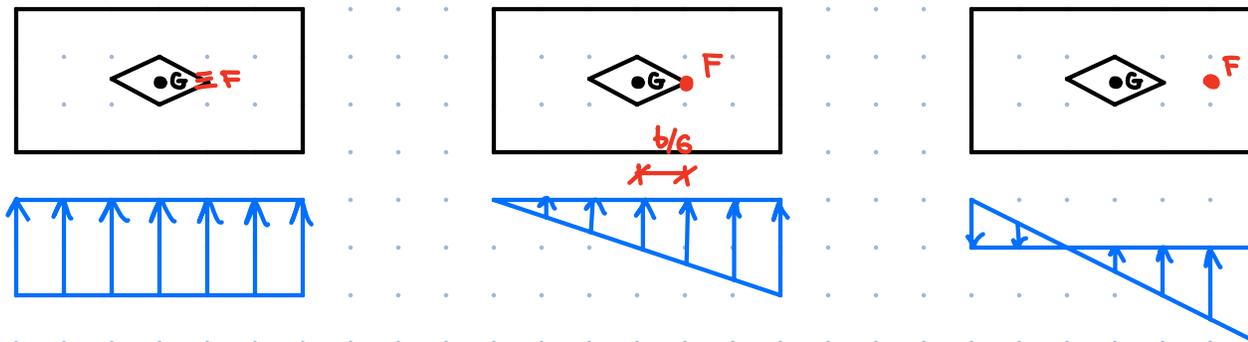
$$\rightarrow \sigma = \frac{N}{A}$$

### 4. Portanza

La portanza del terreno ( $q_t$ ) dipende da coesione, peso, angolo d'attrito ecc. e può essere calcolata in due modi:

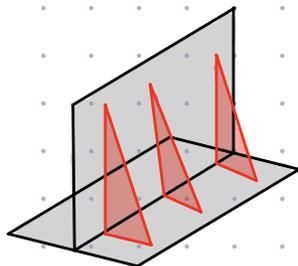
- **TERZAGHI** (coeff. tabellati) nei muri a gravità quando la risultante delle forze è **baricentrica**:
- **BRINCH HANSEN** (coeff. di forma e inclinazione) nei muri flessibili quando la risultante delle forze è **eccentrica**.

L'andamento della portanza varia a seconda del fatto che la risultante sia baricentrica oppure eccentrica.



### 5. Muri con contrafforti

Quando l'altezza del terrapieno è superiore a 5,00 ÷ 6,00 m, anche in relazione all'intensità del sovraccarico che può gravare superiormente, il muro in c.a. con parete verticale a mensola incastrata nel solettone di fondazione non risulta più idoneo. È necessario pertanto ricorrere a muri di sostegno con contrafforti, costituiti da solette di parete verticali, soggette alla spinta del terrapieno, che trasmettono poi ai contrafforti considerati come mensole verticali incastrate alla base nel solettone orizzontale.



## 5. Disposizione dei ferri

Nei muri di sostegno flessibili, bisogna calcolare i ferri dell'armatura. Lo schema statico del muro di sostegno sono

3 mensole incastrate (struttura isostatica, vincoli = libertà). I ferri vanno messi principalmente nelle zone tese.

