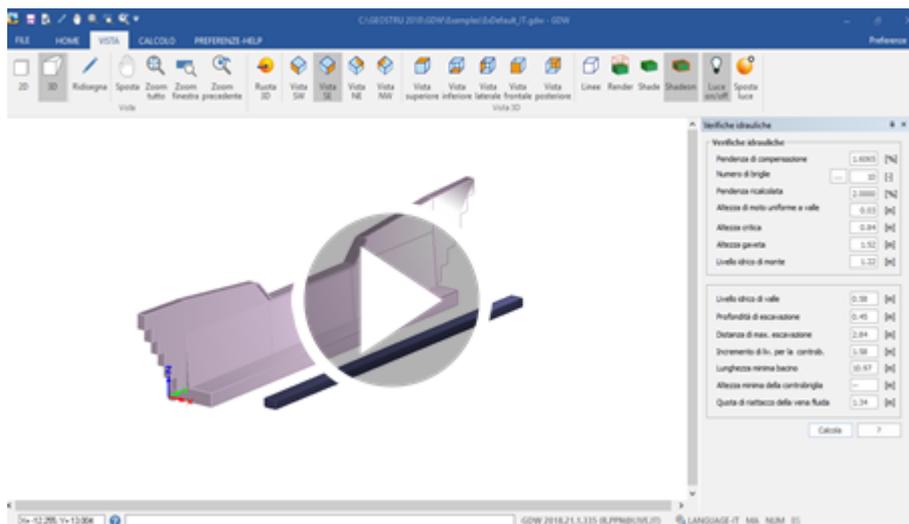


GDW

Part I GDW	1
Part II Geometria	2
Part III Stratigrafia	4
Part IV Azione sismica	5
Part V Briglie	7
1 Introduzione	7
2 Dati generali	8
3 Gaveta	9
4 Bacino	10
5 Tubi drenanti	13
6 Verifica idraulica	15
7 Briglia in calcestruzzo semplice	18
8 Verifica a sifonamento	20
Part VI Carichi esterni	21
Part VII Verifica dell'equilibrio globale	23
Part VIII Calcolo	25
Part IX Calcolo Micropali	26
1 Input dei micropali	27
2 Calcolo del Momento di plasticizzazione	30
3 Distribuzione delle azioni verticali sui micropali	31
4 Distribuzione delle azioni orizzontali sui micropali	34
5 Carico limite verticale	34
6 Calcolo limite orizzontale	35
Part X Geoapp	37
1 Sezione Geoapp	38
Part XI Contatti	38
Index	0

1 GDW

Analisi di muri in gabbioni, briglie in calcestruzzo semplice e di briglie in GABBIONI in condizione statiche e sismiche. Le verifiche di sicurezza sono eseguite per combinazioni di carico definite dall'utente secondo le direttive imposte dalle nuove normative. L'analisi di stabilità globale viene eseguita con **GSA (Global Stability Analysis)**



FATTORI DI SICUREZZA

- Ribaltamento
- Scorrimento
- Carico limite
- Stabilità globale
- Sifonamento

Per quanto riguarda il muro in GABBIONI sono previste ulteriori verifiche di sicurezza, ed in particolare:

- Verifica di sicurezza a scorrimento all'interfaccia tra gabbione e gabbione
- Verifica di sicurezza a schiacciamento all'interfaccia tra gabbione e gabbione

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

Pendenza di compensazione. La pendenza di compensazione è la pendenza d'alveo in corrispondenza della quale si verifica la sedimentazione del materiale a tergo della briglia, e per una fissata portata di progetto, gli inerti risultano in equilibrio.

Altezza della gaveta.

La massima escavazione a valle della briglia, una volta calcolate le altezze della corrente a valle ed a monte della briglia.

Il fattore di sicurezza a sifonamento, valutato con lo studio della filtrazione in un mezzo poroso.

La profondità di massima escavazione valutata con la formula di Schoklitsch.

Quando sia presente una eventuale controbriglia si determinano l'altezza minima della stessa, la lunghezza minima del bacino di dissipazione a monte della controbriglia, l'altezza della corrente in corrispondenza della controbriglia.

USCITE

Il software produce elaborati di testo e grafica molto dettagliati nei formati DXF, DOC, DOCX.

2 Geometria

La geometria è definita con riferimento alla seguente figura:

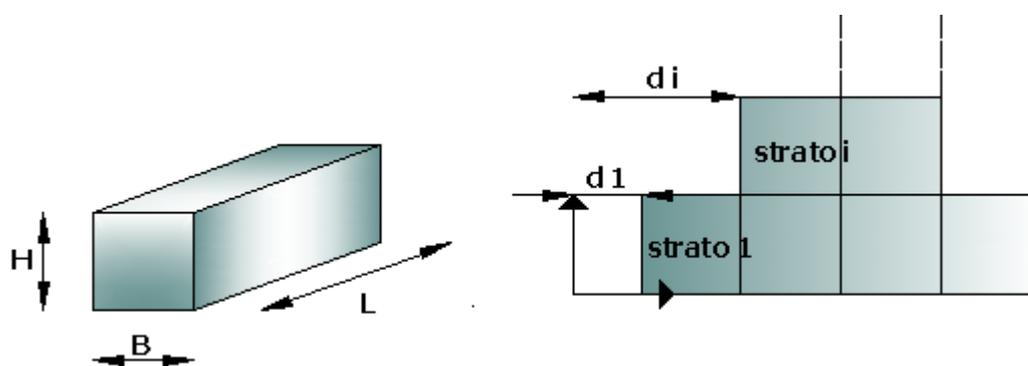


Figura: schema geometrico della briglia in gabbioni

I muri in gabbioni si ottengono dall'assemblaggio di diverse tipologie. Con riferimento alla parte di sinistra della figura, il tipo di gabbione è definito dalle seguenti grandezze:

H[m]

Altezza del singolo gabbione

B[m]

Base del singolo gabbione

L[m]

Lunghezza del singolo gabbione

Peso [kN/m³]

Peso specifico del materiale costituente il gabbione e della rete metallica in un metro cubo di opera

Il muro o la briglia in gabbioni vanno definiti assemblando per strati le diverse tipologie di gabbioni come rappresentato nella parte destra della figura:

Tipo

Lo strato i-esimo dell'opera verrà costruito con una delle tipologie di gabbioni definiti dall'utente

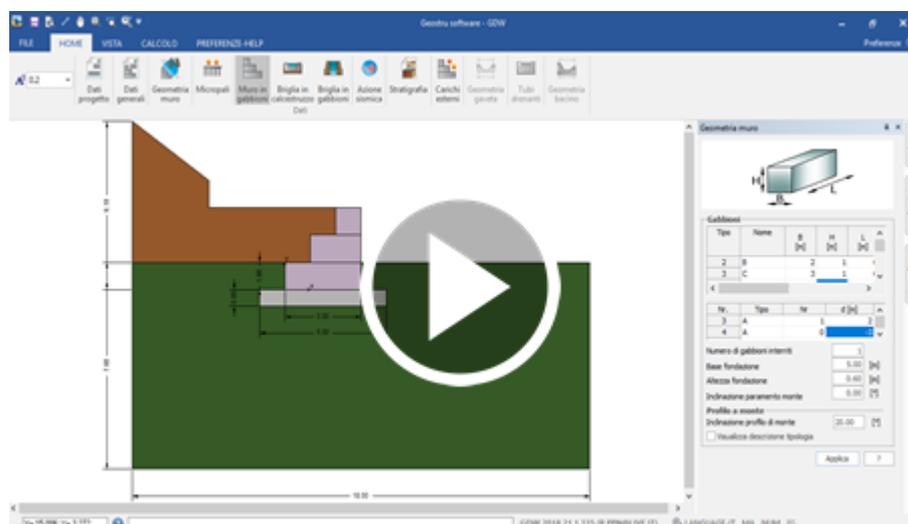
Numero

Rappresenta il numero di gabbioni "dello stesso tipo" che compongono lo strato

d[m]

Partendo da sinistra, rappresenta la distanza a cui è posizionato il primo gabbione rispetto al sistema di riferimento scelto

Inoltre l'utente deve definire il numero di gabbioni interrati (NGI) all'atto della posa in opera della gabbionata. Sullo stesso strato non è possibile assegnare più di una tipologia di gabbioni.



3 Stratigrafia

Per l'analisi del modello è necessario definire due strati di materiale.

1. Un primo strato di materiale in elevazione, secondo il quale vengono calcolate le spinte
2. Un secondo strato di materiale in fondazione, secondo il quale viene calcolato il carico limite della fondazione

Per entrambi gli strati l'utente deve inserire le seguenti quantità:

Nome del materiale

Nome che identifica il materiale

Peso [kN/m³]

Peso dell'unità di volume del terreno secco

Porosità [%]

Attraverso questo parametro il programma determina il PUV saturo.

Peso saturo[kN/m³]

Peso dell'unità di volume del terreno saturo

Fi[°]

Angolo di resistenza a taglio del terreno

c[kN/m²]

Coesione interna del terreno

Attrito terra muro [°]

Angolo di attrito all'interfaccia muro-terreno

Adesione[kN/m²]

adesione tra muro e terreno

Per definire la presenza di acqua nel terreno occorre selezionare l'opzione **Falda**.

4 Azione sismica

Per il calcolo automatico dei coefficienti sismici orizzontali e verticali secondo NTC utilizzare GEOSTRU PS

L'azione sismica è tenuta in conto nel calcolo attraverso la teoria di di Mononobe & Okabe. A livello di input l'utente deve inserire i coefficienti di spinta sismica orizzontale e verticale:

k_h [-]

coefficiente sismico orizzontale

k_v [-]

coefficiente sismico verticale

y_s/H [-]

rapporto tra l'altezza del punto di applicazione dell'incremento sismico e l'altezza di spinta del muro. Questo valore è assunto solitamente pari a 1/3

Calcolo dei coefficienti sismici

Le NTC calcolano i coefficienti k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_s \cdot (a_{max}/g)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Con β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito e a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito. g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio. a_{\max} è l'accelerazione massima attesa al sito:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

S_s (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_s \leq 1.80$

È funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale).

S_T (effetto di amplificazione topografica): $1.00 \leq S_T \leq 1.40$

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte T1 ($S_T = 1.0$), T2 ($S_T = 1.20$), T3 ($S_T = 1.20$) e T4 ($S_T = 1.40$).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$k_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S/(g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la design ground acceleration on type A ground.

Il coefficiente sismico verticale k_v è definito in funzione di k_h , e vale:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Coefficiente azione sismica orizzontale k_h : valore inizializzato in base al calcolo dei coefficienti sismici o , comunque, definito dall'utente.

5 Briglie

5.1 Introduzione

La briglia è un'opera che viene utilizzata per contenere fenomeni di tipo erosivo in alvei fluviali. In particolare si utilizza quando nell'alveo preso in esame si vuole modificare la pendenza portandola a quella di compensazione. Le tecnologie utilizzate per l'esecuzione delle briglie sono varie. Il programma GDW prende in esame le briglie in calcestruzzo semplice, le briglie e i muri in gabbioni. Le tipologie di briglie anzidette sono mostrate nella figura che segue:

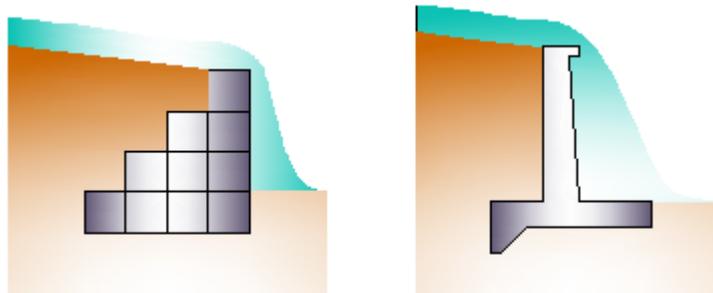


Figura - Briglia in gabbioni (sinistra) - Briglia in calcestruzzo

Il programma esegue due diverse verifiche:

1. Verifica idraulica

In questo caso saranno determinate tutte le quantità idrauliche necessarie in modo da esaminare la bontà dell'intervento. Vengono calcolate ad esempio quantità come la massima profondità di escavazione, l'altezza di moto uniforme ecc.

2. Verifica dell'equilibrio globale

Si eseguono le classiche verifiche di stabilità globale delle opere di questo genere.

5.2 Dati generali

I dati generali sono relativi principalmente all'asta fluviale che si deve sistemare. Si definiscono i seguenti dati generali:

DATI RELATIVI ALL'ASTA

Quota di monte dell'asta [m]:

E' la quota, rispetto ad un piano orizzontale di riferimento, del punto di monte (più alto) del tratto di alveo che si vuole sistemare.

Quota di valle dell'asta [m]:

E' la quota, rispetto ad un piano orizzontale di riferimento, del punto di valle (più basso) del tratto di alveo che si vuole sistemare.

Lunghezza dell'asta [m]:

Distanza, misurata lungo la proiezione dell'asta sul piano orizzontale di riferimento, del punto di inizio dell'asta (punto di monte) ed il punto finale dell'asta (punto di valle).

Larghezza della sezione d'alveo [m]:

La sezione dell'alveo è ipotizzata nel programma BRIGLIE come una sezione rettangolare, e quindi la larghezza della sezione d'alveo coincide con la base della sezione rettangolare assunta per modellare la sezione d'alveo.

PROPRIETA' ALVEO

Diametro medio del materiale costituente l'alveo [m]:

Lato della maglia del setaccio che lascia passare il 50% in peso del campione.

D90[m]:

Rappresenta la maglia che lascia passare il 90% in peso del campione.

Portata di progetto [m³/s]:

Portata di progetto della sezione di chiusura del bacino idrografico.

n di Manning[-]:

Coefficiente di scabrezza del fondo alveo che si utilizza nella formula del moto uniforme per canali a pelo libero. Solitamente assume valori compresi tra 0.011 e 0.035.

FATTORI DI SICUREZZA**Fattore di sicurezza a ribaltamento:**

E' il minimo rapporto ammesso tra Momento stabilizzante e momento ribaltante.

Fattore di sicurezza a scorrimento:

E' il minimo rapporto ammesso tra forze che tendono a stabilizzare per scorrimento e forze che tendono a destabilizzare per scorrimento.

Fattore di sicurezza a carico limite:

E' il minimo rapporto ammesso tra il carico limite della fondazione ed il carico trasmesso dalla briglia in condizioni di esercizio.

E' possibile scegliere il tipo di fondazione: continua oppure fondata su micropali (minimo 2).

5.3 Gaveta

La gaveta, necessaria per consentire un deflusso che eviti l'erosione delle sponde d'alveo in prossimità della briglia, è definita con riferimento alla seguente figura:

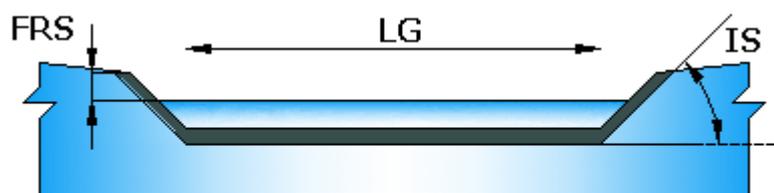


Figura: schema geometrico della gaveta

LG [m]

Larghezza della base minore della gaveta

IS [°]

Inclinazione degli scivoli laterali alla gaveta (Angolo misurato positivo in senso orario)

FRS [m]

Franco di sicurezza da assicurare nel caso più sfavorevole, misurato come distanza verticale tra il fondo della gaveta ed il punto più alto degli scivoli della gaveta

5.4 Bacino

Il bacino di dissipazione è un' opera complementare alla briglia e serve per dissipare parte della energia della corrente. Gli elementi costituenti di un bacino di dissipazione sono :

1. Il rivestimento del bacino

2. La controbriglia

Nell'ambito considerato dal programma GDW si possono distinguere quattro tipologie di bacino :

1. Bacino non rivestito con controbriglia

E' questo il caso in cui la formazione del bacino è dovuta alla posa in opera di una controbriglia a valle della briglia. In questo caso il bacino non viene rivestito (vedi figura seguente):

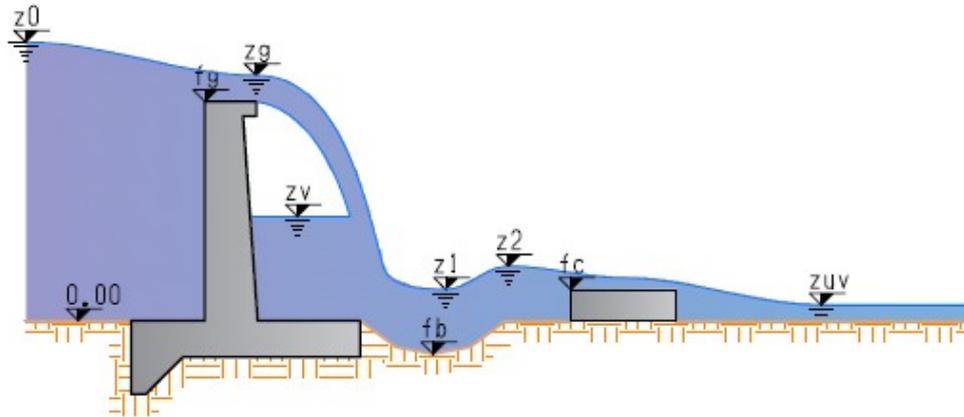


Figura: Bacino non rivestito con controbriglia

E' da notare come in questo caso il fenomeno di erosione è attenuato ma non del tutto eliminato

2. Bacino in rilevato, rivestito con controbriglia

In questo caso oltre alla posa in opera di una controbriglia è presente un rivestimento dello spazio compreso tra la controbriglia e il piede di valle della fondazione della briglia (vedi figura seguente):

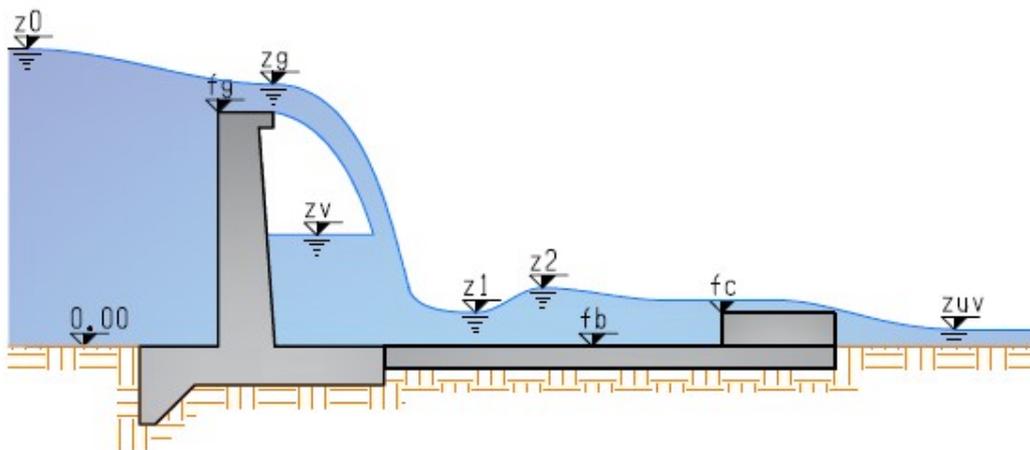


Figura: Bacino in rilevato rivestito con controbriglia

In questo caso il fenomeno di erosione è completamente eliminato, essendo il materiale di rivestimento del bacino molto resistente nei confronti dell'erosione.

3. Bacino in depressione, rivestito con controbriglia

In questo caso, a differenza di quanto accade nel bacino in rilevato, la quota della superficie del bacino è inferiore alla quota di riferimento del terreno, e la quota del fondo della gaveta della controbriglia coincide con la quota di riferimento del terreno (vedi figura seguente):

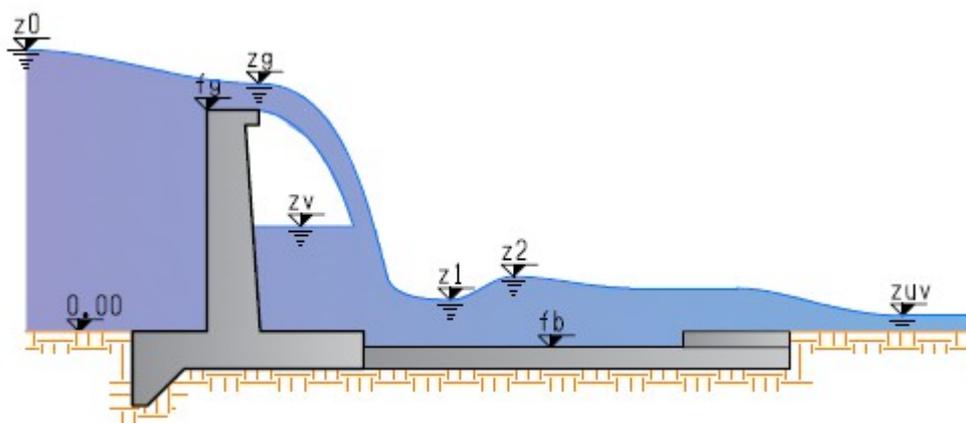


Figura: Bacino in depressione rivestito con controbriglia

4. Assenza di Bacino e di controbriglia

E' questo il caso più sfavorevole dal punto di vista dell'erosione. Infatti oltre ad essere presente, a valle della briglia, un fondo di scarse capacità resistenti rispetto al fenomeno di erosione, non è presente nessun dispositivo di dissipazione. In questo caso si verificano le maggiori profondità di escavazione:

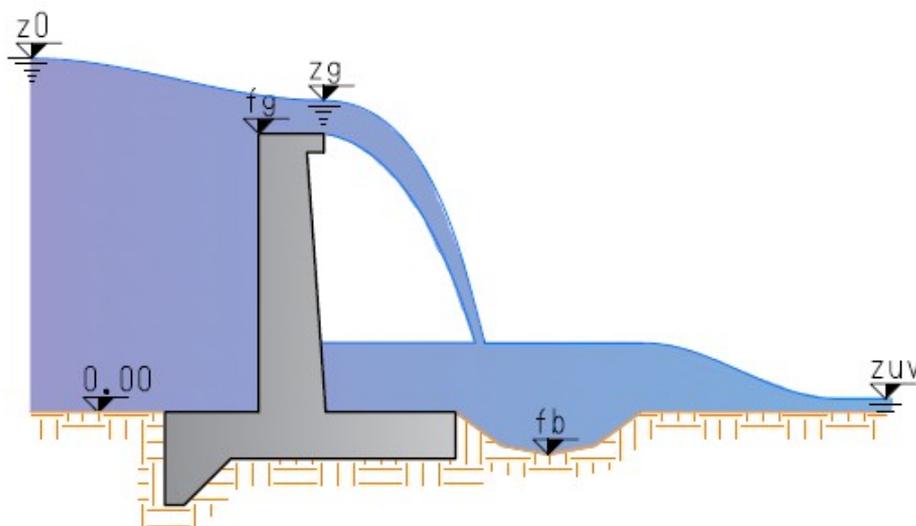


Figura: Assenza di bacino e di controbriglia

Per quanto riguarda i dati di input richiesti si può fare riferimento alla seguente figura:

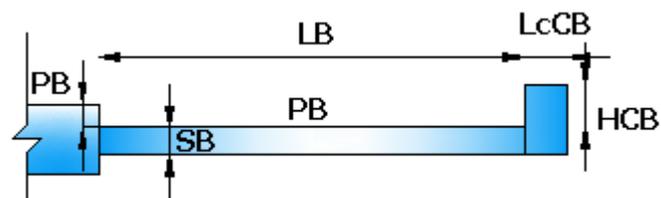


Figura: Dati geometrici del bacino di dissipazione

con

LB [m]

Lunghezza del bacino

PB [m]

Quota del fondo del bacino rispetto al piano di riferimento rappresentato dal terreno

SB [m]

Spessore del bacino

HCB [m]

Altezza della controbriglia misurata dal piano di riferimento rappresentato dal terreno

LcCB [m]

Larghezza del coronamento della controbriglia

5.5 Tubi drenanti

La funzione dei tubi drenanti è quella di diminuire l'effetto della spinta dovuta alla presenza di acqua, mentre la funzione della strututra di

ammorsamento è quella di garantire che la briglia sia ben ammorsata nelle sponde del fiume in cui si va ad inserire. I dati di input relativi ai tubi drenanti ed alla struttura di ammorsamento si inseriscono con riferimento al seguente schema:

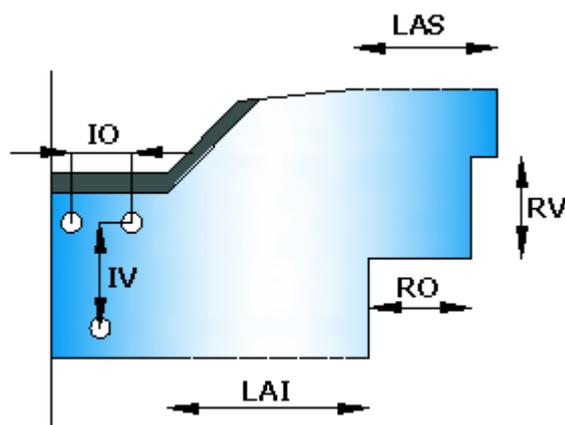


Figura: schema di input per tubi drenanti e ammorsamento

I simboli sono:

IO [m]

Interasse orizzontale

IV [m]

Interasse verticale

LAI [m]

Lunghezza di ammorsamento inferiore

LAS [m]

Lunghezza di ammorsamento superiore

RV [m]

Risega verticale

RO [m]

Risega orizzontale

n.b. L'efficienza di un sistema di tubi di drenaggio è limitata temporalmente ai primi periodi di vita dell'opera, soprattutto in assenza di un adeguato programma di manutenzione. E' Per questo motivo che nel calcolo dell'equilibrio della briglia è stato trascurato l'effetto benefico portato da un sistema di tubi di drenaggio.

5.6 Verifica idraulica

Nel calcolo idraulico vengono calcolate diverse quantità in funzione del tipo di dispositivo di dissipazione adottato. Per i diversi casi i risultati attesi dal calcolo idraulico sono:

1. Bacino non rivestito con controbriglia

z0 [m]

Innalzamento del livello dell'acqua a monte

zg [m]

Quota dell'acqua sulla gaveta (*n.b. l'acqua sulla gaveta transita in condizioni di stato critico*)

zv [m]

Quota di riattacco della vena fluida sul paramento di valle

z1[m]

Quota dell'acqua a valle della briglia

fb [m]

Quota del profilo del terreno alla distanza di massima escavazione (*profondità di massima escavazione*)

z2 [m]

Innalzamento del livello dell'acqua subito a monte della controbriglia

zum [m]

Quota della corrente a valle della briglia in condizioni di moto uniforme

lbmin [m]

Lunghezza minima del bacino

hcbmin [m]

Altezza minima della controbriglia

2. Bacino in rilevato, rivestito con contro briglia

z0[m]

Innalzamento del livello dell'acqua a monte

zg [m]

Quota dell'acqua sulla gaveta (*n.b. l'acqua sulla gaveta transita in condizioni di stato critico*)

zv [m]

Quota di riattacco della vena fluida sulparamento di valle

z1 [m]

Quota dell'acqua a valle della briglia

z2 [m]

Innalzamento del livello dell'acqua subito a monte della controbriglia

zum [m]

Quota della corrente a valle della briglia in condizioni di moto uniforme

lbmin[m]

Lunghezza minima del bacino

hcbmin [m]

Altezza minima della controbriglia

3. Bacino in depressione, rivestito con controbriglia

z0[m]

Innalzamento del livello dell'acqua a monte

zg [m]

Quota dell'acqua sulla gaveta (*n.b. l'acqua sulla gaveta transita in condizioni di stato critico*)

zv[m]

Quota di riattacco della vena fluida sulparamento di valle

z1 [m]

Quota dell'acqua a valle della briglia

z2[m]

Innalzamento del livello dell'acqua subito a monte della controbriglia

zum [m]

Quota della corrente a valle della briglia in condizioni di moto uniforme

lbmin [m]

Lunghezza minima del bacino

hcbmin [m]

Altezza minima della controbriglia

4. Assenza di bacino e di controbriglia**z0 [m]**

Innalzamento del livello dell'acqua a monte

zg [m]

Quota dell'acqua sulla gaveta (***n.b.** l'acqua sulla gaveta transita in condizioni di stato critico*)

zv [m]

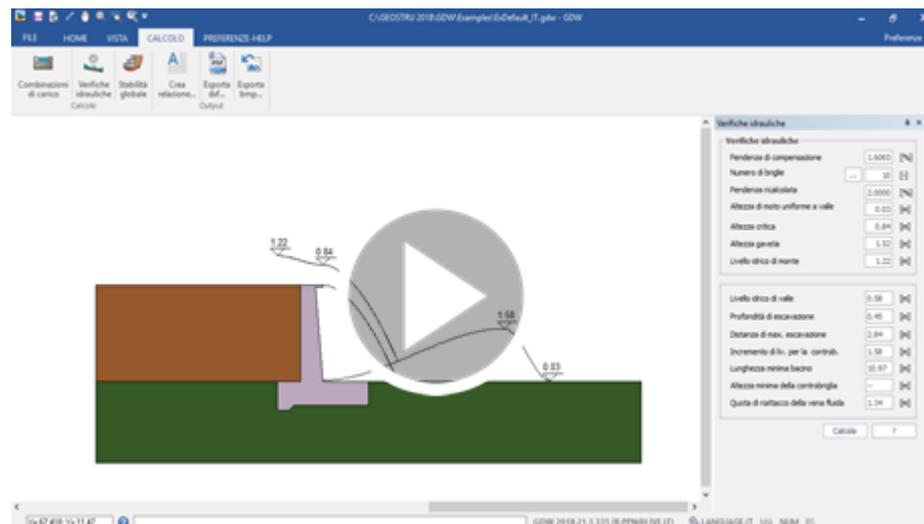
Quota di riattacco della vena fluida sulparamento di valle

zum [m]

Quota della corrente a valle della briglia in condizioni di moto uniforme

Dopo aver avviato il calcolo, il programma fornisce la sintesi dei risultati: Pendenza di compensazione, da cui si calcola il numero di briglie necessario per sistemare l'asta fluviale.

E' possibile inoltre effettuare il ricalcolo della pendenza considerando un numero inferiore di briglie rispetto a quello calcolato, sarà sufficiente inserire il numero di briglie che si intende utilizzare e cliccare sul pulsante [...]. Il programma esegue la verifica della gaveta e fornisce in output l'altezza.



5.7 Briglia in calcestruzzo semplice

La geometria della briglia in calcestruzzo semplice è definita con riferimento alla seguente figura:

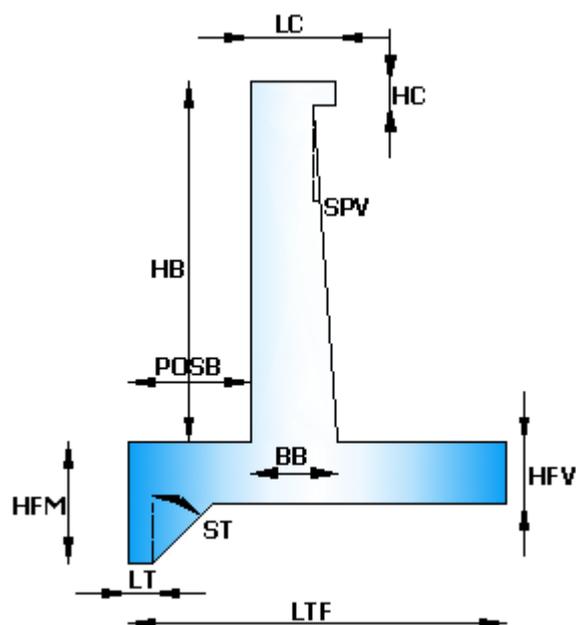


Figura: schema geometrico della briglia in cls

Con riferimento alla figura i dati che l'utente deve inserire sono i seguenti:

HB [m]

Altezza del corpo della briglia

POSB [m]

Distanza tra il paramento di monte della briglia ed il lembo estremo di monte della fondazione

LC [m]

Larghezza del coronamento

HC [m]

Altezza del coronamento

SPV [°]

Inclinazione del paramento di valle rispetto alla verticale (*Angolo misurato positivo in senso antiorario*)

HFV [m]

Altezza della fondazione a monte

LTF [m]

Lunghezza totale della fondazione

LT [m]

Larghezza del taglione della fondazione

ST [m]

Inclinazione della parete di valle del taglione rispetto alla verticale (*Angolo misurato positivo in senso orario*)

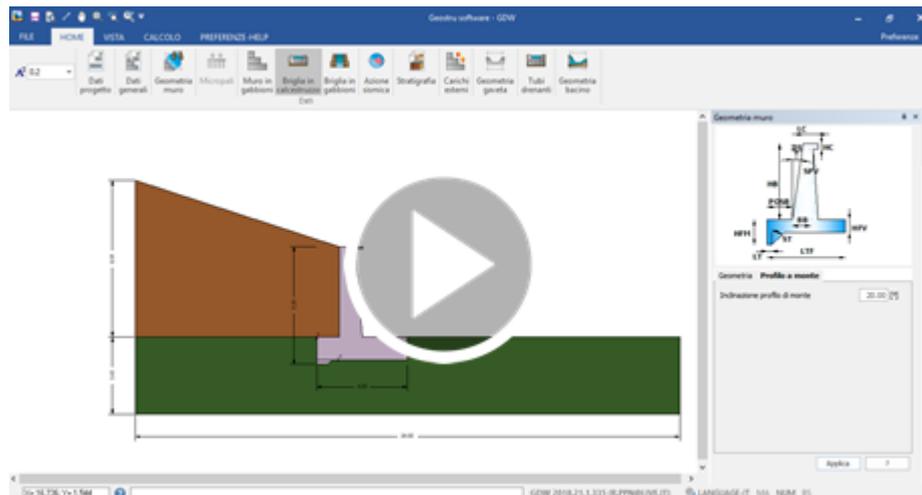
HFM [m]

Altezza della fondazione a monte

BB [m]

Base del corpo della briglia

La briglia in calcestruzzo è completamente definita quando in **DATI GENERALI** è definito il peso specifico del materiale con cui viene realizzata



5.8 Verifica a sifonamento

Verifica a Sifonamento

Il dislivello idrico esistente tra la parte a monte e la parte a valle della briglia comporta la possibilità che si verifichi il problema del sifonamento. Per sifonamento si intende quel fenomeno fisico capace di sollevare la parte di terreno che si trova al piede di valle della briglia, generando il pericolo di collasso dell'opera. Il criterio seguito nel programma è quello di verificare che la velocità nel mezzo poroso sia, in ogni punto, tale da non rimuovere le particelle più fini di terreno. In termini matematici, detta i_c la cadente critica ed i_e la cadente di efflusso, il fattore di sicurezza a sifonamento è espresso da:

$$F_s = \frac{i_c}{i_e}$$

dove :

$$i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma}{\gamma}$$

i_e è la cadente idraulica calcolata nel punto di maggior pericolo per il sifonamento, solitamente al piede di valle dell'opera. Per il calcolo del gradiente di efflusso i_e può essere sfruttato il modulo integrato al

programma. Per avviare il modulo basta cliccare sul pulsante [...] in corrispondenza del dato pendenza di sbocco (i_e)

GRADIENTE DI EFFLUSSO x

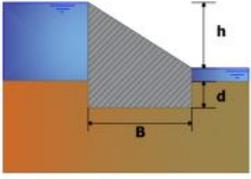
Filtrazione al di sotto di una diga di spessore infinito

Base B m

Approfondimento fond.valle d m

Differenza di carico h m

Gradiente di efflusso i_e -



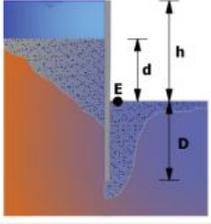
Scavo in un mezzo di spessore infinito

Profondità infissione D m

Rapporto d/D -

Differenza di carico h m

Gradiente di efflusso i_e -



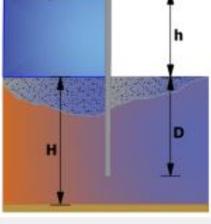
Scavo in un mezzo di spessore limitato

Profondità infissione D m

Rapporto D/H -

Differenza di carico h m

Gradiente di efflusso i_e -



Modulo gradiente di efflusso

6 Carichi esterni

L'utente può inserire ulteriori carichi, oltre a quelli che il programma GDW calcola di default. In particolare l'utente può inserire forze orizzontali concentrate, forze verticali concentrate e coppie concentrate. Inoltre è previsto l'inserimento di carichi uniformemente distribuiti a monte della briglia. La convenzione di positività ed il sistema di riferimento rispetto al quale definire le forze sono mostrati nella seguente figura:

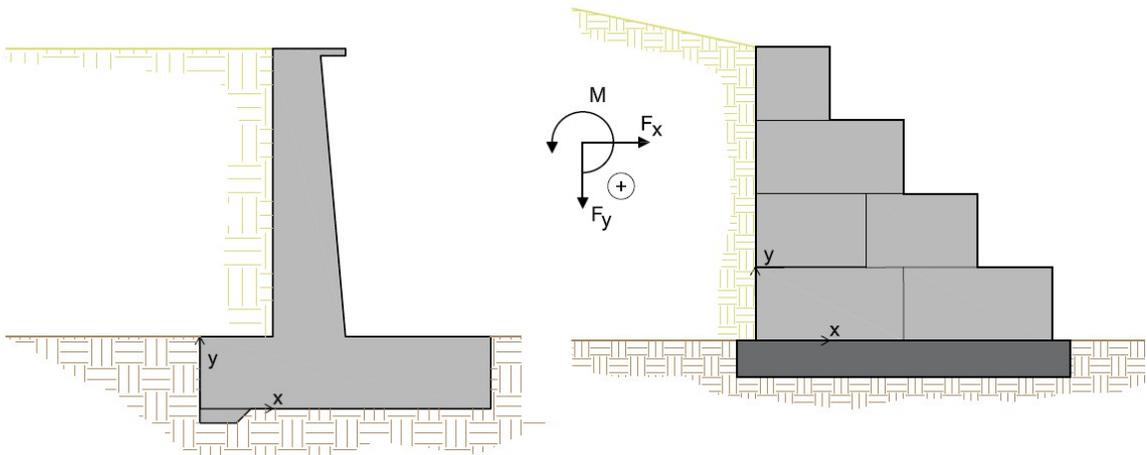
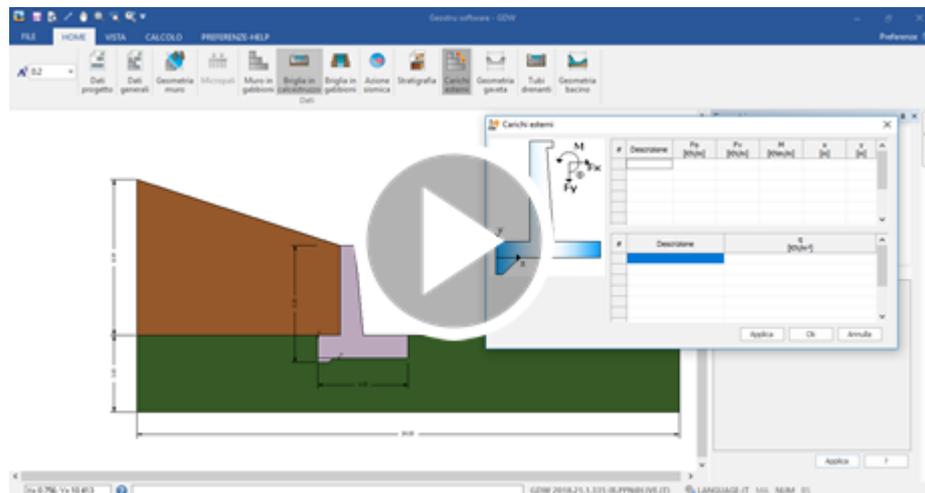


Figura: Convenzione di positività e riferimento per la definizione di carichi esterni

Per i carichi distribuiti orizzontali vale la stessa convenzione di positività dei carichi concentrati (positivi se verso il basso). Le unità di misura che devono essere utilizzate sono kN pe le forze e m per le lunghezze (quindi kNm per i momenti). Per i carichi distribuiti kN/m.



7 Verifica dell'equilibrio globale

Verifica a Ribaltamento

Il pericolo di ribaltamento è rappresentato dalla possibilità di rotazione della briglia attorno al punto situato più a valle (estremo di valle della fondazione). Le azioni che favoriscono il ribaltamento, nel caso della briglia, sono le spinte del terreno (statiche e dinamiche) e le spinte dovute all'acqua. Le azioni che si oppongono al ribaltamento sono per lo più quelle dovute al peso dei materiali coinvolti nell'opera (ad esempio peso proprio della briglia). In termini di numeri la verifica a ribaltamento si esegue attraverso un confronto tra il momento stabilizzante ed il momento destabilizzante. In formule la verifica a ribaltamento è la seguente:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq FSR$$

dove M_s è il momento stabilizzante, M_r è il momento ribaltante ed FSR è il fattore di sicurezza a ribaltamento che in genere non deve essere inferiore a 1.5 (metodo classico).

Nel caso di verifiche agli stati limiti ultimi, la condizione di verifica sarà:

$$E_d \leq R_d$$

Dove E_d è la sollecitazione di progetto ed R_d la resistenza di progetto.

Verifica a Scorrimento

Il pericolo di scorrimento è rappresentato dalla possibilità che la risultante delle forze parallele al piano di contatto terreno-fondazione sia maggiore della resistenza allo scorrimento per attrito. Le azioni che favoriscono lo scorrimento sono, come per la verifica a ribaltamento, le spinte del terreno (statiche e dinamiche) e le spinte dovute all'acqua. Le azioni che si oppongono allo scorrimento sono invece quelle derivanti dall'attrito e dall'adesione terreno-fondazione. In termini matematici la verifica a scorrimento è la seguente

$$\frac{F_{rs}}{F_{ss}} \geq FSS$$

dove F_{rs} è la forza resistente allo scorrimento, F_{ss} è la forza sollecitante allo scorrimento ed FSS è il fattore di sicurezza allo scorrimento che viene fissato dalla Normativa di riferimento.

Verifica a Schiacciamento

Il pericolo di schiacciamento è rappresentato dalla possibilità che la tensione indotta dalla briglia, sul piano di posa della fondazione, sia maggiore della tensione in corrispondenza della quale si verifica la rottura del complesso terreno - fondazione. In termini matematici quindi la verifica si realizza confrontando la massima tensione agente sul terreno con il carico limite del complesso terreno-fondazione:

$$\frac{Q_{lim}}{Q_e} \geq FSQ_{lim}$$

dove Q_{lim} è il carico limite della fondazione, Q_e è la tensione trasmessa (per una particolare condizione di carico) al terreno di fondazione ed FSQ_{lim} è il fattore di sicurezza allo schiacciamento.

Nel caso in cui l'opera analizzata sia una briglia oppure un muro a gabbioni il programma effettua altre due verifiche, denominate verifiche di stabilità interna, precisamente:

Verifica per lo Scorrimento all'interfaccia tra i gabbioni

Questa verifica viene effettuata al fine di evitare che, per una data interfaccia tra gabbione e gabbione, si verifichi lo scivolamento tra il gruppo di gabbioni che è sopra l'interfaccia ed il gruppo di gabbioni che si trova sotto l'interfaccia. Il programma realizza, per ogni combinazione, la verifica a scorrimento per ogni strato di gabbione e restituisce il valore minimo del fattore di sicurezza. In termini matematici la verifica è fatta utilizzando una formula analoga a quella descritta al precedente punto "*Verifica a Scorrimento*".

Verifica a schiacciamento del materiale che costituisce i gabbioni

Questa verifica viene effettuata al fine di evitare che il materiale costituente i gabbioni sia sottoposto a tensioni di compressione eccessive, tali cioè da far raggiungere la crisi per rottura a compressione. Il programma realizza, per ogni combinazione di carico, la verifica su ogni interfaccia, e restituisce il valore del fattore di sicurezza minimo. In termini matematici la verifica che si deve soddisfare è la seguente:

$$\frac{\sigma_{am}}{\sigma_n} \geq FSch$$

dove σ_{am} è la tensione ammissibile del materiale, σ_n è la tensione cui è assoggettato il materiale costituente l'opera, mentre **FSch** è il fattore di sicurezza a schiacciamento.

8 Calcolo

Dalla finestra di calcolo è possibile definire le combinazioni e visualizzare a video i risultati delle verifiche.

Occorre scegliere la normativa di riferimento e selezionare il comando **Rigenera combinazioni**, verranno create in automatico le combinazioni minime previste dalla normativa scelta. I due pulsanti [+] e [-] consentono di aggiungere oppure eliminare le combinazioni di carico.

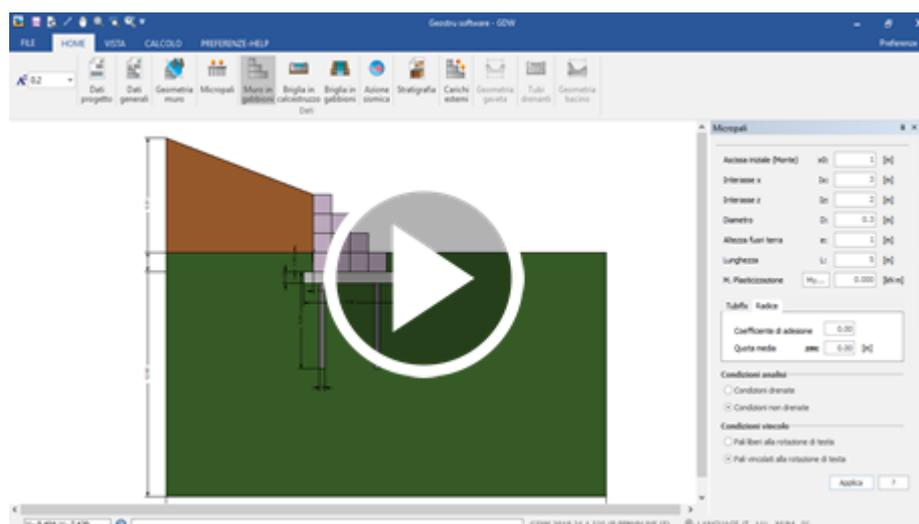
Il programma fornisce, per ogni combinazione, i risultati delle verifiche geotecniche (carico limite, scorrimento, ribaltamento), le verifiche interne a scorrimento e carico limite all'interfaccia tra due file di gabbioni, la tensione massima e minima che agisce in fondazione e il fattore di sicurezza a sifonamento.

Nel caso di fondazione su micropali invece, il programma restituisce: il fattore di sicurezza orizzontale e verticale, il valore di calcolo del carico limite orizzontale e verticale, il meccanismo di rottura...

9 Calcolo Micropali

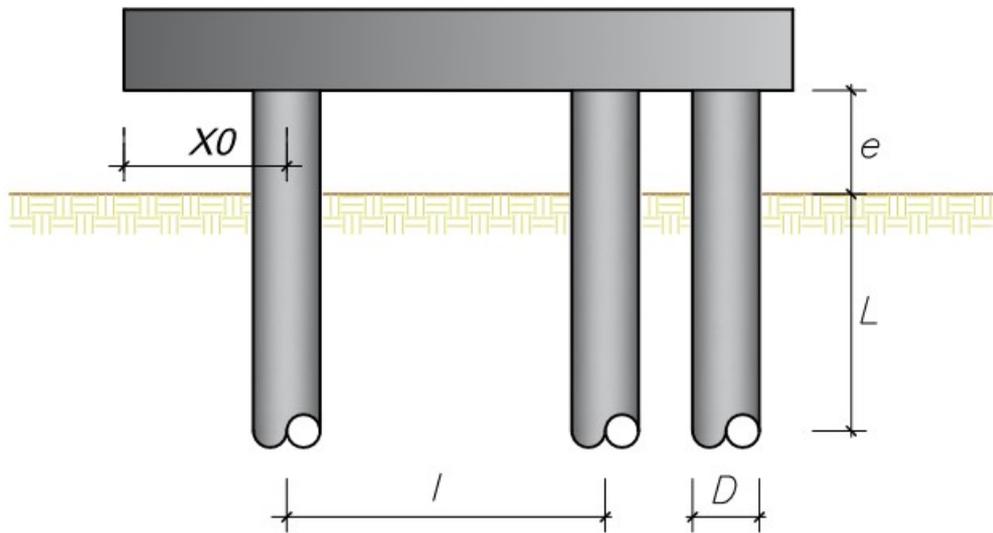
In **GDW** è prevista la possibilità di verificare la circostanza nella quale la briglia, o eventualmente il muro, si fonda su micropali.

N.B. E' IMPORTANTE CONSIDERARE CHE IL SOFTWARE ESEGUE LA VERIFICA SIA NELLA CONDIZIONE CON MICROPALI CHE NELLA CONDIZIONE SENZA MICROPALI. QUINDI ANCHE QUANDO L' UTENTE VUOLE VERIFICARE LA BRIGLIA (O IL MURO) SU MICROPALI IL SOFTWARE FORNISCE COMUNQUE UN FATTORE DI SICUREZZA A RIBALTAMENTO E SCORRIMENTO DELLA BRIGLIA.



9.1 Input dei micropali

L' ambiente per la gestione dell' input dei micropali è il seguente:



schema di riferimento per la definizione della geometria dei micropali

The screenshot shows the 'Micropali' software interface. It features a main window with a title bar and a sidebar on the right with buttons for 'Geometria muro', 'Geometria gaveta', 'Geometria bacino', 'Verifiche idrauliche', and 'Dati generali'. The main area contains several input fields and sections:

- Geometric Parameters:**
 - Ascissa iniziale (Monte) x0: 0.000 [m]
 - Interasse x Ix: 0.000 [m]
 - Interasse z Iz: 0.000 [m]
 - Diametro D: 0.000 [m]
 - Altezza fuori terra e: 0.000 [m]
 - Lunghezza L: 0.000 [m]
 - M. Plasticizzazione My...: 0.000 [kN m]
- Injection Parameters:**
 - Tubifix Radice (tabs)
 - Tipo iniezione: Ripetuta (dropdown menu)
 - Pressione limite di Menard: 0.00 [N/mm²]
- Analysis Conditions:**
 - Condizioni drenate (radio button)
 - Condizioni non drenate (radio button, selected)
- Constraint Conditions:**
 - Pali liberi alla rotazione di testa (radio button)
 - Pali vincolati alla rotazione di testa (radio button, selected)
- Buttons:** 'Applica' and '?' (help) buttons.

Ambiente per l'inserimento dei dati dei micropali

I dati da inserire sono:

- **Ascissa iniziale (x0):**

E' l'ascissa in corrispondenza della quale va posizionato il micropalo, l'origine coincide con quello del sistema di riferimento (estremo di monte, ovvero terreno lato spingente) va definita in m.

- **Interasse x (Ix):**

E' l'interasse dei micropali, misurato rispetto ai baricentri geometrici delle sezioni dei micropali, in direzione orizzontale (vedi sistema di riferimento a video). Da riportare in m.

- **Interasse z (Iz):**

E' l'interasse dei micropali, misurato tra i baricentri geometrici delle sezioni dei micropali nella direzione normale al piano del disegno. Da riportare m.

- **Diametro (D):**

E' il diametro dei micropali utilizzato nel calcolo geotecnico del micropalo (Carico limite). Va espresso in m.

- **Altezza fuori terra (e):**

E' la distanza tra la testa del palo ed il piano campagna. Va espressa in m.

- **Lunghezza (L):**

E' la lunghezza utile del palo (Vale a dire quella che partecipa alla resistenza per carico limite). Va espressa in m.

- **M. Plasticizzazione (My):**

E' il momento di plasticizzazione della sezione. Nel calcolo viene considerato reagente solo l' acciaio. E' espresso in kN per m.

- **Tipo iniezione:**

Dato necessario per pali tubifix. Può essere unica o ripetuta.

- **Pressione limite di Menard:**

E' la pressione limite del terreno rilevata in situ mediante il pressimetro di Menard. Va espressa in N/mm².

- **Alfa:**

Coefficiente correttivo da applicare alla coesione del terreno nel caso in cui il micropalo sia di tipo radice. E' un numero adimensionale.

- **Quota media:**

E' la quota del punto medio della lunghezza utile per il calcolo del carico limite del micropalo. Va espressa in m;

- **Condizioni Drenate:**

Spuntare questa opzione quando si vuole eseguire il calcolo in condizioni drenate (parametri a lungo termine).

- **Condizioni Non Drenate:**

Spuntare questa opzione quando si vuole eseguire il calcolo in condizioni non drenate (parametri a breve termine).

- **Palo libero alla rotazione di testa:**

Spuntare questa opzione se le condizioni di contorno del palo sono tali da permettere la rotazione della testa del palo senza generare reazioni aggiuntive.

- **Palo vincolato alla rotazione di testa:**

Spuntare questa opzione se le condizioni di contorno del palo sono tali da non permettere la rotazione della testa del palo, e quindi si generano reazioni di incastro.

9.2 Calcolo del Momento di plasticizzazione

Il momento di plasticizzazione è utilizzato nel calcolo del carico limite orizzontale dei micropali. E' predisposto uno strumento per il calcolo del momento di plasticizzazione. L' ambiente per il calcolo del momento di plasticizzazione è il seguente:

Momento di plasticizzazione

Geometria

Diametro esterno De: [mm]

Spessore tubolare t: [mm]

Materiale

Tens. Di snervamento fy: [kN/m²]

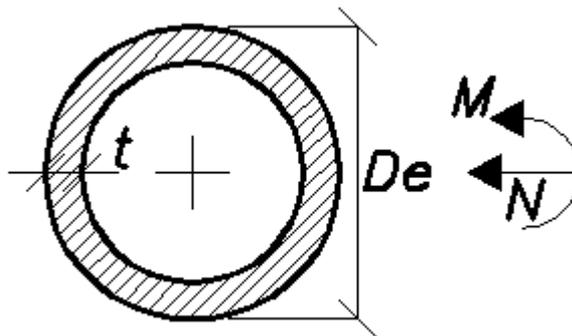
Sollecitazioni

Sforzo normale N: [kN]

M. Plasticizzazione My: [kN m]

Calcola Chiudi ?

Ambiente per il calcolo del momento di plasticizzazione del micropalo
Lo schema da prendere come riferimento è il seguente:



Geometria della sezione e convenzione di sollecitazione

I dati da inserire sono i seguenti:

- **Diametro esterno (De):**

Diametro esterno della sezione, espresso in mm;

- **Spessore tubolare (t):**

E' lo spessore della lamiera che costituisce il tubolare, espresso in mm;

- **Tens. Di snervamento:**

E' la tensione di snervamento limite per il calcolo del momento. Tale dato è sufficiente in quanto si ipotizza un legame costitutivo rigido-plastico per il materiale. E' espressa in kN/m^2 ;

• **Sforzo normale:**

E' lo sforzo normale esterno in corrispondenza del quale determinare il momento di plasticizzazione. E' espresso in kN

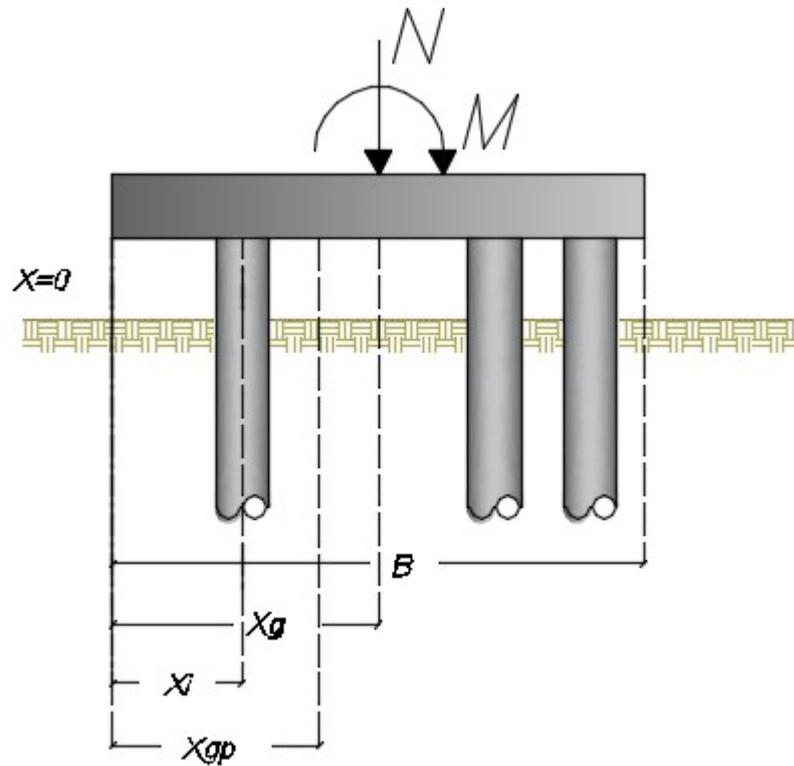
• **M. Plasticizzazione:**

E' il momento di plasticizzazione cercato. E' espresso in kN per m.
La convenzione vuole lo sforzo normale positivo se di compressione, ed il Momento flettente positivo se tende le fibre inferiori della sezione.

$$J_x = \sum_{i=1}^{i=np} (x_i - x_{gp})^2$$

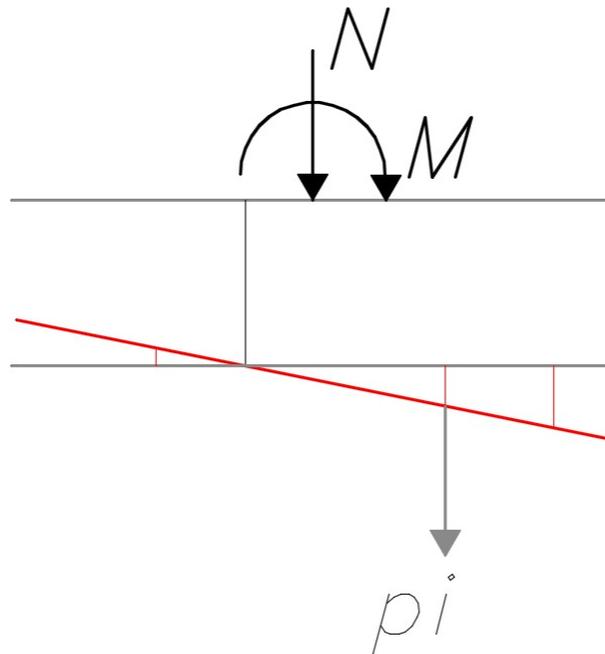
9.3 Distribuzione delle azioni verticali sui micropali

Al fine di poter eseguire la verifica del carico limite del generico micropalo è necessario determinare quale è l' aliquota di sforzo verticale e di momento che va ad essere assorbita dal generico micropalo. Per fare ciò si fa riferimento al seguente schema di calcolo:



Schema di riferimento per la distribuzione degli sforzi

Dove N ed M sono le azioni scaricate dalla sovrastruttura (in questo caso corpo della briglia). Lo schema precedente è utilizzato per distribuire gli sforzi sui micropali. La distribuzione degli sforzi è fatta ipotizzando che la fondazione a collegamento dei micropali sia infinitamente rigida, in modo che la stessa distribuzione si possa considerare ad andamento lineare:



Andamento lineare delle reazioni dei pali

Per la valutazione dello sforzo caricato sul singolo micropalo è necessario preventivamente determinare l' eccentricità dello sforzo normale N rispetto al baricentro della palificata (individuato dalla coordinata x_{gp}). L' eccentricità è valutata con la seguente formula:

$$e = \frac{M}{N} + (x_{gf} - x_{gp})$$

Il termine aggiuntivo $(x_{gf} - x_{gp})$ permette di tenere in considerazione l' eventualità che il baricentro geometrico della palificata ed il baricentro geometrico della fondazione non siano coincidenti. A questo punto si può applicare la seguente formula:

$$p_i = \frac{N}{np} + N \cdot e \cdot \frac{(x_i - x_{gp})}{J_x}$$

dove np è il numero dei pali, x_i è la coordinate x del palo i -esimo rispetto all' origine globale di riferimento, p_i è lo scarico verticale sul palo i -esimo, J_x è il momento di inerzia della palificata, rispetto al suo baricentro, valutato con la seguente formula:

$$J_x = \sum_{i=1}^{i=np} (x_i - x_{gp})^2$$

9.4 Distribuzione delle azioni orizzontali sui micropali

Anche per la determinazione del carico limite orizzontale è necessario distribuire le azioni a livello di singolo micropalo. In questo caso la distribuzione è fatta utilizzando la seguente formula:

$$H_i = \frac{H_t}{n_p}$$

dove H_i è lo scarico orizzontale sul singolo micropalo, n_p è il numero dei micropali, e H_t è il carico orizzontale totale scaricato.

9.5 Carico limite verticale

La valutazione del carico limite verticale del micropalo dipende dalla tipologia di micropalo considerato. Nel presente lavoro si considerano Micropali radice, e micropali Tubifix.

Micropali Radice:

Il carico limite verticale è espresso mediante la seguente formula:

$$V_{lim} = \pi \cdot d \cdot L_p \cdot \tau_{lim}$$

Quindi è espresso come prodotto tra l'area laterale del palo e la tensione tangenziale limite all'interfaccia palo terreno. La t_{lim} è valutata con la seguente formula:

$$\tau_{lim} = \gamma_t \cdot z_m \cdot K_0 \cdot \tan(\phi) + \alpha \cdot c$$

dove γ_t è il peso specifico del terreno, z_m è la quota del punto medio della lunghezza utile del palo, K_0 è il coefficiente di pressione laterale a riposo, ϕ è l'angolo di attrito interno del terreno, α è un coefficiente adimensionale di adesione, e c è la coesione del terreno di fondazione.

Micropali Tubifix:

Anche in questo caso il carico limite verticale è espresso mediante la seguente formula:

$$V_{lim} = \pi \cdot d \cdot L_p \cdot \tau_{lim}$$

In questo caso però cambia il metodo per calcolare la t limite di interfaccia. In particolare si utilizza la teoria di Bustamante. Secondo questa teoria la tensione tangenziale limite si calcola nel seguente modo:

- **se ϕ è diverso da zero:**

$$\tau_{lim} = \frac{p_{lim}}{10}$$

- **se ϕ è pari a zero e se c è maggiore di zero:**

Si possono presentare due eventualità, a seconda che si tratti di iniezione unica o ripetuta:

Iniezione unica:

$$\tau_{lim} = 0.033 + 0.067 \cdot p_{lim}$$

se la tensione limite così calcolata dovesse risultare inferiore al valore di 0.5 allora si deve utilizzare la seguente formula:

$$\tau_{lim} = 0.133 \cdot p_{lim}$$

Iniezione ripetuta:

$$\tau_{lim} = 0.095 + 0.085 \cdot p_{lim}$$

se la tensione limite così calcolata dovesse risultare inferiore al valore di 0.5 allora si deve utilizzare la seguente formula:

$$\tau_{lim} = 0.275 \cdot p_{lim}$$

In tutte le precedenti formule p_{lim} è la pressione limite rilevata al pressiometro di Menard inserita in N/mm².

9.6 Calcolo limite orizzontale

Il carico limite orizzontale è valutato per terreni coesivi e per terreni non coesivi.

TERRENI COESIVI

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo corto:**

$$H_{\text{lim}} = 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(- \left(1.5 + \frac{L}{d} + 2 \cdot \frac{e}{d} \right) + \sqrt{\left(2 \cdot \left(\frac{L}{d} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{e}{d} \right)^2 + 4 \cdot \frac{L \cdot e}{d^2} + 6 \cdot \frac{e}{d} + 4.5 \right)} \right)$$

$$M(H_{\text{lim}}) = \left(4.5 \cdot \left(\frac{L}{d} \right)^2 - 10.125 \right) \cdot c_u \cdot d^3$$

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo lungo:**

$$H_{\text{lim}} = -9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(1.5 + \frac{e}{d} \right) + 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \sqrt{\left(\left(\frac{e}{d} \right)^2 + 3 \cdot \frac{e}{d} + \frac{2 \cdot My}{9 \cdot c_u \cdot d^3} + 2.25 \right)}$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo corto:**

$$H_{\text{lim}} = 9 \cdot c_u \cdot d \cdot (L - 1.5 \cdot d)$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo lungo:**

$$H_{\text{lim}} = c_u \cdot d^2 \cdot \left(-13.5 + \sqrt{\left(182.25 + 36 \cdot \frac{My}{c_u \cdot d^3} \right)} \right)$$

TERRENI NON COESIVI

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo corto:**

$$H_{\text{lim}} = \frac{k_p \cdot \gamma_t \cdot d \cdot L^3}{2 \cdot (e + L)}$$

$$M(H_{\text{lim}}) = H_{\text{lim}} \cdot \left(e + \frac{2}{3} \cdot 0.816 \cdot \sqrt{\frac{h}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d}} \right)$$

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo lungo:**

In questo caso è necessario risolvere la seguente equazione di terzo grado in H_{lim} :

$$\frac{H_{\text{lim}}}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3} \cdot \left(\frac{e}{d} + 0.544 \cdot \sqrt{\frac{H_{\text{lim}}}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3}} \right) - \frac{My}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^4} = 0$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo corto:**

$$H_{\text{lim}} = 1.5 \cdot L^2 \cdot k_p \cdot \gamma_t \cdot d$$

$$M(H_{\text{lim}}) = \frac{2}{3} \cdot H_{\text{lim}} \cdot L$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo lungo:**

$$H_{\text{lim}} = k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3 \cdot \left(3.676 \cdot \frac{My}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^4} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Per il significato dei simboli è opportuno riferirsi alla sezione "Input dei micropali" e "Calcolo del Momento di plasticizzazione".

10 Geoapp

Geoapp: la più grande suite del web per calcoli online

Gli applicativi presenti in Geostru Geoapp sono stati realizzati a supporto del professionista per la soluzione di molteplici casi professionali.

Geoapp comprende oltre 40 applicazioni per: Ingegneria, Geologia, Geofisica, Idrologia e Idraulica.

La maggior parte delle applicazioni sono **gratuite**, altre necessitano di una **sottoscrizione** (*subscription*) mensile o annuale.

Perchè si consiglia la subscription?

Perchè una subscription consente di:

- usare applicazioni professionali ovunque e su qualunque dispositivo;
- salvare i file in cloud e sul proprio PC;
- riaprire i file per elaborazioni successive;
- servizi di stampa delle relazioni ed elaborati grafici;
- notifica sull'uscita di nuove applicazioni ed inclusione automatica nel proprio abbonamento;
- disponibilità di versioni sempre aggiornate;
- servizio di assistenza tramite Ticket.

10.1 Sezione Geoapp

Generale ed Ingegneria, Geotecnica e Geologia

Tra le applicazioni presenti, una vasta gamma può essere utilizzata per **GDW**. A tale scopo si consigliano i seguenti applicativi:

- Gabbioni
- Calcolo interasse trincee drenanti
- Invarianza idraulica
- Calcolo Riprap a protezione alveo fluviale
- Stati limite idraulici a lungo termine
- Pozzi disperdenti
- Perdite di carico condotte in pressione
- Calcolo moto uniforme

11 Contatti



Telefono

0690289085



Email

info@geostru.eu
office@geostru.eu



Orari

Lunedì-Venerdì Ore 9-17



Supporto

Per il servizio di assistenza usare preferibilmente l'area dedicata di

supporto (Ticket).

Da inizio 2016 l'assistenza per i
clienti ITALIANI è alla SOEG & C.

Per informazioni si prega di visitare
il sito www.soeg.it.