



PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CALCOLI STRUTTURALI E MATERIALI IMPIEGATI .....</b>	<b>4</b>
	3.1 <i>PARAMETRI SISMICI CONSIDERATI.....</i>	4
	3.2 <i>PARAMETRI GEOTECNICI E SOVRACCARICHI .....</i>	4
	3.3 <i>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....</i>	4
	3.4 <i>CRITERI DI DURABILITÀ: CLASSE DEL CALCESTRUZZO .....</i>	5
	3.5 <i>COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE.....</i>	5
	3.6 <i>DURABILITÀ.....</i>	6
<b>4</b>	<b>METODO DI CALCOLO .....</b>	<b>7</b>
	4.1 <i>VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ. 8</i>	
<b>5</b>	<b>TABULATI DI CALCOLO.....</b>	<b>9</b>
	<i>ALLEGATO 1: LEGENDA ALLEGATI.....</i>	10
	<i>ALLEGATO 2: MANUFATTO DI IMBOCCO.....</i>	18
	<i>ALLEGATO 3: MANUFATTO DI SBOCCO .....</i>	36

## **1 PREMESSA**

La presente relazione ha per oggetto il calcolo e la verifica dei manufatti in calcestruzzo armato gettati in opera connessi con la realizzazione del tombino 5,05x3,10 ARMCO progr. 0+853.11 previsto nell'ambito dell'adeguamento a quattro corsie dell'itinerario Agrigento – Caltanissetta - A19 / Strada Statale n° 640 “di Porto Empedocle” nel tratto dal km 44+000 allo svincolo con l'A19.

In osservanza delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008. La struttura è stata verificata in bassa duttilità, in Classe d'uso IV e per una vita nominale pari a 50 anni.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

## **2   NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione delle strutture suddette è stata condotta secondo i criteri della Scienza delle Costruzioni ed in accordo con la normativa vigente ed in particolare con:

- Legge 5.11.1971 n° 1086: “Disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- Legge n° 64 del 2 febbraio 1974 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- DM 14/01/2008 - “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

### 3 CALCOLI STRUTTURALI E MATERIALI IMPIEGATI

#### 3.1 Parametri sismici considerati

Le coordinate geografiche dei manufatti e i relativi parametri sismici sono riportati nei relativi tabulati.

#### 3.2 Parametri geotecnici e sovraccarichi

A vantaggio di sicurezza nei calcoli sono stati assunti i seguenti parametri geotecnici

$$\gamma = 2000 \text{ kg/cm}^3$$

$$\varphi = 30^\circ$$

$$c = 0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Coeff. di Winkler: } 5 \text{ kg/m}^3$$

Livello falda: P.C.

$\gamma$  peso dell'unità di volume naturale ( $\text{g/cm}^3$ )

$\varphi$  angolo di attrito efficace ( $^\circ$ )

$c$  coesione efficace ( $\text{Kg/cm}^2$ )

A vantaggio di sicurezza è stato considerato un sovraccarico accidentale a quota piano campagna pari a  $2000 \text{ kg/m}^2$ .

Per il calcolo delle spinte è stato adottato un coefficiente di spinta a riposo.

#### 3.3 Caratteristiche dei materiali impiegati

Per quanto riguarda i materiali, si sono assunte dappertutto, nel calcolo, le seguenti caratteristiche:

- Calcestruzzo: classe C3/40 per le strutture in elevazione;
- Acciaio per c.a.: barre ad aderenza migliorata B450C controllato.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

### 3.4 Criteri di durabilità: classe del calcestruzzo

#### *Durabilità dell'opera*

Il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (inclusi staffe, collegamenti rinforzi superficiali se presenti) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo. Il copriferro nominale, specificato sui disegni esecutivi, rappresenta la distanza minima che deve essere assicurata al fine di garantire la corretta trasmissione delle forze di aderenza ed un'adeguata protezione dell'acciaio contro la corrosione; in aggiunta va considerata una tolleranza costruttiva da aggiungere al copriferro minimo per tenere in conto gli eventuali scostamenti negativi. Il valore raccomandato è di 10mm, riducibile a 5mm se l'esecuzione dell'opera è sottoposta ad un sistema di assicurazione della qualità nel quale siano incluse le misure dei copriferri.

#### *Scelte progettuali*

I manufatti in esame si trovano ad una distanza dalla costa sufficiente da ritenere che non ci siano problemi d'esposizione a cloruri presenti nell'acqua di mare. La classe di esposizione quindi ricade nella categoria 6 "Ambienti chimici aggressivi":

- XA2 – Bagnato, raramente asciutto (Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni).

E' stato assunto un copri ferro pari a 4cm.

### 3.5 Combinazioni delle azioni sulla costruzione

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini, ambienti uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

**Tabella 2.5.I** – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nei calcoli sono dati nelle NTC 2008 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

### 3.6 Durabilità

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni” DM 14.01.2008. e relative Istruzioni.

#### **4 METODO DI CALCOLO**

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 14.01.2008 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo.

L’analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l’analisi sismica si è effettuata un’analisi dinamica modale.

#### **CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA’ DEI RISULTATI:**

Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 l’affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l. a riprova dell’affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova. Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio. I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell’indice di condizionamento.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

#### **4.1 Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità**

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

## 5 TABULATI DI CALCOLO

Alla presente relazione sono allegati degli elaborati dedicati ai singoli manufatti in cui, tra l'altro, sono riportati di volta in volta i tabulati di calcolo relativi al singolo manufatto.

Si precisa che il software utilizzato, per quanto riguarda gli elementi bidimensionali, effettua le verifiche considerando presenti nelle sezioni di calcolo i minimi di armatura necessari al rispetto delle verifiche strutturali, salvo poi verificare l'effettiva presenza di un quantitativo maggiore di armatura.

**Tutte le verifiche risultano soddisfatte**

## ALLEGATO 1: LEGENDA ALLEGATI

### TABULATI DI CALCOLO

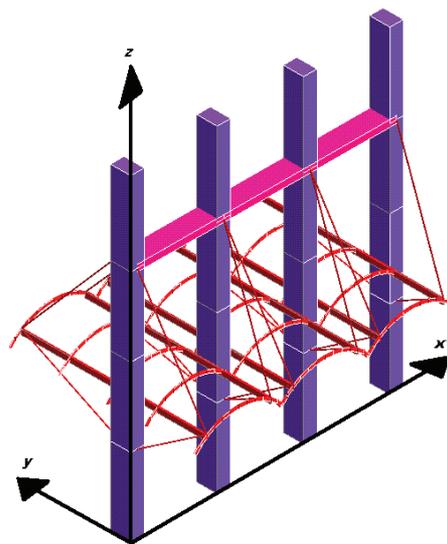
#### LEGENDA

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali e del terreno.

- **SISTEMI DI RIFERIMENTO**

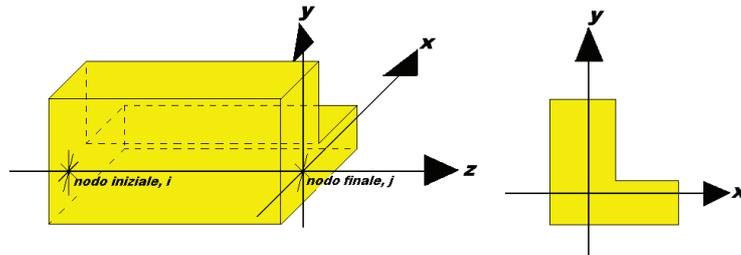
#### 1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



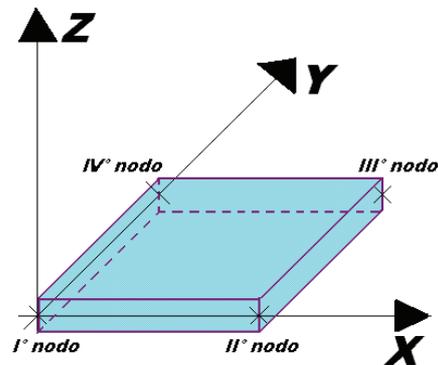
## 2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



## 3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



## • UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze] = m

[forze] = kgf / daN

[tempo] = sec

[temperatura] = °C

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

- **CONVENZIONI SUI SEGNI**

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio shell.

**Sezione N.ro** : Numero identificativo dell'archivio sezioni (dal numero 601 in poi)

**Spessore** : Spessore dell'elemento

**Base foro** : Base di un eventuale foro sull'elemento (zero nel caso in cui il foro non sia presente)

**Altezza foro** : Altezza di un eventuale foro sull'elemento (zero nel caso in cui il foro non sia presente)

**Codice** : Codice identificativo della posizione del foro (1 = al centro; 0 = qualunque posizione)

**Ascissa foro** : Ascissa dello spigolo inferiore sinistro del foro

**Ordinata foro** : Ordinata dello spigolo inferiore sinistro del foro

**Tipo mater.** : Numero di archivio dei materiali shell

**Tipo elem.** : Schematizzazione dell'elemento a livello di calcolo:

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

*0 = Lastra – Piastra*

*1 = Lastra*

*2 = Piastra*

● **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle riassuntive dei criteri di progetto per le aste in elevazione, per quelle di fondazione, per i pilastri e per i setti.

<b>Crit.N.ro</b>	: Numero indicativo del criterio di progetto
<b>Elem.</b>	: Tipo di elemento strutturale
<b>%Rig.Tors.</b>	: Percentuale di rigidità torsionale
<b>Mod. E</b>	: Modulo di elasticità normale
<b>Poisson</b>	: Coefficiente di Poisson
<b>Sgmc</b>	: Tensione massima di esercizio del calcestruzzo
<b>tauc0</b>	: Tensione tangenziale minima
<b>tauc1</b>	: Tensione tangenziale massima
<b>Sgmf</b>	: Tensione massima di esercizio dell'acciaio
<b>Om.</b>	: Coefficiente di omogeneizzazione
<b>Gamma</b>	: Peso specifico del materiale
<b>Coprstaffa</b>	: Distanza tra il lembo esterno della staffa ed il lembo esterno della sezione in calcestruzzo
<b>Fi min.</b>	: Diametro minimo utilizzabile per le armature longitudinali
<b>Fi st.</b>	: Diametro delle staffe
<b>Lar. st.</b>	: Larghezza massima delle staffe
<b>Psc</b>	: Passo di scansione per i diagrammi delle caratteristiche
<b>Pos.pol.</b>	: Numero di posizioni delle armature per la verifica di sezioni poligonali
<b>D arm.</b>	: Passo di incremento dell'armatura per la verifica di sezioni poligonali
<b>Iteraz.</b>	: Numero massimo di iterazioni per la verifica di sezioni poligonali
<b>Def. Tag.</b>	: Deformabilità a taglio (si, no)
<b>%Scorr.Sta</b>	: Percentuale di scorrimento da far assorbire alle staffe
<b>f.</b>	
<b>P.max staffe</b>	: Passo massimo delle staffe
<b>P.min.staffe</b>	: Passo minimo delle staffe

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

<b>tMt min.</b>	: Tensione di torsione minima al di sotto del quale non si arma a torsione
<b>Ferri parete</b>	: Presenza di ferri di parete a taglio
<b>Ecc.lim.</b>	: Eccentricità M/N limite oltre la quale la verifica viene effettuata a flessione pura
<b>Tipo ver.</b>	: Tipo di verifica (0 = solo Mx; 1 = Mx e My separate; 2 = deviata)
<b>Fl.rett.</b>	: Flessione retta forzata per sezioni dissimmetriche ma simmetrizzabili (0 = no; 1 = si)
<b>Den.X pos.</b>	: Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento Mx minimo per la copertura del diagramma positivo
<b>Den.X neg.</b>	: Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento Mx minimo per la copertura del diagramma negativo
<b>Den.Y pos.</b>	: Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento My minimo per la copertura del diagramma positivo
<b>Den.Y neg.</b>	: Denominatore della quantità $q \cdot l \cdot l$ per determinare il momento My minimo per la copertura del diagramma negativo
<b>%Mag.car.</b>	: Percentuale di maggiorazione dei carichi statici della prima combinazione di carico
<b>Linear.</b>	: Coefficiente descrittivo del comportamento dell'asta: 1 = comportamento lineare sia a trazione che a compressione 2 = comportamento non lineare sia a trazione che a compressione. 3 = comportamento lineare solo a trazione. 4 = comportamento non lineare solo a trazione. 5 = comportamento lineare solo a compressione. 6 = comportamento non lineare solo a compressione.
<b>Appesi</b>	: Flag di disposizione del carico sull'asta (1 = appeso, cioè applicato all'intradosso; 0 = non appeso, cioè applicato all'estradosso)
<b>Min.</b>	: Verifica minimo T/sigma (1 = si; 0 = no)
<b>T/sigma</b>	
<b>Verif.Alette</b>	: Verifica alette travi di fondazione (1 = si; 0 = no)
<b>Kwinkl.</b>	: Costante di sottofondo del terreno

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'input piastre.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

- Piastra N.ro** : Numero identificativo della piastra in esame
- Filo 1** : Numero del filo fisso su cui è stato posto il primo spigolo della piastra
- Filo 2** : Numero del filo fisso su cui è stato posto il secondo spigolo della piastra
- Filo 3** : Numero del filo fisso su cui è stato posto il terzo spigolo della piastra
- Filo 4** : Numero del filo fisso su cui è stato posto il quarto spigolo della piastra
- Tipo carico** : Numero di archivio delle tipologie di carico
- Quota filo 1** : Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del primo filo fisso
- Quota filo 2** : Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del secondo filo fisso
- Quota filo 3** : Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del terzo filo fisso
- Quota filo 4** : Quota dello spigolo della piastra inserito in corrispondenza del quarto filo fisso
- Tipo sezione** : Numero identificativo della sezione della piastra
- Spessore** : Spessore della piastra
- Kwinkler** : Costante di Winkler del terreno su cui poggia la piastra (zero nel caso di piastre in elevazione)
- Tipo mater.** : Numero di archivio dei materiali shell

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nel tabulato di stampa dei carichi e vincoli nodali.

- Filo** : Numero identificativo del filo fisso
- Quo N.** : Numero identificativo della quota di riferimento secondo la

- codifica dell'input quote*
- D.Quo.** : *Delta quota, ovvero scostamento della quota del nodo dalla quota di riferimento*
- P. Sis** : *Piano sismico di appartenenza del nodo in esame. È possibile avere più piani sismici alla stessa quota di impalcato*
- Codi** : *Codice sintetico identificativo del tipo di vincolo secondo la codifica appresso riportata:*
- I = Incastro*
- A = Automatico*
- C = Cerniera sferica*
- E = Esplicito*
- Il vincolo di tipo 'A', cioè' automatico, corrisponde ad un tipo di vincolo scelto dal programma in funzione delle varie situazioni strutturali riscontrate. Per valutare quale tipo di vincolo è stato imposto da CDSWin in questi casi è necessario riferirsi ai dati delle successive colonne della presente tabella di stampa*
- Tx, Ty, Tz** : *Valori delle rigidzze alla traslazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare traslazione è impedita, mentre lo 0 indica che non ha alcun vincolo*
- Rx, Ry, Rz** : *Valori delle rigidzze alla rotazione imposte al nodo in esame. Il valore -1 indica per convenzione che quella particolare rotazione è impedita, mentre lo 0 indica che non ha alcun vincolo*
- Fx, Fy, Fz** : *Valori delle forze concentrate applicate al nodo in esame*
- Mx, My, Mz** : *Valori delle coppie concentrate applicate al nodo in esame*

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLE DI STAMPA SHELL**

SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE (s.r.l.): *Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è così definito:*

- Origine** : *I° punto di inserimento dello shell*
- Asse 1** : *Asse X nel s.r.l., definito dal punto origine e dal II° punto di inserimento, nel verso di quest'ultimo*

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

- Piano 12** : Piano XY nel s.r.l., definito dai punti origine, II° e III° di inserimento
- Asse 2** : Asse Y nel s.r.l., ottenuto nel piano 12 con una rotazione antioraria di 90° dell'asse X intorno al punto origine, in modo che l'asse I-II si sovrapponga all'asse I-III con un angolo < 180°
- Asse 3** : Asse Z nel s.r.l., ortogonale al piano 12, in modo da formare una terna destra con gli assi 1 e 2

Le tensioni di lastra (S) sono costanti lungo lo spessore. Le tensioni di piastra (M) variano linearmente lungo lo spessore, annullandosi in corrispondenza del piano medio (diagramma emisimmetrico o "a farfalla"). I valori del tensore degli sforzi sono riferiti alla faccia positiva (superiore nel s.r.l.) di normale 3 (esempio: Xij tensione X agente sulla faccia di normale i e diretta lungo j).

Le altre grandezze descritte di seguito si riferiscono a ciascun nodo dell'elemento bidimensionale:

- Shell Nro** : numero dell'elemento bidimensionale
- nodo N.ro** : numero del nodo dell'elemento bidimensionale a cui sono riferite le tensioni S di lastra e M piastra
- S11** : tensione normale di lastra
- S22** : tensione normale di lastra
- S12** : tensione tangenziale di lastra (S12 = S21)
- M11** : tensione normale di piastra sulla faccia positiva
- M22** : tensione normale di piastra sulla faccia positiva
- M12** : tensione tangenziale di piastra sulla faccia positiva

## VERIFICHE A FESSURAZIONE

Si precisa che nel campo dei tabulati dedicato ai risultati della verifica a fessurazione, quando non si aprono fessure e quindi non esistono momenti flettenti agenti sugli elementi bidimensionali tali da causare apertura delle fessure, si leggeranno tutti valori pari a 0.

## ALLEGATO 2: MANUFATTO DI IMBOCCO

### TABULATI DI CALCOLO

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

#### Calcolo della spinta sul muro

#### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

## Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c,i_c} + q N_q d_{q,i_q} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma,i_\gamma}$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$  peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^\phi \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{esima}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{esima}$  e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

### *Impostazioni verifiche SLU*

#### Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

### *Impostazioni verifiche SLE*

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

#### Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

#### Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_r < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N_\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

Coefficiente correttivo su  $N\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

**Impostazioni avanzate**

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

**Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati**

*Simbologia adottata*

*C* Identificativo della combinazione  
*Tipo* Tipo combinazione  
*Sisma* Combinazione sismica  
*CS<sub>SCO</sub>* Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
*CS<sub>RIB</sub>* Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
*CS<sub>OLIM</sub>* Coeff. di sicurezza a carico limite  
*CS<sub>STAB</sub>* Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>OLIM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	1,05	--	1,09	--
2	A2-M2 - [1]	--	0,85	--	0,50	--
3	EQU - [1]	--	--	3,37	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,02
5	A1-M1 - [2]	--	0,79	--	0,55	--
6	A2-M2 - [2]	--	0,61	--	0,25	--
7	EQU - [2]	--	--	2,31	--	--
8	STAB - [2]	--	--	--	--	0,87
9	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,19	--	1,34	--
10	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,19	--	1,37	--
11	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	0,78	--	0,42	--
12	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	0,77	--	0,42	--
13	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,58	--	--
14	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,49	--	--
15	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	0,99
16	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	0,99
17	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,13	--	1,22	--
18	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,13	--	1,24	--
19	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	0,73	--	0,37	--
20	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	0,73	--	0,38	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,29	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,37	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	0,96
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	0,96
25	SLEQ - [1]	--	1,25	--	1,48	--
26	SLEF - [1]	--	1,15	--	1,28	--
27	SLER - [1]	--	1,02	--	1,01	--
28	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,19	--	1,35	--
29	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,19	--	1,36	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

30 SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,10	--	1,16	--
31 SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,10	--	1,17	--
32 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	0,98	--	0,91	--
33 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	0,98	--	0,92	--

Inviluppo sollecitazioni piastra paramento

Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 10.00 Altezza(m) = 3.90

Origine all'attacco con la fondazione all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra espressa in [m]

Ordinata Y positiva verso l'alto espressa in [m]

I momenti positivi tendono le fibre contro terra

Momento espresso in [kNm]

Taglio e Sforzo Normale espressi in [kN]

Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymin</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymin</sub>	N
1	0,00	0,0000	53,3143	-64,5967	0,0000	48,7500
2	0,13	0,0000	45,2543	-60,1285	0,0000	47,1250
3	0,26	0,0000	37,9393	-55,0908	1,6484	45,5000
4	0,39	0,0000	31,3427	-50,1983	2,9588	43,8750
5	0,52	0,0000	25,4265	-45,5676	4,0821	42,2500
6	0,65	0,0000	20,1547	-41,1026	4,4972	40,6250
7	0,78	0,0000	15,4979	-36,8030	4,3364	39,0000
8	0,91	0,0000	11,4166	-32,7716	3,8142	37,3750
9	1,04	0,0000	7,8752	-28,9075	3,1029	35,7500
10	1,17	0,0000	4,9667	-25,2089	2,3043	34,1250
11	1,30	0,0000	4,3820	-21,7830	1,4589	32,5000
12	1,43	0,0000	3,8632	-18,5238	0,9899	30,8750
13	1,56	-1,5343	3,3863	-15,4442	1,7659	29,2500
14	1,69	-2,8594	2,9590	-12,6751	2,2590	27,6250
15	1,82	-3,8429	2,6381	-10,1043	2,5991	26,0000
16	1,95	-4,5135	2,3596	-7,7278	2,8952	24,3750
17	2,08	-4,9218	2,2181	-5,9534	2,7694	22,7500
18	2,21	-5,1340	2,2100	-4,4269	2,4887	21,1250
19	2,34	-5,1803	2,3806	-3,1445	2,1438	19,5000
20	2,47	-5,0917	2,5253	-2,6844	1,7543	17,8750
21	2,60	-4,8901	2,6353	-2,4604	1,4015	16,2500
22	2,73	-4,5885	2,7158	-2,2522	1,2473	14,6250
23	2,86	-4,2049	2,7655	-2,0025	1,4907	13,0000
24	2,99	-3,7592	2,7773	-1,7246	1,7216	11,3750
25	3,12	-3,2620	2,7479	-1,4102	1,9245	9,7500
26	3,25	-2,7287	2,6657	-1,0626	2,1169	8,1250
27	3,38	-2,1769	2,5098	-1,6074	2,3317	6,5000

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

28	3,51	-1,6150	2,2585	-2,4305	2,4585	4,8750
29	3,64	-1,0562	1,8683	-3,6890	2,4119	3,2500
30	3,77	-0,5161	1,2743	-6,1554	2,2833	1,6250
31	3,90	-0,0362	0,0169	-6,1005	2,0820	0,0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,2071	0,0118	-7,9181	1,7228
2	0,27	-0,8177	2,6577	-7,9894	0,7515
3	0,55	-0,4518	4,5391	-9,1055	2,7019
4	0,82	-0,0495	6,7797	-15,0843	2,1373
5	1,10	0,0000	9,2630	-22,5284	0,9063
6	1,30	0,0000	12,8884	-27,1959	26,7407
7	1,50	0,0000	8,7624	-15,4689	22,5724
8	1,76	-0,0185	5,5425	-18,9451	17,1601
9	2,02	-0,2336	2,6596	-20,2039	13,6299
10	2,28	-1,2580	0,0635	-19,0392	11,2395
11	2,54	-2,5299	0,0000	-17,1215	9,2545
12	2,80	-4,2191	0,0000	-15,0244	7,6991
13	3,06	-5,8763	0,0000	-12,9600	6,4852
14	3,31	-7,2406	0,0000	-11,0047	5,3666
15	3,57	-8,3390	0,0000	-9,1753	4,4075
16	3,83	-9,2000	0,0000	-7,4641	3,6257
17	4,09	-9,8510	0,0000	-5,8532	2,6970
18	4,35	-10,3159	0,0000	-4,3221	1,8747
19	4,61	-10,6134	0,0000	-2,8497	1,2072
20	4,87	-10,7568	0,0000	-1,4156	0,5891
21	5,13	-10,7568	0,0000	-0,5891	1,4156
22	5,39	-10,6134	0,0000	-1,2072	2,8497
23	5,65	-10,3159	0,0000	-1,8747	4,3221
24	5,91	-9,8510	0,0000	-2,6970	5,8532
25	6,17	-9,2000	0,0000	-3,6257	7,4641
26	6,43	-8,3390	0,0000	-4,4075	9,1753
27	6,69	-7,2406	0,0000	-5,3666	11,0047
28	6,94	-5,8763	0,0000	-6,4852	12,9600
29	7,20	-4,2191	0,0000	-7,6991	15,0244
30	7,46	-2,5299	0,0000	-9,2545	17,1215
31	7,72	-1,2580	0,0635	-11,2395	19,0392
32	7,98	-0,2336	2,6596	-13,6299	20,2039
33	8,24	-0,0185	5,5425	-17,1601	18,9451
34	8,50	0,0000	8,7624	-22,5724	15,4689
35	8,70	0,0000	12,8884	-26,7407	27,1959
36	8,90	0,0000	9,2630	-0,9063	22,5284
37	9,18	-0,0495	6,7797	-2,1373	15,0843
38	9,45	-0,4518	4,5391	-2,7019	9,1055
39	9,72	-0,8177	2,6577	-0,7515	7,9894

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

40 10,00 -0,2071 0,0118 -1,7228 7,9181

Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 10.00 Altezza(m) = 2.00

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymin</sub>
1	0,00	-0,0945	0,0000	-16,3496	0,4925
2	0,06	-0,1611	0,3554	-21,5817	13,4661
3	0,12	0,0000	1,5262	-19,3920	26,3752
4	0,18	0,0000	3,4676	-14,9524	39,0670
5	0,24	0,0000	6,1278	-4,9100	52,1015
6	0,30	0,0000	9,4952	-0,4918	63,2324
7	0,80	-54,5884	0,0000	-66,2044	0,0000
8	0,87	-50,1449	0,0000	-67,1787	0,0000
9	0,93	-45,6402	0,0000	-68,1224	0,0000
10	1,00	-41,1063	0,0000	-67,8378	0,0000
11	1,07	-36,5982	0,0000	-67,5632	0,0000
12	1,13	-32,1437	0,0000	-66,0597	0,0000
13	1,20	-27,8299	0,0000	-63,3266	0,0000
14	1,27	-23,7080	0,0000	-60,6103	0,0000
15	1,33	-19,8056	0,0000	-56,6624	0,0000
16	1,40	-16,1728	0,0000	-52,7118	0,0000
17	1,47	-12,8369	0,0000	-47,5269	0,0000
18	1,53	-9,8519	0,0000	-42,3267	0,0000
19	1,60	-7,2350	0,0000	-36,2839	0,0000
20	1,67	-5,0223	0,0000	-30,2213	0,0000
21	1,73	-3,2107	0,0000	-24,1833	0,0000
22	1,80	-1,8005	0,0000	-18,1511	0,0000
23	1,87	-0,7912	0,0000	-12,1306	0,0000
24	1,93	-0,1820	0,0000	-6,1273	0,0000
25	2,00	0,0000	0,0341	-0,2136	0,0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,3362	0,1437	-0,4883	2,6676

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

2	0,14	-0,1957	0,1144	-0,4811	3,2480
3	0,27	-0,1366	0,0908	-0,9642	0,6609
4	0,41	-0,1743	0,0732	-2,2545	0,0265
5	0,55	-0,2987	0,0594	-4,1550	0,0842
6	0,69	-0,5163	0,0492	-6,5018	0,2630
7	0,82	-0,8244	0,0424	-9,8871	0,8462
8	0,96	-1,1557	0,0382	-17,9540	2,1362
9	1,10	-0,7716	0,0351	-22,7453	10,1059
10	1,20	-0,0334	1,3600	-16,2461	52,3407
11	1,30	-0,0349	8,0650	-68,3034	68,2651
12	1,40	-0,0369	1,3543	-52,3774	16,3317
13	1,50	-0,7725	0,0181	-10,4451	22,5910
14	1,63	-1,1532	0,0136	-2,1017	18,0390
15	1,76	-0,8469	0,0103	-0,8948	10,2605
16	1,90	-0,5477	0,0075	-0,2964	6,6004
17	2,03	-0,3275	0,0053	-0,0947	4,4203
18	2,16	-0,1904	0,0036	-0,0305	2,6437
19	2,29	-0,1100	0,0023	-0,0204	1,5192
20	2,42	-0,0636	0,0013	-0,0153	0,8662
21	2,56	-0,0370	0,0006	-0,0112	0,4964
22	2,69	-0,0215	0,0001	-0,0079	0,2865
23	2,82	-0,0125	0,0000	-0,0054	0,1662
24	2,95	-0,0073	0,0000	-0,0035	0,0968
25	3,08	-0,0043	0,0000	-0,0021	0,0564
26	3,22	-0,0025	0,0000	-0,0011	0,0329
27	3,35	-0,0014	0,0000	-0,0004	0,0192
28	3,48	-0,0008	0,0000	0,0000	0,0112
29	3,61	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0065
30	3,75	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0038
31	3,88	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0022
32	4,01	-0,0005	0,0000	0,0000	0,0013
33	4,14	-0,0005	0,0000	0,0000	0,0008
34	4,27	-0,0004	0,0000	0,0000	0,0006
35	4,41	-0,0004	0,0000	0,0000	0,0005
36	4,54	-0,0004	0,0000	0,0000	0,0004
37	4,67	-0,0004	0,0000	0,0000	0,0003
38	4,80	-0,0004	0,0000	0,0000	0,0002
39	4,93	-0,0003	0,0000	0,0000	0,0001
40	5,07	-0,0003	0,0000	-0,0001	0,0000
41	5,20	-0,0004	0,0000	-0,0002	0,0000
42	5,33	-0,0004	0,0000	-0,0003	0,0000
43	5,46	-0,0004	0,0000	-0,0004	0,0000
44	5,59	-0,0004	0,0000	-0,0005	0,0000
45	5,73	-0,0004	0,0000	-0,0006	0,0000
46	5,86	-0,0005	0,0000	-0,0008	0,0000
47	5,99	-0,0005	0,0000	-0,0013	0,0000
48	6,12	-0,0006	0,0000	-0,0022	0,0000
49	6,25	-0,0006	0,0000	-0,0038	0,0000

---

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

50	6,39	-0,0006	0,0000	-0,0065	0,0000
51	6,52	-0,0008	0,0000	-0,0112	0,0000
52	6,65	-0,0014	0,0000	-0,0192	0,0004
53	6,78	-0,0025	0,0000	-0,0329	0,0011
54	6,92	-0,0043	0,0000	-0,0564	0,0021
55	7,05	-0,0073	0,0000	-0,0968	0,0035
56	7,18	-0,0125	0,0000	-0,1662	0,0054
57	7,31	-0,0215	0,0001	-0,2865	0,0079
58	7,44	-0,0370	0,0006	-0,4964	0,0112
59	7,58	-0,0636	0,0013	-0,8662	0,0153
60	7,71	-0,1100	0,0023	-1,5192	0,0204
61	7,84	-0,1904	0,0036	-2,6437	0,0305
62	7,97	-0,3275	0,0053	-4,4203	0,0947
63	8,10	-0,5477	0,0075	-6,6004	0,2964
64	8,24	-0,8469	0,0103	-10,2605	0,8948
65	8,37	-1,1532	0,0136	-18,0390	2,1017
66	8,50	-0,7725	0,0181	-22,5910	10,4451
67	8,60	-0,0369	1,3543	-16,3317	52,3774
68	8,70	-0,0349	8,0650	-68,2651	68,3034
69	8,80	-0,0334	1,3600	-52,3407	16,2461
70	8,90	-0,7716	0,0351	-10,1059	22,7453
71	9,04	-1,1557	0,0382	-2,1362	17,9540
72	9,18	-0,8244	0,0424	-0,8462	9,8871
73	9,31	-0,5163	0,0492	-0,2630	6,5018
74	9,45	-0,2987	0,0594	-0,0842	4,1550
75	9,59	-0,1743	0,0732	-0,0265	2,2545
76	9,72	-0,1366	0,0908	-0,6609	0,9642
77	9,86	-0,1957	0,1144	-3,2480	0,4811
78	10,00	-0,3362	0,1437	-2,6676	0,4883

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 6

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V<sub>Rcd</sub> Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

V<sub>Rsd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]

VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	4770,44	173,53	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

2	0,13	100, 50	10,05	10,05	1358,88	431,60	183,30	173,76	--	--
3	0,26	100, 50	10,05	10,05	1304,54	423,97	143,51	173,98	--	--
4	0,39	100, 50	10,05	10,05	1261,61	417,95	137,01	174,21	--	--
5	0,52	100, 50	10,05	10,05	1238,08	414,65	143,86	174,43	--	--
6	0,65	100, 50	10,05	10,05	1283,13	-420,97	151,66	174,65	--	--
7	0,78	100, 50	10,05	10,05	1687,35	-475,56	127,21	174,88	--	--
8	0,91	100, 50	10,05	10,05	2131,17	-520,34	111,38	175,10	--	--
9	1,04	100, 50	10,05	10,05	2587,75	-550,50	101,19	175,33	--	--
10	1,17	100, 50	10,05	10,05	3033,16	-563,25	94,99	175,55	--	--
11	1,30	100, 50	10,05	10,05	3417,78	-554,27	92,31	175,78	--	--
12	1,43	100, 50	10,05	10,05	3765,16	-531,92	92,79	176,00	--	--
13	1,56	100, 50	10,05	10,05	4129,00	-504,07	95,43	176,22	--	--
14	1,69	100, 50	10,05	10,05	4496,96	521,44	101,57	176,45	--	--
15	1,82	100, 50	10,05	10,05	4652,68	548,02	111,35	176,67	--	--
16	1,95	100, 50	10,05	10,05	4668,47	563,32	124,81	176,90	--	--
17	2,08	100, 50	10,05	10,05	4564,63	540,06	140,53	177,12	--	--
18	2,21	100, 50	10,05	10,05	4520,53	-475,97	160,86	177,35	--	--
19	2,34	100, 50	10,05	10,05	5696,62	-492,73	145,50	177,57	--	--
20	2,47	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-509,30	131,84	177,79	--	--
21	2,60	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-523,39	119,44	178,02	--	--
22	2,73	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-537,30	108,18	178,24	--	--
23	2,86	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-545,43	69,26	178,47	--	--
24	2,99	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-445,63	39,03	178,69	--	--
25	3,12	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-352,35	22,74	178,92	--	--
26	3,25	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-293,99	14,59	179,14	--	--
27	3,38	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-261,63	10,29	179,36	--	--
28	3,51	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-241,94	7,72	179,59	--	--
29	3,64	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-228,76	6,03	179,81	--	--
30	3,77	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-219,34	4,85	180,04	--	--
31	3,90	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-212,32	3,98	180,26	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 6

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

### Fondazione di valle

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	1000,00	173,53	--	--
2	0,06	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	485,50	173,53	--	--
3	0,12	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	113,04	173,53	--	--
4	0,18	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	49,75	173,53	--	--
5	0,24	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	28,15	173,53	--	--
6	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	18,17	173,53	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	1000,00	173,53	--	--
2	0,07	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	947,80	173,53	--	--
3	0,13	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	218,06	173,53	--	--
4	0,20	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	95,82	173,53	--	--
5	0,27	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	53,73	173,53	--	--
6	0,33	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	34,35	173,53	--	--
7	0,40	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	23,85	173,53	--	--
8	0,47	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	17,51	173,53	--	--
9	0,53	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	13,44	173,53	--	--
10	0,60	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	10,67	173,53	--	--
11	0,67	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	8,71	173,53	--	--
12	0,73	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	7,28	173,53	--	--
13	0,80	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	6,20	173,53	--	--
14	0,87	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	5,37	173,53	--	--
15	0,93	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	4,71	173,53	--	--
16	1,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	4,20	173,53	--	--
17	1,07	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,78	173,53	--	--
18	1,13	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,44	173,53	--	--
19	1,20	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,16	173,53	--	--

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

- B base della sezione espressa in [cm]
- H altezza della sezione espressa in [cm]
- A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
- A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
- σ<sub>c</sub> tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
- τ<sub>c</sub> tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
- σ<sub>fs</sub> tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
- σ<sub>fi</sub> tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]
- N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]
- M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

CS coefficiente sicurezza sezione  
 VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]  
 VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]  
 VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	4770,44	173,53	--	--
2	0,13	100, 50	10,05	10,05	1342,32	429,27	183,30	173,76	--	--
3	0,26	100, 50	10,05	10,05	1304,54	423,97	143,51	173,98	--	--
4	0,39	100, 50	10,05	10,05	1261,61	417,95	137,01	174,21	--	--
5	0,52	100, 50	10,05	10,05	1238,08	414,65	143,86	174,43	--	--
6	0,65	100, 50	10,05	10,05	1283,13	-420,97	151,66	174,65	--	--
7	0,78	100, 50	10,05	10,05	1687,35	-475,56	127,21	174,88	--	--
8	0,91	100, 50	10,05	10,05	2131,17	-520,34	111,38	175,10	--	--
9	1,04	100, 50	10,05	10,05	2587,75	-541,74	101,19	175,33	--	--
10	1,17	100, 50	10,05	10,05	3033,16	-517,09	94,99	175,55	--	--
11	1,30	100, 50	10,05	10,05	3417,78	-490,10	92,31	175,78	--	--
12	1,43	100, 50	10,05	10,05	3765,16	472,45	92,79	176,00	--	--
13	1,56	100, 50	10,05	10,05	4129,00	494,37	95,43	176,22	--	--
14	1,69	100, 50	10,05	10,05	4470,43	521,44	101,57	176,45	--	--
15	1,82	100, 50	10,05	10,05	4621,35	515,25	111,35	176,67	--	--
16	1,95	100, 50	10,05	10,05	4616,53	462,28	124,81	176,90	--	--
17	2,08	100, 50	10,05	10,05	4510,36	-410,84	140,53	177,12	--	--
18	2,21	100, 50	10,05	10,05	4520,53	-423,82	158,96	177,35	--	--
19	2,34	100, 50	10,05	10,05	5696,62	-440,16	144,74	177,57	--	--
20	2,47	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-456,59	131,73	177,79	--	--
21	2,60	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-472,34	119,44	178,02	--	--
22	2,73	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-524,30	95,85	178,24	--	--
23	2,86	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-525,94	61,65	178,47	--	--
24	2,99	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-439,83	37,93	178,69	--	--
25	3,12	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-352,35	22,74	178,92	--	--
26	3,25	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-293,99	14,59	179,14	--	--
27	3,38	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-261,63	10,29	179,36	--	--
28	3,51	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-241,94	7,72	179,59	--	--
29	3,64	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-228,76	6,03	179,81	--	--
30	3,77	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-219,34	4,85	180,04	--	--
31	3,90	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-212,32	3,98	180,26	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,001	-0,002	0,029	0,064
2	0,13	100, 50	10,05	10,05	0,041	-0,002	1,511	-0,428
3	0,26	100, 50	10,05	10,05	0,059	-0,003	1,845	-0,653
4	0,39	100, 50	10,05	10,05	0,071	-0,003	1,846	0,934
5	0,52	100, 50	10,05	10,05	0,077	-0,003	1,648	1,263

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

6	0,65	100, 50	10,05	10,05	0,084	-0,002	1,350	1,565
7	0,78	100, 50	10,05	10,05	0,100	-0,002	-1,211	1,827
8	0,91	100, 50	10,05	10,05	0,114	-0,002	-1,386	2,022
9	1,04	100, 50	10,05	10,05	0,126	-0,001	-1,537	2,127
10	1,17	100, 50	10,05	10,05	0,135	-0,001	-1,661	2,132
11	1,30	100, 50	10,05	10,05	0,141	-0,001	-1,749	2,017
12	1,43	100, 50	10,05	10,05	0,142	0,000	-1,794	1,777
13	1,56	100, 50	10,05	10,05	0,140	0,000	-1,791	1,430
14	1,69	100, 50	10,05	10,05	0,133	0,000	-1,737	-1,078
15	1,82	100, 50	10,05	10,05	0,123	0,000	-1,636	-1,128
16	1,95	100, 50	10,05	10,05	0,111	-0,001	-1,506	-1,210
17	2,08	100, 50	10,05	10,05	0,099	-0,001	-1,368	-1,309
18	2,21	100, 50	10,05	10,05	0,103	-0,001	-1,210	-1,422
19	2,34	100, 50	10,05	10,05	0,112	-0,001	-1,009	-1,549
20	2,47	100, 50	10,05	10,05	0,123	-0,001	-0,874	-1,695
21	2,60	100, 50	10,05	10,05	0,136	0,000	-0,920	-1,854
22	2,73	100, 50	10,05	10,05	0,165	-0,001	-0,966	-2,224
23	2,86	100, 50	10,05	10,05	0,242	-0,001	2,173	-3,124
24	2,99	100, 50	10,05	10,05	0,347	-0,001	5,547	-4,272
25	3,12	100, 50	10,05	10,05	0,484	-0,001	10,994	-5,679
26	3,25	100, 50	10,05	10,05	0,640	-0,001	17,893	-7,206
27	3,38	100, 50	10,05	10,05	0,813	-0,001	26,088	-8,866
28	3,51	100, 50	10,05	10,05	1,005	-0,001	35,546	-10,678
29	3,64	100, 50	10,05	10,05	1,218	0,000	46,293	-12,660
30	3,77	100, 50	10,05	10,05	1,454	0,000	58,379	-14,830
31	3,90	100, 50	10,05	10,05	1,712	0,000	71,839	-17,199

## Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm <sup>2</sup> ]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mm <sup>2</sup> ]
N <sub>u</sub>	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	1000,00	173,53	--	--
2	0,06	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	485,50	173,53	--	--
3	0,12	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	113,04	173,53	--	--
4	0,18	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	49,75	173,53	--	--
5	0,24	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	28,15	173,53	--	--
6	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	18,17	173,53	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
7	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,003	0,000	-0,027	0,172
8	0,06	100, 50	10,05	10,05	0,011	0,023	0,646	0,300
9	0,12	100, 50	10,05	10,05	0,049	0,047	2,779	-0,430
10	0,18	100, 50	10,05	10,05	0,112	0,071	6,334	-0,980
11	0,24	100, 50	10,05	10,05	0,198	0,095	11,229	-1,738
12	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,308	0,118	17,461	-2,702

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	1000,00	173,53	--	--
2	0,07	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	748,61	173,53	--	--
3	0,13	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	173,00	173,53	--	--
4	0,20	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	76,09	173,53	--	--
5	0,27	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	42,68	173,53	--	--
6	0,33	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	27,32	173,53	--	--
7	0,40	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	19,10	173,53	--	--
8	0,47	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	14,17	173,53	--	--
9	0,53	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	10,99	173,53	--	--
10	0,60	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	8,81	173,53	--	--
11	0,67	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	7,26	173,53	--	--
12	0,73	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	6,11	173,53	--	--
13	0,80	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	5,23	173,53	--	--
14	0,87	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	4,55	173,53	--	--
15	0,93	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	4,01	173,53	--	--
16	1,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,57	173,53	--	--
17	1,07	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,22	173,53	--	--
18	1,13	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	2,93	173,53	--	--
19	1,20	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	2,68	173,53	--	--

Inviluppo SLE

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
20	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,001	0,000	0,075	-0,012
21	0,07	100, 50	10,05	10,05	0,007	0,000	-0,063	0,405
22	0,13	100, 50	10,05	10,05	0,031	0,000	-0,269	1,736
23	0,20	100, 50	10,05	10,05	0,068	0,000	-0,599	3,870
24	0,27	100, 50	10,05	10,05	0,119	0,000	-1,048	6,771
25	0,33	100, 50	10,05	10,05	0,183	0,000	-1,605	10,368
26	0,40	100, 50	10,05	10,05	0,257	0,000	-2,251	14,547
27	0,47	100, 50	10,05	10,05	0,340	0,000	-2,982	19,265
28	0,53	100, 50	10,05	10,05	0,431	0,000	-3,783	24,446
29	0,60	100, 50	10,05	10,05	0,530	0,000	-4,651	30,050
30	0,67	100, 50	10,05	10,05	0,635	0,000	-5,572	36,001
31	0,73	100, 50	10,05	10,05	0,746	0,000	-6,542	42,268
32	0,80	100, 50	10,05	10,05	0,861	0,000	-7,548	48,770
33	0,87	100, 50	10,05	10,05	0,979	0,000	-8,584	55,467
34	0,93	100, 50	10,05	10,05	1,099	0,000	-9,640	62,291
35	1,00	100, 50	10,05	10,05	1,220	0,000	-10,697	69,120
36	1,07	100, 50	10,05	10,05	1,340	0,000	-11,749	75,914
37	1,13	100, 50	10,05	10,05	1,458	0,000	-12,783	82,598
38	1,20	100, 50	10,05	10,05	1,573	0,000	-13,793	89,126

## ALLEGATO 3: MANUFATTO DI SBOCCO

### TABULATI DI CALCOLO

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

#### Calcolo della spinta sul muro

#### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

## Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$  peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = A \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$D d_q = 1 + 0.2 \frac{B}{\sqrt{K_p}} \quad B$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$D d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{B}{\sqrt{K_p}} \quad \text{per } \phi > 0 \quad B$$

Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \frac{\theta}{90})^2$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta}{90})^2 \quad \text{per } \phi > 0 \quad \phi^\circ$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

PROGETTO ESECUTIVO  
**RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI**

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{\text{esima}}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{\text{esima}}$  e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

### *Impostazioni verifiche SLU*

#### Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

### *Impostazioni verifiche SLE*

Condizioni ambientali

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

#### Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

#### Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_r < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

**Impostazioni avanzate**

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

**Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati**

*Simbologia adottata*

- C Identificativo della combinazione
- Tipo Tipo combinazione
- Sisma Combinazione sismica
- CS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento
- CS<sub>RIB</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento
- CS<sub>GLIM</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite
- CS<sub>STAB</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>SCO</sub>	CS <sub>RIB</sub>	CS <sub>GLIM</sub>	CS <sub>STAB</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	1,27	--	1,67	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,03	--	0,72	--
3	EQU - [1]	--	--	4,40	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,08
5	A1-M1 - [2]	--	0,91	--	0,79	--
6	A2-M2 - [2]	--	0,70	--	0,33	--
7	EQU - [2]	--	--	2,61	--	--
8	STAB - [2]	--	--	--	--	0,93
9	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,43	--	1,95	--
10	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,43	--	1,99	--
11	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	0,93	--	0,60	--
12	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	0,93	--	0,61	--
13	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	4,62	--	--
14	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4,45	--	--
15	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,05
16	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,04
17	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,34	--	1,75	--
18	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,34	--	1,78	--
19	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	0,87	--	0,53	--
20	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	0,87	--	0,54	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4,07	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	4,20	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,02
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,02
25	SLEQ - [1]	--	1,50	--	2,10	--
26	SLEF - [1]	--	1,36	--	1,80	--
27	SLER - [1]	--	1,19	--	1,40	--
28	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,42	--	1,93	--
29	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,42	--	1,94	--
30	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,29	--	1,65	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

31 SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,29	--	1,66	--
32 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,13	--	1,27	--
33 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,13	--	1,28	--

## Inviluppo sollecitazioni piastra paramento

### Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 10.00 Altezza(m) = 4.45

Origine all'attacco con la fondazione all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra espressa in [m]

Ordinata Y positiva verso l'alto espressa in [m]

I momenti positivi tendono le fibre contro terra

Momento espresso in [kNm]

Taglio e Sforzo Normale espressi in [kN]

### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>	N
1	0,00	0,0000	74,4114	-82,0712	0,0000	55,6250
2	0,15	0,0000	62,6199	-76,3174	0,0000	53,7500
3	0,30	0,0000	51,9949	-69,6339	1,6772	51,8750
4	0,45	0,0000	42,4845	-63,1797	3,0091	50,0000
5	0,60	0,0000	34,0214	-57,0904	4,0111	48,1250
6	0,75	0,0000	26,5401	-51,2632	4,2912	46,2500
7	0,90	0,0000	19,9845	-45,6884	3,9249	44,3750
8	1,05	0,0000	14,2883	-40,4722	3,1968	42,5000
9	1,20	0,0000	9,3886	-35,5231	2,2926	40,6250
10	1,35	0,0000	7,6179	-30,8190	1,3226	38,7500
11	1,50	0,0000	6,7174	-26,4591	0,5660	36,8750
12	1,65	-1,0856	5,8854	-22,4439	0,4316	35,0000
13	1,80	-3,3499	5,2205	-18,6641	0,4088	33,1250
14	1,95	-5,0837	4,6238	-15,2047	0,7779	31,2500
15	2,10	-6,3403	4,1313	-12,0046	1,1719	29,3750
16	2,25	-7,1618	3,7952	-9,0282	1,5288	27,5000
17	2,40	-7,5944	3,7857	-6,4094	1,7991	25,6250
18	2,55	-7,7049	3,9243	-4,7795	1,8298	23,7500
19	2,70	-7,5619	4,0621	-4,6535	1,7161	21,8750
20	2,85	-7,2266	4,1810	-4,4235	1,3973	20,0000
21	3,00	-6,7582	4,2610	-4,1293	1,4819	18,1250
22	3,15	-6,1825	4,3071	-3,7670	1,8396	16,2500
23	3,30	-5,5225	4,3200	-3,3492	2,2140	14,3750
24	3,45	-4,8047	4,2881	-2,8012	2,5402	12,5000
25	3,60	-4,0503	4,1952	-1,7251	2,9390	10,6250
26	3,75	-3,2770	4,0204	-1,8059	9,4731	8,7500
27	3,90	-2,5077	10,4355	-34,0557	9,7728	6,8750
28	4,04	-1,8209	3,3265	-33,7897	3,6001	5,1562

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

29	4,17	-1,1650	2,7198	-14,6901	2,9087	3,4375
30	4,31	-0,5554	1,8429	-8,5507	2,5731	1,7188
31	4,45	-0,0544	0,0262	-8,4846	2,1768	0,0000

*Sollecitazioni in direzione X*

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,2711	0,0245	-10,4779	2,2174
2	0,27	-1,0620	3,5626	-10,5596	0,0393
3	0,55	-0,6123	5,8933	-11,5551	0,0000
4	0,82	-0,0526	8,6101	-18,8746	0,0000
5	1,10	0,0000	11,7974	-40,3297	0,0000
6	1,30	0,0000	17,1405	-40,6472	46,4979
7	1,50	0,0000	11,5374	-20,0328	46,1558
8	1,78	-0,0190	6,3090	-24,3625	23,0225
9	2,06	-0,3992	2,3308	-26,0053	18,5416
10	2,34	-2,2833	0,0000	-24,5249	15,3745
11	2,62	-4,5418	0,0000	-22,0152	12,8466
12	2,90	-7,2594	0,0000	-19,2240	10,5422
13	3,18	-9,6080	0,0000	-16,4336	8,8015
14	3,46	-11,5518	0,0000	-13,7523	7,0927
15	3,74	-13,1139	0,0000	-11,2096	5,7646
16	4,02	-14,3208	0,0000	-8,7995	4,6096
17	4,30	-15,1983	0,0000	-6,5012	3,2593
18	4,58	-15,7682	0,0000	-4,2877	2,0961
19	4,86	-16,0460	0,0000	-2,1303	1,0288
20	5,14	-16,0460	0,0000	-1,0288	2,1303
21	5,42	-15,7682	0,0000	-2,0961	4,2877
22	5,70	-15,1983	0,0000	-3,2593	6,5012
23	5,98	-14,3208	0,0000	-4,6096	8,7995
24	6,26	-13,1139	0,0000	-5,7646	11,2096
25	6,54	-11,5518	0,0000	-7,0927	13,7523
26	6,82	-9,6080	0,0000	-8,8015	16,4336
27	7,10	-7,2594	0,0000	-10,5422	19,2240
28	7,38	-4,5418	0,0000	-12,8466	22,0152
29	7,66	-2,2833	0,0000	-15,3745	24,5249
30	7,94	-0,3992	2,3308	-18,5416	26,0053
31	8,22	-0,0190	6,3090	-23,0225	24,3625
32	8,50	0,0000	11,5374	-46,1558	20,0328
33	8,70	0,0000	17,1405	-46,4979	40,6472
34	8,90	0,0000	11,7974	0,0000	40,3297
35	9,18	-0,0526	8,6101	0,0000	18,8746
36	9,45	-0,6123	5,8933	0,0000	11,5551
37	9,72	-1,0620	3,5626	-0,0393	10,5596
38	10,00	-0,2711	0,0245	-2,2174	10,4779

PROGETTO ESECUTIVO  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

## Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

### Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 10.00 Altezza(m) = 2.80

Origine all'attacco con il muro all'estremità sinistra del muro

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-0,2136	0,0000	-10,4209	1,0660
2	0,10	0,0000	0,9414	-7,5418	21,5307
3	0,20	0,0000	4,0170	0,0000	43,1630
4	0,30	0,0000	9,1782	0,0000	62,2524
5	0,80	-113,0751	0,0000	-58,8411	0,0000
6	0,90	-107,2644	0,0000	-63,3290	0,0000
7	0,99	-101,0309	0,0000	-67,7334	0,0000
8	1,09	-94,4363	0,0000	-70,5680	0,0000
9	1,18	-87,5843	0,0000	-73,4161	0,0000
10	1,28	-80,5267	0,0000	-74,6249	0,0000
11	1,37	-73,3676	0,0000	-75,8321	0,0000
12	1,47	-66,1591	0,0000	-75,4103	0,0000
13	1,56	-59,0050	0,0000	-74,9830	0,0000
14	1,66	-51,9573	0,0000	-72,9133	0,0000
15	1,75	-45,1200	0,0000	-70,8629	0,0000
16	1,85	-38,4840	0,0000	-68,8112	0,0000
17	1,94	-32,1152	0,0000	-65,1126	0,0000
18	2,04	-26,1122	0,0000	-61,4108	0,0000
19	2,13	-20,5269	0,0000	-56,0683	0,0000
20	2,23	-15,4632	0,0000	-50,7240	0,0000
21	2,32	-10,9731	0,0000	-43,7437	0,0000
22	2,42	-7,1601	0,0000	-36,7633	0,0000
23	2,51	-4,0755	0,0000	-28,1454	0,0000
24	2,61	-1,8202	0,0000	-19,5169	0,0000
25	2,70	-0,4223	0,0000	-9,8938	0,0000
26	2,80	0,0000	0,0788	-0,4350	0,0000

### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-0,5558	0,2847	-0,1816	2,5318
2	0,18	-0,2242	0,1970	-0,7871	3,6549
3	0,37	-0,1485	0,1463	-1,8968	0,6411

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

---

4	0,55	-0,2916	0,1101	-4,6392	0,0184
5	0,73	-0,6136	0,0824	-7,3324	0,0863
6	0,92	-1,1066	0,0595	-15,0722	0,6993
7	1,10	-1,8655	0,0920	-15,0840	17,2566
8	1,30	0,0000	6,2534	-46,1067	46,1512
9	1,50	-1,8592	0,0633	-17,2162	15,1945
10	1,69	-1,1012	0,0221	-0,6937	15,0174
11	1,88	-0,5980	0,0164	-0,0862	7,2545
12	2,07	-0,2856	0,0118	-0,0506	4,4550
13	2,26	-0,1288	0,0081	-0,0408	2,0786
14	2,45	-0,0576	0,0051	-0,0322	0,9190
15	2,64	-0,0258	0,0029	-0,0249	0,4081
16	2,82	-0,0116	0,0012	-0,0188	0,1830
17	3,01	-0,0052	0,0000	-0,0140	0,0821
18	3,20	-0,0023	0,0000	-0,0101	0,0368
19	3,39	-0,0018	0,0000	-0,0071	0,0165
20	3,58	-0,0020	0,0000	-0,0049	0,0074
21	3,77	-0,0023	0,0000	-0,0032	0,0053
22	3,96	-0,0024	0,0000	-0,0020	0,0043
23	4,15	-0,0025	0,0000	-0,0012	0,0034
24	4,34	-0,0026	0,0000	-0,0007	0,0026
25	4,53	-0,0026	0,0000	-0,0003	0,0019
26	4,72	-0,0026	0,0000	-0,0001	0,0012
27	4,91	-0,0026	0,0000	0,0000	0,0006
28	5,09	-0,0026	0,0000	-0,0006	0,0000
29	5,28	-0,0026	0,0000	-0,0012	0,0001
30	5,47	-0,0026	0,0000	-0,0019	0,0003
31	5,66	-0,0026	0,0000	-0,0026	0,0007
32	5,85	-0,0025	0,0000	-0,0034	0,0012
33	6,04	-0,0024	0,0000	-0,0043	0,0020
34	6,23	-0,0023	0,0000	-0,0053	0,0032
35	6,42	-0,0020	0,0000	-0,0074	0,0049
36	6,61	-0,0018	0,0000	-0,0165	0,0071
37	6,80	-0,0023	0,0000	-0,0368	0,0101
38	6,99	-0,0052	0,0000	-0,0821	0,0140
39	7,18	-0,0116	0,0012	-0,1830	0,0188
40	7,36	-0,0258	0,0029	-0,4081	0,0249
41	7,55	-0,0576	0,0051	-0,9190	0,0322
42	7,74	-0,1288	0,0081	-2,0786	0,0408
43	7,93	-0,2856	0,0118	-4,4550	0,0506
44	8,12	-0,5980	0,0164	-7,2545	0,0862
45	8,31	-1,1012	0,0221	-15,0174	0,6937
46	8,50	-1,8592	0,0633	-15,1945	17,2162
47	8,70	0,0000	6,2534	-46,1512	46,1067
48	8,90	-1,8655	0,0920	-17,2566	15,0840
49	9,08	-1,1066	0,0595	-0,6993	15,0722
50	9,27	-0,6136	0,0824	-0,0863	7,3324
51	9,45	-0,2916	0,1101	-0,0184	4,6392

---

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

52	9,63	-0,1485	0,1463	-0,6411	1,8968
53	9,82	-0,2242	0,1970	-3,6549	0,7871
54	10,00	-0,5558	0,2847	-2,5318	0,1816

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 6

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	3172,51	173,53	--	--
2	0,14	100, 50	10,05	10,05	1317,96	425,86	115,74	173,77	--	--
3	0,28	100, 50	10,05	10,05	1212,62	410,96	85,61	174,01	--	--
4	0,41	100, 50	10,05	10,05	1112,99	393,04	76,02	174,24	--	--
5	0,55	100, 50	10,05	10,05	1043,13	380,48	19,11	174,48	--	--
6	0,70	100, 50	10,05	10,05	990,84	371,08	77,47	174,74	--	--
7	0,85	100, 50	10,05	10,05	957,88	365,15	84,44	175,00	--	--
8	1,00	100, 50	10,05	10,05	1181,79	-405,41	75,44	175,26	--	--
9	1,15	100, 50	10,05	10,05	1503,84	-451,94	65,67	175,52	--	--
10	1,30	100, 50	10,05	10,05	1868,11	-495,15	59,17	175,78	--	--
11	1,45	100, 50	10,05	10,05	2253,26	-529,72	55,13	176,03	--	--
12	1,60	100, 50	10,05	10,05	2646,02	-553,15	53,14	176,29	--	--
13	1,75	100, 50	10,05	10,05	3033,21	-563,25	53,17	176,55	--	--
14	1,90	100, 50	10,05	10,05	3371,29	-557,05	55,10	176,81	--	--
15	2,05	100, 50	10,05	10,05	3655,05	-539,97	60,25	177,07	--	--
16	2,20	100, 50	10,05	10,05	3823,46	-527,66	70,00	177,33	--	--
17	2,35	100, 50	10,05	10,05	3776,33	548,36	86,49	177,59	--	--
18	2,50	100, 50	10,05	10,05	3651,30	554,73	109,12	177,85	--	--
19	2,65	100, 50	10,05	10,05	4571,96	-549,97	105,35	178,10	--	--
20	2,80	100, 50	10,05	10,05	5846,52	-559,63	95,09	178,36	--	--
21	2,95	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-563,71	83,92	178,62	--	--
22	3,10	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-561,95	73,77	178,88	--	--
23	3,25	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-534,20	56,90	179,14	--	--
24	3,40	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-413,51	28,94	179,40	--	--
25	3,55	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-316,64	15,84	179,66	--	--
26	3,70	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-268,39	10,11	179,92	--	--
27	3,85	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-242,97	7,14	180,17	--	--

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

28	4,00	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-227,37	5,35	180,43	--	--
29	4,15	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-216,87	4,17	180,69	--	--
30	4,30	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-209,36	3,34	180,95	--	--
31	4,45	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-203,74	2,74	181,21	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 6

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	1000,00	176,54	--	--
2	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	282,90	176,54	--	--
3	0,20	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	66,30	176,54	--	--
4	0,30	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	29,02	176,54	--	--

### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	1000,00	176,54	--	--
2	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	630,60	176,54	--	--
3	0,19	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	146,32	176,54	--	--
4	0,29	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	65,35	176,54	--	--
5	0,38	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	37,20	176,54	--	--
6	0,48	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	24,27	176,54	--	--
7	0,57	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	17,22	176,54	--	--
8	0,67	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	12,97	176,54	--	--
9	0,76	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	10,20	176,54	--	--
10	0,86	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	8,29	176,54	--	--
11	0,95	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	6,92	176,54	--	--
12	1,05	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	5,90	176,54	--	--
13	1,14	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	5,13	176,54	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

14	1,24	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	4,51	176,54	--	--
15	1,33	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	4,03	176,54	--	--
16	1,43	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,63	176,54	--	--
17	1,52	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,31	176,54	--	--
18	1,62	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,04	176,54	--	--
19	1,71	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,82	176,54	--	--
20	1,81	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,64	176,54	--	--
21	1,90	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,48	176,54	--	--
22	2,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,36	176,54	--	--

### Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mm <sup>2</sup> ]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mm <sup>2</sup> ]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VR <sub>cd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VR <sub>sd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VR <sub>d</sub>	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	3172,51	173,53	--	--
2	0,14	100, 50	10,05	10,05	1312,57	425,10	115,74	173,77	--	--
3	0,28	100, 50	10,05	10,05	1212,62	410,96	85,61	174,01	--	--
4	0,41	100, 50	10,05	10,05	1112,99	393,04	76,02	174,24	--	--
5	0,55	100, 50	10,05	10,05	1043,13	380,48	17,62	174,48	--	--
6	0,70	100, 50	10,05	10,05	990,84	371,08	77,47	174,74	--	--
7	0,85	100, 50	10,05	10,05	957,88	365,15	84,44	175,00	--	--
8	1,00	100, 50	10,05	10,05	1181,79	-405,41	75,44	175,26	--	--
9	1,15	100, 50	10,05	10,05	1503,84	-451,94	65,67	175,52	--	--
10	1,30	100, 50	10,05	10,05	1868,11	-495,15	59,17	175,78	--	--
11	1,45	100, 50	10,05	10,05	2253,26	-529,72	55,13	176,03	--	--
12	1,60	100, 50	10,05	10,05	2646,02	-541,21	53,14	176,29	--	--
13	1,75	100, 50	10,05	10,05	3011,28	-524,57	53,17	176,55	--	--
14	1,90	100, 50	10,05	10,05	3301,44	-509,09	55,10	176,81	--	--
15	2,05	100, 50	10,05	10,05	3541,61	-493,44	60,25	177,07	--	--
16	2,20	100, 50	10,05	10,05	3756,47	501,30	70,00	177,33	--	--
17	2,35	100, 50	10,05	10,05	3768,68	-482,69	86,49	177,59	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

18	2,50	100, 50	10,05	10,05	3651,30	-489,88	109,12	177,85	--	--
19	2,65	100, 50	10,05	10,05	4571,96	-501,85	105,35	178,10	--	--
20	2,80	100, 50	10,05	10,05	5846,52	-513,76	95,09	178,36	--	--
21	2,95	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-526,85	83,92	178,62	--	--
22	3,10	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-539,25	73,77	178,88	--	--
23	3,25	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-522,89	53,28	179,14	--	--
24	3,40	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-413,51	28,94	179,40	--	--
25	3,55	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-316,64	15,84	179,66	--	--
26	3,70	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-268,39	10,11	179,92	--	--
27	3,85	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-242,97	7,14	180,17	--	--
28	4,00	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-227,37	5,35	180,43	--	--
29	4,15	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-216,87	4,17	180,69	--	--
30	4,30	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-209,36	3,34	180,95	--	--
31	4,45	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-203,74	2,74	181,21	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,002	-0,003	0,046	0,096
2	0,14	100, 50	10,05	10,05	0,059	-0,003	2,484	-0,598
3	0,28	100, 50	10,05	10,05	0,088	-0,003	3,267	-0,918
4	0,41	100, 50	10,05	10,05	0,107	-0,005	3,581	-1,152
5	0,55	100, 50	10,05	10,05	0,362	-0,007	16,869	-3,497
6	0,70	100, 50	10,05	10,05	0,126	-0,005	3,287	2,174
7	0,85	100, 50	10,05	10,05	0,129	-0,004	2,870	2,704
8	1,00	100, 50	10,05	10,05	0,148	-0,003	2,386	3,181
9	1,15	100, 50	10,05	10,05	0,168	-0,002	-1,989	3,575
10	1,30	100, 50	10,05	10,05	0,186	-0,001	-2,206	3,850
11	1,45	100, 50	10,05	10,05	0,199	-0,001	-2,386	3,965
12	1,60	100, 50	10,05	10,05	0,209	0,000	-2,518	3,892
13	1,75	100, 50	10,05	10,05	0,212	0,000	-2,594	3,607
14	1,90	100, 50	10,05	10,05	0,209	0,000	-2,598	3,093
15	2,05	100, 50	10,05	10,05	0,199	0,000	-2,518	2,374
16	2,20	100, 50	10,05	10,05	0,181	0,000	-2,350	-1,639
17	2,35	100, 50	10,05	10,05	0,158	0,000	-2,100	-1,742
18	2,50	100, 50	10,05	10,05	0,139	0,000	-1,812	-1,886
19	2,65	100, 50	10,05	10,05	0,153	0,000	-1,525	-2,075
20	2,80	100, 50	10,05	10,05	0,170	0,000	-1,161	-2,294
21	2,95	100, 50	10,05	10,05	0,192	0,000	-1,043	-2,566
22	3,10	100, 50	10,05	10,05	0,217	0,000	1,125	-2,868
23	3,25	100, 50	10,05	10,05	0,277	0,000	2,525	-3,570
24	3,40	100, 50	10,05	10,05	0,432	0,000	7,784	-5,233
25	3,55	100, 50	10,05	10,05	0,626	-0,001	15,980	-7,177
26	3,70	100, 50	10,05	10,05	0,844	-0,001	26,198	-9,282
27	3,85	100, 50	10,05	10,05	1,090	-0,001	38,290	-11,593
28	4,00	100, 50	10,05	10,05	1,364	-0,001	52,260	-14,143
29	4,15	100, 50	10,05	10,05	1,672	0,000	68,186	-16,964
30	4,30	100, 50	10,05	10,05	2,013	0,000	86,168	-20,082
31	4,45	100, 50	10,05	10,05	2,392	0,000	106,289	-23,516

PROGETTO ESECUTIVO  
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

## Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

### Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	1000,00	176,54	--	--
2	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	282,90	176,54	--	--
3	0,20	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	66,30	176,54	--	--
4	0,30	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	29,02	176,54	--	--

#### Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
5	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,006	0,000	-0,056	0,266
6	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,026	0,041	1,173	-0,249
7	0,20	100, 50	15,71	15,71	0,109	0,079	5,011	-1,062
8	0,30	100, 50	15,71	15,71	0,250	0,119	11,478	-2,433

### Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

#### Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	1000,00	176,54	--	--
2	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	541,18	176,54	--	--
3	0,19	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	125,19	176,54	--	--
4	0,29	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	56,05	176,54	--	--
5	0,38	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	32,01	176,54	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

6	0,48	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	20,90	176,54	--	--
7	0,57	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	14,82	176,54	--	--
8	0,67	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	11,14	176,54	--	--
9	0,76	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	8,73	176,54	--	--
10	0,86	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	7,06	176,54	--	--
11	0,95	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	5,86	176,54	--	--
12	1,05	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	4,97	176,54	--	--
13	1,14	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	4,29	176,54	--	--
14	1,24	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,75	176,54	--	--
15	1,33	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,32	176,54	--	--
16	1,43	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,97	176,54	--	--
17	1,52	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,68	176,54	--	--
18	1,62	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,44	176,54	--	--
19	1,71	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,24	176,54	--	--
20	1,81	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,07	176,54	--	--
21	1,90	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	1,93	176,54	--	--
22	2,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	1,80	176,54	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
23	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,002	0,000	0,082	-0,017
24	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,010	0,000	-0,094	0,441
25	0,19	100, 50	15,71	15,71	0,041	0,000	-0,403	1,900
26	0,29	100, 50	15,71	15,71	0,092	0,000	-0,894	4,220
27	0,38	100, 50	15,71	15,71	0,160	0,000	-1,558	7,352
28	0,48	100, 50	15,71	15,71	0,244	0,000	-2,372	11,193
29	0,57	100, 50	15,71	15,71	0,342	0,000	-3,325	15,691
30	0,67	100, 50	15,71	15,71	0,453	0,000	-4,396	20,741
31	0,76	100, 50	15,71	15,71	0,574	0,000	-5,572	26,291
32	0,86	100, 50	15,71	15,71	0,704	0,000	-6,832	32,237
33	0,95	100, 50	15,71	15,71	0,841	0,000	-8,165	38,528
34	1,05	100, 50	15,71	15,71	0,983	0,000	-9,550	45,063
35	1,14	100, 50	15,71	15,71	1,130	0,000	-10,973	51,775
36	1,24	100, 50	15,71	15,71	1,280	0,000	-12,435	58,674
37	1,33	100, 50	15,71	15,71	1,433	0,000	-13,915	65,656
38	1,43	100, 50	15,71	15,71	1,586	0,000	-15,401	72,669
39	1,52	100, 50	15,71	15,71	1,737	0,000	-16,871	79,607
40	1,62	100, 50	15,71	15,71	1,886	0,000	-18,315	86,418
41	1,71	100, 50	15,71	15,71	2,030	0,000	-19,709	92,999
42	1,81	100, 50	15,71	15,71	2,167	0,000	-21,044	99,296
43	1,90	100, 50	15,71	15,71	2,296	0,000	-22,296	105,205
44	2,00	100, 50	15,71	15,71	2,415	0,000	-23,453	110,665