

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	CALCOLI STRUTTURALI E MATERIALI IMPIEGATI	4
	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
4	METODO DI CALCOLO	7
	4.1 <i>VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ.</i>	8
5	TABULATI DI CALCOLO.....	9
	<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. 7+226.77 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.

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

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

$$\phi = 30^\circ$$

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

Coeff. di Winkler: 5 kg/m^3

Livello falda: P.C.

γ peso dell'unità di volume naturale (g/cm^3)

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

c coesione efficace (Kg/cm^2)

A vantaggio di sicurezza è stato considerato un sovraccarico accidentale a quota piano campagna pari a 2000 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 C32/40 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 – Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1.

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	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{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	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{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 ≤ 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 ≤ 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 γ_{Gi} e γ_{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

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.

- 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.

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

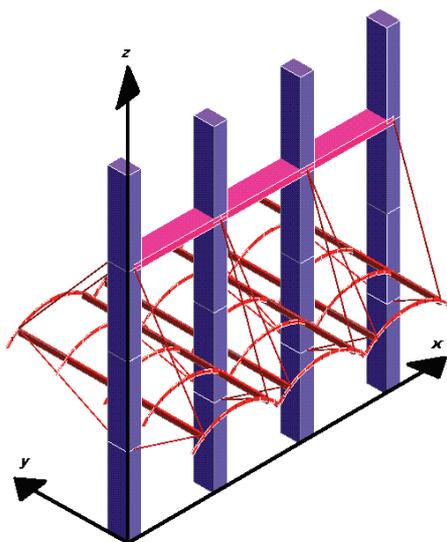
LEGENDA

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

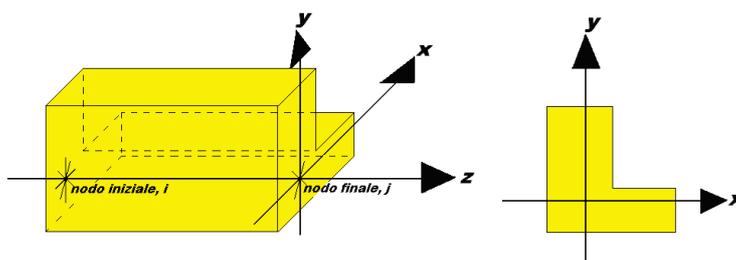
Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

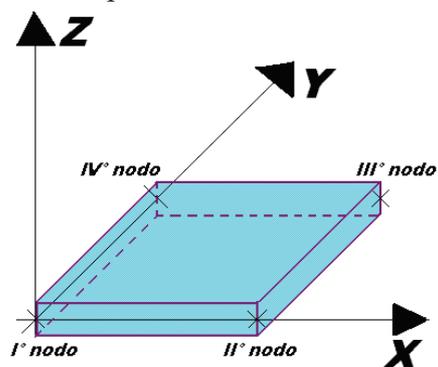
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

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*

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

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

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.

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

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

● SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

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

- 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
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: X_{ij} 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 γ . 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 ρ 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 ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete 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, θ 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 θ .

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 η_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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ 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 η_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 δ_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

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_r + c_a B_r$$

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, δ_r , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_r 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 η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

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

Eseguito 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;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ 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 θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

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

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

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

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_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 α_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 ϕ_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 η . 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 $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

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

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_{γ} 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_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
- CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
- CS_{OLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
- CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{OLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	1,03	--	1,01	--
2	A2-M2 - [1]	--	0,83	--	0,47	--
3	EQU - [1]	--	--	3,23	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,01
5	A1-M1 - [2]	--	0,78	--	0,50	--
6	A2-M2 - [2]	--	0,60	--	0,23	--
7	EQU - [2]	--	--	2,23	--	--
8	STAB - [2]	--	--	--	--	0,87
9	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,17	--	1,25	--
10	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,17	--	1,28	--
11	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	0,76	--	0,39	--
12	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	0,76	--	0,39	--
13	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,44	--	--
14	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,36	--	--
15	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	0,98
16	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	0,98
17	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,11	--	1,13	--
18	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,11	--	1,15	--
19	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	0,72	--	0,34	--
20	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	0,72	--	0,35	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,16	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,23	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	0,96
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	0,95
25	SLEQ - [1]	--	1,22	--	1,39	--
26	SLEF - [1]	--	1,13	--	1,20	--
27	SLER - [1]	--	1,00	--	0,94	--
28	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,16	--	1,26	--
29	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,16	--	1,27	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

30 SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,08	--	1,08	--
31 SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,08	--	1,09	--
32 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	0,96	--	0,84	--
33 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	0,96	--	0,85	--

Inviluppo sollecitazioni piastra paramento

Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 10.00 Altezza(m) = 4.00

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 _{ymin}	M _{ymax}	T _{ymin}	T _{ymax}	N
1	0,00	0,0000	56,9564	-67,6540	0,0000	50,0000
2	0,13	0,0000	48,2177	-62,9603	0,0000	48,3190
3	0,27	0,0000	40,3009	-57,6086	1,7091	46,6379
4	0,40	0,0000	33,1749	-52,4195	3,0239	44,9569
5	0,54	0,0000	26,7972	-47,5069	4,1361	43,2759
6	0,67	0,0000	21,1266	-42,7833	4,5152	41,5948
7	0,81	0,0000	16,1286	-38,2430	4,3022	39,9138
8	0,94	0,0000	11,7601	-33,9794	3,7299	38,2328
9	1,08	0,0000	7,9802	-29,9116	2,9703	36,5517
10	1,21	0,0000	5,3446	-26,0260	2,1280	34,8707
11	1,34	0,0000	4,7233	-22,4141	1,2490	33,1897
12	1,48	-0,1919	4,1541	-19,0019	0,8919	31,5086
13	1,61	-1,9810	3,6317	-15,8076	1,6516	29,8276
14	1,75	-3,3623	3,1999	-12,8953	2,1420	28,1466
15	1,88	-4,3741	2,8445	-10,2016	2,4724	26,4655
16	2,02	-5,0503	2,5607	-7,7303	2,7447	24,7845
17	2,15	-5,4411	2,4311	-5,7833	2,6911	23,1034
18	2,29	-5,6147	2,5094	-4,1990	2,4044	21,4224
19	2,42	-5,6139	2,6808	-3,1251	2,0390	19,7414
20	2,56	-5,4705	2,8164	-2,9419	1,6413	18,0603
21	2,69	-5,2100	2,9150	-2,7065	1,2628	16,3793
22	2,82	-4,8495	2,9804	-2,4719	1,3656	14,6983
23	2,96	-4,4064	3,0130	-2,1856	1,6351	13,0172
24	3,09	-3,9011	3,0062	-1,8921	1,8851	11,3362
25	3,23	-3,3488	2,9530	-1,5471	2,0840	9,6552
26	3,36	-2,7636	2,8413	-1,2053	2,3282	7,9741
27	3,50	-2,1635	2,6484	-1,9066	2,4944	6,2931

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

28	3,63	-1,5614	2,3435	-2,8353	2,5627	4,6121
29	3,77	-0,9690	1,8765	-4,3465	2,4922	2,9310
30	3,90	-0,4014	1,1393	-6,9287	2,2902	1,2500
31	4,00	-0,0566	0,0318	-6,8807	2,0759	0,0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M _{xmin}	M _{xmax}	T _{xmin}	T _{xmax}
1	0,00	-0,2179	0,0150	-8,6733	1,8899
2	0,27	-0,8594	2,8194	-8,7337	0,2035
3	0,55	-0,4750	4,7715	-9,5094	2,2794
4	0,82	-0,0499	7,0760	-15,8121	1,7836
5	1,10	0,0000	9,7168	-23,4832	0,5376
6	1,30	0,0000	13,6553	-28,3330	28,0524
7	1,50	0,0000	9,2533	-16,2784	23,8423
8	1,77	-0,0233	5,6075	-19,9354	18,0475
9	2,04	-0,2948	2,4917	-21,2231	14,3707
10	2,31	-1,5054	0,0000	-19,9169	11,7813
11	2,58	-2,9696	0,0000	-17,8226	9,6607
12	2,85	-4,9278	0,0000	-15,5501	8,0848
13	3,12	-6,7033	0,0000	-13,3201	6,6716
14	3,38	-8,1565	0,0000	-11,2102	5,5264
15	3,65	-9,3164	0,0000	-9,2354	4,4020
16	3,92	-10,2136	0,0000	-7,3850	3,5955
17	4,19	-10,8768	0,0000	-5,6383	2,8448
18	4,46	-11,3304	0,0000	-3,9716	1,8861
19	4,73	-11,5928	0,0000	-2,3612	1,0255
20	5,00	-11,6753	0,0000	-0,7836	0,7836
21	5,27	-11,5928	0,0000	-1,0255	2,3612
22	5,54	-11,3304	0,0000	-1,8861	3,9716
23	5,81	-10,8768	0,0000	-2,8448	5,6383
24	6,08	-10,2136	0,0000	-3,5955	7,3850
25	6,35	-9,3164	0,0000	-4,4020	9,2354
26	6,62	-8,1565	0,0000	-5,5264	11,2102
27	6,88	-6,7033	0,0000	-6,6716	13,3201
28	7,15	-4,9278	0,0000	-8,0848	15,5501
29	7,42	-2,9696	0,0000	-9,6607	17,8226
30	7,69	-1,5054	0,0000	-11,7813	19,9169
31	7,96	-0,2948	2,4917	-14,3707	21,2231
32	8,23	-0,0233	5,6075	-18,0475	19,9354
33	8,50	0,0000	9,2533	-23,8423	16,2784
34	8,70	0,0000	13,6553	-28,0524	28,3330
35	8,90	0,0000	9,7168	-0,5376	23,4832
36	9,18	-0,0499	7,0760	-1,7836	15,8121
37	9,45	-0,4750	4,7715	-2,2794	9,5094
38	9,72	-0,8594	2,8194	-0,2035	8,7337
39	10,00	-0,2179	0,0150	-1,8899	8,6733

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) = 2.00

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 _{ymin}	M _{ymax}	T _{ymin}	T _{ymax}
1	0,00	-0,1010	0,0000	-17,4594	0,5282
2	0,06	-0,1714	0,3799	-23,0354	14,3994
3	0,12	0,0000	1,6311	-20,6877	28,1704
4	0,18	0,0000	3,7035	-15,9421	41,6837
5	0,24	0,0000	6,5405	-5,2560	55,5313
6	0,30	0,0000	10,1271	-0,5485	67,3245
7	0,80	-58,0673	0,0000	-72,5833	0,0000
8	0,87	-53,2035	0,0000	-73,4330	0,0000
9	0,93	-48,2869	0,0000	-74,2439	0,0000
10	1,00	-43,3536	0,0000	-73,6859	0,0000
11	1,07	-38,4654	0,0000	-73,1393	0,0000
12	1,13	-33,6530	0,0000	-71,2199	0,0000
13	1,20	-29,0140	0,0000	-67,9267	0,0000
14	1,27	-24,6076	0,0000	-64,6508	0,0000
15	1,33	-20,4597	0,0000	-59,9979	0,0000
16	1,40	-16,6289	0,0000	-55,3444	0,0000
17	1,47	-13,1453	0,0000	-49,3037	0,0000
18	1,53	-10,0675	0,0000	-43,2272	0,0000
19	1,60	-7,3947	0,0000	-37,0532	0,0000
20	1,67	-5,1327	0,0000	-30,8803	0,0000
21	1,73	-3,2810	0,0000	-24,7112	0,0000
22	1,80	-1,8396	0,0000	-18,5478	0,0000
23	1,87	-0,8080	0,0000	-12,3956	0,0000
24	1,93	-0,1855	0,0000	-6,2595	0,0000
25	2,00	0,0000	0,0348	-0,2109	0,0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M _{xmin}	M _{xmax}	T _{xmin}	T _{xmax}
1	0,00	-0,3590	0,1469	-0,5869	2,8391
2	0,14	-0,2086	0,1187	-0,5800	3,4532

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

3	0,27	-0,1458	0,0950	-1,0282	0,7050
4	0,41	-0,1860	0,0772	-2,4060	0,0283
5	0,55	-0,3188	0,0629	-4,4337	0,0897
6	0,69	-0,5510	0,0522	-6,9366	0,2802
7	0,82	-0,8798	0,0448	-10,5469	0,9010
8	0,96	-1,2333	0,0399	-19,1455	2,2728
9	1,10	-0,8234	0,0361	-24,2409	10,7653
10	1,20	-0,0346	1,4510	-17,2547	55,8575
11	1,30	-0,0361	8,6087	-72,9217	72,8808
12	1,40	-0,0381	1,4450	-55,8967	17,3446
13	1,50	-0,8244	0,0186	-11,1288	24,0770
14	1,63	-1,2305	0,0138	-2,2361	19,2363
15	1,76	-0,9039	0,0106	-0,9527	10,9451
16	1,90	-0,5845	0,0079	-0,3157	7,0417
17	2,03	-0,3496	0,0056	-0,1009	4,7168
18	2,16	-0,2032	0,0038	-0,0325	2,8213
19	2,29	-0,1174	0,0024	-0,0214	1,6213
20	2,42	-0,0679	0,0014	-0,0162	0,9245
21	2,56	-0,0394	0,0006	-0,0119	0,5298
22	2,69	-0,0230	0,0001	-0,0085	0,3057
23	2,82	-0,0134	0,0000	-0,0058	0,1774
24	2,95	-0,0078	0,0000	-0,0038	0,1033
25	3,08	-0,0046	0,0000	-0,0023	0,0602
26	3,22	-0,0027	0,0000	-0,0012	0,0351
27	3,35	-0,0015	0,0000	-0,0004	0,0205
28	3,48	-0,0009	0,0000	0,0000	0,0119
29	3,61	-0,0007	0,0000	0,0000	0,0070
30	3,75	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0041
31	3,88	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0024
32	4,01	-0,0005	0,0000	0,0000	0,0014
33	4,14	-0,0005	0,0000	0,0000	0,0008
34	4,27	-0,0005	0,0000	0,0000	0,0007
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	-0,0004	0,0000	0,0000	0,0001
40	5,07	-0,0004	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	-0,0005	0,0000	-0,0007	0,0000
46	5,86	-0,0005	0,0000	-0,0008	0,0000
47	5,99	-0,0005	0,0000	-0,0014	0,0000
48	6,12	-0,0006	0,0000	-0,0024	0,0000
49	6,25	-0,0006	0,0000	-0,0041	0,0000
50	6,39	-0,0007	0,0000	-0,0070	0,0000

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

51	6,52	-0,0009	0,0000	-0,0119	0,0000
52	6,65	-0,0015	0,0000	-0,0205	0,0004
53	6,78	-0,0027	0,0000	-0,0351	0,0012
54	6,92	-0,0046	0,0000	-0,0602	0,0023
55	7,05	-0,0078	0,0000	-0,1033	0,0038
56	7,18	-0,0134	0,0000	-0,1774	0,0058
57	7,31	-0,0230	0,0001	-0,3057	0,0085
58	7,44	-0,0394	0,0006	-0,5298	0,0119
59	7,58	-0,0679	0,0014	-0,9245	0,0162
60	7,71	-0,1174	0,0024	-1,6213	0,0214
61	7,84	-0,2032	0,0038	-2,8213	0,0325
62	7,97	-0,3496	0,0056	-4,7168	0,1009
63	8,10	-0,5845	0,0079	-7,0417	0,3157
64	8,24	-0,9039	0,0106	-10,9451	0,9527
65	8,37	-1,2305	0,0138	-19,2363	2,2361
66	8,50	-0,8244	0,0186	-24,0770	11,1288
67	8,60	-0,0381	1,4450	-17,3446	55,8967
68	8,70	-0,0361	8,6087	-72,8808	72,9217
69	8,80	-0,0346	1,4510	-55,8575	17,2547
70	8,90	-0,8234	0,0361	-10,7653	24,2409
71	9,04	-1,2333	0,0399	-2,2728	19,1455
72	9,18	-0,8798	0,0448	-0,9010	10,5469
73	9,31	-0,5510	0,0522	-0,2802	6,9366
74	9,45	-0,3188	0,0629	-0,0897	4,4337
75	9,59	-0,1860	0,0772	-0,0283	2,4060
76	9,72	-0,1458	0,0950	-0,7050	1,0282
77	9,86	-0,2086	0,1187	-3,4532	0,5800
78	10,00	-0,3590	0,1469	-2,8391	0,5869

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

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_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 M_u 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]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	3045,96	173,53	--	--
2	0,10	100, 50	10,05	10,05	1332,68	427,92	195,38	173,71	--	--
3	0,23	100, 50	10,05	10,05	1266,17	418,59	135,23	173,94	--	--
4	0,37	100, 50	10,05	10,05	1215,25	411,43	123,40	174,17	--	--
5	0,50	100, 50	10,05	10,05	1176,44	404,45	127,00	174,40	--	--
6	0,64	100, 50	10,05	10,05	1156,83	400,93	137,06	174,63	--	--
7	0,77	100, 50	10,05	10,05	1455,53	-445,16	119,62	174,87	--	--
8	0,91	100, 50	10,05	10,05	1866,53	-494,98	103,56	175,10	--	--
9	1,04	100, 50	10,05	10,05	2306,09	-533,78	93,39	175,33	--	--
10	1,18	100, 50	10,05	10,05	2751,50	-557,93	86,44	175,56	--	--
11	1,31	100, 50	10,05	10,05	3170,66	-564,28	82,74	175,79	--	--
12	1,44	100, 50	10,05	10,05	3516,49	-548,37	82,05	176,03	--	--
13	1,58	100, 50	10,05	10,05	3863,93	-524,70	84,24	176,26	--	--
14	1,71	100, 50	10,05	10,05	4227,86	499,04	88,88	176,49	--	--
15	1,85	100, 50	10,05	10,05	4484,10	529,26	97,27	176,72	--	--
16	1,98	100, 50	10,05	10,05	4524,55	557,15	110,32	176,95	--	--
17	2,12	100, 50	10,05	10,05	4435,36	557,09	127,36	177,19	--	--
18	2,25	100, 50	10,05	10,05	4299,68	499,43	148,54	177,42	--	--
19	2,39	100, 50	10,05	10,05	5400,67	-503,50	138,64	177,65	--	--
20	2,52	100, 50	10,05	10,05	6031,03	-519,25	125,00	177,88	--	--
21	2,66	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-533,25	112,90	178,11	--	--
22	2,79	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-545,73	102,11	178,35	--	--
23	2,92	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-546,70	68,51	178,58	--	--
24	3,06	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-443,02	37,67	178,81	--	--
25	3,19	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-347,58	21,55	179,04	--	--
26	3,33	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-289,26	13,69	179,27	--	--
27	3,46	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-257,89	9,62	179,51	--	--
28	3,60	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-238,88	7,20	179,74	--	--
29	3,73	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-226,17	5,61	179,97	--	--
30	3,87	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-217,12	4,50	180,20	--	--

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

31	4,00	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-210,38	3,69	180,43	--	--
----	------	---------	-------	-------	---------	---------	------	--------	----	----

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 _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
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	454,12	173,53	--	--
3	0,12	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	105,77	173,53	--	--
4	0,18	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	46,58	173,53	--	--
5	0,24	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	26,38	173,53	--	--
6	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	17,04	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
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	929,82	173,53	--	--
3	0,13	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	213,51	173,53	--	--
4	0,20	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	93,78	173,53	--	--
5	0,27	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	52,58	173,53	--	--
6	0,33	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	33,61	173,53	--	--
7	0,40	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	23,33	173,53	--	--
8	0,47	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	17,14	173,53	--	--
9	0,53	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	13,12	173,53	--	--
10	0,60	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	10,37	173,53	--	--
11	0,67	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	8,43	173,53	--	--
12	0,73	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	7,01	173,53	--	--
13	0,80	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	5,95	173,53	--	--

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

14	0,87	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	5,13	173,53	--	--
15	0,93	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	4,49	173,53	--	--
16	1,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,98	173,53	--	--
17	1,07	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,57	173,53	--	--
18	1,13	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,24	173,53	--	--
19	1,20	100, 50	10,05	10,05	0,00	-172,52	2,97	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 _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm ²]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm ²]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mm ²]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mm ²]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VR _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VR _{sd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VR _d	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	2570,05	173,53	--	--
2	0,10	100, 50	10,05	10,05	1315,99	425,58	195,38	173,71	--	--
3	0,23	100, 50	10,05	10,05	1266,17	418,59	135,23	173,94	--	--
4	0,37	100, 50	10,05	10,05	1215,25	411,43	123,40	174,17	--	--
5	0,50	100, 50	10,05	10,05	1176,44	404,45	127,00	174,40	--	--
6	0,64	100, 50	10,05	10,05	1156,83	400,93	137,06	174,63	--	--
7	0,77	100, 50	10,05	10,05	1455,53	-445,16	119,62	174,87	--	--
8	0,91	100, 50	10,05	10,05	1866,53	-494,98	103,56	175,10	--	--
9	1,04	100, 50	10,05	10,05	2306,09	-533,78	93,39	175,33	--	--
10	1,18	100, 50	10,05	10,05	2751,50	-532,51	86,44	175,56	--	--
11	1,31	100, 50	10,05	10,05	3170,66	-509,06	82,74	175,79	--	--
12	1,44	100, 50	10,05	10,05	3516,49	-483,46	82,05	176,03	--	--
13	1,58	100, 50	10,05	10,05	3863,93	472,93	84,24	176,26	--	--
14	1,71	100, 50	10,05	10,05	4192,12	499,04	88,88	176,49	--	--
15	1,85	100, 50	10,05	10,05	4424,56	529,26	97,27	176,72	--	--
16	1,98	100, 50	10,05	10,05	4468,22	486,21	110,32	176,95	--	--
17	2,12	100, 50	10,05	10,05	4390,96	-423,62	127,36	177,19	--	--
18	2,25	100, 50	10,05	10,05	4264,31	-436,63	148,54	177,42	--	--
19	2,39	100, 50	10,05	10,05	5400,67	-450,69	138,34	177,65	--	--
20	2,52	100, 50	10,05	10,05	6031,03	-467,55	125,00	177,88	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

21	2,66	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-482,81	112,90	178,11	--	--
22	2,79	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-517,75	96,01	178,35	--	--
23	2,92	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-528,76	61,30	178,58	--	--
24	3,06	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-439,35	36,99	178,81	--	--
25	3,19	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-347,58	21,55	179,04	--	--
26	3,33	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-289,26	13,69	179,27	--	--
27	3,46	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-257,89	9,62	179,51	--	--
28	3,60	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-238,88	7,20	179,74	--	--
29	3,73	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-226,17	5,61	179,97	--	--
30	3,87	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-217,12	4,50	180,20	--	--
31	4,00	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-210,38	3,69	180,43	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,002	-0,002	0,066	0,118
2	0,10	100, 50	10,05	10,05	0,037	-0,002	1,439	-0,375
3	0,23	100, 50	10,05	10,05	0,060	-0,003	1,990	-0,647
4	0,37	100, 50	10,05	10,05	0,074	-0,003	2,089	0,933
5	0,50	100, 50	10,05	10,05	0,082	-0,003	1,940	1,306
6	0,64	100, 50	10,05	10,05	0,086	-0,003	1,651	1,663
7	0,77	100, 50	10,05	10,05	0,103	-0,002	1,304	1,983
8	0,91	100, 50	10,05	10,05	0,119	-0,002	-1,435	2,238
9	1,04	100, 50	10,05	10,05	0,133	-0,001	-1,608	2,405
10	1,18	100, 50	10,05	10,05	0,144	-0,001	-1,753	2,465
11	1,31	100, 50	10,05	10,05	0,151	-0,001	-1,863	2,395
12	1,44	100, 50	10,05	10,05	0,155	0,000	-1,928	2,184
13	1,58	100, 50	10,05	10,05	0,153	0,000	-1,942	1,836
14	1,71	100, 50	10,05	10,05	0,147	0,000	-1,898	1,374
15	1,85	100, 50	10,05	10,05	0,137	0,000	-1,798	-1,190
16	1,98	100, 50	10,05	10,05	0,123	-0,001	-1,654	-1,268
17	2,12	100, 50	10,05	10,05	0,109	-0,001	-1,493	-1,364
18	2,25	100, 50	10,05	10,05	0,108	-0,001	-1,326	-1,485
19	2,39	100, 50	10,05	10,05	0,118	-0,001	-1,118	-1,616
20	2,52	100, 50	10,05	10,05	0,130	-0,001	-0,891	-1,776
21	2,66	100, 50	10,05	10,05	0,143	0,000	-0,939	-1,951
22	2,79	100, 50	10,05	10,05	0,164	0,000	-0,987	-2,213
23	2,92	100, 50	10,05	10,05	0,244	0,000	2,113	-3,153
24	3,06	100, 50	10,05	10,05	0,356	-0,001	5,693	-4,375
25	3,19	100, 50	10,05	10,05	0,504	-0,001	11,603	-5,887
26	3,33	100, 50	10,05	10,05	0,670	-0,001	19,076	-7,521
27	3,46	100, 50	10,05	10,05	0,857	-0,001	27,960	-9,301
28	3,60	100, 50	10,05	10,05	1,064	-0,001	38,224	-11,248
29	3,73	100, 50	10,05	10,05	1,294	0,000	49,901	-13,383
30	3,87	100, 50	10,05	10,05	1,549	0,000	63,048	-15,726
31	4,00	100, 50	10,05	10,05	1,829	0,000	77,709	-18,288

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 _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
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	454,12	173,53	--	--
3	0,12	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	105,77	173,53	--	--
4	0,18	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	46,58	173,53	--	--
5	0,24	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	26,38	173,53	--	--
6	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	17,04	173,53	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
7	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,003	0,000	-0,028	0,181
8	0,06	100, 50	10,05	10,05	0,012	0,024	0,680	0,315
9	0,12	100, 50	10,05	10,05	0,052	0,050	2,926	-0,453
10	0,18	100, 50	10,05	10,05	0,118	0,075	6,667	-1,032
11	0,24	100, 50	10,05	10,05	0,209	0,100	11,817	-1,829
12	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,324	0,124	18,371	-2,843

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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
-----	---	------	-----------------	-----------------	----------------	----------------	----	-----------------	------------------	------------------

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

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	734,05	173,53	--	--
3	0,13	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	169,26	173,53	--	--
4	0,20	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	74,41	173,53	--	--
5	0,27	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	41,74	173,53	--	--
6	0,33	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	26,68	173,53	--	--
7	0,40	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	18,58	173,53	--	--
8	0,47	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	13,72	173,53	--	--
9	0,53	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	10,60	173,53	--	--
10	0,60	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	8,46	173,53	--	--
11	0,67	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	6,95	173,53	--	--
12	0,73	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	5,83	173,53	--	--
13	0,80	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	4,98	173,53	--	--
14	0,87	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	4,32	173,53	--	--
15	0,93	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,80	173,53	--	--
16	1,00	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,38	173,53	--	--
17	1,07	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	3,04	173,53	--	--
18	1,13	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	2,76	173,53	--	--
19	1,20	100,50	10,05	10,05	0,00	-172,52	2,53	173,53	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
20	0,00	100,50	10,05	10,05	0,001	0,000	0,081	-0,013
21	0,07	100,50	10,05	10,05	0,008	0,000	-0,068	0,439
22	0,13	100,50	10,05	10,05	0,033	0,000	-0,291	1,881
23	0,20	100,50	10,05	10,05	0,074	0,000	-0,649	4,195
24	0,27	100,50	10,05	10,05	0,130	0,000	-1,136	7,340
25	0,33	100,50	10,05	10,05	0,198	0,000	-1,740	11,241
26	0,40	100,50	10,05	10,05	0,278	0,000	-2,441	15,773
27	0,47	100,50	10,05	10,05	0,369	0,000	-3,233	20,891
28	0,53	100,50	10,05	10,05	0,468	0,000	-4,103	26,513
29	0,60	100,50	10,05	10,05	0,575	0,000	-5,045	32,595
30	0,67	100,50	10,05	10,05	0,689	0,000	-6,044	39,056
31	0,73	100,50	10,05	10,05	0,809	0,000	-7,098	45,860
32	0,80	100,50	10,05	10,05	0,934	0,000	-8,191	52,923
33	0,87	100,50	10,05	10,05	1,062	0,000	-9,317	60,199
34	0,93	100,50	10,05	10,05	1,193	0,000	-10,465	67,617
35	1,00	100,50	10,05	10,05	1,324	0,000	-11,614	75,043
36	1,07	100,50	10,05	10,05	1,455	0,000	-12,758	82,436
37	1,13	100,50	10,05	10,05	1,583	0,000	-13,884	89,713
38	1,20	100,50	10,05	10,05	1,709	0,000	-14,985	96,825

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 γ . 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 p 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 ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β 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, θ 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 θ .

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 η_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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ 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 η_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 δ_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, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_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 η_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;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ 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:

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

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

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cotg \phi$$

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

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

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

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

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

Fattori di inclinazione

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

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

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

$$i_y = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_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 α_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 ϕ_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 η . 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 $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

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

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N_γ 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_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1,23	--	1,54	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,00	--	0,66	--
3	EQU - [1]	--	--	4,16	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,06
5	A1-M1 - [2]	--	0,89	--	0,72	--
6	A2-M2 - [2]	--	0,69	--	0,30	--
7	EQU - [2]	--	--	2,50	--	--
8	STAB - [2]	--	--	--	--	0,92
9	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,39	--	1,81	--
10	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,39	--	1,84	--
11	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	0,91	--	0,55	--
12	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	0,91	--	0,56	--
13	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	4,37	--	--
14	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4,23	--	--
15	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,03
16	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,03
17	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,31	--	1,62	--
18	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,31	--	1,65	--
19	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	0,85	--	0,48	--
20	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	0,85	--	0,49	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,87	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,99	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,01
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,01
25	SLEQ - [1]	--	1,46	--	1,95	--
26	SLEF - [1]	--	1,33	--	1,67	--
27	SLER - [1]	--	1,16	--	1,29	--
28	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,38	--	1,79	--
29	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,38	--	1,80	--
30	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,26	--	1,52	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

31 SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,26	--	1,54	--
32 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,11	--	1,17	--
33 SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,11	--	1,18	--

Inviluppo sollecitazioni piastra paramento

Combinazione n° 6

Dimensioni della piastra

Larghezza(m) = 10.00 Altezza(m) = 4.60

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 _{ymin}	M _{ymax}	T _{ymin}	T _{ymax}	N
1	0,00	0,0000	80,7345	-86,9734	0,0000	57,5000
2	0,16	0,0000	67,7493	-80,8222	0,0000	55,5500
3	0,31	0,0000	56,0783	-73,6228	1,6295	53,6000
4	0,47	0,0000	45,6593	-66,6843	2,9379	51,6500
5	0,62	0,0000	36,4138	-60,1437	3,8861	49,7000
6	0,78	0,0000	28,2649	-53,9028	4,1056	47,7500
7	0,94	0,0000	21,1456	-47,9459	3,6698	45,8000
8	1,09	0,0000	14,9801	-42,3730	2,8806	43,8500
9	1,25	0,0000	9,6947	-37,1077	1,9229	41,9000
10	1,40	0,0000	8,4446	-32,1158	0,9070	39,9500
11	1,56	0,0000	7,4316	-27,5117	0,4876	38,0000
12	1,72	-1,5213	6,5332	-23,2889	0,3967	36,0500
13	1,87	-3,9209	5,7977	-19,3137	0,2159	34,1000
14	2,03	-5,7445	5,1194	-15,6609	0,3046	32,1500
15	2,18	-7,0510	4,6314	-12,3113	0,5571	30,2000
16	2,34	-7,8902	4,3106	-9,2024	0,9878	28,2500
17	2,50	-8,3092	4,3758	-6,4153	1,3850	26,3000
18	2,65	-8,3745	4,4879	-5,3436	1,5633	24,3500
19	2,81	-8,1614	4,6149	-5,1943	1,5832	22,4000
20	2,96	-7,7377	4,7388	-4,9341	1,3983	20,4500
21	3,12	-7,1731	4,8338	-4,5548	1,7043	18,5000
22	3,28	-6,5051	4,8946	-4,1301	2,0803	16,5500
23	3,43	-5,7562	4,9180	-3,4936	2,4807	14,6000
24	3,59	-4,9542	4,8848	-2,1669	2,9275	12,6500
25	3,74	-4,1262	4,7690	-1,9745	14,4816	10,7000
26	3,90	-3,2886	15,3712	-46,9211	14,9783	8,7500
27	4,04	-2,5473	4,3206	-46,6065	5,1934	7,0000
28	4,18	-1,8370	3,7425	-21,0310	3,2701	5,2500

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

29	4,32	-1,1659	3,0468	-11,5095	3,0031	3,5000
30	4,46	-0,5507	2,0557	-9,4347	2,6019	1,7500
31	4,60	-0,0610	0,0290	-9,3649	2,1423	0,0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M _{xmin}	M _{xmax}	T _{xmin}	T _{xmax}
1	0,00	-0,2958	0,0269	-11,2735	1,5423
2	0,27	-1,1285	3,8494	-11,3575	0,0471
3	0,55	-0,6678	6,3119	-12,1493	0,0000
4	0,82	-0,0532	9,0155	-19,9949	0,0000
5	1,10	0,0000	12,6235	-55,9125	0,0000
6	1,30	0,0000	18,2928	-56,2900	63,1958
7	1,50	0,0000	12,3243	-21,2792	62,7935
8	1,78	-0,0125	6,4582	-25,8334	24,8021
9	2,06	-0,4078	2,3357	-27,6160	20,0480
10	2,34	-2,5116	0,0000	-26,1401	16,6756
11	2,62	-5,0611	0,0000	-23,5462	14,0955
12	2,90	-7,9689	0,0000	-20,6225	11,6906
13	3,18	-10,5225	0,0000	-17,6732	9,6287
14	3,46	-12,6479	0,0000	-14,8197	7,9915
15	3,74	-14,3657	0,0000	-12,0989	6,3104
16	4,02	-15,6999	0,0000	-9,5094	4,9005
17	4,30	-16,6745	0,0000	-7,0321	3,6812
18	4,58	-17,3097	0,0000	-4,6408	2,5930
19	4,86	-17,6204	0,0000	-2,3066	1,1439
20	5,14	-17,6204	0,0000	-1,1439	2,3066
21	5,42	-17,3097	0,0000	-2,5930	4,6408
22	5,70	-16,6745	0,0000	-3,6812	7,0321
23	5,98	-15,6999	0,0000	-4,9005	9,5094
24	6,26	-14,3657	0,0000	-6,3104	12,0989
25	6,54	-12,6479	0,0000	-7,9915	14,8197
26	6,82	-10,5225	0,0000	-9,6287	17,6732
27	7,10	-7,9689	0,0000	-11,6906	20,6225
28	7,38	-5,0611	0,0000	-14,0955	23,5462
29	7,66	-2,5116	0,0000	-16,6756	26,1401
30	7,94	-0,4078	2,3357	-20,0480	27,6160
31	8,22	-0,0125	6,4582	-24,8021	25,8334
32	8,50	0,0000	12,3243	-62,7935	21,2792
33	8,70	0,0000	18,2928	-63,1958	56,2900
34	8,90	0,0000	12,6235	0,0000	55,9125
35	9,18	-0,0532	9,0155	0,0000	19,9949
36	9,45	-0,6678	6,3119	0,0000	12,1493
37	9,72	-1,1285	3,8494	-0,0471	11,3575
38	10,00	-0,2958	0,0269	-1,5423	11,2735

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 _{ymin}	M _{ymax}	T _{ymin}	T _{ymax}
1	0,00	-0,2285	0,0000	-11,1428	1,1415
2	0,10	0,0000	1,0070	-8,0586	23,0339
3	0,20	0,0000	4,2961	0,0000	46,1439
4	0,30	0,0000	9,8114	0,0000	66,4999
5	0,80	-124,1828	0,0000	-65,7351	0,0000
6	0,90	-117,6990	0,0000	-70,5871	0,0000
7	0,99	-110,7579	0,0000	-75,3485	0,0000
8	1,09	-103,4281	0,0000	-78,3723	0,0000
9	1,18	-95,8244	0,0000	-81,4105	0,0000
10	1,28	-88,0039	0,0000	-82,6352	0,0000
11	1,37	-80,0818	0,0000	-83,8582	0,0000
12	1,47	-72,1157	0,0000	-83,2787	0,0000
13	1,56	-64,2206	0,0000	-82,6939	0,0000
14	1,66	-56,4538	0,0000	-80,2925	0,0000
15	1,75	-48,9304	0,0000	-77,9120	0,0000
16	1,85	-41,6413	0,0000	-75,5302	0,0000
17	1,94	-34,6578	0,0000	-71,3265	0,0000
18	2,04	-28,0893	0,0000	-67,1190	0,0000
19	2,13	-21,9935	0,0000	-61,0963	0,0000
20	2,23	-16,4854	0,0000	-55,0728	0,0000
21	2,32	-11,6224	0,0000	-47,2385	0,0000
22	2,42	-7,5192	0,0000	-39,4018	0,0000
23	2,51	-4,2318	0,0000	-29,7502	0,0000
24	2,61	-1,8694	0,0000	-20,0646	0,0000
25	2,70	-0,4334	0,0000	-10,1497	0,0000
26	2,80	0,0000	0,0809	-0,4194	0,0000

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M _{xmin}	M _{xmax}	T _{xmin}	T _{xmax}
1	0,00	-0,5942	0,2942	-0,1948	2,7052
2	0,18	-0,2396	0,2118	-0,7379	3,9023
3	0,37	-0,1588	0,1590	-2,0283	0,6851

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

4	0,55	-0,3117	0,1205	-4,9603	0,0196
5	0,73	-0,6561	0,0905	-7,8377	0,0922
6	0,92	-1,1832	0,0659	-16,1090	0,7472
7	1,10	-1,9949	0,0993	-16,1190	18,4423
8	1,30	0,0000	6,6866	-49,3067	49,3543
9	1,50	-1,9882	0,0683	-18,3991	16,2369
10	1,69	-1,1774	0,0246	-0,7412	16,0504
11	1,88	-0,6394	0,0182	-0,0921	7,7561
12	2,07	-0,3053	0,0130	-0,0564	4,7634
13	2,26	-0,1377	0,0089	-0,0452	2,2225
14	2,45	-0,0616	0,0057	-0,0355	0,9826
15	2,64	-0,0276	0,0032	-0,0274	0,4364
16	2,82	-0,0124	0,0013	-0,0207	0,1956
17	3,01	-0,0055	0,0000	-0,0154	0,0878
18	3,20	-0,0025	0,0000	-0,0111	0,0394
19	3,39	-0,0020	0,0000	-0,0078	0,0176
20	3,58	-0,0022	0,0000	-0,0054	0,0079
21	3,77	-0,0025	0,0000	-0,0035	0,0058
22	3,96	-0,0027	0,0000	-0,0022	0,0047
23	4,15	-0,0028	0,0000	-0,0013	0,0038
24	4,34	-0,0028	0,0000	-0,0007	0,0029
25	4,53	-0,0028	0,0000	-0,0004	0,0021
26	4,72	-0,0028	0,0000	-0,0002	0,0014
27	4,91	-0,0028	0,0000	-0,0001	0,0007
28	5,09	-0,0028	0,0000	-0,0007	0,0001
29	5,28	-0,0028	0,0000	-0,0014	0,0002
30	5,47	-0,0028	0,0000	-0,0021	0,0004
31	5,66	-0,0028	0,0000	-0,0029	0,0007
32	5,85	-0,0028	0,0000	-0,0038	0,0013
33	6,04	-0,0027	0,0000	-0,0047	0,0022
34	6,23	-0,0025	0,0000	-0,0058	0,0035
35	6,42	-0,0022	0,0000	-0,0079	0,0054
36	6,61	-0,0020	0,0000	-0,0176	0,0078
37	6,80	-0,0025	0,0000	-0,0394	0,0111
38	6,99	-0,0055	0,0000	-0,0878	0,0154
39	7,18	-0,0124	0,0013	-0,1956	0,0207
40	7,36	-0,0276	0,0032	-0,4364	0,0274
41	7,55	-0,0616	0,0057	-0,9826	0,0355
42	7,74	-0,1377	0,0089	-2,2225	0,0452
43	7,93	-0,3053	0,0130	-4,7634	0,0564
44	8,12	-0,6394	0,0182	-7,7561	0,0921
45	8,31	-1,1774	0,0246	-16,0504	0,7412
46	8,50	-1,9882	0,0683	-16,2369	18,3991
47	8,70	0,0000	6,6866	-49,3543	49,3067
48	8,90	-1,9949	0,0993	-18,4423	16,1190
49	9,08	-1,1832	0,0659	-0,7472	16,1090
50	9,27	-0,6561	0,0905	-0,0922	7,8377
51	9,45	-0,3117	0,1205	-0,0196	4,9603

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

52	9,63	-0,1588	0,1590	-0,6851	2,0283
53	9,82	-0,2396	0,2118	-3,9023	0,7379
54	10,00	-0,5942	0,2942	-2,7052	0,1948

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 _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	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]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	2828,86	173,53	--	--
2	0,14	100, 50	10,05	10,05	1381,87	434,82	101,67	173,77	--	--
3	0,28	100, 50	10,05	10,05	1249,61	416,27	74,06	174,02	--	--
4	0,42	100, 50	10,05	10,05	1134,17	396,85	64,70	174,26	--	--
5	0,56	100, 50	10,05	10,05	1047,98	381,35	59,78	174,50	--	--
6	0,70	100, 50	10,05	10,05	984,13	369,87	12,71	174,74	--	--
7	0,86	100, 50	10,05	10,05	937,35	361,46	66,98	175,01	--	--
8	1,01	100, 50	10,05	10,05	934,93	-361,03	71,99	175,28	--	--
9	1,17	100, 50	10,05	10,05	1225,88	-412,94	61,62	175,55	--	--
10	1,32	100, 50	10,05	10,05	1550,08	-458,43	54,66	175,82	--	--
11	1,48	100, 50	10,05	10,05	1914,08	-500,13	50,15	176,09	--	--
12	1,64	100, 50	10,05	10,05	2302,19	-533,48	47,51	176,36	--	--
13	1,79	100, 50	10,05	10,05	2695,85	-555,41	46,67	176,62	--	--
14	1,95	100, 50	10,05	10,05	3057,04	-563,43	48,28	176,89	--	--
15	2,10	100, 50	10,05	10,05	3354,20	-558,07	52,16	177,16	--	--
16	2,26	100, 50	10,05	10,05	3572,01	-545,05	60,62	177,43	--	--
17	2,42	100, 50	10,05	10,05	3559,11	-545,82	75,38	177,70	--	--
18	2,57	100, 50	10,05	10,05	3463,64	564,18	98,21	177,97	--	--
19	2,73	100, 50	10,05	10,05	4272,44	-561,25	96,81	178,24	--	--
20	2,88	100, 50	10,05	10,05	5767,35	-563,83	86,30	178,51	--	--
21	3,04	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-562,07	75,63	178,78	--	--
22	3,20	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-551,46	65,30	179,05	--	--
23	3,35	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-533,88	55,07	179,32	--	--
24	3,51	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-407,29	27,19	179,58	--	--
25	3,66	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-310,27	14,67	179,85	--	--
26	3,82	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-263,91	9,34	180,12	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

27	3,98	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-239,54	6,58	180,39	--	--
28	4,13	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-224,60	4,92	180,66	--	--
29	4,29	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-214,56	3,83	180,93	--	--
30	4,44	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-207,38	3,06	181,20	--	--
31	4,60	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-202,01	2,50	181,47	--	--

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 _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
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	264,47	176,54	--	--
3	0,20	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	61,99	176,54	--	--
4	0,30	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	27,14	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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
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	614,56	176,54	--	--
3	0,19	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	142,46	176,54	--	--
4	0,29	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	62,93	176,54	--	--
5	0,38	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	35,42	176,54	--	--
6	0,48	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	22,91	176,54	--	--
7	0,57	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	16,16	176,54	--	--
8	0,67	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	12,11	176,54	--	--
9	0,76	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	9,48	176,54	--	--
10	0,86	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	7,68	176,54	--	--
11	0,95	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	6,40	176,54	--	--
12	1,05	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	5,44	176,54	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

13	1,14	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	4,72	176,54	--	--
14	1,24	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	4,15	176,54	--	--
15	1,33	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,69	176,54	--	--
16	1,43	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,33	176,54	--	--
17	1,52	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,03	176,54	--	--
18	1,62	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,78	176,54	--	--
19	1,71	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,57	176,54	--	--
20	1,81	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,40	176,54	--	--
21	1,90	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,26	176,54	--	--
22	2,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,14	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 _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm ²]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm ²]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mm ²]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mm ²]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	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]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	172,52	2828,86	173,53	--	--
2	0,14	100, 50	10,05	10,05	1374,01	433,72	101,67	173,77	--	--
3	0,28	100, 50	10,05	10,05	1249,61	416,27	74,06	174,02	--	--
4	0,42	100, 50	10,05	10,05	1134,17	396,85	64,70	174,26	--	--
5	0,56	100, 50	10,05	10,05	1047,98	381,35	54,62	174,50	--	--
6	0,70	100, 50	10,05	10,05	984,13	369,87	11,90	174,74	--	--
7	0,86	100, 50	10,05	10,05	937,35	361,46	66,98	175,01	--	--
8	1,01	100, 50	10,05	10,05	934,93	-361,03	71,99	175,28	--	--
9	1,17	100, 50	10,05	10,05	1225,88	-412,94	61,62	175,55	--	--
10	1,32	100, 50	10,05	10,05	1550,08	-458,43	54,66	175,82	--	--
11	1,48	100, 50	10,05	10,05	1914,08	-500,13	50,15	176,09	--	--
12	1,64	100, 50	10,05	10,05	2302,19	-533,48	47,51	176,36	--	--
13	1,79	100, 50	10,05	10,05	2663,08	-543,06	46,67	176,62	--	--
14	1,95	100, 50	10,05	10,05	2971,44	-528,90	48,28	176,89	--	--
15	2,10	100, 50	10,05	10,05	3264,48	-515,94	52,16	177,16	--	--
16	2,26	100, 50	10,05	10,05	3498,53	-503,59	60,62	177,43	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

17	2,42	100, 50	10,05	10,05	3559,11	-499,06	75,38	177,70	--	--
18	2,57	100, 50	10,05	10,05	3463,64	-505,43	98,21	177,97	--	--
19	2,73	100, 50	10,05	10,05	4272,44	-515,38	96,81	178,24	--	--
20	2,88	100, 50	10,05	10,05	5762,06	-525,76	86,30	178,51	--	--
21	3,04	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-538,24	75,63	178,78	--	--
22	3,20	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-549,16	65,30	179,05	--	--
23	3,35	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-524,33	52,10	179,32	--	--
24	3,51	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-407,29	27,19	179,58	--	--
25	3,66	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-310,27	14,67	179,85	--	--
26	3,82	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-263,91	9,34	180,12	--	--
27	3,98	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-239,54	6,58	180,39	--	--
28	4,13	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-224,60	4,92	180,66	--	--
29	4,29	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-214,56	3,83	180,93	--	--
30	4,44	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-207,38	3,06	181,20	--	--
31	4,60	100, 50	10,05	10,05	6077,90	-202,01	2,50	181,47	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,002	-0,002	0,051	0,108
2	0,14	100, 50	10,05	10,05	0,066	-0,003	2,858	-0,662
3	0,28	100, 50	10,05	10,05	0,099	-0,004	3,834	-1,019
4	0,42	100, 50	10,05	10,05	0,121	-0,004	4,290	-1,284
5	0,56	100, 50	10,05	10,05	0,149	-0,006	5,088	1,643
6	0,70	100, 50	10,05	10,05	0,529	-0,009	25,266	-5,048
7	0,86	100, 50	10,05	10,05	0,150	-0,006	3,803	2,786
8	1,01	100, 50	10,05	10,05	0,152	-0,004	3,278	3,347
9	1,17	100, 50	10,05	10,05	0,175	-0,002	2,698	3,839
10	1,32	100, 50	10,05	10,05	0,196	-0,002	-2,312	4,214
11	1,48	100, 50	10,05	10,05	0,212	-0,001	-2,522	4,428
12	1,64	100, 50	10,05	10,05	0,224	0,000	-2,686	4,450
13	1,79	100, 50	10,05	10,05	0,231	0,000	-2,792	4,241
14	1,95	100, 50	10,05	10,05	0,230	0,000	-2,825	3,773
15	2,10	100, 50	10,05	10,05	0,222	0,000	-2,771	3,052
16	2,26	100, 50	10,05	10,05	0,205	0,000	-2,617	2,134
17	2,42	100, 50	10,05	10,05	0,179	0,000	-2,354	-1,883
18	2,57	100, 50	10,05	10,05	0,151	0,000	-2,018	-2,035
19	2,73	100, 50	10,05	10,05	0,167	0,000	-1,682	-2,250
20	2,88	100, 50	10,05	10,05	0,187	0,000	-1,293	-2,494
21	3,04	100, 50	10,05	10,05	0,211	0,000	1,078	-2,800
22	3,20	100, 50	10,05	10,05	0,240	0,000	1,579	-3,150
23	3,35	100, 50	10,05	10,05	0,283	0,000	2,538	-3,658
24	3,51	100, 50	10,05	10,05	0,452	0,000	8,301	-5,465
25	3,66	100, 50	10,05	10,05	0,662	0,000	17,283	-7,565
26	3,82	100, 50	10,05	10,05	0,899	-0,001	28,485	-9,842
27	3,98	100, 50	10,05	10,05	1,167	-0,001	41,756	-12,349
28	4,13	100, 50	10,05	10,05	1,467	0,000	57,116	-15,128
29	4,29	100, 50	10,05	10,05	1,804	0,000	74,663	-18,211
30	4,44	100, 50	10,05	10,05	2,179	0,000	94,516	-21,630

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

31 4,60 100, 50 10,05 10,05 2,596 0,000 116,778 -25,406

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_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
- A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
- σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
- τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
- σ_{fi} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
- σ_{fs} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]
- N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
- M_u momento ultimo espresso in [kNm]
- CS coefficiente sicurezza sezione
- V_{Rcd} Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
- V_{Rsd} 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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
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	264,47	176,54	--	--
3	0,20	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	61,99	176,54	--	--
4	0,30	100, 50	15,71	15,71	0,00	266,32	27,14	176,54	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
5	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,006	0,000	-0,060	0,283
6	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,027	0,044	1,246	-0,264
7	0,20	100, 50	15,71	15,71	0,116	0,083	5,322	-1,128
8	0,30	100, 50	15,71	15,71	0,266	0,126	12,186	-2,583

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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
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	497,07	176,54	--	--

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO TOMBINI IDRAULICI

3	0,19	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	115,00	176,54	--	--
4	0,29	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	51,50	176,54	--	--
5	0,38	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	29,42	176,54	--	--
6	0,48	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	19,21	176,54	--	--
7	0,57	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	13,62	176,54	--	--
8	0,67	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	10,24	176,54	--	--
9	0,76	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	8,02	176,54	--	--
10	0,86	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	6,50	176,54	--	--
11	0,95	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	5,40	176,54	--	--
12	1,05	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	4,58	176,54	--	--
13	1,14	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,95	176,54	--	--
14	1,24	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,45	176,54	--	--
15	1,33	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	3,06	176,54	--	--
16	1,43	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,74	176,54	--	--
17	1,52	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,47	176,54	--	--
18	1,62	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,25	176,54	--	--
19	1,71	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	2,07	176,54	--	--
20	1,81	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	1,91	176,54	--	--
21	1,90	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	1,78	176,54	--	--
22	2,00	100, 50	15,71	15,71	0,00	-266,32	1,67	176,54	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
23	0,00	100, 50	15,71	15,71	0,002	0,000	0,091	-0,019
24	0,10	100, 50	15,71	15,71	0,011	0,000	-0,103	0,486
25	0,19	100, 50	15,71	15,71	0,046	0,000	-0,444	2,093
26	0,29	100, 50	15,71	15,71	0,101	0,000	-0,986	4,650
27	0,38	100, 50	15,71	15,71	0,177	0,000	-1,717	8,102
28	0,48	100, 50	15,71	15,71	0,269	0,000	-2,614	12,336
29	0,57	100, 50	15,71	15,71	0,377	0,000	-3,665	17,295
30	0,67	100, 50	15,71	15,71	0,499	0,000	-4,846	22,865
31	0,76	100, 50	15,71	15,71	0,633	0,000	-6,143	28,988
32	0,86	100, 50	15,71	15,71	0,776	0,000	-7,534	35,550
33	0,95	100, 50	15,71	15,71	0,927	0,000	-9,006	42,493
34	1,05	100, 50	15,71	15,71	1,085	0,000	-10,535	49,710
35	1,14	100, 50	15,71	15,71	1,247	0,000	-12,107	57,125
36	1,24	100, 50	15,71	15,71	1,413	0,000	-13,723	64,750
37	1,33	100, 50	15,71	15,71	1,582	0,000	-15,359	72,470
38	1,43	100, 50	15,71	15,71	1,751	0,000	-17,003	80,228
39	1,52	100, 50	15,71	15,71	1,918	0,000	-18,631	87,909
40	1,62	100, 50	15,71	15,71	2,083	0,000	-20,230	95,455
41	1,71	100, 50	15,71	15,71	2,242	0,000	-21,776	102,752
42	1,81	100, 50	15,71	15,71	2,395	0,000	-23,258	109,743
43	1,90	100, 50	15,71	15,71	2,538	0,000	-24,650	116,312
44	2,00	100, 50	15,71	15,71	2,671	0,000	-25,939	122,393