

PROVINCIA DI MODENA

Area Lavori Pubblici

Direttore Ing. Alessandro Manni

Lavori speciali e Manutenzione opere Pubbliche

telefono 059 209 623 fax 059 343 706

viale Jacopo Barozzi 340, 41124 Modena c.f. e p.i. 01375710363

centralino 059 209 111 www.provincia.modena.it provinciadiomodena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 - Registrazione N. 3256 -A-

S.P. n° 623 DEL PASSO BRASA

PROGETTO PILOTA PER L'ATTUAZIONE DI UN PIANO INTEGRATO DI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE SUL TERRITORIO PROVINCIALE MODENESE
ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA
TRATTO SPILAMBERTO-MODENA SUD

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RIFERIMENTO ELABORATO

PE003

RELAZIONE DI CALCOLO

PROT. n° 40904

SCALA

DATA Ottobre 2018

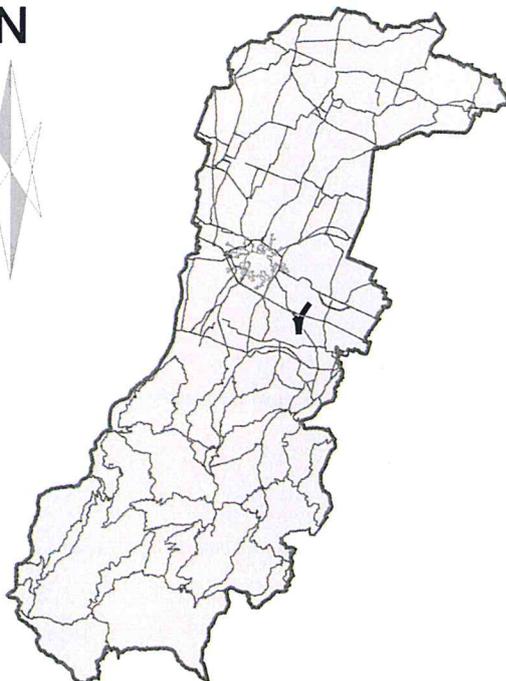
CL. 11-15-02

revisione	data	descrizione	redatto	controllato	approvato

DEL 30/10/2018

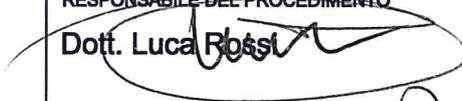
FASC. 25.1 SUB

N



 ubicazione intervento

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Luca Rossi 

PROGETTISTI

Dott. Ing. Paola Rossi 
Geom. Walter Stella 

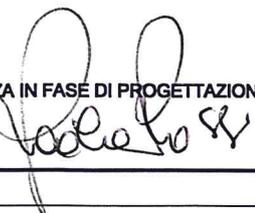
COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

Geom. Fabio Rossi 

CONSULENTE GEOLOGICO

Dott. Geol. Antonio Gatti 

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Paola Rossi 





Provincia di Modena

Lavori Speciali e Manutenzione opere pubbliche

Telefono 059 209 623 - Fax 059 343 706

Viale Jacopo Barozzi 340, 41124 Modena - C.F. e P.I. 01375710363

Centralino 059 209 111 - www.provincia.modena.it - provinciadimodena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 - Registrazione N. 3256 -A-

Lavori: S.P. n. 623 “del Passo Brasa” – Adeguamento e messa in sicurezza tratto Spilamberto –Modena Sud – Comune di Spilamberto (Mo)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

A.1. Descrizione generale dell'opera

La presente relazione di calcolo riguarda la progettazione e verifica delle strutture dei cordoli porta-barriera di sicurezza dell'intervento: "Adeguamento e messa in sicurezza di un tratto della S.P. 623 del Passo Brasa in Comune di Spilamberto".

In particolare il calcolo è relativo a:

Cordolo a sbalzo porta barriera per una lunghezza di circa 1.000 m

-Cordolo in c.a. porta barriera di sicurezza con le seguenti dimensioni caratteristiche:

- Larghezza del blocco di ancoraggio/fondazione $B=1,00$ m;
- Altezza blocco di ancoraggio/fondazione $H=0,80$ m;
- Sbalzo massimo $l_s=30$ cm con altezza $h_s=30$ m;
- Cordolo su cui si ancora la barriera di sicurezza larghezza $l_c=60$ cm ed altezza $h_c=35$ cm;
- Pali di fondazione perforazione diametro min 30 e max 40 cm di $L_p=6,00$ m, armatura tubolare diametro 219,10 cm spessore 12 mm, $L_t=5,50$ m; disposti a quinconce $i_x=0,10$ m e $i_y=6,00$ m.

La struttura è stata calcolata considerando le seguenti azioni prevedibili:

- Peso Proprio
- Carico permanente
- Azioni variabili
- Sisma

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite.

A.2. Normativa di riferimento

Il progetto è stato sviluppato nell'osservanza delle vigenti normative tecniche ed in particolare:

A.2.1. Opere in cemento armato e in acciaio

- **Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018)**

A.3. Codici di calcolo

A.3.1. Tipo di Analisi svolta

Il calcolo è condotto in campo elastico lineare, utilizzando la teoria della scienza delle Costruzioni.

A.3.2 Origine e caratteristiche di codici di calcolo

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato utilizzando il noto codice GEOSTRU "PROGETTAZIONE CALCOLO DI PARATIE"

Si riportano nella tabella successiva le principali caratteristiche del codice in questione.

Nome software	N° revisione
SPW	2018.31.4.928

- **VcaSlu**

Il programma VcaSlu consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo stato limite ultimo che con il metodo n.

FASCICOLO DEI CALCOLI

B.1 ANALISI DEI CARICHI

B.1.1 Parametri geotecnici

Si riportano i parametri geotecnici caratteristici desunti dalla relazione geologica allegata al progetto esecutivo.

Considerato che le indagini geognostiche sono state eseguite immediatamente a margine del Canale Diamante, si ritiene che le condizioni geologico-tecniche dei terreni al di sotto della piattaforma stradale, oggetto del futuro intervento, abbiano le stesse caratteristiche fisico-meccaniche di quelli indagati nella campagna geognostica. Nel modello stratigrafico, utilizzato per il calcolo degli elementi strutturali, è stato inserito un pacchetto di fondazione stradale costituito da materiali inerti granulari e spessori verificati in occasione di scavieseguiti nelle vicinanze dell'intervento.

I parametri del terreno in considerazione della presenza del pacchetto di pavimentazione stradale e dai sondaggi realizzati in corrispondenza del rilevato del Canale Diamante sono le seguenti:

Nr.	Peso specifico [kN/m ³]	Peso specifico saturo [kN/m ³]	Coesione [kN/m ²]	Angolo attrito [°]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinaz [°]	Desc.
1	23,0	23,0	500,0	35,0	23,0	23,3	0,3	0,0	Asfalto
2	20,0	21,0	100,0	40,0	26,0	27,0	1,0	0,0	D1
3	18,0	20,0	8,0	24,0	16,0	16,0	3,3	0,0	SA
4	20,0	21,0	12,0	25,0	16,0	17,0	5,0	0,0	S1

B.1.2 Azioni permanenti

Il peso e la spinta del terreno vengono determinati in maniera automatica dal codice di calcolo a seguito dell'inserimento dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni.

Si fa presente che nel calcolo non si è tenuto conto del contributo del muro in cemento, presente a sostegno della strada e di separazione dal Canale Diamante.

B.1.3 Azioni variabili

Si è considerato un carico distribuito uniforme sul terrapieno pari a:

$Q=2000 \text{ daN/mq}$ (sovraccarico stradale)

L'azione del veicolo in svio si considera:

$H=10.000 \text{ daN}$ applicati all'altezza di 1,00 m dal piano viabile

La larghezza di distribuzione su tre montanti di barriera con interasse 200 cm; da cui si determina:

$hd=10.000/(3 \times 2,00)=1500 \text{ daN/m}$

$Md= 1500 \times 1,0 = 1500 \text{ daN/m}$

Il dimensionamento verifica delle strutture viene eseguito considerando l'azione orizzontale generata dal veicolo in svio, che è l'azione caratterizzante di questo tipo di struttura; l'azione sismica non viene considerata in quanto caratterizzata da valori molto minori rispetto alla condizione di veicolo in svio.

Segue la tabella con i carichi considerati:

VERIFICA MICROPALO DI ANCORAGGIO
Carichi permanenti

Figure	base m	altezza m	Peso spec, daN/mc	N daN/m	Braccio m	Mstab. daNm/m	Mrib. daNm/m
cordolo	1,00	0,60	2.500,00	525,00	-1,10	0,00	-577,50
sbalzo	1,00	0,30	2.500,00	225,00	-0,65	0,00	-146,25
ancoraggio	0,00	1,00	2.500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pav. Sbalzo	1,00	0,30	1.500,00	36,00	-0,65	0,00	-23,40
pav, ancoraggio	0,00	1,00	1.500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
barriera	1	100,00		100,00	-1,10	0,00	-110,00
totali				886,00		0,00	-857,15
coefficienti STR (A1)				1,35		1,35	1,35
coefficienti GEO (A2)				1.196,10		0,00	-1.157,15
				1,00		1,00	1,00
				886,00		0,00	-857,15
Sovraccarichi							
Ruota isolata 150 KN							
Veicolo svio	Bdiff (m)		T daN/m	N daN/m	Braccio m	M daNm/m	Mrib. daNm/m
			6	0,00	-0,80	0,00	0,00
			1.500,00		-1,10		-1.650,00
totali			1.500,00	0,00			-1.650,00
coefficienti STR (A1)			1,50	1,50			1,50
coefficienti GEO (A2)			2.250,00	0,00			-2.475,00
			1,30	1,30			1,30
			1.950,00	0,00			-2.145,00
AZIONE TOTALE FONDAZIONE			2.250,00	1.196,10			-3.632,15
E IN TESTA AI PALI			1.950,00	886,00			-3.002,15

B.1.4 Azione sismica

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Paratie NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 44,563276

longitudine: 10,995068

Classe: 3

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16503 Lat: 44,5580 Lon: 10,9652 Distanza: 2436,163

Sito 2 ID: 16504 Lat: 44,5595 Lon: 11,0353 Distanza: 3217,178

Sito 3 ID: 16282 Lat: 44,6095 Lon: 11,0333 Distanza: 5963,968

Sito 4 ID: 16281 Lat: 44,6080 Lon: 10,9631 Distanza: 5581,657

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 45 [anni]
 ag: 0,060 g
 Fo: 2,499
 Tc*: 0,266 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 75 [anni]
 ag: 0,075 g
 Fo: 2,478
 Tc*: 0,276 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 712 [anni]
 ag: 0,187 g

Fo: 2,394
Tc*: 0,306 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni]
ag: 0,237 g
Fo: 2,423
Tc*: 0,313 [s]

Coefficienti Sismici Paratie NTC 2018

SLO:

Ss: 1,800
Cc: 2,420
St: 1,000
Kh: 0,068
Kv: 0,000
Amax: 1,056
Beta: 0,680

SLD:

Ss: 1,800
Cc: 2,380
St: 1,000
Kh: 0,085
Kv: 0,000
Amax: 1,317
Beta: 0,680

SLV:

Ss: 1,730
Cc: 2,260
St: 1,000
Kh: 0,204
Kv: 0,000
Amax: 3,177
Beta: 0,680

SLC:

Ss: 1,540
Cc: 2,230
St: 1,000
Kh: 0,231
Kv: 0,000
Amax: 3,583

Beta: 0,680

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

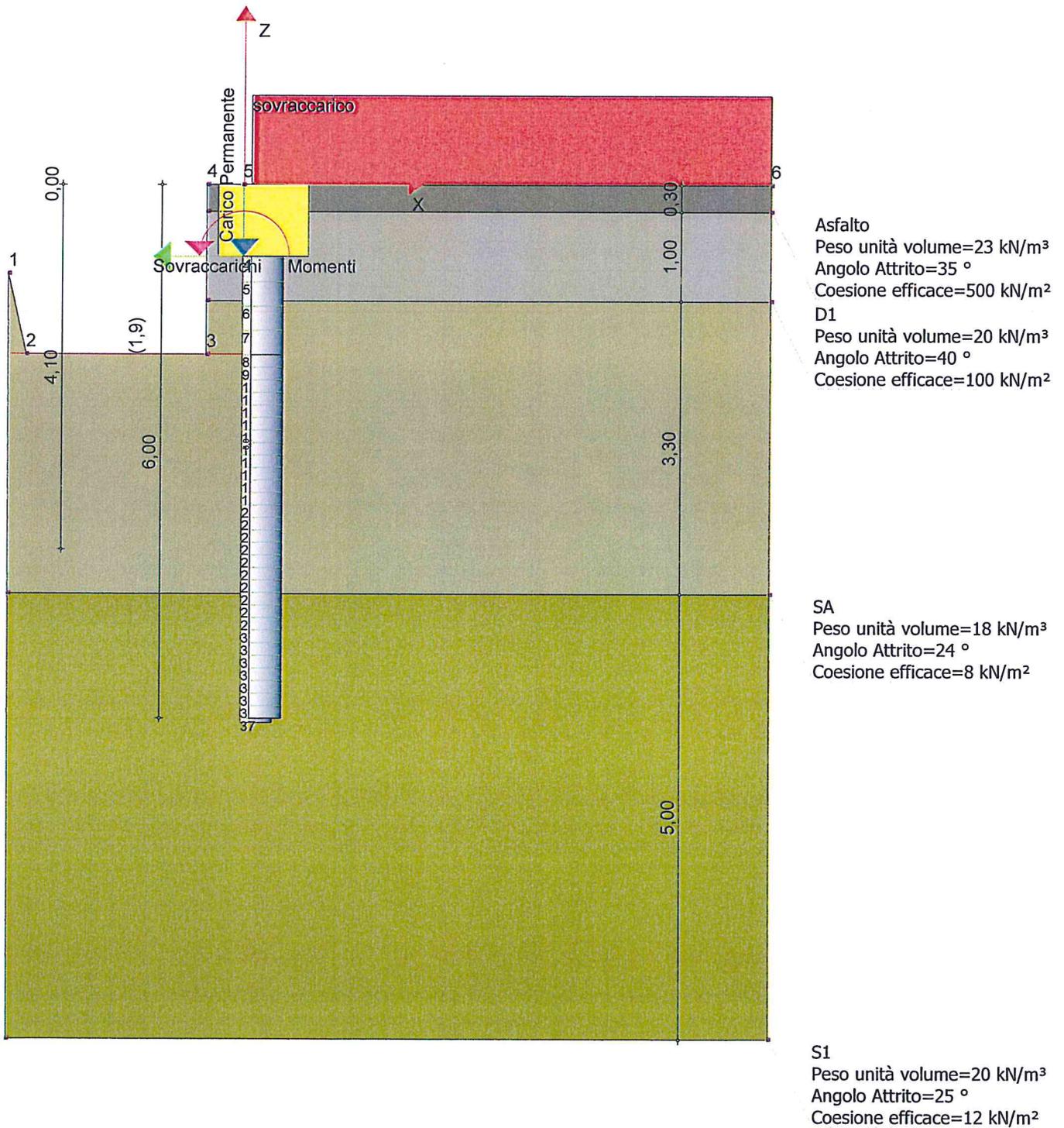
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 44.562335

longitudine: 10.994066

B.3 CALCOLO CORDOLO IN C.A. PORTA BARRIERA DI SICUREZZA



RELAZIONE DI CALCOLO

Introduzione.

Le paratie sono opere di ingegneria civile che trovano molta applicazione in problemi legati alla stabilizzazione di versanti o al sostegno di rilevati di terreno. Tuttavia è anche facile sentire parlare di paratie che sono utilizzate per l'ormeggio di grandi imbarcazioni, o per puntellare pareti di trincee e altri scavi o per realizzare cassoni a tenuta stagna per lavori subacquei. Come si può quindi intuire grande importanza deve essere data alla progettazione di una simile opera, soprattutto per quanto riguarda il progetto strutturale e geotecnico. Per quanto riguarda l'aspetto del calcolo vale la pena sottolineare che non esistono, ad oggi, metodi esatti, e questo è anche dovuto alla complessa interazione tra la profondità di scavo, la rigidità del materiale costituente la paratia e la resistenza dovuta alla pressione passiva. In ogni caso, i metodi correntemente utilizzati possono essere classificati in due categorie:

1. Metodi che si basano su una discretizzazione del modello di paratia (si parla di differenze finite o di elementi finiti);
2. Metodi che si basano su congetture di tipo semplicistico, al fine di poter affrontare il problema con il semplice studio dell'equilibrio di un corpo rigido.

Tra le due classi di metodi esposti all'elenco precedente, quello degli elementi finiti è quello che più di tutti risulta razionale, in quanto basato su considerazioni che coinvolgono sia la statica del problema (equilibrio) sia la cinematica (congruenza).

Tipi di paratie.

I tipi di paratie maggiormente utilizzate allo stato attuale possono essere classificati come segue:

1. Paratie in calcestruzzo armato, costruite per mezzo di pali o per mezzo di setti (entrambi armati);
2. Paratie di legno;
3. Paratie in acciaio.

Analisi della paratia.

Alcune considerazioni preliminari.

Gli elementi che concorrono al calcolo di una paratia sono vari. Si coinvolgono infatti concetti legati alla flessibilità dei pali, al calcolo della spinta del terrapieno, alla rigidità del terreno ecc. Si osservi la seguente figura:

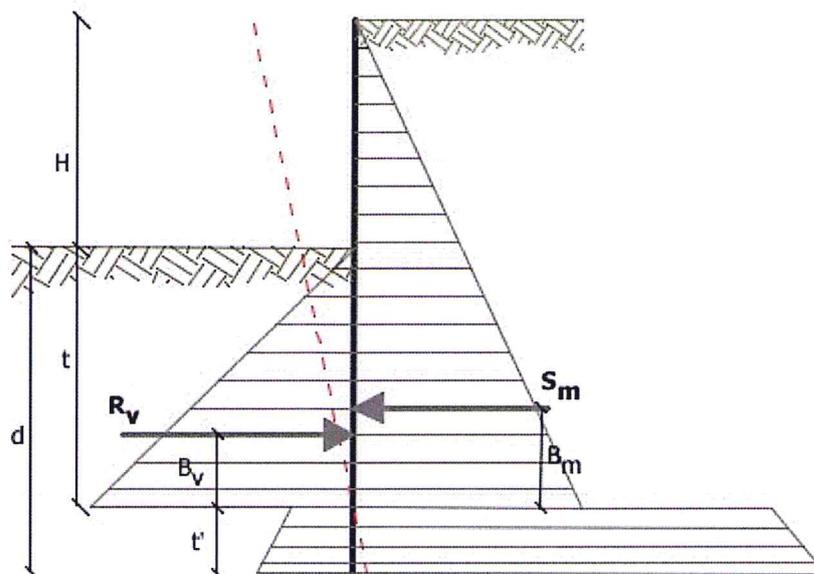


Figura 1: Schema delle pressioni agenti sulla paratia

Si vede che le pressioni laterali che sono chiamate a concorrere nell'equilibrio sono la pressione attiva sviluppata a tergo della paratia e la pressione passiva che si sviluppa nella parte anteriore della paratia (Parte di valle della paratia). Il calcolo, sia nell'ambito dei metodi semplificati che nell'ambito di metodi numerici, della spinta a tergo ed a valle della paratia viene solitamente condotto sia con il metodo di Rankine che con il metodo di Coulomb. Si rileva però che il metodo di Coulomb fornisce risultati più accurati in quanto essendo la paratia un'opera solitamente flessibile, e manifestando quindi spostamenti maggiori si generano fenomeni di attrito all'interfaccia paratia-terreno che possono essere tenuti in conto solo attraverso i coefficienti di spinta di Coulomb. Nell'utilizzo del metodo degli elementi finiti si deve calcolare anche un coefficiente di reazione del terreno k_s , oltre che la spinta attiva e passiva del terreno. Se si parla di analisi in condizioni non drenate è inoltre necessario conoscere il valore della coesione non drenata. E' inoltre opportuno considerare che se si vuole tenere debitamente in conto l'attrito tra terreno e opera si deve essere a conoscenza dell'angolo di attrito tra terreno e opera (appunto). In conclusione i parametri (in termini di proprietà del terreno) di cui si deve disporre per effettuare l'analisi sono i seguenti:

1. Angolo di attrito interno del terreno;
2. Coesione del terreno;
3. Peso dell'unità di volume del terreno;
4. Angolo di attrito tra il terreno ed il materiale che costituisce l'opera.

Calcolo delle spinte.

Come accennato in uno dei paragrafi precedenti, deve in ogni caso essere effettuato il calcolo della spinta attiva e passiva. Si espone quindi in questa sezione il calcolo delle spinte con il metodo di Coulomb.

Calcolo della spinta attiva.

La spinta attiva può essere calcolata con il metodo di Coulomb o alternativamente utilizzando la Teoria di Caquot.

Metodo di Coulomb.

Il metodo di Coulomb è capace di tenere in conto le variabili più significative, soprattutto con riguardo al fenomeno attritivo che si genera all'interfaccia paratia-terreno. Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione (valutata alla profondità z):

$$\sigma_h(z) = k_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta totale, che è l'integrale della relazione precedente su tutta l'altezza, è applicata ad $1/3$ di H e si calcola con la seguente espressione:

$$S_t(z) = \frac{1}{2} k_a \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato con k_a il valore del coefficiente di pressione attiva, determinabile con la seguente relazione:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_a = \frac{\sin^2(\phi + \beta)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)}} \right]^2} \\ \text{con } \delta < (\beta - \phi - \varepsilon) \text{ secondo Muller - Breslau} \end{array} \right.$$

γ_t = Peso unità di volume del terreno;

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

ϕ = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ = Angolo di attrito terreno-paratia positivo se antiorario;

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria;

Metodo di Caquot.

Il metodo di Coulomb risulta essere un metodo sufficientemente accurato per la valutazione dei coefficienti di pressione allo stato limite. Tuttavia soffre dell'ipotesi riguardante la planarità della superficie di scorrimento. Tale ipotesi è rimossa applicando la teoria di Caquot la quale si basa sull'utilizzo di una superficie di scorrimento a forma di spirale logaritmica. Secondo questa teoria il coefficiente di pressione attiva si determina utilizzando la seguente formula:

$$K_a = \rho \cdot K_a^{\text{Coulomb}}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

- K_a^{Coulomb} è il coefficiente di pressione attiva calcolato con la teoria di Coulomb;
- ρ è un coefficiente moltiplicativo calcolato con la seguente formula:

$$\rho = \left(\left[1 - 0.9 \cdot \lambda^2 - 0.1 \cdot \lambda \right] \cdot \left[1 - 0.3 \cdot \lambda^3 \right] \right)^{-n}$$

Dove i simboli sono calcolati con le seguenti formule:

$$\lambda = \frac{\Delta + \beta - \Gamma}{4 \cdot \varphi - 2 \cdot \pi \cdot (\Delta + \beta - \Gamma)}$$

$$\Delta = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{|\cot(\delta)| - \sqrt{\cot^2(\delta) - \cot^2(\varphi)}}{1 + \operatorname{cosec}(\varphi)} \right)$$

$$\Gamma = \sin^{-1} \left(\frac{\sin(\beta)}{\sin(\varphi)} \right)$$

Dove i simboli hanno il seguente significato (vedere anche figura seguente):

- β è l'inclinazione del profilo di monte misurata rispetto all' orizzontale;
- φ è l' angolo di attrito interno del terreno spingente;
- δ è l' angolo di attrito all' interfaccia opera-terreno;

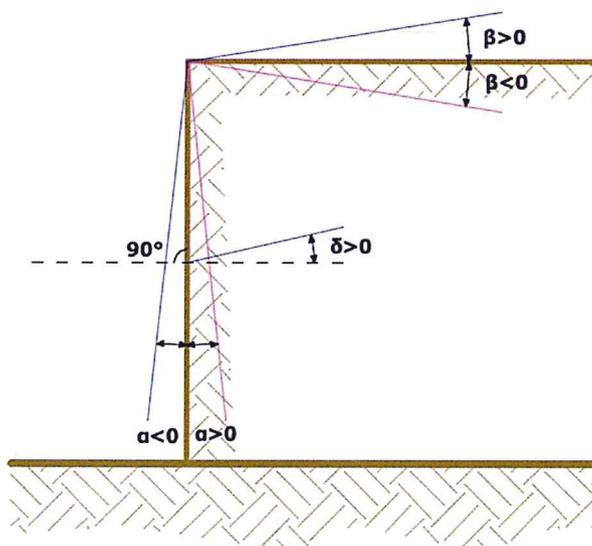


Figura 2: Convenzione utilizzata per il calcolo del coefficiente di pressione secondo la teoria di Caquot

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari:

$$\sigma_q(z) = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Integrando la tensione riportata alla formula precedente si ottiene la spinta totale dovuta al sovraccarico:

$$S_q = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \varepsilon)} \cdot H$$

Con punto di applicazione ad H/2 (essendo la distribuzione delle tensioni costante). Nelle precedenti formule i simboli hanno il seguente significato:

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

ka = Coefficiente di pressione attiva calcolato al paragrafo precedente

Striscia di carico su pc inclinato

Il carico agente viene decomposto in un carico ortogonale ed in uno tangenziale al terrapieno, le pressioni indotte sulla parete saranno calcolate come illustrato nei due paragrafi che seguono.

Striscia di carico ortogonale al piano di azione

Un carico ripartito in modo parziale di ascissa iniziale x_1 ed ascissa finale x_2 genera un diagramma di pressioni sulla parete i cui valori sono stati determinati secondo la formulazione di Terzaghi, che esprime la pressione alla generica profondità z come segue:

$$\sigma_q(z) = \frac{Q}{2\pi \times (2\Delta\theta + A)}$$
$$\tau_{xz} = -\frac{Q}{2\pi B}$$

Con:

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2;$$

$$A = \text{sen}(2\theta_1) - \text{sen}(2\theta_2)$$

$$B = \text{cos}(2\theta_1) - \text{cos}(2\theta_2)$$

$$\theta_1 = \text{arctg}(z/x_1)$$

$$\theta_2 = \text{arctg}(z/x_2)$$

Per integrazione si otterrà la risultante ed il relativo braccio.

Striscia di carico tangenziale al p.c.

$$\sigma_x = \frac{t}{2\pi \times (D - 2E)}$$

T= Intensità del carico [F/L²]

$$D = 4 \cdot \log[\text{sen}\theta_1 / \text{sen}\theta_2]$$

$$E = \text{sen}^2\theta_1 - \text{sen}^2\theta_2$$

Linee di carico sul terrapieno

Le linee di carico generano un incremento di pressioni sulla parete che secondo BOUSSINESQ, alla profondità z , possono essere espresse come segue:

$$\sigma_x(x, z) = \frac{2V}{\pi \cdot x^2 \cdot z \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

$$\tau_{xz}(x, z) = \frac{2V}{\pi \cdot x \cdot z^2 \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

V = Intensità del carico espressa in [F/L];

X = Distanza, in proiezione orizzontale, del punto di applicazione del carico dalla parete;

Se il piano di azione è inclinato di ε viene ruotato il sistema di riferimento xz in XZ , attraverso la seguente trasformazione:

$$\begin{cases} X = x \cdot \cos(\varepsilon) - z \cdot \sin(\varepsilon) \\ Z = z \cdot \cos(\varepsilon) + x \cdot \sin(\varepsilon) \end{cases}$$

Spinta in presenza di falda acquifera

La falda con superficie distante H_w dalla base della struttura, induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z sono espresse come segue:

$$u(z) = \gamma_w \cdot z$$

La spinta idrostatica totale si ottiene per integrazione su tutta l'altezza della relazione precedente:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

Avendo indicato con H l'altezza totale di spinta e con γ_w il peso dell'unità di volume dell'acqua. La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturato}} - \gamma_w$), peso specifico del materiale immerso in acqua. In condizioni sismiche la sovraspinta esercitata dall'acqua viene valutata nel seguente modo:

$$\Delta S_w = \frac{7}{12} \gamma_w \cdot H_w^2 \cdot C$$

applicata a 2/3 dell'altezza della falda H_w [Matsuo O'Hara (1960) *Geotecnica*, R. Lancellotta]

Effetto dovuto alla presenza di coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -\frac{2 \cdot c}{\sqrt{k_a}}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto della spinta per effetto della coesione. E' stata calcolata l'altezza critica Z_c come segue:

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma_t \cdot \sqrt{k_a}} - \left\{ \frac{\left[Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)} \right]}{\gamma_t} \right\}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato

Q = Carico agente sul terrapieno eventualmente presente.

γ_t = Peso unità di volume del terreno

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

C = Coesione del materiale

k_a = Coefficiente di pressione attiva, come calcolato ai passi precedenti

Nel caso in cui si verifichi la circostanza che la Z_c , calcolata con la formula precedente, sia minore di zero è possibile sovrapporre direttamente gli effetti dei diagrammi, imponendo un decremento al diagramma di spinta originario valutato come segue:

$$S_c = P_c \cdot H$$

Dove si è indicata con il simbolo H l'altezza totale di spinta.

Sisma

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sulla parete è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

H = altezza di scavo

k_v = coefficiente sismico verticale

γ = peso per unità di volume del terreno

K = coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico) (vedi Mononobe & Okabe)

E_{ws} = spinta idrostatica dell'acqua

E_{wd} = spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo β della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\text{tg} \beta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda (riportata nella sezione relativa al calcolo della spinta idrostatica).

Resistenza passiva

Anche per il calcolo della resistenza passiva si possono utilizzare i due metodi usati nel calcolo della pressione allo stato limite attivo (metodo di Coulomb e metodo di Caquot).

Metodo di Coulomb

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni in condizioni di stato limite passivo risulta lineare con legge del tipo del tipo:

$$\sigma_p(z) = k_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

Ancora una volta integrando la precedente relazione sull'altezza di spinta (che per le paratie deve essere valutata attentamente) si ottiene la spinta passiva totale:

$$S_t = \frac{1}{2} k_p \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato al solito con H l'altezza di spinta, γ_t il peso dell'unità di volume di terreno e con k_p il coefficiente di pressione passiva (in condizioni di stato limite passivo). Il valore di questo coefficiente è determinato con la seguente formula:

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

con $\delta < \beta - \phi - \varepsilon$ secondo Muller - Breslau

con valori limite pari a: $\delta < \beta - \phi - \varepsilon$ (Muller-Breslau).

Metodo di Caquot

Il metodo di Caquot differisce dal metodo di Coulomb per il calcolo del coefficiente di pressione allo stato limite passivo. Il coefficiente di pressione passiva viene calcolato, con questo metodo, interpolando i valori della seguente tabella:

Coefficient of passive earth pressure K_p for $\delta = -\phi$											
α [°]	ϕ [°]	K_p when β									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	10	1,17	1,41	1,53							
	15	1,30	1,70	1,92	2,08						
	20	1,71	2,08	2,42	2,71	2,92					
	25	2,14	2,81	2,98	3,88	4,22	4,43				
-30	30	2,78	3,42	4,18	5,01	5,98	8,94	7,40			

	35	3,75	4,73	5,87	7,21	8,78	10,80	12,50	13,80		
	40	5,31	8,87	8,77	11,00	13,70	17,20	24,80	25,40	28,40	
	45	8,05	10,70	14,20	18,40	23,80	90,60	38,90	49,10	60,70	69,10
	10	1,36	1,58	1,70							
	15	1,68	1,97	2,20	2,38						
	20	2,13	2,52	2,92	3,22	3,51					
	25	2,78	3,34	3,99	4,80	5,29	5,57				
-20	30	3,78	4,81	8,58	8,81	7,84	9,12	9,77			
	35	5,38	8,89	8,28	10,10	12,20	14,80	17,40	19,00		
	40	8,07	10,40	12,00	18,50	20,00	25,50	38,50	37,80	42,20	
	45	13,2	17,50	22,90	29,80	38,30	48,90	82,30	78,80	97,30	111,04
	10	1,52	1,72	1,83							
	15	1,95	2,23	2,57	2,88						
	20	2,57	2,98	3,42	3,75	4,09					
	25	3,50	4,14	4,90	5,82	8,45	8,81				
-10	30	4,98	8,01	7,19	8,51	10,10	11,70	12,80			
	35	7,47	9,24	11,30	13,80	18,70	20,10	23,70	26,00		
	40	12,0	15,40	19,40	24,10	29,80	37,10	53,20	55,10	61,80	
	45	21,2	27,90	38,50	47,20	80,80	77,30	908,20	124,00	153,00	178,00
	10	1,84	1,81	1,93							
	15	2,19	2,46	2,73	2,91						
	20	3,01	3,44	3,91	4,42	4,66					
	25	4,28	5,02	5,81	8,72	7,71	8,16				
0	30	8,42	7,69	9,19	10,80	12,70	14,80	15,90			
	35	10,2	12,60	15,30	18,80	22,30	28,90	31,70	34,90		
	40	17,5	22,30	28,00	34,80	42,90	53,30	78,40	79,10	88,70	
	45	33,5	44,10	57,40	74,10	94,70	120,00	153,00	174,00	240,00	275,00
	10	1,73	1,87	1,98							
	15	2,40	2,65	2,93	3,12						
	20	3,45	3,90	4,40	4,96	5,23					
10	25	5,17	5,99	6,90	7,95	9,11	9,67				
	30	8,17	9,69	11,40	13,50	15,90	18,50	19,90			
	35	13,8	16,90	20,50	24,80	29,80	35,80	42,30	46,60		
	40	25,5	32,20	40,40	49,90	61,70	76,40	110,00	113,00	127,00	
	45	52,9	69,40	90,90	116,00	148,00	188,00	239,00	303,00	375,00	431,00
	10	1,78	1,89 I	2,01							
	15	2,58	2,821	3,11	3,30						

	20	3,90	4,38	4,92	5,53	5,83					
20	25	6,18	7,12	8,17	9,39	10,70	11,40				
	30	10,4	12,30	14,40	16,90	20,00	23,20	25,00			
	35	18,7	22,80	27,60	33,30	40,00	48,00	56,80	62,50		
	40	37,2	46,90	58,60	72,50	89,30	111,00	158,00	164,00	185,00	
	45	84,0	110,00	143,00	184,00	234,00	297,00	378,00	478,00	592,00	680,00

Tabella: Valutazione del coefficiente di pressione passiva con la teoria di Caquot

Carico uniforme sul terrapieno

La resistenza indotta da un carico uniformemente distribuito S_q vale:

$$S_q = k_p \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin\beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Con punto di applicazione pari a $H/2$ (essendo il diagramma delle tensioni orizzontali costante per tutta l'altezza). Nella precedente formula k_p è il coefficiente di spinta passiva valutato al paragrafo precedente.

Coesione

La coesione determina un incremento di resistenza pari a:

$$P_c = 2c \cdot \sqrt{k_p}$$

Tale incremento va a sommarsi direttamente al diagramma principale di spinta.

Metodo dell'equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nel ricercare soluzioni, al problema di verifica o di progetto, che siano compatibili con il solo aspetto statico del problema. In sostanza si ragiona in termini di equilibrio di un corpo rigido, senza preoccuparsi della congruenza cinematica degli spostamenti. I principali schemi di calcolo cui si farà riferimento sono i seguenti:

1. Paratia a sbalzo;
2. Paratia tirantata ad estremo libero;
3. Paratia tirantata ad estremo fisso;

Paratia a sbalzo: calcolo della profondità d'infissione limite

Per paratia non tirantata, la stabilità è assicurata dalla resistenza passiva del terreno che si trova a valle della stessa; dall'equilibrio dei momenti rispetto al centro di rotazione si ottiene:

$$S_m \cdot B_m - R_v \cdot B_v = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

S_m = componente orizzontale della spinta attiva;

B_m = braccio di S_m rispetto ad O centro di rotazione;

R_v = componente orizzontale della resistenza passiva;

B_v = braccio di R_v rispetto ad O centro di rotazione;

ogni termine risulta funzione di t dove t è la profondità del centro di rotazione rispetto al piano di riferimento di valle (piano campagna a valle). La lunghezza necessaria per assicurare l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene aumentando t come segue:

$$t' = a \cdot t \quad d = t \cdot (1 + a) \quad \text{dove } a = 0.2 \text{ (Metodo di Blum)}$$

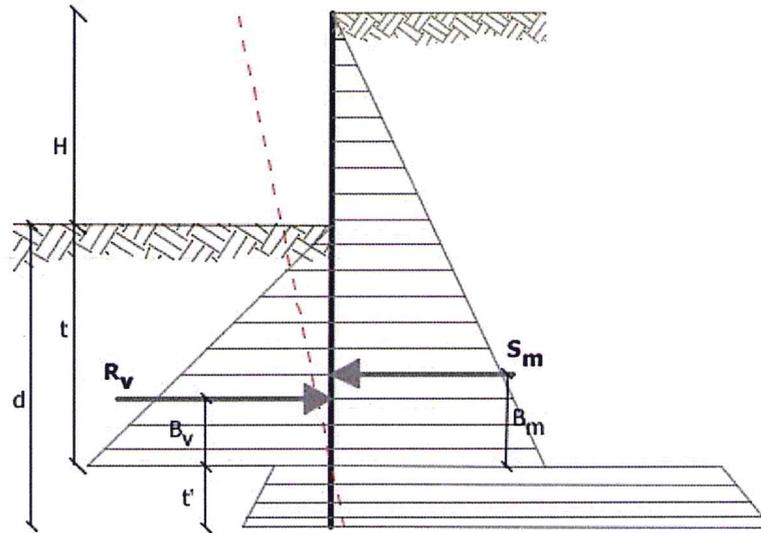


Figura 32: Schema di riferimento per il calcolo dell'equilibrio della paratia

Coefficiente di sicurezza sulla resistenza passiva

La lunghezza d'infissione d come sopra determinata è relativa alla condizione limite di incipiente collasso, tramite un coefficiente F . E' possibile introdurre un margine di sicurezza sulle resistenze passive; la riduzione si effettua come segue:

$$S_m \cdot B_m - \frac{R_v}{F} \cdot B_v = 0$$

Paratia tirantata ad estremo libero: calcolo della profondità d'infissione limite

La stabilità dell'opera è assicurata anche dai tiranti ancorati sulla paratia. Per utilizzare lo schema di calcolo ad estremo libero, la paratia deve essere sufficientemente corta e rigida. La lunghezza di infissione, sarà determinata imponendo l'equilibrio alla rotazione sull'origine del tirante indicato B1

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - R_v \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

S_m = componente orizzontale spinta attiva;

H= altezza terreno da sostenere;

t= profondità di infissione calcolata;

B_m = braccio di S_m rispetto alla base della paratia;

P_m = ordinata del punto di applicazione del tirante a monte;

R_v = componente orizzontale della resistenza passiva;

B_v = braccio di R_v .

Noto t, si determinano S_m ed R_v ed il relativo sforzo del tirante.

Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze passive

La lunghezza d'infissione sarà ulteriormente aumentata per avere margine di sicurezza in condizioni di esercizio tramite il coefficiente di sicurezza F:

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - \frac{R_v}{F} \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

Paratia tirantata ad estremo fisso: calcolo della profondità d'infissione limite

Se la sezione più profonda della paratia non trasla e non ruota può essere assimilata ad un incastro, in tal caso la paratia si definisce ad estremo fisso. Un procedimento elaborato da BLUM consente di ricavare la profondità d'infissione ($t+t'$), imponendo le condizioni cinematiche di spostamenti nulli alla base dell'opera ed all'origine del tirante (B1), e le condizioni statiche di momento e taglio nullo alla base della paratia. Si perviene ad una equazione di 5° grado in ($t+t'$) che può essere risolta in modo agevole.

Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze

Per aumentare il fattore di sicurezza sono stati introdotti negli sviluppi numerici, valori delle resistenze passive ridotte.

Metodo degli elementi finiti (FEM)

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatto tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico (e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematico (e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni). In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro (elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidità è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura che segue è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti:

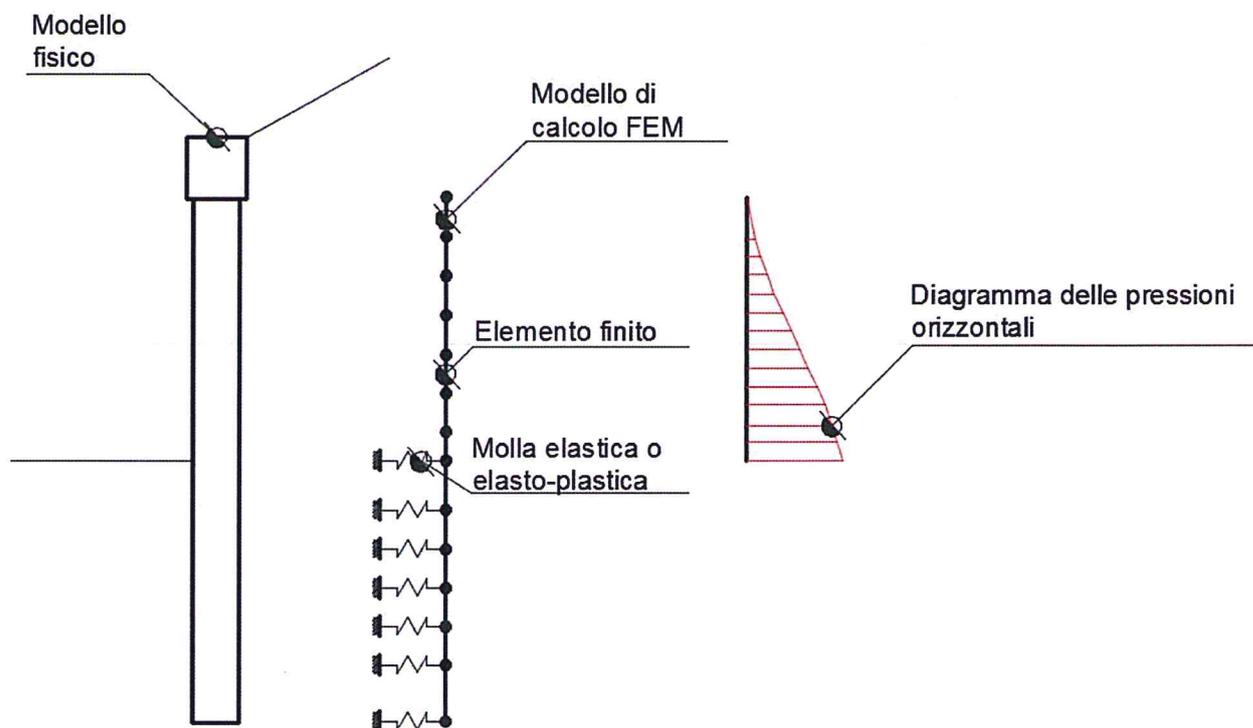


Figura 4: Schematizzazione della paratia ad elementi finiti

Vari aspetti hanno importanza centrale in questo metodo di calcolo. Si riportano nel seguito gli aspetti essenziali.

Calcolo del modulo di rigidità K_s del terreno

Come già detto in precedenza, il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidità K_s applicate sui nodi dei conci compresi tra il nodo di fondo scavo e l'estremità di infissione. La stima della rigidità K_s è stata effettuata sulla base della capacità portante delle fondazioni secondo la seguente formula:

$$k_s = A_s + B_s \cdot z^n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

A_s = costante, calcolata come segue $A_s = C \cdot (c \cdot N_c + 0.5 \cdot G \cdot B \cdot N_g)$

B_s = coefficiente funzione della profondità $B_s = C \cdot G \cdot N_q$

Z = Profondità in esame

C = 40 nel sistema internazionale SI

$$n = \pi \cdot \tan \varphi$$

$$Nq = \exp[n \cdot (\tan^2(45^\circ + \varphi/2))]$$

$$Nc = (Nq-1) \cdot \cot \varphi$$

$$Ng = 1.5 \cdot (Nq-1) \cdot \tan \varphi$$

Tiranti

I tiranti vengono schematizzati come elementi elastici, con sezione trasversale di area pari ad A modulo di elasticità E e lunghezza L . Per un tratto di paratia di larghezza unitaria, l'azione dei tiranti inclinati di un angolo β vale:

$$F = \frac{A \cdot E}{S \cdot L} \cdot \cos(\beta)$$

Sifonamento

Il sifonamento è un fenomeno che in una fase iniziale si localizza al piede della paratia, e poi rapidamente si estende nell'intorno del volume resistente. Si verifica quando, per una elevata pressione idrodinamica o di infiltrazione, si annullano le pressioni passive efficaci, con la conseguente perdita di resistenza del terreno. Si assume di norma un fattore di sicurezza $F_{sif} = 3.5-4$ Indicando con:

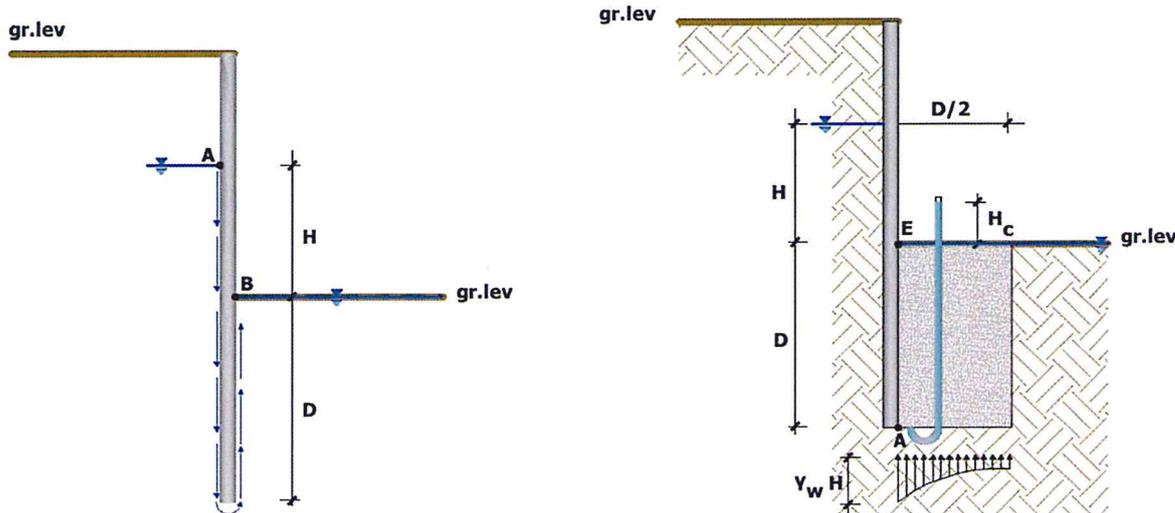
i_c = Gradiente Idraulico critico;

i_e = Gradiente Idraulico in condizioni di esercizio;

Il margine di sicurezza è definito come rapporto tra i_c ed i_e , se $i_e < i_c$ la paratia è stabile.

Verifica di sollevamento del fondo scavo.

Nel caso di un diaframma infisso nel terreno, la presenza della falda in posizioni tali da innescare un moto di filtrazione comporta l'instaurarsi di una forza di filtrazione che, se diretta verso l'alto, può annullare il peso del terreno il quale, in assenza di coesione, può essere trascinato dal flusso dell'acqua e compromettere la stabilità dell'opera. Il fenomeno della stabilità del fondo scavo, analogo a quello del sifonamento, è stato affrontato per la prima volta da Terzaghi (1943). A differenza del sifonamento, che è un fenomeno localizzato nel punto di sbocco della prima linea di flusso, quello del sollevamento del fondo scavo si estende per una profondità pari a quella d'infissione della paratia per una larghezza pari a metà di tale infissione.



Per semplificare il problema della determinazione dell'effettivo andamento della pressione interstiziale nel punto A, si assume che il valore della sovrappressione al piede del diaframma sia costante sulla lunghezza $D/2$ e pari a $\gamma_w H_c$. Per determinare H_c si ricorre all'espressione del gradiente di efflusso i_E :

$$i_E = \frac{H_c}{D} = \frac{H}{H + 2D}$$

Da cui si ottiene:

$$H_c = \frac{H \cdot D}{H + 2D}$$

La forza di filtrazione S_w che tende a sollevare il blocco di terreno coinvolto è pari a:

$$S_w = H_c \cdot \gamma_w \cdot \frac{D}{2}$$

Le condizioni limite di stabilità vengono raggiunte quando S_w uguaglia il peso efficace del blocco, pertanto il fattore di sicurezza a sollevamento del fondo scavo si definisce come il rapporto tra il peso efficace del blocco e la forza di filtrazione:

$$F_s = \frac{W'}{S_w} = \frac{\gamma' \cdot \frac{D}{2}}{H_c \cdot \gamma_w \cdot \frac{D}{2}} = \frac{\gamma' \cdot D}{H_c \cdot \gamma_w}$$

Verifica delle sezioni e calcolo armature

Il calcolo delle armature e le verifiche a presso-flessione e taglio della paratia soggetta alle sollecitazioni N, M e T, si effettuano sulla sezione maggiormente sollecitata. Le sollecitazioni di calcolo sono ottenute come prodotto tra le sollecitazioni ottenute con un calcolo a metro lineare e l'interasse tra i pali (o larghezza dei setti se la paratia è costituita da setto):

$$N_d = N' \cdot i; M_d = M' \cdot i; T_d = T' \cdot i$$

Dove M' , M' , T' rappresentano il momento il taglio e lo sforzo normale relativi ad una striscia unitaria di calcolo mentre i è l'interasse tra i pali per paratia costituita da pali o micropali (o larghezza setti per paratia costituita da setti).

Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C28/35	35	32588.11	29.05	16.462	1.323	2.835

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	$\beta_1 \cdot \beta_2$ in.	$\beta_1 \cdot \beta_2$ fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Tubolare
Calcestruzzo	C28/35
Acciaio	S355H
Nome	CIR35/I=3,00
Diametro	0,35 m
Disposizione	Quinconce
Interasse Iy	6 m
Interasse Ix	0,1 m
Armatura: Profilato	
Base/Diametro	219,1 mm
Altezza	5,5 mm
Spessore[Sa]	12 mm
Spessore[Sw]	0 mm

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5 cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03 cm
Tipo analisi	Lineare
Massimo numero di iterazioni	2
Fattore riduzione molla fondo scavo	0,5
Profondità infissione iniziale	3,6 m
Incremento profondità infissione	0,5 m
Numero di elementi	36
Numero nodo di fondo scavo	8

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m ³]	Peso specifico saturo [kN/m ³]	Coesione [kN/m ²]	Angolo attrito [°]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	23,0	23,0	500,0	35,0	23,0	23,3	0,3	0,0	Asfalto
2	20,0	21,0	100,0	40,0	26,0	27,0	1,0	0,0	D1
3	18,0	20,0	8,0	24,0	16,0	16,0	3,3	0,0	SA
4	20,0	21,0	12,0	25,0	16,0	17,0	5,0	0,0	S1

Calcolo coefficienti sismici

Dati generali

Descrizione zona

Latitudine

44,5623 [°]

Longitudine

10,9941 [°]

Dati opera

Tipo opera

Opere ordinarie

Classe d'uso

III

Vita nominale

50 [anni]

Vita di riferimento

75 [anni]

Parametri sismici su un sito di riferimento

Categoria sottosuolo

D

Categoria topografica

T1

SL	Tr [Anni]	ag [m/sec ²]	F0 [-]	TS* [sec]
SLO	45	0,59	2,50	0,27
SLD	75	0,74	2,48	0,28
SLV	712	1,83	2,39	0,31
SLC	1462	2,32	2,42	0,31

Coefficienti sismici orizzontale e verticale

Opera: SLC

SL	Amax [m/sec ²]	beta [-]	kh [-]	kv [-]
SLO	1,06	0,68	0,07	0,03
SLD	1,33	0,68	0,09	0,04
SLV	3,17	0,68	0,20	0,10
SLC	3,58	0,68	0,23	0,11

Carichi

Fase: 1

Descrizione	Tipo	Xi [m]	Xf [m]	Yi [m]	Yf [m]	Profondità [m]	Valore [kN]-[kPa]
sovraccarico	Uniformi	0,1	5,9	0	0	0	2 0

Forze applicate

Fase: 1

Descrizione	Tipo	Yf [m]	Valore [kN]-[kPa]
Carico Permanente	Nz	-0,8	8,66
Sovraccarico Svio	Fx	-0,8	15
Momento Carico Permanente	My	-0,8	8,35
Momento sovraccarico svio	My	-0,8	16,5

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione

4,1 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.U. [STR]

Nome:

A1+M1+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1,5
7	Carico Permanente	1,35
8	Sovraccarico Svio	1,5
9	Momento Carico Permanente	1,5
10	Momento sovraccarico svio	1,5

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

82,07 [kPa]

Momento massimo

63,17 [kNm/m]

Taglio massimo

38,94 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m ³]
0,27	--	20,83	0,00	-0,01	5,6791	--
0,54	--	22,04	0,00	0,00	4,8454	--
0,81	--	23,25	-37,27	-22,50	4,0117	--
1,09	--	36,16	-43,38	-22,50	3,2104	--
1,36	--	38,37	-49,49	-22,50	2,4809	--
1,63	--	40,58	-55,60	-19,08	1,8331	--
1,90	--	42,80	-60,77	-15,18	1,2769	8251,99
2,04	--	44,91	-62,92	-1,81	1,0264	9229,55
2,18	-82,07	46,02	-63,17	9,79	0,8040	10207,11
2,32	-68,20	47,13	-61,79	19,43	0,6098	11184,67
2,47	-53,89	48,24	-59,04	27,06	0,4431	12162,23
2,61	-39,80	50,35	-55,22	32,68	0,3029	13139,79
2,75	-26,44	51,47	-50,60	36,42	0,1873	14117,35
2,89	-14,25	52,58	-45,45	38,44	0,0944	15094,91
3,03	-3,51	53,69	-40,01	38,94	0,0218	16072,47
3,17	5,59	55,80	-34,51	38,14	-0,0328	17050,03
3,31	12,97	56,91	-29,11	36,31	-0,0720	18027,59
3,46	18,63	58,02	-23,98	33,68	-0,0980	19005,15
3,60	22,65	60,13	-19,22	30,47	-0,1134	19982,71
3,74	25,16	61,24	-14,91	26,92	-0,1200	20960,27
3,88	26,32	62,35	-11,11	23,20	-0,1200	21937,83
4,02	26,33	63,47	-7,83	19,48	-0,1149	22915,38
4,16	25,39	65,58	-5,07	15,89	-0,1063	23892,95
4,30	23,71	66,69	-2,83	12,54	-0,0953	24870,50
4,44	21,47	67,80	-1,05	9,50	-0,0831	25848,06
4,59	18,87	68,91	0,29	6,76	-0,0703	26825,63
4,73	21,21	70,02	1,25	3,82	-0,0577	36767,68
4,87	17,31	70,13	1,79	1,37	-0,0456	37973,61
5,01	13,41	70,24	1,98	-0,53	-0,0342	39179,53
5,15	9,60	70,35	1,91	-1,88	-0,0238	40385,46
5,29	5,88	70,47	1,64	-2,71	-0,0141	41591,38
5,43	2,24	70,58	1,26	-3,03	-0,0052	42797,30
5,58	-1,37	66,30	0,83	-2,84	0,0031	44003,23
5,72	-5,02	66,30	0,43	-2,13	0,0111	45209,16
5,86	-8,76	66,30	0,13	-0,89	0,0189	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.U. [STR]

Nome:

A1+M1+R1 COMBI 2

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1,3
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1,5
7	Carico Permanente	1,35
8	Sovraccarico Svio	1,5
9	Momento Carico Permanente	1,5
10	Momento sovraccarico svio	1,5

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

82,07 [kPa]

Momento massimo

63,17 [kNm/m]

Taglio massimo

38,94 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	--	20,83	0,00	-0,01	5,6791	--
0,54	--	22,04	0,00	0,00	4,8454	--
0,81	--	23,25	-37,27	-22,50	4,0117	--
1,09	--	36,16	-43,38	-22,50	3,2104	--
1,36	--	38,37	-49,49	-22,50	2,4809	--
1,63	--	40,58	-55,60	-19,08	1,8331	--
1,90	--	42,80	-60,77	-15,18	1,2769	8251,99
2,04	--	44,91	-62,92	-1,81	1,0264	9229,55

2,18	-82,07	46,02	-63,17	9,79	0,8040	10207,11
2,32	-68,20	47,13	-61,79	19,43	0,6098	11184,67
2,47	-53,89	48,24	-59,04	27,06	0,4431	12162,23
2,61	-39,80	50,35	-55,22	32,68	0,3029	13139,79
2,75	-26,44	51,47	-50,60	36,42	0,1873	14117,35
2,89	-14,25	52,58	-45,45	38,44	0,0944	15094,91
3,03	-3,51	53,69	-40,01	38,94	0,0218	16072,47
3,17	5,59	55,80	-34,51	38,14	-0,0328	17050,03
3,31	12,97	56,91	-29,11	36,31	-0,0720	18027,59
3,46	18,63	58,02	-23,98	33,68	-0,0980	19005,15
3,60	22,65	60,13	-19,22	30,47	-0,1134	19982,71
3,74	25,16	61,24	-14,91	26,92	-0,1200	20960,27
3,88	26,32	62,35	-11,11	23,20	-0,1200	21937,83
4,02	26,33	63,47	-7,83	19,48	-0,1149	22915,38
4,16	25,39	65,58	-5,07	15,89	-0,1063	23892,95
4,30	23,71	66,69	-2,83	12,54	-0,0953	24870,50
4,44	21,47	67,80	-1,05	9,50	-0,0831	25848,06
4,59	18,87	68,91	0,29	6,76	-0,0703	26825,63
4,73	21,21	70,02	1,25	3,82	-0,0577	36767,68
4,87	17,31	70,13	1,79	1,37	-0,0456	37973,61
5,01	13,41	70,24	1,98	-0,53	-0,0342	39179,53
5,15	9,60	70,35	1,91	-1,88	-0,0238	40385,46
5,29	5,88	70,47	1,64	-2,71	-0,0141	41591,38
5,43	2,24	70,58	1,26	-3,03	-0,0052	42797,30
5,58	-1,37	66,30	0,83	-2,84	0,0031	44003,23
5,72	-5,02	66,30	0,43	-2,13	0,0111	45209,16
5,86	-8,76	66,30	0,13	-0,89	0,0189	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo

Tipo:

Nome:

Coefficienti sismici:

1,9 [m]

S.L.U. [STR]

COMBINAZIONE SISMA

Kh = 0,2037, Kv = 0,1018

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1
7	Carico Permanente	1
8	Sovraccarico Svio	1
9	Momento Carico Permanente	1
10	Momento sovraccarico svio	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

Pressione massima terreno

Momento massimo

Taglio massimo

4,10 [m]

54,71 [kPa]

42,12 [kNm/m]

25,96 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m ³]
0,27	--	20,83	0,00	0,00	3,7861	--
0,54	--	22,04	0,00	0,01	3,2303	--
0,81	--	23,25	-24,85	-15,00	2,6745	--
1,09	--	33,13	-28,92	-15,00	2,1403	--
1,36	--	33,34	-32,99	-15,00	1,6539	--
1,63	--	36,55	-37,06	-12,72	1,2221	--
1,90	--	38,77	-40,52	-10,12	0,8513	8251,99
2,04	--	39,88	-41,95	-1,20	0,6843	9229,55

2,18	-54,71	40,99	-42,12	6,53	0,5360	10207,11
2,32	-45,47	42,10	-41,19	12,96	0,4065	11184,67
2,47	-35,93	43,21	-39,36	18,04	0,2954	12162,23
2,61	-26,53	44,32	-36,81	21,79	0,2019	13139,79
2,75	-17,63	45,43	-33,73	24,28	0,1249	14117,35
2,89	-9,50	47,55	-30,30	25,63	0,0629	15094,91
3,03	-2,34	48,66	-26,67	25,96	0,0146	16072,47
3,17	3,73	49,77	-23,00	25,43	-0,0219	17050,03
3,31	8,65	50,88	-19,41	24,21	-0,0480	18027,59
3,46	12,42	51,99	-15,99	22,45	-0,0654	19005,15
3,60	15,10	53,10	-12,81	20,32	-0,0756	19982,71
3,74	16,77	54,21	-9,94	17,94	-0,0800	20960,27
3,88	17,54	55,32	-7,40	15,47	-0,0800	21937,83
4,02	17,55	57,43	-5,22	12,98	-0,0766	22915,38
4,16	16,92	58,55	-3,38	10,59	-0,0708	23892,95
4,30	15,80	59,66	-1,88	8,36	-0,0635	24870,50
4,44	14,32	60,77	-0,70	6,33	-0,0554	25848,06
4,59	12,58	61,88	0,19	4,51	-0,0469	26825,63
4,73	14,14	61,99	0,83	2,55	-0,0385	36767,68
4,87	11,54	62,10	1,19	0,91	-0,0304	37973,61
5,01	8,94	62,21	1,32	-0,35	-0,0228	39179,53
5,15	6,40	62,32	1,27	-1,26	-0,0158	40385,46
5,29	3,92	62,44	1,09	-1,81	-0,0094	41591,38
5,43	1,49	62,55	0,84	-2,02	-0,0035	42797,30
5,58	-0,92	58,27	0,55	-1,89	0,0021	44003,23
5,72	-3,34	58,27	0,28	-1,42	0,0074	45209,16
5,86	-5,84	58,27	0,08	-0,59	0,0126	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 4

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.U. [STR]

Nome:

COMBINAZIONE SISMA 2

Coefficienti sismici:

Kh = 0,2037, Kv = -0,1018

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1
7	Carico Permanente	1
8	Sovraccarico Svio	1
9	Momento Carico Permanente	1
10	Momento sovraccarico svio	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

54,71 [kPa]

Momento massimo

42,12 [kNm/m]

Taglio massimo

25,96 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	--	20,83	0,00	0,00	3,7861	--
0,54	--	22,04	0,00	0,01	3,2303	--
0,81	--	23,25	-24,85	-15,00	2,6745	--
1,09	--	33,13	-28,92	-15,00	2,1403	--
1,36	--	33,34	-32,99	-15,00	1,6539	--
1,63	--	36,55	-37,06	-12,72	1,2221	--
1,90	--	38,77	-40,52	-10,12	0,8513	8251,99
2,04	--	39,88	-41,95	-1,20	0,6843	9229,55
2,18	-54,71	40,99	-42,12	6,53	0,5360	10207,11

2,32	-45,47	42,10	-41,19	12,96	0,4065	11184,67
2,47	-35,93	43,21	-39,36	18,04	0,2954	12162,23
2,61	-26,53	44,32	-36,81	21,79	0,2019	13139,79
2,75	-17,63	45,43	-33,73	24,28	0,1249	14117,35
2,89	-9,50	47,55	-30,30	25,63	0,0629	15094,91
3,03	-2,34	48,66	-26,67	25,96	0,0146	16072,47
3,17	3,73	49,77	-23,00	25,43	-0,0219	17050,03
3,31	8,65	50,88	-19,41	24,21	-0,0480	18027,59
3,46	12,42	51,99	-15,99	22,45	-0,0654	19005,15
3,60	15,10	53,10	-12,81	20,32	-0,0756	19982,71
3,74	16,77	54,21	-9,94	17,94	-0,0800	20960,27
3,88	17,54	55,32	-7,40	15,47	-0,0800	21937,83
4,02	17,55	57,43	-5,22	12,98	-0,0766	22915,38
4,16	16,92	58,55	-3,38	10,59	-0,0708	23892,95
4,30	15,80	59,66	-1,88	8,36	-0,0635	24870,50
4,44	14,32	60,77	-0,70	6,33	-0,0554	25848,06
4,59	12,58	61,88	0,19	4,51	-0,0469	26825,63
4,73	14,14	61,99	0,83	2,55	-0,0385	36767,68
4,87	11,54	62,10	1,19	0,91	-0,0304	37973,61
5,01	8,94	62,21	1,32	-0,35	-0,0228	39179,53
5,15	6,40	62,32	1,27	-1,26	-0,0158	40385,46
5,29	3,92	62,44	1,09	-1,81	-0,0094	41591,38
5,43	1,49	62,55	0,84	-2,02	-0,0035	42797,30
5,58	-0,92	58,27	0,55	-1,89	0,0021	44003,23
5,72	-3,34	58,27	0,28	-1,42	0,0074	45209,16
5,86	-5,84	58,27	0,08	-0,59	0,0126	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 5

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.E. [STR]

Nome:

SLE STR COMBINAZIONE 1

Coefficienti sismici:

Kh = 0,0856, Kv = 0,0428

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	0,75
7	Carico Permanente	0,75
8	Sovraccarico Svio	0,75
9	Momento Carico Permanente	0,75
10	Momento sovraccarico svio	0,75

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

41,03 [kPa]

Momento massimo

31,59 [kNm/m]

Taglio massimo

19,47 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	--	19,83	0,00	0,00	2,8395	--
0,54	--	22,04	0,00	0,00	2,4227	--
0,81	--	22,25	-18,64	-11,25	2,0058	--
1,09	--	29,96	-21,69	-11,25	1,6052	--
1,36	--	31,18	-24,74	-11,25	1,2404	--
1,63	--	33,39	-27,80	-9,54	0,9166	--
1,90	--	35,60	-30,39	-7,59	0,6385	8251,99
2,04	--	36,71	-31,46	-0,91	0,5132	9229,55
2,18	-41,03	38,82	-31,59	4,90	0,4020	10207,11

2,32	-34,10	39,94	-30,89	9,72	0,3049	11184,67
2,47	-26,95	41,05	-29,52	13,53	0,2216	12162,23
2,61	-19,90	42,16	-27,61	16,34	0,1514	13139,79
2,75	-13,22	43,27	-25,30	18,21	0,0937	14117,35
2,89	-7,12	44,38	-22,72	19,22	0,0472	15094,91
3,03	-1,75	45,49	-20,01	19,47	0,0109	16072,47
3,17	2,80	46,60	-17,25	19,07	-0,0164	17050,03
3,31	6,49	47,71	-14,56	18,16	-0,0360	18027,59
3,46	9,32	48,82	-11,99	16,84	-0,0490	19005,15
3,60	11,33	49,94	-9,61	15,24	-0,0567	19982,71
3,74	12,58	51,05	-7,46	13,46	-0,0600	20960,27
3,88	13,16	52,16	-5,55	11,60	-0,0600	21937,83
4,02	13,16	53,27	-3,91	9,74	-0,0574	22915,38
4,16	12,69	54,38	-2,54	7,95	-0,0531	23892,95
4,30	11,85	55,49	-1,41	6,27	-0,0477	24870,50
4,44	10,74	56,60	-0,53	4,75	-0,0415	25848,06
4,59	9,43	57,71	0,15	3,38	-0,0352	26825,63
4,73	10,61	57,83	0,62	1,91	-0,0288	36767,68
4,87	8,65	57,94	0,89	0,69	-0,0228	37973,61
5,01	6,71	58,05	0,99	-0,26	-0,0171	39179,53
5,15	4,80	58,16	0,95	-0,94	-0,0119	40385,46
5,29	2,94	58,27	0,82	-1,36	-0,0071	41591,38
5,43	1,12	58,38	0,63	-1,51	-0,0026	42797,30
5,58	-0,69	54,11	0,41	-1,42	0,0016	44003,23
5,72	-2,51	54,11	0,21	-1,06	0,0055	45209,16
5,86	-4,38	54,11	0,06	-0,44	0,0094	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 6

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.E. [STR]

Nome:

SLE STR COMBINAZIONE 2

Coefficienti sismici:

Kh = 0,0856, Kv = -0,0428

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	0,75
7	Carico Permanente	1
8	Sovraccarico Svio	1
9	Momento Carico Permanente	1
10	Momento sovraccarico svio	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

54,71 [kPa]

Momento massimo

42,12 [kNm/m]

Taglio massimo

25,96 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m ³]
0,27	--	19,83	0,00	0,00	3,7861	--
0,54	--	22,04	0,00	0,01	3,2303	--
0,81	--	22,25	-24,85	-15,00	2,6745	--
1,09	--	32,13	-28,92	-15,00	2,1403	--
1,36	--	33,34	-32,99	-15,00	1,6539	--
1,63	--	35,55	-37,06	-12,72	1,2221	--
1,90	--	37,77	-40,52	-10,12	0,8513	8251,99
2,04	--	38,88	-41,95	-1,20	0,6843	9229,55
2,18	-54,71	40,99	-42,12	6,53	0,5360	10207,11

2,32	-45,47	42,10	-41,19	12,96	0,4065	11184,67
2,47	-35,93	43,21	-39,36	18,04	0,2954	12162,23
2,61	-26,53	44,32	-36,81	21,79	0,2019	13139,79
2,75	-17,63	45,43	-33,73	24,28	0,1249	14117,35
2,89	-9,50	46,55	-30,30	25,63	0,0629	15094,91
3,03	-2,34	47,66	-26,67	25,96	0,0146	16072,47
3,17	3,73	48,77	-23,00	25,43	-0,0219	17050,03
3,31	8,65	49,88	-19,41	24,21	-0,0480	18027,59
3,46	12,42	50,99	-15,99	22,45	-0,0654	19005,15
3,60	15,10	52,10	-12,81	20,32	-0,0756	19982,71
3,74	16,77	53,21	-9,94	17,94	-0,0800	20960,27
3,88	17,54	54,32	-7,40	15,47	-0,0800	21937,83
4,02	17,55	55,43	-5,22	12,98	-0,0766	22915,38
4,16	16,92	56,55	-3,38	10,59	-0,0708	23892,95
4,30	15,80	57,66	-1,88	8,36	-0,0635	24870,50
4,44	14,32	58,77	-0,70	6,33	-0,0554	25848,06
4,59	12,58	59,88	0,19	4,51	-0,0469	26825,63
4,73	14,14	59,99	0,83	2,55	-0,0385	36767,68
4,87	11,54	60,10	1,19	0,91	-0,0304	37973,61
5,01	8,94	60,21	1,32	-0,35	-0,0228	39179,53
5,15	6,40	60,32	1,27	-1,26	-0,0158	40385,46
5,29	3,92	60,44	1,09	-1,81	-0,0094	41591,38
5,43	1,49	60,55	0,84	-2,02	-0,0035	42797,30
5,58	-0,92	56,27	0,55	-1,89	0,0021	44003,23
5,72	-3,34	56,27	0,28	-1,42	0,0074	45209,16
5,86	-5,84	56,27	0,08	-0,59	0,0126	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 7

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.U. [GEO]

Nome:

A2+M2+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0,2037, Kv = 0,1018

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1,3
7	Carico Permanente	1,3
8	Sovraccarico Svio	1,3
9	Momento Carico Permanente	1,3
10	Momento sovraccarico svio	1,3

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

58,76 [kPa]

Momento massimo

55,81 [kNm/m]

Taglio massimo

30,26 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m ³]
0,27	--	20,83	0,00	0,00	5,8521	--
0,54	--	22,04	0,00	0,00	5,0464	--
0,81	--	24,25	-32,30	-19,51	4,2407	--
1,09	--	36,72	-37,60	-19,50	3,4631	--
1,36	--	38,94	-42,89	-19,50	2,7476	--
1,63	--	41,15	-48,18	-17,38	2,1030	--
1,90	--	44,37	-52,90	-14,84	1,5379	4459,06
2,04	--	46,48	-55,00	-5,73	1,2776	5049,23
2,18	-58,76	47,59	-55,81	2,58	1,0419	5639,40

2,32	-51,77	48,70	-55,45	9,87	0,8311	6229,56
2,47	-43,99	50,81	-54,05	16,10	0,6451	6819,73
2,61	-35,81	51,92	-51,77	21,15	0,4833	7409,90
2,75	-27,57	54,03	-48,78	25,06	0,3446	8000,06
2,89	-19,56	55,14	-45,24	27,83	0,2277	8590,23
3,03	-12,04	57,25	-41,31	29,53	0,1311	9180,40
3,17	-5,18	58,37	-37,13	30,26	0,0530	9770,56
3,31	0,87	60,48	-32,85	30,14	-0,0084	10360,73
3,46	6,04	61,59	-28,59	29,28	-0,0552	10950,90
3,60	10,28	62,70	-24,45	27,83	-0,0891	11541,07
3,74	13,59	64,81	-20,52	25,91	-0,1120	12131,23
3,88	15,99	65,92	-16,86	23,64	-0,1257	12721,40
4,02	17,55	68,03	-13,51	21,17	-0,1319	13311,57
4,16	18,34	69,14	-10,52	18,58	-0,1319	13901,73
4,30	18,44	71,25	-7,89	15,97	-0,1272	14491,90
4,44	17,94	72,37	-5,64	13,44	-0,1190	15082,07
4,59	16,95	74,48	-3,74	10,97	-0,1081	15672,23
4,73	20,42	74,59	-2,19	8,14	-0,0956	21351,53
4,87	18,13	74,70	-1,03	5,58	-0,0821	22075,32
5,01	15,53	74,81	-0,24	3,39	-0,0681	22799,12
5,15	12,69	74,92	0,23	1,59	-0,0539	23522,91
5,29	9,67	75,03	0,46	0,23	-0,0399	24246,71
5,43	6,50	75,14	0,49	-0,69	-0,0260	24970,50
5,58	3,18	70,87	0,39	-1,14	-0,0124	25694,29
5,72	-0,30	70,87	0,23	-1,10	0,0011	26418,09
5,86	-3,94	70,87	0,08	-0,54	0,0145	27141,88

Fase: 1 - Combinazione: 8

Altezza scavo

Tipo:

Nome:

Coefficienti sismici:

Coefficienti parziali azioni

1,9 [m]

S.L.U. [GEO]

A2+M2+R1 COMBI 2

Kh = 0, Kv = 0

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1
7	Carico Permanente	1,3
8	Sovraccarico Svio	1,3
9	Momento Carico Permanente	1,3
10	Momento sovraccarico svio	1,3

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	4,10 [m]
Pressione massima terreno	58,76 [kPa]
Momento massimo	55,81 [kNm/m]
Taglio massimo	30,26 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m ³]
0,27	--	20,83	0,00	0,00	5,8521	--
0,54	--	22,04	0,00	0,00	5,0464	--
0,81	--	23,25	-32,30	-19,51	4,2407	--
1,09	--	35,72	-37,60	-19,50	3,4631	--
1,36	--	37,94	-42,89	-19,50	2,7476	--
1,63	--	40,15	-48,18	-17,38	2,1030	--
1,90	--	43,37	-52,90	-14,84	1,5379	4459,06
2,04	--	44,48	-55,00	-5,73	1,2776	5049,23
2,18	-58,76	45,59	-55,81	2,58	1,0419	5639,40
2,32	-51,77	47,70	-55,45	9,87	0,8311	6229,56
2,47	-43,99	48,81	-54,05	16,10	0,6451	6819,73
2,61	-35,81	49,92	-51,77	21,15	0,4833	7409,90
2,75	-27,57	52,03	-48,78	25,06	0,3446	8000,06
2,89	-19,56	53,14	-45,24	27,83	0,2277	8590,23
3,03	-12,04	54,25	-41,31	29,53	0,1311	9180,40
3,17	-5,18	56,37	-37,13	30,26	0,0530	9770,56
3,31	0,87	57,48	-32,85	30,14	-0,0084	10360,73
3,46	6,04	58,59	-28,59	29,28	-0,0552	10950,90
3,60	10,28	60,70	-24,45	27,83	-0,0891	11541,07
3,74	13,59	61,81	-20,52	25,91	-0,1120	12131,23
3,88	15,99	62,92	-16,86	23,64	-0,1257	12721,40
4,02	17,55	65,03	-13,51	21,17	-0,1319	13311,57
4,16	18,34	66,14	-10,52	18,58	-0,1319	13901,73
4,30	18,44	67,25	-7,89	15,97	-0,1272	14491,90
4,44	17,94	69,37	-5,64	13,44	-0,1190	15082,07
4,59	16,95	70,48	-3,74	10,97	-0,1081	15672,23
4,73	20,42	70,59	-2,19	8,14	-0,0956	21351,53
4,87	18,13	70,70	-1,03	5,58	-0,0821	22075,32
5,01	15,53	70,81	-0,24	3,39	-0,0681	22799,12
5,15	12,69	70,92	0,23	1,59	-0,0539	23522,91
5,29	9,67	71,03	0,46	0,23	-0,0399	24246,71
5,43	6,50	71,14	0,49	-0,69	-0,0260	24970,50
5,58	3,18	66,87	0,39	-1,14	-0,0124	25694,29
5,72	-0,30	66,87	0,23	-1,10	0,0011	26418,09
5,86	-3,94	66,87	0,08	-0,54	0,0145	27141,88

Fase: 1 - Combinazione: 9

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.U. [GEO]

Nome:

A_unitari+M1+R3

Coefficienti sismici:

Kh = 0,2037, Kv = 0,1018

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1
7	Carico Permanente	1
8	Sovraccarico Svio	1
9	Momento Carico Permanente	1
10	Momento sovraccarico svio	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,35
2	Laterale compressione	1,15
3	Totale	1,3
4	Laterale trazione	1,25
5	Orizzontale	1,3

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

54,71 [kPa]

Momento massimo

42,12 [kNm/m]

Taglio massimo

25,96 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	--	20,83	0,00	0,00	3,7861	--
0,54	--	22,04	0,00	0,01	3,2303	--
0,81	--	23,25	-24,85	-15,00	2,6745	--
1,09	--	33,13	-28,92	-15,00	2,1403	--
1,36	--	33,34	-32,99	-15,00	1,6539	--
1,63	--	36,55	-37,06	-12,72	1,2221	--
1,90	--	38,77	-40,52	-10,12	0,8513	8251,99
2,04	--	39,88	-41,95	-1,20	0,6843	9229,55
2,18	-54,71	40,99	-42,12	6,53	0,5360	10207,11

2,32	-45,47	42,10	-41,19	12,96	0,4065	11184,67
2,47	-35,93	43,21	-39,36	18,04	0,2954	12162,23
2,61	-26,53	44,32	-36,81	21,79	0,2019	13139,79
2,75	-17,63	45,43	-33,73	24,28	0,1249	14117,35
2,89	-9,50	47,55	-30,30	25,63	0,0629	15094,91
3,03	-2,34	48,66	-26,67	25,96	0,0146	16072,47
3,17	3,73	49,77	-23,00	25,43	-0,0219	17050,03
3,31	8,65	50,88	-19,41	24,21	-0,0480	18027,59
3,46	12,42	51,99	-15,99	22,45	-0,0654	19005,15
3,60	15,10	53,10	-12,81	20,32	-0,0756	19982,71
3,74	16,77	54,21	-9,94	17,94	-0,0800	20960,27
3,88	17,54	55,32	-7,40	15,47	-0,0800	21937,83
4,02	17,55	57,43	-5,22	12,98	-0,0766	22915,38
4,16	16,92	58,55	-3,38	10,59	-0,0708	23892,95
4,30	15,80	59,66	-1,88	8,36	-0,0635	24870,50
4,44	14,32	60,77	-0,70	6,33	-0,0554	25848,06
4,59	12,58	61,88	0,19	4,51	-0,0469	26825,63
4,73	14,14	61,99	0,83	2,55	-0,0385	36767,68
4,87	11,54	62,10	1,19	0,91	-0,0304	37973,61
5,01	8,94	62,21	1,32	-0,35	-0,0228	39179,53
5,15	6,40	62,32	1,27	-1,26	-0,0158	40385,46
5,29	3,92	62,44	1,09	-1,81	-0,0094	41591,38
5,43	1,49	62,55	0,84	-2,02	-0,0035	42797,30
5,58	-0,92	58,27	0,55	-1,89	0,0021	44003,23
5,72	-3,34	58,27	0,28	-1,42	0,0074	45209,16
5,86	-5,84	58,27	0,08	-0,59	0,0126	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 10

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.U. [GEO]

Nome:

A_unitari+M1+R3

Coefficienti sismici:

Kh = 0,2037, Kv = -0,1018

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1
7	Carico Permanente	1
8	Sovraccarico Svio	1
9	Momento Carico Permanente	1
10	Momento sovraccarico svio	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,35
2	Laterale compressione	1,15
3	Totale	1,3
4	Laterale trazione	1,25
5	Orizzontale	1,3

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

54,71 [kPa]

Momento massimo

42,12 [kNm/m]

Taglio massimo

25,96 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	--	20,83	0,00	0,00	3,7861	--
0,54	--	22,04	0,00	0,01	3,2303	--
0,81	--	23,25	-24,85	-15,00	2,6745	--
1,09	--	33,13	-28,92	-15,00	2,1403	--
1,36	--	33,34	-32,99	-15,00	1,6539	--
1,63	--	36,55	-37,06	-12,72	1,2221	--
1,90	--	38,77	-40,52	-10,12	0,8513	8251,99
2,04	--	39,88	-41,95	-1,20	0,6843	9229,55
2,18	-54,71	40,99	-42,12	6,53	0,5360	10207,11

2,32	-45,47	42,10	-41,19	12,96	0,4065	11184,67
2,47	-35,93	43,21	-39,36	18,04	0,2954	12162,23
2,61	-26,53	44,32	-36,81	21,79	0,2019	13139,79
2,75	-17,63	45,43	-33,73	24,28	0,1249	14117,35
2,89	-9,50	47,55	-30,30	25,63	0,0629	15094,91
3,03	-2,34	48,66	-26,67	25,96	0,0146	16072,47
3,17	3,73	49,77	-23,00	25,43	-0,0219	17050,03
3,31	8,65	50,88	-19,41	24,21	-0,0480	18027,59
3,46	12,42	51,99	-15,99	22,45	-0,0654	19005,15
3,60	15,10	53,10	-12,81	20,32	-0,0756	19982,71
3,74	16,77	54,21	-9,94	17,94	-0,0800	20960,27
3,88	17,54	55,32	-7,40	15,47	-0,0800	21937,83
4,02	17,55	57,43	-5,22	12,98	-0,0766	22915,38
4,16	16,92	58,55	-3,38	10,59	-0,0708	23892,95
4,30	15,80	59,66	-1,88	8,36	-0,0635	24870,50
4,44	14,32	60,77	-0,70	6,33	-0,0554	25848,06
4,59	12,58	61,88	0,19	4,51	-0,0469	26825,63
4,73	14,14	61,99	0,83	2,55	-0,0385	36767,68
4,87	11,54	62,10	1,19	0,91	-0,0304	37973,61
5,01	8,94	62,21	1,32	-0,35	-0,0228	39179,53
5,15	6,40	62,32	1,27	-1,26	-0,0158	40385,46
5,29	3,92	62,44	1,09	-1,81	-0,0094	41591,38
5,43	1,49	62,55	0,84	-2,02	-0,0035	42797,30
5,58	-0,92	58,27	0,55	-1,89	0,0021	44003,23
5,72	-3,34	58,27	0,28	-1,42	0,0074	45209,16
5,86	-5,84	58,27	0,08	-0,59	0,0126	46415,08

Fase: 1 - Combinazione: 11

Altezza scavo

1,9 [m]

Tipo:

S.L.E. [STR]

Nome:

Nuova combinazione STR

Coefficienti sismici:

Kh = 0,0856, Kv = 0,0428

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1,3
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	sovraccarico	1,5
7	Carico Permanente	1,5
8	Sovraccarico Svio	1,5
9	Momento Carico Permanente	1,5
10	Momento sovraccarico svio	1,5

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

4,10 [m]

Pressione massima terreno

82,07 [kPa]

Momento massimo

63,17 [kNm/m]

Taglio massimo

38,94 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	--	20,83	0,00	-0,01	5,6791	--
0,54	--	22,04	0,00	0,00	4,8454	--
0,81	--	23,25	-37,27	-22,50	4,0117	--
1,09	--	37,46	-43,38	-22,50	3,2104	--
1,36	--	39,67	-49,49	-22,50	2,4809	--
1,63	--	41,88	-55,60	-19,08	1,8331	--
1,90	--	44,10	-60,77	-15,18	1,2769	8251,99
2,04	--	46,21	-62,92	-1,81	1,0264	9229,55
2,18	-82,07	47,32	-63,17	9,79	0,8040	10207,11

2,32	-68,20	48,43	-61,79	19,43	0,6098	11184,67
2,47	-53,89	49,54	-59,04	27,06	0,4431	12162,23
2,61	-39,80	51,65	-55,22	32,68	0,3029	13139,79
2,75	-26,44	52,76	-50,60	36,42	0,1873	14117,35
2,89	-14,25	53,88	-45,45	38,44	0,0944	15094,91
3,03	-3,51	54,99	-40,01	38,94	0,0218	16072,47
3,17	5,59	57,10	-34,51	38,14	-0,0328	17050,03
3,31	12,97	58,21	-29,11	36,31	-0,0720	18027,59
3,46	18,63	59,32	-23,98	33,68	-0,0980	19005,15
3,60	22,65	61,43	-19,22	30,47	-0,1134	19982,71
3,74	25,16	62,54	-14,91	26,92	-0,1200	20960,27
3,88	26,32	63,65	-11,11	23,20	-0,1200	21937,83
4,02	26,33	64,76	-7,83	19,48	-0,1149	22915,38
4,16	25,39	66,88	-5,07	15,89	-0,1063	23892,95
4,30	23,71	67,99	-2,83	12,54	-0,0953	24870,50
4,44	21,47	69,10	-1,05	9,50	-0,0831	25848,06
4,59	18,87	70,21	0,29	6,76	-0,0703	26825,63
4,73	21,21	71,32	1,25	3,82	-0,0577	36767,68
4,87	17,31	71,43	1,79	1,37	-0,0456	37973,61
5,01	13,41	71,54	1,98	-0,53	-0,0342	39179,53
5,15	9,60	71,65	1,91	-1,88	-0,0238	40385,46
5,29	5,88	71,77	1,64	-2,71	-0,0141	41591,38
5,43	2,24	71,88	1,26	-3,03	-0,0052	42797,30
5,58	-1,37	67,60	0,83	-2,84	0,0031	44003,23
5,72	-5,02	67,60	0,43	-2,13	0,0111	45209,16
5,86	-8,76	67,60	0,13	-0,89	0,0189	46415,08

Carico limite verticale**Fase 1 Combinazione 1**

Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN

Forza verticale agente	198,913 kN
Fattore sicurezza	1,972

Fase 1 Combinazione 2

Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN

Forza verticale agente	198,913 kN
Fattore sicurezza	1,972

Fase 1 Combinazione 3

Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN

Forza verticale agente	174,820 kN
Fattore sicurezza	2,243

Fase 1 Combinazione 4

Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN

Forza verticale agente	174,820 kN
Fattore sicurezza	2,243

Fase 1 Combinazione 5

Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN

Forza verticale agente	162,325 kN
Fattore sicurezza	2,416

Fase 1 Combinazione 6

Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN

Forza verticale agente	168,820 kN
Fattore sicurezza	2,323
Fase 1 Combinazione 7	
Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN
Forza verticale agente	212,614 kN
Fattore sicurezza	1,845
Fase 1 Combinazione 8	
Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN
Forza verticale agente	200,614 kN
Fattore sicurezza	1,955
Fase 1 Combinazione 9	
Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	57,998 kN
Carico limite laterale	272,942 kN
Carico limite totale	330,940 kN
Forza verticale agente	174,820 kN
Fattore sicurezza	1,893
Fase 1 Combinazione 10	
Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	57,998 kN
Carico limite laterale	272,942 kN
Carico limite totale	330,940 kN
Forza verticale agente	174,820 kN
Fattore sicurezza	1,893
Fase 1 Combinazione 11	
Fattore Nc	18,190
Fattore Nq	9,482
Carico limite punta	78,297 kN
Carico limite laterale	313,883 kN
Carico limite totale	392,180 kN
Forza verticale agente	202,810 kN
Fattore sicurezza	1,934

Risultati analisi strutturale

Fase: 1 Risultati analisi strutturale

Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0,27	CIR35/I=3,00	62,48	0,00	-0,024		3727,58	0,19	59,66	Verificata
0,54	CIR35/I=3,00	66,12	0,00	0,015		3728,52	-0,03	56,39	Verificata
0,81	CIR35/I=3,00	69,76	-111,82	-67,507		121,73	-195,13	1,74	Verificata
1,09	CIR35/I=3,00	108,47	-130,15	-67,500		163,24	-195,85	1,50	Verificata
1,36	CIR35/I=3,00	115,11	-148,47	-67,501		151,70	-195,65	1,32	Verificata
1,63	CIR35/I=3,00	121,75	-166,79	-57,241		142,71	-195,49	1,17	Verificata
1,90	CIR35/I=3,00	128,39	-182,32	-45,528		137,61	-195,40	1,07	Verificata
2,04	CIR35/I=3,00	134,73	-188,76	-5,439		139,49	-195,44	1,04	Verificata
2,18	CIR35/I=3,00	138,06	-189,52	29,384		142,41	-195,49	1,03	Verificata
2,32	CIR35/I=3,00	141,40	-185,37	58,292		149,21	-195,61	1,06	Verificata
2,47	CIR35/I=3,00	144,73	-177,13	81,183		159,98	-195,79	1,11	Verificata
2,61	CIR35/I=3,00	151,06	-165,65	98,047		178,85	-196,12	1,18	Verificata
2,75	CIR35/I=3,00	154,40	-151,79	109,271		199,87	-196,49	1,29	Verificata
2,89	CIR35/I=3,00	157,73	-136,34	115,317		227,89	-196,98	1,44	Verificata
3,03	CIR35/I=3,00	161,06	-120,03	116,808		265,19	-197,63	1,65	Verificata
3,17	CIR35/I=3,00	167,40	-103,52	114,435		321,16	-198,61	1,92	Verificata
3,31	CIR35/I=3,00	170,73	-87,34	108,931		390,61	-199,83	2,29	Verificata
3,46	CIR35/I=3,00	174,06	-71,94	101,031		487,59	-201,52	2,80	Verificata
3,60	CIR35/I=3,00	180,40	-57,66	91,421		638,79	-204,17	3,54	Verificata
3,74	CIR35/I=3,00	183,73	-44,73	80,753		834,80	-203,25	4,54	Verificata
3,88	CIR35/I=3,00	187,06	-33,32	69,601		1113,42	-198,30	5,95	Verificata
4,02	CIR35/I=3,00	190,40	-23,48	58,434		1517,82	-187,15	7,97	Verificata
4,16	CIR35/I=3,00	196,73	-15,22	47,674		2051,84	-158,70	10,43	Verificata
4,30	CIR35/I=3,00	200,06	-8,48	37,617		2627,52	-111,32	13,13	Verificata
4,44	CIR35/I=3,00	203,40	-3,16	28,504		3292,80	-51,13	16,19	Verificata
4,59	CIR35/I=3,00	206,73	0,87	20,274		3631,80	15,31	17,57	Verificata
4,73	CIR35/I=3,00	210,06	3,74	11,453		3223,86	57,37	15,35	Verificata
4,87	CIR35/I=3,00	210,40	5,36	4,114		3010,65	76,66	14,31	Verificata
5,01	CIR35/I=3,00	210,73	5,94	-1,579		2941,64	82,90	13,96	Verificata
5,15	CIR35/I=3,00	211,06	5,72	-5,648		2969,22	80,40	14,07	Verificata
5,29	CIR35/I=3,00	211,40	4,92	-8,141		3068,93	71,38	14,52	Verificata
5,43	CIR35/I=3,00	211,73	3,77	-9,090		3224,06	57,35	15,23	Verificata
5,58	CIR35/I=3,00	198,91	2,48	-8,507		3390,49	42,29	17,05	Verificata
5,72	CIR35/I=3,00	198,91	1,28	-6,379		3567,46	22,93	17,93	Verificata
5,86	CIR35/I=3,00	198,91	0,38	-2,662		3688,75	6,98	18,54	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione e puntoni [°]
0,27	--	--	--	--	854,52	35583,18	Verificata	--
0,54	--	--	--	--	854,52	58129,22	Verificata	--
0,81	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata	--
1,09	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata	--
1,36	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata	--
1,63	--	--	--	--	854,52	14,93	Verificata	--
1,90	--	--	--	--	854,52	18,77	Verificata	--
2,04	--	--	--	--	854,52	157,12	Verificata	--
2,18	--	--	--	--	854,52	29,08	Verificata	--
2,32	--	--	--	--	854,52	14,66	Verificata	--

2,47	--	--	--	--	854,52	10,53	Verificata	--
2,61	--	--	--	--	854,52	8,72	Verificata	--
2,75	--	--	--	--	854,52	7,82	Verificata	--
2,89	--	--	--	--	854,52	7,41	Verificata	--
3,03	--	--	--	--	854,52	7,32	Verificata	--
3,17	--	--	--	--	854,52	7,47	Verificata	--
3,31	--	--	--	--	854,52	7,84	Verificata	--
3,46	--	--	--	--	854,52	8,46	Verificata	--
3,60	--	--	--	--	854,52	9,35	Verificata	--
3,74	--	--	--	--	854,52	10,58	Verificata	--
3,88	--	--	--	--	854,52	12,28	Verificata	--
4,02	--	--	--	--	854,52	14,62	Verificata	--
4,16	--	--	--	--	854,52	17,92	Verificata	--
4,30	--	--	--	--	854,52	22,72	Verificata	--
4,44	--	--	--	--	854,52	29,98	Verificata	--
4,59	--	--	--	--	854,52	42,15	Verificata	--
4,73	--	--	--	--	854,52	74,61	Verificata	--
4,87	--	--	--	--	854,52	207,73	Verificata	--
5,01	--	--	--	--	854,52	541,27	Verificata	--
5,15	--	--	--	--	854,52	151,30	Verificata	--
5,29	--	--	--	--	854,52	104,96	Verificata	--
5,43	--	--	--	--	854,52	94,01	Verificata	--
5,58	--	--	--	--	854,52	100,45	Verificata	--
5,72	--	--	--	--	854,52	133,95	Verificata	--
5,86	--	--	--	--	854,52	321,03	Verificata	--

Fase: 1 - Combinazione: 2

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0,27	CIR35/I=3,00	62,48	0,00	-0,024		3727,58	0,19	59,66	Verificata
0,54	CIR35/I=3,00	66,12	0,00	0,015		3728,52	-0,03	56,39	Verificata
0,81	CIR35/I=3,00	69,76	-111,82	-67,507		121,73	-195,13	1,74	Verificata
1,09	CIR35/I=3,00	108,47	-130,15	-67,500		163,24	-195,85	1,50	Verificata
1,36	CIR35/I=3,00	115,11	-148,47	-67,501		151,70	-195,65	1,32	Verificata
1,63	CIR35/I=3,00	121,75	-166,79	-57,241		142,71	-195,49	1,17	Verificata
1,90	CIR35/I=3,00	128,39	-182,32	-45,528		137,61	-195,40	1,07	Verificata
2,04	CIR35/I=3,00	134,73	-188,76	-5,439		139,49	-195,44	1,04	Verificata
2,18	CIR35/I=3,00	138,06	-189,52	29,384		142,41	-195,49	1,03	Verificata
2,32	CIR35/I=3,00	141,40	-185,37	58,292		149,21	-195,61	1,06	Verificata
2,47	CIR35/I=3,00	144,73	-177,13	81,183		159,98	-195,79	1,11	Verificata
2,61	CIR35/I=3,00	151,06	-165,65	98,047		178,85	-196,12	1,18	Verificata
2,75	CIR35/I=3,00	154,40	-151,79	109,271		199,87	-196,49	1,29	Verificata
2,89	CIR35/I=3,00	157,73	-136,34	115,317		227,89	-196,98	1,44	Verificata
3,03	CIR35/I=3,00	161,06	-120,03	116,808		265,19	-197,63	1,65	Verificata
3,17	CIR35/I=3,00	167,40	-103,52	114,435		321,16	-198,61	1,92	Verificata
3,31	CIR35/I=3,00	170,73	-87,34	108,931		390,61	-199,83	2,29	Verificata
3,46	CIR35/I=3,00	174,06	-71,94	101,031		487,59	-201,52	2,80	Verificata
3,60	CIR35/I=3,00	180,40	-57,66	91,421		638,79	-204,17	3,54	Verificata
3,74	CIR35/I=3,00	183,73	-44,73	80,753		834,80	-203,25	4,54	Verificata
3,88	CIR35/I=3,00	187,06	-33,32	69,601		1113,42	-198,30	5,95	Verificata
4,02	CIR35/I=3,00	190,40	-23,48	58,434		1517,82	-187,15	7,97	Verificata
4,16	CIR35/I=3,00	196,73	-15,22	47,674		2051,84	-158,70	10,43	Verificata
4,30	CIR35/I=3,00	200,06	-8,48	37,617		2627,52	-111,32	13,13	Verificata
4,44	CIR35/I=3,00	203,40	-3,16	28,504		3292,80	-51,13	16,19	Verificata
4,59	CIR35/I=3,00	206,73	0,87	20,274		3631,80	15,31	17,57	Verificata

4,73	CIR35/I=3,00	210,06	3,74	11,453		3223,86	57,37	15,35	Verificata
4,87	CIR35/I=3,00	210,40	5,36	4,114		3010,65	76,66	14,31	Verificata
5,01	CIR35/I=3,00	210,73	5,94	-1,579		2941,64	82,90	13,96	Verificata
5,15	CIR35/I=3,00	211,06	5,72	-5,648		2969,22	80,40	14,07	Verificata
5,29	CIR35/I=3,00	211,40	4,92	-8,141		3068,93	71,38	14,52	Verificata
5,43	CIR35/I=3,00	211,73	3,77	-9,090		3224,06	57,35	15,23	Verificata
5,58	CIR35/I=3,00	198,91	2,48	-8,507		3390,49	42,29	17,05	Verificata
5,72	CIR35/I=3,00	198,91	1,28	-6,379		3567,46	22,93	17,93	Verificata
5,86	CIR35/I=3,00	198,91	0,38	-2,662		3688,75	6,98	18,54	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione e puntoni [°]
0,27	--	--	--	--	854,52	35583,18	Verificata	--
0,54	--	--	--	--	854,52	58129,22	Verificata	--
0,81	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata	--
1,09	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata	--
1,36	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata	--
1,63	--	--	--	--	854,52	14,93	Verificata	--
1,90	--	--	--	--	854,52	18,77	Verificata	--
2,04	--	--	--	--	854,52	157,12	Verificata	--
2,18	--	--	--	--	854,52	29,08	Verificata	--
2,32	--	--	--	--	854,52	14,66	Verificata	--
2,47	--	--	--	--	854,52	10,53	Verificata	--
2,61	--	--	--	--	854,52	8,72	Verificata	--
2,75	--	--	--	--	854,52	7,82	Verificata	--
2,89	--	--	--	--	854,52	7,41	Verificata	--
3,03	--	--	--	--	854,52	7,32	Verificata	--
3,17	--	--	--	--	854,52	7,47	Verificata	--
3,31	--	--	--	--	854,52	7,84	Verificata	--
3,46	--	--	--	--	854,52	8,46	Verificata	--
3,60	--	--	--	--	854,52	9,35	Verificata	--
3,74	--	--	--	--	854,52	10,58	Verificata	--
3,88	--	--	--	--	854,52	12,28	Verificata	--
4,02	--	--	--	--	854,52	14,62	Verificata	--
4,16	--	--	--	--	854,52	17,92	Verificata	--
4,30	--	--	--	--	854,52	22,72	Verificata	--
4,44	--	--	--	--	854,52	29,98	Verificata	--
4,59	--	--	--	--	854,52	42,15	Verificata	--
4,73	--	--	--	--	854,52	74,61	Verificata	--
4,87	--	--	--	--	854,52	207,73	Verificata	--
5,01	--	--	--	--	854,52	541,27	Verificata	--
5,15	--	--	--	--	854,52	151,30	Verificata	--
5,29	--	--	--	--	854,52	104,96	Verificata	--
5,43	--	--	--	--	854,52	94,01	Verificata	--
5,58	--	--	--	--	854,52	100,45	Verificata	--
5,72	--	--	--	--	854,52	133,95	Verificata	--
5,86	--	--	--	--	854,52	321,03	Verificata	--

Fase: 1 - Combinazione: 3

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0,27	CIR35/I=3,00	62,48	0,00	-0,011		3728,16	0,09	59,67	Verificata

0,54	CIR35/I=3,00	66,12	0,00	0,019		3727,38	-0,23	56,37	Verificata
0,81	CIR35/I=3,00	69,76	-74,55	-45,001		183,60	-196,21	2,63	Verificata
1,09	CIR35/I=3,00	99,38	-86,76	-45,005		225,58	-196,94	2,27	Verificata
1,36	CIR35/I=3,00	100,02	-98,98	-45,001		198,54	-196,47	1,98	Verificata
1,63	CIR35/I=3,00	109,66	-111,19	-38,170		193,68	-196,38	1,77	Verificata
1,90	CIR35/I=3,00	116,30	-121,55	-30,373		187,81	-196,28	1,61	Verificata
2,04	CIR35/I=3,00	119,64	-125,84	-3,607		186,58	-196,26	1,56	Verificata
2,18	CIR35/I=3,00	122,97	-126,35	19,603		191,08	-196,34	1,55	Verificata
2,32	CIR35/I=3,00	126,30	-123,58	38,873		200,84	-196,51	1,59	Verificata
2,47	CIR35/I=3,00	129,64	-118,08	54,114		216,03	-196,77	1,67	Verificata
2,61	CIR35/I=3,00	132,97	-110,43	65,368		237,38	-197,15	1,79	Verificata
2,75	CIR35/I=3,00	136,30	-101,19	72,844		266,24	-197,65	1,95	Verificata
2,89	CIR35/I=3,00	142,64	-90,89	76,879		311,41	-198,44	2,18	Verificata
3,03	CIR35/I=3,00	145,97	-80,02	77,872		363,64	-199,36	2,49	Verificata
3,17	CIR35/I=3,00	149,30	-69,01	76,287		433,94	-200,58	2,91	Verificata
3,31	CIR35/I=3,00	152,64	-58,23	72,623		530,22	-202,27	3,47	Verificata
3,46	CIR35/I=3,00	155,97	-47,96	67,352		665,48	-204,63	4,27	Verificata
3,60	CIR35/I=3,00	159,30	-38,44	60,948		841,82	-203,12	5,28	Verificata
3,74	CIR35/I=3,00	162,64	-29,82	53,831		1084,30	-198,82	6,67	Verificata
3,88	CIR35/I=3,00	165,97	-22,21	46,399		1432,48	-191,70	8,63	Verificata
4,02	CIR35/I=3,00	172,30	-15,65	38,952		1859,79	-168,93	10,79	Verificata
4,16	CIR35/I=3,00	175,64	-10,14	31,779		2354,80	-136,00	13,41	Verificata
4,30	CIR35/I=3,00	178,97	-5,65	25,078		2859,88	-90,30	15,98	Verificata
4,44	CIR35/I=3,00	182,30	-2,11	19,002		3421,16	-39,51	18,77	Verificata
4,59	CIR35/I=3,00	185,64	0,58	13,516		3663,07	11,47	19,73	Verificata
4,73	CIR35/I=3,00	185,97	2,49	7,636		3360,25	45,02	18,07	Verificata
4,87	CIR35/I=3,00	186,30	3,57	2,743		3183,40	61,03	17,09	Verificata
5,01	CIR35/I=3,00	186,64	3,96	-1,052		3125,17	66,29	16,74	Verificata
5,15	CIR35/I=3,00	186,97	3,81	-3,765		3148,67	64,17	16,84	Verificata
5,29	CIR35/I=3,00	187,31	3,28	-5,427		3232,60	56,57	17,26	Verificata
5,43	CIR35/I=3,00	187,64	2,51	-6,060		3360,85	44,97	17,91	Verificata
5,58	CIR35/I=3,00	174,82	1,65	-5,671		3482,72	32,95	19,92	Verificata
5,72	CIR35/I=3,00	174,82	0,85	-4,253		3612,39	17,61	20,66	Verificata
5,86	CIR35/I=3,00	174,82	0,25	-1,775		3698,31	5,31	21,15	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione e puntoni [°]
0,27	--	--	--	--	854,52	74478,24	Verificata	--
0,54	--	--	--	--	854,52	44912,37	Verificata	--
0,81	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata	--
1,09	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata	--
1,36	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata	--
1,63	--	--	--	--	854,52	22,39	Verificata	--
1,90	--	--	--	--	854,52	28,13	Verificata	--
2,04	--	--	--	--	854,52	236,88	Verificata	--
2,18	--	--	--	--	854,52	43,59	Verificata	--
2,32	--	--	--	--	854,52	21,98	Verificata	--
2,47	--	--	--	--	854,52	15,79	Verificata	--
2,61	--	--	--	--	854,52	13,07	Verificata	--
2,75	--	--	--	--	854,52	11,73	Verificata	--
2,89	--	--	--	--	854,52	11,12	Verificata	--
3,03	--	--	--	--	854,52	10,97	Verificata	--
3,17	--	--	--	--	854,52	11,20	Verificata	--
3,31	--	--	--	--	854,52	11,77	Verificata	--

3,46	--	--	--	--	854,52	12,69	Verificata	--
3,60	--	--	--	--	854,52	14,02	Verificata	--
3,74	--	--	--	--	854,52	15,87	Verificata	--
3,88	--	--	--	--	854,52	18,42	Verificata	--
4,02	--	--	--	--	854,52	21,94	Verificata	--
4,16	--	--	--	--	854,52	26,89	Verificata	--
4,30	--	--	--	--	854,52	34,07	Verificata	--
4,44	--	--	--	--	854,52	44,97	Verificata	--
4,59	--	--	--	--	854,52	63,22	Verificata	--
4,73	--	--	--	--	854,52	111,91	Verificata	--
4,87	--	--	--	--	854,52	311,53	Verificata	--
5,01	--	--	--	--	854,52	812,18	Verificata	--
5,15	--	--	--	--	854,52	226,95	Verificata	--
5,29	--	--	--	--	854,52	157,44	Verificata	--
5,43	--	--	--	--	854,52	141,01	Verificata	--
5,58	--	--	--	--	854,52	150,67	Verificata	--
5,72	--	--	--	--	854,52	200,92	Verificata	--
5,86	--	--	--	--	854,52	481,40	Verificata	--

Fase: 1 - Combinazione: 4

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0,27	CIR35/I=3,00	62,48	0,00	-0,011		3728,16	0,09	59,67	Verificata
0,54	CIR35/I=3,00	66,12	0,00	0,019		3727,38	-0,23	56,37	Verificata
0,81	CIR35/I=3,00	69,76	-74,55	-45,001		183,60	-196,21	2,63	Verificata
1,09	CIR35/I=3,00	99,38	-86,76	-45,005		225,58	-196,94	2,27	Verificata
1,36	CIR35/I=3,00	100,02	-98,98	-45,001		198,54	-196,47	1,98	Verificata
1,63	CIR35/I=3,00	109,66	-111,19	-38,170		193,68	-196,38	1,77	Verificata
1,90	CIR35/I=3,00	116,30	-121,55	-30,373		187,81	-196,28	1,61	Verificata
2,04	CIR35/I=3,00	119,64	-125,84	-3,607		186,58	-196,26	1,56	Verificata
2,18	CIR35/I=3,00	122,97	-126,35	19,603		191,08	-196,34	1,55	Verificata
2,32	CIR35/I=3,00	126,30	-123,58	38,873		200,84	-196,51	1,59	Verificata
2,47	CIR35/I=3,00	129,64	-118,08	54,114		216,03	-196,77	1,67	Verificata
2,61	CIR35/I=3,00	132,97	-110,43	65,368		237,38	-197,15	1,79	Verificata
2,75	CIR35/I=3,00	136,30	-101,19	72,844		266,24	-197,65	1,95	Verificata
2,89	CIR35/I=3,00	142,64	-90,89	76,879		311,41	-198,44	2,18	Verificata
3,03	CIR35/I=3,00	145,97	-80,02	77,872		363,64	-199,36	2,49	Verificata
3,17	CIR35/I=3,00	149,30	-69,01	76,287		433,94	-200,58	2,91	Verificata
3,31	CIR35/I=3,00	152,64	-58,23	72,623		530,22	-202,27	3,47	Verificata
3,46	CIR35/I=3,00	155,97	-47,96	67,352		665,48	-204,63	4,27	Verificata
3,60	CIR35/I=3,00	159,30	-38,44	60,948		841,82	-203,12	5,28	Verificata
3,74	CIR35/I=3,00	162,64	-29,82	53,831		1084,30	-198,82	6,67	Verificata
3,88	CIR35/I=3,00	165,97	-22,21	46,399		1432,48	-191,70	8,63	Verificata
4,02	CIR35/I=3,00	172,30	-15,65	38,952		1859,79	-168,93	10,79	Verificata
4,16	CIR35/I=3,00	175,64	-10,14	31,779		2354,80	-136,00	13,41	Verificata
4,30	CIR35/I=3,00	178,97	-5,65	25,078		2859,88	-90,30	15,98	Verificata
4,44	CIR35/I=3,00	182,30	-2,11	19,002		3421,16	-39,51	18,77	Verificata
4,59	CIR35/I=3,00	185,64	0,58	13,516		3663,07	11,47	19,73	Verificata
4,73	CIR35/I=3,00	185,97	2,49	7,636		3360,25	45,02	18,07	Verificata
4,87	CIR35/I=3,00	186,30	3,57	2,743		3183,40	61,03	17,09	Verificata
5,01	CIR35/I=3,00	186,64	3,96	-1,052		3125,17	66,29	16,74	Verificata
5,15	CIR35/I=3,00	186,97	3,81	-3,765		3148,67	64,17	16,84	Verificata
5,29	CIR35/I=3,00	187,31	3,28	-5,427		3232,60	56,57	17,26	Verificata
5,43	CIR35/I=3,00	187,64	2,51	-6,060		3360,85	44,97	17,91	Verificata
5,58	CIR35/I=3,00	174,82	1,65	-5,671		3482,72	32,95	19,92	Verificata

5,72	CIR35/I=3,00	174,82	0,85	-4,253		3612,39	17,61	20,66	Verificata
5,86	CIR35/I=3,00	174,82	0,25	-1,775		3698,31	5,31	21,15	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio
0,27	--	--	--	--	854,52	74478,24	Verificata
0,54	--	--	--	--	854,52	44912,37	Verificata
0,81	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata
1,09	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata
1,36	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata
1,63	--	--	--	--	854,52	22,39	Verificata
1,90	--	--	--	--	854,52	28,13	Verificata
2,04	--	--	--	--	854,52	236,88	Verificata
2,18	--	--	--	--	854,52	43,59	Verificata
2,32	--	--	--	--	854,52	21,98	Verificata
2,47	--	--	--	--	854,52	15,79	Verificata
2,61	--	--	--	--	854,52	13,07	Verificata
2,75	--	--	--	--	854,52	11,73	Verificata
2,89	--	--	--	--	854,52	11,12	Verificata
3,03	--	--	--	--	854,52	10,97	Verificata
3,17	--	--	--	--	854,52	11,20	Verificata
3,31	--	--	--	--	854,52	11,77	Verificata
3,46	--	--	--	--	854,52	12,69	Verificata
3,60	--	--	--	--	854,52	14,02	Verificata
3,74	--	--	--	--	854,52	15,87	Verificata
3,88	--	--	--	--	854,52	18,42	Verificata
4,02	--	--	--	--	854,52	21,94	Verificata
4,16	--	--	--	--	854,52	26,89	Verificata
4,30	--	--	--	--	854,52	34,07	Verificata
4,44	--	--	--	--	854,52	44,97	Verificata
4,59	--	--	--	--	854,52	63,22	Verificata
4,73	--	--	--	--	854,52	111,91	Verificata
4,87	--	--	--	--	854,52	311,53	Verificata
5,01	--	--	--	--	854,52	812,18	Verificata
5,15	--	--	--	--	854,52	226,95	Verificata
5,29	--	--	--	--	854,52	157,44	Verificata
5,43	--	--	--	--	854,52	141,01	Verificata
5,58	--	--	--	--	854,52	150,67	Verificata
5,72	--	--	--	--	854,52	200,92	Verificata
5,86	--	--	--	--	854,52	481,40	Verificata

Fase: 1 - Combinazione: 5

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0,27	CIR35/I=3,00	59,48	0,00	-0,012		3728,10	0,10	62,68	Verificata
0,54	CIR35/I=3,00	66,12	0,00	0,007		3728,60	-0,01	56,39	Verificata
0,81	CIR35/I=3,00	66,76	-55,91	-33,754		235,36	-197,11	3,53	Verificata
1,09	CIR35/I=3,00	89,89	-65,07	-33,750		273,19	-197,77	3,04	Verificata
1,36	CIR35/I=3,00	93,53	-74,23	-33,750		248,63	-197,34	2,66	Verificata
1,63	CIR35/I=3,00	100,17	-83,40	-28,620		236,78	-197,14	2,36	Verificata
1,90	CIR35/I=3,00	106,81	-91,16	-22,764		230,85	-197,03	2,16	Verificata
2,04	CIR35/I=3,00	110,14	-94,38	-2,719		229,92	-197,02	2,09	Verificata
2,18	CIR35/I=3,00	116,47	-94,76	14,692		242,43	-197,24	2,08	Verificata

2,32	CIR35/I=3,00	119,81	-92,68	29,146		255,25	-197,46	2,13	Verificata
2,47	CIR35/I=3,00	123,14	-88,56	40,592		275,04	-197,81	2,23	Verificata
2,61	CIR35/I=3,00	126,47	-82,82	49,023		302,80	-198,29	2,39	Verificata
2,75	CIR35/I=3,00	129,81	-75,89	54,636		340,28	-198,95	2,62	Verificata
2,89	CIR35/I=3,00	133,14	-68,17	57,658		390,27	-199,82	2,93	Verificata
3,03	CIR35/I=3,00	136,47	-60,02	58,404		457,03	-200,99	3,35	Verificata
3,17	CIR35/I=3,00	139,81	-51,76	57,217		547,14	-202,56	3,91	Verificata
3,31	CIR35/I=3,00	143,14	-43,67	54,466		671,05	-204,73	4,69	Verificata
3,46	CIR35/I=3,00	146,47	-35,97	50,515		828,12	-203,36	5,65	Verificata
3,60	CIR35/I=3,00	149,81	-28,83	45,711		1037,48	-199,65	6,93	Verificata
3,74	CIR35/I=3,00	153,14	-22,37	40,377		1331,30	-194,43	8,69	Verificata
3,88	CIR35/I=3,00	156,48	-16,66	34,801		1677,88	-178,62	10,72	Verificata
4,02	CIR35/I=3,00	159,81	-11,74	29,217		2114,84	-155,34	13,23	Verificata
4,16	CIR35/I=3,00	163,14	-7,61	23,837		2545,77	-118,72	15,60	Verificata
4,30	CIR35/I=3,00	166,48	-4,24	18,809		3010,75	-76,65	18,09	Verificata
4,44	CIR35/I=3,00	169,81	-1,58	14,252		3487,14	-32,43	20,54	Verificata
4,59	CIR35/I=3,00	173,14	0,44	10,137		3675,75	9,25	21,23	Verificata
4,73	CIR35/I=3,00	173,48	1,87	5,727		3447,31	37,14	19,87	Verificata
4,87	CIR35/I=3,00	173,81	2,68	2,057		3296,41	50,80	18,97	Verificata
5,01	CIR35/I=3,00	174,14	2,97	-0,789		3246,12	55,35	18,64	Verificata
5,15	CIR35/I=3,00	174,48	2,86	-2,824		3266,54	53,50	18,72	Verificata
5,29	CIR35/I=3,00	174,81	2,46	-4,071		3338,88	46,96	19,10	Verificata
5,43	CIR35/I=3,00	175,14	1,88	-4,545		3447,90	37,07	19,69	Verificata
5,58	CIR35/I=3,00	162,32	1,24	-4,254		3533,02	27,00	21,77	Verificata
5,72	CIR35/I=3,00	162,32	0,64	-3,190		3640,10	14,33	22,42	Verificata
5,86	CIR35/I=3,00	162,32	0,19	-1,331		3704,12	4,29	22,82	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio
0,27	--	--	--	--	854,52	71166,37	Verificata
0,54	--	--	--	--	854,52	116258,44	Verificata
0,81	--	--	--	--	854,52	25,32	Verificata
1,09	--	--	--	--	854,52	25,32	Verificata
1,36	--	--	--	--	854,52	25,32	Verificata
1,63	--	--	--	--	854,52	29,86	Verificata
1,90	--	--	--	--	854,52	37,54	Verificata
2,04	--	--	--	--	854,52	314,23	Verificata
2,18	--	--	--	--	854,52	58,16	Verificata
2,32	--	--	--	--	854,52	29,32	Verificata
2,47	--	--	--	--	854,52	21,05	Verificata
2,61	--	--	--	--	854,52	17,43	Verificata
2,75	--	--	--	--	854,52	15,64	Verificata
2,89	--	--	--	--	854,52	14,82	Verificata
3,03	--	--	--	--	854,52	14,63	Verificata
3,17	--	--	--	--	854,52	14,93	Verificata
3,31	--	--	--	--	854,52	15,69	Verificata
3,46	--	--	--	--	854,52	16,92	Verificata
3,60	--	--	--	--	854,52	18,69	Verificata
3,74	--	--	--	--	854,52	21,16	Verificata
3,88	--	--	--	--	854,52	24,55	Verificata
4,02	--	--	--	--	854,52	29,25	Verificata
4,16	--	--	--	--	854,52	35,85	Verificata
4,30	--	--	--	--	854,52	45,43	Verificata
4,44	--	--	--	--	854,52	59,96	Verificata
4,59	--	--	--	--	854,52	84,30	Verificata

4,73	--	--	--	--	854,52	149,22	Verificata
4,87	--	--	--	--	854,52	415,45	Verificata
5,01	--	--	--	--	854,52	1082,54	Verificata
5,15	--	--	--	--	854,52	302,61	Verificata
5,29	--	--	--	--	854,52	209,92	Verificata
5,43	--	--	--	--	854,52	188,01	Verificata
5,58	--	--	--	--	854,52	200,89	Verificata
5,72	--	--	--	--	854,52	267,90	Verificata
5,86	--	--	--	--	854,52	642,06	Verificata

Fase: 1 - Combinazione: 6

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0,27	CIR35/I=3,00	59,48	0,00	-0,011		3728,13	0,10	62,68	Verificata
0,54	CIR35/I=3,00	66,12	0,00	0,019		3727,38	-0,23	56,37	Verificata
0,81	CIR35/I=3,00	66,76	-74,55	-45,001		175,58	-196,07	2,63	Verificata
1,09	CIR35/I=3,00	96,38	-86,76	-45,005		218,64	-196,82	2,27	Verificata
1,36	CIR35/I=3,00	100,02	-98,98	-45,001		198,54	-196,47	1,98	Verificata
1,63	CIR35/I=3,00	106,66	-111,19	-38,170		188,29	-196,29	1,77	Verificata
1,90	CIR35/I=3,00	113,30	-121,55	-30,373		182,89	-196,19	1,61	Verificata
2,04	CIR35/I=3,00	116,64	-125,84	-3,607		181,82	-196,18	1,56	Verificata
2,18	CIR35/I=3,00	122,97	-126,35	19,603		191,08	-196,34	1,55	Verificata
2,32	CIR35/I=3,00	126,30	-123,58	38,873		200,84	-196,51	1,59	Verificata
2,47	CIR35/I=3,00	129,64	-118,08	54,114		216,03	-196,77	1,67	Verificata
2,61	CIR35/I=3,00	132,97	-110,43	65,368		237,38	-197,15	1,79	Verificata
2,75	CIR35/I=3,00	136,30	-101,19	72,844		266,24	-197,65	1,95	Verificata
2,89	CIR35/I=3,00	139,64	-90,89	76,879		304,68	-198,32	2,18	Verificata
3,03	CIR35/I=3,00	142,97	-80,02	77,872		355,93	-199,22	2,49	Verificata
3,17	CIR35/I=3,00	146,30	-69,01	76,287		424,89	-200,43	2,90	Verificata
3,31	CIR35/I=3,00	149,64	-58,23	72,623		519,31	-202,08	3,47	Verificata
3,46	CIR35/I=3,00	152,97	-47,96	67,352		651,92	-204,40	4,26	Verificata
3,60	CIR35/I=3,00	156,30	-38,44	60,948		827,03	-203,38	5,29	Verificata
3,74	CIR35/I=3,00	159,64	-29,82	53,831		1066,03	-199,14	6,68	Verificata
3,88	CIR35/I=3,00	162,97	-22,21	46,399		1413,87	-192,69	8,68	Verificata
4,02	CIR35/I=3,00	166,30	-15,65	38,952		1818,44	-171,13	10,93	Verificata
4,16	CIR35/I=3,00	169,64	-10,14	31,779		2322,79	-138,89	13,69	Verificata
4,30	CIR35/I=3,00	172,97	-5,65	25,078		2834,44	-92,60	16,39	Verificata
4,44	CIR35/I=3,00	176,30	-2,11	19,002		3408,03	-40,70	19,33	Verificata
4,59	CIR35/I=3,00	179,64	0,58	13,516		3660,92	11,84	20,38	Verificata
4,73	CIR35/I=3,00	179,97	2,49	7,636		3345,86	46,33	18,59	Verificata
4,87	CIR35/I=3,00	180,30	3,57	2,743		3164,99	62,69	17,55	Verificata
5,01	CIR35/I=3,00	180,64	3,96	-1,052		3105,58	68,07	17,19	Verificata
5,15	CIR35/I=3,00	180,97	3,81	-3,765		3129,60	65,89	17,29	Verificata
5,29	CIR35/I=3,00	181,31	3,28	-5,427		3215,36	58,13	17,73	Verificata
5,43	CIR35/I=3,00	181,64	2,51	-6,060		3346,61	46,26	18,42	Verificata
5,58	CIR35/I=3,00	168,82	1,65	-5,671		3473,58	34,03	20,58	Verificata
5,72	CIR35/I=3,00	168,82	0,85	-4,253		3607,32	18,21	21,37	Verificata
5,86	CIR35/I=3,00	168,82	0,25	-1,775		3697,24	5,50	21,90	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio
0,27	--	--	--	--	854,52	74478,24	Verificata
0,54	--	--	--	--	854,52	44912,37	Verificata

0,81	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata
1,09	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata
1,36	--	--	--	--	854,52	18,99	Verificata
1,63	--	--	--	--	854,52	22,39	Verificata
1,90	--	--	--	--	854,52	28,13	Verificata
2,04	--	--	--	--	854,52	236,88	Verificata
2,18	--	--	--	--	854,52	43,59	Verificata
2,32	--	--	--	--	854,52	21,98	Verificata
2,47	--	--	--	--	854,52	15,79	Verificata
2,61	--	--	--	--	854,52	13,07	Verificata
2,75	--	--	--	--	854,52	11,73	Verificata
2,89	--	--	--	--	854,52	11,12	Verificata
3,03	--	--	--	--	854,52	10,97	Verificata
3,17	--	--	--	--	854,52	11,20	Verificata
3,31	--	--	--	--	854,52	11,77	Verificata
3,46	--	--	--	--	854,52	12,69	Verificata
3,60	--	--	--	--	854,52	14,02	Verificata
3,74	--	--	--	--	854,52	15,87	Verificata
3,88	--	--	--	--	854,52	18,42	Verificata
4,02	--	--	--	--	854,52	21,94	Verificata
4,16	--	--	--	--	854,52	26,89	Verificata
4,30	--	--	--	--	854,52	34,07	Verificata
4,44	--	--	--	--	854,52	44,97	Verificata
4,59	--	--	--	--	854,52	63,22	Verificata
4,73	--	--	--	--	854,52	111,91	Verificata
4,87	--	--	--	--	854,52	311,53	Verificata
5,01	--	--	--	--	854,52	812,18	Verificata
5,15	--	--	--	--	854,52	226,95	Verificata
5,29	--	--	--	--	854,52	157,44	Verificata
5,43	--	--	--	--	854,52	141,01	Verificata
5,58	--	--	--	--	854,52	150,67	Verificata
5,72	--	--	--	--	854,52	200,92	Verificata
5,86	--	--	--	--	854,52	481,40	Verificata

Fase: 1 - Combinazione: 11

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Fless.	Ver. Flessione
0,27	CIR35/I=3,00	62,48	0,00	-0,024		3727,58	0,19	59,66	Verificata
0,54	CIR35/I=3,00	66,12	0,00	0,015		3728,52	-0,03	56,39	Verificata
0,81	CIR35/I=3,00	69,76	-111,82	-67,507		121,73	-195,13	1,74	Verificata
1,09	CIR35/I=3,00	112,37	-130,15	-67,500		169,19	-195,96	1,51	Verificata
1,36	CIR35/I=3,00	119,01	-148,47	-67,501		156,91	-195,74	1,32	Verificata
1,63	CIR35/I=3,00	125,65	-166,79	-57,241		147,33	-195,57	1,17	Verificata
1,90	CIR35/I=3,00	132,29	-182,32	-45,528		141,84	-195,48	1,07	Verificata
2,04	CIR35/I=3,00	138,63	-188,76	-5,439		143,58	-195,51	1,04	Verificata
2,18	CIR35/I=3,00	141,96	-189,52	29,384		146,48	-195,56	1,03	Verificata
2,32	CIR35/I=3,00	145,29	-185,37	58,292		153,37	-195,68	1,06	Verificata
2,47	CIR35/I=3,00	148,63	-177,13	81,183		164,35	-195,87	1,11	Verificata
2,61	CIR35/I=3,00	154,96	-165,65	98,047		183,55	-196,21	1,18	Verificata
2,75	CIR35/I=3,00	158,29	-151,79	109,271		205,01	-196,58	1,30	Verificata
2,89	CIR35/I=3,00	161,63	-136,34	115,317		233,64	-197,08	1,45	Verificata
3,03	CIR35/I=3,00	164,96	-120,03	116,808		271,76	-197,75	1,65	Verificata
3,17	CIR35/I=3,00	171,29	-103,52	114,435		328,86	-198,75	1,92	Verificata
3,31	CIR35/I=3,00	174,63	-87,34	108,931		399,85	-199,99	2,29	Verificata
3,46	CIR35/I=3,00	177,96	-71,94	101,031		499,00	-201,72	2,80	Verificata
3,60	CIR35/I=3,00	184,29	-57,66	91,421		653,40	-204,42	3,55	Verificata

3,74	CIR35/I=3,00	187,63	-44,73	80,753		851,28	-202,95	4,54	Verificata
3,88	CIR35/I=3,00	190,96	-33,32	69,601		1134,48	-197,93	5,94	Verificata
4,02	CIR35/I=3,00	194,29	-23,48	58,434		1539,38	-186,00	7,92	Verificata
4,16	CIR35/I=3,00	200,63	-15,22	47,674		2075,71	-157,42	10,35	Verificata
4,30	CIR35/I=3,00	203,96	-8,48	37,617		2643,63	-109,86	12,96	Verificata
4,44	CIR35/I=3,00	207,29	-3,16	28,504		3301,89	-50,30	15,93	Verificata
4,59	CIR35/I=3,00	210,63	0,87	20,274		3634,12	15,04	17,25	Verificata
4,73	CIR35/I=3,00	213,96	3,74	11,453		3233,53	56,49	15,11	Verificata
4,87	CIR35/I=3,00	214,29	5,36	4,114		3022,72	75,56	14,11	Verificata
5,01	CIR35/I=3,00	214,63	5,94	-1,579		2954,37	81,75	13,77	Verificata
5,15	CIR35/I=3,00	214,96	5,72	-5,648		2981,67	79,28	13,87	Verificata
5,29	CIR35/I=3,00	215,30	4,92	-8,141		3080,34	70,35	14,31	Verificata
5,43	CIR35/I=3,00	215,63	3,77	-9,090		3233,67	56,48	15,00	Verificata
5,58	CIR35/I=3,00	202,81	2,48	-8,507		3398,40	41,57	16,76	Verificata
5,72	CIR35/I=3,00	202,81	1,28	-6,379		3570,99	22,51	17,61	Verificata
5,86	CIR35/I=3,00	202,81	0,38	-2,662		3689,51	6,85	18,19	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio
0,27	--	--	--	--	854,52	35583,18	Verificata
0,54	--	--	--	--	854,52	58129,22	Verificata
0,81	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata
1,09	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata
1,36	--	--	--	--	854,52	12,66	Verificata
1,63	--	--	--	--	854,52	14,93	Verificata
1,90	--	--	--	--	854,52	18,77	Verificata
2,04	--	--	--	--	854,52	157,12	Verificata
2,18	--	--	--	--	854,52	29,08	Verificata
2,32	--	--	--	--	854,52	14,66	Verificata
2,47	--	--	--	--	854,52	10,53	Verificata
2,61	--	--	--	--	854,52	8,72	Verificata
2,75	--	--	--	--	854,52	7,82	Verificata
2,89	--	--	--	--	854,52	7,41	Verificata
3,03	--	--	--	--	854,52	7,32	Verificata
3,17	--	--	--	--	854,52	7,47	Verificata
3,31	--	--	--	--	854,52	7,84	Verificata
3,46	--	--	--	--	854,52	8,46	Verificata
3,60	--	--	--	--	854,52	9,35	Verificata
3,74	--	--	--	--	854,52	10,58	Verificata
3,88	--	--	--	--	854,52	12,28	Verificata
4,02	--	--	--	--	854,52	14,62	Verificata
4,16	--	--	--	--	854,52	17,92	Verificata
4,30	--	--	--	--	854,52	22,72	Verificata
4,44	--	--	--	--	854,52	29,98	Verificata
4,59	--	--	--	--	854,52	42,15	Verificata
4,73	--	--	--	--	854,52	74,61	Verificata
4,87	--	--	--	--	854,52	207,73	Verificata
5,01	--	--	--	--	854,52	541,27	Verificata
5,15	--	--	--	--	854,52	151,30	Verificata
5,29	--	--	--	--	854,52	104,96	Verificata
5,43	--	--	--	--	854,52	94,01	Verificata
5,58	--	--	--	--	854,52	100,45	Verificata
5,72	--	--	--	--	854,52	133,95	Verificata
5,86	--	--	--	--	854,52	321,03	Verificata

VERIFICA SBALZO

VERIFICA SBALZO
Carichi permanenti

Figure	base m	altezza m	Peso spec, daN/mc	T daN/m	Braccio m	Mstab. daNm/m	Mrib. daNm/m
cordolo	0,60	0,35	2.500,00	525,00	-0,60		-315,00
sbalzo	0,30	0,30	2.500,00	225,00	-0,15		-33,75
ancoraggio	0,80	1,00	2.500,00	0,00	0,40	0,00	0,00
pav. Sbalzo	0,30	0,10	2.000,00	60,00	-0,15	0,00	-9,00
pav. ancoraggio	0,60	0,10	2.000,00	0,00	0,40	0,00	0,00
barriera				100,00	-0,60	0,00	-60,00
totali				910,00		0,00	-417,75
coefficienti SLU				1,35		1,35	1,35
coefficienti SLE				1.228,50		0,00	-563,96
				0,40		0,40	0,40
				364,00		0,00	-167,10

58

Sovraccarichi

	N daN/m	T daN/m	Braccio m	M daNm/m	Mrib. daNm/m
Ruota isolata 150 KN					
Veicolo svio	2	7.500,00	-0,15		-1.125,00
	1.500,00		-1,35		-2.025,00
totali		7.500,00			-3.150,00
coefficienti SLU	1,50	1,50			1,50
coefficienti SLE	2.250,00	11.250,00			-4.725,00
	0,20	0,20			0,20
	300,00	1.500,00			-630,00
SLU	2.250,00	12.478,50			-5.288,96
SLE RARA	1.500,00	8.410,00			-3.567,75
SLE FREQUENTE	600,00	3.910,00			-1.677,75

Verifica a flessione sbalzo

Le sollecitazioni sono le seguenti

- Sollecitazioni oggetto di verifica

Sollecitazioni oggetto di verifica			
Combinazioni	M [kNm]	N [kN]	T [kN]
Fondamentale SLU	-52,88	124,78	22,50
Rara SLE	-35,68	84,10	15,00
Frequente SLE	-16,77	39,1	6,00

Verifica a flessione nella sezione in asse trave (sbalzo)

Larghezza b (cm)	100
Altezza h (cm)	31
Armatura Estradosso	1Φ20/20' ($A_s'=15.71\text{cm}^2$)
Copriferro armatura superiore (cm)	5,0 cm
Armatura Intradosso	1Φ14/20' ($A_s=7.70\text{cm}^2$)
Copriferro armatura inferiore (cm)	5.0 cm

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sbalzo SP623

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Verifica sbalzo SP623

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	15.71	5
			2	7.7	20

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -52.88 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C, C28/35

ε_{su} 67.5 ‰, ε_{c2} 2 ‰, f_{yd} 391.3 N/mm², ε_{cu} 3.5 ‰, E_s 200.000 N/mm², f_{cd} 15.87, E_s/E_c 15, f_{cc}/f_{cd} 0.8, ε_{syd} 1.957 ‰, Q_{s,adm} 255 N/mm², τ_{co} 0.6667, τ_{c1} 1.971

M_{xRd} -154.7 kN m

σ_c -15.87 N/mm², σ_s 391.3 N/mm², ε_c 3.5 ‰, ε_s 9.41 ‰, d 25 cm, x 6.778, x/d 0.2711, δ 0.7789

Tipo Sezione: Rettan.re, Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.

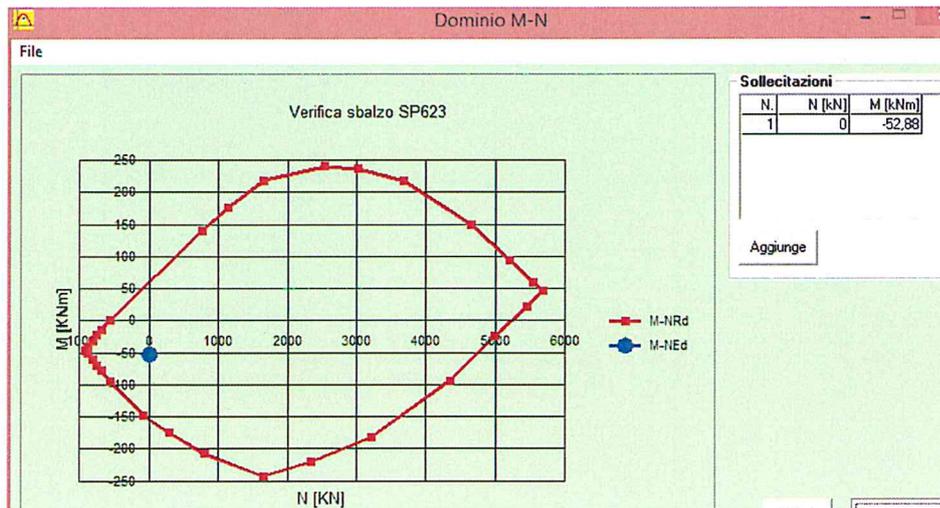
Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n

Tipo flessione: Retta, Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd, Dominio M-N, L₀ 0 cm, Col. modello

Precompresso



La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento flettente sollecitante è inferiore al momento ultimo.

Verifica a taglio nella sezione in sbalzo

Si riportano di seguito i calcoli di verifica dello stato limite ultimo per sollecitazioni taglianti nel caso di sezioni prive di specifica armatura a taglio:

V_{Ed}	22,50	kN
N_{Ed}	0	kN
CLS	C28/35	
f_{ck}	29,05	N/mm ²
γ_c	1,5	
f_{cd}	16,5	
b_w	1000	mm
h	300	mm
d	200	mm
A_{sl}	1571	mm ²
λl	0,008	
$\bar{\sigma}_{cp}$	0,0	N/mm ²
k	2,0000	
v_{min}	0,5336	
	136,15	kN
	106,71	kN
V_{rd}	136,15	kN

La verifica risulta soddisfatta.

Verifica con le tensioni di esercizio

Verifica a flessione nella sezione in asse sbalzo

Larghezza b (cm)	100
Altezza h (cm)	31
Armatura Estradosso	1Φ20/20' ($A_s'=15.71\text{cm}^2$)
Copriferro armatura superiore (cm)	5,0 cm
Armatura Intradosso	1Φ14/20' ($A_s=7.70\text{cm}^2$)
Copriferro armatura inferiore (cm)	5.0 cm

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sbalzo RARA SP623

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: **Verifica sbalzo RARA SP623**

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N*	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	7.7	20

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 -35.67 kNm
 M_{yEd}: 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Materiali
 B450C C28/35
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 15.87 N/mm²
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11 N/mm²
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

Verifica
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n
 N* iterazioni: 4
 Precompresso

σ_c: -3.734 N/mm²
 σ_s: 101.9 N/mm²
 ε_s: 0.5094 ‰
 d: 25 cm
 x: 8.868 x/d: 0.3547
 δ: 0.8834

La verifica risulta soddisfatta.

La verifica delle fessure sono state condotte considerando: in sezione interamente reagente e per le sollecitazioni di esercizio si determina la massima trazione nel calcestruzzo confrontandola con la resistenza caratteristica a trazione per flessione.

Il valore di apertura delle fessure non deve superare i valori previsti nelle vigenti NTC 2018.

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	35	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2,1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	30	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	15,71	cm ²
Copriferro baricentro acciaio teso	$cs =$	6	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	7,71	cm ²
Copriferro acciaio compresso	$c's =$	5,7	cm
Ricoprimento barre più esterne tese	$c =$	5,0	cm
Ricoprimento barre più interne tese	$c+S =$	5,0	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi \square$	2	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Momento flettente in condizioni di esercizio	$M_{es} =$	16,77	kNm
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	$N_{es} =$	0,00	kN
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2,83	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$\sigma_t =$	2,36	N/mm ²
Distanza baricentro da lembo compresso	$x_g =$	15,31	cm
Modulo di resistenza non fessurato	$W_{sr} =$	17277	cm ³
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	40,82	kNm
Trazione nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es}	$\sigma_{ct} =$	0,93	N/mm ²

Sezione fessurata: apertura fessure

Momento flettente in condizioni di fessurazione	$M =$	16,11	kNm
Sforzo assiale in condizioni di fessurazione	$N =$	0,00	kN
Distanza asse neutro da lembo compresso	$x =$	8,26	cm
Tensione cls	$\sigma_c =$	-1,71	N/mm ²
Tensione barra esterna tesa	$\sigma_s =$	48,81	N/mm ²
Momento di fessurazione	$M_{sr} =$	49,0	kNm
Tensione nell'acciaio prodotta da M_{sr}	$\sigma_{sr} =$	148,4	N/mm ²

Distanza media fra due fessure attigue

Distanza fra le barre	$s =$	20,0	cm
Coefficiente k_2	$k_2 =$	0,4	
Tensioni nel calcestruzzo teso	$\sigma_1 =$	0,93	N/mm ²
	$\sigma_2 =$	-0,97	N/mm ²
Coefficiente k_3	$k_3 =$	0,125	
Larghezza efficace	$b_{eff} =$	20,0	cm
Altezza efficace	$d_{eff} =$	10,9	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	217,4	cm ²
Area armature poste in A_{ceff}	$A_s =$	3,14	cm ²

Distanza media fra due fessure attigue	$s_{rm} =$	20,92	cm
Deformazione unitaria media			
Coefficiente β_1	$\beta_1 =$	1,0	
Coefficiente β_2	$\beta_2 =$	0,5	
Deformazione unitaria media	$\epsilon_{sm} =$	9,296E-05	
Ampiezza fessura	$w_k =$	0,033	mm
Verifica soddisfatta			

RELAZIONE SUI MATERIALI**C.1 Caratteristiche dei materiali****C.1.1 Calcestruzzo per ancoraggio, sbalzo e cordolo**

Classe di resistenza: C28/35
 Classe di esposizione: XF2

Copriferro minimo 40 mm

Per la cordolo in calcestruzzo armato si utilizza calcestruzzo di classe Rck > 35 N/mm²

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76

Stato Limite Ultimo

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo (punto 4.1.2.1.1.1 delle NTC):

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 16.462 \text{ N/mm}^2$$

$\alpha_{cc} = 0,85$ Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata

$\gamma_c = 1,5$ Coefficiente parziale di sicurezza relative al calcestruzzo

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo (punto 4.1.2.1.4.2 delle NTC):

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,323 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1.985 \text{ N/mm}^2$$

Stato Limite di Esercizio

Tensione max di compressione - Comb. rara $\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck} = 17.43 \text{ N/mm}^2$

Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 13.07 \text{ N/mm}^2$

C.1.2 Armatura e carpenteria

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	f _{yk} [MPa]	f _{yd} [MPa]	f _{tk} [MPa]	f _{td} [MPa]	ep _{tk}	ep _{d_ult}	β1*β2 in.	β1*β2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5

Tipo B450C

resistenza caratteristica a rottura fragile (5%) dell'acciaio (punto 11.3.2.1 delle NTC):

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

resistenza caratteristica a snervamento fragile (5%) dell'acciaio (punto 11.3.2.1 delle NTC):

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

Stato Limite Ultimo

tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio (punto 4.1.2.1.1.4 delle NTC):

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$$

con $\gamma_s = 1,15$ Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio

Stato Limite di Esercizio

Tensione massima di trazione $\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, deve essere adottato un ricoprimento minimo di 30 mm.

Tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo
resistenza tangenziale di calcolo (punto 4.1.2.1.1.4 delle NTC):

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 2,835 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bk} = 2,25 * \eta * f_{ctk} = 4,041 \text{ N/mm}^2$$

$\eta = 1,0$ per barre di diametro minore di 32 mm

Tipo S355 (Rif. UNI EN 10025-2)

Modulo elastico (convenzionale) $E_s = 210.000 \text{ MPa}$

Modulo elasticità trasversale $G = 80.769,23 \text{ MPa}$

Coefficiente di Poisson $\nu = 0,30$

Tensione di snervamento $f_{yk} = 355,00 \text{ MPa}$

Tensione di rottura $f_{tk} = 510,00 \text{ Mpa}$

C.2 Specifiche sul cemento armato

Si dovrà fare riferimento a quanto previsto nel D.M. 17.01.2018. al capitolo 11 "Materiali e prodotti per uso strutturale":

- per il calcestruzzo in opera si rimanda al punto 11.2;
- per le barre per c.a. si rimanda al punto 11.3 con particolare riferimento ai punti - 11.3.1 Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio e - 11.3.2 Acciaio per cemento armato.

D.1 Piano di manutenzione dell'opera

L'art.23 comma 8 del D. Lgs. n. 50/2016 "Codice dei Contratti" stabilisce che il progetto esecutivo deve contenere il "Piano di Manutenzione" dell'opera così come già l'art. 38 del DPR 05/10/2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del DLgs 12/04/2006, n. 163, recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE", indica le modalità per la stesura del piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti, quale parte integrante del progetto esecutivo.

Vengono qui di seguito riportati i tre documenti operativi previsti:

Il Piano di Manutenzione, pur con contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, deve essere costituito dai seguenti documenti operativi:

- # il programma di manutenzione
- # il manuale di manutenzione
- # il manuale d'uso

Programma di manutenzione

Il programma di manutenzione è suddiviso nei tre sottoprogrammi:

- sottoprogramma degli Interventi
- sottoprogramma dei Controlli
- sottoprogramma delle Prestazioni

Sottoprogramma degli Interventi

Il sottoprogramma degli interventi di manutenzione riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Sottoprogramma dei Controlli

Il sottoprogramma dei controlli di manutenzione definisce il programma di verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale nei successivi momenti di vita utile dell'opera, individuando la dinamica della caduta di prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma.

Sottoprogramma delle Prestazioni

Il sottoprogramma delle prestazioni prende in considerazione, secondo la classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita.

Manuale di manutenzione

Rappresenta il manuale di istruzioni riferite alla manutenzione delle parti più importanti del bene. Il manuale deve fornire, in relazione alle diverse unità tecnologiche (sub sistemi), alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessanti, le indicazioni necessarie per una corretta manutenzione, nonché il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Gli elementi informativi del manuale di manutenzione, necessari per una corretta manutenzione, elencati nell'ultimo regolamento di attuazione sono:

- la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- la rappresentazione grafica;
- il livello minimo delle prestazioni (diagnostica);
- le anomalie riscontrabili;
- le manutenzioni eseguibili dall'utente;
- le manutenzioni da eseguire a cura del personale specializzato.

Manuale d'uso

Rappresenta il manuale di istruzioni riferite all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale deve contenere l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare il più possibile i danni derivanti da un cattivo uso; per consentire di eseguire tutte le operazioni necessarie alla sua conservazione che non richiedano conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici. Gli elementi informativi che devono fare parte del manuale d'uso, elencati nell'ultimo regolamento di attuazione, sono:

- la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- la rappresentazione grafica;
- la descrizione;

- le modalità d'uso corretto.

Breve descrizione della nuova opera ed inquadramento territoriale

- Approntamento di cantiere nell'area individuata (occupazione temporanea di terreni), predisposizione della segnaletica orizzontale e verticale di segnalazione del cantiere come da C.d.S.;
- Tombamento del Canale Diamante per un tratto L=178,00 ml:
 - smontaggio guard-rail esistente;
 - demolizione di cordolo esistente in cemento;
 - scavi di sbancamento per alloggiamento scatolari;re
 - getto del cls magro Rck 25 per fondazione base scatolari;
 - posa scatolari prefabbricati 2,50x1,80, realizzazione di soletta in cls Rck 35;
 - realizzazione di cordolo in c.a. porta barriera;
 - posa barriera guard-rail;
- Sistemazione del muro in cemento e fondo Canale Diamante:
 - pulizia del muro;
 - ricostruzione delle parti demolite, delle cavità con betoncino e realizzazione di uno strato protettivo di 5 cm con betoncino additivato e posa di rete elettrosaldata;
 - pulizia del fondo ed argini del Canale Diamante;
- Realizzazione cordolo porta barriera:
 - demolizione murella esistente in cemento;
 - taglio asfalto;
 - scavo a sezione obbligata;
 - perforazioni pali trivellati, armatura pali e getto cemento Rck 35;
 - posa armatura fondazione e sbalzo;
 - casseratura cordolo e posa armatura;
 - getto fondazione, sbalzo e cordolo.
- Posa barriere di sicurezza su cordolo;
- Adeguamento accessi lato Canale Diamante;
- Taglio alberi e vegetazione;
- Fresatura ed asfalto;
- Adeguamento accessi lato filare alberato;
- Posa barriera di sicurezza lato alberi;
- Segnaletica orizzontale e ripristino segnaletica verticale;
- Smontaggio cantiere.

Raccomandazioni generali

Oltre ai controlli riportati nel seguito e facenti parte dell'ordinaria manutenzione, l'intera opera viaria con particolare riguardo di tutti gli elementi strutturali e non strutturali a seguito dei seguenti eventi:

- sisma;
- eventi eccezionali quali urti, esplosioni;
- neve oltre ai limiti previsti dalle normative (120 cm di neve fresca);
 - forte vento.

A fine lavori e durante l'avanzamento degli stessi il direttore lavori deve svolgere tutti i controlli ritenuti necessari al fine di garantire la corretta esecuzione dell'opera (parti strutturali e non strutturali) ed in particolare:

- posa in opera armature metalliche (corretto copriferro);
- particolari costruttivi riguardanti le impermeabilizzazioni, cunette, fossi in terra;
- regimazione acque meteoriche e scarichi fognari;

A seguito di varianti o particolarità che dovessero emergere nell'esecuzione dei lavori o in fase di collaudo il presente documento deve essere integrato; deve essere dettagliatamente documentato anche attraverso documentazione fotografica.

Fanno parte del presente documento gli elaborati grafici del progetto esecutivo.

Manuale di manutenzione

Le parti più importanti costituenti l'opera e soggette a manutenzione sono:

- Opere in cemento armato;
- Pavimentazione stradale in conglomerato bituminoso;
- Segnaletica stradale (orizzontale e verticale);
- Barriere di sicurezza laterali;
- Alberatura e vegetazione bordo strada;

Per l'ubicazione delle opere sopra riportate si rimanda agli elaborati grafici del progetto esecutivo.

Le eventuali anomalie riscontrabili in dette opere sono elencate nell'allegato programma di manutenzione. Gli eventuali interventi di manutenzione (ordinaria e straordinaria) salvo casi eccezionali, possono essere realizzati dal personale tecnico interno della committenza o dalle ditte esterne incaricate della manutenzione, sia per quanto concerne i lavori di ripristino delle sede stradale e marginale, sia i lavori sulle nuove strutture di sostegno, che i lavori di manutenzione della barriera di sicurezza, Gli interventi che risulteranno necessari nel corso del tempo dovranno rispettare le norme relative alla sicurezza sui cantieri temporanei (D.Lgs.81/2008), al codice della strada ed al relativo regolamento di attuazione, oltre che le normative vigenti in materia di costruzioni.

Manuale d'uso

L'appalto riguarda i lavori per adeguare e mettere in sicurezza un tratto di viabilità provinciale che per le sue caratteristiche geometriche e per la presenza di un lungo filare di alberi posti sul ciglio strada, presenta criticità in relazione all'elevato traffico in quanto di collegamento con il casello autostradale A1 Modena Sud.

L'obiettivo generale da perseguire è:

- migliorare e potenziare la SICUREZZA dello spazio della mobilità nell'ambito della stessa sede viabile, riducendo il tasso di incidentalità;

In particolare, il piano di manutenzione per un'infrastruttura viaria comprende il programma di manutenzione ed i relativi:

- sottoprogramma dei controlli, finalizzato a definire il programma delle verifiche e dei controlli;
- il sottoprogramma di manutenzione, volto a riportare i differenti interventi manutentivi.

Nella presente relazione, in forma schematica, l'oggetto dei controlli e della manutenzione è riferito ai diversi elementi costituenti la strada in oggetto.

Programma di manutenzione

PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

OPERA O PARTE D'OPERA	LIVELLO DI PRESTAZIONE	FENOMENI	CONTROLLI		INTERVENTI			
			DESCRIZIONE	PERIODICITA'	RISORSE	DESCRIZIONE	PERIODICITA'	RISORSE
OPERA D'ARTE								
STRUTTURE IN C.A.	RESISTENZA	CEDIMENTO /ROTTURA	visivi: fessure su elementi strutturali o non strutturali	3 ANNI	INTERNE/ESTERNE	nel caso il progetto di intervento deve essere preceduto da accurato studio dei cedimenti e della loro natura	quando occorre e/o a seguito di fenomeni tellurici importanti	Interne e/o esterne qualificate
	DURABILITA'	CAVILLATURE	visivi; cavillature su c.a., espulsione copriferro - meccanici; battitura	2 ANNI	INTERNE/ESTERNE	verniciatura trattamenti specifici	quando occorre	Interne e/o esterne
	DURABILITA'	ESPULSIONE COPRIFERRO ED OSSIDAZIONE DEI FERRI DI ARMATURA	visivi	2 ANNI	INTERNE/ESTERNE	nel caso il progetto di intervento deve essere preceduto da accurato studio dei cedimenti e della loro natura	quando occorre	esterne
	FUNZIONALITA'	ECESSIVA INFLESSIONE	visivi:cavillature su solette, paramento muro	3 ANNI	INTERNE/ESTERNE	nel caso il progetto di intervento deve essere preceduto da accurato studio dei cedimenti e della loro natura	quando occorre	esterne

OPERE STRADALI ED ACCESSORIE

PAVIMENTAZIONE STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	RESISTENZA	CEDIMENTI AVVALLAMENTI	visivi	6 MESI	INTERNE/ESTERNE	rafforcamento del manto stradale nel caso il progetto di intervento deve essere preceduto da accurato studio dei cedimenti e della loro natura	quando occorre	Interne e/o esterne qualificate
---	------------	------------------------	--------	--------	-----------------	--	----------------	---------------------------------

Programma di manutenzione

DURABILITA' O MICROFESSURAZIONI	visivi	6 MESI	INTERNE/ESTERNE	refacimento del manto stradale nel caso il progetto di intervento deve essere preceduto da accurato studio dei cedimenti e della loro natura	quando occorre	Interne e/o esterne qualificate
SEGNALETICA STRADALE (ORIZZONTALE E VERTICALE)	visivi	MENSILE O A SEGUITO DI EVENTI METEORICI ECCEZIONALI	INTERNE	eventuali ripristino o sostituzione	quando occorre	Interne e/o esterne
BARRIERE DI SICUREZZA LATERALI CORDONATURE ED ELEMENTI DI FINITURA	visivi	6 MESI	INTERNE	eventuali ripristino o sostituzione	quando occorre	Interne e/o esterne
DURABILITA' RESISTENZA/FUNZIONALITA' INCIDENTI O URTI ACCIDENTALI VEICOLI	visivi	ANNUALMENTE O A SEGUITO DI EVENTI METEORICI ECCEZIONALI	INTERNE	eventuali ripristino o sostituzione	quando occorre	Interne e/o esterne
VEGETAZIONE BORDO STRADALE	visivi	6 MESI O A SEGUITO DI EVENTI METEORICI ECCEZIONALI	INTERNE	POTATURA O ABBATTIMENTO	quando occorre	Interne e/o esterne

E.1 Tipo di analisi svolta

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM 17/01/2018 "Aggiornamento alle Norme Tecniche per le costruzioni" e relative Istruzioni. In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE) (fatica).

I calcoli sono stati svolti utilizzando lo schema della paratia, non considerando a favore della sicurezza la presenza del muro in cemento a sostegno del rilevato stradale e a separazione dal Canale Diamante.

E.2 Combinazioni delle azioni

E.2.1 Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

dove:

- G1 peso di tutti gli elementi strutturali
 G2 peso proprio di tutti gli elementi non strutturali
 Q_{ki} azione variabile dominante
 Q_{ki} azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante

Fra i carichi variabili si distinguono:

Q carichi da traffico

I valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione ψ sono indicati rispettivamente nelle Tab.6.2.I e Tab.6.2.II delle NTC, tabelle che vengono di seguito riportate.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_f (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G ₁	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G ₂ ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G₂ si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.1. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G2}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_V	γ_V	1,0	1,0

Per i coefficienti ψ da applicare ai carichi previsti sulla struttura si è fatto riferimento ai coefficienti di combinazione indicati per i ponti.

verifica SLU di tipo GEO Paratia

- collasso per carico limite

verifica SLU di tipo STR Paratia

- raggiungimento della resistenza strutturale paratia

Approccio 1

- **combinazione 1 A1+M1+R1**

- **combinazione 2 A2+M2+R1**

Con $\gamma_R=1$

Verifica SLE Paratia

- compatibilità spostamenti opera e terreno con la funzione dell'opera

E.2.2 Combinazione rara o caratteristica (SLE)

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda a sopra.

E.2.3 Combinazione frequente (SLE)

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda a sbopra.

E.2.4 Combinazione quasi permanente (SLE)

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda a sopra.

E.2.5 Sismica

Il calcolo dell'azione sismica viene eseguito ai sensi delle NTC 2018.

Validazione del codice di calcolo

Informativa sull'affidabilità dei codici di calcolo D.M. 17-01-2018 paragrafo 10.2.

Sono stati forniti degli esempi di calcolo, in allegato a questo documento, al fine di verificare la validità delle procedure di calcolo ed effettuare le procedure di controllo con altri strumenti di calcolo.

I software **GeoStru** sono dotati di sistemi di controllo dei dati di input e di output molto sofisticati i quali sono in grado di rilevare errori gravi tali da non consentire le corrette elaborazioni.

PARATIE/SPW

Versione: 2015

1 – Individuazione dei campi di impiego del programma	3
2 – Descrizioni delle basi teoriche e sperimentazione del programma	3
2.1 - Calcolo della spinta attiva con Coulomb.	3
2.2 - Calcolo della spinta attiva con Rankine.	4
2.3 - Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe	4
2.4 - Effetto dovuto alla coesione	4
2.5 - Carico uniforme sul terrapieno.	5
2.6 - Spinta attiva in condizioni sismiche	5
2.7 - Spinta idrostatica	6
2.8 - Resistenza passiva	6
3 – Carico limite verticale pali.	7
3.1 - Portanza di punta Metodo di Berezantzev	7
3.1 – Resistenza del fusto	7
4 – Stima profondità di infissione e Calcolo delle sollecitazioni	8
4.1 – Metodo dell’equilibrio limite (LEM)	8
4.1.a - Paratia a sbalzo: calcolo della profondità d’infissione limite	8
4.1.b- Coefficiente di sicurezza sulla resistenza passiva	9
4.1.c - Paratia tirantata ad estremo libero: calcolo della profondità d’infissione limite	9
4.1.d - Coefficiente di sicurezza sulle resistenze passive	9
4.1.e - Paratia tirantata ad estremo fisso: calcolo della profondità d’infissione limite	9
4.2 - Metodo ad elementi finiti (FEM)	10
4.2.a - Calcolo del modulo di rigidezza Ks del terreno	10
4.2.b - Tiranti	11
4.2.c - Sifonamento	11
5 – Verifica delle sezioni e calcolo armature	11
6 – Esempi di calcolo	13
6.1 – Ex. 13.2- Pag. 196 Collaselli [FILE: F. COLLESELLI M.SORANZO_ Pag 196 Ex. 13.2.spw]	13
6.2 – Ex. 13.3 - Pag. 198 Collaselli [FILE: F. COLLESELLI M.SORANZO_ Pag 199 Ex. 13.3.spw]	13
6.3 – Ex. 13.1 - Bowles [FILE: Bowles Ex. 13.1 Pag. 649.spw]	13
Conclusioni	14

1 – Individuazione dei campi di impiego del programma.

Paratie/SPW è un programma per l'analisi di paratie a sbalzo o ancorate. Esegue il calcolo geotecnico utilizzando, a scelta dell'utente, le teorie di Coulomb, Rankine, Mononobe ed Okabe e Caquot-Kerisel ed effettua tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente, tra cui quella di stabilità globale, anche in condizioni sismiche.

Il calcolo strutturale esegue il dimensionamento delle armature agli stati limiti ultimi (SLU).

2 – Descrizioni delle basi teoriche e sperimentazione del programma.

2.1 - Calcolo della spinta attiva con Coulomb.

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Coulomb è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dalla parete e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = k_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta S_t è applicata ad $1/3 H$ di valore

$$S_t = \frac{1}{2} k_a \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato con:

$$k_a = \frac{\sin^2(\phi + \beta)}{\sin^2 \beta \times \sin(\beta - \delta) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \times \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \times \sin(\beta + \varepsilon)}} \right]^2}$$

Valori limite di k_a :

$\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$ secondo Muller-Breslau

γ_t = Peso unità di volume del terreno;

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

ϕ = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ = Angolo di attrito terra-muro;

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H = Altezza della parete.

2.2 - Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se $\varepsilon = \delta = 0$ e $\beta = 90^\circ$ (parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta St si semplifica nella forma:

$$k_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale. In effetti Rankine adottò le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di k_a di Rankine si presenta come segue:

$$k_a = \cos \varepsilon \frac{\sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}{\sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}$$

2.2.2 - Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato da opera e prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo \cdot di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ :

$$\tan \theta = \frac{k_h}{(1 \pm k_v)}$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

2.4 - Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a}$$

non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_c come segue:

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_a}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

Se $Z_c < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a $H/2$.

2.5 - Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_c = k_a \cdot Q \cdot \sin\beta / \sin(\beta + \varepsilon)$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

$$S_c = k_a \cdot Q \cdot H \cdot \sin\beta / \sin(\beta + \varepsilon)$$

Con punto di applicazione ad $H/2$, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

2.6 - Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sull'opera è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot KH^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

H	Altezza muro;
k_v	Coefficiente sismico verticale;
γ	Peso per unità di volume del terreno;
K	Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);
E_{ws}	Spinta idrostatica dell'acqua;
E_{wd}	Spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo ϑ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\tan\theta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} - \frac{k_h}{(1 \mp k_v)}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

2.7 - Spinta idrostatica

La falda con superficie distante H_w dalla base della parete induce delle pressioni idrostatiche normali che alla profondità z , sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con $\gamma't$ ($\gamma't = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

2.8 - Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

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

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ pari a:

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

3 - Carico limite verticale pali

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

3.1 - Portanza di punta Metodo di Berezantzev

Fondamentalmente Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano di posa (punta del palo); tuttavia egli considera che il cilindro di terreno coassiale al palo ed avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento, sia in parte "sostenuto" per azione tangenziale dal rimanente terreno lungo la superficie laterale. Ne consegue un valore della pressione alla base inferiore a γD , e tanto minore quanto più questo "effetto silo" è marcato, cioè quanto più grande è il rapporto D/B ; di ciò tiene conto il coefficiente N_q , che quindi è funzione decrescente di D/B . La resistenza unitaria Q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$Q_c = c \cdot N_c + \gamma \cdot L \cdot N_q$$

Avendo indicato con:

γ peso unità di volume del terreno;

L lunghezza del palo;

N_c e N_q sono i fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

3.1- Resistenza del fusto

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo α , proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$Q_c = (\alpha c + \sigma K \tan \delta) \cdot A_l \cdot f_w$$

A_l = superficie laterale del palo;

f_w = fattore di correzione legato alla tronco-conicità del palo

c = valore medio della coesione (o della resistenza a taglio in condizioni non drenate); σ = pressione verticale efficace del terreno;

K = coefficiente di spinta orizzontale, dipendente dalla tecnologia di esecuzione del palo.

4 – Stima profondità di infissione e Calcolo delle sollecitazioni

4.1 - Metodo dell'equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nel ricercare soluzioni, al problema di verifica o di progetto, che siano compatibili con il solo aspetto statico del problema. In sostanza si ragiona in termini di equilibrio di un corpo rigido, senza preoccuparsi della congruenza cinematica degli spostamenti. I principali schemi di calcolo cui si farà riferimento sono i seguenti:

1. Paratia a sbalzo;
2. Paratia tirantata ad estremo libero;
3. Paratia tirantata ad estremo fisso;

4.1.a - Paratia a sbalzo: calcolo della profondità d'infissione limite

Per paratia non tirantata, la stabilità è assicurata dalla resistenza passiva del terreno che si trova a valle della stessa; dall'equilibrio dei momenti rispetto al centro di rotazione si ottiene:

$$S_m \cdot B_m - R_v \cdot B_v = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

S_m = componente orizzontale della spinta attiva;

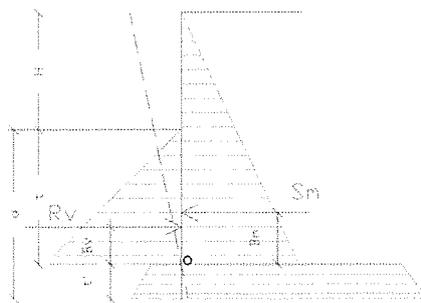
B_m = braccio di S_m rispetto ad O centro di rotazione;

R_v = componente orizzontale della resistenza passiva;

B_v = braccio di R_v rispetto ad O centro di rotazione;

ogni termine risulta funzione di t dove t è la profondità del centro di rotazione rispetto al piano di riferimento di valle (piano campagna a valle). La lunghezza necessaria per assicurare l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene aumentando t come segue:

$$t' = a \cdot t \quad d = t \cdot (1 + a) \quad \text{dove } a = 0.2 \text{ (Metodo di Blum)}$$



Schema di riferimento per il calcolo dell'equilibrio della paratia

4.1.b - Coefficiente di sicurezza sulla resistenza passiva

La lunghezza d'infissione d come sopra determinata è relativa alla condizione limite di incipiente collasso, tramite un coefficiente F . E' possibile introdurre un margine di sicurezza sulle resistenze passive; la riduzione si effettua come segue:

$$S_m \cdot B_m - \frac{R_v}{F} \cdot B_v = 0$$

4.1.c - Paratia tirantata ad estremo libero: calcolo della profondità d'infissione limite

La stabilità dell'opera è assicurata anche dai tiranti ancorati sulla paratia. Per utilizzare lo schema di calcolo ad estremo libero, la paratia deve essere sufficientemente corta e rigida. La lunghezza di infissione, sarà determinata imponendo l'equilibrio alla rotazione sull'origine del tirante:

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - R_v \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

S_m = componente orizzontale spinta attiva;

H = altezza terreno da sostenere;

t = profondità di infissione calcolata;

B_m = braccio di S_m rispetto alla base della paratia;

P_m = ordinata del punto di applicazione del tirante a monte;

R_v = componente orizzontale della resistenza passiva;

B_v = braccio di R_v .

Nota t , si determinano S_m ed R_v ed il relativo sforzo del tirante.

4.1.d - Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze passive

La lunghezza d'infissione sarà ulteriormente aumentata per avere margine di sicurezza in condizioni di esercizio tramite il coefficiente di sicurezza F :

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - \frac{R_v}{F} \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

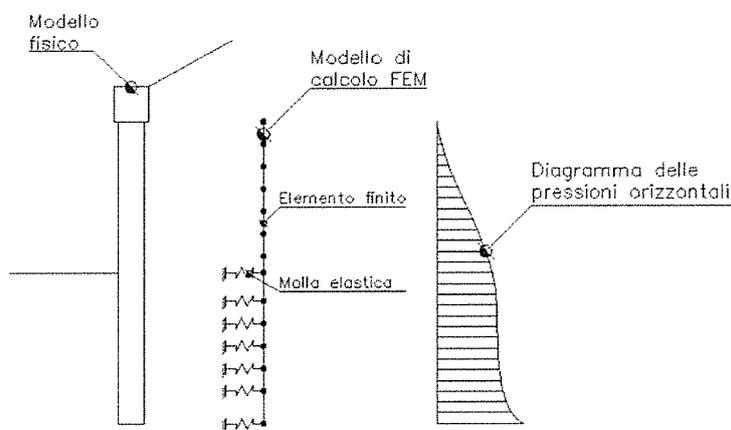
4.1.e - Paratia tirantata ad estremo fisso: calcolo della profondità d'infissione limite

Se la sezione più profonda della paratia non trasla e non ruota può essere assimilata ad un incastro, in tal caso la paratia si definisce ad estremo fisso. Un procedimento elaborato da BLUM consente di ricavare la profondità d'infissione ($t+t'$), imponendo le condizioni cinematiche di

spostamenti nulli alla base dell'opera ed al punto di applicazione del tirante, e le condizioni statiche di momento e taglio nullo alla base della paratia. Si perviene ad una equazione di 5° grado in $(t+t')$ che può essere risolta in modo agevole.

4.2 Metodo degli elementi finiti (FEM)

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatti tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico (e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematico (e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni). In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro (elementi beam), vincolate al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidezza è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura che segue è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti:



Schematizzazione della paratia ad elementi finiti

Vari aspetti hanno importanza centrale in questo metodo di calcolo. Si riportano nel seguito gli aspetti essenziali.

4.2.a - Calcolo del modulo di rigidezza K_s del terreno

Come già detto in precedenza, il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidezza K_s applicate sui nodi dei conci compresi tra il nodo di fondo scavo e l'estremità di infissione. La stima della rigidezza K_s è stata effettuata sulla base della capacità portante delle fondazioni secondo la seguente formula:

$$k_s = A_s + B_s \cdot z^n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato

A_s = costante, calcolata come segue

$$A_s = C \times (c \times N_c + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma)$$

B_s = coefficiente funzione della profondità $B_s = C \times \gamma \times N_q$

Z = Profondità in esame

$C = 40$ nel sistema internazionale SI

$$n = \pi \times \tan \varphi$$

$$N_q = \exp[n \times (\tan^2(45^\circ + \varphi/2))]$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot \varphi$$

$$N_\gamma = 1.5 \times (N_q - 1) \times \tan \varphi$$

4.2.b - Tiranti

I tiranti vengono schematizzati come elementi elastici, con sezione trasversale di area pari ad A modulo di elasticità E e lunghezza L . Per un tratto di paratia di larghezza unitaria, l'azione dei tiranti inclinati di un angolo β vale:

$$F = \frac{A \cdot E}{S \cdot L} \cdot \cos(\beta)$$

4.2.c - Sifonamento

Il sifonamento è un fenomeno che in una fase iniziale si localizza al piede della paratia, e poi rapidamente si estende nell'intorno del volume resistente. Si verifica quando, per una elevata pressione idrodinamica o di infiltrazione, si annullano le pressioni passive efficaci, con la conseguente perdita di resistenza del terreno. Si assume di norma un fattore di sicurezza $F_{sif} = 3.5-4$. Indicando con:

i_c = Gradiente Idraulico critico;

i_e = Gradiente Idraulico in condizioni di esercizio;

Il margine di sicurezza è definito come rapporto tra i_c ed i_e , se $i_e < i_c$ la paratia è stabile.

5 - Verifica delle sezioni e calcolo armature

Il calcolo delle armature e le verifiche a presso-flessione e taglio della paratia soggetta alle sollecitazioni N , M e T , si effettua per tutte le sezioni di calcolo. Le sollecitazioni sono ottenute come prodotto tra le sollecitazioni ottenute con un calcolo a metro lineare e l'interasse tra i pali (o larghezza dei setti se la paratia è costituita da setto):

$$N_d = N' \cdot i; M = M' \cdot i; T_d = T' \cdot i$$

Dove M' , M , T' rappresentano il momento il taglio e lo sforzo normale relativi ad una striscia unitaria di calcolo mentre i è l'interasse tra i pali per paratia costituita da pali o micropali (o larghezza setti per paratia costituita da setti).

Il semiprogetto della armature viene eseguito agli stati limiti ultimi secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 ed Eurocodici.

6 – Esempi di calcolo

6.1 - Ex. 13.2 – Pag. 196 Collaselli [FILE: F. COLLESELLI M.SORANZO_ Pag 196 Ex. 13.2 .spw]

Calcolo profondità di infissione di una palancola in terreno incoerente, omogeneo caratterizzato da un angolo di resistenza al taglio $\phi'=33^\circ$ e da un peso dell'unità di volume pari a 18 kN/m^3 . La paratia dovrà sostenere 5.5 m di sbancamento.

L'esempio oggetto di studio è stato realizzato al fine di dimostrare la validità del programma nel calcolo della profondità di infissione:

Profondità infissione Paratie/SPW = 4.52 m

Profondità Colleselli = 4.80 m

Scarto profondità infissione = (Profondità infissione Paratie/SPW - Profondità Colleselli) /

Profondità Colleselli = $(4.52-4.80)/4.80 = -5.8\%^*$

** Colleselli ha aumentato a favore delle sicurezza la profondità di calcolo del 20%. Paratie no, la profondità calcolata garantisce le condizioni di equilibrio.*

6.2 - Ex. 13.3–Pag. 198 Collaselli [FILE: F. COLLESELLI M.SORANZO_ Pag 199 Ex13.3.spw]

Calcolo profondità di infissione di una palancola in terreno coesivo, omogeneo caratterizzato da una coesione non drenata da 8.75 kPa, angolo di resistenza al taglio $\phi=0^\circ$, peso unità di volume saturo pari a 18 kN/m^3 . La paratia dovrà sostenere 4 m di sbancamento.

L'esempio oggetto di studio è stato realizzato al fine di dimostrare la validità del programma nel calcolo della profondità di infissione in condizioni non drenate.

Profondità infissione Paratie/SPW = 4.75 m

Profondità Colleselli = 4.60 m

Scarto Profondità infissione = (Profondità infissione Paratie/SPW - Profondità Colleselli) /

Profondità Colleselli = $(4.75-4.60)/4.60 = 3\%$

6.3 - Ex. 13.1 – Pag. 649 Bowles [FILE: Bowles Ex. 13.1 Pag. 649.spw]

Analisi di una palancola in terreno incoerente caratterizzato da: 1° strato $\phi'=30^\circ \gamma = 16.49 \text{ kN/m}^3$ di spessore 2.40 m, 2° strato $\phi'=30^\circ \gamma' = 10.37 \text{ kN/m}^3$ di spessore 6.60 m. La paratia dovrà sostenere uno scavo di 9 m. Sul piano campagna agisce un sovraccarico uniformemente distribuito di 23.94 kPa. La paratia sarà ancorata con tiranti di lunghezza libera pari a 9 metri, armati con acciaio del diametro di 50 mm, posti a 1.20 m di profondità ed interasse di 1.80 m. La sezione della paratia è del tipo PZ287 con modulo elastico di 200000 Mpa.

L'esempio oggetto di studio è stato realizzato al fine di dimostrare la validità del programma nel calcolo ad elementi finiti non lineare di: profondità di infissione, momento massimo, tiro sul tirante.

Profondità infissione Paratie/SPW = 4.2 m

Profondità Bowles = 4.2 m

Scarto Prof. di infissione = (Profondità infissione Paratie/SPW - Profondità Bowles) / Profondità Bowles = $(4.2-4.2)/4.2 = 0\%$

Momento massimo Paratie/SPW = 212.90 kNm

Momento massimo Bowles = 210.33 kNm

Scarto momento massimo = (M. max Paratie/SPW - M. max Bowles) / M. max Bowles
= $(212.90-210)/210 = + 1.38\%$

Tiro Paratie/SPW = 194 kN

Tiro Bowles = 190 kN

Scarto Tiro = (Tiro Paratie/SPW - Tiro Bowles) / Tiro Bowles = $(194-190)/190 = + 2.1\%$

7 - Conclusioni

Si evidenzia, dai test effettuati, l'affidabilità del software in oggetto. Si riscontrano scarti minimi dovuti alle elaborazioni numeriche.