

COMPLETAMENTO ARGINE DESTRO
TORRENTE STRONA FINO ALLA SUPERSTRADA
PER BAVENO (NO) E REALIZZAZIONE NUOVO
ARGINE IN SPONDA DESTRA FIUME TOCE
(VB-E-31)

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo delle strutture

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

S 3 9 4 - 0 3 - 0 0 3 0 0 . D O C C O

2.2

00	MAGGIO 2013	M.CODO	I.FRESIA	A.DENINA	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

SERVIZI DI INGEGNERIA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

INDICE

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE	1
3. DISARMO	1
4. ANALISI DEI CARICHI	1
5. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	1
6. DIMENSIONAMENTO MURI DI SOSTEGNO STRADA VIA DEL PIANO GRANDE	2
6.1 Calcolo della spinta sul muro	3
6.1.1 Metodo di Culmann	3
6.1.2 Spinta in presenza di sisma	3
6.2 Verifica a ribaltamento	5
6.3 Verifica a scorrimento	5
6.4 Verifica al carico limite	6
6.5 Verifica alla stabilità globale	8
6.6 Geometria muro e fondazione	9
6.7 Materiali utilizzati per la struttura	10
6.8 Geometria profilo terreno a monte del muro	10
6.9 Terreno a valle del muro	10
6.10 Caratteristiche terreno a monte del muro	10
6.11 Caratteristiche terreno di fondazione	11
6.12 Condizioni di carico	11
6.13 Descrizione combinazioni di carico	11
6.14 Impostazioni di analisi	12
6.15 Analisi della spinta e verifiche	13
6.16 COMBINAZIONE n° 1	13
6.16.1 Stabilità globale muro + terreno	15
6.16.2 Sollecitazioni paramento	16
6.16.3 Sollecitazioni fondazione di valle	17
6.16.4 Sollecitazioni fondazione di monte	17
6.16.5 Armature e tensioni nei materiali del muro	18
6.16.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione	18
6.17 COMBINAZIONE n° 2	20
6.17.1 Stabilità globale muro + terreno	21
6.17.2 Sollecitazioni paramento	22
6.17.3 Sollecitazioni fondazione di valle	23
6.17.4 Sollecitazioni fondazione di monte	23
6.17.5 Armature e tensioni nei materiali del muro	24
6.17.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione	25
6.18 COMBINAZIONE n° 3	26
6.18.1 Stabilità globale muro + terreno	27

6.18.2 Sollecitazioni paramento	29
6.18.3 Sollecitazioni fondazione di valle	29
6.18.4 Sollecitazioni fondazione di monte	30
6.18.5 Armature e tensioni nei materiali del muro	30
6.18.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione	31
6.19 COMBINAZIONE n° 4	32
6.19.1 Stabilità globale muro + terreno	34
6.19.2 Sollecitazioni paramento	35
6.19.3 Sollecitazioni fondazione di valle	36
6.19.4 Sollecitazioni fondazione di monte	36
6.19.5 Armature e tensioni nei materiali del muro	37
6.19.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione	37
6.20 Armatura in acciaio	39
7. DIMENSIONAMENTO SCATOLARE CHIAVICA	39
7.1 Calcolo del carico sulla calotta	39
7.2 Spinta sui piedritti	40
7.3 Strategia di soluzione	42
7.4 Geometria scatolare	43
7.5 Caratteristiche strati terreno	43
7.6 Caratteristiche materiali utilizzati	44
7.7 Condizioni di carico	45
7.8 Impostazioni di progetto	45
7.9 Combinazioni di carico	46
7.10 Analisi della spinta e verifiche	46
7.11 Spostamenti	49
7.12 Sollecitazioni	50
7.13 Pressioni terreno	52
7.14 Involuppo	54
7.15 Schema Strutturale	57
7.16 Armatura in acciaio	61

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento delle strutture relative al progetto “COMPLETAMENTO ARGINE DESTRO TORRENTE STRONA FINO ALLA SUPERSTRADA PER BAVENO (NO) E REALIZZAZIONE NUOVO ARGINE IN SPONDA DESTRA FIUME TOCE (E-SPEC-803)”, nei Comuni di Verbania e Gravellona Toce.

2. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

Sono state analizzate le strutture portanti principali e soggette alle maggiori sollecitazioni:

- Muri di sostegno della sede stradale di via del Piano Grande in Comune di Verbania: intervento F
- Chiavica scatolare sul canale irriguo adiacente alla linea ferroviaria Novara-Domodossola: intervento F

3. DISARMO

Come da norme vigenti.

4. ANALISI DEI CARICHI

I carichi presi in considerazione per la determinazione delle sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali, sono quelli previsti dalla normativa tecnica vigente e quelli generati dai pesi propri caratteristici dei materiali utilizzati.

- peso proprio di muri e solette in c.a.: $\gamma_{cls} = 2500 \text{ Kg/m}^3$.
- Peso proprio del terreno di copertura: $\gamma_{ter} = 1800\text{-}2000 \text{ Kg/m}^3$
- sovraccarico accidentale: variabile a seconda delle situazioni (si vedano i relativi capitoli)

5. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l' esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Ordinanza Ministeriale nr. 3274 20 Marzo 2003
- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sul supplemento ordinario n. 30 alla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008.
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti n. 617 del 2 febbraio 2009, recante le istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D. Min. 14.1.2008 pubblicata sulla GU n. 47 del 26.2.2009 - Suppl. Ordinario n. 27.
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture

6. DIMENSIONAMENTO MURI DI SOSTEGNO STRADA VIA DEL PIANO GRANDE

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

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

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

6.1 Calcolo della spinta sul muro

6.1.1 Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

6.1.2 Spinta in presenza di sisma

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

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

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

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

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

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

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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

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

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico. Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

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

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

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

6.2 Verifica a ribaltamento

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

La Normativa Italiana impone che sia $\eta \geq 1.5$. Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq 1.5$$

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

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

6.3 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. In particolare, La Normativa Italiana richiede che il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s sia

$$\frac{F_r}{F_s} \geq 1.3$$

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

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

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

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppata lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo ρ (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta N la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione, Q l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo, S_p la resistenza passiva, L_c l'ampiezza del cuneo e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = (N-Q) \operatorname{tg} \delta_f + S_p + c_a L_r$$

con $L_r = B_r - L_c$

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

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

6.4 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a 2. Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq 2$$

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;

B larghezza della fondazione;
D profondità del piano di posa;
q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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

Fattori di profondità

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

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

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

Fattori di inclinazione

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

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

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

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

6.5 Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 25.

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

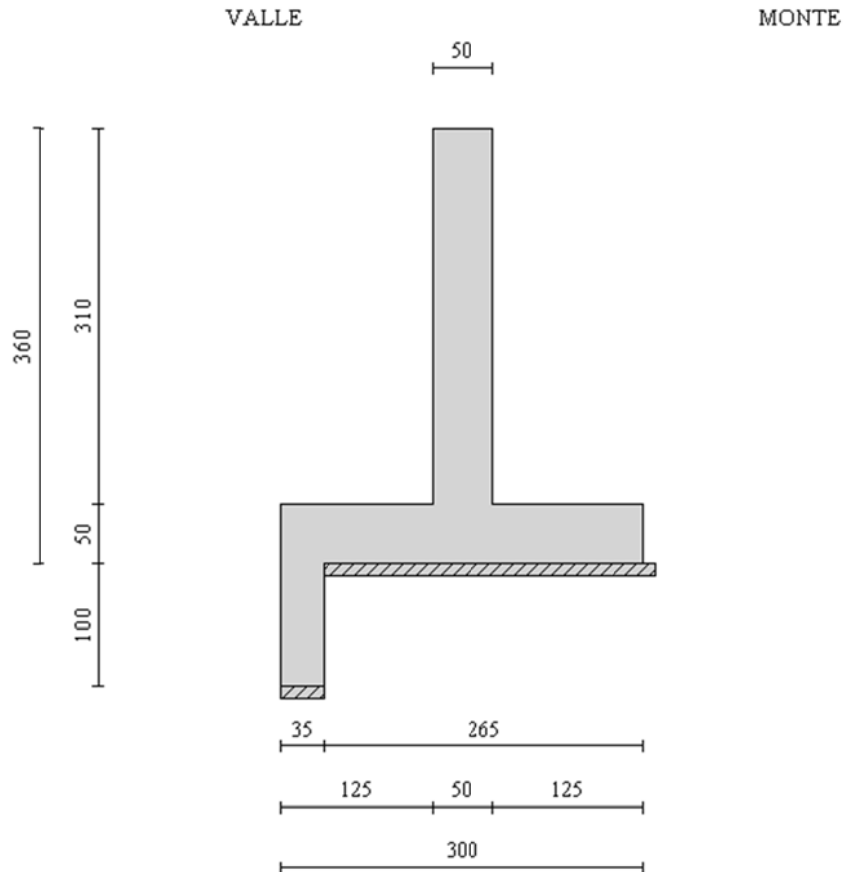
$$\eta = \frac{\sum_i^n \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

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

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

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

6.6 Geometria muro e fondazione



Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	3,10 [m]
Spessore in sommità	0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,50 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,25 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1,25 [m]
Lunghezza totale fondazione	3,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,50 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

Altezza dello sperone di fondazione	1,00 [m]
Spessore dello sperone di fondazione	0,35 [m]

6.7 Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}	300,0 [kg/cm ²]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	97,5 [kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	6,0 [kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	18,3 [kg/cm ²]

Acciaio

Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile σ_{fa}	2600,0 [kg/cm ²]

6.8 Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5,00	0,00	0,00

6.9 Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,50 [m]

6.10 Caratteristiche terreno a monte del muro

Descrizione	Terreno 1
Peso di volume γ	1800 [kg/mc]
Angolo di attrito interno ϕ	30,00 [°]
Angolo di attrito terra-muro δ	20,00 [°]

Coesione c	0,000 [kg/cmq]
Adesione terra-muro c_a	0,000 [kg/cmq]

6.11 Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione	Terreno 2
Peso di volume γ	1800 [kg/mc]
Angolo di attrito interno ϕ	30,00 [°]
Angolo di attrito terra-muro δ	20,00 [°]
Coesione c	0,000 [kg/cmq]
Adesione terra-muro c_a	0,000 [kg/cmq]

6.12 Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0,00$	$X_f=5,00$	$Q_i=2000,00$	$Q_f=2000,00$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

Condizione n° 2 (Condizione 2)

D	Profilo	$X_i=1,00$	$X_f=4,00$	$Q_i=500,00$	$Q_f=500,00$
---	---------	------------	------------	--------------	--------------

6.13 Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

C Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Combinazione n° 2 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Condizione 1 $C = 1.00$

Combinazione n° 3 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Condizione 2 $C = 1.00$

Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 4 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Condizione 2 $C = 1.00$

Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

6.14 Impostazioni di analisi

Spinte e verifiche secondo :

ORDINANZA 20/03/2003 - EUROCODICI

Approccio progettuale 1(DA1)

Coefficienti parziali - caso B

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	c'	c_u	q_u
1,35	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali - caso C

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	c'	c_u	q_u
1,00	1,30	1,25	1,60	1,40	1,40

Verifiche sezioni

Metodo	Stato limite
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.60
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.50

Coefficienti di sicurezza

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.50
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.30
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.00

Coefficiente di sicurezza stabilità globale 1.30

Impostazioni avanzate

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

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

6.15 Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Zona sismica	Zona 4 ($a_g=5\%g$)
Accelerazione al suolo $a_g/g =$	5.00%
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.25
Coefficiente di importanza (γI)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.00
Coefficiente riduzione spinta (r)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g*\gamma I*S_t*S)/r = 6.25$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.12$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Calcolo riferito ad 1 metro di muro	
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	8500,00 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,39 Y=-2,61

6.16 COMBINAZIONE n° 1

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,25 Y=-3,60
Punto superiore superficie di spinta	X=1,25 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	3,60 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]
Valore della spinta statica	4681,63 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	4399,29 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1601,21 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,25 Y=-2,40
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,98 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9416,25 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,63 Y=-1,55

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4399,29 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	21036,21 [kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1822,50 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	5279,16 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	39707,07 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	21036,21 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4399,29 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,14 [m]
Risultante in fondazione	21491,30 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,81 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2873,60 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	116948,24 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3,00 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,5096 [kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8928 [kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 30.14$	$N'_c = 25.37$
$N_q = 18.40$	$N'_q = 14.69$
$N_\gamma = 15.67$	$N'_\gamma = 6.09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.52
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.15

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.56
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.91

6.16.1 Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,76 Y[m]= 0,35

Raggio del cerchio R[m]= 4,97

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,20

Larghezza della striscia dx[m]= 0,36

Coefficiente di sicurezza C= 1.91

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	664.51	76.78	646.89	1.57	30.00	0.000	0.000
2	1638.09	63.20	1462.11	0.80	30.00	0.000	0.000
3	2170.14	55.00	1777.65	0.62	30.00	0.000	0.000
4	2568.25	48.28	1917.02	0.54	30.00	0.000	0.000
5	2885.82	42.37	1944.90	0.49	30.00	0.000	0.000
6	3152.92	36.98	1896.71	0.45	30.00	0.000	0.000
7	3373.36	31.95	1785.35	0.42	30.00	0.000	0.000
8	3550.96	27.19	1622.65	0.40	30.00	0.000	0.000
9	3702.33	22.62	1424.26	0.39	30.00	0.000	0.000
10	3890.46	18.21	1215.52	0.38	30.00	0.000	0.000
11	2379.45	13.90	571.52	0.37	30.00	0.000	0.000
12	1703.03	9.67	286.02	0.36	30.00	0.000	0.000
13	1748.98	5.49	167.40	0.36	30.00	0.000	0.000

14	1781.02	1.35	41.82	0.36	30.00	0.000	0.000
15	1746.82	-2.79	-85.17	0.36	30.00	0.000	0.000
16	1720.17	-6.95	-208.12	0.36	30.00	0.000	0.000
17	1670.39	-11.14	-322.76	0.37	30.00	0.000	0.000
18	1596.65	-15.39	-423.86	0.37	30.00	0.000	0.000
19	1497.63	-19.74	-505.78	0.38	30.00	0.000	0.000
20	1371.43	-24.20	-562.26	0.39	30.00	0.000	0.000
21	1215.30	-28.83	-586.08	0.41	30.00	0.000	0.000
22	1025.29	-33.68	-568.58	0.43	30.00	0.000	0.000
23	795.61	-38.82	-498.76	0.46	30.00	0.000	0.000
24	517.24	-44.37	-361.70	0.50	30.00	0.000	0.000
25	174.96	-50.52	-135.04	0.56	30.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 48540,77$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12501,72$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 23930,42$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$ [kg]

6.16.2 Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,15	261,56	0,42	8,16
3	0,31	523,13	3,37	32,62
4	0,46	784,69	11,38	73,40
5	0,62	1046,25	26,97	130,49
6	0,78	1307,81	52,67	203,89
7	0,93	1569,38	91,02	293,59
8	1,08	1830,94	144,53	399,61
9	1,24	2092,50	215,74	521,94
10	1,40	2354,06	307,17	660,58
11	1,55	2615,63	421,36	815,53
12	1,71	2877,19	560,83	986,80
13	1,86	3138,75	728,11	1174,37
14	2,02	3400,31	925,73	1378,25
15	2,17	3661,88	1156,21	1598,44
16	2,33	3923,44	1422,09	1834,95
17	2,48	4185,00	1725,89	2087,76
18	2,63	4446,56	2070,14	2356,89

19	2,79	4708,13	2457,37	2642,32
20	2,94	4969,69	2890,10	2944,07
21	3,10	5231,25	3370,87	3262,13

6.16.3 Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	1,44	26,40
3	0,25	7,43	72,75
4	0,38	21,24	201,55
5	0,50	71,15	600,31
6	0,63	172,15	1019,03
7	0,75	326,74	1457,70
8	0,88	537,41	1916,33
9	1,00	806,65	2394,92
10	1,13	1136,97	2893,46
11	1,25	1530,85	3411,95

6.16.4 Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	0,72	8,12
3	0,25	1,20	-3,71
4	0,38	-1,04	-35,50
5	0,50	-8,51	-87,24
6	0,63	-23,69	-158,94
7	0,75	-49,07	-250,60
8	0,88	-87,17	-362,21

9	1,00	-140,46	-493,78
10	1,13	-211,44	-645,30
11	1,25	-302,61	-816,77

6.16.5 Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 1

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,15	100,00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-1085,48	2574,39
3	0,31	100,00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-4339,83	1287,20
4	0,46	100,00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-9763,58	858,13
5	0,62	100,00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-17356,80	643,60
6	0,78	100,00	50,00	18,85	18,85	669227,37	-26952,84	511,72
7	0,93	100,00	50,00	18,85	18,85	619102,19	-35904,68	394,49
8	1,08	100,00	50,00	18,85	18,85	565930,40	-44672,74	309,09
9	1,24	100,00	50,00	18,85	18,85	510367,81	-52619,28	243,90
10	1,40	100,00	50,00	18,85	18,85	455389,60	-59422,17	193,45
11	1,55	100,00	50,00	18,85	18,85	403631,68	-65022,66	154,32
12	1,71	100,00	50,00	18,85	18,85	356536,72	-69497,38	123,92
13	1,86	100,00	50,00	18,85	18,85	309636,20	-71827,80	98,65
14	2,02	100,00	50,00	18,85	18,85	257946,23	-70225,33	75,86
15	2,17	100,00	50,00	18,85	18,85	212808,80	-67192,88	58,11
16	2,33	100,00	50,00	18,85	18,85	175361,27	-63561,41	44,70
17	2,48	100,00	50,00	18,85	18,85	144576,08	-59622,96	34,55
18	2,63	100,00	50,00	18,85	18,85	120065,21	-55897,45	27,00
19	2,79	100,00	50,00	18,85	18,85	100922,43	-52675,60	21,44
20	2,94	100,00	50,00	18,85	18,85	86000,14	-50013,02	17,30
21	3,10	100,00	50,00	18,85	18,85	73611,19	-47432,98	14,07

6.16.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	22265,73
3	0,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	4320,61
4	0,38	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	1511,38
5	0,50	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	451,21
6	0,63	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	186,48
7	0,75	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	98,25
8	0,88	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	59,74
9	1,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	39,80
10	1,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	28,24
11	1,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	20,97

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	22265,73
3	0,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	4320,61
4	0,38	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	1511,38
5	0,50	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	451,21
6	0,63	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	186,48
7	0,75	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	98,25
8	0,88	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	59,74
9	1,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	39,80
10	1,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	28,24
11	1,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	20,97

Verifica armatura sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=35 [cm]

$A_{fi}=12,57$ [cmq] $A_{fs}=12,57$ [cmq]

Sollecitazioni M=2934,3 [kgm] T=4399,3 [kg]

Tensioni nei materiali

$\sigma_c=18,75$ [kg/cmq]

$\sigma_f=800,34$ [kg/cmq]

$\sigma'_f=-179,79$ [kg/cmq]

$\tau_c=1,62$ [kg/cmq]

6.17 COMBINAZIONE n° 2

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,25 Y=-3,60
Punto superiore superficie di spinta	X=1,25 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	3,60 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]
Valore della spinta statica	7896,36 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	7420,15 [kg]
Componente verticale della spinta statica	2700,71 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,25 Y=-2,15
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,98 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	13166,25 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,63 Y=-1,55

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7420,15 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25885,71 [kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1822,50 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10722,86 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	51911,83 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25885,71 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7420,15 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,09 [m]
Risultante in fondazione	26928,22 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,99 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2360,40 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	94221,15 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3,00 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7055 [kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,0202 [kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 30.14$	$N'_c = 22.73$
$N_q = 18.40$	$N'_q = 13.16$
$N_\gamma = 15.67$	$N'_\gamma = 3.61$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.84
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.64
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.46

6.17.1 Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm ²]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm ²]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,76 Y[m]= 0,35

Raggio del cerchio R[m]= 4,97

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,20

Larghezza della striscia dx[m]= 0,36

Coefficiente di sicurezza C= 1.46

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	1739.95	76.78	1693.82	1.57	30.00	0.000	0.000
2	2713.52	63.20	2422.01	0.80	30.00	0.000	0.000
3	3245.57	55.00	2658.59	0.62	30.00	0.000	0.000
4	3643.68	48.28	2719.76	0.54	30.00	0.000	0.000
5	3961.25	42.37	2669.69	0.49	30.00	0.000	0.000
6	4228.36	36.98	2543.67	0.45	30.00	0.000	0.000
7	4448.79	31.95	2354.53	0.42	30.00	0.000	0.000
8	4626.40	27.19	2114.08	0.40	30.00	0.000	0.000
9	4693.67	22.62	1805.62	0.39	30.00	0.000	0.000
10	3890.46	18.21	1215.52	0.38	30.00	0.000	0.000
11	2379.45	13.90	571.52	0.37	30.00	0.000	0.000
12	1703.03	9.67	286.02	0.36	30.00	0.000	0.000
13	1748.98	5.49	167.40	0.36	30.00	0.000	0.000
14	1781.02	1.35	41.82	0.36	30.00	0.000	0.000
15	1746.82	-2.79	-85.17	0.36	30.00	0.000	0.000
16	1720.17	-6.95	-208.12	0.36	30.00	0.000	0.000
17	1670.39	-11.14	-322.76	0.37	30.00	0.000	0.000
18	1596.65	-15.39	-423.86	0.37	30.00	0.000	0.000
19	1497.63	-19.74	-505.78	0.38	30.00	0.000	0.000
20	1371.43	-24.20	-562.26	0.39	30.00	0.000	0.000
21	1215.30	-28.83	-586.08	0.41	30.00	0.000	0.000
22	1025.29	-33.68	-568.58	0.43	30.00	0.000	0.000
23	795.61	-38.82	-498.76	0.46	30.00	0.000	0.000
24	517.24	-44.37	-361.70	0.50	30.00	0.000	0.000
25	174.96	-50.52	-135.04	0.56	30.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 58135,59$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 19005,93$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 27683,85$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$ [kg]

6.17.2 Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00

2	0,15	261,56	10,49	138,04
3	0,31	523,13	43,64	292,40
4	0,46	784,69	101,98	463,09
5	0,62	1046,25	188,04	650,09
6	0,78	1307,81	304,35	853,40
7	0,93	1569,38	453,43	1073,02
8	1,08	1830,94	637,83	1308,96
9	1,24	2092,50	860,05	1561,20
10	1,40	2354,06	1122,64	1829,75
11	1,55	2615,63	1428,12	2114,62
12	1,71	2877,19	1779,02	2415,79
13	1,86	3138,75	2177,86	2733,28
14	2,02	3400,31	2627,17	3067,07
15	2,17	3661,88	3129,49	3417,18
16	2,33	3923,44	3687,34	3783,60
17	2,48	4185,00	4303,25	4166,33
18	2,63	4446,56	4979,75	4565,37
19	2,79	4708,13	5719,36	4980,71
20	2,94	4969,69	6524,61	5412,37
21	3,10	5231,25	7398,04	5860,35

6.17.3 Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	16,67	269,44
3	0,25	68,04	555,28
4	0,38	156,95	920,00
5	0,50	311,23	1551,12
6	0,63	545,42	2198,63
7	0,75	861,57	2862,53
8	0,88	1261,73	3542,82
9	1,00	1747,96	4239,51
10	1,13	2322,29	4952,58
11	1,25	2986,78	5682,05

6.17.4 Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	-12,69	-205,80
3	0,25	-52,13	-427,99
4	0,38	-120,37	-666,57
5	0,50	-219,46	-921,55
6	0,63	-351,44	-1192,92
7	0,75	-518,37	-1480,67
8	0,88	-722,29	-1784,82
9	1,00	-965,26	-2105,36
10	1,13	-1249,32	-2442,30
11	1,25	-1576,52	-2795,62

6.17.5 Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 2

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

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]

M_u momento ultimo espresso espresso in [kgm]

CS coefficiente sicurezza sezione

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,15	100,00	50,00	18,85	18,85	669765,73	-26855,79	2560,63
3	0,31	100,00	50,00	18,85	18,85	555171,44	-46308,48	1061,26
4	0,46	100,00	50,00	18,85	18,85	456358,28	-59306,74	581,58
5	0,62	100,00	50,00	18,85	18,85	376476,80	-67661,89	359,83
6	0,78	100,00	50,00	18,85	18,85	308543,22	-71802,32	235,92
7	0,93	100,00	50,00	18,85	18,85	239301,64	-69140,52	152,48
8	1,08	100,00	50,00	18,85	18,85	185619,89	-64662,65	101,38
9	1,24	100,00	50,00	18,85	18,85	145281,70	-59713,24	69,43
10	1,40	100,00	50,00	18,85	18,85	115654,59	-55155,12	49,13
11	1,55	100,00	50,00	18,85	18,85	94494,99	-51593,83	36,13
12	1,71	100,00	50,00	18,85	18,85	78288,25	-48406,99	27,21
13	1,86	100,00	50,00	18,85	18,85	66109,29	-45870,69	21,06
14	2,02	100,00	50,00	18,85	18,85	56882,87	-43949,26	16,73

15	2,17	100.00	50,00	18,85	18,85	49667,57	-42446,65	13,56
16	2,33	100.00	50,00	18,85	18,85	43882,55	-41241,90	11,18
17	2,48	100.00	50,00	18,85	18,85	39150,13	-40256,36	9,35
18	2,63	100.00	50,00	18,85	18,85	35214,18	-39436,69	7,92
19	2,79	100.00	50,00	18,85	18,85	31894,90	-38745,44	6,77
20	2,94	100.00	50,00	18,85	18,85	29062,46	-38155,57	5,85
21	3,10	100.00	50,00	18,85	18,85	26620,75	-37647,08	5,09

6.17.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 2

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	1925,88
3	0,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	471,80
4	0,38	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	204,54
5	0,50	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	103,15
6	0,63	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	58,86
7	0,75	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	37,26
8	0,88	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	25,44
9	1,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	18,37
10	1,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	13,82
11	1,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	10,75

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	1925,88

3	0,25	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	471,80
4	0,38	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	204,54
5	0,50	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	103,15
6	0,63	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	58,86
7	0,75	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	37,26
8	0,88	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	25,44
9	1,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	18,37
10	1,13	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	13,82
11	1,25	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	10,75

Verifica armatura sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=35 [cm]

$A_{fi}=12,57$ [cmq] $A_{fs}=12,57$ [cmq]

Sollecitazioni M=4949,2 [kgm] T=7420,1 [kg]

Tensioni nei materiali

$\sigma_c=31,62$ [kg/cmq]

$\sigma_f=1349,91$ [kg/cmq]

$\sigma'_f=-303,25$ [kg/cmq]

$\tau_c=2,73$ [kg/cmq]

6.18 COMBINAZIONE n° 3

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,25 Y=-3,60
Punto superiore superficie di spinta	X=1,25 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	3,60 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]
Valore della spinta statica	5488,12 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	5157,14 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1877,05 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,25 Y=-2,31
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,98 [°]
Incremento sismico della spinta	926,02 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,25 Y=-2,31
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	52,78 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9603,75 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,63 Y=-1,55
Inerzia del muro	717,19 [kg]
Inerzia verticale del muro	358,59 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	600,23 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	300,12 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7439,66 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	22474,98 [kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1822,50 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	9785,54 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	43131,80 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	22474,98 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7439,66 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02 [m]
Risultante in fondazione	23674,31 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,32 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	366,20 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	86095,41 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3,00 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7736 [kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7248 [kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 30.14$	$N'_c = 21.33$
$N_q = 18.40$	$N'_q = 12.35$
$N_\gamma = 15.67$	$N'_\gamma = 2.51$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.41
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.34
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.83
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.78

6.18.1 Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm ²]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm ²]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,76 Y[m]= 0,35

Raggio del cerchio R[m]= 4,97

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,20

Larghezza della striscia dx[m]= 0,36

Coefficiente di sicurezza C= 1.78

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	933.37	76.78	908.62	1.57	30.00	0.000	0.000
2	1906.95	63.20	1702.08	0.80	30.00	0.000	0.000
3	2439.00	55.00	1997.88	0.62	30.00	0.000	0.000
4	2837.11	48.28	2117.70	0.54	30.00	0.000	0.000
5	3154.67	42.37	2126.09	0.49	30.00	0.000	0.000
6	3421.78	36.98	2058.45	0.45	30.00	0.000	0.000
7	3408.91	31.95	1804.17	0.42	30.00	0.000	0.000
8	3550.96	27.19	1622.65	0.40	30.00	0.000	0.000
9	3702.33	22.62	1424.26	0.39	30.00	0.000	0.000
10	3890.46	18.21	1215.52	0.38	30.00	0.000	0.000
11	2379.45	13.90	571.52	0.37	30.00	0.000	0.000
12	1703.03	9.67	286.02	0.36	30.00	0.000	0.000
13	1748.98	5.49	167.40	0.36	30.00	0.000	0.000
14	1781.02	1.35	41.82	0.36	30.00	0.000	0.000
15	1746.82	-2.79	-85.17	0.36	30.00	0.000	0.000
16	1720.17	-6.95	-208.12	0.36	30.00	0.000	0.000
17	1670.39	-11.14	-322.76	0.37	30.00	0.000	0.000
18	1596.65	-15.39	-423.86	0.37	30.00	0.000	0.000
19	1497.63	-19.74	-505.78	0.38	30.00	0.000	0.000
20	1371.43	-24.20	-562.26	0.39	30.00	0.000	0.000
21	1215.30	-28.83	-586.08	0.41	30.00	0.000	0.000
22	1025.29	-33.68	-568.58	0.43	30.00	0.000	0.000
23	795.61	-38.82	-498.76	0.46	30.00	0.000	0.000
24	517.24	-44.37	-361.70	0.50	30.00	0.000	0.000
25	174.96	-50.52	-135.04	0.56	30.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 50189,47$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 13786,10$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 24484,34$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$ [kg]

6.18.2 Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,15	261,56	1,76	25,97
3	0,31	523,13	9,04	71,17
4	0,46	784,69	24,82	135,61
5	0,62	1046,25	52,08	219,29
6	0,78	1307,81	93,79	322,20
7	0,93	1569,38	152,95	444,35
8	1,08	1830,94	232,53	585,73
9	1,24	2092,50	335,68	750,17
10	1,40	2354,06	466,89	949,13
11	1,55	2615,63	631,47	1178,70
12	1,71	2877,19	833,39	1430,11
13	1,86	3138,75	1075,85	1701,79
14	2,02	3400,31	1361,98	1993,49
15	2,17	3661,88	1694,86	2305,03
16	2,33	3923,44	2077,56	2636,27
17	2,48	4185,00	2513,12	2987,12
18	2,63	4446,56	3004,57	3357,50
19	2,79	4708,13	3554,95	3747,36
20	2,94	4969,69	4167,26	4156,66
21	3,10	5231,25	4844,52	4585,35

6.18.3 Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	21,59	345,08

3	0,25	86,16	687,61
4	0,38	194,17	1090,10
5	0,50	371,08	1740,05
6	0,63	629,08	2387,46
7	0,75	967,84	3032,32
8	0,88	1387,05	3674,64
9	1,00	1886,40	4314,42
10	1,13	2465,55	4951,65
11	1,25	3124,20	5586,34

6.18.4 Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	-17,80	-284,41
3	0,25	-71,00	-566,28
4	0,38	-153,41	-751,86
5	0,50	-258,86	-934,89
6	0,63	-387,03	-1115,38
7	0,75	-537,60	-1293,33
8	0,88	-710,25	-1468,74
9	1,00	-904,67	-1641,60
10	1,13	-1120,55	-1811,92
11	1,25	-1357,55	-1979,69

6.18.5 Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 3

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

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]

M_u momento ultimo espresso espresso in [kgm]

CS coefficiente sicurezza sezione

Nr.	Y	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS
------------	----------	----------	----------	-----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	-----------

1	0,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,15	100.00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-4541,81	2574,39
3	0,31	100.00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-11641,56	1287,20
4	0,46	100.00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-21299,87	858,13
5	0,62	100.00	50,00	18,85	18,85	641588,92	-31935,15	613,23
6	0,78	100.00	50,00	18,85	18,85	584140,62	-41893,40	446,65
7	0,93	100.00	50,00	18,85	18,85	522785,17	-50951,01	333,12
8	1,08	100.00	50,00	18,85	18,85	461833,37	-58654,33	252,24
9	1,24	100.00	50,00	18,85	18,85	404662,39	-64916,36	193,39
10	1,40	100.00	50,00	18,85	18,85	351785,69	-69771,18	149,44
11	1,55	100.00	50,00	18,85	18,85	296222,55	-71515,12	113,25
12	1,71	100.00	50,00	18,85	18,85	238547,97	-69096,67	82,91
13	1,86	100.00	50,00	18,85	18,85	189779,24	-65049,72	60,46
14	2,02	100.00	50,00	18,85	18,85	150861,96	-60427,14	44,37
15	2,17	100.00	50,00	18,85	18,85	121173,76	-56084,03	33,09
16	2,33	100.00	50,00	18,85	18,85	98803,66	-52319,00	25,18
17	2,48	100.00	50,00	18,85	18,85	81843,14	-49147,31	19,56
18	2,63	100.00	50,00	18,85	18,85	68676,72	-46405,36	15,44
19	2,79	100.00	50,00	18,85	18,85	58709,57	-44329,68	12,47
20	2,94	100.00	50,00	18,85	18,85	50934,63	-42710,52	10,25
21	3,10	100.00	50,00	18,85	18,85	44723,27	-41416,98	8,55

6.18.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 3

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	1486,68
3	0,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	372,59
4	0,38	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	165,33
5	0,50	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	86,51

6	0,63	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	51,03
7	0,75	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	33,17
8	0,88	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	23,14
9	1,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	17,02
10	1,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	13,02
11	1,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	10,28

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	1486,68
3	0,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	372,59
4	0,38	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	165,33
5	0,50	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	86,51
6	0,63	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	51,03
7	0,75	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	33,17
8	0,88	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	23,14
9	1,00	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	17,02
10	1,13	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	13,02
11	1,25	100.00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	10,28

Verifica armatura sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=35 [cm]

A_{fi}=12,57 [cmq] A_{fs}=12,57 [cmq]

Sollecitazioni M=4962,3 [kgm] T=7439,7 [kg]

Tensioni nei materiali

σ_c =31,70 [kg/cmq]

σ_f =1353,46 [kg/cmq]

σ'_f =-304,05 [kg/cmq]

τ_c =2,74 [kg/cmq]

6.19 COMBINAZIONE n° 4

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X=1,25 Y=-3,60

Punto superiore superficie di spinta

X=1,25 Y=0,00

Altezza della superficie di spinta

3,60 [m]

Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)

0,00 [°]

Valore della spinta statica

5488,12 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica	5157,14 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1877,05 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,25 Y=-2,31
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,00 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,98 [°]
Incremento sismico della spinta	586,52 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,25 Y=-2,31
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	52,63 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9603,75 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,63 Y=-1,55
Inerzia del muro	717,19 [kg]
Inerzia verticale del muro	-358,59 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	600,23 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-300,12 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7120,64 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	21041,44 [kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1822,50 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10575,96 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	41581,70 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	21041,44 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7120,64 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,03 [m]
Risultante in fondazione	22213,63 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,70 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	556,42 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	83529,86 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3,00 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7385 [kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,6643 [kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 30.14$	$N'_c = 21.10$
$N_q = 18.40$	$N'_q = 12.22$
$N_\gamma = 15.67$	$N'_\gamma = 2.35$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.93
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.33
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.97
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.78

6.19.1 Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,76 Y[m]= 0,35

Raggio del cerchio R[m]= 4,97

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,20

Larghezza della striscia dx[m]= 0,36

Coefficiente di sicurezza C= 1.78

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	933.37	76.78	908.62	1.57	30.00	0.000	0.000
2	1906.95	63.20	1702.08	0.80	30.00	0.000	0.000
3	2439.00	55.00	1997.88	0.62	30.00	0.000	0.000
4	2837.11	48.28	2117.70	0.54	30.00	0.000	0.000
5	3154.67	42.37	2126.09	0.49	30.00	0.000	0.000
6	3421.78	36.98	2058.45	0.45	30.00	0.000	0.000
7	3408.91	31.95	1804.17	0.42	30.00	0.000	0.000
8	3550.96	27.19	1622.65	0.40	30.00	0.000	0.000
9	3702.33	22.62	1424.26	0.39	30.00	0.000	0.000
10	3890.46	18.21	1215.52	0.38	30.00	0.000	0.000
11	2379.45	13.90	571.52	0.37	30.00	0.000	0.000
12	1703.03	9.67	286.02	0.36	30.00	0.000	0.000
13	1748.98	5.49	167.40	0.36	30.00	0.000	0.000
14	1781.02	1.35	41.82	0.36	30.00	0.000	0.000
15	1746.82	-2.79	-85.17	0.36	30.00	0.000	0.000
16	1720.17	-6.95	-208.12	0.36	30.00	0.000	0.000
17	1670.39	-11.14	-322.76	0.37	30.00	0.000	0.000

18	1596.65	-15.39	-423.86	0.37	30.00	0.000	0.000
19	1497.63	-19.74	-505.78	0.38	30.00	0.000	0.000
20	1371.43	-24.20	-562.26	0.39	30.00	0.000	0.000
21	1215.30	-28.83	-586.08	0.41	30.00	0.000	0.000
22	1025.29	-33.68	-568.58	0.43	30.00	0.000	0.000
23	795.61	-38.82	-498.76	0.46	30.00	0.000	0.000
24	517.24	-44.37	-361.70	0.50	30.00	0.000	0.000
25	174.96	-50.52	-135.04	0.56	30.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 50189,47$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 13786,10$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 24484,34$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$ [kg]

6.19.2 Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,15	261,56	1,74	25,46
3	0,31	523,13	8,84	69,16
4	0,46	784,69	24,12	131,07
5	0,62	1046,25	50,41	211,22
6	0,78	1307,81	90,54	309,60
7	0,93	1569,38	147,33	426,21
8	1,08	1830,94	223,60	561,04
9	1,24	2092,50	322,34	717,72
10	1,40	2354,06	447,81	907,11
11	1,55	2615,63	605,03	1125,51
12	1,71	2877,19	797,76	1364,60
13	1,86	3138,75	1029,05	1622,91
14	2,02	3400,31	1301,84	1900,18
15	2,17	3661,88	1619,07	2196,25
16	2,33	3923,44	1983,65	2511,00
17	2,48	4185,00	2398,44	2844,32
18	2,63	4446,56	2866,34	3196,16
19	2,79	4708,13	3390,21	3566,45
20	2,94	4969,69	3972,89	3955,15
21	3,10	5231,25	4617,25	4362,24

6.19.3 Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	18,82	300,54
3	0,25	74,97	597,21
4	0,38	168,75	952,52
5	0,50	325,44	1553,97
6	0,63	557,08	2151,55
7	0,75	863,17	2745,27
8	0,88	1243,23	3335,12
9	1,00	1696,79	3921,11
10	1,13	2223,35	4503,23
11	1,25	2822,44	5081,50

6.19.4 Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,13	-22,50	-359,33
3	0,25	-89,67	-714,80
4	0,38	-195,18	-972,66
5	0,50	-332,68	-1226,65
6	0,63	-501,68	-1476,78
7	0,75	-701,71	-1723,05
8	0,88	-932,28	-1965,45
9	1,00	-1192,91	-2203,98
10	1,13	-1483,12	-2438,66
11	1,25	-1802,42	-2669,46

6.19.5 Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 4

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

B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u momento ultimo espresso espresso in [kgm]
CS coefficiente sicurezza sezione

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,15	100,00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-4474,73	2574,39
3	0,31	100,00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-11373,40	1287,20
4	0,46	100,00	50,00	18,85	18,85	673365,08	-20696,58	858,13
5	0,62	100,00	50,00	18,85	18,85	646061,98	-31128,80	617,50
6	0,78	100,00	50,00	18,85	18,85	590184,42	-40858,13	451,28
7	0,93	100,00	50,00	18,85	18,85	530993,71	-49848,20	338,35
8	1,08	100,00	50,00	18,85	18,85	471169,16	-57541,86	257,34
9	1,24	100,00	50,00	18,85	18,85	414554,61	-63860,67	198,11
10	1,40	100,00	50,00	18,85	18,85	362719,10	-68999,03	154,08
11	1,55	100,00	50,00	18,85	18,85	310621,81	-71850,77	118,76
12	1,71	100,00	50,00	18,85	18,85	252032,07	-69881,22	87,60
13	1,86	100,00	50,00	18,85	18,85	201833,13	-66171,47	64,30
14	2,02	100,00	50,00	18,85	18,85	161328,47	-61766,15	47,45
15	2,17	100,00	50,00	18,85	18,85	130331,89	-57625,39	35,59
16	2,33	100,00	50,00	18,85	18,85	105815,54	-53499,14	26,97
17	2,48	100,00	50,00	18,85	18,85	87989,77	-50427,36	21,03
18	2,63	100,00	50,00	18,85	18,85	73569,35	-47424,27	16,55
19	2,79	100,00	50,00	18,85	18,85	62723,34	-45165,55	13,32
20	2,94	100,00	50,00	18,85	18,85	54304,37	-43412,28	10,93
21	3,10	100,00	50,00	18,85	18,85	47604,34	-42016,98	9,10

6.19.6 Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 4

Simbologia adottata

B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u momento ultimo espresso espresso in [kgm]

CS coefficiente sicurezza sezione

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	1705,45
3	0,25	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	428,19
4	0,38	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	190,24
5	0,50	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	98,64
6	0,63	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	57,63
7	0,75	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	37,19
8	0,88	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	25,82
9	1,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	18,92
10	1,13	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	14,44
11	1,25	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	32103,23	11,37

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	0,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	0,00	1000,00
2	0,13	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	1705,45
3	0,25	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	428,19
4	0,38	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	190,24
5	0,50	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	98,64
6	0,63	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	57,63
7	0,75	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	37,19
8	0,88	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	25,82
9	1,00	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	18,92
10	1,13	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	14,44
11	1,25	100,00	50,00	18,85	18,85	0,00	-32103,23	11,37

Verifica armatura sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=35 [cm]

A_{fi}=12,57 [cmq] A_{fs}=12,57 [cmq]

Sollecitazioni M=4749,5 [kgm] T=7120,6 [kg]

Tensioni nei materiali

σ_c=30,34 [kg/cm²]

σ_f=1295,42 [kg/cm²]

σ'_f=-291,01 [kg/cm²]

τ_c=2,62 [kg/cm²]

6.20 Armatura in acciaio

Simbologia adottata

Destinazione Destinazione ferro

ϕ Diametro ferro espresso in [mm]

n Numero tondini

L Lunghezza totale ferro espressa in [cm]

P Peso singolo ferro espresso in [kg]

P_g Peso gruppo espresso in [kg]

Destinazione	ϕ	n	L	P	P_g
Fondazione	20,00	6	458,00	11,29	67,77
Fondazione	20,00	6	458,00	11,29	67,77
Fondazione	20,00	4	337,00	8,31	33,24
Paramento	20,00	6	243,00	5,99	35,96
Paramento	20,00	6	388,00	9,57	57,41
Paramento	20,00	6	242,00	5,97	35,81
Paramento	20,00	6	388,00	9,57	57,41
Fondazione	8,00	6	60,10	0,24	1,42
Paramento	8,00	6	60,10	0,24	1,42

FONDAZIONE: 6 FERRI D20 AL m

RIPARTITORI 6 FERRI D14 AL m

ELEVAZIONE: 6 FERRI D20 AL m

RIPARTITORI 6 FERRI D14 AL m

7. DIMENSIONAMENTO SCATOLARE CHIAVICA

7.1 Calcolo del carico sulla calotta

Pressione Geostatica

In questo caso la pressione in calotta viene calcolata come prodotto tra il peso di volume del terreno per l'altezza del ricoprimento (Spessore dello strato di terreno superiore). Quindi la pressione in calotta è fornita dalla seguente relazione:

$$P_v = \gamma H$$

Se sul profilo del piano campagna sono presenti dei sovraccarichi, concentrati e/o distribuiti, la diffusione di questi nel terreno avviene secondo un angolo, rispetto alla verticale, pari a 0.00° .

7.2 Spinta sui piedritti

Spinta attiva - Metodo di Coulomb

La teoria di Coulomb considera l'ipotesi di un cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno. In particolare Coulomb ammette, al contrario della teoria di Rankine, l'esistenza di attrito fra il terreno e la parete, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale alla parete stesso di un angolo di attrito terra-parete.

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume γ , su una parete di altezza H , risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente)

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_a$$

K_a rappresenta il coefficiente di spinta attiva di Coulomb nella versione riveduta da Muller-Breslau, espresso come

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

dove ϕ è l'angolo d'attrito del terreno, α rappresenta l'angolo che la parete forma con l'orizzontale ($\alpha = 90^\circ$ per parete verticale), δ è l'angolo d'attrito terreno-parete, β è l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale.

La spinta risulta inclinata dell'angolo d'attrito terreno-parete δ rispetto alla normale alla parete.

Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il vertice in alto. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ($1/3 H$ rispetto alla base della parete). L'espressione di K_a perde di significato per $\beta > \phi$. Questo coincide con quanto si intuisce fisicamente: la pendenza del terreno a monte della parete non può superare l'angolo di natural declivio del terreno stesso.

Nel caso di terreno dotato di attrito e coesione c l'espressione della pressione del terreno ad una generica profondità z vale

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2 c \sqrt{K_a}$$

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del

terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Spinta a Riposo

Si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo. Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione

$$K_0 = 1 - \sin\phi$$

dove ϕ rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfiacco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono

$$\sigma = \gamma z K_0 + p_v K_0$$

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_0 + p_v K_0 H$$

dove p_v è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

Spinta in presenza di sisma

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

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

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

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

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

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a $2/3$ dell'altezza della parete.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

dove W è il peso della parete e dei relativi sovraccarichi permanenti e va applicata nel baricentro dei pesi.

7.3 Strategia di soluzione

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi.

Il terreno di rinfianco e di fondazione viene invece schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa.

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento, \mathbf{K}_e , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura \mathbf{K} . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali \mathbf{p} .

Indicando con \mathbf{u} il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}$$

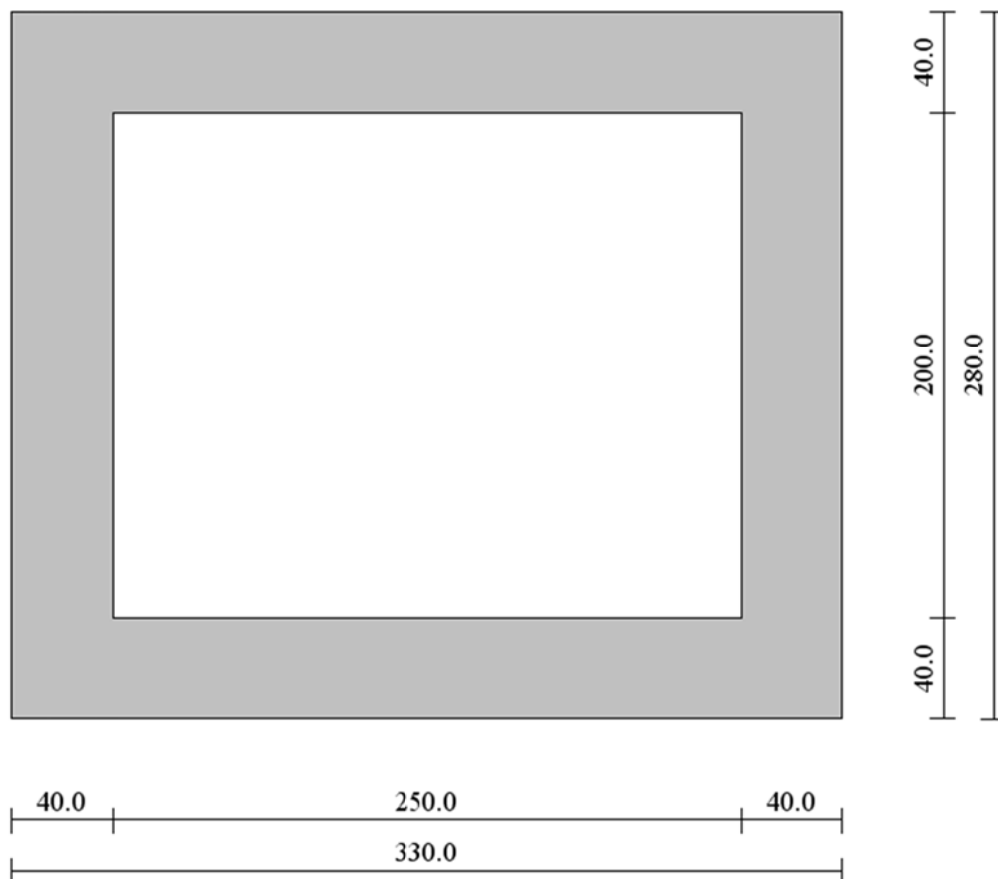
Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti \mathbf{u}

$$\mathbf{u} = \mathbf{K}^{-1} \mathbf{p}$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

7.4 Geometria scatolare



Descrizione	Scatolare semplice
Altezza esterna	2,80 [m]
Larghezza esterna	3,30 [m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00 [m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00 [m]
Spessore piedritto sinistro	0,40 [m]
Spessore piedritto destro	0,40 [m]
Spessore fondazione	0,40 [m]
Spessore traverso	0,40 [m]

7.5 Caratteristiche strati terreno

Strato di ricoprimento

Descrizione	Terreno di ricoprimento
Spessore dello strato	1,70 [m]
Peso di volume	1800,00 [kg/mc]
Peso di volume saturo	2000,00 [kg/mc]
Angolo di attrito	30,00 [°]
Coesione	0,00 [kg/cm ²]

Strato di rinfiacco

Descrizione	Terreno di rinfiacco
Peso di volume	1800,00 [kg/mc]
Peso di volume saturo	2000,00 [kg/mc]
Angolo di attrito	30,00 [°]
Angolo di attrito terreno struttura	20,00 [°]
Coesione	0,00 [kg/cm ²]
Costante di Winkler	0,00 [kg/cm ² /cm]

Strato di base

Descrizione	Terreno di base
Peso di volume	1800,00 [kg/mc]
Peso di volume saturo	2000,00 [kg/mc]
Angolo di attrito	30,00 [°]
Angolo di attrito terreno struttura	20,00 [°]
Coesione	0,00 [kg/cm ²]
Costante di Winkler	5,00 [kg/cm ² /cm]
Tensione ammissibile	2,50 [kg/cm ²]

Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa	0,50 [m]
--	----------

7.6 Caratteristiche materiali utilizzati

Materiale calcestruzzo

R _{bk} calcestruzzo	300,00 [kg/cm ²]
Peso specifico calcestruzzo	2500,00 [kg/mc]
Modulo elastico E	284604,99 [kg/cm ²]
Tensione ammissibile acciaio	2600,00 [kg/cm ²]
Tensione ammissibile cls (σ_{amm})	97,50 [kg/cm ²]
Tensione tang.ammissibile cls (τ_{c0})	6,00 [kg/cm ²]
Tensione tang.ammissibile cls (τ_{cl})	18,29 [kg/cm ²]
Coeff. omogeneizzazione cls teso/compresso (n')	0,50
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00

Coefficiente dilatazione termica 0,0000120

7.7 Condizioni di carico

Simbologia adottata ed unità di misura

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Ascisse X (espresse in m) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in m) positive verso l'alto

Carichi concentrati espressi in kg

Coppie concentrate espressi in kgm

Carichi distribuiti espressi in kg/m

Carichi verticali positivi se diretti verso il basso

Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra

Coppie concentrate positive se antiorarie

X ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati

Y ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati

F_y componente Y del carico concentrato

F_x componente X del carico concentrato

M momento

X_i, X_f , ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali

Y_i, Y_f , ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali

V_{ni} componente normale del carico distribuito nel punto iniziale

V_{nf} componente normale del carico distribuito nel punto finale

V_{ti} componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale

V_{tf} componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale

D_{te} variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi

D_{ti} variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n°6 (Spinta falda)

Condizione di carico n°7 (Condizione 1)

Distr Terreno $X_i = 0,50$ $X_f = 2,70$ $V_{ni} = 500$ $V_{nf} = 500$

7.8 Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
ORDINANZA 20/03/2003 - EUROCODICI
Approccio progettuale 1(DA1)

Coefficienti parziali - caso B

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	c'	c_u	q_u
1,35	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali - caso C

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	c'	c_u	q_u
1,00	1,30	1,25	1,60	1,40	1,40

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

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

Copriferro sezioni 3,00 [cm]

7.9 Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1

Condizione 1 (Peso Proprio)	x 1.00
Condizione 2 (Spinta terreno sinistra)	x 1.00
Condizione 3 (Spinta terreno destra)	x 1.00
Condizione 4 (Sisma da sinistra / sisma V+)	x 1.00
Condizione 7 (Condizione 1)	x 1.00

Combinazione n° 2

Condizione 1 (Peso Proprio)	x 1.00
Condizione 2 (Spinta terreno sinistra)	x 1.00
Condizione 3 (Spinta terreno destra)	x 1.00
Condizione 6 (Spinta falda)	x 1.00
Condizione 7 (Condizione 1)	x 1.00

7.10 Analisi della spinta e verifiche

Simbologia adottata ed unità di misura

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti verso il basso

X ascisse (esprese in m) positive verso destra

Y ordinate (esprese in m) positive verso l'alto

M momento espresso in kgm

V taglio espresso in kg

SN sforzo normale espresso in kg

ux spostamento direzione X espresso in cm

uy spostamento direzione Y espresso in cm

σ_i pressione sul terreno espressa in kg/cmq

Verifiche

A_{fi} area di ferro inferiore espressa in cmq

A_{fs} area di ferro superiore espressa in cmq

N_u sforzo normale ultimo espresso in kg

M_u momento ultimo espresso in kgm

CS coefficiente sicurezza sezione

X_{cr} asse neutro a Stato Limite Ultimo espresso in cm

Tipo di analisi

Pressione in calotta

Spinta sui piedritti

Sisma

Zona sismica

Accelerazione al suolo $a_g/g =$

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

Coefficiente di importanza (γI)

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

Coefficiente riduzione spinta (r)

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

Pressione geostatica

Attiva [combinazione 1]

Attiva [combinazione 2]

Zona 4 ($a_g=5\%g$)

5.00%

1.25

1.00

1.00

1.00

0.50

$k_h=(a_g*\gamma I*St*S)/r = 6.25$

$k_v=0.50 * k_h = 3.12$

Spinta sismica

Mononobe-Okabe

Pressione in calotta(solo peso terreno)

4131,00

Angolo diffusione sovraccarico

0,00 [°]

Coefficienti di spinta

N°combinazione	Statico	Sismico
1	0,297	0,348
2	0,297	0,000

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione

32

Numero elementi traverso

19

Numero elementi piedritto sinistro	26
Numero elementi piedritto destro	26
Numero molle fondazione	33
Numero molle piedritto sinistro	27
Numero molle piedritto destro	27

Analisi della combinazione n° 1

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kg/mq]
-11,39	0,50	4131,00
0,50	2,70	4881,00
2,70	14,69	4131,00

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 1154,13 [kg/mq]	Pressione inf. 3055,06 [kg/mq]
Piedritto destro	Pressione sup. 1154,13 [kg/mq]	Pressione inf. 3055,06 [kg/mq]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 355,11 [kg/mq]	Pressione inf. 355,11 [kg/mq]
--------------------	-------------------------------	-------------------------------

Analisi della combinazione n° 2

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kg/mq]
-11,39	0,50	4131,00
0,50	2,70	4881,00
2,70	14,69	4131,00

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 1154,13 [kg/mq]	Pressione inf. 2904,19 [kg/mq]
Piedritto destro	Pressione sup. 1154,13 [kg/mq]	Pressione inf. 2904,19 [kg/mq]

Falda

Spinta	169[kg]
Sottospinta	500[kg]

7.11 Spostamenti

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

X[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	0,071	0,181
0,88	0,071	0,180
1,65	0,071	0,187
2,42	0,071	0,210
3,10	0,071	0,239

Spostamenti traverso (Combinazione n° 1)

X[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	0,128	0,183
0,88	0,128	0,209
1,65	0,128	0,231
2,35	0,128	0,239
3,10	0,128	0,242

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	0,071	0,181
1,40	0,091	0,182
2,60	0,128	0,183

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	0,071	0,239
1,40	0,109	0,241
2,60	0,128	0,242

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)

X[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	0,000	0,198
0,88	0,000	0,183
1,65	0,000	0,174
2,42	0,000	0,182
3,10	0,000	0,196

Spostamenti traverso (Combinazione n° 2)

X[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	-0,002	0,200
0,88	-0,002	0,212
1,65	-0,002	0,218
2,35	-0,002	0,212
3,10	-0,002	0,198

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	0,000	0,198
1,40	-0,010	0,199
2,60	-0,002	0,200

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y[m]	ux[cm]	uy[cm]
0,20	0,000	0,196
1,40	0,008	0,197
2,60	-0,002	0,198

7.12 Sollecitazioni

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
0,20	-4413,49	-11585,52	3404,48
0,88	1906,84	-6250,78	3461,92
1,65	4779,13	-294,15	3526,82
2,42	2908,08	6267,94	3591,73
3,10	-3236,69	12064,30	3649,17

Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 1)

X[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
0,20	-2241,98	8545,11	1822,47
0,88	2252,57	4483,43	1880,13
1,65	3846,25	-326,01	1944,82
2,35	2081,11	-4717,24	2003,88
3,10	-3161,15	-9122,13	2067,16

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
------	--------	-------	-------

0,20	-4413,49	4283,33	11886,36
1,40	-1495,99	741,62	10215,74
2,60	-2241,98	-1822,47	8545,11

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
0,20	-3236,69	-2781,37	12463,38
1,40	-1744,36	131,70	10792,76
2,60	-3161,15	2067,16	9122,13

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)

X[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
0,20	-3741,98	-11712,37	3343,17
0,88	2415,23	-5698,56	3343,17
1,65	4747,66	429,93	3343,17
2,42	2401,98	6575,52	3343,17
3,10	-3737,52	11656,34	3343,17

Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 2)

X[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
0,20	-2655,34	8802,44	1749,09
0,88	2024,89	4769,59	1749,09
1,65	3850,35	-7,51	1749,09
2,35	2318,50	-4369,21	1749,09
3,10	-2650,88	-8742,46	1749,09

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
0,20	-3741,98	3348,41	12042,44
1,40	-1680,98	287,62	10422,44
2,60	-2655,34	-1749,09	8802,44

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y[m]	M[kgm]	V[kg]	N[kg]
0,20	-3737,52	-3348,41	11982,46
1,40	-1676,52	-287,62	10362,46
2,60	-2650,88	1749,09	8742,46

7.13 Pressioni terreno

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 1)

X[m]	σ_t [kg/cm ²]
0,20	0,90
0,88	0,90
1,65	0,93
2,42	1,05
3,10	1,20

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 2)

X[m]	σ_t [kg/cm ²]
0,20	0,99
0,88	0,91
1,65	0,87
2,42	0,91
3,10	0,98

Verifiche

Verifica sezioni fondazione (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	4413	-11586	3404	18423	23883	15,71	15,71	5,41	5,79
2	0,88	-1907	-6251	3462	53807	-29637	15,71	15,71	15,54	7,14
3	1,65	-4779	-294	3527	17516	-23736	15,71	15,71	4,97	5,75
4	2,42	-2908	6268	3592	32281	-26137	15,71	15,71	8,99	6,33
5	3,10	3237	12064	3649	28836	25577	15,71	15,71	7,90	6,19

Verifica sezioni traverso (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	-2242	8545	1822	19565	-24069	15,71	15,71	10,74	5,83
2	0,88	2253	4483	1880	20172	24168	15,71	15,71	10,73	5,86
3	1,65	3846	-326	1945	11508	22759	15,71	15,71	5,92	5,52
4	2,35	2081	-4717	2004	23846	24765	15,71	15,71	11,90	6,00
5	3,10	-3161	-9122	2067	15284	-23373	15,71	15,71	7,39	5,67

Verifica sezioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	-4413	4283	11886	96920	-35987	15,71	15,71	8,15	9,18
2	1,40	-1496	742	10216	297186	-43520	15,71	15,71	29,09	26,44
3	2,60	-2242	-1822	8545	162046	-42516	15,71	15,71	18,96	15,13

Verifica sezioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	-3237	-2781	12463	164371	-42686	15,71	15,71	13,19	15,35
2	1,40	-1744	132	10793	277240	-44809	15,71	15,71	25,69	25,28
3	2,60	-3161	2067	9122	108300	-37530	15,71	15,71	11,87	10,11

Verifica sezioni fondazione (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	3742	-11712	3343	21833	24438	15,71	15,71	6,53	5,92
2	0,88	-2415	-5699	3343	37311	-26955	15,71	15,71	11,16	6,52
3	1,65	-4748	430	3343	16610	-23589	15,71	15,71	4,97	5,72
4	2,42	-2402	6576	3343	37577	-26998	15,71	15,71	11,24	6,53
5	3,10	3738	11656	3343	21864	24443	15,71	15,71	6,54	5,92

Verifica sezioni traverso (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	-2655	8802	1749	15409	-23393	15,71	15,71	8,81	5,67
2	0,88	2025	4770	1749	20991	24301	15,71	15,71	12,00	5,89
3	1,65	3850	-8	1749	10245	22554	15,71	15,71	5,86	5,47
4	2,35	2318	-4369	1749	17961	23808	15,71	15,71	10,27	5,77
5	3,10	-2651	-8742	1749	15438	-23398	15,71	15,71	8,83	5,67

Verifica sezioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	-3742	3348	12042	126896	-39431	15,71	15,71	10,54	11,85
2	1,40	-1681	288	10422	277669	-44784	15,71	15,71	26,64	25,30
3	2,60	-2655	-1749	8802	132648	-40014	15,71	15,71	15,07	12,39

Verifica sezioni piedritto destro (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

N°	X	M	V	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS	X _{cr}
1	0,20	-3738	-3348	11982	126183	-39358	15,71	15,71	10,53	11,78
2	1,40	-1677	-288	10362	277032	-44821	15,71	15,71	26,73	25,27
3	2,60	-2651	1749	8742	131622	-39910	15,71	15,71	15,06	12,29

7.14 Inviluppo

Inviluppo spostamenti fondazione

X[m]	ux _{min} [cm]	ux _{max} [cm]	uy _{min} [cm]	uy _{max} [cm]
0,20	0,0004	0,0714	0,1805	0,1980
0,88	0,0002	0,0712	0,1804	0,1828
1,65	0,0000	0,0710	0,1737	0,1867
2,42	-0,0002	0,0707	0,1815	0,2101
3,03	-0,0004	0,0705	0,1957	0,2394

Inviluppo spostamenti traverso

X[m]	ux _{min} [cm]	ux _{max} [cm]	uy _{min} [cm]	uy _{max} [cm]
0,20	-0,0017	0,1281	0,1827	0,2002
0,88	-0,0018	0,1280	0,2092	0,2119
1,65	-0,0020	0,1279	0,2182	0,2312
2,35	-0,0021	0,1278	0,2118	0,2393
3,10	-0,0022	0,1276	0,1979	0,2417

Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y[m]	ux _{min} [cm]	ux _{max} [cm]	uy _{min} [cm]	uy _{max} [cm]
0,20	0,0004	0,0714	0,1805	0,1980
1,40	-0,0098	0,0912	0,1817	0,1992
2,60	-0,0017	0,1281	0,1827	0,2002

Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y[m]	ux _{min} [cm]	ux _{max} [cm]	uy _{min} [cm]	uy _{max} [cm]
0,20	-0,0004	0,0705	0,1957	0,2394
1,40	0,0078	0,1085	0,1969	0,2407
2,60	-0,0022	0,1276	0,1979	0,2417

Inviluppo sollecitazioni fondazione

X[m]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]	V _{min} [kg]	V _{max} [kg]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]
0,20	-4413	-3742	-11712	-11586	3343	3404
0,88	1907	2415	-6251	-5699	3343	3462
1,65	4748	4779	-294	430	3343	3527
2,42	2402	2908	6268	6576	3343	3592
3,10	-3738	-3237	11656	12064	3343	3649

Inviluppo sollecitazioni traverso

X[m]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]	V _{min} [kg]	V _{max} [kg]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]
0,20	-2655	-2242	8545	8802	1749	1822
0,88	2025	2253	4483	4770	1749	1880
1,65	3846	3850	-326	-8	1749	1945
2,35	2081	2318	-4717	-4369	1749	2004
3,10	-3161	-2651	-9122	-8742	1749	2067

Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y[m]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]	V _{min} [kg]	V _{max} [kg]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]
0,20	-4413	-3742	3348	4283	11886	12042
1,40	-1681	-1496	288	742	10216	10422
2,60	-2655	-2242	-1822	-1749	8545	8802

Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y[m]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]	V _{min} [kg]	V _{max} [kg]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]
0,20	-3738	-3237	-3348	-2781	11982	12463
1,40	-1744	-1677	-288	132	10362	10793
2,60	-3161	-2651	1749	2067	8742	9122

Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X[m]	σ _t min[kg/cm ^q]	σ _t max[kg/cm ^q]
0,20	0,90	0,99
0,88	0,90	0,91
1,65	0,87	0,93
2,42	0,91	1,05

3,10

0,98

1,20

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,20	15,71	15,71	5,41
0,88	15,71	15,71	11,16
1,65	15,71	15,71	4,97
2,42	15,71	15,71	8,99
3,10	15,71	15,71	6,54

Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,20	15,71	15,71	8,81
0,88	15,71	15,71	10,73
1,65	15,71	15,71	5,86
2,35	15,71	15,71	10,27
3,10	15,71	15,71	7,39

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,20	15,71	15,71	8,15
1,40	15,71	15,71	26,64
2,60	15,71	15,71	15,07

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,20	15,71	15,71	10,53
1,40	15,71	15,71	25,69
2,60	15,71	15,71	11,87

7.15 Schema Strutturale

Area ed Inerzia elementi

Destinazione	Area [cmq]	Inerzia [cm ⁴]
Fondazione	4000,00	533333,33
Piedritto sinistro	4000,00	533333,33
Piedritto destro	4000,00	533333,33
Traverso	4000,00	533333,33

Simbologia adottata ed unità di misura

N	indice elemento
N_i	indice nodo iniziale elemento
N_j	indice nodo finale elemento
(X_i, Y_i)	coordinate nodo iniziale, espresse in cm
(X_j, Y_j)	coordinate nodo finale, espresse in cm
$Dest$	appartenenza elemento

N	N_i	N_j	X_i	Y_i	X_j	Y_j	$Dest$
1	1	2	20,00	20,00	26,67	20,00	Fond
2	2	3	26,67	20,00	33,33	20,00	Fond
3	3	4	33,33	20,00	40,00	20,00	Fond
4	4	5	40,00	20,00	49,62	20,00	Fond
5	5	6	49,62	20,00	59,23	20,00	Fond
6	6	7	59,23	20,00	68,85	20,00	Fond
7	7	8	68,85	20,00	78,46	20,00	Fond
8	8	9	78,46	20,00	88,08	20,00	Fond
9	9	10	88,08	20,00	97,69	20,00	Fond
10	10	11	97,69	20,00	107,31	20,00	Fond
11	11	12	107,31	20,00	116,92	20,00	Fond
12	12	13	116,92	20,00	126,54	20,00	Fond
13	13	14	126,54	20,00	136,15	20,00	Fond
14	14	15	136,15	20,00	145,77	20,00	Fond
15	15	16	145,77	20,00	155,38	20,00	Fond
16	16	17	155,38	20,00	165,00	20,00	Fond
17	17	18	165,00	20,00	174,62	20,00	Fond
18	18	19	174,62	20,00	184,23	20,00	Fond
19	19	20	184,23	20,00	193,85	20,00	Fond
20	20	21	193,85	20,00	203,46	20,00	Fond
21	21	22	203,46	20,00	213,08	20,00	Fond
22	22	23	213,08	20,00	222,69	20,00	Fond
23	23	24	222,69	20,00	232,31	20,00	Fond
24	24	25	232,31	20,00	241,92	20,00	Fond
25	25	26	241,92	20,00	251,54	20,00	Fond
26	26	27	251,54	20,00	261,15	20,00	Fond

27	27	28	261,15	20,00	270,77	20,00	Fond
28	28	29	270,77	20,00	280,38	20,00	Fond
29	29	30	280,38	20,00	290,00	20,00	Fond
30	30	31	290,00	20,00	296,67	20,00	Fond
31	31	32	296,67	20,00	303,33	20,00	Fond
32	32	33	303,33	20,00	310,00	20,00	Fond
33	1	69	20,00	20,00	20,00	29,23	PiedL
34	69	70	20,00	29,23	20,00	38,46	PiedL
35	70	71	20,00	38,46	20,00	47,69	PiedL
36	71	72	20,00	47,69	20,00	56,92	PiedL
37	72	73	20,00	56,92	20,00	66,15	PiedL
38	73	74	20,00	66,15	20,00	75,38	PiedL
39	74	75	20,00	75,38	20,00	84,62	PiedL
40	75	76	20,00	84,62	20,00	93,85	PiedL
41	76	77	20,00	93,85	20,00	103,08	PiedL
42	77	78	20,00	103,08	20,00	112,31	PiedL
43	78	79	20,00	112,31	20,00	121,54	PiedL
44	79	80	20,00	121,54	20,00	130,77	PiedL
45	80	81	20,00	130,77	20,00	140,00	PiedL
46	81	82	20,00	140,00	20,00	149,23	PiedL
47	82	83	20,00	149,23	20,00	158,46	PiedL
48	83	84	20,00	158,46	20,00	167,69	PiedL
49	84	85	20,00	167,69	20,00	176,92	PiedL
50	85	86	20,00	176,92	20,00	186,15	PiedL
51	86	87	20,00	186,15	20,00	195,38	PiedL
52	87	88	20,00	195,38	20,00	204,62	PiedL
53	88	89	20,00	204,62	20,00	213,85	PiedL
54	89	90	20,00	213,85	20,00	223,08	PiedL
55	90	91	20,00	223,08	20,00	232,31	PiedL
56	91	92	20,00	232,31	20,00	241,54	PiedL
57	92	93	20,00	241,54	20,00	250,77	PiedL
58	93	169	20,00	250,77	20,00	260,00	PiedL
59	33	119	310,00	20,00	310,00	29,23	PiedR
60	119	120	310,00	29,23	310,00	38,46	PiedR
61	120	121	310,00	38,46	310,00	47,69	PiedR
62	121	122	310,00	47,69	310,00	56,92	PiedR
63	122	123	310,00	56,92	310,00	66,15	PiedR
64	123	124	310,00	66,15	310,00	75,38	PiedR
65	124	125	310,00	75,38	310,00	84,62	PiedR
66	125	126	310,00	84,62	310,00	93,85	PiedR
67	126	127	310,00	93,85	310,00	103,08	PiedR
68	127	128	310,00	103,08	310,00	112,31	PiedR
69	128	129	310,00	112,31	310,00	121,54	PiedR
70	129	130	310,00	121,54	310,00	130,77	PiedR
71	130	131	310,00	130,77	310,00	140,00	PiedR
72	131	132	310,00	140,00	310,00	149,23	PiedR

73	132	133	310,00	149,23	310,00	158,46	PiedR
74	133	134	310,00	158,46	310,00	167,69	PiedR
75	134	135	310,00	167,69	310,00	176,92	PiedR
76	135	136	310,00	176,92	310,00	186,15	PiedR
77	136	137	310,00	186,15	310,00	195,38	PiedR
78	137	138	310,00	195,38	310,00	204,62	PiedR
79	138	139	310,00	204,62	310,00	213,85	PiedR
80	139	140	310,00	213,85	310,00	223,08	PiedR
81	140	141	310,00	223,08	310,00	232,31	PiedR
82	141	142	310,00	232,31	310,00	241,54	PiedR
83	142	143	310,00	241,54	310,00	250,77	PiedR
84	143	188	310,00	250,77	310,00	260,00	PiedR
85	169	170	20,00	260,00	30,00	260,00	Trav
86	170	171	30,00	260,00	40,00	260,00	Trav
87	171	172	40,00	260,00	50,00	260,00	Trav
88	172	173	50,00	260,00	69,17	260,00	Trav
89	173	174	69,17	260,00	88,33	260,00	Trav
90	174	175	88,33	260,00	107,50	260,00	Trav
91	175	176	107,50	260,00	126,67	260,00	Trav
92	176	177	126,67	260,00	145,83	260,00	Trav
93	177	178	145,83	260,00	165,00	260,00	Trav
94	178	179	165,00	260,00	182,50	260,00	Trav
95	179	180	182,50	260,00	200,00	260,00	Trav
96	180	181	200,00	260,00	217,50	260,00	Trav
97	181	182	217,50	260,00	235,00	260,00	Trav
98	182	183	235,00	260,00	252,50	260,00	Trav
99	183	184	252,50	260,00	270,00	260,00	Trav
100	184	185	270,00	260,00	280,00	260,00	Trav
101	185	186	280,00	260,00	290,00	260,00	Trav
102	186	187	290,00	260,00	300,00	260,00	Trav
103	187	188	300,00	260,00	310,00	260,00	Trav
104	1	34	20,00	20,00	20,00	-80,00	MollaF
105	2	35	26,67	20,00	26,67	-80,00	MollaF
106	3	36	33,33	20,00	33,33	-80,00	MollaF
107	4	37	40,00	20,00	40,00	-80,00	MollaF
108	5	38	49,62	20,00	49,62	-80,00	MollaF
109	6	39	59,23	20,00	59,23	-80,00	MollaF
110	7	40	68,85	20,00	68,85	-80,00	MollaF
111	8	41	78,46	20,00	78,46	-80,00	MollaF
112	9	42	88,08	20,00	88,08	-80,00	MollaF
113	10	43	97,69	20,00	97,69	-80,00	MollaF
114	11	44	107,31	20,00	107,31	-80,00	MollaF
115	12	45	116,92	20,00	116,92	-80,00	MollaF
116	13	46	126,54	20,00	126,54	-80,00	MollaF
117	14	47	136,15	20,00	136,15	-80,00	MollaF
118	15	48	145,77	20,00	145,77	-80,00	MollaF

119	16	49	155,38	20,00	155,38	-80,00	MollaF
120	17	50	165,00	20,00	165,00	-80,00	MollaF
121	18	51	174,62	20,00	174,62	-80,00	MollaF
122	19	52	184,23	20,00	184,23	-80,00	MollaF
123	20	53	193,85	20,00	193,85	-80,00	MollaF
124	21	54	203,46	20,00	203,46	-80,00	MollaF
125	22	55	213,08	20,00	213,08	-80,00	MollaF
126	23	56	222,69	20,00	222,69	-80,00	MollaF
127	24	57	232,31	20,00	232,31	-80,00	MollaF
128	25	58	241,92	20,00	241,92	-80,00	MollaF
129	26	59	251,54	20,00	251,54	-80,00	MollaF
130	27	60	261,15	20,00	261,15	-80,00	MollaF
131	28	61	270,77	20,00	270,77	-80,00	MollaF
132	29	62	280,38	20,00	280,38	-80,00	MollaF
133	30	63	290,00	20,00	290,00	-80,00	MollaF
134	31	64	296,67	20,00	296,67	-80,00	MollaF
135	32	65	303,33	20,00	303,33	-80,00	MollaF
136	33	66	310,00	20,00	310,00	-80,00	MollaF
137	1	67	20,00	20,00	-80,00	20,00	MollaPL
138	69	94	20,00	29,23	-80,00	29,23	MollaPL
139	70	95	20,00	38,46	-80,00	38,46	MollaPL
140	71	96	20,00	47,69	-80,00	47,69	MollaPL
141	72	97	20,00	56,92	-80,00	56,92	MollaPL
142	73	98	20,00	66,15	-80,00	66,15	MollaPL
143	74	99	20,00	75,38	-80,00	75,38	MollaPL
144	75	100	20,00	84,62	-80,00	84,62	MollaPL
145	76	101	20,00	93,85	-80,00	93,85	MollaPL
146	77	102	20,00	103,08	-80,00	103,08	MollaPL
147	78	103	20,00	112,31	-80,00	112,31	MollaPL
148	79	104	20,00	121,54	-80,00	121,54	MollaPL
149	80	105	20,00	130,77	-80,00	130,77	MollaPL
150	81	106	20,00	140,00	-80,00	140,00	MollaPL
151	82	107	20,00	149,23	-80,00	149,23	MollaPL
152	83	108	20,00	158,46	-80,00	158,46	MollaPL
153	84	109	20,00	167,69	-80,00	167,69	MollaPL
154	85	110	20,00	176,92	-80,00	176,92	MollaPL
155	86	111	20,00	186,15	-80,00	186,15	MollaPL
156	87	112	20,00	195,38	-80,00	195,38	MollaPL
157	88	113	20,00	204,62	-80,00	204,62	MollaPL
158	89	114	20,00	213,85	-80,00	213,85	MollaPL
159	90	115	20,00	223,08	-80,00	223,08	MollaPL
160	91	116	20,00	232,31	-80,00	232,31	MollaPL
161	92	117	20,00	241,54	-80,00	241,54	MollaPL
162	93	118	20,00	250,77	-80,00	250,77	MollaPL
163	169	189	20,00	260,00	-80,00	260,00	MollaPL
164	33	68	310,00	20,00	410,00	20,00	MollaPR

165	119	144	310,00	29,23	410,00	29,23	MollaPR
166	120	145	310,00	38,46	410,00	38,46	MollaPR
167	121	146	310,00	47,69	410,00	47,69	MollaPR
168	122	147	310,00	56,92	410,00	56,92	MollaPR
169	123	148	310,00	66,15	410,00	66,15	MollaPR
170	124	149	310,00	75,38	410,00	75,38	MollaPR
171	125	150	310,00	84,62	410,00	84,62	MollaPR
172	126	151	310,00	93,85	410,00	93,85	MollaPR
173	127	152	310,00	103,08	410,00	103,08	MollaPR
174	128	153	310,00	112,31	410,00	112,31	MollaPR
175	129	154	310,00	121,54	410,00	121,54	MollaPR
176	130	155	310,00	130,77	410,00	130,77	MollaPR
177	131	156	310,00	140,00	410,00	140,00	MollaPR
178	132	157	310,00	149,23	410,00	149,23	MollaPR
179	133	158	310,00	158,46	410,00	158,46	MollaPR
180	134	159	310,00	167,69	410,00	167,69	MollaPR
181	135	160	310,00	176,92	410,00	176,92	MollaPR
182	136	161	310,00	186,15	410,00	186,15	MollaPR
183	137	162	310,00	195,38	410,00	195,38	MollaPR
184	138	163	310,00	204,62	410,00	204,62	MollaPR
185	139	164	310,00	213,85	410,00	213,85	MollaPR
186	140	165	310,00	223,08	410,00	223,08	MollaPR
187	141	166	310,00	232,31	410,00	232,31	MollaPR
188	142	167	310,00	241,54	410,00	241,54	MollaPR
189	143	168	310,00	250,77	410,00	250,77	MollaPR
190	188	190	310,00	260,00	410,00	260,00	MollaPR

7.16 Armatura in acciaio

Diametro[mm]	Lunghezza[m]	Peso[kg]
20,00	171,60	423,19
14,00	0,00	0,00
8,00	27,00	10,65

FONDAZIONE E SOLETTA: 1 D20 OGNI 20cm SUPERIORI ED INFERIORI

RIPARTITORI 1 D14 OGNI 20cm SUPERIORI ED INFERIORI

ELEVAZIONE: 1 D20 OGNI 20cm ANTERIORI E POSTERIORI

RIPARTITORI 1 D14 OGNI 20cm ANTERIORI E POSTERIORI