



**E78 GROSSETO - FANO**  
**Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)**  
**Adeguamento a quattro corsie del tratto**  
**San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**FI 508**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><b>PROGETTAZIONE ATI:</b> (Mandataria) <b>GP INGENGNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</i></p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p>	<p>(Mandante)  <b>cooprogetti</b></p> <p>(Mandante)  <b>engeko</b></p> <p>(Mandante)  <b>AIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>	<p><i>Ing. Matteo Bordugo</i> Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone al n. 790A</p>	<p>(Mandante) <b>PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :</b></p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b></p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>	<p><i>Ing. Giusepp. Resto</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p><b>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</b> <b>ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</b></p>

**OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO**  
**Asse principale**  
**Muro in dx Rampa R progr. 0+002 a progr. 0+135**  
**Relazione tecnica**

<p><b>CODICE PROGETTO</b></p> <p>PROGETTO      LIV.PROG    ANNO</p>	<p><b>NOME FILE</b></p> <p>P010S38STRRE01_B</p>	<p><b>REVISIONE</b></p>	<p><b>SCALA</b></p>
<p><b>DPFI508</b>    <b>D</b>    <b>23</b></p>	<p><b>CODICE ELAB.</b>    <b>P010S38STRRE01</b></p>	<p><b>B</b></p>	
<p><b>D</b></p>			
<p><b>C</b></p>			
<p><b>B</b></p>	<p>Revisione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024</p>	<p>Gennaio '24</p>	<p>Guidobaldi    Resta    Guiducci</p>
<p><b>A</b></p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto '23</p>	<p>Guidobaldi    Resta    Guiducci</p>
<p><b>REV.</b></p>	<p><b>DESCRIZIONE</b></p>	<p><b>DATA</b></p>	<p><b>REDATTO    VERIFICATO    APPROVATO</b></p>

<b>1</b>	<b><u>INTRODUZIONE.....</u></b>	<b><u>3</u></b>
1.1	GENERALITÀ .....	3
1.1.1	<i>Contestualizzazione dell'opera</i> .....	3
1.1.2	<i>Caratterizzazione geografica/sismica</i> .....	3
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
1.3	MATERIALI IMPIEGATI.....	7
1.3.1	<i>Conglomerati cementizi</i> .....	7
1.3.2	<i>Acciaio per cemento armato</i> .....	7
1.3.3	<i>Copriferri</i> .....	8
1.3.4	<i>Tabella materiali riepilogativa</i> .....	8
1.4	SOFTWARE DI CALCOLO .....	9
<b>2</b>	<b><u>ANALISI DEI CARICHI .....</u></b>	<b><u>9</u></b>
2.1	PESO PROPRIO STRUTTURALE (G1).....	9
2.2	PERMANENTI PORTATI (G2) .....	9
2.3	SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE (ST).....	9
2.4	SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE (SE) .....	11
2.5	AZIONI VARIABILI – CARICO MOBILE STRADALE (Q1).....	12
2.6	AZIONE SISMICA.....	12
2.7	VERIFICHE URTO VEICOLO IN SVIO.....	13
<b>3</b>	<b><u>APPROCCIO DI CALCOLO .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
3.1	RIEPILOGO DELLE ARMATURE PREDISPOSTE.....	14
3.2	VERIFICHE ALLO SLU E SLV.....	15
3.3	VERIFICHE TENSIONALI AGLI S.L.E.....	15
3.3.1	<i>Limitazioni delle tensioni</i> .....	15
3.3.2	<i>Verifiche di fessurazione</i> .....	15
3.4	CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI.....	16
3.4.1	<i>Capacità Portante Verticale</i> .....	17
3.4.2	<i>Capacità Portante Orizzontale</i> .....	22
<b>4</b>	<b><u>VERIFICHE MURO OS-38.....</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b>4.1</b>	<b><u>TIPO 4 – H = 7.25M .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b>4.2</b>	<b><u>TIPO 3 – H = 5.75M .....</u></b>	<b><u>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</u></b>
<b>4.3</b>	<b><u>TIPO 7 – H = 11.00M - L PALO 14 .....</u></b>	<b><u>49</u></b>
<b>4.3.1</b>	<b><u>CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE .....</u></b>	<b><u>65</u></b>

<b>4.3.2</b>	<b>VERIFICA A CARICHI ORIZZONTALI DEI PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>67</b>
<b>4.3.3</b>	<b>VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI.....</b>	<b>69</b>

PROGETTAZIONE ATI:

## **1 INTRODUZIONE**

Oggetto della presente relazione sono le verifiche statiche e geotecniche del muro di sostegno in cemento armato gettato in opera OS38.

### **1.1 GENERALITÀ**

Il presente lavoro si colloca all'interno del progetto della "Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45) Adeguamento a quattro corsie del tratto San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto (FI508)".

#### **1.1.1 CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA**

Le opere sono situate nel Comune di Arezzo. La struttura è realizzata in cemento armato gettata in opera. Le fondazioni sono dirette e scaricano direttamente sul terreno. I muri sono opere a se stanti e non collegate ad altre strutture. Si riportano le sezioni di verifica significative e rappresentative di tutti i muri tipologici presenti e facenti parte l'intero sviluppo dell'opera, ogni tipologico di muro presenta le stesse caratteristiche e geometrie.

Sulla ciabatta fronte muro sono previsti almeno 20cm di ricoprimento.

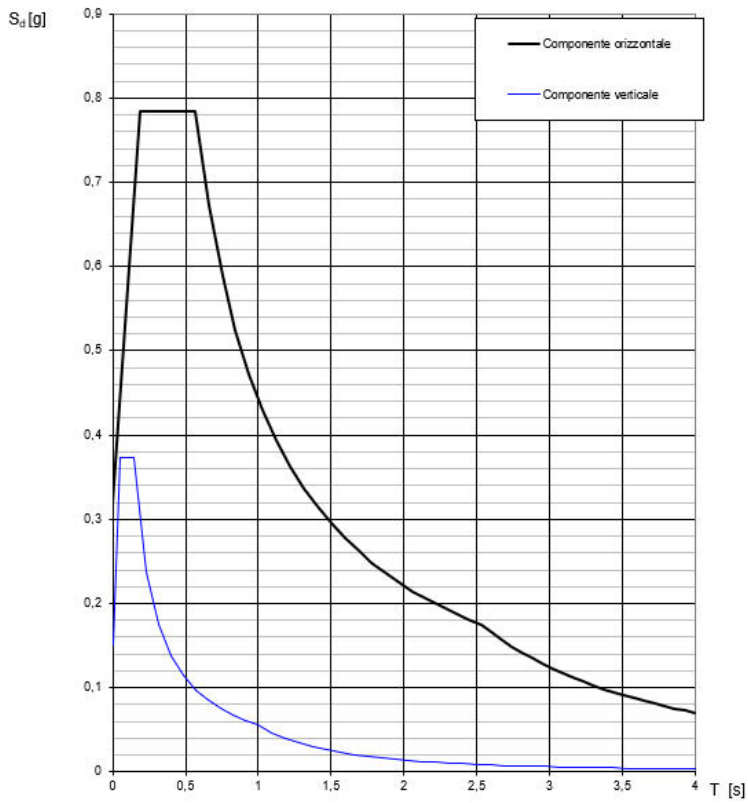
#### **1.1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOGRAFICA/SISMICA**

##### **1.1.2.1 Parametri sismici**

Con riferimento alla mappatura nazionale relativa al rischio sismico (NTC-18) e in base alla posizione dell'opera e alla tipologia del terreno si ottiene quanto segue – si prende come riferimento la caratterizzazione sismica più proibitiva individuata sull'intero sviluppo del tracciato:

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| • Comune                  | Arezzo   |
| • Categoria di sottosuolo | E        |
| • Categoria topografica   | T1       |
| • Vita nominale           | 100 anni |
| • Classe d'uso            | IV       |
| • Cu                      | 2        |

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV**



**Figura 1-1 Spettro di risposta per lo stato limite SLV**

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_0$	0,233 g
$F_0$	2,465
$T_C$	0,305 s
$S_S$	1,370
$C_C$	1,849
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,370
$\eta$	1,000
$T_B$	0,188 s
$T_C$	0,564 s
$T_D$	2,530 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0,000	0,318
0,188	0,785
0,564	0,785
0,658	0,673
0,751	0,589
0,845	0,524
0,938	0,472
1,032	0,429
1,126	0,393
1,219	0,363
1,313	0,337
1,407	0,315
1,500	0,295
1,594	0,278
1,687	0,262
1,781	0,249
1,875	0,236
1,968	0,225
2,062	0,215
2,156	0,205
2,249	0,197
2,343	0,189
2,436	0,182
2,530	0,175
2,600	0,166
2,670	0,157
2,740	0,149
2,810	0,142
2,880	0,135
2,950	0,129
3,020	0,123
3,090	0,117
3,160	0,112
3,230	0,107
3,300	0,103
3,370	0,099
3,440	0,095
3,510	0,091
3,580	0,087
3,650	0,084
3,720	0,081
3,790	0,078
3,860	0,075
3,930	0,073
4,000	0,070

**Tabella 1-1 Parametri dipendenti e indipendenti**

Le forze inerziali sono direttamente proporzionali all'accelerazione massima di progetto  $a_{max}$  valutata tramite la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = 1,37 \cdot 0,233g = 0,318g$$

dove  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido e  $S$  è il coefficiente topografico e stratigrafico.

PROGETTAZIONE ATI:

### 1.1.2.2 Parametri del terreno

Per il rilevato di nuova realizzazione si assume:

- $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi' = 28^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

Per il terreno in fondazione su muro – **TIPO 4 - TIPO 3 - TIPO 7** - si assumono i parametri geotecnici dell'unità geotecnica più proibitiva, ricavati dalla relazione geotecnica e qui brevemente riportati:

- $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi' = 28^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica ed al paragrafo relativo alle verifiche.

## 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite, in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente Normativa italiana (NTC-18) e da quella europea (Eurocodici, EN). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi *National Application Documents (NAD's)*, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente Normativa nazionale.

In dettaglio, si fa riferimento ai seguenti documenti normativi:

- D.M. 2018: Norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-18")
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 2018
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1997-1: Progettazione geotecnica – Regole generali
- UNI EN 1998-1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1998-5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- *fib* Model Code for Concrete Structures 2010.



### 1.3 MATERIALI IMPIEGATI

Tutti i materiali previsti per la realizzazione dell'opera devono essere conformi a quanto espressamente indicato dalle NTC-08. Nei paragrafi che seguono si elencano le principali caratteristiche fisico-meccaniche richieste ai suddetti materiali.

#### 1.3.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI

I conglomerati cementizi da porre in opera avranno le seguenti classi di resistenza:

- Opere non armate (Magrone di fondazione) C12/15 (Rck ≥ 15 MPa)
- Solettone inferiore C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- Elevazioni C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- Solettone superiore C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- Cordoli C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)

Per le verifiche:

- coefficiente di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$
- classe del calcestruzzo: C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- resistenza a compressione cubica caratteristica:  $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- resistenza a compressione cilindrica caratteristica:  $f_{ck} = 32.00 \text{ N/mm}^2$
- resistenza a compressione cilindrica di progetto:  $f_{cd} = 18.13 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico:  $E_{cm} = 33346 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di dilatazione termica  $1 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Nella tabella seguente sono riportate, per ogni singola classe di esposizione ambientale (UNI EN 206-1 2001), le prescrizioni per il calcestruzzo che ne garantiscono la durabilità.

ELEMENTO STRUTTURALE	CLASSI DI ESPOSIZIONE (UNI – EN 206-1)	DESCRIZIONE CONDIZIONI AMBIENTALI	SITUAZIONI POSSIBILI PER L'APPLICAZIONE DELLA CLASSE
Calcestruzzo per opere non armate (magri)	X0	-	-
Calcestruzzo per elevazioni	XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
Calcestruzzo per fondazioni	XC2	Bagnato raramente asciutto	Strutture idrauliche, fondazioni e strutture interrate

**Tabella 1-2 condizioni ambientali e classi di esposizione.**

#### 1.3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Tutte le armature metalliche delle opere in cemento armato saranno realizzate in acciaio ordinario B450C, le cui caratteristiche chimico-meccaniche, nonché tutte le prove di accettazione, devono essere conformi alle pertinenti prescrizioni riportate nelle NTC-18. Di seguito si elencano le principali caratteristiche meccaniche del materiale.

Per le verifiche agli S.L.U.:

- coefficiente di sicurezza  $\gamma_s = 1.15$
- tipo di acciaio: B450C
- tensione di snervamento caratteristica:  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- tensione di rottura caratteristica:  $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- tensione di snervamento di progetto:  $f_{yd} = 391.30 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico:  $E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$



NOTA. Le armature da porre in opera non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione e di qualsiasi altra sostanza che possa ridurne l'aderenza al conglomerato; dovranno inoltre presentare sezione integra e priva di qualsiasi difetto.

### 1.3.3 COPRIFERRI

Di seguito si indicano i copriferri netti assunti per gli elementi strutturali del muro:

- Per fondazioni:
  - superfici casserate 40 mm
  - superfici a contatto con magro di fondazione 40 mm
  - superfici gettate controterra 40 mm
- Per elevazioni: 40 mm
- Per solette: 40 mm

### 1.3.4 TABELLA MATERIALI RIEPILOGATIVA

Nel seguito la tabella materiali riepilogativa riguardante le opere in oggetto:

TABELLA MATERIALI
<p><b>GETTO DI PULIZIA E LIVELLAMENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONFORME ALLA UNI 11104</li> <li>- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA A COMPRESIONE: C12/15</li> <li>- DIMENSIONE MASSIMA DEGLI AGGREGATI: Dmax 40 mm</li> </ul>
<p><b>CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A PRESTAZIONE GARANTITA CONFORME ALLA UNI 11104</li> <li>- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA A COMPRESIONE: C32/40</li> <li>- CLASSE DI CONSISTENZA SLUMP: S4</li> <li>- CLASSE DI ESPOSIZIONE: XC2</li> <li>- DIMENSIONE MASSIMA DEGLI AGGREGATI: Dmax 32 mm</li> <li>- RAPPORTO A/C MAX: 0,60</li> <li>- CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 300 Kg/mc</li> <li>- COPRIFERRO: 40 mm</li> </ul>
<p><b>CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A PRESTAZIONE GARANTITA CONFORME ALLA UNI 11104</li> <li>- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA A COMPRESIONE: C32/40</li> <li>- CLASSE DI CONSISTENZA SLUMP: S4</li> <li>- CLASSE DI ESPOSIZIONE: XC2/XF1</li> <li>- DIMENSIONE MASSIMA DEGLI AGGREGATI: Dmax 20 mm</li> <li>- RAPPORTO A/C MAX: 0,60</li> <li>- CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 300 Kg/mc</li> <li>- COPRIFERRO: 40 mm</li> <li>- AGGREGATI CONFORNI ALLA UNI EN 12620 DI ADEGUATA RESISTENZA AL GELO/DISGELO</li> </ul>
<p><b>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO IN BARRE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- TIPO B450C CONTROLLATO IN STABILIMENTO SALDABILE (PROPRIETA' MECCANICHE SECONDO UNI EN ISO 15630-2/2004)</li> <li>- TENSIONE CARATTERISTICA DI SNERVAMENTO: fyk &gt; 450 MPa</li> <li>- TENSIONE CARATTERISTICA DI ROTTURA: ftk &gt; 540 MPa</li> <li>- OGNI FORNITURA DEVE ESSERE ACCOMPAGNATA DA COPIA CONFORME DEL RELATIVO CERTIFICATO, CON DATA NON ANTERIORE A TRE MESI, EMESSO DAL LABORATORIO UFFICIALE INCARICATO DEL CONTROLLO IN STABILIMENTO.</li> </ul>
<p><b>SPECIFICHE GENERALI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Controllo di accettazione per il calcestruzzo (D.M. 17/01/2018)</li> <li>- Tutte le caratteristiche sopra indicate per il calcestruzzo devono essere riportate nella bolla di consegna.</li> <li>- E' vietata qualunque aggiunta d'acqua al calcestruzzo in cantiere</li> <li>- Prima di ogni getto avvisare la Direzione Lavori Strutturale</li> <li>- Il getto con temperature dell'aria inferiori a 5°C deve essere autorizzato dalla Direzione Lavori Strutturale</li> <li>- In fase di stagionatura dei getti impedire il dilavamento superficiale dei getti per pioggia o ruscellamento d'acqua</li> <li>- In fase di stagionatura dei getti con temperature dell'aria superiori a 25°C o in presenza di forte irraggiamento solare o di vento, procedere a bagnatura delle superfici già indurite</li> </ul>

**Tabella 1-3 Tabella materiali.**

## 1.4 SOFTWARE DI CALCOLO

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici Microsoft® Office Excel.

## 2 ANALISI DEI CARICHI

Per i dettagli si rimanda ai paragrafi verifiche per l'analisi dei carichi specifiche.

### 2.1 PESO PROPRIO STRUTTURALE (G1)

Il peso proprio strutturale si ottiene moltiplicando il volume delle strutture per il rispettivo peso per unità di volume che si assume rispettivamente per il calcestruzzo armato e l'acciaio pari a

$$\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$$

### 2.2 PERMANENTI PORTATI (G2)

I carichi permanenti portati sono rappresentati dal ricoprimento del rilevato. Si assume il peso specifico del terreno di ricoprimento pari:

$$\gamma_{ril} = 21.0 \text{ kN/m}^3$$

### 2.3 SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE (ST)

Per il calcolo delle spinte del terreno si considera il rilevato costituito da materiale non coesivo in condizioni drenate. In generale considerando l'eventuale presenza di carico mobile, la tensione orizzontale attiva e passiva alla generica quota z sono calcolate secondo le seguenti espressioni:

$$\sigma_a = \gamma k_a z + q k_a - 2c'\sqrt{k_a}$$

$$\sigma_p = \gamma k_p z + q k_p + 2c'\sqrt{k_p}$$

La valutazione dei coefficienti di spinta  $k_a$  e  $k_p$  è coerente con l'approccio proposto da Muller-Breslau:

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

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

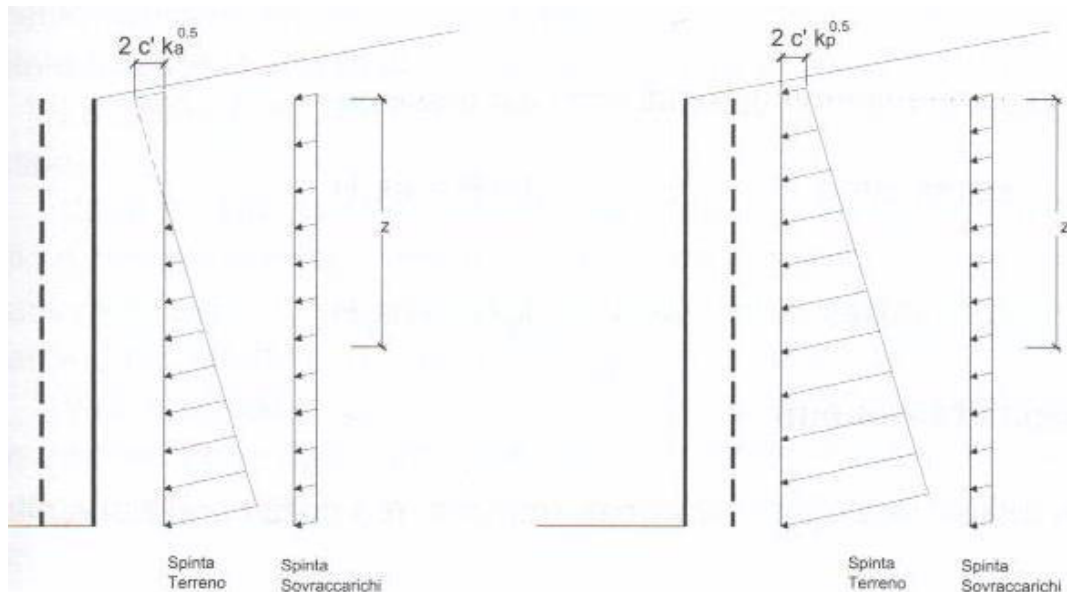


Figura 2-1 Spinta orizzontale in condizioni statiche.

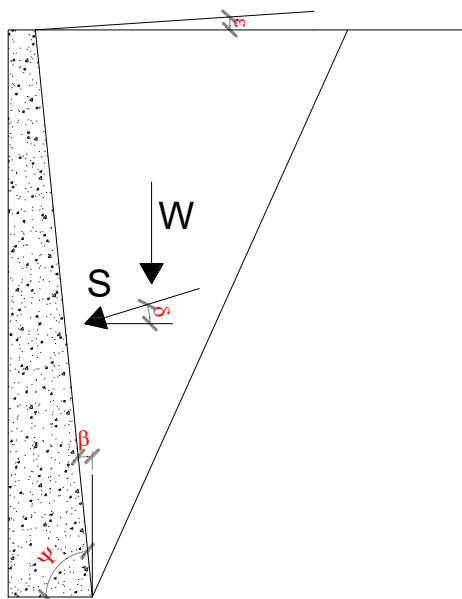


Figura 2-2 Parametri geometrici per il calcolo dei coefficienti di spinta attiva e passiva.

Il coefficiente di spinta passiva, quando necessario, può essere valutato con l'approccio di Caquot-Kerisel (1948) considerando superfici di scorrimento curvilinee.

La spinta del sovraccarico variabile che interessa eventualmente il muro di imbocco è assunta costante con la profondità e pari al carico distribuito moltiplicato per coefficiente di spinta a riposo  $K_0 = 1 - \text{sen}(\varphi)$ .

La distribuzione delle pressioni laterali è quindi triangolare per i carichi dovuti al terreno con risultante applicata ad 1/3 dell'altezza e costante per il caso di sovraccarico variabile con risultante applicata a 1/2 dell'altezza.

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.4 SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE (SE)

Le spinte laterali in condizioni sismiche sono utilizzate per il calcolo dei muri di imbocco e sbocco eventualmente previsti per la realizzazione dell'opera. La spinta laterale in condizioni sismiche è valutata attraverso un approccio pseudo-statico. Si ipotizza che il muro sia libero di spostarsi in condizioni sismiche per cui è possibile utilizzare la formulazione di Mononobe-Okabe. Questo metodo rappresenta un'estensione della teoria di Coulomb ipotizzando una traslazione rigida del cuneo di spinta soggetto ad accelerazioni orizzontali e verticali. Queste accelerazioni entrano nella formulazione attraverso i coefficienti sismici  $k_v$  and  $k_h$ , come previsto in UNI EN 1998-5. Con riferimento allo schema riportato in figura, i coefficienti di spinta attiva e passiva sono così definiti:

$$\theta = \arctan \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

$$k_a = \begin{cases} \frac{\sin^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon - \theta)}{\sin(\psi - \delta - \theta) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right]^2} & \text{per } \varepsilon \leq \varphi - \theta \\ \frac{\sin^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \delta - \theta)} & \text{per } \varepsilon \geq \varphi - \theta \end{cases}$$

$$k_p = \frac{\sin^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin\varphi \cdot \sin(\varphi + \varepsilon - \theta)}{\sin(\psi + \theta) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

La spinta totale attiva e passiva in condizioni sismiche è la seguente:

$$S_a = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_a H^2$$

$$S_p = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_p H^2$$

L'angolo del cuneo di spinta si ricava come la seguente formula:

$$\alpha = \varphi - \theta + \arctan \left[ \sqrt{\frac{\tan(\varphi - \theta - \varepsilon) \cdot [\tan(\varphi - \theta - \varepsilon) + \cotan(\varphi - \theta - \beta)] \cdot [1 + \cotan(\varphi - \theta - \beta) \cdot \tan(\theta + \beta + \delta)] - \tan(\varphi - \theta - \varepsilon)}{1 + \tan(\theta + \beta + \delta) \cdot [\tan(\varphi - \theta - \varepsilon) + \cotan(\varphi - \theta - \beta)]}} \right]}$$

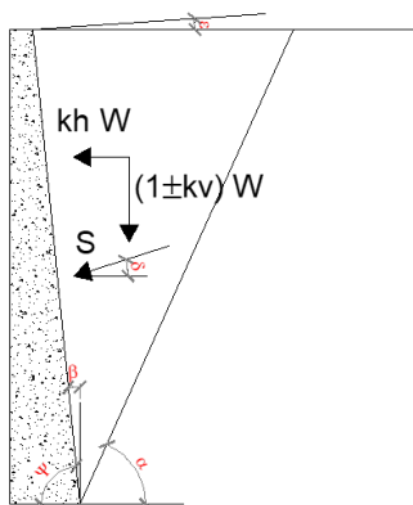


Figura 2-3 Azioni sismiche pseudo-statiche.

Come già sottolineato, non si considera la presenza di acqua e quindi non si considerano le spinte idrodinamiche ad essa associate.

## **2.5 AZIONI VARIABILI – CARICO MOBILE STRADALE (Q1)**

I carichi mobili da traffico che interessano eventualmente il muro di imbocco/sbocco sono tenuti in conto attraverso una distribuzione costante di tensioni del terreno secondo quanto già esposto nel §2.3.

## **2.6 AZIONE SISMICA**

Si rimanda al capitolo 1.1.2.

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.7 VERIFICHE URTO VEICOLO IN SVIO

Secondo quanto indicato nel Cap. 3.6 delle NTC 2018, in caso di urto deve essere considerata la combinazione di carico eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

**Combinazione di carico eccezionale**

In accordo con le NTC 2018, considerando che le barriere installate saranno H3BP e viste le dimensioni del montante con sezione a C 120x80x6 con interasse 2.25 m in acciaio di classe S235, il massimo momento di plasticizzazione trasferibile sul cordolo sarà:  $M_{pl} = W_{pl} \cdot f_{yd} / 2.25 = 7.90 \text{ kNm/m}$ .

Assumendo invece l'ipotesi, prevista dalla NTC 2018 par 3.6, di assoggettare la barriera ad una forza orizzontale pari a 100 kN applicata a 1 m di altezza, si otterrebbe:

$M_{pl} = 17.9 \text{ kNm}$  momento di plasticizzazione del singolo montante metallico;  
 $Q = 100 \text{ kN}$  (forza da NCT 2018 par 3.6.3.3.2);  
 $H = 1,00 \text{ m}$

Numero di montanti plasticizzati =  $Q / M_{pl} = 6$  montanti

Lunghezza minima del tratto cordolo interessato dall'urto =  $2.25 \cdot 6 = 13.50 \text{ m}$

La massima azione orizzontale trasferibile sul cordolo sarebbe pari a  $= 100 / 13.5 = 7.40 \text{ kN/m}$

**Le due ipotesi sopra riportate portano a due risultati del tutto comparabili.**

Nelle verifiche, a favore di sicurezza, verranno condotte con una azione in testa pari a **7.90 kN/m** posizionata a 1 m di altezza rispetto al piano stradale.

### 3 APPROCCIO DI CALCOLO

#### 3.1 RIEPILOGO DELLE ARMATURE PREDISPOSTE

Di seguito si riassumono le armature assunte per il dimensionamento dei principali elementi strutturali (numero, diametro e posizione delle barre previste per l'elemento di lunghezza unitaria).

#### INCIDENZE ARMATURA – TIPO 4

ELEMENTO	POSIZIONE	ARMATURA TRASVERSALE		ARMATURA LONGITUDINALE		INCIDENZA kg/mc
		Φ [mm]	passo [mm]	Φ [mm]	passo [mm]	
SOLETTA INFERIORE	SUP	20	100	16	200	114
	SUP. Ilstrato	0	0	-	-	
	INF	20	100	16	200	
MURO VERTICALE	INT. MURO	20	200	16	200	139
	EXT. MURO	20	200	16	200	

**NOTA: nelle incidenze sopra esposte è stato considerato un +30% dato dalle sovrapposizioni di armatura**

Tabella 3-1 armatura negli elementi – TIPO 4.

#### INCIDENZE ARMATURA – TIPO 3

ELEMENTO	POSIZIONE	ARMATURA TRASVERSALE		ARMATURA LONGITUDINALE		INCIDENZA kg/mc
		Φ [mm]	passo [mm]	Φ [mm]	passo [mm]	
SOLETTA INFERIORE	SUP	20	200	16	200	72
	SUP. Ilstrato	0	0	-	-	
	INF	20	200	16	200	
MURO VERTICALE	INT. MURO	20	200	16	200	112
	EXT. MURO	20	200	16	200	

**NOTA: nelle incidenze sopra esposte è stato considerato un +30% dato dalle sovrapposizioni di armatura**

Tabella 3-2 armatura negli elementi – TIPO 3.

#### INCIDENZE ARMATURA – TIPO 7

PROGETTAZIONE ATI:



ELEMENTO	POSIZIONE	ARMATURA TRASVERSALE		ARMATURA LONGITUDINALE		INCIDENZA
		ϕ [mm]	passo [mm]	ϕ [mm]	passo [mm]	
SOLETTA INFERIORE	SUP	24	100	16	200	222
	SUP/INF..Ilstrato	24	100	-	-	
	INF	24	100	16	200	
MURO VERTICALE	INT. MURO	24	100	16	200	234
	EXT. MURO	24	100	16	200	

**NOTA: nelle incidenze sopra esposte è stato considerato un +30% dato dalle sovrapposizioni di armatura**

Tabella 3-3 armatura negli elementi – TIPO 7.

### 3.2 VERIFICHE ALLO SLU E SLV

Le verifiche allo SLU e SLV delle sezioni più significative degli elementi strutturali che compongono i muri sono state svolte. Per i dettagli fare riferimento alle analisi svolte nel seguito.

### 3.3 VERIFICHE TENSIONALI AGLI S.L.E.

Le verifiche condotte consistono nel controllo del quadro tensionale che interessa il calcestruzzo e l'acciaio o nel controllo dell'apertura di fessura.

#### 3.3.1 LIMITAZIONI DELLE TENSIONI

Le verifiche sono condotte con riferimento ai set di sollecitazioni della combinazione SLE Rara e SLE Q.Permanente ottenuti massimizzando e minimizzando l'azione interna flessionale sulle singole sezioni. Tali verifiche tensionali mirano a verificare che gli sforzi massimi/minimi nel calcestruzzo ( $\sigma_c$ ) e nell'acciaio ( $\sigma_s$ ) rispettino le seguenti limitazioni:

$$\sigma_c \leq 0.60 f_{ck} = -19.2 \text{ Mpa} \quad \text{rara}$$

$$\sigma_c \leq 0.45 f_{ck} = -14.4 \text{ Mpa} \quad \text{q.permanente}$$

$$\sigma_s \leq 0.80 f_{yk} = 360 \text{ Mpa} \quad \text{rara}$$

Per ogni elemento si riporta la condizione peggiore

#### 3.3.2 VERIFICHE DI FESSURAZIONE

Con riferimento ai set di sollecitazioni della combinazione SLE frequente e SLE q.permanente desunti massimizzando/minimizzando le azioni flettenti interne per le sezioni di riferimento di ciascun elemento strutturale, si procede alla verifica di fessurazione considerando i seguenti parametri per la definizione dell'apertura limite di fessura compatibile con i seguenti parametri meccanici e ambientali:

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Pertanto, l'apertura limite di fessura risulta pari a:

Combinazione	$w_{lim}$ [mm]
Frequente	0.3
Quasi permanente	0.2

Per brevità, per ciascuna sezione presa in esame verranno riportati i dati della verifica più gravosa

### 3.4 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie di calcolo generali per le verifiche geotecniche delle palificate di fondazione.

$$E_d < R_d$$

Essendo

$$R_d = R_k / \gamma_R$$

Dove:

- $E_d$  = carico assiale di progetto;
- $R_d$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;
- $R_k$  = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare, le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento alla combinazione A1+M1+R3 dell'Approccio 2 definito dalla norma.

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$ , funzione del tipo di palo. Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  alle resistenze di calcolo  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

In condizioni sismiche le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi vanno condotte con riferimento all'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella successiva tabella e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari all'unità.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

**Figura 4 Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,m})_{\text{media}}}{\xi_1}; \frac{(R_{c,m})_{\text{min}}}{\xi_2} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,m})_{\text{media}}}{\xi_1}; \frac{(R_{t,m})_{\text{min}}}{\xi_2} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

**Figura 5 Fattori di correlazione** Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 delle NTC2018, deve essere incluso tra le azioni permanenti di cui alla seguente tabella:

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

**Figura 6 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni**

### 3.4.1 CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE

La portata di progetto per carichi verticali di un palo ( $R_d$ ) può essere espressa mediante la seguente relazione:

PROGETTAZIONE ATI:

$$R_d = \frac{R_{sl}}{F_{SL}} + \frac{R_{bl}}{F_{SB}}$$

Dove:

- $R_{sl}$ : portata laterale limite;
- $R_{bl}$ : portata di base limite;
- $F_{SL}$ : fattore di sicurezza per la portata laterale ( $= \xi \cdot \gamma_s$ );
- $F_{SB}$ : fattore di sicurezza per la portata di base ( $= \xi \cdot \gamma_b$ ).

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$R_{sl} = \pi D \sum_i (\tau_i h_i)$$

Dove:

- $D$ : diametro palo;
- $\tau_i$ : tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo;
- $h_i$ : altezza dello strato i-esimo.

#### Condizioni drenate

La tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo/setto, in accordo a Burland (1973), Reese & O'Neill (1988), Chen & Kulhawy (1994), O'Neill & Hesson (1994), viene valutata con un criterio alle tensioni efficaci con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = k \mu \sigma'_v$$

Dove:

- $k$ : coefficient di pressione laterale;
- $\mu$ : coefficiente di attrito palo-terreno;
- $\sigma'_v$ : tensione verticale efficace litostatica.

I valori dei coefficienti  $k$  e  $\mu$  da adottare in funzione della tipologia di palo sono riportati nella tabella successiva (C. Viggiani, Fondazioni).

Tipo di palo	Valori di $k$ per stato di addensamento		Valori di $\mu$
	sciolto	denso	
Battuto: Profilato d'acciaio	0.7	1.0	$\text{tg} 20^\circ = 0.36$
Tubo d'acciaio chiuso	1.0	2.0	
Calcestruzzo prefabbricato	1.0	2.0	$\text{tg} (3\varphi/4)$
Calcestruzzo gettato in opera	1.0	3.0	
Trivellato	0.5	0.4	$\text{tg} \varphi$
Trivellato-pressato con elica continua	0.7	0.9	$\text{tg} \varphi$

PROGETTAZIONE ATI:

Figura 7 valori di  $k$  e  $\mu$  (C. Viggiani, Fondazioni).

PROGETTAZIONE ATI:

Per la valutazione della portata di base sono state utilizzate le seguenti relazioni:

$$R_{bl} = A_p q_{b,l}$$

Dove:

- $A_p$ : area della base del palo;
- $q_{b,l}$ : portata limite specifica di base.

Condizioni drenate

La portata limite di base viene valutata tramite la seguente relazione:

$$q_{b,l} = N_q \sigma'_v + N_c c'$$

Per pali di grande diametro si utilizzano valori di  $N_q$  ridotti secondo Viggiani (vedi immagine a seguire) ed

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi.$$

Per i pali di medio diametro è invece possibile utilizzare i valori di  $N_q$  secondo Berezantzev (1961)

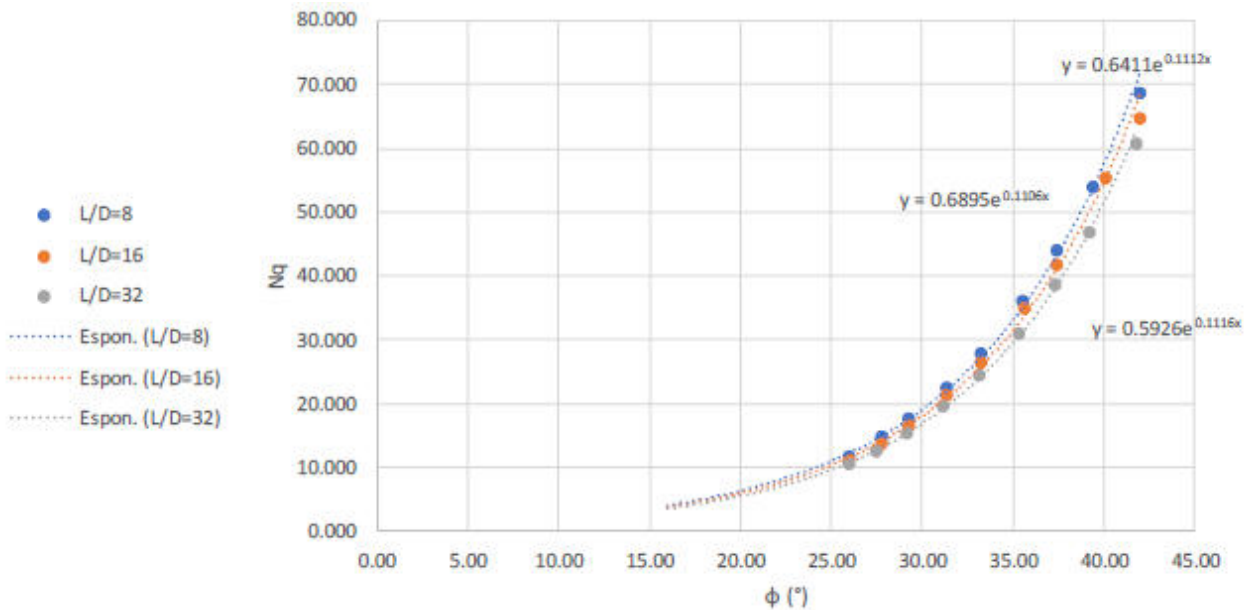


Figura 8 Valori di  $N_q$  ridotto secondo Viggiani (2012)

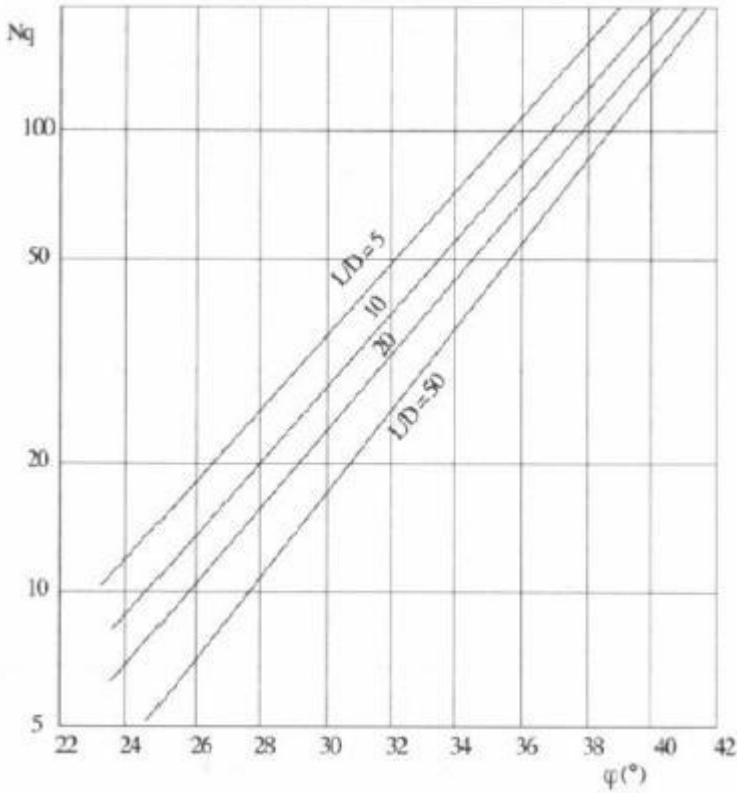


Figura 9 Valori di  $N_q$  secondo Berezantzev (1961)



### 3.4.2 CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE

Nel calcolo della capacità portante orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita.

Le equazioni con cui si determina il carico a forze orizzontali dei pali sono definite di seguito al variare del tipo di meccanismo considerato.

In terreni coesivi si ha :

Palo corto: 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio: 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo: 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

In terreni incoerenti si ha :

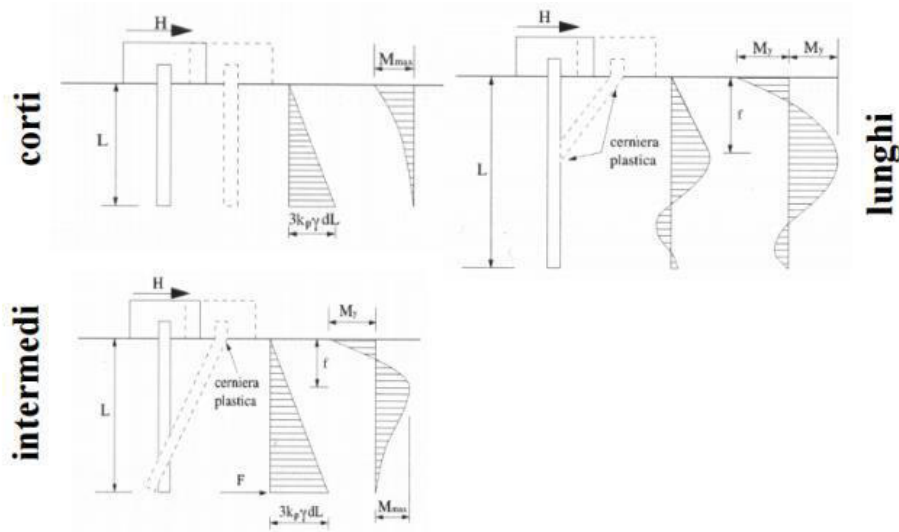
Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

dove:

- H: carico limite orizzontale del palo;
- $C_u$ : resistenza non drenata del terreno;
- $M_y$ : momento di plasticizzazione del palo;
- L: lunghezza del palo;
- d: diametro del palo;
- $k_p$ : coefficiente di spinta passiva.



Il valore di  $H$  dovrà essere confrontato con il massimo valore del taglio agente sul palo al variare delle combinazioni; il valore determinato con la teoria di Broms dovrà essere ridotto secondo quanto prevede la normativa vigente.

$$H_{lim} = \frac{H}{\xi \cdot \gamma_T}$$

Dove:

- $H$ : carico limite in funzione del meccanismo attivato;
- $\xi$ : fattore di correlazione in funzione delle verticali indagate (stessi valori utilizzati per capacità portante verticale);
- $\gamma_T$ : fattore di resistenza laterale secondo la tabella di seguito riportata;

**Coefficiente parziale (R3)**

$$\gamma_T = 1,3$$

Figura 10 Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:



#### **4 VERIFICHE MURO OS-38**

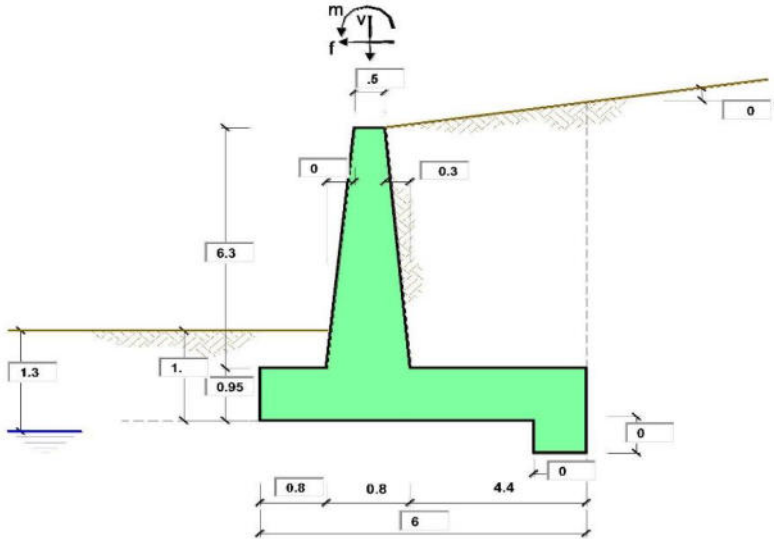
Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU statiche e allo SLV sismiche del muro. E le verifiche allo SLE.

Sulla ciabatta fronte muro sono previsti almeno 20cm di ricoprimento.

PROGETTAZIONE ATI:

#### **4.1 TIPO 4 – H = 7.25M**

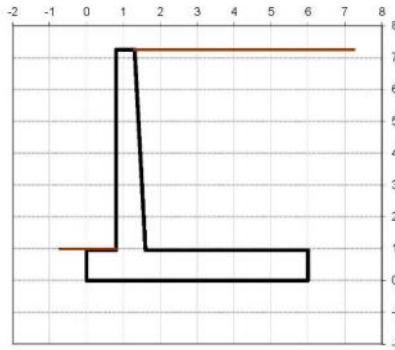
PROGETTAZIONE ATI:



**OPERA** Esempio

Combinazioni coefficienti parziali di verifica

S.L.U.	Approccio 1	comb. 1	A1+M1+R1 EQU+M2	○
		comb. 2	A2+M2+R2 EQU+M2	○
	Approccio 2		A1+M1+R3 EQU+M2	●
	SLE (DM88)			○
altro			○	



Peso Specifico del Calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25.00$  (kN/m<sup>3</sup>)

Carichi	Effetto	Coeff. Parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	altro
Permanenti	favorevole	$\gamma_G$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.10
	sfavorevole		1.10	1.30	1.00	1.00	1.10
Variabili	favorevole	$\gamma_Q$	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
	sfavorevole		1.50	1.50	1.30	1.00	1.10

Parametro		Coeff. Parziale	M1	M2	SLE	altro
angolo d'attrito	$\tan \varphi_k$	$\gamma_{\varphi}$	1.00	1.25	1.00	1.00
coesione	$c_k$	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_s$	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica	Coeff. Parziale	R1	R2	R3	SLE	altro
Capacità portante fondazione	$\gamma_k$	1.00	1.00	1.40	2.00	1.00
Scorrimento		1.00	1.00	1.10	1.30	1.00
Ribaltamento		1.00	1.00	1.00	1.50	1.00

Dati Geotecnici		valori caratteristici		valori di progetto		
		SLE		STR/GEO	EQU	
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	$\varphi'$	28.00	28.00	23.04
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$	21.00	21.00	21.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	$\delta$	20.00	20.00	16.46
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate			
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	$c_1'$	0.00	0.00	0.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi_1'$	28.00	28.00	23.04
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_1'$	21.00	21.00	21.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	21.00	21.00	21.00
	Profondità "Significativa" (n. b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	12.00		
	Modulo di deformazione	(kN/m <sup>2</sup> )	E	35000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	0.233	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafica	$S_s$	1.4	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografica	$S_T$	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_s$	0.38	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.123956	(-)
	Coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.0620	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare		<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	

Coefficients di Spinta		SLE		STR/GEO		EQU	
		Coeff. di Spinta Attiva Statico	$k_a$	0.320	0.320	0.387	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	$k_{as+}$	0.407	0.407	0.485			
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	$k_{as-}$	0.420	0.420	0.500			
Coeff. Di Spinta Passiva	$k_p$	2.770	2.770	2.286			
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	$k_{ps+}$	2.567	2.567	2.100			
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	$k_{ps-}$	2.539	2.539	2.073			

Carichi Agenti		valori caratteristici		valori di progetto			
		SLE - sisma		STR/GEO	EQU		
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no	(kN/m <sup>2</sup> )	$q_p$	0.00	0.00	0.00
	Sovraccarico su zattera di monte		(kN/m)	$f_p$	0.00	0.00	0.00
	Forza Orizzontale in Testa permanente		(kN/m)	$v_p$	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente		(kN/m/m)	$m_p$	0.00	0.00	0.00
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche		(kN/m <sup>2</sup> )	$q$	20.00	30.00	30.00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche		(kN/m)	$f$	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche		(kN/m)	$v$	0.00	0.00	0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche		(kN/m/m)	$m$	0.00	0.00	0.00
Condizioni Sismiche	Coefficients di combinazione		condizione frequente '1'	0.75	condizione quasi permanente '2'		0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche		(kN/m <sup>2</sup> )	$q_s$	0.00		
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche		(kN/m)	$f_s$	0.00		
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche		(kN/m)	$v_s$	0.00		
Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche		(kN/m/m)	$m_s$	0.00			

Coefficients di sicurezza

	Scorrimento	Ribaltamento	Carico limite
Statico	1.79	8.50	1.89
Sismico	1.49	3.99	1.49

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls	C32/40	
Rok	40	(MPa)
fck	32	(MPa)
fcm	40	(MPa)
Ec	33346	(MPa)
$\alpha_{ce}$	0.85	
$\gamma_c$	1.50	
$f_{td} = \alpha_{ce} \cdot f_{ct,d} / \gamma_c$	18.13	(MPa)
$f_{cm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.02	(MPa)

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche		
$\sigma_c$	14.4	Mpa
$\sigma_T$	360	Mpa

condizioni sismiche

$\sigma_c$	14.4	Mpa
$\sigma_T$	360	Mpa

Valore limite di apertura delle fessure

Frequente	s2	0.3	mm
Quasi Permanente	s3	0.4	mm

Acciaio

tipo di acciaio	S450C	
$f_{yk}$	450	(MPa)
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s / \gamma_c$	391.30	(MPa)
$E_s$	210000	(MPa)
$\epsilon_{yk}$	0.19%	

coefficiente omogeneizzazione acciaio  $n = 15$

Copritifero (distanza asse armatura-bordo)

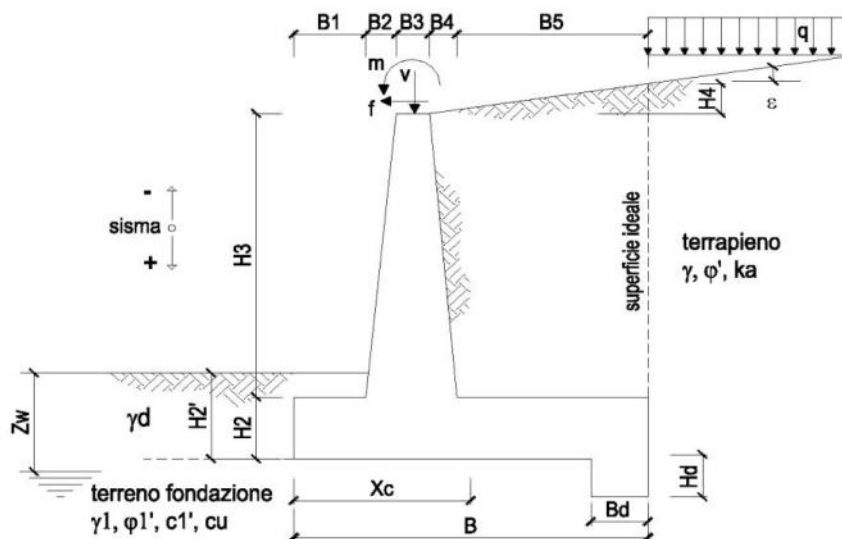
$c = 5.00$  (cm)

Copritifero minimo di normativa (ricoprimento armatura)

$c_{min} = 3.50$  (cm)

Interfero tra l e l' strato

$l_{s,l} = 5.00$  (cm)



**OPERA** Esempio

**DATI DI PROGETTO:**

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	6.30	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.30	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	6.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.95	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.80	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	4.40	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	3.00	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$ =	25.00	(kN/m <sup>3</sup> )
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

**FORZE VERTICALI**

- Peso del Muro (Pm)

		SLE	STR/GEO	EQU
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	0.00	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	78.75	78.75	70.88
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	23.63	23.63	21.26
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	142.50	142.50	128.25
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	0.00	0.00	0.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	244.88	244.88	220.39

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	582.12	582.12	523.91
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	0.00	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	19.85	19.85	17.86
Sovr =	$q_p \cdot (B4 + B5)$	0.00	0.00	0.00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	601.97	601.97	541.77

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q * (B4+B5)$	(kN/m)	94	141
Sovr acc. Sism	$qs * (B4+B5)$	(kN/m)	0	

**MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO**

			<b>SLE</b>	<b>STR/GEO</b>	<b>EQU</b>
- Muro (Mm)					
Mm1 =	$Pm1 * (B1 + 2/3 B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2 * (B1 + B2 + 0,5 * B3)$	(kNm/m)	82.69	82.69	74.42
Mm3 =	$Pm3 * (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	(kNm/m)	33.08	33.08	29.77
Mm4 =	$Pm4 * (B/2)$	(kNm/m)	427.50	427.50	384.75
Mm5 =	$Pm5 * (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	(kNm/m)	543.26	543.26	488.94

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro

Mt1 =	$Pt1 * (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 * B5)$	(kNm/m)	2212.06	2212.06	1990.85
Mt2 =	$Pt2 * (B1 + B2 + B3 + 2/3 * (B4 + B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3 * (B1 + B2 + B3 + 2/3 * B4)$	(kNm/m)	29.77	29.77	26.79
Msovr =	$Sovr * (B1 + B2 + B3 + 1/2 * (B4 + B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kNm/m)	2241.82	2241.82	2017.64

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q * (B1 + B2 + B3 + 1/2 * (B4 + B5))$	(kNm/m)	343.1	514.65
Sovr acc. Sism	$qs * (B1 + B2 + B3 + 1/2 * (B4 + B5))$	(kNm/m)	0	

**INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO**

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm * kh$	(kN/m)		30.35
Ps v =	$Pm * kv$	(kN/m)		15.18

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

Ptsh =	$Pt * kh$	(kN/m)		74.62
Ptsv =	$Pt * kv$	(kN/m)		37.31

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

MPs1 h =	$kh * Pm1 * (H2 + H3/3)$	(kNm/m)		0.00
MPs2 h =	$kh * Pm2 * (H2 + H3/2)$	(kNm/m)		40.02
MPs3 h =	$kh * Pm3 * (H2 + H3/3)$	(kNm/m)		8.93
MPs4 h =	$kh * Pm4 * (H2/2)$	(kNm/m)		8.39
MPs5 h =	$-kh * Pm5 * (Hd/2)$	(kNm/m)		0.00
MPs h =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)		57.34

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

MPs1 v =	$kv * Pm1 * (B1 + 2/3 * B2)$	(kNm/m)		0.00
MPs2 v =	$kv * Pm2 * (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)		5.12
MPs3 v =	$kv * Pm3 * (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)		2.05
MPs4 v =	$kv * Pm4 * (B/2)$	(kNm/m)		26.50
MPs5 v =	$kv * Pm5 * (B - Bd/2)$	(kNm/m)		0.00
MPs v =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)		33.67

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

MPts1 h =	$kh * Pt1 * (H2 + H3/2)$	(kNm/m)		295.84
MPts2 h =	$kh * Pt2 * (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)		0.00
MPts3 h =	$kh * Pt3 * (H2 + H3 * 2/3)$	(kNm/m)		12.67
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)		308.51

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

MPts1 v =	$kv * Pt1 * ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) * 0.5)$	(kNm/m)		137.10
MPts2 v =	$kv * Pt2 * ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) * 0.5)$	(kNm/m)		0.00
MPts3 v =	$kv * Pt3 * ((H2 + H3 * 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 * B4) * 0.5)$	(kNm/m)		2.15
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)		139.25



**CONDIZIONE STATICA**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

		SLE	STR/GEO	EQU
<b>- Spinta totale condizione statica</b>				
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m) 176.79	229.83	235.24
Sq perm =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Sq acc =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m) 46.45	69.67	84.28
<b>- Componente orizzontale condizione statica</b>				
Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m) 166.13	215.97	225.60
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 43.65	65.47	80.82
<b>- Componente verticale condizione statica</b>				
Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m) 60.47	78.61	66.65
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 15.89	23.83	23.88
<b>- Spinta passiva sul dente</b>				
Sp =	$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot 1' \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1' \cdot kp^{0.5} + \gamma_1' \cdot kp \cdot H2') \cdot Hd$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

		SLE	STR/GEO	EQU
MSt1 =	$Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$	(kNm/m) 401.48	521.93	545.20
MSt2 =	$Stv \cdot B$	(kNm/m) 362.80	471.64	399.92
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m) 158.22	237.33	292.99
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	(kNm/m) 95.32	142.97	143.27
MSp =	$\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kp/3 + (2 \cdot c_1' \cdot kp^{0.5} + \gamma_1' \cdot kp \cdot H2') \cdot Hd^2/2$	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp + m$	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00
Mfext2 =	$(fp + f) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00
Mfext3 =	$(vp+v) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m) 0.00	0.00	0.00

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)**

<b>Risultante forze verticali (N)</b>				
N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	949.28	(kN/m)	
<b>Risultante forze orizzontali (T)</b>				
T =	$Sth + Sqh + f$	281.44	(kN/m)	
<b>Coefficiente di attrito alla base (f)</b>				
f =	$tg \phi_1'$	0.53	(-)	
<b>Fs scorr.</b>	<b>(N'f + Sp) / T</b>	<b>1.79</b>	<b>&gt;</b>	<b>1.1</b>

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)**

<b>Momento stabilizzante (Ms)</b>				
Ms =	$Mm + Mt + Mfext3$	2506.58	(kNm/m)	
<b>Momento ribaltante (Mr)</b>				
Mr =	$MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSp$	295.00	(kNm/m)	
<b>Fs ribaltamento</b>	<b>Ms / Mr</b>	<b>8.50</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

**VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)**

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$P_m + P_t + v + St_v + S_{q_v} (+ \text{Sovr acc})$	949.28	1090.28	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$S_{t_h} + S_{q_h} + f - S_p$	281.44	281.44	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	$\Sigma M$	2640.44	3155.09	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$X_c \cdot N - MM$	207.38	115.73	(kNm/m)

**Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)**

Fondazione Nastriforme

**$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$**

$c'$	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kPa)
$\varphi'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	28.00		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	11.50		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	21.00		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0.22	0.11	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5.56	5.79	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	14.72		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	25.80		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	16.72		(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.49	0.55	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.46	0.46	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^{m+1}$		0.35	0.35	(-)

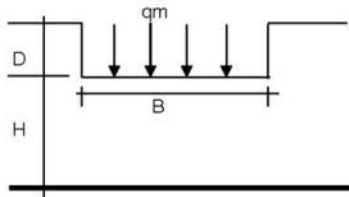
(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	339.19	356.32	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	Nmin	<b>1.99</b>	>	<b>1.4</b>
		Nmax	<b>1.89</b>	>	



**CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE**



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

N	919.22	(kN/m)
M	58.44	(kNm/m)
e=M/N	0.06	(m)
B*	5.87	(m)

D =	1.00	(m)
D/B*	0.17	(m)
Hs/B*	2.04	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2*e) = N / B^* = 161.64 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma  $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.955 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità  $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.67 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 17.37 \quad (\text{mm})$$

**CONDIZIONE SISMICA +**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

	SLE	STR/GEO	EQU
- Spinta condizione sismica +			
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m) 176.79	176.79	213.86
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m) 61.60	61.60	70.26
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
- Componente orizzontale condizione sismica +			
Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 166.13	166.13	205.09
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 57.88	57.88	67.38
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
- Componente verticale condizione sismica +			
Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 60.47	60.47	60.59
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 21.07	21.07	19.91
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00
- Spinta passiva sul dente			
$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^+ + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot kps^+ \cdot H2') \cdot Hd$	(kN/m) 0.00	0.00	0.00

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

	SLE	STR/GEO	EQU
- Condizione sismica +			
MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	( kNm/m ) 401.48	401.48	495.64
MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-Hd)$	( kNm/m ) 139.89	139.89	162.83
MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$	( kNm/m ) 362.80	362.80	363.56
MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$	( kNm/m ) 126.41	126.41	119.44
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m ) 0.00	0.00	0.00
MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$	( kNm/m ) 0.00	0.00	0.00
MSP = $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot kps^+ \cdot H2') \cdot Hd^2 / 2$	( kNm/m ) 0.00	0.00	0.00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 = $mp+ms$	( kNm/m )	0.00	
Mfext2 = $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	( kNm/m )	0.00	
Mfext3 = $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	( kNm/m )	0.00	

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO**

Risultante forze verticali (N)			
$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	980.86	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)			
$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh$	328.98	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)			
$f = \tan \phi_1'$	0.53	(-)	
<b>Fs = (N*f + Sp) / T</b>	<b>1.59</b>	<b>&gt;</b>	<b>1.1</b>

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Momento stabilizzante (Ms)			
$Ms = Mm + Mt + Mfext3$	2785.09	( kNm/m )	
Momento ribaltante (Mr)			
$Mr = MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSP+MPs+Mpts$	368.41	( kNm/m )	
<b>Fr = Ms / Mr</b>	<b>7.56</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

**VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$	980.86	980.86	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	328.98		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	$\Sigma M$	2539.99	2539.99	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$X_c \cdot N - MM$	402.59	402.59	(kNm/m)

**Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)**

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B^* N_\gamma i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	28.00		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	11.50		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d^* H_2'$	sovraccarico stabilizzante	21.00		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0.41	0.41	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5.18	5.18	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	14.72		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	25.80		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	16.72		(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.44	0.44	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.40	0.40	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg \phi'))^{m+1}$		0.29	0.29	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	282.67	282.67	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b>F = <math>q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	Nmin	<b>1.49</b>	>	<b>1.4</b>
		Nmax	<b>1.49</b>	>	

**CONDIZIONE SISMICA -**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU	
Sst1 stat =	$0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m)	176.79	176.79	213.86
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as} \cdot Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	40.74	40.74	45.09
Ssq1 perm =	$q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc =	$q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	166.13	166.13	205.09
Sst1h sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	38.29	38.29	43.24
Ssq1h perm =	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc =	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	60.47	60.47	60.59
Sst1v sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	13.93	13.93	12.77
Ssq1v perm =	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc =	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

Sp =	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps} + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1 - k_v) \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
------	---	--------	------	------	------

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU	
MSst1 stat =	$Sst1h \text{ stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$	(kNm/m)	401.48	401.48	495.64
MSst1 sism =	$Sst1h \text{ sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$	(kNm/m)	92.52	92.52	104.49
MSst2 stat =	$Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm/m)	362.80	362.80	363.56
MSst2 sism =	$Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm/m)	83.61	83.61	76.65
MSsq1 =	$Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq2 =	$Ssq1v \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSp =	$\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_{ps} / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1 \cdot k_{ps} \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp + ms$	(kNm/m)		0.00
Mfext2 =	$(fp + fs) \cdot (H_3 + H_2)$	(kNm/m)		0.00
Mfext3 =	$(vp + vs) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$	(kNm/m)		0.00

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO**

Risultante forze verticali (N)

N =	$P_m + P_t + v_p + v_s + Sst1v + Ssq1v + P_s v + P_{tsv}$	868.76	(kN/m)
-----	---	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

T =	$Sst1h + Ssq1h + fp + fs + P_s h + P_{tsh}$	309.39	(kN/m)
-----	---	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

f =	$tg \phi_1'$	0.53	(-)
-----	--------------	------	-----

<b>Fs =</b>	<b>(N * f + Sp) / T</b>	<b>1.49</b>	<b>&gt;</b>	<b>1.1</b>
-------------	-------------------------	-------------	-------------	------------

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Momento stabilizzante (Ms)

Ms =	$M_m + M_t + M_{fext3}$	2785.09	(kNm/m)
------	-------------------------	---------	---------

Momento ribaltante (Mr)

Mr =	$MSst + MSsq + M_{fext1} + M_{fext2} + MSP + MP_s + M_{pts}$	698.70	(kNm/m)
------	--	--------	---------

<b>Fr =</b>	<b>Ms / Mr</b>	<b>3.99</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
-------------	----------------	-------------	-------------	----------

**VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	868.76	868.76	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh - Sp$	309.39		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	$\Sigma M$	2198.71	2198.71	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$Xc * N - MM$	407.56	407.56	(kNm/m)

**Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)**

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c i_c + q_0 N_q i_q + \gamma_1 B^m \gamma_2 i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	28.00		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	11.50		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d^* H_2'$	sovraccarico stabilizzante	21.00		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0.47	0.47	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5.06	5.06	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\phi))}$	(1 in cond. nd)	14.72		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	25.80		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi)$	(0 in cond. nd)	16.72		(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cotg \phi))^m$	(1 in cond. nd)	0.41	0.41	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.37	0.37	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cotg \phi))^{m+1}$		0.27	0.27	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	258.03	258.03	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} * B^* / N</math></b>	Nmin	<b>1.50</b>	>	<b>1.4</b>
		Nmax	<b>1.50</b>	>	



Verifica allo Stato Limite Ultimo

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**

**Reazione del terreno**

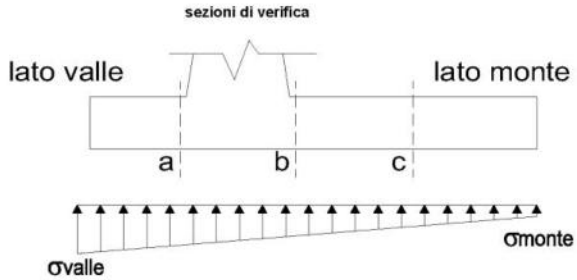
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 6.00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6.00 \quad (m^3)$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	949.28	207.38	192.78	123.65
	1090.28	115.73	201.00	162.42
sisma+	980.86	402.59	230.57	96.38
	980.86	402.59	230.57	96.38
sisma-	868.76	407.56	212.72	76.87
	868.76	407.56	212.72	76.87



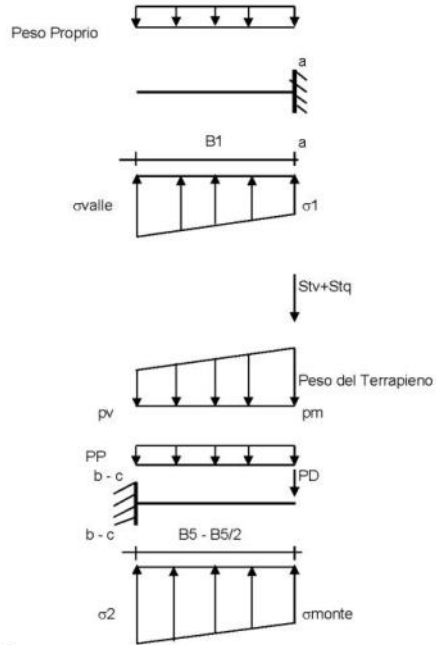
**Mensola Lato Valle**

$$PP = 23.75 \quad (kN/m)$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	$M_a$	$V_a$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	192.78	183.56	53.11	131.53
	201.00	195.86	56.17	139.74
sisma+	230.57	212.68	63.80	158.91
	230.57	212.68	64.28	158.91
sisma-	212.72	194.61	59.01	144.56
	212.72	194.61	58.54	144.56



**Mensola Lato Monte**

$$PP = 23.75 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$PD = 0.00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	132.30	162.30	132.30	(kN/m <sup>2</sup> )
pvb	132.30	162.30	132.30	(kN/m <sup>2</sup> )
pvc	132.30	162.30	132.30	(kN/m <sup>2</sup> )

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B_5 / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

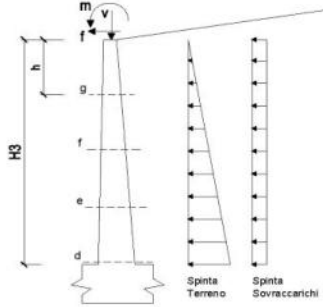
$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2) / 2 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_2b$	$M_b$	$V_b$	$\sigma_2c$	$M_c$	$V_c$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	123.65	174.34	-600.79	-133.47	149.00	-283.32	-145.84
	162.42	190.71	-588.13	-144.15	176.57	-271.12	-138.85
sisma+	96.38	194.79	-712.46	-170.14	145.58	-307.49	-179.96
	96.38	194.79	-712.46	-170.14	145.58	-307.49	-179.96
sisma-	76.87	176.49	-678.78	-161.08	126.68	-291.72	-172.53
	76.87	176.49	-678.78	-161.08	126.68	-291.72	-172.53

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$\begin{aligned}
 M_{t \text{ stat}} &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3 \\
 M_{t \text{ sism}} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ s orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{\beta \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o} \cdot h/3 \\
 M_q &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2 \\
 M_{\text{ext}} &= m \cdot f \cdot h \\
 M_{\text{inerzia}} &= \sum P_m \cdot b_i \cdot kh \\
 N_{\text{ext}} &= v \\
 N_{\text{ppinerzia}} &= \sum P_m \cdot (1 \pm kv) \\
 V_{t \text{ stat}} &= \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \\
 V_{t \text{ sism}} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ s orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{\beta \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \\
 V_q &= K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h \\
 V_{\text{ext}} &= f \\
 V_{\text{inerzia}} &= \sum P_m \cdot kh
 \end{aligned}$$



**condizione statica**

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	342.46	179.21	0.00	521.67	0.00	102.38	102.38
e-e	4.73	144.48	100.80	0.00	245.28	0.00	72.35	72.35
f-f	3.15	42.81	44.80	0.00	87.61	0.00	45.28	45.28
g-g	1.58	5.35	11.20	0.00	16.55	0.00	21.16	21.16

sezione	h [m]	Vt [kN/m]	Vq [kN/m]	V <sub>ext</sub> [kN/m]	V <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	163.06	56.89	0.00	219.97
e-e	4.73	91.73	42.67	0.00	134.40
f-f	3.15	40.77	28.45	0.00	69.22
g-g	1.58	10.19	14.22	0.00	24.42

**condizione sismica +**

sezione	h [m]	M <sub>t stat</sub> [kNm/m]	M <sub>t sism</sub> [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>ppinerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	263.43	97.68	0.00	0.00	36.90	398.01	0.00	108.72	108.72
e-e	4.73	111.14	41.21	0.00	0.00	19.89	172.23	0.00	76.84	76.84
f-f	3.15	32.93	12.21	0.00	0.00	8.46	53.59	0.00	48.09	48.09
g-g	1.58	4.12	1.53	0.00	0.00	2.02	7.66	0.00	22.48	22.48

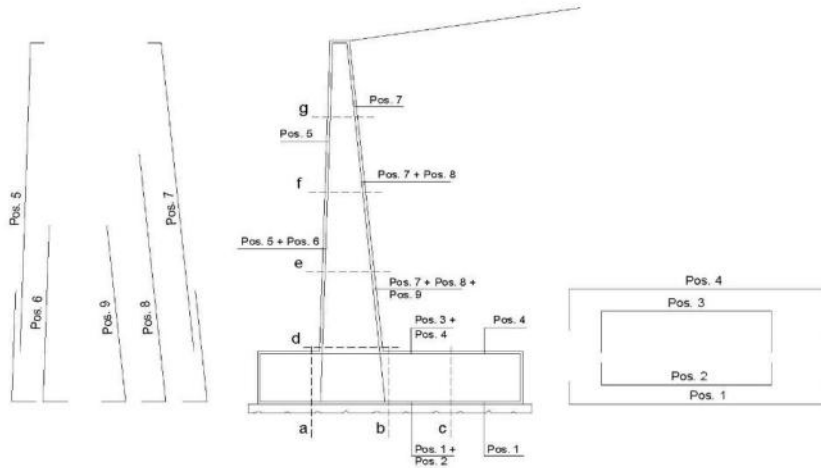
sezione	h [m]	V <sub>t stat</sub> [kN/m]	V <sub>t sism</sub> [kN/m]	Vq [kN/m]	V <sub>ext</sub> [kN/m]	V <sub>inerzia</sub> [kN/m]	V <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	125.44	46.51	0.00	0.00	12.69	184.65
e-e	4.73	70.56	26.16	0.00	0.00	8.97	105.69
f-f	3.15	31.36	11.63	0.00	0.00	5.61	48.60
g-g	1.58	7.84	2.91	0.00	0.00	2.62	13.37

**condizione sismica -**

sezione	h [m]	M <sub>t stat</sub> [kNm/m]	M <sub>t sism</sub> [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>inerzia</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>ppinerzia</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	263.43	64.61	0.00	0.00	36.90	364.94	0.00	96.03	96.03
e-e	4.73	111.14	27.26	0.00	0.00	19.89	158.28	0.00	67.87	67.87
f-f	3.15	32.93	8.08	0.00	0.00	8.46	49.46	0.00	42.47	42.47
g-g	1.58	4.12	1.01	0.00	0.00	2.02	7.14	0.00	19.85	19.85

sezione	h [m]	V <sub>t stat</sub> [kN/m]	V <sub>t sism</sub> [kN/m]	Vq [kN/m]	V <sub>ext</sub> [kN/m]	V <sub>inerzia</sub> [kN/m]	V <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	6.30	125.44	30.76	0.00	0.00	12.69	168.90
e-e	4.73	70.56	17.31	0.00	0.00	8.97	96.84
f-f	3.15	31.36	7.69	0.00	0.00	5.61	44.67
g-g	1.58	7.84	1.92	0.00	0.00	2.62	12.39

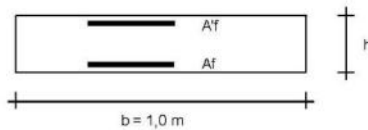
**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**ARMATURE**

pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	10.0	20		5	5.0	20	
2	0.0	24	□	6	0.0	16	□
3	0.0	16	□	7	5.0	20	
4	10.0	20		8	5.0	20	□
				9	0.0	12	□

**VERIFICHE**



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

Sez.	M	N	h	Af	Af'	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)
a - a	64.28	0.00	0.95	31.42	31.42	1063.65
b - b	-712.46	0.00	0.95	31.42	31.42	1063.65
c - c	-307.49	0.00	0.95	31.42	31.42	1063.65
d - d	521.67	102.38	0.80	31.42	15.71	913.87
e - e	245.28	72.35	0.73	31.42	15.71	808.65
f - f	87.61	45.28	0.65	31.42	15.71	706.46
g - g	16.55	21.16	0.58	15.71	15.71	315.24

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Sez.	V <sub>Ed</sub>	h	V <sub>rd</sub>	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V <sub>Rsd</sub>	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	158.91	0.95	355.23	10	20	20	21.8	1555.86	Armatura a taglio non necessaria
b - b	170.14	0.95	355.23	10	20	20	21.8	1555.86	Armatura a taglio non necessaria
c - c	179.96	0.95	355.23	10	20	20	21.8	1555.86	Armatura a taglio non necessaria
d - d	219.97	0.80	338.59	10	20	20	21.8	1296.55	Armatura a taglio non necessaria
e - e	134.40	0.73	317.87	10	20	20	21.8	1166.89	Armatura a taglio non necessaria
f - f	69.22	0.65	296.88	10	20	20	21.8	1037.24	Armatura a taglio non necessaria
g - g	24.42	0.58	219.24	10	20	20	21.8	907.58	Armatura a taglio non necessaria



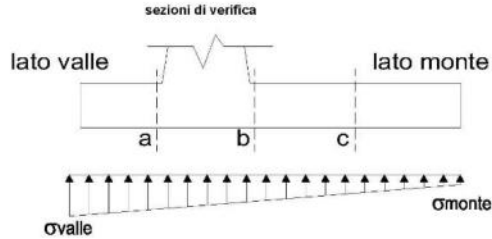
**VERIFICA A FESSURAZIONE**

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**

**Reazione del terreno**

$o_{valle} = N / A + M / W_{gg}$   
 $o_{monte} = N / A - M / W_{gg}$   
 $A = 1.0 \cdot B = 6.00 \text{ (m}^2\text{)}$   
 $W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6.00 \text{ (m}^3\text{)}$

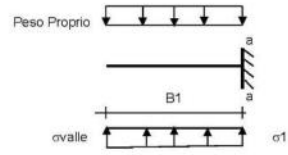
caso	N	M	o <sub>valle</sub>	o <sub>monte</sub>
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Freq.	919.22	58.44	162.94	143.46
	989.72	12.61	167.06	162.85
Q.P.	907.31	-24.48	147.14	155.30
	907.31	-24.48	147.14	155.30



**Mensola Lato Valle**

Peso Proprio.  $PP = 23.75 \text{ (kN/m)}$   
 $Ma = \sigma_1 \cdot B_1^2 / 2 + (o_{valle} - \sigma_1) \cdot B_1^2 / 3 - PP \cdot B_1^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$

caso	o <sub>valle</sub>	$\sigma_1$	Ma
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	162.94	160.35	44.26
	167.06	166.49	45.80
Q.P.	147.14	148.23	39.60
	147.14	148.23	39.60



**Mensola Lato Monte**

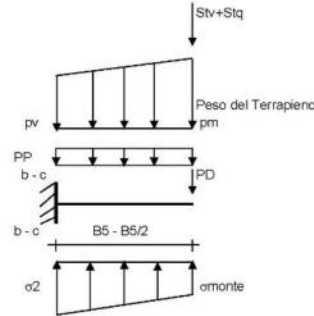
$PP = 23.75 \text{ (kN/m}^2\text{)}$  peso proprio soletta fondazione  
 $PD = 0.00 \text{ (kN/m)}$  peso proprio dente

	Nmin	N max Freq	N max QP	
pm	132.30	147.30	132.30	(kN/m <sup>2</sup> )
pvb	132.30	147.30	132.30	(kN/m <sup>2</sup> )
pvc	132.30	147.30	132.30	(kN/m <sup>2</sup> )

$Mb = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vb} + PP)) \cdot B_5^2 / 2 + (\sigma_2b - \sigma_{monte}) \cdot B_5^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot B_5^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B_5 \cdot PD \cdot (B_5 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H / 2$

$Mc = (\sigma_{monte} \cdot (p_{vc} + PP)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H / 2$

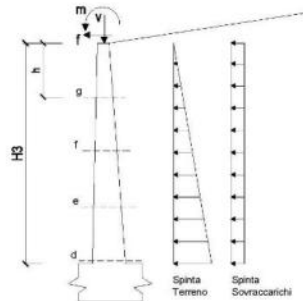
caso	o <sub>monte</sub>	$\sigma_2b$	Mb	$\sigma_2c$	Mc
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	143.46	157.75	-394.22	150.61	-183.93
	162.85	165.93	-387.89	164.39	-177.83
Q.P.	155.30	149.31	-292.64	152.31	-137.26
	155.30	149.31	-292.64	152.31	-137.26



**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$M_t = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma_{soil} \cdot h^2 \cdot \gamma_3$   
 $M_q = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma_{soil} \cdot q \cdot h^2$   
 $M_{ext} = m + f \cdot h$   
 $N_{ext} = v$



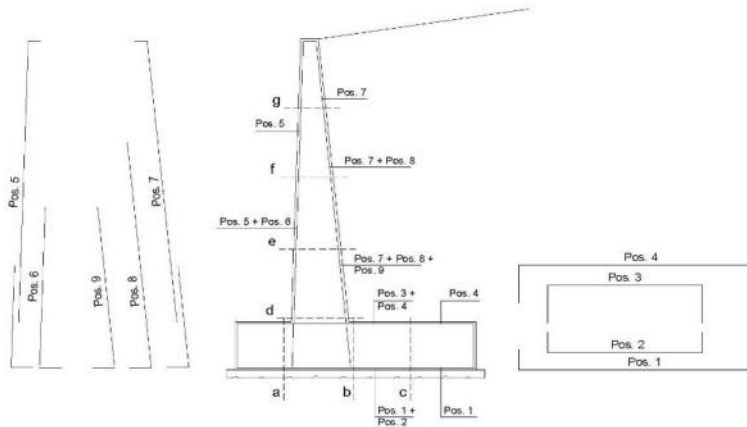
**condizione Frequente**

sezione	h	M <sub>t</sub>	M <sub>q</sub>	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>sp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.30	263.43	89.60	0.00	353.04	0.00	102.38	102.38
e-e	4.73	111.14	50.40	0.00	161.54	0.00	72.35	72.35
f-f	3.15	32.93	22.40	0.00	55.33	0.00	45.28	45.28
g-g	1.58	4.12	5.60	0.00	9.72	0.00	21.16	21.16

**condizione Quasi Permanente**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>tot</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.30	263.43	0.00	0.00	263.43	0.00	102.38	102.38
e-e	4.73	111.14	0.00	0.00	111.14	0.00	72.35	72.35
f-f	3.15	32.93	0.00	0.00	32.93	0.00	45.28	45.28
g-g	1.58	4.12	0.00	0.00	4.12	0.00	21.16	21.16

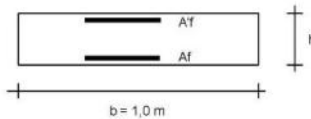
**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**ARMATURE**

pos	n°/ml	∅	Il strato	pos	n°/ml	∅	Il strato
1	10.0	20		5	5.0	20	
2	0.0	24	□	6	0.0	16	□
3	0.0	16	□	7	5.0	20	
4	10.0	20		8	5.0	20	□
				9	0.0	12	□

**VERIFICHE**



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

**condizione Frequente**

Sez.	M	N	h	Af	Af'	σc	σf	wk	w <sub>lim</sub>
(-)	[kNm]	[kN]	[m]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]
a - a	45.80	0.00	0.95	31.42	31.42	0.38	17.51	0.014	0.300
b - b	-394.22	0.00	0.95	31.42	31.42	3.24	150.71	0.123	0.300
c - c	-183.93	0.00	0.95	31.42	31.42	1.51	70.32	0.055	0.300
d - d	353.04	102.38	0.80	31.42	15.71	4.35	160.02	0.122	0.300
e - e	161.54	72.35	0.73	31.42	15.71	2.38	73.84	0.057	0.300
f - f	55.33	45.28	0.65	31.42	15.71	1.00	26.26	0.020	0.300
g - g	9.72	21.16	0.58	15.71	15.71	0.27	6.86	0.008	0.300

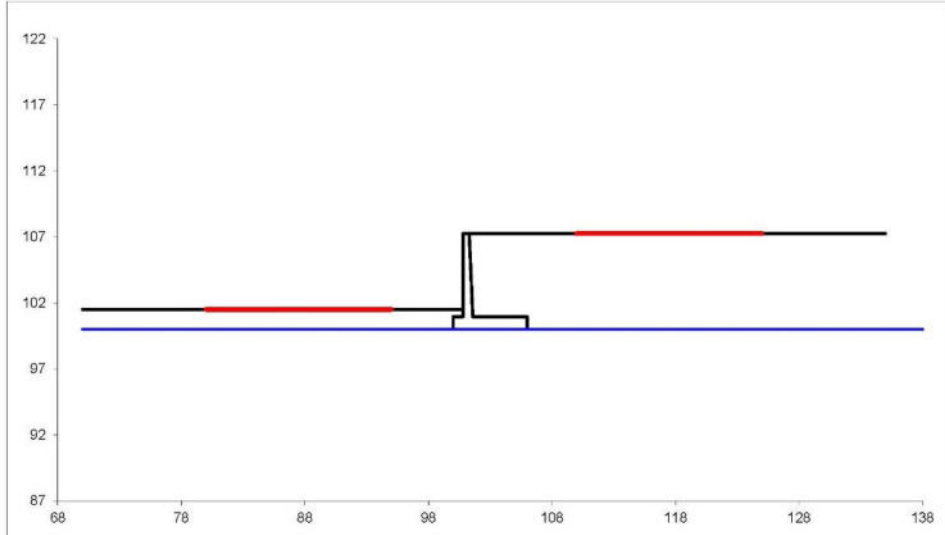
(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

**condizione Quasi Permanente**

Sez.	M	N	h	Af	Af'	σc	σf	wk	w <sub>lim</sub>
(-)	[kNm]	[kN]	[m]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]
a - a	39.60	0.00	0.95	31.42	31.42	0.33	15.14	0.012	0.400
b - b	-292.64	0.00	0.95	31.42	31.42	2.41	111.88	0.087	0.400
c - c	-137.26	0.00	0.95	31.42	31.42	1.13	52.47	0.041	0.400
d - d	263.43	102.38	0.80	31.42	15.71	3.27	108.34	0.084	0.400
e - e	111.14	72.35	0.73	31.42	15.71	1.66	47.73	0.037	0.400
f - f	32.93	45.28	0.65	31.42	15.71	0.61	13.25	0.010	0.400
g - g	4.12	21.16	0.58	15.71	15.71	0.11	0.71	0.001	0.400

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)





#strisce
30

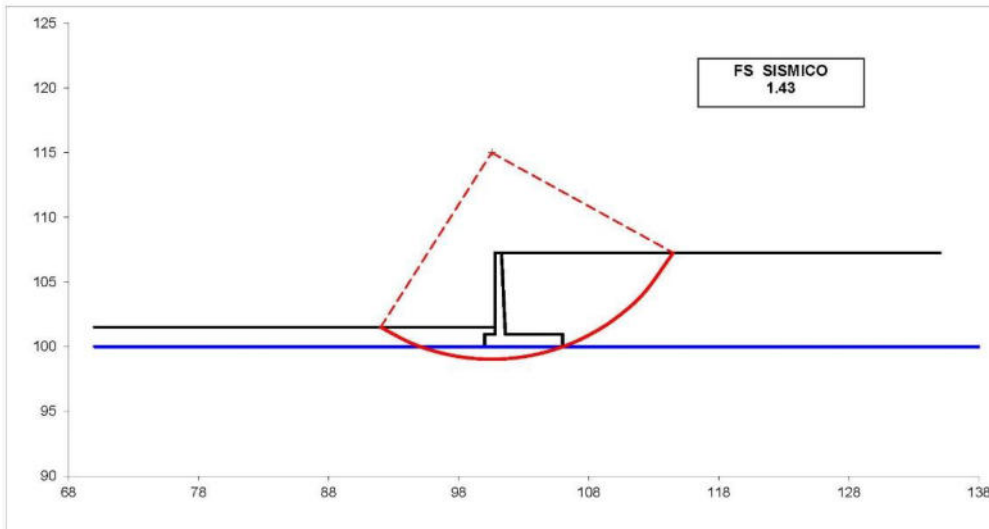
# Superfici Calcolate	FS Bishop	
	715	STATICO
	SISMICO	1.430

Condizione di Carico

SISMICA ▼

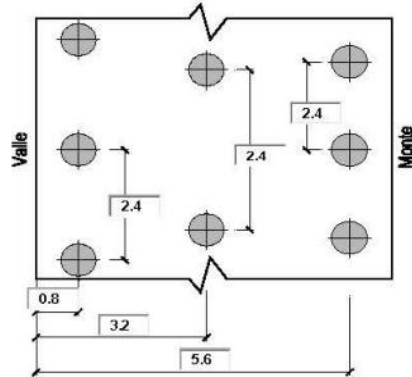
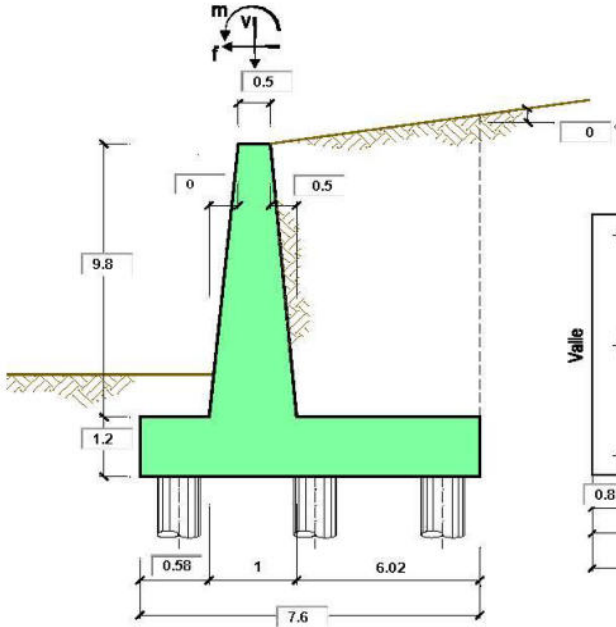
# superfici da disegnare

1 ▼



## **4.2 TIPO 7 – H = 11.00M - L PALO 14**

PROGETTAZIONE ATI:

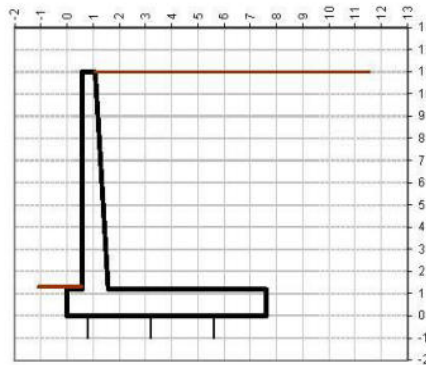


**OPERA** Esempio

Combinazioni coefficienti parziali di verifica

SLU	A1+M1	○
	A2+M2	●
SLE (DMB8)		○
altro		○

Peso Specifico del Calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25,00$  (kN/m<sup>3</sup>)



Carichi	Effetto	Coeff. Parziale	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	altro
Permanenti	favorevole	$\gamma_0$	1.00	1.00	1.00	1.30
	sfavorevole	$\gamma_0$	1.30	1.00	1.00	1.30
Variabili	favorevole	$\gamma_0$	0.00	0.00	0.00	0.00
	sfavorevole	$\gamma_0$	1.50	1.30	1.00	1.50

Parametro	Coeff. Parziale	M1	M2	SLE	altro
angolo d'attrito $\tan \phi_k$	$\gamma_\phi$	1.00	1.25	1.00	1.00
peso unità di volume $\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici			valori caratteristici		valori di progetto	
			SLE		STR/GEO	
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	$\varphi'$	28.00		23.04
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$	21.00		21.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	$\delta$	20.00		16.46

Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_p/g$	0.233	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	$S_s$	1.4	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografico	$S_T$	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_r$	0.38	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.123956	(-)
	Coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.0620	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no		

Coeff. di Spirita	SLE	STR/GEO	
		ka	ka-
Coeff. di Spirita Attiva Statico	ka	0.320	0.367
Coeff. Di Spirita Attiva Sismica sisma +	ka+s	0.407	0.485
Coeff. Di Spirita Attiva Sismica sisma -	ka-s	0.420	0.500

Carichi Agenti			valori caratteristici		valori di progetto	
			SLE - sisma		STR/GEO	
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m <sup>2</sup> )	qp	0.00		0.00
	Sovraccarico su zattera di monte <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no					
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	fp	0.00		0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	vp	0.00		0.00
	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	mp	0.00		0.00
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m <sup>2</sup> )	q	20.00		26.00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	f	0.00		0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	v	0.00		0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00		0.00
	Coefficienti di combinazione condizione frequente $\Psi_1$		0.75	condizione quasi permanente $\Psi_2$		0.00
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m <sup>2</sup> )	qs	20.00		
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	fs	0.00		
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	vs	0.00		
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	ms	0.00		

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

#### Cakestruzzo

classe cls		
Rck	40	(MPa)
fck	32	(MPa)
fcm	40	
Ec	33346	(MPa)
$\alpha_{ce}$	0.85	
$\gamma_c$	1.50	
$f_{td} = \alpha_{ce} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	18.13	(MPa)
$f_{tm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.02	(MPa)

#### Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche		
$\sigma_c$	14.4	Mpa
$\sigma_t$	360	Mpa

#### condizioni sismiche

$\sigma_c$	8.5	Mpa
$\sigma_t$	260	Mpa

#### Valore limite di apertura delle fessure

Frequente	0.3	mm
Quasi Permanente	0.2	mm

#### Acciaio

tipo di acciaio		
f <sub>yk</sub>	450	(MPa)
$\gamma_s$	1.15	
f <sub>yd</sub> = f <sub>yk</sub> / $\gamma_s$	391.30	(MPa)
Es	210000	(MPa)
$\epsilon_{yk}$	0.19%	

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

#### Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 5.00 (cm)

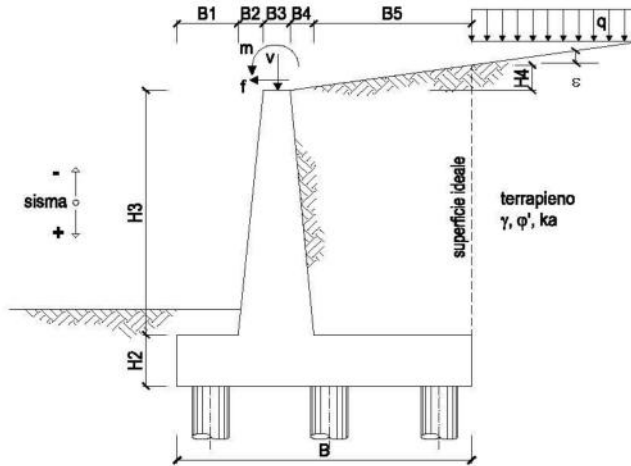
#### Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

$c_{min}$  = 3.50 (cm)

#### Interferro tra l e II strato

$l_{II}$  = 5.00 (cm)





**OPERA** Esempio

**DATI DI PROGETTO:**

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	9.80	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.50	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.50	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	7.60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.20	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.58	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	6.02	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$ =	25.00	(kN/m <sup>3</sup> )
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

**FORZE VERTICALI**

- Peso del Muro (Pm)

		SLE	STR/GEO
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	122.50	122.50
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	61.25	61.25
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	228.00	228.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	411.75	411.75

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	1238.92	1238.92
Pt2 =	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	51.45	51.45
Sovr =	$q \cdot (B4 + B5)$	0.00	0.00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	1290.37	1290.37

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4 + B5)$	130.4	169.52
Sovr acc. Sism	$q_s \cdot (B4 + B5)$	130.4	



**MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO**

- Muro (Mm)			
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	(kN/m)	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	(kN/m)	101.68
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	(kN/m)	76.36
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kN/m)	866.40
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4$	(kN/m)	1044.43

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del murc			
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	(kN/m)	5686.62
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	(kN/m)	0.00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	(kN/m)	72.72
Msovr =	$Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$	(kN/m)	0.00
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kN/m)	5759.34

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del murc			
Sovr acc. Stat	$\cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$	(kNm/m)	565.94
Sovr acc. Sism	$\cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$	(kNm/m)	565.94

**INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO**

- Inerzia del muro (Ps)			
Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	51.04
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	25.52

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)			
Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	159.95
Ptsh v =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	79.97

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)			
MPs1 h =	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	(kN/m)	0.00
MPs2 h =	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kN/m)	92.63
MPs3 h =	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kN/m)	33.91
MPs4 h =	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kN/m)	16.96
MPs h =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4$	(kN/m)	143.50

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)			
MPs1 v =	$kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kN/m)	0.00
MPs2 v =	$kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kN/m)	6.30
MPs3 v =	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kN/m)	4.73
MPs4 v =	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kN/m)	53.70
MPs v =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4$	(kN/m)	64.73

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)			
MPts1 h =	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	936.78
MPts2 h =	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 h =	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	49.32
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	986.10

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)			
MPts1 v =	$kv \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	352.45
MPts2 v =	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 v =	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	5.84
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	358.28

**CONDIZIONE STATICA**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

		SLE	STR/GEO
<b>- Spinta totale condizione statica</b>			
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4)^2 \cdot ka$	(kN/m) 406.98	492.30
Sq perm =	$q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka$	(kN/m) 0.00	0.00
Sq acc =	$q \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka$	(kN/m) 70.47	110.82
<b>- Componente orizzontale condizione statica</b>			
Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m) 382.43	472.13
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 0.00	0.00
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 66.22	106.28
<b>- Componente verticale condizione statica</b>			
Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m) 139.19	139.49
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 0.00	0.00
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m) 24.10	31.40

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

		SLE	STR/GEO
MSt1 =	$Sth \cdot (H2+H3+H4)/3$	(kN/m) 1402.26	1731.13
MSt2 =	$Stv \cdot B$	(kN/m) 1057.88	1060.10
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4)/2)$	(kN/m) 0.00	0.00
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	(kN/m) 0.00	0.00
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot (H2+H3+H4)/2$	(kN/m) 364.22	584.54
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	(kN/m) 183.18	238.64

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext perm =	$mp + fp \cdot (H3 + H2) + vp \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m) 0.00	0.00
Mfext acc (Nmin) =	$m + f \cdot (H3 + H2) + v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m) 0.00	0.00
Mfext acc (Nmax) =	$m + f \cdot (H3 + H2) + v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m) 0.00	0.00

**AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE**

<b>Risultante forze verticali (N)</b>			
N perm =	$Pm + Pt + vp + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	(kN/m) 1841.31	1841.60
N acc min =	$v + Sqv \text{ acc}$	(kN/m) 0.00	31.40
N acc max =	$v + Sqv \text{ acc} + q \text{ acc}$	(kN/m) 154.50	200.92
<b>Risultante forze orizzontali (T)</b>			
T perm =	$Sth + Sqh \text{ perm} + fp$	(kN/m) 382.43	472.13
T acc =	$Sqh \text{ acc} + f$	(kN/m) 66.22	106.28
<b>Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)</b>			
MM perm =	$\Sigma M$	(kNm/m) 6459.39	6132.75
MM acc (Nmin) =	$\Sigma M$	(kNm/m) -181.04	-345.90
MM acc (Nmax) =	$\Sigma M$	(kNm/m) 384.90	389.82

**CONDIZIONE SISMICA +**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka$	(kN/m)	406.98	492.30
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas$	(kN/m)	141.80	161.74
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas$	(kN/m)	0.00	0.00
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas$	(kN/m)	89.48	106.64

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = Sst1 stat * cos $\delta$	(kN/m)	382.43	472.13
Sst1h sism = Sst1 sism * cos $\delta$	(kN/m)	133.25	155.11
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos $\delta$	(kN/m)	0.00	0.00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos $\delta$	(kN/m)	84.08	102.27

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = Sst1 stat * sen $\delta$	(kN/m)	139.19	139.49
Sst1v sism = Sst1 sism * sen $\delta$	(kN/m)	48.50	45.83
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen $\delta$	(kN/m)	0.00	0.00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen $\delta$	(kN/m)	30.60	30.22

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO
MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4)/3)	(kN/m)	1402.26	1731.13
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4)/2)	(kN/m)	732.87	853.10
MSst2 stat = Sst1v stat * B	(kN/m)	1057.88	1060.10
MSst2 sism = Sst1v sism * B	(kN/m)	368.59	348.28
MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4)/2)	(kN/m)	462.47	562.50
MSsq2 = Ssq1v * B	(kN/m)	232.59	229.64

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 = mp+ms	(kNm/m)		0.00
Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2)	(kNm/m)		0.00
Mfext3 (Nmin) = (vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2)	(kNm/m)		0.00
Mfext3 (Nmax) = (vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2)	(kNm/m)		0.00

**AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)

Nmin = Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv	(kN/m)	2025.91	2023.14
Nmax = Pm+Pt+vp+vs+Sst1v+Ssq1v+Ps v+Ptsv+q acc	(kN/m)	2025.91	2153.54

Risultante forze orizzontali (T)

T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh	(kN/m)	810.76	940.50
---	--------	--------	--------

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

MM (Nmin) = $\Sigma M$	(kNm/m)	5158.65	4588.48
MM (Nmax) = $\Sigma M$	(kNm/m)	5724.59	5154.42

**CONDIZIONE SISMICA -**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/ GEO
Sst1 stat = $0,5 \gamma \cdot (H2+H3+H4) \cdot ka$	(kN/m)	406.98	492.30
Sst1 sism = $0,5 \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	93.79	103.79
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas$	(kN/m)	0.00	0.00
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4) \cdot kas$	(kN/m)	92.44	110.04

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	382.43	472.13
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	88.13	99.53
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	86.87	105.53

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	139.19	139.49
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	32.08	29.41
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	31.62	31.18

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Condizione sismica -

		SLE	STR/ GEO
MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4)/3)$	(kNm)	1402.26	1731.13
MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4)/2)$	(kNm)	484.74	547.43
MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm)	1057.88	1060.10
MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm)	243.79	223.49
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4)/2)$	(kNm)	477.77	580.41
MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$	(kNm)	240.29	236.95

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 = $mp+ms$	(kNm/m)	0.00
Mfext2 = $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)	0.00
Mfext3 (Nmin) = $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0.00
Mfext3 (Nmax) = $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0.00

**AZIONI COMPLESSIVE SULLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)

Nmin = $Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	(kN/m)	1799.51	1796.69
Nmax = $Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv + q \text{ acc}$	(kN/m)	1929.91	1927.09

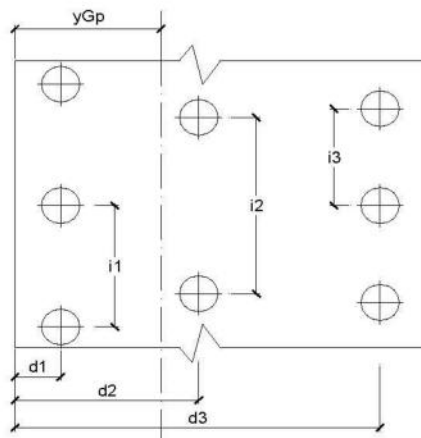
Risultante forze orizzontali (T)

T = $Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh$	(kN/m)	768.42	888.18
---	--------	--------	--------

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

MM (Nmin) = $\Sigma M$	(kNm/m)	5274.38	4758.76
MM (Nmax) = $\Sigma M$	(kNm/m)	5840.32	5324.70

**Caratteristiche della Palificata**



Fila n° 1	distanza asse bordo valle (d1)	0.80	(m)	interasse pali (i1) =	2.40	(m)
Fila n° 2	distanza asse bordo valle (d2)	3.20	(m)	interasse pali (i2) =	2.40	(m)
Fila n° 3	distanza asse bordo valle (d3)	5.60	(m)	interasse pali (i3) =	2.40	(m)

Asse Baricentrico della Palificata (yGp) = 3.200 (m)

Risultante forze verticali (Np = N)

Risultante forze orizzontali (Tp = T)

Momento rispetto al baricentro della palificata (Mp)

Mp = yGp\*Np - MM

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata SLU

caso	Np		Mp		Tp		
	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	
	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	
statico	Nmin	1841.60	31.40	-239.62	446.38	472.13	106.28
	Nmax	1841.60	200.92	-239.62	253.12		
sisma+	Nmin	2023.14		1885.57		940.50	
	Nmax	2153.54		1736.91			
sisma-	Nmin	1796.69		990.66		888.18	
	Nmax	1927.09		842.00			

Sollecitazioni sui pali SLU

caso	N pali all.1		N pali all.2		N pali all.3		T pali	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
statico	Nmin	1601.78	1498.40	1395.02			462.72	
	Nmax	1640.77	1634.02	1627.27				
sisma+	Nmin	2561.29	1618.51	675.73			752.40	
	Nmax	2591.29	1722.83	854.38				
sisma-	Nmin	1932.68	1437.36	942.03			710.54	
	Nmax	1962.68	1541.68	1120.67				

Sollecitazioni rispetto al baricentro della palificata SLE / caratteristiche

caso	Np			Mp			Tp		
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	
	Permanenti	Acc. Nmin	Acc. Nmax	Permanenti	Acc. Nmin	Acc. Nmax	Permanenti	Accidentali	
statico	rara	0.00	154.50		181.04	109.51		66.22	
	freq.	1841.31	0.00	115.8772578	-567.20	135.78	82.14	382.43	49.67
	quasi perm		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00
sisma+	Nmin	2025.91		1324.25		810.76			
	Nmax	2025.91		758.32					
sisma-	Nmin	1799.51		484.06		768.42			
	Nmax	1929.91		335.40					

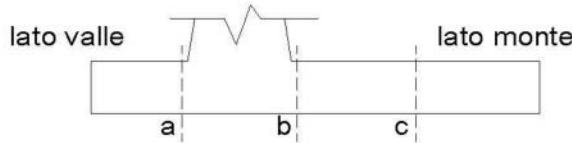
Sollecitazioni sui pali SLE/ caratteristiche

caso	N pali all.1		N pali all.2		N pali all.3		T pali		
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	Permanenti	Accidentali	
statico	rara	90.52	0.00		-90.52			52.98	
	freq.	1189.45	67.89	1473.05	0.00	1756.65	-67.89	305.95	39.73
	quasi perm		0.00	0.00		0.00		0.00	
statico	rara		178.36		123.60		68.85	52.98	
	freq.	1189.45	133.77	1473.05	92.70	1756.65	51.63	305.95	39.73
	quasi perm		0.00	0.00		0.00		0.00	
sisma+	Nmin	2282.85		1620.73		958.60			
	Nmax	1999.88		1620.73		1241.57			
sisma-	Nmin	1681.64		1439.61		1197.58			
	Nmax	1711.63		1543.93		1376.23			
						648.61			
						614.74			



Verifica allo Stato Limite Ultimo

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE



Mensola Lato Valle

$$M_a = \sum N_i \cdot (B1 - d) / i - PP \cdot (1 \pm kv) \cdot B1^2 / 2$$

$$T_a = \sum N_i / i - PP \cdot (1 \pm kv)$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

Mensola Lato Monte

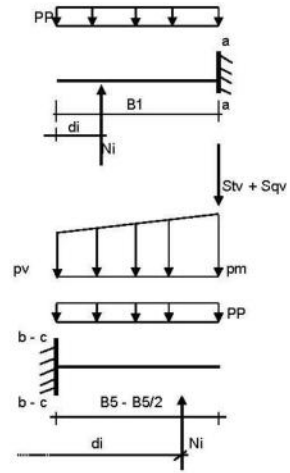
$$M_b = \sum N_i \cdot (B5 - (B-d)) / i - [PP \cdot B5^2 / 2 + p_{vb} \cdot B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) \cdot B5^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i \cdot (B5/2 - (B-d)) / i - [PP \cdot (B5/2)^2 / 2 + p_{vc} \cdot (B5/2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) \cdot (B5/2)^2 / 3] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv) \cdot B5/2$$

$$V_b = \sum N_i / i - [PP \cdot B5 + p_{vb} \cdot B5 + (p_m - p_{vb}) \cdot B5] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv)$$

$$V_c = \sum N_i / i - [PP \cdot (B5/2) + p_{vc} \cdot (B5/2) + (p_m - p_{vc}) \cdot (B5/2)] \cdot (1 \pm kv) - (Stv + Sqv)$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola



Peso Proprio	PP	=	30.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	pm	=	205.80	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvb	=	205.80	(kN/m <sup>2</sup> )
	pvc	=	205.80	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Va	Mb	Vb	Mc	Vc
	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
statico	-5.05	-17.40	-1953.40	-384.81	-995.48	-299.39
sisma+	-5.36	-18.48	-3610.71	-767.09	-1498.77	-687.72
sisma-	-4.73	-16.32	-2664.25	-540.20	-1207.76	-473.33

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$M_{t\text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a\text{ orizz}} \cdot \gamma^2 (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t\text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^2 (K_{a\text{ s orizz}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a\text{ orizz}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad o \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a\text{ orizz}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{est}} = m + f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \Sigma P_m \cdot b \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_{\text{est}} = v$$

$$N_{\text{pp-inerzia}} = \Sigma P_m \cdot (1 \pm kv)$$

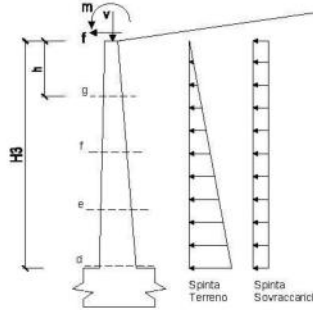
$$V_{t\text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a\text{ orizz}} \cdot \gamma^2 (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_{t\text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^2 (K_{a\text{ s orizz}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a\text{ orizz}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a\text{ orizz}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{est}} = f$$

$$V_{\text{inerzia}} = \Sigma P_m \cdot kh$$



**condizione statica**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>est</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>est</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.80	1224.13	463.96	0.00	1688.09	0.00	183.75	183.75
e-e	7.35	516.43	260.98	0.00	777.41	0.00	126.33	126.33
f-f	4.90	153.02	115.99	0.00	269.01	0.00	76.56	76.56
g-g	2.45	19.13	29.00	0.00	48.12	0.00	34.45	34.45

sezione	h	Vt	Vq	V <sub>est</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.80	374.73	94.69	0.00	469.42
e-e	7.35	210.79	71.01	0.00	281.80
f-f	4.90	93.68	47.34	0.00	141.03
g-g	2.45	23.42	23.67	0.00	47.09

**condizione sismica +**

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>est</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>est</sub>	N <sub>pp-inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.80	1224.13	629.03	446.47	0.00	99.21	2398.84	0.00	195.14	195.14
e-e	7.35	516.43	265.37	251.14	0.00	52.32	1095.26	0.00	134.16	134.16
f-f	4.90	153.02	78.63	111.62	0.00	21.70	364.96	0.00	81.31	81.31
g-g	2.45	19.13	9.83	27.90	0.00	5.04	61.90	0.00	36.59	36.59

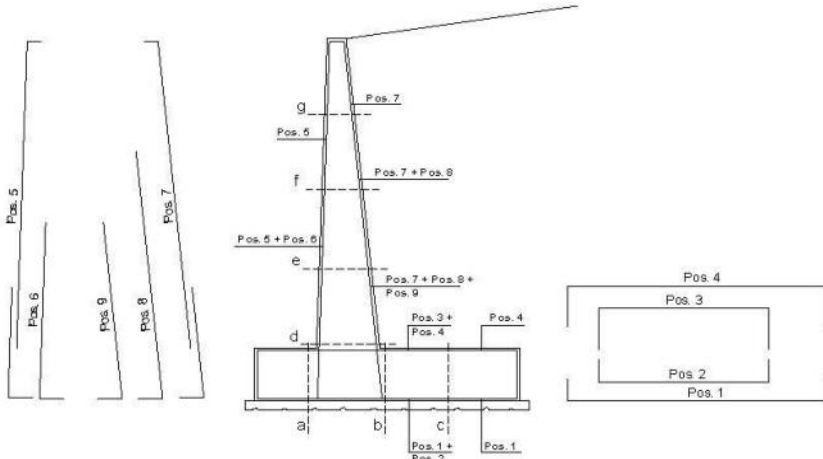
sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sism</sub>	Vq	V <sub>est</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.80	374.73	128.37	91.12	0.00	22.78	617.00
e-e	7.35	210.79	72.21	68.34	0.00	15.66	367.00
f-f	4.90	93.68	32.09	45.56	0.00	9.49	180.83
g-g	2.45	23.42	8.02	22.78	0.00	4.27	58.49

**condizione sismica -**

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>est</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>est</sub>	N <sub>pp-inerzia</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.80	1224.13	403.65	460.68	0.00	99.21	2187.67	0.00	172.36	172.36
e-e	7.35	516.43	170.29	259.13	0.00	52.32	998.17	0.00	118.50	118.50
f-f	4.90	153.02	50.46	115.17	0.00	21.70	340.34	0.00	71.82	71.82
g-g	2.45	19.13	6.31	28.79	0.00	5.04	59.26	0.00	32.32	32.32

sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sism</sub>	Vq	V <sub>est</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	9.80	374.73	82.38	94.02	0.00	22.78	573.91
e-e	7.35	210.79	46.34	70.51	0.00	15.66	343.30
f-f	4.90	93.68	20.59	47.01	0.00	9.49	170.78
g-g	2.45	23.42	5.15	23.50	0.00	4.27	56.34

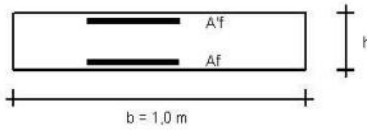
**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**ARMATURE**

pos	n°/ml	φ	Il strato	pos	n°/ml	φ	Il strato
1	10.0	24		5	10.0	24	
2	10.0	24	☑	6	0.0	12	☐
3	10.0	24	☑	7	10.0	24	
4	10.0	24		8	5.0	24	☑
				9	0.0	20	☐

**VERIFICHE**



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu	Mu/M
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(-)
a - a	-5.36	0.00	1.20	90.48	90.48	3792.14	707.65
b - b	-3610.71	0.00	1.20	90.48	90.48	3792.14	1.05
c - c	-1498.77	0.00	1.20	45.24	45.24	1965.59	1.31
d - d	2398.84	195.14	1.00	67.86	45.24	2444.66	1.02
e - e	1085.26	134.16	0.88	67.86	45.24	2077.69	1.91
f - f	364.96	81.31	0.75	67.86	45.24	1720.83	4.72
g - g	61.90	36.59	0.63	45.24	45.24	957.24	15.46

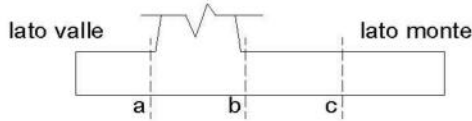
(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Sez.	V <sub>Ed</sub>	h	V <sub>rd</sub>	σ staffe	i orizz.	i vert.	θ	V <sub>Rsd</sub>	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	18.48	1.20	573.13	10	20	20	21.8	1988.04	Armatura a taglio non necessaria
b - b	767.09	1.20	573.13	10	20	20	21.8	1988.04	Sezione verificata
c - c	687.72	1.20	454.90	10	20	20	21.8	1988.04	Sezione verificata
d - d	617.00	1.00	499.78	10	20	20	21.8	1642.29	Sezione verificata
e - e	367.00	0.88	458.46	10	20	20	21.8	1426.20	Armatura a taglio non necessaria
f - f	180.83	0.75	416.40	10	20	20	21.8	1210.11	Armatura a taglio non necessaria
g - g	58.49	0.63	326.55	10	20	20	21.8	994.02	Armatura a taglio non necessaria



**VERIFICA A FESSURAZIONE**

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**



**Mensola Lato Valle**

$$M_a = \sum N_i (B1 - d_i) / l_i - PP (1 \pm kv) B1^2 / 2$$

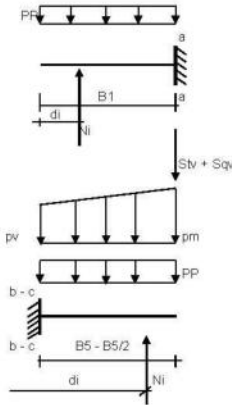
$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola

**Mensola Lato Monte**

$$M_b = \sum N_i (B5 - (B-d)) / l_i - [PP B5^2 / 2 + p_{vb} B5^2 / 2 + (p_m - p_{vb}) B5^2 / 3] (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B5$$

$$M_c = \sum N_i (B5/2 - (B-d)) / l_i - [PP (B5/2)^2 / 2 + p_{vc} (B5/2)^2 / 2 + (p_m - p_{vc}) (B5/2)^2 / 3] (1 \pm kv) - (St_v + Sq_v) \cdot B5/2$$

$\Sigma$  estesa a tutti i pali presenti sulla mensola



Peso Proprio	PP	=	30.00	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>m</sub>	=	205.80	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vb</sub>	=	205.80	(kN/m <sup>2</sup> )
	p <sub>vc</sub>	=	205.80	(kN/m <sup>2</sup> )

caso	Ma	Mb	Mc
	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
FR	-5.05	-1432.82	-849.03
Q.P.	-5.05	-1319.10	-820.46

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

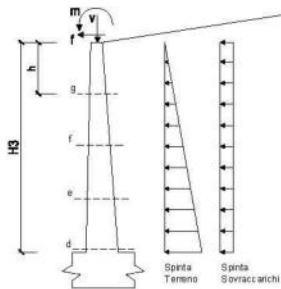
**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{eff}} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot \tan^2 \alpha$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{eff}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m \cdot f \cdot h$$

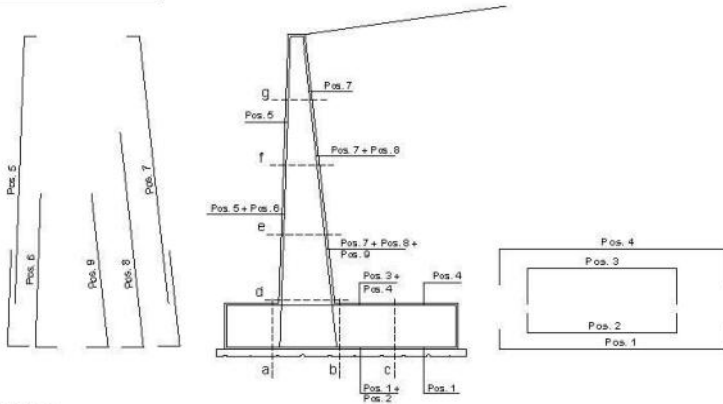
$$N_{ext} = v$$



sezione	condizione Frequente							
	h [m]	M <sub>t</sub> [kNm/m]	M <sub>q</sub> [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>sp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	9.80	991.58	216.82	0.00	1208.40	0.00	183.75	183.75
e-e	7.35	418.32	121.96	0.00	540.28	0.00	126.33	126.33
f-f	4.90	123.95	54.20	0.00	178.15	0.00	76.56	76.56
g-g	2.45	15.49	13.55	0.00	29.04	0.00	34.45	34.45

sezione	condizione Quasi Permanente							
	h [m]	M <sub>t</sub> [kNm/m]	M <sub>q</sub> [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>sp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	9.80	991.58	0.00	0.00	991.58	0.00	183.75	183.75
e-e	7.35	418.32	0.00	0.00	418.32	0.00	126.33	126.33
f-f	4.90	123.95	0.00	0.00	123.95	0.00	76.56	76.56
g-g	2.45	15.49	0.00	0.00	15.49	0.00	34.45	34.45

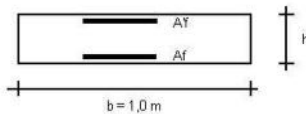
**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**ARMATURE**

pos	n°/ml	∅	II strato	pos	n°/ml	∅	II strato
1	10.0	24		5	10.0	24	
2	10.0	24	☑	6	0.0	12	☐
3	10.0	24	☑	7	10.0	24	
4	10.0	24		8	5.0	24	☑
				9	0.0	20	☐

**VERIFICHE**



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

**condizione Frequente**

Sez.	M	N	h	Af	AT	σ <sup>c</sup>	σ <sup>t</sup>	w <sub>k</sub>	w <sub>lim</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	-5.05	0.00	1.20	90.48	90.48	0.02	0.56	0.000	0.300
b - b	-1432.82	0.00	1.20	90.48	90.48	4.87	159.81	0.129	0.300
c - c	-849.03	0.00	1.20	45.24	45.24	3.96	176.00	0.155	0.300
d - d	1208.40	183.75	1.00	67.86	45.24	7.00	203.87	0.182	0.300
e - e	540.28	126.33	0.88	67.86	45.24	3.94	104.32	0.073	0.300
f - f	178.15	76.56	0.75	67.86	45.24	1.72	39.48	0.025	0.300
g - g	29.04	34.45	0.63	45.24	45.24	0.43	9.08	0.006	0.300

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

**condizione Quasi Permanente**

Sez.	M	N	h	Af	AT	σ <sup>c</sup>	σ <sup>t</sup>	w <sub>k</sub>	w <sub>lim</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	-5.05	0.00	1.20	90.48	90.48	0.02	0.56	0.000	0.200
b - b	-1319.10	0.00	1.20	90.48	90.48	4.48	147.13	0.116	0.200
c - c	-820.46	0.00	1.20	45.24	45.24	3.82	170.08	0.149	0.200
d - d	991.58	183.75	1.00	67.86	45.24	5.77	165.14	0.140	0.200
e - e	418.32	126.33	0.88	67.86	45.24	3.08	78.92	0.052	0.200
f - f	123.95	76.56	0.75	67.86	45.24	1.22	25.97	0.016	0.200
g - g	15.49	34.45	0.63	45.24	45.24	0.25	3.46	0.002	0.200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kPa]	pl [kPa]	KsD [kPa]	Descrizione
materiale 1	21.00	25.00	30	500	30000	
materiale 2	21.00	25.00	30	500	30000	
materiale 3	21.00	25.00	30	500	30000	
materiale 4	21.00	25.00	30	500	40000	

peso specifico acqua                      **9.81**    [kN/m<sup>3</sup>]

azioni sismiche     $a_g/g$     0.233    (-)                       $S_z$     1.4                       $k_h$     0.1240    (-)  
 $\beta_s$                       0.38                       $S_T$     1                       $k_v$     0.0620    (-)

x muro    100    (m)                      y muro    100    (m)

p.c. valle		p.c. monte		superficie 1		superficie 2		superficie 3		falda	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	100.000	102.700	0	101.080	111.000	0	89.230	97.150	0	70.000	90.000
1	98.550	102.700	1	140.000	111.000	1	140.000	100.000	1	140.000	100.000
2	89.230	99.308	2			2			2		
3	81.250	96.403	3			3			3		
4	70.000	92.309	4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		

alfa    20

**Sovraccarichi**

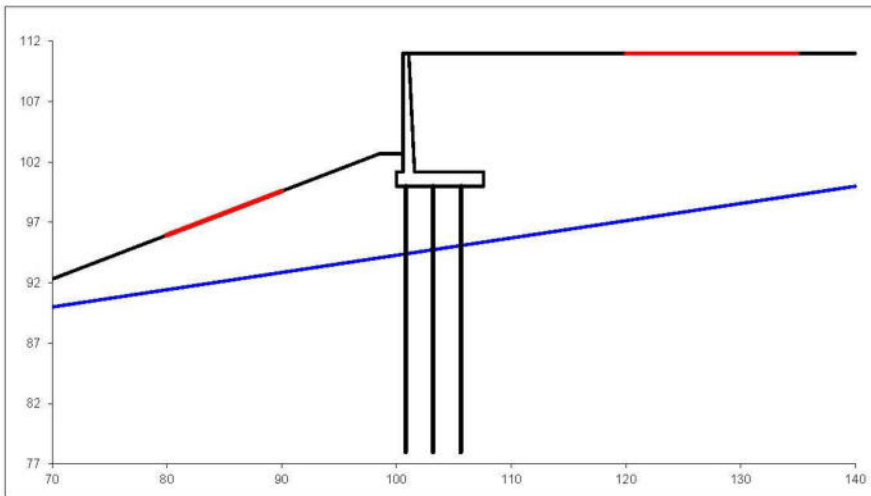
	$x_{in}$	$q_{in}$	$x_{fn}$	$q_{fn}$	% sisma
sovraccarico 1	102	20	110	20	0%
sovraccarico 2					

**Limiti ricerca superfici**

Xa	80	Xc	120	alfa min	30	# superfici massimo	1331
Xb	90	Xd	135	alfa max	70		
n1	10	n2	10	n alfa	10		

**Caratteristiche dei pali**

Lunghezza pali                    **22.00**    m  
 Diametro pali                    **0.80**    m  
 Rigidezza EI                    **603185.79** kN m<sup>2</sup>  
 Momento di plasticizzazione    **1000.00** kN m  
 Taglio ultimo pali                **750.00**    kN



<b>#strisce</b>
30

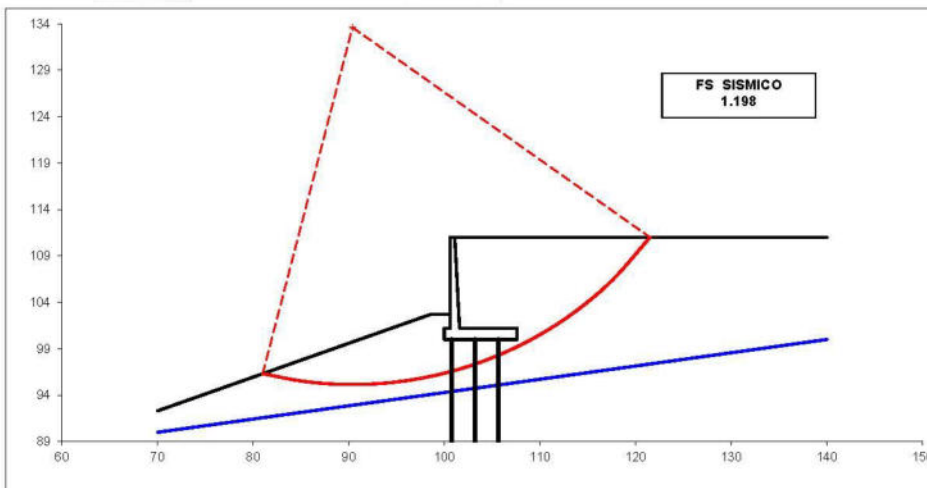
<b># Superfici Calcolate</b>	<b>FS Bishop</b>	
	<b>STATICO</b>	1.842
775	<b>SISMICO</b>	1.198

**Condizione di Carico**

SISMICA ▼

**# superfici da disegnare**

1 ▼



#### **4.2.1 CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE**

Nel paragrafo seguente viene illustrato il calcolo della capacità portante verticale in compressione dei pali di fondazione del muro in calcestruzzo prendendo in considerazione l'involuppo SLU SLV.

PROGETTAZIONE ATI:

**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI MEDIO DIAMETRO**

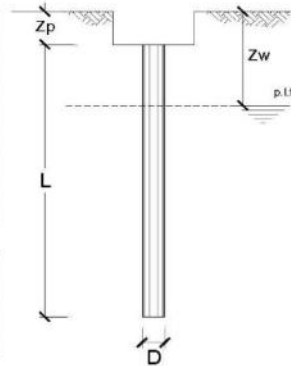
**CANTIERE:**

**OPERA:**

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)	Area del Palo (A <sub>p</sub> ):	0.503	(m <sup>2</sup> )
Quota testa Palo dal p.c. (z <sub>p</sub> ):	2.00	(m)	Quota falda dal p.c. (z <sub>a</sub> ):	2.00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	1	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	1	(kN)
Numero di strati	3		L <sub>palo</sub> =	14.00	(m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>trac</sub>	
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A	prog.
ξ <sub>b</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ <sub>a</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	PARAMETRI MEDI			
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	c <sub>med</sub> (kPa)	φ <sub>med</sub> (°)	c <sub>u,med</sub> (kPa)
1	2.00	R	21.00	0.0	28.0	
2	8.00	AC_alt	20.00	0.0	30.0	
3	4.00	AC	20.00	0.0	35.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.53	0.53		
0.50	0.58		
0.43	0.70		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)			
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	c <sub>min</sub> (kPa)	φ <sub>min</sub> (°)	c <sub>u,min</sub> (kPa)
1	2.00	R	21.00	0.00	28.00	0.00
2	8.00	AC_alt	20.00	0.00	30.00	0.00
3	4.00	AC	20.00	0.00	35.00	0.00

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.53	0.53		0.00
0.50	0.58		0.00
0.43	0.70		0.00

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)				
			Qs <sub>i</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>b</sub> m (kN)	Qs <sub>i</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)
1	2.00	R	75.1				75.1				
2	8.00	AC_alt	603.6				603.6				
3	4.00	AC	492.3	57.59	0.00	10596.2	5326.2	492.3	57.59	0.00	10596.2

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$$

**N<sub>d</sub> = 2.0 (kN)**

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

base **R<sub>b,cal med</sub> = 5326.2 (kN)**

laterale **R<sub>s,cal med</sub> = 1171.1 (kN)**

totale **R<sub>c,cal med</sub> = 6497.3 (kN)**

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

base **R<sub>b,cal min</sub> = 5326.2 (kN)**

laterale **R<sub>s,cal min</sub> = 1171.1 (kN)**

totale **R<sub>c,cal min</sub> = 6497.3 (kN)**

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_b; R_{b,cal min}/\xi_b) = 3133.1 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_s; R_{s,cal min}/\xi_s) = 688.9 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3821.9 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 2919.8 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 1459.90$$

#### **4.2.2 VERIFICA A CARICHI ORIZZONTALI DEI PALI DI FONDAZIONE**

La verifica di capacità portante orizzontale verrà condotta confrontando la massima azione di taglio sulla palificata con la somma delle capacità portanti orizzontali dei singoli pali, trascurandone l'interazione. Tale verifica viene condotta con l'azione massima di progetto risultante dalle analisi. Si riportano quindi i valori di resistenza ottenuti e la conseguente verifica. Si specifica che nel presente caso si è considerato cautelativamente uno sforzo assiale sui pali nullo, per il quale risulta una resistenza del palo  **$H_d=387.65$  kN**.



**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI**  
**PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

**OPERA:**

**TEORIA DI BASE:**  
(Broms, 1964)

coefficienti parziali		A		M	R	
		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_R$	$\gamma_T$	
S.L.U.	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	≥10	I.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**Palo corto:**  $H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$

**Palo intermedio:**  $H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$

**Palo lungo:**  $H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$

**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo	d =	0.80	(m)	
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	1000.00	(kN m)	
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med}$ =	28.00	(°)	$\varphi'_{min}$ = 28.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	28.00	(°)	$\varphi'_{min,d}$ = 28.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin\varphi')/(1 - \sin\varphi')$ )	$k_{p,med}$ =	2.77	(-)	$k_{p,min}$ = 2.77 (-)
Peso di unità di volume	$\gamma$ =	21.00	(kN/m³)	
Carico Orizzontale Permanente (G):	G =	270	(kN)	
Carico Orizzontale Variabile (Q):	Q =	0	(kN)	

**Palo corto:**

$H1_{med}$ =	33783.02	(kN)		$H1_{min}$ =	33783.02	(kN)
--------------	----------	------	--	--------------	----------	------

**Palo intermedio:**

$H2_{med}$ =	11306.46	(kN)		$H2_{min}$ =	11306.46	(kN)
--------------	----------	------	--	--------------	----------	------

**Palo lungo:**

$H3_{med}$ =	856.72	(kN)		$H3_{min}$ =	856.72	(kN)
--------------	--------	------	--	--------------	--------	------

$H_{med}$  = 856.72 (kN)    palo lungo     $H_{min}$  = 856.72 (kN)    palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) =$  503.95 (kN)

$H_d = H_k / \gamma_T =$  387.65 (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$  270.00 (kN)

$FS = H_d / F_d =$  1.44

### 4.2.3 VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI

Nel seguente paragrafo si mostrano le verifiche a flessione e taglio eseguite sui pali di fondazione delle spalle. Il modello adottato è quello di Winkler e le verifiche possono essere sintetizzate nelle due seguenti condizioni:

$$V_{max} \leq V_{rd}$$

$$\frac{V_{max} \lambda}{2} \leq M_{rd}$$

dove:

- $V_{rd}$ : taglio resistente del palo, la cui armatura trasversale è costituita da una **spirale  $\theta$  10 passo 20 cm**;
- $M_{rd}$ : momento resistente del palo, la cui armatura longitudinale è costituita da **20  $\theta$  24**;
- $V_{max} \lambda / 2$ : momento sollecitante secondo Winkler.

La lunghezza caratteristica  $\lambda$  è stata valutata mediante la seguente espressione:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{4EI}{k_h D}}$$

dove:

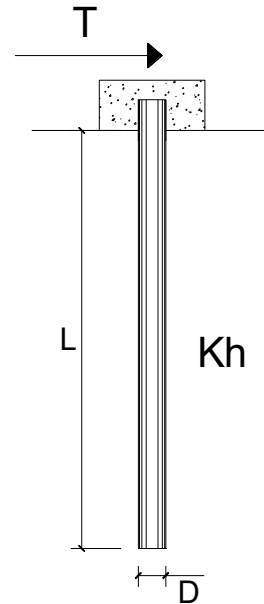
- I: momento di inerzia del palo;
- E: modulo di rigidezza del castruzzo;
- D: diametro del palo;
- $K_h$ : costante di sottofondo.

**PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI**

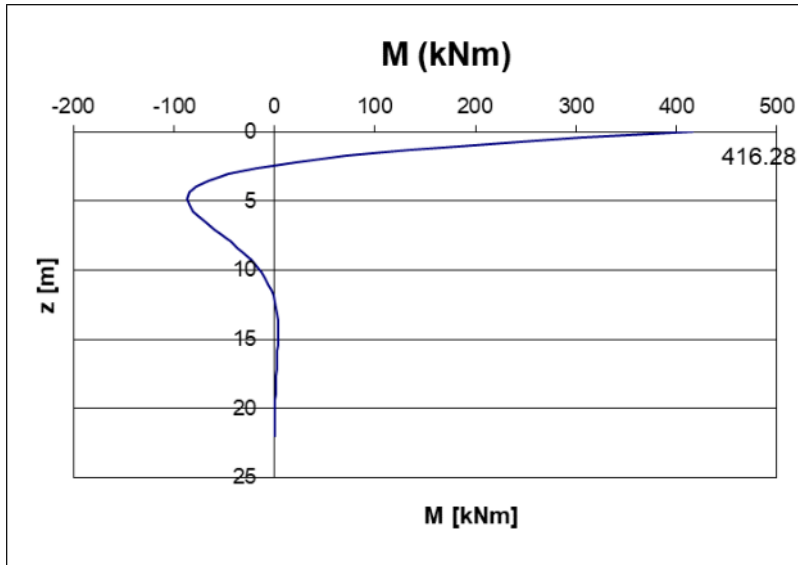
**OPERA:**

**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo (D):	0.8	(m)	
Coefficiente di reazione laterale ( $k_h$ ):	35	(N/cm <sup>3</sup> )	
Forza orizzontale agente (T):	270	(kN)	
f <sub>ck</sub> del calcestruzzo:	25.0	(MPa)	
f <sub>cm</sub> del calcestruzzo:	33.0	(MPa)	
E <sub>cls</sub> (E = 22000(f <sub>cm</sub> /10) <sup>0.3</sup> ):	31476	(MPa)	
J (J = $\pi \cdot D^4 / 64$ ):	2010619	(cm <sup>4</sup> )	6.329E+10
$\lambda$ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$ ):	308.36	(cm)	



z	y(z)	p(z)	$\alpha(z)$	M(z)	T(z)
Prof.	Spost.	Press. Lat.	Rotaz.	Mom. Flett.	Taglio
(m)	(cm)	(N/cm <sup>2</sup> )	(rad)	(kNm)	(kN)
0.00	0.313	10.95	0.00000	416.280	-270.000
0.44	0.307	10.74	-0.00025	305.929	-231.716
0.88	0.292	10.21	-0.00043	212.174	-194.757
1.32	0.270	9.45	-0.00055	134.204	-160.097



Di seguito si riportano le verifiche a taglio e a presso-flessione.

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo\_nuovo

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

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 40 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 20  
 Diametro barre: 2.4 [cm]  
 Coprifero (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 416.28 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  Retta  Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

B450C C30/37

ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200'000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 17 N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11.5 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0.6933  
 τ<sub>c1</sub>: 2.029

M<sub>xRd</sub>: 1'009 kNm

σ<sub>c</sub>: -17 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 8.662 ‰  
 d: 74 cm  
 x: 21.3 x/d: 0.2878  
 δ: 0.7997

**Taglio resistente nelle sezioni con armatura trasversale a taglio**

Taglio agente V<sub>Ed</sub> = 270 kN

Altezza della sezione	h = 708.982 mm	
Coprifero della sezione	δ = 67 mm	
Altezza utile della sezione	d = 641.982 mm	
Diametro delle staffe	d <sub>w</sub> = 10 mm	
Numero di braccia	n <sub>w</sub> = 2	
Area totale staffe	A <sub>sw</sub> = 157.00 mm <sup>2</sup>	
Passo delle staffe	s = 200 mm	
Inclinazione delle staffe	α = 90 deg	
Inclinazione delle bielle compresse	θ = 25 deg	cot(θ) = 2.15
Larghezza minima della sezione	b <sub>w</sub> = 708.982 mm	
Coeff. maggiorativo per sezioni compresse	α <sub>c</sub> = 1.2	

Resistenza di calcolo a "taglio-trazione" V<sub>Rsd</sub> = 380.6 kN  $V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$

Resistenza di calcolo a "taglio-comprensione" V<sub>Rcd</sub> = 1328.3 kN  $V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$

Resistenza a taglio della sezione V<sub>Rd</sub> = 380.6 kN  $V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$

Esito della verifica **soddisfatta**

Le verifiche risultano soddisfatte.

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:

PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI: