

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte"  
con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"  
LOTTO 1 - Dallo svincolo n. 1 sulla S.S. 115 (compreso) allo svincolo n. 3 sulla S.P. 5 (escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA895**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI - GDG - ICARIA - OMNISERVICE**

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco Leonardi  
Ordine dei Geologi della Regione Lazio n° 1541

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Ambrogio Signorelli  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° A35111

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

**Sintagma**  
Dott. Ing. N. Granieri  
Dott. Ing. F. Durastanti  
Dott. Ing. V. Truffini  
Dott. Arch. A. Bracchini  
Dott. Ing. L. Nani  
Dott. Ing. M. Abram  
Dott. Ing. F. Pambianco  
Dott. Ing. M. Briganti Botta  
Dott. Ing. L. Gagliardini  
Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

**GP INGEGNERIA**  
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA s.r.l.  
Dott. Ing. G. Guiducci  
Dott. Ing. A. Signorelli  
Dott. Ing. E. Moscatelli  
Dott. Ing. A. Belà  
**cooprogetti**  
Dott. Arch. E. A. E. Crimi  
Dott. Ing. M. Panfilì  
Dott. Arch. P. Ghirelli  
Dott. Ing. D. Pelle  
**GEOTECHNICAL DESIGN GROUP**  
Dott. Ing. D. Carlacchini  
Dott. Ing. S. Sacconi  
Dott. Ing. C. Consorti  
**ICARIA**  
società di ingegneria  
Dott. Ing. V. Rotisciani  
Dott. Ing. G. Pulli  
Dott. Ing. F. Macchioni  
**OMNISERVICE**  
ENGINEERING  
Dott. Ing. P. Agnello  
Dott. Ing. G. Lucibello  
Dott. Arch. G. Guastella  
Dott. Geol. M. Leonardi  
Dott. Ing. G. Parente  
Dott. Ing. L. Ragnacci  
Dott. Arch. A. Strati  
Archeol. M. G. Liseno  
Dott. Ing. F. Aloe  
Dott. Ing. A. Salvemini  
Dott. Ing. G. Verini Supplizi  
Dott. Ing. V. Piunno  
Geom. C. Sugaroni

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:

**Dott. Ing. Danilo PELLE**  
Iscrizione all'Albo n° A 3536  
alla Sezione degli Ingegneri (Sez. A)  
- Settore civile e ambientale  
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

**OPERE DI SOSTEGNO**

**MURI IN C.A. - Muro di sostegno dal km 5+959 al km 6+101 - Carr. SX**  
Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T01OS07STRRE01B		
L O 4 0 8 Z	E	2 1 0 1	CODICE ELAB. T 0 1 O S 0 7 S T R R E 0 1	B	-
D					
C					
B	REVISIONE A SEGUITO DI RAPPORTO DI VERIFICA	NOVEMBRE 2021	RAGNACCI	PELLE	GRANIERI
A	EMISSIONE	GIUGNO 2021	RAGNACCI	PELLE	GRANIERI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	4
2.3	SOFTWARE UTILIZZATI .....	4
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>5</b>
3.1	CALCESTRUZZO .....	5
3.2	ACCIAIO .....	7
<b>4</b>	<b>VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>OPERE DI SOSTEGNO - MURI</b> .....	<b>9</b>
5.1	COMBINAZIONI DI CARICO .....	9
5.2	AZIONI DI CALCOLO .....	10
5.2.1	Peso proprio della struttura .....	10
5.2.2	Peso del terreno a monte dell'opera .....	11
5.2.3	Spinta del carico variabile stradale .....	11
5.2.4	Spinta statica del terreno a monte del muro .....	11
5.2.5	Incremento di spinta sul muro dovuto al sisma .....	12
5.2.6	Azione dei veicoli in svio .....	14
<b>6</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI</b> .....	<b>15</b>
6.1	VERIFICA A RIBALTAMENTO .....	15
6.2	VERIFICA A SCORRIMENTO .....	16
6.3	CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	16
6.4	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE .....	18
6.5	VERIFICA STRUTTURALI DEL MURO .....	21

<b>7</b>	<b>DATI GENERALI DI CALCOLO</b> .....	<b>22</b>
<b>7.1</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	<b>22</b>
<b>7.2</b>	<b>INPUT DI CALCOLO</b> .....	<b>24</b>
7.2.1	DATI DI CALCOLO .....	24
7.2.2	COEFFICIENTI PARZIALI .....	25
7.2.3	DATI GEOMETRICI MURO H=6.00m.....	26
7.2.4	DATI GEOMETRICI MURO H=5.00m.....	27
7.2.5	DATI GEOMETRICI MURO H=4.50M .....	28
<b>7.3</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AMMASSO</b> .....	<b>29</b>
<b>7.4</b>	<b>AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>29</b>
<b>7.5</b>	<b>CORDOLO BARRIERA DI SICUREZZA</b> .....	<b>30</b>
<b>7.6</b>	<b>RISULTATI VERIFICHE MURO H=6M</b> .....	<b>40</b>
7.6.1	Verifiche geotecniche .....	40
7.6.2	Verifiche strutturali.....	57
7.6.3	Verifiche tensionali .....	65
<b>7.7</b>	<b>RISULTATI VERIFICHE MURO H=5.00M</b> .....	<b>66</b>
7.7.1	Verifiche geotecniche .....	66
7.7.2	Verifiche strutturali.....	84
7.7.3	Verifiche tensionali .....	91
<b>7.8</b>	<b>RISULTATI VERIFICHE MURO H=4.5M</b> .....	<b>92</b>
7.8.1	Verifiche geotecniche .....	92
7.8.2	Verifiche strutturali.....	110
7.8.3	Verifiche tensionali .....	118

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il calcolo ed il dimensionamento del muro dal km 5+962 al km 6+097 previsti relativi alla progettazione del Lotto 1 del "Collegamento autostradale Ragusa-Catania: ammodernamento a n° 4 corsie della s.s. 514 "di Chiaromonte" e della s.s. 194 Ragusana dallo svincolo con la s.s. 115 allo svincolo con la s.s. 114", lotto funzionale dal Km 0 al Km 17+911.01 (lotto 1).

I muri in oggetto vengono realizzati mediante paramenti in c.a. con pannello in pietra locale e presentano una fondazione di tipo diretta.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata determinate dall'interazione terreno – struttura con l'aggiunta dei sovraccarichi stradali e delle azioni sismiche derivanti dall'applicazione della Normativa D.M. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni. Le verifiche eseguite nel presente elaborato fanno riferimento allo stesso D.M. del 2008.

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento, nelle fasi di calcolo e progettazione, è la seguente:

- D.M. 14 gennaio 2008 – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare n.ro 617 del 2 febbraio 2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- UNI EN 1992-1-1:2005: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – parte 1 – Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;
- Model Code 1990, CEB-FIP.

### 2.2 **DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Per il progetto delle opere in esame si è fatto riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

- Relazione geologica;
- Relazione Geotecnica Generale;
- Profilo Geologico;
- Profilo Geotecnico;
- Sezioni Geologiche.

### 2.3 **SOFTWARE UTILIZZATI**

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito indicati:

- Microsoft Excel (fogli di calcolo proprietari per i muri a fondazione diretta);
- MDC Geostru (versione 2021) per le verifiche muri su pali.
- Slope Geostru (versione 2021) per le analisi di stabilità globale muri su pali.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Salvo indicazioni diverse espressamente indicate negli elaborati grafici, per la realizzazione delle opere di sostegno in oggetto sono previsti i materiali di seguito descritti.

Il copriferro è stato determinato facendo riferimento al C. 4.1.6.1.3 NTC2008.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \text{MAX} (c_{min,b} ; c_{min,dur} ; 10 \text{ mm})$$

CLASSE STRUTTURALE E DI ESPOSIZIONE	S4	XA2
Tolleranza di esecuzione relativa al copriferro $\Delta c_{dev}$	10 mm	
Copriferro minimo del garantire l'aderenza $c_{min,b}$	24 mm	
Copriferro minimo per garantire la durabilità $c_{min,dur}$	25 mm	
Copriferro minimo adottato $c_{min}$	25 mm	
Copriferro nominale $c_{nom}$	35 mm	

#### CLASSI DI ESPOSIZIONE XA (UNI 11104-2004)

Classe di esp.	Terreno		Max a/c	Min $R_{28}$ (MPa)	Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Copr. (mm)
	Acidità (Bauman Gully)	Ione SO <sub>4</sub> (mg/kg)				
XA1	> 200	> 2000 < 3000	0.55	35	320	25
XA2	--	> 3000 < 12000	0.50	40	340	25
XA3	--	> 12000 < 24000	0.45	45	360	25

#### 3.1 CALCESTRUZZO

##### Magrone di pulizia e livellamento (non strutturale)

- Classe di resistenza C12/15

##### Elevazione muri e pannelli prefabbricati

- Classe di resistenza C32/40
- Resistenza a compressione caratteristiche  $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.30 \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.70 f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
- Classe di consistenza Slump S4

**RELAZIONE DI CALCOLO**

- Max dimensione dell'aggregato 25 mm
- Classe di esposizione XA2
- Copriferro 40 mm

**Fondazioni e cordoli di testata**

- Classe di resistenza C32/40
- Resistenza a compressione caratteristiche  $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.30 \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.70 f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
- Classe di consistenza Slump S4
- Max dimensione dell'aggregato 30 mm
- Classe di esposizione XA2
- Copriferro 40 mm

**Pali di fondazione**

- Classe di resistenza C32/40
- Resistenza a compressione caratteristiche  $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.30 \sqrt[3]{f_{ck}^2} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.70 f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
- Classe di consistenza Slump S4
- Max dimensione dell'aggregato 25 mm
- Classe di esposizione XA2
- Copriferro 60 mm

### 3.2 ACCIAIO

#### Acciaio per armature ordinarie

- Tipo B450C
- Tensione caratteristica  $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- Tensione di snervamento di calcolo  $f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$
- Modulo elastico  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

#### 4 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Al punto 2.4.1 delle NTC2008, la vita nominale di un'opera strutturale VN viene definita "come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata".

La costruzione in oggetto è classificabile, secondo il DM 2008, come "Opera ordinaria, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale", per la quale viene prevista una vita nominale  $\geq 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è definita di Classe IV, ossia afferente a "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica."

In virtù di quanto affermato, il periodo di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche risulta dal prodotto della vita nominale per la classe d'uso:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2.0 = 100 \quad \text{anni}$$

cui compete un valore del tempo di ritorno pari a:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{100}{\ln(1 - 0.10)} = 949 \quad \text{anni.}$$

## 5 OPERE DI SOSTEGNO - MURI

### 5.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche dei muri sono state considerate le sollecitazioni risultanti dalle azioni applicate direttamente sull'opera proveniente dalla spinta delle terre e gli eventuali carichi dovuti al traffico.

Le combinazioni di calcolo sono state effettuate secondo quanto disposto dal D. M. 14.01. 2008; in particolare sono state considerate:

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{12} \cdot Q_{k2} + \psi_{13} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione quasi permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

La normativa prevede che i diversi set di coefficienti di sicurezza parziali siano scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti ed alternativi definiti, rispettivamente, dalla normativa: "Approccio 1" ed "Approccio 2".

Nella presente progettazione si è adottato l'Approccio 1 che prevede due diverse combinazioni di set di coefficienti: la prima combinazione risulta più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno; la seconda combinazione risulta più gravosa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Le combinazioni sono le seguenti:

Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)

Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO).

Le verifiche geotecniche nei confronti delle azioni sismiche sono effettuate impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto con i valori dei coefficienti parziali dell'Approccio 1, Combinazione 2 e ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

**RELAZIONE DI CALCOLO**

I coefficienti parziali di sicurezza delle azioni, adottati nelle combinazioni, sono differenti a seconda che le azioni si debbano combinare per verifiche strutturali o geotecniche (rispettivamente A1, A2 e EQU).

Tabella 5.1: Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

		Coefficiente parziale $\gamma_F$	EQU <sup>1</sup>	A1 (STR)	A2 (GEO)
carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
carichi perm. non strutturali <sup>2</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
carichi da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00 <sup>3</sup>	1.00 <sup>4</sup>	1.00
ritiro, viscosità, $\Delta T$ , cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20	1.00

<sup>1</sup> se l'equilibrio non coinvolge il terreno, altrimenti si applica GEO

<sup>2</sup> se risultano compiutamente definiti si possono considerare permanenti

<sup>3</sup> 1.30 per instabilità delle strutture precomprese

<sup>4</sup> 1.20 per effetti locali

Ai fini delle verifiche delle fondazioni, sono definiti dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici (M1 ed M2) riassunte di seguito:

Tabella 5.2: Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici

		Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\text{tang } \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.0	1.0

Le opere in oggetto presentano una fondazione diretta, per cui deve essere effettuata la verifica di equilibrio di corpo rigido (EQU).

## 5.2 AZIONI DI CALCOLO

### 5.2.1 Peso proprio della struttura

Il peso dei vari elementi strutturali sono stati calcolato considerando:

Peso specifico calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$

### 5.2.2 Peso del terreno a monte dell'opera

Sulla platea di fondazione a monte viene considerato il peso del terreno di riempimento che in questo caso è costituito dal materiale del rilevato stradale le cui caratteristiche sono:

- Peso per unità di volume è pari a  $\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$ .
- Angolo di attrito pari a  $\varphi = 35^\circ$

### 5.2.3 Spinta del carico variabile stradale

Intendendo per  $q$  il carico variabile per metro lineare di proiezione orizzontale, si determina la spinta orizzontale sulla parete come risultante delle pressioni orizzontali in ogni concio, calcolate come:

$$\sigma_h = q \cdot K$$

Nella progettazione in oggetto, si considera un sovraccarico stradale pari a  $20 \text{ kN/m}^2$ .

Tale carico viene desunto considerando un carico tandem secondo il cap. 5.1.3.3.4 delle NTC'08 distribuito sull'intera lunghezza del mezzo autoarticolato (18.0 m) e sui 3 m di corsi convenzionale, pertanto:

$$q_1 = 150 \text{ kN} \cdot 4 / (18 \cdot 3) \text{ mq} + 9 \text{ kN/mq} = 20 \text{ kN/mq}$$

### 5.2.4 Spinta statica del terreno a monte del muro

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

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

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di  $K_a$ :

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

$\gamma_t$  = Peso unità di volume del terreno;

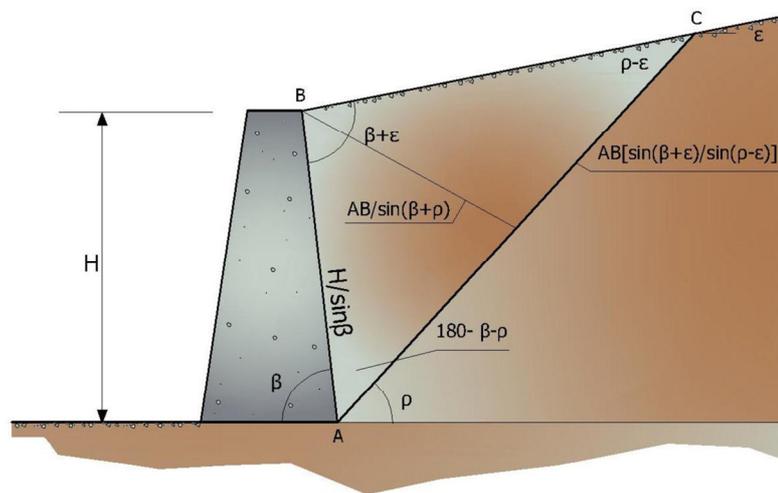
$\beta$  = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\varphi$  = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  = Angolo di attrito terra-muro;

$\varepsilon$  = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

$H$  = Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

### 5.2.5 Incremento di spinta sul muro dovuto al sisma

In condizioni sismiche l'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sul muro dipendono dall'intensità del sisma, dalla risposta locale del terreno di fondazione e dalla deformabilità dell'opera.

Le NTC2008 consentono l'utilizzo di metodi pseudo-statici per il calcolo dell'incremento di spinta sull'opera dovuto al sisma. Il metodo applicato in sede di progettazione è quello di Mononobe-Okabe, basato sull'equilibrio limite globale di un cuneo di terreno soggetto alle forze indotte dal sisma, ipotizzando che l'opera possa subire movimenti tali da produrre nel terreno retrostante un regime di spinta attiva e che il terreno interno al cuneo di spinta si comporta come un corpo rigido.

Le componenti verticali ed orizzontali dell'azione sismica sono considerate costanti in tutti i punti della massa.

La spinta sismica (statica + dinamica) vale:

$$S_s = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v) \cdot K'_a$$

dove, se  $\beta \leq \phi - \vartheta$ :

$$K'_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta - \vartheta) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon - \vartheta)}{\sin(\phi - \delta - \vartheta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

altrimenti, se  $\beta > \phi - \vartheta$ :

$$K'_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \vartheta - \delta)}$$

Nelle relazioni sopra elencate, i simboli hanno i seguenti significati:

$\beta$  = angolo tra intradosso parete e la verticale

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

$\vartheta$  = angolo definito come:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}, \text{ coefficiente di intensità sismica orizzontale}$$

$$k_v = 0.5 \cdot k_h = \text{coefficiente di intensità sismica verticale}$$

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

$g$  = accelerazione di gravità

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Quest'ultimo parametro assume i valori riportati nella tabella seguente.

**Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Tabella estratta dalla NTC2008 p.7.11.6.2.1

La normativa prescrive di applicare separatamente la spinta statica e dinamica, quest'ultima come incremento di spinta.

Per quanto concerne l'incremento di spinta, si calcola la differenza tra la spinta sismica totale e la spinta statica attiva. Si ricava un diagramma delle pressioni del terreno costante, per cui il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza di  $0.5 \cdot H$  rispetto alla base della platea.

In presenza di sisma l'opera è soggetta alle forze di inerzia della parete e del terreno a monte solidale con la stessa:

$$F_i = a_g/g \cdot W$$

### 5.2.6 Azione dei veicoli in svio

L'azione di svio dei veicoli è stata considerata secondo le indicazioni fornite al punto 3.6.3.3.2 del DM 14/01/2008, nel quale si dichiara che in assenza di dati specifici "si può tener conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN". La forza, agente nel piano orizzontale in direzione trasversale a quella di sviluppo del muro, è stata considerata applicata alla quota di 1.0 m dal piano di marcia, equivalenti a 0.90 m da estradosso cordolo.

Considerando che per determinare la sezione resistente di paramento è lecito diffondere tale forza in direzione verticale con inclinazione di 45°, e che a favore di sicurezza si prende il muro di sostegno più basso dei Lotti 1 e 2, che ha paramento alto circa 2.0 m, risulta che la larghezza collaborante per la forza di normativa sia pari a 4 m. L'azione da considerare nelle verifiche risulta pertanto pari a  $100/4 = 25$  kN.

Le azioni da considerare nelle verifiche, da applicare in testa al muro sono l'azione orizzontale pari a  $H=100/4 = 25$  kN e un momento di trasporto pari a  $M=25\text{kN} \times 1\text{m}=25$  kN\*m .

## 6 VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI

Il presente paragrafo illustra i criteri generali di verifica adottati per le verifiche geotecniche e strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche. Tutte le tipologie di muro sono state verificate: i singoli calcoli hanno riguardato quelle sezioni trasversali che in generale appaiono più onerose nei confronti delle singole verifiche (altezze massime) e quelle più rappresentative.

### 6.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

La verifica al ribaltamento si effettua in sostanza come equilibrio alla rotazione di un corpo rigido sollecitato da un sistema di forze, ciascuna delle quali definita da un'intensità, una direzione e un punto di applicazione.

Le forze che vengono prese in conto sono le seguenti:

- Spinta attiva complessiva del terrapieno a monte.
- Spinta passiva complessiva del terrapieno a valle.
- Spinta idrostatica dell'acqua della falda a monte, a valle e sul fondo.
- Forze esplicite applicate sul muro in testa, sulla mensola area a valle e sulla mensola di fondazione a valle.
- Peso proprio del muro composto con l'eventuale componente sismica.
- Peso proprio della parte di terrapieno solidale con il muro composto con l'eventuale componente sismica.

Di ciascuna di queste forze verrà calcolato il momento, ribaltante o stabilizzante, rispetto ad un punto che è quello più in basso dell'estremità esterna della fondazione a valle.

Ai fini del calcolo del momento stabilizzante o ribaltante, esso per ciascuna forza è ottenuto dal prodotto dell'intensità della forza per la distanza minima tra la linea d'azione della forza e il punto di rotazione.

Il coefficiente di sicurezza al ribaltamento è dato dal rapporto tra il momento stabilizzante complessivo e quello ribaltante.

## 6.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

La verifica allo scorrimento è effettuata come equilibrio alla traslazione di un corpo rigido, sollecitato dalle stesse forze prese in esame nel caso della verifica a ribaltamento.

Ciascuna forza ha una componente parallela al piano di scorrimento dell'opera, che a seconda della direzione ha un effetto stabilizzante o instabilizzante, e una componente ad esso normale che, se di compressione, genera una reazione di attrito che si oppone allo scorrimento. Una ulteriore parte dell'azione stabilizzante è costituita dall'eventuale forza di adesione che si suscita tra il terreno e la fondazione.

Il coefficiente di sicurezza allo scorrimento è dato dal rapporto tra l'azione stabilizzante complessiva e quella instabilizzante.

## 6.3 CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Nel caso di fondazione diretta, si assume quale carico limite che provoca la rottura del terreno di fondazione quello espresso dalla formula di Brinch-Hansen.

Tale formula fornisce il valore della pressione media limite sulla superficie d'impronta della fondazione, eventualmente parzializzata in base all'eccentricità.

Esiste un tipo di pressione limite a lungo termine, in condizioni drenate, e un altro a breve termine in eventuali condizioni non drenate.

Le espressioni complete utilizzate sono le seguenti:

### In condizioni drenate:

$$Q_{lim} = 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_g \cdot i_g \cdot d_g \cdot b_g \cdot s_g \cdot g_g + C \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot g_c + Q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot g_q$$

### In condizioni non drenate:

$$Q_{lim} = C_u \cdot N_c' \cdot i_c' \cdot d_c' \cdot b_c' \cdot s_c' \cdot g_c' + Q \cdot i_q' \cdot d_q' \cdot b_q' \cdot s_q' \cdot g_q' (\pi \cdot \tan \phi)$$

### Fattori di portanza:

$$N_q = \tan^2(45^\circ + \phi/2) \cdot e \quad (\phi \text{ in gradi})$$

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

$$N_c' = 2 + \pi$$

$$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$$

### Fattori di forma:

$$s_q = 1 + 0,1 \cdot (B/L) \cdot (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi)$$

$$s'_q = 1$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot (B/L) \cdot (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi)$$

$$s'_c = 1 + 0,2 \cdot (B/L)$$

$$s_g = s_q$$

**Fattori di profondità:**

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot k$$

$$d'_q = 1$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \cdot \tan \phi)$$

$$d'_c = 1 + 0,4 \cdot k$$

$$d_g = 1$$

$k = D/B$  se  $D/B \leq 1$ ; altrimenti  $k = \arctan(D/B)$ , espresso in radianti.

**Fattori di inclinazione dei carichi:**

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_\alpha \cdot \cot g \phi} \right)^m$$

$$i'_q = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$$

$$i'_c = 1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot C_u \cdot N_c}$$

$$i_g = \left( 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_\alpha \cdot \cot g \phi} \right)^{m+1}$$

$$m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

**Fattori di inclinazione del piano di posa:**

$$b_q = (1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2 \quad (\varepsilon \text{ in radianti})$$

$$b'_q = 1$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \cdot \tan \phi)$$

$$b'_c = 1 - 2 \cdot \varepsilon / Nc' \quad (\varepsilon \text{ in radianti})$$

$$b_g = b_q$$

**Fattori di inclinazione del terreno:**

$$g_q = (1 - \tan\beta)^2$$

$$g'_q = 1$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (Nc \cdot \tan\phi)$$

$$g'_c = 1 - 2 \cdot \beta / Nc' \quad (\beta \text{ in radianti})$$

$$g_g = g_q$$

essendo:

$\gamma$  = peso specifico del terreno di fondazione

Q = sovraccarico verticale agente ai bordi della fondazione

e = eccentricità della risultante (M/N) in valore assoluto

B =  $B_t - 2 \cdot e$ , larghezza della fondazione parzializzata

$B_t$  = larghezza totale della fondazione

C = coesione del terreno di fondazione

D = profondità del piano di posa

L = sviluppo della fondazione

H = componente del carico parallela alla fondazione

V = componente del carico ortogonale alla fondazione

$C_u$  = coesione non drenata del terreno di fondazione

$C_\alpha$  = adesione alla base tra terreno e muro

$\varepsilon$  = angolo di inclinazione del piano di posa

$\beta$  = inclinazione terrapieno a valle, se verso il basso (quindi  $\geq 0$ )

## 6.4 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (t) e confrontate con la

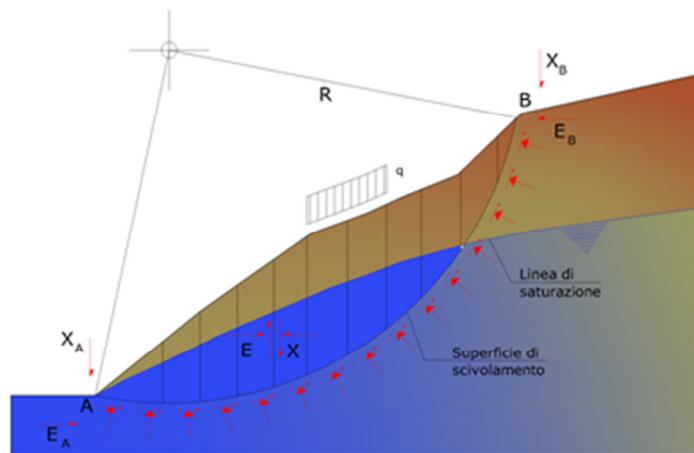
RELAZIONE DI CALCOLO

resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la "Combinazione 2" (A2+M2+R2). Altresì in accordo con la normativa vigente per la verifica in condizione sismica si considera il set dei coefficienti relativi alla resistenza del terreno M2 e il coefficiente allo scorrimento secondo la combinazione R2; non si tiene conto in tale combinazione del sovraccarico stradale.

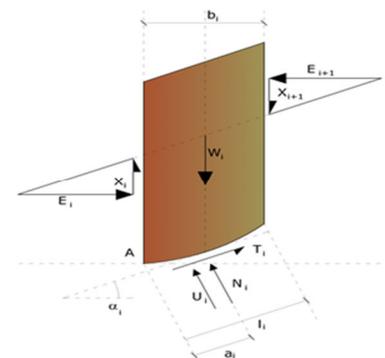
L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo Slope 2021 (Geostru).

**Il metodo utilizzato è quello di Bishop.**

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi.

Le ipotesi alla base dell'espressione di Bishop del coefficiente di sicurezza sono date da:

- a) superficie di scivolamento circolare;
- b) uguaglianza delle reazioni normali alle facce laterali dei conci.



Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

### Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_h W$$

$$F_V = K_v W$$

Essendo:

- $F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- $W$  peso concio;
- $K_h$  coefficiente sismico orizzontale;
- $K_v$  coefficiente sismico verticale.

Il coefficiente  $\beta_s$  in questo caso denominato  $\beta_s$ , assume i valori indicati nella tabella 7.11.I della normativa vigente e qui di seguito riprodotta.

Tabella 6.1: Coefficiente di accelerazione massima attesa al suolo

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g \leq 0.1$	0.20	0.20

### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

## 6.5 VERIFICA STRUTTURALI DEL MURO

Le verifiche strutturali sono state eseguite allo SLU e allo SLE con riferimento alle azioni normali (sforzo N e momento flettente M) e alle azioni taglianti della combinazione di calcolo più gravosa ricavata dall'analisi geotecnica condotta sul muro.

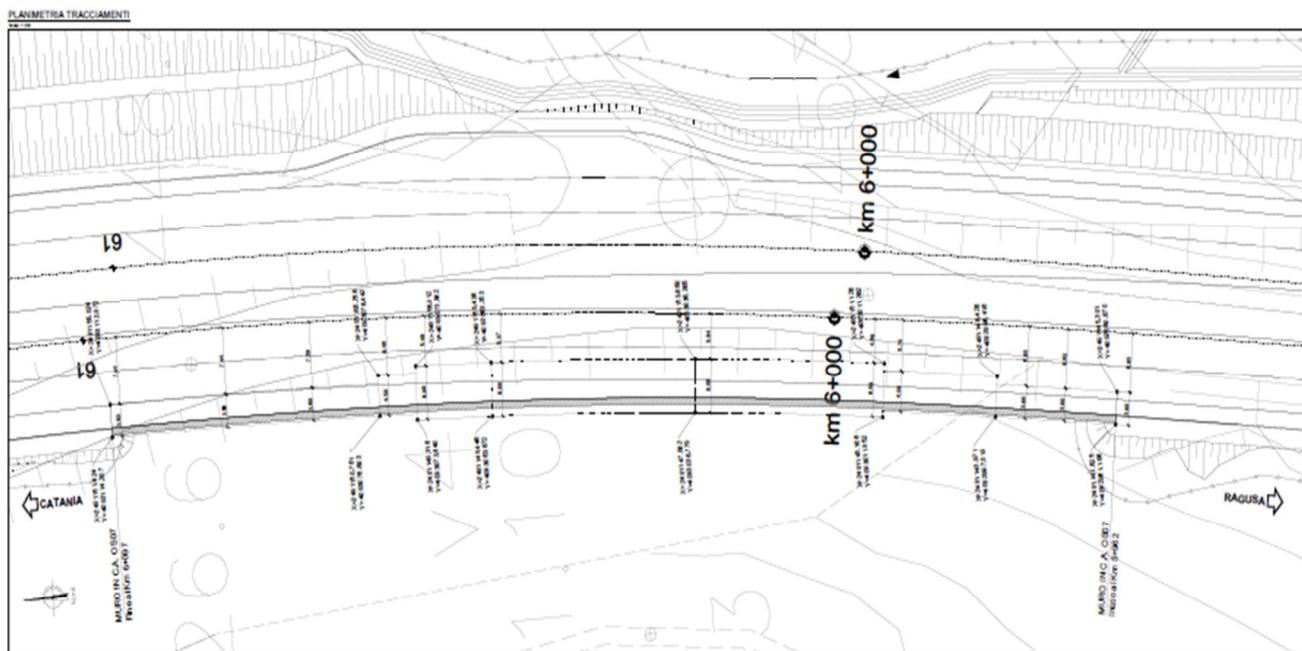
Le verifiche sono state condotte sui seguenti elementi strutturali costituenti il muro:

- Paramento verticale;
- Zattera di fondazione.

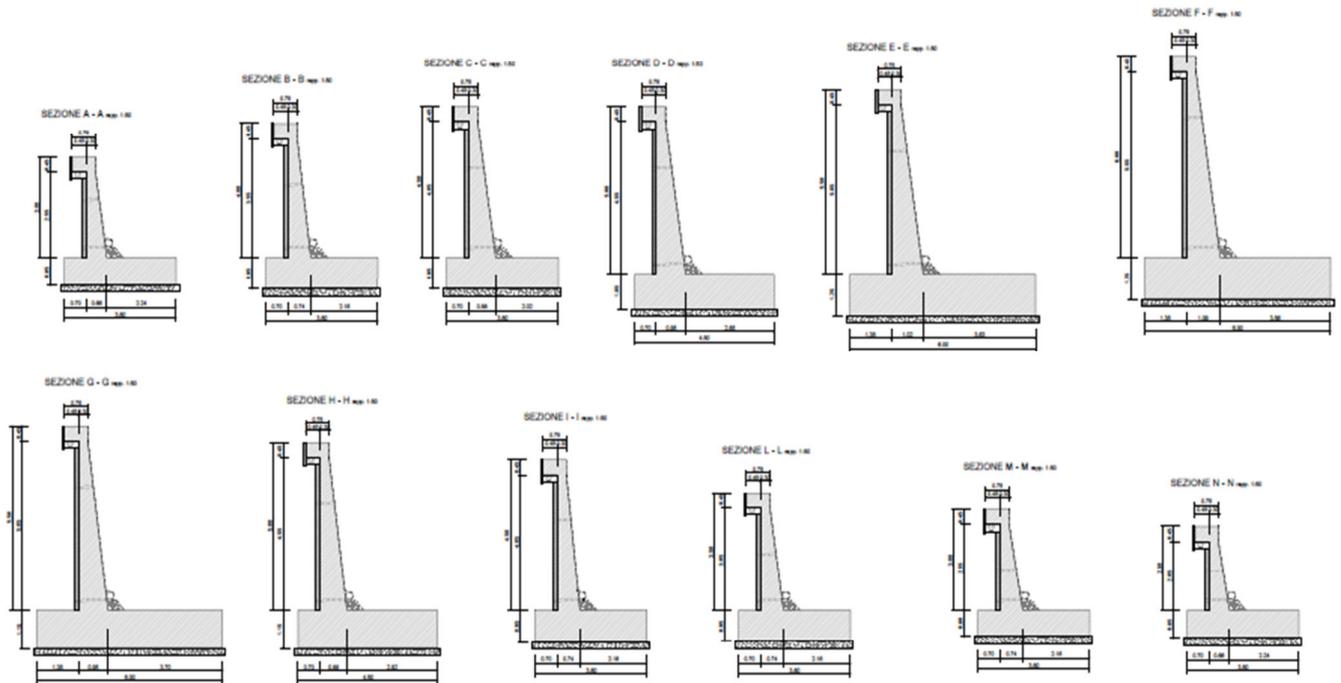
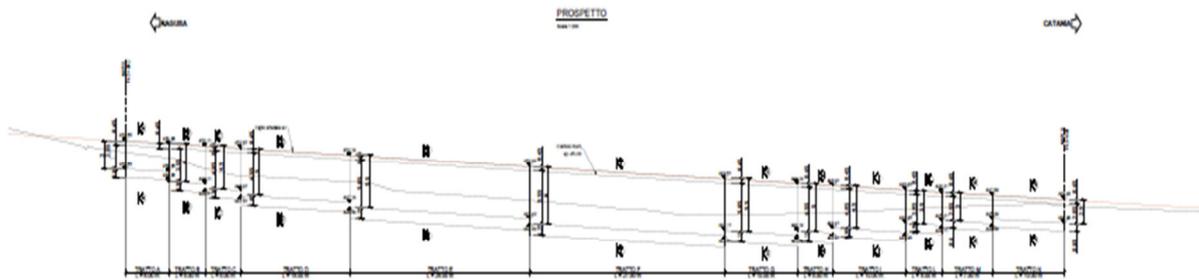
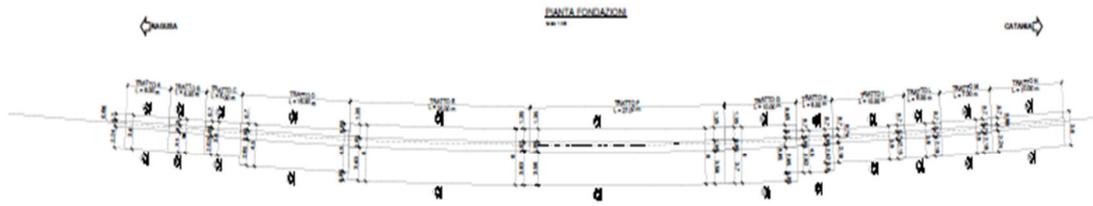
## 7 DATI GENERALI DI CALCOLO

### 7.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il muro in oggetto viene realizzato mediante paramento in c.a. gettato in opera con pannello rivestito in pietra locale e presenta una fondazione di tipo diretta. L'opera in oggetto, presenta uno sviluppo complessivo pari a 102.90 m. Il muro presenta una fondazione diretta gettata in opera di spessore variabile tra 0.50÷0.80 m, larghezza variabile tra 3.00÷4.30 m e paramento di altezza variabile tra 2.00÷5.00 m.



**RELAZIONE DI CALCOLO**



## 7.2 INPUT DI CALCOLO

### 7.2.1 DATI DI CALCOLO

<b>Dati Geotecnici</b>			valori caratteristici SLE		valori di progetto	
			STR/GEO	EQU	STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno (°) $\varphi$		35,00	35,00	29,26	
	Peso Unità di Volume del terrapieno (kN/m <sup>3</sup> ) $\gamma$		19,00	19,00	19,00	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale (°) $\delta$		21,00	21,00	17,55	
					<input checked="" type="radio"/> drenate	<input type="radio"/> Non Drenate
Dati Terreno Fondazione	Condizioni					
	Coesione Terreno di Fondazione (kPa) $c_1'$		0,00	0,00	0,00	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione (°) $\varphi_1$		33,20	33,20	27,63	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione (kN/m <sup>3</sup> ) $\gamma_1$		19,30	19,30	19,30	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione (kN/m <sup>3</sup> ) $\gamma\delta$		20,00	20,00	20,00	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) (m) $H_s$		12,00			
	Modulo di deformazione (kN/m <sup>2</sup> ) E		17400			

		SLE		STR/GEO		EQU	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico $k_a$	0,247		0,247		0,311	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + $k_{as+}$	0,318		0,318		0,391	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - $k_{as-}$	0,328		0,328		0,403	
	Coeff. Di Spinta Passiva $k_p$	3,421		3,421		2,730	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + $k_{ps+}$	3,207		3,207		2,537	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - $k_{ps-}$	3,179		3,179		2,512	

<b>Carichi Agenti</b>			valori caratteristici SLE - sisma		valori di progetto	
			STR/GEO	EQU	STR/GEO	EQU
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente (kN/m <sup>2</sup> ) $q_p$	<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no	0,00	0,00	0,00	
	Sovraccarico su zattera di monte					
	Forza Orizzontale in Testa permanente (kN/m) $f_p$		0,00	0,00	0,00	
	Forza Verticale in Testa permanente (kN/m) $v_p$		8,40	8,40	7,56	
	Momento in Testa permanente (kNm/m) $m_p$		0,00	0,00	0,00	
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche (kN/m <sup>2</sup> ) $q$		20,00	27,00	30,00	
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche (kN/m) $f$		25,00	25,00	37,50	
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche (kN/m) $v$		0,00	0,00	0,00	
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche (kNm/m) $m$		25,00	25,00	37,50	
	Coefficienti di combinazione condizione rara $\psi_1$		1,00	condizione quasi permanente $\psi_2$	0,00	
Condizioni Sismiche	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 (kNm/m) $m_s$		0,00			

vp: peso proprio del cordolo

q: carico variabile stradale (cap. 5.2.3)

f: forza orizzontale applicata in testa al muro dovuta all'azione di svio dei veicoli (cap.5.2.3)

m: momento applicato in testa al muro dovuto all'azione di svio dei veicoli (cap.5.2.3)

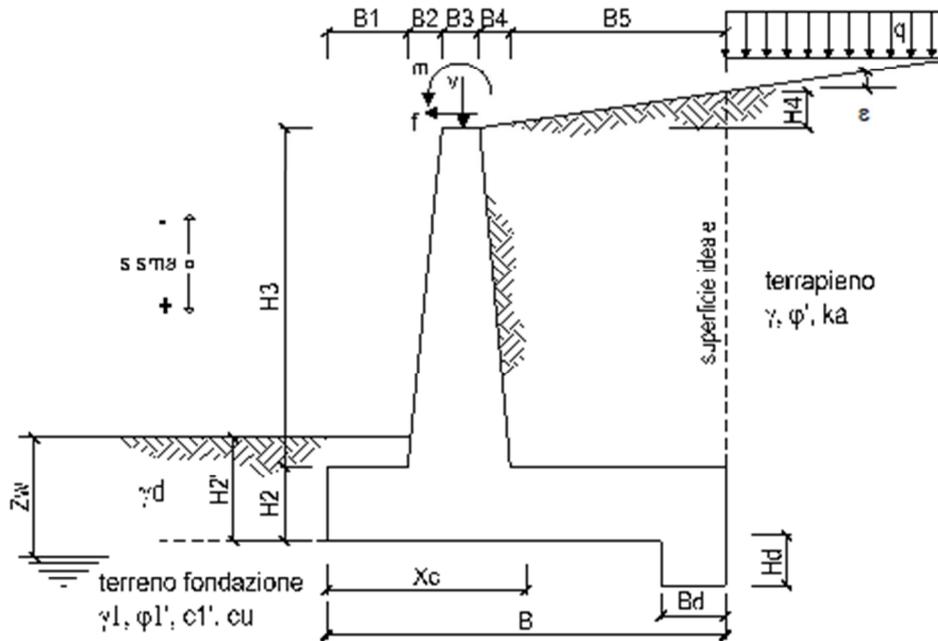
## 7.2.2 COEFFICIENTI PARZIALI

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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

Verifica	Coeff. Parziale	R1	R2	R3	SLE	altro
Capacità portante fondazione	$\gamma_R$	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

7.2.3 DATI GEOMETRICI MURO H=6.00m



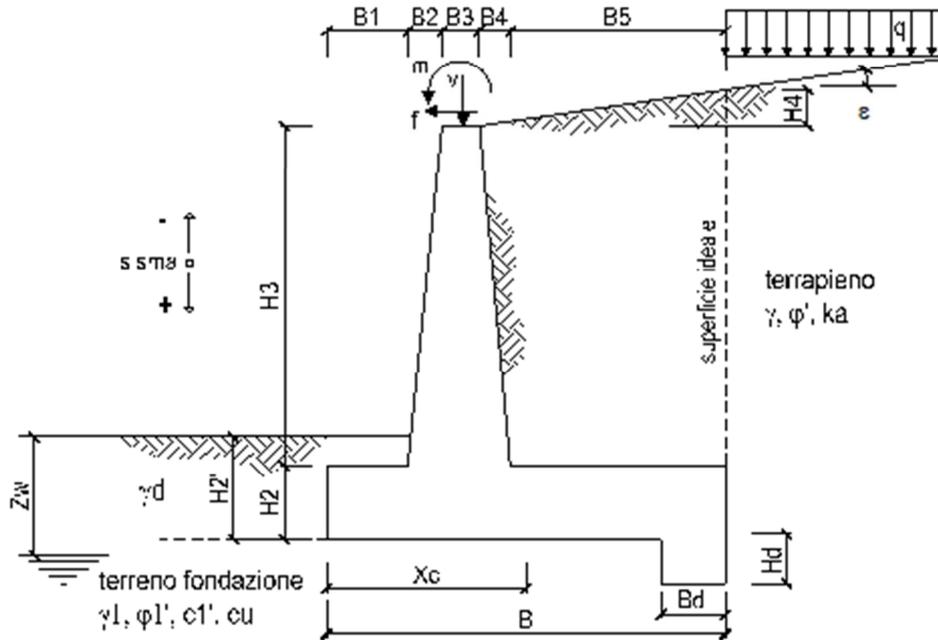
**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	6,00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0,00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0,30	(m)
Aggetto monte	B4 =	0,79	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	6,00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1,15	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1,35	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	3,56	(m)
Altezza dente	Hd =	0,00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0,00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	3,00	(m)

7.2.4 DATI GEOMETRICI MURO H=5.00m



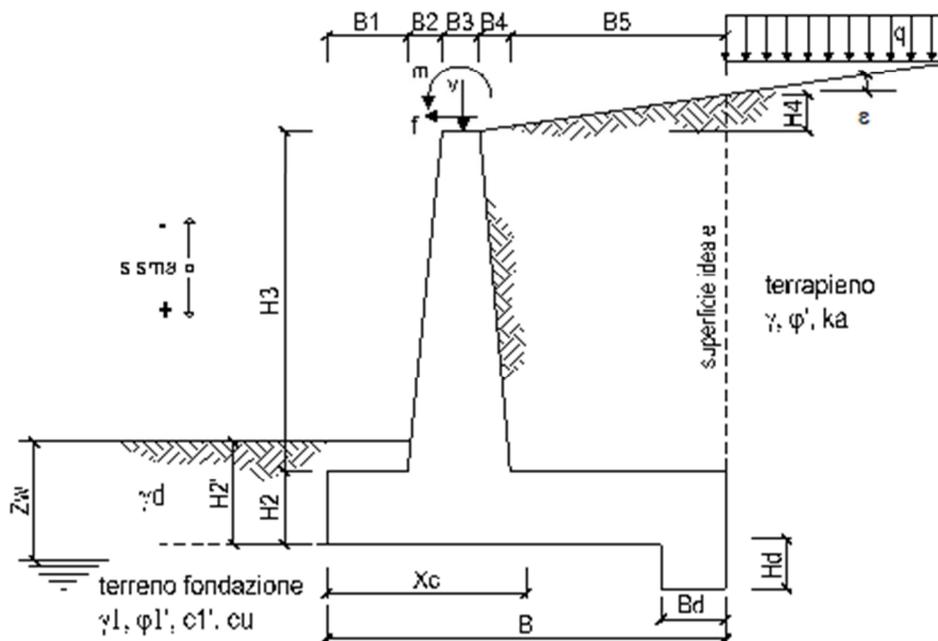
**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	5,00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0,00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0,30	(m)
Aggetto monte	B4 =	0,65	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	4,50	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1,15	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0,70	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2,85	(m)
Altezza dente	Hd =	0,00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0,00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2,25	(m)

### 7.2.5 DATI GEOMETRICI MURO H=4.50M



#### Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	4,50	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0,00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0,30	(m)
Aggetto monte	B4 =	0,65	(m)

#### Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	3,60	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1,15	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0,70	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	1,95	(m)
Altezza dente	Hd =	0,00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0,00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	1,80	(m)

### 7.3 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AMMASSO

Le stratigrafie ed il complesso delle indagini eseguite hanno portato alla definizione e caratterizzazione geotecnica delle seguenti unità litologiche:

- Formazione di Ragusa membro Irminio: Alternanza di calcareniti di colore grigio – giallastre e marne siltose friabili (Mcm sciolta);

I parametri geotecnici, desunti dalle indagini eseguite nell'ultima campagna di sondaggi, sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 7.1: Parametri geotecnici modello di calcolo

Litotipo	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
Rilevato di nuova realizzazione (materiale di riempimento)	19	35	0.00
Litologia al di sotto dell'intradosso platea			
Ocm sciolta	19.3	33.2	156
Falda a 5.58 m dal p.c.			

### 7.4 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione dell'azione sismica sull' opera si è fatto riferimento alle seguenti coordinate geografiche:

Longitudine	36.983006
Latitudine	14.675784
Categoria di sottosuolo	B

L'elaborato di riferimento da cui è stata desunta la categoria di sottosuolo è T01GE03GEORE01.

Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	0,319
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	$S_S$	1,1
	Coefficiente Amplificazione Topografico	$S_T$	1,09
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_s$	0,31
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0,1186
	Coefficiente sismico verticale	kv	0,0593
	Muro libero di traslare o ruotare		

## 7.5 CORDOLO BARRIERA DI SICUREZZA

Con riferimento al paragrafo 5.2.6 relativo all'urto dei veicoli in svio sugli elementi di sicurezza bordoponte si osserva il seguente stato di sollecitazione relativo al cordolo in analisi:

- $V_{ed} = 100 \text{ kN}$  ;
- $M_{t-ed} = 100 \text{ kNm}$  ;

Il modello del traliccio di Morh è di riferimento per la determinazione della resistenza a torsione e a taglio dell'elemento in analisi, cui si ipotizza per semplicità essere sottoposto a momento costante.

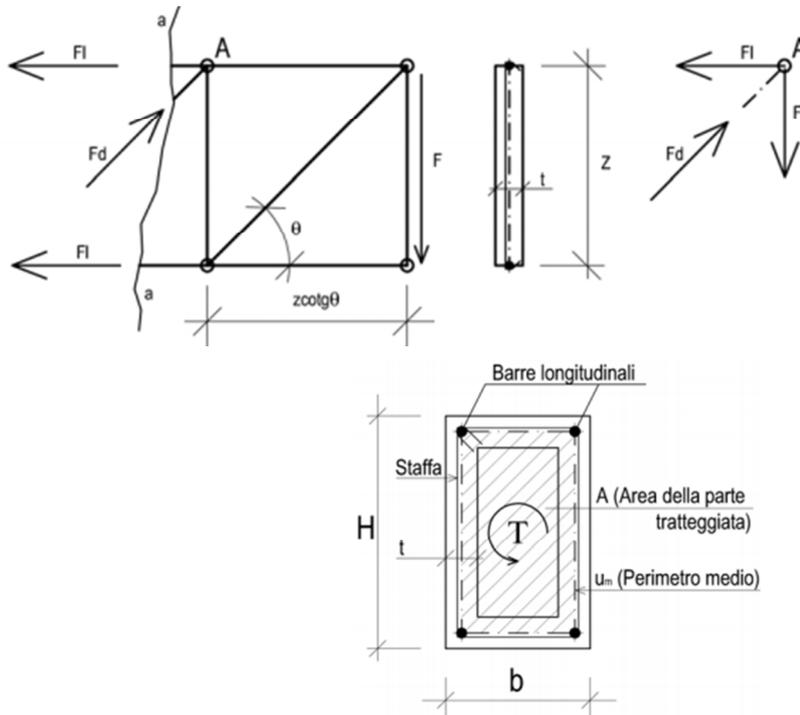
I valori della torsione di calcolo interna  $TR_d$  sono dunque tre:

- a) quella dovuta all'armatura longitudinale tesa che ha raggiunto lo snervamento;
- b) quella dovuta all'armatura trasversale tesa che ha raggiunto lo snervamento;
- c) quella dovuta alle bielle oblique di calcestruzzo compresso, considerato alla soglia dello stato limite ultimo.

Utilizzando la simbologia della Normativa Italiana, la torsione di calcolo esterna  $TE_d$  deve essere confrontata separatamente con ognuno dei valori di calcolo interni  $TR_{sd}$ ,  $TR_{ld}$  e  $TR_{cd}$ , rispettivamente corrispondenti all'armatura trasversale, all'armatura longitudinale ed alle bielle di calcestruzzo:

- $TE_d \leq TR_{sd}$  (armatura trasversale);
- $TE_d \leq TR_{ld}$  (armatura longitudinale);
- $TE_d \leq TR_{cd}$  (calcestruzzo delle bielle);

La trattazione teorica di tale modellazione è rimandata alla relativa trattazione, mentre si esplicitano in seguito i valori di resistenza precedentemente illustrati.



$$T_{Rid} = 2A \frac{\sum A_l}{u_m} \cdot f_{yd} \cot g \theta \quad T_{Rsd} = 2 \cdot A \frac{A_s}{S} f_{yd} \cot g \theta$$

$$T_{Rcd} = A \cdot t \cdot f_{cd} \cdot \cot g \theta / (1 + \cot^2 g \theta)$$

A favore di sicurezza si è considerato reagente a torsione solamente la parte periferica della sezione di calcestruzzo di spessore  $t = A/u$ , con tali valori riferiti all'area e al perimetro della carpenteria.

Si riporta in seguito il calcolo della resistenza a torsione sotto l'ipotesi di staffe verticali ( $\alpha = 90^\circ$ ) e angolo di inclinazione delle bielle di calcestruzzo  $\theta = 45^\circ$ .

Mt ed	100	kNm	momento torcente agente
<b>CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO</b>			
Rck	40	N/mm <sup>2</sup>	resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo
fck	33,2	N/mm <sup>2</sup>	resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo
γc	1,5		coef parziale di sicurezza del calcestruzzo
fcd	18,8	N/mm <sup>2</sup>	resistenza di progetto cilindrica del calcestruzzo
θ	45	°	angolo di inclinazione delle bielle compresse
	0,7854	rad	
<b>CARATTERISTICHE ACCIAIO DA ARMATURA</b>			
fyk	450	N/mm <sup>2</sup>	tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio da armatura
γs	1,15		coef parziale di sicurezza acciaio da armatura
fyd	391,30	N/mm <sup>2</sup>	tensione di snervamento di progetto dell'acciaio da armatura

CARATTERISTICHE CARPENTERIA			
b	750	mm	larghezza della sezione
h	450	mm	altezza della sezione
CARATTERISTICHE ARMATURA LONGITUDINALE			
Correnti superiori			
0	Φ	12	
	0	mm <sup>2</sup>	
5	Φ	16	
	1004,8	mm <sup>2</sup>	
0	Φ	16	
	0	mm <sup>2</sup>	
Al sup	1004,8	mm <sup>2</sup>	
Correnti inferiori			
0	Φ	12	
	0	mm <sup>2</sup>	
4	Φ	16	
	803,84	mm <sup>2</sup>	
0	Φ	16	
	0	mm <sup>2</sup>	
Al inf	803,84	mm <sup>2</sup>	
Correnti centrali			
0	Φ	10	
	0	mm <sup>2</sup>	
0	Φ	14	
	0	mm <sup>2</sup>	
0	Φ	16	
	0	mm <sup>2</sup>	
Al centr	0	mm <sup>2</sup>	
Σ Al	1808,64	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale totale
CARATTERISTICHE STAFFE			
2	Φ	10	diametro delle staffe
As	157	mm <sup>2</sup>	area staffa
s	150	mm	passo staffe

PARAMETRI DI CALCOLO			
A	188525,4	mm <sup>2</sup>	area della sezione racchiusa dal perimetro medio
um	1837,5	mm	perimetro medio
Ac	337500	mm <sup>2</sup>	area della sezione di carpenteria
u	2400	mm	perimetro esterno della sezione
t	140,625	mm	spessore della crosta reagente

RISULTATI DI CALCOLO			
Trsd	1,54E+08	Nmm	momento torcente resistente delle staffe
	154,4269	kNm	
Trld	1,45E+08	Nmm	momento torcente resistente delle armature longitudinali
	145,2243	kNm	
Trcd	2,49E+08	Nmm	momento torcente resistente del calcestruzzo
	249,3837	kNm	
Trd	145,2243	kNm	momento torcente resistente
Tasso di lavoro	0,69		

Per quanto detto i tagli di calcolo interni VRd sono dunque due:

- quello dovuto alla resistenza dell'armatura trasversale tesa che ha raggiunto lo snervamento, VRsd;
- quello dovuto alla resistenza delle bielle compresse oblique di calcestruzzo, considerata alla soglia dello stato limite ultimo, VRcd.

Il taglio di calcolo esterno VEd deve essere confrontato separatamente con ognuno dei due tagli di calcolo interni VRsd e VRcd, rispettivamente corrispondenti all'armatura trasversale ed al calcestruzzo delle bielle:  $V_{Ed} \leq V_{Rsd}$  (armatura trasversale)  $V_{Ed} \leq V_{Rcd}$  (calcestruzzo delle bielle).

Si riportano rispettivamente i due valori di resistenza rimandando in letteratura la trattazione teorica di tali resistenze nel caso di staffe disposte verticalmente.

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd}$$

$$V_{Rcd} = 0,9 d b_w \alpha_c f_{cd} \cotg \theta \sin^2 \theta = 0,9 d b_w \alpha_c f_{cd} \sin \theta \cos \theta$$

Verifica a taglio

par. 4.1.2.1.3.2 NTC2008

valore di calcolo dello sforzo normale

$N_{Ed}$  0 KN

Valore di calcolo dello sforzo di taglio

$V_{Ed}$  100 KN

RELAZIONE DI CALCOLO

resistenza calcestruzzo	<b>Rck</b>	<b>40</b> N/mm <sup>2</sup>
	<b>fck</b>	<b>33</b> N/mm <sup>2</sup>
coeff. parziale di sicurezza del cls	<b>γc</b>	<b>1,50</b>
	<b>fcd</b>	<b>18,81</b> N/mm <sup>2</sup>
resistenza calcestruzzo ridotta	<b>f'cd=v/fcd</b>	<b>9,41</b> N/mm <sup>2</sup>
resistenza acciaio	<b>fyd</b>	<b>391,30</b> N/mm <sup>2</sup>
sezione calcestruzzo	<b>A<sub>c</sub></b>	<b>375000</b> mm <sup>2</sup>
larghezza minima sezione	<b>b<sub>w</sub></b>	<b>750</b> mm
altezza utile	<b>d</b>	<b>444</b> mm
	n°braccia	<b>2</b>
area armatura trasversale	<b>φ</b>	<b>10</b> mm
	<b>Asw</b>	<b>157,08</b> mm <sup>2</sup>
interasse fra armature trasversali	<b>s</b>	<b>150</b> mm
	<b>σcp</b>	<b>0,00</b>
inclin. arm. trasv. rispetto asse trave	<b>α</b>	<b>90</b> °
inclin. puntoni cls	<b>θ</b>	<b>13,95</b> °
coefficiente maggiorativo	<b>αc</b>	<b>1,00</b>

<b>1</b>		membrature non compresse
<b>1</b>	1+σcp/fcd	0<σcp<0.25fcd 4,7033333
<b>1,25</b>	1,25	0.25<σcp<0.50fcd 9,4066667
<b>2,5</b>	2.5(1-σcp/fcd)	0.50<σcp<fcd
sen <sup>2</sup> ϑ =	0,05808263	
sen ϑ =	0,241003382	
ϑ =	0,243399574	rad
ctg ϑ =	4,027015176	
ctg ϑ		
effettivo=	2,5	

Resistenza di calcolo a taglio trazione

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot (Asw/s) \cdot fyd \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha \quad 409,49 \text{ KN}$$

Resistenza di calcolo a taglio compressione

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'cd \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta) \quad 972,44 \text{ KN}$$

Resistenza di taglio

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad 409,49 \text{ KN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed} \quad \text{VERIFICATA}$$

Tasso di lavoro 0,244

Essendo l'elemento sottoposto al regime di **taglio-torsione** si verifica:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = 0.69 + 0.224 = 0.914 \leq 1$$

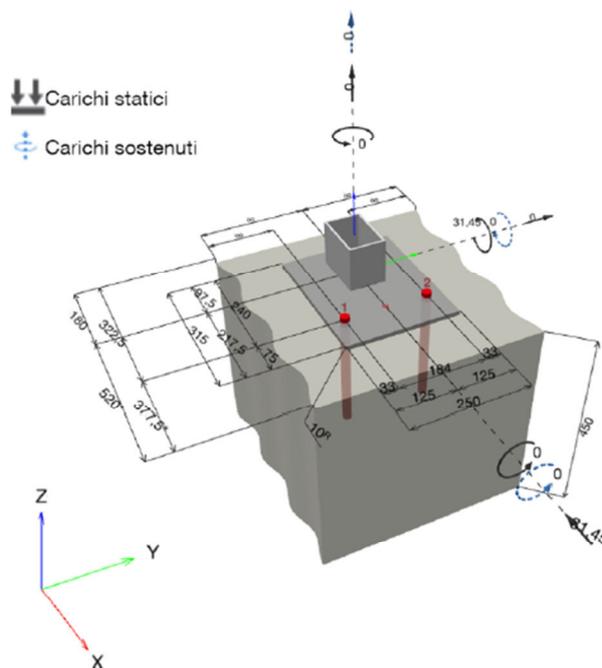
la verifica risulta essere dunque soddisfatta.

### **VERIFICA ANCORAGGIO BARRIERA STRADALE**

Per la verifica dell'ancoraggio chimico della barriera al cordolo si procede con l'approccio del momento plastico, cioè si considera il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza può fornire. Tale approccio ottempera quanto previsto dal § 4.7.3.3 della UNI EN 19912 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 Marzo 2013, DM 31/07/2012).

Considerando la barriera tipo H3 Bordo Ponte si è proceduto alla verifica di ancoraggi chimici costituiti da barre filettate M20 8.8, in acciaio zincato, ancorate al supporto con resina ad iniezione con profondità di posa 250 mm.

Le azioni sollecitanti sono il momento plastico del montante di una delle barriere commerciali di tipo H3 Bordo Ponte (montante 120x80x5) o equivalenti.



Considerando la sezione retta della piastra di base, sono stati considerati i seguenti meccanismi di rottura, in relazione alle condizioni di carico.

**Carico da trazione:**

- Rottura a trazione dei tirafondi;
- Rottura conica a trazione del calcestruzzo;
- Rottura combinata conica a trazione del calcestruzzo e per sfilamento della barra;
- Flessione della piastra di base.

**Carico da taglio:**

- Rottura a taglio dei tirafondi in acciaio;
- Rottura per fenomeno del pry-out nel calcestruzzo.

**Carichi combinati di trazione e di taglio**

- Rottura per taglio-trazione dei tirafondi in acciaio.

La resistenza di progetto corrisponde a quella minima tra tutte le differenti modalità di rottura.

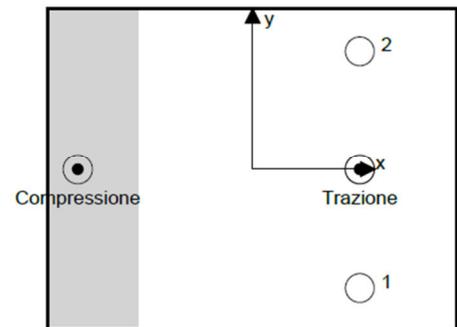
**Schematizzazione e modellazione delle azioni**

**Carichi sull'ancorante [kN]**

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	72,419	15,725	-15,725	0,000
2	72,419	15,725	-15,725	0,000

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,56 [‰]  
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 16,89 [N/mm<sup>2</sup>]  
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(82,5/0,0): 144,838 [kN]  
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(-134,6/0,0): 144,838 [kN]



Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.

**Carico di trazione (EN 1992-4)**

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	72,419	130,667	56	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	144,838	230,855	63	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	144,838	181,581	80	OK
Fessurazione**	144,838	264,913	55	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

**Rottura dell'acciaio**

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
196,000	1,500	130,667	72,419

RELAZIONE DI CALCOLO

Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,ucr,20}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
448,512	341,056	16,00	584,0	292,0	322,5	31,88
$\psi_c$	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$k_3$	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1,048	16,76	11,000	15,63	1,000	1,000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
$\psi_{sus}^0$	$\alpha_{sus}$	$\psi_{sus}$				
0,880	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]		
263,319	346,282	1,500	230,855	144,838		

ID gruppo ancoranti

1, 2

Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
651,465	562,500	375,0	750,0	31,88		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	0,958	1,000	
$z$ [mm]	$\psi_{M,N}$	$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
217,1	1,000	11,000	245,487	1,500	181,581	144,838

ID gruppo ancoranti

1, 2

Fessurazione

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$	$f_{c,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
572,400	462,400	340,0	680,0	1,328	31,88	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$k_1$
0,0	1,000	0,0	1,000	0,985	1,000	11,000
$N_{Rk,sp}^0$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]			
245,487	1,500	264,913	144,838			

ID gruppo ancoranti

1, 2

**Carico di taglio (EN 1992-4, sez. 7.2.2)**

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_V$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	15,725	78,400	21	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	31,450	363,162	9	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione x-**	31,450	106,482	30	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

**Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)**

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	$k_7$	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]
98,000	1,000	98,000	1,250	78,400	15,725

**Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)**

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cf,N}$ [mm]	$S_{cf,N}$ [mm]	$k_8$	$f_{c,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
651.465	562.500	375,0	750,0	2,000	31,88	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	$\Psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	0,95	1,000	1,000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]		
11,000	245,487	1,500	363,162	31,450		

ID gruppo ancoranti

1, 2

**Rottura del calcestruzzo in direzione x-**

$l_f$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_9$	$\alpha$	$\beta$	$f_{c,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
240,0	20,00	2,400	0,086	0,057	31,88
$c_1$ [mm]	$A_{c,V}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,V}^0$ [mm <sup>2</sup> ]			
322,5	518.175	468.028			
$\Psi_{s,V}$	$\Psi_{h,V}$	$\Psi_{\alpha,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\Psi_{ec,V}$	$\Psi_{re,V}$
1,000	1,037	1,000	0,0	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$k_T$	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]	
139,143	1,0	1,500	106,482	31,450	

**Carichi combinati di trazione e di taglio (EN 1992-4, sez. 7.2.3)**

Rottura dell'acciaio

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,554	0,201	2,000	35	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

Rottura del calcestruzzo

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,798	0,295	1,500	88	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

**Spostamenti (ancorante più sollecitato)**

Carichi a breve termine:

$N_{Sk}$	=	53,644 [kN]	$\delta_N$	=	0,2049 [mm]
$V_{Sk}$	=	11,648 [kN]	$\delta_V$	=	0,4659 [mm]
			$\delta_{NV}$	=	0,5090 [mm]

Carichi a lungo termine:

$N_{Sk}$	=	53,644 [kN]	$\delta_N$	=	0,5123 [mm]
$V_{Sk}$	=	11,648 [kN]	$\delta_V$	=	0,6989 [mm]
			$\delta_{NV}$	=	0,8665 [mm]

## 7.6 RISULTATI VERIFICHE MURO H=6M

### 7.6.1 Verifiche geotecniche

#### FORZE VERTICALI

		SLE	STR/GEO	EQU
- Peso del Muro (Pm)				
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	45,00	40,50
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	59,25	53,33
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	172,50	155,25
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	(kN/m)	276,75	249,08
- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)				
Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	(kN/m)	405,84	365,26
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	(kN/m)	3,14	2,82
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	(kN/m)	45,03	40,53
Sovr =	$q_p \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0,00	0,00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	(kN/m)	454,01	408,61
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0	0
Sovr acc. Sism	$q_s \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0	0

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

		SLE	STR/GEO	EQU
- Muro (Mm)				
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	67,50	60,75
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	(kNm/m)	113,37	102,03
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	517,50	465,75
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	(kNm/m)	698,37	628,53
- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro				
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	1712,64	1541,38
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	14,28	12,85
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	98,02	88,21
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	(kNm/m)	1824,94	1642,44
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0	0
Sovr acc. Sism	$q_s \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0	0

**INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO**

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$P_m \cdot kh$	(kN/m)	32,81
Ps v =	$P_m \cdot kv$	(kN/m)	16,41

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

Ptsh =	$P_t \cdot kh$	(kN/m)	53,83
Ptsh v =	$P_t \cdot kv$	(kN/m)	26,92

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

MPs1 h =	$kh \cdot P_m \cdot 1 \cdot (H_2 + H_3/3)$	(kNm/m)	0,00
MPs2 h =	$kh \cdot P_m \cdot 2 \cdot (H_2 + H_3/2)$	(kNm/m)	22,14
MPs3 h =	$kh \cdot P_m \cdot 3 \cdot (H_2 + H_3/3)$	(kNm/m)	22,13
MPs4 h =	$kh \cdot P_m \cdot 4 \cdot (H_2/2)$	(kNm/m)	11,76
MPs5 h =	$-kh \cdot P_m \cdot 5 \cdot (H_d/2)$	(kNm/m)	0,00
MPs h =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	56,03

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

MPs1 v =	$kv \cdot P_m \cdot 1 \cdot (B_1 + 2/3 \cdot B_2)$	(kNm/m)	0,00
MPs2 v =	$kv \cdot P_m \cdot 2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2)$	(kNm/m)	4,00
MPs3 v =	$kv \cdot P_m \cdot 3 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + B_4/3)$	(kNm/m)	6,72
MPs4 v =	$kv \cdot P_m \cdot 4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	30,68
MPs5 v =	$kv \cdot P_m \cdot 5 \cdot (B - B_d/2)$	(kNm/m)	0,00
MPs v =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	41,40

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

MPts1 h =	$kh \cdot P_t \cdot 1 \cdot (H_2 + H_3/2)$	(kNm/m)	199,70
MPts2 h =	$kh \cdot P_t \cdot 2 \cdot (H_2 + H_3 + H_4/3)$	(kNm/m)	4,47
MPts3 h =	$kh \cdot P_t \cdot 3 \cdot (H_2 + H_3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	27,50
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	231,67

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

MPts1 v =	$kv \cdot P_t \cdot 1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	101,53
MPts2 v =	$kv \cdot P_t \cdot 2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0,90
MPts3 v =	$kv \cdot P_t \cdot 3 \cdot ((H_2 + H_3 \cdot 2/3) - (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	7,57
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	110,00

**CONDIZIONE STATICA**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta totale condizione statica

		SLE	STR/GEO	EQU	
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot ka$	(kN/m)	122,68	159,48	169,79
Sq perm =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot ka$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Sq acc =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot ka$	(kN/m)	35,74	48,25	67,46

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	114,53	148,89	161,88
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)	33,37	45,05	64,32

RELAZIONE DI CALCOLO

- Componente verticale condizione statica

Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	43,96	57,15	51,21
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)	12,81	17,29	20,34

- Spinta passiva sul dente

Sp =	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H^2) \cdot Hd$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
------	--	--------	------	------	------

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

		SLE	STR/GEO	EQU	
MSt1 =	$St \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	( kNm/m )	275,87	358,63	389,92
MSt2 =	$St \cdot B$	( kNm/m )	263,79	342,92	307,25
MSq1 perm =	$Sq \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSq1 acc =	$Sq \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m )	120,56	162,76	232,37
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	( kNm/m )	76,85	103,75	122,07
MSp =	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp/3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H^2) \cdot Hd^2/2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp + m$	( kNm/m )	25,00	25,00	37,50
Mfext2 =	$(fp + f) \cdot (H3 + H2)$	( kNm/m )	178,75	178,75	268,13
Mfext3 =	$(vp+v) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

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

Risultante forze verticali (N)

N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	805,20	(kN/m)
-----	--	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

T =	$St + Sqh + f$	218,94	(kN/m)
-----	----------------	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

f =	$\tan \phi_1'$	0,65	(-)
-----	----------------	------	-----

<b>Fs scorr.</b>	<b><math>(N \cdot f + Sp) / T</math></b>	<b>2,41</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
------------------	--	-------------	-------------	----------

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)**

Momento stabilizzante (Ms)

Ms =	$Mm + Mt + Mfext3$	2700,29	( kNm/m )
------	--------------------	---------	-----------

Momento ribaltante (Mr)

Mr =	$MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSp$	927,92	( kNm/m )
------	-------------------------------------	--------	-----------

<b>Fs ribaltamento</b>	<b>Ms / Mr</b>	<b>2,91</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
------------------------	----------------	-------------	-------------	----------

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

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr\ acc)$	805,20	805,20	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$St_h + Sq_h + f - Sp$	218,94	218,94	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	$\Sigma M$	2244,85	2244,85	( kNm/m )
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$X_c * N - MM$	170,77	170,77	( kNm/m )

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

Fondazione Nastriforme

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

c1'	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kPa)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	33,20		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m³)
$q_0 = \gamma_d * H_2'$	sovraccarico stabilizzante	25,00		(kN/m²)
$e = M / N$	eccentricità	0,21	0,21	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5,58	5,58	(m)

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

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \tan(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	26,72		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	39,31		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan(\phi')$	(0 in cond. nd)	36,29		(-)

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

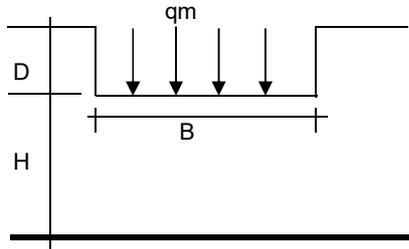
$i_q = (1 - T / (N + B * c' \cot(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0,53	0,53	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,51	0,51	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot(\phi')))^{m+1}$		0,39	0,39	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

qlim	(carico limite unitario)	1107,77	1107,77	(kN/m²)
------	--------------------------	---------	---------	---------

<b>FS carico limite</b>	<b>F = qlim * B* / N</b>	Nmin	<b>7,67</b>	>	1
		Nmax	<b>7,67</b>	>	

**CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE**



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

N	787,53	(kN/m)
M	98,83	(kNm/m)
e=M/N	0,13	(m)
B*	5,75	(m)

Profondità Piano di Posizione della Fondazione

D =	1,25	(m)
D/B* =	0,22	(m)
Hs/B* =	2,09	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 140,06 \quad (\text{kN/mq})$$

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

$$\mu_0 = 0,952 \quad (-)$$

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

$$\mu_1 = 0,68 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 29,98 \quad (\text{mm})$$

**CONDIZIONE SISMICA +**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 * \gamma' * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_a$	(kN/m)	122,68	122,68	154,35
Sst1 sism = $0,5 * \gamma' * (1 + kv) * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_{as}^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	44,27	44,27	51,35
Ssq1 perm = $q_p * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_{as}^+$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1 acc = $q_s * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_{as}^+$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = Sst1 stat * $\cos \delta$	(kN/m)	114,53	114,53	147,17
Sst1h sism = Sst1 sism * $\cos \delta$	(kN/m)	41,33	41,33	48,96
Ssq1h perm = Ssq1 perm * $\cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * $\cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = Sst1 stat * $\sin \delta$	(kN/m)	43,96	43,96	46,55
Sst1v sism = Sst1 sism * $\sin \delta$	(kN/m)	15,87	15,87	15,49
Ssq1v perm = Ssq1 perm * $\sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * $\sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} * \gamma_1' * (1 + kv) * H_d^2 * k_{ps}^+ + (2 * c_1 * k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' * (1 + kv) * k_{ps}^+ * H_2) * H_d$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
--	--------	------	------	------

RELAZIONE DI CALCOLO

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

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU	
MSst1 stat =	$Sst1h \text{ stat} * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	( kNm/m )	275,87	275,87	354,47
MSst1 sism=	$Sst1h \text{ sism} * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	( kNm/m )	99,56	99,56	117,93
MSst2 stat =	$Sst1v \text{ stat} * B$	( kNm/m )	263,79	263,79	279,32
MSst2 sism =	$Sst1v \text{ sism} * B$	( kNm/m )	95,20	95,20	92,92
MSsq1 =	$Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSsq2 =	$Ssq1v * B$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp =	$\gamma_1 * Hd^3 * kps^2 / 3 + (2 * c_1 * kps^{0.5} + \gamma_1 * kps * H2) * Hd^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp+ms$	( kNm/m )		0,00
Mfext2 =	$(fp+fs)*(H3 + H2)$	( kNm/m )		0,00
Mfext3 =	$(vp+vs)*(B1 + B2 + B3/2)$	( kNm/m )		0,00

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO**

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv \quad 833,91 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh \quad 242,51 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0,65 \quad (-)$$

$$Fs = (N * f + Sp) / T \quad 2,25 \quad > \quad 1$$

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + Mfext3 \quad 2523,30 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MP_s + Mpt_s \quad 236,46 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr \quad 10,67 \quad > \quad 1$$

**VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv + (\text{Sovr acc}) \quad N_{\min} \quad N_{\max} \quad 833,91 \quad 833,91 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh - Sp \quad 242,51 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 2370,56 \quad 2370,56 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c * N - MM \quad 131,17 \quad 131,17 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

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

c1'	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kN/mq)
$\phi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	33,20		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	25,00		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,16	0,16	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5,69	5,69	(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)	26,72		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$	( $2 + \pi$ in cond. nd)	39,31		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi)$	(0 in cond. nd)	36,29		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^m$	(1 in cond. nd)	0,50	0,50	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,48	0,48	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$		0,36	0,36	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	1046,10	1046,10	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	---------	---------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	<b><math>N_{min}</math></b>	<b>7,13</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
		<b><math>N_{max}</math></b>	<b>7,13</b>	<b>&gt;</b>	

**CONDIZIONE SISMICA -**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m)	122,68	122,68	154,35
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}^- - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	30,36	30,36	33,83
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

RELAZIONE DI CALCOLO

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = Sst1 stat*cosδ	(kN/m)	114,53	114,53	147,17
Sst1h sism = Sst1 sism*cosδ	(kN/m)	28,35	28,35	32,25
Ssq1h perm= Ssq1 perm*cosδ	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1h acc= Ssq1 acc*cosδ	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = Sst1 stat*senδ	(kN/m)	43,96	43,96	46,55
Sst1v sism = Sst1 sism*senδ	(kN/m)	10,88	10,88	10,20
Ssq1v perm= Ssq1 perm*senδ	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1v acc= Ssq1 acc*senδ	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^- + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1 \cdot (1-kv) \cdot kps \cdot H^2) \cdot Hd$	(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 stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)	( kNm/m )	275,87	275,87	354,47
MSst1 sism= Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)	( kNm/m )	68,28	68,28	77,68
MSst2 stat = Sst1v stat * B	( kNm/m )	263,79	263,79	279,32
MSst2 sism = Sst1v sism * B	( kNm/m )	65,29	65,29	61,21
MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSsq2 = Ssq1v * B	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp = $\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1 \cdot kps \cdot H^2) \cdot Hd^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 = mp+ms	( kNm/m )		0,00	
Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2)	( kNm/m )		0,00	
Mfext3 = (vp+vs)*(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	742,28	(kN/m)
--	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh	229,53	(kN/m)
--	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

f = tgφ1'	0,65	(-)
-----------	------	-----

<b>Fs = (N*f + Sp) / T</b>	<b>2,12</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
----------------------------	-------------	-------------	----------

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)			
Ms =	Mm + Mt + Mfext3	2863,83	( kNm/m )
Momento ribaltante (Mr)			
Mr =	MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts	871,26	( kNm/m )
<b>Fr =</b>	<b>Ms / Mr</b>	<b>3,29</b>	<b>&gt; 1</b>

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv	742,28	742,28	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh - Sp	229,53		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	ΣM	2069,13	2069,13	( kNm/m )
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	Xc*N - MM	157,71	157,71	( kNm/m )

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

Fondazione Nastriforme

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

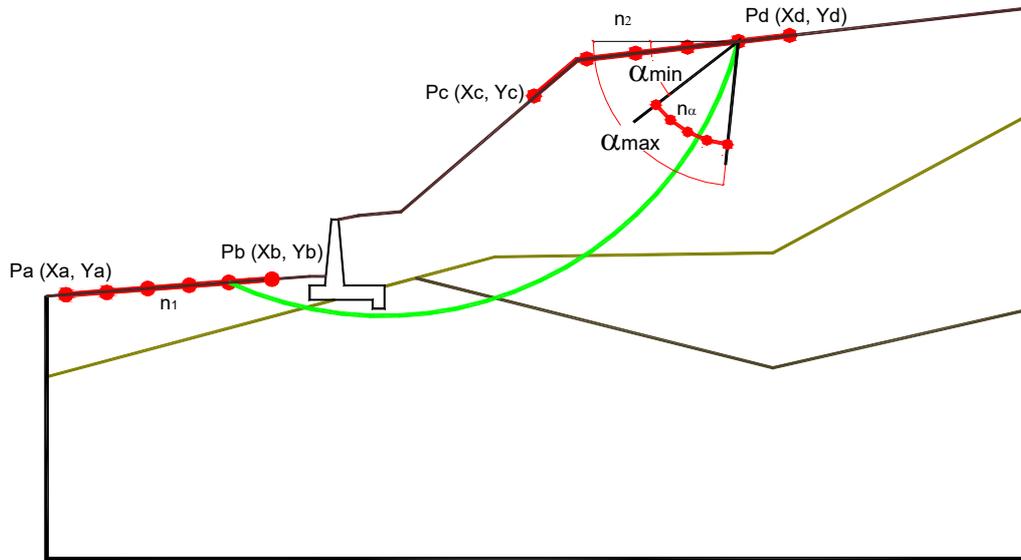
c1'	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kN/mq)
φ1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	33,20		(°)
γ1	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m <sup>3</sup> )
q0 = γd * H2'	sovraccarico stabilizzante	25,00		(kN/m <sup>2</sup> )
e = M / N	eccentricità	0,21	0,21	(m)
B* = B - 2e	larghezza equivalente	5,58	5,58	(m)

I valori di Nc, Nq e Nγ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

Nq = tg <sup>2</sup> (45 + φ/2) * e <sup>(π * tg(φ))</sup>	(1 in cond. nd)	26,72		(-)
Nc = (Nq - 1) / tg(φ)	(2+π in cond. nd)	39,31		(-)
Nγ = 2 * (Nq + 1) * tg(φ)	(0 in cond. nd)	36,29		(-)



**RELAZIONE DI CALCOLO**



**RISULTATO VERIFICA**

Nel seguente tabulato si riportano le superfici più significative.

N. superficie	Xc (m)	Yc (m)	R (m)	Xv (m)	Xm (m)	FS (statico)	FS (sismico)
1	82,521	152,420	57,529	90,500	119,500	1,426	1,115
2	87,604	137,602	42,255	90,500	118,000	1,452	1,116
3	88,358	136,874	41,207	91,000	118,000	1,460	1,124
4	83,503	151,250	56,002	91,000	119,500	1,440	1,124
5	86,278	143,976	48,713	90,500	119,500	1,426	1,124
6	91,706	128,793	33,368	90,500	118,000	1,384	1,125
7	89,896	132,680	37,238	90,500	118,000	1,460	1,132
8	92,322	128,312	32,586	91,000	118,000	1,397	1,134
9	87,114	143,079	47,487	91,000	119,500	1,440	1,135
10	89,110	136,148	40,162	91,500	118,000	1,476	1,135
11	90,571	132,093	36,343	91,000	118,000	1,469	1,140
12	89,043	137,762	42,341	90,500	119,500	1,433	1,142
13	92,014	125,300	29,892	90,500	116,500	1,495	1,145
14	87,947	142,186	46,265	91,500	119,500	1,456	1,145
15	92,936	127,832	31,806	91,500	118,000	1,412	1,145
16	89,859	135,425	39,121	92,000	118,000	1,493	1,146
17	91,245	131,507	35,450	91,500	118,000	1,486	1,152
18	90,444	128,512	33,065	90,500	116,500	1,567	1,152
19	89,779	137,051	41,317	91,000	119,500	1,448	1,153

**RELAZIONE DI CALCOLO**

20	93,178	125,630	30,302	90,500	118,000	1,407	1,153
21	92,591	124,896	29,187	91,000	116,500	1,511	1,155
22	90,606	134,704	38,083	92,500	118,000	1,506	1,156
23	88,776	141,297	45,050	92,000	119,500	1,472	1,157
24	93,550	127,352	31,028	92,000	118,000	1,428	1,157
25	91,070	128,023	32,271	91,000	116,500	1,584	1,163
26	91,173	132,974	37,533	90,500	119,500	1,447	1,163
27	93,747	125,231	29,607	91,000	118,000	1,421	1,163
28	91,917	130,923	34,560	92,000	118,000	1,504	1,164
29	90,512	136,343	40,297	91,500	119,500	1,464	1,164
30	93,167	124,493	28,484	91,500	116,500	1,528	1,166
31	88,495	132,499	37,107	90,500	116,500	1,653	1,167
32	84,337	152,151	57,038	90,500	121,000	1,504	1,169
33	89,601	140,413	43,840	92,500	119,500	1,490	1,170
34	91,350	133,986	37,048	93,000	118,000	1,525	1,170
35	93,312	122,644	27,343	90,500	116,500	1,519	1,173
36	93,743	124,090	27,781	92,000	116,500	1,535	1,174
37	91,836	132,398	36,656	91,000	119,500	1,462	1,174
38	91,695	127,534	31,477	91,500	116,500	1,603	1,174
39	92,587	130,340	33,672	92,500	118,000	1,517	1,175
40	94,315	124,834	28,913	91,500	118,000	1,436	1,175
41	91,243	135,637	39,281	92,000	119,500	1,481	1,176
42	89,184	131,900	36,193	91,000	116,500	1,671	1,178
43	94,409	120,400	25,258	90,500	116,500	1,464	1,178
44	92,319	127,047	30,686	92,000	116,500	1,605	1,181
45	87,778	144,083	48,713	90,500	121,000	1,508	1,182
46	85,283	151,023	55,565	91,000	121,000	1,525	1,183
47	90,422	139,532	42,636	93,000	119,500	1,510	1,183
48	93,850	122,309	26,709	91,000	116,500	1,536	1,184
49	94,406	122,993	27,822	90,500	118,000	1,437	1,186
50	92,496	131,824	35,780	91,500	119,500	1,479	1,186
51	94,883	124,437	28,221	92,000	118,000	1,453	1,187
52	94,317	123,688	27,080	92,500	116,500	1,555	1,187
53	94,914	120,120	24,681	91,000	116,500	1,479	1,189
54	92,873	129,153	33,790	90,500	119,500	1,469	1,189
55	91,971	134,934	38,269	92,500	119,500	1,500	1,190
56	93,256	129,760	32,787	93,000	118,000	1,538	1,191
57	92,942	126,560	29,895	92,500	116,500	1,627	1,194
58	86,224	149,901	54,102	91,500	121,000	1,542	1,194
59	94,387	121,973	26,076	91,500	116,500	1,554	1,196
60	88,592	143,211	47,520	91,000	121,000	1,530	1,197

**RELAZIONE DI CALCOLO**

61	94,937	122,661	27,195	91,000	118,000	1,451	1,197
62	91,239	138,656	41,439	93,500	119,500	1,531	1,198
63	93,155	131,251	34,907	92,000	119,500	1,497	1,199
64	95,418	119,841	24,104	91,500	116,500	1,495	1,200
65	95,449	124,040	27,530	92,500	118,000	1,471	1,200
66	93,479	128,679	33,020	91,000	119,500	1,486	1,201
67	94,891	123,286	26,380	93,000	116,500	1,577	1,201
68	94,162	126,874	30,251	92,500	118,000	1,536	1,201
69	90,349	138,057	42,610	90,500	121,000	1,518	1,203
70	92,697	134,234	37,261	93,000	119,500	1,521	1,204
71	94,923	121,638	25,443	92,000	116,500	1,561	1,204
72	93,922	129,180	31,904	93,500	118,000	1,561	1,206
73	87,159	148,787	52,647	92,000	121,000	1,561	1,207
74	93,564	126,074	29,106	93,000	116,500	1,650	1,208
75	95,468	122,329	26,570	91,500	118,000	1,467	1,209
76	89,401	142,343	46,333	91,500	121,000	1,548	1,209
77	95,922	119,561	23,528	92,000	116,500	1,507	1,210
78	93,812	130,680	34,037	92,500	119,500	1,517	1,213
79	94,084	128,207	32,253	91,500	119,500	1,503	1,214
80	96,014	123,645	26,840	93,000	118,000	1,491	1,215
81	94,772	126,397	29,477	93,000	118,000	1,558	1,216
82	95,458	121,303	24,812	92,500	116,500	1,582	1,218
83	91,069	137,361	41,609	91,000	121,000	1,542	1,218
84	95,353	118,469	23,528	90,500	116,500	1,504	1,218
85	93,419	133,536	36,257	93,500	119,500	1,543	1,220
86	94,269	126,017	30,802	90,500	119,500	1,497	1,220
87	88,088	147,681	51,203	92,500	121,000	1,581	1,221
88	94,586	128,603	31,024	94,000	118,000	1,580	1,221
89	89,872	131,302	35,282	91,500	116,500	1,784	1,222
90	95,997	121,998	25,945	92,000	118,000	1,485	1,222
91	90,207	141,479	45,151	92,000	121,000	1,568	1,222
92	96,426	119,282	22,952	92,500	116,500	1,526	1,223
93	90,559	130,706	34,373	92,000	116,500	1,782	1,226
94	95,451	120,749	25,782	90,500	118,000	1,474	1,227
95	92,352	133,360	37,959	90,500	121,000	1,538	1,227
96	94,688	127,736	31,487	92,000	119,500	1,522	1,227
97	94,466	130,111	33,170	93,000	119,500	1,541	1,229
98	95,830	118,236	22,997	91,000	116,500	1,519	1,229
99	96,577	123,250	26,152	93,500	118,000	1,514	1,231
100	91,786	136,669	40,612	91,500	121,000	1,562	1,231
101	95,381	125,921	28,704	93,500	118,000	1,582	1,232

RELAZIONE DI CALCOLO

102	94,830	125,624	30,116	91,000	119,500	1,514	1,233
103	95,993	120,969	24,181	93,000	116,500	1,605	1,233
104	89,010	146,581	49,768	93,000	121,000	1,602	1,235
105	96,526	121,668	25,322	92,500	118,000	1,504	1,236
106	94,138	132,842	35,257	94,000	119,500	1,568	1,236
107	91,009	140,619	43,976	92,500	121,000	1,589	1,237
108	95,950	120,472	25,211	91,000	118,000	1,488	1,238
109	96,928	119,004	22,377	93,000	116,500	1,547	1,238
110	95,248	128,027	30,147	94,500	118,000	1,607	1,239
111	96,307	118,004	22,466	91,500	116,500	1,536	1,241
112	95,289	127,266	30,724	92,500	119,500	1,543	1,242
113	95,464	122,885	25,681	93,500	116,500	1,682	1,243
114	93,003	132,795	37,097	91,000	121,000	1,562	1,243
115	95,119	129,544	32,306	93,500	119,500	1,564	1,245
116	96,527	120,635	23,551	93,500	116,500	1,619	1,245
117	92,501	135,979	39,619	92,000	121,000	1,582	1,246
118	95,390	125,232	29,432	91,500	119,500	1,532	1,246
119	95,989	125,447	27,933	94,000	118,000	1,602	1,248
120	97,140	122,856	25,466	94,000	118,000	1,538	1,248
121	89,926	145,490	48,343	93,500	121,000	1,626	1,251
122	96,450	120,195	24,640	91,500	118,000	1,505	1,251
123	94,185	125,590	28,319	93,500	116,500	1,752	1,251
124	97,054	121,338	24,699	93,000	118,000	1,525	1,251
125	96,784	117,771	21,936	92,000	116,500	1,548	1,252
126	91,806	139,764	42,807	93,000	121,000	1,612	1,252
127	94,854	132,150	34,262	94,500	119,500	1,594	1,255
128	93,965	129,579	34,308	90,500	121,000	1,563	1,256
129	95,908	127,454	29,272	95,000	118,000	1,631	1,257
130	95,440	123,384	28,371	90,500	119,500	1,531	1,257
131	93,651	132,231	36,237	91,500	121,000	1,582	1,257
132	95,889	126,797	29,962	93,000	119,500	1,566	1,258
133	95,950	124,840	28,750	92,000	119,500	1,552	1,261
134	93,212	135,292	38,630	92,500	121,000	1,604	1,261
135	96,035	122,485	24,983	94,000	116,500	1,710	1,261
136	95,769	128,979	31,444	94,000	119,500	1,590	1,263
137	97,061	120,302	22,923	94,000	116,500	1,646	1,263
138	96,948	119,919	24,070	92,000	118,000	1,524	1,264
139	97,260	117,539	21,406	92,500	116,500	1,568	1,266
140	96,178	116,781	22,077	90,500	116,500	1,551	1,266
141	96,594	124,973	27,164	94,500	118,000	1,631	1,267
142	90,835	144,407	46,929	94,000	121,000	1,651	1,268

**RELAZIONE DI CALCOLO**

143	97,701	122,463	24,780	94,500	118,000	1,565	1,268
144	97,581	121,009	24,078	93,500	118,000	1,549	1,269
145	94,804	125,106	27,533	94,000	116,500	1,781	1,269
146	92,599	138,914	41,644	93,500	121,000	1,637	1,269
147	95,965	123,056	27,752	91,000	119,500	1,548	1,270
148	96,355	118,807	24,082	90,500	118,000	1,517	1,271
149	94,298	131,669	35,381	92,000	121,000	1,605	1,272
150	94,562	129,113	33,550	91,000	121,000	1,590	1,274
151	95,566	131,462	33,271	95,000	119,500	1,624	1,275
152	96,488	126,329	29,203	93,500	119,500	1,590	1,276
153	96,508	124,449	28,069	92,500	119,500	1,574	1,276
154	87,815	149,340	53,960	90,500	122,500	1,670	1,277
155	93,921	134,607	37,645	93,000	121,000	1,629	1,277
156	96,632	116,589	21,584	91,000	116,500	1,567	1,278
157	97,446	119,643	23,501	92,500	118,000	1,543	1,279
158	96,606	122,085	24,286	94,500	116,500	1,741	1,281
159	97,736	117,307	20,877	93,000	116,500	1,591	1,281
160	96,416	128,416	30,586	94,500	119,500	1,618	1,282
161	97,593	119,969	22,295	94,500	116,500	1,677	1,283
162	96,828	118,576	23,556	91,000	118,000	1,532	1,283
163	97,430	118,725	21,803	93,500	116,500	1,657	1,284
164	96,489	122,729	27,134	91,500	119,500	1,567	1,284
165	97,198	124,502	26,398	95,000	118,000	1,657	1,286
166	98,107	120,680	23,458	94,000	118,000	1,574	1,287
167	93,387	138,068	40,488	94,000	121,000	1,664	1,287
168	95,158	128,647	32,794	91,500	121,000	1,610	1,288
169	94,942	131,109	34,527	92,500	121,000	1,628	1,288
170	96,909	115,286	20,848	90,500	116,500	1,508	1,289
171	98,261	122,071	24,097	95,000	118,000	1,594	1,289
172	97,085	116,396	21,091	91,500	116,500	1,584	1,290
173	88,700	148,285	52,584	91,000	122,500	1,692	1,291
174	95,298	126,454	31,376	90,500	121,000	1,595	1,291
175	97,064	124,060	27,389	93,000	119,500	1,598	1,293
176	97,084	125,863	28,446	94,000	119,500	1,618	1,295
177	90,621	142,190	46,744	90,500	122,500	1,682	1,295
178	94,626	133,926	36,664	93,500	121,000	1,655	1,295
179	97,943	119,368	22,933	93,000	118,000	1,566	1,296
180	98,211	117,075	20,349	93,500	116,500	1,609	1,296
181	97,301	118,345	23,030	91,500	118,000	1,550	1,296
182	97,175	121,686	23,591	95,000	116,500	1,760	1,296
183	97,012	122,402	26,517	92,000	119,500	1,588	1,299

**RELAZIONE DI CALCOLO**

184	97,342	115,128	20,387	91,000	116,500	1,522	1,300
185	98,124	119,637	21,668	95,000	116,500	1,699	1,301
186	96,443	121,131	26,363	90,500	119,500	1,571	1,301
187	97,538	116,204	20,599	92,000	116,500	1,597	1,302
188	97,932	118,448	21,230	94,000	116,500	1,685	1,302
189	97,061	127,856	29,732	95,000	119,500	1,649	1,304
190	95,752	128,183	32,041	92,000	121,000	1,633	1,304
191	95,584	130,551	33,676	93,000	121,000	1,654	1,306
192	89,578	147,239	51,217	91,500	122,500	1,716	1,306
193	98,631	120,352	22,839	94,500	118,000	1,603	1,307
194	94,171	137,228	39,339	94,500	121,000	1,693	1,308
195	95,853	126,066	30,699	91,000	121,000	1,623	1,309
196	91,392	141,363	45,612	91,000	122,500	1,705	1,310
197	97,773	118,115	22,505	92,000	118,000	1,569	1,311
198	97,775	114,970	19,927	91,500	116,500	1,538	1,312
199	97,620	123,671	26,711	93,500	119,500	1,624	1,312
200	98,439	119,092	22,365	93,500	118,000	1,591	1,314
201	95,328	133,248	35,688	94,000	121,000	1,684	1,314
202	96,937	120,857	25,797	91,000	119,500	1,590	1,315
203	98,685	116,844	19,821	94,000	116,500	1,637	1,315
204	97,679	125,399	27,691	94,500	119,500	1,648	1,315
205	97,535	122,075	25,901	92,500	119,500	1,611	1,316
206	97,991	116,012	20,107	92,500	116,500	1,618	1,316
207	92,770	136,714	41,330	90,500	122,500	1,701	1,321
208	96,344	127,721	31,289	92,500	121,000	1,658	1,321
209	97,149	117,100	22,651	90,500	118,000	1,567	1,321
210	90,450	146,199	49,860	92,000	122,500	1,741	1,323
211	98,433	118,170	20,658	94,500	116,500	1,717	1,323
212	96,406	125,678	30,024	91,500	121,000	1,644	1,325
213	96,224	129,994	32,828	93,500	121,000	1,681	1,325
214	98,244	117,885	21,981	92,500	118,000	1,590	1,326
215	92,160	140,540	44,487	91,500	122,500	1,730	1,328
216	94,950	136,393	38,197	95,000	121,000	1,726	1,329
217	97,431	120,583	25,232	91,500	119,500	1,610	1,330
218	99,155	120,025	22,221	95,000	118,000	1,634	1,330
219	96,424	123,814	28,979	90,500	121,000	1,633	1,331
220	98,173	123,283	26,035	94,000	119,500	1,652	1,332
221	98,934	118,818	21,799	94,000	118,000	1,617	1,333
222	98,443	115,820	19,616	93,000	116,500	1,642	1,333
223	98,056	121,750	25,286	93,000	119,500	1,636	1,334
224	97,599	116,909	22,162	91,000	118,000	1,583	1,334

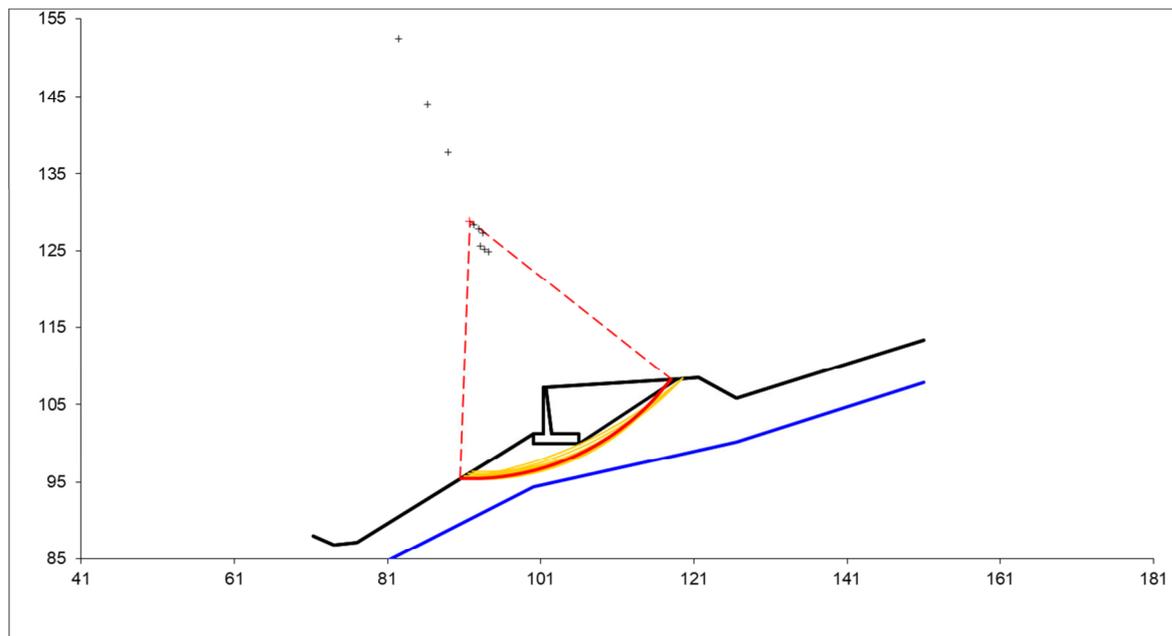
**RELAZIONE DI CALCOLO**

225	96,027	132,574	34,717	94,500	121,000	1,715	1,335
226	99,159	116,613	19,294	94,500	116,500	1,667	1,336
227	93,460	136,048	40,371	91,000	122,500	1,725	1,337
228	98,272	124,935	26,939	95,000	119,500	1,680	1,338
229	96,934	127,259	30,540	93,000	121,000	1,685	1,340
230	91,316	145,168	48,514	92,500	122,500	1,769	1,340
231	96,957	125,292	29,351	92,000	121,000	1,668	1,341
232	98,932	117,893	20,086	95,000	116,500	1,741	1,342
233	98,715	117,656	21,457	93,000	118,000	1,613	1,344
234	96,861	129,441	31,984	94,000	121,000	1,712	1,345
235	92,923	139,722	43,369	92,000	122,500	1,756	1,345
236	97,924	120,310	24,668	92,000	119,500	1,632	1,346
237	98,049	116,718	21,674	91,500	118,000	1,601	1,348
238	98,895	115,628	19,125	93,500	116,500	1,662	1,349
239	97,315	119,170	24,683	90,500	119,500	1,619	1,349

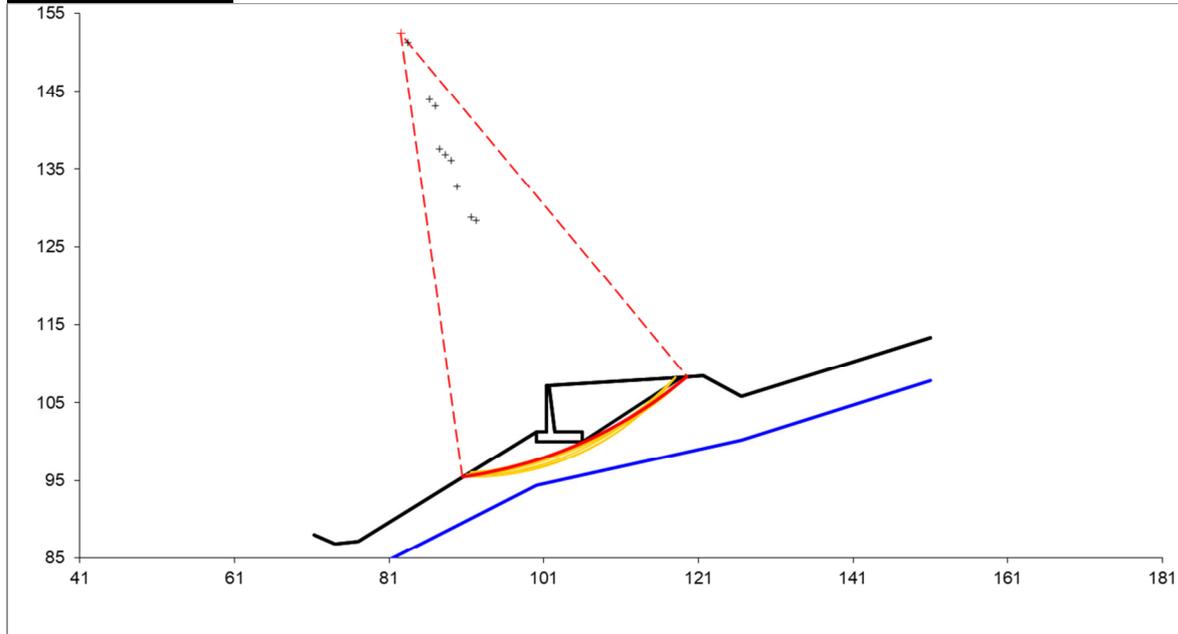
#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop
1025	STATICO 1,384
	SISMICO 1,115

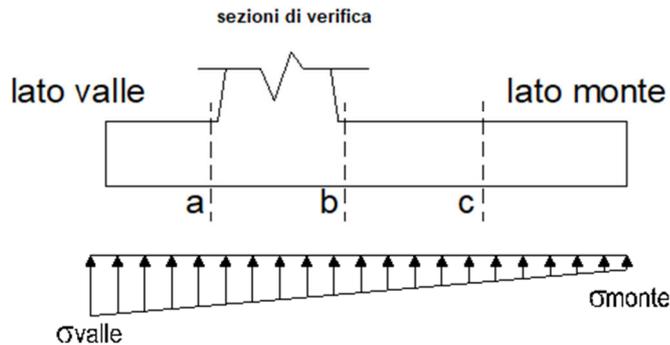
**Condizione statica**



**Condizione sismica**



**7.6.2 Verifiche strutturali**

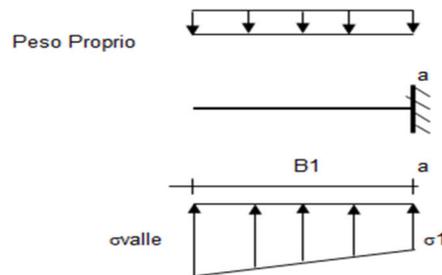


**Reazioni del terreno**

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	805,20	170,77	162,66	105,74
	805,20	170,77	162,66	105,74
sisma+	833,91	131,17	160,85	117,12
	833,91	131,17	160,85	117,12
sisma-	742,28	157,71	150,00	97,43
	742,28	157,71	150,00	97,43

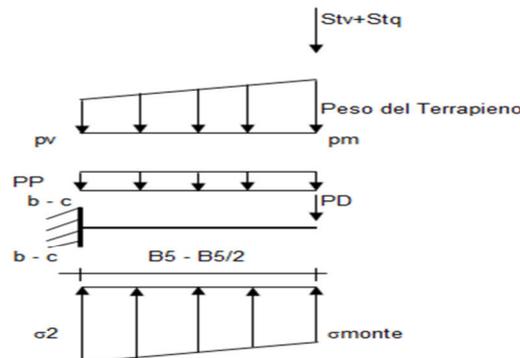
**Mensola lato valle**

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma	Va
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	162,66	149,85	115,86	168,76
	162,66	149,85	115,86	168,76
sisma+	160,85	151,01	113,42	164,09
	160,85	151,01	115,11	164,09
sisma-	150,00	138,17	106,31	147,76
	150,00	138,17	104,62	147,76

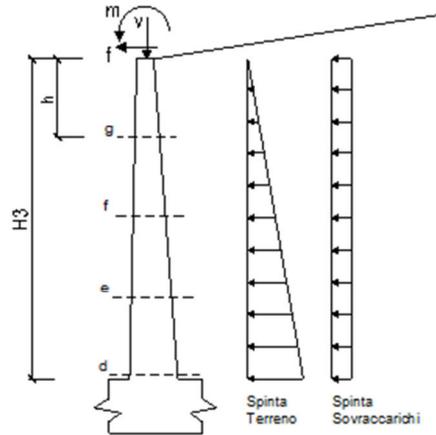


**Mensola lato monte**

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	Mb	Vb	$\sigma_{2c}$	Mc	Vc
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	105,74	139,51	-450,71	-158,02	122,63	-188,16	-131,95
	105,74	139,51	-621,80	-254,14	122,63	-230,94	-180,01
sisma+	117,12	143,07	-398,04	-147,65	130,09	-159,94	-115,84
	117,12	143,07	-398,04	-147,65	130,09	-159,94	-115,84
sisma-	97,43	128,62	-384,09	-141,77	113,02	-153,37	-112,68
	97,43	128,62	-384,09	-141,77	113,02	-153,37	-112,68



**Calcolo sollecitazioni paramento verticale del muro**



**condizione statica**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	6,00	205,31	112,22	175,00	492,53	0,00	104,25	104,25
e-e	4,50	86,62	63,12	137,50	287,24	0,00	67,08	67,08
f-f	3,00	25,66	28,05	100,00	153,72	0,00	37,31	37,31
g-g	1,50	3,21	7,01	62,50	72,72	0,00	14,95	14,95

sezione	h	Vt	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6,00	102,66	37,41	25,00	165,06
e-e	4,50	57,74	28,05	25,00	110,80
f-f	3,00	25,66	18,70	25,00	69,37
g-g	1,50	6,42	9,35	25,00	40,77

**condizione sismica +**

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	6,00	157,93	61,05	0,00	0,00	30,06	249,04	0,00	110,43	110,43
e-e	4,50	66,63	25,76	0,00	0,00	14,93	107,32	0,00	71,05	71,05
f-f	3,00	19,74	7,63	0,00	0,00	5,76	33,13	0,00	39,52	39,52
g-g	1,50	2,47	0,95	0,00	0,00	1,22	4,64	0,00	15,84	15,84

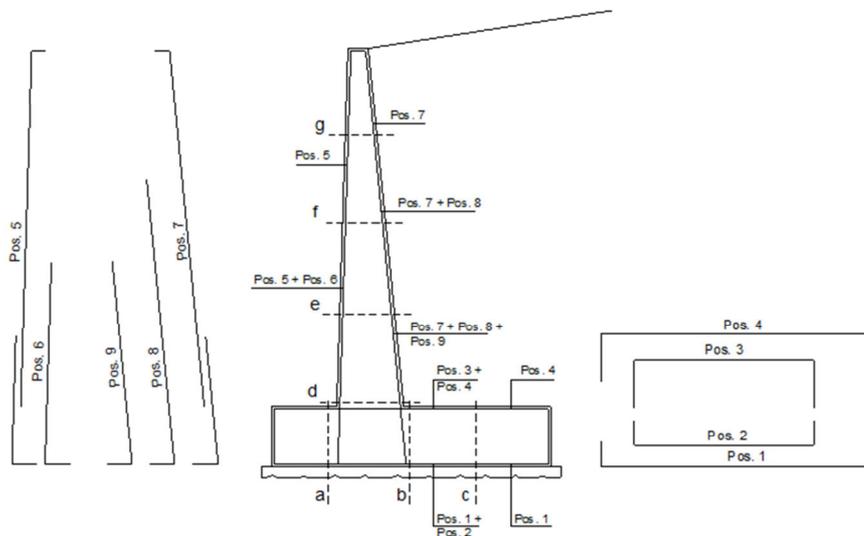
sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sis</sub> m	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6,00	78,97	30,53	0,00	0,00	12,36	121,85
e-e	4,50	44,42	17,17	0,00	0,00	7,95	69,54
f-f	3,00	19,74	7,63	0,00	0,00	4,42	31,80
g-g	1,50	4,94	1,91	0,00	0,00	1,77	8,62

condizione sismica -

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sis</sub> m	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	6,00	157,93	41,87	0,00	0,00	30,06	229,86	0,00	98,07	98,07
e-e	4,50	66,63	17,66	0,00	0,00	14,93	99,22	0,00	63,10	63,10
f-f	3,00	19,74	5,23	0,00	0,00	5,76	30,73	0,00	35,10	35,10
g-g	1,50	2,47	0,65	0,00	0,00	1,22	4,34	0,00	14,07	14,07

sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sis</sub> m	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6,00	78,97	20,94	0,00	0,00	12,36	112,26
e-e	4,50	44,42	11,78	0,00	0,00	7,95	64,15
f-f	3,00	19,74	5,23	0,00	0,00	4,42	29,40
g-g	1,50	4,94	1,31	0,00	0,00	1,77	8,02

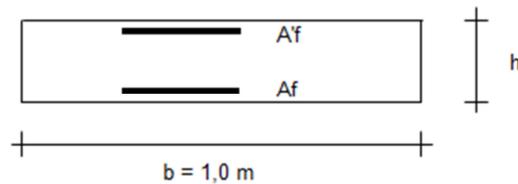
SCHEMA DELLE ARMATURE



**RELAZIONE DI CALCOLO**

pos	n°/ml	$\phi$	II strato	pos	n°/ml	$\phi$	II strato
1	5,0	16		5	5,0	16	
2	0,0	0	☐	6	0,0	0	☐
3	5,0	16	☐	7	5,0	16	
4	5,0	16		8	4,0	16	☐
				9	0,0	0	☐

**VERIFICA**



Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)
a - a	115,86	0,00	1,25	10,05	20,11	469,53
b - b	-621,80	0,00	1,25	20,11	10,05	909,75
c - c	-230,94	0,00	1,25	10,05	10,05	468,03
d - d	492,53	104,25	1,09	18,10	10,05	758,71
e - e	287,24	67,08	0,89	18,10	10,05	594,25
f - f	153,72	37,31	0,70	18,10	10,05	439,24
g - g	72,72	14,95	0,50	10,05	10,05	174,87

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

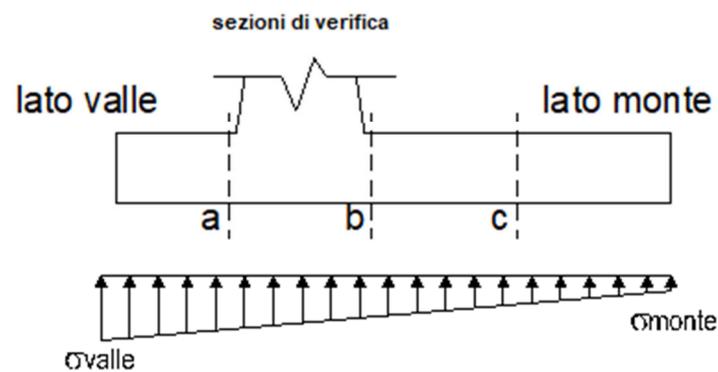
**VERIFICA A TAGLIO**

Sez.	V <sub>Ed</sub>	h	V <sub>rd</sub>
(-)	(kN)	(m)	(kN)
a - a	168,76	1,25	392,38
b - b	254,14	1,25	392,38
c - c	180,01	1,25	392,38
d - d	165,06	1,09	365,18
e - e	110,80	0,89	306,95
f - f	69,37	0,70	252,06
g - g	40,77	0,50	187,50

**VERIFICA A FESSURAZIONE**

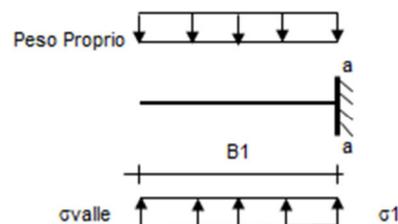
**Calcolo sollecitazione soletta di fondazione**

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Freq.	787,53	98,83	147,73	114,78
	787,53	98,83	147,73	114,78
Q.P.	774,72	16,69	131,90	126,34
	774,72	16,69	131,90	126,34



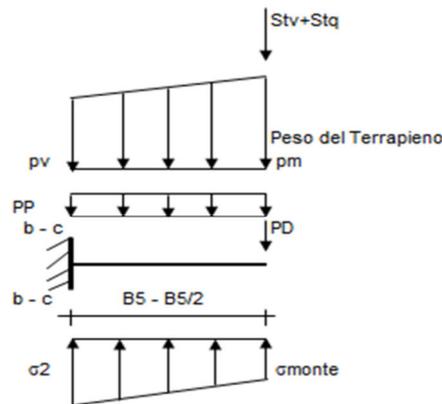
**Mensola lato valle**

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	147,73	140,31	103,89
	147,73	140,31	103,89
Q.P.	131,90	130,65	91,34
	131,90	130,65	91,34



**Mensola lato monte**

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	$M_b$	$\sigma_{2c}$	$M_c$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	114,78	134,33	-360,53	124,56	-146,13
	114,78	134,33	-487,27	124,56	-177,82
Q.P.	126,34	129,64	-276,03	127,99	-109,32
	126,34	129,64	-276,03	127,99	-109,32



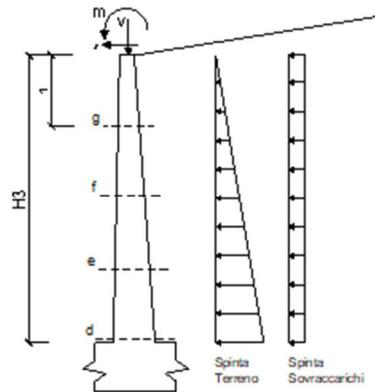
**Azioni sul parameno verticale**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	6,00	157,93	83,12	175,00	416,06	0,00	104,25	104,25
e-e	4,50	66,63	46,76	137,50	250,88	0,00	67,08	67,08
f-f	3,00	19,74	20,78	100,00	140,52	0,00	37,31	37,31
g-g	1,50	2,47	5,20	62,50	70,16	0,00	14,95	14,95

**condizione Quasi Permanente**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	6,00	157,93	0,00	0,00	157,93	0,00	104,25	104,25
e-e	4,50	66,63	0,00	0,00	66,63	0,00	67,08	67,08
f-f	3,00	19,74	0,00	0,00	19,74	0,00	37,31	37,31
g-g	1,50	2,47	0,00	0,00	2,47	0,00	14,95	14,95

**RELAZIONE DI CALCOLO**



**Verifica**

**condizione Frequente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</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	103,89	0,00	1,25	10,05	20,11	0,95	91,75	0,174	0,300
b - b	-487,27	0,00	1,25	20,11	10,05	3,52	219,07	0,272	0,300
c - c	-177,82	0,00	1,25	10,05	10,05	1,72	157,18	0,298	0,300
d - d	416,06	104,25	1,09	18,10	10,05	4,01	213,95	0,281	0,300
e - e	250,88	67,08	0,89	18,10	10,05	3,39	164,01	0,215	0,300
f - f	140,52	37,31	0,70	18,10	10,05	2,93	125,37	0,165	0,300
g - g	70,16	14,95	0,50	10,05	10,05	3,40	169,40	0,273	0,300

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

**condizione Quasi Permanente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</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	91,34	0,00	1,25	10,05	20,11	0,84	80,67	0,153	0,200
b - b	-276,03	0,00	1,25	20,11	10,05	1,99	124,10	0,154	0,200
c - c	-109,32	0,00	1,25	10,05	10,05	1,05	96,63	0,183	0,200
d - d	157,93	104,25	1,09	18,10	10,05	1,54	65,17	0,086	0,200
e - e	66,63	67,08	0,89	18,10	10,05	0,91	31,41	0,041	0,200
f - f	19,74	37,31	0,70	18,10	10,05	0,42	9,86	0,012	0,200
g - g	2,47	14,95	0,50	10,05	10,05	0,10	0,62	0,001	0,200

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

### 7.6.3 Verifiche tensionali

Condizione Statica							
Sez.	M	N	h	A <sub>f</sub>	A' <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	103,89	0,00	1,25	10,05	20,11	0,95	91,75
b - b	-487,27	0,00	1,25	20,11	10,05	3,52	219,07
c - c	-177,82	0,00	1,25	10,05	10,05	1,72	157,18
d - d	416,06	104,25	1,09	18,10	10,05	4,01	213,95
e - e	250,88	67,08	0,89	18,10	10,05	3,39	164,01
f - f	140,52	37,31	0,70	18,10	10,05	2,93	125,37
g - g	70,16	14,95	0,50	10,05	10,05	3,40	169,40

## 7.7 RISULTATI VERIFICHE MURO H=5.00M

### 7.7.1 Verifiche geotecniche

#### FORZE VERTICALI

		SLE	STR/GEO	EQU
- Peso del Muro (Pm)				
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	37,50	33,75
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	40,63	36,56
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	129,38	116,44
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	(kN/m)	207,50	186,75
- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)				
Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	(kN/m)	270,75	243,68
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	(kN/m)	2,03	1,83
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	(kN/m)	30,88	27,79
Sovr =	$qp \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0,00	0,00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	(kN/m)	303,66	273,29
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0	0
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0	0

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

		SLE	STR/GEO	EQU
- Muro (Mm)				
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	31,88	28,69
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	(kNm/m)	49,43	44,48
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	291,09	261,98
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	(kNm/m)	372,40	335,16
- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro				
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	832,56	749,30
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	6,77	6,09
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	44,25	39,83
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	(kNm/m)	883,58	795,22
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0	0
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0	0

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)				
Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)		24,60
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)		12,30
- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)				
Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)		36,00
Ptsv =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)		18,00

**RELAZIONE DI CALCOLO**

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

MPs1 h=	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	0,00
MPs2 h=	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	16,23
MPs3 h=	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	13,57
MPs4 h=	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	8,82
MPs5 h=	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0,00
MPs h=	MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5	(kNm/m)	38,62

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

MPs1 v=	$kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0,00
MPs2 v=	$kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	1,89
MPs3 v=	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	2,93
MPs4 v=	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	17,26
MPs5 v=	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0,00
MPs v=	MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5	(kNm/m)	22,08

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

MPts1 h=	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	117,17
MPts2 h=	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	2,29
MPts3 h=	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	16,41
MPts h=	MPts1 + MPts2 + MPts3	(kNm/m)	135,88

- 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)	49,36
MPts2 v=	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0,43
MPts3 v=	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	3,62
MPts v=	MPts1 + MPts2 + MPts3	(kNm/m)	53,40

**CONDIZIONE STATICA**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta totale condizione statica

		SLE	STR/GEO	EQU	
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	90,64	114,04	125,45
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)	30,72	52,18	57,98

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	84,62	108,73	119,61
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)	28,68	49,75	55,28

- Componente verticale condizione statica

Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	32,48	34,40	37,83
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)	11,01	15,74	17,49

- Spinta passiva sul dente

Sp =	$\frac{1}{2} \cdot g1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
------	--	--------	------	------	------

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

		SLE	STR/GEO	EQU
MSt1 =	$Sth * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	( kNm/m ) 175,20	225,12	247,63
MSt2 =	$Stv * B$	( kNm/m ) 146,17	154,78	170,26
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m ) 0,00	0,00	0,00
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m ) 89,07	154,51	171,68
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} * B$	( kNm/m ) 0,00	0,00	0,00
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} * B$	( kNm/m ) 49,55	70,82	78,69
MSp =	$\gamma_1 * Hd^3 * kp / 3 + (2 * c_1 * kp^{0.5} + \gamma_1 * kp * H2) * Hd^2 / 2$	( kNm/m ) 0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp + m$	( kNm/m ) 25,00	25,00	37,50
Mfext2 =	$(fp + f) * (H3 + H2)$	( kNm/m ) 153,75	153,75	230,63
Mfext3 =	$(vp+v) * (B1 + B2 + B3/2)$	( kNm/m ) 7,14	7,14	6,43

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

Risultante forze verticali (N)				
N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	569,69	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$Sth + Sqh + f$	183,49	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)				
f =	$tg \phi_1'$	0,52	(-)	
<b>Fs scorr.</b>	<b><math>(N * f + Sp) / T</math></b>	<b>1,63</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)**

Momento stabilizzante (Ms)				
Ms =	$Mm + Mt + Mfext3$	1385,76	( kNm/m )	
Momento ribaltante (Mr)				
Mr =	$MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSp$	687,44	( kNm/m )	
<b>Fs ribaltamento</b>	<b>Ms / Mr</b>	<b>2,02</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

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

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv (+ Sovr \text{ acc})$	569,69	569,69	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$Sth + Sqh + f - Sp$	183,49	183,49	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	$\Sigma M$	930,34	930,34	( kNm/m )
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$Xc * N - MM$	351,46	351,46	( kNm/m )

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

Fondazione Nastriforme

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

c1'	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kPa)
$\phi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	27,63		(°)
$\gamma 1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d^* H 2'$	sovraccarico stabilizzante	18,05		(kN/m <sup>2</sup> )
e = M / N	eccentricità	0,62	0,62	(m)
B* = B - 2e	larghezza equivalente	3,27	3,27	(m)

I valori di Nc, Nq e Ng 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)	14,14		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	25,10		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi)$	(0 in cond. nd)	15,85		(-)

I valori di ic, iq e i $\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^m$	(1 in cond. nd)	0,46	0,46	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,42	0,42	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi))^{m+1}$		0,31	0,31	(-)

(fondazione nastriforme m = 2)

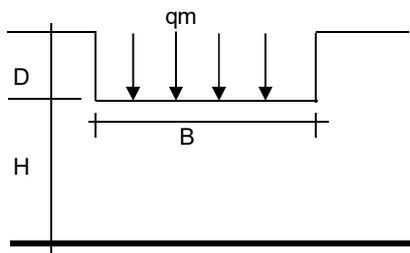
q <sub>lim</sub>	(carico limite unitario)	272,93	272,93	(kN/m <sup>2</sup> )
------------------	--------------------------	--------	--------	----------------------

**FS carico limite**

$$F = q_{lim} * B^* / N$$

N <sub>min</sub>	<b>1,56</b>	>	<b>1</b>
N <sub>max</sub>	<b>1,56</b>	>	

**CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE**



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

N	563,05	(kN/m)
M	251,04	(kNm/m)
e=M/N	0,45	(m)
B*	3,61	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

D =	0,95	(m)
D/B* =	0,26	(m)
Hs/B* =	2,49	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2^*e) = N / B^* = 157,88 \quad (\text{kN/mq})$$

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0,950	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0,76	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	23,68	(mm)

**CONDIZIONE SISMICA +**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 * \gamma^* (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_a$	(kN/m)	90,64	114,04	114,04
Sst1 sism = $0,5 * \gamma^* (1 + k_v) * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_{as}^+ - Sst1\ stat$	(kN/m)	32,71	37,94	37,94
Ssq1 perm = $q_p * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_{as}^+$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1 acc = $q_s * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_{as}^+$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = $Sst1\ stat * \cos \delta$	(kN/m)	84,62	108,73	108,73
Sst1h sism = $Sst1\ sism * \cos \delta$	(kN/m)	30,54	36,17	36,17
Ssq1h perm = $Ssq1\ perm * \cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1h acc = $Ssq1\ acc * \cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = $Sst1\ stat * \sin \delta$	(kN/m)	32,48	34,40	34,40
Sst1v sism = $Sst1\ sism * \sin \delta$	(kN/m)	11,72	11,44	11,44
Ssq1v perm = $Ssq1\ perm * \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1v acc = $Ssq1\ acc * \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} * \gamma_1' * (1 + k_v) * H_d^2 * k_{ps}^+ + (2 * c_1 * k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' * (1 + k_v) * k_{ps}^+ * H_2') * H_d$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
---	--------	------	------	------

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

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = $Sst1h\ stat * ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$	( kNm/m )	175,20	225,12	225,12
MSst1 sism = $Sst1h\ sism * ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$	( kNm/m )	63,23	74,89	74,89
MSst2 stat = $Sst1v\ stat * B$	( kNm/m )	146,17	154,78	154,78
MSst2 sism = $Sst1v\ sism * B$	( kNm/m )	52,75	51,49	51,49
MSsq1 = $Ssq1h * ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSsq2 = $Ssq1v * B$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp = $\gamma_1 * H_d^3 * k_{ps}^+ / 3 + (2 * c_1 * k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1 * k_{ps}^+ * H_2') * H_d^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 = $mp + ms$	( kNm/m )		0,00	
Mfext2 = $(fp + fs) * (H_3 + H_2)$	( kNm/m )		0,00	
Mfext3 = $(vp + vs) * (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$	( kNm/m )		7,14	

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$		595,70	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$		205,51	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \operatorname{tg}\varphi_1'$		0,52	(-)	
<b><math>F_s = (N \cdot f + S_p) / T</math></b>		<b>1,52</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$		1263,12	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$		192,76	(kNm/m)	
<b><math>F_r = M_s / M_r</math></b>		<b>6,55</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$		595,70	595,70	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$		205,51		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$		1070,36	1070,36	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$		269,96	269,96	(kNm/m)

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00	(kN/mq)
$\varphi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	27,63	(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30	(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	18,05	(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,45	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3,59	(m)

RELAZIONE DI CALCOLO

I valori di Nc, Nq e Ng 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)	14,14	(-)
$N_c = (N_q - 1)/\text{tg}(\varphi)$ (2+ $\pi$ in cond. nd)	25,10	(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$ (0 in cond. nd)	15,85	(-)

I valori di ic, iq e i $\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T/(N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^m$ (1 in cond. nd)	0,43	0,43	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$	0,39	0,39	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^{m+1}$	0,28	0,28	(-)

(fondazione nastriforme m = 2)

qlim (carico limite unitario)	263,96	263,96	(kN/m <sup>2</sup> )
-------------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b>F = qlim*B*/N</b>	Nmin	<b>1,59</b>	>	<b>1</b>
		Nmax	<b>1,59</b>	>	

**CONDIZIONE SISMICA -**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m)	90,64	114,04	114,04
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as}$	(kN/m)	22,43	24,99	24,99
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 stat * cos $\delta$	(kN/m)	84,62	108,73	108,73
Sst1h sism = Sst1 sism * cos $\delta$	(kN/m)	20,94	23,83	23,83
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos $\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos $\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = Sst1 stat * sen $\delta$	(kN/m)	32,48	34,40	34,40
Sst1v sism = Sst1 sism * sen $\delta$	(kN/m)	8,04	7,54	7,54
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen $\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen $\delta$	(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 stat * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +hd)/3-hd)	( kNm/m )	175,20	225,12	225,12
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H <sub>2</sub> +H <sub>3</sub> +H <sub>4</sub> +Hd)/3-Hd)	( kNm/m )	43,36	49,33	49,33
MSst2 stat = Sst1v stat * B	( kNm/m )	146,17	154,78	154,78
MSst2 sism = Sst1v sism * B	( kNm/m )	36,18	33,92	33,92

RELAZIONE DI CALCOLO

MSsq1 =	$Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSsq2 =	$Ssq1v * B$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp =	$\gamma_1 * Hd^3 * kps / 3 + (2 * c_1 * kps^{0.5} + \gamma_1 * kps * H2) * Hd^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp+ms$	( kNm/m )		0,00	
Mfext2 =	$(fp+fs)*(H3 + H2)$	( kNm/m )		0,00	
Mfext3 =	$(vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2)$	( kNm/m )		7,14	

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO**

Risultante forze verticali (N)					
N =	$Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$		531,19	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
T =	$Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh$		193,17	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)					
f =	$tg\phi_1'$		0,52	(-)	
<b>Fs =</b>	<b><math>(N*f + Sp) / T</math></b>		<b>1,44</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Momento stabilizzante (Ms)					
Ms =	$Mm + Mt + Mfext3$		1451,81	( kNm/m )	
Momento ribaltante (Mr)					
Mr =	$MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts$		524,42	( kNm/m )	
<b>Fr =</b>	<b>Ms / Mr</b>		<b>2,77</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

**VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax		
N =	$Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	531,19	531,19	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
T =	$Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh - Sp$	193,17		(kN/m)	
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
MM =	$\sum M$	927,39	927,39	( kNm/m )	
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
M =	$Xc*N - MM$	267,78	267,78	( kNm/m )	

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

Fondazione Nastriforme

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

**RELAZIONE DI CALCOLO**

$c1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kN/mq)
$\varphi1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	27,63		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d * H2'$	sovraccarico stabilizzante	18,05		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,50	0,50	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3,49	3,49	(m)

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

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	14,14		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	25,10		(-)
$N_g = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	15,85		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B * c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	0,40	0,40	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,36	0,36	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0,26	0,26	(-)

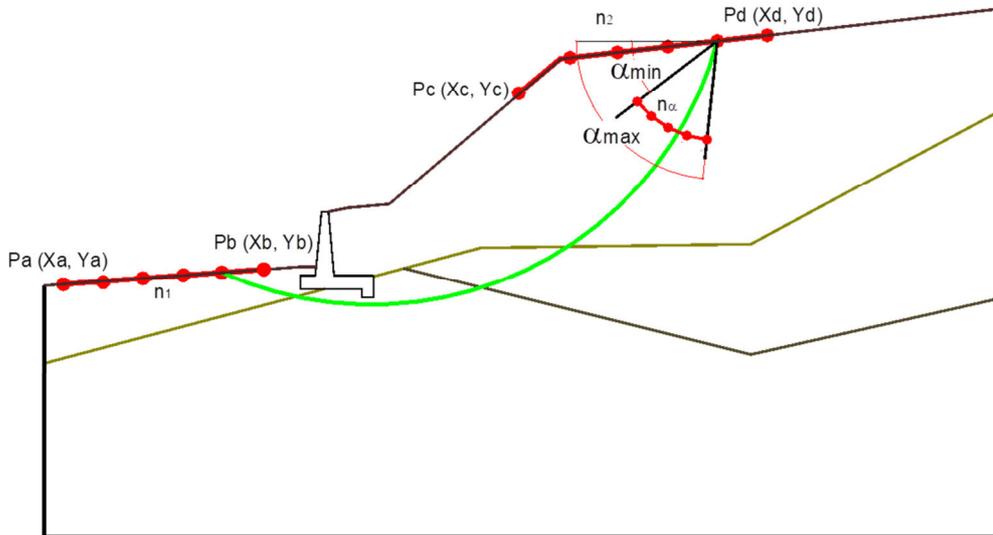
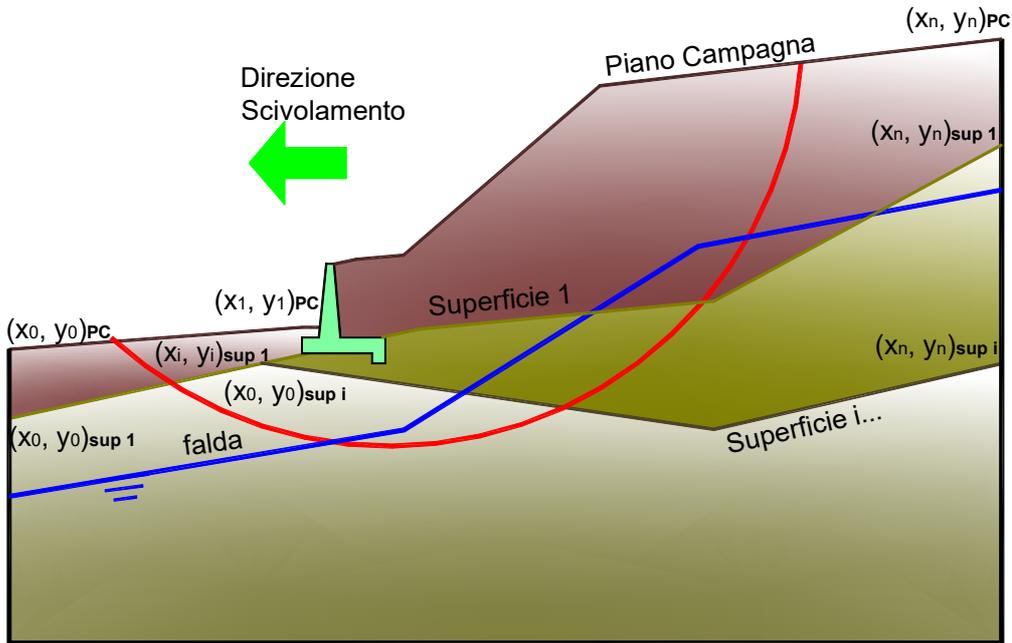
(fondazione nastroforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	240,96	240,96	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} * B^* / N</math></b>	<b><math>N_{min}</math></b>	<b>1,58</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
		<b><math>N_{max}</math></b>	<b>1,58</b>	<b>&gt;</b>	

VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$c$ [kPa]	Descrizione
<b>materiale 1</b>	19,3	33,20	10,4	terrapieno
<b>materiale 2</b>	19	35,00	0	fondazione



Limiti ricerca superfici

<b>Xa</b>	85
<b>Xb</b>	95
<b>n1</b>	10

<b>Xc</b>	120
<b>Xd</b>	130
<b>n2</b>	10

<b>alfa min</b>	40
<b>alfa max</b>	70
<b>n alfa</b>	10

<b># superfici massimo</b>	1331
----------------------------	------

**RISULTATO VERIFICA**

Nel seguente tabulato si riportano le superfici più significative.

N. superficie	Xc (m)	Yc (m)	R (m)	Xv (m)	Xm (m)	FS (statico)	FS (sismico)
1	85,401	149,302	55,382	86,000	121,000	1,470	1,213
2	88,009	142,255	48,374	86,000	121,000	1,480	1,230
3	86,531	147,955	53,624	87,000	121,000	1,493	1,227
4	90,036	136,778	43,045	86,000	121,000	1,496	1,253
5	89,043	141,146	46,857	87,000	121,000	1,503	1,245
6	87,661	146,609	51,866	88,000	121,000	1,519	1,242
7	90,997	135,850	41,709	87,000	121,000	1,520	1,268
8	91,665	132,377	38,869	86,000	121,000	1,522	1,281
9	90,077	140,038	45,342	88,000	121,000	1,529	1,261
10	86,269	149,509	55,587	86,000	122,000	1,539	1,258
11	92,568	131,592	37,673	87,000	121,000	1,546	1,297
12	91,958	134,923	40,373	88,000	121,000	1,547	1,285
13	88,790	145,263	50,110	89,000	121,000	1,548	1,260
14	93,009	128,746	35,521	86,000	121,000	1,553	1,314
15	88,785	142,546	48,703	86,000	122,000	1,554	1,278
16	91,110	138,929	43,826	89,000	121,000	1,559	1,280
17	87,394	148,169	53,837	87,000	122,000	1,565	1,273
18	93,471	130,808	36,477	88,000	121,000	1,573	1,314
19	90,750	137,105	43,442	86,000	122,000	1,575	1,303
20	93,865	128,077	34,435	87,000	121,000	1,577	1,331
21	92,918	133,995	39,039	89,000	121,000	1,578	1,305
22	89,918	143,918	48,354	90,000	121,000	1,580	1,280
23	89,815	141,441	47,192	87,000	122,000	1,580	1,294
24	94,143	125,682	32,787	86,000	121,000	1,590	1,353
25	92,143	137,822	42,312	90,000	121,000	1,593	1,301
26	88,519	146,829	52,088	88,000	122,000	1,595	1,291
27	91,708	136,179	42,110	87,000	122,000	1,602	1,320
28	92,337	132,713	39,304	86,000	122,000	1,604	1,334
29	94,373	130,023	35,281	89,000	121,000	1,605	1,335
30	94,720	127,409	33,349	88,000	121,000	1,605	1,349
31	87,092	149,775	55,863	86,000	123,000	1,607	1,301
32	90,845	140,337	45,682	88,000	122,000	1,610	1,313
33	93,878	133,068	37,704	90,000	121,000	1,613	1,327
34	94,959	125,111	31,790	87,000	121,000	1,615	1,370

RELAZIONE DI CALCOLO

35	91,046	142,575	46,601	91,000	121,000	1,623	1,306
36	89,526	142,878	49,082	86,000	123,000	1,625	1,324
37	89,642	145,491	50,341	89,000	122,000	1,627	1,311
38	93,237	131,930	38,111	87,000	122,000	1,632	1,352
39	92,666	135,255	40,779	88,000	122,000	1,633	1,340
40	95,117	123,050	30,521	86,000	121,000	1,634	1,400
41	88,211	148,441	54,122	87,000	123,000	1,636	1,318
42	95,576	126,740	32,264	89,000	121,000	1,638	1,371
43	93,175	136,715	40,799	91,000	121,000	1,639	1,329
44	93,650	129,076	35,976	86,000	122,000	1,639	1,370
45	95,275	129,239	34,086	90,000	121,000	1,641	1,359
46	95,775	124,539	30,793	88,000	121,000	1,644	1,389
47	91,874	139,234	44,173	89,000	122,000	1,644	1,334
48	91,438	137,460	43,876	86,000	123,000	1,651	1,352
49	90,553	141,777	47,577	87,000	123,000	1,655	1,342
50	95,900	122,561	29,598	87,000	121,000	1,660	1,417
51	94,837	132,142	36,371	91,000	121,000	1,661	1,357
52	94,138	131,147	36,918	88,000	122,000	1,664	1,372
53	90,763	144,154	48,595	90,000	122,000	1,664	1,333
54	92,172	141,233	44,848	92,000	121,000	1,665	1,332
55	94,504	128,409	34,892	87,000	122,000	1,668	1,389
56	93,623	134,330	39,448	89,000	122,000	1,668	1,362
57	89,329	147,109	52,382	88,000	123,000	1,669	1,337
58	87,885	150,077	56,185	86,000	124,000	1,675	1,343
59	96,431	126,072	31,179	90,000	121,000	1,675	1,396
60	96,592	123,968	29,797	89,000	121,000	1,677	1,412
61	94,762	126,000	33,252	86,000	122,000	1,681	1,412
62	92,393	136,538	42,548	87,000	123,000	1,682	1,370
63	92,902	138,131	42,666	90,000	122,000	1,683	1,357
64	94,207	135,609	39,287	92,000	121,000	1,683	1,357
65	92,988	133,071	39,767	86,000	123,000	1,684	1,385
66	95,967	120,753	28,621	86,000	121,000	1,686	1,451
67	91,578	140,678	46,073	88,000	123,000	1,689	1,362
68	96,683	122,072	28,675	88,000	121,000	1,689	1,437
69	96,177	128,455	32,891	91,000	121,000	1,692	1,391
70	90,247	143,232	49,492	86,000	124,000	1,698	1,369
71	95,038	130,365	35,725	89,000	122,000	1,701	1,395
72	95,358	127,742	33,809	88,000	122,000	1,701	1,410
73	90,446	145,778	50,645	89,000	123,000	1,705	1,359
74	91,884	142,818	46,852	91,000	122,000	1,706	1,358
75	88,998	148,750	54,453	87,000	124,000	1,707	1,362

RELAZIONE DI CALCOLO

76	95,796	131,216	35,038	92,000	121,000	1,708	1,388
77	94,580	133,407	38,119	90,000	122,000	1,709	1,387
78	95,577	125,429	32,257	87,000	122,000	1,710	1,431
79	96,721	120,335	27,759	87,000	121,000	1,712	1,469
80	93,297	139,892	43,098	93,000	121,000	1,714	1,362
81	93,886	132,290	38,576	87,000	123,000	1,716	1,405
82	97,407	123,397	28,801	90,000	121,000	1,716	1,439
83	93,348	135,617	41,221	88,000	123,000	1,717	1,392
84	94,275	129,425	36,453	86,000	123,000	1,723	1,423
85	97,465	121,583	27,752	89,000	121,000	1,724	1,461
86	93,929	137,029	41,159	91,000	122,000	1,727	1,385
87	92,110	137,832	44,332	86,000	124,000	1,727	1,399
88	92,603	139,579	44,571	89,000	123,000	1,728	1,385
89	97,286	125,404	30,094	91,000	121,000	1,729	1,430
90	95,719	123,349	30,990	86,000	122,000	1,730	1,461
91	91,269	142,136	47,993	87,000	124,000	1,731	1,389
92	95,237	134,504	37,776	93,000	121,000	1,735	1,390
93	96,212	127,075	32,726	89,000	122,000	1,739	1,434
94	97,078	127,672	31,696	92,000	121,000	1,742	1,423
95	97,475	119,917	26,897	88,000	121,000	1,742	1,490
96	95,937	129,583	34,533	90,000	122,000	1,743	1,422
97	88,651	150,410	56,549	86,000	125,000	1,744	1,386
98	90,110	147,425	52,724	88,000	124,000	1,744	1,384
99	96,391	124,859	31,262	88,000	122,000	1,744	1,453
100	96,720	118,719	27,014	86,000	121,000	1,745	1,508
101	91,562	144,449	48,910	90,000	123,000	1,747	1,384
102	94,784	131,510	37,387	88,000	123,000	1,752	1,427
103	93,004	141,484	45,110	92,000	122,000	1,754	1,387
104	95,535	132,484	36,790	91,000	122,000	1,755	1,416
105	95,127	128,759	35,372	87,000	123,000	1,756	1,444
106	94,302	134,696	39,896	89,000	123,000	1,757	1,416
107	96,501	122,861	30,068	87,000	122,000	1,760	1,479
108	93,062	136,913	43,009	87,000	124,000	1,762	1,420
109	96,754	130,291	33,706	93,000	121,000	1,764	1,423
110	98,248	121,094	26,829	90,000	121,000	1,765	1,489
111	93,626	133,440	40,246	86,000	124,000	1,765	1,435
112	92,290	141,042	46,496	88,000	124,000	1,769	1,411
113	95,366	126,331	33,734	86,000	123,000	1,769	1,468
114	90,948	143,608	49,930	86,000	125,000	1,771	1,413
115	93,626	138,481	43,070	90,000	123,000	1,771	1,412
116	97,448	118,364	26,204	87,000	121,000	1,772	1,527

RELAZIONE DI CALCOLO

117	98,223	122,825	27,806	91,000	121,000	1,773	1,475
118	94,956	135,929	39,654	92,000	122,000	1,778	1,416
119	98,229	119,499	26,036	89,000	121,000	1,779	1,515
120	89,758	149,091	54,827	87,000	125,000	1,779	1,406
121	98,140	124,737	29,010	92,000	121,000	1,782	1,465
122	97,065	126,409	31,644	90,000	122,000	1,783	1,463
123	97,206	124,288	30,268	89,000	122,000	1,784	1,479
124	91,220	146,102	50,996	89,000	124,000	1,784	1,407
125	96,557	121,031	29,091	86,000	122,000	1,786	1,514
126	94,827	138,068	40,718	94,000	121,000	1,787	1,410
127	96,836	128,802	33,342	91,000	122,000	1,792	1,453
128	92,675	143,121	47,177	91,000	123,000	1,794	1,412
129	95,978	128,093	34,291	88,000	123,000	1,794	1,468
130	95,681	130,730	36,198	89,000	123,000	1,794	1,453
131	97,282	122,373	29,147	88,000	122,000	1,795	1,503
132	97,979	126,888	30,503	93,000	121,000	1,801	1,462
133	94,522	132,662	39,059	87,000	124,000	1,801	1,457
134	94,013	135,994	41,687	88,000	124,000	1,802	1,444
135	95,254	133,775	38,571	90,000	123,000	1,802	1,444
136	96,180	125,762	32,741	87,000	123,000	1,803	1,489
137	98,177	118,009	25,393	88,000	121,000	1,803	1,549
138	92,768	138,217	44,808	86,000	125,000	1,805	1,446
139	94,122	140,151	43,371	93,000	122,000	1,808	1,421
140	91,965	142,516	48,438	87,000	125,000	1,808	1,435
141	94,889	129,781	36,943	86,000	124,000	1,809	1,476
142	96,491	131,561	35,462	92,000	122,000	1,809	1,450
143	93,309	139,948	45,001	89,000	124,000	1,812	1,436
145	96,598	133,045	35,780	94,000	121,000	1,813	1,440
146	89,394	150,771	56,949	86,000	126,000	1,813	1,427
147	97,310	120,613	28,230	87,000	122,000	1,817	1,536
148	90,864	147,773	53,107	88,000	125,000	1,820	1,429
149	94,649	137,385	41,571	91,000	123,000	1,821	1,442
150	98,982	119,082	25,174	90,000	121,000	1,821	1,545
151	96,309	123,660	31,473	86,000	123,000	1,823	1,518
152	99,030	120,605	25,907	91,000	121,000	1,824	1,526
153	99,038	122,255	26,810	92,000	121,000	1,828	1,512
154	98,020	123,718	29,274	90,000	122,000	1,830	1,509
155	92,329	144,780	49,271	90,000	124,000	1,831	1,434
156	97,917	125,743	30,562	91,000	122,000	1,834	1,496
157	98,064	121,884	28,225	89,000	122,000	1,836	1,530
158	95,981	134,829	38,151	93,000	122,000	1,836	1,452

RELAZIONE DI CALCOLO

159	96,830	127,428	33,211	89,000	123,000	1,837	1,495
162	96,578	129,950	35,010	90,000	123,000	1,842	1,483
163	95,417	131,883	37,873	88,000	124,000	1,842	1,482
164	96,993	125,192	31,749	88,000	123,000	1,843	1,514
165	98,994	124,070	27,926	93,000	121,000	1,844	1,506
166	93,716	137,302	43,490	87,000	125,000	1,844	1,469
167	91,632	144,001	50,394	86,000	126,000	1,845	1,457
168	97,989	129,098	31,989	94,000	121,000	1,846	1,477
169	95,739	129,117	35,864	87,000	124,000	1,846	1,499
170	94,963	135,077	40,366	89,000	124,000	1,847	1,471
171	93,788	141,796	45,446	92,000	123,000	1,847	1,444
172	94,253	133,819	40,741	86,000	125,000	1,847	1,484
173	97,735	128,021	32,152	92,000	122,000	1,849	1,489
175	92,982	141,426	46,948	88,000	125,000	1,850	1,459
176	90,495	149,459	55,236	87,000	126,000	1,853	1,449
178	96,207	132,856	37,247	91,000	123,000	1,855	1,477
179	97,089	123,173	30,553	87,000	123,000	1,858	1,541
180	95,963	126,668	34,227	86,000	124,000	1,859	1,523
181	94,328	138,856	43,507	90,000	124,000	1,861	1,465
182	91,968	146,457	51,389	89,000	125,000	1,865	1,455
183	88,092	159,087	65,198	86,000	130,000	1,867	1,456
184	97,445	130,640	34,136	93,000	122,000	1,872	1,489
186	88,792	156,413	62,552	86,000	129,000	1,875	1,462
187	95,670	136,290	40,074	92,000	123,000	1,878	1,476
188	89,467	153,770	59,947	86,000	128,000	1,880	1,466
191	93,436	143,461	47,549	91,000	124,000	1,883	1,465
192	90,116	151,157	57,382	86,000	127,000	1,883	1,468
195	93,412	138,615	45,303	86,000	126,000	1,884	1,493
196	98,834	123,148	28,281	91,000	122,000	1,884	1,544
199	92,645	142,915	48,908	87,000	126,000	1,886	1,481
200	99,117	125,900	28,996	94,000	121,000	1,887	1,519
201	95,146	133,043	39,557	87,000	125,000	1,888	1,509
202	97,680	126,764	32,131	90,000	123,000	1,888	1,527
203	94,664	136,387	42,173	88,000	125,000	1,888	1,495
204	97,806	124,623	30,757	89,000	123,000	1,888	1,543
206	96,588	128,453	34,786	88,000	124,000	1,889	1,526
207	96,311	131,106	36,688	89,000	124,000	1,889	1,510
208	95,623	138,362	41,035	94,000	122,000	1,891	1,472
209	98,769	125,077	29,480	92,000	122,000	1,894	1,535
211	95,493	130,144	37,444	86,000	125,000	1,895	1,528
212	96,716	135,817	37,779	95,000	121,000	1,896	1,479

RELAZIONE DI CALCOLO

214	91,594	148,149	53,526	88,000	126,000	1,897	1,474
215	97,474	129,171	33,822	91,000	123,000	1,898	1,517
216	93,997	140,338	45,459	89,000	125,000	1,898	1,487
217	95,912	134,160	39,046	90,000	124,000	1,898	1,501
218	96,774	126,100	33,236	87,000	124,000	1,898	1,547
220	89,206	157,759	63,464	87,000	130,000	1,909	1,478
221	94,898	140,472	43,718	93,000	123,000	1,909	1,480
223	98,633	127,240	30,962	93,000	122,000	1,915	1,532
224	93,070	145,144	49,675	90,000	125,000	1,916	1,484
225	97,158	131,937	35,925	92,000	123,000	1,916	1,514
226	95,345	137,765	42,016	91,000	124,000	1,916	1,498
227	89,900	155,092	60,828	87,000	129,000	1,917	1,483
230	90,843	151,134	57,415	86,000	130,000	1,918	1,495
231	92,300	144,411	50,879	86,000	127,000	1,920	1,501
234	91,347	148,873	55,209	86,000	129,000	1,921	1,498
236	91,833	146,631	53,030	86,000	128,000	1,922	1,500
237	90,569	152,456	58,232	87,000	128,000	1,923	1,489
238	97,322	133,391	36,185	94,000	122,000	1,924	1,507
239	98,256	131,266	33,348	95,000	121,000	1,926	1,513
240	91,211	149,852	55,678	87,000	127,000	1,926	1,492
241	94,357	137,703	43,989	87,000	126,000	1,927	1,518
242	94,869	134,207	41,249	86,000	126,000	1,930	1,534
243	93,657	141,830	47,425	88,000	126,000	1,933	1,507
244	96,038	132,267	38,375	88,000	125,000	1,934	1,536
247	95,610	135,472	40,857	89,000	125,000	1,938	1,524
251	94,541	142,144	45,830	92,000	124,000	1,943	1,499
253	97,205	130,329	35,503	90,000	124,000	1,943	1,543
254	96,690	135,196	38,578	93,000	123,000	1,945	1,516
256	92,692	146,841	51,819	89,000	126,000	1,946	1,502
264	95,010	139,251	43,973	90,000	125,000	1,952	1,518
267	90,319	156,433	61,733	88,000	130,000	1,955	1,503
269	96,861	133,245	37,728	91,000	124,000	1,957	1,536
273	91,865	150,037	55,916	87,000	130,000	1,962	1,519
275	94,045	139,025	45,813	86,000	127,000	1,963	1,539
276	91,007	153,773	59,106	88,000	129,000	1,964	1,509
277	98,665	129,462	32,440	94,000	122,000	1,965	1,548
278	93,309	143,329	49,400	87,000	127,000	1,965	1,526
282	92,366	147,781	53,716	87,000	129,000	1,966	1,522
283	92,847	145,544	51,544	87,000	128,000	1,967	1,525
284	93,715	140,956	47,662	86,000	128,000	1,970	1,540
285	91,669	151,145	56,520	88,000	128,000	1,971	1,515

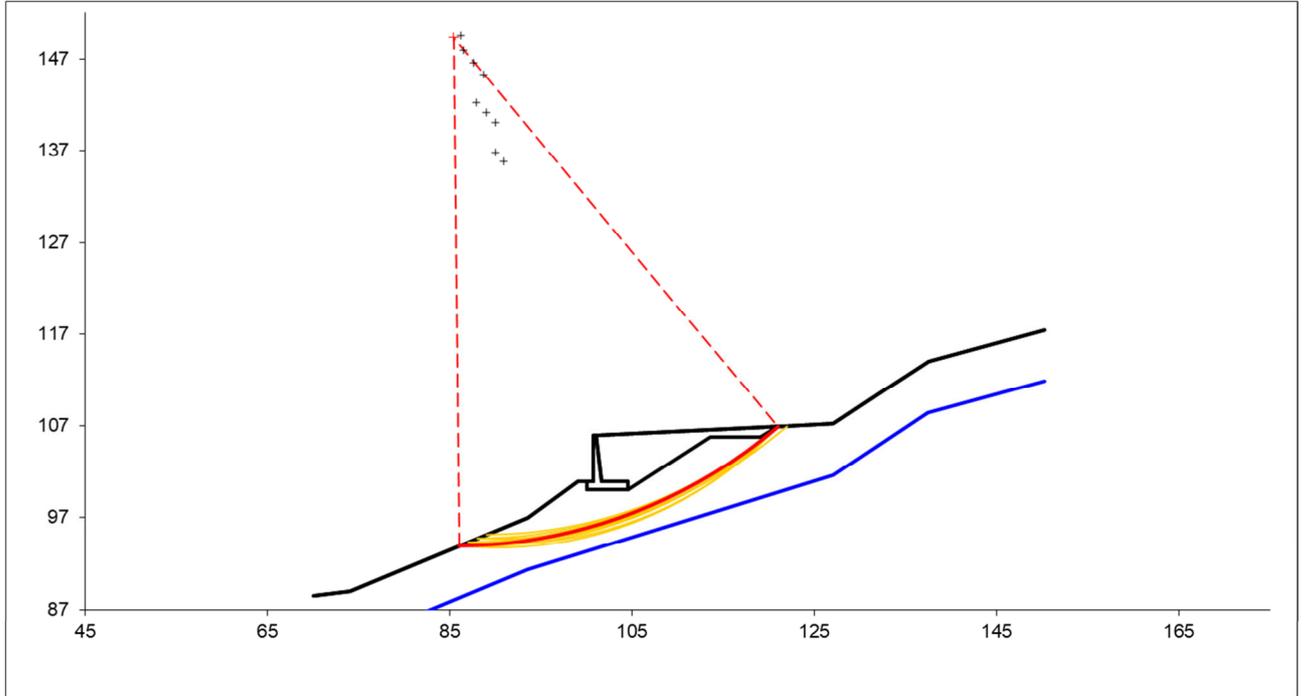
RELAZIONE DI CALCOLO

286	93,371	142,902	49,530	86,000	129,000	1,974	1,539
287	94,169	143,833	47,964	91,000	125,000	1,974	1,517
288	92,304	148,549	53,977	88,000	127,000	1,975	1,519
289	93,013	144,861	51,419	86,000	130,000	1,975	1,537
291	95,301	136,791	42,677	88,000	126,000	1,975	1,546
292	96,361	136,675	40,526	92,000	124,000	1,981	1,536
295	94,667	140,746	45,943	89,000	126,000	1,985	1,537
308	96,375	138,713	41,422	94,000	123,000	2,002	1,536
309	93,787	145,536	50,115	90,000	126,000	2,002	1,533
314	91,430	155,109	60,004	89,000	130,000	2,006	1,531
319	95,644	140,830	44,114	93,000	124,000	2,012	1,539
320	92,887	148,942	54,418	88,000	130,000	2,012	1,545
323	97,466	136,166	38,168	95,000	122,000	2,014	1,547
329	93,383	146,690	52,224	88,000	129,000	2,016	1,550
330	92,113	152,456	57,386	89,000	129,000	2,017	1,537
339	92,768	149,836	54,811	89,000	128,000	2,024	1,544
345	93,395	147,249	52,280	89,000	127,000	2,029	1,549

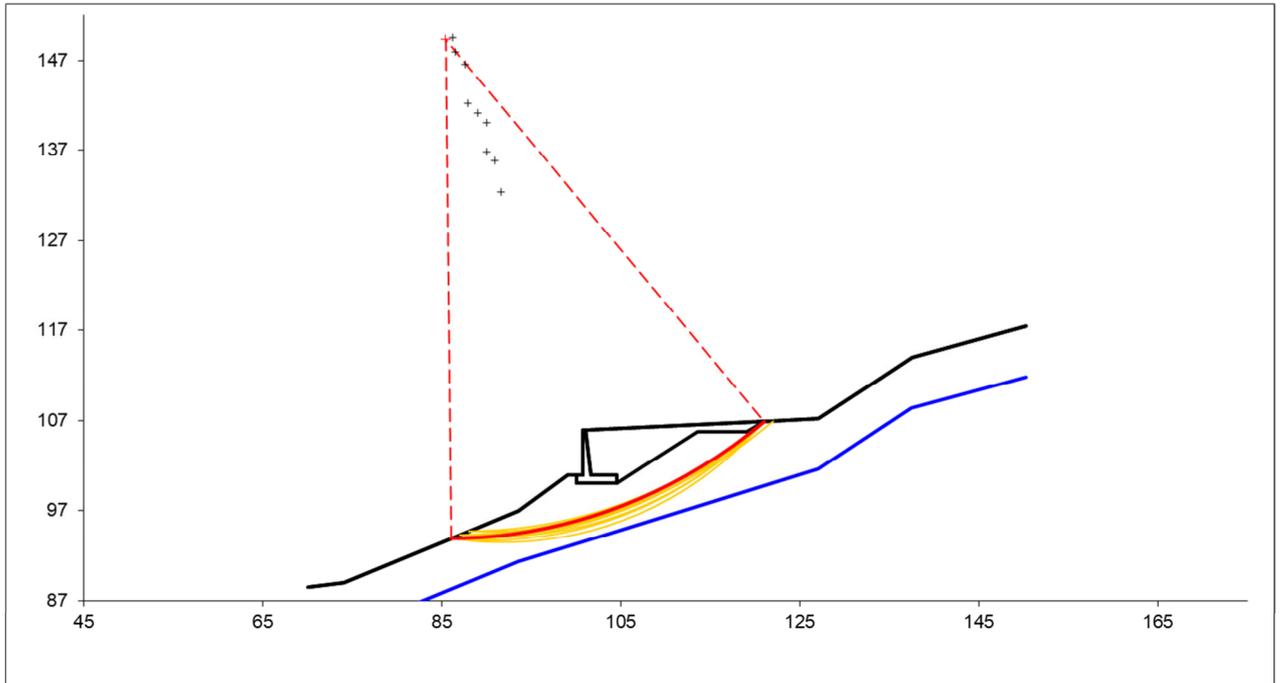
<b>#strisce</b>
30

<b># Superfici Calcolate</b>	<b>FS Bishop</b>	
1100	<b>STATICO</b>	<b>1,470</b>
	<b>SISMICO</b>	<b>1,213</b>

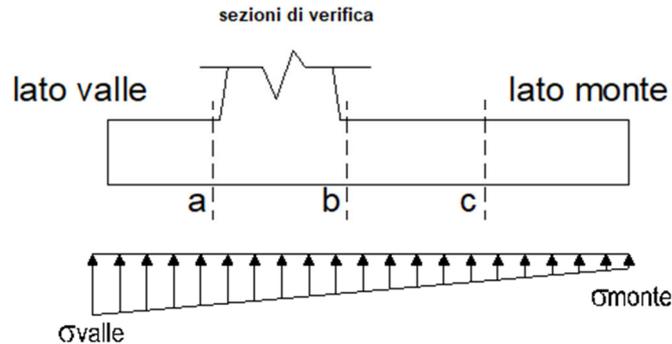
**Condizione sismica**



**Condizione statica**



### 7.7.2 Verifiche strutturali

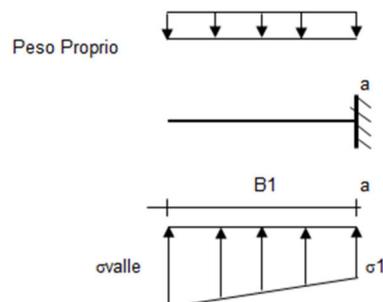


#### Reazioni del terreno

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	569,69	351,46	230,74	22,46
	569,69	351,46	230,74	22,46
sisma+	595,70	269,96	212,37	52,39
	595,70	269,96	212,37	52,39
sisma-	531,19	267,78	197,38	38,70
	531,19	267,78	197,38	38,70

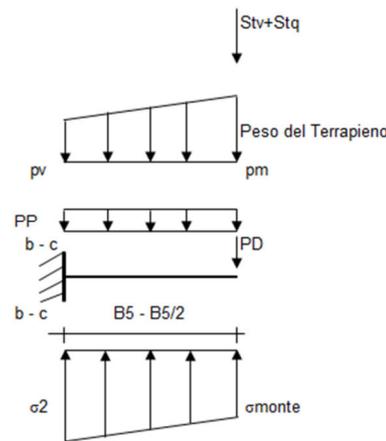
#### Mensola lato valle

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma	Va
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	230,74	198,34	48,07	133,55
	230,74	198,34	48,07	133,55
sisma+	212,37	187,48	43,83	126,07
	212,37	187,48	44,18	126,07
sisma-	197,38	172,70	40,87	115,62
	197,38	172,70	40,52	115,62

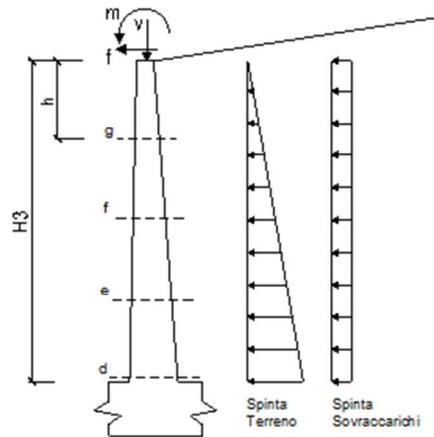


**Mensola lato monte**

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	Mb	Vb	$\sigma_{2c}$	Mc	Vc
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	22,46	154,37	-358,80	-138,55	88,41	-147,90	-141,67
	22,46	154,37	-468,46	-215,50	88,41	-175,32	-180,15
sisma+	52,39	153,71	-290,56	-111,10	103,05	-121,45	-114,10
	52,39	153,71	-290,56	-111,10	103,05	-121,45	-114,10
sisma-	38,70	139,20	-279,18	-107,24	88,95	-115,82	-110,00
	38,70	139,20	-279,18	-107,24	88,95	-115,82	-110,00



**Calcolo sollecitazioni paramento verticale del muro**



**Condizione statica**

**condizione statica**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	5,00	117,44	100,13	150,00	367,57	8,40	78,13	86,53
e-e	3,75	49,54	56,32	118,75	224,62	8,40	50,98	59,38

RELAZIONE DI CALCOLO

f-f	2,50	14,68	25,03	87,50	127,21	8,40	28,91	37,31
g-g	1,25	1,83	6,26	56,25	64,34	8,40	11,91	20,31

sezione	h	Vt	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5,00	70,46	40,05	25,00	135,52
e-e	3,75	39,64	30,04	25,00	94,68
f-f	2,50	17,62	20,03	25,00	62,64
g-g	1,25	4,40	10,01	25,00	39,42

condizione sismica +

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	5,00	117,44	40,98	0,00	0,00	19,14	177,56	8,40	82,76	91,16
e-e	3,75	49,54	17,29	0,00	0,00	9,64	76,47	8,40	54,00	62,40
f-f	2,50	14,68	5,12	0,00	0,00	3,78	23,58	8,40	30,62	39,02
g-g	1,25	1,83	0,64	0,00	0,00	0,82	3,30	8,40	12,62	21,02

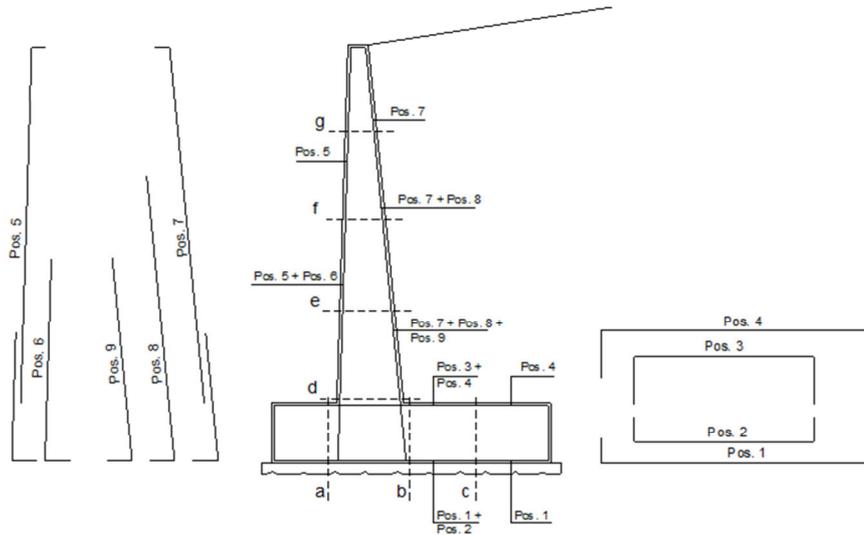
sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sism</sub>	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5,00	70,46	24,59	0,00	0,00	9,26	104,31
e-e	3,75	39,64	13,83	0,00	0,00	6,04	59,51
f-f	2,50	17,62	6,15	0,00	0,00	3,43	27,19
g-g	1,25	4,40	1,54	0,00	0,00	1,41	7,35

condizione sismica -

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	5,00	117,44	26,99	0,00	0,00	19,14	163,58	8,40	73,49	81,89
e-e	3,75	49,54	11,39	0,00	0,00	9,64	70,57	8,40	47,95	56,35
f-f	2,50	14,68	3,37	0,00	0,00	3,78	21,84	8,40	27,19	35,59
g-g	1,25	1,83	0,42	0,00	0,00	0,82	3,08	8,40	11,21	19,61

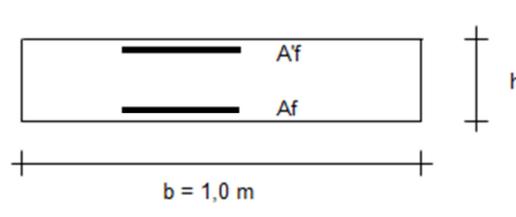
sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sism</sub>	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5,00	70,46	16,20	0,00	0,00	9,26	95,92
e-e	3,75	39,64	9,11	0,00	0,00	6,04	54,79
f-f	2,50	17,62	4,05	0,00	0,00	3,43	25,09
g-g	1,25	4,40	1,01	0,00	0,00	1,41	6,83

**SCHEMA DELLE ARMATURE**



pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	5,0	16		5	5,0	16	
2	0,0	0	<input type="checkbox"/>	6	0,0	0	<input type="checkbox"/>
3	4,0	16	<input type="checkbox"/>	7	5,0	16	
4	6,0	16		8	3,0	16	<input type="checkbox"/>
				9	0,0	0	<input type="checkbox"/>

**VERIFICA**



Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)
a - a	48,07	0,00	0,95	10,05	20,11	351,52
b - b	-468,46	0,00	0,95	20,11	10,05	673,72
c - c	-175,32	0,00	0,95	12,06	10,05	414,84
d - d	367,57	86,53	0,95	16,08	10,05	580,32
e - e	224,62	59,38	0,79	16,08	10,05	461,95
f - f	127,21	37,31	0,63	16,08	10,05	349,27
g - g	64,34	20,31	0,46	10,05	10,05	161,76

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

**VERIFICA A TAGLIO**

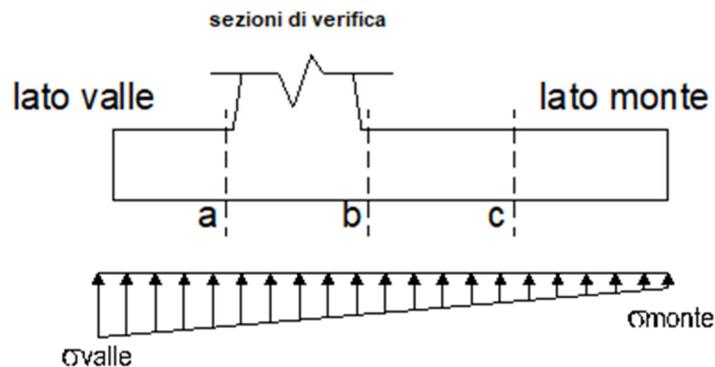
Sez.	$V_{Ed}$	h	$V_{rd}$
(-)	(kN)	(m)	(kN)
a - a	133,55	0,95	313,20
b - b	215,50	0,95	313,20
c - c	180,15	0,95	313,20
d - d	135,52	0,95	325,25
e - e	94,68	0,79	277,00
f - f	62,64	0,63	229,30
g - g	39,42	0,46	177,56

Armatura a taglio non necessaria

**VERIFICA A FESSURAZIONE**

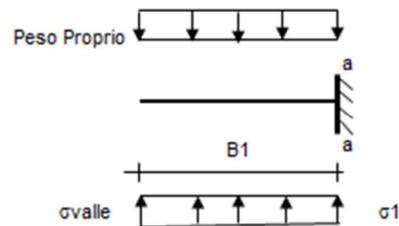
**Calcolo sollecitazione soletta di fondazione**

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Freq.	563,05	251,04	199,51	50,74
	563,05	251,04	199,51	50,74
Q.P.	552,04	186,74	178,01	67,34
	552,04	186,74	178,01	67,34



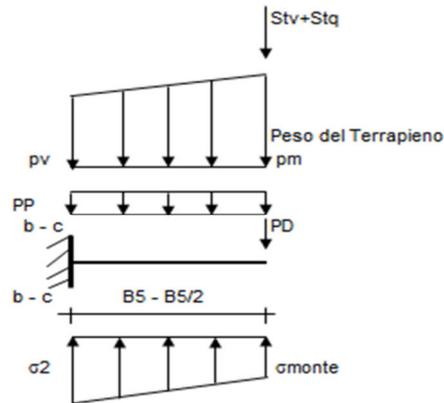
**Mensola lato valle**

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	199,51	176,36	41,17
	199,51	176,36	41,17
Q.P.	178,01	160,79	36,39
	178,01	160,79	36,39



**Mensola lato monte**

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	Mb	$\sigma_{2c}$	Mc
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	50,74	144,96	-276,05	97,85	-116,11
	50,74	144,96	-357,28	97,85	-136,41
Q.P.	67,34	137,43	-209,90	102,39	-87,64
	67,34	137,43	-209,90	102,39	-87,64



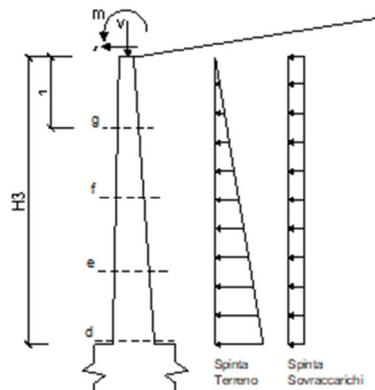
Azioni sul parameno verticale

**condizione Frequente**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	5,00	91,40	57,72	150,00	299,12	8,40	78,13	86,53
e-e	3,75	38,56	32,47	118,75	189,78	8,40	50,98	59,38
f-f	2,50	11,42	14,43	87,50	113,36	8,40	28,91	37,31
g-g	1,25	1,43	3,61	56,25	61,29	8,40	11,91	20,31

**condizione Quasi Permanente**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	5,00	91,40	0,00	0,00	91,40	8,40	78,13	86,53
e-e	3,75	38,56	0,00	0,00	38,56	8,40	50,98	59,38
f-f	2,50	11,42	0,00	0,00	11,42	8,40	28,91	37,31
g-g	1,25	1,43	0,00	0,00	1,43	8,40	11,91	20,31



RELAZIONE DI CALCOLO

Verifica

**condizione Frequente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</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	41,17	0,00	0,95	10,05	20,11	0,60	49,19	0,093	0,300
b - b	-357,28	0,00	0,95	20,11	10,05	4,09	217,50	0,270	0,300
c - c	-136,41	0,00	0,95	12,06	10,05	1,93	136,40	0,229	0,300
d - d	299,12	86,53	0,95	16,08	10,05	3,81	200,73	0,282	0,300
e - e	189,78	59,38	0,79	16,08	10,05	3,33	159,69	0,224	0,300
f - f	113,36	37,31	0,63	16,08	10,05	2,99	127,12	0,172	0,300
g - g	61,29	20,31	0,46	10,05	10,05	3,42	158,61	0,242	0,300

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

**condizione Quasi Permanente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</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	36,39	0,00	0,95	10,05	20,11	0,53	43,47	0,082	0,200
b - b	-209,90	0,00	0,95	20,11	10,05	2,40	127,78	0,158	0,200
c - c	-87,64	0,00	0,95	12,06	10,05	1,24	87,63	0,147	0,200
d - d	91,40	86,53	0,95	16,08	10,05	1,17	44,57	0,063	0,200
e - e	38,56	59,38	0,79	16,08	10,05	0,68	19,46	0,027	0,200
f - f	11,42	37,31	0,63	16,08	10,05	0,29	4,27	0,005	0,200
g - g	1,43	20,31	0,46	10,05	10,05	0,00	-	-	0,200

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

**7.7.3 Verifiche tensionali**

**Condizione Statica**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	41,17	0,00	0,95	10,05	20,11	0,60	49,19
b - b	-357,28	0,00	0,95	20,11	10,05	4,09	217,50
c - c	-136,41	0,00	0,95	12,06	10,05	1,93	136,40
d - d	299,12	86,53	0,95	16,08	10,05	3,81	200,73
e - e	189,78	59,38	0,79	16,08	10,05	3,33	159,69
f - f	113,36	37,31	0,63	16,08	10,05	2,99	127,12
g - g	61,29	20,31	0,46	10,05	10,05	3,42	158,61

## 7.8 RISULTATI VERIFICHE MURO H=4.5M

### 7.8.1 Verifiche geotecniche

#### FORZE VERTICALI

		SLE	STR/GEO	EQU
- Peso del Muro (Pm)				
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	33,75	30,38
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	36,56	32,91
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	103,50	93,15
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0,00	0,00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	(kN/m)	173,81	156,43
- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)				
Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	(kN/m)	166,73	150,05
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	(kN/m)	1,12	1,01
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	(kN/m)	27,79	25,01
Sovr =	$qp \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0,00	0,00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	(kN/m)	195,63	176,07
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0	0
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0	0

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

		SLE	STR/GEO	EQU
- Muro (Mm)				
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	28,69	25,82
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	(kNm/m)	44,48	40,04
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	186,30	167,67
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	(kNm/m)	259,47	233,52
- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro				
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	437,65	393,89
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	3,06	2,76
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	39,83	35,85
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0,00	0,00
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	(kNm/m)	480,55	432,49
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0	0
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0	0

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)				
Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)		20,61
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)		10,30
- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)				
Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)		23,20
Ptsh =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)		11,60
- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)				
MPs1 h =	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2+H3/3)$	(kNm/m)		0,00
MPs2 h =	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)		13,61
MPs3 h =	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2+H3/3)$	(kNm/m)		11,49
MPs4 h =	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)		7,06
MPs5 h =	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)		0,00
MPs h =	MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5	(kNm/m)		32,15

RELAZIONE DI CALCOLO

- 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)	1,70
MPs3 v=	$kv^*Pm3*(B1+B2+B3+B4/3)$	(kNm/m)	2,64
MPs4 v=	$kv^*Pm4*(B/2)$	(kNm/m)	11,04
MPs5 v=	$kv^*Pm5*(B-Bd/2)$	(kNm/m)	0,00
MPs v=	MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5	(kNm/m)	15,38

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

MPts1 h=	$kh^*Pt1*(H2 + H3/2)$	( kNm/m )	67,21
MPts2 h=	$kh^*Pt2*(H2 + H3 + H4/3)$	( kNm/m )	1,08
MPts3 h=	$kh^*Pt3*(H2+H3^2/3)$	( kNm/m )	13,67
MPts h=	MPts1 + MPts2 + MPts3	( kNm/m )	81,96

- 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 )	25,95
MPts2 v=	$kv^*Pt2*((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)*0.5)$	( kNm/m )	0,20
MPts3 v=	$kv^*Pt3*((H2+H3^2/3)-(B1+B2+B3+2/3*B4)*0.5)$	( kNm/m )	3,25
MPts v=	MPts1 + MPts2 + MPts3	( kNm/m )	29,40

**CONDIZIONE STATICA**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta totale condizione statica

		SLE	STR/GEO	EQU	
St =	$0,5*\gamma^*(H2+H3+H4+Hd)^2*ka$	(kN/m)	76,21	99,08	105,48
Sq perm =	$q^*(H2+H3+H4+Hd)*ka$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Sq acc =	$q^*(H2+H3+H4+Hd)*ka$	(kN/m)	28,17	38,03	53,17

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St*cos\delta$	(kN/m)	71,15	92,50	100,57
Sqh perm =	$Sq perm*cos\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Sqh acc =	$Sq acc*cos\delta$	(kN/m)	26,30	35,51	50,69

- Componente verticale condizione statica

Stv =	$St*sen\delta$	(kN/m)	27,31	35,51	31,81
Sqv perm =	$Sq perm*sen\delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Sqv acc =	$Sq acc*sen\delta$	(kN/m)	10,10	13,63	16,04

- Spinta passiva sul dente

Sp =	$1/2*g1^*Hd2^*1/2*\gamma1^*Hd^2*kp+(2*c1^*kp^{0.5}+\gamma1^*kp^*H2)^*Hd$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
------	--	--------	------	------	------

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

		SLE	STR/GEO	EQU	
MSt1 =	$Sth*((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	( kNm/m )	135,08	175,60	190,93
MSt2 =	$Stv*B$	( kNm/m )	98,33	127,82	114,53
MSq1 perm =	$Sqh perm*((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSq1 acc =	$Sqh acc*((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	( kNm/m )	74,90	101,11	144,36
MSq2 perm =	$Sqv perm*B$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSq2 acc =	$Sqv acc*B$	( kNm/m )	36,35	49,07	57,73
MSp =	$\gamma1^*Hd^3*kp/3+(2*c1^*kp^{0.5}+\gamma1^*kp^*H2)^*Hd^2/2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

RELAZIONE DI CALCOLO

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	$mp + m$	( kNm/m )	25,00	25,00	37,50
Mfext2 =	$(fp + f)*(H3 + H2)$	( kNm/m )	141,25	141,25	211,88
Mfext3 =	$(vp+v)*(B1 +B2 + B3/2)$	( kNm/m )	7,14	7,14	6,43

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

Risultante forze verticali (N)					
N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv perm + Sqv acc$		426,98	(kN/m)	

Risultante forze orizzontali (T)					
T =	$Sth + Squ + f$		153,00	(kN/m)	

Coefficiente di attrito alla base (f)					
f =	$tg\phi_1'$		0,65	(-)	

<b>Fs scorr.</b>	<b><math>(N*f + Sp) / T</math></b>		<b>1,83</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
------------------	------------------------------------	--	-------------	-------------	----------

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)**

Momento stabilizzante (Ms)					
Ms =	$Mm + Mt + Mfext3$		844,70	( kNm/m )	

Momento ribaltante (Mr)					
Mr =	$MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSP$		584,66	( kNm/m )	

<b>Fs ribaltamento</b>	<b><math>Ms / Mr</math></b>		<b>1,44</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
------------------------	-----------------------------	--	-------------	-------------	----------

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

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax		
N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv (+ Sovr acc)$	426,98	426,98	(kN/m)	

Risultante forze orizzontali (T)					
T =	$Sth + Squ + f - Sp$	153,00	153,00	(kN/m)	

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
MM =	$\sum M$	481,08	481,08	( kNm/m )	

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
M =	$Xc*N - MM$	287,48	287,48	( kNm/m )	

**RELAZIONE DI CALCOLO**

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

Fondazione Nastriforme

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

$c'1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kPa)
$\varphi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	33,20		(°)
$\gamma 1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d' H 2'$	sovraccarico stabilizzante	18,05		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,67	0,67	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,25	2,25	(m)

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

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) e^{(\pi \text{tg}(\varphi))}$	(1 in cond. nd)	26,72		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	39,31		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	36,29		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^m$	(1 in cond. nd)	0,41	0,41	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,39	0,39	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^{m+1}$		0,26	0,26	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

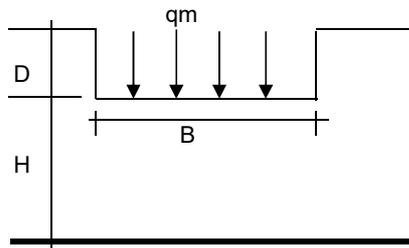
$q_{lim}$	(carico limite unitario)	407,07	407,07	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

**FS carico limite**

$$F = q_{lim} * B^* / N$$

$N_{min}$	<b>2,15</b>	>	1
$N_{max}$	<b>2,15</b>	>	

**CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE**



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

$N$	415,25	(kN/m)
$M$	241,85	(kNm/m)
$e = M / N$	0,58	(m)
$B^*$	2,44	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

$D =$	0,95	(m)
$D / B^* =$	0,39	(m)
$H_s / B^* =$	2,96	(m)

Carico unitario medio ( $q_m$ )

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 175,34 \quad (\text{kN/mq})$$

RELAZIONE DI CALCOLO

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0,943	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0,84	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E =$	19,41	(mm)

**CONDIZIONE SISMICA +**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 * \gamma^* (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_a$	(kN/m)	76,21	76,21	95,89
Sst1 sism = $0,5 * \gamma^* (1 + k_v) * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_a^+ - Sst1\ stat$	(kN/m)	27,51	27,51	31,90
Ssq1 perm = $q_p * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_a^+$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1 acc = $q_s * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_a^+$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = Sst1 stat * $\cos \delta$	(kN/m)	71,15	71,15	91,43
Sst1h sism = Sst1 sism * $\cos \delta$	(kN/m)	25,68	25,68	30,42
Ssq1h perm = Ssq1 perm * $\cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * $\cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = Sst1 stat * $\sin \delta$	(kN/m)	27,31	27,31	28,92
Sst1v sism = Sst1 sism * $\sin \delta$	(kN/m)	9,86	9,86	9,62
Ssq1v perm = Ssq1 perm * $\sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * $\sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} * \gamma_1' * (1 + k_v) * H_d^2 * k_{ps}^+ + (2 * c_1 * k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' * (1 + k_v) * k_{ps}^+ * H_2') * H_d$	(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 stat * $((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$	( kNm/m )	135,08	135,08	173,57
MSst1 sism = Sst1h sism * $((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$	( kNm/m )	48,75	48,75	57,74
MSst2 stat = Sst1v stat * B	( kNm/m )	98,33	98,33	104,11
MSst2 sism = Sst1v sism * B	( kNm/m )	35,49	35,49	34,64
MSsq1 = Ssq1h * $((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSsq2 = Ssq1v * B	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp = $\gamma_1' * H_d^3 * k_{ps}^+ / 3 + (2 * c_1 * k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' * k_{ps}^+ * H_2') * H_d^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 = mp + ms	( kNm/m )	0,00
Mfext2 = (fp + fs) * (H3 + H2)	( kNm/m )	0,00
Mfext3 = (vp + vs) * (B1 + B2 + B3/2)	( kNm/m )	7,14

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$		436,92	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$		140,63	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \tan \phi_1'$		0,65	(-)	
<b><math>F_s = (N \cdot f + S_p) / T</math></b>		<b>2,03</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$		747,16	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$		161,90	(kNm/m)	
<b><math>F_r = M_s / M_r</math></b>		<b>4,62</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		N <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr acc})$		436,92	436,92	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$		140,63		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$		627,80	627,80	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$		158,65	158,65	(kNm/m)

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0,00		(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	33,20		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d' H_2'$	sovraccarico stabilizzante	18,05		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,36	0,36	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,87	2,87	(m)

RELAZIONE DI CALCOLO

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_g$  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)	26,72	(-)
$N_c = (N_q - 1)/\text{tg}(\varphi)$ ( $2 + \pi$ in cond. nd)	39,31	(-)
$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$ (0 in cond. nd)	36,29	(-)

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

$i_q = (1 - T/(N + B \cdot c \cdot \cotg(\varphi)))^m$ (1 in cond. nd)	0,46	0,46	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$	0,44	0,44	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B \cdot c \cdot \cotg(\varphi)))^{m+1}$	0,31	0,31	(-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$ (carico limite unitario)	535,61	535,61	(kN/m <sup>2</sup> )
------------------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B / N</math></b>	$N_{min}$	<b>3,52</b>	>	1
		$N_{max}$	<b>3,52</b>	>	

**CONDIZIONE SISMICA -**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
$Sst1_{stat} = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd)^2 \cdot k_a$	(kN/m)	76,21	76,21	95,89
$Sst1_{sism} = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1 - kv) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd)^2 \cdot k_{as}^- - Sst1_{stat}$	(kN/m)	18,86	18,86	21,01
$Ssq1_{perm} = q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd) \cdot k_{as}^-$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
$Ssq1_{acc} = q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd) \cdot k_{as}^-$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente orizzontale condizione sismica -

$Sst1h_{stat} = Sst1_{stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	71,15	71,15	91,43
$Sst1h_{sism} = Sst1_{sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	17,61	17,61	20,04
$Ssq1h_{perm} = Ssq1_{perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
$Ssq1h_{acc} = Ssq1_{acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Componente verticale condizione sismica -

$Sst1v_{stat} = Sst1_{stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	27,31	27,31	28,92
$Sst1v_{sism} = Sst1_{sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	6,76	6,76	6,34
$Ssq1v_{perm} = Ssq1_{perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
$Ssq1v_{acc} = Ssq1_{acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_1 \cdot (1 - kv) \cdot Hd^2 \cdot k_{ps}^- + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{-0,5} + \gamma'_1 \cdot (1 - kv) \cdot k_{ps}^- \cdot H_2) \cdot Hd$	(kN/m)	0,00	0,00	0,00
--	--------	------	------	------

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

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
$MSst1_{stat} = Sst1h_{stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + Hd)/3 - Hd)$	(kNm/m)	135,08	135,08	173,57
$MSst1_{sism} = Sst1h_{sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + Hd)/3 - Hd)$	(kNm/m)	33,43	33,43	38,04
$MSst2_{stat} = Sst1v_{stat} \cdot B$	(kNm/m)	98,33	98,33	104,11
$MSst2_{sism} = Sst1v_{sism} \cdot B$	(kNm/m)	24,34	24,34	22,82
$MSsq1 = Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m)	0,00	0,00	0,00

RELAZIONE DI CALCOLO

MSSq2 =	Ssq1v * B	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00
MSp =	$\gamma_1 * Hd^3 * kps^+ / 3 + (2 * c_1 * kps^{+0.5} + \gamma_1 * kps * H_2) * Hd^2 / 2$	( kNm/m )	0,00	0,00	0,00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

Mfext1 =	mp+ms	( kNm/m )		0,00	
Mfext2 =	(fp+fs)*(H3 + H2)	( kNm/m )		0,00	
Mfext3 =	(vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2)	( kNm/m )		7,14	

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO**

Risultante forze verticali (N)					
N =	Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv		390,02	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
T =	Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh		132,57	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)					
f =	tgφ1'		0,65	(-)	
<b>Fs =</b>	<b>(N*f + Sp) / T</b>		<b>1,93</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Momento stabilizzante (Ms)					
Ms =	Mm + Mt + Mfext3		874,09 <sup>*</sup>	( kNm/m )	
Momento ribaltante (Mr)					
Mr =	MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts		370,50 <sup>*</sup>	( kNm/m )	
<b>Fr =</b>	<b>Ms / Mr</b>		<b>2,36</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>

**VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)					
N =	Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv	Nmin	390,02	Nmax <sup>*</sup>	390,02 (kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)					
T =	Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh - Sp		132,57		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
MM =	ΣM		542,41		542,41 ( kNm/m )
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
M =	Xc*N - MM		159,62		159,62 ( 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)
$\phi'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	33,20		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	19,30		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d' H_2'$	sovraccarico stabilizzante	18,05		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0,41	0,41	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2,78	2,78	(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)	26,72		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$	( $2 + \pi$ in cond. nd)	39,31		(-)
$N_{\gamma} = 2(N_q + 1) \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	36,29		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	0,44	0,44	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0,41	0,41	(-)
$i_{\gamma} = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$		0,29	0,29	(-)

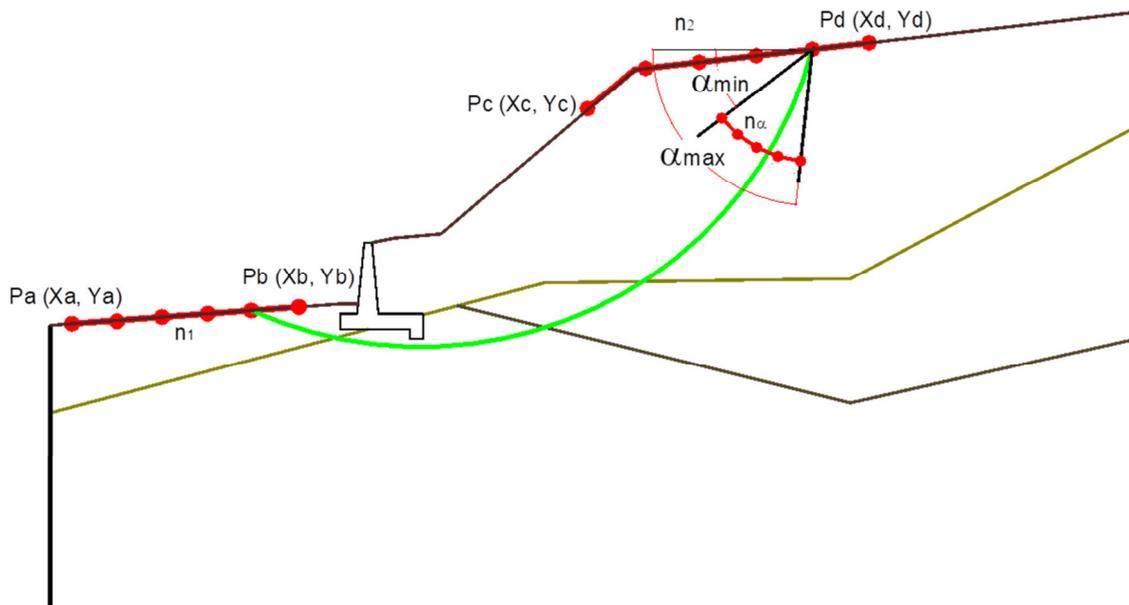
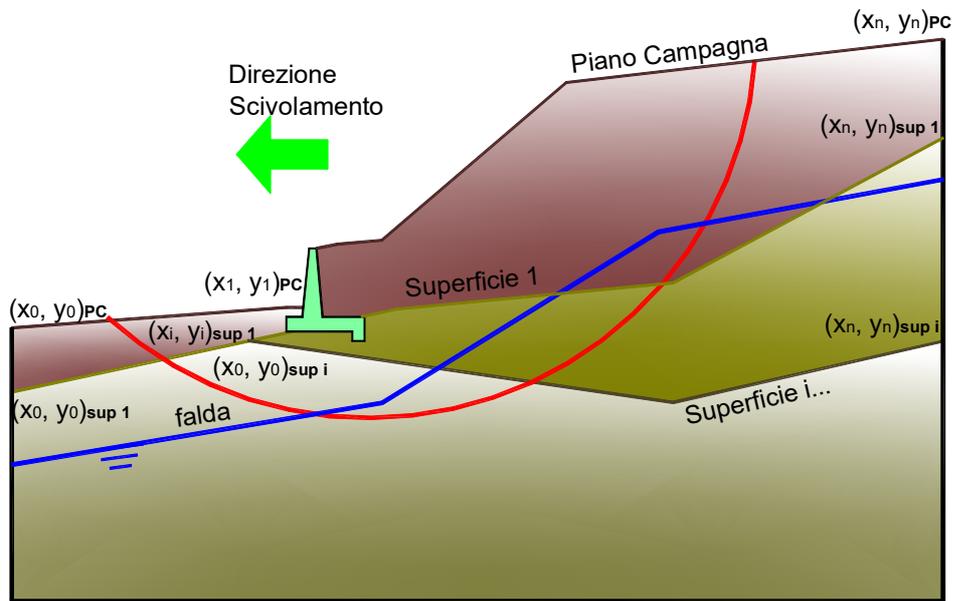
(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	490,32	490,32	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b><math>F = q_{lim} \cdot B^* / N</math></b>	<b><math>N_{min}</math></b>	<b>3,50</b>	<b>&gt;</b>	<b>1</b>
		<b><math>N_{max}</math></b>	<b>3,50</b>	<b>&gt;</b>	

VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kPa]	Descrizione
<b>materiale 1</b>	19,3	33,20	10,4	terrapieno
<b>materiale 2</b>	19	35,00	0	fondazione



**RELAZIONE DI CALCOLO**

**Limiti ricerca superfici**

Xa	80
Xb	95
n1	10

Xc	115
Xd	130
n2	10

alfa min	40
alfa max	70
n alfa	10

# superfici massimo	1331
---------------------	------

**RISULTATO VERIFICA**

Nel seguente tabulato si riportano le superfici più significative.

N. superficie	Xc (m)	Yc (m)	R (m)	Xv (m)	Xm (m)	FS (statico)	FS (sismico)
1	82,269	146,906	53,255	81,500	116,500	1,407	1,196
2	84,004	144,838	50,555	83,000	116,500	1,432	1,207
3	84,620	140,298	46,745	81,500	116,500	1,420	1,215
4	85,735	142,775	47,862	84,500	116,500	1,454	1,219
5	86,205	138,598	44,421	83,000	116,500	1,438	1,225
6	87,461	140,717	45,176	86,000	116,500	1,482	1,235
7	87,788	136,901	42,101	84,500	116,500	1,463	1,237
8	86,464	135,116	41,756	81,500	116,500	1,442	1,239
9	83,505	147,284	53,664	81,500	118,000	1,485	1,247
10	87,934	133,696	39,711	83,000	116,500	1,458	1,249
11	89,366	135,208	39,786	86,000	116,500	1,490	1,252
12	89,182	138,667	42,499	87,500	116,500	1,515	1,254
13	85,223	145,237	50,993	83,000	118,000	1,508	1,260
14	89,403	132,278	37,669	84,500	116,500	1,477	1,260
15	85,739	140,770	47,303	81,500	118,000	1,494	1,267
16	87,955	130,924	37,822	81,500	116,500	1,469	1,269
17	90,941	133,519	37,476	87,500	116,500	1,521	1,271
18	90,869	130,862	35,631	86,000	116,500	1,503	1,276
19	86,935	143,197	48,329	84,500	118,000	1,536	1,276
20	90,897	136,623	39,831	89,000	116,500	1,554	1,277
21	89,335	129,724	35,993	83,000	116,500	1,484	1,278
22	87,311	139,084	44,998	83,000	118,000	1,516	1,279
23	90,714	128,526	34,167	84,500	116,500	1,502	1,289
24	87,504	135,624	42,395	81,500	118,000	1,518	1,293
25	84,679	147,736	54,173	81,500	119,500	1,548	1,293
26	92,512	131,835	35,174	89,000	116,500	1,560	1,294
27	92,332	129,449	33,598	87,500	116,500	1,533	1,294
28	88,641	141,163	45,675	86,000	118,000	1,568	1,295

**RELAZIONE DI CALCOLO**

29	88,880	137,402	42,698	84,500	118,000	1,542	1,295
30	89,193	127,445	34,653	81,500	116,500	1,503	1,303
31	92,090	127,330	32,343	86,000	116,500	1,526	1,305
32	88,965	134,213	40,364	83,000	118,000	1,538	1,305
33	92,605	134,588	37,174	90,500	116,500	1,603	1,306
34	86,378	145,711	51,529	83,000	119,500	1,575	1,309
35	90,500	126,424	32,995	83,000	116,500	1,516	1,310
36	90,444	135,725	40,405	86,000	118,000	1,578	1,314
37	86,812	141,291	47,929	81,500	119,500	1,564	1,315
38	93,791	128,040	31,569	89,000	116,500	1,575	1,317
39	90,340	139,138	43,031	87,500	118,000	1,606	1,317
40	90,423	132,805	38,337	84,500	118,000	1,563	1,321
41	91,805	125,405	31,339	84,500	116,500	1,533	1,322
42	93,464	126,135	30,523	87,500	116,500	1,555	1,323
43	88,940	131,436	38,504	81,500	118,000	1,546	1,324
44	94,077	130,156	32,878	90,500	116,500	1,609	1,324
45	88,071	143,693	48,895	84,500	119,500	1,607	1,328
46	88,372	139,619	45,643	83,000	119,500	1,590	1,331
47	90,313	130,243	36,686	83,000	118,000	1,565	1,336
48	92,003	134,053	38,118	87,500	118,000	1,615	1,337
49	93,108	124,386	29,685	86,000	116,500	1,556	1,338
50	91,878	131,401	36,314	86,000	118,000	1,593	1,340
51	90,242	124,496	32,055	81,500	116,500	1,543	1,342
52	88,509	136,165	43,082	81,500	119,500	1,588	1,343
53	94,305	132,562	34,530	92,000	116,500	1,664	1,343
54	85,799	148,251	54,763	81,500	121,000	1,621	1,343
55	92,032	137,121	40,398	89,000	118,000	1,653	1,345
56	94,836	124,943	28,705	89,000	116,500	1,593	1,347
57	95,247	126,634	29,545	90,500	116,500	1,623	1,347
58	89,926	137,951	43,363	84,500	119,500	1,620	1,350
59	89,758	141,683	46,271	86,000	119,500	1,644	1,350
60	91,487	123,625	30,535	83,000	116,500	1,555	1,351
61	91,683	129,051	34,870	84,500	118,000	1,590	1,352
62	94,409	123,370	28,033	87,500	116,500	1,585	1,358
63	89,960	134,764	41,065	83,000	119,500	1,613	1,359
64	90,138	127,942	35,357	81,500	118,000	1,582	1,359
65	95,637	128,484	30,592	92,000	116,500	1,670	1,362
66	87,481	146,247	52,147	83,000	121,000	1,652	1,362
67	92,731	122,754	29,017	84,500	116,500	1,571	1,362
68	93,329	129,999	34,297	87,500	118,000	1,634	1,363
69	93,557	132,386	35,840	89,000	118,000	1,662	1,366

**RELAZIONE DI CALCOLO**

70	87,847	141,852	48,611	81,500	121,000	1,639	1,367
71	93,051	127,863	33,058	86,000	118,000	1,619	1,371
72	91,438	126,927	33,707	83,000	118,000	1,600	1,372
73	91,476	136,290	41,091	86,000	119,500	1,657	1,373
74	89,898	131,970	39,223	81,500	119,500	1,619	1,376
75	96,204	123,753	26,892	90,500	116,500	1,644	1,377
76	91,436	139,682	43,659	87,500	119,500	1,688	1,377
77	91,408	133,366	39,053	84,500	119,500	1,643	1,378
78	93,973	121,884	27,500	86,000	116,500	1,593	1,378
79	93,716	135,115	37,779	90,500	118,000	1,709	1,379
80	95,709	122,355	26,385	89,000	116,500	1,621	1,382
81	89,156	144,250	49,541	84,500	121,000	1,688	1,384
82	89,393	140,194	46,344	83,000	121,000	1,669	1,386
83	96,698	125,233	27,528	92,000	116,500	1,686	1,386
84	91,148	121,953	29,895	81,500	116,500	1,590	1,387
85	95,995	130,547	31,900	93,500	116,500	1,737	1,388
86	92,737	125,912	32,059	84,500	118,000	1,624	1,389
87	94,776	128,602	32,286	89,000	118,000	1,680	1,392
88	91,263	130,784	37,415	83,000	119,500	1,643	1,392
89	94,415	126,676	31,250	87,500	118,000	1,654	1,394
90	92,340	121,207	28,489	83,000	116,500	1,601	1,396
91	89,486	136,733	43,810	81,500	121,000	1,666	1,396
92	95,214	121,015	25,986	87,500	116,500	1,621	1,397
93	93,020	134,634	38,827	87,500	119,500	1,701	1,399
94	95,105	130,727	33,571	90,500	118,000	1,719	1,400
95	92,851	131,972	37,046	86,000	119,500	1,679	1,400
96	91,158	124,970	32,768	81,500	118,000	1,624	1,402
97	86,874	148,820	55,424	81,500	122,500	1,724	1,407
98	93,531	120,463	27,084	84,500	116,500	1,616	1,407
99	90,934	138,541	44,085	84,500	121,000	1,705	1,408
100	94,033	124,899	30,415	86,000	118,000	1,652	1,408
101	93,107	137,692	41,061	89,000	119,500	1,741	1,409
102	97,189	126,819	28,315	93,500	116,500	1,745	1,409
103	90,823	142,263	46,947	86,000	121,000	1,730	1,409
104	82,917	166,891	73,248	81,500	130,000	1,738	1,410
105	92,625	129,600	35,610	84,500	119,500	1,672	1,411
106	97,005	121,341	24,739	90,500	116,500	1,670	1,413
107	91,062	128,456	36,089	81,500	119,500	1,656	1,414
108	92,398	124,101	31,255	83,000	118,000	1,641	1,415
109	90,927	135,342	41,807	83,000	121,000	1,695	1,415
110	97,569	122,567	25,084	92,000	116,500	1,708	1,417

**RELAZIONE DI CALCOLO**

111	84,059	162,747	69,137	81,500	128,500	1,753	1,420
112	95,391	133,119	35,174	92,000	118,000	1,780	1,422
113	96,453	120,148	24,473	89,000	116,500	1,658	1,422
114	94,722	119,719	25,681	86,000	116,500	1,638	1,422
115	95,777	125,493	29,446	89,000	118,000	1,701	1,424
116	96,218	127,209	30,281	90,500	118,000	1,737	1,427
117	94,291	130,582	35,045	87,500	119,500	1,723	1,428
118	88,539	146,836	52,834	83,000	122,500	1,762	1,429
119	85,144	158,671	65,116	81,500	127,000	1,770	1,430
120	84,649	164,827	70,553	83,000	130,000	1,773	1,430
121	92,355	127,445	34,447	83,000	119,500	1,680	1,430
122	90,833	132,524	39,972	81,500	121,000	1,698	1,431
123	93,636	123,235	29,743	84,500	118,000	1,664	1,431
124	95,327	123,889	28,773	87,500	118,000	1,687	1,431
125	94,557	132,985	36,573	89,000	119,500	1,754	1,432
126	88,848	142,450	49,343	81,500	122,500	1,747	1,434
127	92,470	136,895	41,833	86,000	121,000	1,747	1,434
128	93,983	128,419	33,810	86,000	119,500	1,708	1,434
129	98,144	123,837	25,518	93,500	116,500	1,762	1,435
130	92,364	133,954	39,809	84,500	121,000	1,730	1,438
131	86,169	154,666	61,188	81,500	125,500	1,782	1,438
132	91,940	119,724	28,080	81,500	116,500	1,644	1,439
133	92,482	140,286	44,366	87,500	121,000	1,780	1,439
134	95,911	118,976	24,279	87,500	116,500	1,665	1,442
135	85,778	160,699	66,464	83,000	128,500	1,795	1,443
136	87,133	150,735	57,355	81,500	124,000	1,789	1,444
137	96,645	129,075	31,312	92,000	118,000	1,790	1,444
138	93,087	119,088	26,769	83,000	116,500	1,654	1,447
139	94,768	135,712	38,477	90,500	119,500	1,806	1,447
140	86,111	157,846	64,354	81,500	130,000	1,794	1,449
141	97,675	128,545	29,287	95,000	116,500	1,839	1,450
142	92,041	122,396	30,611	81,500	118,000	1,673	1,450
143	93,647	126,436	32,808	84,500	119,500	1,709	1,450
144	92,190	131,345	38,174	83,000	121,000	1,728	1,451
145	94,872	122,369	28,234	86,000	118,000	1,692	1,451
146	86,846	156,642	62,468	83,000	127,000	1,813	1,454
147	97,690	119,282	22,963	90,500	116,500	1,706	1,455
148	98,299	120,330	23,097	92,000	116,500	1,734	1,455
149	90,197	144,860	50,255	84,500	122,500	1,806	1,455
150	86,378	162,767	67,864	84,500	130,000	1,820	1,455
151	90,382	140,805	47,094	83,000	122,500	1,785	1,456

**RELAZIONE DI CALCOLO**

152	86,940	154,352	60,939	81,500	128,500	1,804	1,457
153	94,234	118,453	25,458	84,500	116,500	1,668	1,458
154	92,055	125,454	33,504	81,500	119,500	1,700	1,459
155	97,134	124,313	27,648	90,500	118,000	1,758	1,461
156	95,725	129,197	33,051	89,000	119,500	1,776	1,461
157	96,618	122,880	27,134	89,000	118,000	1,734	1,462
158	95,339	127,241	32,014	87,500	119,500	1,751	1,462
159	87,854	152,659	58,568	83,000	125,500	1,825	1,462
160	93,229	121,653	29,210	83,000	118,000	1,690	1,462
161	93,796	132,570	37,818	86,000	121,000	1,772	1,464
162	93,999	135,255	39,591	87,500	121,000	1,797	1,464
163	87,727	150,904	57,585	81,500	127,000	1,814	1,465
164	90,436	137,327	44,575	81,500	122,500	1,779	1,466
165	98,929	121,384	23,281	93,500	116,500	1,786	1,468
166	97,098	118,234	22,878	89,000	116,500	1,701	1,468
167	88,797	148,752	54,767	83,000	124,000	1,831	1,469
168	87,492	158,656	63,798	84,500	128,500	1,843	1,469
169	87,694	156,148	62,033	83,000	130,000	1,831	1,470
170	88,471	147,502	54,295	81,500	125,500	1,819	1,471
171	91,966	128,984	36,845	81,500	121,000	1,738	1,472
172	96,088	131,344	34,329	90,500	119,500	1,820	1,472
173	97,654	125,822	28,284	92,000	118,000	1,810	1,473
174	93,543	130,168	36,381	84,500	121,000	1,762	1,473
175	95,379	117,818	24,149	86,000	116,500	1,689	1,473
176	98,734	125,163	26,050	95,000	116,500	1,850	1,473
177	94,936	125,429	31,172	86,000	119,500	1,744	1,474
178	89,169	144,150	51,072	81,500	124,000	1,818	1,474
179	94,132	138,320	41,799	89,000	121,000	1,840	1,475
180	97,054	131,137	32,586	93,500	118,000	1,870	1,476
181	96,106	121,504	26,727	87,500	118,000	1,727	1,476
182	93,290	124,590	31,997	83,000	119,500	1,724	1,476
183	94,415	120,912	27,810	84,500	118,000	1,713	1,479
184	88,544	154,620	59,828	84,500	127,000	1,862	1,481
185	88,513	152,666	58,632	83,000	128,500	1,847	1,481
186	91,910	139,167	44,854	84,500	122,500	1,828	1,483
187	88,104	160,710	65,179	86,000	130,000	1,874	1,484
188	91,846	142,895	47,689	86,000	122,500	1,863	1,488
189	91,867	135,945	42,585	83,000	122,500	1,816	1,489
190	89,289	149,230	55,296	83,000	127,000	1,858	1,490
191	89,532	150,659	55,957	84,500	125,500	1,874	1,490
192	88,619	150,741	57,527	81,500	130,000	1,854	1,491

**RELAZIONE DI CALCOLO**

193	93,253	127,978	35,211	83,000	121,000	1,767	1,492
194	96,523	117,184	22,841	87,500	116,500	1,716	1,493
195	96,418	133,746	35,909	92,000	119,500	1,887	1,495
196	95,224	131,192	35,833	87,500	121,000	1,822	1,496
197	90,019	145,842	52,025	83,000	125,500	1,863	1,496
198	94,522	123,727	30,492	84,500	119,500	1,752	1,496
199	89,274	154,453	59,715	84,500	130,000	1,880	1,497
200	96,690	126,066	30,224	89,000	119,500	1,805	1,497
201	90,453	146,777	52,189	84,500	124,000	1,880	1,497
202	98,924	118,417	21,456	92,000	116,500	1,771	1,497
203	92,644	117,746	26,542	81,500	116,500	1,705	1,498
204	89,215	147,721	54,612	81,500	128,500	1,859	1,498
205	95,601	120,171	26,413	86,000	118,000	1,740	1,499
206	89,202	156,619	61,138	86,000	128,500	1,899	1,499
207	90,702	142,506	48,825	83,000	124,000	1,861	1,499
208	97,906	121,874	25,500	90,500	118,000	1,792	1,500
209	94,893	128,995	34,592	86,000	121,000	1,804	1,501
210	98,178	127,431	29,065	93,500	118,000	1,883	1,501
211	95,521	133,623	37,359	89,000	121,000	1,857	1,501
212	98,284	117,493	21,480	90,500	116,500	1,750	1,502
213	96,222	124,424	29,540	87,500	119,500	1,788	1,502
214	97,154	127,817	31,065	90,500	119,500	1,843	1,503
215	99,584	122,446	23,516	95,000	116,500	1,871	1,503
216	92,816	120,134	28,794	81,500	118,000	1,730	1,504
217	91,747	133,096	40,748	81,500	122,500	1,817	1,504
218	89,780	144,732	51,742	81,500	127,000	1,863	1,505
219	93,752	117,206	25,310	83,000	116,500	1,714	1,506
220	99,590	119,322	21,459	93,500	116,500	1,817	1,506
221	98,487	123,137	25,855	92,000	118,000	1,837	1,507
222	97,339	120,642	25,223	89,000	118,000	1,774	1,508
223	90,083	150,982	56,330	84,500	128,500	1,897	1,508
224	90,311	141,775	48,918	81,500	125,500	1,862	1,509
225	92,918	122,848	31,344	81,500	119,500	1,752	1,509
226	90,807	138,852	46,144	81,500	124,000	1,856	1,510
227	90,236	152,603	57,195	86,000	127,000	1,919	1,512
228	90,088	149,323	55,484	83,000	130,000	1,893	1,513
229	94,538	126,974	33,581	84,500	121,000	1,802	1,515
230	93,960	119,500	27,487	83,000	118,000	1,746	1,516
231	93,294	134,567	40,601	84,500	122,500	1,860	1,517
232	94,858	116,666	24,079	84,500	116,500	1,728	1,517
233	93,431	137,535	42,623	86,000	122,500	1,887	1,517

**RELAZIONE DI CALCOLO**

234	89,826	158,658	62,500	87,500	130,000	1,937	1,517
235	90,846	147,559	53,012	84,500	127,000	1,908	1,518
236	95,771	136,367	39,249	90,500	121,000	1,913	1,518
237	97,666	116,550	21,534	89,000	116,500	1,753	1,519
238	92,937	125,950	34,259	81,500	121,000	1,785	1,520
239	95,752	122,866	28,990	86,000	119,500	1,787	1,521
240	97,610	129,711	32,096	92,000	119,500	1,902	1,522
241	91,203	148,667	53,356	86,000	125,500	1,932	1,522
242	90,677	146,310	52,581	83,000	128,500	1,904	1,523
243	96,784	119,431	25,017	87,500	118,000	1,775	1,524
244	93,486	140,940	45,138	87,500	122,500	1,925	1,524
245	91,562	144,187	49,762	84,500	125,500	1,913	1,525
246	94,102	122,108	29,949	83,000	119,500	1,775	1,526
247	90,853	152,760	57,401	86,000	130,000	1,937	1,527
248	93,096	131,923	38,961	83,000	122,500	1,854	1,528
249	92,229	140,868	46,585	84,500	124,000	1,911	1,529
250	92,102	144,812	49,624	86,000	124,000	1,938	1,530
251	91,232	143,329	49,723	83,000	127,000	1,908	1,530
252	99,084	124,441	26,296	93,500	118,000	1,906	1,532
253	95,964	116,127	22,849	86,000	116,500	1,749	1,533
254	96,239	127,824	32,809	87,500	121,000	1,854	1,533
255	95,102	118,867	26,181	84,500	118,000	1,768	1,533
256	96,646	129,818	33,856	89,000	121,000	1,883	1,534
257	90,907	154,587	58,485	87,500	128,500	1,964	1,534
258	91,753	140,382	46,913	83,000	125,500	1,907	1,535
259	92,238	137,471	44,155	83,000	124,000	1,899	1,536
260	90,651	144,986	52,138	81,500	130,000	1,919	1,537
261	97,505	123,422	27,912	89,000	119,500	1,842	1,538
262	100,285	120,206	21,485	95,000	116,500	1,898	1,539
263	98,037	124,895	28,439	90,500	119,500	1,873	1,539
264	91,650	149,302	54,033	86,000	128,500	1,955	1,540
265	94,166	125,089	32,758	83,000	121,000	1,814	1,540
266	91,555	147,906	53,444	84,500	130,000	1,944	1,541
267	98,705	129,169	30,018	95,000	118,000	1,980	1,542
268	95,820	125,973	31,954	86,000	121,000	1,843	1,543
269	91,067	142,324	49,599	81,500	128,500	1,919	1,544
270	98,568	119,781	23,722	90,500	118,000	1,833	1,545
271	97,035	131,999	35,139	90,500	121,000	1,931	1,546
272	95,284	121,369	28,555	84,500	119,500	1,804	1,546
273	99,467	116,754	20,084	92,000	116,500	1,817	1,548
274	92,853	129,525	37,622	81,500	122,500	1,862	1,548

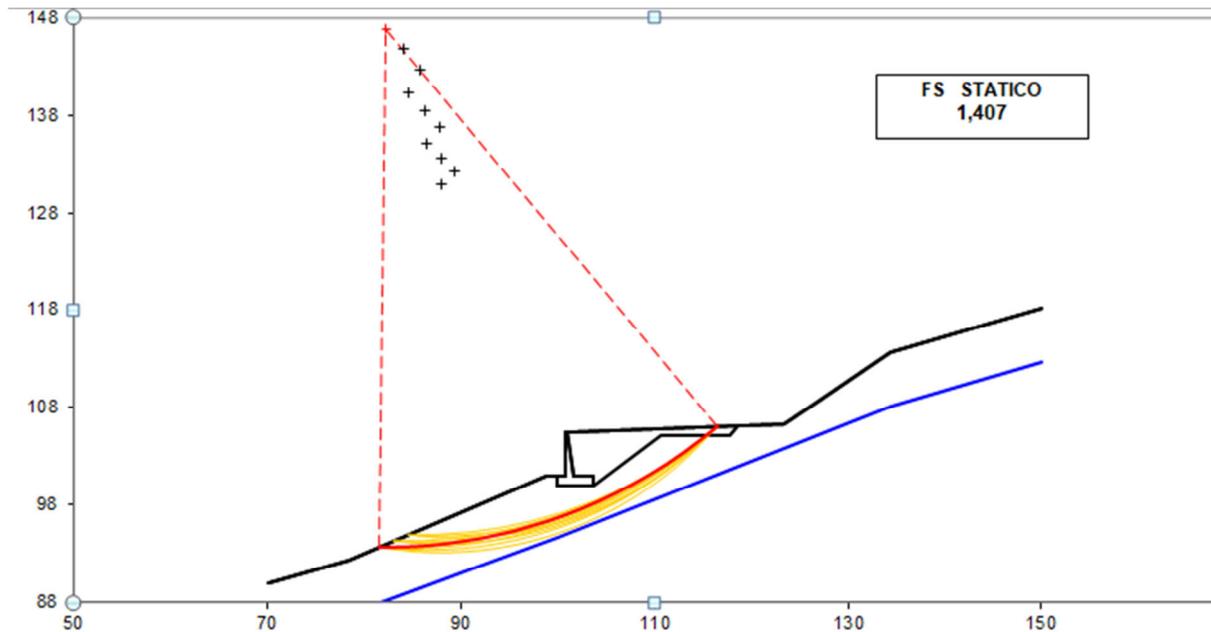
**RELAZIONE DI CALCOLO**

275	91,922	150,594	54,572	87,500	127,000	1,986	1,548
276	99,190	120,870	23,870	92,000	118,000	1,868	1,549
277	91,458	139,685	47,093	81,500	127,000	1,920	1,549

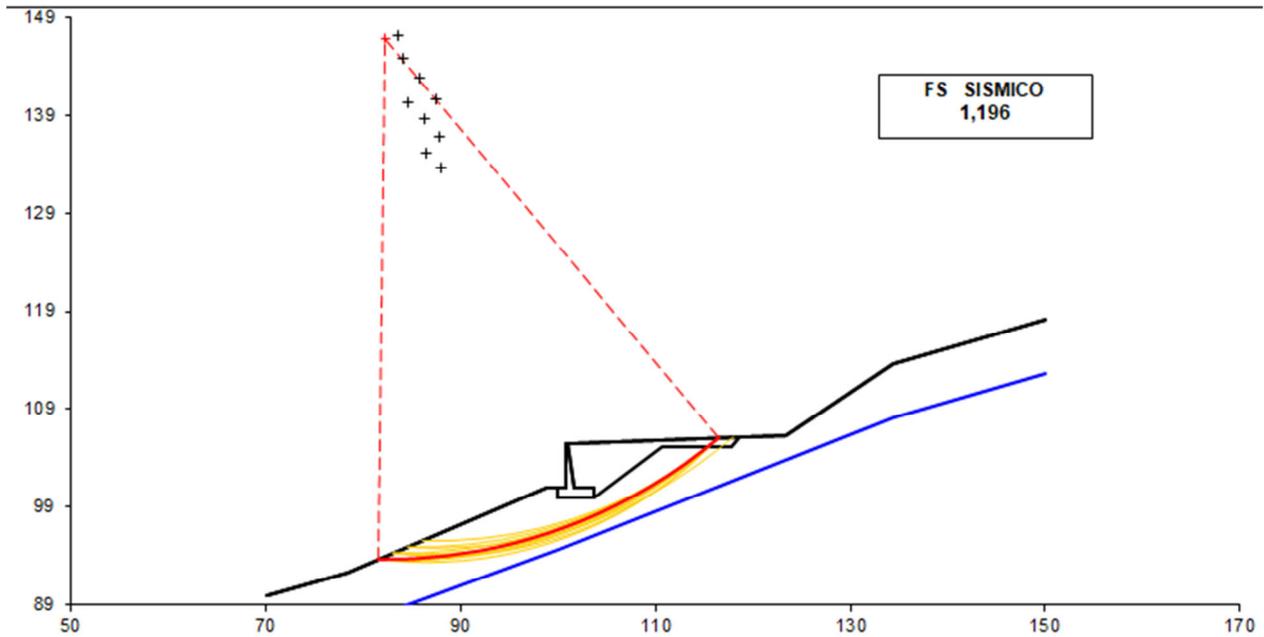
<b>#strisce</b>
<b>30</b>

<b># Superfici Calcolate</b>	<b>FS Bishop</b>	
<b>1100</b>	<b>STATICO</b>	<b>1,407</b>
	<b>SISMICO</b>	<b>1,196</b>

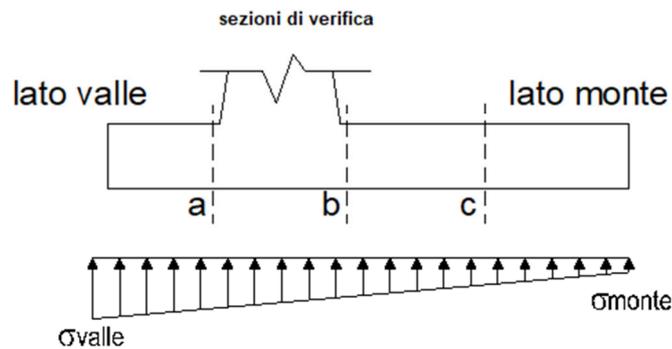
Condizione statica



Condizione sismica



7.8.2 Verifiche strutturali

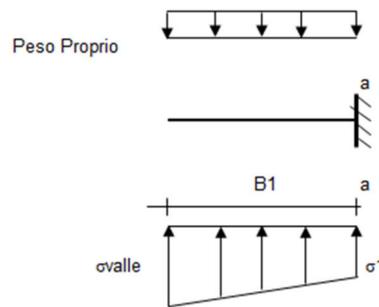


Reazioni del terreno

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
statico	426,98	287,48	252,64	0,00
	426,98	287,48	252,64	0,00
sisma+	436,92	158,65	194,81	47,92
	436,92	158,65	194,81	47,92
sisma-	390,02	159,62	182,23	34,44
	390,02	159,62	182,23	34,44

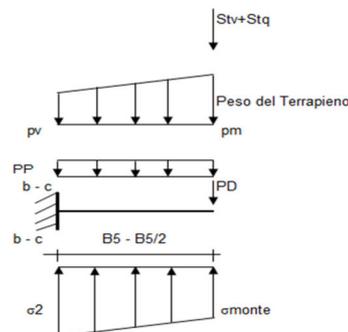
**Mensola lato valle**

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma	Va
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	252,64	200,32	51,81	141,91
	252,64	200,32	51,81	141,91
sisma+	194,81	166,25	39,23	113,05
	194,81	166,25	39,58	113,05
sisma-	182,23	153,50	36,83	104,21
	182,23	153,50	36,48	104,21

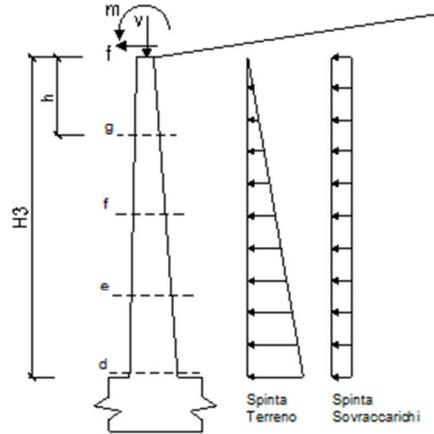


**Mensola lato monte**

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	Mb	Vb	$\sigma_{2c}$	Mc	Vc
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN]
statico	0,00	129,32	-240,24	-151,36	56,44	-94,83	-135,08
	0,00	129,32	-291,58	-204,01	56,44	-107,66	-161,40
sisma+	47,92	127,49	-152,28	-92,93	87,70	-62,55	-84,61
	47,92	127,49	-152,28	-92,93	87,70	-62,55	-84,61
sisma-	34,44	114,50	-146,78	-90,25	74,47	-59,70	-81,83
	34,44	114,50	-146,78	-90,25	74,47	-59,70	-81,83



**Calcolo sollecitazioni paramento verticale del muro**



**condizione statica**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	4,50	86,62	63,12	137,50	287,24	8,40	70,31	78,71
e-e	3,38	36,54	35,51	109,38	181,42	8,40	45,88	54,28
f-f	2,25	10,83	15,78	81,25	107,86	8,40	26,02	34,42
g-g	1,13	1,35	3,95	53,13	58,42	8,40	10,72	19,12

sezione	h	Vt	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4,50	57,74	28,05	25,00	110,80
e-e	3,38	32,48	21,04	25,00	78,52
f-f	2,25	14,44	14,03	25,00	53,46
g-g	1,13	3,61	7,01	25,00	35,62

**condizione sismica +**

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sis</sub>	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	4,50	66,63	25,76	0,00	0,00	15,51	107,89	8,40	74,48	82,88
e-e	3,38	28,11	10,87	0,00	0,00	7,81	46,78	8,40	48,60	57,00
f-f	2,25	8,33	3,22	0,00	0,00	3,06	14,61	8,40	27,56	35,96
g-g	1,13	1,04	0,40	0,00	0,00	0,66	2,11	8,40	11,36	19,76

sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sis</sub>	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4,50	44,42	17,17	0,00	0,00	8,34	69,93
e-e	3,38	24,99	9,66	0,00	0,00	5,44	40,08
f-f	2,25	11,10	4,29	0,00	0,00	3,08	18,48
g-g	1,13	2,78	1,07	0,00	0,00	1,27	5,12

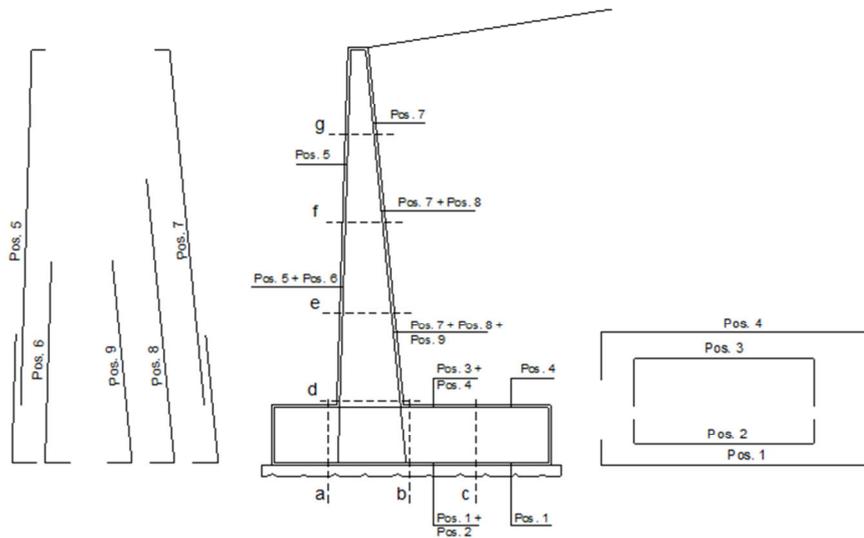
**RELAZIONE DI CALCOLO**

**condizione sismica -**

sezione	h	Mt <sub>stat</sub>	Mt <sub>sism</sub>	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>inerzia</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	4,50	66,63	17,66	0,00	0,00	15,51	99,80	8,40	66,14	74,54
e-e	3,38	28,11	7,45	0,00	0,00	7,81	43,37	8,40	43,16	51,56
f-f	2,25	8,33	2,21	0,00	0,00	3,06	13,60	8,40	24,47	32,87
g-g	1,13	1,04	0,28	0,00	0,00	0,66	1,98	8,40	10,09	18,49

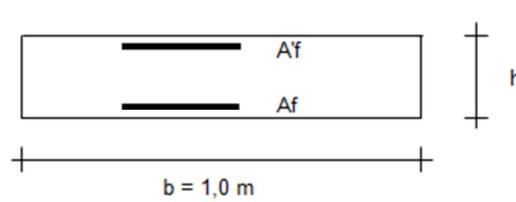
sezione	h	Vt <sub>stat</sub>	Vt <sub>sism</sub>	Vq	V <sub>ext</sub>	V <sub>inerzia</sub>	V <sub>tot</sub>
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4,50	44,42	11,78	0,00	0,00	8,34	64,53
e-e	3,38	24,99	6,62	0,00	0,00	5,44	37,05
f-f	2,25	11,10	2,94	0,00	0,00	3,08	17,13
g-g	1,13	2,78	0,74	0,00	0,00	1,27	4,78

**SCHEMA DELLE ARMATURE**



pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	5,0	16		5	5,0	16	
2	0,0	0		6	0,0	16	
3	0,0	0		7	5,0	16	
4	8,0	16		8	2,0	16	
				9	0,0	16	

**VERIFICA**



Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)
a - a	51,81	0,00	0,95	10,05	16,08	351,08
b - b	-291,58	0,00	0,95	16,08	10,05	544,39
c - c	-107,66	0,00	0,95	16,08	10,05	544,39
d - d	287,24	78,71	0,95	14,07	10,05	512,38
e - e	181,42	54,28	0,79	14,07	10,05	408,31
f - f	107,86	34,42	0,63	14,07	10,05	309,37
g - g	58,42	19,12	0,46	10,05	10,05	161,56

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

**VERIFICA A TAGLIO**

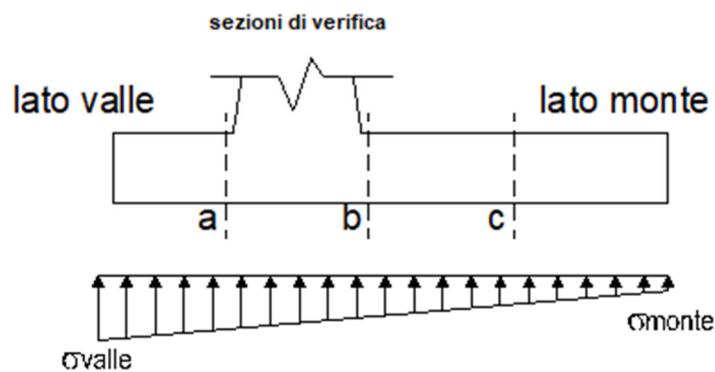
Sez.	V <sub>Ed</sub>	h	V <sub>rd</sub>
(-)	(kN)	(m)	(kN)
a - a	141,91	0,95	313,20
b - b	204,01	0,95	313,20
c - c	161,40	0,95	313,20
d - d	110,80	0,95	324,16
e - e	78,52	0,79	276,30
f - f	53,46	0,63	227,63
g - g	35,62	0,46	177,41

Armatura a taglio non necessaria

**VERIFICA A FESSURAZIONE**

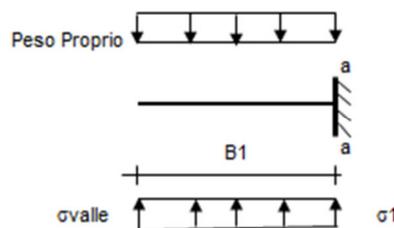
**Calcolo sollecitazione soletta di fondazione**

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Freq.	415,25	241,85	227,32	3,38
	415,25	241,85	227,32	3,38
Q.P.	405,16	185,13	198,25	26,84
	405,16	185,13	198,25	26,84



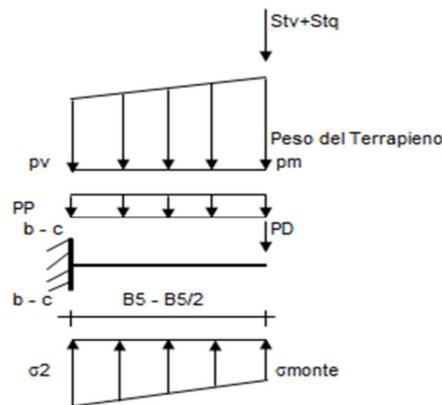
**Mensola lato valle**

caso	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	Ma
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	227,32	183,77	46,32
	227,32	183,77	46,32
Q.P.	198,25	164,92	40,03
	198,25	164,92	40,03



**Mensola lato monte**

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	$M_b$	$\sigma_{2c}$	$M_c$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	3,38	124,68	-198,59	64,03	-77,54
	3,38	124,68	-236,61	64,03	-87,05
Q.P.	26,84	119,69	-152,34	73,26	-58,81
	26,84	119,69	-152,34	73,26	-58,81



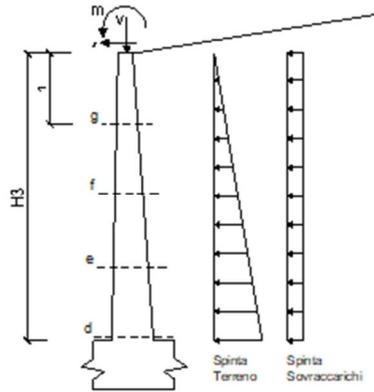
**Azioni sul parameno verticale**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	4,50	66,63	46,76	137,50	250,88	8,40	70,31	78,71
e-e	3,38	28,11	26,30	109,38	163,78	8,40	45,88	54,28
f-f	2,25	8,33	11,69	81,25	101,27	8,40	26,02	34,42
g-g	1,13	1,04	2,92	53,13	57,09	8,40	10,72	19,12

**condizione Quasi Permanente**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</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	4,50	66,63	0,00	0,00	66,63	8,40	70,31	78,71
e-e	3,38	28,11	0,00	0,00	28,11	8,40	45,88	54,28
f-f	2,25	8,33	0,00	0,00	8,33	8,40	26,02	34,42
g-g	1,13	1,04	0,00	0,00	1,04	8,40	10,72	19,12

RELAZIONE DI CALCOLO



**Verifica**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</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	46,32	0,00	0,95	10,05	16,08	0,68	55,33	0,105	0,300
b - b	-236,61	0,00	0,95	16,08	10,05	2,96	178,84	0,251	0,300
c - c	-87,05	0,00	0,95	16,08	10,05	1,09	65,79	0,092	0,300
d - d	250,88	78,71	0,95	14,07	10,05	3,37	189,36	0,288	0,300
e - e	163,78	54,28	0,79	14,07	10,05	3,03	155,63	0,237	0,300
f - f	101,27	34,42	0,63	14,07	10,05	2,82	128,69	0,190	0,300
g - g	57,09	19,12	0,46	10,05	10,05	3,18	147,65	0,225	0,300

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

**condizione Quasi Permanente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$	wk	w <sub>amm</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	40,03	0,00	0,95	10,05	16,08	0,59	47,82	0,091	0,200
b - b	-152,34	0,00	0,95	16,08	10,05	1,91	115,14	0,162	0,200
c - c	-58,81	0,00	0,95	16,08	10,05	0,74	44,45	0,062	0,200
d - d	66,63	78,71	0,95	14,07	10,05	0,88	31,99	0,049	0,200
e - e	28,11	54,28	0,79	14,07	10,05	0,50	12,87	0,020	0,200
f - f	8,33	34,42	0,63	14,07	10,05	0,21	2,08	0,002	0,200
g - g	1,04	19,12	0,46	10,05	10,05	0,00	-	-	0,200

### 7.8.3 Verifiche tensionali

Condizione Statica							
Sez.	M	N	h	Af	A'f	$\sigma_c$	$\sigma_f$
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	46,32	0,00	0,95	10,05	16,08	0,68	55,33
b - b	-236,61	0,00	0,95	16,08	10,05	2,96	178,84
c - c	-87,05	0,00	0,95	16,08	10,05	1,09	65,79
d - d	250,88	78,71	0,95	14,07	10,05	3,37	189,36
e - e	163,78	54,28	0,79	14,07	10,05	3,03	155,63
f - f	101,27	34,42	0,63	14,07	10,05	2,82	128,69
g - g	57,09	19,12	0,46	10,05	10,05	3,18	147,65