



REGIONE SICILIA

# CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA

Legge Regionale n. 15 del 04.08.2015

III DIREZIONE

Viabilità Metropolitana

1° Servizio Viabilità Distretto Peloro-Eolie – 2° Ufficio Viabilità

## DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Attività ex O.C.D.P.C. n° 257/2015

Piano dei primi interventi urgenti per il maltempo dal 16 febbraio al 10 aprile 2015 nelle province di Palermo, Agrigento, Caltanissetta, Enna, Messina e Trapani

# ME 048

### PROGETTO ESECUTIVO

LAVORI URGENTI PER LA RICOSTRUZIONE DEL PIANO VIABILE E CONTENIMENTO SCARPATE IN CORRISPONDENZA DEL KM 1+700 DELLA S.P. 87 DI CASTROREALE

### ALLEGATI :

- |   |  |
|---|--|
| 1. RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA                            | 6. ELENCO PREZZI                               |
| 2. ELABORATI GRAFICI :                                      | 7. QUADRO TECNICO ECONOMICO                    |
| - 2.1 Tavola di inquadramento su base<br>aerofotogrammetria | 8. RELAZIONE GEOLOGICA PROGETTO<br>ESECUTIVO   |
| 2.2 Stato attuale   | 8.1 – Relazione Geologica Progetto Esecutivo   |
| 2.3 Stato progettuale                                       | 8.2 – Relazioni Indagini Geognostiche          |
| 3. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO/<br>QUADRO ECONOMICO          | 9. VERIFICA IDRAULICA                          |
| 4. PIANO DI SICUREZZA                                       | 10. CALCOLI STRUTTURALI ED ALLEGATI<br>GRAFICI |
| 5. CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO                            | 11. SCHEMA DI CONTRATTO                        |

### ALLEGATO 10

**CALCOLI STRUTTURALI ED ALLEGATI GRAFICI**

Messina, li 04 maggio 2017

### Gruppo di Progettazione :

Istruttore Direttivo Tecnico  
Dott. Ing. Anna CHIOEALO

Istruttore Direttivo Tecnico  
Geom. Sebastiano MUFALO

Istruttore Tecnico  
Geom. Antonio DE TROVATO

### Supporto Geologico

F.U.O.T.  
Dott. Geol. Biagio PRIVITERA

### Visti ed Approvazioni :

Si approva ai sensi dell'art. 5 della L.R.  
n. 12/2011 per l'importo complessivo di  
€ 1.000.000,00.

**Parere nr. 43 del 18.12.2017**

**IL R.U.P.**  
Inq. Antonino SCIUTTERI



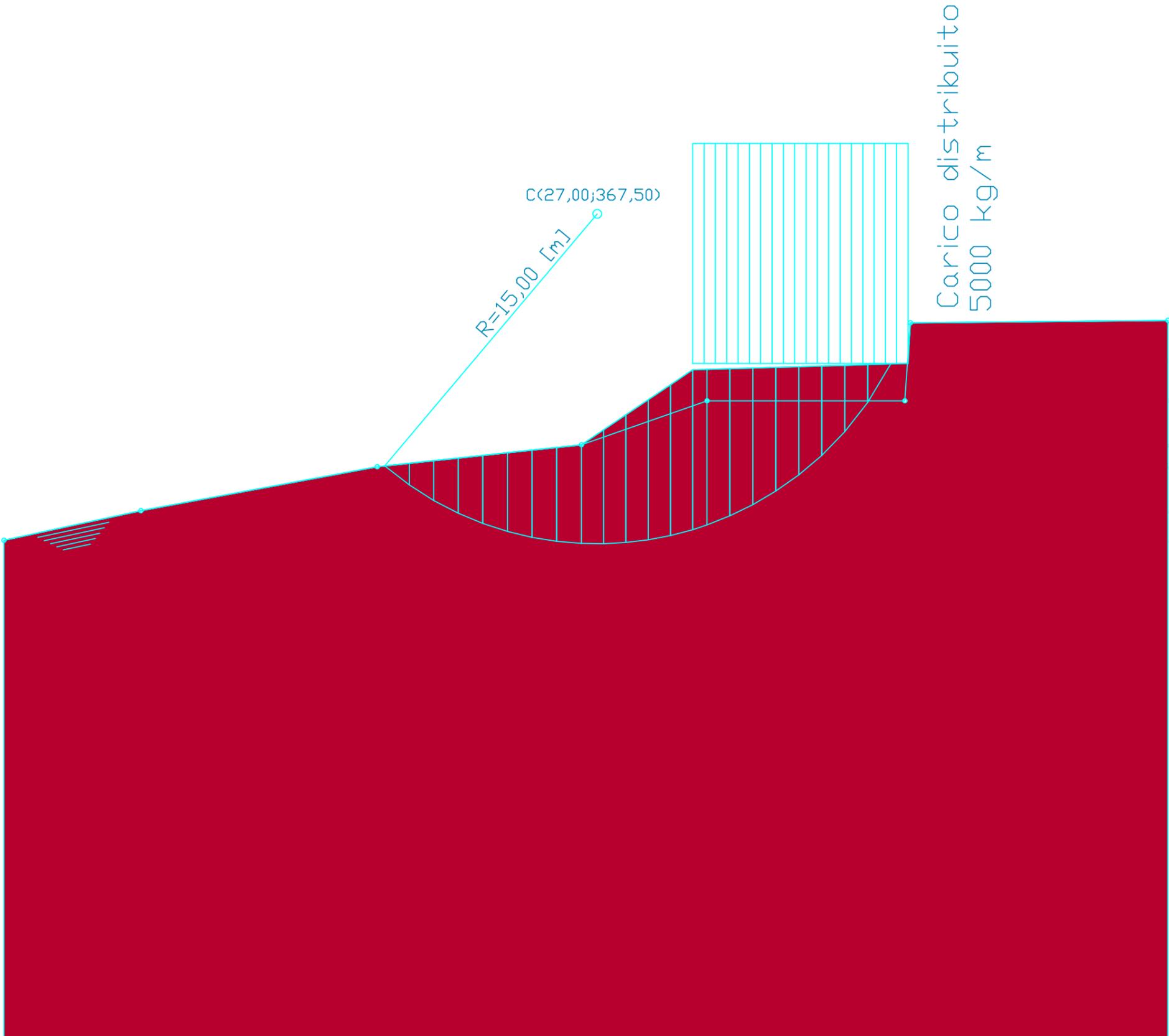
IL R.U.P. - Ing. Antonino Sciutteri

*m/en*

BISHOP 0.932 [caso A2M2]



Terreno 1  
g=1900,00 gsat=2100,00  
Ø=21 c=0,13



## Normative di riferimento

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
$W$	peso della striscia
$N$	sfuerzo normale alla base della striscia
$T$	sfuerzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Terreno 1	1900	2100	21.00	0,130

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	352,66
2	6,23	354,00
3	16,99	356,00
4	26,28	357,00
5	31,35	360,41
6	41,15	360,70
7	41,25	362,55
8	52,97	362,66

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Terreno 1)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	352,66
2	0,00	330,00
3	52,97	330,00
4	52,97	362,66
5	41,25	362,55
6	41,15	360,70
7	31,35	360,41
8	26,28	357,00
9	16,99	356,00
10	6,23	354,00

Descrizione falda*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	352,66
2	6,23	354,00
3	16,99	356,00
4	26,28	357,00
5	32,00	359,00
6	41,00	359,00
7	41,25	362,55
8	52,97	362,66

Carichi sul profilo*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

$N^{\circ}$  Identificativo del sovraccarico agente

*Descrizione* Descrizione carico

Carichi distribuiti

$X_i, X_f$  Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{x_i}, V_{x_f}, V_{y_i}, V_{y_f}$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

*Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	$X_i$	$Y_i$	$X_f$	$Y_f$	$V_{y_i}$	$V_{y_f}$	$V_{x_i}$	$V_{x_f}$
		[m]	[m]	[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Carico distribuito	31,35	360,41	41,15	360,70	5000	5000	0	0

Dati zona sismica*Identificazione del sito*

Latitudine	38.099176
Longitudine	15.210686
Comune	Castroreale
Provincia	Messina
Regione	Sicilia
Punti di interpolazione del reticolo	45204 - 45426 - 45427 - 45205

*Tipo di opera*

Tipo di costruzione	Opera di importanza strategica
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso pericolose	IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose
Vita di riferimento	200 anni
Accelerazione al suolo $a_g =$	2.885 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.10
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.28

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50  
 Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  $k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 10.83$   
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)  $k_v = 0.50 * k_h = 5.42$

#### Dati normativa

#### Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

#### Impostazioni delle superfici di rottura

##### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]  $X_0 = 27,00$   $Y_0 = 363,00$   
 Passo maglia [m]  $dX = 0,50$   $dY = 0,50$   
 Numero passi  $N_x = 10$   $N_y = 10$   
 Raggio [m]  $R = 15,00$

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR = 1,00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Si considerano le superfici passanti per il punto P(31,07, 338,92) aventi centri sulla maglia

#### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

**Analisi condotta in termini di tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	3804
Coefficiente di sicurezza minimo	0.932
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	3804	0.932	1	1.899	3804

Caratteristiche delle superfici analizzate*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

X<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in mX<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

## Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	X <sub>v</sub>	X <sub>m</sub>	V	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mc]			
1	C	27,00	367,50	15,00	17,33	40,36	97,62	0.932 (B)	[A2M2]	H+ V

Analisi della superficie critica*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

$Y_{ss}$	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
$Y_{si}$	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
$X_g$	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
$Y_g$	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso ° (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
$c$	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
$L$	sviluppo della base della striscia espressa in m ( $L = b/\cos\alpha$ )
$u$	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
$W$	peso della striscia espresso in kg
$Q$	carico applicato sulla striscia espresso in kg
$N$	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
$T$	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
$U$	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
$E_s, E_d$	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
$X_s, X_d$	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto**

Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	$X[m] = 27,00$	$Y[m] = 367,50$
Raggio del cerchio	$R[m] = 15,00$	
Intersezione a valle con il profilo topografico	$X_v[m] = 17,33$	$Y_v[m] = 356,04$
Intersezione a monte con il profilo topografico	$X_m[m] = 40,36$	$Y_m[m] = 360,68$
Coefficiente di sicurezza	$F_s = 0,932$	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	$X_s$ [m]	$Y_{ss}$ [m]	$Y_{si}$ [m]	$X_d$ [m]	$Y_{ds}$ [m]	$Y_{di}$ [m]	$X_g$ [m]	$Y_g$ [m]	$L$ [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	$c$ [kg/cmq]
1	17,33	356,04	356,04	18,45	356,16	355,18	18,07	355,79	1,41	-37,47	17,07	0,10
2	18,45	356,16	355,18	19,56	356,28	354,47	19,06	355,51	1,32	-32,24	17,07	0,10
3	19,56	356,28	354,47	20,68	356,40	353,89	20,15	355,25	1,26	-27,31	17,07	0,10
4	20,68	356,40	353,89	21,80	356,52	353,43	21,26	355,06	1,21	-22,59	17,07	0,10
5	21,80	356,52	353,43	22,92	356,64	353,06	22,38	354,91	1,18	-18,02	17,07	0,10
6	22,92	356,64	353,06	24,04	356,76	352,79	23,49	354,81	1,15	-13,57	17,07	0,10
7	24,04	356,76	352,79	25,16	356,88	352,61	24,61	354,76	1,13	-9,21	17,07	0,10
8	25,16	356,88	352,61	26,28	357,00	352,52	25,73	354,75	1,12	-4,90	17,07	0,10
9	26,28	357,00	352,52	27,29	357,68	352,50	26,80	354,92	1,01	-0,81	17,07	0,10
10	27,29	357,68	352,50	28,31	358,36	352,56	27,81	355,26	1,02	3,06	17,07	0,10
11	28,31	358,36	352,56	29,32	359,05	352,68	28,82	355,63	1,02	6,95	17,07	0,10
12	29,32	359,05	352,68	30,34	359,73	352,88	29,83	356,04	1,03	10,88	17,07	0,10
13	30,34	359,73	352,88	31,35	360,41	353,14	30,85	356,49	1,05	14,85	17,07	0,10
14	31,35	360,41	353,14	32,00	360,43	353,36	31,67	356,78	0,68	18,16	17,07	0,10
15	32,00	360,43	353,36	33,04	360,46	353,77	32,52	356,95	1,12	21,62	17,07	0,10
16	33,04	360,46	353,77	34,09	360,49	354,28	33,56	357,19	1,16	25,99	17,07	0,10
17	34,09	360,49	354,28	35,13	360,52	354,90	34,60	357,49	1,21	30,52	17,07	0,10
18	35,13	360,52	354,90	36,18	360,55	355,64	35,64	357,84	1,28	35,28	17,07	0,10
19	36,18	360,55	355,64	37,22	360,58	356,52	36,68	358,27	1,37	40,35	17,07	0,10
20	37,22	360,58	356,52	38,27	360,61	357,60	37,72	358,77	1,50	45,83	17,07	0,10
21	38,27	360,61	357,60	39,31	360,65	358,93	38,74	359,39	1,69	51,94	17,07	0,10
22	39,31	360,65	358,93	40,36	360,68	360,68	39,66	360,09	2,03	59,06	17,07	0,10

**Forze applicate sulle strisce [BI SHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	1150	0	2522	2404	690	0	3737	0	0	
2	3270	0	3467	2618	1841	3737	8429	0	0	
3	5062	0	4098	2755	2713	8429	13454	0	0	
4	6572	0	4525	2843	3389	13454	18406	0	0	
5	7830	0	4810	2897	3921	18406	23014	0	0	
6	8859	0	4987	2927	4340	23014	27089	0	0	
7	9673	0	5078	2937	4666	27089	30500	0	0	
8	10282	0	5098	2932	4914	30500	33162	0	0	
9	10254	0	5006	2780	4733	33162	34970	0	0	
10	11597	0	5744	3024	5079	34970	36155	0	0	
11	12794	0	6413	3252	5381	36155	36570	0	0	
12	13840	0	7024	3465	5640	36570	36083	0	0	
13	14732	0	7584	3668	5859	36083	34587	0	0	
14	9586	3250	7826	3341	3855	34587	32729	0	0	
15	14793	5224	12171	5262	6108	32729	28719	0	0	
16	13841	5224	11760	5170	5781	28719	23616	0	0	
17	12668	5224	11303	5076	5350	23616	17593	0	0	
18	11243	5224	10779	4978	4778	17593	10886	0	0	
19	9519	5224	10154	4874	4003	10886	3838	0	0	
20	7427	5224	9369	4758	2906	3838	-3022	0	0	
21	4845	5224	8300	4624	1243	-3022	-8775	0	0	
22	1699	5224	5780	4170	0	-8775	-12338	0	0	

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calculatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Licenza	AIU4917N1

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

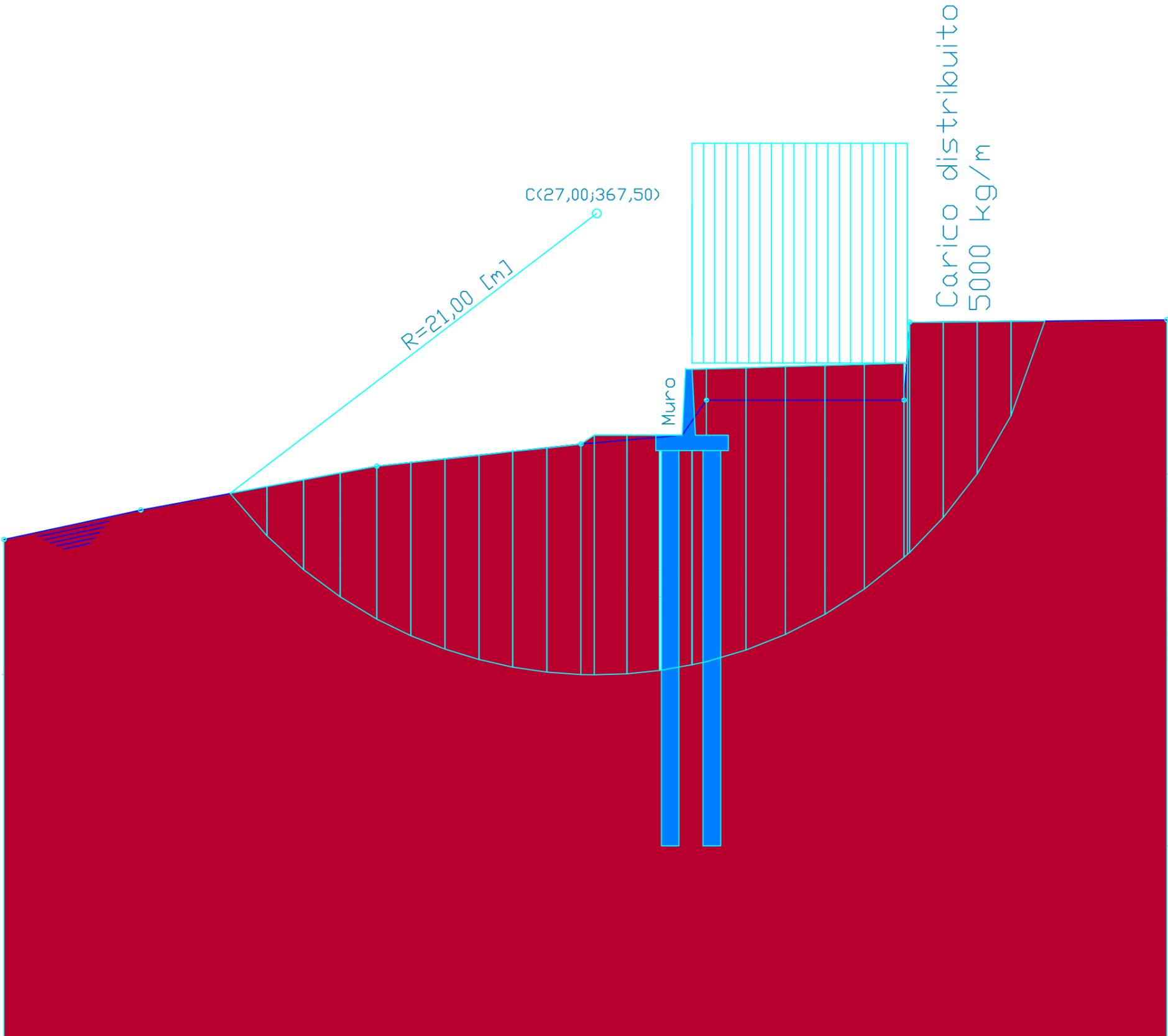
I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

BISHOP 1.126 [caso A2M2]



Terreno 1  
g=1900,00 gsat=2100,00  
Ø=21 c=0,13



## Normative di riferimento

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
$W$	peso della striscia
$N$	sfuerzo normale alla base della striscia
$T$	sfuerzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Terreno 1	1900	2100	21.00	0,130

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	352,66
2	6,23	354,00
3	16,99	356,00
4	26,28	357,00
5	31,35	360,41
6	41,15	360,70
7	41,25	362,55
8	52,97	362,66

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Terreno 1)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	352,66
2	0,00	330,00
3	52,97	330,00
4	52,97	362,66
5	41,25	362,55
6	41,15	360,70
7	31,35	360,41
8	26,28	357,00
9	16,99	356,00
10	6,23	354,00

Descrizione falda*Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	352,66
2	6,23	354,00
3	16,99	356,00
4	26,28	357,00
5	32,00	359,00
6	41,00	359,00
7	41,25	362,55
8	52,97	362,66

Carichi sul profilo*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

X<sub>i</sub>, X<sub>f</sub> Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]Vx<sub>i</sub>, Vx<sub>f</sub>, Vy<sub>i</sub>, Vy<sub>f</sub> Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]*Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	Y <sub>f</sub>	Vy <sub>i</sub>	Vy <sub>f</sub>	Vx <sub>i</sub>	Vx <sub>f</sub>
		[m]	[m]	[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Carico distribuito	31,35	360,41	41,15	360,70	5000	5000	0	0

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

*Muro con 2 file di pali - Muro di sostegno*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	31,35	m
Altezza paramento	3,00	m
Spessore in testa	0,30	m
Inclinazione esterna	2,900	
Inclinazione interna	2,900	
Spessore alla base	0,60	m
Lunghezza mensola fondazione valle	1,20	m
Lunghezza mensola fondazione monte	1,50	m
Lunghezza fondazione totale	3,30	m
Spessore fondazione	0,70	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (R <sub>bk</sub> )	300	kg/cm <sup>2</sup>
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	3,00	m

Pali del muro*Fila di pali n° 1 - Pali*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso destra)	-1,00	m
Lunghezza pali	18,00	m
Diametro pali	0,80	m
Interasse pali	1,80	m
Ascissa rispetto allo spigolo di monte della fondazione	30,35	m
Percentuale di armatura	1,00	%
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq

*Fila di pali n° 2 - Pali*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso destra)	0,90	m
Lunghezza pali	18,00	m
Diametro pali	0,80	m
Interasse pali	1,80	m
Ascissa rispetto allo spigolo di monte della fondazione	32,25	m
Percentuale di armatura	1,00	%
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq

Dati zona sismica*Identificazione del sito*

Latitudine	38.099176
Longitudine	15.210686
Comune	Castroreale
Provincia	Messina
Regione	Sicilia
Punti di interpolazione del reticolo	45204 - 45426 - 45427 - 45205
<i>Tipo di opera</i>	
Tipo di costruzione	Opera di importanza strategica
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose
Vita di riferimento	200 anni
Accelerazione al suolo $a_g =$	2.885 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.10
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_s$ )	0.28
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S) = 10.83$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 5.42$

Dati normativaNormativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Clav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Csfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Clav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Csfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.60	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

Impostazioni delle superfici di rottura

*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 27,00$	$Y_0 = 363,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 0,50$	$dY = 0,50$
Numero passi		$N_x = 10$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 15,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR = 1,00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Si considerano le superfici passanti per il punto P(31,07, 338,92) aventi centri sulla maglia

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	3804
Coefficiente di sicurezza minimo	1.126
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	3804	1.126	1	2.136	3804

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

X<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

X<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

#### Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	X <sub>v</sub>	X <sub>m</sub>	V	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mc]			
1	C	27,00	367,50	21,00	10,31	47,42	318,83	1.126 (B)	[A2M2]	H+ V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

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

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

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

L sviluppo della base della striscia espressa in m (L= b/cosα)

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

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto**

Numero di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 27,00	Y[m]= 367,50
Raggio del cerchio	R[m]= 21,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 10,31	Y <sub>v</sub> [m]= 354,76
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 47,42	Y <sub>m</sub> [m]= 362,61
Coefficiente di sicurezza	F <sub>S</sub> = 1.126	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>sl</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>dl</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	10,31	354,76	354,76	11,98	355,07	352,83	11,42	354,22	2,55	-49,16	17,07	0,10
2	11,98	355,07	352,83	13,65	355,38	351,29	12,89	353,61	2,27	-42,57	17,07	0,10
3	13,65	355,38	351,29	15,32	355,69	350,05	14,53	353,09	2,08	-36,64	17,07	0,10
4	15,32	355,69	350,05	16,99	356,00	349,04	16,18	352,69	1,95	-31,13	17,07	0,10
5	16,99	356,00	349,04	18,54	356,17	348,28	17,78	352,37	1,72	-26,11	17,07	0,10
6	18,54	356,17	348,28	20,09	356,33	347,67	19,32	352,11	1,66	-21,49	17,07	0,10
7	20,09	356,33	347,67	21,63	356,50	347,20	20,87	351,92	1,62	-17,01	17,07	0,10
8	21,63	356,50	347,20	23,18	356,67	346,85	22,42	351,80	1,59	-12,64	17,07	0,10
9	23,18	356,67	346,85	24,73	356,83	346,62	23,96	351,74	1,56	-8,34	17,07	0,10
10	24,73	356,83	346,62	26,28	357,00	346,51	25,51	351,74	1,55	-4,08	17,07	0,10
11	26,28	357,00	346,51	26,89	357,41	346,50	26,59	351,85	0,61	-1,13	17,07	0,10
12	26,89	357,41	346,50	28,38	357,41	346,55	27,63	351,96	1,49	1,73	17,07	0,10
13	28,38	357,41	346,55	29,86	357,41	346,70	29,12	352,02	1,49	5,80	17,07	0,10
14	29,86	357,41	346,70	31,35	357,41	346,96	30,60	352,12	1,51	9,90	17,07	0,10
15	31,35	360,41	346,96	32,00	360,43	347,10	31,67	353,66	0,67	12,86	17,07	0,10
16	32,00	360,43	347,10	33,80	360,48	347,63	32,89	353,85	1,88	16,33	17,07	0,10
17	33,80	360,48	347,63	35,60	360,54	348,34	34,69	354,18	1,94	21,53	17,07	0,10
18	35,60	360,54	348,34	37,40	360,59	349,26	36,49	354,61	2,02	26,93	17,07	0,10
19	37,40	360,59	349,26	39,20	360,64	350,41	38,28	355,15	2,14	32,60	17,07	0,10
20	39,20	360,64	350,41	41,00	360,70	351,85	40,08	355,82	2,31	38,66	17,07	0,10
21	41,00	360,70	351,85	41,15	360,70	351,98	41,08	356,28	0,20	42,09	17,07	0,10
22	41,15	360,70	351,98	41,25	362,55	352,07	41,20	356,84	0,14	42,55	17,07	0,10
23	41,25	362,55	352,07	42,79	362,56	353,66	42,00	357,70	2,21	45,75	17,07	0,10
24	42,79	362,56	353,66	44,34	362,58	355,65	43,53	358,59	2,52	52,21	17,07	0,10
25	44,34	362,58	355,65	45,88	362,59	358,30	45,05	359,73	3,07	59,84	17,07	0,10
26	45,88	362,59	358,30	47,42	362,61	362,61	46,39	361,17	4,57	70,28	17,07	0,10

**Forze applicate sulle strisce [BI SHOP]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3935	0	8112	4570	2865	0	10867	0	0	
2	11106	0	12017	5371	7182	10867	26608	0	0	
3	17067	0	14322	5827	10128	26608	44026	0	0	
4	22106	0	15823	6116	12298	44026	61405	0	0	
5	24138	0	15474	5811	12801	61405	76454	0	0	
6	26905	0	15891	5869	13769	76454	89867	0	0	
7	29208	0	16150	5898	14545	89867	101324	0	0	
8	31084	0	16285	5905	15170	101324	110600	0	0	
9	32560	0	16319	5894	15670	110600	117543	0	0	
10	33650	0	16263	5867	16065	117543	122052	0	0	
11	13684	0	6529	2343	6463	122052	123169	0	0	
12	33982	149	15845	5693	16288	123169	124210	0	0	
13	33688	867	15338	5562	16995	124210	122829	0	0	
14	33047	1640	14808	5431	17639	122829	119023	0	0	
15	18078	3250	8593	2958	7905	119023	130943	0	0	
16	48949	9000	32216	10515	21819	130943	119560	0	0	
17	46792	9000	31342	10332	21312	119560	103801	0	0	
18	43904	9000	30375	10146	20595	103801	84031	0	0	

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>	ID
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
19	40182	9000	29265	9951	19589	84031	60766	0	0	
20	35466	9000	27921	9741	18148	60766	34773	0	0	
21	2746	757	2126	766	1647	34773	32435	0	0	
22	2015	22	936	380	1332	32435	31361	0	0	
23	31401	0	14876	6097	21429	31361	6210	0	0	
24	25658	0	12331	5687	19937	6210	-18583	0	0	
25	18180	0	8245	5083	17228	-18583	-40021	0	0	
26	6951	0	-1195	3896	9808	-40021	-47568	0	0	

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Licenza	AIU4917N1

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

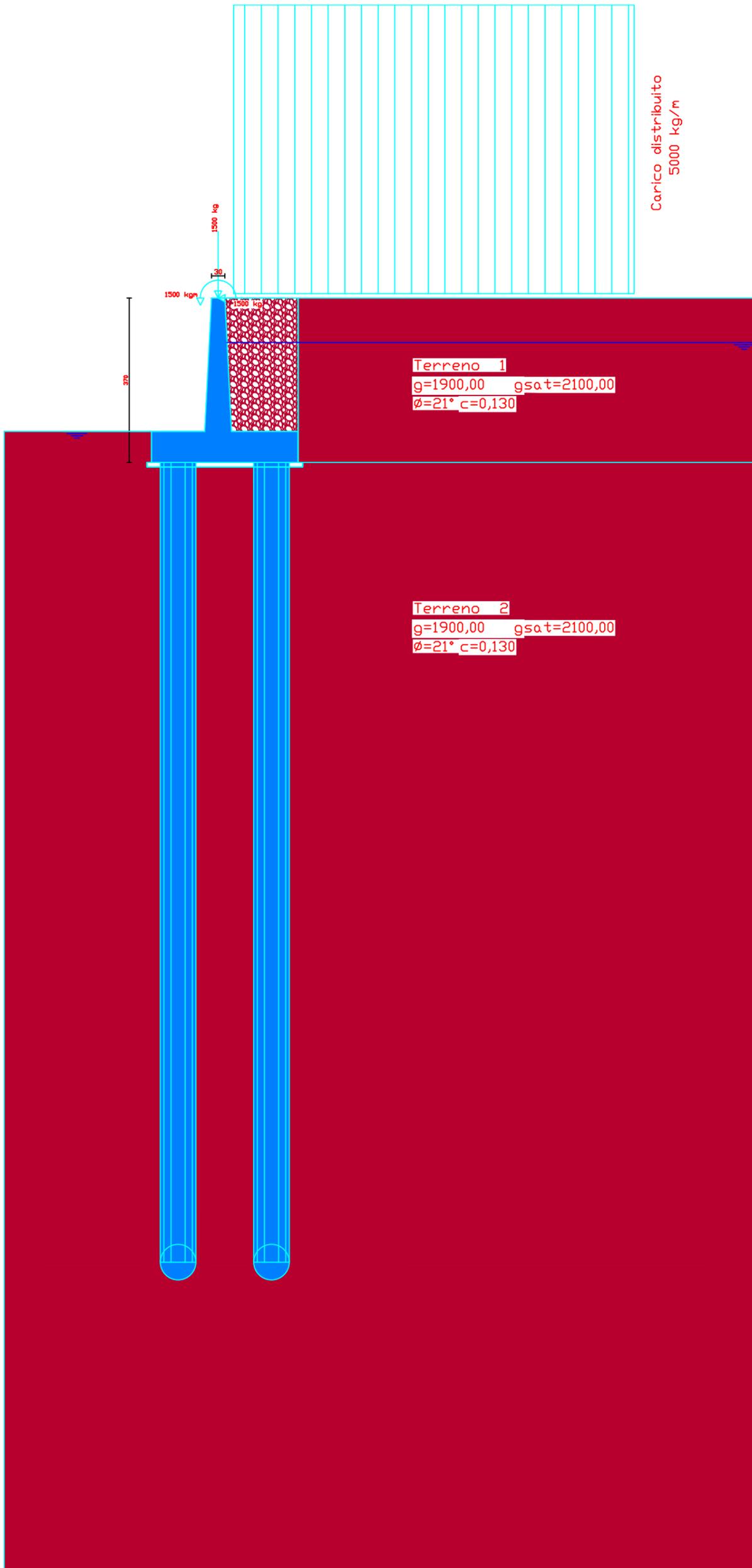
#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.



Carico distribuito  
5000 kg/m

Terreno 1  
 $g=1900,00$   $g_{sat}=2100,00$   
 $\phi=21^\circ$   $c=0,130$

Terreno 2  
 $g=1900,00$   $g_{sat}=2100,00$   
 $\phi=21^\circ$   $c=0,130$

370

1500 kg

1500 kg

30

## Normative di riferimento

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

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

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

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

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

## Spinta in presenza di sisma

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

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

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

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

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

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

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

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

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

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

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $\phi$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

$Q_T$	portanza totale del palo
$Q_P$	portanza di base del palo
$Q_L$	portanza per attrito laterale del palo
$W_P$	peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P(cN'_c + qN'_q + 1/2B\gamma N'_\gamma)$$

dove  $A_P$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo,  $\gamma$  è il peso specifico del terreno,  $D$  è il diametro del palo ed i coefficienti  $N'_c$   $N'_q$   $N'_\gamma$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

Il parametro  $\eta$  che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come:  $K_0 = 1 - \sin\phi$ .

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan\delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno,  $\gamma$  è il peso specifico del terreno,  $z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo,  $L$  e  $P$  sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo,  $K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica  $K$  espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidità assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite,  $X_{\max}$  oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. E' evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

Determinazione degli scarichi sul palo.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidezze.

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo  $K_e$ , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata,  $K$ .

A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con  $p$  il vettore dei carichi e con  $u$  il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

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

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo., le caratteristiche del terreno (rappresentate da  $K_h$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per rottura del terreno.

## Normativa

### N.T.C. 2008 - Approccio 1

#### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{\tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_\gamma$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1,00	1,00	1,00	1,00

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30

Variabili Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00	1,00	1,00

**FONDAZIONE SUPERFICIALE****Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO**

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

**PALI DI FONDAZIONE**CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali**Pali trivellati**

		R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1,00	1,70	1,35
Laterale compressione	$\gamma_s$	1,00	1,45	1,15
Totale compressione	$\gamma_t$	1,00	1,60	1,30
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1,00	1,60	1,25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

	R1	R2	R3
$\gamma_T$	1,00	1,60	1,30

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate	1	$\xi_3=1,70$	$\xi_4=1,70$
------------------------------	---	--------------	--------------

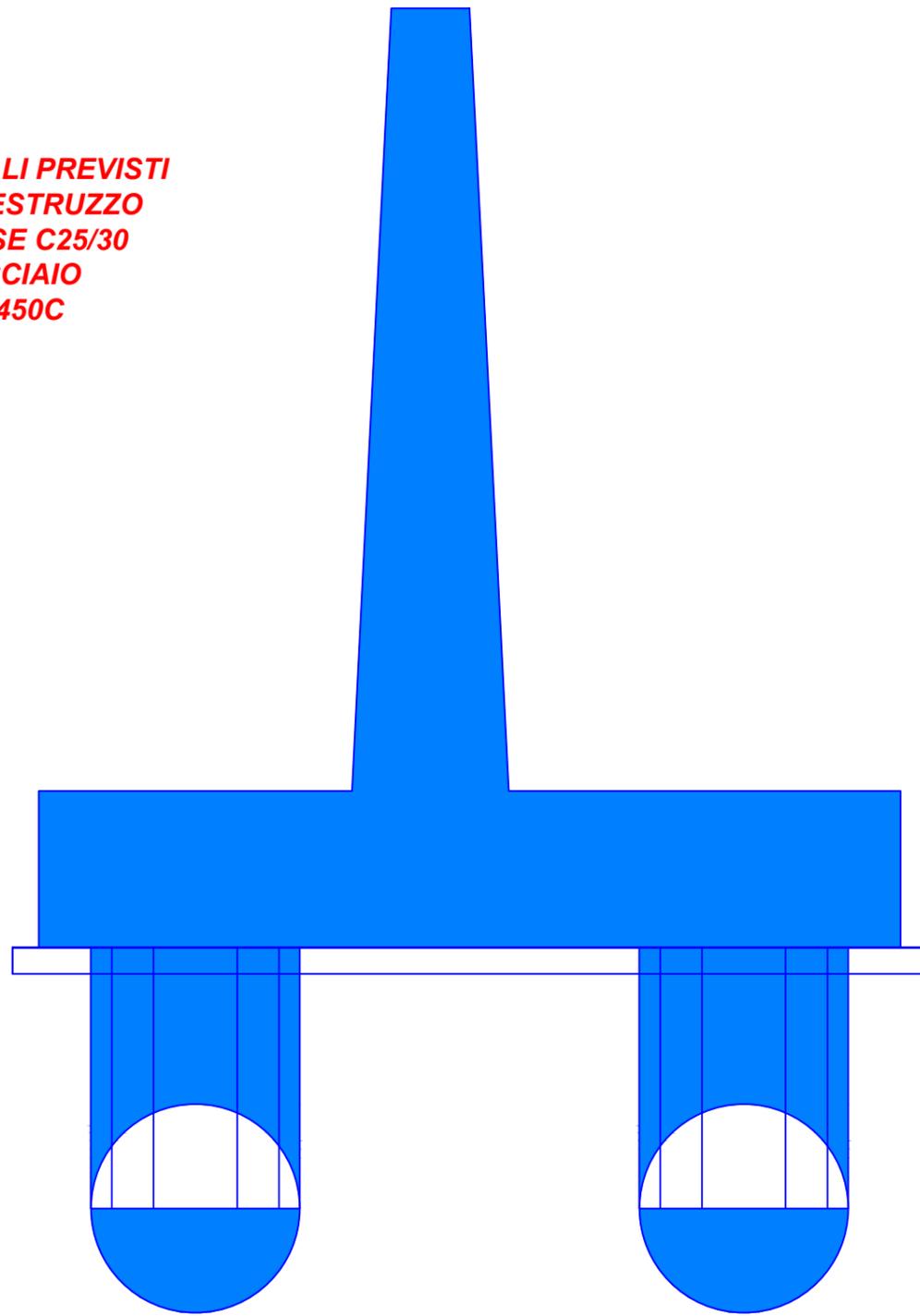
VALLE

MONTE

15 30 15

360  
300  
60

**MATERIALI PREVISTI**  
**CALCESTRUZZO**  
**CLASSE C25/30**  
**ACCIAIO**  
**B450C**

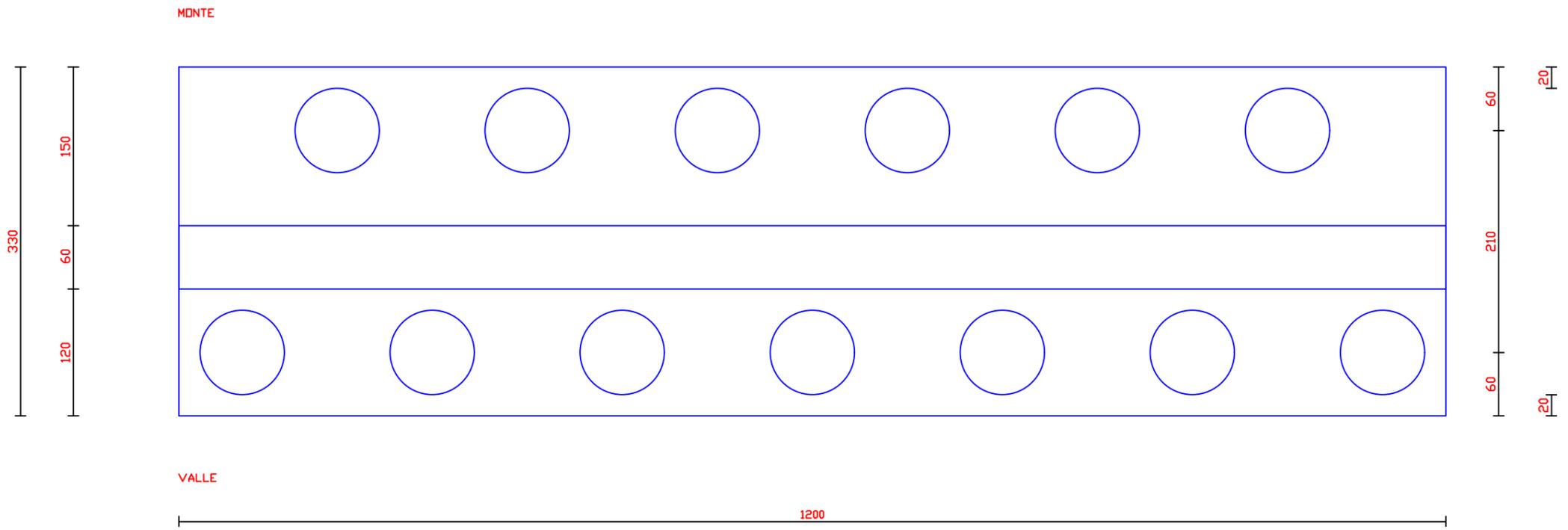


120 60 150

330

N=6 I[m]=1,80 D[cm]=80 L[m]=18,00 60

N=7 I[m]=1,80 D[cm]=80 L[m]=18,00 270



## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	3,00 [m]
Spessore in sommità	0,30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,60 [m]
Inclinazione paramento esterno	2,90 [°]
Inclinazione paramento interno	2,90 [°]
Lunghezza del muro	12,00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1,50 [m]
Lunghezza totale fondazione	3,30 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,70 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

## Descrizione pali di fondazione

Pali in c.a.	
Numero di file di pali	2
Vincolo pali/fondazione	Cerniera
Tipo di portanza	Portanza laterale e portanza di punta

### Simbologia adottata

N	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
nr.	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
alfa	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

N	X	Nr.	D	L	alfa	ALL
1	0,60	6	80,00	18,00	0,00	Sfalsati
2	2,70	7	80,00	18,00	0,00	Centrati

## Materiali utilizzati per la struttura

### Calcestruzzo

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	305,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	320665,55 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Calcestruzzo utilizzato per i pali

Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	306 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	320665,55 [kg/cm <sup>2</sup> ]

*Acciaio utilizzato per i pali*

Tipo	B450C
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	4588,0 [kg/cmq]
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	4588,0 [kg/cmq]

**Geometria profilo terreno a monte del muro***Simbologia adottata e sistema di riferimento*

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10,00	0,00	0,00
2	12,00	0,00	0,00

**Terreno a valle del muro**

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

**Falda**

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione	2,70	[m]
Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0,70	[m]

**Descrizione terreni***Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cmq]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno 1	1900	2100	21,00	14,00	0,130	0,000
Terreno 2	1900	2100	21,00	14,00	0,130	0,000

Parametri medi

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno 1	1900	2100	21,00	14,00	0,130	0,000
Terreno 2	1900	2100	21,00	14,00	0,130	0,000

Parametri minimi

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno 1	1900	2100	21,00	14,00	0,130	0,000
Terreno 2	1900	2100	21,00	14,00	0,130	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
K <sub>w</sub>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
K <sub>s</sub>	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K <sub>w</sub>	K <sub>s</sub>	Terreno
1	3,70	0,00	0,00	1,00	Terreno 1
2	25,00	0,00	7,62	1,00	Terreno 2
Terreno di riempimento (drenante)					Terreno 1

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kg/m]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kg/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	X <sub>i</sub> =0,20	X <sub>f</sub> =9,20	Q <sub>i</sub> =5000,00	Q <sub>f</sub> =5000,00
---	---------	----------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------

### Condizione n° 2 (Condizione 2)

C	Paramento	X=-0,15	Y=0,00	F <sub>x</sub> =1500,00	F <sub>y</sub> =1500,00	M=1500,00
---	-----------	---------	--------	-------------------------	-------------------------	-----------

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00

### Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 5 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1,00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Condizione 2	SFAV	1,30	1,00	1,30
Condizione 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Quasi Permanente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Frequente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	SFAV	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 13 - Rara (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	SFAV	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 17 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	SFAV	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 18 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Condizione 2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

**Impostazioni analisi pali**

<u>Numero elementi palo</u>	40
<u>Tipo carico palo</u>	Distribuito
<u>Calcolo della portanza</u>	metodo di Terzaghi

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Pressione limite passiva con moltiplicatore pari a 1,00

Andamento pressione verticale

Geostatica

**Impostazioni di analisi**

Metodo verifica sezioni

**Stato limite****Impostazioni verifiche SLU**Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

**Impostazioni verifiche SLE**

Condizioni ambientali

Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

 $w_1 = 0.20$  $w_2 = 0.30$  $w_3 = 0.40$ 

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$ Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ **Impostazioni avanzate**

Terreno a monte a elevata permeabilità

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QLIM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>sco</sub></b>	<b>CS<sub>rib</sub></b>	<b>CS<sub>qlim</sub></b>	<b>CS<sub>stab</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
2	A1-M1 - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
3	A2-M2 - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
4	A2-M2 - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
5	STAB - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,34
6	STAB - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	4,30
7	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--
8	A2-M2 - [2]	--	--	--	--	--
9	STAB - [2]	--	--	--	--	4,28
10	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
11	SLEQ - [1]	--	--	--	--	--
12	SLEF - [1]	--	--	--	--	--
13	SLER - [1]	--	--	--	--	--
14	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
15	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
16	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
17	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
18	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
19	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

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

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

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

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

### Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine	38.099176
Longitudine	15.210686
Comune	Castroreale
Provincia	Messina
Regione	Sicilia

Punti di interpolazione del reticolo	45204 - 45426 - 45427 - 45205
--------------------------------------	-------------------------------

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera di importanza strategica
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso pericolose	IV - Opere strategiche ed industrie molto
Vita di riferimento	200 anni

#### Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g$	2.89 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.10
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 38.68$
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h = 19.34$

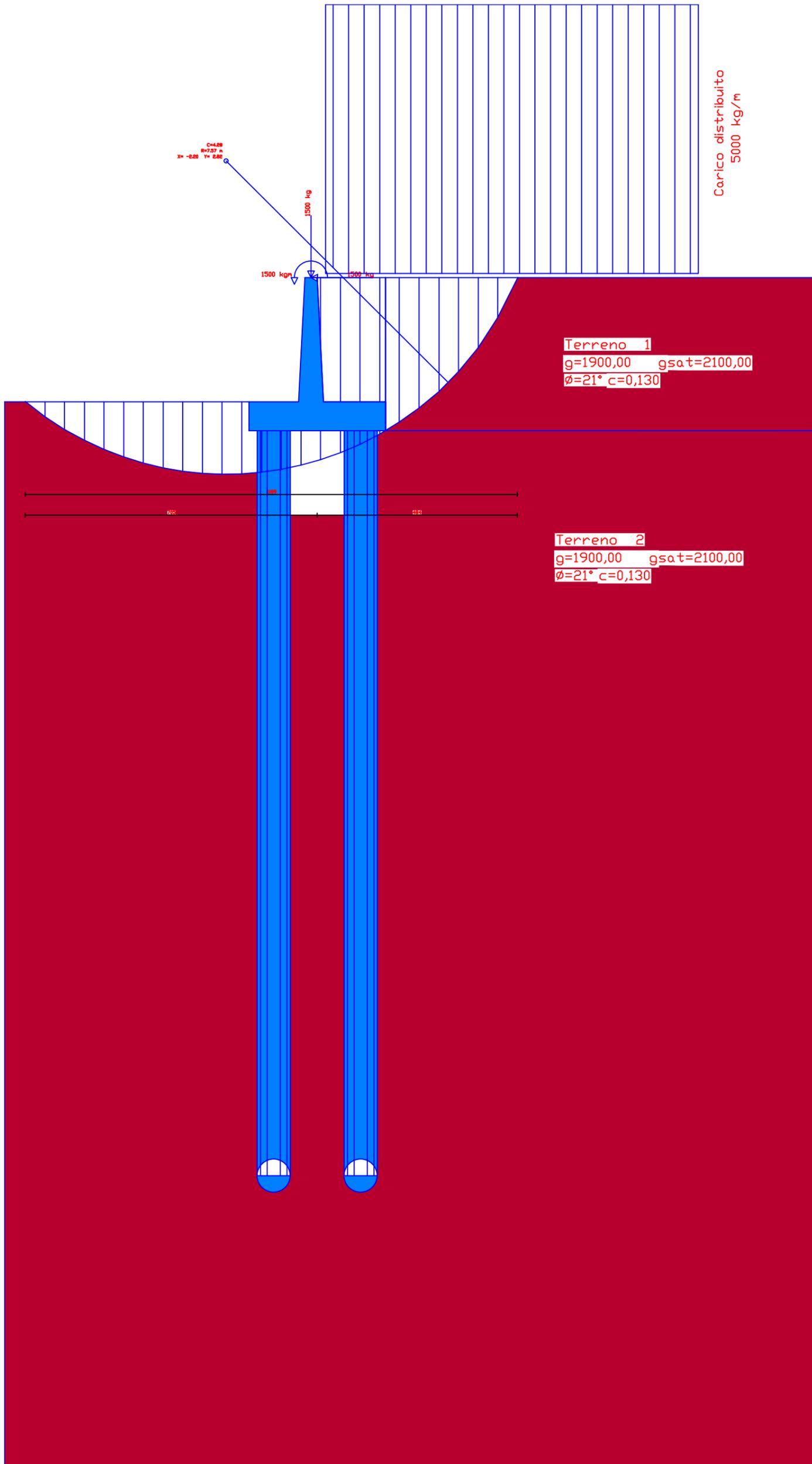
#### Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g$	1.36 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 19.92$
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h = 9.96$

Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
Partecipazione spinta passiva (per cento)	0,0
Lunghezza del muro	12,00 [m]
Peso muro	9171,71 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,06 Y=-2,73

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1,65	Y = -3,70
Punto superiore superficie di spinta	X = 1,65	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	3,70 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]	



**Stabilità globale muro + terreno**Combinazione n° 5

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

## Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

## Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,88 Y[m]= 2,82

Raggio del cerchio R[m]= 24,70

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -25,89

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 22,66

Larghezza della striscia dx[m]= 1,94

Coefficiente di sicurezza C= 1.34

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	14190,19	74.78	13692,14	7,40	17.07	0,10	0,26
2	36006,42	61.49	31641,14	4,07	17.07	0,10	0,79
3	48557,97	53.02	38790,72	3,23	17.07	0,10	1,10
4	57922,38	46.03	41684,93	2,80	17.07	0,10	1,33
5	65332,28	39.85	41859,91	2,53	17.07	0,10	1,51
6	71327,31	34.19	40077,82	2,35	17.07	0,10	1,66
7	76202,53	28.89	36813,97	2,22	17.07	0,10	1,78
8	80138,65	23.85	32405,01	2,12	17.07	0,10	1,87
9	83253,55	19.00	27110,54	2,05	17.07	0,10	1,95
10	85626,69	14.30	21143,66	2,00	17.07	0,10	2,01
11	87210,68	9.68	14671,23	1,97	17.07	0,10	2,05
12	88622,01	5.14	7934,49	1,95	17.07	0,10	2,08
13	78537,46	0.62	851,26	1,94	17.07	0,10	1,89
14	78028,80	-3.89	-5294,54	1,95	17.07	0,10	1,88
15	77172,75	-8.43	-11309,53	1,96	17.07	0,10	1,86
16	75670,45	-13.02	-17044,58	1,99	17.07	0,10	1,82
17	73491,33	-17.70	-22338,02	2,04	17.07	0,10	1,77
18	70587,43	-22.50	-27011,95	2,10	17.07	0,10	1,70
19	66887,36	-27.48	-30862,62	2,19	17.07	0,10	1,61
20	62285,58	-32.70	-33645,41	2,31	17.07	0,10	1,49
21	56622,22	-38.24	-35049,02	2,47	17.07	0,10	1,36
22	49641,74	-44.26	-34645,24	2,71	17.07	0,10	1,18
23	40894,23	-50.99	-31774,88	3,09	17.07	0,10	0,97
24	29431,08	-58.94	-25210,85	3,76	17.07	0,10	0,69
25	11280,88	-69.87	-10591,53	5,64	17.07	0,10	0,26

 $\Sigma W_i = 1564921,99$  [kg] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 63898,66$  [kg] $\Sigma W_i \tan \phi_i = 480573,82$  [kg] $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 0.47$

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	11585,31	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	11361,50	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	2266,19	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,65	[m]	Y = -2,07	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	11,28	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50,72	[°]		

Spinta falda	3645,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,65	[m]	Y = -2,80	[m]
Sottospinta falda	2312,76	[kg]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	18420,95	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,86	[m]	Y = -1,48	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	1500	[kg]		
Componente dir. Y	1500	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	16506,50	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	29046,09	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	29046,09	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	16506,50	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	3,30	[m]		
Risultante in fondazione	33408,68	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	29,61	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	9912,82	[kgm]		

**Sollecitazioni paramento**Combinazione n° 8

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	1500,00	1500,00	1500,00
2	0,15	1615,35	1725,04	1504,26
3	0,30	1736,39	1959,07	1647,06
4	0,45	1863,12	2225,90	1923,97
5	0,60	1995,55	2538,67	2252,37
6	0,75	2133,68	2903,24	2613,35
7	0,90	2277,49	3324,03	3001,57
8	1,05	2427,01	3804,95	3414,61
9	1,20	2582,21	4349,59	3851,16
10	1,35	2743,11	4961,43	4310,48
11	1,50	2909,71	5643,85	4792,08
12	1,65	3082,00	6400,16	5295,67
13	1,80	3259,98	7233,64	5821,01
14	1,95	3443,65	8147,54	6368,03
15	2,10	3633,03	9145,14	6936,94
16	2,25	3828,09	10229,71	7527,44
17	2,40	4028,85	11404,44	8139,15
18	2,55	4235,30	12672,51	8771,99
19	2,70	4447,45	14037,07	9425,49
20	2,85	4665,29	15501,10	10097,78
21	3,00	4888,83	17067,11	10783,75

## Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

### Combinazione n° 8

Dimensioni della piastra(Simmetria)

Larghezza(m) = 6.00 Altezza(m) = 3.30

Origine all'attacco con il muro sull'asse di simmetria

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-2,37	11,06	-1828,44	349,64
2	0,10	-305,17	59,41	-2053,60	1568,37
3	0,20	-364,94	162,84	-3024,11	2795,56
4	0,30	-381,75	446,35	-137,06	4058,77
5	0,40	-136,85	884,84	0,00	6560,74
6	0,50	0,00	1491,27	0,00	9665,56
7	0,60	0,00	2269,73	0,00	12830,25
8	0,70	0,00	3209,11	0,00	15946,72
9	0,80	0,00	4522,28	0,00	19248,43
10	0,90	0,00	6363,05	0,00	23330,80
11	1,00	0,00	8376,61	0,00	28307,79
12	1,10	0,00	10816,79	0,00	29254,79
13	1,20	0,00	13554,06	0,00	29085,06
14	1,80	-12694,92	0,00	-23579,48	0,00
15	1,90	-9950,79	0,00	-22487,39	0,00
16	2,00	-7999,16	0,00	-17927,97	0,00
17	2,10	-6400,86	0,00	-14999,78	0,00
18	2,20	-5049,39	0,00	-12740,53	0,00
19	2,30	-3896,59	0,00	-10845,72	0,00
20	2,40	-3224,06	0,00	-9193,62	0,00
21	2,50	-2839,52	0,00	-7750,07	0,00
22	2,60	-2459,10	0,00	-6509,46	0,00
23	2,70	-2066,60	0,00	-5390,18	0,00
24	2,80	-1671,64	0,00	-4320,12	0,00
25	2,90	-1273,38	0,00	-4388,37	0,00
26	3,00	-861,64	220,10	-4746,81	0,00
27	3,10	-420,50	325,54	-5211,23	0,00
28	3,20	-137,01	298,68	-2874,26	1211,10
29	3,30	0,00	16,55	-743,69	2070,34

### Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-1495,82	920,93	-1849,85	1709,81
2	0,20	-1225,27	773,19	-4768,63	4723,91
3	0,40	-277,68	293,05	-5588,53	9424,90
4	0,50	-204,22	473,98	-5634,02	7502,34
5	0,70	-854,06	1137,21	-4300,06	4539,75
6	0,90	-1049,55	1354,50	-1585,56	1547,35
7	1,10	-857,42	1138,27	-4523,09	4318,47
8	1,30	-213,80	475,62	-7484,67	5653,18
9	1,40	-274,26	284,78	-9414,81	5607,57
10	1,60	-1221,31	760,70	-4708,75	4789,03
11	1,80	-1490,43	900,81	-1823,39	1872,85
12	2,00	-1218,18	751,25	-4737,35	4749,94
13	2,20	-266,30	268,92	-5553,53	9477,03
14	2,30	-249,88	482,22	-5598,82	7536,74

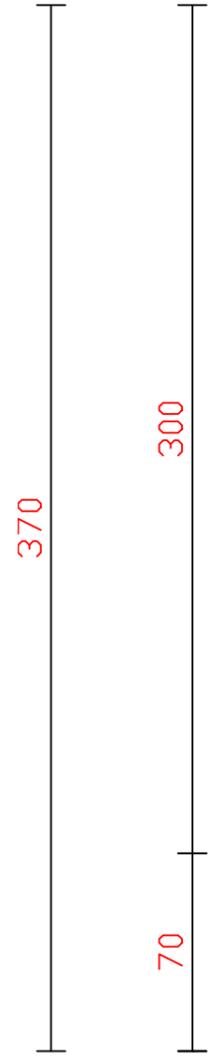
---

15	2,50	-898,50	1152,44	-4259,86	4579,35
16	2,70	-1106,82	1374,91	-1673,07	1607,60
17	2,90	-927,14	1163,36	-4450,89	4393,73
18	3,10	-332,85	500,55	-7400,25	5740,03
19	3,20	-240,10	216,67	-9394,01	5693,85
20	3,40	-1183,14	656,71	-4630,40	4891,40
21	3,60	-1441,67	770,92	-1652,26	2004,79
22	3,80	-1155,77	597,49	-4508,70	4891,53
23	4,00	-256,79	123,07	-5277,80	9777,66
24	4,10	-558,31	572,37	-5682,62	7717,84
25	4,30	-1182,81	1282,83	-3914,36	4770,42
26	4,50	-1442,92	1543,19	-1829,37	2246,36
27	4,70	-1299,37	1348,63	-4379,38	5269,62
28	4,90	-717,34	695,98	-7441,26	6813,41
29	5,00	-391,87	127,91	-10244,18	6762,28
30	5,20	-984,64	250,77	-5170,86	6224,95
31	5,40	-1308,12	551,37	-4068,05	3792,33
32	5,60	-1177,14	662,65	-3727,29	3229,76
33	5,80	-689,33	578,59	-3969,23	7284,17
34	6,00	-2,32	52,73	-4093,67	2840,12

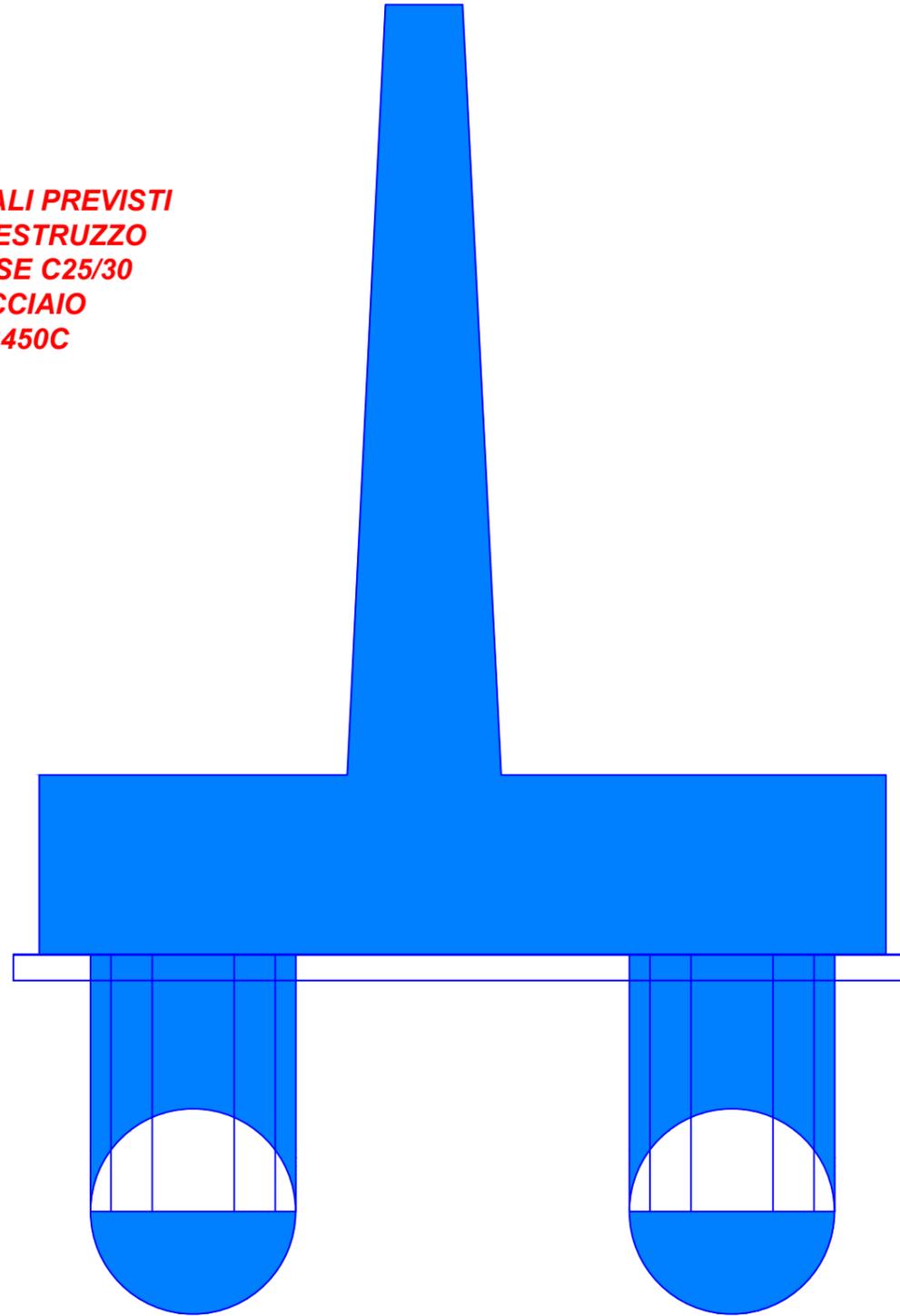
VALLE

MONTE

15 30 15



**MATERIALI PREVISTI**  
**CALCESTRUZZO**  
**CLASSE C25/30**  
**ACCIAIO**  
**B450C**



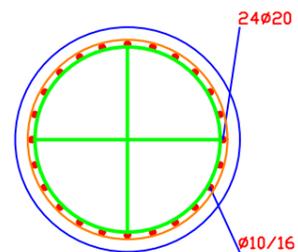
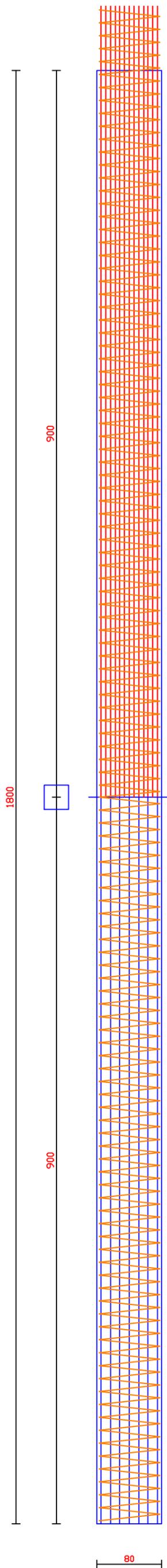
120 60 150

330

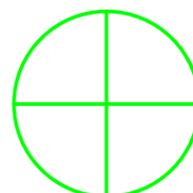
N=6 I[m]=1,80 D[cm]=80 L[m]=18,00 60

N=7 I[m]=1,80 D[cm]=80 L[m]=18,00 270

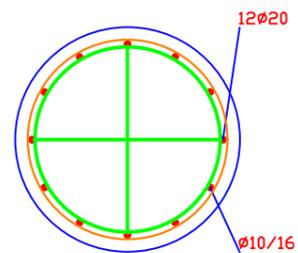
**MATERIALI PREVISTI  
CALCESTRUZZO  
CLASSE C25/30  
ACCIAIO  
B450C**



80



Irrigidimento  $\phi$ 20/200



80



Irrigidimento  $\phi$ 20/200

80

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 8

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	10997	-10997	7,33	12991	--	--
2	0,15	100, 32	10,05	10,05	10921	-11662	6,76	13327	--	--
3	0,30	100, 33	20,11	10,05	20810	-23479	11,98	17148	--	--
4	0,45	100, 35	20,11	10,05	20781	-24827	11,15	17551	--	--
5	0,60	100, 36	20,11	10,05	20556	-26150	10,30	17948	--	--
6	0,75	100, 38	20,11	10,05	20173	-27449	9,45	18338	--	--
7	0,90	100, 39	20,11	10,05	19682	-28726	8,64	18722	--	--
8	1,05	100, 41	20,11	10,05	19127	-29986	7,88	19100	--	--
9	1,20	100, 42	20,11	10,05	18542	-31233	7,18	19473	--	--
10	1,35	100, 44	20,11	10,05	17953	-32471	6,54	19841	--	--
11	1,50	100, 45	20,11	10,05	17375	-33702	5,97	20205	--	--
12	1,65	100, 47	20,11	10,05	16819	-34927	5,46	20564	--	--
13	1,80	100, 48	20,11	10,05	16291	-36149	5,00	20920	--	--
14	1,95	100, 50	20,11	10,05	15794	-37369	4,59	21272	--	--
15	2,10	100, 51	20,11	10,05	15330	-38588	4,22	21620	--	--
16	2,25	100, 53	20,11	10,05	14896	-39807	3,89	21965	--	--
17	2,40	100, 54	20,11	10,05	14493	-41026	3,60	22307	--	--
18	2,55	100, 56	20,11	10,05	14119	-42246	3,33	22646	--	--
19	2,70	100, 57	20,11	10,05	13772	-43467	3,10	22982	--	--
20	2,85	100, 59	20,11	10,05	13449	-44688	2,88	23316	--	--
21	3,00	100, 60	20,11	10,05	13151	-45910	2,69	23647	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

### Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	3213,90	22931	--	--

2	0,10	100,70	14,07	14,07	0	-35534	116,44	22931	--	--
3	0,20	100,70	14,07	14,07	0	-35534	97,37	22931	--	--
4	0,30	100,70	14,07	14,07	0	-35534	79,61	22931	--	--
5	0,40	100,70	14,07	14,07	0	-35534	40,16	22931	--	--
6	0,50	100,70	14,07	14,07	0	35534	23,83	22931	--	--
7	0,60	100,70	14,07	14,07	0	35534	15,66	22931	--	--
8	0,70	100,70	14,07	14,07	0	35534	11,07	22931	--	--
9	0,80	100,70	14,07	14,07	0	35534	7,86	22931	--	--
10	0,90	100,70	14,07	14,07	0	35534	5,58	22931	--	--
11	1,00	100,70	14,07	14,07	0	35534	4,24	22931	--	--
12	1,10	100,70	14,07	14,07	0	35534	3,29	22931	--	--
13	1,20	100,70	14,07	14,07	0	35534	2,62	22931	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100,70	14,07	14,07	0	35534	1000,00	22931	--	--
2	0,10	100,70	14,07	14,07	0	-35534	118,97	22931	--	--
3	0,20	100,70	14,07	14,07	0	-35534	84,50	22931	--	--
4	0,30	100,70	14,07	14,07	0	-35534	41,24	22931	--	--
5	0,40	100,70	14,07	14,07	0	-35534	27,91	22931	--	--
6	0,50	100,70	14,07	14,07	0	-35534	21,26	22931	--	--
7	0,60	100,70	14,07	14,07	0	-35534	17,19	22931	--	--
8	0,70	100,70	14,07	14,07	0	-35534	14,45	22931	--	--
9	0,80	100,70	14,07	14,07	0	-35534	12,51	22931	--	--
10	0,90	100,70	14,07	14,07	0	-35534	11,02	22931	--	--
11	1,00	100,70	14,07	14,07	0	-35534	9,12	22931	--	--
12	1,10	100,70	14,07	14,07	0	-35534	7,04	22931	--	--
13	1,20	100,70	14,07	14,07	0	-35534	5,55	22931	--	--
14	1,30	100,70	14,07	14,07	0	-35534	4,44	22931	--	--
15	1,40	100,70	14,07	14,07	0	-35534	3,57	22931	--	--
16	1,50	100,70	14,07	14,07	0	-35534	2,80	22931	--	--

**Armature e tensioni piastre**Combinazione n° 8

X	ascissa sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzamento normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

Piastra fondazione monte

Nr.	X	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS
1	0,00	1,96	1,96	0	5117	5,56
2	0,20	1,96	1,96	0	5117	6,62
3	0,40	1,96	1,96	0	5117	17,46
4	0,50	1,96	1,96	0	-5117	25,05
5	0,70	1,96	1,96	0	-5117	5,99
6	0,90	1,96	1,96	0	-5117	4,87
7	1,10	1,96	1,96	0	-5117	5,97

8	1,30	1,96	1,96	0	-5117	23,93
9	1,40	1,96	1,96	0	5117	17,97
10	1,60	1,96	1,96	0	5117	6,73
11	1,80	1,96	1,96	0	5117	5,68
12	2,00	1,96	1,96	0	5117	6,81
13	2,20	1,96	1,96	0	5117	19,03
14	2,30	1,96	1,96	0	-5117	20,48
15	2,50	1,96	1,96	0	-5117	5,69
16	2,70	1,96	1,96	0	-5117	4,62
17	2,90	1,96	1,96	0	-5117	5,52
18	3,10	1,96	1,96	0	-5117	15,37
19	3,20	1,96	1,96	0	5117	23,61
20	3,40	1,96	1,96	0	5117	7,79
21	3,60	1,96	1,96	0	5117	6,64
22	3,80	1,96	1,96	0	5117	8,56
23	4,00	1,96	1,96	0	5117	19,93
24	4,10	1,96	1,96	0	-5117	9,16
25	4,30	1,96	1,96	0	-5117	4,33
26	4,50	1,96	1,96	0	-5117	3,55
27	4,70	1,96	1,96	0	-5117	3,94
28	4,90	1,96	1,96	0	-5117	7,13
29	5,00	1,96	1,96	0	5117	13,06
30	5,20	1,96	1,96	0	5117	20,40
31	5,40	1,96	1,96	0	5117	9,28
32	5,60	1,96	1,96	0	5117	7,72
33	5,80	1,96	1,96	0	-5117	8,84
34	6,00	1,96	1,96	0	5117	97,03

**Piastra fondazione valle**

Nr.	X	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS
1	0,00	1,96	1,96	0	-5117	3,42
2	0,20	1,96	1,96	0	-5117	4,18
3	0,40	1,96	1,96	0	-5117	18,43
4	0,50	1,96	1,96	0	5117	10,79
5	0,70	1,96	1,96	0	5117	4,50
6	0,90	1,96	1,96	0	5117	3,78
7	1,10	1,96	1,96	0	5117	4,50
8	1,30	1,96	1,96	0	5117	10,76
9	1,40	1,96	1,96	0	-5117	18,66
10	1,60	1,96	1,96	0	-5117	4,19
11	1,80	1,96	1,96	0	-5117	3,43
12	2,00	1,96	1,96	0	-5117	4,20
13	2,20	1,96	1,96	0	-5117	19,21
14	2,30	1,96	1,96	0	5117	10,61
15	2,50	1,96	1,96	0	5117	4,44
16	2,70	1,96	1,96	0	5117	3,72
17	2,90	1,96	1,96	0	5117	4,40
18	3,10	1,96	1,96	0	5117	10,22
19	3,20	1,96	1,96	0	-5117	21,31
20	3,40	1,96	1,96	0	-5117	4,32
21	3,60	1,96	1,96	0	-5117	3,55
22	3,80	1,96	1,96	0	-5117	4,43
23	4,00	1,96	1,96	0	-5117	27,25
24	4,10	1,96	1,96	0	5117	8,94
25	4,30	1,96	1,96	0	5117	3,99
26	4,50	1,96	1,96	0	5117	3,32
27	4,70	1,96	1,96	0	5117	3,79
28	4,90	1,96	1,96	0	5117	7,35
29	5,00	1,96	1,96	0	5117	40,00
30	5,20	1,96	1,96	0	-5117	5,20

31	5,40	1,96	1,96	0	-5117	3,91
32	5,60	1,96	1,96	0	-5117	4,35
33	5,80	1,96	1,96	0	-5117	7,42
34	6,00	1,96	1,96	0	5117	115,92

## Analisi dei pali

### Combinazione n° 8

#### Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

Orizzontale	[kg]	16506,5
Verticale	[kg]	29046,1
Momento	[kgm]	-9912,8

#### Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,19398
Verticale	[cm]	0,02938
Rotazione	[°]	-0,00411

#### Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kg]	T [kg]	M [kgm]	Tu [kg]	Mu [kgm]
1	6	19551	15237	0	27848	0
2	7	33036	15237	0	26426	0

#### Calcolo della portanza

$\tau_m$	tensione tangenziale media palo-terreno in [kg/cmq]
$\sigma_p$	tensione sul terreno alla punta del palo in [kg/cmq]
$N_c, N_q, N_\gamma$	fattori di capacità portante
$N'_c, N'_q, N'_\gamma$	fattori di capacità portante corretti
$P_l$	portanza caratteristica per attrito e aderenza laterale in [kg]
$P_p$	portanza caratteristica di punta in [kg]
$P_d$	portanza di progetto, in [kg]
$W_p$	peso del palo, in [kg]
PT	Parametri Terreno utilizzati

Fila	$N_c$	$N'_c$	$N_q$	$N'_q$	$N_\gamma$	$N'_\gamma$	$\tau_m$	$\sigma_p$
1	18.92	18.92	8.26	8.26	4.09	4.09	0.04	0.70
2	18.92	18.92	8.26	8.26	4.09	4.09	0.06	0.93

Fila	$P_l$	$P_p$	$W_p$	$P_d$	PT
1	65686	56191	22619	55734	MEDI
1	65686	56191	22619	55734	MINIMI
2	65686	56191	22619	55734	MEDI
2	65686	56191	22619	55734	MINIMI

## Verifica a punzonamento della fondazione

D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
H <sub>f</sub>	altezza della fondazione in corrispondenza della fila espressa in [cm]
S <sub>i</sub>	superficie di aderenza palo-fondazione (H <sub>f</sub> I/D) espressa in [cmq]
N	sforzo normale trasmesso dal palo alla fondazione espresso in [kg]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale palo-fondazione espressa in [kg/cmq]

Fila	D	H <sub>f</sub>	S <sub>i</sub>	N	τ <sub>c</sub>
1	80,0	70,0	17592,9	19551	1,11
2	80,0	70,0	17592,9	33036	1,88

## Sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni

### Combinazione n° 8

Nr.	numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione
Y	ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m])
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg]
T	taglio espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
T <sub>u</sub>	taglio ultimo espresso in [kg]
CS	coefficiente di sicurezza

### Sollecitazioni e tensioni per la fila di pali nr. 1

Nr.	Y	M	N	T	A <sub>r</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	CS
1	0,00	0	19551	15237	75,40	0	879381	45445	44,98
2	0,45	-6857	20092	14860	75,40	118723	347875	45445	17,31
3	0,90	-13544	20585	14103	75,40	113056	171828	45445	8,35
4	1,35	-19891	21030	12967	75,40	106200	112283	45445	5,34
5	1,80	-25726	21426	11450	75,40	102554	85415	45445	3,99
6	2,25	-30878	21774	9554	75,40	100299	70728	45445	3,25
7	2,70	-35178	22074	7279	75,40	98972	62106	45445	2,81
8	3,15	-38453	22326	4625	75,40	98188	57007	45445	2,55
9	3,60	-40534	22529	1591	75,40	97698	54301	45445	2,41
10	4,05	-41250	22684	-1821	75,40	97580	53661	45445	2,37
11	4,50	-40431	22791	-5611	75,40	97856	55161	45445	2,42
12	4,95	-37906	22849	-8340	75,40	98557	59409	45445	2,60
13	5,40	-34153	22859	-9822	75,40	99682	66719	45445	2,92
14	5,85	-29733	22821	-10351	75,40	101391	77821	45445	3,41
15	6,30	-25075	22734	-10182	75,40	103725	94044	45445	4,14
16	6,75	-20493	22600	-9532	75,40	106934	117928	45445	5,22
17	7,20	-16203	22417	-8578	75,40	111248	153908	45445	6,87
18	7,65	-12343	22185	-7459	75,40	115846	208217	45445	9,39
19	8,10	-8987	21905	-6284	75,40	119116	290355	45445	13,25
20	8,55	-6159	21577	-5129	75,40	115831	405805	45445	18,81
21	9,00	-3851	21201	-4050	75,40	99943	550248	45445	25,95
22	9,45	-2028	20777	-3079	37,70	60305	617668	45445	29,73
23	9,90	-643	20304	-2235	37,70	22689	716542	45445	35,29
24	10,35	363	19782	-1525	37,70	13246	721717	45445	36,48
25	10,80	1049	19213	-945	37,70	38656	707790	45445	36,84
26	11,25	1474	18595	-486	37,70	52373	660497	45445	35,52
27	11,70	1693	17929	-137	37,70	59024	624930	45445	34,86
28	12,15	1755	17215	117	37,70	61981	607904	45445	35,31
29	12,60	1703	16452	291	37,70	62551	604409	45445	36,74
30	13,05	1572	15641	400	37,70	61428	611293	45445	39,08
31	13,50	1392	14782	456	37,70	58909	625583	45445	42,32
32	13,95	1187	13874	473	37,70	55220	645662	45445	46,54
33	14,40	974	12918	460	37,70	50484	669772	45445	51,85

34	14,85	767	11914	426	37,70	44828	696588	45445	58,47
35	15,30	575	10862	376	37,70	37516	708415	45445	65,22
36	15,75	406	9761	317	37,70	29634	712735	45445	73,02
37	16,20	263	8612	252	37,70	21896	716976	45445	83,25
38	16,65	150	7415	183	37,70	14538	721009	45445	97,24
39	17,10	67	6169	111	37,70	7883	724657	45445	117,46
40	17,55	17	4875	38	37,70	2534	727589	45445	149,24
41	18,00	0	3533	38	37,70	0	728978	45445	206,33

**Sollecitazioni e tensioni per la fila di pali nr. 2**

Nr.	Y	M	N	T	Ar	Mu	Nu	Tu	CS
1	0,00	0	33036	15237	69,12	0	854313	45445	25,86
2	0,45	-6857	33569	14860	69,12	101431	496565	45445	14,79
3	0,90	-13544	34039	14103	69,12	113855	286139	45445	8,41
4	1,35	-19891	34445	12967	69,12	108883	188557	45445	5,47
5	1,80	-25726	34788	11450	69,12	104213	140922	45445	4,05
6	2,25	-30878	35066	9554	69,12	100787	114457	45445	3,26
7	2,70	-35178	35281	7279	69,12	98651	98941	45445	2,80
8	3,15	-38453	35432	4625	69,12	97357	89708	45445	2,53
9	3,60	-40534	35520	1591	69,12	96655	84697	45445	2,38
10	4,05	-41250	35543	-1821	69,12	96429	83089	45445	2,34
11	4,50	-40431	35503	-5611	69,12	96683	84900	45445	2,39
12	4,95	-37906	35400	-8340	69,12	97552	91102	45445	2,57
13	5,40	-34153	35232	-9822	69,12	99114	102246	45445	2,90
14	5,85	-29733	35001	-10351	69,12	101437	119409	45445	3,41
15	6,30	-25075	34706	-10182	69,12	104674	144879	45445	4,17
16	6,75	-20493	34347	-9532	69,12	108336	181578	45445	5,29
17	7,20	-16203	33925	-8578	69,12	112101	234707	45445	6,92
18	7,65	-12343	33438	-7459	69,12	114178	309315	45445	9,25
19	8,10	-8987	32888	-6284	69,12	110688	405088	45445	12,32
20	8,55	-6159	32275	-5129	69,12	98919	518367	45445	16,06
21	9,00	-3851	31597	-4050	69,12	79931	655856	45445	20,76
22	9,45	-2028	30856	-3079	69,12	52315	795774	45445	25,79
23	9,90	-643	30051	-2235	69,12	18041	843311	45445	28,06
24	10,35	363	29182	-1525	69,12	10549	847880	45445	29,05
25	10,80	1049	28250	-945	69,12	31030	835391	45445	29,57
26	11,25	1474	27254	-486	69,12	44744	827027	45445	30,35
27	11,70	1693	26194	-137	69,12	51640	798795	45445	30,50
28	12,15	1755	25070	117	69,12	54902	784183	45445	31,28
29	12,60	1703	23883	291	69,12	55663	780772	45445	32,69
30	13,05	1572	22632	400	69,12	54565	785689	45445	34,72
31	13,50	1392	21317	456	69,12	52042	796996	45445	37,39
32	13,95	1187	19938	473	69,12	48380	812933	45445	40,77
33	14,40	974	18496	460	69,12	43576	827739	45445	44,75
34	14,85	767	16990	426	69,12	37521	831432	45445	48,94
35	15,30	575	15420	376	69,12	31159	835311	45445	54,17
36	15,75	406	13787	317	69,12	24705	839247	45445	60,87
37	16,20	263	12089	252	69,12	18342	843128	45445	69,74
38	16,65	150	10328	183	69,12	12258	846838	45445	81,99
39	17,10	67	8504	111	69,12	6710	850222	45445	99,98
40	17,55	17	6615	38	69,12	2189	852979	45445	128,95
41	18,00	0	4663	38	69,12	0	854313	45445	183,22

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 18

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	1500,00	1500,00	1798,79
2	0,15	1615,35	1800,45	2207,35
3	0,30	1736,39	2162,46	2626,81
4	0,45	1863,12	2593,54	3132,37
5	0,60	1995,55	3104,12	3680,31
6	0,75	2133,68	3698,97	4255,15
7	0,90	2277,49	4381,81	4853,13
8	1,05	2427,01	5155,98	5472,59
9	1,20	2582,21	6024,62	6112,68
10	1,35	2743,11	6990,79	6772,89
11	1,50	2909,71	8057,48	7452,93
12	1,65	3082,00	9227,65	8152,61
13	1,80	3259,98	10504,24	8871,78
14	1,95	3443,65	11890,16	9610,37
15	2,10	3633,03	13388,32	10368,41
16	2,25	3828,09	15001,66	11145,91
17	2,40	4028,85	16733,07	11942,75
18	2,55	4235,30	18585,44	12758,76
19	2,70	4447,45	20561,65	13593,88
20	2,85	4665,29	22664,56	14448,02
21	3,00	4888,83	24896,87	15317,91

## Inviluppo sollecitazioni piastra di fondazione

### Combinazione n° 18

Dimensioni della piastra (Simmetria)

Larghezza(m) = 6.00 Altezza(m) = 3.30

Origine all'attacco con il muro sull'asse di simmetria

Ascissa X positiva verso destra

Ordinata Y positiva dall'attacco con il muro verso l'estremo libero

I momenti negativi tendono le fibre superiori

### Sollecitazioni in direzione Y

Nr.	Y	M <sub>ymin</sub>	M <sub>ymax</sub>	T <sub>ymin</sub>	T <sub>ymax</sub>
1	0,00	-4,15	15,44	-2651,87	539,67
2	0,10	-442,07	90,29	-2907,19	2386,53
3	0,20	-516,67	253,95	-4159,71	4257,19
4	0,30	-521,16	688,70	-124,08	6181,49
5	0,40	-134,80	1357,92	0,00	9918,55
6	0,50	0,00	2280,61	0,00	14533,34
7	0,60	0,00	3462,70	0,00	19236,41
8	0,70	0,00	4887,99	0,00	23869,35
9	0,80	0,00	6867,77	0,00	28775,17
10	0,90	0,00	9625,93	0,00	34820,69
11	1,00	0,00	12644,45	0,00	42175,32
12	1,10	0,00	16293,37	0,00	43637,81
13	1,20	0,00	20384,31	0,00	43468,04
14	1,80	-13002,16	0,00	-19144,95	0,00
15	1,90	-11052,25	0,00	-18087,14	0,00

16	2,00	-9370,47	0,00	-16073,38	0,00
17	2,10	-7864,07	0,00	-14396,52	0,00
18	2,20	-6511,08	0,00	-12900,51	0,00
19	2,30	-5298,98	0,00	-11510,79	0,00
20	2,40	-4308,30	0,00	-10191,90	0,00
21	2,50	-3489,95	0,00	-8938,81	0,00
22	2,60	-2755,44	0,00	-7742,02	0,00
23	2,70	-2100,10	0,00	-6580,07	0,00
24	2,80	-1526,81	0,00	-5469,64	0,00
25	2,90	-1035,32	0,00	-4664,07	0,00
26	3,00	-622,60	0,00	-3938,64	0,00
27	3,10	-284,01	0,00	-3246,53	0,00
28	3,20	-75,39	52,23	-1702,98	0,00
29	3,30	0,00	11,80	-408,32	183,51

Sollecitazioni in direzione X

Nr.	X	M <sub>xmin</sub>	M <sub>xmax</sub>	T <sub>xmin</sub>	T <sub>xmax</sub>
1	0,00	-2185,72	278,09	-2705,88	2476,59
2	0,20	-1790,44	233,86	-6980,04	6854,21
3	0,40	-405,94	90,08	-8176,40	14108,64
4	0,50	-76,42	694,29	-8220,59	10986,79
5	0,70	-253,55	1661,33	-6263,70	6660,05
6	0,90	-312,13	1978,81	-2225,77	2251,58
7	1,10	-254,57	1662,88	-6635,63	6290,56
8	1,30	-80,29	696,69	-10960,93	8248,57
9	1,40	-400,95	87,61	-14095,84	8204,26
10	1,60	-1784,65	230,08	-6832,02	7009,89
11	1,80	-2177,84	272,00	-2667,18	2739,53
12	2,00	-1780,07	227,22	-6934,28	6891,92
13	2,20	-389,31	82,81	-8125,21	14187,24
14	2,30	-93,40	706,35	-8169,20	11037,07
15	2,50	-266,99	1683,58	-6205,05	6718,00
16	2,70	-329,43	2008,65	-2154,17	2339,29
17	2,90	-275,61	1699,55	-6529,71	6400,30
18	3,10	-118,30	733,13	-10837,39	8375,37
19	3,20	-351,02	67,12	-14080,70	8330,50
20	3,40	-1728,87	198,78	-6717,04	7159,69
21	3,60	-2106,58	232,99	-2416,80	2932,58
22	3,80	-1688,87	181,13	-6599,72	7096,71
23	4,00	-274,59	39,29	-7721,79	14642,70
24	4,10	-184,81	838,08	-7764,22	11301,59
25	4,30	-351,12	1874,09	-5700,97	6997,24
26	4,50	-428,29	2254,45	-1780,38	3269,82
27	4,70	-384,47	1970,14	-6424,14	7678,27
28	4,90	-227,49	1018,51	-10897,19	9942,72
29	5,00	-129,42	188,40	-15378,63	9892,95
30	5,20	-1439,29	84,40	-7878,23	9109,87
31	5,40	-1912,26	179,13	-3492,91	5546,08
32	5,60	-1721,40	216,03	-3129,41	4728,76
33	5,80	-1009,15	194,89	-4697,64	11183,39
34	6,00	-6,01	61,78	-4723,14	4181,80

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 18

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	15,74	0,81	564,22	-112,97
2	0,15	100, 32	10,05	10,05	17,20	0,94	641,81	-127,25
3	0,30	100, 33	20,11	10,05	14,84	1,06	379,67	-139,67
4	0,45	100, 35	20,11	10,05	16,34	1,21	433,90	-156,28
5	0,60	100, 36	20,11	10,05	18,04	1,35	496,11	-174,98
6	0,75	100, 38	20,11	10,05	19,90	1,49	565,93	-195,61
7	0,90	100, 39	20,11	10,05	21,91	1,63	642,86	-217,96
8	1,05	100, 41	20,11	10,05	24,03	1,76	726,47	-241,84
9	1,20	100, 42	20,11	10,05	26,26	1,88	816,34	-267,08
10	1,35	100, 44	20,11	10,05	28,58	2,01	912,11	-293,56
11	1,50	100, 45	20,11	10,05	30,98	2,13	1013,49	-321,14
12	1,65	100, 47	20,11	10,05	33,44	2,25	1120,20	-349,72
13	1,80	100, 48	20,11	10,05	35,96	2,36	1232,01	-379,21
14	1,95	100, 50	20,11	10,05	38,53	2,47	1348,71	-409,54
15	2,10	100, 51	20,11	10,05	41,15	2,58	1470,14	-440,62
16	2,25	100, 53	20,11	10,05	43,81	2,69	1596,13	-472,42
17	2,40	100, 54	20,11	10,05	46,51	2,79	1726,56	-504,87
18	2,55	100, 56	20,11	10,05	49,24	2,90	1861,30	-537,93
19	2,70	100, 57	20,11	10,05	52,00	3,00	2000,24	-571,56
20	2,85	100, 59	20,11	10,05	54,79	3,10	2143,28	-605,73
21	3,00	100, 60	20,11	10,05	57,61	3,20	2290,34	-640,41

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 18

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 70	14,07	14,07	0,03	-0,07	1,78	0,48
2	0,10	100, 70	14,07	14,07	0,87	-0,20	10,42	50,99
3	0,20	100, 70	14,07	14,07	1,02	0,40	29,29	59,60

4	0,30	100,70	14,07	14,07	1,36	0,52	79,44	60,12
5	0,40	100,70	14,07	14,07	2,68	1,10	156,64	-28,28
6	0,50	100,70	14,07	14,07	4,50	1,71	263,07	-47,49
7	0,60	100,70	14,07	14,07	6,83	2,31	399,43	-72,10
8	0,70	100,70	14,07	14,07	9,65	2,91	563,84	-101,78
9	0,80	100,70	14,07	14,07	13,56	3,52	792,21	-143,00
10	0,90	100,70	14,07	14,07	19,00	4,11	1110,36	-200,44
11	1,00	100,70	14,07	14,07	24,96	4,70	1458,55	-263,29
12	1,10	100,70	14,07	14,07	32,16	4,68	1879,46	-339,27
13	1,20	100,70	14,07	14,07	40,24	4,65	2351,36	-424,45

Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100,70	14,07	14,07	0,02	-0,04	1,36	-0,25
2	0,10	100,70	14,07	14,07	0,15	-0,21	6,03	8,70
3	0,20	100,70	14,07	14,07	0,56	-0,44	-5,91	32,76
4	0,30	100,70	14,07	14,07	1,23	-0,60	-12,96	71,82
5	0,40	100,70	14,07	14,07	2,04	-0,75	-21,56	119,43
6	0,50	100,70	14,07	14,07	3,01	-0,91	-31,79	176,12
7	0,60	100,70	14,07	14,07	4,15	-1,06	-43,73	242,25
8	0,70	100,70	14,07	14,07	5,44	-1,22	-57,38	317,84
9	0,80	100,70	14,07	14,07	6,89	-1,38	-72,67	402,57
10	0,90	100,70	14,07	14,07	8,50	-1,53	-89,71	496,97
11	1,00	100,70	14,07	14,07	10,46	-1,69	-110,34	611,24
12	1,10	100,70	14,07	14,07	12,85	-1,91	-135,58	751,06
13	1,20	100,70	14,07	14,07	15,52	-2,14	-163,75	907,13
14	1,30	100,70	14,07	14,07	18,50	-2,36	-195,12	1080,90
15	1,40	100,70	14,07	14,07	21,82	-2,55	-230,14	1274,89
16	1,50	100,70	14,07	14,07	25,66	-2,74	-270,74	1499,82

**Armature e tensioni piastre**Combinazione n° 18

X	ascissa sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

Piastra fondazione monte

Nr.	X	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>
1	0,00	1,96	1,96	-6,84	221,35	1,44	-0,03
2	0,20	1,96	1,96	-5,75	186,15	1,21	-0,07
3	0,40	1,96	1,96	13,05	71,70	0,47	-0,15
4	0,50	1,96	1,96	60,83	4,57	0,40	-0,16
5	0,70	1,96	1,96	201,82	-6,24	1,31	-0,10
6	0,90	1,96	1,96	248,45	-7,68	1,61	-0,05
7	1,10	1,96	1,96	202,63	-6,26	1,32	0,11
8	1,30	1,96	1,96	63,91	4,55	0,42	0,17
9	1,40	1,96	1,96	13,05	69,74	0,45	0,15
10	1,60	1,96	1,96	-5,66	183,14	1,19	0,07
11	1,80	1,96	1,96	-6,69	216,51	1,41	-0,03

12	2,00	1,96	1,96	-5,59	180,86	1,17	-0,08
13	2,20	1,96	1,96	13,08	65,91	0,43	-0,15
14	2,30	1,96	1,96	74,35	4,45	0,48	-0,17
15	2,50	1,96	1,96	212,52	-6,57	1,38	-0,11
16	2,70	1,96	1,96	262,22	-8,11	1,70	-0,06
17	2,90	1,96	1,96	219,38	-6,78	1,42	0,10
18	3,10	1,96	1,96	94,17	4,26	0,61	0,17
19	3,20	1,96	1,96	32,50	53,43	0,35	0,14
20	3,40	1,96	1,96	-4,89	158,23	1,03	0,06
21	3,60	1,96	1,96	-5,73	185,45	1,20	-0,04
22	3,80	1,96	1,96	-4,46	144,18	0,94	-0,08
23	4,00	1,96	1,96	75,43	31,28	0,49	-0,16
24	4,10	1,96	1,96	147,11	-4,55	0,96	-0,17
25	4,30	1,96	1,96	279,49	-8,64	1,82	-0,10
26	4,50	1,96	1,96	340,91	-10,54	2,21	-0,07
27	4,70	1,96	1,96	306,03	-9,46	1,99	0,10
28	4,90	1,96	1,96	181,07	-5,60	1,18	0,18
29	5,00	1,96	1,96	103,02	6,80	0,67	0,17
30	5,20	1,96	1,96	-2,08	67,18	0,44	-0,11
31	5,40	1,96	1,96	-4,41	142,58	0,93	-0,11
32	5,60	1,96	1,96	-5,32	171,95	1,12	-0,08
33	5,80	1,96	1,96	15,01	155,12	1,01	-0,06
34	6,00	1,96	1,96	-1,06	34,17	0,22	-0,07

**Piastra fondazione valle**

Nr.	X	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>
1	0,00	1,96	1,96	1739,79	-53,79	11,30	0,26
2	0,20	1,96	1,96	1425,15	-44,06	9,26	0,69
3	0,40	1,96	1,96	323,12	17,11	2,10	1,48
4	0,50	1,96	1,96	-17,08	552,64	3,59	1,16
5	0,70	1,96	1,96	-40,88	1322,38	8,59	0,58
6	0,90	1,96	1,96	-48,69	1575,09	10,23	0,31
7	1,10	1,96	1,96	-40,92	1323,62	8,60	-0,57
8	1,30	1,96	1,96	-17,14	554,55	3,60	-1,16
9	1,40	1,96	1,96	319,15	17,12	2,07	-1,48
10	1,60	1,96	1,96	1420,54	-43,92	9,23	-0,68
11	1,80	1,96	1,96	1733,52	-53,59	11,26	0,32
12	2,00	1,96	1,96	1416,90	-43,80	9,20	0,69
13	2,20	1,96	1,96	309,88	17,19	2,01	1,49
14	2,30	1,96	1,96	-17,38	562,24	3,65	1,17
15	2,50	1,96	1,96	-41,43	1340,09	8,70	0,59
16	2,70	1,96	1,96	-49,43	1598,84	10,38	0,32
17	2,90	1,96	1,96	-41,82	1352,81	8,79	-0,55
18	3,10	1,96	1,96	-18,04	583,56	3,79	-1,14
19	3,20	1,96	1,96	279,41	17,30	1,81	-1,45
20	3,40	1,96	1,96	1376,14	-42,54	8,94	-0,67
21	3,60	1,96	1,96	1676,79	-51,84	10,89	0,34
22	3,80	1,96	1,96	1344,30	-41,56	8,73	0,74
23	4,00	1,96	1,96	218,57	24,08	1,42	1,54
24	4,10	1,96	1,96	-20,62	667,09	4,33	1,23
25	4,30	1,96	1,96	-46,12	1491,73	9,69	0,64
26	4,50	1,96	1,96	-55,48	1794,49	11,66	0,40
27	4,70	1,96	1,96	-48,48	1568,19	10,19	-0,60
28	4,90	1,96	1,96	-25,06	810,71	5,27	-1,12
29	5,00	1,96	1,96	100,63	149,96	0,97	-1,43
30	5,20	1,96	1,96	1145,64	-35,42	7,44	-0,72
31	5,40	1,96	1,96	1522,12	-47,06	9,89	0,29
32	5,60	1,96	1,96	1370,20	-42,36	8,90	0,36
33	5,80	1,96	1,96	803,26	-24,83	5,22	0,80
34	6,00	1,96	1,96	4,79	49,18	0,32	0,53

## Verifiche a fessurazione

### Combinazione n° 18

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

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

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

$M_{pf}$  Momento di prima fessurazione espressa in [kgm]

$M$  Momento agente nella sezione espressa in [kgm]

$\epsilon_m$  deformazione media espressa in [%]

$s_m$  Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

$w$  Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	$A_{fs}$	$A_{fv}$	$M_{pf}$	M	$\epsilon_m$	$s_m$	w
1	0,00	10,05	10,05	-2414	-1500	0,0000	0,00	0,000
2	0,15	10,05	10,05	-2660	-1800	0,0000	0,00	0,000
3	0,30	20,11	10,05	-3171	-2162	0,0000	0,00	0,000
4	0,45	20,11	10,05	-3457	-2594	0,0000	0,00	0,000
5	0,60	20,11	10,05	-3753	-3104	0,0000	0,00	0,000
6	0,75	20,11	10,05	-4061	-3699	0,0000	0,00	0,000
7	0,90	20,11	10,05	-4380	-4382	0,0184	120,68	0,038
8	1,05	20,11	10,05	-4710	-5156	0,0208	120,68	0,043
9	1,20	20,11	10,05	-5052	-6025	0,0240	120,68	0,049
10	1,35	20,11	10,05	-5404	-6991	0,0294	120,68	0,060
11	1,50	20,11	10,05	-5768	-8057	0,0350	120,68	0,072
12	1,65	20,11	10,05	-6143	-9228	0,0407	120,68	0,084
13	1,80	20,11	10,05	-6529	-10504	0,0466	120,68	0,096
14	1,95	20,11	10,05	-6926	-11890	0,0527	120,68	0,108
15	2,10	20,11	10,05	-7334	-13388	0,0589	120,68	0,121
16	2,25	20,11	10,05	-7753	-15002	0,0653	120,68	0,134
17	2,40	20,11	10,05	-8184	-16733	0,0719	120,68	0,147
18	2,55	20,11	10,05	-8625	-18585	0,0786	120,68	0,161
19	2,70	20,11	10,05	-9078	-20562	0,0855	120,68	0,175
20	2,85	20,11	10,05	-9542	-22665	0,0926	120,68	0,190
21	3,00	20,11	10,05	-10017	-24897	0,0998	120,68	0,205

### Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	$A_{fs}$	$A_{fv}$	$M_{pf}$	M	$\epsilon_m$	$s_m$	w
1	-1,65	14,07	14,07	12925	15	0,0000	0,00	0,000
2	-1,55	14,07	14,07	-12925	-442	0,0000	0,00	0,000
3	-1,45	14,07	14,07	-12925	-517	0,0000	0,00	0,000
4	-1,35	14,07	14,07	12925	689	0,0000	0,00	0,000
5	-1,25	14,07	14,07	12925	1358	0,0000	0,00	0,000
6	-1,15	14,07	14,07	12925	2281	0,0000	0,00	0,000
7	-1,05	14,07	14,07	12925	3463	0,0000	0,00	0,000
8	-0,95	14,07	14,07	12925	4888	0,0000	0,00	0,000
9	-0,85	14,07	14,07	12925	6868	0,0000	0,00	0,000
10	-0,75	14,07	14,07	12925	9626	0,0000	0,00	0,000
11	-0,65	14,07	14,07	12925	12644	0,0000	0,00	0,000
12	-0,55	14,07	14,07	12925	16293	0,0623	147,77	0,157
13	-0,45	14,07	14,07	12925	20384	0,0902	147,77	0,227
14	0,15	14,07	14,07	-12925	-13002	0,0429	147,77	0,108
15	0,25	14,07	14,07	-12925	-11052	0,0000	0,00	0,000
16	0,35	14,07	14,07	-12925	-9370	0,0000	0,00	0,000
17	0,45	14,07	14,07	-12925	-7864	0,0000	0,00	0,000
18	0,55	14,07	14,07	-12925	-6511	0,0000	0,00	0,000
19	0,65	14,07	14,07	-12925	-5299	0,0000	0,00	0,000
20	0,75	14,07	14,07	-12925	-4308	0,0000	0,00	0,000
21	0,85	14,07	14,07	-12925	-3490	0,0000	0,00	0,000

22	0,95	14,07	14,07	-12925	-2755	0,0000	0,00	0,000
23	1,05	14,07	14,07	-12925	-2100	0,0000	0,00	0,000
24	1,15	14,07	14,07	-12925	-1527	0,0000	0,00	0,000
25	1,25	14,07	14,07	-12925	-1035	0,0000	0,00	0,000
26	1,35	14,07	14,07	-12925	-623	0,0000	0,00	0,000
27	1,45	14,07	14,07	-12925	-284	0,0000	0,00	0,000
28	1,55	14,07	14,07	-12925	-75	0,0000	0,00	0,000
29	1,65	14,07	14,07	12925	12	0,0000	0,00	0,000

## Analisi dei pali

### Combinazione n° 18

#### Risultanti sulla base della fondazione (per metro lineare di muro)

Orizzontale	[kg]	26352,1
Verticale	[kg]	31084,0
Momento	[kgm]	-26428,1

#### Spostamenti della piastra di fondazione

Orizzontale	[cm]	0,30968
Verticale	[cm]	0,03027
Rotazione	[°]	-0,01292

#### Scarichi in testa ai pali

Fila nr.	N.pali	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	6	5856	24325	0
2	7	48267	24325	0

## Inviluppo Sollecitazioni paramento

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kg]

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

### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	1500,00	1950,00	1500,00	1500,00	1500,00	2080,24
2	0,15	1615,35	2099,95	1725,04	2242,53	1504,26	2399,31
3	0,30	1736,39	2257,30	1959,07	2540,69	1647,06	2720,59
4	0,45	1863,12	2422,06	2225,90	2864,67	1923,97	3044,06
5	0,60	1995,55	2594,22	2538,67	3229,99	2252,37	3369,74
6	0,75	2133,68	2773,78	2903,24	3663,26	2613,35	3697,63
7	0,90	2277,49	2960,74	3324,03	4242,63	3001,57	4027,71
8	1,05	2427,01	3155,11	3804,95	4871,68	3414,61	4360,00
9	1,20	2582,21	3356,88	4349,59	5550,74	3851,16	4694,49
10	1,35	2743,11	3566,05	4961,43	6280,14	4205,51	5031,36
11	1,50	2909,71	3782,62	5643,85	7060,71	4452,66	5382,10
12	1,65	3082,00	4006,59	6400,16	7898,53	4709,54	5804,94
13	1,80	3259,98	4237,97	7233,64	8806,62	5031,17	6311,20
14	1,95	3443,65	4476,75	8147,54	9793,37	5433,99	6847,94
15	2,10	3633,03	4722,93	9145,14	10861,71	5860,43	7398,94
16	2,25	3828,09	4976,52	10229,71	12013,74	6298,86	7963,59
17	2,40	4028,85	5237,50	11309,60	13251,44	6748,76	8541,33

18	2,55	4235,30	5505,89	12356,35	14576,76	7209,65	9131,64
19	2,70	4447,45	5781,69	13473,02	15991,54	7681,08	9734,03
20	2,85	4665,29	6064,88	14661,18	17497,55	8162,66	10348,04
21	3,00	4888,83	6355,48	15922,26	19096,46	8652,84	11011,37

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1798,79
2	0,15	1615,35	1615,35	1725,00	1800,45	1500,00	2207,35
3	0,30	1736,39	1736,39	1950,00	2162,46	1500,00	2626,81
4	0,45	1863,12	1863,12	2175,00	2593,54	1500,00	3132,37
5	0,60	1995,55	1995,55	2400,00	3104,12	1500,00	3680,31
6	0,75	2133,68	2133,68	2625,00	3698,97	1500,00	4255,15
7	0,90	2277,49	2277,49	2850,00	4381,81	1500,00	4853,13
8	1,05	2427,01	2427,01	3075,00	5155,98	1500,00	5472,59
9	1,20	2582,21	2582,21	3300,00	6024,62	1500,00	6112,68
10	1,35	2743,11	2743,11	3525,00	6990,79	1500,00	6772,89
11	1,50	2909,71	2909,71	3750,00	8057,48	1500,00	7452,93
12	1,65	3082,00	3082,00	3975,23	9227,65	1507,52	8152,61
13	1,80	3259,98	3259,98	4205,24	10504,24	1577,59	8871,78
14	1,95	3443,65	3443,65	4452,54	11890,16	1726,65	9610,37
15	2,10	3633,03	3633,03	4724,20	13388,32	1897,13	10368,41
16	2,25	3828,09	3828,09	5022,17	15001,66	2077,39	11145,91
17	2,40	4028,85	4028,85	5347,88	16733,07	2266,92	11942,75
18	2,55	4235,30	4235,30	5702,68	18585,44	2465,24	12758,76
19	2,70	4447,45	4447,45	6087,87	20561,65	2671,89	13593,88
20	2,85	4665,29	4665,29	6504,65	22664,56	2886,49	14448,02
21	3,00	4888,83	4888,83	6954,15	24896,87	3107,49	15317,91

**Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro**

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VR <sub>cd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VR <sub>sd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VR <sub>d</sub>	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	10997	-10997	5,64	12991	--	--
2	0,15	100, 32	10,05	10,05	10184	-11575	5,20	13327	--	--
3	0,30	100, 33	20,11	10,05	18129	-23178	9,24	17148	--	--
4	0,45	100, 35	20,11	10,05	17135	-24393	8,68	17551	--	--
5	0,60	100, 36	20,11	10,05	16314	-25615	8,12	17948	--	--
6	0,75	100, 38	20,11	10,05	15636	-26844	7,33	18338	--	--
7	0,90	100, 39	20,11	10,05	15074	-28080	6,62	18722	--	--
8	1,05	100, 41	20,11	10,05	14608	-29322	6,02	19100	--	--

9	1,20	100,42	20,11	10,05	14220	-30568	5,51	19473	--	--
10	1,35	100,44	20,11	10,05	13898	-31819	5,07	19841	--	--
11	1,50	100,45	20,11	10,05	13629	-33073	4,68	20205	--	--
12	1,65	100,47	20,11	10,05	13395	-34329	4,35	20564	--	--
13	1,80	100,48	20,11	10,05	13172	-35583	4,04	20920	--	--
14	1,95	100,50	20,11	10,05	12952	-36834	3,76	21272	--	--
15	2,10	100,51	20,11	10,05	12738	-38082	3,51	21620	--	--
16	2,25	100,53	20,11	10,05	12532	-39330	3,27	21965	--	--
17	2,40	100,54	20,11	10,05	12336	-40576	3,06	22307	--	--
18	2,55	100,56	20,11	10,05	12151	-41822	2,87	22646	--	--
19	2,70	100,57	20,11	10,05	11978	-43068	2,69	22982	--	--
20	2,85	100,59	20,11	10,05	11815	-44313	2,53	23316	--	--
21	3,00	100,60	20,11	10,05	11664	-45559	2,39	23647	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100,30	10,05	10,05	15,74	0,81	564,22	-112,97
2	0,15	100,32	10,05	10,05	17,20	0,94	641,81	-127,25
3	0,30	100,33	20,11	10,05	14,84	1,06	379,67	-139,67
4	0,45	100,35	20,11	10,05	16,34	1,21	433,90	-156,28
5	0,60	100,36	20,11	10,05	18,04	1,35	496,11	-174,98
6	0,75	100,38	20,11	10,05	19,90	1,49	565,93	-195,61
7	0,90	100,39	20,11	10,05	21,91	1,63	642,86	-217,96
8	1,05	100,41	20,11	10,05	24,03	1,76	726,47	-241,84
9	1,20	100,42	20,11	10,05	26,26	1,88	816,34	-267,08
10	1,35	100,44	20,11	10,05	28,58	2,01	912,11	-293,56
11	1,50	100,45	20,11	10,05	30,98	2,13	1013,49	-321,14
12	1,65	100,47	20,11	10,05	33,44	2,25	1120,20	-349,72
13	1,80	100,48	20,11	10,05	35,96	2,36	1232,01	-379,21
14	1,95	100,50	20,11	10,05	38,53	2,47	1348,71	-409,54
15	2,10	100,51	20,11	10,05	41,15	2,58	1470,14	-440,62
16	2,25	100,53	20,11	10,05	43,81	2,69	1596,13	-472,42
17	2,40	100,54	20,11	10,05	46,51	2,79	1726,56	-504,87
18	2,55	100,56	20,11	10,05	49,24	2,90	1861,30	-537,93
19	2,70	100,57	20,11	10,05	52,00	3,00	2000,24	-571,56
20	2,85	100,59	20,11	10,05	54,79	3,10	2143,28	-605,73
21	3,00	100,60	20,11	10,05	57,61	3,20	2290,34	-640,41

**Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione**

## Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Fondazione di valle

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	2588,39	22931	--	--
2	0,10	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	91,45	22931	--	--
3	0,20	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	77,69	22931	--	--
4	0,30	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	59,82	22931	--	--
5	0,40	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	30,29	22931	--	--
6	0,50	100, 70	14,07	14,07	0	35534	18,02	22931	--	--
7	0,60	100, 70	14,07	14,07	0	35534	11,86	22931	--	--
8	0,70	100, 70	14,07	14,07	0	35534	8,40	22931	--	--
9	0,80	100, 70	14,07	14,07	0	35534	5,97	22931	--	--
10	0,90	100, 70	14,07	14,07	0	35534	4,26	22931	--	--
11	1,00	100, 70	14,07	14,07	0	35534	3,24	22931	--	--
12	1,10	100, 70	14,07	14,07	0	35534	2,51	22931	--	--
13	1,20	100, 70	14,07	14,07	0	35534	2,01	22931	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
14	0,00	100, 70	14,07	14,07	0,03	0,03	1,78	0,48
15	0,10	100, 70	14,07	14,07	0,87	0,15	10,42	50,99
16	0,20	100, 70	14,07	14,07	1,02	0,40	29,29	59,60
17	0,30	100, 70	14,07	14,07	1,36	0,52	79,44	60,12
18	0,40	100, 70	14,07	14,07	2,68	1,10	156,64	-28,28
19	0,50	100, 70	14,07	14,07	4,50	1,71	263,07	-47,49
20	0,60	100, 70	14,07	14,07	6,83	2,31	399,43	-72,10
21	0,70	100, 70	14,07	14,07	9,65	2,91	563,84	-101,78
22	0,80	100, 70	14,07	14,07	13,56	3,52	792,21	-143,00
23	0,90	100, 70	14,07	14,07	19,00	4,11	1110,36	-200,44
24	1,00	100, 70	14,07	14,07	24,96	4,70	1458,55	-263,29
25	1,10	100, 70	14,07	14,07	32,16	4,68	1879,46	-339,27
26	1,20	100, 70	14,07	14,07	40,24	4,65	2351,36	-424,45

Fondazione di monte

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

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 70	14,07	14,07	0	35534	1000,00	22931	--	--
2	0,10	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	78,54	22931	--	--
3	0,20	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	62,58	22931	--	--
4	0,30	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	31,75	22931	--	--
5	0,40	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	22,09	22931	--	--
6	0,50	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	17,37	22931	--	--
7	0,60	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	14,00	22931	--	--
8	0,70	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	10,91	22931	--	--
9	0,80	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	8,40	22931	--	--
10	0,90	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	6,53	22931	--	--
11	1,00	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	5,23	22931	--	--
12	1,10	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	4,27	22931	--	--
13	1,20	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	3,55	22931	--	--
14	1,30	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	3,01	22931	--	--
15	1,40	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	2,60	22931	--	--
16	1,50	100, 70	14,07	14,07	0	-35534	2,26	22931	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
17	0,00	100, 70	14,07	14,07	0,03	0,02	1,86	-0,34
18	0,10	100, 70	14,07	14,07	0,72	0,01	42,12	16,59
19	0,20	100, 70	14,07	14,07	0,90	0,00	52,37	48,13
20	0,30	100, 70	14,07	14,07	1,65	0,00	49,65	96,47

21	0,40	100,70	14,07	14,07	2,34	0,00	37,77	136,46
22	0,50	100,70	14,07	14,07	3,05	0,00	-32,14	178,07
23	0,60	100,70	14,07	14,07	4,39	0,00	-46,31	256,53
24	0,70	100,70	14,07	14,07	5,97	0,01	-63,03	349,17
25	0,80	100,70	14,07	14,07	7,80	0,08	-82,31	455,96
26	0,90	100,70	14,07	14,07	9,88	0,22	-104,20	577,22
27	1,00	100,70	14,07	14,07	12,20	0,32	-128,70	712,99
28	1,10	100,70	14,07	14,07	14,77	0,16	-155,79	863,04
29	1,20	100,70	14,07	14,07	17,58	0,04	-185,44	1027,31
30	1,30	100,70	14,07	14,07	20,63	0,00	-217,66	1205,77
31	1,40	100,70	14,07	14,07	23,93	0,00	-252,40	1398,21
32	1,50	100,70	14,07	14,07	27,45	0,00	-289,55	1604,01

## Inviluppo armature e tensioni piastre

X	ascissa sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

### Piastra fondazione monte

Nr.	X	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS
1	0,00	1,96	1,96	0	-5117	3,79
2	0,20	1,96	1,96	0	5117	4,52
3	0,40	1,96	1,96	0	5117	11,94
4	0,50	1,96	1,96	0	5117	17,04
5	0,70	1,96	1,96	0	5117	4,08
6	0,90	1,96	1,96	0	-5117	3,32
7	1,10	1,96	1,96	0	5117	4,07
8	1,30	1,96	1,96	0	5117	16,28
9	1,40	1,96	1,96	0	5117	12,29
10	1,60	1,96	1,96	0	5117	4,59
11	1,80	1,96	1,96	0	-5117	3,88
12	2,00	1,96	1,96	0	5117	4,65
13	2,20	1,96	1,96	0	5117	13,01
14	2,30	1,96	1,96	0	5117	14,07
15	2,50	1,96	1,96	0	5117	3,88
16	2,70	1,96	1,96	0	-5117	3,15
17	2,90	1,96	1,96	0	5117	3,76
18	3,10	1,96	1,96	0	5117	10,65
19	3,20	1,96	1,96	0	5117	16,16
20	3,40	1,96	1,96	0	5117	5,32
21	3,60	1,96	1,96	0	-5117	4,53
22	3,80	1,96	1,96	0	5117	5,85
23	4,00	1,96	1,96	0	5117	13,85
24	4,10	1,96	1,96	0	5117	6,31
25	4,30	1,96	1,96	0	5117	2,95
26	4,50	1,96	1,96	0	-5117	2,42
27	4,70	1,96	1,96	0	5117	2,68
28	4,90	1,96	1,96	0	5117	4,85
29	5,00	1,96	1,96	0	5117	8,98
30	5,20	1,96	1,96	0	5117	14,06
31	5,40	1,96	1,96	0	5117	6,37
32	5,60	1,96	1,96	0	5117	5,31
33	5,80	1,96	1,96	0	5117	6,09
34	6,00	1,96	1,96	0	5117	75,31

**Piastra fondazione valle**

Nr.	X	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS
1	0,00	1,96	1,96	0	-5117	2,67
2	0,20	1,96	1,96	0	-5117	3,26
3	0,40	1,96	1,96	0	-5117	14,38
4	0,50	1,96	1,96	0	5117	8,41
5	0,70	1,96	1,96	0	5117	3,51
6	0,90	1,96	1,96	0	5117	2,95
7	1,10	1,96	1,96	0	5117	3,51
8	1,30	1,96	1,96	0	5117	8,38
9	1,40	1,96	1,96	0	-5117	14,56
10	1,60	1,96	1,96	0	-5117	3,27
11	1,80	1,96	1,96	0	-5117	2,68
12	2,00	1,96	1,96	0	-5117	3,28
13	2,20	1,96	1,96	0	-5117	14,99
14	2,30	1,96	1,96	0	5117	8,27
15	2,50	1,96	1,96	0	5117	3,47
16	2,70	1,96	1,96	0	5117	2,91
17	2,90	1,96	1,96	0	5117	3,43
18	3,10	1,96	1,96	0	5117	7,97
19	3,20	1,96	1,96	0	-5117	16,63
20	3,40	1,96	1,96	0	-5117	3,38
21	3,60	1,96	1,96	0	-5117	2,77
22	3,80	1,96	1,96	0	-5117	3,46
23	4,00	1,96	1,96	0	-5117	21,26
24	4,10	1,96	1,96	0	5117	6,97
25	4,30	1,96	1,96	0	5117	3,11
26	4,50	1,96	1,96	0	5117	2,59
27	4,70	1,96	1,96	0	5117	2,96
28	4,90	1,96	1,96	0	5117	5,73
29	5,00	1,96	1,96	0	5117	31,05
30	5,20	1,96	1,96	0	-5117	4,06
31	5,40	1,96	1,96	0	-5117	3,05
32	5,60	1,96	1,96	0	-5117	3,39
33	5,80	1,96	1,96	0	-5117	5,79
34	6,00	1,96	1,96	0	5117	93,22

**Inviluppo sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni**

Nr.	numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione
Y	ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m])
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg]
T	taglio espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
T <sub>u</sub>	taglio ultimo espresso in [kg]
CS	coefficiente di sicurezza

**Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 1**

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0,00	0,00	0,00	4944,76	24325,03	-13751,55	28653,79
2	0,45	-10965,33	-2225,14	4567,50	23928,76	-13176,64	29189,91
3	0,90	-21733,27	-4280,52	3812,99	22966,67	-12582,88	29667,32
4	1,35	-32068,27	-5996,36	2681,21	21481,16	-11970,29	30086,00
5	1,80	-41734,79	-7202,91	1172,18	19473,25	-11338,84	30445,96
6	2,25	-50497,75	-7730,39	-73,09	16946,29	-10688,56	30747,20
7	2,70	-58123,58	-7697,50	-944,25	13907,92	-10019,43	30989,71
8	3,15	-64382,15	-7272,59	-1606,98	10372,54	-9331,45	31173,51

9	3,60	-69049,79	-6594,40	-3037,79	6873,17	-8624,63	31298,58
10	4,05	-71913,72	-5773,67	-4513,11	3455,88	-7898,97	31364,93
11	4,50	-72777,50	-4895,61	-5610,93	-341,23	-7154,46	31372,56
12	4,95	-71465,57	-4023,11	-9135,02	-1828,99	-6391,11	31321,46
13	5,40	-67824,50	-3200,07	-13554,65	-1656,29	-5608,91	31211,64
14	5,85	-61724,91	-2454,74	-16686,08	-1448,48	-4807,87	31043,11
15	6,30	-54216,18	-1802,92	-18015,46	-1226,85	-3987,99	30815,85
16	6,75	-46109,22	-1250,84	-18009,11	-1007,06	-3149,26	30529,86
17	7,20	-38007,08	-797,66	-17064,40	-800,06	-2291,68	30185,16
18	7,65	-30977,68	-437,63	-15509,43	-612,83	-1415,27	29781,73
19	8,10	-24420,68	-161,86	-13606,54	-449,29	-520,00	29319,59
20	8,55	-18538,21	40,32	-11558,15	-310,91	394,10	28798,72
21	9,00	-13437,27	180,23	-9521,78	-197,46	1327,06	28219,12
22	9,45	-9152,47	322,02	-7748,21	-107,44	2278,85	27911,58
23	9,90	-5665,78	555,60	-6094,73	-38,60	3249,49	27819,48
24	10,35	-2923,15	806,31	-4611,22	11,76	4238,97	27696,79
25	10,80	-848,10	1049,31	-3323,84	46,48	5247,30	27543,52
26	11,25	308,60	1691,73	-2240,73	84,65	6274,48	29072,06
27	11,70	277,83	2399,32	-1357,00	144,78	7320,49	30860,44
28	12,15	241,77	2860,47	-658,96	208,37	8385,36	32696,78
29	12,60	203,94	3022,25	-127,53	290,89	9469,06	34581,08
30	13,05	166,90	2962,66	76,62	494,89	10164,81	36513,33
31	13,50	132,42	2748,13	68,41	698,73	10275,95	38493,54
32	13,95	101,64	2433,70	58,85	821,95	10371,69	40521,71
33	14,40	75,15	2063,82	48,82	867,29	10452,02	42597,83
34	14,85	53,18	1673,54	38,97	852,50	10516,96	44721,91
35	15,30	35,65	1289,92	29,76	792,01	10566,49	46893,95
36	15,75	22,26	933,51	21,50	696,98	9761,16	49113,95
37	16,20	12,58	621,31	14,41	575,52	8612,13	51381,90
38	16,65	6,10	365,74	8,57	434,74	7414,79	53697,80
39	17,10	2,24	170,10	4,07	278,18	6169,16	56061,67
40	17,55	0,41	44,92	0,91	99,83	4875,23	58473,49
41	18,00	0,00	0,00	0,91	99,83	3533,01	60933,27

**Inviluppo verifiche fila di pali nr. 1**

Nr.	Y	A <sub>f</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	CS
1	0,00	75,40	0	-300806	45445	21,87
2	0,45	75,40	61678	6152	45445	6,78
3	0,90	75,40	72886	5895	45445	4,04
4	1,35	75,40	77549	5568	45445	2,86
5	1,80	75,40	80085	-3613	45445	2,18
6	2,25	75,40	81669	-1457	45445	1,79
7	2,70	75,40	82745	147	45445	1,55
8	3,15	75,40	83519	1470	45445	1,40
9	3,60	75,40	84098	2667	45445	1,30
10	4,05	75,40	84545	3845	45445	1,25
11	4,50	75,40	84896	-3428	45445	1,24
12	4,95	75,40	85177	-1900	45445	1,26
13	5,40	75,40	85401	-170	45445	1,33
14	5,85	75,40	83653	2045	45445	1,47
15	6,30	75,40	68392	5111	45445	1,69
16	6,75	75,40	51779	-6214	45445	1,97
17	7,20	75,40	34062	-5408	45445	2,36
18	7,65	75,40	18750	-4129	45445	2,92
19	8,10	75,40	6948	-1946	45445	3,74
20	8,55	75,40	1728	1972	45445	5,00
21	9,00	75,40	828	9351	45445	7,05
22	9,45	37,70	3697	13261	45445	5,82
23	9,90	37,70	11107	34207	45445	10,53

24	10,35	37,70	213	116065	45445	25,91
25	10,80	37,70	11138	558151	45445	25,98
26	11,25	37,70	10828	459319	45445	24,42
27	11,70	37,70	9788	366443	45445	22,87
28	12,15	37,70	8564	328576	45445	21,42
29	12,60	37,70	7273	324438	45445	20,41
30	13,05	37,70	5999	340867	45445	19,39
31	13,50	37,70	4804	372598	45445	18,46
32	13,95	37,70	3726	415433	45445	17,62
33	14,40	37,70	2787	469719	45445	16,83
34	14,85	37,70	1998	533748	45445	16,09
35	15,30	37,70	1359	602994	45445	15,40
36	15,75	37,70	862	671534	45445	14,75
37	16,20	37,70	495	709840	45445	14,13
38	16,65	37,70	245	717778	45445	13,55
39	17,10	37,70	92	723806	45445	12,99
40	17,55	37,70	17	727583	45445	12,46
41	18,00	37,70	0	728978	45445	11,96

**Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 2**

<b>Nr.</b>	<b>Y</b>	<b>Mmin</b>	<b>Mmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>Tmax</b>	<b>Nmin</b>	<b>Nmax</b>
1	0,00	0,00	0,00	4944,76	24325,03	17625,18	48267,46
2	0,45	-10965,33	-2225,14	4567,50	23928,76	18177,11	48809,06
3	0,90	-21733,27	-4280,52	3812,99	22966,67	18701,92	49302,92
4	1,35	-32068,27	-5996,36	2681,21	21481,16	19199,63	49749,01
5	1,80	-41734,79	-7202,91	1172,18	19473,25	19670,22	50147,36
6	2,25	-50497,75	-7730,39	-73,09	16946,29	20113,70	50497,94
7	2,70	-58123,58	-7697,50	-944,25	13907,92	20530,07	50800,77
8	3,15	-64382,15	-7272,59	-1606,98	10372,54	20919,33	51055,84
9	3,60	-69049,79	-6594,40	-3037,79	6873,17	21281,47	51263,16
10	4,05	-71913,72	-5773,67	-4513,11	3455,88	21616,50	51422,72
11	4,50	-72777,50	-4895,61	-5610,93	-341,23	21924,42	51534,53
12	4,95	-71465,57	-4023,11	-9135,02	-1828,99	22205,22	51598,58
13	5,40	-67824,50	-3200,07	-13554,65	-1656,29	22458,92	51614,87
14	5,85	-61724,91	-2454,74	-16686,08	-1448,48	22685,50	51583,41
15	6,30	-54216,18	-1802,92	-18015,46	-1226,85	22884,97	51504,19
16	6,75	-46109,22	-1250,84	-18009,11	-1007,06	23057,32	51377,22
17	7,20	-38007,08	-797,66	-17064,40	-800,06	23202,57	51202,49
18	7,65	-30977,68	-437,63	-15509,43	-612,83	23320,70	50980,00
19	8,10	-24420,68	-161,86	-13606,54	-449,29	23411,72	50709,76
20	8,55	-18538,21	40,32	-11558,15	-310,91	23475,62	50391,76
21	9,00	-13437,27	180,23	-9521,78	-197,46	23512,42	50026,01
22	9,45	-9152,47	322,02	-7748,21	-107,44	23522,10	49612,50
23	9,90	-5665,78	555,60	-6094,73	-38,60	23504,67	49151,23
24	10,35	-2923,15	806,31	-4611,22	11,76	23460,12	48642,21
25	10,80	-848,10	1049,31	-3323,84	46,48	23388,47	48085,44
26	11,25	308,60	1691,73	-2240,73	84,65	23289,70	47480,90
27	11,70	277,83	2399,32	-1357,00	144,78	23163,82	46828,61
28	12,15	241,77	2860,47	-658,96	208,37	23010,82	46128,57
29	12,60	203,94	3022,25	-127,53	290,89	22830,72	45380,77
30	13,05	166,90	2962,66	76,62	494,89	22623,50	44585,21
31	13,50	132,42	2748,13	68,41	698,73	21317,01	43741,90
32	13,95	101,64	2433,70	58,85	821,95	19938,41	42850,83
33	14,40	75,15	2063,82	48,82	867,29	18496,08	41912,01
34	14,85	53,18	1673,54	38,97	852,50	16990,01	40925,43
35	15,30	35,65	1289,92	29,76	792,01	15420,19	39891,09
36	15,75	22,26	933,51	21,50	696,98	13786,64	38809,00
37	16,20	12,58	621,31	14,41	575,52	12089,35	37679,15
38	16,65	6,10	365,74	8,57	434,74	10328,31	36501,55

39	17,10	2,24	170,10	4,07	278,18	8503,54	35276,19
40	17,55	0,41	44,92	0,91	99,83	6615,02	34003,07
41	18,00	0,00	0,00	0,91	99,83	4662,77	32682,20

**Inviluppo verifiche fila di pali nr. 2**

Nr.	Y	A <sub>f</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	CS
1	0,00	69,12	0	854313	45445	17,70
2	0,45	69,12	80132	455339	45445	9,55
3	0,90	69,12	105338	248098	45445	5,21
4	1,35	69,12	106425	159883	45445	3,34
5	1,80	69,12	101193	117555	45445	2,44
6	2,25	69,12	98020	94437	45445	1,95
7	2,70	69,12	95983	80386	45445	1,66
8	3,15	69,12	94425	71212	45445	1,48
9	3,60	69,12	93423	65309	45445	1,36
10	4,05	69,12	92813	61713	45445	1,30
11	4,50	69,12	92519	59981	45445	1,29
12	4,95	69,12	92524	60010	45445	1,31
13	5,40	69,12	86943	62026	45445	1,39
14	5,85	69,12	74417	66743	45445	1,55
15	6,30	69,12	59953	74965	45445	1,80
16	6,75	69,12	44862	87423	45445	2,18
17	7,20	69,12	28767	105580	45445	2,68
18	7,65	69,12	15851	132582	45445	3,42
19	8,10	69,12	5881	173102	45445	4,50
20	8,55	69,12	1466	233619	45445	6,13
21	9,00	69,12	786	323060	45445	8,39
22	9,45	69,12	3044	439135	45445	11,12
23	9,90	69,12	11443	586928	45445	14,55
24	10,35	69,12	202	759515	45445	17,19
25	10,80	69,12	3796	835391	45445	17,72
26	11,25	69,12	11229	827027	45445	17,64
27	11,70	69,12	10172	787901	45445	17,69
28	12,15	69,12	8919	757848	45445	17,47
29	12,60	69,12	7590	722626	45445	17,48
30	13,05	69,12	6274	705976	45445	17,80
31	13,50	69,12	5035	703477	45445	18,38
32	13,95	69,12	3913	712034	45445	19,15
33	14,40	69,12	2934	729206	45445	19,79
34	14,85	69,12	2108	753518	45445	20,37
35	15,30	69,12	1436	783542	45445	21,00
36	15,75	69,12	913	818476	45445	21,70
37	16,20	69,12	526	831950	45445	22,45
38	16,65	69,12	260	838773	45445	23,26
39	17,10	69,12	98	845455	45445	24,15
40	17,55	69,12	18	851278	45445	25,11
41	18,00	69,12	0	854313	45445	26,14

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	10.10
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Licenza	AIU4917N1

### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.