



Provincia di L'AQUILA  
**COMUNE di**  
**CARAPELLE CALVISIO**

PROGETTO ESECUTIVO

**PROGETTO PER LA MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA DEI MURI IN  
CARAPELLE CALVISIO  
INTERVENTO "A"**

**Committente:**

Comune di Carapelle Calvisio

**RUP:**

Geom. Giampiero RIZZO

**Progettazione  
e Direzione dei  
Lavori**

ing. Tiziano VERZILLI

Via Piane n.114, fraz. Forca di Valle  
64045 ISOLA DEL GRANSASSO D'ITALIA (TE)  
p.i. 01696270675 mail: t.verzilli@gmail.com

Timbro

**Elaborato:**

RELAZIONE DI CALCOLO

"A" - Muro Piazzale Asilo

ELABORATO

**A.RC**

## RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

## Sommario

0. Premessa .....	3
1. Normativa di riferimento.....	4
2.Caratteri generali dell'opera .....	5
2.1 Ubicazione .....	5
2.2 Vita Nominale, Classi d'Uso e Periodo di Riferimento .....	6
2.3 Sicurezza della struttura e prestazioni attese .....	7
3. Descrizione generale della struttura e classificazione intervento.....	8
4. Analisi dei carichi .....	9
4.1 determinazione dell'azione sismica .....	9
4.2 Azione della neve.....	10
4.3 altri carichi variabili .....	12
4.4 combinazioni delle azioni sulla costruzione .....	13
5. Modello generale di calcolo .....	14
6. Risultati di calcolo.....	16
6.1 sollecitazioni paramento .....	16
6.2 sollecitazioni fondazione .....	16
6.3 cerchio critico.....	17
6.4 pressioni involuppo .....	17
6.5 sintesi risultati .....	18

## 0. Premessa

Con determinazione n. 87 del 29.08.2015, al sottoscritto progettista è stato affidato l'incarico di progettazione definitiva ed esecutiva, direzione dei lavori e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione relativi ai lavori pubblici per **INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA SUI MURI DI CONTENIMENTO IN CARAPELLE CALVISIO**.

L'intervento riguarda tre aree distinte del paese, individuate nel progetto preliminare nel seguente modo:

- Zona A "piazzale dell'asilo"
- Zona C " Piazza G. D'Annunzio – Via Vittorio Veneto"
- Zona E " Via Vittorio Veneto - Via Garibaldi"

### **-ZONA A**

Il muro antistante il piazzale dell'asilo nido, realizzato allo stato attuale in struttura mista pietra e cls presenta un quadro fessurativo tale da suggerirne la demolizione. A seguito della demolizione verrà eseguito un intervento di ripristino e miglioramento della scarpata risultante tramite l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

### **-ZONA C**

Il muro esistente controterra è realizzato in muratura in pietrame, presenta uno stato fessurativo che ne suggeriscono una rottura per ribaltamento. In questo caso verrà realizzato un intervento locale con inserimento di tiranti con la funzione di migliorare il comportamento fuori piano del muro stesso.

Si utilizzano ancoraggi ad iniezione controllata con calza di diametro 20 mm in acciaio inox AISI 304 ai quali verrà applicata idonea tensione per migliorare il comportamento del muro

### **-ZONA E**

Dallo stato fessurativo si deduce che il muro in oggetto presenta carenze di stabilità nella parte sommitale, verrà effettuato un intervento con lo scopo di aumentare il momento stabilizzante del muro stesso.

Si utilizzano ancoraggi ad iniezione controllata con calza di diametro 20 mm in acciaio inox AISI 304 ai quali verrà applicata idonea tensione per migliorare il comportamento del muro posizionati in verticale

## 1. Normativa di riferimento

- D.M. 14 gennaio 2008 NTC 2008
- circolare esplicativa del 2 febbraio 2009

Di seguito si allegano i parametri derivanti dalle normative sopra citate inseriti nel programma di calcolo per le verifiche del muro su pali.

**Coefficienti parziali e di combinazione**

**NORMATIVA**

D.M. 1988 + D.M. 1996 Tens. Amm       N.T.C. 2008 - Approccio 1  
 D.M. 1988 + D.M. 1996 Stato Limite       N.T.C. 2008 - Approccio 2

N.T.C. 2008 | Fondazione (N.T.C. 2008) | Pali (N.T.C. 2008) | Tiranti

**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche		
			HYD	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00	1.00	1.00

**Coefficienti parziali e di combinazione**

NORMATIVA  
 D.M. 1988 + D.M. 1996 Tens. Amm  
 D.M. 1988 + D.M. 1996 Stato Limite  
 N.T.C. 2008 - Approccio 1  
 N.T.C. 2008 - Approccio 2

N.T.C. 2008 | Fondazione (N.T.C. 2008) | Pali (N.T.C. 2008) | Tiranti

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35	0	0	1.30
Laterale (compressione)	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale (compressione)	$\gamma_t$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.60	1.30	1.00	1.55	1.25
Laterale (trazione)	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

	R1	R2	R3
$\gamma_T$	1.00	1.60	1.30

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

1 numero di verticali indagate  $\xi_3$  1.70  $\xi_4$  1.70

**Imposta coefficienti** Accetta Annulla Help

## 2. Caratteri generali dell'opera

### 2.1 Ubicazione

Il fabbricato è ubicato nel Comune di **Carapelle Calvisio**, in provincia di **L'Aquila**, individuabile con coordinate geografiche (nel sistema ED50 utilizzato da INGV), in gradi decimali,:

Latitudine : **42.301044**

Longitudine: **13.681812**

Via  n°   
 Comune  Cap   
 Provincia

WGS84 (°)  
 Latitudine   
 Longitudine

Isole

(1)° Coordinate WGS84 (°)  
 Latitudine [42.300072] Longitudine [13.680907]

(1)° Coordinate ED50 (°)  
 Latitudine [42.301044] Longitudine [13.681812]

Classe dell'edificio  
 III. Affollamento significativo...

$\beta_w = 1.0$

Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)  
 Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	$\alpha_w$ [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	45	0.096	2.336	0.281
Danno (SLD)	75	0.123	2.309	0.291
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.295	2.387	0.354
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.375	2.429	0.369

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI  
 Muri di sostegno  Paratie  
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Dettagli Parametri Sismici	
Tipo di Opera	Opera ordinaria
Classe d'Uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita Nominale	50 anni
Vita di Riferimento	75 anni
<hr/>	
Comune	Carapelle Calvisio
Provincia	L'Aquila
Regione	Abruzzo
Latitudine	42.301044
Longitudine	13.681812

N.T.C. 2008		
<b>Analisi SLU</b>		
Accelerazione al suolo $a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_g/g = 0.29$	2.892
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$		2.387
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$		0.354
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico $S_s$	Tipo C	<b>1.278</b>
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ )	C	0.31
<b>Analisi SLE</b>		
Accelerazione al suolo $a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_g/g = 0.12$	1.206
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$		2.308
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$		0.291
Coefficiente stratigrafico $S_s$		<b>1.500</b>
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ )	C	0.24
Coefficiente amplificazione topografica $S_T$	T1	<b>1.00</b>
<b><math>K_h = a_g/g * S_s * S_t * \beta_m</math></b>		
<b>Coefficiente di intensità sismica orizzontale SLU <math>K_h</math> [%] = 11.68</b>		
<b>Coefficiente di intensità sismica orizzontale SLE <math>K_h</math> [%] = 4.43</b>		
Intensità sismica	Verticale/Orizzontale	0.50
Forma diagramma incremento sismico		
<input type="radio"/> Rettangolare <input checked="" type="radio"/> Stessa forma diagramma statico		

## 2.2 Vita Nominale, Classi d'Uso e Periodo di Riferimento

La **vita nominale** di un'opera strutturale  $V_N$ , come indicato nel § 2.4.1. delle N.T.C. 2008, è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo a cui è destinata.

Nel caso oggetto di studio, la struttura è un muro di contenimento a servizio di un piazzale ad uso pubblico utilizzato perlopiù per eventi di aggregazione, soggetto dunque a significativi affollamenti.

In accordo con la committenza si adotta una vita nominale  $V_N$  (anni) = 50, in accordo alle indicazioni della tabella 2.4.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e come indicato nel paragrafo 2.4.2 della sopracitata normativa, si adotta la **classe d'uso III**.

Alla presente relazione viene allegata la dichiarazione della committenza che l'area in cui è ubicata l'opera non è individuata come zona strategica.

Nel paragrafo 2.4.3 delle NTC 2008, viene indicata la metodologia per la determinazione del **Periodo di Riferimento** per l'azione sismica ( $V_R$ ).

Dunque  $V_R$  si ricava moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come indicato dalla tabella 2.4.II delle N.T.C.

## 2.3 Sicurezza della struttura e prestazioni attese

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Le prestazioni della struttura sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura; nella presente relazione si allegheranno dei risultati schematici e sintetici, dai quali si può facilmente evincere la capacità della struttura in esame.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e ss.mm. ed ii.



### 3. Descrizione generale della struttura e classificazione intervento

#### - ZONA A

Si procederà con la demolizione del muro esistente, e con la successiva realizzazione di una palificata di sostegno a doppia parete, essa è una struttura autoportante, con funzione di contenimento della scarpata.

La palificata di contenimento a doppia parete è costituita da un cassone di pali in legno, riempito di materiale inerte e di materiale vegetale. Per la realizzazione della stessa verranno utilizzati pali di legno di larice scortecciati e di diametro minimo cm 20. Verrà realizzato un ancoraggio di profondità di almeno 1.5 m mediante tondini in acciaio del diametro di 32 mm posti anteriormente alla parete di monte.

Il materiale di riempimento sarà in terra di coltivo con aggiunta di ciottolame.

Si procederà dunque con la demolizione del muro e della scala esistente, il successivo scavo per modellare il terreno in maniera tale da poter ospitare le palificate, il posizionamento a strati del legname per la formazione della gabbionata lignea.

Vista la deformabilità dell'intervento stesso, e considerata la sua natura provvisoria (le talee nel tempo sostituiranno definitivamente il cassone in legno consolidando il pendio) si può non considerare l'effetto della liquefazione del terreno, inoltre l'opera per propria natura si configura come un miglioramento del pendio stesso realizzato con materiali reperibili in situ.

L'intervento si classifica come **nuovo intervento**.

## 4. Analisi dei carichi

### 4.1 determinazione dell'azione sismica

- **ZONA A**

L'azione sismica di progetto viene determinata come nelle indicazioni del paragrafo 3.2 del D.M. 14 gennaio 2008, e in base alle considerazioni fatte nei precedenti capitoli.

N.T.C. 2008	
<b>Analisi SLU</b>	
Accelerazione al suolo $a_g$ [ $m/s^2$ ] $a_g/g = 0.29$	2.892
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.387
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.354
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico $S_s$	Tipo C <b>1.278</b>
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ )	C 0.31
<b>Analisi SLE</b>	
Accelerazione al suolo $a_g$ [ $m/s^2$ ] $a_g/g = 0.12$	1.206
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.308
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.291
Coefficiente stratigrafico $S_s$	<b>1.500</b>
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ )	C 0.24
Coefficiente amplificazione topografica $S_T$	T1 <b>1.00</b>
$K_h = a_g/g \cdot S_s \cdot S_T \cdot \beta_m$	
<b>Coefficiente di intensità sismica orizzontale SLU <math>K_h</math> [%] = 11.68</b>	
<b>Coefficiente di intensità sismica orizzontale SLE <math>K_h</math> [%] = 4.43</b>	
Intensità sismica Verticale/Orizzontale	0.50
Forma diagramma incremento sismico	
<input type="radio"/> Rettangolare <input checked="" type="radio"/> Stessa forma diagramma statico	

I valori per i parametri sismici vengono determinati con modalità automatica attraverso il programma di calcolo MAX 10 della Aztec software.

Nei parametri di calcolo è stata utilizzata, una categoria di **suolo C** come si evince dalla relazione geologica redatta dal dott. Geol. Silvio Tatoni a pagina 25 della relazione geologica allegata al presente progetto.

Dalla stessa relazione, si evince che nella zona relativa all'intervento A si è riscontrato un problema di **liquefazione del terreno** (pag. 18 della relazione geologica).

Nel § 7.11.3.4 delle N.T.C. 2008, "**STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE** ", si prescrive che nel caso il terreno di sedime del manufatto oggetto di verifica sia suscettibile di liquefazione, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. Nel caso in esame, non si avranno incrementi di carico in quanto il muro esistente viene demolito e non ricostruito e l'opera da realizzare utilizza metodi naturalistici pertanto si può evitare di utilizzare pali di fondazione o rinforzi del terreno.

## 4.2 Azione della neve

La determinazione del carico neve viene definito nel paragrafo 3.4 delle norme tecniche per le costruzioni, attraverso la seguente equazione:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

$q_s$  è il carico neve sulla copertura

$\mu_1$  è il coefficiente di forma della copertura

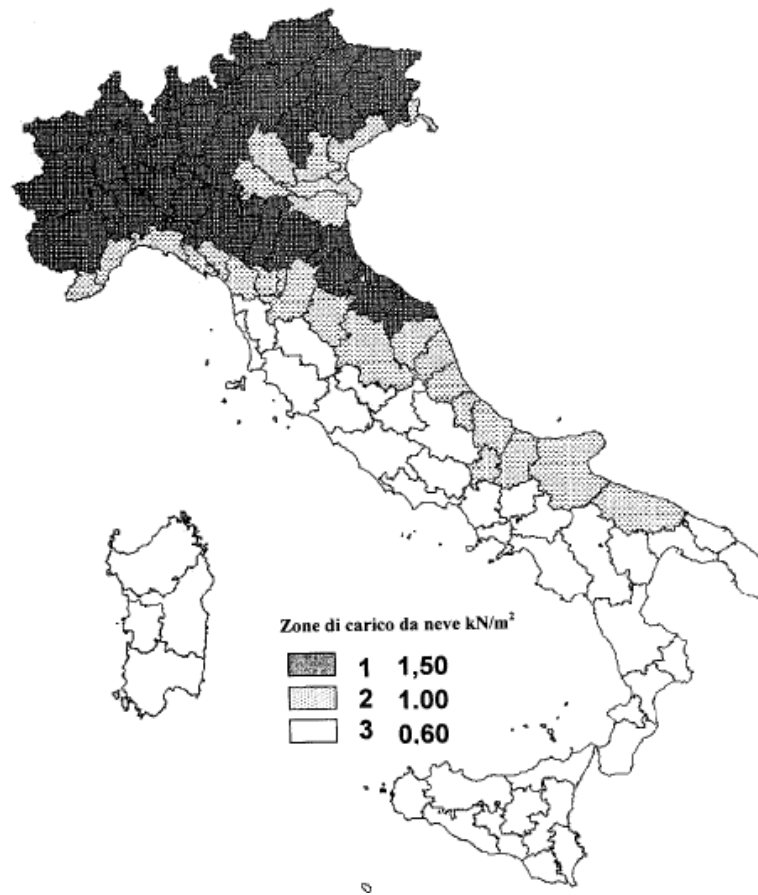
$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo

$C_E$  è il coefficiente di esposizione

$C_t$  è il coefficiente termico

Il valore caratteristico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

Il territorio italiano viene diviso in tre zone di carico neve, come illustrato dalla figura seguente.



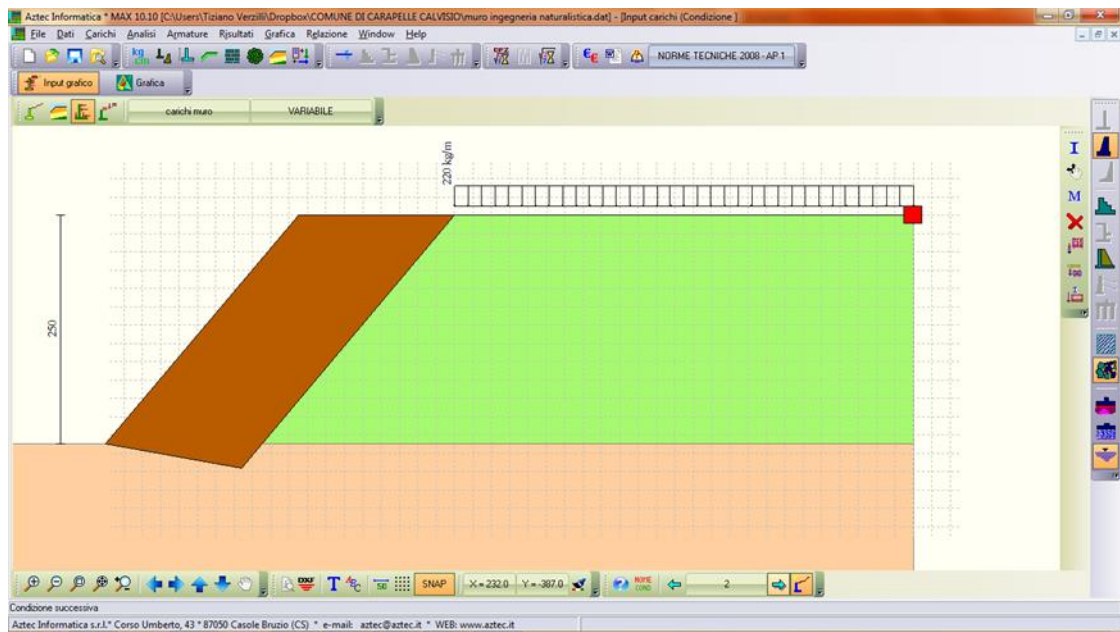
Ad ogni zona viene associata una formula per la determinazione del valore caratteristico della neve al suolo.

**Carapelle Calvisio** si trova in provincia di Teramo e quindi in zona **2** ad una quota sul livello del mare ( $a_s$ ) pari a circa **1000 m**, si applica dunque la seguente equazione:

$$q_{sk} = 0.51 \left[ 1 + (a_s / 481)^2 \right]$$

Assumendo  $\mu_1 = 0.80$ ,  $C_E = 1$ ,  $C_t = 1$

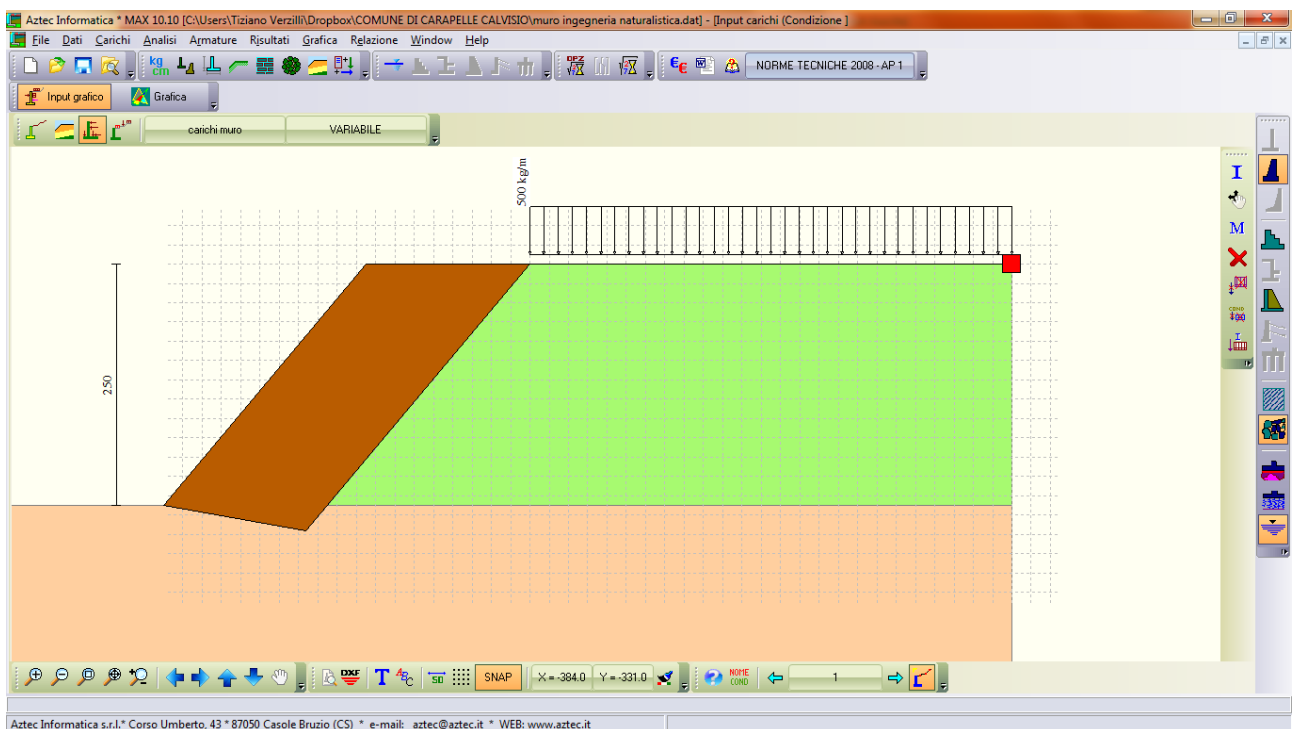
**Si assume a favore di sicurezza che il carico neve è pari a 220 Kg/m<sup>2</sup>**



Il carico dell'immagine precedente è riferito ad un metro lineare di profondità

#### 4.3 altri carichi variabili

Al di sopra dell'opera esiste un piazzale utilizzato per piccole manifestazioni ed incontri per tanto si utilizza la categoria C, imponendo un carico di 500 kg/mq



#### 4.4 combinazioni delle azioni sulla costruzione

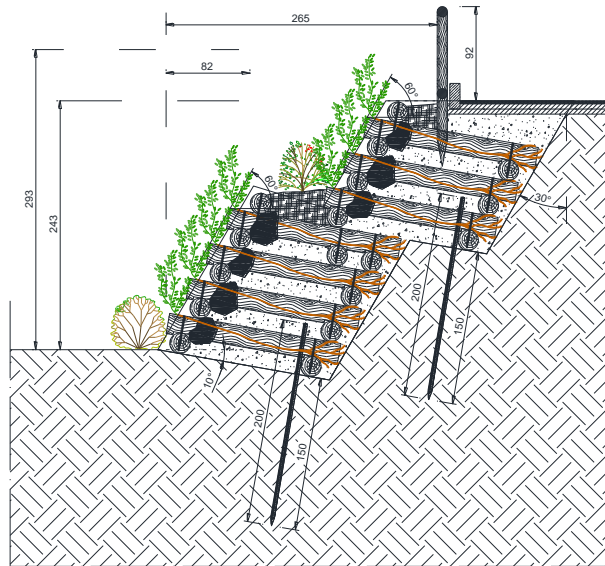
Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

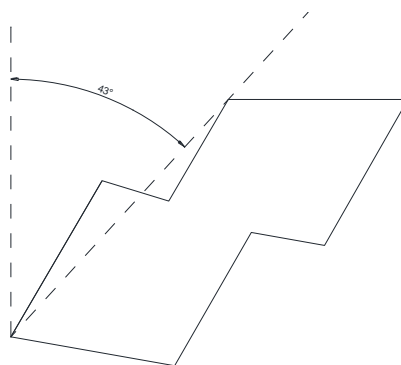
## 5. Modello generale di calcolo

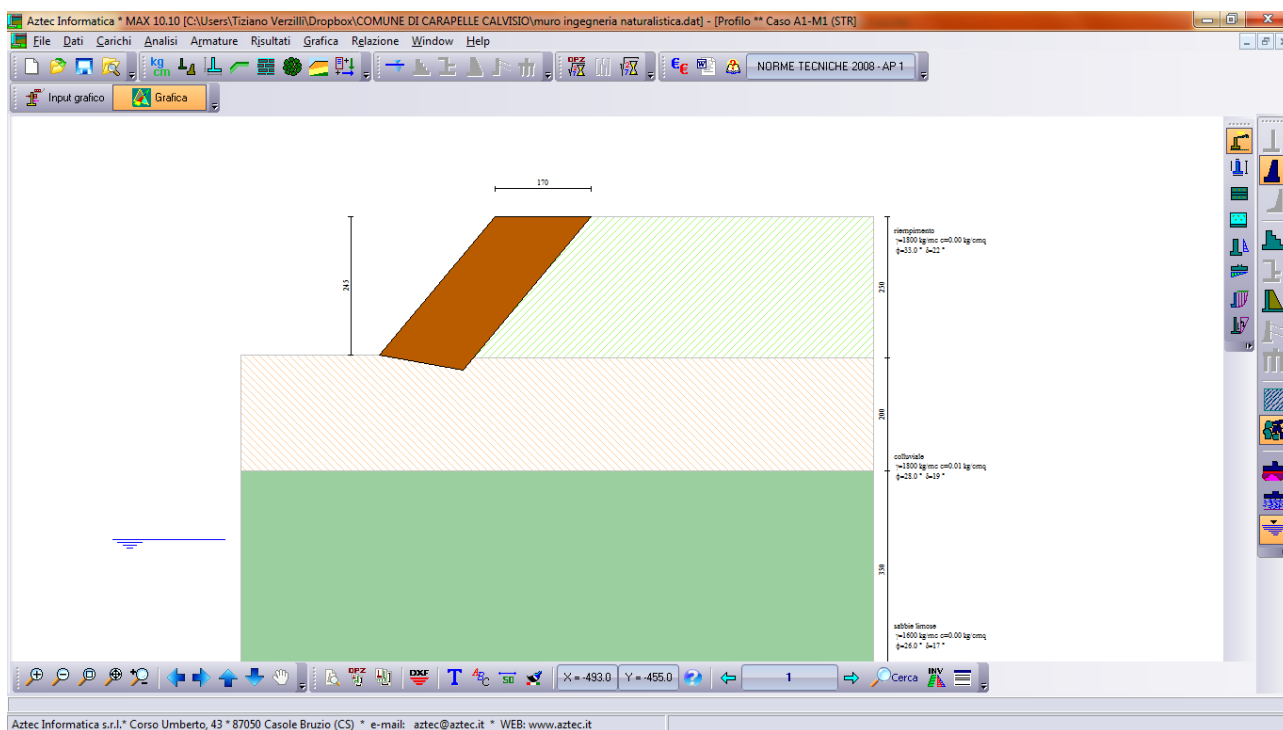
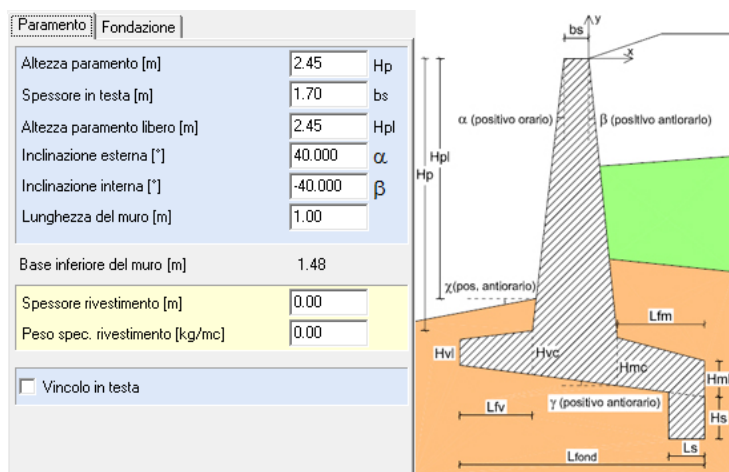
Per effettuare le verifiche è stato utilizzato un modello di calcolo realizzato con il software max.10 della Aztec software.



Schema in sezione dell'opera da realizzare

Il paramento viene schematizzato nel programma, a favore di sicurezza, senza gradonata e con inclinazione di circa  $40^\circ$ , con spessore 1.70 m





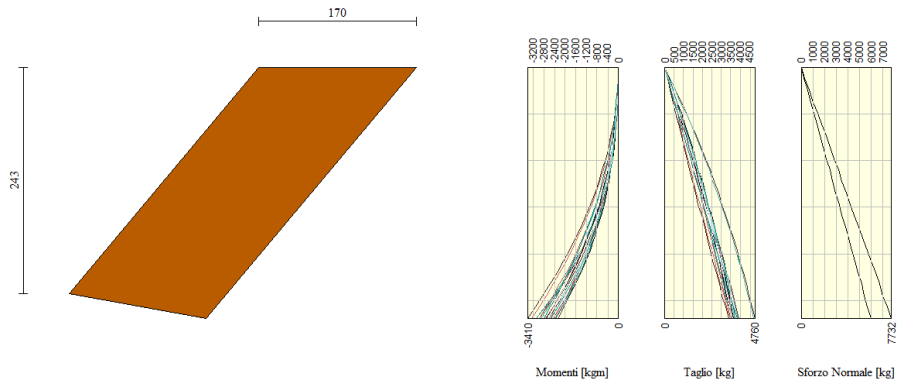
Al paramento, vista la natura dell'opera viene assegnato un peso al mc pari a 1300 kg/mc

In merito alla tipologia di terreno ed alla stratigrafia utilizzata si rimanda alla relazione geologica ed ai tabulati di calcolo.

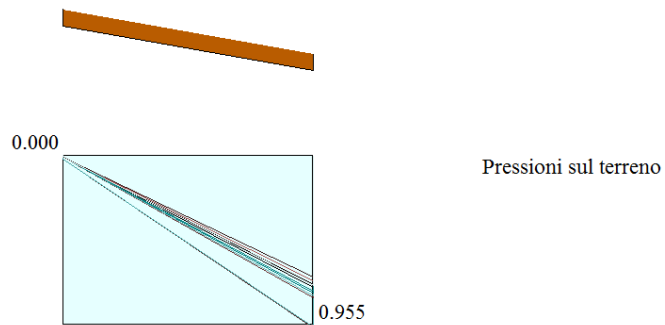


## 6. Risultati di calcolo

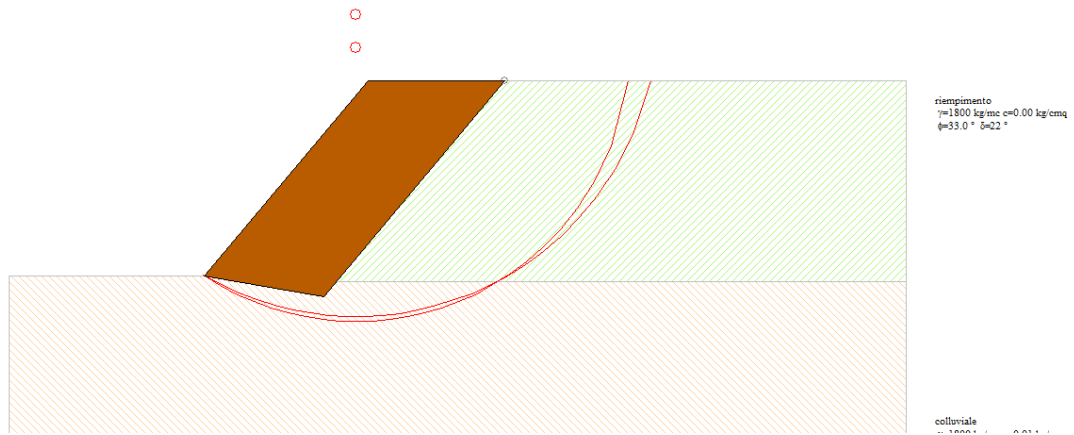
### 6.1 sollecitazioni paramento



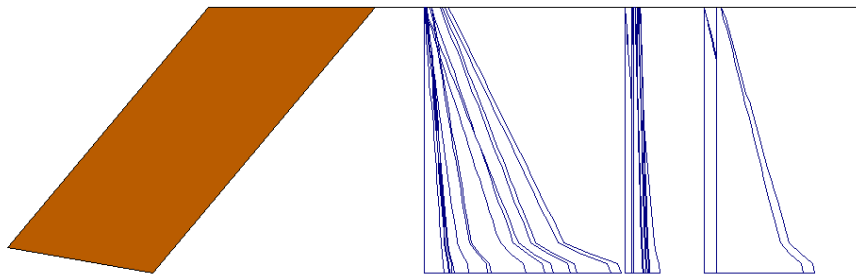
### 6.2 sollecitazioni fondazione



### 6.3 cerchio critico



### 6.4 pressioni inviluppo



## 6.5 sintesi risultati

Risultati Analisi - Comb. 1			
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	9.33	3.21 [35]	IB: 5 - EQU
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	99.99	1.44 [32]	IB: 5 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza a carico limite	1.78	1.68 [24]	IB: 4 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.45	1.11 [37]	IB: 5 - STAB

Dettagli combinazione --> << 1 >> Help

Risultati Analisi - Comb. 2			
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	6.18	3.21 [35]	IB: 5 - EQU
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	99.99	1.44 [32]	IB: 5 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza a carico limite	1.80	1.68 [24]	IB: 4 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.26	1.11 [37]	IB: 5 - STAB

Dettagli combinazione --> << 2 >> Help

Risultati Analisi - Comb. 3			
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	6.46	3.21 [35]	IB: 5 - EQU
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	99.99	1.44 [32]	IB: 5 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza a carico limite	1.80	1.68 [24]	IB: 4 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.28	1.11 [37]	IB: 5 - STAB

Dettagli combinazione --> << 3 >> Help

Risultati Analisi - Comb. 4			
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.54	3.21 [35]	IB: 5 - EQU
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.73	1.44 [32]	IB: 5 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza a carico limite	1.68	1.68 [24]	IB: 4 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.17	1.11 [37]	IB: 5 - STAB

Dettagli combinazione --> << 4 >> Help

Risultati Analisi - Comb. 5			
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.21	3.21 [35]	IB: 5 - EQU
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.44	1.44 [32]	IB: 5 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza a carico limite	1.69	1.68 [24]	IB: 4 - A2-M2
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.11	1.11 [37]	IB: 5 - STAB

Dettagli combinazione --> << 5 >> Help