

**S.S. n.21 "della Maddalena"**

Variante agli abitati di Demonte, Aisone e Vinadio

Lotto 1. Variante di Demonte

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**I PROGETTISTI:**

*ing. Vincenzo Marzi*  
Ordine Ing. di Bari n.3594  
*ing. Achille Devitofranceschi*  
Ordine Ing. di Roma n.19116  
*geol. Flavio Capozucca*  
Ordine Geol. del Lazio n.1599

**RESPONSABILE DEL SIA**

*arch. Giovanni Magarò*  
Ordine Arch. di Roma n.16183

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*geom. Fabio Quondam*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

*ing. Nicolò Canepa*

PROTOCOLLO

DATA

**OPERE D'ARTE MINORI**

Relazione di calcolo muri rotatoria e muro ad U

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T000M00GETRE01_A.DWG		
DPT0005	D	1601	CODICE ELAB. T000M00GETRE01	A	-
C					
B					
A	EMISSIONE		.....		
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

**INDICE**

1	INTRODUZIONE.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	5
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	7
5	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	7
6	MURO DI SOTTOSCARPA DELLA ROTATORIA .....	10
6.1	Analisi dei Carichi .....	10
6.2	Modello di calcolo .....	11
6.3	Verifiche Geotecniche.....	12
6.3.1	Resistenza di progetto dei micropali .....	14
7	MURO DI CONTRORIPA DELLA ROTATORIA .....	17
7.1	Analisi dei Carichi .....	17
7.2	Modello di calcolo .....	18
7.3	Verifiche Geotecniche.....	20
7.3.1	Resistenza di progetto dei micropali .....	21
8	MURO ANDATORE AD U- VIADOTTO CANT .....	24
8.1	Analisi dei Carichi .....	25
8.2	Modello di calcolo .....	26
8.3	Verifiche Geotecniche e Strutturali.....	29
9	ALLEGATO A – TABULATO MURO DI SOTTOSCARPA .....	30
10	ALLEGATO B – TABULATO MURO DI CONTRORIPA.....	55
11	ALLEGATO C – TABULATO MURO ANDATORE.....	78

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo delle opere di sostegno inerenti il Progetto Definitivo della S.S.21 della Maddalena, Variante di Demonte e Vinadio (Aisone) lotto 1°, Variante di Demonte volta ad eliminare la criticità del passaggio dei veicoli all'interno del centro abitato di Demonte.

Nella presente Relazione sono riportate le verifiche geotecniche e strutturali delle opere di sostegno necessarie per l'inserimento della rotatoria Ovest (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) e di un muro andatore ad "U", in prossimità della spalla SpA del viadotto Cant (Figura 1.2)

Nella parte a monte della rotatoria ovest, infatti, si è reso necessario realizzare un'opera di contenimento di altezza variabile, ma che raggiunge nel punto di massima altezza i 9,0 m. L'opera prevista è un muro di controripa fondata su pali di piccolo diametro per tener conto della presenza del Flysch di Demonte costituito da ardesie e scisti con presenza di patine di ossidazione. Per lo scavo provvisorio si prevede l'utilizzo di una paratia di micropali multitirantata.

La scelta di optare per un muro definitivo e non per una paratia con tiranti è stata determinata per evitare ulteriori oneri manutentivi dovuti alla presenza dei tiranti. Il muro è previsto rivestito con pietra locale avente spessore 4 cm.

La presenza della rotatoria determina anche la necessità di realizzare a valle un riempimento di terreno che arriva fino a 15m di altezza a ridosso della spalla SpA del Viadotto Perdioni. Per contenere il piede del rilevato, ed in continuità con la spalla del Viadotto, si è scelto di prevedere la realizzazione di un muro di sottoscarpa con altezza massima di 7,5 m fondato su micropali e rivestito con pietra locale. L'ultima banca, di altezza inferiore a 4,0 m, è prevista in terra rinforzata con pendenza 60°. Gli scavi provvisori per la realizzazione del rilevato a tergo del muro, sono previsti attraverso una gradonatura del terreno in posto di dimensioni 1,5 in orizzontale e 1,0 in verticale.

Infine, per contenere l'ingombro del rilevato a ridosso della spalla A del viadotto Cant e per garantire la viabilità su una strada secondaria, si è reso necessario prevedere un muro ad U di lunghezza 12 m di altezza massima di circa 9,9m. Il muro ha una struttura in continuità con la spalla del viadotto ed è previsto su fondazioni dirette. Il riempimento all'interno è previsto con materiale da rilevato.

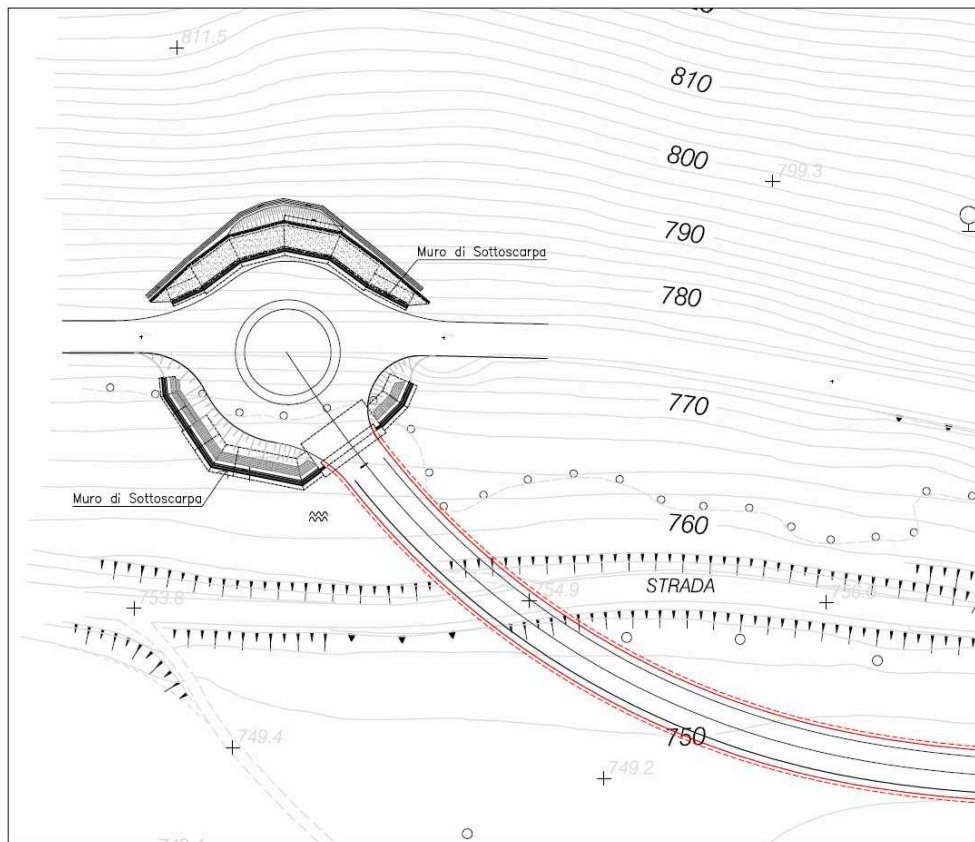


Figura 1.1 – Planimetria ubicazione muri rotatoria

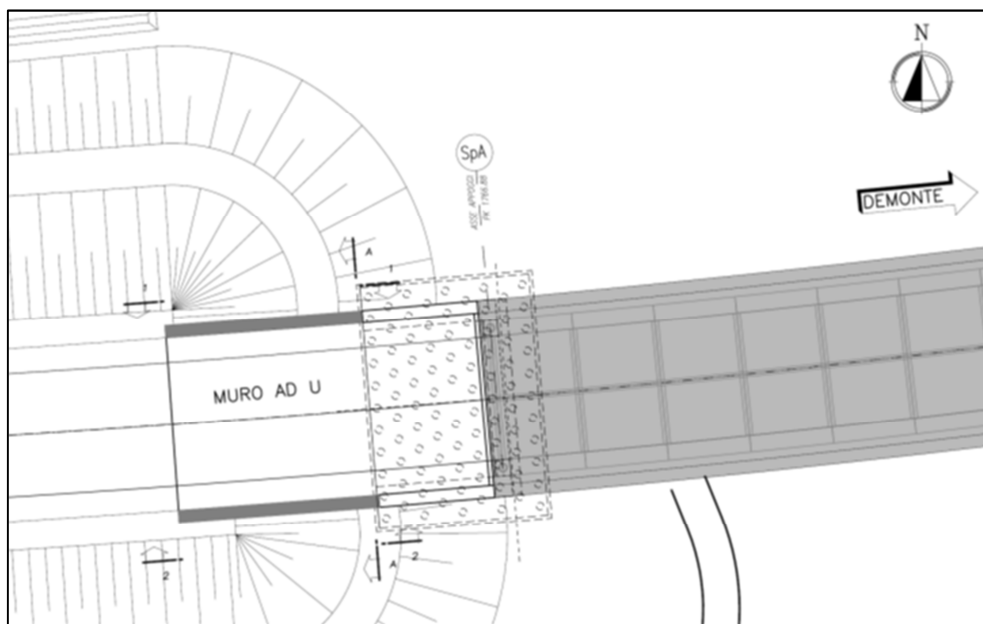


Figura 1.2 – Planimetria ubicazione Muro ad U





## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le normative di riferimento adottate sono:

- ✓ DM 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- ✓ CIRCOLARE n.617 del 02.02.2009 –Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14.01.2008.
- ✓ O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003 e successive modifiche: "Normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica e connessa classificazione del territorio sismico nazionale".
- ✓ O.P.C.M. n. 3316: "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03".
- ✓ UNI EN 206-1 del marzo 2006: "Calcestruzzo – Parte1: specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- ✓ Linee guida Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (07/02/2003) – Calcestruzzo preconfezionato, calcestruzzo strutturale ad alta resistenza, calcestruzzo strutturale.

## 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le opere in progetto si prevede l'impiego dei seguenti materiali:

### Calcestruzzo per opere di sostegno

Classe di resistenza	C25/30 ( $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ )
Rapporto acqua – cemento (a/c)	0.60
Contenuto minimo di cemento	280 kg/m <sup>3</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.9 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.9 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.55 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.785 \text{ N/mm}^2$
Fattore parz. di sicurezza resistenza	$\gamma_c = 1.5$
Coeff. Riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.19 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left[ \frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$$

**Acciaio da c.a. ordinario**

Acciaio B450C

Tensione di rottura nominale

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di snervamento nominale

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

Allungamento a rottura caratteristico

$$(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$$

Coefficiente parziale di sicurezza:

$$\phi_s = 1.15$$

#### 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La tabella seguente riassume i valori operativi dei parametri fisici e meccanici attribuiti ai diversi litotipi a seguito dell'interpretazione delle prove in sito e delle prove di laboratorio. Maggiori dettagli sulla caratterizzazione sono forniti nella Relazione Geotecnica di progetto (cfr. T00GE00GETRE01A).

Litotipo	SIGLA	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ operativo [kPa]	$\varphi'$ operativo [°]
Calcere	C	25	50	37
Detrito Alluvionale	D	19	0	35
Flysch di Demonte	FD	24	20	34
Materiale da rilevato	Ril	19	0	35
Conoide Alluvionale	CO	20	0	38

Tabella 4.1 – Sintesi caratterizzazione Geotecnica dei litotipi: valori operativi

#### 5 METODOLOGIA DI CALCOLO

Tutte le analisi sono state effettuate con riferimento alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche delle costruzioni del 14/01/2008 (NTC) e alle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicate a Febbraio del 2009.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) consistono, in generale, nel verificare il rispetto della condizione:

$$E_d < R_d$$

dove con  $E_d$  si indica il valore di progetto delle azioni, o degli effetti delle azioni, e con  $R_d$  il valore di progetto delle resistenze.

La verifica di tale condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali definiti rispettivamente per la azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Relativamente alle verifiche allo stato limite ultimo SLU (scorrimento sul piano di posa, collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno), è stato seguito l'approccio 1, le cui combinazioni previste sono:

A1 + M1 + R1

A2+ M2 + R2

Infine, le verifiche allo stato limite ultimo di ribaltamento, che non prevedono la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione, sono state trattate come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni (Tabella 6.2.I della NTC2008) e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte (Tabella 6.2.II della NTC2008).

In base al modello geotecnico e sismico si assume che la categoria di suolo per le opere in progetto sia di tipo B come indicato dagli elaborati specifici allegati al progetto.

Le analisi in presenza di sisma possono essere effettuate adottando il metodo pseudo-statico, in cui l'azione sismica è rappresentata da una azione statica equivalente proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno instabile; le componenti orizzontali e verticali di tale forza possono esprimersi come  $F_h = k_h W$  e  $F_v = k_v W$  dove il coefficiente  $k_h$  è legato all'accelerazione di picco dalla relazione:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} = \beta_m \cdot \frac{S_s \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

con

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, si ricava dalla Tabella 7.11.II del NTC;

$S_s$  coefficiente che tiene conto della amplificazione stratigrafica;

$S_T$  coefficiente di amplificazione topografica;

$a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento.

Il coefficiente  $k_v$  è definito pari a  $k_v = \pm 0.5 k_h$ .

In Tabella 5.1 si riportano i valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica:

Stato Limite	$V_N$ (anni)	$C_u$	$V_R$ (anni)	$T_R$ (anni)	$a_g/g$	Cat. Terreno	$S_T$	$F_0$	$S_s$	$a_{\max}$	$\beta_s$	$k_h$	$k_v$
SLV	50	1.5	75	712	0.172	B	1.2	2.472	1.2	2.431	0.24	0.06	0.03

Tabella 5.1 - Riepilogo grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica

Maggiori dettagli sulla caratterizzazione SISMICA sono forniti nella Relazione Sismica di progetto (cfr. T00GE00GETRE02A).

La verifica di stabilità del complesso opera-terreno deve essere effettuata secondo l'approccio 1 combinazione 2: (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali (Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I della NTC).

## 6 MURO DI SOTTOSCARPA DELLA ROTATORIA

Il muro, come detto, di altezza massima di 7,5 m ed in continuità con la spalla del Viadotto, Pedioni, è fondato su micropali disposti a quinconce con maglia 1.00x0.90 m e rivestito con pietra locale. L'ultima banca, di altezza inferiore a 4,0 m, è prevista in terra rinforzata con pendenza 60°.

Le verifiche sono state eseguite assumendo che le azioni agenti lungo il piano di posa del muro in c.a. siano completamente assorbite dai micropali di fondazione.

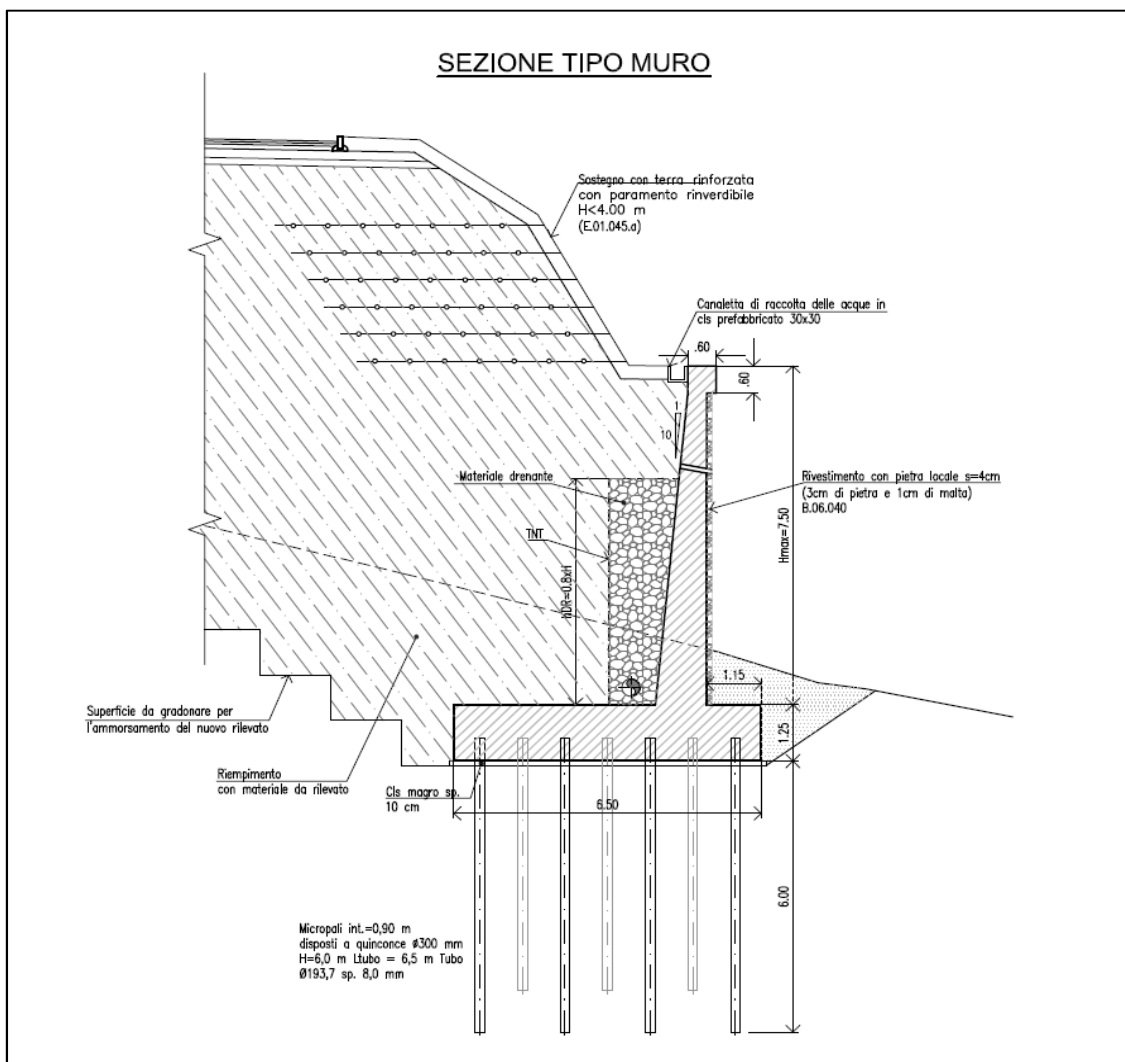


Figura 6.1 – Sezione Tipo muro di Sottoscarpa

### 6.1 Analisi dei Carichi

#### Peso proprio:

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente in funzione della geometria dal programma di calcolo MAX 10 di Aztec Informatica. Si assume un peso specifico per il muro di

sostegno pari a  $25 \text{ kN/m}^3$  Il peso proprio della barriera di sicurezza viene omesso dal calcolo in quanto a favore di sicurezza.

### **Spinta del terreno**

Viene calcolata in automatico dal software di calcolo sulla base della teoria classica di Culmann assumendo i parametri geotecnici riportati nel paragrafo 4.

### **Sovraccarico Permanente**

La presenza della terra armata è stata simulata, all'interno del modello, come uno strato di terreno da rilevato, ma con un valore della coesione molto elevato in modo da escludere superfici di instabilità all'interno della terra armata.

## **6.2 Modello di calcolo**

### **Geometria muro e fondazione**

Altezza del paramento	7,50 [m]
Spessore in sommità	0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,25 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	5,71 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,15 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	4,10 [m]
Lunghezza totale fondazione	6,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,25 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]



### Modello geotecnico e stratigrafia

I calcoli sono stati condotti sulla base dello schema geotecnico riportato in tabella e secondo il modello di Figura 6.2.

Litotipo	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$C'$ operativo [kPa]	$\varphi'$ operativo [°]
Calcere -C-	25	50	37
Materiale da rilevato - Ril-	19	0	35°
Terre Armate	19	1000	35°

Tabella 6.1 – Sintesi caratterizzazione Geotecnica dei litotipi: valori operativi

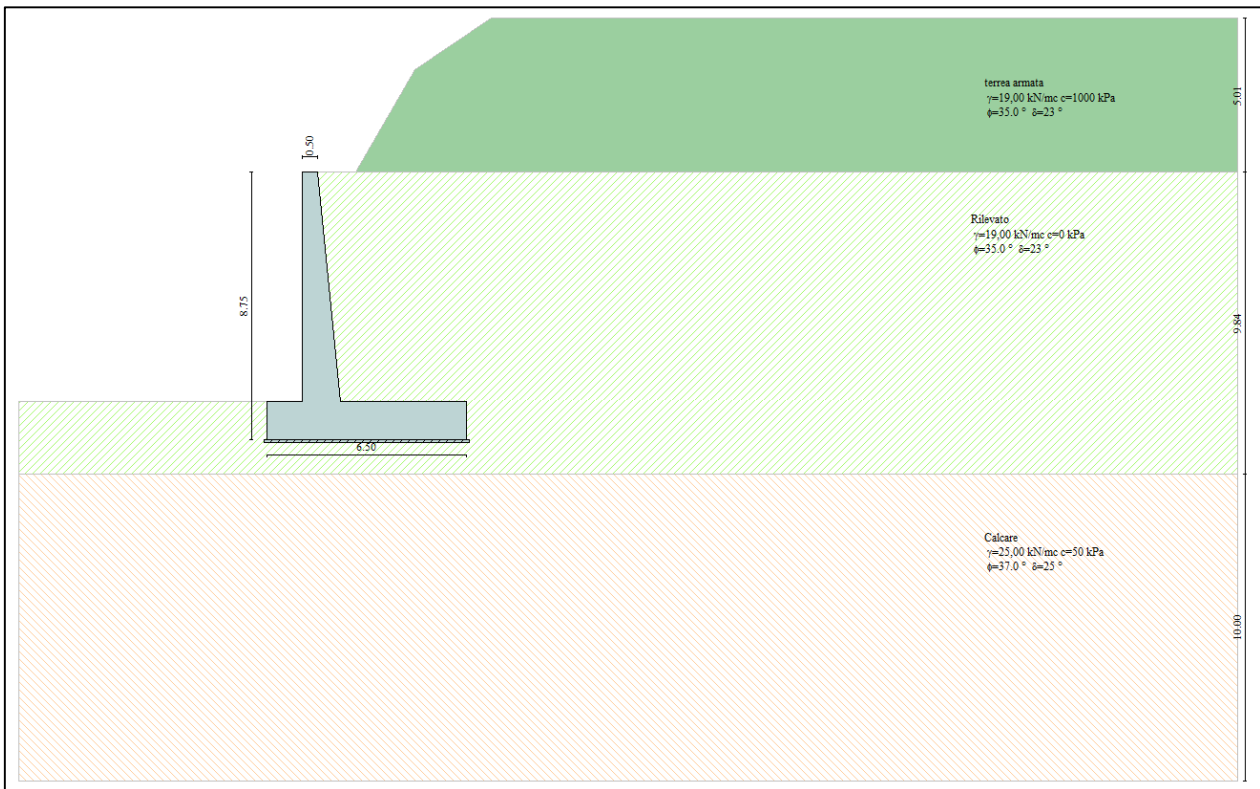


Figura 6.2 – Modello di Calcolo

### 6.3 Verifiche Geotecniche

Per il muro di Sottoscarpa le sollecitazioni agenti all'intradosso del plinto di fondazione sono di seguito riportate (Tabella 6.2). Tali sollecitazioni derivano dall'analisi numerica condotta con il codice di calcolo Aztec.

<b>Combinazione</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	13410	3680	0	0	220
2	16960	3680	0	0	2000
3	15880	3680	0	0	2780
4	14500	3680	0	0	1000
5	12170	4440	0	0	4650
7	16120	4230	0	0	1300
8	14730	4230	0	0	2500
9	13650	4230	0	0	1700
10	17200	4230	0	0	510
11	12420	5170	0	0	7000
13	13520	3830	0	0	2460
14	12740	3650	0	0	2530
15	13720	5190	0	0	7400
16	12930	4950	0	0	7200
19	13700	4230	0	0	3500
20	12910	4030	0	0	3500
21	13910	5730	0	0	9110
22	13110	5450	0	0	8830

Tabella 6.2 – Azioni ad intradosso Fondazione

Una volta determinate le sollecitazioni agenti all'intradosso della fondazione, nota la disposizione geometrica dei pali di fondazione, si può determinare la sollecitazione agente sul singolo palo.

Le caratteristiche della sollecitazione risultanti sul palo più sollecitato sono riportati di seguito (Tabella 6.3):

<b>Sollecitazioni in testa micropalo</b>		
$N_{max}$	$N_{min}$	$T_{max}$
kN	kN	kN
359	50	86

Tabella 6.3 – Sollecitazioni in testa al micropalo

### 6.3.1 Resistenza di progetto dei micropali

Di seguito si riportano i fogli di calcolo con i quali sono state condotte le verifiche di capacità portante e strutturali dei micropali di lunghezza pari a 6,00m.

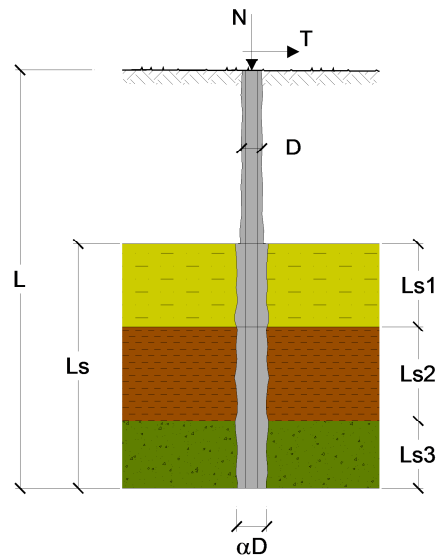
#### CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: Muro

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	360,00	0,00	360,00
T (kN)	86,00	0,00	86,00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_s$ traz
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,45	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,15	1,25
	SISMA	<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,15	1,25
DM88			1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista			1,00	1,00	1,15	1,25

n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	DM88	prog.
$\xi_s$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,80
$\xi_t$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,80

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0,24 (m)  
 Lunghezza del micropalo (L): 6,00 (m)

**Armatura:**

IPE     INP     HEA     HEB     HEM     Tubi     ALTRO  
                   

**ø193,7 x 8,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 4667 (mm<sup>2</sup>)    5000  
 Area a taglio (A<sub>taglio</sub>): (mm<sup>2</sup>)    4000  
 Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 2,016E+07 (mm<sup>4</sup>)    1,00E+07  
 Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 208.109 (mm<sup>3</sup>)    2000000  
 Dimensione Armatura (D<sub>arm</sub>): (mm)    210

Tipo di acciaio

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Coefficiente Parziale Acciaio γ<sub>M</sub>: 1,05  
 Tensione ammissibile dell'acciaio (σ<sub>lim</sub>): 338 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210.000 (N/mm<sup>2</sup>)

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 150,0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA****Capacità portante di fusto**

$$Ql = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore Is <sub>i</sub> (m)	α (-)	Ds <sub>i</sub> = α*D (m)	S <sub>i</sub> media (MPa)	S <sub>i</sub> minima (MPa)	S <sub>i</sub> calcolo (MPa)	Qs <sub>i</sub> (kN)
Alluvioni	1,00	1,30	0,31	0,000	0,000	0,000	0,00
Calcicare	5,00	1,10	0,26	0,250	0,250	0,128	530,29
			0,00			0,000	0,00

$$Ls = 6,00 \quad (m) \quad Ql = 530,29 \quad (kN)$$

**Capacità portante di punta**

$$Qp = \%Punta * Ql \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

$$\% Punta \quad 0\% \quad Qp = 0,00 \quad (kN)$$

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO****COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$$Qlim = Qb + Ql$$

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$$Qlim = 530,29 \quad (kN)$$

$$Fs = 1,47$$

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 29,06 (N/mm<sup>2</sup>) $Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0,5}$   $\eta = Pk / N$  (consigliato  $\eta > 10$ ) $Pk = 22179,18$  (MN)  $\eta = 61,61$ **VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

 $b = 1,208$  (1/m)

Momento Massimo (M):

 $M = 35,61$  (kNm)**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

*Tensioni nel singolo micropalo*

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

 $\sigma_{max} = 248,24$  (N/mm<sup>2</sup>)  $\sigma_{min} = -93,97$  (N/mm<sup>2</sup>) $\tau = 36,85$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

 $\sigma_{id} = 256,32$  (N/mm<sup>2</sup>) **verifica soddisfatta**

## 7 MURO DI CONTRORIPA DELLA ROTATORIA

Il muro di controripa è di altezza massima di 9,0 m. L'opera prevista è un muro di controripa fondata su pali di piccolo diametro.

Il muro è previsto rivestito con pietra locale avente spessore 4 cm.

Le verifiche sono state eseguite assumendo che le azioni agenti lungo il piano di posa del muro in c.a. siano completamente assorbite dai micropali di fondazione.

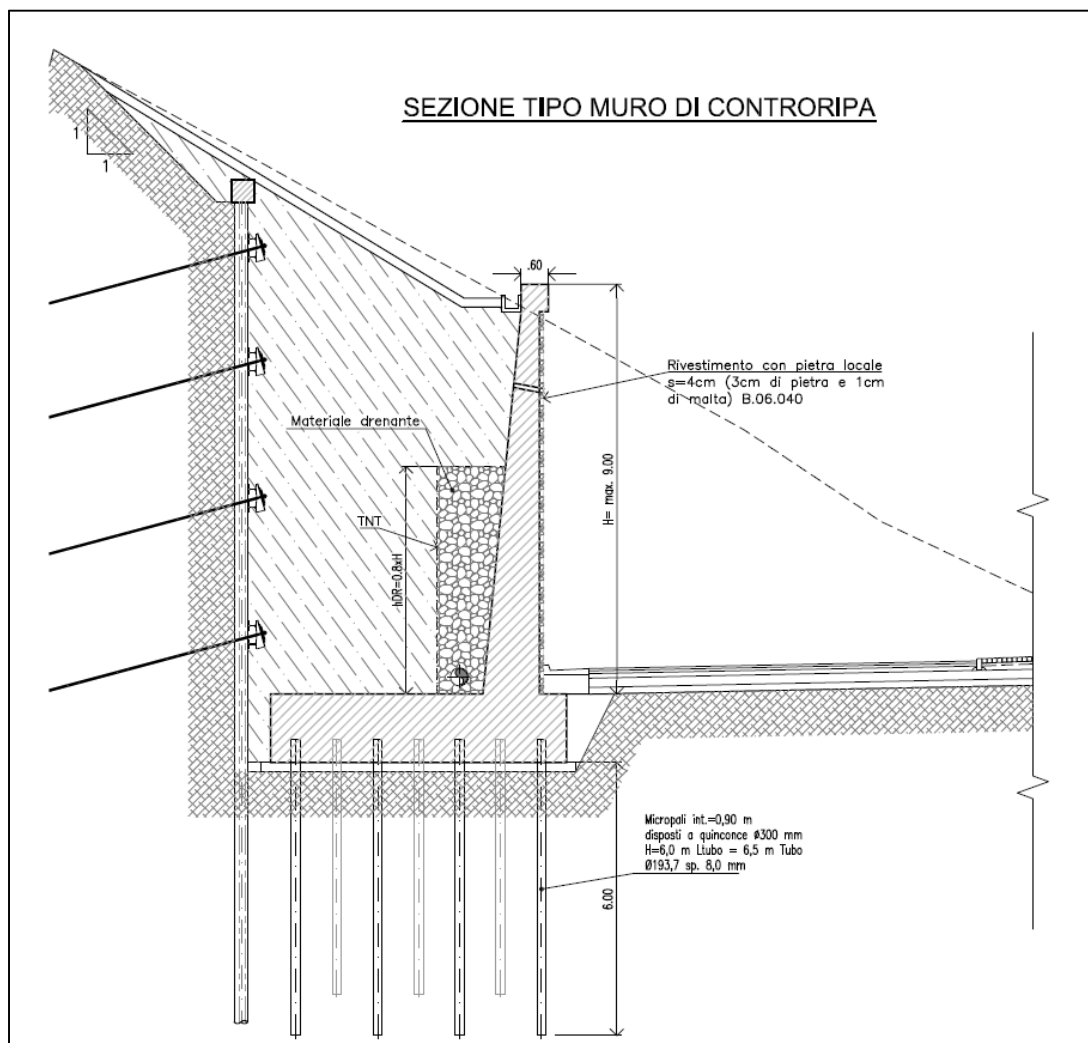


Figura 7.1 – Sezione Tipo muro di Controripa

### 7.1 Analisi dei Carichi

#### Peso proprio:

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente in funzione della geometria dal programma di calcolo MAX 10 di Aztec Informatica. Si assume un peso specifico per il muro di

sostegno pari a  $25 \text{ kN/m}^3$  Il peso proprio della barriera di sicurezza viene omesso dal calcolo in quanto a favore di sicurezza.

### Spinta del terreno

Viene calcolata in automatico dal software di calcolo sulla base della teoria classica di Culmann assumendo i parametri geotecnici riportati nel paragrafo 4 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

## 7.2 Modello di calcolo

### Geometria muro e fondazione

Altezza del paramento	9,00 [m]
Spessore in sommità	0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,50 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	6,35 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3,50 [m]
Lunghezza totale fondazione	6,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,25 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

### Modello geotecnico e stratigrafia

I calcoli sono stati condotti sulla base dello schema geotecnico riportato in tabella e secondo il modello di Figura 7.2

Litotipo	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ operativo [kPa]	$\varphi'$ operativo [°]
Flysch di Demonte -FD-	24	20	34
Materiale da rilevato - Ril-	19	0	35

Tabella 7.1 – Sintesi caratterizzazione Geotecnica dei litotipi: valori operativi

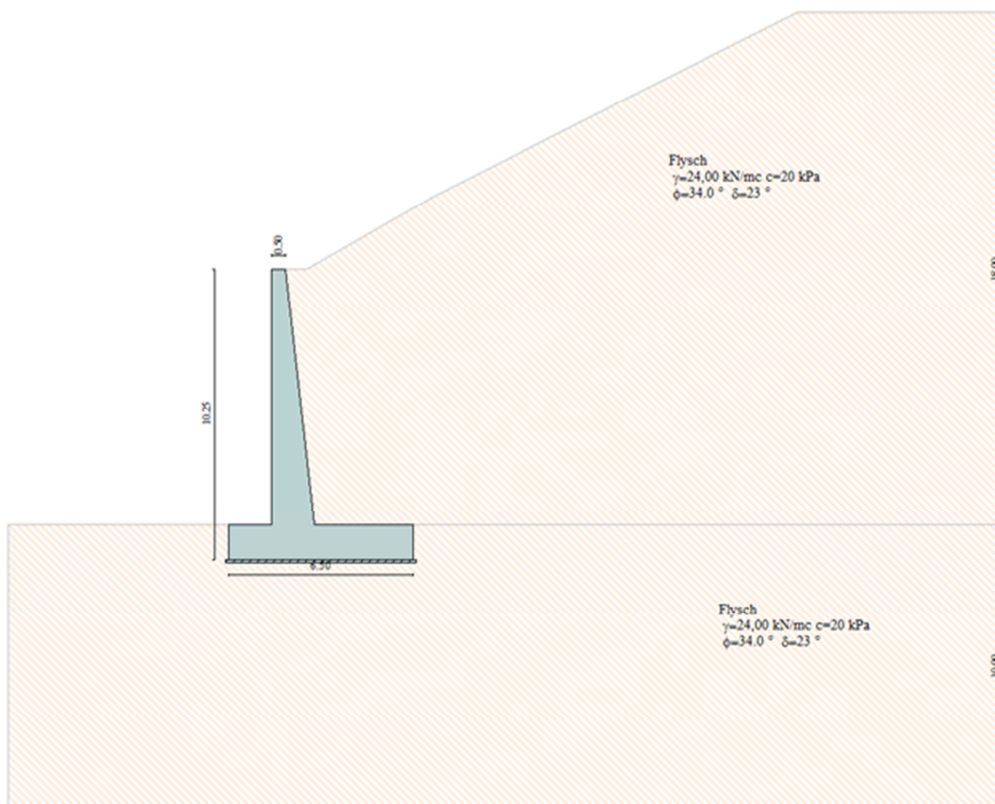


Figura 7.2 – Modello di Calcolo



### 7.3 Verifiche Geotecniche

Per il muro di Controripa le sollecitazioni agenti all'intradosso del plinto di fondazione sono di seguito riportate (Tabella 7.2). Tali sollecitazioni derivano dall'analisi numerica condotta con il codice di calcolo Aztec.

Combinazione	N	Tx	Ty	Mx	My
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	16060	5380	0	0	169
2	15850	6090	0	0	3370
3	14770	6990	0	0	6985
5	15250	5250	0	0	2110
6	16240	5640	0	0	2160
7	16850	8680	0	0	11380
8	15840	8130	0	0	10790
9	15840	8130	0	0	10790
10	16850	8680	0	0	11380

Tabella 7.2 – Azioni ad intradosso Fondazione

Una volta determinate le sollecitazioni agenti all'intradosso della fondazione, nota la disposizione geometrica dei pali di fondazione, si può determinare la sollecitazione agente sul singolo palo.

Le caratteristiche della sollecitazione risultanti sul palo più sollecitato sono riportati di seguito (Tabella 7.3):

Sollecitazioni in testa micropalo		
$N_{max}$	$N_{min}$	$T_{max}$
kN	kN	kN
451	-104	130

Tabella 7.3 – Sollecitazioni in testa al micropalo

### 7.3.1 Resistenza di progetto dei micropali

Di seguito si riportano i fogli di calcolo con i quali sono state condotte le verifiche di capacità portante e strutturali dei micropali di lunghezza pari a 6,00m.

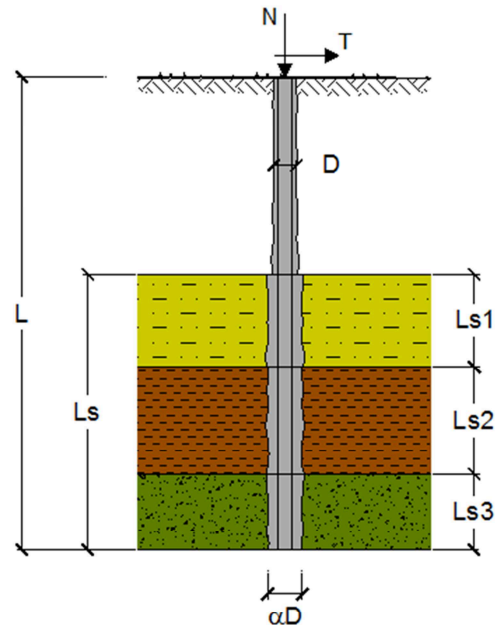
#### CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

**OPERA:** Muro Controripa

#### DATI DI INPUT:

**Sollecitazioni Agenti:**

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
<b>N (kN)</b>	451.00	0.00	451.00
<b>T (kN)</b>	130.00	0.00	130.00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale		
Metodo di calcolo			permanent $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{ traz}}$	
U	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25	
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	DM88	prog.
$\xi_3$	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.80
$\xi_4$	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.80

#### **Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.24 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 6.00 (m)

Progetto Definitivo

Armatura:

IPE     INP     HEA     HEB     HEM     Tubi     ALTRO  
                   

**ø193,7 x 10,0**

Area dell'armatura (Aarm): 5771 (mm<sup>2</sup>)  
 Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 2.442E+07 (mm<sup>4</sup>)  
 Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 252,100 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 355 (Fe 510)

Tensione di snervamento dell'acciaio (fy): 355 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Coefficiente Parziale Acciaio (γM): 1.05  
 Tensione ammissibile dell'acciaio (σlim): 338 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo di elasticità dell'acciaio (Earm): 210,000 (N/mm<sup>2</sup>)

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 150.0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

Capacità portante di fusto

$$QI = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot s_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $s_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qsi$ (kN)
Flysh di Demonte	6.00	1.10	0.26	0.200	0.200	0.102	509.08
			0.00			0.000	0.00
			0.00			0.000	0.00

$Ls = 6.00$  (m)       $QI = 509.08$  (kN)

Capacità portante di punta

$Qp = \%Punta \cdot QI$  (consigliato 10-15%)

$\% Punta = 0\%$        $Qp = 0.00$  (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + QI$$

$Qlim = 509.08$  (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$Fs = 1.13$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. (β) (β = k·D<sub>arm</sub>): 29.06 (N/mm<sup>2</sup>)

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot Earm \cdot Jarm)^{0.5}$$

$$\eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$Pk = 24411.04$  (MN)

$\eta = 54.13$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{K \cdot D}{4 \cdot Earm \cdot Jarm}}$$

$b = 1.151$  (1/m)

Momento Massimo (M):

$M = 56.47$  (kN m)

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/Aarm \pm M/Warm$$

$$\tau = 2 \cdot T/Aarm$$

$\sigma_{max} = 302.15$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{min} = -145.85$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau = 45.05$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$\sigma_{id} = 312.06$  (N/mm<sup>2</sup>)      **verifica soddisfatta**

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 29,06 (N/mm<sup>2</sup>) $Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0.5}$   $\eta = Pk / N$  (consigliato  $\eta > 10$ ) $Pk = 22179,18$  (MN)  $\eta = 54,63$ **VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

 $b = 1,208$  (1/m)

Momento Massimo (M):

 $M = 31,47$  (kNm)**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

*Tensioni nel singolo micropalo*

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

 $\sigma_{max} = 238,20$  (N/mm<sup>2</sup>)  $\sigma_{min} = -64,22$  (N/mm<sup>2</sup>) $\tau = 32,57$  (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

 $\sigma_{id} = 244,79$  (N/mm<sup>2</sup>) **verifica soddisfatta**

## 8 MURO ANDATORE AD U- VIADOTTO CANT

Tale opera si sviluppa per un' estensione planimetrica di 12m ed ha un'altezza di quasi 10 m.

I muri di sostegno in oggetto, adiacenti alle spalle del viadotto Cant, sono muri a mensola con la soletta di fondazione che collega le pareti verticali. L'imposta della fondazione è la stessa della spalla adiacente. Lo studio viene effettuato su una profondità di 1 m.

L'opera è soggetta alle azioni dei veicoli in transito e al terreno da rilevato in esso contenuto. Inoltre, è stata considerata la condizione eccezionale nel caso di urto di veicolo in svio sulla barriera presente in testa al muro stesso.

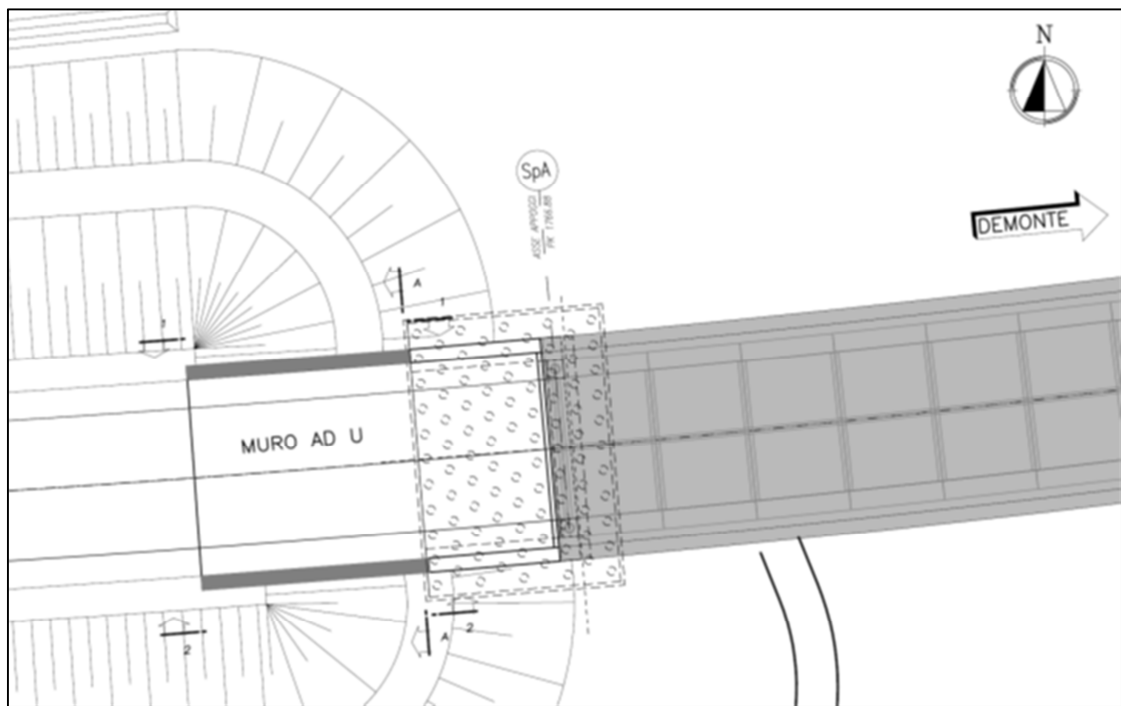


Figura 8.1 – Planimetria ed ubicazione Muro andatore

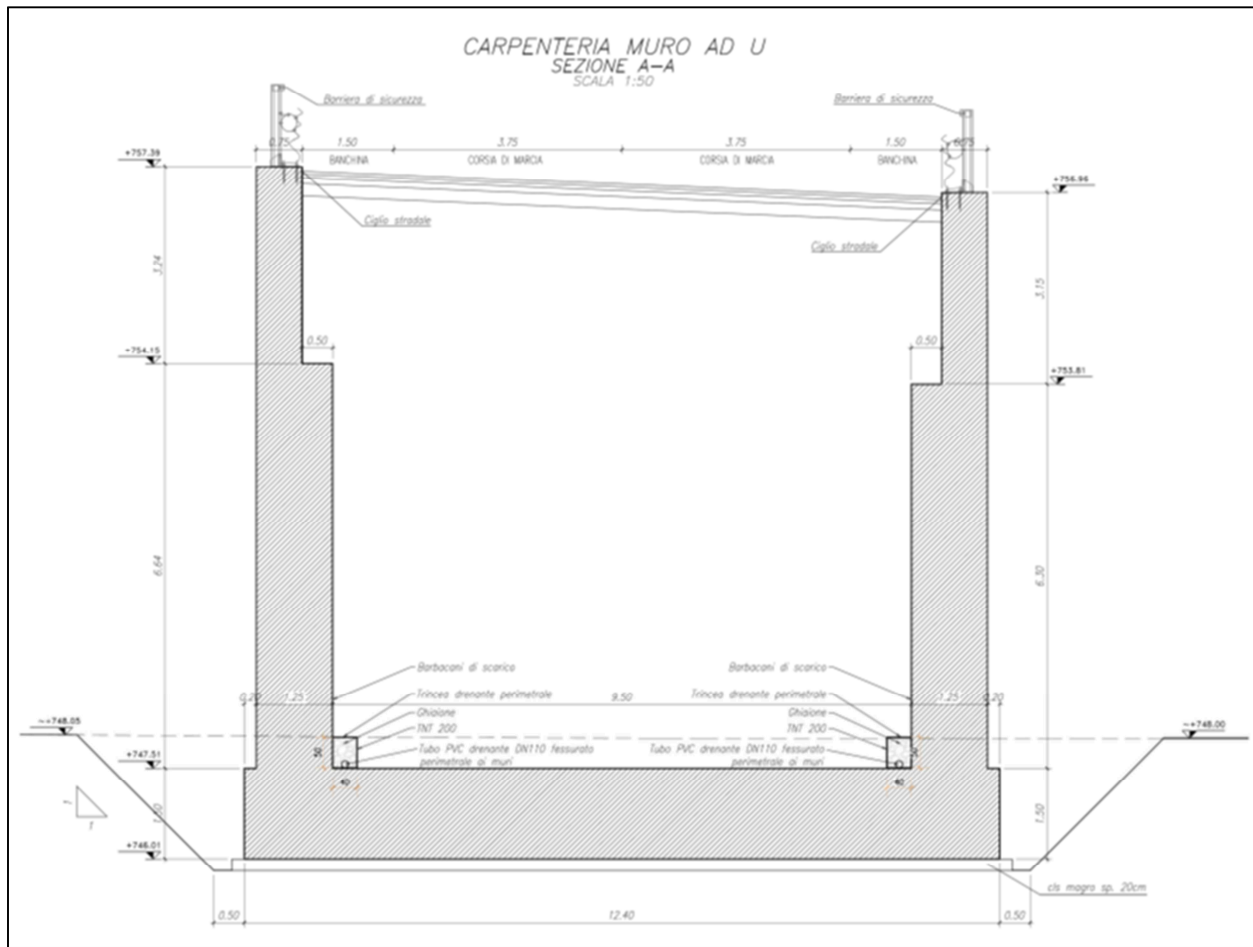


Figura 8.2 – Sezione Muro andatore

## 8.1 Analisi dei Carichi

### Peso proprio:

Il peso proprio della struttura viene calcolato automaticamente in funzione della geometria dal programma di calcolo IS Muri di CDM DOLMEN e omnia IS srl . Si assume un peso specifico per il muro di sostegno pari a  $25 \text{ kN/m}^3$  Il peso proprio della barriera di sicurezza viene omesso dal calcolo in quanto a favore di sicurezza.

### Spinta del terreno

Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELLOTTA "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo.

La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

### **Carichi Variabili**

Carico Nastriforme:

- descrizione = Carichi veicolari
- tipologia = variabili da traffico distribuiti
- estremi ( $x_i; x_f$ ) = 0;1050 cm
- tipo inserimento = sul profilo
- intensità = 0.2 daN/cm<sup>2</sup>

Carico in Testa Muro

In testa al muro è applicata la seguente terna di sollecitazione:

Carico 1:

- descrizione = Urto
- tipologia = eccezionale
- N = 0 daN a modulo
- M = 106000 daN\*cm a modulo
- T = 1060 daN a modulo

Considera come carico principale variabile (per coeff. psi [NTC08 2.5.3 ]) i casi di tipo: variabili da traffico distribuiti

## **8.2 Modello di calcolo**

### **Geometria muro e fondazione**

Altezza del paramento	9,88 [m]
Spessore in sommità	0,75 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,25 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]

## Progetto Definitivo

Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	12,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	4,75 [m]
Lunghezza totale fondazione	6,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,50 [m]

**Modello geotecnico e stratigrafia**

I calcoli sono stati condotti sulla base dello schema geotecnico riportato in tabella e secondo il modello di Figura 8.3

Litotipo	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ operativo [kPa]	$\varphi'$ operativo [°]
Conoide Alluvionale -CO-	20	0	38
Materiale da rilevato - Ril-	19	0	35

Tabella 8.1 – Sintesi caratterizzazione Geotecnica dei litotipi: valori operativi



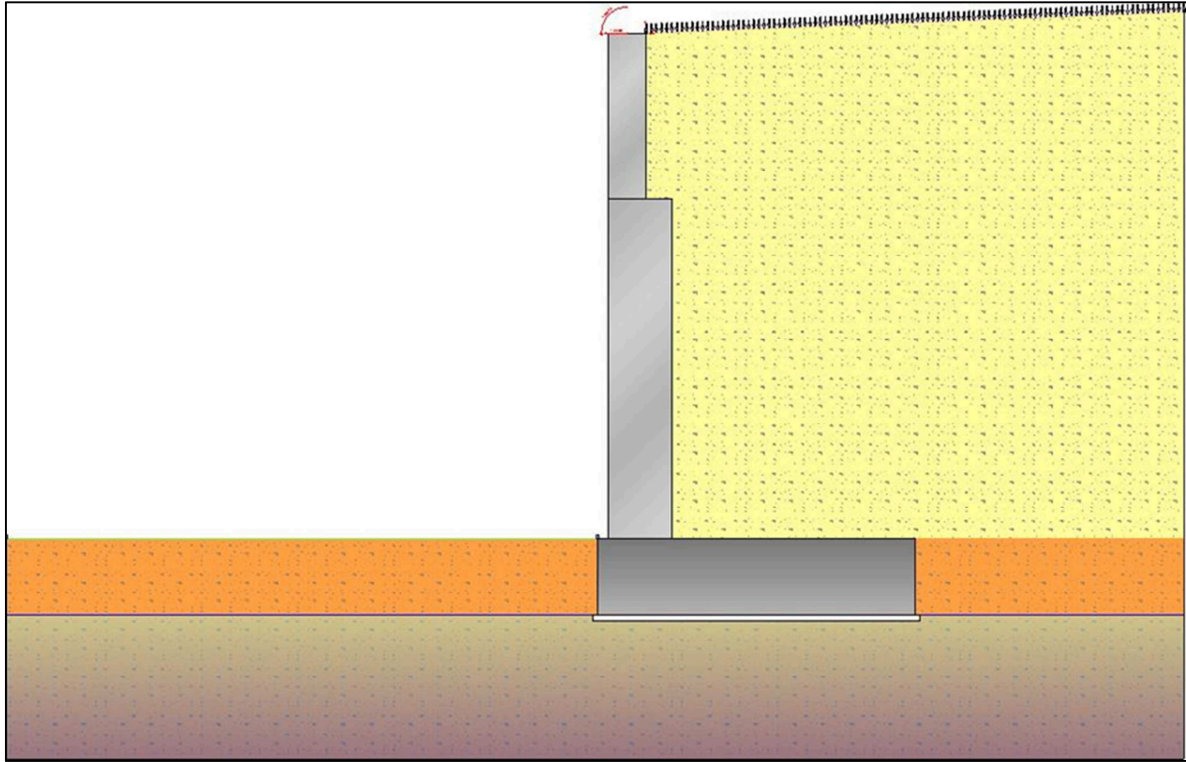


Figura 8.3 – Modello di Calcolo

### 8.3 Verifiche Geotecniche e Strutturali

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto  $R_d/E_d$  o  $C_d/E_d$ ) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0. Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale Fusto(press o-flessione)	FS strutturale Fusto(taglio)	FS strutturale Tensione(cles)	FS strutturale Tensione(acciaio)	FS strutturale apertura Fessure	FS strutturale Fondazione(flessione)	FS strutturale Fondazione(taglio)
1 - STR(SLU)	2.96	2.21	---	---	1.69	1.17	---	---	---	1.59	1.03
2 - GEO(SLU_GEO)	---	---	---	1.33	---	---	---	---	---	---	---
3 - EQU(SLU_EQU)	---	---	Stabile 1.97 (s.max.=3.8 [cm])	---	---	---	---	---	---	---	---
4 - STR_SISMA_SLU(SLU)	3.67	1.9	---	---	2.38	1.59	---	---	---	2.23	1.45
5 - GEO_SISMA_SLU(SLU_GEO)	---	1.38	---	1.37	---	---	---	---	---	---	---
6 - EQU_SISMA_SLU(SLU_EQU)	---	---	Stabile 2.34 (s.max.=2.9 [cm])	---	---	---	---	---	---	---	---
7 - STR_SISMA_GIU(SLU)	3.52	1.92	---	---	2.28	1.52	---	---	---	2.12	1.38
8 - GEO_SISMA_GIU(SLU_GEO)	---	1.4	---	1.38	---	---	---	---	---	---	---
9 - EQU_SISMA_GIU(SLU_EQU)	---	---	Stabile 2.36 (s.max.=3.0 [cm])	---	---	---	---	---	---	---	---
10 - STR_ECCEZIONALE(SLU)	4.4	2.28	---	---	2.49	1.81	---	---	---	2.38	1.56
11 - GEO_ECCEZIONALE(SLU_GEO)	---	---	---	1.38	---	---	---	---	---	---	---
12 - EQU_ECCEZIONALE(SLU_EQU)	---	---	Stabile 2.56 (s.max.=2.7 [cm])	---	---	---	---	---	---	---	---
13 - RARA(RARA)	---	---	---	---	---	---	2.83	2.07	---	---	---
14 - FREQ.(FREQUENTE)	---	---	---	---	---	---	---	---	1.47	---	---
15 - Q.PERM.(QUALI PERM)	---	---	---	---	---	---	2.76	---	1.37	---	---

**Muro Verificato!**

**[Verifiche Superate]**

Tabella 8.2 – Sintesi dei coefficiente di sicurezza

## 9 ALLEGATO A – TABULATO MURO DI SOTTOSCARPA

Progetto: Muro di sostegno  
 Ditta:  
 Comune:  
 Progettista:  
 Direttore dei Lavori:  
 Impresa:

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  $p$  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 parete pari a

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

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

## Progetto Definitivo

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 a ribaltamento

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

Eseguito il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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

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

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

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

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

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

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

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

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

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

## Verifica al carico limite

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

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

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c,i_c} + q N_q d_{q,i_q} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma,i_\gamma}$$

In questa espressione

$c$	coesione del terreno in fondazione;
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione;
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione;
$B$	larghezza della fondazione;
$D$	profondità del piano di posa;
$q$	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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

### Fattori di profondità

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

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

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

### Fattori di inclinazione

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

$$i_c = i_q = (1 - \theta/90)^2$$

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

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

### 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.

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

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

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{esima}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{esima}$  e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ). Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

### Normativa

#### N.T.C. 2008 - Approccio 2

##### 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

#### Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

Progetto Definitivo

$\gamma_{tan\phi}$	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
$\gamma_r$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaassiale delle rocce

**Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	EQU	HYD
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>			M1	M2	M2	M1
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 uniaassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		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>		A1	A2	EQU	HYD
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>			M1	M2	M2	M1
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 uniaassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		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	

**Geometria muro e fondazione**

Descrizione	<b>Muro a mensola in c.a.</b>
Altezza del paramento	7,50 [m]
Spessore in sommità	0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,25 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	5,71 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

## Progetto Definitivo

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,15 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	4,10 [m]
Lunghezza totale fondazione	6,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,25 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	30000 [kPa]
Modulo elastico E	31447048 [kPa]
<i>Acciaio</i>	
Tipo	B450C
Tensione di snervamento $\sigma_{ra}$	449936 [kPa]

## 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	1,25	0,00	0,00
2	3,18	3,34	59,98
3	5,67	5,00	33,69
4	30,00	5,00	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]

## Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

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

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	19,00	19,00	35,00	23,33	0,0	0,0
Calcere	25,00	25,00	37,00	24,67	50,0	0,0
terrea armata	19,00	19,00	35,00	23,33	1000,0	0,0

## Stratigrafia



## Progetto Definitivo

## Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	0,01	0,00	0,00	0,00	terrea armata
2	9,84	0,00	11,25	0,00	Rilevato
3	10,00	0,00	0,00	0,00	Calcare

## 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 [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
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 [kN/m]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

## Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	X <sub>i</sub> =6,00	X <sub>f</sub> =11,00	Q <sub>i</sub> =20,0000	Q <sub>f</sub> =20,0000
---	---------	----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

## 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)

	S/F	γ	ψ	γ*ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

## Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	ψ	γ*ψ
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

## Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	ψ	γ*ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1,00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

## Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	ψ	γ*ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

## Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	ψ	γ*ψ
Peso proprio muro	FAV	0,90	1,00	0,90

## Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1,00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1,00	1,10

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1,00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Condizione 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Condizione 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Condizione 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 11 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0,90	1,00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1,00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1,00	1,10
Condizione 1	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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

Combinazione n° 14 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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

Combinazione n° 15 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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

Combinazione n° 16 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
--	-----	----------	--------	-----------------

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

## Progetto Definitivo

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

Combinazione n° 17 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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

Combinazione n° 18 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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

Combinazione n° 19 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 20 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 21 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 22 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 23 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 24 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 25 - Quasi Permanente (SLE)

	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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 26 - Frequente (SLE)

	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 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

Progetto Definitivo

Combinazione n° 27 - Rara (SLE)

	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 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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  
Armatura ad aderenza migliorata

Ordinarie

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature  
Valori limite delle aperture delle fessure

Poco sensibile

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

E.C. 2

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

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

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N_y$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_y$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

**Impostazioni avanzate**

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

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
$CS_{SCO}$	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
$CS_{RIB}$	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
$CS_{OLIM}$	Coeff. di sicurezza a carico limite
$CS_{STAB}$	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	$CS_{SCO}$	$CS_{RIB}$	$CS_{qlim}$	$CS_{stab}$
1	A1-M1 - [1]	--	1,57	--	6,33	--
2	A1-M1 - [1]	--	1,99	--	5,97	--
3	A1-M1 - [1]	--	1,86	--	5,94	--
4	A1-M1 - [1]	--	1,70	--	6,21	--
5	EQU - [1]	--	--	3,14	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	1,19
7	A1-M1 - [2]	--	1,64	--	5,40	--
8	A1-M1 - [2]	--	1,50	--	5,24	--

## Progetto Definitivo

9	A1-M1 - [2]	--	1,39	--	5,26	--
10	A1-M1 - [2]	--	1,75	--	5,46	--
11	EQU - [2]	--	--	2,71	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	1,15
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,52	--	5,76	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,50	--	6,01	--
15	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,85	--	--
16	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,70	--	--
17	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,13
18	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,12
19	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,40	--	5,04	--
20	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,38	--	5,26	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,61	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,49	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,10
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,09
25	SLEQ - [1]	--	1,81	--	7,28	--
26	SLEF - [1]	--	1,81	--	7,28	--
27	SLER - [1]	--	1,81	--	7,28	--

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

### Sisma

#### **Identificazione del sito**

Latitudine	44.315114
Longitudine	7.295374
Comune	Demonte
Provincia	Cuneo
Regione	Piemonte

Punti di interpolazione del reticolo	16894 - 17116 - 17117 - 16895
--------------------------------------	-------------------------------

#### **Tipo di opera**

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni

#### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo $a_g$	1.69 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 5.95$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.97$

#### **Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo $a_g$	0.66 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.75$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.88$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
------------------------------------	--------------------------------

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Peso muro	360,0937 [kN]
Baricentro del muro	X=0,87 Y=-6,41

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 4,85 Y = -8,75
Punto superiore superficie di spinta	X = 4,85 Y = 4,45
Altezza della superficie di spinta	13,20 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

## Progetto Definitivo

**COMBINAZIONE n° 19****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	341,5417	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	313,6091	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	135,2778	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4,85	[m]	Y = -5,21	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	70,13	[°]		

Incremento sismico della spinta	43,0045	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4,85	[m]	Y = -5,21	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	69,44	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	822,5676	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,82	[m]	Y = -2,45	[m]
Inerzia del muro	21,4137	[kN]		
Inerzia verticale del muro	10,7068	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	48,9156	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	24,4578	[kN]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	423,4258	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1370,1369	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1370,1369	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	423,4258	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,26	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]		
Risultante in fondazione	1434,0727	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,17	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	349,7337	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	6912,2748	[kN]		

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	260,46	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	161,12	[kPa]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,65$	$i_q = 0,65$	$i_\gamma = 0,26$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,04$	$d_\gamma = 1,04$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 32.43$	$N'_q = 22.61$	$N'_\gamma = 9.99$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.40
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.04

## Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 19

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,38	4,7688	1,3007	7,8355
3	0,75	9,8811	6,3851	18,7147
4	1,13	15,3371	15,8143	30,4407
5	1,50	21,1368	29,8902	42,9288
6	1,88	27,2801	48,8901	56,0494
7	2,25	33,7669	72,9018	68,7703
8	2,63	40,5975	101,5405	79,9769
9	3,00	47,7716	134,2394	89,7844
10	3,38	55,2894	170,5532	98,5799
11	3,75	63,1508	210,1742	106,6917
12	4,13	71,3558	252,8868	114,2677
13	4,50	79,9045	298,5042	121,3851
14	4,88	88,7968	346,9048	128,2379
15	5,25	98,0327	397,9956	134,8294
16	5,63	107,6123	451,7029	141,2472
17	6,00	117,5354	507,9564	147,4388
18	6,38	127,8022	566,7033	153,5630
19	6,75	138,4127	627,9619	159,7873
20	7,13	149,3667	691,7292	165,7514
21	7,50	160,6644	757,8200	171,0869

## Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 19

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,11	1,5157	26,3271
3	0,23	6,0475	52,4522
4	0,34	13,5720	78,3751
5	0,46	24,0660	104,0959
6	0,57	37,5063	129,6147
7	0,69	53,8696	154,9313
8	0,80	73,1328	180,0458
9	0,92	95,2724	204,9582
10	1,03	120,2654	229,6685
11	1,15	148,0884	254,1767

## Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 19

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,41	-7,8012	-37,2715

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori



Progetto Definitivo

3	0,82	-29,9206	-69,8449
4	1,23	-64,4319	-97,7201
5	1,64	-109,4090	-120,8971
6	2,05	-162,7406	-137,9166
7	2,46	-221,3942	-146,8489
8	2,87	-282,0502	-147,6851
9	3,28	-341,3895	-140,4251
10	3,69	-396,0964	-125,2022
11	4,10	-443,5246	-105,7268

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 19

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

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
N <sub>u</sub>	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

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	1,00, 0,50	0,001608	0,002011	0,00	0,00	1000,00	191,72	--	--
2	0,38	1,00, 0,54	0,003820	0,002011	3567,23	-972,99	748,04	265,90	--	--
3	0,75	1,00, 0,58	0,003820	0,002011	1639,99	-1059,75	165,97	275,78	--	--
4	1,13	1,00, 0,61	0,003820	0,002011	1007,42	-1038,76	65,68	285,47	--	--
5	1,50	1,00, 0,65	0,003820	0,002011	741,62	-1048,75	35,09	294,99	--	--
6	1,88	1,00, 0,69	0,003820	0,002011	603,61	-1081,76	22,13	304,35	--	--
7	2,25	1,00, 0,73	0,003820	0,002011	521,05	-1124,93	15,43	313,58	--	--
8	2,63	1,00, 0,76	0,003820	0,002011	469,42	-1174,09	11,56	322,69	--	--
9	3,00	1,00, 0,80	0,003820	0,002011	436,70	-1227,14	9,14	331,69	--	--
10	3,38	1,00, 0,84	0,003820	0,002011	415,88	-1282,88	7,52	340,59	--	--
11	3,75	1,00, 0,88	0,003820	0,002011	402,78	-1340,50	6,38	349,40	--	--
12	4,13	1,00, 0,91	0,003820	0,002011	394,90	-1399,52	5,53	358,14	--	--
13	4,50	1,00, 0,95	0,003820	0,002011	390,72	-1459,65	4,89	366,80	--	--
14	4,88	1,00, 0,99	0,003820	0,002011	389,25	-1520,68	4,38	375,40	--	--
15	5,25	1,00, 1,03	0,003820	0,002011	389,79	-1582,47	3,98	383,95	--	--
16	5,63	1,00, 1,06	0,003820	0,002011	391,88	-1644,93	3,64	392,44	--	--
17	6,00	1,00, 1,10	0,003820	0,002011	395,21	-1708,00	3,36	400,89	--	--
18	6,38	1,00, 1,14	0,003820	0,002011	399,54	-1771,64	3,13	409,29	--	--
19	6,75	1,00, 1,18	0,003820	0,002011	404,63	-1835,78	2,92	417,66	--	--
20	7,13	1,00, 1,21	0,003820	0,002011	410,36	-1900,39	2,75	426,00	--	--
21	7,50	1,00, 1,25	0,003820	0,002011	416,71	-1965,52	2,59	434,31	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 19

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [mq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [mq]
N <sub>u</sub>	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

## Progetto Definitivo

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	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	0,00	1000,00	361,98	--	--
2	0,11	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	799,38	361,98	--	--
3	0,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	200,36	361,98	--	--
4	0,34	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	89,28	361,98	--	--
5	0,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	50,35	361,98	--	--
6	0,57	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	32,31	361,98	--	--
7	0,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	22,49	361,98	--	--
8	0,80	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	16,57	361,98	--	--
9	0,92	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	12,72	361,98	--	--
10	1,03	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	10,07	361,98	--	--
11	1,15	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	8,18	361,98	--	--

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	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	0,00	1000,00	361,98	--	--
2	0,41	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	155,32	361,98	--	--
3	0,82	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	40,50	361,98	--	--
4	1,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	18,81	361,98	--	--
5	1,64	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	11,07	361,98	--	--
6	2,05	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	7,45	361,98	--	--
7	2,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	5,47	361,98	--	--
8	2,87	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	4,30	361,98	--	--
9	3,28	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	3,55	361,98	--	--
10	3,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	3,06	361,98	--	--
11	4,10	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	2,73	361,98	--	--

COMBINAZIONE n° 20

Valore della spinta statica	341,5417	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	313,6091	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	135,2778	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4,85	[m]	Y = -5,21	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	70,13	[°]		
Incremento sismico della spinta	20,9757	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4,85	[m]	Y = -5,21	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	69,57	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	822,5676	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,82	[m]	Y = -2,45	[m]
Inerzia del muro	21,4137	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-10,7068	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	48,9156	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-24,4578	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	403,1986	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1291,0824	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1291,0824	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	403,1986	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,27	[m]
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Risultante in fondazione	1352,5764	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,34	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	350,5826	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	6789,9205	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	248,41	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	148,84	[kPa]

## Progetto Definitivo

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,65$	$i_q = 0,65$	$i_\gamma = 0,25$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,04$	$d_\gamma = 1,04$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 32.28$	$N'_q = 22.50$	$N'_\gamma = 9.80$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.38
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.26
<b>Sollecitazioni paramento</b>	

Combinazione n° 20

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 kNm  
 Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
 Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,38	4,7688	1,2342	7,4182
3	0,75	9,8811	6,0542	17,7129
4	1,13	15,3371	14,9908	28,8088
5	1,50	21,1368	28,3302	40,6259
6	1,88	27,2801	46,3351	53,0416
7	2,25	33,7669	69,0892	65,0808
8	2,63	40,5975	96,2297	75,6905
9	3,00	47,7716	127,2219	84,9797
10	3,38	55,2894	161,6459	93,3138
11	3,75	63,1508	199,2119	101,0031
12	4,13	71,3558	239,7168	108,1874
13	4,50	79,9045	282,9851	114,9396
14	4,88	88,7968	328,9027	121,4429
15	5,25	98,0327	377,3823	127,7005
16	5,63	107,6123	428,3553	133,7951
17	6,00	117,5354	481,7558	139,6771
18	6,38	127,8022	537,5350	145,4967
19	6,75	138,4127	595,7108	151,4118
20	7,13	149,3667	656,2812	157,0823
21	7,50	160,6644	719,0720	162,1601

## Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 20

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,11	1,4361	24,9421
3	0,23	5,7289	49,6816
4	0,34	12,8551	74,2185
5	0,46	22,7914	98,5528
6	0,57	35,5145	122,6846
7	0,69	51,0011	146,6137
8	0,80	69,2279	170,3402
9	0,92	90,1716	193,8642
10	1,03	113,8089	217,1855
11	1,15	140,1165	240,3043

## Progetto Definitivo

## Sollecitazioni fondazione di monte

## Combinazione n° 20

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,41	-8,8331	-42,3044
3	0,82	-34,0466	-79,9043
4	1,23	-73,7117	-112,7999
5	1,64	-125,8996	-140,9910
6	2,05	-188,4966	-163,0183
7	2,46	-258,4674	-176,9523
8	2,87	-332,4902	-182,7839
9	3,28	-407,2429	-180,5131
10	3,69	-479,4076	-170,2731
11	4,10	-546,3353	-155,7745

## Armature e tensioni nei materiali del muro

## Combinazione n° 20

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

B base della sezione espressa in [m]  
H altezza della sezione espressa in [m]  
A<sub>ts</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]  
A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]  
N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kN]  
M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kNm]  
CS coefficiente sicurezza sezione  
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]  
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]  
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A <sub>ts</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	1,00, 0,50	0,001608	0,002011	0,00	0,00	1000,00	191,72	--	--
2	0,38	1,00, 0,54	0,003820	0,002011	3694,91	-956,27	774,82	265,90	--	--
3	0,75	1,00, 0,58	0,003820	0,002011	1753,65	-1074,46	177,47	275,78	--	--
4	1,13	1,00, 0,61	0,003820	0,002011	1078,59	-1054,23	70,33	285,47	--	--
5	1,50	1,00, 0,65	0,003820	0,002011	791,12	-1060,36	37,43	294,99	--	--
6	1,88	1,00, 0,69	0,003820	0,002011	642,68	-1091,59	23,56	304,35	--	--
7	2,25	1,00, 0,73	0,003820	0,002011	554,15	-1133,82	16,41	313,58	--	--
8	2,63	1,00, 0,76	0,003820	0,002011	498,88	-1182,51	12,29	322,69	--	--
9	3,00	1,00, 0,80	0,003820	0,002011	463,87	-1235,36	9,71	331,69	--	--
10	3,38	1,00, 0,84	0,003820	0,002011	441,61	-1291,09	7,99	340,59	--	--
11	3,75	1,00, 0,88	0,003820	0,002011	427,59	-1348,84	6,77	349,40	--	--
12	4,13	1,00, 0,91	0,003820	0,002011	419,14	-1408,08	5,87	358,14	--	--
13	4,50	1,00, 0,95	0,003820	0,002011	414,65	-1468,49	5,19	366,80	--	--
14	4,88	1,00, 0,99	0,003820	0,002011	413,03	-1529,87	4,65	375,40	--	--
15	5,25	1,00, 1,03	0,003820	0,002011	413,57	-1592,05	4,22	383,95	--	--
16	5,63	1,00, 1,06	0,003820	0,002011	415,76	-1654,95	3,86	392,44	--	--
17	6,00	1,00, 1,10	0,003820	0,002011	419,27	-1718,50	3,57	400,89	--	--
18	6,38	1,00, 1,14	0,003820	0,002011	423,83	-1782,64	3,32	409,29	--	--
19	6,75	1,00, 1,18	0,003820	0,002011	429,22	-1847,32	3,10	417,66	--	--
20	7,13	1,00, 1,21	0,003820	0,002011	435,28	-1912,51	2,91	426,00	--	--
21	7,50	1,00, 1,25	0,003820	0,002011	442,00	-1978,24	2,75	434,31	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Progetto Definitivo

Combinazione n° 20

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [mq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [mq]
N <sub>u</sub>	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

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	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	0,00	1000,00	361,98	--	--
2	0,11	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	843,71	361,98	--	--
3	0,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	211,50	361,98	--	--
4	0,34	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	94,25	361,98	--	--
5	0,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	53,16	361,98	--	--
6	0,57	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	34,12	361,98	--	--
7	0,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	23,76	361,98	--	--
8	0,80	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	17,50	361,98	--	--
9	0,92	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	13,44	361,98	--	--
10	1,03	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	10,65	361,98	--	--
11	1,15	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	8,65	361,98	--	--

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	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	0,00	1000,00	361,98	--	--
2	0,41	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	137,17	361,98	--	--
3	0,82	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	35,59	361,98	--	--
4	1,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	16,44	361,98	--	--
5	1,64	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	9,62	361,98	--	--
6	2,05	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	6,43	361,98	--	--
7	2,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	4,69	361,98	--	--
8	2,87	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	3,64	361,98	--	--
9	3,28	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	2,98	361,98	--	--
10	3,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	2,53	361,98	--	--
11	4,10	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	2,22	361,98	--	--

COMBINAZIONE n° 22

Valore della spinta statica	477,4950	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	451,3748	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	155,7633	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4,85	[m]	Y = -5,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	65,87	[°]		
Incremento sismico della spinta	25,1585	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4,85	[m]	Y = -5,01	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	65,87	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	822,5676	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,82	[m]	Y = -2,45	[m]
Inerzia del muro	21,4137	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-10,7068	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	48,9156	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-24,4578	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	545,4865	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1311,4669	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	2270,7878	[kNm]

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

Progetto Definitivo

Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	5649,4698	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1311,4669	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	545,4865	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,67	[m]
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Risultante in fondazione	1420,3876	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22,58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	883,5853	[kNm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.49
--	------

## 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 [kNm]  
 Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]  
 Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

## Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,38	4,7688	6,1994	1,2342	1,5242	7,4182	9,1930
3	0,75	9,8811	12,8455	6,0542	7,5173	17,7129	22,0050
4	1,13	15,3371	19,9383	14,9908	18,6329	28,8088	35,7864
5	1,50	21,1368	27,4778	28,3302	35,2211	40,6259	50,4551
6	1,88	27,2801	35,4641	46,3351	57,6039	53,0416	65,8409
7	2,25	33,7669	43,8970	69,0892	85,8649	65,0808	80,6759
8	2,63	40,5975	52,7767	96,2297	119,5214	75,6905	93,6590
9	3,00	47,7716	62,1031	127,2219	157,8874	84,9797	104,9550
10	3,38	55,2894	71,8762	161,6459	200,4250	93,3138	115,0207
11	3,75	63,1508	82,0961	199,2119	246,7586	101,0031	124,2455
12	4,13	71,3558	92,7626	239,7168	296,6220	108,1874	132,8041
13	4,50	79,9045	103,8759	282,9851	349,7825	114,9396	140,7873
14	4,88	88,7968	115,4358	328,9027	406,0856	121,4429	148,4281
15	5,25	98,0327	127,4425	377,3823	465,4106	127,7005	155,7296
16	5,63	107,6123	139,8959	428,3553	527,6604	133,7951	162,7972
17	6,00	117,5354	152,7961	481,7558	592,7413	139,6771	169,5671
18	6,38	127,8022	166,1429	537,5350	660,5811	145,4967	176,2310
19	6,75	138,4127	179,9365	595,7108	731,1931	151,4118	182,9906
20	7,13	149,3667	194,1768	656,2812	804,5648	157,0823	189,4113
21	7,50	160,6644	208,8638	719,0720	880,4644	162,1601	195,0489

## Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,38	4,7688	4,7688	1,1623	1,1623	7,0132	7,0132
3	0,75	9,8811	9,8811	5,7427	5,7427	16,8340	16,8340
4	1,13	15,3371	15,3371	14,2556	14,2556	27,4222	27,4222
5	1,50	21,1368	21,1368	26,9747	26,9747	38,6991	38,6991
6	1,88	27,2801	27,2801	44,1510	44,1510	50,5445	50,5445
7	2,25	33,7669	33,7669	65,8592	65,8592	61,9997	61,9997
8	2,63	40,5975	40,5975	91,7354	91,7354	72,0297	72,0297
9	3,00	47,7716	47,7716	121,2466	121,2466	80,7414	80,7414
10	3,38	55,2894	55,2894	153,9726	153,9726	88,4943	88,4943
11	3,75	63,1508	63,1508	189,6208	189,6208	95,5933	95,5933
12	4,13	71,3558	71,3558	227,9846	227,9846	102,1758	102,1758
13	4,50	79,9045	79,9045	268,8838	268,8838	108,3133	108,3133
14	4,88	88,7968	88,7968	312,1988	312,1988	114,1862	114,1862
15	5,25	98,0327	98,0327	357,8365	357,8365	119,7974	119,7974
16	5,63	107,6123	107,6123	405,7219	405,7219	125,2284	125,2284
17	6,00	117,5354	117,5354	455,7829	455,7829	130,4303	130,4303
18	6,38	127,8022	127,8022	507,9641	507,9641	135,5507	135,5507
19	6,75	138,4127	138,4127	562,2756	562,2756	140,7450	140,7450
20	7,13	149,3667	149,3667	618,7081	618,7081	145,6786	145,6786
21	7,50	160,6644	160,6644	677,0829	677,0829	150,0097	150,0097

## Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

## Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

## Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

Progetto Definitivo

2	0,11	1,1544	1,5157	20,1026	26,3271
3	0,23	4,6298	6,0475	40,3663	52,4522
4	0,34	10,4448	13,5720	60,7912	78,3751
5	0,46	18,6179	24,0660	81,3774	104,0959
6	0,57	29,1678	37,5063	102,1247	129,6147
7	0,69	42,1128	53,8696	123,0331	154,9313
8	0,80	57,4716	73,1328	143,6855	180,0458
9	0,92	75,2626	95,2724	164,1611	204,9582
10	1,03	95,5045	120,2654	184,6239	229,6685
11	1,15	118,0396	148,0884	205,0740	254,1767

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,11	1,0723	1,0723	18,6558	18,6558
3	0,23	4,2924	4,2924	37,3527	37,3527
4	0,34	9,6650	9,6650	56,0904	56,0904
5	0,46	17,1948	17,1948	74,8692	74,8692
6	0,57	26,8865	26,8865	93,6889	93,6889
7	0,69	38,7448	38,7448	112,5496	112,5496
8	0,80	52,7745	52,7745	131,4512	131,4512
9	0,92	68,9801	68,9801	150,3938	150,3938
10	1,03	87,3666	87,3666	169,3774	169,3774
11	1,15	107,9385	107,9385	188,4019	188,4019

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,41	-11,7731	-3,4745	-56,6632	-16,8288
3	0,82	-45,8353	-13,7013	-108,7276	-32,9383
4	1,23	-100,3012	-30,3856	-156,1930	-48,3285
5	1,64	-173,2850	-53,2324	-199,0595	-62,9994
6	2,05	-262,6611	-81,7065	-235,4298	-75,0538
7	2,46	-365,1053	-114,0746	-263,9198	-80,8589
8	2,87	-476,9212	-148,2307	-284,4865	-80,4346
9	3,28	-594,4120	-182,0689	-296,6167	-74,2936
10	3,69	-716,9978	-210,3767	-300,4837	-62,6091
11	4,10	-840,3264	-233,4534	-300,9112	-50,2049

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,41	-3,6667	-3,6667	-17,6182	-17,6182
3	0,82	-14,2271	-14,2271	-33,6278	-33,6278
4	1,23	-31,0216	-31,0216	-48,0288	-48,0288
5	1,64	-53,3908	-53,3908	-60,8212	-60,8212
6	2,05	-80,4903	-80,4903	-70,5457	-70,5457
7	2,46	-110,5541	-110,5541	-75,2726	-75,2726
8	2,87	-141,5296	-141,5296	-74,9929	-74,9929
9	3,28	-171,3641	-171,3641	-69,7067	-69,7067
10	3,69	-198,0089	-198,0089	-59,5471	-59,5471
11	4,10	-220,0843	-220,0843	-48,2247	-48,2247

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

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U



Progetto Definitivo

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [mq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [mq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]
N <sub>u</sub>	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

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	1,00, 0,50	0,001608	0,002011	0,00	0,00	1000,00	191,72	--	--
2	0,38	1,00, 0,54	0,003820	0,002011	3194,75	-939,66	616,47	265,90	--	--
3	0,75	1,00, 0,58	0,003820	0,002011	1354,17	-1022,75	137,05	275,78	--	--
4	1,13	1,00, 0,61	0,003820	0,002011	828,61	-999,89	54,03	285,47	--	--
5	1,50	1,00, 0,65	0,003820	0,002011	615,63	-1019,20	29,13	294,99	--	--
6	1,88	1,00, 0,69	0,003820	0,002011	503,57	-1056,58	18,46	304,35	--	--
7	2,25	1,00, 0,73	0,003820	0,002011	436,14	-1102,11	12,92	313,58	--	--
8	2,63	1,00, 0,76	0,003820	0,002011	393,93	-1152,52	9,70	322,69	--	--
9	3,00	1,00, 0,80	0,003820	0,002011	367,25	-1206,12	7,69	331,69	--	--
10	3,38	1,00, 0,84	0,003820	0,002011	350,37	-1261,96	6,34	340,59	--	--
11	3,75	1,00, 0,88	0,003820	0,002011	339,89	-1319,36	5,38	349,40	--	--
12	4,13	1,00, 0,91	0,003820	0,002011	333,73	-1377,94	4,68	358,14	--	--
13	4,50	1,00, 0,95	0,003820	0,002011	330,67	-1437,46	4,14	366,80	--	--
14	4,88	1,00, 0,99	0,003820	0,002011	329,86	-1497,74	3,71	375,40	--	--
15	5,25	1,00, 1,03	0,003820	0,002011	330,76	-1558,68	3,37	383,95	--	--
16	5,63	1,00, 1,06	0,003820	0,002011	332,96	-1620,20	3,09	392,44	--	--
17	6,00	1,00, 1,10	0,003820	0,002011	336,22	-1682,26	2,86	400,89	--	--
18	6,38	1,00, 1,14	0,003820	0,002011	340,32	-1744,81	2,66	409,29	--	--
19	6,75	1,00, 1,18	0,003820	0,002011	345,09	-1807,82	2,49	417,66	--	--
20	7,13	1,00, 1,21	0,003820	0,002011	350,40	-1871,24	2,35	426,00	--	--
21	7,50	1,00, 1,25	0,003820	0,002011	356,27	-1935,13	2,22	434,31	--	--

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	1,00, 0,50	0,001608	0,002011	0	0	0	0
2	0,38	1,00, 0,54	0,003820	0,002011	29	16	228	-397
3	0,75	1,00, 0,58	0,003820	0,002011	116	36	2024	-1527
4	1,13	1,00, 0,61	0,003820	0,002011	249	55	5434	-3262
5	1,50	1,00, 0,65	0,003820	0,002011	419	73	10262	-5483
6	1,88	1,00, 0,69	0,003820	0,002011	618	90	16358	-8100
7	2,25	1,00, 0,73	0,003820	0,002011	839	105	23531	-11019
8	2,63	1,00, 0,76	0,003820	0,002011	1070	116	31459	-14106
9	3,00	1,00, 0,80	0,003820	0,002011	1303	123	39824	-17238
10	3,38	1,00, 0,84	0,003820	0,002011	1533	129	48406	-20341
11	3,75	1,00, 0,88	0,003820	0,002011	1756	133	57071	-23372
12	4,13	1,00, 0,91	0,003820	0,002011	1970	136	65733	-26310
13	4,50	1,00, 0,95	0,003820	0,002011	2175	139	74333	-29143
14	4,88	1,00, 0,99	0,003820	0,002011	2372	140	82834	-31867
15	5,25	1,00, 1,03	0,003820	0,002011	2559	142	91219	-34484
16	5,63	1,00, 1,06	0,003820	0,002011	2739	143	99472	-36996
17	6,00	1,00, 1,10	0,003820	0,002011	2910	143	107585	-39407
18	6,38	1,00, 1,14	0,003820	0,002011	3073	144	115554	-41722
19	6,75	1,00, 1,18	0,003820	0,002011	3230	145	123390	-43950
20	7,13	1,00, 1,21	0,003820	0,002011	3381	145	131100	-46098
21	7,50	1,00, 1,25	0,003820	0,002011	3525	145	138651	-48159

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [m]
H	altezza della sezione espressa in [m]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [mq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [mq]

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

Progetto Definitivo

$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
$\sigma_{fs}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]
$N_u$	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
$M_u$	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
$V_{Rcd}$	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
$V_{Rsd}$	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$N_u$	$M_u$	CS	$V_{Rd}$	$V_{Rcd}$	$V_{Rsd}$
1	0,00	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	0,00	1000,00	361,98	--	--
2	0,11	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	799,38	361,98	--	--
3	0,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	200,36	361,98	--	--
4	0,34	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	89,28	361,98	--	--
5	0,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	50,35	361,98	--	--
6	0,57	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	32,31	361,98	--	--
7	0,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	22,49	361,98	--	--
8	0,80	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	16,57	361,98	--	--
9	0,92	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	12,72	361,98	--	--
10	1,03	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	10,07	361,98	--	--
11	1,15	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	1211,66	8,18	361,98	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
12	0,00	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0	0	0	0
13	0,11	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	6	18	357	-78
14	0,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	24	36	1428	-314
15	0,34	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	54	54	3216	-706
16	0,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	96	72	5721	-1257
17	0,57	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	149	90	8946	-1965
18	0,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	215	109	12891	-2832
19	0,80	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	293	127	17559	-3857
20	0,92	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	383	145	22951	-5042
21	1,03	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	485	163	29069	-6386
22	1,15	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	600	182	35914	-7890

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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$N_u$	$M_u$	CS	$V_{Rd}$	$V_{Rcd}$	$V_{Rsd}$
1	0,00	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	0,00	1000,00	361,98	--	--
2	0,41	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	102,92	361,98	--	--
3	0,82	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	26,43	361,98	--	--
4	1,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	12,08	361,98	--	--
5	1,64	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	6,99	361,98	--	--
6	2,05	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	4,61	361,98	--	--
7	2,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	3,32	361,98	--	--
8	2,87	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	2,54	361,98	--	--
9	3,28	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	2,04	361,98	--	--
10	3,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	1,69	361,98	--	--
11	4,10	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0,00	-1211,66	1,44	361,98	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
12	0,00	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	0	0	0	0
13	0,41	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	20	-17	-268	1220
14	0,82	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	79	-32	-1040	4734
15	1,23	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	172	-46	-2267	10322
16	1,64	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	297	-59	-3902	17764
17	2,05	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	447	-68	-5883	26781
18	2,46	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	614	-73	-8081	36784
19	2,87	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	786	-72	-10345	47090

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

---

Progetto Definitivo

20	3,28	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	952	-67	-12525	57017
21	3,69	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	1100	-57	-14473	65882
22	4,10	1,00, 1,25	0,002614	0,002614	1223	-47	-16087	73227

**10 ALLEGATO B – TABULATO MURO DI CONTRORIPA**

Progetto: Muro di sostegno

Ditta:

Comune:

Progettista:

Direttore dei Lavori:

Impresa:

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:

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto	A1	A2	EQU	HYD		
Permanenti	Favorevole	$\square_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90	
Permanenti	Sfavorevole	$\square_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30	
Variabili	Favorevole	$\square_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00	
Variabili	Sfavorevole	$\square_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	M1	M2	M2	M1			
Tangente dell'angolo di attrito $\square_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00			
Coesione efficace $\square_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00			

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Resistenza non drenata	□cu	1,00	1,40	1,40	1,00	
Resistenza a compressione uniassiale	□qu	1,00	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	□□	1,00	1,00	1,00	1,00	

## FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali □R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Coefficienti parziali		
	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	

## Geometria muro e fondazione

Descrizione Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	9,00 [m]
Spessore in sommità	0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,50 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	6,35 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

## Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3,50 [m]
Lunghezza totale fondazione	6,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,25 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

## Calcestruzzo

Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione Rck	24517 [kPa]
Modulo elastico E	30073438 [kPa]

## Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento □fa	449936 [kPa]

## 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

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

1	0,75	0,00	0,00
2	5,10	2,50	29,89
3	18,00	9,00	26,74
4	25,00	9,00	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]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	c	ca
RINTERRO	19,00	19,00	35,00	23,33	0,0	0,0
Flysch	24,00	24,00	34,00	22,67	20,0	0,0

Stratigrafia

Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	9,00	0,00	0,00	0,00	Flysch
2	10,00	0,00	17,60	0,00	Flysch

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
<input type="checkbox"/>	Coefficiente di partecipazione della condizione
<input type="checkbox"/>	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	FAV	0,90	1,00	0,90	
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1,00	0,90	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1,00	1,10	

## Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00	

## Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

S/F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00	
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00	1,00

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Spinta terreno SFAV 1,00 1,00 1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

S/F    \*

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

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

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

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

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CSSCO Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CSRIB Coeff. di sicurezza al ribaltamento

CSQLIM Coeff. di sicurezza a carico limite

CSSTAB Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	cssco	csrib	csqlim	csstab			
1	A1-M1 - [1]		--	1,25	--	6,74	--		
2	A2-M2 - [1]		--	0,87	--	2,33	--		
3	EQU - [1]	--	--	2,74	--	--			
4	STAB - [1]		--	--	--	--	1,26		
5	A1-M1 - [2]		Orizzontale + Verticale negativo			1,21	--	6,62	--
6	A1-M1 - [2]		Orizzontale + Verticale positivo			1,20	--	6,18	--
7	A2-M2 - [2]		Orizzontale + Verticale positivo			0,65	--	1,38	--
8	A2-M2 - [2]		Orizzontale + Verticale negativo			0,65	--	1,47	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo			--	2,35	--	--	
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo			--	2,44	--	--	
11	STAB - [2]		Orizzontale + Verticale positivo			--	--	--	1,17
12	STAB - [2]		Orizzontale + Verticale negativo			--	--	--	1,18

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori



## 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 del carico limite metodo di Meyerhof

Calcolo della stabilità globale metodo di Fellenius

Calcolo della spinta in condizioni di Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine 44.315114

Longitudine 7.295374

Comune Demonte

Provincia Cuneo

Regione Piemonte

Punti di interpolazione del reticolo 16894 - 17116 - 17117 - 16895

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria

Vita nominale 50 anni

Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose

Vita di riferimento 75 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo  $a_g$  1.69 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.00

Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.20

Coefficiente riduzione ( $\alpha_m$ ) 0.29

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  $k_h = (a_g/g * \alpha_m * St * S) = 5.99$ Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)  $k_v = 0.50 * k_h = 2.99$ 

Forma diagramma incremento sismico Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento) 0,0

Lunghezza del muro 10,00 [m]

Peso muro 420,0738 [kN]

Baricentro del muro X=0,62 Y=-7,33

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 4,50 Y = -10,25

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Punto superiore superficie di spinta X = 4,50 Y = 2,16  
 Altezza della superficie di spinta 12,41 [m]  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0,00 [°]

## COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica 582,8842 [kN]  
 Componente orizzontale della spinta statica 537,8506 [kN]  
 Componente verticale della spinta statica 224,6570 [kN]  
 Punto d'applicazione della spinta X = 4,50 [m] Y = -7,00 [m]  
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 22,67 [°]  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 53,35 [°]  
 Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 961,2319 [kN]  
 Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 2,57 [m] Y = -3,80 [m]

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 537,8506 [kN]  
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 1605,9626 [kN]  
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 1605,9626 [kN]  
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 537,8506 [kN]  
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,01 [m]  
 Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]  
 Risultante in fondazione 1693,6349 [kN]  
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 18,52 [°]  
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 16,9123 [kNm]  
 Carico ultimo della fondazione 10822,1454 [kN]

## Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 249,41 [kPa]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 244,61 [kPa]

## Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante Nc = 42.16 Nq = 29.44 N<sub>γ</sub> = 31.15

Fattori forma sc = 1,00 sq = 1,00 s<sub>γ</sub> = 1,00

Fattori inclinazione ic = 0,63 iq = 0,63 i<sub>γ</sub> = 0,21

Fattori profondità dc = 1,07 dq = 1,04 d<sub>γ</sub> = 1,04

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'<sub>c</sub> = 28.52 N'<sub>q</sub> = 19.24 N'<sub>γ</sub> = 6.69

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.25

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 6.74

## Sollecitazioni paramento

## Combinazione n° 1

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr. Y N M T

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,45	5,7914	2,2855	10,1192
3	0,90	12,1331	9,6497	21,8275
4	1,35	19,0250	22,5847	33,6131
5	1,80	26,4671	40,3440	42,0158
6	2,25	34,4595	61,1589	46,6171
7	2,70	43,0021	83,7104	48,9957
8	3,15	52,0949	107,2174	49,9868
9	3,60	61,7380	131,2447	50,5202
10	4,05	71,9312	156,0854	52,9567
11	4,50	82,6747	183,1014	59,1154
12	4,95	93,9685	213,9983	68,9000
13	5,40	105,8124	250,3478	82,0204
14	5,85	118,2066	293,6285	98,3337
15	6,30	131,1511	346,4299	136,9281
16	6,75	144,6457	452,1096	332,4065
17	7,20	158,6906	646,0081	477,8713
18	7,65	173,2857	872,8925	511,8477
19	8,10	188,4311	1115,3293	545,3288
20	8,55	204,1266	1373,1278	578,4013
21	9,00	220,3724	1646,1227	611,1187

## Sollecitazioni fondazione di valle

## Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,15	2,4607	32,8066
3	0,30	9,8412	65,5966
4	0,45	22,1389	98,3700
5	0,60	39,3513	131,1268
6	0,75	61,4761	163,8670
7	0,90	88,5106	196,5905
8	1,05	120,4524	229,2975
9	1,20	157,2990	261,9878
10	1,35	199,0479	294,6615
11	1,50	245,6966	327,3186

## Sollecitazioni fondazione di monte

## Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

2	0,35	-8,0805	-45,7930
3	0,70	-31,7883	-89,2990
4	1,05	-70,3230	-130,5180
5	1,40	-122,8840	-169,4499
6	1,75	-188,6711	-206,0949
7	2,10	-266,8836	-240,4528
8	2,45	-356,7212	-272,5237
9	2,80	-457,3834	-302,3076
10	3,15	-568,0697	-329,8045
11	3,50	-687,9797	-355,0144

## COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	641,9176 [kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	608,8262 [kN]		
Componente verticale della spinta statica	203,4424 [kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4,50 [m]	Y = -6,97 [m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,48 [°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	49,90 [°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	961,2319 [kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,57 [m]	Y = -3,80 [m]	

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	608,8262 [kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1584,7481 [kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1584,7481 [kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	608,8262 [kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,21 [m]		
Lunghezza fondazione reagente	6,50 [m]		
Risultante in fondazione	1697,6737 [kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,02 [°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	337,0187 [kNm]		
Carico ultimo della fondazione	3691,7008 [kN]		

## Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	6,50 [m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	291,59 [kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	195,91 [kPa]		

## Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante  $N_c = 26.50$   $N_q = 15.30$   $N_{\alpha} = 11.87$

Fattori forma  $s_c = 1,00$   $s_q = 1,00$   $s_{\alpha} = 1,00$

Fattori inclinazione  $i_c = 0,59$   $i_q = 0,59$   $i_{\alpha} = 0,07$

Fattori profondità  $d_c = 1,06$   $d_q = 1,03$   $d_{\alpha} = 1,03$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 16.57$   $N'_q = 9.28$   $N'_{\alpha} = 0.82$

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 0.87

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 2.33

## Sollecitazioni paramento

## Combinazione n° 2

## Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,45	5,7914	2,2942	10,1485
3	0,90	12,1331	9,6621	21,7400
4	1,35	19,0250	22,3644	32,5139
5	1,80	26,4671	39,3035	39,5549
6	2,25	34,4595	58,8062	43,3175
7	2,70	43,0021	79,7427	45,1440
8	3,15	52,0949	101,4086	45,6866
9	3,60	61,7380	123,4694	46,2140
10	4,05	71,9312	146,5098	49,3526
11	4,50	82,6747	172,1196	56,4910
12	4,95	93,9685	202,0799	67,3852
13	5,40	105,8124	238,0290	81,7950
14	5,85	118,2066	281,5913	99,9504
15	6,30	131,1511	335,5591	139,3852
16	6,75	144,6457	439,8919	322,3725
17	7,20	158,6906	626,1971	456,4461
18	7,65	173,2857	842,5763	486,6109
19	8,10	188,4311	1072,8306	516,4502
20	8,55	204,1266	1316,8481	546,0596
21	9,00	220,3724	1574,5363	575,4379

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,15	2,9273	38,9755
3	0,30	11,6761	77,6199
4	0,45	26,1967	115,9332
5	0,60	46,4395	153,9154
6	0,75	72,3548	191,5664
7	0,90	103,8929	228,8864
8	1,05	141,0041	265,8753
9	1,20	183,6389	302,5330
10	1,35	231,7475	338,8597
11	1,50	285,2802	374,8553

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°2

## Progetto Definitivo

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	-6,0732	-34,1221
3	0,70	-23,4780	-64,7518
4	1,05	-50,9921	-91,8892
5	1,40	-87,3930	-115,5343
6	1,75	-131,4586	-135,6870
7	2,10	-181,9665	-152,3474
8	2,45	-237,6944	-165,5155
9	2,80	-297,4199	-175,1912
10	3,15	-359,9208	-181,3746
11	3,50	-423,9747	-184,0657

## COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica 737,1801 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica 699,1779 [kN]

Componente verticale della spinta statica 233,6339 [kN]

Punto d'applicazione della spinta X = 4,50 [m] Y = -6,88 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 18,48 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 49,77 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 865,1087 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 2,57 [m] Y = -3,80 [m]

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 699,1779 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 1476,8090 [kN]

Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle 2356,8839 [kNm]

Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle 6459,1723 [kNm]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 1476,8090 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 699,1779 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,47 [m]

Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]

Risultante in fondazione 1633,9567 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 25,33 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione 698,4926 [kNm]

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.74

## COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica 373,2988 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica 344,4578 [kN]

Componente verticale della spinta statica 143,8779 [kN]

Punto d'applicazione della spinta X = 4,50 [m] Y = -7,23 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 22,67 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 56,98 [°]

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Incremento sismico della spinta 105,9615 [kN]  
 Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta X = 4,50 [m] Y = -7,23 [m]  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche 51,29 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 961,2319 [kN]  
 Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 2,57 [m] Y = -3,80 [m]  
 Inerzia del muro 25,1540 [kN]  
 Inerzia verticale del muro -12,5770 [kN]  
 Inerzia del terrapieno fondazione di monte 57,5585 [kN]  
 Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte -28,7793 [kN]

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 524,9452 [kN]  
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 1524,6673 [kN]  
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 1524,6673 [kN]  
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 524,9452 [kN]  
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,14 [m]  
 Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]  
 Risultante in fondazione 1612,5067 [kN]  
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 19,00 [°]  
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 211,4519 [kNm]  
 Carico ultimo della fondazione 10098,5837 [kN]

## Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 264,52 [kPa]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 204,49 [kPa]

## Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante  $N_c = 42.16$   $N_q = 29.44$   $N_{\alpha} = 31.15$

Fattori forma  $s_c = 1,00$   $s_q = 1,00$   $s_{\alpha} = 1,00$

Fattori inclinazione  $i_c = 0,62$   $i_q = 0,62$   $i_{\alpha} = 0,19$

Fattori profondità  $d_c = 1,07$   $d_q = 1,04$   $d_{\alpha} = 1,04$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 28.14$   $N'_q = 18.98$   $N'_{\alpha} = 6.28$

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.21

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 6.62

## Sollecitazioni paramento

## Combinazione n° 5

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,45	5,7914	1,5663	6,8779

## Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

3	0,90	12,1331	6,6938	15,1040
4	1,35	19,0250	15,8326	23,5499
5	1,80	26,4671	28,4422	29,3248
6	2,25	34,4595	43,0790	31,9286
7	2,70	43,0021	58,6812	32,9304
8	3,15	52,0949	74,8276	33,5030
9	3,60	61,7380	91,4640	34,0804
10	4,05	71,9312	108,6779	35,1162
11	4,50	82,6747	126,9813	37,9963
12	4,95	93,9685	147,4513	43,5548
13	5,40	105,8124	171,3126	51,7522
14	5,85	118,2066	199,7433	62,4956
15	6,30	131,1511	234,8377	91,5113
16	6,75	144,6457	312,3656	250,2273
17	7,20	158,6906	461,8639	368,9727
18	7,65	173,2857	638,2596	396,3601
19	8,10	188,4311	827,2605	423,3408
20	8,55	204,1266	1028,7189	450,0016
21	9,00	220,3724	1242,5031	476,3661

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,15	2,6259	34,9775
3	0,30	10,4829	69,7473
4	0,45	23,5397	104,3093
5	0,60	41,7653	138,6636
6	0,75	65,1284	172,8102
7	0,90	93,5979	206,7490
8	1,05	127,1427	240,4801
9	1,20	165,7316	274,0034
10	1,35	209,3333	307,3190
11	1,50	257,9169	340,4268

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	-5,5867	-31,4540
3	0,70	-21,6887	-60,0874
4	1,05	-47,3188	-85,9001

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori



## Progetto Definitivo

5	1,40	-81,4897	-108,8920
6	1,75	-123,2142	-129,0633
7	2,10	-171,5049	-146,4139
8	2,45	-225,3748	-160,9438
9	2,80	-283,8365	-172,6530
10	3,15	-345,9028	-181,5415
11	3,50	-410,5865	-187,6094

## COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	373,2988 [kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	344,4578 [kN]		
Componente verticale della spinta statica	143,8779 [kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4,50 [m]	Y = -7,23 [m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	22,67 [°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	56,98 [°]		
Incremento sismico della spinta	147,9086 [kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4,50 [m]	Y = -7,23 [m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,35 [°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	961,2319 [kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,57 [m]	Y = -3,80 [m]	
Inerzia del muro	25,1540 [kN]		
Inerzia verticale del muro	12,5770 [kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	57,5585 [kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	28,7793 [kN]		

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	563,6514 [kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1623,5472 [kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1623,5472 [kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	563,6514 [kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,13 [m]		
Lunghezza fondazione reagente	6,50 [m]		
Risultante in fondazione	1718,6066 [kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19,15 [°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	216,0416 [kNm]		
Carico ultimo della fondazione	10028,0389 [kN]		

## Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	6,50 [m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	280,38 [kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	219,05 [kPa]		

## Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	Nc = 42.16	Nq = 29.44	N $\phi$ = 31.15
Fattori forma	sc = 1,00	sq = 1,00	s $\phi$ = 1,00
Fattori inclinazione	ic = 0,62	iq = 0,62	i $\phi$ = 0,19
Fattori profondità	dc = 1,07	dq = 1,04	d $\phi$ = 1,04

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'c = 28.02	N'q = 18.91	N' $\phi$ = 6.16
-------------	-------------	------------------

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.20

## Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 6.18

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 6

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,45	5,7914	1,6748	7,3778
3	0,90	12,1331	7,1593	16,2044
4	1,35	19,0250	16,9355	25,2652
5	1,80	26,4671	30,4197	31,4480
6	2,25	34,4595	46,0556	34,2144
7	2,70	43,0021	62,6976	35,2538
8	3,15	52,0949	79,8904	35,8285
9	3,60	61,7380	97,5733	36,4059
10	4,05	71,9312	115,8383	37,4743
11	4,50	82,6747	135,2343	40,5256
12	4,95	93,9685	156,9189	46,4577
13	5,40	105,8124	182,2083	55,2283
14	5,85	118,2066	212,3683	66,7371
15	6,30	131,1511	249,6514	97,9144
16	6,75	144,6457	332,5633	268,7164
17	7,20	158,6906	492,8990	396,4862
18	7,65	173,2857	682,1337	425,9028
19	8,10	188,4311	884,8789	454,8792
20	8,55	204,1266	1100,9737	483,5086
21	9,00	220,3724	1330,2739	511,8166

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 6

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,15	2,8042	37,3543
3	0,30	11,1957	74,4963
4	0,45	25,1425	111,4261
5	0,60	44,6129	148,1436
6	0,75	69,5750	184,6489
7	0,90	99,9969	220,9419
8	1,05	135,8470	257,0227
9	1,20	177,0932	292,8912
10	1,35	223,7037	328,5475
11	1,50	275,6468	363,9916

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 6

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	-4,6937	-26,3468
3	0,70	-18,1108	-49,8483
4	1,05	-39,2555	-70,5046
5	1,40	-67,1320	-88,3156
6	1,75	-100,7445	-103,2814
7	2,10	-139,0971	-115,4020
8	2,45	-181,1939	-124,6773
9	2,80	-226,0392	-131,1074
10	3,15	-272,6371	-134,6922
11	3,50	-319,9918	-135,4318

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica 641,9176 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica 608,8262 [kN]

Componente verticale della spinta statica 203,4424 [kN]

Punto d'applicazione della spinta X = 4,50 [m] Y = -6,97 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 18,48 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 49,90 [°]

Incremento sismico della spinta 185,7152 [kN]

Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta X = 4,50 [m] Y = -6,97 [m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche 47,27 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 961,2319 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 2,57 [m] Y = -3,80 [m]

Inerzia del muro 25,1540 [kN]

Inerzia verticale del muro 12,5770 [kN]

Inerzia del terrapieno fondazione di monte 57,5585 [kN]

Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte 28,7793 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 867,6801 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 1684,9629 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 1684,9629 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 867,6801 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,68 [m]

Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]

Risultante in fondazione 1895,2490 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 27,25 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione 1138,1516 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 2324,2741 [kN]

## Progetto Definitivo

## Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	420,72	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	97,61	[kPa]

## Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante  $N_c = 26.50$   $N_q = 15.30$   $N_{\alpha} = 11.87$

Fattori forma  $s_c = 1,00$   $s_q = 1,00$   $s_{\alpha} = 1,00$

Fattori inclinazione  $i_c = 0,49$   $i_q = 0,49$   $i_{\alpha} = 0,00$

Fattori profondità  $d_c = 1,06$   $d_q = 1,03$   $d_{\alpha} = 1,03$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 13.72$   $N'_q = 7.68$   $N'_{\alpha} = 0.02$

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 0.65

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 1.38

## Sollecitazioni paramento

## Combinazione n°7

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,45	5,7914	2,6636	11,8311
3	0,90	12,1331	11,2120	25,3282
4	1,35	19,0250	25,9535	37,9329
5	1,80	26,4671	45,6588	46,3464
6	2,25	34,4595	68,4476	51,0828
7	2,70	43,0021	93,0542	53,6613
8	3,15	52,0949	118,6947	54,8198
9	3,60	61,7380	145,0033	55,9940
10	4,05	71,9312	172,6550	60,1561
11	4,50	82,6747	203,4615	68,8776
12	4,95	93,9685	239,4517	81,8820
13	5,40	105,8124	282,4923	98,8978
14	5,85	118,2066	334,4346	120,1852
15	6,30	131,1511	398,4514	165,5859
16	6,75	144,6457	519,7752	373,4680
17	7,20	158,6906	734,1869	526,0309
18	7,65	173,2857	982,9696	561,0403
19	8,10	188,4311	1247,8052	595,7143
20	8,55	204,1266	1528,5799	630,1610
21	9,00	220,3724	1825,2022	664,3792

## Sollecitazioni fondazione di valle

## Combinazione n°7

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

## Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,15	4,3603	57,9514
3	0,30	17,3295	114,7847
4	0,45	38,7398	170,4997
5	0,60	68,4235	225,0966
6	0,75	106,2129	278,5753
7	0,90	151,9402	330,9358
8	1,05	205,4377	382,1782
9	1,20	266,5378	432,3024
10	1,35	335,0725	481,3084
11	1,50	410,8744	529,1962

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	-11,8442	-66,3851
3	0,70	-45,5622	-124,9927
4	1,05	-98,4318	-175,8228
5	1,40	-167,7308	-218,8754
6	1,75	-250,7371	-254,1504
7	2,10	-344,7287	-281,6480
8	2,45	-446,9833	-301,3680
9	2,80	-554,7789	-313,3105
10	3,15	-665,3933	-317,4754
11	3,50	-776,1043	-313,8629

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica 641,9176 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica 608,8262 [kN]

Componente verticale della spinta statica 203,4424 [kN]

Punto d'applicazione della spinta X = 4,50 [m] Y = -6,97 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 18,48 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 49,90 [°]

Incremento sismico della spinta 128,5224 [kN]

Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta X = 4,50 [m] Y = -6,97 [m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche 47,21 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 961,2319 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 2,57 [m] Y = -3,80 [m]

Inerzia del muro 25,1540 [kN]

Inerzia verticale del muro -12,5770 [kN]

Inerzia del terrapieno fondazione di monte 57,5585 [kN]

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte -28,7793 [kN]

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 813,4357 [kN]  
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 1584,1243 [kN]  
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 1584,1243 [kN]  
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 813,4357 [kN]  
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,68 [m]  
 Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]  
 Risultante in fondazione 1780,7660 [kN]  
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 27,18 [°]  
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 1078,9433 [kNm]  
 Carico ultimo della fondazione 2325,0084 [kN]

## Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 6,50 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 396,80 [kPa]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 90,50 [kPa]

## Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante  $N_c = 26.50$   $N_q = 15.30$   $N_{\alpha} = 11.87$

Fattori forma  $s_c = 1,00$   $s_q = 1,00$   $s_{\alpha} = 1,00$

Fattori inclinazione  $i_c = 0,49$   $i_q = 0,49$   $i_{\alpha} = 0,00$

Fattori profondità  $d_c = 1,06$   $d_q = 1,03$   $d_{\alpha} = 1,03$

I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 13.74$   $N'_q = 7.69$   $N'_{\alpha} = 0.02$

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 0.65

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 1.47

## 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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,45	5,7914	2,4909	11,0425
3	0,90	12,1331	10,4842	23,6388
4	1,35	19,0250	24,2690	35,4064
5	1,80	26,4671	42,7023	43,2727
6	2,25	34,4595	64,0351	47,7167
7	2,70	43,0021	87,0904	50,1533
8	3,15	52,0949	111,1402	51,2696
9	3,60	61,7380	135,8458	52,4029
10	4,05	71,9312	161,8377	56,3211
11	4,50	82,6747	190,8053	64,4878
12	4,95	93,9685	224,6401	76,6457
13	5,40	105,8124	265,0825	92,5417
14	5,85	118,2066	313,8588	112,4183
15	6,30	131,1511	373,9258	154,7547

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

16	6,75	144,6457	487,4120	348,4173
17	7,20	158,6906	687,6431	490,5617
18	7,65	173,2857	919,9364	523,2270
19	8,10	188,4311	1167,2334	555,5823
20	8,55	204,1266	1429,4302	587,7282
21	9,00	220,3724	1706,4437	619,6635

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,15	4,0928	54,3934
3	0,30	16,2650	107,7268
4	0,45	36,3578	160,0001
5	0,60	64,2120	211,2135
6	0,75	99,6688	261,3668
7	0,90	142,5691	310,4601
8	1,05	192,7539	358,4935
9	1,20	250,0641	405,4668
10	1,35	314,3409	451,3801
11	1,50	385,4252	496,2334

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	-12,2979	-69,0304
3	0,70	-47,4509	-130,6001
4	1,05	-102,8476	-184,7089
5	1,40	-175,8767	-231,3569
6	1,75	-263,9270	-270,5441
7	2,10	-364,3871	-302,2704
8	2,45	-474,6458	-326,5360
9	2,80	-592,0918	-343,3407
10	3,15	-714,1139	-352,6846
11	3,50	-838,1006	-354,5677

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica 641,9176 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica 608,8262 [kN]

Componente verticale della spinta statica 203,4424 [kN]

Punto d'applicazione della spinta X = 4,50 [m] Y = -6,97 [m]

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,48	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	49,90	[°]	
Incremento sismico della spinta	128,5224	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4,50	[m]	Y = -6,97 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47,21	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	961,2319	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,57	[m]	Y = -3,80 [m]
Inerzia del muro	25,1540	[kN]	
Inerzia verticale del muro	-12,5770	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	57,5585	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-28,7793	[kN]	

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	813,4357	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1584,1243	[kN]	
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3005,9189	[kNm]	
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	7076,6150	[kNm]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1584,1243	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	813,4357	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,68	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]	
Risultante in fondazione	1780,7660	[kN]	
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27,18	[°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1078,9433	[kNm]	

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.35

## COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	641,9176	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	608,8262	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	203,4424	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 4,50	[m]	Y = -6,97 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,48	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	49,90	[°]	
Incremento sismico della spinta	185,7152	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4,50	[m]	Y = -6,97 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47,27	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	961,2319	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,57	[m]	Y = -3,80 [m]
Inerzia del muro	25,1540	[kN]	
Inerzia verticale del muro	12,5770	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	57,5585	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	28,7793	[kN]	

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	867,6801	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1684,9629	[kN]	
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3019,5143	[kNm]	
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	7358,8062	[kNm]	

Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori



## Progetto Definitivo

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1684,9629	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	867,6801	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,68	[m]
Lunghezza fondazione reagente	6,50	[m]
Risultante in fondazione	1895,2490	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27,25	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1138,1516	[kNm]

## COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.44

## 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 [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

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

## Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,45	5,7914	5,7914	1,5663	2,6636	6,8779	11,8311
3	0,90	12,1331	12,1331	6,6938	11,2120	15,1040	25,3282
4	1,35	19,0250	19,0250	15,8326	25,9535	23,5499	37,9329
5	1,80	26,4671	26,4671	28,4422	45,6588	29,3248	46,3464
6	2,25	34,4595	34,4595	43,0790	68,4476	31,9286	51,0828
7	2,70	43,0021	43,0021	58,6812	93,0542	32,9304	53,6613
8	3,15	52,0949	52,0949	74,8276	118,6947	33,5030	54,8198
9	3,60	61,7380	61,7380	91,4640	145,0033	34,0804	55,9940
10	4,05	71,9312	71,9312	108,6779	172,6550	35,1162	60,1561
11	4,50	82,6747	82,6747	126,9813	203,4615	37,9963	68,8776
12	4,95	93,9685	93,9685	147,4513	239,4517	43,5548	81,8820
13	5,40	105,8124	105,8124	171,3126	282,4923	51,7522	98,8978
14	5,85	118,2066	118,2066	199,7433	334,4346	62,4956	120,1852
15	6,30	131,1511	131,1511	234,8377	398,4514	91,5113	165,5859
16	6,75	144,6457	144,6457	312,3656	519,7752	250,2273	373,4680
17	7,20	158,6906	158,6906	461,8639	734,1869	368,9727	526,0309
18	7,65	173,2857	173,2857	638,2596	982,9696	396,3601	561,0403
19	8,10	188,4311	188,4311	827,2605	1247,8052		423,3408 595,7143
20	8,55	204,1266	204,1266	1028,7189		1528,5799	450,0016 630,1610
21	9,00	220,3724	220,3724	1242,5031		1825,2022	476,3661 664,3792

## Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

## Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,15	2,4607	4,3603	32,8066	57,9514

## Relazione di Calcolo Muri della Rotatoria e Muro ad U

ANAS S.p.A. Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## Progetto Definitivo

3	0,30	9,8412	17,3295	65,5966	114,7847
4	0,45	22,1389	38,7398	98,3700	170,4997
5	0,60	39,3513	68,4235	131,1268	225,0966
6	0,75	61,4761	106,2129	163,8670	278,5753
7	0,90	88,5106	151,9402	196,5905	330,9358
8	1,05	120,4524	205,4377	229,2975	382,1782
9	1,20	157,2990	266,5378	261,9878	432,3024
10	1,35	199,0479	335,0725	294,6615	481,3084
11	1,50	245,6966	410,8744	327,3186	529,1962

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
2	0,35	-12,2979	-4,6937	-69,0304	-26,3468	
3	0,70	-47,4509	-18,1108	-130,6001	-49,8483	
4	1,05	-102,8476		-39,2555	-184,7089	-70,5046
5	1,40	-175,8767		-67,1320	-231,3569	-88,3156
6	1,75	-263,9270		-100,7445	-270,5441	-103,2814
7	2,10	-364,3871		-139,0971	-302,2704	-115,4020
8	2,45	-474,6458		-181,1939	-326,5360	-124,6773
9	2,80	-592,0918		-226,0392	-343,3407	-131,1074
10	3,15	-714,1139		-272,6371	-352,6846	-134,6922
11	3,50	-838,1006		-319,9918	-355,0144	-135,4318

## 11 ALLEGATO C – TABULATO MURO ANDATORE

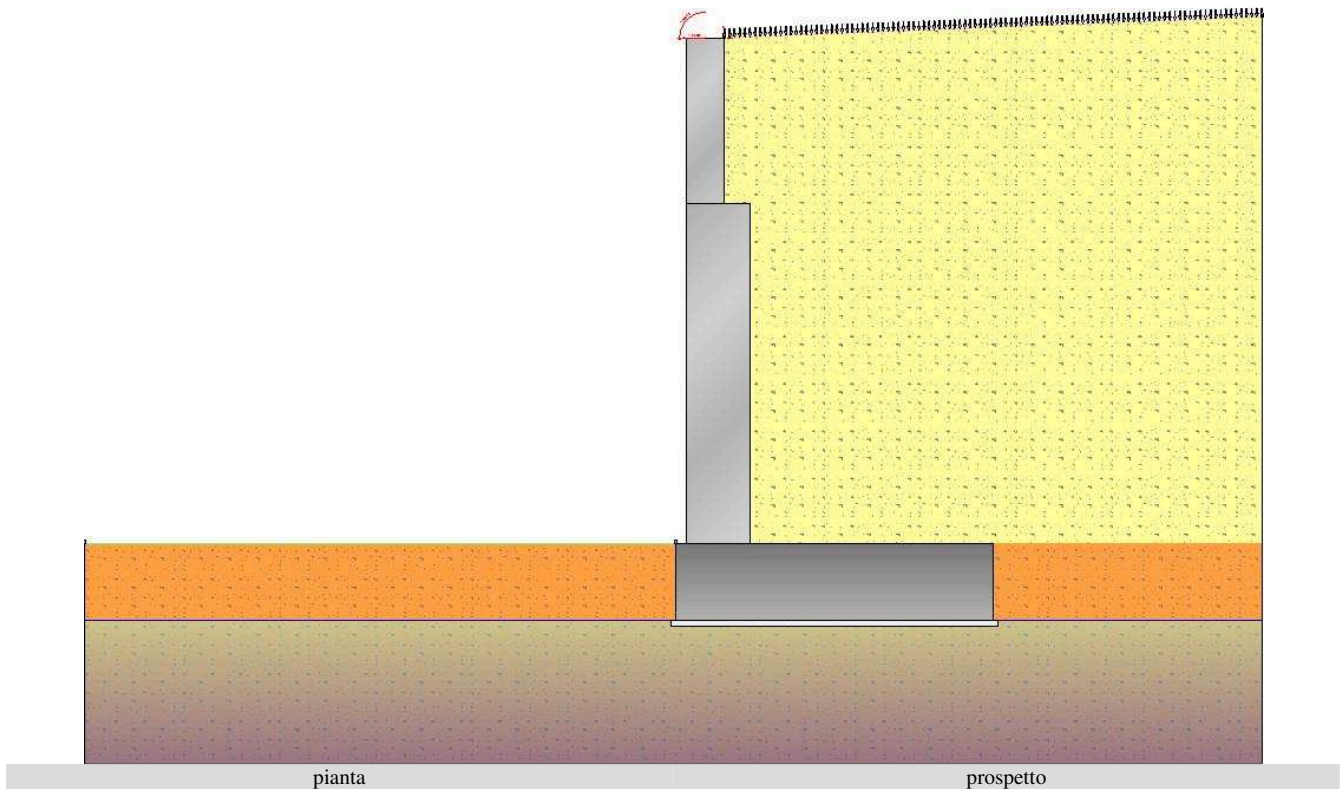


Descrizione : descrizione progetto  
Committente : committente  
Località : localita'  
Progettista : progettista  
Diretti Lavori : direttore lavori  
Impresa : impresa

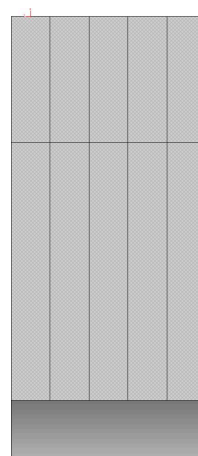
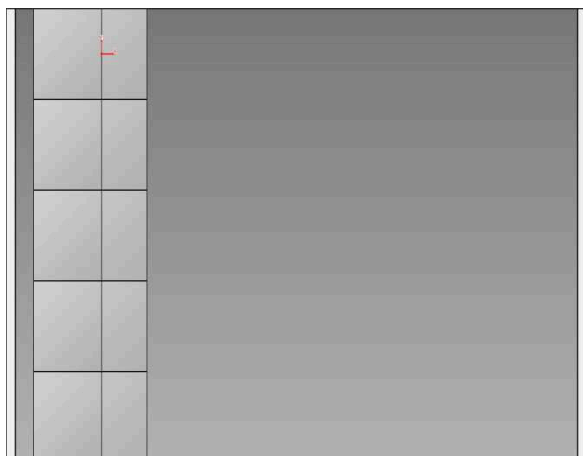


Software: IS Muri  
di CDM DOLMEN e omnia IS srl, Via Drovetti 9/f, 10138 Torino - 011 4470755 - www.omniai...

### VERIFICA MURO CONTRO TERRA -



## Progetto Definitivo



## - Riassunto verifiche

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto  $R_d/E_d$  o  $C_d/E_d$ ) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

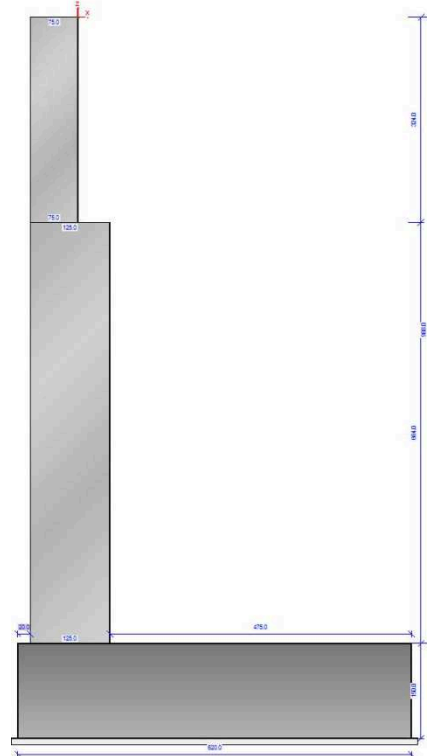
Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale Fusto (pressione-flessione)	FS strutturale Fusto (taglio)	FS strutturale Tensione (claus)	FS strutturale Tensione (acciaio)	FS strutturale apertura Fessure	FS strutturale Fondazione (flessione)	FS strutturale Fondazione (taglio)
1 - STR(SLU)	2.96	2.21	---	---	1.69	1.17	---	---	---	1.59	1.03
2 - GEO(SLU_GEO)	---	---	---	1.33	---	---	---	---	---	---	---
3 - EQU(SLU_EQU)	---	---	Stabile 1.97 (s.max.=3.8 [cm])	---	---	---	---	---	---	---	---
4 - STR_SISMA_SLU(SLU)	3.67	1.9	---	---	2.38	1.59	---	---	---	2.23	1.45
5 - GEO_SISMA_SLU(SLU_GEO)	---	1.38	---	1.37	---	---	---	---	---	---	---
6 - EQU_SISMA_SLU(SLU_EQU)	---	---	Stabile 2.34 (s.max.=2.9 [cm])	---	---	---	---	---	---	---	---
7 - STR_SISMA_GIU(SLU)	3.52	1.92	---	---	2.28	1.52	---	---	---	2.12	1.38
8 - GEO_SISMA_GIU(SLU_GEO)	---	1.4	---	1.38	---	---	---	---	---	---	---
9 - EQU_SISMA_GIU(SLU_EQU)	---	---	Stabile 2.36 (s.max.=3.0 [cm])	---	---	---	---	---	---	---	---
10 - STR_ECCEZIONALE(SLU)	4.4	2.28	---	---	2.49	1.81	---	---	---	2.38	1.56
11 - GEO_ECCEZIONALE(SLU_GEO)	---	---	---	1.38	---	---	---	---	---	---	---
12 - EQU_ECCEZIONALE(SLU_EQU)	---	---	Stabile 2.56	---	---	---	---	---	---	---	---

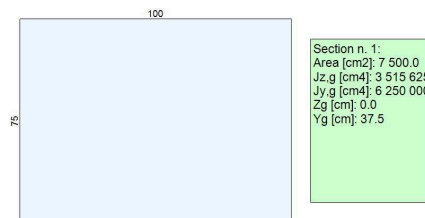
QU)			(s.max.=2.7 [cm])									
13 - RARA(RARA)	---	---	---	---	---	---	2.83	2.07	---	---	---	---
14 - FREQ.(FREQU ENTE)	---	---	---	---	---	---	---	---	1.47	---	---	---
15 - Q.PERM.(QUA SL_PERM)	---	---	---	---	---	---	2.76	---	1.37	---	---	---

**Muro Verificato!**      **[Verifiche Superate]**

- Elementi strutturali
- Muro e fondazione

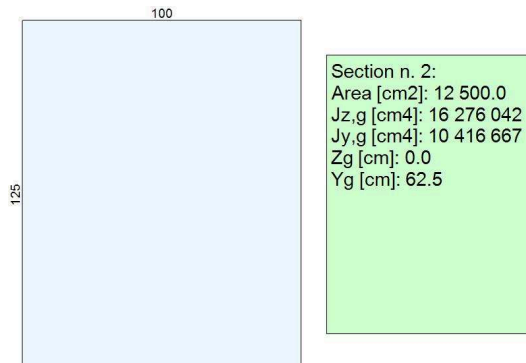


Sezione 1:  
(valle)



(monte)

Sezione 2:  
(valle)



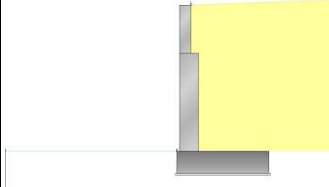
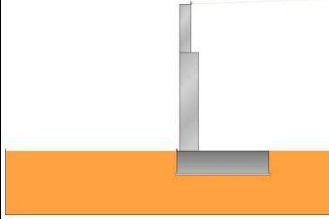
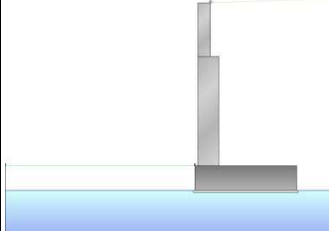
(monte)

**- Terreno****- Profili di Monte e Valle**

MONTE			-	VALLE		
punto	x [cm]	z [cm]	-	punto	x [cm]	z [cm]
1	0	0	-	1	-95	-988
2	1050	41	-	2	-1250	-988

Coordinate vertici profilo di monte e di valle.

**Strati**

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)
- 1 - Strato 1 (strato 1) Terreno 2 (non coesivo) (Terreno rilevato) $c' = 0 \text{ daN/cm}^2$ $\gamma = 0.0019 \text{ daN/cm}^3$ $\varphi = 35^\circ$	$h = 0$ $i = 0^\circ$		1 (1050;-988) 2 (1050;41) 3 (0;0) 4 (0;-324) 5 (50;-324) 6 (50;-988) 7 (525;-988) 1 (1050;-988) 2 (1050;41) 3 (0;0) 4 (0;-324) 5 (50;-324) 6 (50;-988) 7 (525;-988)
- 2 - Strato 2 (strato 2) Terreno 1 (non coesivo) (Conoide) $c' = 0 \text{ daN/cm}^2$ $\gamma = 0.002 \text{ daN/cm}^3$ $\varphi = 38^\circ$	$h = -988$ $i = 0^\circ$		1 (1050;-1418) 2 (1050;-988) 3 (525;-988) 4 (525;-1138) 5 (-95;-1138) 6 (-95;-988) 7 (-1250;-988) 8 (-1250;-1418)
- falda -	$hV = -1138$ $hM = -1138$ $hI = -400$		1 (1050;-1418) 2 (1050;-1138) 3 (525;-1138) 4 (-95;-1138) 5 (-1250;-1138) 6 (-1250;-1418)

Stratigrafia.

**- Normativa, materiali e modello di calcolo****- Norme Tecniche per le Costruzioni 14/01/2008****- Approccio 2**

<i>Coeff. sulle azioni</i>	<i>Coeff. proprietà terreno</i>	<i>Coeff. resistenze</i>
- permanenti/favorevole = 1 - permanenti/sfavorevole = 1.3 - permanenti non strutturali/favorevole = 0 - permanenti non strutturali/sfavorevole = 1.5 - variabili/favorevole = 0 - variabili/sfavorevole = 1.5	- Coesione = 1 - Angolo di attrito = 1 - Resistenza al taglio non drenata = 1	- Capacità portante = 1.4 - Scorrimento = 1.1 - Resistenza terreno a valle = 1.4 - Stabilità globale = - - -

**- Dati di progetto dell'azione sismica:**

L'analisi è stata eseguita in condizioni sismiche; parametri scelti :

- località = DEMONTE [44.31482800,7.29626300]
- vita nominale = 50 anni
- classe d'uso = III
- SLU = SLV
- categoria di sottosuolo = cat sottosuolo B
- categoria topografica = categoria T2
- $a_g = 1.6888 \text{ m/s}^2$
- $F_0 = 2.4728$
- $\beta_m = 0.24$
- $\beta_s = 0.24$
- >  $k_h$  (muro) = 0.0595
- >  $k_v$  (muro) = 0.0297
- >  $k_h$  (pendio) = 0.0595
- >  $k_v$  (pendio) = 0.0297

**- Caratteristiche dei materiali:**

<b>Calcestruzzo</b>	<b>Acciaio</b>
- Descrizione = C25/30 - $f_{ck} = 249 \text{ daN/cm}^2$ - $\gamma_c = 1.5$ - $f_{cd} = 141.1 \text{ daN/cm}^2$ - $E_{cm} = 314471.6 \text{ daN/cm}^2$ - $\alpha_{cc} = 0.85$ - $\epsilon_{c2} = 0.2000 \%$ - $\epsilon_{cu2} = 0.3500 \%$ - $\gamma$ (p.vol.) = 0.0025 daN/cm	- Descrizione = B450C - $E = 2000000 \text{ daN/cm}^2$ - $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$ - $f_{tk} = 5400 \text{ daN/cm}^2$ - $\epsilon_{yd} = 0.1960 \%$ - $\epsilon_{ud} = 6.7500 \%$ - $\gamma_s = 1.15$ - $f_{yd} = 3913.0 \text{ daN/cm}^2$ - $f_{ud} = 4695.7 \text{ daN/cm}^2$

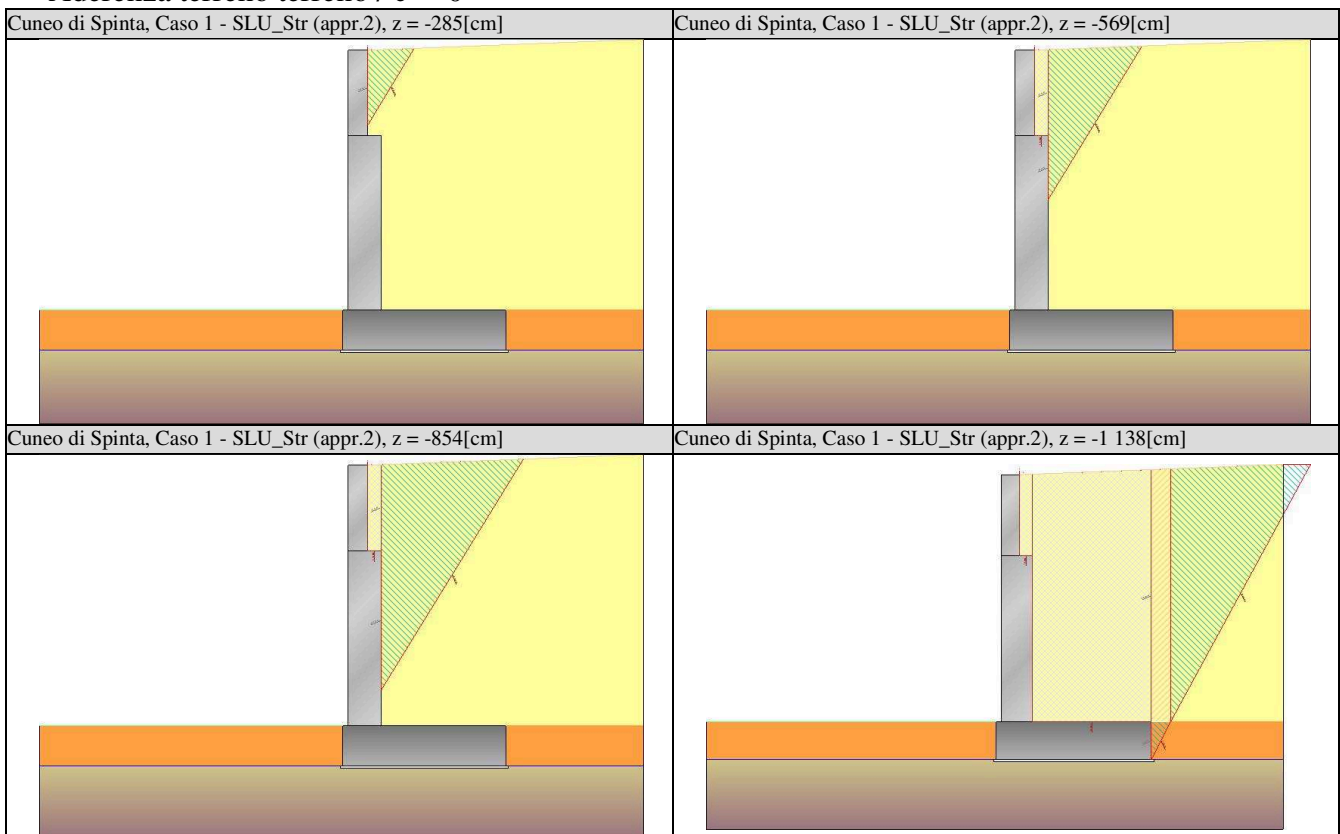
Condizioni ambientali = aggressivo.



## - Opzioni di calcolo

**Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva "ka"** (si considera il muro libero di traslare/ruotare al piede). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELOTTA "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

- Attrito muro terreno /  $\phi' = 0.67$
- Aderenza muro terreno /  $c' = 0$
- Attrito terreno terreno /  $\phi' = 0.67$
- Aderenza terreno terreno /  $c' = 0$



**La capacità portante della fondazione** nastriforme, su suolo omogeneo, viene calcolata con la formula di Brinch-Hansen (1970) considerando separatamente i contributi dovuti alla coesione, al sovraccarico laterale ed al peso del terreno, utilizzando i coefficienti di capacità portante suggeriti da vari Autori ed i coefficienti correttivi dovuti alla forma della fondazione (s), all'approfondimento (d), alla presenza di un'azione orizzontale (i), all'inclinazione del piano di posa (b) e del piano campagna (g). La resistenza a slittamento è valutata considerando l'attrito sviluppato lungo la base

della fondazione, e trascurando il contributo del terreno a lato.

- Attrito fond. terreno /  $\phi'$  o  $C_u = 0.67$
- coeff. per calcolo della sottospinta idraulica = 0.1

La verifica di stabilità globale viene eseguita con i metodi di Bishop semplificato.

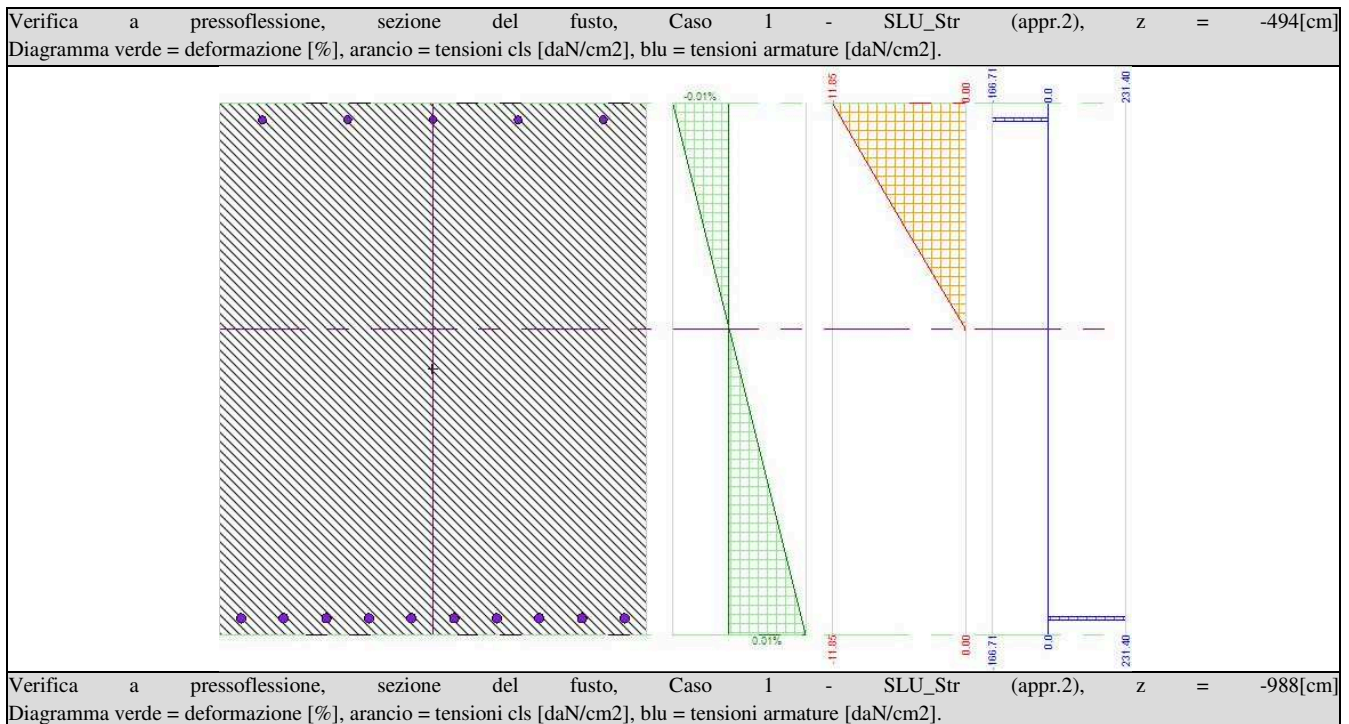
- Attrito stab. globale /  $\phi'$  o  $C_u = 1$

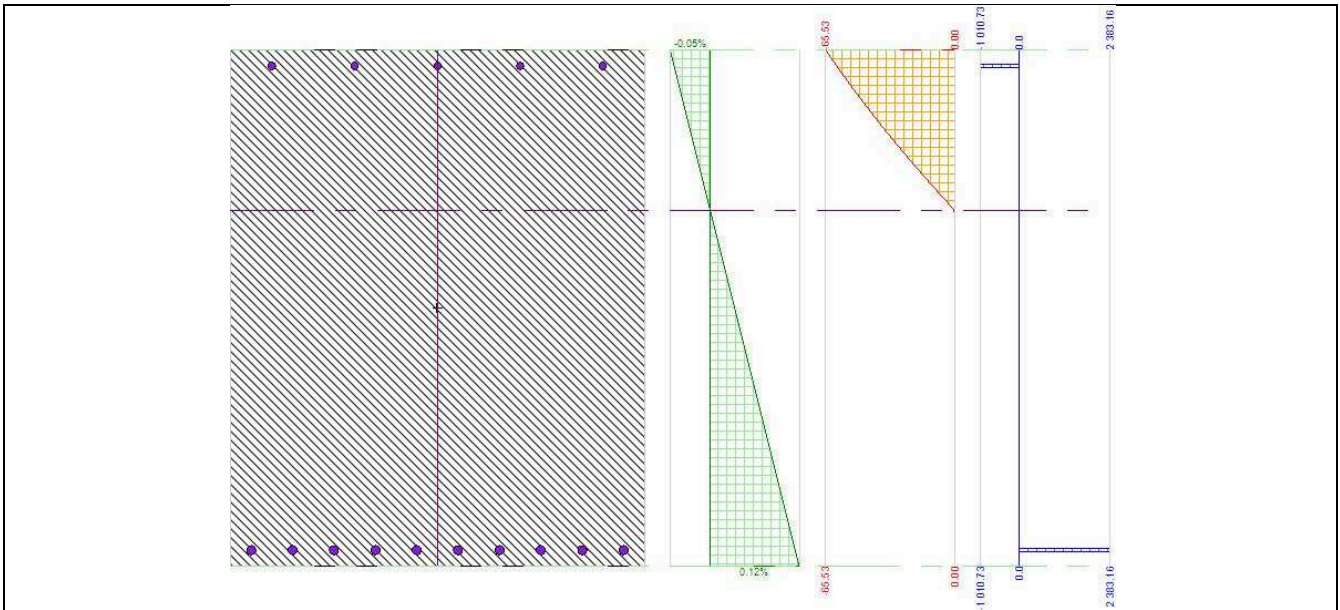
**Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti** dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]
- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 5 [daN/cm<sup>3</sup>]

**La verifica delle sezioni in cemento armato** viene eseguita a SLU e SLE. La pressoflessione è verificata a SLU con i diagrammi costitutivi parabola-rettangolo (cls) e bilatero (acciaio) [NTC08 4.1.2.1.2]. La resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti è verificata a SLU [NTC08 4.1.2.1.3]. A SLE si verifica lo stato limite di apertura delle fessure [NTC08 4.1.2.2.4], e la tensione massima nei materiali [NTC08 4.1.2.2.5].

- lunghezza di ancoraggio, numero di diametri = 10
- lunghezza di ancoraggio, lunghezza minima = 10 [cm]





### - Carichi

#### - Carichi Nastriiformi:

##### Carico 1:

- descrizione = Carichi veicolari
- tipologia = variabili da traffico distribuiti
- estremi ( $x_i; x_f$ ) = 0; 1050 cm
- tipo inserimento = sul profilo
- intensità = 0.2 daN/cm<sup>2</sup>

#### - Carichi in Testa muro:

In testa al muro è applicata la seguente terna di sollecitazione:

##### Carico 1:

- descrizione = Urto
- tipologia = eccezionale
- $N = 0$  daN a modulo
- $M = 106000$  daN\*cm a modulo
- $T = 1060$  daN a modulo

Considera come carico principale variabile (per coeff. psi [NTC08 2.5.3 ]) i casi di tipo: variabili da traffico distribuiti

**- Casi di Carico**

<b>caso</b>	<b>coefficienti per i carichi</b>
STR (SLU) descr. = SLU_Str (appr.2) coeff. = 1.3(pp.), 1.3(ter.m.), 1.3(fld.m.)1.3(ter.cs.), 1.3(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [1.50; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00; - ]
GEO (SLU_GEO) descr. = SLU_Geo (appr.2) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [1.30; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00; - ]
EQU (SLU_EQU) descr. = SLU_Equ (per equilibrio) coeff. = 0.9(pp.), 0.9(ter.m.), 0.9(fld.m.)1.1(ter.cs.), 1.1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [1.50; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00; - ]
STR_SISMA_SU (SLU) descr. = SLU_Str_Sisma_Su (appr.2) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00;0.00] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00;0.00]
GEO_SISMA_SU (SLU_GEO) descr. = SLU_Geo_Sisma_Su (appr.2) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00;0.00] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00;0.00]
EQU_SISMA_SU (SLU_EQU) descr. = SLU_Equ_Sisma_Su (per equilibrio) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00;0.00] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00;0.00]
STR_SISMA_GIU (SLU) descr. = SLU_Str_Sisma_Giu (appr.2) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00;0.00] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00;0.00]
GEO_SISMA_GIU (SLU_GEO) descr. = SLU_Geo_Sisma_Giu (appr.2) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00;0.00] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00;0.00]
EQU_SISMA_GIU (SLU_EQU) descr. = SLU_Equ_Sisma_Giu (per equilibrio) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00;0.00] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00;0.00]
STR_ECCEZIONALE (SLU) descr. = SLU_Str_Eccezionale (appr.2) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [1.00; - ]
GEO_ECCEZIONALE (SLU_GEO) descr. = SLU_Geo_Eccezionale (appr.2) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [1.00; - ]
EQU_ECCEZIONALE (SLU_EQU) descr. = SLU_Equ_Eccezionale (per equilibrio) coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [1.00; - ]
RARA (Rara) descr. = Combinazione caratteristica (rara) - SLE coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [1.00; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00; - ]
FREQ. (Frequente) descr. = Combinazione frequente - SLE coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.75; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00; - ]
Q.PERM. (Quasi_Perm) descr. = Combinazione quasi permanente - SLE coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter) --- 1) Carichi veicolari [0.00; - ] Car.Pun.(mur) --- 1) Urto [0.00; - ]

Casi di Carico

**- Verifiche Geotecniche**

caso di carico	capacità portante	scorrimento	equilibrio
1 - STR (SLU)	- Drenata - q di progetto = 4.88 daN/cm2 q limite = 14.43 daN/cm2 --> fs = 2.96 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 43339.75 daN v limite = 95765.23 daN --> fs = 2.21 [Verificato]	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - verifica non prevista
2 - GEO (SLU_GEO)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - --> fs = 1.33 [Verificato]
3 - EQU (SLU_EQU)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - Stabile --> fs = 1.97 (spost.max.=3.8[cm]) [Verificato]  - Stab. globale - verifica non prevista
4 - STR_SISMA_SU (SLU)	- Drenata - q di progetto = 3.44 daN/cm2 q limite = 12.62 daN/cm2 --> fs = 3.67 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 34932.69 daN v limite = 66326.92 daN --> fs = 1.9 [Verificato]	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - verifica non prevista
5 - GEO_SISMA_SU (SLU_GEO)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - v applicato = 43645.51 daN v limite = 60447.13 daN --> fs = 1.38 [Verificato]	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - --> fs = 1.37 [Verificato]
6 - EQU_SISMA_SU (SLU_EQU)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - Stabile --> fs = 2.34 (spost.max.=2.9[cm]) [Verificato]  - Stab. globale - verifica non prevista
7 - STR_SISMA_GIU (SLU)	- Drenata - q di progetto = 3.63 daN/cm2 q limite = 12.75 daN/cm2 --> fs = 3.52 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 36617.41 daN v limite = 70341.31 daN --> fs = 1.92 [Verificato]	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - verifica non prevista
8 - GEO_SISMA_GIU (SLU_GEO)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - v applicato = 45819.84 daN v limite = 64108.02 daN --> fs = 1.4 [Verificato]	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - --> fs = 1.38 [Verificato]

## Progetto Definitivo

9 - EQU_SISMA_GIU (SLU_EQU)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - Stabile --> fs = 2.36 (spost.max.=3.0[cm]) [Verificato]  - Stab. globale - verifica non prevista
10 - STR_ECCEZIONALE (SLU)	- Drenata - q di progetto = 3.37 daN/cm2 q limite = 14.82 daN/cm2 --> fs = 4.4 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 29661.36 daN v limite = 67528.8 daN --> fs = 2.28 [Verificato]	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - verifica non prevista
11 - GEO_ECCEZIONALE (SLU_GEO)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - verifica non prevista  - Stab. globale - --> fs = 1.38 [Verificato]
12 - EQU_ECCEZIONALE (SLU_EQU)	- Drenata - verifica non prevista	- Drenata - verifica non prevista	- Ribaltamento - Stabile --> fs = 2.56 (spost.max.=2.7[cm]) [Verificato]  - Stab. globale - verifica non prevista

Verifiche geotecniche della fondazione.

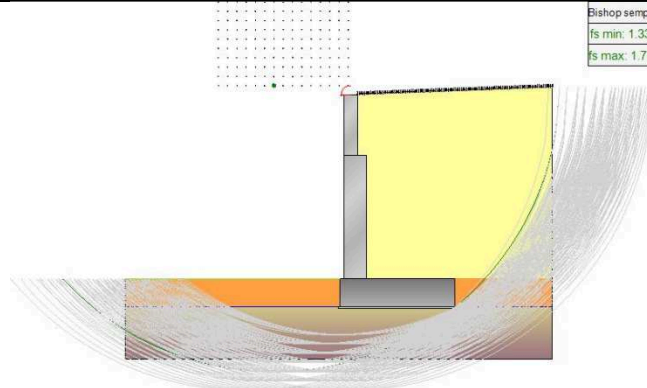
## Progetto Definitivo

caso di carico	p. proprio muro (stab) [daN×cm]	p. proprio terreno (stab) [daN×cm]	azioni sul muro (stab) [daN×cm]	azioni sul muro (instab) [daN×cm]	attrito terreno (stab) [daN×cm]	spinta terreno (instab) [daN×cm]	momento stabilizzante [daN×cm]	momento ribaltante [daN×cm]	coeff. di sicurezza
1 STR SLU	12 049 293.8	51 052 250.5	0.0	106 000.0	11 874 498.6	26 416 073.8	74 976 042.8	26 522 073.8	2.83
2 GEO SLU_GEO	9 268 687.5	39 821 091.1	0.0	106 000.0	9 672 054.1	25 517 400.6	58 761 832.6	25 623 400.6	2.29
3 EQU SLU_EQU	8 341 818.8	37 081 115.7	0.0	106 000.0	10 716 073.7	28 322 800.1	56 139 008.1	28 428 800.1	1.97
4 STR_SISMA_SU SLU	8 992 965.6	33 888 815.2	0.0	106 000.0	8 783 034.1	18 612 644.9	51 664 814.9	18 718 644.9	2.76
5 GEO_SISMA_SU SLU_GEO	8 992 965.6	33 888 815.2	0.0	106 000.0	9 188 262.2	22 108 995.0	52 070 043.0	22 214 995.0	2.34
6 EQU_SISMA_SU SLU_EQU	8 992 965.6	33 888 815.2	0.0	106 000.0	9 188 262.2	22 108 995.0	52 070 043.0	22 214 995.0	2.34
7 STR_SISMA_GIU SLU	9 544 409.4	35 966 858.7	0.0	106 000.0	9 246 089.6	19 548 549.6	54 757 357.6	19 654 549.6	2.79
8 GEO_SISMA_GIU SLU_GEO	9 544 409.4	35 966 858.7	0.0	106 000.0	9 679 522.2	23 258 450.3	55 190 790.3	23 364 450.3	2.36
9 EQU_SISMA_GIU SLU_EQU	9 544 409.4	35 966 858.7	0.0	106 000.0	9 679 522.2	23 258 450.3	55 190 790.3	23 364 450.3	2.36
10 STR_ECCEZIONALE SLU	9 268 687.5	34 927 836.9	0.0	1 312 280.0	7 861 000.1	15 953 899.5	52 057 524.5	17 266 179.5	3.01
11 GEO_ECCEZIONALE SLU_GEO	9 268 687.5	34 927 836.9	0.0	1 312 280.0	8 335 238.8	19 236 363.2	52 531 763.2	20 548 643.2	2.56
12 EQU_ECCEZIONALE SLU_EQU	9 268 687.5	34 927 836.9	0.0	1 312 280.0	8 335 238.8	19 236 363.2	52 531 763.2	20 548 643.2	2.56
13 RARA RARA	9 268 687.5	38 691 878.6	0.0	106 000.0	8 956 380.0	19 787 146.1	56 916 946.1	19 893 146.1	2.86
14 FREQ. FREQUENTE	9 268 687.5	37 750 868.2	0.0	106 000.0	8 673 204.1	18 745 821.8	55 692 759.8	18 851 821.8	2.95
15 Q.PERM. QUASI_PERM	9 268 687.5	34 927 836.9	0.0	106 000.0	7 861 000.1	15 756 044.5	52 057 524.5	15 862 044.5	3.28

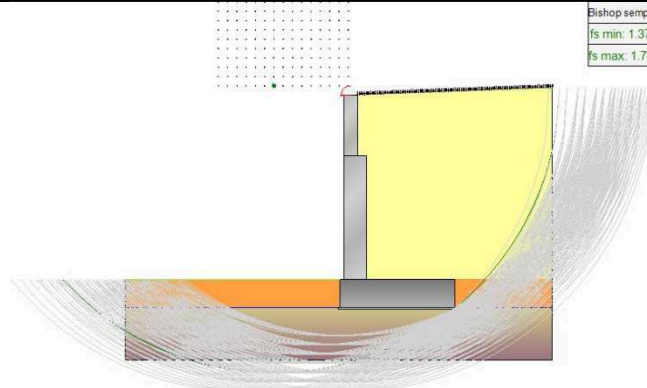
Dettaglio della verifica di ribaltamento.



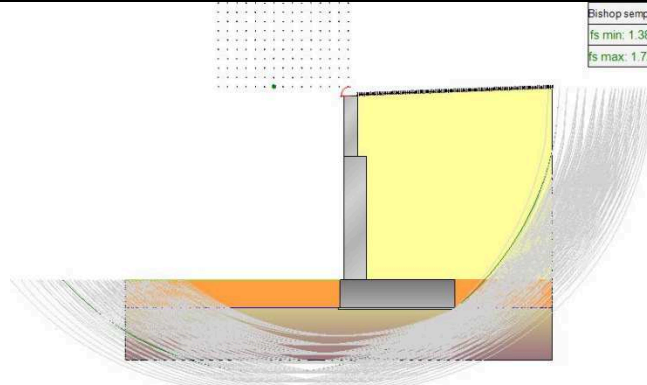
Caso: GEO (SLU\_GEO) . Descrizione: SLU\_Geo (appr.2) . Centro = 9 . fs = 1.33 [Verificato]



Caso: GEO\_SISMA\_SU (SLU\_GEO) . Descrizione: SLU\_Geo\_Sisma\_Su (appr.2) . Centro = 9 . fs = 1.37 [Verificato]

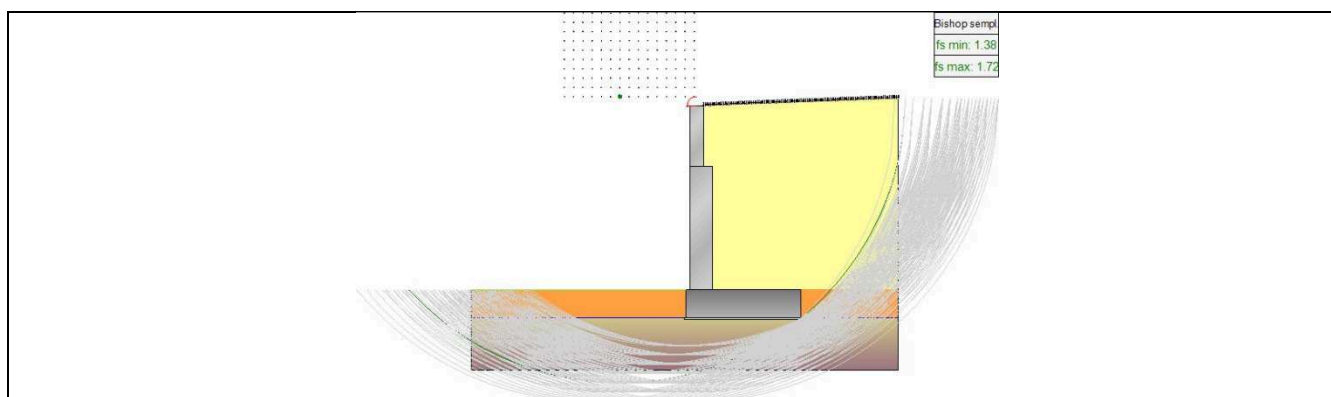


Caso: GEO\_SISMA\_GIU (SLU\_GEO) . Descrizione: SLU\_Geo\_Sisma\_Giu (appr.2) . Centro = 9 . fs = 1.38 [Verificato]



Caso: GEO\_ECCEZIONALE (SLU\_GEO) . Descrizione: SLU\_Geo\_Eccezionale (appr.2) . Centro = 9 . fs = 1.38 [Verificato]





Dettaglio della verifica di stabilità globale.

## 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 complessa 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.

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)
Utente	ANAS S.P.A.- DIREZIONE GENERALE
Licenza	AIR01039Y

#### 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.