

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

RELAZIONE

CAVALCAFERROVIA – IV03 CAVALCA FERROVIA AL km 12+594 – IV03A IMPALCATO

RELAZIONE DI CALCOLO MURI

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.		SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore			-
Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale				

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N 0 D	0 0	D	I 2	C L	I V 0 3 A 0	0 0 4	A

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	S.Grimaldi	10/04/15	S.Grimaldi	10/04/15	P.Polidori	10/04/15	Alberto Checchi iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 12414 – Sez. A settore Civile ed Ambientale

File: IN0D00DI2CLIV03A0004A.DOC	CUP: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	7
4.1	CALCESTRUZZO.....	7
4.1.1	FONDAZIONI.....	7
4.1.2	MURI.....	7
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE	8
4.3	COPRIFERRI MINIMI.....	8
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	10
5.1	TERRENO DI FONDAZIONE.....	10
5.2	TERRENO DI RINFIANCO	10
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	11
6.1	CARICHI PERMANENTI G	11
6.2	CARICHI ACCIDENTALI STRADALI Q_1	11
6.3	AZIONI SISMICHE Q_2	11
7	COMBINAZIONI DI CARICO	20
8	CRITERI DI CALCOLO	23
9	CRITERI DI VERIFICA.....	30
9.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	30
9.1.1	Verifica a fessurazione	30
9.1.2	Verifica delle tensioni in esercizio.....	31
9.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	31
9.2.1	Sollecitazioni flettenti	31
9.2.2	Sollecitazioni taglianti	32
10	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE.....	34
10.1	VERIFICHE MURO 'TIPO 1'	34
10.2	VERIFICHE MURO 'TIPO 2'	39
11	ALLEGATO 1: OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO – MURO 'TIPO 1'	43
12	ALLEGATO 2: OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO – MURO 'TIPO 2'	84

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo afferisce alle strutture in c.a. dei muri in continuità con il cavalcaferrovia sito al km 12+594,43, nell'ambito della progettazione definitiva della linea AC Verona-Padova.

Le opere, tutte realizzate in opera, possono essere distinte in muri lato spalla A e muri lato spalla B. Nell'ambito dei muri lato spalla A si individua un muro tipo (Muro 'tipo A'); nell'ambito dei muri lato spalla B si individua un muro tipo (Muro 'tipo B').

Le due tipologie di muro si differenziano esclusivamente per le altezze.

Le strutture sono progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.

Si riportano di seguito gli stralci planimetrici in cui si segnalano i muri oggetto della presente relazione.

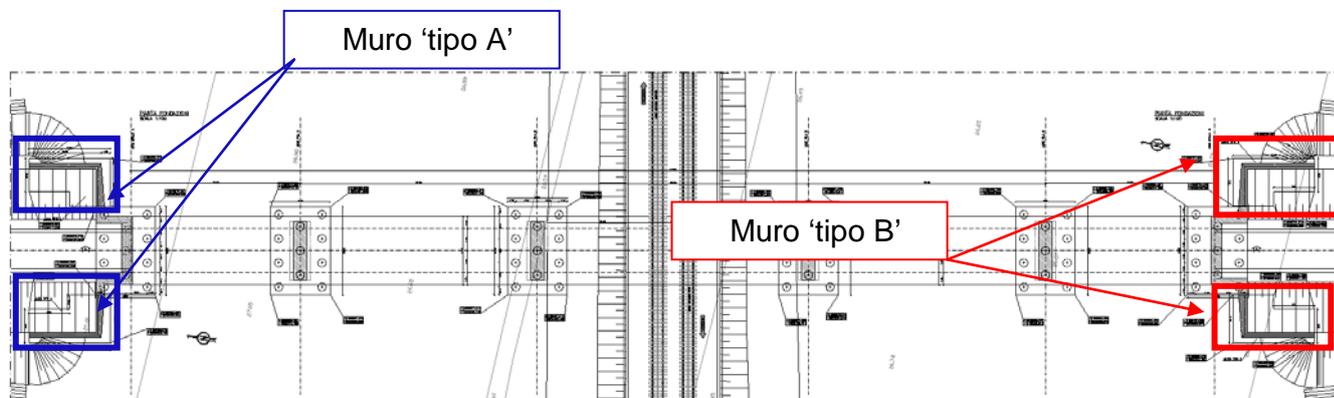


Figura 1: Stralcio planimetrico: ubicazione muri in c.a. lato spalla A e lato spalla B

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il Muro 'tipo A' è una struttura di risvolto di altezza massima pari a 9.06 m ed impronta in pianta di 12.0x7.13m, si configura come un muro di sostegno singolo di altezza variabile nella parte adiacente alla spalla ed un tratto di altezza costante in direzione parallela all'asse stradale, di sottoscarpa.

Il Muro 'tipo B' è una struttura di risvolto di altezza massima pari a 9.68 m ed impronta in pianta di 12.0x7.13m, si configura come un muro di sostegno singolo di altezza variabile nella parte adiacente alla spalla ed un tratto di altezza costante in direzione parallela all'asse stradale, di sottoscarpa.

Le strutture sono progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.

Si riportano di seguito le sezioni relative ai muri tipo sopra descritti.

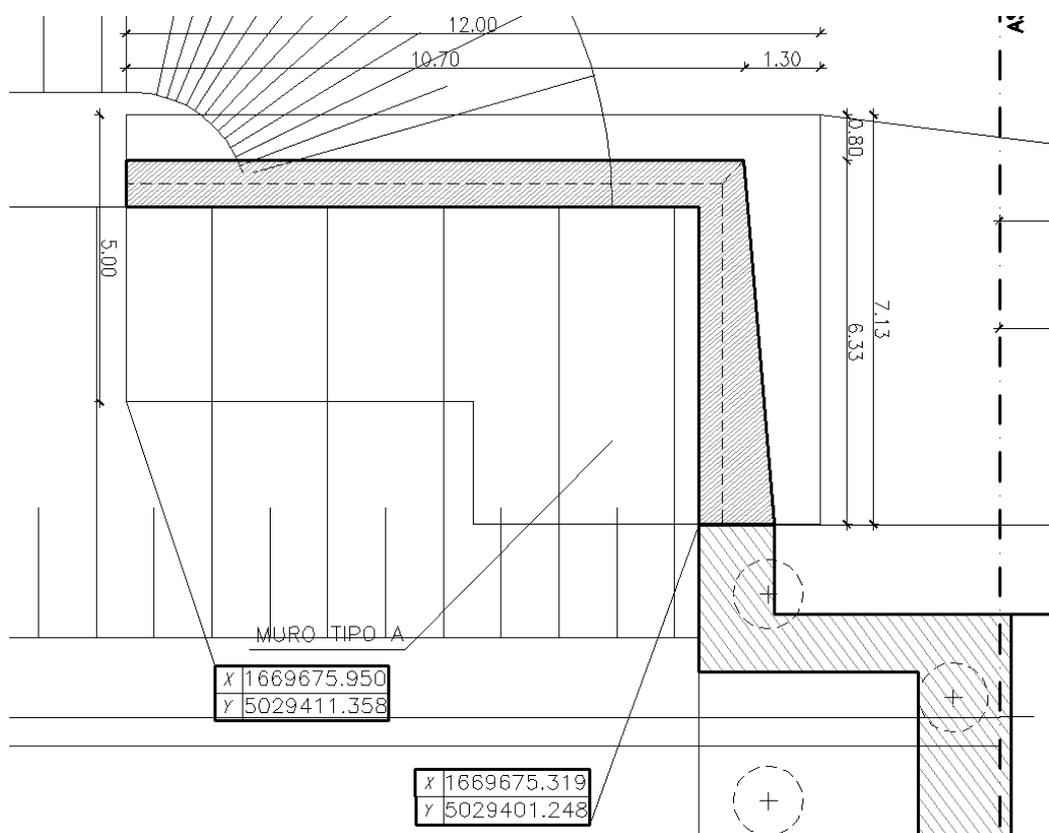


Figura 2: Stralcio planimetrico

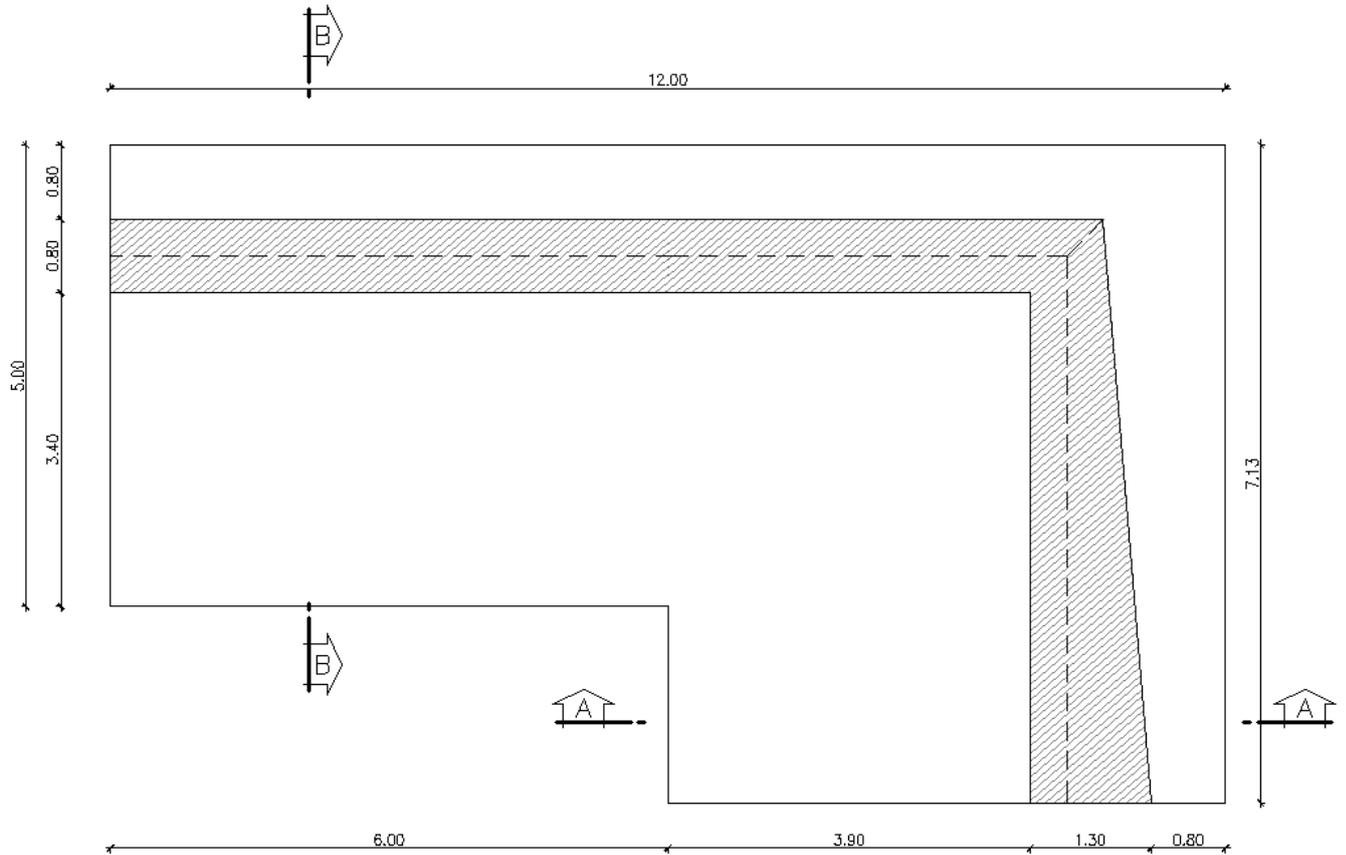
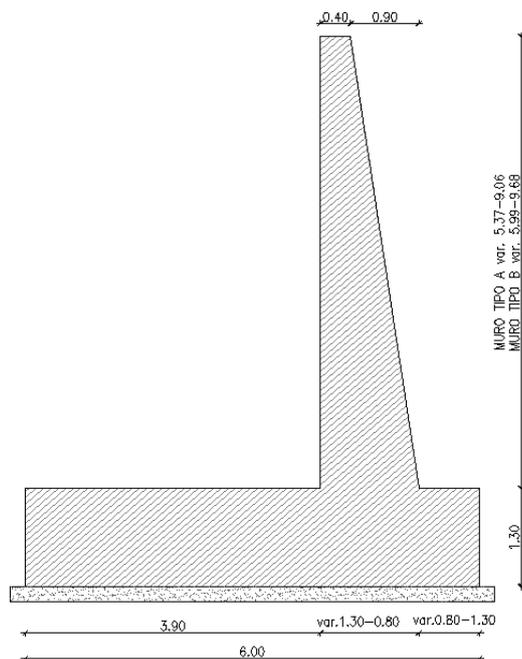


Figura 3: Pianta allo spiccato muro tipo A e muro tipo B



 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 5 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

Figura 4: Sezione Muro – prosecuzione spalla altezza variabile

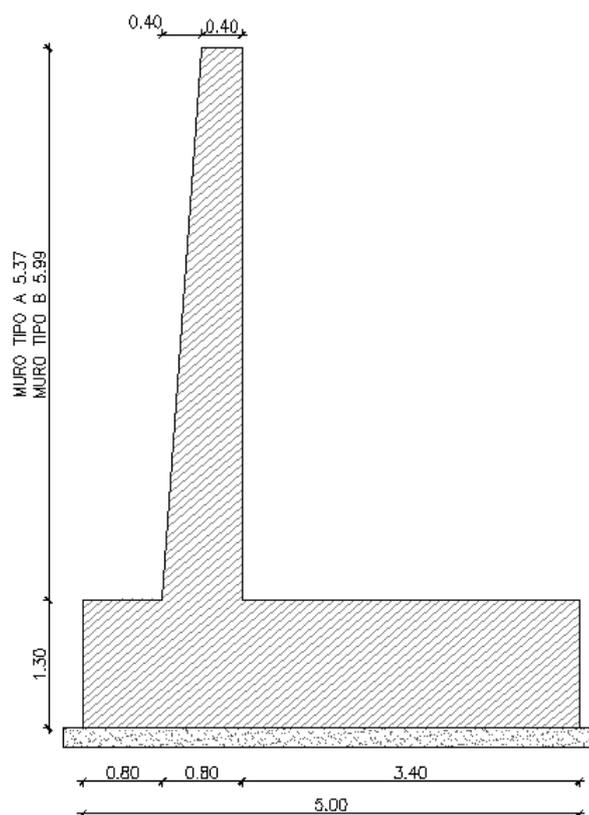


Figura 5: Sezione Muro – parte costante di sottoscarpa

Le verifiche sono state condotte sul paramento tipo B, lato spalla B, perché più alto. Sono stati analizzati il paramento variabile in prosecuzione delle spalle (TIPO 1) e il muro di sottoscarpa di altezza costante (TIPO 2).

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 6 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si riporta nel seguito l'elenco delle normative di riferimento.

Legge 5-1-1971 n° 1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;

Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni;

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

UNI ENV 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2. Ponti di calcestruzzo;

“Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria” - RFI DTC INC PO SP IFS 002 A;

“Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie” - RFI DTC INC CS SP IFS 001 A;

“Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia” - RFI DTC INC PO SP IFS 005 A.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 7 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati:

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 FONDAZIONI

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30: $f_{ck} \geq 25$ MPa $R_{ck} \geq 30$ MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2,56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

4.1.2 MURI

Classe d'esposizione: XC4

C32/40: $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 8 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungho durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

4.2 ACCIAIO PER ARMATURE

Tipo B450C saldabile, per diametri compresi tra 6 e 40 mm:

$$f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{tnom} = 540 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} \geq f_{ynom} \text{ frattile } 5\%$$

$$f_{tk} \geq f_{tnom} \text{ frattile } 5\%$$

$$1.15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1.35 \text{ frattile } 10\%$$

$$(f_y/f_{ynom})_k \leq 1.25 \text{ frattile } 10\%$$

$$\text{Allungamento } (A_{gt})_k \geq 7.5\% \text{ frattile } 10\%$$

Reti e tralici elettrosaldati:

$$f_{yk} \geq 390 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} \geq 440 \text{ MPa}$$

$$(f_{tk}/f_{yk}) \geq 1.10$$

4.3 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:



ATI bonifica

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
RELAZIONE DI CALCOLO MURI

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A

. Pag
9 di 119

Strutture controterra 5 cm

Elevazione 5 cm

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	. Pag 10 di 119

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

5.1 TERRENO DI FONDAZIONE

Si individua la presenza di falda a quota +25.16 m s.l.m. Relativamente alle caratteristiche geotecniche del terreno si faccia riferimento agli elaborati specifici.

5.2 TERRENO DI RINFIANCO

Sono riassunte nel prospetto riportato di seguito le caratteristiche del terreno di rinfianco (con γ pari al peso specifico del terreno; γ_{sat} pari al peso specifico saturo del terreno; c' pari alla coesione; φ' pari all'angolo di attrito; K_0 coefficiente di spinta a riposo):

Parametri del terreno				
γ	γ_{sat}	c'	φ'	K_0
(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(-)
20.00	20.00	0.0	35.0	0.426

Figura 6: Parametri geotecnici del terreno di rinfianco

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	11 di 119

6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Le opere in esame sono soggette al peso proprio, a quello permanente del terreno di riporto, oltre che alla spinta attiva calcolata in automatico dal software di calcolo, come si mostrerà in seguito. A tergo del muro si pone in aggiunta anche un sovraccarico accidentale per simulare il traffico sul rilevato stradale da sostenere.

Nel seguito si riportano le analisi dei carichi relative ad ogni azione elementare agente sulla struttura in esame.

6.1 CARICHI PERMANENTI G

I carichi permanenti sono rappresentati dai pesi propri delle strutture portanti. Essi sono valutati sulla base della geometria degli elementi strutturali e del peso specifico assunto per il calcestruzzo ($\gamma=25\text{kN/m}^3$).

6.2 CARICHI ACCIDENTALI STRADALI Q₁

Per le opere di sottoscarpa a tergo del muro si pone un sovraccarico accidentale pari a $q = 20 \text{ kN/m}^2$ per simulare il traffico sul rilevato stradale da sostenere.

6.3 AZIONI SISMICHE Q₂

Nel presente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel D.M. 14 gennaio 2008, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

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

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

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

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

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag
	IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	12 di 119

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica.

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

a_g : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T^*_C$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

C_C : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

T^*_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

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

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	. Pag 13 di 119

$$T_D \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$: con S_S pari sempre a 1

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55 ;$$

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05 ; \quad T_B = 0.15 ; \quad T_D = 1.0 ;$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale.

Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (V_N), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente.

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
1	Opere provvisorie- Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 100$ anni (categoria 3).

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 14 di 119
	IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	

Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

<p>Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.</p>
<p>Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.</p>
<p>Classe III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.</p>
<p>Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.</p>

Per l'opera in oggetto si considera una Classe d'uso III.

Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0.7	1	1.5	2

Pertanto per l' opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a $100 \times 1.5 = 150$ anni.

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (**SLD**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una parte della resistenza e della rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	. Pag 16 di 119

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

In accordo alle specifiche di norma le azioni sismiche per il dimensionamento dell'opera sono quelle relative allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV). Le azioni sismiche relative allo stato limite di operatività (SLO) e allo stato limite di danno (SLD) non sono state considerate perché poco significative in relazione alle combinazioni di natura statica.

Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T^*_c)

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima sul sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento (V_R), e quindi dalla vita nominale (V_N) e dalla classe d'uso (C_u) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

Latitudine: 45.396252°

Longitudine: 11.166574°

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.234 g
F_n	2.434
T_c^*	0.284 s
S_s	1.359
C_c	1.591
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.359
η	1.000
T_B	0.151 s
T_C	0.452 s
T_D	2.535 s

Figura 7: Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento.

In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media c_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o

	terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
Cat. S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Dalle prove eseguite risulta che i terreni di fondazione risultano appartenere alla **categoria C**.

Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti, S_s e C_c , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame $S_T = 1$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 20 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

Parametri sismici

- Accelerazione max. di progetto a_{max_g}/g : 0.234
- Fattore F_0 di amplificazione dello spettro: 2.434
- Fattore S_s : 1.359

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni delle azioni per lo svolgimento delle verifiche strutturali sono state definite in accordo a quanto riportato nella Normativa vigente, D.M. 14 gennaio 2008.

Si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti 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 lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

Le verifiche da condurre, in particolare, sono quella di ribaltamento, di scorrimento e di stabilità globale, secondo quanto descritto in seguito.

I valori dei coefficienti amplificativi o riduttivi delle azioni, i valori dei coefficienti riduttivi dei parametri geotecnici e quelli delle resistenze da applicare per le verifiche agli stati limite ultimi sono riportate di seguito:

Normativa: N.T.C. 2008

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{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
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata

- γ_{qu} Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
- γ_{γ} Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>

Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_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	

Coeff. di combinazione $\Psi_0= 0,70$ $\Psi_1= 0,50$ $\Psi_2= 0,20$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 23 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

8 CRITERI DI CALCOLO

Criteria di 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, come anticipato sopra.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali, sopra riportati. In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo A1-M1 nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti 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 lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

Metodo di Culmann

Il calcolo della struttura è stato svolto utilizzando il software Max 10.0 della Aztec Informatica.

Per la risoluzione del modello di calcolo si è optato per l'utilizzo del metodo di Culmann che 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. 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 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;

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 24 di 119
	IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	

- 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 utilizza il 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 ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a:

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

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

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

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità:

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 25 di 119
	IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	

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

Terreno a permeabilità elevata:

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

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:

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

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.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 26 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

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 η_r .

Eseguendo il calcolo mediante le NTC di cui al D.M. 14/01/2008, secondo la combinazione EQU, si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza:

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

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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. L'angolo d'attrito δ 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 η_s .

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	27 di 119

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza :

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

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 δ_f 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:

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

Verifica a capacità portante della fondazione

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 η_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 $\eta_q \geq 1.0$.

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ 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 fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)\text{tg}(\phi)}}{2\cos^2(45 + \phi/2)}$$

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

$$N_\gamma = \frac{\text{tg}\phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$

I fattori di forma s_c e s_γ che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.

Il termine $K_{p\gamma}$ che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Meyerof:

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

Verifica a stabilità globale

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

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

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

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

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

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

dove il termine m è espresso da

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

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

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

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 30 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

9 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sulle varie parti dell'opera, per le varie combinazioni di carico vengono effettuate sulla base dei criteri definiti dalle vigenti norme tecniche ("Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14 gennaio 2008).

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio, riguardanti gli stati di fessurazione e di deformazione, ed allo stato limite ultimo.

Si specificano di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche della struttura.

9.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

9.1.1 VERIFICA A FESSURAZIONE

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del D.M. 14 gennaio 2008. Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati, nella presente relazione), alle corrispondenti condizioni ambientali (condizioni molto aggressive) ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture:

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

Figura 8: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del D.M. 14 gennaio 2008

1. Per le strutture di fondazione ed elevazione:

- *Classe di esposizione e condizioni ambientali:*

Lato terra e lato scavo: XC4-XF1 → condizioni ambientali aggressive

- *Stati limite di fessurazione:*

Lato scavo e lato terra (cond. amb. molto aggressive)

- Combinazione di carico frequente: $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 31 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

- Combinazione di carico quasi permanente: $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure w_d è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ε_{sm} , e Δ_{sm} vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

9.1.2 VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$$

dove f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

9.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

9.2.1 SOLLECITAZIONI FLETTENTI

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 32 di 119
	IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabello-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$);
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)

9.2.2 SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 33 di 119
	IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A	

corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

d è l'altezza utile della sezione;

b_w è la larghezza minima della sezione;

σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;

A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;

S è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;

α è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);

α è un coefficiente maggiorativo pari ad 1 per membrature non compresse.

10 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

Come descritto in precedenza si riportano le verifiche del muro più alto, muro tipo B.

10.1 VERIFICHE MURO 'TIPO 1'

Paramento variabile in prosecuzione delle spalle, altezza di calcolo pari ad 7.60m.

Le immagini seguenti illustrano la configurazione geometrica e la stratigrafia dei terreni relative del Muro 'tipo 1':

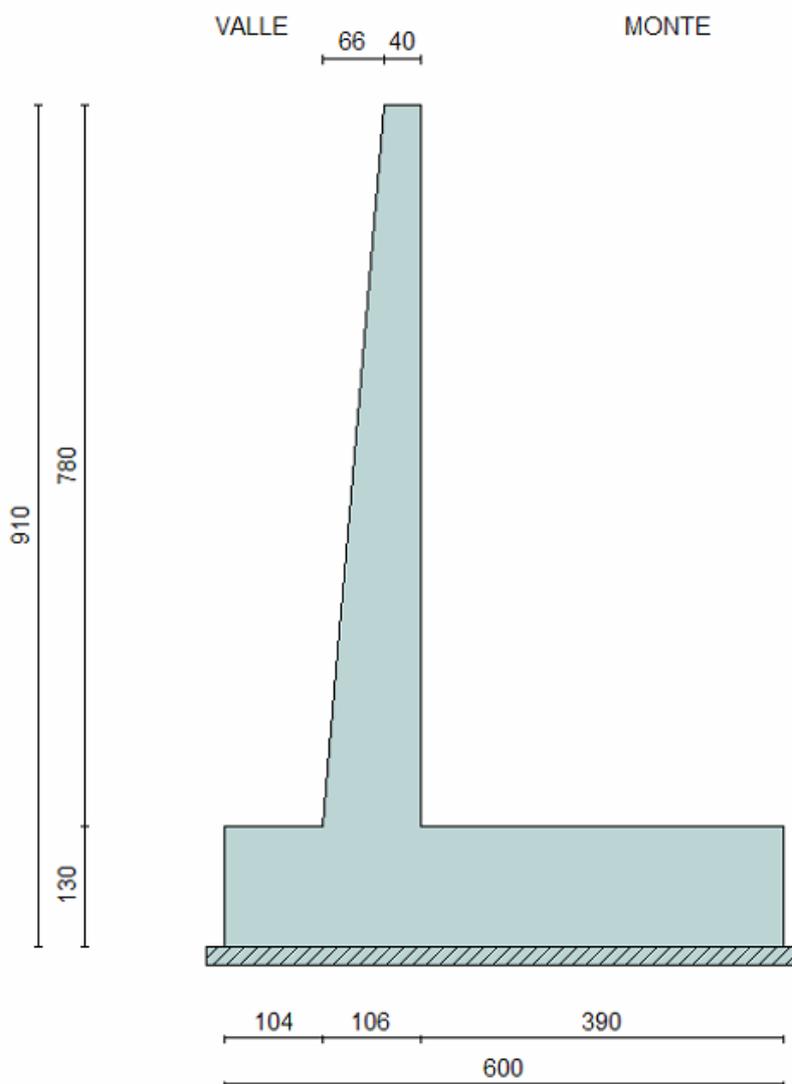


Figura 9: Geometria e dimensioni

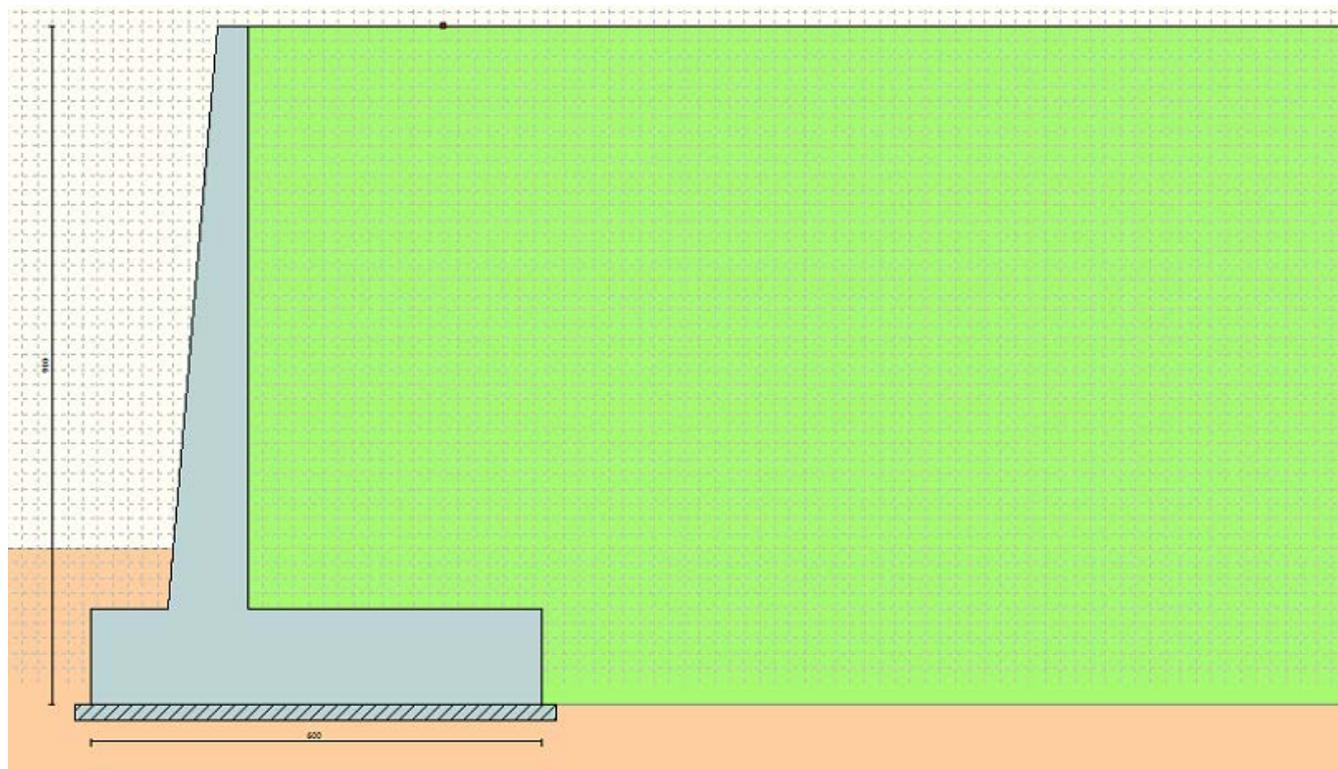


Figura 10: Profilo del terreno

Di seguito sono riassunte le verifiche strutturali e geotecniche effettuate sull'opera in esame. Si riportano i risultati delle combinazioni di carico più gravose per ogni stato limite esaminato.

Verifica a stabilità globale

La combinazione di carico più gravosa ai fini della stabilità globale del sistema muro-terreno risulta essere la n°9 (GEO-STAB – Sisma presente) la verifica risulta essere soddisfatta.

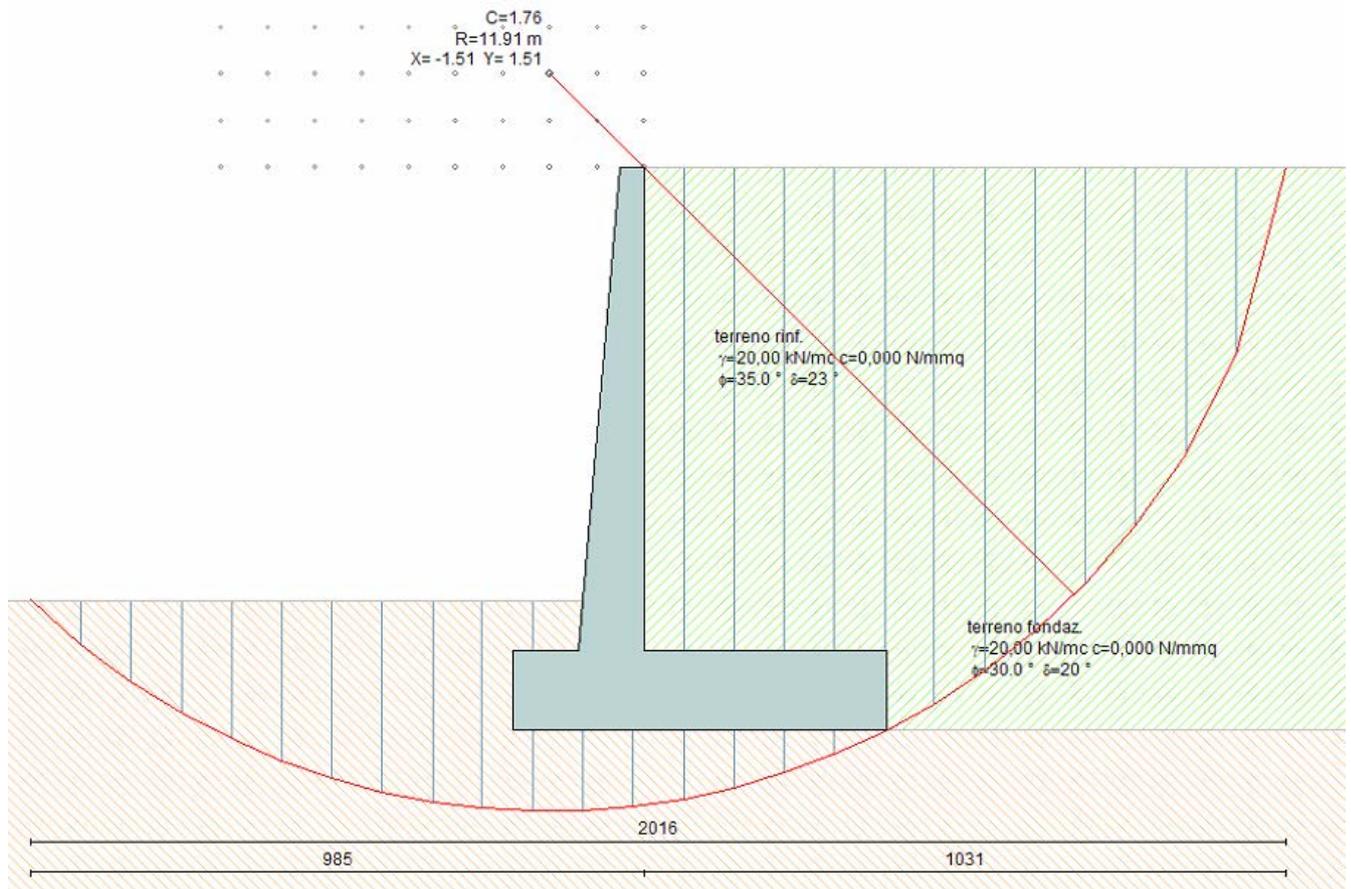


Figura 11: Stabilità globale del sistema terra-muro

Verifiche strutturali

Nelle due immagini seguenti si riportano i diagrammi delle massime sollecitazioni che si ottengono in corrispondenza del paramento murario e della fondazione.

A partire da tali valori saranno poi effettuate le verifiche degli elementi strutturali, considerando ferri di armatura:

Paramento	lato terra	1 ϕ 20/20
	lato scavo	1 ϕ 20/20
Fondazione	superiore	1 ϕ 20/10
	inferiore	1 ϕ 20/10

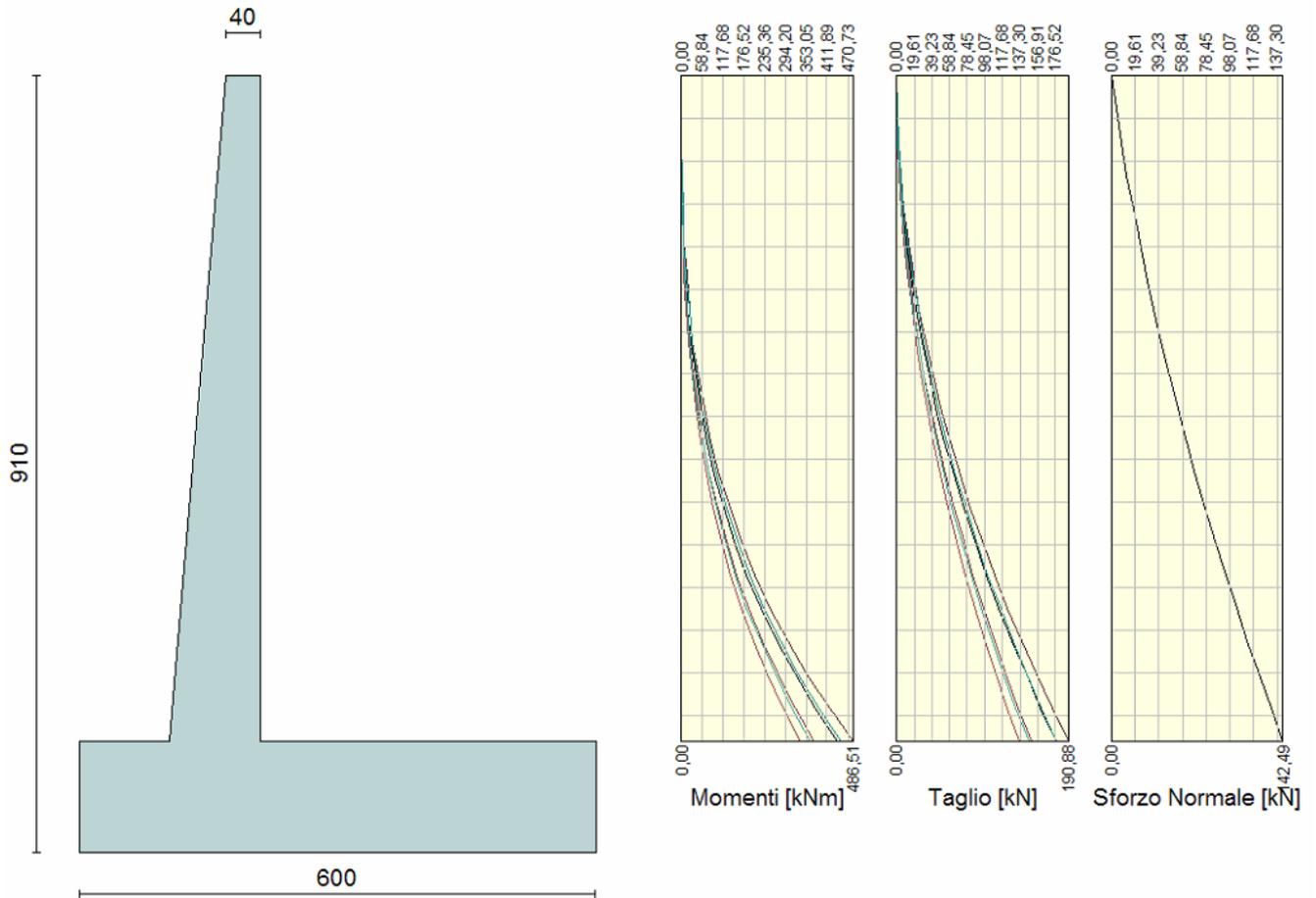


Figura 12: Sollecitazioni agenti sul paramento murario (involuppo SLU)

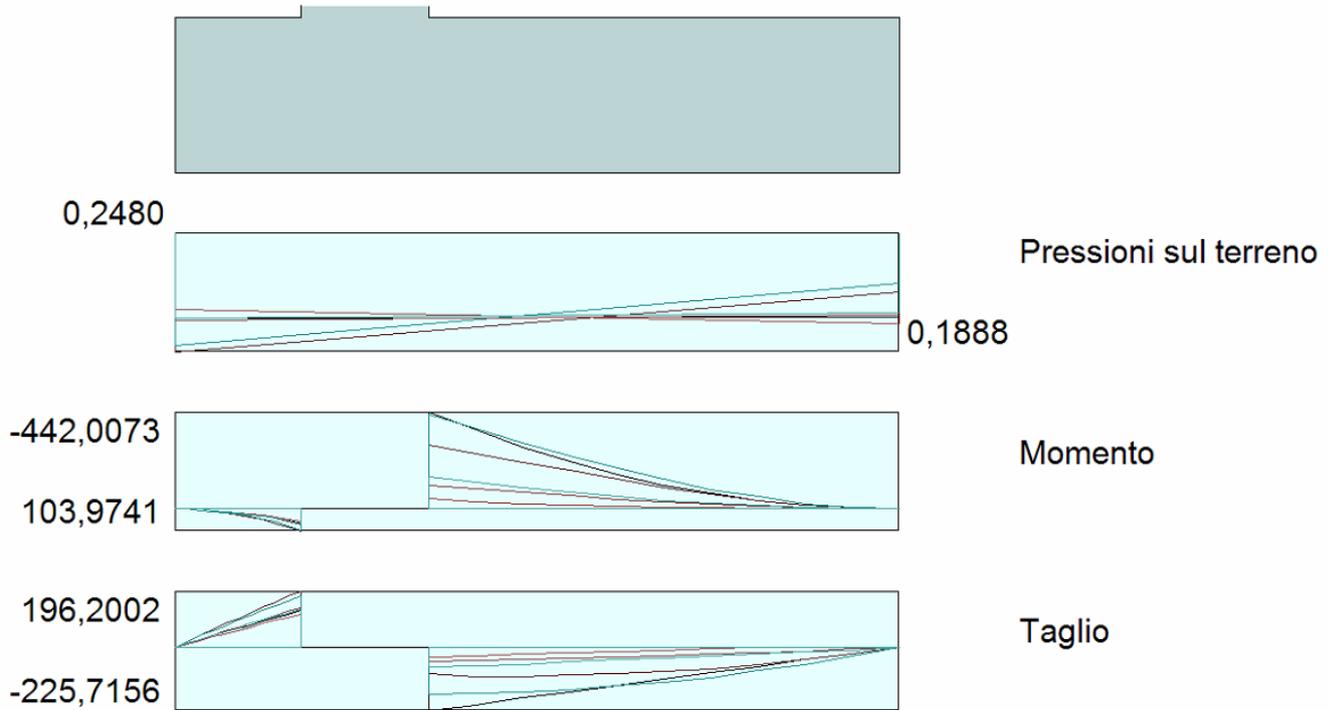


Figura 13: Sollecitazioni agenti in fondazione (involuppo SLU)

10.2 VERIFICHE MURO 'TIPO 2'

Paramento di sottoscarpa di altezza costante pari ad 6.00m disposto parallelamente al tracciato staradale.

Le immagini seguenti illustrano la configurazione geometrica e la stratigrafia dei terreni relative del Muro 'tipo 2':

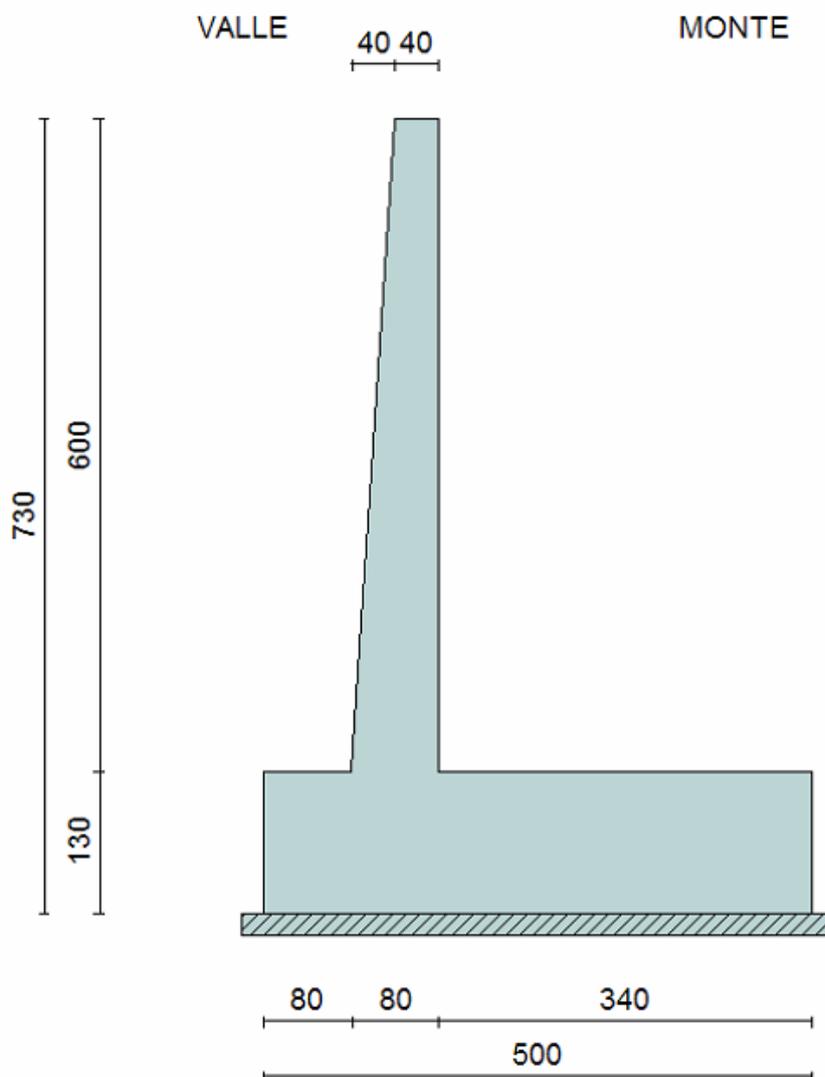


Figura 14: Geometria e dimensioni

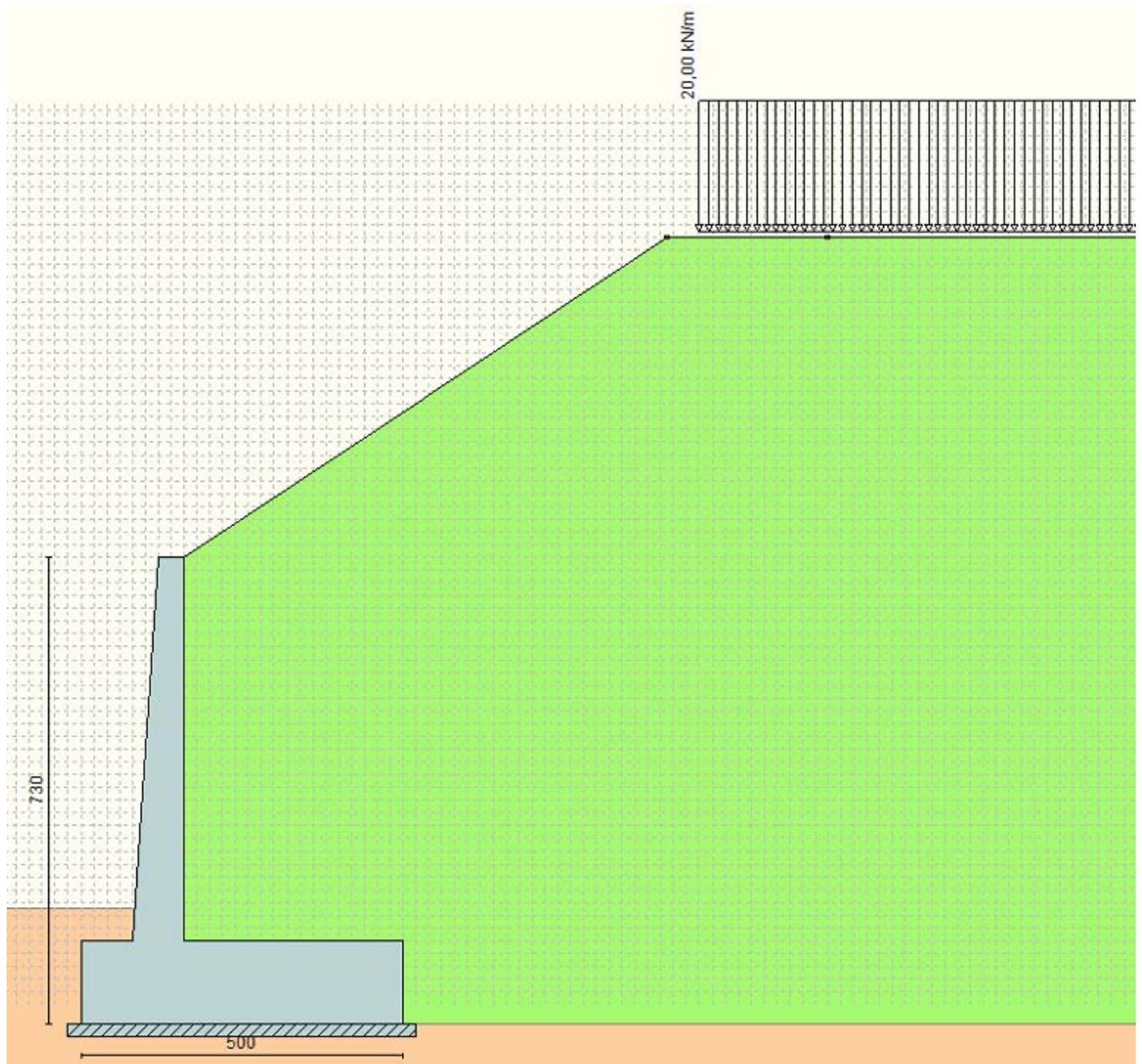


Figura 15: Profilo del terreno

Di seguito sono riassunte le verifiche significative effettuate sull'opera in esame. Si riportano i risultati delle combinazioni di carico più gravose per ogni stato limite esaminato.

Verifiche strutturali

Nelle due immagini seguenti si riportano i diagrammi delle massime sollecitazioni che si ottengono in corrispondenza del paramento murario e della fondazione.

A partire da tali valori saranno poi effettuate le verifiche degli elementi strutturali, considerando ferri di armatura:

Paramento	lato terra	1 ϕ 20/10
	lato scavo	1 ϕ 20/20
Fondazione	superiore	1 ϕ 20/10
	inferiore	1 ϕ 20/10

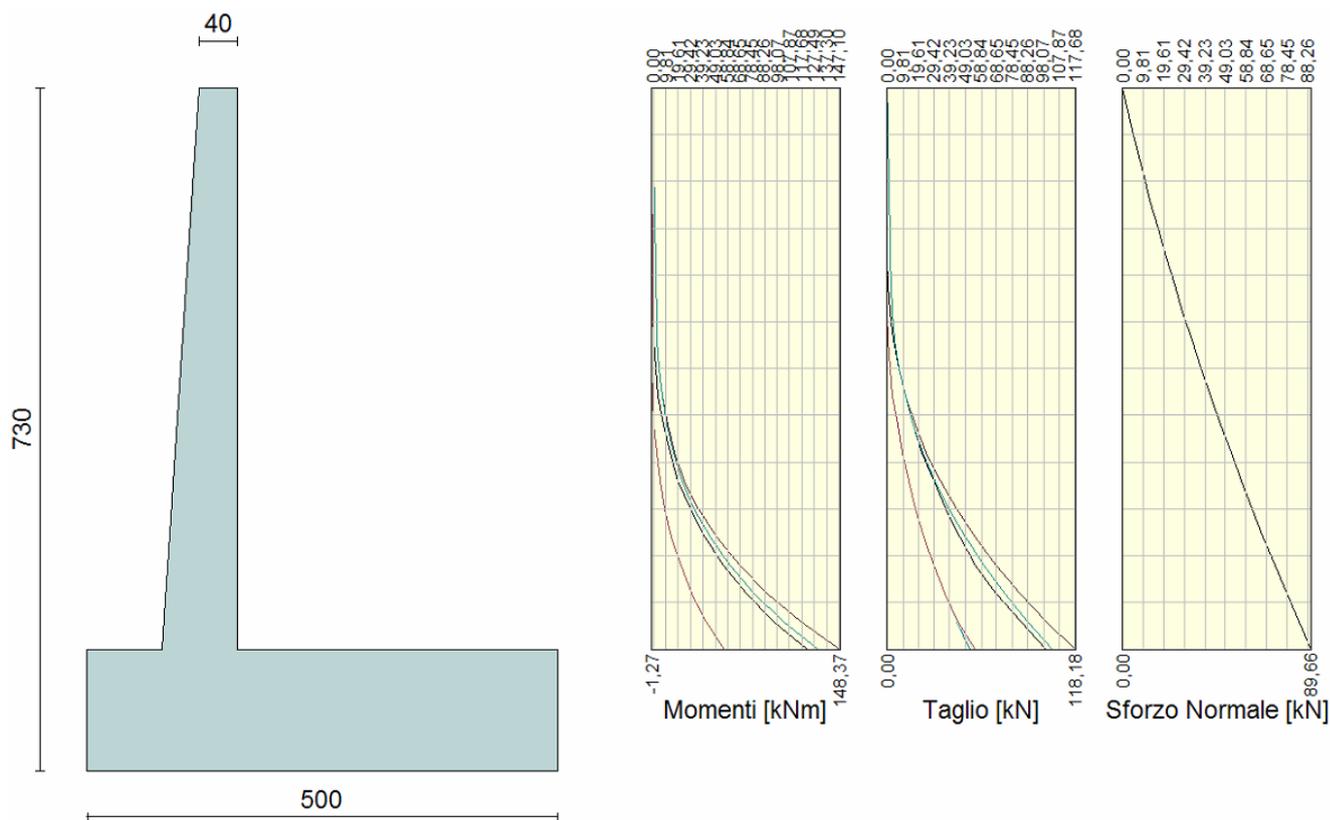


Figura 16: Sollecitazioni agenti sul paramento murario (inviluppo SLU)

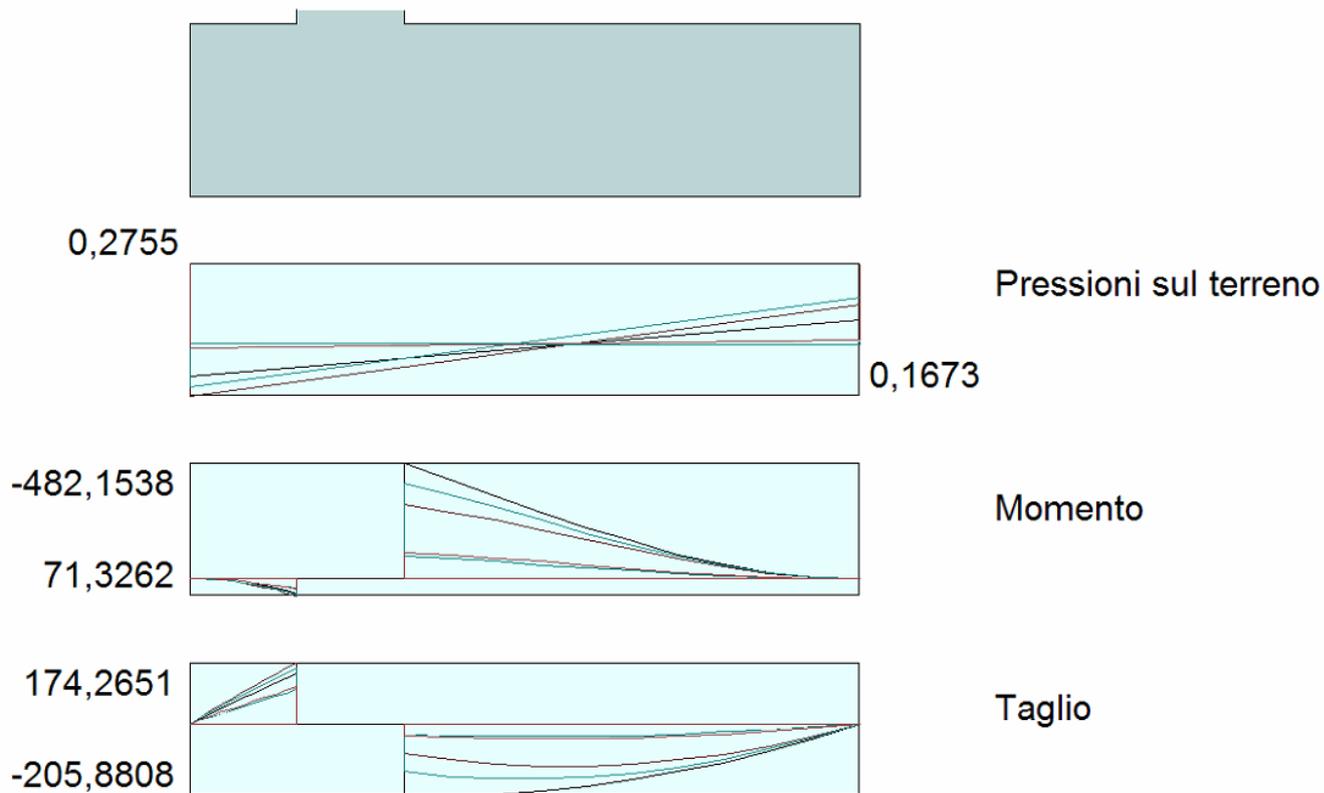


Figura 17: Sollecitazioni agenti in fondazione (involuppo SLU)

11 ALLEGATO 1: OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO – MURO ‘TIPO 1’

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_γ	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	γ_{Gfav}	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{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	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00

Peso dell'unità di volume	γ_γ	1,00	1,00	1,00	1,00
---------------------------	-----------------	------	------	------	------

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche
Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

FONDAZIONE SUPERFICIALE
Coefficienti parziali γ_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	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	7,80 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,06 [m]
Inclinazione paramento esterno	4,86 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,04 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3,90 [m]
Lunghezza totale fondazione	6,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,30 [m]
Spessore magrone	0,20 [m]

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	2,60	0,00	0,00
2	20,00	0,00	0,00
3	21,00	0,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0,00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,80 [m]

Descrizione terreni*Simbologia adottata*

Nr. Indice del terreno

<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [N/mm ²]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [N/mm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
terreno rinf.	20,00	20,00	35,00	23,33	0,0000	0,0000
terreno fondaz.	20,00	20,00	30,00	20,00	0,0000	0,0000

Stratigrafia

Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	9,10	0,00	7,64	0,00	terreno rinf.
2	8,00	0,00	7,48	0,00	terreno fondaz.

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	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 6 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 7 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 10 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 11 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 12 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

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

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

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

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 17 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

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

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

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	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
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 Terzaghi

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

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_{QLIM} 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]	--	1,88	--	11,80	--
2	EQU - [1]	--	--	4,40	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,76
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,40	--	10,06	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,37	--	10,87	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,76	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,11	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,44
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,41
10	SLEQ - [1]	--	2,40	--	11,75	--
11	SLEF - [1]	--	2,40	--	11,75	--
12	SLER - [1]	--	2,40	--	11,75	--
13	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,01	--	11,77	--
14	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,01	--	12,06	--
15	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,01	--	11,77	--
16	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,01	--	12,06	--
17	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,01	--	11,77	--
18	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,01	--	12,06	--

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

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.30 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.36
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.31
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 9.85$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 4.93$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.95 [m/s ²]
------------------------------	--------------------------

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,94	[°]	
Incremento sismico della spinta	59,9017	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,90		[m] Y =
-6,06	[m]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	54,26	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	608,4000	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,95		[m] Y =
-3,90	[m]		
Inerzia del muro	33,2766	[kN]	
Inerzia verticale del muro	16,6383	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	59,9440	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	29,9720	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	335,6106	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1113,7608	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-66,1500	[kN]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1113,7608	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	335,6106		[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	6,00	[m]	
Risultante in fondazione	1163,2273	[kN]	
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,77	[°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	374,9968	[kNm]	
Carico ultimo della fondazione	11207,3787		[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	6,00	[m]	
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,24797	[N/mm ²]	

Sollecitazioni paramento
Combinazione n° 4

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	0,39	4,0612	0,1012	0,8426
3	0,78	8,4449	0,6396	2,6019
4	1,17	13,1510	1,9674	5,2778
5	1,56	18,1795	4,4366	8,8704
6	1,95	23,5305	8,3993	13,3797
7	2,34	29,2039	14,2078	18,8056
8	2,73	35,1997	22,2142	25,1482
9	3,12	41,5180	32,7705	32,4075
10	3,51	48,1587	46,2290	40,5834
11	3,90	55,1219	62,9416	49,6760
12	4,29	62,4075	83,2607	59,6853
13	4,68	70,0155	107,5382	70,6113
14	5,07	77,9460	136,1264	82,4539
15	5,46	86,1989	169,3774	95,2132
16	5,85	94,7742	207,6433	108,8892
17	6,24	103,6720	251,2761	123,4818
18	6,63	112,8922	300,6282	138,9911
19	7,02	122,4349	356,0515	155,4171
20	7,41	132,3000	417,8983	172,7597

21 7,80 142,4875 486,5059 190,8774

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

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	0,10	1,0748	20,6325
3	0,21	4,2838	41,0400
4	0,31	9,6034	61,2225
5	0,42	17,0102	81,1800
6	0,52	26,4810	100,9125
7	0,62	37,9922	120,4200
8	0,73	51,5206	139,7026
9	0,83	67,0426	158,7601
10	0,94	84,5349	177,5927
11	1,04	103,9741	196,2002

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

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	0,39	-4,7682	-23,9252
3	0,78	-18,2503	-44,6864
4	1,17	-39,2123	-62,2836
5	1,56	-66,4202	-76,7168
6	1,95	-98,6401	-87,9861
7	2,34	-134,6381	-96,0914
8	2,73	-173,1801	-101,0327
9	3,12	-213,0323	-102,8101
10	3,51	-252,9606	-101,4235
11	3,90	-291,7313	-96,8729

Armature e tensioni nei materiali del muro
Combinazione n° 4

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

- B** base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u 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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	166,00	--	--
2	0,39	100, 43	15,71	15,71	6287,04	-156,69	1548,07	173,36	--	--
3	0,78	100, 47	15,71	15,71	5731,13	-434,09	678,65	180,53	--	--
4	1,17	100, 50	15,71	15,71	4450,96	-665,86	338,45	189,09	--	--
5	1,56	100, 53	15,71	15,71	3178,50	-775,69	174,84	199,23	--	--
6	1,95	100, 57	15,71	15,71	2013,48	-718,72	85,57	209,31	--	--
7	2,34	100, 60	15,71	15,71	1300,42	-632,66	44,53	219,35	--	--
8	2,73	100, 63	15,71	15,71	909,50	-573,98	25,84	229,35	--	--
9	3,12	100, 67	15,71	15,71	692,07	-546,26	16,67	239,32	--	--
10	3,51	100, 70	15,71	15,71	559,31	-536,90	11,61	249,26	--	--
11	3,90	100, 73	15,71	15,71	470,36	-537,08	8,53	259,19	--	--
12	4,29	100, 76	15,71	15,71	406,90	-542,87	6,52	269,10	--	--
13	4,68	100, 80	15,71	15,71	359,53	-552,20	5,13	279,01	--	--
14	5,07	100, 83	15,71	15,71	322,91	-563,93	4,14	288,91	--	--

15	5,46	100, 86	31,42	15,71	570,84-1121,67	6,62	323,01	--	--
16	5,85	100, 90	31,42	15,71	526,08-1152,61	5,55	330,49	--	--
17	6,24	100, 93	31,42	15,71	488,93-1185,04	4,72	337,91	--	--
18	6,63	100, 96	31,42	15,71	457,63-1218,65	4,05	345,30	--	--
19	7,02	100, 100	31,42	15,71	430,93-1253,18	3,52	352,66	--	--
20	7,41	100, 103	31,42	15,71	407,90-1288,45	3,08	359,99	--	--
21	7,80	100, 106	31,42	15,71	387,87-1324,33	2,72	367,28	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 4

Simbologia adottata

- B base della sezione espressa in [cm]
 H altezza della sezione espressa in [cm]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
 N_u sforzo 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]
 V_{Rd} 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_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,10	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	397,19	--	--
3	0,21	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	335,62	397,19	--	--

4	0,31	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	149,71	397,19	--	--
5	0,42	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	84,52	397,19	--	--
6	0,52	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	54,29	397,19	--	--
7	0,62	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	37,84	397,19	--	--
8	0,73	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	27,91	397,19	--	--
9	0,83	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	21,44	397,19	--	--
10	0,94	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	17,01	397,19	--	--
11	1,04	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	13,83	397,19	--	--

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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,39	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	301,52	397,19	--	--
3	0,78	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	78,78	397,19	--	--
4	1,17	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	36,66	397,19	--	--
5	1,56	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	21,65	397,19	--	--
6	1,95	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	14,58	397,19	--	--
7	2,34	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	10,68	397,19	--	--
8	2,73	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	8,30	397,19	--	--
9	3,12	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	6,75	397,19	--	--
10	3,51	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	5,68	397,19	--	--
11	3,90	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	4,93	397,19	--	--

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	202,2336	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	185,6941	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	80,1006	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,90	[m]	Y = -6,06 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,94	[°]	
Incremento sismico della spinta	40,5580	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,90	[m]	Y = -6,06 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,76	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	608,4000	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,95	[m]	Y = -3,90 [m]
Inerzia del muro	33,2766	[kN]	
Inerzia verticale del muro	-16,6383	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	59,9440	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-29,9720	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	317,8489	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1012,8785	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-66,1500	[kN]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1012,8785	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	317,8489	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,38	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	6,00	[m]	
Risultante in fondazione	1061,5794	[kN]	
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,42	[°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	388,9859	[kNm]	

Carico ultimo della fondazione 11008,2563 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 6,00 [m]
 Tensione terreno allo spigolo di valle 0,23349 [N/mm²]
 Tensione terreno allo spigolo di monte 0,10396 [N/mm²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 37.16$ $N_q = 22.46$ $N_\gamma = 19.32$
Fattori forma $s_c = 1,00$ $s_q = 1,00$ $s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 37.16$ $N'_q = 22.46$ $N'_\gamma = 19.32$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.37
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 10.87

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	0,39	4,0612	0,0970	0,8099
3	0,78	8,4449	0,6057	2,4713
4	1,17	13,1510	1,8528	4,9839
5	1,56	18,1795	4,1649	8,3480
6	1,95	23,5305	7,8688	12,5634
7	2,34	29,2039	13,2910	17,6302
8	2,73	35,1997	20,7583	23,5484
9	3,12	41,5180	30,5974	30,3179
10	3,51	48,1587	43,1347	37,9388
11	3,90	55,1219	58,6972	46,4111
12	4,29	62,4075	77,6113	55,7347
13	4,68	70,0155	100,2038	65,9097
14	5,07	77,9460	126,8014	76,9361
15	5,46	86,1989	157,7306	88,8139
16	5,85	94,7742	193,3182	101,5430
17	6,24	103,6720	233,8908	115,1235
18	6,63	112,8922	279,7751	129,5553
19	7,02	122,4349	331,2978	144,8386
20	7,41	132,3000	388,7855	160,9732

21 7,80 142,4875 452,5512 177,8280

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	0,10	0,9964	19,1228
3	0,21	3,9694	38,0122
4	0,31	8,8948	56,6682
5	0,42	15,7483	75,0908
6	0,52	24,5056	93,2800
7	0,62	35,1425	111,2359
8	0,73	47,6346	128,9583
9	0,83	61,9577	146,4474
10	0,94	78,0876	163,7031
11	1,04	95,9999	180,7254

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	0,39	-6,2157	-31,3286
3	0,78	-24,0097	-59,3752
4	1,17	-52,1018	-84,1398
5	1,56	-89,2121	-105,6224
6	1,95	-134,0606	-123,8230
7	2,34	-185,3673	-138,7416
8	2,73	-241,8524	-150,3782
9	3,12	-302,2357	-158,7328
10	3,51	-365,2373	-163,8053
11	3,90	-429,5772	-165,5959

Armature e tensioni nei materiali del muro
Combinazione n° 5

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

- B base della sezione espressa in [cm]
 H altezza della sezione espressa in [cm]
 A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 N_u sforzo 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]
 V_{Rd} Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	166,00	--	--
2	0,39	100, 43	15,71	15,71	6296,73	-150,36	1550,45	173,36	--	--
3	0,78	100, 47	15,71	15,71	5846,21	-419,30	692,28	180,53	--	--
4	1,17	100, 50	15,71	15,71	4622,34	-651,22	351,48	189,09	--	--
5	1,56	100, 53	15,71	15,71	3433,08	-786,52	188,84	199,23	--	--
6	1,95	100, 57	15,71	15,71	2253,00	-753,42	95,75	209,31	--	--
7	2,34	100, 60	15,71	15,71	1469,24	-668,67	50,31	219,35	--	--
8	2,73	100, 63	15,71	15,71	1025,12	-604,54	29,12	229,35	--	--
9	3,12	100, 67	15,71	15,71	771,26	-568,39	18,58	239,32	--	--
10	3,51	100, 70	15,71	15,71	619,09	-554,50	12,86	249,26	--	--
11	3,90	100, 73	15,71	15,71	518,31	-551,93	9,40	259,19	--	--
12	4,29	100, 76	15,71	15,71	446,98	-555,88	7,16	269,10	--	--
13	4,68	100, 80	15,71	15,71	394,03	-563,92	5,63	279,01	--	--
14	5,07	100, 83	15,71	15,71	353,27	-574,69	4,53	288,91	--	--

15	5,46	100, 86	31,42	15,71	622,68-1139,41	7,22	323,01	--	--
16	5,85	100, 90	31,42	15,71	573,33-1169,47	6,05	330,49	--	--
17	6,24	100, 93	31,42	15,71	532,44-1201,21	5,14	337,91	--	--
18	6,63	100, 96	31,42	15,71	498,03-1234,25	4,41	345,30	--	--
19	7,02	100, 100	31,42	15,71	468,73-1268,33	3,83	352,66	--	--
20	7,41	100, 103	31,42	15,71	443,48-1303,23	3,35	359,99	--	--
21	7,80	100, 106	31,42	15,71	421,53-1338,81	2,96	367,28	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 5

Simbologia adottata

- B base della sezione espressa in [cm]
- H altezza della sezione espressa in [cm]
- A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
- A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
- N_u sforzo 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]
- V_{Rd} 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_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,10	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	397,19	--	--
3	0,21	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	362,19	397,19	--	--
4	0,31	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	161,63	397,19	--	--

5	0,42	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	91,29	397,19	--	--
6	0,52	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	58,67	397,19	--	--
7	0,62	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	40,91	397,19	--	--
8	0,73	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	30,18	397,19	--	--
9	0,83	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	23,20	397,19	--	--
10	0,94	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	18,41	397,19	--	--
11	1,04	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	14,98	397,19	--	--

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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,39	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	231,30	397,19	--	--
3	0,78	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	59,88	397,19	--	--
4	1,17	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	27,59	397,19	--	--
5	1,56	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	16,12	397,19	--	--
6	1,95	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	10,72	397,19	--	--
7	2,34	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	7,76	397,19	--	--
8	2,73	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	5,94	397,19	--	--
9	3,12	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	4,76	397,19	--	--
10	3,51	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	3,94	397,19	--	--
11	3,90	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	3,35	397,19	--	--

COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica

253,4726 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica	239,6070	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	82,6851	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,90	[m]	Y = -6,06 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,62	[°]	
Incremento sismico della spinta	44,4369	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,90	[m]	Y = -6,06 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,87	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	608,4000	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,95	[m]	Y = -3,90 [m]
Inerzia del muro	33,2766	[kN]	
Inerzia verticale del muro	-16,6383	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	59,9440	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-29,9720	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	376,5268	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1013,8945	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-53,8947	[kN]	
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1409,1305	[kNm]	
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3888,2719	[kNm]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1013,8945	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	376,5268	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,56	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	6,00	[m]	
Risultante in fondazione	1081,5519	[kN]	
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,37	[°]	

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	. Pag 73 di 119

Momento rispetto al baricentro della fondazione 564,0629 [kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.76

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 9

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,26 Y[m]= 4,53

Raggio del cerchio R[m]= 14,96

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -11,81

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 12,00

Larghezza della striscia dx[m]= 0,95

Coefficiente di sicurezza C= 1.41

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	21,8540	67.46	20,1852	0,0244	29.26	0,000	0,000
2	58,9716	59.28	50,6989	0,0183	29.26	0,000	0,000
3	86,1395	52.70	68,5224	0,0154	29.26	0,000	0,000
4	107,7731	47.01	78,8382	0,0137	29.26	0,000	0,000
5	125,6355	41.89	83,8833	0,0125	29.26	0,000	0,000
6	140,6389	37.15	84,9293	0,0117	29.26	0,000	0,000
7	153,3293	32.69	82,8170	0,0111	29.26	0,000	0,000
8	164,0627	28.45	78,1578	0,0106	29.26	0,000	0,000
9	176,1499	24.37	72,6914	0,0103	27.15	0,000	0,000
10	186,7593	20.42	65,1707	0,0100	24.79	0,000	0,000
11	192,8349	16.57	55,0062	0,0097	24.79	0,000	0,000
12	197,5941	12.80	43,7769	0,0096	24.79	0,000	0,000
13	215,9519	9.08	34,0885	0,0095	24.79	0,000	0,000
14	128,1226	5.40	12,0636	0,0094	24.79	0,000	0,000
15	70,0416	1.75	2,1337	0,0093	24.79	0,000	0,000
16	65,0115	-1.90	-2,1604	0,0093	24.79	0,000	0,000
17	63,8268	-5.56	-6,1864	0,0094	24.79	0,000	0,000
18	61,4680	-9.24	-9,8730	0,0095	24.79	0,000	0,000
19	57,9049	-12.96	-12,9891	0,0096	24.79	0,000	0,000
20	53,0901	-16.74	-15,2910	0,0098	24.79	0,000	0,000
21	46,9554	-20.59	-16,5154	0,0100	24.79	0,000	0,000
22	39,4065	-24.55	-16,3709	0,0103	27.34	0,000	0,000
23	30,3144	-28.63	-14,5254	0,0106	29.26	0,000	0,000
24	19,5016	-32.88	-10,5873	0,0111	29.26	0,000	0,000
25	6,7191	-37.35	-4,0762	0,0117	29.26	0,000	0,000

$$\Sigma W_i = 2470,0570 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 724,3880 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1241,9394 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.11$$

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
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,39	4,0612	4,0612	0,0244	0,1012	0,4437	0,8426
30,78	8,4449	8,4449	0,3247	0,6396	1,7750	2,6019
41,17	13,1510	13,1510	1,2418	1,9674	3,9937	5,2778
51,56	18,1795	18,1795	3,1163	4,4366	7,1000	8,8704
61,95	23,5305	23,5305	6,2890	8,3993	11,0937	13,3797
72,34	29,2039	29,2039	11,1007	14,2078	15,9749	18,8056
82,73	35,1997	35,1997	17,8922	22,2142	21,7436	25,1482
93,12	41,5180	41,5180	27,0040	32,7705	28,3998	32,4075
103,51	48,1587	48,1587	38,7772	46,2290	35,9435	40,5834
113,90	55,1219	55,1219	53,5522	62,9416	44,3747	49,6760
124,29	62,4075	62,4075	71,6701	83,2607	53,6934	59,6853
134,68	70,0155	70,0155	93,4714	107,5382	63,8996	70,6113
145,07	77,9460	77,9460	119,2969	136,1264	74,9933	82,4539
155,46	86,1989	86,1989	149,4874	169,3774	86,9744	95,2132
165,85	94,7742	94,7742	184,3837	207,6433	99,8431	108,8892
176,24	103,6720	103,6720	224,3264	251,2761	113,5993	123,4818
186,63	112,8922	112,8922	269,6564	300,6282	128,2429	138,9911
197,02	122,4349	122,4349	320,7144	356,0515	143,7741	155,4171
207,41	132,3000	132,3000	377,8412	417,8983	160,1927	172,7597
217,80	142,4875	142,4875	441,3627	486,5059	177,3568	190,8774

Inviluppo combinazioni SLE

Nr. Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,39	4,0612	4,0612	0,0111	0,0348	0,3413	0,4730
30,78	8,4449	8,4449	0,2182	0,3285	1,3654	1,6874
41,17	13,1510	13,1510	0,8824	1,1650	3,0721	3,6435
51,56	18,1795	18,1795	2,2643	2,8279	5,4615	6,3410
61,95	23,5305	23,5305	4,6250	5,6013	8,5336	9,7801
72,34	29,2039	29,2039	8,2253	9,7688	12,2884	13,9608
82,73	35,1997	35,1997	13,3260	15,6144	16,7259	18,8829
93,12	41,5180	41,5180	20,1881	23,4218	21,8460	24,5466
103,51	48,1587	48,1587	29,0724	33,4749	27,6489	30,9518
113,90	55,1219	55,1219	40,2398	46,0575	34,1344	38,0986
124,29	62,4075	62,4075	53,9512	61,4535	41,3026	45,9869
134,68	70,0155	70,0155	70,4675	79,9466	49,1535	54,6168
145,07	77,9460	77,9460	90,0495	101,8208	57,6871	63,9881
155,46	86,1989	86,1989	112,9582	127,3597	66,9034	74,1010
165,85	94,7742	94,7742	139,4543	156,8473	76,8024	84,9555
176,24	103,6720	103,6720	169,7988	190,5674	87,3840	96,5515
186,63	112,8922	112,8922	204,2525	228,8038	98,6484	108,8890
197,02	122,4349	122,4349	243,0764	271,8404	110,5954	121,9680
207,41	132,3000	132,3000	286,5313	319,9609	123,2252	135,7886
217,80	142,4875	142,4875	334,8668	373,4370	136,4283	150,2334

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
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,10	0,6794	1,0748	13,0656	20,6325
30,21	2,7175	4,2838	26,1272	41,0400
40,31	6,1138	9,6034	39,1847	61,2225
50,42	10,8678	17,0102	52,2381	81,1800
60,52	16,9791	26,4810	65,2874	100,9125
70,62	24,4474	37,9922	78,3327	120,4200
80,73	33,2722	51,5206	91,3739	139,7026
90,83	43,4531	67,0426	104,4110	158,7601
100,94	54,9896	84,5349	117,4441	177,5927
111,04	67,8813	103,9741	130,4730	196,2002

Inviluppo combinazioni SLE

Nr. X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,10	0,5974	0,7226	11,4982	13,8933
30,21	2,3935	2,8891	23,0506	27,7674
40,31	5,3938	6,4976	34,6570	41,6224
50,42	9,6040	11,5459	46,3176	55,4582
60,52	15,0298	18,0322	58,0323	69,2748
70,62	21,6766	25,9544	69,8011	83,0724
80,73	29,5503	35,3106	81,6240	96,8507

90,83	38,6563	46,0987	93,5010	110,6100
100,94	49,0004	58,3168	105,4322	124,3500
111,04	60,5881	71,9629	117,4175	138,0710

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
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,39	-6,2157	-4,4536	-31,3286	-22,8294
30,78	-24,0097	-17,7994	-59,3752	-44,6864
41,17	-52,1018	-39,2123	-84,1398	-62,2836
51,56	-89,2121	-66,4202	-105,6224	-76,7168
61,95	-134,0606	-98,6401	-123,8230	-87,9861
72,34	-185,3673	-134,6381	-138,7416	-96,0914
82,73	-241,8524	-173,1801	-158,6024	-101,0327
93,12	-302,2357	-213,0323	-181,0308	-102,8101
103,51	-365,2373	-252,9606	-203,4019	-101,4235
113,90	-442,0073	-291,7313	-225,7156	-96,8729

Inviluppo combinazioni SLE

Nr. X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

20,39	-1,6542	-0,0240	-8,4331	-0,2500
30,78	-6,5390	-0,2939	-16,5676	-1,2609
41,17	-14,5380	-1,1065	-24,4033	-3,0329
51,56	-25,5347	-2,7585	-31,9403	-5,5659
61,95	-39,4126	-5,5468	-39,1785	-8,8599
72,34	-56,0552	-9,7681	-46,1181	-12,9149
82,73	-75,3459	-15,7193	-52,7589	-17,7309
93,12	-97,1683	-23,6972	-59,1010	-23,3079
103,51	-121,4059	-33,9984	-65,1444	-29,6459
113,90	-147,9421	-46,9199	-70,8891	-36,7450

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

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

- B base della sezione espressa in [cm]
- H altezza della sezione espressa in [cm]
- A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
- A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
- σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
- τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
- σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
- σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]
- N_u sforzo 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]
- V_{Rd} Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	166,00	--	--
2	0,39	100, 43	15,71	15,71	6287,04	-38,84	1548,07	173,36	--	--
3	0,78	100, 47	15,71	15,71	5731,13	-253,06	678,65	180,53	--	--

4	1,17	100, 50	15,71	15,71	4450,96	-539,98	338,45	189,09	--	--
5	1,56	100, 53	15,71	15,71	3178,50	-767,01	174,84	199,23	--	--
6	1,95	100, 57	15,71	15,71	2013,48	-718,72	85,57	209,31	--	--
7	2,34	100, 60	15,71	15,71	1300,42	-632,66	44,53	219,35	--	--
8	2,73	100, 63	15,71	15,71	909,50	-573,98	25,84	229,35	--	--
9	3,12	100, 67	15,71	15,71	692,07	-546,26	16,67	239,32	--	--
10	3,51	100, 70	15,71	15,71	559,31	-536,90	11,61	249,26	--	--
11	3,90	100, 73	15,71	15,71	470,36	-537,08	8,53	259,19	--	--
12	4,29	100, 76	15,71	15,71	406,90	-542,87	6,52	269,10	--	--
13	4,68	100, 80	15,71	15,71	359,53	-552,20	5,13	279,01	--	--
14	5,07	100, 83	15,71	15,71	322,91	-563,93	4,14	288,91	--	--
15	5,46	100, 86	31,42	15,71	570,84-1121,67		6,62	323,01	--	--
16	5,85	100, 90	31,42	15,71	526,08-1152,61		5,55	330,49	--	--
17	6,24	100, 93	31,42	15,71	488,93-1185,04		4,72	337,91	--	--
18	6,63	100, 96	31,42	15,71	457,63-1218,65		4,05	345,30	--	--
19	7,02	100, 100	31,42	15,71	430,93-1253,18		3,52	352,66	--	--
20	7,41	100, 103	31,42	15,71	407,90-1288,45		3,08	359,99	--	--
21	7,80	100, 106	31,42	15,71	387,87-1324,33		2,72	367,28	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,39	100, 43	15,71	15,71	0,009	0,001	-0,123	-0,138
3	0,78	100, 47	15,71	15,71	0,024	0,005	-0,185	-0,340
4	1,17	100, 50	15,71	15,71	0,047	0,009	-0,138	-0,655
5	1,56	100, 53	15,71	15,71	0,086	0,015	0,336	-1,163
6	1,95	100, 57	15,71	15,71	0,153	0,022	1,689	-1,985
7	2,34	100, 60	15,71	15,71	0,246	0,029	4,408	-3,105
8	2,73	100, 63	15,71	15,71	0,362	0,038	8,558	-4,485
9	3,12	100, 67	15,71	15,71	0,500	0,046	14,160	-6,117
10	3,51	100, 70	15,71	15,71	0,659	0,055	21,245	-8,000

11	3,90	100, 73	15,71	15,71	0,839	0,065	29,847	-10,135
12	4,29	100, 76	15,71	15,71	1,039	0,075	40,000	-12,519
13	4,68	100, 80	15,71	15,71	1,258	0,085	51,731	-15,150
14	5,07	100, 83	15,71	15,71	1,497	0,095	65,065	-18,024
15	5,46	100, 86	31,42	15,71	1,389	0,106	41,931	-17,789
16	5,85	100, 90	31,42	15,71	1,601	0,117	50,494	-20,536
17	6,24	100, 93	31,42	15,71	1,826	0,128	59,901	-23,463
18	6,63	100, 96	31,42	15,71	2,063	0,139	70,158	-26,566
19	7,02	100, 100	31,42	15,71	2,312	0,150	81,271	-29,838
20	7,41	100, 103	31,42	15,71	2,574	0,161	93,243	-33,277
21	7,80	100, 106	31,42	15,71	2,846	0,173	106,075	-36,877

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

- B base della sezione espressa in [cm]
- H altezza della sezione espressa in [cm]
- A_{ri} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
- A_{rs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
- σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm²]
- τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm²]
- σ_{ri} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm²]
- σ_{rs} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mm²]
- N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
- M_u 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)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,10	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	397,19	--	--
3	0,21	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	335,62	397,19	--	--
4	0,31	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	149,71	397,19	--	--
5	0,42	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	84,52	397,19	--	--
6	0,52	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	54,29	397,19	--	--
7	0,62	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	37,84	397,19	--	--
8	0,73	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	27,91	397,19	--	--
9	0,83	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	21,44	397,19	--	--
10	0,94	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	17,01	397,19	--	--
11	1,04	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	13,83	397,19	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
12	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,10	100, 130	0,00	0,00	0,000	0,013	0,000	0,000
14	0,21	100, 130	31,42	31,42	0,014	0,026	0,778	-0,179
15	0,31	100, 130	31,42	31,42	0,032	0,039	1,750	-0,403
16	0,42	100, 130	31,42	31,42	0,056	0,052	3,109	-0,716
17	0,52	100, 130	31,42	31,42	0,088	0,065	4,856	-1,118
18	0,62	100, 130	31,42	31,42	0,126	0,078	6,990	-1,609
19	0,73	100, 130	31,42	31,42	0,171	0,090	9,509	-2,189
20	0,83	100, 130	31,42	31,42	0,224	0,103	12,415	-2,857
21	0,94	100, 130	31,42	31,42	0,283	0,116	15,705	-3,615
22	1,04	100, 130	31,42	31,42	0,349	0,129	19,380	-4,460

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	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,39	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	231,30	397,19	--	--
3	0,78	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	59,88	397,19	--	--
4	1,17	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	27,59	397,19	--	--
5	1,56	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	16,12	397,19	--	--
6	1,95	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	10,72	397,19	--	--
7	2,34	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	7,76	397,19	--	--
8	2,73	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	5,94	397,19	--	--
9	3,12	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	4,76	397,19	--	--
10	3,51	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	3,94	397,19	--	--
11	3,90	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	3,25	397,19	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
12	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,39	100, 130	31,42	31,42	0,008	-0,008	-0,103	0,445
14	0,78	100, 130	31,42	31,42	0,032	-0,015	-0,405	1,761
15	1,17	100, 130	31,42	31,42	0,071	-0,023	-0,901	3,915
16	1,56	100, 130	31,42	31,42	0,124	-0,030	-1,583	6,877
17	1,95	100, 130	31,42	31,42	0,191	-0,037	-2,443	10,614
18	2,34	100, 130	31,42	31,42	0,272	-0,043	-3,474	15,096
19	2,73	100, 130	31,42	31,42	0,366	-0,049	-4,670	20,291
20	3,12	100, 130	31,42	31,42	0,472	-0,055	-6,023	26,168
21	3,51	100, 130	31,42	31,42	0,590	-0,061	-7,525	32,696
22	3,90	100, 130	31,42	31,42	0,718	-0,066	-9,170	39,842

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 84 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

12 ALLEGATO 2: OUTPUT DEL PROGRAMMA DI CALCOLO – MURO ‘TIPO 2’

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{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
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00

Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_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

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	6,00 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,80 [m]
Inclinazione paramento esterno	3,78 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	3,40 [m]
Lunghezza totale fondazione	5,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,30 [m]
Spessore magrone	0,20 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	25,000 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C28/35
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	35,00 [N/mm ²]
Modulo elastico E	32587,986 [N/mm ²]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	431,50 [N/mm ²]

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	7,50	5,00	33,69
2	10,00	5,00	0,00
3	21,00	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 0,50 [m]

Descrizione terreni
Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [N/mm ^q]
<i>c_a</i>	Adesione terra-muro espressa in [N/mm ^q]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
terreno rinf.	20,00	20,00	35.00	23.33	0,0000	0,0000
terreno fondaz.	20,00	20,00	30.00	20.00	0,0000	0,0000

Stratigrafia
Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]

<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>Kw</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>Ks</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	7,30	0,00	7,64	0,00	terreno rinf.
2	8,00	0,00	15,48	0,00	terreno fondaz.

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_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]

Q_f Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]

D / C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Accidentale stradale)

D Profilo **X_i=8,00** **X_f=20,00** **Q_i=20,0000** **Q_f=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	$\gamma * \Psi$
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
Accidentale stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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
Accidentale stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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
Accidentale stradale	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
--	------------	----------	--------	-----------------

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

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 6 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 7 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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° 10 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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

Combinazione n° 11 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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
Accidentale stradale	SFAV	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 12 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
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
Accidentale stradale	SFAV	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite
Impostazioni verifiche SLU

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE DI CALCOLO MURI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	Pag 93 di 119
	INOD 00 DI2 CL IV 03A0004A	

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
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 Terzaghi

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

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_{QLIM} 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}

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
RELAZIONE DI CALCOLO MURI

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A

. Pag
94 di 119

1	A1-M1 - [1]	--	1,58	--	18,33	--
2	EQU - [1]	--	--	2,24	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,79
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,42	--	16,58	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,45	--	18,03	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1,93	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,04	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,63
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,65
10	SLEQ - [1]	--	2,47	--	21,83	--
11	SLEF - [1]	--	2,28	--	21,48	--
12	SLER - [1]	--	2,23	--	21,31	--

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

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.30 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.36
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.31
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 9.85$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 4.93$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.95 [m/s ²]
------------------------------	--------------------------

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,44	[°]	
Incremento sismico della spinta	95,6112	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,40	[m]	Y =
-4,67	[m]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	54,32	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	485,0667	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,79	[m]	Y =
-2,40	[m]		
Inerzia del muro	24,8358	[kN]	
Inerzia verticale del muro	12,4179	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	47,7923	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	23,8962	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	353,9036	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	902,5991	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-48,6000	[kN]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	902,5991	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	353,9036	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,44	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	5,00	[m]	
Risultante in fondazione	969,5013	[kN]	
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,41	[°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	394,6021	[kNm]	
Carico ultimo della fondazione	14968,5192	[kN]	

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5,00	[m]	
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,27552	[N/mm ²]	

Tensione terreno allo spigolo di monte 0,08581 [N/mmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 37.16$ $N_q = 22.46$ $N_\gamma = 19.32$

Fattori forma $s_c = 1,00$ $s_q = 1,00$ $s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 37.16$ $N'_q = 22.46$ $N'_\gamma = 19.32$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.42

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 16.58

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

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	0,30	3,0741	0,0300	0,3029
3	0,60	6,2966	0,1217	0,6204

4	0,90	9,6673	0,2783	0,9525
5	1,20	13,1863	0,5025	1,2992
6	1,50	16,8536	0,7973	1,6605
7	1,80	20,6691	1,1656	2,0365
8	2,10	24,6330	1,6106	2,4338
9	2,40	28,7451	2,1581	3,0821
10	2,70	33,0055	2,9880	4,7075
11	3,00	37,4142	4,4601	7,6580
12	3,30	41,9712	6,9771	11,9776
13	3,60	46,6765	10,9544	17,7049
14	3,90	51,5301	16,8180	24,8744
15	4,20	56,5319	25,0037	33,5163
16	4,50	61,6821	35,9558	43,6572
17	4,80	66,9805	50,1262	55,3209
18	5,10	72,4272	67,9737	68,5296
19	5,40	78,0222	89,9633	83,3031
20	5,70	83,7654	116,5725	99,7748
21	6,00	89,6570	148,3675	118,1806

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

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	0,08	0,7424	18,5201
3	0,16	2,9567	36,7972
4	0,24	6,6235	54,8313
5	0,32	11,7233	72,6224
6	0,40	18,2366	90,1704
7	0,48	26,1441	107,4754
8	0,56	35,4262	124,5374
9	0,64	46,0635	141,3563
10	0,72	58,0367	157,9322
11	0,80	71,3262	174,2651

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

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	0,34	-6,1390	-35,1231
3	0,68	-23,2115	-64,3151
4	1,02	-49,2011	-87,5762
5	1,36	-82,0911	-104,9063

Linea AV/AC VERONA – PADOVA**1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**Titolo:
RELAZIONE DI CALCOLO MURI

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A

. Pag
101 di 119

6	1,70	-119,8652	-116,3054
7	2,04	-160,5066	-121,7735
8	2,38	-201,9989	-121,3105
9	2,72	-242,3256	-114,9166
10	3,06	-279,4701	-102,5917
11	3,40	-311,4158	-84,3358

Armature e tensioni nei materiali del muro
Combinazione n° 4

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

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

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

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

N_u sforzo 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]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	166,00	--	--
2	0,30	100, 42	15,71	15,71	6264,94	-61,04	2037,95	170,51	--	--
3	0,60	100, 44	15,71	15,71	6419,71	-124,13	1019,56	174,96	--	--
4	0,90	100, 46	15,71	15,71	6580,24	-189,42	680,67	179,35	--	--
5	1,20	100, 48	15,71	15,71	6745,52	-257,06	511,56	183,69	--	--
6	1,50	100, 50	15,71	15,71	6914,76	-327,11	410,28	189,48	--	--
7	1,80	100, 52	15,71	15,71	7087,33	-399,66	342,89	195,66	--	--
8	2,10	100, 54	15,71	15,71	7136,72	-466,64	289,72	201,82	--	--
9	2,40	100, 56	15,71	15,71	7151,77	-536,93	248,80	207,97	--	--
10	2,70	100, 58	15,71	15,71	7006,82	-634,32	212,29	214,12	--	--
11	3,00	100, 60	15,71	15,71	6526,82	-778,05	174,45	220,25	--	--
12	3,30	100, 62	15,71	15,71	5701,52	-947,80	135,84	226,37	--	--
13	3,60	100, 64	15,71	15,71	4637,69	-1088,41	99,36	232,48	--	--
14	3,90	100, 66	15,71	15,71	3222,55	-1051,75	62,54	238,60	--	--

15	4,20	100, 68	15,71	15,71	2036,45	-900,71	36,02	244,70	--	--
16	4,50	100, 70	15,71	15,71	1285,08	-749,10	20,83	250,81	--	--
17	4,80	100, 72	15,71	15,71	859,60	-643,30	12,83	256,91	--	--
18	5,10	100, 74	15,71	15,71	629,48	-590,78	8,69	263,01	--	--
19	5,40	100, 76	15,71	15,71	487,85	-562,52	6,25	269,12	--	--
20	5,70	100, 78	31,42	15,71	757,19	-1053,74	9,04	305,61	--	--
21	6,00	100, 80	31,42	15,71	630,90	-1044,03	7,04	310,36	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 4

Simbologia adottata

- B base della sezione espressa in [cm]
- H altezza della sezione espressa in [cm]
- A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
- A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
- N_u sforzo 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]
- V_{Rd} 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_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,08	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	397,19	--	--
3	0,16	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	486,25	397,19	--	--

4	0,24	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	217,06	397,19	--	--
5	0,32	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	122,64	397,19	--	--
6	0,40	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	78,84	397,19	--	--
7	0,48	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	54,99	397,19	--	--
8	0,56	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	40,58	397,19	--	--
9	0,64	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	31,21	397,19	--	--
10	0,72	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	24,77	397,19	--	--
11	0,80	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	20,16	397,19	--	--

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 _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,34	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	234,19	397,19	--	--
3	0,68	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	61,94	397,19	--	--
4	1,02	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	29,22	397,19	--	--
5	1,36	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	17,51	397,19	--	--
6	1,70	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	11,99	397,19	--	--
7	2,04	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	8,96	397,19	--	--
8	2,38	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	7,12	397,19	--	--
9	2,72	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	5,93	397,19	--	--
10	3,06	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	5,14	397,19	--	--
11	3,40	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	4,62	397,19	--	--

COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	308,0390	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	291,1885	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	100,4852	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,40	[m]	Y = -4,37 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,81	[°]	
Incremento sismico della spinta	74,3626	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,40	[m]	Y = -4,37 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,94	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	485,0667	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,79	[m]	Y = -2,40 [m]
Inerzia del muro	24,8358	[kN]	
Inerzia verticale del muro	-12,4179	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	47,7923	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-23,8962	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	434,9159	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	833,7305	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-39,5961	[kN]	
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1447,1472	[kNm]	
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2789,9614	[kNm]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	833,7305	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	434,9159	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,89	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	4,83	[m]	
Risultante in fondazione	940,3501	[kN]	

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 27,55 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione 739,8447 [kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 1.93

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 8

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 5,56

Raggio del cerchio R[m]= 13,30

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,40

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 13,29

Larghezza della striscia dx[m]= 0,83

Coefficiente di sicurezza C= 1.63

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	33,8441	78.56	33,1717	0,0409	29.26	0,009	0,000
2	82,5695	65.29	75,0071	0,0194	29.26	0,009	0,000
3	108,2767	57.68	91,5034	0,0152	29.26	0,009	0,000

4	127,7067	51.48	99,9172	0,0130	29.26	0,009	0,000
5	143,4144	46.05	103,2449	0,0117	29.26	0,009	0,000
6	156,4948	41.11	102,8963	0,0108	29.26	0,009	0,000
7	167,5434	36.52	99,7143	0,0101	29.26	0,009	0,000
8	172,2978	32.20	91,8059	0,0096	29.26	0,009	0,000
9	171,1306	28.07	80,5217	0,0092	29.26	0,009	0,000
10	168,7138	24.09	68,8750	0,0089	29.26	0,009	0,000
11	165,1701	20.24	57,1409	0,0086	29.26	0,009	0,000
12	160,8739	16.48	45,6357	0,0085	29.05	0,010	0,000
13	160,4182	12.79	35,5167	0,0083	24.79	0,040	0,000
14	153,9453	9.16	24,4973	0,0082	24.79	0,040	0,000
15	146,5841	5.56	14,1984	0,0082	24.79	0,040	0,000
16	138,3560	1.98	4,7863	0,0081	24.79	0,040	0,000
17	129,2679	-1.59	-3,5772	0,0081	24.79	0,040	0,000
18	41,4114	-5.16	-3,7245	0,0081	24.79	0,040	0,000
19	34,4366	-8.75	-5,2415	0,0082	24.79	0,040	0,000
20	31,8779	-12.38	-6,8371	0,0083	24.79	0,040	0,000
21	28,4016	-16.07	-7,8602	0,0084	28.60	0,013	0,000
22	23,9610	-19.82	-8,1235	0,0086	29.26	0,009	0,000
23	18,4922	-23.66	-7,4211	0,0089	29.26	0,009	0,000
24	11,9080	-27.62	-5,5206	0,0092	29.26	0,009	0,000
25	4,0898	-31.73	-2,1509	0,0095	29.26	0,009	0,000

$$\Sigma W_i = 2581,1857 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 977,9763 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1362,4997 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.10$$

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
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,30	3,0741	3,0741	-0,0151	0,0300	0,0000	0,3029
30,60	6,2966	6,2966	-0,0614	0,1217	0,0000	0,6204
40,90	9,6673	9,6673	-0,1405	0,2783	0,0000	0,9525
51,20	13,1863	13,1863	-0,2536	0,5025	0,0000	1,2992
61,50	16,8536	16,8536	-0,4024	0,7973	0,0018	1,6605
71,80	20,6691	20,6691	-0,5791	1,1656	0,0982	2,0365
82,10	24,6330	24,6330	-0,7059	1,6106	0,6689	2,4338
92,40	28,7451	28,7451	-0,5864	2,1581	2,0307	3,0821
102,70	33,0055	33,0055	0,0268	2,9880	4,2416	4,7075
113,00	37,4142	37,4142	1,3914	4,4601	7,1468	7,6580
123,30	41,9712	41,9712	3,7732	6,9771	10,9683	11,9776
133,60	46,6765	46,6765	7,4449	10,9544	16,0182	17,7049
143,90	51,5301	51,5301	12,6853	16,8180	22,1000	24,8744
154,20	56,5319	56,5319	19,7782	25,0037	28,9192	33,5163
164,50	61,6821	61,6821	29,0123	35,9558	36,7121	43,6572
174,80	66,9805	66,9805	40,6800	50,1262	45,4915	55,3209
185,10	72,4272	72,4272	55,1214	67,9737	55,7294	68,5296
195,40	78,0222	78,0222	72,9749	89,9633	68,7671	83,3031
205,70	83,7654	83,7654	95,0601	116,5725	84,0255	99,7748
216,00	89,6570	89,6570	121,7919	148,3675	99,9812	118,1806

Inviluppo combinazioni SLE

Nr. Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,30	3,0741	3,0741	-0,0151	-0,0151	0,0000	0,0000
30,60	6,2966	6,2966	-0,0614	-0,0614	0,0000	0,0000
40,90	9,6673	9,6673	-0,1405	-0,1405	0,0000	0,0000
51,20	13,1863	13,1863	-0,2536	-0,2536	0,0000	0,0000
61,50	16,8536	16,8536	-0,4025	-0,4025	0,0000	0,0000
71,80	20,6691	20,6691	-0,5884	-0,5884	0,0000	0,0000
82,10	24,6330	24,6330	-0,8127	-0,8127	0,0032	0,0032
92,40	28,7451	28,7451	-1,0660	-1,0660	0,1192	0,1192
102,70	33,0055	33,0055	-1,2654	-1,2654	0,6940	0,6940
113,00	37,4142	37,4142	-1,2422	-1,2422	1,8936	1,8936
123,30	41,9712	41,9712	-0,8073	-0,8073	3,7390	3,7390
133,60	46,6765	46,6765	0,2346	0,2346	6,2487	6,2487
143,90	51,5301	51,5301	2,0837	2,0837	9,4389	9,4389
154,20	56,5319	56,5319	4,9449	4,9449	13,3242	13,3242
164,50	61,6821	61,6821	9,0271	9,0271	17,9172	17,9172
174,80	66,9805	66,9805	14,5431	14,5431	23,2294	23,2294
185,10	72,4272	72,4272	21,7085	21,7085	29,2711	29,2711
195,40	78,0222	78,0222	30,7424	30,7432	36,0520	36,0704
205,70	83,7654	83,7654	41,8695	41,9179	43,6355	44,1409
216,00	89,6570	89,6570	55,3569	55,8284	52,1342	54,7122

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
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,08	0,6030	0,7424	15,0494	18,5201
30,16	2,4039	2,9567	29,9493	36,7972
40,24	5,3909	6,6235	44,6998	54,8313
50,32	9,5519	11,7233	59,3009	72,6224
60,40	14,8750	18,2366	73,7526	90,1704
70,48	21,3483	26,1441	88,0549	107,4754
80,56	28,9598	35,4262	102,2077	124,5374
90,64	37,6976	46,0635	116,2112	141,3563
100,72	47,5496	58,0367	130,0652	157,9322
110,80	58,5040	71,3262	143,7698	174,2651

Inviluppo combinazioni SLE

Nr. X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,08	0,3898	0,4261	9,7451	10,6502
30,16	1,5593	1,7035	19,4942	21,2800
40,24	3,5089	3,8304	29,2471	31,8892
50,32	6,2390	6,8052	39,0040	42,4778
60,40	9,7497	10,6263	48,7647	53,0460
70,48	14,0414	15,2920	58,5294	63,5937
80,56	19,1145	20,8007	68,2980	74,1208

90,64	24,9692	27,1508	78,0705	84,6274
100,72	31,6059	34,3406	87,8469	95,1135
110,80	39,0248	42,3684	97,6272	105,5791

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
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,34	-7,2199	-6,1390	-41,6860	-35,1231
30,68	-27,8135	-23,2115	-78,6694	-64,3151
41,02	-60,1821	-49,2011	-110,9502	-87,5762
51,36	-102,7266	-82,0911	-138,5284	-104,9063
61,70	-153,8484	-119,8652	-161,4040	-116,3054
72,04	-211,9484	-160,5066	-179,5771	-121,7735
82,38	-275,4278	-201,9989	-193,0476	-121,3105
92,72	-342,6878	-242,3256	-201,8155	-114,9166
103,06	-412,1294	-279,4701	-205,8808	-102,5917
113,40	-482,1538	-311,4158	-205,2435	-84,3358

Inviluppo combinazioni SLE

Nr. X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
10,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20,34	-2,0935	-1,6791	-11,9961	-9,6318
30,68	-7,9406	-6,3829	-22,0802	-17,7928

41,02	-16,8914	-13,6115	-30,2524	-24,4831
51,36	-28,2956	-22,8648	-36,5126	-29,7028
61,70	-41,5032	-33,6427	-40,8609	-33,4517
72,04	-55,8643	-45,4452	-43,2972	-35,7299
82,38	-70,7287	-57,7723	-43,8216	-36,5374
92,72	-85,4463	-70,1240	-42,4341	-35,8742
103,06	-99,3672	-82,0001	-39,1346	-33,7403
113,40	-111,8412	-92,9007	-33,9232	-30,1356

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

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

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

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

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

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm²]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm²]

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mm²]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mm²]

N_u sforzo 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]

V_{Rd} Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,00	0,00	1000,00	166,00	--	--
2	0,30	100, 42	15,71	15,71	6264,94	31,04	2037,95	170,51	--	--
3	0,60	100, 44	15,71	15,71	6419,71	63,54	1019,56	174,96	--	--

4	0,90	100, 46	15,71	15,71	6580,24	97,52	680,67	179,35	--	--
5	1,20	100, 48	15,71	15,71	6745,52	133,00	511,56	183,69	--	--
6	1,50	100, 50	15,71	15,71	6914,76	169,98	410,28	189,48	--	--
7	1,80	100, 52	15,71	15,71	7087,33	205,34	342,89	195,66	--	--
8	2,10	100, 54	15,71	15,71	7136,72	216,94	289,72	201,82	--	--
9	2,40	100, 56	15,71	15,71	7151,77	160,92	248,80	207,97	--	--
10	2,70	100, 58	15,71	15,71	7006,82	-6,75	212,29	214,12	--	--
11	3,00	100, 60	15,71	15,71	6526,82	-306,31	174,45	220,25	--	--
12	3,30	100, 62	15,71	15,71	5701,52	-685,78	135,84	226,37	--	--
13	3,60	100, 64	15,71	15,71	4637,69	-976,64	99,36	232,48	--	--
14	3,90	100, 66	15,71	15,71	3222,55-1051,75		62,54	238,60	--	--
15	4,20	100, 68	15,71	15,71	2036,45	-900,71	36,02	244,70	--	--
16	4,50	100, 70	15,71	15,71	1285,08	-749,10	20,83	250,81	--	--
17	4,80	100, 72	15,71	15,71	859,60	-643,30	12,83	256,91	--	--
18	5,10	100, 74	15,71	15,71	629,48	-590,78	8,69	263,01	--	--
19	5,40	100, 76	15,71	15,71	487,85	-562,52	6,25	269,12	--	--
20	5,70	100, 78	31,42	15,71	757,19-1053,74		9,04	305,61	--	--
21	6,00	100, 80	31,42	15,71	630,90-1044,03		7,04	310,36	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0,00	100, 40	15,71	15,71	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,30	100, 42	15,71	15,71	0,007	0,000	-0,104	-0,094
3	0,60	100, 44	15,71	15,71	0,015	0,000	-0,213	-0,175
4	0,90	100, 46	15,71	15,71	0,022	0,000	-0,327	-0,245
5	1,20	100, 48	15,71	15,71	0,031	0,000	-0,445	-0,307
6	1,50	100, 50	15,71	15,71	0,039	0,000	-0,565	-0,361
7	1,80	100, 52	15,71	15,71	0,047	0,000	-0,687	-0,409
8	2,10	100, 54	15,71	15,71	0,056	0,000	-0,811	-0,450
9	2,40	100, 56	15,71	15,71	0,065	0,000	-0,934	-0,490
10	2,70	100, 58	15,71	15,71	0,072	0,002	-1,040	-0,543

11	3,00	100, 60	15,71	15,71	0,076	0,004	-1,100	-0,640
12	3,30	100, 62	15,71	15,71	0,074	0,008	-1,088	-0,806
13	3,60	100, 64	15,71	15,71	0,071	0,012	-0,984	-1,061
14	3,90	100, 66	15,71	15,71	0,098	0,018	-0,770	-1,424
15	4,20	100, 68	15,71	15,71	0,134	0,025	-0,434	-1,907
16	4,50	100, 70	15,71	15,71	0,180	0,032	0,062	-2,532
17	4,80	100, 72	15,71	15,71	0,253	0,040	1,318	-3,493
18	5,10	100, 74	15,71	15,71	0,365	0,049	4,261	-4,912
19	5,40	100, 76	15,71	15,71	0,509	0,059	9,323	-6,692
20	5,70	100, 78	31,42	15,71	0,576	0,071	9,418	-7,653
21	6,00	100, 80	31,42	15,71	0,727	0,085	14,229	-9,580

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

- B base della sezione espressa in [cm]
- H altezza della sezione espressa in [cm]
- A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
- A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
- σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm²]
- τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm²]
- σ_{fi} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm²]
- σ_{fs} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mm²]
- N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
- M_u 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)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,08	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	397,19	--	--
3	0,16	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	486,25	397,19	--	--
4	0,24	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	217,06	397,19	--	--
5	0,32	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	122,64	397,19	--	--
6	0,40	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	78,84	397,19	--	--
7	0,48	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	54,99	397,19	--	--
8	0,56	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	40,58	397,19	--	--
9	0,64	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	31,21	397,19	--	--
10	0,72	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	24,77	397,19	--	--
11	0,80	100, 130	31,42	31,42	0,00	1437,71	20,16	397,19	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
12	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,08	100, 130	0,00	0,00	0,000	0,010	0,000	0,000
14	0,16	100, 130	31,42	31,42	0,008	0,020	0,459	-0,106
15	0,24	100, 130	31,42	31,42	0,019	0,030	1,032	-0,237
16	0,32	100, 130	31,42	31,42	0,033	0,040	1,833	-0,422
17	0,40	100, 130	31,42	31,42	0,052	0,050	2,862	-0,659
18	0,48	100, 130	31,42	31,42	0,074	0,059	4,118	-0,948
19	0,56	100, 130	31,42	31,42	0,101	0,069	5,602	-1,289
20	0,64	100, 130	31,42	31,42	0,132	0,079	7,312	-1,683
21	0,72	100, 130	31,42	31,42	0,167	0,089	9,248	-2,128
22	0,80	100, 130	31,42	31,42	0,206	0,099	11,410	-2,626

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	100, 130	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	397,19	--	--
2	0,34	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	199,13	397,19	--	--
3	0,68	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	51,69	397,19	--	--
4	1,02	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	23,89	397,19	--	--
5	1,36	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	14,00	397,19	--	--
6	1,70	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	9,34	397,19	--	--
7	2,04	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	6,78	397,19	--	--
8	2,38	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	5,22	397,19	--	--
9	2,72	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	4,20	397,19	--	--
10	3,06	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	3,49	397,19	--	--
11	3,40	100, 130	31,42	31,42	0,00	-1437,71	2,98	397,19	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0,00	100, 130	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,34	100, 130	31,42	31,42	0,010	-0,011	-0,130	0,564
14	0,68	100, 130	31,42	31,42	0,039	-0,021	-0,492	2,138
15	1,02	100, 130	31,42	31,42	0,082	-0,028	-1,047	4,549
16	1,36	100, 130	31,42	31,42	0,137	-0,034	-1,754	7,620
17	1,70	100, 130	31,42	31,42	0,202	-0,038	-2,572	11,177
18	2,04	100, 130	31,42	31,42	0,271	-0,040	-3,463	15,045
19	2,38	100, 130	31,42	31,42	0,343	-0,041	-4,384	19,048
20	2,72	100, 130	31,42	31,42	0,415	-0,040	-5,296	23,011
21	3,06	100, 130	31,42	31,42	0,483	-0,037	-6,159	26,760
22	3,40	100, 130	31,42	31,42	0,543	-0,032	-6,932	30,120



ATI bonifica

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
RELAZIONE DI CALCOLO MURI

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D 00 DI2 CL IV 03A0004A

. Pag
118 di 119