

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
NV - NUOVA VIABILITA' INTERFERENZE VIARIE
NV54 - PERCORSO CICLOPEDONALE DA PORTO S. PANCRAZIO A S.
MICHELE
GENERALE
Relazione di calcolo muri**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Giovanni MALAVENDA Ingegnere all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Aprile 2021	ing. Paolo CARMONA Data: Aprile 2021	ing. Luca Zaccaria iscritto all'ordine degli ingegneri di Torino n. 9273L Data: Aprile 2021	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 1	E	I 2	CL	NV5406	0 0 1	A	- - - p - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	



Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	REVISIONE PER RECEPIMENTO ISTRUTTORIA ENTE VALIDATORE	CODING	30/04/21	S.Cecchi	30/04/21	P. Luciani	30/04/21	Giuseppefabrizio Coppa Data: 30/04/21

CIG. 8377957CD1	CUP: J41F91000000009	File: IN1711EI2CLNV5406001A.DOC Cod. origine:
-----------------	----------------------	--





Progetto cofinanziato dalla Unione Europea



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	UNITÀ DI MISURA	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1	Calcestruzzo	9
4.2	Acciaio per armature ordinarie	9
4.3	Copriferrì	9
4.4	Durabilità e prescrizioni sui materiali	10
5	PARAMETRI SISMICI	11
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
6.1	Rilevati e rinterri	13
6.2	Stratigrafia r parametri geotecnici	13
6.3	Liquefacibilita' dei terreni	14
7	MODELLO DI CALCOLO	15
7.1	Calcolo della spinta delle terre in condizioni statiche	15
7.2	Calcolo della spinta delle terre in condizioni sismiche	16
8	ANALISI DEI CARICHI	18
8.1	Condizioni di carico	18
8.1.1	Peso proprio	18
8.1.2	Carichi permanenti portati	18
8.1.3	Spinta delle terre in condizioni statiche	18
8.1.4	Spinta statica dell'acqua	18
8.1.5	Azione sismica	18
8.1.6	Spinta delle terre in fase sismica	19
9	COMBINAZIONI DI CARICO	20
10	CRITERI DI VERIFICA	23
10.1	Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (SLE)	23
10.1.1	Verifica a fessurazione	23
10.1.2	Verifica delle massime tensioni d'esercizio	24
10.2	Verifiche allo Stato Limite Ultimo di tipo strutturale (SLU-STR)	24
10.2.1	Sollecitazioni flettenti	24
10.2.2	Sollecitazioni taglianti	25
10.3	Verifiche allo Stato Limite Ultimo di tipo geotecnico (SLU-GEO)	26
10.3.1	Verifica di stabilit� globale del complesso opera di sostegno-terreno	26
10.3.2	Verifica a scorrimento dell'opera lungo il piano di posa	27
10.3.3	Verifica a collasso per carico limite del complesso opera di sostegno-terreno	27

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

10.3.4	Verifica a ribaltamento dell'opera come corpo rigido	30
11	ANALISI DEI RISULTATI – SOLLECITAZIONI E VERIFICHE MURO DI CONNESSIONE IDRAULICA	31
11.1	Verifiche strutturali (STR)	33
11.1.1	Verifiche strutturali SLU del muro di connessione idraulica	33
11.1.2	Verifiche strutturali SLE del muro di connessione idraulica	37
11.2	Verifiche geotecniche (GEO)	42
11.2.1	Verifiche di stabilità globale del complesso opera - terreno	42
11.2.2	Verifiche a scorrimento dell'opera lungo il piano di posa	43
11.2.3	Verifiche a collasso per carico limite del complesso opera di sostegno - terreno	44
11.2.4	Verifiche a ribaltamento dell'opera come corpo rigido	45
11.3	Tabulato di calcolo	46
12	DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2)	81

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali dei muri di connessione idraulica fra le condotte in cls $\phi 1000$ ed il fosso di guardia di recapito posti lungo il lato destro del percorso ciclopedonale che va da Porto San Pancrazio a San Michele denominato 'NV54', ubicati alle pk 0+380.00 e 0+450.00, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della Linea AV/AC Verona - Padova, Sub tratta Verona Porta Vescovo – Montebello Vicentino, 1° sub lotto Montebello Vicentino - Vicenza.

I muri di connessione idraulica oggetto della presente relazione, del tipo a mensola, presentano entrambi uno sviluppo longitudinale di 6.00 m con una larghezza complessiva della fondazione di 1.50 m (con presenza della sola mensola di monte di lunghezza pari a 1.00 m) con spessore pari a 0.50 m, mentre il paramento presenta uno spessore costante pari a 0.50 m ed altezza costante di 2.40 m.

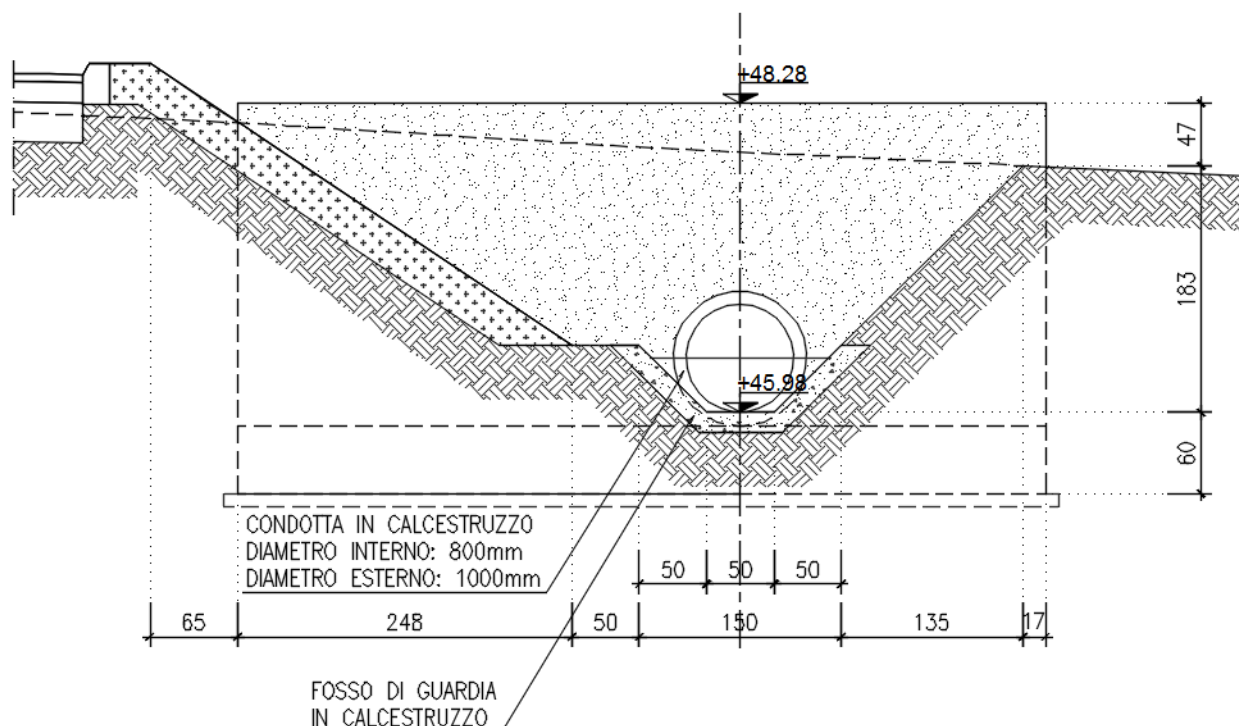




Figura 1.1: Sviluppo longitudinale del muro di connessione idraulica NV54 (pk 0+380.00)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

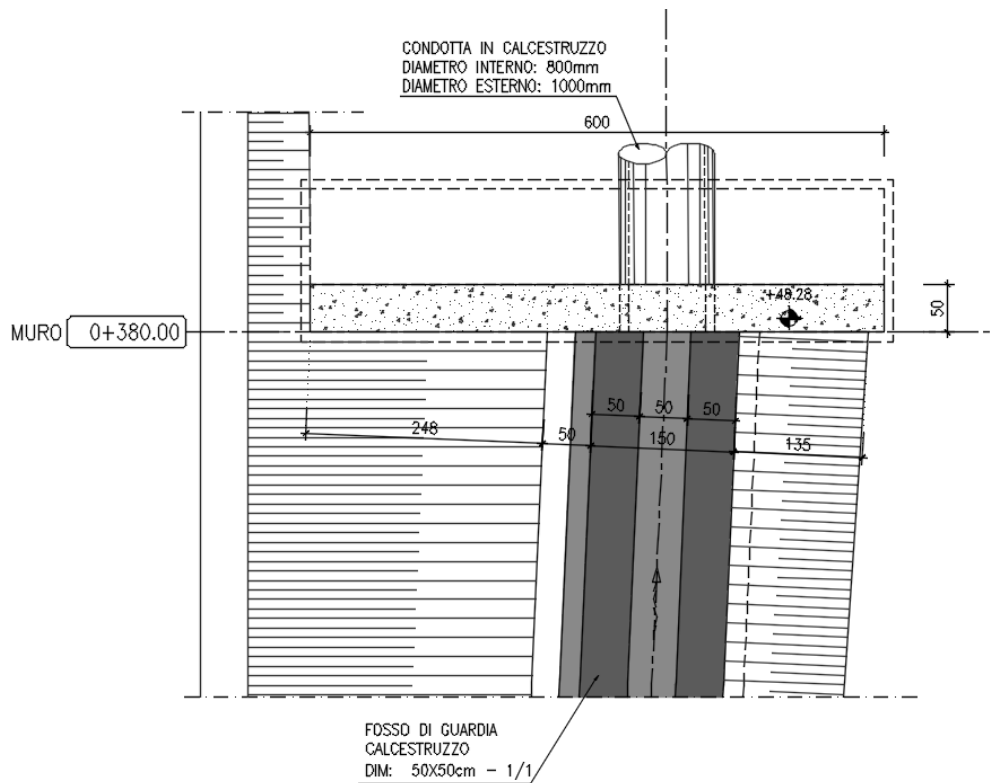


Figura 2.2: Stralcio planimetrico del muro di connessione idraulica NV54 (pk 0+380.00)

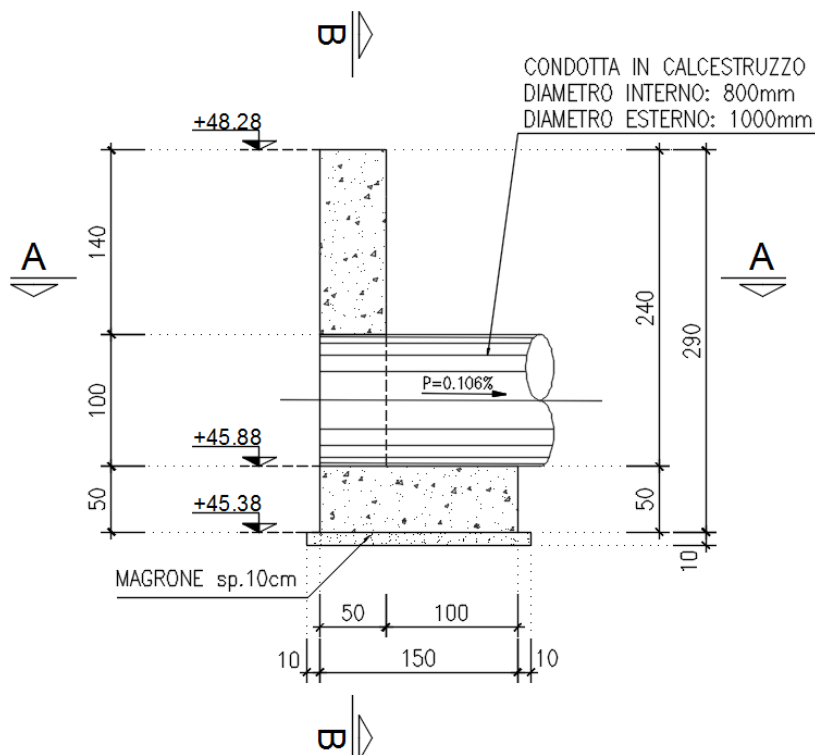






Figura 1.3: Sezione di calcolo del muro di connessione idraulica NV54 (pk 0+380.00)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le disposizioni legislative in elenco e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:



- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-11-1971 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".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- UNI 11104:2016 "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze [m]
- forze [kN]
- momenti [kNm]
- tensioni [MPa]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione del muro di risvolto si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 32/40 ($R_{ck} \geq 40.00 \text{ N/mm}^2$) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza media a compressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \quad \text{N/mm}^2$$

Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 18.81 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.17 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Rara)

$$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 18.26 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

$$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 13.28 \quad \text{N/mm}^2$$

4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie

B450C

Tensione di snervamento caratteristica

$$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$$

Tensione caratteristica di rottura

$$f_t \geq 540 \text{ MPa}$$

Modulo di elasticità



$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

4.3 COPRIFERRI

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

Strutture di elevazione 5.0 cm

Strutture di fondazione 5.0 cm



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

4.4 DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Si adotta quanto segue:

Fondazione - elevazione Classe di esposizione XC4

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

5 PARAMETRI SISMICI

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato. La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni. La classe d'uso assunta è la III. Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \times C_u = 100 \times 1.5 = 150 \text{ anni.}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR} (SLV) = 10\%.$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni vale:

$$T_R (SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c :

a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

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;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t);

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta attiva, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Mononobe - Okabe:

$$S = \frac{1}{2} \cdot k_{a,E} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v)$$

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.



I valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV sono i seguenti:

Latitudine: 45.433426

Longitudine: 11.037528

$$a_g = 0.233 \text{ g;}$$

$$F_0 = 2.434;$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

$$T_c^* = 0.284 \text{ s.}$$

Il sottosuolo su cui insiste l'opera ricade in categoria sismica "D" e categoria topografica "T1". I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$$S_S = 1.388;$$



$$S_T = 1.0.$$

Risulta quindi:

$$a_{\max} = 3.172 \text{ m/s}^2;$$

$$k_h = 0.092;$$

$$k_v = \pm 0.046.$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

6.1 RILEVATI E RINTERRI

Sono riassunte nel prospetto riportato di seguito le caratteristiche del terreno dei rilevati stradali esistenti e di nuova progettazione (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 rilevato stradale				
γ	γ_{sat}	c'	ϕ'	k_0
(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(-)
18.00	18.00	0.0	35.0	0.426

6.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si esibiscono di seguito le caratteristiche geotecniche relative al terreno di fondazione della tratta in cui ricade il muro in esame, desunte dagli esiti delle indagini effettuate. Le formazioni indicate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:



- Unità 2 – Limi argillosi da compatti a molto compatti;
- Unità 3a – Sabbie limose/Limi sabbiosi da sciolti a mediamente addensati;
- Unità 3b – Limi argillosi e argille limose da tenere a mediamente compatte;
- Unità 4 – Sabbie da mediamente addensate a molto addensate;
- Unità 6 – Ghiaie/Ghiaie sabbiose, con presenza locale di ciottoli eterometrici.

La quota rispetto alla quale è individuata la stratigrafia riportata a seguire, corrispondente a 46.1 m s.l.m. , è assunta coincidente col p.c. locale dell'opera in esame intercettato sulla linea.

Per quanto riguarda la falda di progetto, questa è assunta alla quota di 43.1 m s.l.m. , ossia a circa 3.0 m dal p.c. Per ulteriori dettagli circa la posizione della falda di progetto si faccia riferimento alla relazione geotecnica della WBS NV54 in oggetto.

Tabella 1 Stratigrafia e valori caratteristici dei parametri geotecnici di calcolo

Strato	Formazione	spessore strato	z_{base} strato	γ	ϕ'_k	c'_k	c_{uk}	E'	Note
		(m)	(m da p.c.)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kN/m ²)	
1	UG3a/b	1.0	1.0	18	26	-	25 – 60	5000 - 15000	
2	UG6	2.5	3.5	19	36	0	-	40000	
3	UG3a/b	1.0	4.5	18	-	-	25 – 60	5000 - 15000	
4	UG6	8.0	12.5	19	39	0	-	50000	
5	UG2	2.5	15.0	19	-	-	60 – 80	10000 - 15000	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Strato	Formazione	spessore strato	z_{base} strato	γ	ϕ'_k	c'_k	c_{uk}	E'	Note
		(m)	(m da p.c.)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(kN/m ²)	
6	UG4	15.0	30.0	19	37	0	-	150000	
z_w		Profondità della falda dal p.c. locale				3.0	m		

LEGENDA

γ = peso di volume naturale;

ϕ'_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito;



c'_k = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate;

c_{uk} = valore caratteristico della coesione non drenata;

E' = modulo elastico del terreno.

6.3 LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

Nell'area dell'opera in oggetto, le indagini a disposizione confermano l'assenza di situazioni potenzialmente critiche e/o di impatto progettuale, relativamente alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

7 MODELLO DI CALCOLO

Il dimensionamento dell'opera di sostegno è stato eseguito analizzando gli stati limite ultimi che si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali costituenti le opere stesse.

Le azioni considerate sull'opera di sostegno sono quelle dovute al peso proprio del terreno e del materiale di riempimento, ai sovraccarichi permanenti e variabili dovuti rispettivamente al carico permanente della scarpata, ai carichi mobili e all'azione del vento sulle barriere antirumore.

Nel dimensionamento delle opere è stata assunta la stratigrafia descritta nel precedente Capitolo della presente relazione di calcolo.

Per ogni stato limite ultimo analizzato è stata rispettata la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ed R_d il valore di progetto della resistenza del sistema strutturale/geotecnico.

L'analisi dell'opera viene effettuata con riferimento ad una fascia di larghezza pari a 1.0 m. Il modello di calcolo è realizzato mediante il software commerciale "MAX 15" distribuito da Aztec Informatica.

La spinta del terrapieno e degli eventuali carichi presenti sul piano limite dello stesso è valutata in condizione di equilibrio litostatica, distinguendo fra i due casi di fase statica e fase sismica.



Nel seguito si riportano le relative formulazioni.

7.1 CALCOLO DELLA SPINTA DELLE TERRE IN CONDIZIONI STATICHE

Le spinte del terreno sono state calcolate, come anticipato in precedenza, in condizioni di equilibrio limite attivo, con k_a .

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

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

- 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.

7.2 CALCOLO DELLA SPINTA DELLE TERRE IN CONDIZIONI SISMICHE

Per la valutazione del coefficiente di spinta in fase sismica K_{ae} si utilizza la trattazione di Mononobe-Okabe, secondo cui, la spinta complessiva in fase sismica esercitata da un terrapieno è fornita dalla seguente relazione:

$$S' = 1/2 * \gamma_t (1 \pm K_v) * K_{ae} H^2$$

con punto di applicazione ad $H/3$ dal piano di posa della fondazione dell'opera.

In fase sismica agirà pertanto una sovraspinta sismica sull'opera pari a $S' - S$.

Per la valutazione del coefficiente di spinta K_{ae} , avviene con le medesime formulazione valide per la fase statica, prevedendo però, come suggerito in letteratura, i seguenti valori corretti di θ ed ε :

$\theta = \theta_{stat} + \theta^*$ inclinazione fittizia del paramento interno rispetto alla verticale;

$\varepsilon = \varepsilon_{stat} + \varepsilon^*$ angolo di inclinazione fittizio del piano limite del terrapieno

essendo θ^* l'angolo di rotazione addizionale definito al precedente paragrafo valutato come di seguito indicato:



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

Analogamente, per la valutazione della spinta totale in fase sismica degli eventuali carichi Q presenti sul piano limite, si utilizza la seguente formulazione:

$$S'_Q = Q * (1 \pm K_v) * K_{ae} * H \quad \text{applicata a quota } H/2 \text{ dal piano di posa della fondazione dell'opera.}$$

In fase sismica agirà pertanto una sovraspinta sismica sull'opera pari a $S'_Q - S_Q$.



Per tener conto infine effetti idrodinamici (spinta della falda in fase sismica) si fa ricorso al Metodo di Westergaard (1931) secondo cui la pressione idrodinamica su una parete viene calcolata come in particolare come segue:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

essendo :

- H l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo;
- z_w la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda;
- a_x accelerazione relativa di progetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 CONDIZIONI DI CARICO

8.1.1 Peso proprio

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali:

$$\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$$

8.1.2 Carichi permanenti portati

Si considera agente, sulla mensola di valle del muro di sostegno, il carico derivante dal peso proprio della tubazione ed il carico derivante dal peso proprio dell'acqua in esso contenuta, considerando cautelativamente un grado di riempimento del manufatto del 75% (il quale, a seconda della verifica da effettuarsi, verrà considerato favorevole o sfavorevole).

8.1.3 Spinta delle terre in condizioni statiche

La struttura è stata analizzata nella condizione di spinta attiva, così come descritto nel paragrafo 7.1 della presente relazione; il valore del coefficiente di spinta è pari a:

$$K_a = 0.390$$

La pressione del terreno è stata calcolata come:

$$P = (P_b + h_{\text{variabile}} \cdot \gamma_{\text{terreno_paramento}}) \cdot K_a$$

al di sopra della falda

$$P = [P_b + h_{\text{variabile}} \cdot (\gamma_{\text{terreno_paramento}} - \gamma_w)] \cdot K_a$$



al di sotto della falda

8.1.4 Spinta statica dell'acqua

Qualora la falda fosse posizionata al di sopra del piano di posa della fondazione si considera, in aggiunta alla spinta delle terre sopra definita, la spinta idrostatica esercitata dall'acqua sulle pareti verticali, pari a $S_w = \gamma_w \cdot z$, e la sottospinta idraulica diretta verso l'alto sulla soletta inferiore, pari al prodotto del peso specifico dell'acqua, per l'altezza dello scatolare immerso, $P_w = \gamma_w \cdot h_{\text{imm}}$.

8.1.5 Azione sismica

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\text{Forza sismica orizzontale} \quad F_h = k_h \times W$$

$$\text{Forza sismica verticale} \quad F_v = k_v \times W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m a_{\max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

β_m assume i valori riportati nel § 7.11.6.2.1 delle NTC 2008; a seguire se ne riporta per completezza la tabella riassuntiva.

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



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

8.1.6 Spinta delle terre in fase sismica

Le spinte delle terre sono state determinate con la teoria di Mononobe - Okabe, secondo la formulazione riportata nel paragrafo 7.2 della presente relazione ed applicata con distribuzione triangolare delle tensioni sulla spalla:

$$S = \frac{1}{2} \cdot k_{a,E} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v)$$

con risultante applicata ad un'altezza pari ad $H/3$.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

9 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche strutturali sono effettuate secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite di esercizio (SLE) e agli stati limite ultimi (SLU), in accordo con la normativa vigente (NTC 2008). Sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, impiegata per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:



$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Riguardo i coefficienti di combinazione ψ delle azioni accidentali, nel caso in esame quelli legati al sovraccarico ferroviario, è stato posto :

$$\psi_0 = 1.0 \quad (\text{Combinazioni di SLU e SLE})$$

$$\psi_2 = 0.2 \quad (\text{Combinazioni Sismiche})$$

Tutte le verifiche allo Stato Limite Ultimo per raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO) vengono eseguite ai sensi delle NTC 2008, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 5.2.V, 6.2.II, 6.5.I e 6.8.I delle NTC 2008.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00



⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 9.1: Coefficienti parziali per le combinazioni di carico agli SLU (Tab.5.2.V NTC 2008)

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

Tabella 9.2: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC 2008)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001
				A

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 9.3: Coefficienti parziali per le verifiche geotecniche dei muri di sostegno (Tab.6.5.I NTC 2008)

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1



Tabella 9.4: Coefficiente parziale per le verifica statica di stabilità globale struttura-terreno (Tab.6.8.I NTC 2008)

In condizioni sismiche, i coefficienti A1, A2, M1 ed M2 assumono valori unitari.

Per la tipologia strutturale di opera in esame, si riportano a seguire le principali verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO) che verranno eseguite:

- SLU di tipo strutturale (STR):
 - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.
- SLU di tipo geotecnico (GEO):
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
 - collasso per scorrimento sul piano di posa delle fondazioni;
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - collasso per ribaltamento attorno al piede dell'opera.

Secondo quanto riportato nel § 6.5.3.1.1 delle NTC 2008, la verifica geotecnica di stabilità globale del complesso pali di fondazione-terreno viene effettuata con la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R2), mentre tutte le altre verifiche vengono effettuate secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

10 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle Normative elencate nel paragrafo 2 della presente relazione di calcolo.

In particolare vengono effettuate le verifiche agli Stati Limite di Esercizio ed allo Stato Limite Ultimo. Le Combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nel precedente paragrafo.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali.

10.1 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

10.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 delle NTC 2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nel Manuale di Progettazione RFI.



Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con la Tab. 4.1.IV delle NTC 2008 a seguire riportata:

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

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	$\leq w_1$

Tabella 10.2 Individuazione dello Stato Limite di Fessurazione

Nella Tabella sopra riportata, $w_1 = 0.2$ mm, $w_2 = 0.3$ mm; $w_3 = 0.4$ mm.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Più restrittivi risultano i limiti di apertura delle fessure riportati nel “Manuale di Progettazione delle opere civili”. L’apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, deve risultare:

a) $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;

b) $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si assume pertanto per tutti gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- Stato Limite di fessurazione: $w_d \leq w_1 = 0.2$ mm - Combinazione di carico rara

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} :

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

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

10.1.2 Verifica delle massime tensioni d’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, riportati nel paragrafo relativo alle caratteristiche meccaniche dei materiali.



10.2 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO STRUTTURALE (SLU-STR)

10.2.1 Sollecitazioni flettenti

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 parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 * 0.83 * R_{ck}/1.5$);
- legame costitutivo dell’armatura d’acciaio elastico–perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

10.2.2 Sollecitazioni taglienti

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 la seguente espressione:

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

dove:

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

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

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

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

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ 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 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) è soddisfatta se è verificata la seguente relazione:

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



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

La resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura trasversale è stata calcolata con la seguente relazione:

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

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" del calcestruzzo d'anima è stata calcolata con la seguente relazione:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

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

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

In cui:

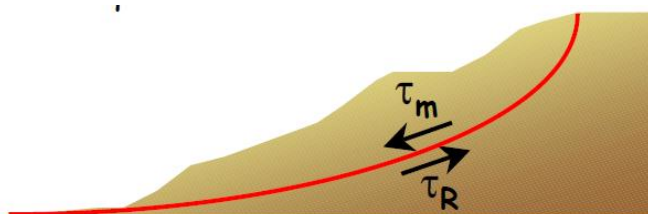
- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- s_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;
- α è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);
- α_c è un coefficiente maggiorativo par ad 1 per membrature non compresse.

10.3 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO GEOTECNICO (SLU-GEO)

10.3.1 Verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno

Per l'analisi di stabilità globale presentate nel seguito del presente documento, si è fatto riferimento ai metodi dell'equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:





$$\eta = \frac{\int_S \tau_{rott}}{\int_S \tau_{mob}}$$

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglienti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Nel caso in esame, è stata utilizzato in particolare il metodo di Bishop, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica.

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i ed 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 e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) 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 va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

10.3.2 Verifica a scorrimento dell'opera lungo il piano di posa

La verifica allo scorrimento sul piano di posa dell'opera di sostegno è condotta rispetto alle combinazioni riportate nel paragrafo 9 della presente relazione di calcolo; in particolare è stato verificato il rispetto della seguente condizione:

$$F_s = (c' * B + N * \tan \delta) / H > 1.0$$

dove:

N = risultante delle azioni ortogonali al piano di scorrimento;

H = risultante delle azioni parallele al piano di scorrimento;

c' = coesione efficace, posta generalmente pari a zero, salvo particolari condizioni che ne consentano di tenerne conto;

B = dimensione della Fondazione sul piano di scorrimento;

δ = coefficiente di attrito fondazione - terreno , posto pari a $0.6 \phi'$.

10.3.3 Verifica a collasso per carico limite del complesso opera di sostegno-terreno

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Brinch-Hansen di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica.



Dette:

c = coesione del terreno;

c_a = adesione lungo la base della fondazione ($c_a \leq c$);

V = azione tagliante;

ϕ' = angolo d'attrito;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

δ = angolo di attrito opera di sostegno – terreno;

γ = peso specifico del terreno;

k_p = coefficiente di spinta passiva espresso da $k_p = \tan^2(45^\circ + \phi'/2)$;

B = larghezza della fondazione;

L = lunghezza della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione;

η = inclinazione piano posa della fondazione;

P = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

q_{ult} = carico ultimo della fondazione.

Risulta:

Caso generale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui d_c , d_q e d_γ sono i fattori di profondità, s_c , s_q e s_γ sono i fattori di forma, i_c , i_q e i_γ sono i fattori di inclinazione del carico, b_c , b_q e b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e g_c , g_q e g_γ sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori di capacità portante N_c , N_q , N_γ sono espressi come:



$$N_q = Kp e^{\pi \cdot \tan \phi}$$

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

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \cdot \tan \phi$$

Fattori di forma

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$ $s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan \phi$ $s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Fattori di profondità

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

Fattori di inclinazione del carico



Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' * L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2 e_B$ ed $L' = L - 2 e_L$) con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta = 0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$	
$i_c = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	
	$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$	
	Per $\eta = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta > 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$ $b_q = e^{-2\eta^\circ \phi}$ $b_\gamma = e^{-2.7\eta^\circ \phi}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Fattori di inclinazione del terreno

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5tg\beta)^\delta$

Per poter applicare la formula di Brinch-Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg}(\delta) + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

10.3.4 Verifica a ribaltamento dell'opera come corpo rigido

La verifica al ribaltamento rispetto al vertice esterno della fondazione è viene trattata secondo la normativa come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i relativi coefficienti sulle azioni di cui alla Tabella 9.1 (Tab.5.2.V NTC 2008), adoperando i coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.



Nella fattispecie, per ciascuna delle combinazioni di verifica allo SLU statico e sismico rispetto alle quali è prescritta la verifica al ribaltamento, è stata verificata il rispetto della seguente condizione:

$$FS = \frac{M_{STA}}{M_{RIB}} \geq F_{s_{\min}}$$

essendo:

M_{RIB} = risultante dei momenti ribaltanti

M_{STA} = risultante dei momenti stabilizzanti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

11 ANALISI DEI RISULTATI – SOLLECITAZIONI E VERIFICHE MURO DI CONNESSIONE IDRAULICA

Nel presente capitolo si riportano i risultati delle analisi del muro di connessione idraulica.

L'impostazione utilizzata prevede, come detto, l'utilizzo del software di calcolo "MAX 15" della Aztec Informatica per il calcolo delle azioni sull'opera e per la verifica strutturale del paramento. L'opera è modellata come un muro a mensola.

Le immagini seguenti illustrano la configurazione geometrica e la stratigrafia dei terreni relativi al muro di sostegno in oggetto.

Stante la variabilità dell'altezza dell'opera, la sezione di calcolo considerata presenta un'altezza pari a quella massima del muro, quindi:

$$h_{\text{calc}} = 2.40 \text{ m}$$

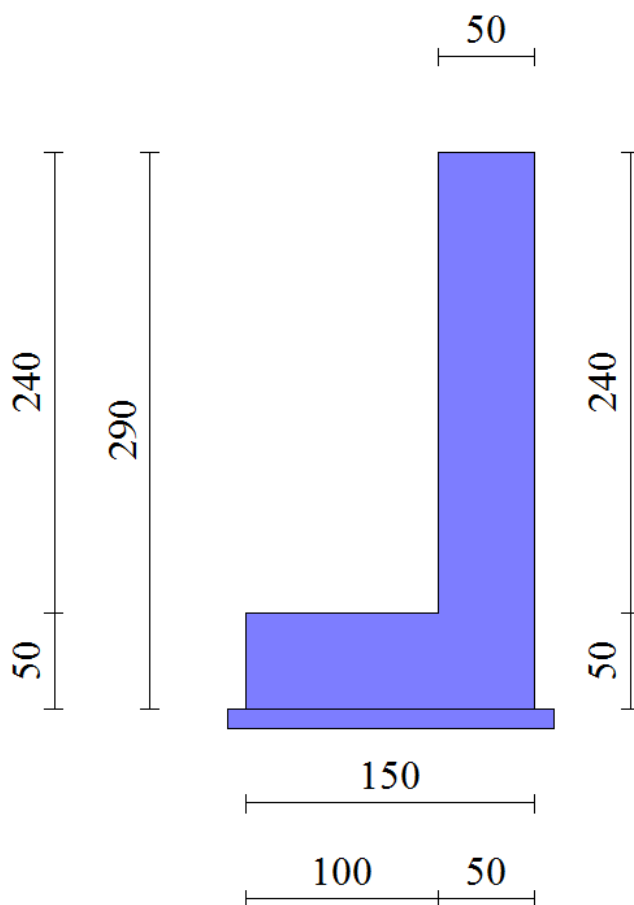




Figura 11.1: Carpenteria della porzione di muro di connessione idraulica oggetto di analisi

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

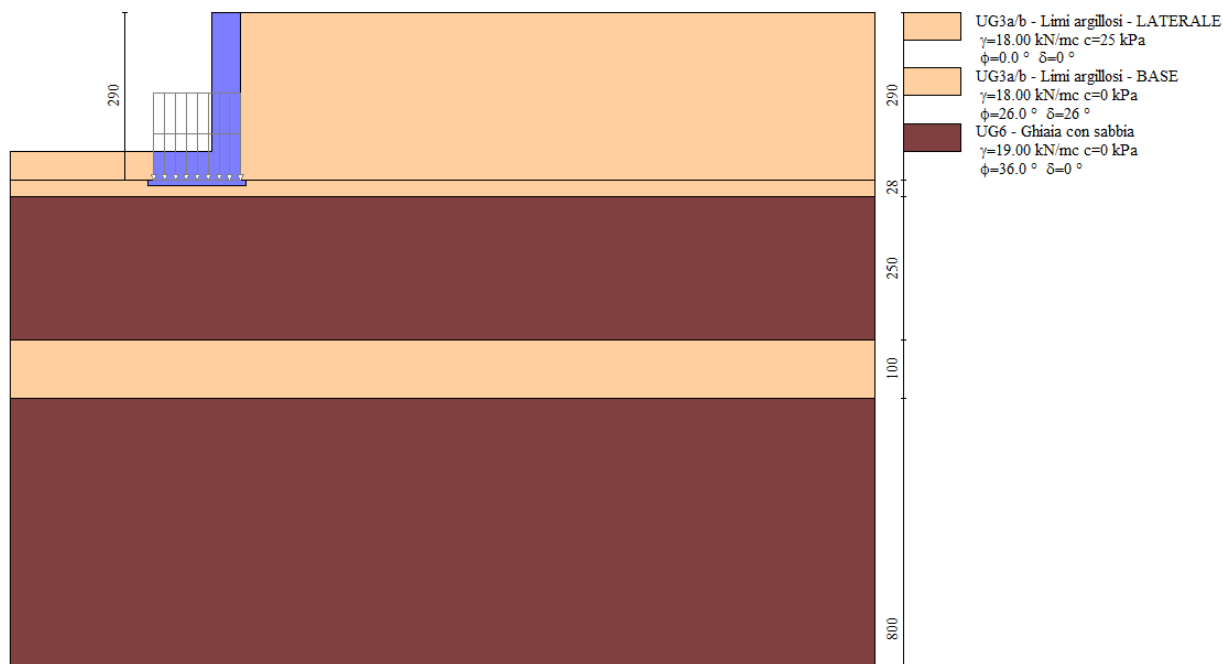




Figura 11.2: Stratigrafia del terreno con relative caratteristiche geotecniche dei vari strati

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.

 Sintesi FS verifiche globali

	n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab	FShyd	FSupl
•	1	STR (A1-M1-R1)		5.161	7.246	--	--	--	--
	2	STR (A1-M1-R1)	H	5.387	9.343	--	--	--	--
	3	STR (A1-M1-R1)		6.192	5.928	--	--	--	--
	4	STR (A1-M1-R1)		5.161	7.246	--	--	--	--
	5	STR (A1-M1-R1)		6.192	5.928	--	--	--	--
	6	GEO (A2-M2-R2)		3.574	4.175	--	1.990	--	--
	7	GEO (A2-M2-R2)	H	1.556	4.091	--	1.689	--	--
	8	EQU		--	--	14.574	--	--	--
	9	EQU	H	--	--	5.515	--	--	--

Figura 31.3: Sintesi tabellare delle verifiche effettuate sull'opera in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

11.1 VERIFICHE STRUTTURALI (STR)

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle verifiche strutturali per il muro riportato nelle Figure precedenti.

11.1.1 Verifiche strutturali SLU del muro di connessione idraulica

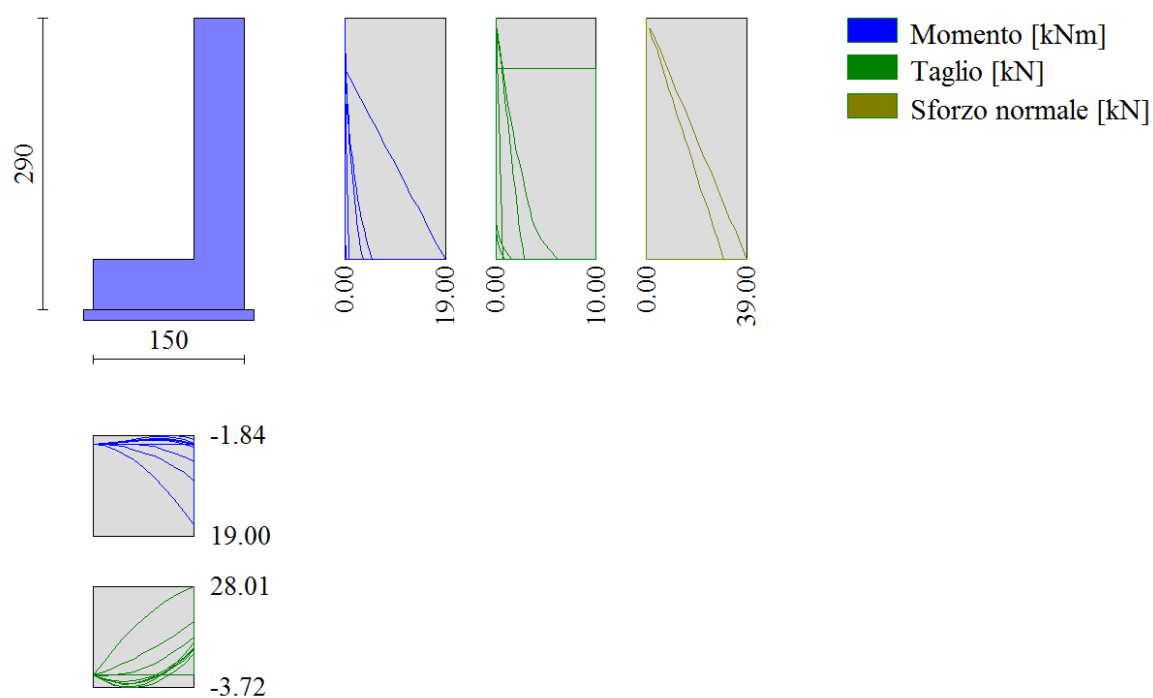




Figura 11.4: Involuppo delle sollecitazioni di sforzo normale, taglio e momento flettente sulle membrature del muro

Si riporta a seguire l'armatura minima necessaria per il soddisfacimento delle verifiche (calcolata automaticamente dal programma di calcolo):

ARMATURA ELEVAZIONE					
Lato	n°strati	c' (cm)	n°/m	ϕ (mm)	A_s (cm ²)
A_s lato monte	1	7.8	5	16	10.05
A_s ' lato valle	1	7.8	5	16	10.05

ARMATURA FONDAZIONE					
Lato	n°strati	c' (cm)	n°	ϕ (mm)	A_s (cm ²)
A_s superiore	1	7.8	5	16	10.05
A_s ' inferiore	1	7.8	5	16	10.05

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

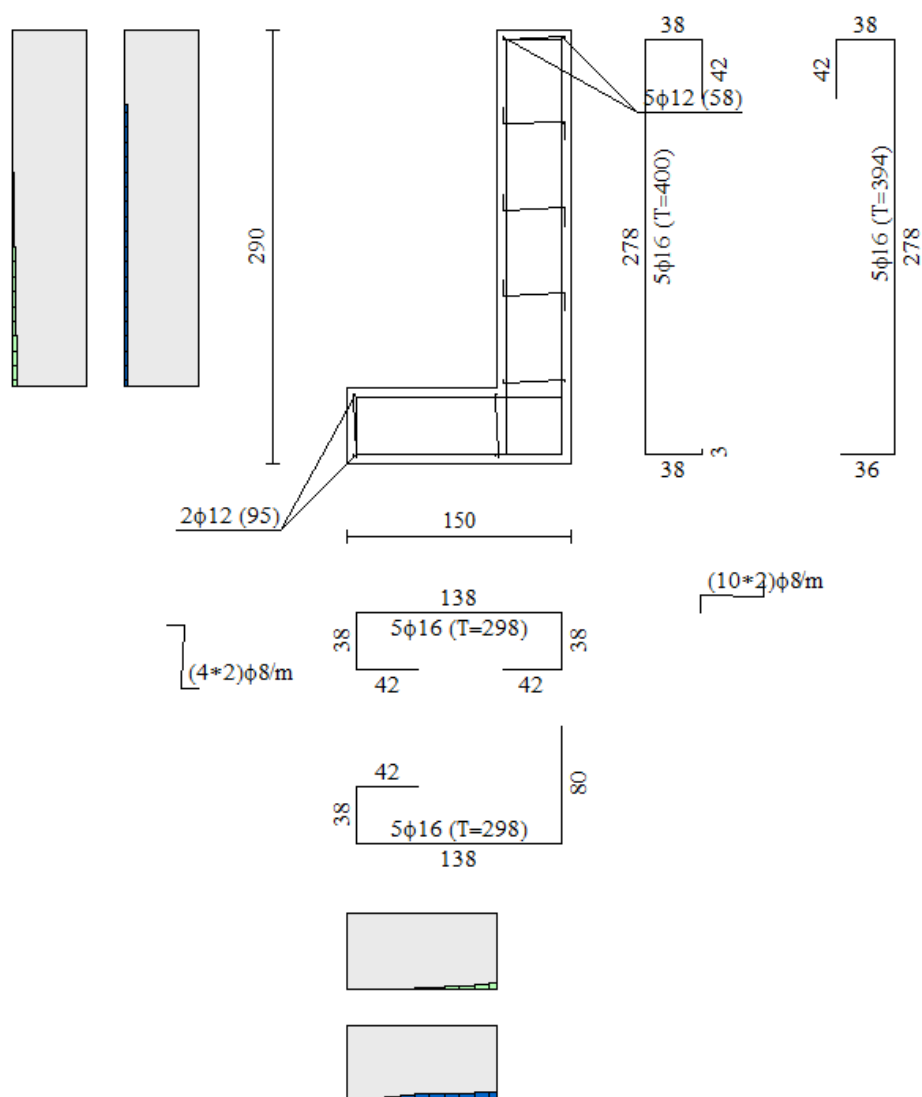




Figura 11.5: Armature minime per il muro di sostegno

L'armatura di ripartizione prevede ferri $\phi 12/20$.

Per quanto riguarda l'armatura a taglio del muro, il calcolo non ne richiede la presenza, pertanto si provvede a disporre un'armatura minima pari a 9 spilli $\phi 8/mq$ in elevazione (alternando la posizione dei ganci in fase esecutiva) e spilli $\phi 8/40 \times 40$ in fondazione.

Di seguito, le verifiche strutturali della sezione in esame, eseguite direttamente col programma di calcolo.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

Verifiche CA

Fondazione		Paramento									
Flessione		Taglio		Tensioni							
	n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
•	1	-1.50	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
	2	-1.40	100	50	10.05	10.05	0.21	0.00	196.52	0.00	914.670
	3	-1.30	100	50	10.05	10.05	0.84	0.00	196.52	0.00	234.498
	4	-1.20	100	50	10.05	10.05	1.84	0.00	196.52	0.00	106.948
	5	-1.10	100	50	10.05	10.05	3.18	0.00	196.52	0.00	61.775
	6	-1.00	100	50	10.05	10.05	4.84	0.00	196.52	0.00	40.627
	7	-0.90	100	50	10.05	10.05	6.77	0.00	196.52	0.00	29.015
	8	-0.80	100	50	10.05	10.05	8.96	0.00	196.52	0.00	21.940
	9	-0.70	100	50	10.05	10.05	11.36	0.00	196.52	0.00	17.303
	10	-0.60	100	50	10.05	10.05	13.94	0.00	196.52	0.00	14.096
	11	-0.50	100	50	10.05	10.05	16.68	0.00	196.52	0.00	11.784

<< Inviluppo >> INV Help



Figura 11.6: Risultati delle verifiche a flessione della fondazione del muro

Verifiche CA

Fondazione		Paramento									
Flessione		Taglio		Tensioni							
	n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
•	1	0.00	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
	2	-0.10	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
	3	-0.20	100	50	10.05	10.05	0.02	2.50	76.78	8311.99	3324.794
	4	-0.30	100	50	10.05	10.05	0.05	3.75	115.17	8311.99	2216.530
	5	-0.40	100	50	10.05	10.05	0.09	5.00	153.56	8311.99	1662.397
	6	-0.50	100	50	10.05	10.05	0.14	6.25	191.95	8311.99	1329.918
	7	-0.50	100	50	10.05	10.05	0.14	6.25	191.95	8311.99	1329.918
	8	-0.60	100	50	10.05	10.05	1.00	7.50	994.42	7458.17	994.422
	9	-0.70	100	50	10.05	10.05	2.00	8.75	846.91	3705.25	423.457
	10	-0.80	100	50	10.05	10.05	3.00	10.00	589.72	1965.73	196.573
	11	-0.90	100	50	10.05	10.05	4.00	11.25	462.40	1300.50	115.600

<< Inviluppo >> INV Help

Figura 11.7: Risultati delle verifiche a flessione del paramento del muro

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

Verifiche CA

Fondazione Paramento

Flessione Taglio Tensioni

n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kN]	VRsd [kN]	VRd [kN]	T [kN]	FS	cotg(teta)
1	-1.50	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	0.00	100.000	---
2	-1.40	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-4.24	52.487	---
3	-1.30	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-8.17	27.273	---
4	-1.20	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-11.77	18.925	---
5	-1.10	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-15.05	14.798	---
6	-1.00	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-18.01	12.365	---
7	-0.90	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-20.65	10.784	---
8	-0.80	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-22.97	9.695	---
9	-0.70	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-24.97	8.918	---
10	-0.60	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-26.65	8.356	---
11	-0.50	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	-28.01	7.951	---

<< Inviluppo >> INV Help

Figura 11.8: Risultati delle verifiche a taglio della fondazione del muro

Verifiche CA



Fondazione Paramento

Flessione Taglio Tensioni

n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kN]	VRsd [kN]	VRd [kN]	T [kN]	FS	cotg(teta)
1	0.00	100	50	0.00	0.00	0.00	222.73	0.00	100.000	---
2	-0.10	100	50	0.00	0.00	0.00	222.90	0.12	1877.754	---
3	-0.20	100	50	0.00	0.00	0.00	223.07	0.24	914.592	---
4	-0.30	100	50	0.00	0.00	0.00	223.24	0.38	594.377	---
5	-0.40	100	50	0.00	0.00	0.00	223.41	0.51	434.852	---
6	-0.50	100	50	0.00	0.00	0.00	223.58	0.66	339.567	---
7	-0.50	100	50	0.00	0.00	0.00	223.58	10.00	22.358	---
8	-0.60	100	50	0.00	0.00	0.00	223.75	10.00	22.375	---
9	-0.70	100	50	0.00	0.00	0.00	223.92	10.00	22.392	---
10	-0.80	100	50	0.00	0.00	0.00	224.08	10.00	22.408	---
11	-0.90	100	50	0.00	0.00	0.00	224.25	10.00	22.425	---

<< Inviluppo >> INV Help

Figura 11.9: Risultati delle verifiche a taglio del paramento del muro

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

11.1.2 Verifiche strutturali SLE del muro di connessione idraulica

Verifiche CA

Fondazione Paramento

Tensioni Fessurazione

Ambiente: moderatamente aggressivo Armatura: poco sensibile

N°	Y [m]	M [kNm]	N [kNm]	Mf [kNm]	As [cmq]	Ac,eff [cmq]	Eps	sm [mm]	wm [mm]	wlim [mm]
1	-1.42	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	---	---	0.000	0.300
2	-1.40	-0.0909	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
3	-1.30	-0.3282	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
4	-1.20	-0.6585	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
5	-1.10	-1.0286	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
6	-1.00	-1.3851	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
7	-0.90	-1.6749	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
8	-0.80	-1.8446	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
9	-0.70	-1.8409	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
10	-0.60	-1.6106	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300
11	-0.60	-1.1003	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.300

<< Comb. n° 12/14 - SLEF >> INV Help

Figura 11.10: Risultati delle verifiche a fessurazione della fondazione del muro (SLE frequente)

Verifiche CA

Fondazione Paramento



Tensioni Fessurazione

Ambiente: moderatamente aggressivo Armatura: poco sensibile

N°	Y [m]	M [kNm]	N [kNm]	Mf [kNm]	As [cmq]	Ac,eff [cmq]	Eps	sm [mm]	wm [mm]	wlim [mm]
1	-1.42	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	---	---	0.000	0.200
2	-1.40	-0.0909	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
3	-1.30	-0.3282	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
4	-1.20	-0.6585	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
5	-1.10	-1.0286	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
6	-1.00	-1.3851	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
7	-0.90	-1.6749	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
8	-0.80	-1.8446	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
9	-0.70	-1.8409	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
10	-0.60	-1.6106	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200
11	-0.60	-1.1003	0.0000	-171.4830	10.05	2018.55	0.0000	0.00	0.000	0.200

<< Comb. n° 13/14 - SLEQ >> INV Help

Figura 11.11: Risultati delle verifiche a fessurazione della fondazione del muro (SLE quasi permanente)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

Verifiche CA

Fondazione | Paramento



Tensioni | Fessurazione

Ambiente: moderatamente aggressivo Armatura: poco sensibile

	N°	Y [m]	M [kNm]	N [kNm]	Mf [kNm]	As [cmq]	Ac,eff [cmq]	Eps	sm [mm]	wm [mm]	wlim [mm]
◆	1	-0.10	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	---	---	0.000	0.300
	2	-0.10	0.0000	1.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.300
	3	-0.20	0.0000	2.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.300
	4	-0.30	0.0000	3.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.300
	5	-0.40	0.0000	5.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.300
	6	-0.50	0.0000	6.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.300
	7	-0.50	0.0000	6.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.300
	8	-0.60	0.0000	7.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	9	-0.70	0.0000	8.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	10	-0.80	0.0000	10.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	11	-0.90	0.0000	11.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	12	-1.00	0.0000	12.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	13	-1.10	0.0000	13.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	14	-1.20	0.0000	15.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	15	-1.30	0.0000	16.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	16	-1.40	0.0000	17.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000	0.300
	17	-1.50	0.0000	18.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	18	-1.60	0.0000	20.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	19	-1.70	0.0000	21.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.300
	20	-1.80	0.0000	22.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.300
	21	-1.90	0.0000	23.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000	0.300
	22	-2.00	0.0000	25.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.300
	23	-2.10	0.0000	26.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.300
	24	-2.20	0.0000	27.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.300
	25	-2.30	0.0000	28.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.300
	26	-2.27	0.0000	30.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.300

<< Comb. n° 12/14 - SLEF >> INV Help

Figura 11.12: Risultati delle verifiche a fessurazione del paramento del muro (SLE frequente)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">EI2CLNV5406001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	11	EI2CLNV5406001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	11	EI2CLNV5406001	A						

Verifiche CA

Fondazione | Paramento



Tensioni | Fessurazione

Ambiente: moderatamente aggressivo **Armatura:** poco sensibile

N°	Y [m]	M [kNm]	N [kNm]	Mf [kNm]	As [cmq]	Ac,eff [cmq]	Eps	sm [mm]	wm [mm]	wlim [mm]
1	-0.10	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	---	---	0.000	0.200
2	-0.10	0.0000	1.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.200
3	-0.20	0.0000	2.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.200
4	-0.30	0.0000	3.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.200
5	-0.40	0.0000	5.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.200
6	-0.50	0.0000	6.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.200
7	-0.50	0.0000	6.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	---	0.000	0.200
8	-0.60	0.0000	7.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
9	-0.70	0.0000	8.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
10	-0.80	0.0000	10.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
11	-0.90	0.0000	11.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
12	-1.00	0.0000	12.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
13	-1.10	0.0000	13.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
14	-1.20	0.0000	15.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
15	-1.30	0.0000	16.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
16	-1.40	0.0000	17.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000	0.200
17	-1.50	0.0000	18.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
18	-1.60	0.0000	20.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
19	-1.70	0.0000	21.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0001	---	0.000	0.200
20	-1.80	0.0000	22.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.200
21	-1.90	0.0000	23.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000	0.200
22	-2.00	0.0000	25.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.200
23	-2.10	0.0000	26.2500	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.200
24	-2.20	0.0000	27.5000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.200
25	-2.30	0.0000	28.7500	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.200
26	-2.27	0.0000	30.0000	0.0000	0.00	0.00	0.0002	---	0.000	0.200

<< Comb. n° 13/14 - SLEQ >> INV Help

Figura 11.13: Risultati delle verifiche a fessurazione del paramento del muro (SLE quasi permanente)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

Verifiche CA

Fondazione Paramento



Flessione Taglio Tensioni

σ_c 14940 [kPa] σ_s 359949 [kPa]

n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	-1.50	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0	0	0
2	-1.40	100	50	10.05	10.05	-0.07	0.00	4	25	222
3	-1.30	100	50	10.05	10.05	-0.26	0.00	15	89	802
4	-1.20	100	50	10.05	10.05	-0.51	0.00	30	178	1609
5	-1.10	100	50	10.05	10.05	-0.78	0.00	47	278	2514
6	-1.00	100	50	10.05	10.05	-1.01	0.00	63	375	3385
7	-0.90	100	50	10.05	10.05	-1.17	0.00	76	453	4093
8	-0.80	100	50	10.05	10.05	-1.20	0.00	84	499	4508
9	-0.70	100	50	10.05	10.05	-1.05	0.00	84	498	4499
10	-0.60	100	50	10.05	10.05	-0.68	0.00	73	436	3936
11	-0.50	100	50	10.05	10.05	-0.03	0.00	50	298	2689

<< Inviluppo >> INV Help

Figura 11.14: Risultati delle verifiche delle massime tensioni d'esercizio della fondazione del muro

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

Verifiche CA

Fondazione Paramento



Flessione Taglio Tensioni

σ_c 14940 [kPa] σ_s 359949 [kPa]

n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	0.00	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0	0	0
2	-0.10	100	50	10.05	10.05	0.00	1.25	2	35	36
3	-0.20	100	50	10.05	10.05	0.01	2.50	5	71	72
4	-0.30	100	50	10.05	10.05	0.01	3.75	7	106	109
5	-0.40	100	50	10.05	10.05	0.02	5.00	10	141	147
6	-0.50	100	50	10.05	10.05	0.04	6.25	13	177	186
7	-0.50	100	50	10.05	10.05	0.04	6.25	13	177	186
8	-0.60	100	50	10.05	10.05	0.05	7.50	15	212	225
9	-0.70	100	50	10.05	10.05	0.07	8.75	18	248	266
10	-0.80	100	50	10.05	10.05	0.09	10.00	21	283	306
11	-0.90	100	50	10.05	10.05	0.12	11.25	24	318	348
12	-1.00	100	50	10.05	10.05	0.15	12.50	27	354	390
13	-1.10	100	50	10.05	10.05	0.18	13.75	30	389	433
14	-1.20	100	50	10.05	10.05	0.21	15.00	33	424	477
15	-1.30	100	50	10.05	10.05	0.25	16.25	36	460	522
16	-1.40	100	50	10.05	10.05	0.29	17.50	39	495	567
17	-1.50	100	50	10.05	10.05	0.33	18.75	43	531	613
18	-1.60	100	50	10.05	10.05	0.38	20.00	46	566	660
19	-1.70	100	50	10.05	10.05	0.42	21.25	49	601	707
20	-1.80	100	50	10.05	10.05	0.48	22.50	53	637	755
21	-1.90	100	50	10.05	10.05	0.53	23.75	56	672	804
22	-2.00	100	50	10.05	10.05	0.59	25.00	60	707	854
23	-2.10	100	50	10.05	10.05	0.65	26.25	64	743	904
24	-2.20	100	50	10.05	10.05	0.71	27.50	67	778	955
25	-2.30	100	50	10.05	10.05	0.78	28.75	71	813	1007
26	-2.39	100	50	10.05	10.05	0.85	30.00	75	849	1060

<< Inviluppo >> INV Help

Figura 11.15: Risultati delle verifiche delle massime tensioni d'esercizio del paramento del muro

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

11.2 VERIFICHE GEOTECNICHE (GEO)

Nel presente paragrafo si riportano i risultati delle verifiche geotecniche per il muro riportato nelle Figure precedenti.

11.2.1 Verifiche di stabilità globale del complesso opera - terreno

Come è possibile vedere dalla tabella di riepilogo riportata al paragrafo 11 della presente relazione, la Combinazione di carico più gravosa ai fini della stabilità globale del sistema opera - terreno risulta essere la n° 7 (GEO – sisma presente) la verifica risulta essere soddisfatta.

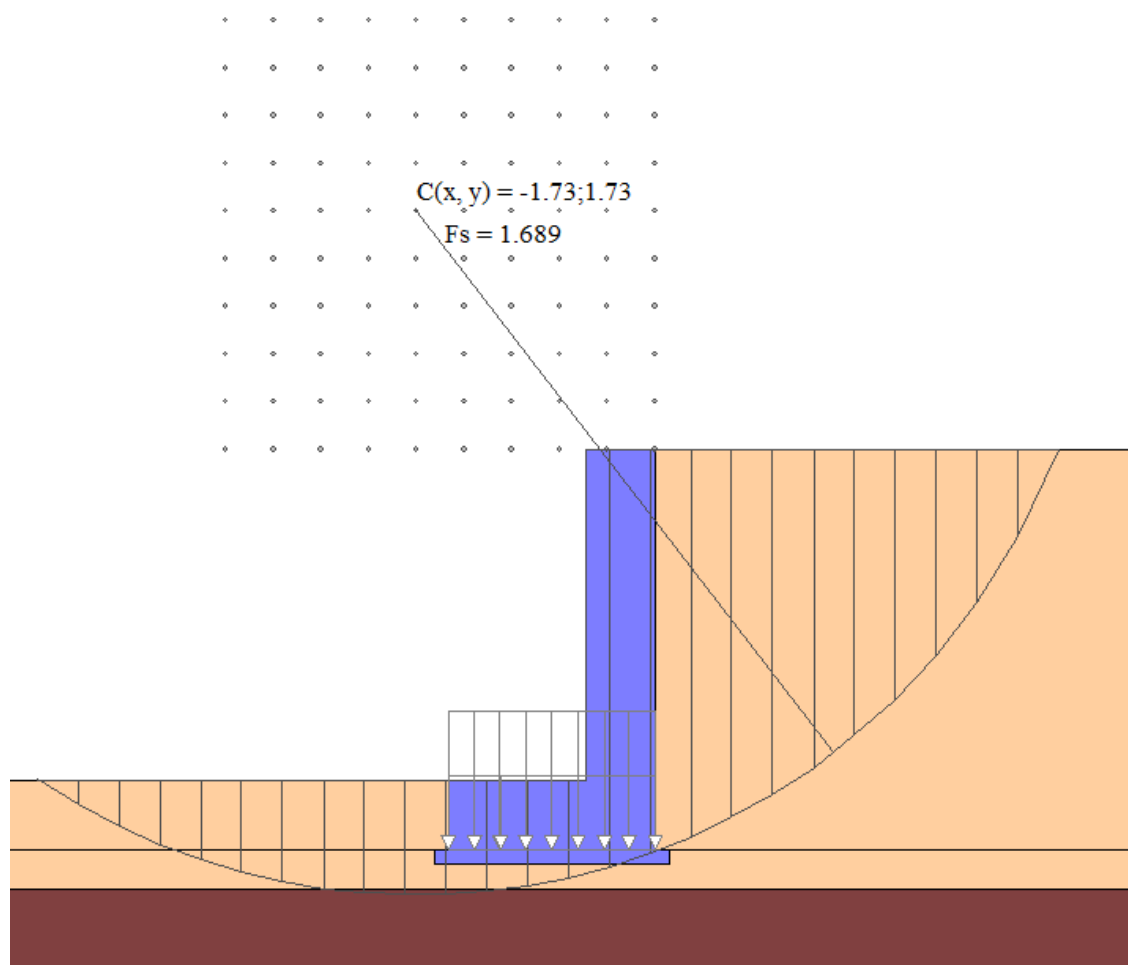






Figura 11.16: Verifica di stabilità globale del sistema opera - terreno

Il fattore di sicurezza minimo (pari a 1.689) risulta > 1.10 , pertanto la verifica risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

11.2.2 Verifiche a scorrimento dell'opera lungo il piano di posa



Come è possibile vedere dalla tabella di riepilogo riportata al paragrafo 11 della presente relazione, la Combinazione di carico più gravosa ai fini della verifica a scorrimento risulta essere la n° 7 (GEO – sisma presente):

Tutti i risultati sono riferiti a metro lineare				
Coefficienti Sicurezza				
	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI		RICHIESTI	MINIMI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento				
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.56		1.00	1.56 (7)
Coefficiente di sicurezza a carico limite	4.09		1.00	4.09 (7)
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.69		1.10	1.69 (7)
Coefficiente di sicurezza a sifonamento				
Coefficiente di sicurezza a sollevamento				

<<
Comb. n° 7/14 - GEO (A2-M2-R2) H
>>
Help




Figura 11.17: Verifica di scorrimento lungo il piano di posa

Il fattore di sicurezza minimo (pari a 1.56) risulta > 1.00 , pertanto la verifica risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

11.2.3 Verifiche a collasso per carico limite del complesso opera di sostegno - terreno



Come è possibile vedere dalla tabella di riepilogo riportata al paragrafo 11 della presente relazione, la Combinazione di carico più gravosa ai fini della verifica a carico limite risulta essere la n° 7 (GEO – sisma presente):

Tutti i risultati sono riferiti a metro lineare				
Coefficienti Sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI		RICHIESTI	MINIMI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento				
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.56		1.00	1.56 (7)
Coefficiente di sicurezza a carico limite	4.09		1.00	4.09 (7)
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.69		1.10	1.69 (7)
Coefficiente di sicurezza a sifonamento				
Coefficiente di sicurezza a sollevamento				

<<
Comb. n° 7/14 - GEO (A2-M2-R2) H
>>
Help

Figura 11.18: Verifica di collasso per carico limite

Il fattore di sicurezza minimo (pari a 4.09) risulta > 1.00 , pertanto la verifica risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A



11.2.4 Verifiche a ribaltamento dell'opera come corpo rigido

Come è possibile vedere dalla tabella di riepilogo riportata al paragrafo 11 della presente relazione, la Combinazione di carico più gravosa ai fini della verifica a ribaltamento risulta essere la n° 9 (EQU – sisma presente):

Tutti i risultati sono riferiti a metro lineare				
Coefficienti Sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
			CALCOLATI	RICHIESTI
			MINIMI	
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento			5.52	0.00
Coefficiente di sicurezza a scorrimento				
Coefficiente di sicurezza a carico limite				
Coefficiente di sicurezza stabilità globale				
Coefficiente di sicurezza a sifonamento				
Coefficiente di sicurezza a sollevamento				
<< Comb. n° 9/14 - EQU H >> Help				

Figura 11.19: Verifica di ribaltamento dell'opera come corpo rigido

Il fattore di sicurezza minimo (pari a 5.52) risulta > 1.00 , pertanto la verifica risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

11.3 TABULATO DI CALCOLO

Si riporta a seguire il tabulato di calcolo generato in automatico dal software relativamente al muro di connessione idraulica.

Richiami teorici

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

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

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

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.



Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$Y' = Y_{sat} - Y_w$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Spinta in presenza di sisma

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

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

Detta 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 parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

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

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

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

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

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

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



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

Verifica a ribaltamento

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

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. 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

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

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_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

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

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

Verifica al carico limite

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

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

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen. Cambia solo il fattore N , e l'espressione di alcuni coefficienti. Di seguito sono riportate per intero tutte le espressioni.

Caso generale $\phi > 0$



$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

$$q_u = 5.14 c_u (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

- N fattori di capacità portante
- s fattori di forma
- d fattori di profondità
- i fattori di inclinazione del carico
- b fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con η inclinazione del piano di posa
- g fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con β pendenza del pendio

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2CLNV5406001	A

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_c - 1) \cot \varphi$	$N_c = e^{m \tan \varphi} K_c$	$N_c = 2(N_c + 1) \tan \varphi$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$		
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + \frac{N_c B}{N_c L}$	$s_c = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	$s_c = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 0.4k$		
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.4k$	$d_c = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k$	$d_c = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = 1 - \frac{mH}{A_c c_c N_c}$		
	$\varphi > 0$	$i_c = i_c - \frac{1 - i_c}{N_c - 1}$	$i_c = \left(1 - \frac{H}{V + A_c c_c \cot \varphi}\right)^m$	$i_c = \left(1 - \frac{H}{V + A_c c_c \cot \varphi}\right)^{m+1}$
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)	$\varphi = 0$	$b_c = \frac{\eta^2}{147^2}$		
	$\varphi > 0$	$b_c = 1 - \frac{\eta^2}{147^2}$	$b_c = (1 - \eta \tan \varphi)^2$	$b_c = (1 - \eta \tan \varphi)^2$
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)	$\varphi = 0$	$g_c = \frac{\beta^2}{147^2}$		
	$\varphi > 0$	$g_c = 1 - \frac{\beta^2}{147^2}$	$g_c = (1 - \tan \beta)^2$	$g_c = (1 - \tan \beta)^2$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dove i coeff. k e m assumono le seguenti espressioni:

$k = \frac{B}{L}$ se $\frac{B}{L} \leq 1$	$k = \arctan \frac{B}{L}$ se $\frac{B}{L} > 1$	$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
---	--	---

Per poter applicare la formula di Vesic devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$H < V \tan \delta + A_c c_c$	$\beta \leq \varphi$	$i_c, i_v > 0$	$\beta + \eta \leq 90^\circ$
-------------------------------	----------------------	----------------	------------------------------

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Bowles propone di moltiplicare la capacità portante ultima per i termini B' ed L' (area ridotta della fondazione) al posto di B ed L dove:

$$B' = B - 2.0 e_x \quad L' = L - 2.0 e_y$$

essendo e_x ed e_y le eccentricità del carico.

La portanza espressa nell'unità di misura delle forze diventa:

$$P_u = q_u B' L'$$



Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di B (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo r_γ del solo termine sul peso di volume ($0.5 B \gamma N_c$) quando B supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 + 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_c r_\gamma$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_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. 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 25.

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:



$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2CLNV5406001	A

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	R_{ck}	E	ν	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	C32/40	C32/40	B450C	25.0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk}	f_{uk}
	[kPa]	[kPa]
B450C	449936	539963

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(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
	[m]	[m]	[°]
1	0.00	0.00	0.000
2	11.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	6.00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	2.40	[m]
Altezza paramento libero	2.40	[m]
Spessore in sommità	0.50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<u>Fondazione</u>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1.00	[m]

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Lunghezza mensola di monte	0.00	[m]
Lunghezza totale	1.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.50	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

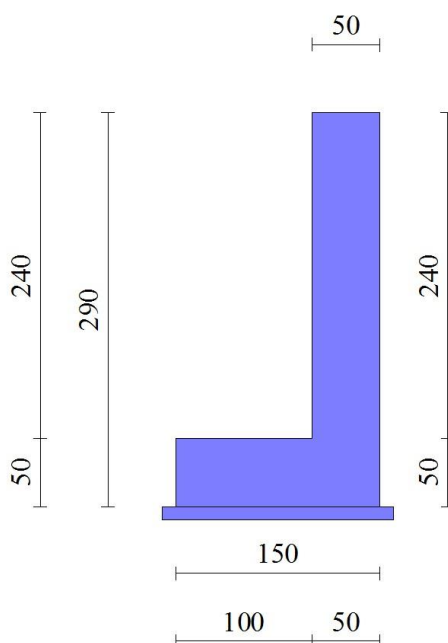


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata



n°	Indice del terreno
Descr	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 [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	UG4 - Sabbie limose	19.0000	19.0000	37.000	0.000	0	0	---	---
2	UG3a/b - Limi argillosi - LATERALE	18.0000	18.0000	0.000	0.000	25	0	---	---
3	UG2 - Limi argillosi debolmente sabbiosi	19.0000	19.0000	0.000	0.000	60	0	---	---
4	UG6 - Ghiaia con sabbia	19.0000	19.0000	36.000	0.000	0	0	---	---
5	UG3a/b - Limi argillosi - BASE	18.0000	18.0000	26.000	26.000	0	0	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
----	---------------------

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

H Spessore dello strato espresso in [m]
 α Inclinazione espressa in [°]
 Terreno Terreno dello strato
 Per calcolo pali (solo se presenti)
 Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 Ks Coefficiente di spinta
 Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
 Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	2.90	0.000	UG3a/b - Limi argillosi - LATERALE	---	---	---	---	---
2	0.28	0.000	UG3a/b - Limi argillosi - BASE	---	---	---	---	---
3	2.50	0.000	UG6 - Ghiaia con sabbia	---	---	---	---	---
4	1.00	0.000	UG3a/b - Limi argillosi - LATERALE	---	---	---	---	---
5	8.00	0.000	UG6 - Ghiaia con sabbia	---	---	---	---	---

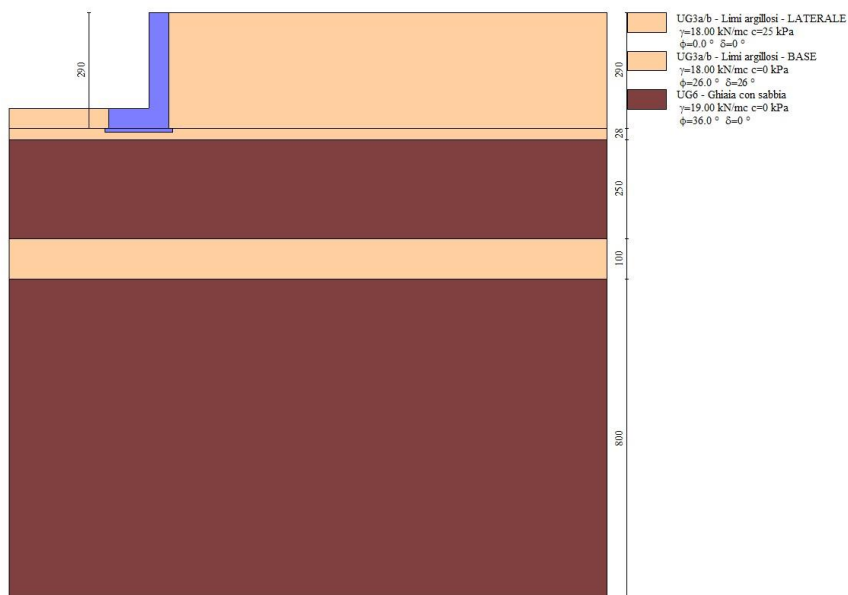


Fig. 2 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata



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

Condizione n° 1 (PESO PROPRIO TUBAZIONE) - PERMANENTE NS

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito	Fondazione					-1.50	0.00	7.1000	7.1000

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

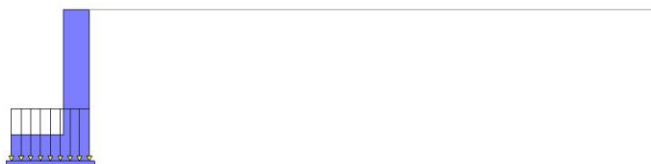


Fig. 3 - Carichi sul muro

Condizione n° 2 (PESO PROPRIO ACQUA) - PERMANENTE NS

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito	Fondazione					-1.50	0.00	3.8000	3.8000

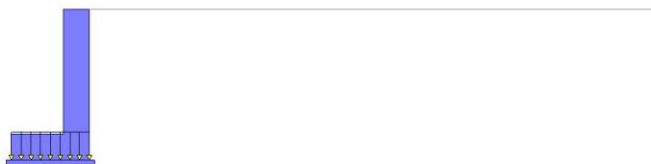


Fig. 4 - Carichi sul muro

Condizione n° 3 (URTO) - ECCEZIONALE

Normativa



Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008) - Approccio 1 + Circolare C.S.LL.PP. 02/02/2009 n.617**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.30	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso nell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 15%;">Lotto</td> <td style="width: 40%;">Codifica</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">EI2CLNV5406001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	11	EI2CLNV5406001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	11	EI2CLNV5406001	A						

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Scorrimento	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00
Resistenza terreno a valle	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Ribaltamento	--	--	0.00	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili. per I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R1)



Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.50	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R1) H

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.50	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.50	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.50	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.30	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.50	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU H



Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - ECC

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole
URTO	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

Combinazione n° 12 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ_H

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO TUBAZIONE	1.00	--	Sfavorevole
PESO PROPRIO ACQUA	1.00	--	Sfavorevole



Dati sismici

Comune	
Provincia	
Regione	
Latitudine	45.450730
Longitudine	11.389260
Indice punti di interpolazione	12513 - 12735 - 12736 - 12514
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	150 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	2.109	0.853
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.215	0.087
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.434	2.460
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.288	0.271
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.386
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.310	9.237	4.619
Esercizio	0.180	2.348	1.174

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale
 Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Vesic
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Meyerhof
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Vesic
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite (0.5B _y N _y)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	0.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	6.92	0.00	6.92	0.00	0.00	-2.64
	Peso/inerzia muro			0.00	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	24.52	--	--
2	Spinta statica	0.21	0.00	0.21	0.00	0.00	-2.83
	Incremento di spinta sismica		1.18	1.18	0.00	0.00	-1.93
	Peso/inerzia muro			4.50	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--
3	Spinta statica	6.92	0.00	6.92	0.00	0.00	-2.64
	Peso/inerzia muro			0.00	63.37/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	24.52	--	--
4	Spinta statica	6.92	0.00	6.92	0.00	0.00	-2.64
	Peso/inerzia muro			0.00	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	24.52	--	--
5	Spinta statica	6.92	0.00	6.92	0.00	0.00	-2.64
	Peso/inerzia muro			0.00	63.37/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	24.52	--	--
6	Spinta statica	7.64	0.00	7.64	0.00	0.00	-2.59
	Peso/inerzia muro			0.00	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	21.26	--	--
7	Spinta statica	7.64	0.00	7.64	0.00	0.00	-2.59
	Incremento di spinta sismica		4.18	4.18	0.00	0.00	-1.93
	Peso/inerzia muro			4.50	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--
10	Spinta statica	0.21	0.00	0.21	0.00	0.00	-2.83
	Peso/inerzia muro			0.00	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--
11	Spinta statica	0.21	0.00	0.21	0.00	0.00	-2.83
	Peso/inerzia muro			0.00	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--
12	Spinta statica	0.21	0.00	0.21	0.00	0.00	-2.83
	Peso/inerzia muro			0.00	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--
13	Spinta statica	0.21	0.00	0.21	0.00	0.00	-2.83
	Peso/inerzia muro			0.00	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--
14	Spinta statica	0.21	0.00	0.21	0.00	0.00	-2.83
	Incremento di spinta sismica		0.14	0.14	0.00	0.00	-1.93
	Peso/inerzia muro			1.14	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

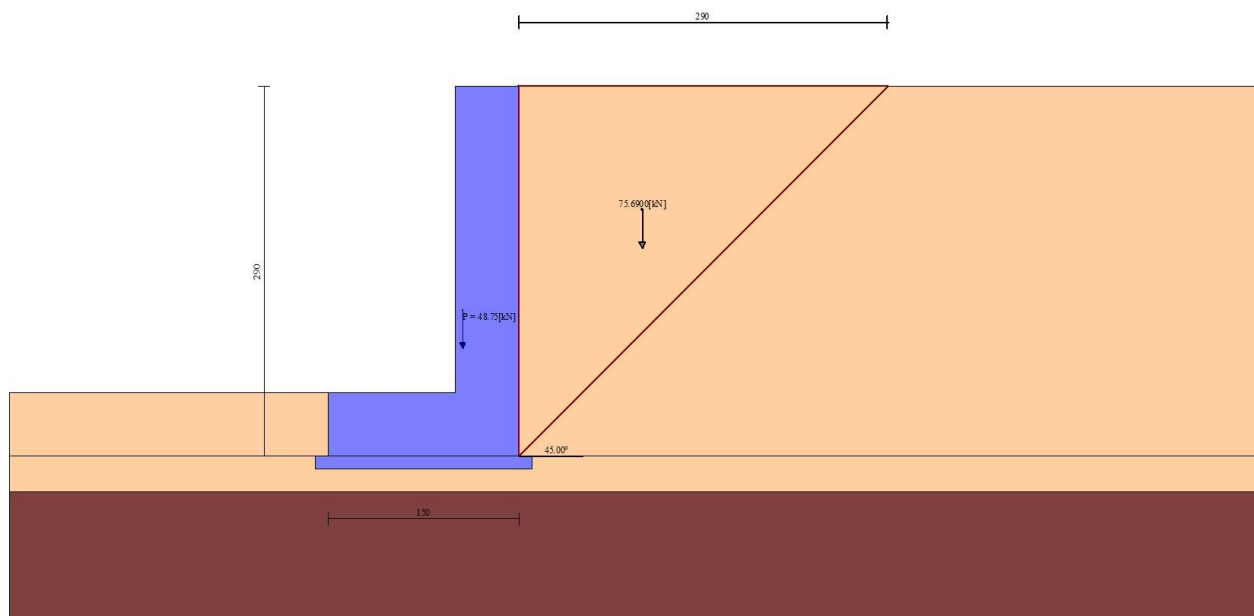


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 6)

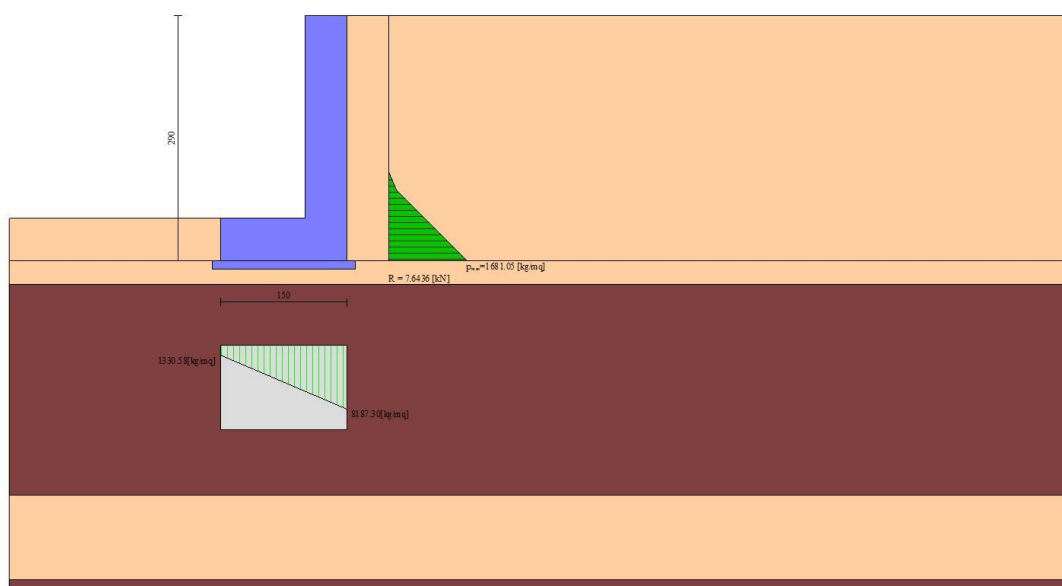




Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 6)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

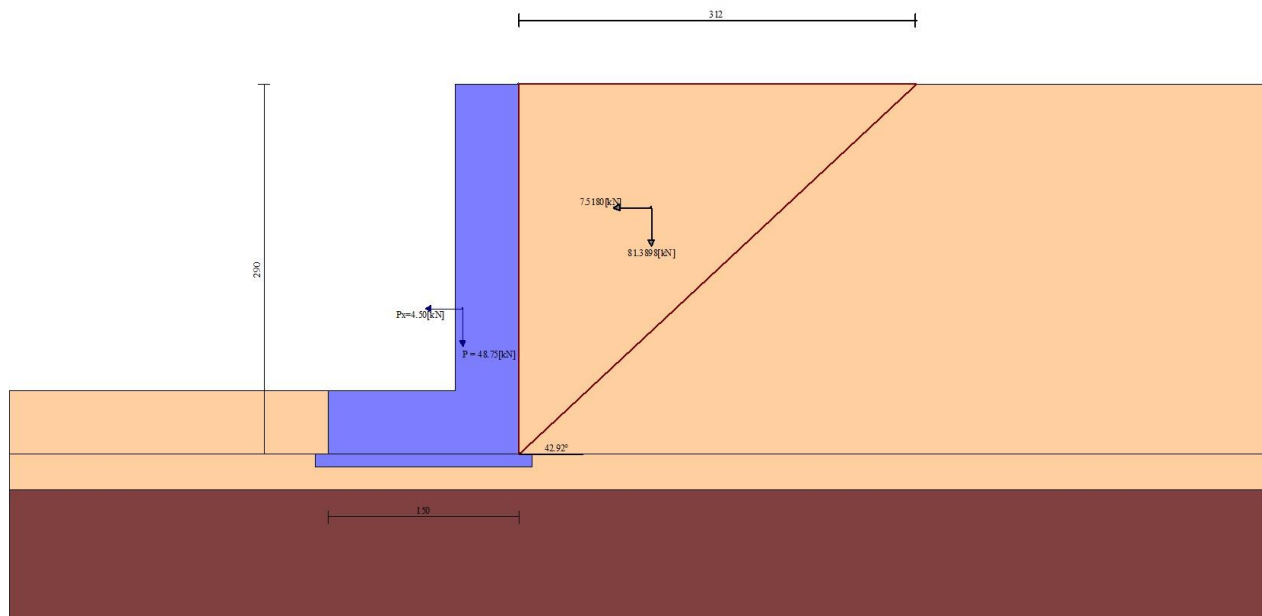


Fig. 7 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

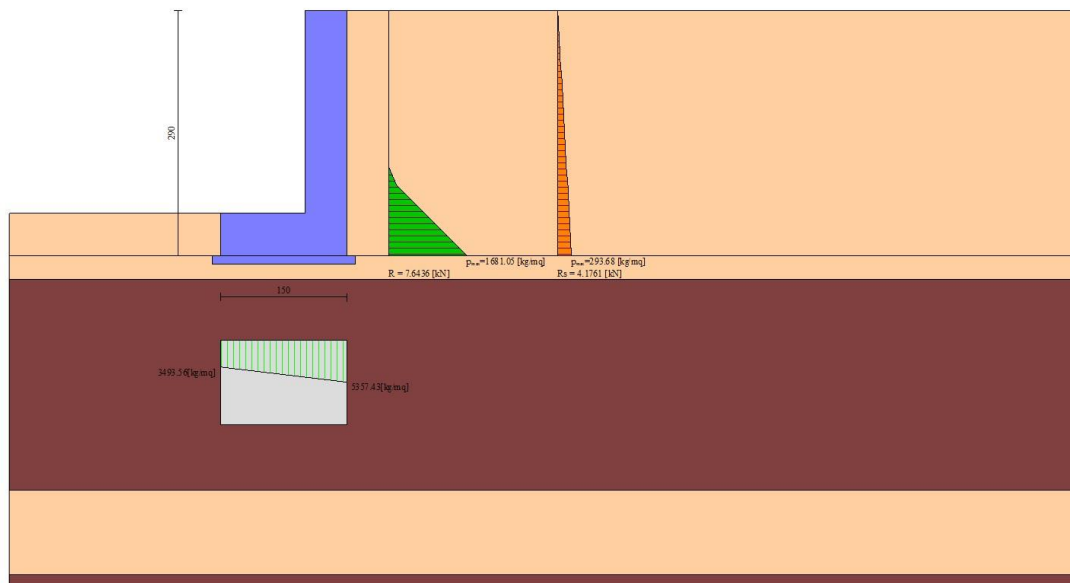



Fig. 8 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 15%;">Lotto</td> <td style="width: 40%;">Codifica</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>11</td> <td>EI2CLNV5406001</td> <td>A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	11	EI2CLNV5406001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	11	EI2CLNV5406001	A						

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R1)		5.161		7.246			
2 - STR (A1-M1-R1)	H	5.387		9.343			
3 - STR (A1-M1-R1)		6.192		5.928			
4 - STR (A1-M1-R1)		5.161		7.246			
5 - STR (A1-M1-R1)		6.192		5.928			
6 - GEO (A2-M2-R2)		3.574		4.175	1.990		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H	1.556		4.091	1.689		
8 - EQU			14.574				
9 - EQU	H		5.515				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R1)	35.74	0.00	0.00	--	--	35.74	6.92	5.161
2 - STR (A1-M1-R1) H	31.75	0.00	0.00	--	--	31.75	5.89	5.387
3 - STR (A1-M1-R1)	42.87	0.00	0.00	--	--	42.87	6.92	6.192
4 - STR (A1-M1-R1)	35.74	0.00	0.00	--	--	35.74	6.92	5.161
5 - STR (A1-M1-R1)	42.87	0.00	0.00	--	--	42.87	6.92	6.192
6 - GEO (A2-M2-R2)	27.31	0.00	0.00	--	--	27.31	7.64	3.574
7 - GEO (A2-M2-R2) H	25.40	0.00	0.00	--	--	25.40	16.32	1.556

Verifica a carico limite

Simbologia adottata



n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R1)	73.27	530.92	530.92	7.246
2 - STR (A1-M1-R1) H	65.10	608.20	608.20	9.343
3 - STR (A1-M1-R1)	87.90	521.05	521.05	5.928
4 - STR (A1-M1-R1)	73.27	530.92	530.92	7.246
5 - STR (A1-M1-R1)	87.90	521.05	521.05	5.928
6 - GEO (A2-M2-R2)	70.01	292.29	292.29	4.175
7 - GEO (A2-M2-R2) H	65.10	266.33	266.33	4.091

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	r_γ
1	42.868	0.827	1.133	1.000	1.000	--	0.783	126.726	205.471	--	1.000
	30.119	0.833	1.087	1.000	1.000	--	0.793				
	42.275	0.754	1.000	1.000	1.000	--	0.793				
2	42.868	0.835	1.133	1.000	1.000	--	0.783	126.726	205.471	--	1.000
	30.119	0.841	1.087	1.000	1.000	--	0.793				
	42.275	0.765	1.000	1.000	1.000	--	0.793				
3	42.868	0.855	1.133	1.000	1.000	--	0.783	126.726	205.471	--	1.000
	30.119	0.859	1.087	1.000	1.000	--	0.793				
	42.275	0.792	1.000	1.000	1.000	--	0.793				
4	42.868	0.827	1.133	1.000	1.000	--	0.783	126.726	205.471	--	1.000
	30.119	0.833	1.087	1.000	1.000	--	0.793				
	42.275	0.754	1.000	1.000	1.000	--	0.793				
5	42.868	0.855	1.133	1.000	1.000	--	0.783	126.726	205.471	--	1.000
	30.119	0.859	1.087	1.000	1.000	--	0.793				
	42.275	0.792	1.000	1.000	1.000	--	0.793				
6	26.413	0.795	1.133	1.000	1.000	--	1.000	180.222	103.966	--	1.000
	15.226	0.808	1.099	1.000	1.000	--	1.000				
	17.478	0.720	1.000	1.000	1.000	--	1.000				
7	26.413	0.564	1.133	1.000	1.000	--	1.000	180.222	103.966	--	1.000
	15.226	0.593	1.099	1.000	1.000	--	1.000				
	17.478	0.444	1.000	1.000	1.000	--	1.000				

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	ϕ [kN/mc]	c [kPa]
1	0.50	1.14	1.42	18.80	34.19	0
2	0.50	1.23	1.42	18.80	34.19	0
3	0.50	1.10	1.42	18.80	34.19	0
4	0.50	1.14	1.42	18.80	34.19	0
5	0.50	1.10	1.42	18.80	34.19	0
6	0.50	1.14	1.26	18.78	28.31	0
7	0.50	1.39	1.26	18.78	28.31	0

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
8 - EQU	64.80	4.45	14.574
9 - EQU H	63.82	11.57	5.515

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
6 - GEO (A2-M2-R2)	-1.38; 0.69	3.86	1.990
7 - GEO (A2-M2-R2) H	-1.73; 1.73	4.95	1.689

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A



Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in $^{\circ}$ (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [$^{\circ}$]	ϕ [$^{\circ}$]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1.75	0.00	0.00	2.42 - 0.25	72.850	0.000	18	0.0	
2	4.58	0.00	0.00	0.25	63.304	0.000	18	0.0	
3	6.46	0.00	0.00	0.25	55.992	0.000	18	0.0	
4	7.90	0.00	0.00	0.25	49.908	0.000	18	0.0	
5	9.07	0.00	0.00	0.25	44.526	0.000	18	0.0	
6	10.05	0.00	0.00	0.25	39.609	0.000	18	0.0	
7	10.88	0.00	0.00	0.25	35.022	0.000	18	0.0	
8	11.58	0.00	0.00	0.25	30.682	0.000	18	0.0	
9	12.17	0.00	0.00	0.25	26.530	0.000	18	0.0	
10	13.21	0.39	0.00	0.25	22.524	0.000	18	0.0	
11	18.04	3.47	0.00	0.25	18.631	21.315	0	0.0	
12	17.33	3.47	0.00	0.25	14.827	21.315	0	0.0	
13	3.91	3.47	0.00	0.25	11.088	21.315	0	0.0	
14	4.09	3.47	0.00	0.25	7.397	21.315	0	0.0	
15	4.19	3.47	0.00	0.25	3.737	21.315	0	0.0	
16	4.23	3.47	0.00	0.25	0.091	21.315	0	0.0	
17	3.35	0.03	0.00	0.25	-3.553	21.315	0	0.0	
18	3.24	0.00	0.00	0.25	-7.213	21.315	0	0.0	
19	3.07	0.00	0.00	0.25	-10.902	21.315	0	0.0	
20	2.82	0.00	0.00	0.25	-14.638	21.315	0	0.0	
21	2.50	0.00	0.00	0.25	-18.438	21.315	0	0.0	
22	2.10	0.00	0.00	0.25	-22.326	0.000	18	0.0	
23	1.61	0.00	0.00	0.25	-26.325	0.000	18	0.0	
24	1.02	0.00	0.00	0.25	-30.469	0.000	18	0.0	
25	0.33	0.00	0.00	-3.70 - 0.25	-33.056	0.000	18	0.0	

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [$^{\circ}$]	ϕ [$^{\circ}$]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1.67	0.00	0.00	2.92 - 0.30	64.779	0.000	18	0.0	
2	4.62	0.00	0.00	0.30	58.321	0.000	18	0.0	
3	6.92	0.00	0.00	0.30	52.258	0.000	18	0.0	
4	8.78	0.00	0.00	0.30	46.949	0.000	18	0.0	
5	10.33	0.00	0.00	0.30	42.129	0.000	18	0.0	
6	11.65	0.00	0.00	0.30	37.655	0.000	18	0.0	
7	12.78	0.00	0.00	0.30	33.438	0.000	18	0.0	
8	13.75	0.00	0.00	0.30	29.418	0.000	18	0.0	
9	14.57	0.00	0.00	0.30	25.553	0.000	18	0.0	
10	16.01	0.41	0.00	0.30	21.809	0.000	18	0.0	
11	21.84	3.22	0.00	0.30	18.161	21.315	0	0.0	
12	14.57	3.22	0.00	0.30	14.587	21.315	0	0.0	
13	4.91	3.22	0.00	0.30	11.072	21.315	0	0.0	
14	5.17	3.22	0.00	0.30	7.598	21.315	0	0.0	
15	5.28	3.05	0.00	0.30	4.152	30.167	0	0.0	
16	4.37	0.00	0.00	0.30	0.721	30.167	0	0.0	
17	4.34	0.00	0.00	0.30	-2.707	30.167	0	0.0	
18	4.22	0.00	0.00	0.30	-6.145	30.167	0	0.0	
19	3.99	0.00	0.00	0.30	-9.605	21.315	0	0.0	
20	3.68	0.00	0.00	0.30	-13.101	21.315	0	0.0	
21	3.26	0.00	0.00	0.30	-16.648	21.315	0	0.0	
22	2.73	0.00	0.00	0.30	-20.262	21.315	0	0.0	
23	2.09	0.00	0.00	0.30	-23.963	0.000	18	0.0	
24	1.33	0.00	0.00	0.30	-27.774	0.000	18	0.0	
25	0.42	0.00	0.00	-4.47 - 0.30	-30.055	0.000	18	0.0	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	11	EI2CLNV5406001
				A

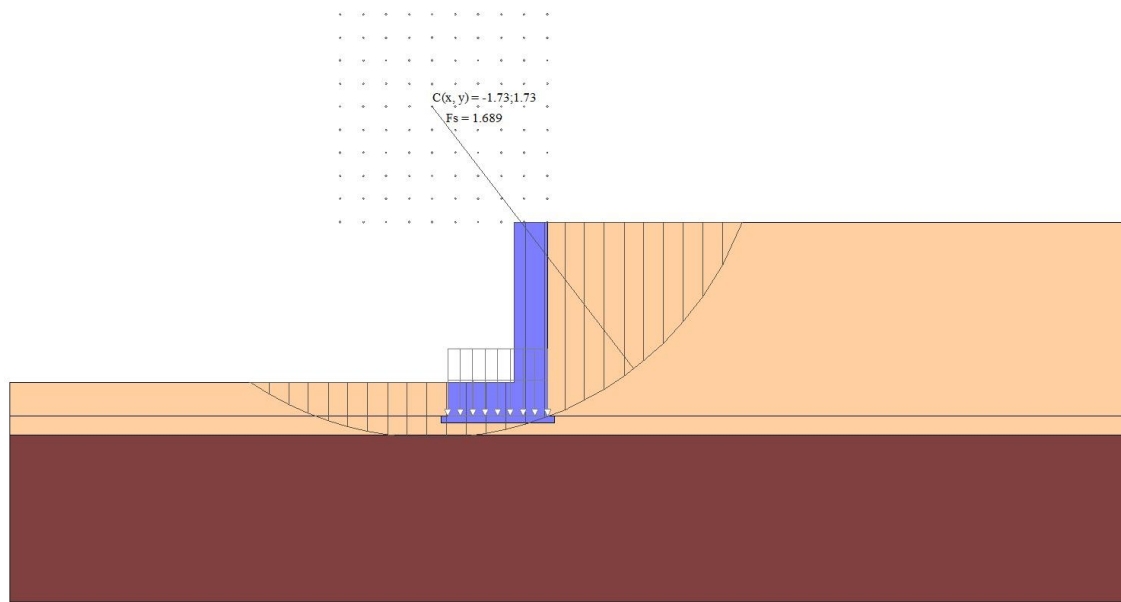


Fig. 9 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R1)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.00	0.00
3	-0.20	2.50	0.00	0.00
4	-0.30	3.75	0.00	0.00
5	-0.40	5.00	0.00	0.00
6	-0.50	6.25	0.00	0.00
7	-0.60	7.50	0.00	0.00
8	-0.70	8.75	0.00	0.00
9	-0.80	10.00	0.00	0.00
10	-0.90	11.25	0.00	0.00
11	-1.00	12.50	0.00	0.00
12	-1.10	13.75	0.00	0.00
13	-1.20	15.00	0.00	0.00
14	-1.30	16.25	0.00	0.00
15	-1.40	17.50	0.00	0.00
16	-1.50	18.75	0.00	0.00
17	-1.60	20.00	0.00	0.00
18	-1.70	21.25	0.00	0.00
19	-1.80	22.50	0.00	0.00
20	-1.90	23.75	0.00	0.00
21	-2.00	25.00	0.00	0.00
22	-2.10	26.25	0.04	0.00
23	-2.20	27.50	0.15	0.01
24	-2.30	28.75	0.41	0.04
25	-2.40	30.00	0.91	0.10

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R1) H

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.12	0.01
3	-0.20	2.50	0.23	0.02
4	-0.30	3.75	0.35	0.05
5	-0.40	5.00	0.46	0.09
6	-0.50	6.25	0.58	0.14
7	-0.60	7.50	0.69	0.21
8	-0.70	8.75	0.81	0.28
9	-0.80	10.00	0.92	0.37
10	-0.90	11.25	1.04	0.47
11	-1.00	12.50	1.15	0.58
12	-1.10	13.75	1.27	0.70
13	-1.20	15.00	1.39	0.83
14	-1.30	16.25	1.50	0.98
15	-1.40	17.50	1.62	1.13
16	-1.50	18.75	1.73	1.30
17	-1.60	20.00	1.85	1.48
18	-1.70	21.25	1.96	1.67
19	-1.80	22.50	2.08	1.87
20	-1.90	23.75	2.19	2.08
21	-2.00	25.00	2.31	2.31
22	-2.10	26.25	2.42	2.55
23	-2.20	27.50	2.54	2.79
24	-2.30	28.75	2.66	3.05
25	-2.40	30.00	2.77	3.33

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R1)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.63	0.00	0.00
3	-0.20	3.25	0.00	0.00
4	-0.30	4.88	0.00	0.00
5	-0.40	6.50	0.00	0.00
6	-0.50	8.13	0.00	0.00
7	-0.60	9.75	0.00	0.00
8	-0.70	11.38	0.00	0.00
9	-0.80	13.00	0.00	0.00
10	-0.90	14.62	0.00	0.00
11	-1.00	16.25	0.00	0.00
12	-1.10	17.87	0.00	0.00
13	-1.20	19.50	0.00	0.00
14	-1.30	21.13	0.00	0.00
15	-1.40	22.75	0.00	0.00
16	-1.50	24.38	0.00	0.00
17	-1.60	26.00	0.00	0.00
18	-1.70	27.62	0.00	0.00
19	-1.80	29.25	0.00	0.00
20	-1.90	30.88	0.00	0.00
21	-2.00	32.50	0.00	0.00
22	-2.10	34.13	0.04	0.00
23	-2.20	35.75	0.15	0.01
24	-2.30	37.37	0.41	0.04
25	-2.40	39.00	0.91	0.10

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R1)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.00	0.00
3	-0.20	2.50	0.00	0.00
4	-0.30	3.75	0.00	0.00
5	-0.40	5.00	0.00	0.00
6	-0.50	6.25	0.00	0.00
7	-0.60	7.50	0.00	0.00
8	-0.70	8.75	0.00	0.00
9	-0.80	10.00	0.00	0.00
10	-0.90	11.25	0.00	0.00
11	-1.00	12.50	0.00	0.00
12	-1.10	13.75	0.00	0.00
13	-1.20	15.00	0.00	0.00
14	-1.30	16.25	0.00	0.00
15	-1.40	17.50	0.00	0.00
16	-1.50	18.75	0.00	0.00
17	-1.60	20.00	0.00	0.00
18	-1.70	21.25	0.00	0.00
19	-1.80	22.50	0.00	0.00
20	-1.90	23.75	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
21	-2.00	25.00	0.00	0.00
22	-2.10	26.25	0.04	0.00
23	-2.20	27.50	0.15	0.01
24	-2.30	28.75	0.41	0.04
25	-2.40	30.00	0.91	0.10

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R1)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.63	0.00	0.00
3	-0.20	3.25	0.00	0.00
4	-0.30	4.88	0.00	0.00
5	-0.40	6.50	0.00	0.00
6	-0.50	8.13	0.00	0.00
7	-0.60	9.75	0.00	0.00
8	-0.70	11.38	0.00	0.00
9	-0.80	13.00	0.00	0.00
10	-0.90	14.62	0.00	0.00
11	-1.00	16.25	0.00	0.00
12	-1.10	17.87	0.00	0.00
13	-1.20	19.50	0.00	0.00
14	-1.30	21.13	0.00	0.00
15	-1.40	22.75	0.00	0.00
16	-1.50	24.38	0.00	0.00
17	-1.60	26.00	0.00	0.00
18	-1.70	27.62	0.00	0.00
19	-1.80	29.25	0.00	0.00
20	-1.90	30.88	0.00	0.00
21	-2.00	32.50	0.00	0.00
22	-2.10	34.13	0.04	0.00
23	-2.20	35.75	0.15	0.01
24	-2.30	37.37	0.41	0.04
25	-2.40	39.00	0.91	0.10

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.00	0.00
3	-0.20	2.50	0.00	0.00
4	-0.30	3.75	0.00	0.00
5	-0.40	5.00	0.00	0.00
6	-0.50	6.25	0.00	0.00
7	-0.60	7.50	0.00	0.00
8	-0.70	8.75	0.00	0.00
9	-0.80	10.00	0.00	0.00
10	-0.90	11.25	0.00	0.00
11	-1.00	12.50	0.00	0.00
12	-1.10	13.75	0.00	0.00
13	-1.20	15.00	0.00	0.00
14	-1.30	16.25	0.00	0.00
15	-1.40	17.50	0.00	0.00
16	-1.50	18.75	0.00	0.00
17	-1.60	20.00	0.00	0.00
18	-1.70	21.25	0.00	0.00
19	-1.80	22.50	0.00	0.00
20	-1.90	23.75	0.01	0.00
21	-2.00	25.00	0.03	0.00
22	-2.10	26.25	0.15	0.01
23	-2.20	27.50	0.45	0.04
24	-2.30	28.75	0.92	0.10
25	-2.40	30.00	1.58	0.23

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.12	0.01
3	-0.20	2.50	0.24	0.02
4	-0.30	3.75	0.38	0.05
5	-0.40	5.00	0.51	0.10
6	-0.50	6.25	0.66	0.16
7	-0.60	7.50	0.81	0.23
8	-0.70	8.75	0.97	0.32
9	-0.80	10.00	1.13	0.42
10	-0.90	11.25	1.30	0.55
11	-1.00	12.50	1.48	0.69

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
12	-1.10	13.75	1.66	0.84
13	-1.20	15.00	1.85	1.02
14	-1.30	16.25	2.05	1.21
15	-1.40	17.50	2.25	1.43
16	-1.50	18.75	2.46	1.66
17	-1.60	20.00	2.68	1.92
18	-1.70	21.25	2.90	2.20
19	-1.80	22.50	3.13	2.50
20	-1.90	23.75	3.37	2.83
21	-2.00	25.00	3.64	3.18
22	-2.10	26.25	4.00	3.56
23	-2.20	27.50	4.56	3.98
24	-2.30	28.75	5.30	4.47
25	-2.40	30.00	6.22	5.05

Combinazione n° 10 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.00	0.00
3	-0.20	2.50	0.00	0.00
4	-0.30	3.75	0.00	0.00
5	-0.40	5.00	0.00	0.00
6	-0.50	6.25	0.00	0.00
7	-0.60	7.50	0.00	0.00
8	-0.70	8.75	0.00	0.00
9	-0.80	10.00	0.00	0.00
10	-0.90	11.25	0.00	0.00
11	-1.00	12.50	0.00	0.00
12	-1.10	13.75	0.00	0.00
13	-1.20	15.00	0.00	0.00
14	-1.30	16.25	0.00	0.00
15	-1.40	17.50	0.00	0.00
16	-1.50	18.75	0.00	0.00
17	-1.60	20.00	0.00	0.00
18	-1.70	21.25	0.00	0.00
19	-1.80	22.50	0.00	0.00
20	-1.90	23.75	0.00	0.00
21	-2.00	25.00	0.00	0.00
22	-2.10	26.25	0.00	0.00
23	-2.20	27.50	0.00	0.00
24	-2.30	28.75	0.00	0.00
25	-2.40	30.00	0.00	0.00

Combinazione n° 11 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.00	0.00
3	-0.20	2.50	0.00	0.00
4	-0.30	3.75	0.00	0.00
5	-0.40	5.00	0.00	0.00
6	-0.50	6.25	0.00	0.00
7	-0.60	7.50	0.00	0.00
8	-0.70	8.75	0.00	0.00
9	-0.80	10.00	0.00	0.00
10	-0.90	11.25	0.00	0.00
11	-1.00	12.50	0.00	0.00
12	-1.10	13.75	0.00	0.00
13	-1.20	15.00	0.00	0.00
14	-1.30	16.25	0.00	0.00
15	-1.40	17.50	0.00	0.00
16	-1.50	18.75	0.00	0.00
17	-1.60	20.00	0.00	0.00
18	-1.70	21.25	0.00	0.00
19	-1.80	22.50	0.00	0.00
20	-1.90	23.75	0.00	0.00
21	-2.00	25.00	0.00	0.00
22	-2.10	26.25	0.00	0.00
23	-2.20	27.50	0.00	0.00
24	-2.30	28.75	0.00	0.00
25	-2.40	30.00	0.00	0.00

Combinazione n° 12 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A



n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
3	-0.20	2.50	0.00	0.00
4	-0.30	3.75	0.00	0.00
5	-0.40	5.00	0.00	0.00
6	-0.50	6.25	0.00	0.00
7	-0.60	7.50	0.00	0.00
8	-0.70	8.75	0.00	0.00
9	-0.80	10.00	0.00	0.00
10	-0.90	11.25	0.00	0.00
11	-1.00	12.50	0.00	0.00
12	-1.10	13.75	0.00	0.00
13	-1.20	15.00	0.00	0.00
14	-1.30	16.25	0.00	0.00
15	-1.40	17.50	0.00	0.00
16	-1.50	18.75	0.00	0.00
17	-1.60	20.00	0.00	0.00
18	-1.70	21.25	0.00	0.00
19	-1.80	22.50	0.00	0.00
20	-1.90	23.75	0.00	0.00
21	-2.00	25.00	0.00	0.00
22	-2.10	26.25	0.00	0.00
23	-2.20	27.50	0.00	0.00
24	-2.30	28.75	0.00	0.00
25	-2.40	30.00	0.00	0.00

Combinazione n° 13 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.00	0.00
3	-0.20	2.50	0.00	0.00
4	-0.30	3.75	0.00	0.00
5	-0.40	5.00	0.00	0.00
6	-0.50	6.25	0.00	0.00
7	-0.60	7.50	0.00	0.00
8	-0.70	8.75	0.00	0.00
9	-0.80	10.00	0.00	0.00
10	-0.90	11.25	0.00	0.00
11	-1.00	12.50	0.00	0.00
12	-1.10	13.75	0.00	0.00
13	-1.20	15.00	0.00	0.00
14	-1.30	16.25	0.00	0.00
15	-1.40	17.50	0.00	0.00
16	-1.50	18.75	0.00	0.00
17	-1.60	20.00	0.00	0.00
18	-1.70	21.25	0.00	0.00
19	-1.80	22.50	0.00	0.00
20	-1.90	23.75	0.00	0.00
21	-2.00	25.00	0.00	0.00
22	-2.10	26.25	0.00	0.00
23	-2.20	27.50	0.00	0.00
24	-2.30	28.75	0.00	0.00
25	-2.40	30.00	0.00	0.00

Combinazione n° 14 - SLEQ_H

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	0.03	0.00
3	-0.20	2.50	0.06	0.01
4	-0.30	3.75	0.09	0.01
5	-0.40	5.00	0.12	0.02
6	-0.50	6.25	0.15	0.04
7	-0.60	7.50	0.18	0.05
8	-0.70	8.75	0.21	0.07
9	-0.80	10.00	0.23	0.09
10	-0.90	11.25	0.26	0.12
11	-1.00	12.50	0.29	0.15
12	-1.10	13.75	0.32	0.18
13	-1.20	15.00	0.35	0.21
14	-1.30	16.25	0.38	0.25
15	-1.40	17.50	0.41	0.29
16	-1.50	18.75	0.44	0.33
17	-1.60	20.00	0.47	0.38
18	-1.70	21.25	0.50	0.42
19	-1.80	22.50	0.53	0.48
20	-1.90	23.75	0.56	0.53
21	-2.00	25.00	0.59	0.59
22	-2.10	26.25	0.62	0.65
23	-2.20	27.50	0.65	0.71
24	-2.30	28.75	0.67	0.78

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
25	-2.40	30.00	0.70	0.85

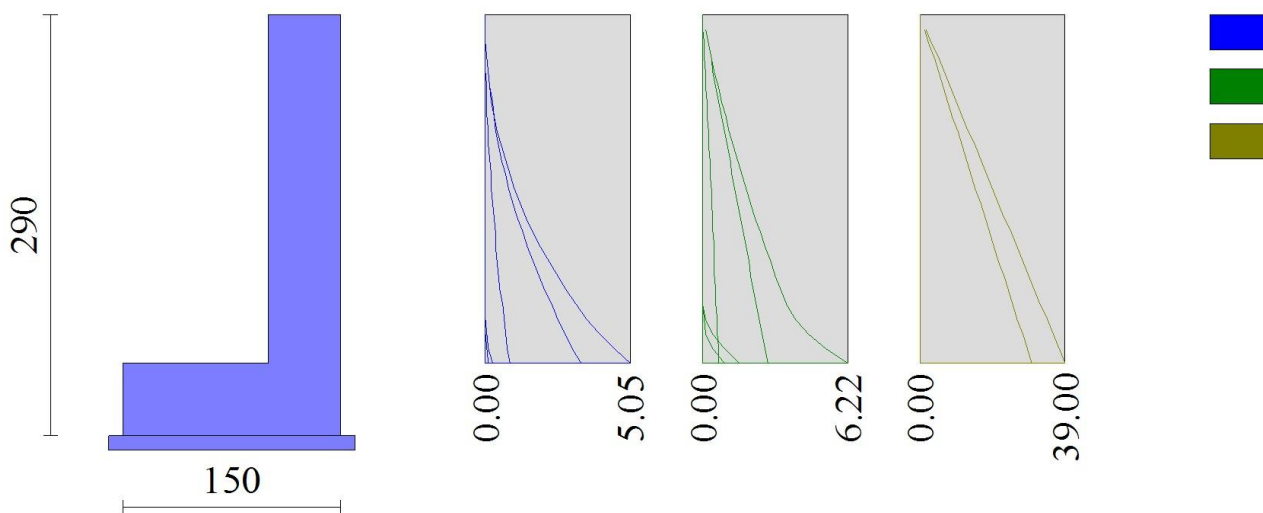


Fig. 10 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R1)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.28	-0.07
3	-1.30	0.00	-2.09	-0.24
4	-1.20	0.00	-2.44	-0.47
5	-1.10	0.00	-2.31	-0.71
6	-1.00	0.00	-1.72	-0.92
7	-0.90	0.00	-0.66	-1.04
8	-0.80	0.00	0.87	-1.03
9	-0.70	0.00	2.87	-0.85
10	-0.60	0.00	5.34	-0.44
11	-0.50	0.00	8.28	0.23

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R1) H

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-0.17	-0.01
3	-1.30	0.00	-0.02	-0.02
4	-1.20	0.00	0.43	-0.01
5	-1.10	0.00	1.19	0.07
6	-1.00	0.00	2.26	0.24
7	-0.90	0.00	3.65	0.54
8	-0.80	0.00	5.34	0.98
9	-0.70	0.00	7.34	1.61
10	-0.60	0.00	9.65	2.46
11	-0.50	0.00	12.26	3.55

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R1)

n°	X	N	T	M
----	---	---	---	---

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.80	-0.10
3	-1.30	0.00	-2.97	-0.34
4	-1.20	0.00	-3.52	-0.67
5	-1.10	0.00	-3.43	-1.02
6	-1.00	0.00	-2.72	-1.34
7	-0.90	0.00	-1.38	-1.55
8	-0.80	0.00	0.59	-1.59
9	-0.70	0.00	3.19	-1.41
10	-0.60	0.00	6.42	-0.93
11	-0.50	0.00	10.28	-0.10

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R1)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.28	-0.07
3	-1.30	0.00	-2.09	-0.24
4	-1.20	0.00	-2.44	-0.47
5	-1.10	0.00	-2.31	-0.71
6	-1.00	0.00	-1.72	-0.92
7	-0.90	0.00	-0.66	-1.04
8	-0.80	0.00	0.87	-1.03
9	-0.70	0.00	2.87	-0.85
10	-0.60	0.00	5.34	-0.44
11	-0.50	0.00	8.28	0.23

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R1)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.80	-0.10
3	-1.30	0.00	-2.97	-0.34
4	-1.20	0.00	-3.52	-0.67
5	-1.10	0.00	-3.43	-1.02
6	-1.00	0.00	-2.72	-1.34
7	-0.90	0.00	-1.38	-1.55
8	-0.80	0.00	0.59	-1.59
9	-0.70	0.00	3.19	-1.41
10	-0.60	0.00	6.42	-0.93
11	-0.50	0.00	10.28	-0.10

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.14	-0.06
3	-1.30	0.00	-1.83	-0.21
4	-1.20	0.00	-2.07	-0.41
5	-1.10	0.00	-1.86	-0.61
6	-1.00	0.00	-1.21	-0.77
7	-0.90	0.00	-0.10	-0.84
8	-0.80	0.00	1.45	-0.77
9	-0.70	0.00	3.45	-0.53
10	-0.60	0.00	5.90	-0.07
11	-0.50	0.00	8.79	0.66

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	1.15	0.06
3	-1.30	0.00	2.42	0.23
4	-1.20	0.00	3.81	0.54
5	-1.10	0.00	5.32	1.00
6	-1.00	0.00	6.95	1.61
7	-0.90	0.00	8.71	2.39
8	-0.80	0.00	10.59	3.36
9	-0.70	0.00	12.59	4.52
10	-0.60	0.00	14.71	5.88
11	-0.50	0.00	16.95	7.46

Combinazione n° 10 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
----	----------	-----------	-----------	------------

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.73	-0.09
3	-1.30	0.00	-2.93	-0.33
4	-1.20	0.00	-3.59	-0.66
5	-1.10	0.00	-3.72	-1.03
6	-1.00	0.00	-3.32	-1.39
7	-0.90	0.00	-2.39	-1.67
8	-0.80	0.00	-0.92	-1.84
9	-0.70	0.00	1.08	-1.84
10	-0.60	0.00	3.61	-1.61
11	-0.50	0.00	6.68	-1.10

Combinazione n° 11 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.73	-0.09
3	-1.30	0.00	-2.93	-0.33
4	-1.20	0.00	-3.59	-0.66
5	-1.10	0.00	-3.72	-1.03
6	-1.00	0.00	-3.32	-1.39
7	-0.90	0.00	-2.39	-1.67
8	-0.80	0.00	-0.92	-1.84
9	-0.70	0.00	1.08	-1.84
10	-0.60	0.00	3.61	-1.61
11	-0.50	0.00	6.68	-1.10

Combinazione n° 12 - SLEF



n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.73	-0.09
3	-1.30	0.00	-2.93	-0.33
4	-1.20	0.00	-3.59	-0.66
5	-1.10	0.00	-3.72	-1.03
6	-1.00	0.00	-3.32	-1.39
7	-0.90	0.00	-2.39	-1.67
8	-0.80	0.00	-0.92	-1.84
9	-0.70	0.00	1.08	-1.84
10	-0.60	0.00	3.61	-1.61
11	-0.50	0.00	6.68	-1.10

Combinazione n° 13 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.73	-0.09
3	-1.30	0.00	-2.93	-0.33
4	-1.20	0.00	-3.59	-0.66
5	-1.10	0.00	-3.72	-1.03
6	-1.00	0.00	-3.32	-1.39
7	-0.90	0.00	-2.39	-1.67
8	-0.80	0.00	-0.92	-1.84
9	-0.70	0.00	1.08	-1.84
10	-0.60	0.00	3.61	-1.61
11	-0.50	0.00	6.68	-1.10

Combinazione n° 14 - SLEQ_H

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	-1.37	-0.07
3	-1.30	0.00	-2.26	-0.26
4	-1.20	0.00	-2.67	-0.51
5	-1.10	0.00	-2.59	-0.78
6	-1.00	0.00	-2.04	-1.01
7	-0.90	0.00	-1.00	-1.17
8	-0.80	0.00	0.52	-1.20
9	-0.70	0.00	2.52	-1.05
10	-0.60	0.00	5.00	-0.68
11	-0.50	0.00	7.96	-0.03

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

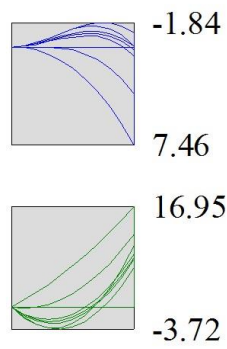
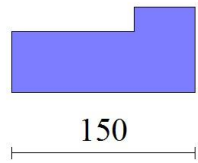




Fig. 11 - Fondazione (Inviluppo)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2CLNV5406001	A

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione
 A Tipo azione
 I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
 V Valore dell'azione, espressa in [kN]
 C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
 P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
7	Spinta statica	7.64	0.00	7.64	0.00	0.00	-2.59
	Incremento di spinta sismica		4.18	4.18	0.00	0.00	-1.93
	Peso/Inerzia muro			4.50	48.75/0.00	-0.44	-1.76
	Risultante forze sul muro			0.00	16.35	--	--

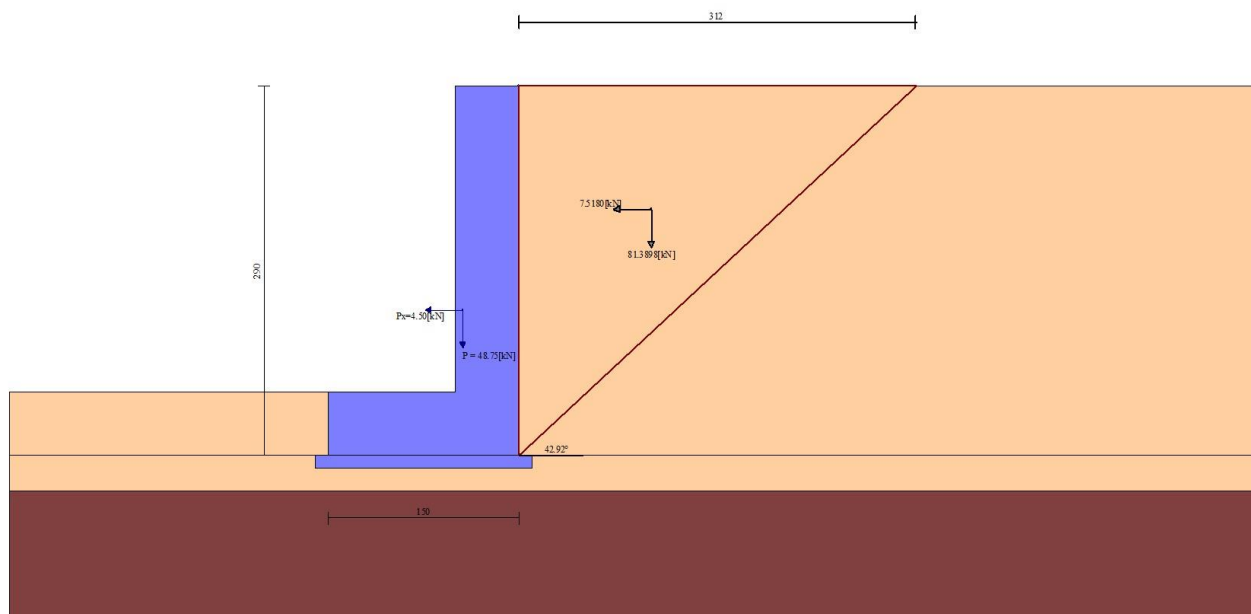


Fig. 12 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 15%;">Lotto</td> <td style="width: 40%;">Codifica</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>11</td> <td>EI2CLNV5406001</td> <td>A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	11	EI2CLNV5406001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	11	EI2CLNV5406001	A						

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2) H	25.40	0.00	0.00	--	--	25.40	16.32	1.556

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2) H	65.10	266.33	266.33	4.091

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r _γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _γ N _γ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	r _γ
7	26.413 15.226 17.478	0.564 0.593 0.444	1.133 1.099 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	1.000 1.000 1.000	180.222	103.966	--	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
7	0.50	1.39	1.26	18.78	28.31	0

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
9 - EQU H	63.82	11.57	5.515

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2CLNV5406001

A

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2) H	-1.73; 1.73	4.95	1.689

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

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]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

Qf carico acqua sulla 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 [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	Qf	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	1.67	0.00	0.00	2.92 - 0.30	64.779	0.000	18	0.0	
2	4.62	0.00	0.00	0.30	58.321	0.000	18	0.0	
3	6.92	0.00	0.00	0.30	52.258	0.000	18	0.0	
4	8.78	0.00	0.00	0.30	46.949	0.000	18	0.0	
5	10.33	0.00	0.00	0.30	42.129	0.000	18	0.0	
6	11.65	0.00	0.00	0.30	37.655	0.000	18	0.0	
7	12.78	0.00	0.00	0.30	33.438	0.000	18	0.0	
8	13.75	0.00	0.00	0.30	29.418	0.000	18	0.0	
9	14.57	0.00	0.00	0.30	25.553	0.000	18	0.0	
10	16.01	0.41	0.00	0.30	21.809	0.000	18	0.0	
11	21.84	3.22	0.00	0.30	18.161	21.315	0	0.0	
12	14.57	3.22	0.00	0.30	14.587	21.315	0	0.0	
13	4.91	3.22	0.00	0.30	11.072	21.315	0	0.0	
14	5.17	3.22	0.00	0.30	7.598	21.315	0	0.0	
15	5.28	3.05	0.00	0.30	4.152	30.167	0	0.0	
16	4.37	0.00	0.00	0.30	0.721	30.167	0	0.0	
17	4.34	0.00	0.00	0.30	-2.707	30.167	0	0.0	
18	4.22	0.00	0.00	0.30	-6.145	30.167	0	0.0	
19	3.99	0.00	0.00	0.30	-9.605	21.315	0	0.0	
20	3.68	0.00	0.00	0.30	-13.101	21.315	0	0.0	
21	3.26	0.00	0.00	0.30	-16.648	21.315	0	0.0	
22	2.73	0.00	0.00	0.30	-20.262	21.315	0	0.0	
23	2.09	0.00	0.00	0.30	-23.963	0.000	18	0.0	
24	1.33	0.00	0.00	0.30	-27.774	0.000	18	0.0	
25	0.42	0.00	0.00	-4.47 - 0.30	-30.055	0.000	18	0.0	

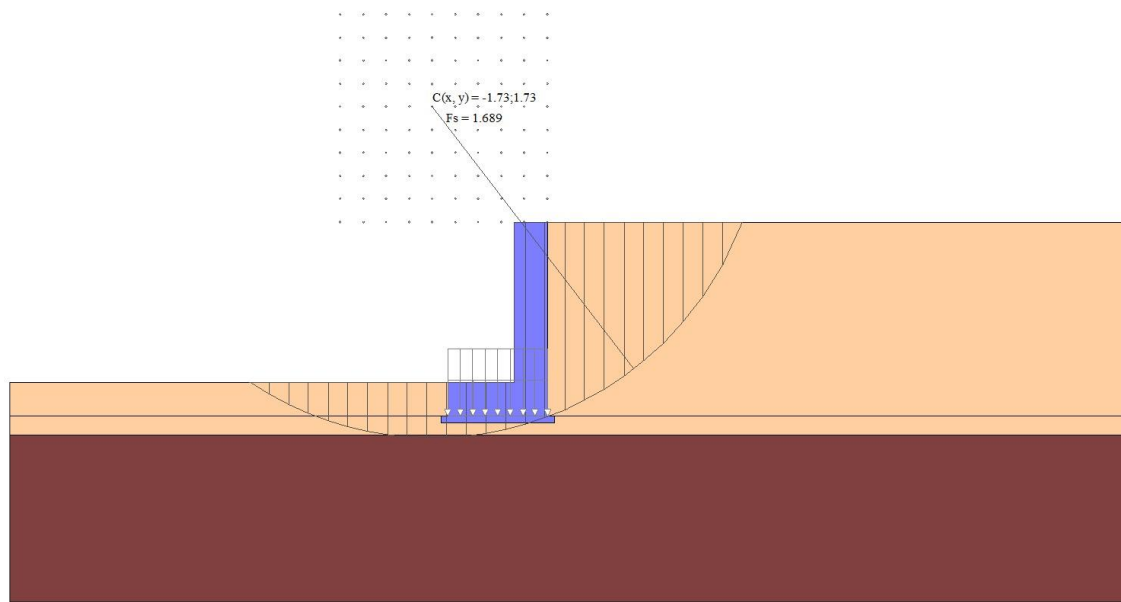


Fig. 14 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Sollecitazioni



Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.25	1.63	0.00	0.12	0.00	0.01
3	-0.20	2.50	3.25	0.00	0.24	0.00	0.02
4	-0.30	3.75	4.88	0.00	0.38	0.00	0.05
5	-0.40	5.00	6.50	0.00	0.51	0.00	0.10
6	-0.50	6.25	8.13	0.00	0.66	0.00	0.16
7	-0.60	7.50	9.75	0.00	0.81	0.00	0.23
8	-0.70	8.75	11.38	0.00	0.97	0.00	0.32
9	-0.80	10.00	13.00	0.00	1.13	0.00	0.42
10	-0.90	11.25	14.62	0.00	1.30	0.00	0.55
11	-1.00	12.50	16.25	0.00	1.48	0.00	0.69
12	-1.10	13.75	17.87	0.00	1.66	0.00	0.84
13	-1.20	15.00	19.50	0.00	1.85	0.00	1.02
14	-1.30	16.25	21.13	0.00	2.05	0.00	1.21
15	-1.40	17.50	22.75	0.00	2.25	0.00	1.43
16	-1.50	18.75	24.38	0.00	2.46	0.00	1.66
17	-1.60	20.00	26.00	0.00	2.68	0.00	1.92
18	-1.70	21.25	27.62	0.00	2.90	0.00	2.20
19	-1.80	22.50	29.25	0.00	3.13	0.00	2.50
20	-1.90	23.75	30.88	0.00	3.37	0.00	2.83
21	-2.00	25.00	32.50	0.00	3.64	0.00	3.18
22	-2.10	26.25	34.13	0.00	4.00	0.00	3.56
23	-2.20	27.50	35.75	0.00	4.56	0.00	3.98
24	-2.30	28.75	37.37	0.00	5.30	0.00	4.47
25	-2.40	30.00	39.00	0.00	6.22	0.00	5.05

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	11	EI2CLNV5406001
				A

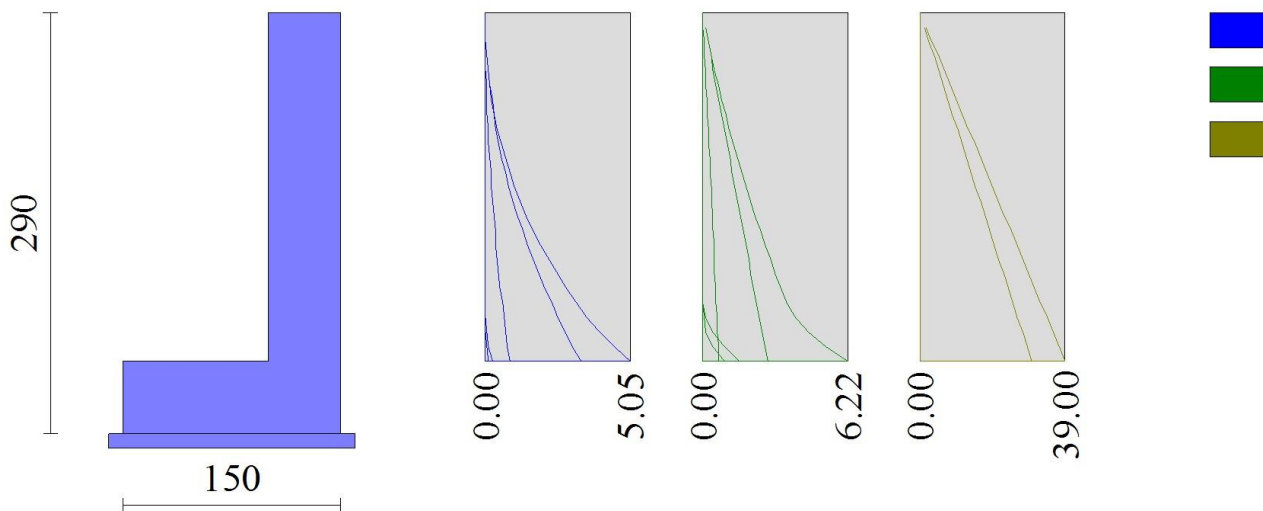




Fig. 15 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.40	0.00	0.00	-1.80	1.15	-0.10	0.06
3	-1.30	0.00	0.00	-2.97	2.42	-0.34	0.23
4	-1.20	0.00	0.00	-3.59	3.81	-0.67	0.54
5	-1.10	0.00	0.00	-3.72	5.32	-1.03	1.00
6	-1.00	0.00	0.00	-3.32	6.95	-1.39	1.61
7	-0.90	0.00	0.00	-2.39	8.71	-1.67	2.39
8	-0.80	0.00	0.00	-0.92	10.59	-1.84	3.36
9	-0.70	0.00	0.00	1.08	12.59	-1.84	4.52
10	-0.60	0.00	0.00	3.61	14.71	-1.61	5.88
11	-0.50	0.00	0.00	6.68	16.95	-1.10	7.46

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2CLNV5406001</p>	<p>A</p>

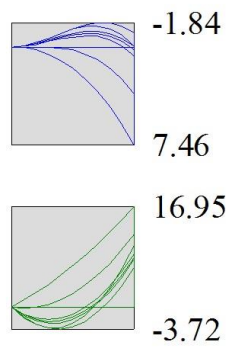
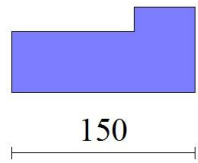




Fig. 16 - Fondazione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

12 DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2)

Tipo di analisi svolta

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

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

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

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2008.

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno

Versione 15.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)

Utente Coding S.r.l.



Licenza AIU5234F7

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2CLNV5406001	A

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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