

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA FERROVIARIA CATANIA C.LE – GELA

TRATTA FERROVIARIA CALTAGIRONE - GELA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA SUD

RIPRISTINO TRATTA CALTAGIRONE - GELA

LOTTO 2: RIPRISTINO TRATTA NISCEMI - GELA

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord

Carpenteria muro di sostegno

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS6K 00 R 78 CL PT0300 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	AutORIZZAZIONE
A	Emissione Definitiva	G. Ficorella	Agosto 2022	G. Ficorella	Agosto 2022	F. Modona	Agosto 2022	ITA/FERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Tecnica S.O. Progettazione Integrata civile Engineering Dott. Ing. Francesco Sacchi Ordine degli Ingegneri Rom. di Roma n. 2318 De. Str. A

File: RS6K00R78CLPT0300001A

n. Elab

INDICE

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
3	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
4	MATERIALI.....	8
4.1	CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C30/37	8
4.2	ACCIAIO B450C	8
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	9
5.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO.....	10
5.2	TERRENO DI FONDAZIONE.....	10
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	10
6.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	10
6.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	11
7	CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE.....	12
7.1	METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO.....	12
7.2	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DI MURI DI SOSTEGNO	15
7.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	16
7.4	PRESCRIZIONI GENERALI PER LE VERIFICHE IN FASE SISMICA	17
8	CRITERI GENERALI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI	17
8.1	VERIFICHE SLU.....	17
8.1.1	<i>Pressoflessione</i>	17
8.1.2	<i>Taglio</i>	17
8.2	VERIFICA SLE.....	19

8.2.1	Stato limite di limitazione delle tensioni.....	19
8.2.2	Stato limite di fessurazione.....	20
9	CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE OPERE.....	21
9.1	VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE.....	21
9.1.1	Verifica allo scorrimento.....	21
9.1.2	Verifica a carico limite.....	22
9.1.3	Verifica a ribaltamento.....	25
9.2	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	25
10	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI.....	26
10.1	PESI PROPRI E CARICHI PERMANENTI.....	26
10.2	AZIONE DEL VENTO.....	26
10.3	SPINTE DEL TERRENO IN FASE STATICA.....	27
10.4	SPINTE DEL TERRENO IN FASE SISMICA.....	29
10.5	CARICHI ACCIDENTALI.....	30
10.6	COMBINAZIONI DI CARICO.....	30
11	CODICI DI CALCOLO.....	32
12	ANALISI E VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO.....	32
12.1	MODELLO DI CALCOLO.....	32
12.1	SOLLECITAZIONI PARAMENTO E PIASTRA FONDAZIONE.....	34
12.2	VERIFICHE STRUTTURALI PARAMENTO E PIASTRA FONDAZIONE.....	35
12.1	INCIDENZA DELLE ARMATURE.....	36
12.2	VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE.....	36



LINEA FERROVIARIA CATANIA C.LE - GELA
RIPRISTINO TRATTA CALTAGIRONE - GELA
LOTTO 2: RIPRISTINO TRATTA NISCEMI - GELA

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	4 di 82

12.3	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	37
13	TABULATI DI CALCOLO DEL MURO DI SOSTEGNO.....	38

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici del Progetto Definitivo finalizzato alla riattivazione della linea ferroviaria Caltagirone (km 315+021) - Gela (km 360+155). Esso ha come oggetto la realizzazione di viabilità di accesso ai piazzali tecnici, previsti lungo linea per espletare le funzioni di:

- miglioramento degli standard di sicurezza delle gallerie San Nicola Noce e Dell'Arcia;
- collegamento al reticolo viario locale dei Posti di Movimento (PM) di Piano Carbone e Priolo Sottano, dove verranno realizzati i fabbricati tecnologici.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra tra le opere previste per i piazzali in progetto.

In particolare, nel presente documento è affrontato il dimensionamento del muro di recinzione del piazzale PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera consiste in un muro di sostegno gettato in opera, posta tra la progressiva 0+135 e la progressiva 0+142 circa della linea.

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	6 di 82

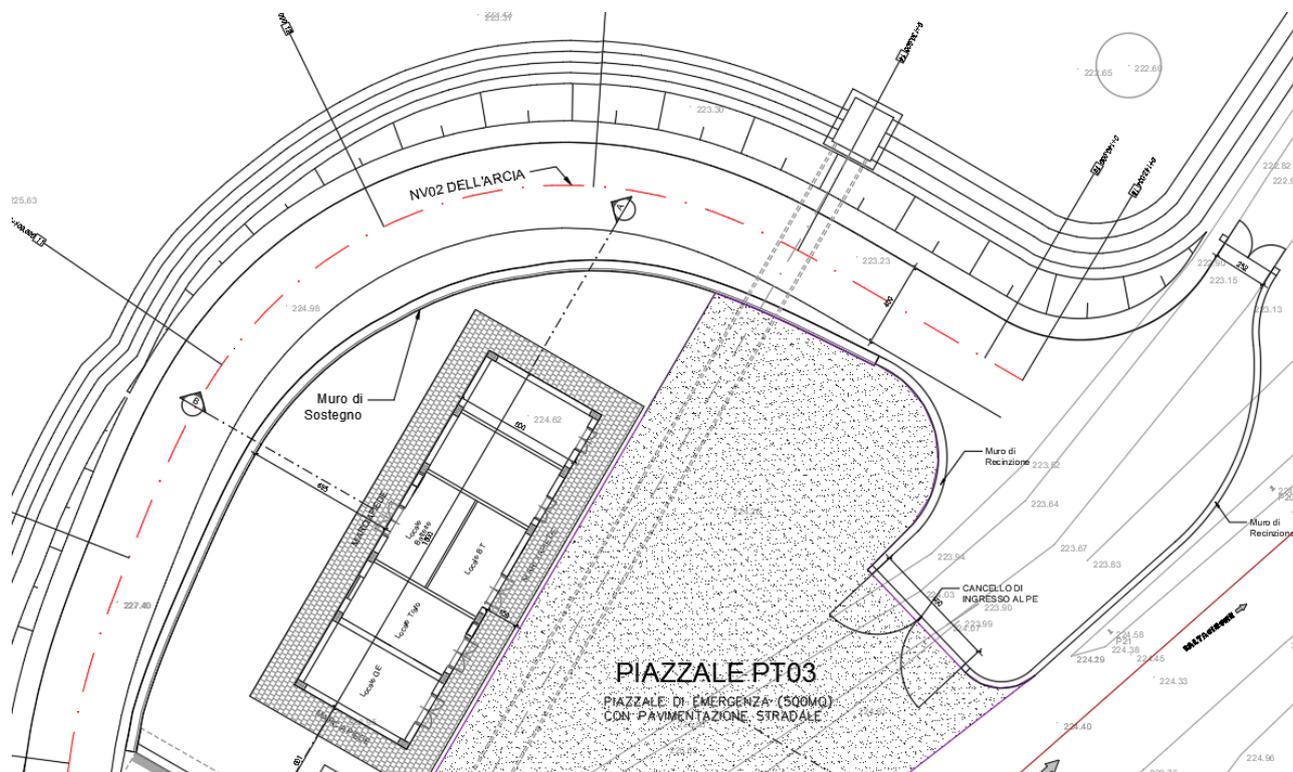


Figura 1 – Inquadramento planimetrico

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche del muro in esame ed a seguire un'immagine rappresentativa della sezione trasversale di calcolo analizzata.

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche del muro di sostegno

Paramento	Fondazione	
H_{par} [m]	h_{fond} [m]	L_{fond} [m]
1.30	0.40	1.10

SEZIONE C-C

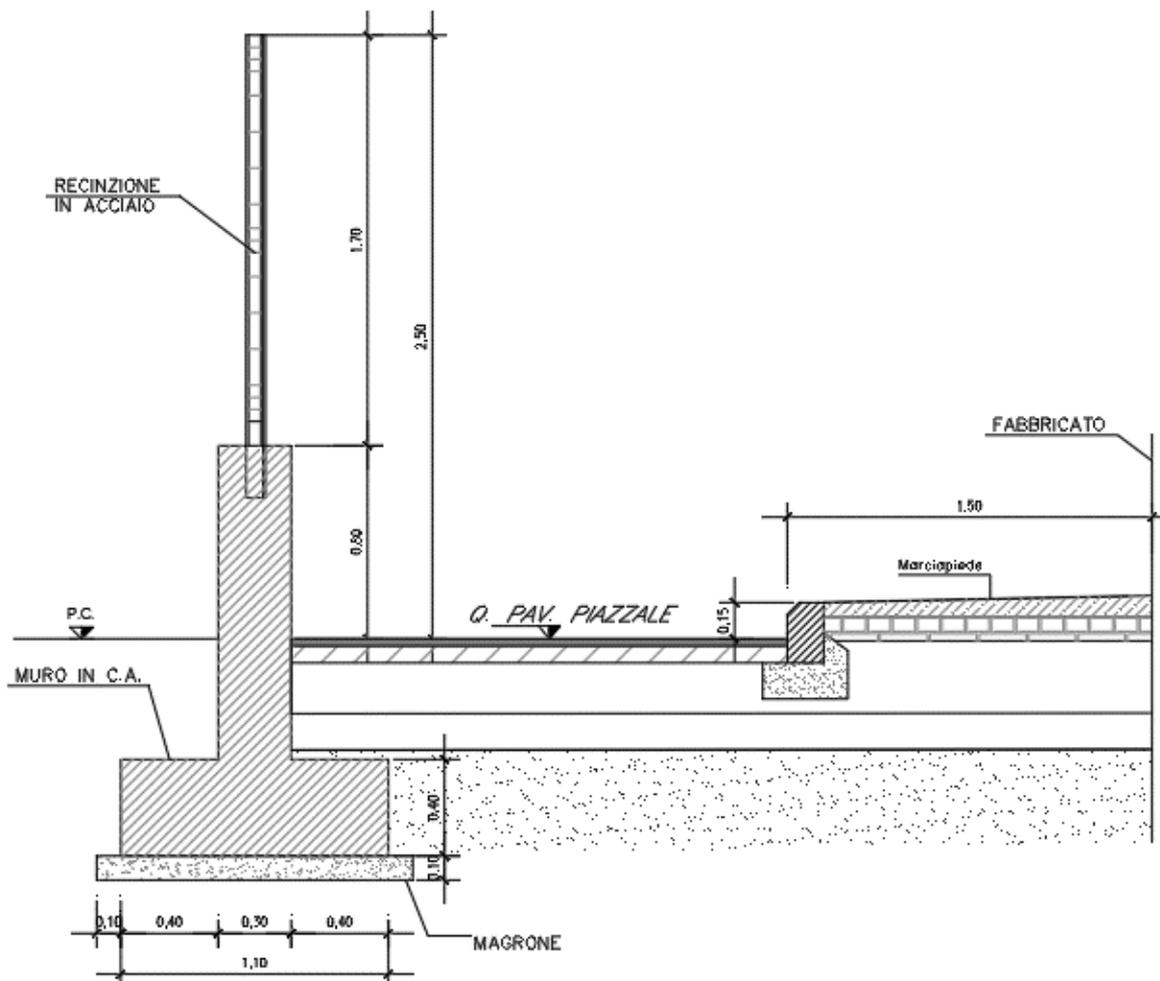


Figura 2 – Sezione trasversale dell'opera (scala 1:20)

3 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l'elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell'ambito del presente documento.

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni' (nel seguito indicate come NTC18)
- Rif. [2] Circolare 21 gennaio 2019 n.7, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 27 alla G. U. n° 35 dell'11/2/2019 (nel seguito indicate come CNTC18)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	8 di 82

Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Documenti tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

Rif. [4] RFI DTC SI PS MA IFS 001 D, Manuale di Progettazione delle Opere Civili Manuale di Progettazione delle Opere Civili

Rif. [5] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

Rif. [6] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 D)

4 MATERIALI

Il calcestruzzo adottato corrisponde alla Classe C30/37, mentre l'acciaio in barre ad aderenza migliorata corrisponde alla classe B450C. Di seguito vengono elencate le specifiche.

4.1 Calcestruzzo elevazione/fondazione C30/37

Classe di resistenza:	C30/37		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	37	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	30.71	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	38.71	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2.94	N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.53	N/mm ²
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	33019	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	2.06	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3.82	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	17.4	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.37	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	30.7	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	2.06	N/mm ²
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	18.43	N/mm ²
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	13.82	N/mm ²
Classe di esposizione		XC3	
Classe di consistenza slump:		S3-S4	
Rapporto A/C		≤ 0.55	
Massima dimensione aggregato		25	mm
Copriferro		40	mm

4.2 Acciaio B450C

Tensione caratteristica di snervamento:

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	9 di 82

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

Tensione di progetto:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 450 \text{ Mpa} / 1.15 = 391.3 \text{ MPa}$$

Modulo Elastico:

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

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Analizzando il profilo geologico-geotecnico, con riferimento al tratto di ubicazione del muro di sostegno in oggetto, emerge quanto di seguito riportato.

Tabella 2 - Stratigrafia e categoria di sottosuolo

Quota p.p. _{media} [m.s.l.]	Unità geotecnica	Profondità da p.p. [m]	Tipo di sottosuolo
223.40	q	0 - 3.60	C

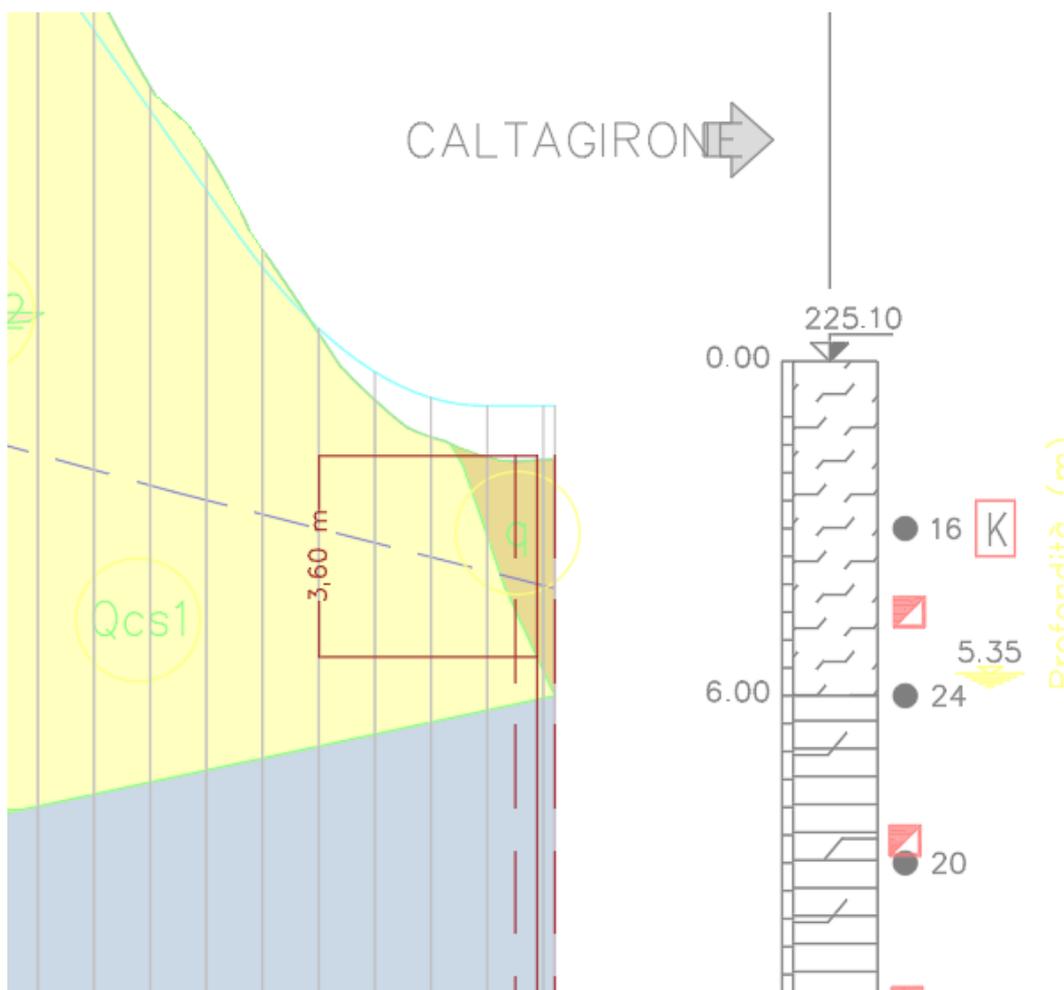


Figura 3 – Localizzazione piano di posa della fondazione del muro sul profilo geotecnico

Di seguito vengono inoltre riportati i parametri geotecnici delle unità geotecniche dei terreni della stratigrafia riscontrata.

Unità q (limo argilloso sabbioso eluvio colluviale)	
$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$N_{\text{spt}} = 15$	colpi/30cm
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$ (0 kPa)	coesione drenata
$\varphi' = 27 \div 30^\circ$ (30°)	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 80 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 140 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$K = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	permeabilità

Per quanto concerne il livello della falda, dal profilo geotecnico si evince che lo stesso risulta ad una quota inferiore rispetto al piano di posa della fondazione. Dunque, la falda non viene considerata ai fini del dimensionamento dell'opera in esame.

5.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

Per il terreno di rinterro dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

Terreno di rinterro a tergo del muro	
$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

5.2 Terreno di fondazione

Per il terreno di fondazione dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

Da 0 m a 3.60 m dal p.p. della fondazione: unità q	
$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dalle NTC 2018 e relativa circolare applicativa.

6.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla

manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (C_U).

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 50$ anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe II a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_U = 1.0$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50 \times 1.0 = 50$ anni.

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. 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.

6.2 Parametri di pericolosità sismica

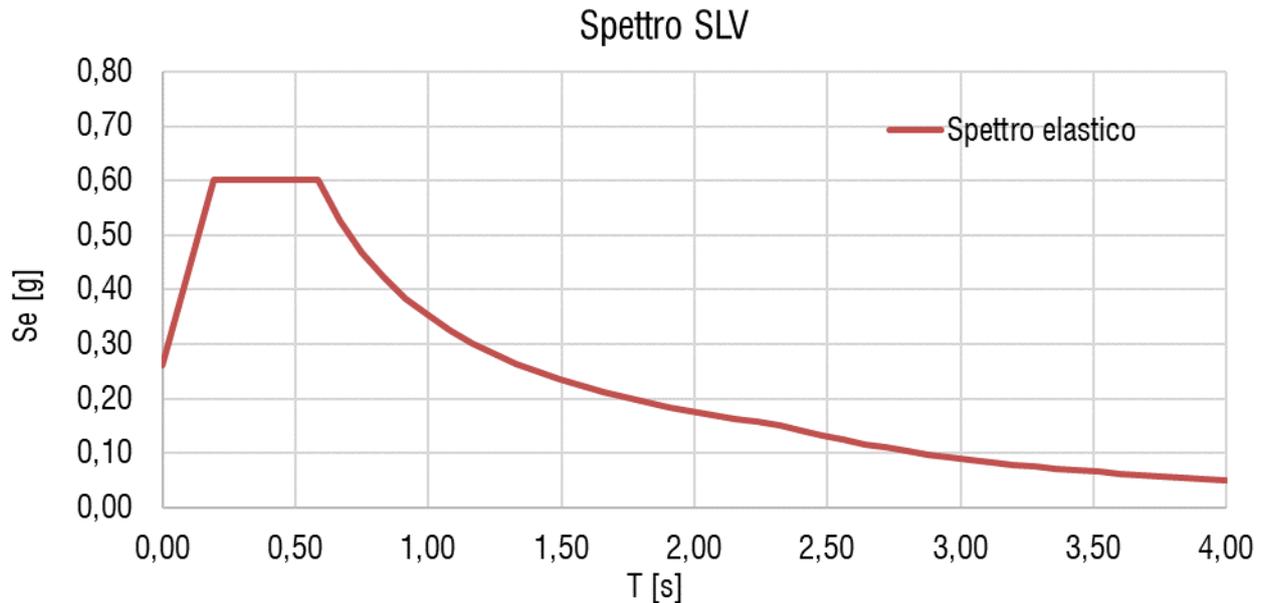
La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi delle NTC 2018 costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

In relazione all'unità

La categoria di sottosuolo assunta e riportata nella relazione geotecnica è la **categoria di sottosuolo C**.

Per l'individuazione dei parametri di pericolosità sismica, del caso in esame, è stato consultato il sito <https://www.acca.it/edilus-ms/>. Si riportano di seguito le immagini relative alla definizione dello spettro di risposta elastico.

Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)			
37.18713131	14.49497076			
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)			
37.188806	14.495767			
Altitudine (m)	0			
Classe dell'edificio	II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamer			
Vita Nominale Struttura	50			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	50			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.034	2.485	0.234
Danno	50	0.046	2.504	0.272
Salvaguardia Vita	475	0.180	2.299	0.419
Prevenzione Collasso	975	0.261	2.363	0.460
Termini e Condizioni di utilizzo di Edilus-MS				

Figura 4 - Individuazione della pericolosità del sito

Figura 5 - Spettro elastico di risposta nelle componenti orizzontali all'SLV

a_g [g]	0.180	S [-]	1.452
F_o [-]	2.299	η [-]	1.000
T^*_c [s]	0.419	T_B [s]	0.195
S_s [-]	1.452	T_c [s]	0.586
C_c [-]	1.399	T_D [s]	2.320
S_T [-]	1.000		

Figura 6 - Parametri dello spettro di risposta all'SLV

7 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante procedure e criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente.

7.1 Metodo agli stati limite ed approcci di progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dalle NTC 2018, con i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

La normativa distingue inoltre tra Stati Limite Ultimi e Stati Limite di Esercizio.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d.$$

dove:

R_d è la resistenza di progetto

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

oppure

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$, associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 delle NTC 2018, la verifica della condizione $R_d \geq E_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

- **EQU** perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.
- **STR** raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.
- **GEO** raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;
- **UPL** perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).
- **HYD** erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I delle NTC 2018 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qk}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_{Qk} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al §2.5.3 delle NTC 2018, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa.

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto come già illustrati al paragrafo precedente:

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_{ϕ}	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_r	1,0	1,0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme opere-terreno con esse interagenti da effettuare caso per caso in funzione del tipo di opera. (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc.)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.II di seguito riportata:

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

7.2 Criteri di analisi e verifica di muri di sostegno

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $R_d \geq E_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnica (GEO)
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC 2018; in aggiunta a quanto già mostrato in precedenza nel documento, si riporta anche la Tab 6.8.I appena menzionata:

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I (di seguito riportata).

	LINEA FERROVIARIA CATANIA C.LE - GELA								
	RIPRISTINO TRATTA CALTAGIRONE - GELA								
LOTTO 2: RIPRISTINO TRATTA NISCEMI - GELA									
PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord Carpenteria muro di sostegno	COMMESSA RS6K	LOTTO 00	FASE R	ENTE 78	TIPO DOC. CL	OPERA PT0300	PROG. 001	REV. A	FOGLIO 16 di 82

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Nella verifica a ribaltamento, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I, si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Come già specificato al paragrafo precedente, trattandosi nel caso specifico di opere soggette ad azioni da traffico ferroviario, in luogo dei coefficienti generici di cui alle Tab 6.2.I, si è fatto riferimento a quelli di cui alle Tab. 5.II.V e 5.II.VII delle NTC 2018.

Le spinte devono tenere conto del sovraccarico e dell'inclinazione del piano campagna, dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale, delle pressioni interstiziali e degli effetti della filtrazione nel terreno; nel calcolo della spinta si può tenere conto dell'attrito che si sviluppa fra parete e terreno.

Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro, salvo casi particolari in cui, in relazione caratteristiche meccaniche dei terreni ed alle modalità costruttive, è possibile portare in conto un'aliquota di tale resistenza, nella misura massima del 50% del valore teorico.

7.3 Verifiche di stabilità globale

Le NTC 2018 affrontano il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi.

Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si ricade nel caso dei "Fronti di Scavo e rilevati".

Il punto 6.8 delle NTC 2018 e relativa circolare applicativa, tratta l'argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 "Verifiche di Sicurezza (SLU)" viene prescritto quanto di seguito: *Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.*

In aggiunta a quanto già riportato nei precedenti paragrafi, si riporta di seguito la Tab. 6.8.I, in cui è definito il valore del coefficiente parziale "R2" da applicare al valore della resistenza caratteristica calcolata per la generica superficie di potenziale scivolamento analizzata:

Tabella 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

7.4 Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica

La Verifica di Stabilità Globale del complesso opera-terreno in condizioni sismiche, va effettuata tenendo conto delle prescrizioni del §7.11.4 tenendo conto dei coefficienti parziali di cui al §7.11.1.

8 CRITERI GENERALI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI

8.1 Verifiche SLU

8.1.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC 2018, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:

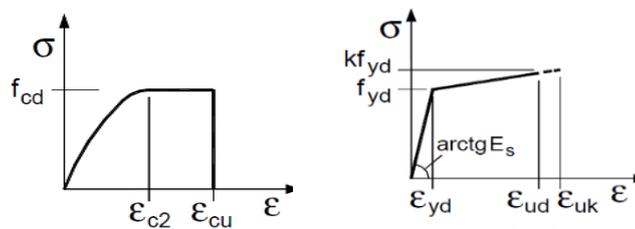


Figura 7 - Legami costitutivi calcestruzzo ed acciaio

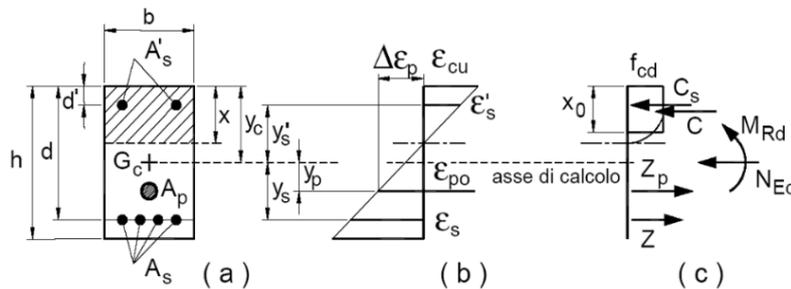


Figura 8 - Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione della generica sezione

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

8.1.2 Taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	18 di 82

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

dove:

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

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

$$\rho_1 = A_{sw} / (b_w d);$$

 d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;

 b_w = 1000 mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

 In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd} .

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

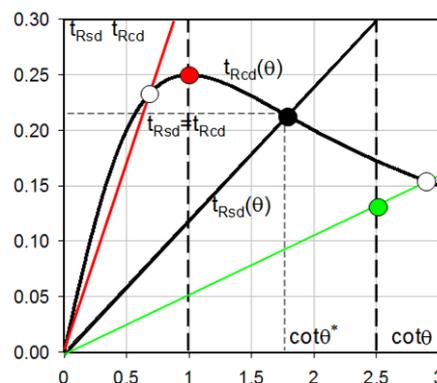
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

essendo:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

 Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC 2018, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$


 L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\cot \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove:

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5;$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima;

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima;

$$\omega_{sw} = \text{percentuale meccanica di armatura trasversale } \omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}},$$

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

- Se la $\cot \theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\cot \theta^*$ è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una $\cot \theta = 2,5$.
- Se la $\cot \theta^*$ è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\cot \theta = 1,0$.

8.2 Verifica SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle combinazioni di esercizio il tasso di lavoro nei materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato.

8.2.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 B", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0.75 f_{yk}$

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C30/37

$\sigma_{c,max,Q.P.} = 0.40 f_{ck}$	12.28	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
$\sigma_{c,max,R.} = 0.55 f_{ck}$	16.89	MPa	(combinazione di carico Rara)

ACCIAIO

$\sigma_{f,max} = 0.75 f_{yk}$	337.5	MPa	(combinazione di carico Rara)
--------------------------------	-------	-----	-------------------------------

8.2.2 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico "Frequente" e combinazione "Quasi Permanente".

Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV].

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Figura 9 – Descrizione delle condizioni ambientali

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente.

Tabella 3 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	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	$\leq w_1$

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm};$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm};$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$$

Data la maggior restrittività, alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" secondo cui **la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).**

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nelle NTC 2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- Combinazione Caratteristica (Rara): $w_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura delle NTC 2018, in accordo a quanto previsto al punto "C4.1.2.2.4.6 - Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.7/19.

9 CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante procedure e criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche geotecniche prescritte dalla normativa vigente.

Le verifiche geotecniche sono quelle che coinvolgono la resistenza del terreno nell'ambito di quelle prescritte dalla normativa.

9.1 Verifiche di stabilità locale

Nei riguardi della stabilità locale dei muri di sostegno, la normativa prevede di valutare le condizioni generali di equilibrio nei confronti dei meccanismi di scorrimento, ribaltamento e carico limite secondo quanto descritto nei paragrafi che seguono.

9.1.1 Verifica allo 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, sia minore di tutte le forze resistenti lungo la stessa direzione.

La verifica a scorrimento risulta in particolare soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento (F_r) fattorizzata secondo un opportuno coefficiente parziale γ_r stabilito dalla normativa e la risultante delle forze mobilitanti (F_s) risulti non inferiore all'unita:

$$(F_r / \gamma_r) / F_s \geq 1$$

ovvero che il rapporto F_r/F_s risulti non inferiore di γ_r , fissato dalla normativa pari ad 1,1.

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:

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

In casi particolari specificati dalla normativa è possibile eventualmente tener conto della resistenza passiva S_p del terreno a valle del muro.

La valutazione delle azioni resistenti e di quelle mobilitanti, dovrà tener conto dei coefficienti A ed M fissati dalla normativa per la combinazioni di verifica specifica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro - terreno, considerato ai fini delle verifiche di scorrimento sul piano di posa della fondazione, si assume quanto segue:

- per $\phi < 30^\circ$, $\delta_f = \operatorname{tg} \phi'$;
- per $\phi > 35^\circ$, $\delta_f = 0.85 \operatorname{tg} \phi'$;
- per $30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$, δ_f si ricava per interpolazione lineare.

Infine, per l'adesione c_a terra - opera in generale si assume un valore pari al valore di coesione del terreno di fondazione.

Tale verifica perde di significato nel caso di muro su pali.

9.1.2 Verifica a 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 .

Detti Q_U il carico limite e R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve risultare:

$$Q_U / R \geq \eta_q$$

dove $\eta_q \geq 1.0$ e comunque stabilito dalla normativa vigente.

Per le valutazioni del valore unitario del carico limite, q_u , è possibile ricorrere alle espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante, che si differenziano a secondo se si è in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi = 0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

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

dove:

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;

g_c , g_q e g_γ sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c , N_q e N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

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

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \operatorname{tg} \phi$$

Risulta, inoltre:

Fattori di forma

$$s_c = 0.2 B / L \quad \text{per } \phi = 0$$

$$s_c = 1 + (N_q / N_c) (B / L) \quad \text{per } \phi > 0$$

$$s_q = 1 + (B / L) \operatorname{tg} \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 B / L$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come:

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

$$k = \operatorname{arctg} (D / B) \quad \text{se } D / B > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come:

$$d_c = 0.4 k \quad \text{per } \phi = 0$$

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	24 di 82

$$d_c = 1 + 0.4 k \quad \text{per } \phi > 0$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con Af l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico e_B, e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) e 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:

$$i_c = 0.5 [1 - \sqrt{(1 - H / (A_f c_a))}] \quad \text{per } \phi = 0$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_q = [1 - (0.5 H) / (V + A_f c_a \operatorname{tg} \phi)]^5$$

$$i_\gamma = [1 - (0.7 H) / (V + A_f c_a \operatorname{tg} \phi)]^5 \quad \text{per } \eta = 0$$

$$i_\gamma = [1 - [(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ) H] / (V + A_f c_a \operatorname{tg} \phi)]^5 \quad \text{per } \eta > 0$$

c_a : adesione alla base della fondazione.

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$b_c = \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$b_c = 1 - \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$b_q = e^{-2\eta \operatorname{tg} \phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta \operatorname{tg} \phi}$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$g_c = \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$g_c = 1 - \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05 \operatorname{tg} \beta)^5$$

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

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

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

9.1.3 Verifica a ribaltamento

La verifica al ribaltamento dell'opera di sostegno, prevede la valutazione del coefficiente di sicurezza nei confronti del meccanismo di rotazione dell'opera rispetto al vertice esterno della fondazione.

Nella fattispecie, detti M_{rib} , momento delle azioni ribaltanti, e M_{sta} , momento delle azioni stabilizzanti, occorrerà verificare quanto segue:

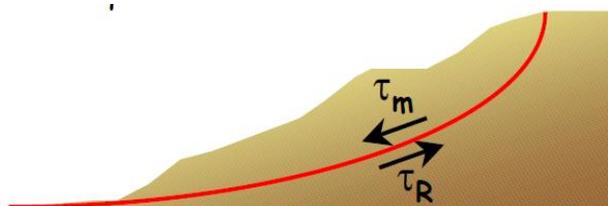
$$M_{sta} / R \geq M_{rib}$$

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.

Tale verifica perde di significato nel caso di muro su pali.

9.2 Verifica di stabilità globale

Nel presente paragrafo sono illustrati i criteri generali adottati per l'effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa. In generale, ciascuno metodo va alla ricerca dei 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 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:



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

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

Per il caso in esame, le verifiche sono state effettuate rispetto a superfici di forma circolare, utilizzando il metodo di Bishop, per i cui dettagli si rimanda a quanto esposto a riguarda nella letteratura tecnica.

Le verifiche sono state effettuate rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica.

10 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

Nel presente paragrafo si descrivono i criteri di valutazione delle azioni sollecitanti le opere di sostegno e relative combinazioni di calcolo adottate.

10.1 Pesì propri e carichi permanenti

I pesi propri relativi alla struttura ed al terreno eventualmente gravante sulla fondazione, sono valutati tenendo conto dei pesi dell'unità di volume specifici γ come di seguito definiti:

Calcestruzzo strutturale costituente il muro : $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Rilevato: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

Terreno in sito: come da caratterizzazione geotecnica di cui al precedente §5.

Occorre precisare che, nel caso in esame, sul muro di sostegno è presente una recinzione in acciaio zincato del tipo grigliato con maglie 25x76 mm con montanti ogni 2.00 m. In ragione di ciò, viene considerata una forza concentrata in testa al muro pari a 0.50 kN.

10.2 Azione del vento

Con riferimento al §3.3. delle NTC 2018, le azioni del vento sono schematizzate con pressioni e depressioni, ricondotte ad azioni statiche equivalenti, agenti ortogonalmente alle superfici investite.

La pressione del vento (N/m^2) è data dall'espressione:

$$p = q_r C_e C_p C_d$$

dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento di cui al §3.3.6;

C_e è il coefficiente di esposizione di cui al §3.3.7;

C_p è il coefficiente di pressione di cui al §3.3.8;

C_d è il coefficiente dinamico di cui al 3.3.9.

Di seguito si riporta in forma tabellare il calcolo dell'azione da vento sul paramento de muro di sostegno in oggetto.

Tabella 4 – Azione del vento

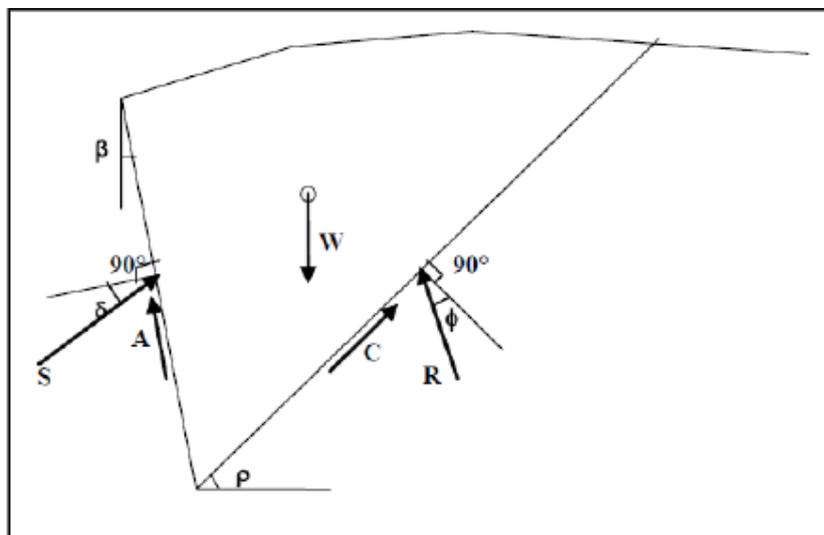
Azione del vento sul paramento del muro di sostegno			
Altitudine sul livello del mare	a_s	224	[m]

Zona	Z	IV	[-]
Velocità base di riferimento al livello del mare	$v_{b,0}$	28	[m/s]
Parametri	a_0	500	[m]
Parametri	k_s	0.36	[-]
Coefficiente di altitudine	C_a	1	[-]
Velocità base di riferimento	$v_b = v_{b,0} C_a$	28.00	[m/s]
Periodo di ritorno considerato	T_R	112.5	[anni]
Coefficiente di ritorno	C_r	1.05	[-]
Velocità di riferimento	$v_r (T_R) = v_b C_r$	29.28	[m/s]
Densità dell'aria	ρ	1.25	[kg/m ³]
Pressione cinetica di riferimento	$q_r = 0.5 \rho v_r^2$	0.54	[kN/m ²]
Classe di rugosità del terreno		D	[-]
Distanza dalla costa		> 30	[km]
Categoria di esposizione del sito		II	[-]
Parametri	K_r	0.19	[-]
Parametri	z_0	0.05	[m]
Parametri	z_{min}	4	[m]
Altezza di riferimento	z	0.65	[m]
Coefficiente di topografia	C_t	1	[-]
Coefficiente di esposizione	$C_e (z)$	1.80	[-]
Coefficiente di pressione	$C_p = 0.8 + 0.4$	1.2	[-]
Coefficiente dinamico	C_d	1	[-]
Pressione del vento	$p = q_r C_e(z) C_p C_d$	1.16	[kN/m ²]
Forza statica equivalente a metro lineare	$F_{vento} = p z$	0.75	[kN/m]

10.3 Spinte del terreno 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;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio del terreno tenendo conto anche dell'eventuale presenza della falda (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.

Il metodo, per come è stato descritto, non permette di ricavare il diagramma delle pressioni agente sulla parete (e quindi le sollecitazioni lungo la parete) e inoltre risulta di difficile determinazione il punto di applicazione della spinta.

Nell'ambito dello specifico Software utilizzato, di cui al §11 sono riportati gli estremi, il procedimento è stato implementato suddividendo l'altezza della parete in tanti tratti di ampiezza dz , al fine di ricavare l'andamento delle pressioni lungo l'altezza del muro; in corrispondenza di ogni ordinata z_i si trova il cuneo di rottura e la spinta S_i ottenendo la distribuzione della spinta $S(z)$ lungo l'altezza della parete.

Nota la distribuzione delle spinte lungo l'altezza della parete, la pressione ad una generica profondità z , rispetto alla sommità della parete, è espressa da:

$$\sigma(z) = \frac{dS}{dz}$$

Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta. Inoltre dal diagramma delle pressioni è facile ricavare l'andamento delle sollecitazioni lungo la parete, con gli usuali metodi della scienza delle costruzioni.

Per l'attrito paramento - terreno si utilizza il valore $\delta = 0.6 \phi'$ mentre per quanto riguarda l'attrito fondazione muro - terreno, in funzione dell'angolo d'attrito del terreno, si sono assunti i seguenti valori:

per $\phi < 30^\circ$, $\delta_f = \text{tg } \phi'$;

per $\phi > 35^\circ$, $\delta_f = 0.85 \text{ tg } \phi'$;

per $30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$, δ_f si ricava per interpolazione lineare.

Infine, nel caso in esame, l'adesione c_a terra-opera si assume pari a zero.

10.4 Spinte del terreno in fase sismica

Le spinte in condizioni sismiche esercitate dal terrapieno sono state valutate con il metodo di Culmann, già illustrato al precedente §10.1, inserendo nell'equazione risolutiva anche la forza di inerzia del cuneo di spinta.

Il §7.11.6.2.1 delle NTC18, precisa che l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguite mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

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

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

g accelerazione di gravità;

$a_{\max} = S_S S_T a_g$ accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento, mentre a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido, dove S_S e S_T sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo §6.2;

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e pari a 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Nelle analisi eseguite con il metodo pseudo-statico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 anche per i muri su pali,

con l'avvertenza di sostituire le relazioni 7.11.6 e 7.11.7 delle stesse norme tecniche con le espressioni di seguito riportate (RFI DTC SI PS MA IFS 001 D):

$$k_h = 2 \cdot \beta_m \cdot S_T \cdot S_s \cdot \frac{a_g}{g}$$

$$k_v = \frac{1}{2} \cdot k_h$$

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica; negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

10.5 Carichi accidentali

Le opere di sostegno oggetto di dimensionamento sono soggette alle azioni accidentali da traffico stradale. I carichi variabili associati al passaggio dei veicoli sono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi sulla pavimentazione stradale del piazzale aventi valore pari a 20 kN/m.

10.6 Combinazioni di carico

Si riporta nel seguito il riepilogo delle combinazioni di carico esaminate per l'analisi e verifica del muro di sostegno in oggetto.

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Vento	1.50	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	31 di 82

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.15	1.00	Sfavorevole
Vento	1.30	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Vento	1.50	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
------------	----------	--------	---------

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	32 di 82

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	0.75	Sfavorevole
Vento	1.00	0.60	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

11 CODICI DI CALCOLO

Tutte le Analisi e Verifiche esposte nel presente documento sono state effettuate con l'Ausilio dei seguenti Software di calcolo:

- "MAX - ver 15" (Analisi e Calcolo Muri di Sostegno) prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) specifico da licenza n° AIU5041GP intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- "Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti".

12 ANALISI E VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO

Di seguito si riportano i risultati delle analisi del muro di sostegno in oggetto.

12.1 Modello di calcolo

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica del modello di calcolo adottato.

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	33 di 82

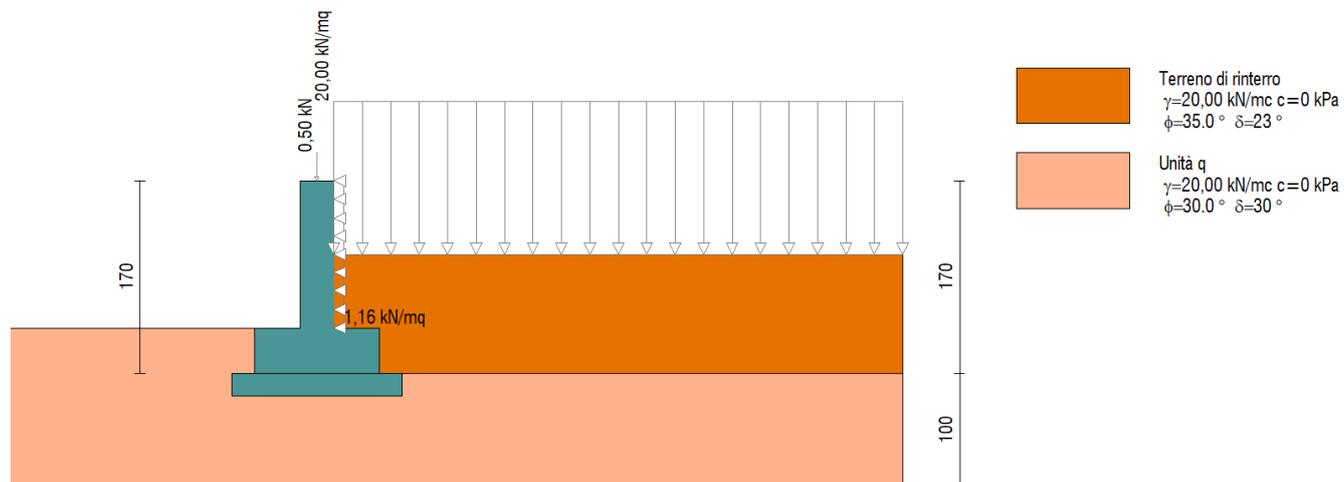


Figura 10 - Modello di calcolo

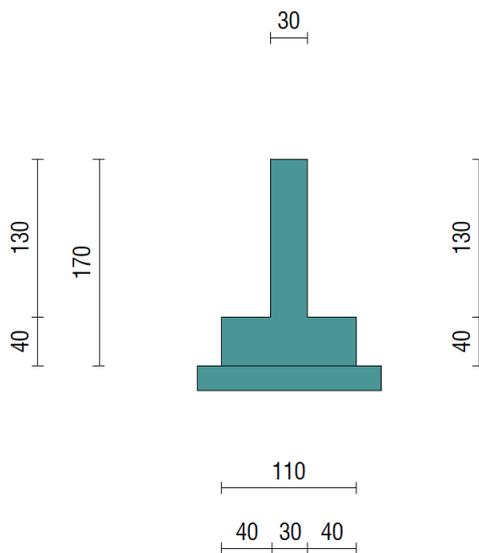


Figura 11 – Geometria del muro di sostegno: sezione trasversale

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	34 di 82

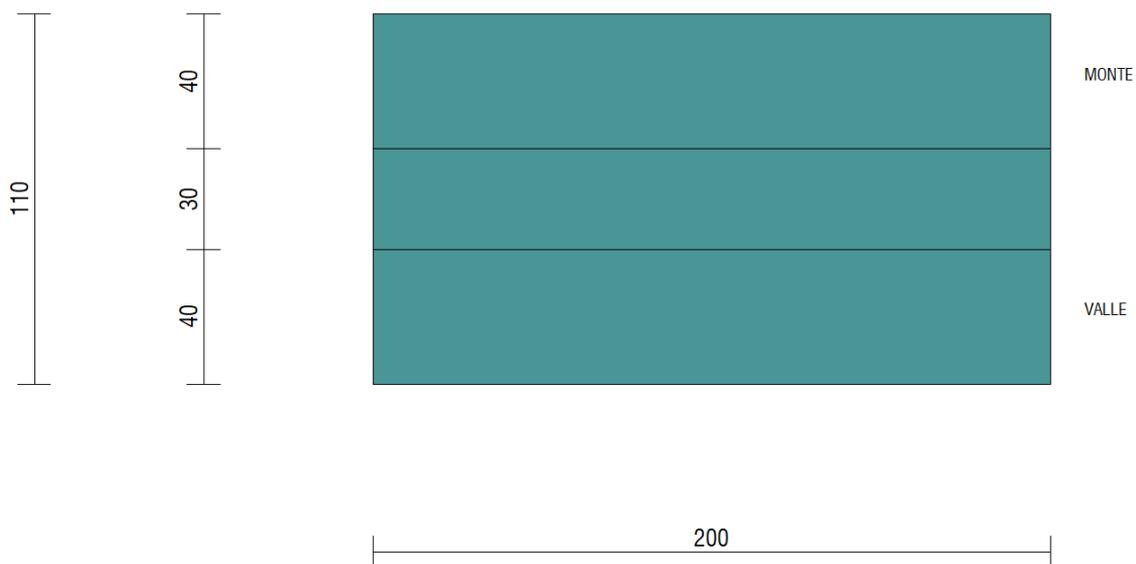


Figura 12 – Geometria del muro di sostegno: pianta

12.1 Sollecitazioni paramento e piastra fondazione

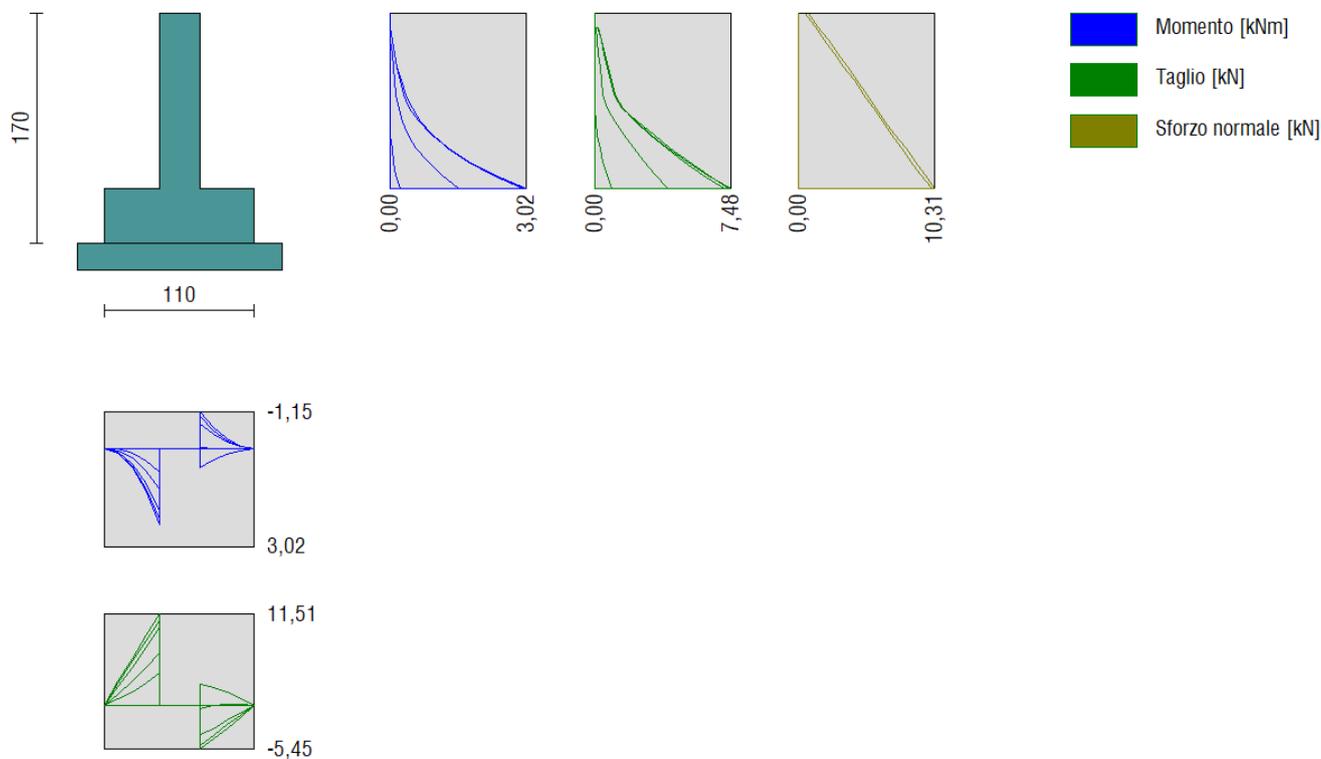


Figura 13 – Involuppo delle sollecitazioni sul paramento e sulla piastra di fondazione del muro di sostegno

12.2 Verifiche strutturali paramento e piastra fondazione

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione.

Tabella 5 – Armature di progetto paramento e piastra fondazione

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle
Paramento	$\Phi 12/20$	$\Phi 12/20$

Elemento	Armatura a flessione	
	Lato inferiore	Lato superiore
Piastra fondazione	$\Phi 16/20$	$\Phi 16/20$

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio, tuttavia si prevedono almeno nove ganci ogni metro quadrato per legare le armature.

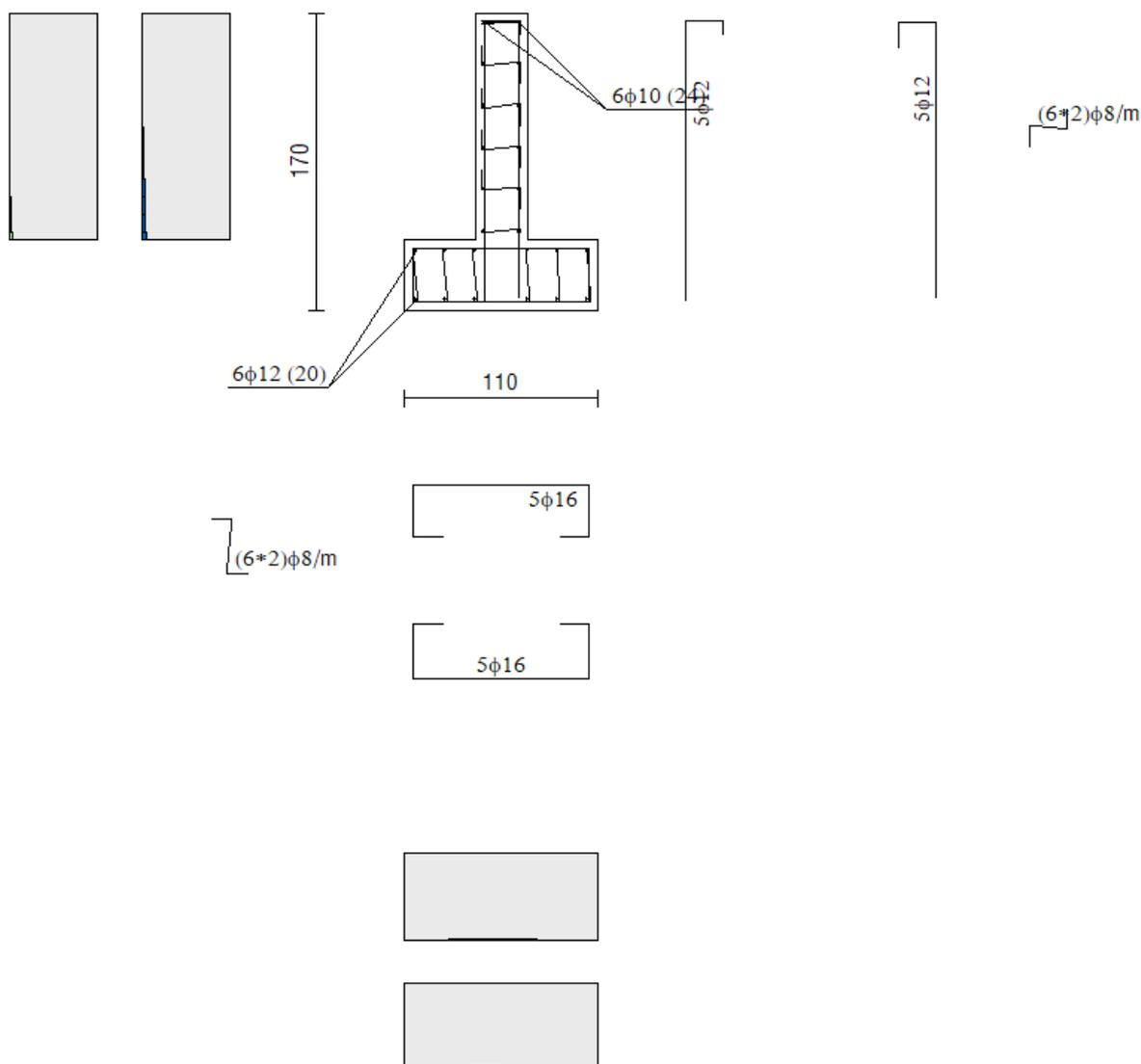


Figura 14 – Armature di progetto paramento e piastra fondazione

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	36 di 82

Per i dettagli riguardanti i risultati delle verifiche strutturali del paramento e della piastra di fondazione si rimanda ai tabulati di calcolo riportati al §13.

12.1 Incidenza delle armature

L'incidenza delle armature viene schematicamente riportata nell'elaborato "TABELLA MATERIALI E INCIDENZA ARMATURE OPERE CIVILI".

12.2 Verifiche di stabilità locale

Si riportano di seguito i coefficienti di sicurezza per la valutazione della capacità portante nonché i coefficienti di sicurezza minimi provenienti dalla analisi.

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-R3)	23,81	0,00	0,00	--	--	23,81	11,84	2.010
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	22,95	0,00	0,00	--	--	22,95	14,18	1.619
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	20,85	0,00	0,00	--	--	20,85	13,48	1.546

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-R3)	41,23	135,90	97,07	3.296
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	39,74	112,09	93,41	2.820
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	36,11	102,05	85,04	2.826

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
r _y	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _y N _y 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]

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	37 di 82

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r _y	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	30.140 18.401 15.668	0.676 0.676 0.217	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	0
2	30.140 18.401 15.668	0.611 0.611 0.119	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	0
3	30.140 18.401 15.668	0.597 0.597 0.101	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	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	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	30,55	6,84	4.464
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	30,08	9,35	3.218
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	27,89	10,72	2.602

12.3 Verifica di stabilità globale

L'analisi di stabilità globale condotta secondo il metodo di Bishop semplificato ha portato ai risultati che seguono.

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	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 0,00	1,93	1.482
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 0,00	1,93	1.609
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 0,00	1,93	1.581

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	38 di 82

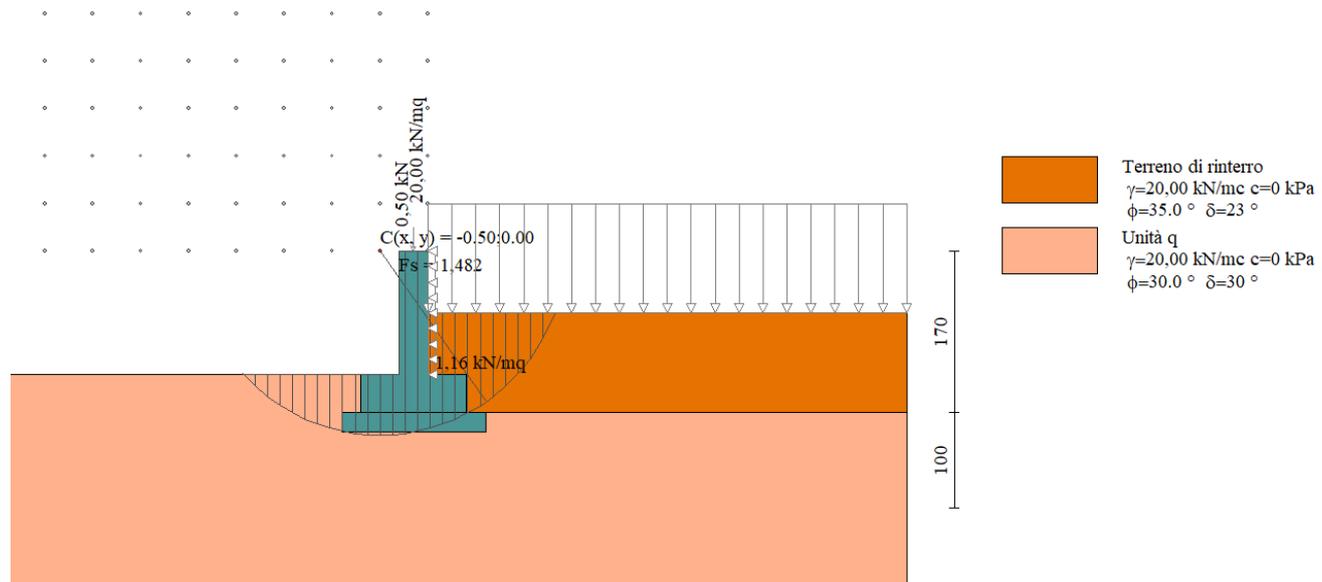


Figura 15 - Verifica di stabilità globale del muro di sostegno

13 TABULATI DI CALCOLO DEL MURO DI SOSTEGNO

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
	Calcestruzzo armato

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	39 di 82

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]			
5	C30/37	C30/37	B450C	24,5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk}	f_{uk}
	[kPa]	[kPa]
B450C	450000	540000

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	-0,65	0.000
2	5,00	-0,65	0.000

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

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 2,00 [m]

Paramento

Materiale C30/37
 Altezza paramento 1,30 [m]
 Altezza paramento libero 1,30 [m]
 Spessore in sommità 0,30 [m]
 Spessore all'attacco con la fondazione 0,30 [m]
 Inclinazione paramento esterno 0,00 [°]
 Inclinazione paramento interno 0,00 [°]

Fondazione

Materiale C30/37
 Lunghezza mensola di valle 0,40 [m]
 Lunghezza mensola di monte 0,40 [m]
 Lunghezza totale 1,10 [m]
 Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
 Spessore 0,40 [m]
 Spessore magrone 0,20 [m]

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	40 di 82

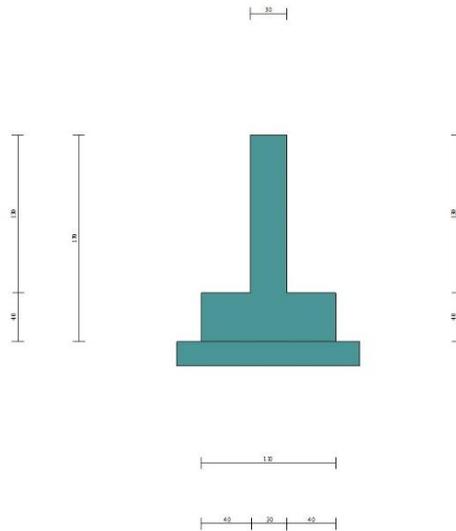


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

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	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c_a	Cesp	τ_l
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]		[kPa]
1	Terreno di rinterro	20,0000	20,0000	35,000	23,333	0	0	---	---
2	Unità q	20,0000	20,0000	30,000	30,000	0	0	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
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/cm ² /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	α	Terreno	Kw	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
	[m]	[°]		[Kg/cm ²]				
1	1,70	0,000	Terreno di rinterro	---	---	---	---	---
2	1,00	0,000	Unità q	---	---	---	---	---

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	41 di 82

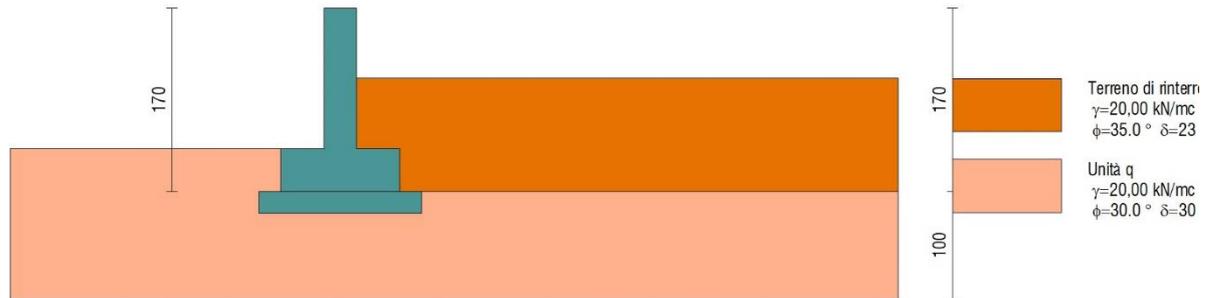


Fig. 2 - Stratigrafia

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 (Traffico) - VARIABILE TF

 Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0,00	5,00	20,0000	20,0000

Condizione n° 2 (Vento) - VARIABILE

 Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito	Paramento					-1,30	0,00	1,1600	1,1600

Condizione n° 3 (Recinzione) - PERMANENTE NS

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	-0,15; 0,00	0,0000	0,5000	0,0000				

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	42 di 82

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

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	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	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	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	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	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

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	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	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:

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

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:

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOLGIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	43 di 82

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Vento	1.50	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.15	1.00	Sfavorevole
Vento	1.30	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
------------	----------	--------	---------

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	44 di 82

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Vento	1.50	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Vento	1.00	1.00	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	0.75	Sfavorevole
Vento	1.00	0.60	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Recinzione	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.766	0.451
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.180	0.046
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.299	2.504
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.419	0.272
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.452
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	9.931	4.965

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	45 di 82

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.896	7.448
Esercizio	0.470	3.241	1.621

 Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

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	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B \gamma N_{\gamma}$)	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	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Condizioni ambientali	Monto aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

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

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
--------------	--------------	---------

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	46 di 82

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.55 f_{ck}	0.75 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.40 f_{ck}	1.00 f_{yk}

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	47 di 82

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	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	10,44	23,33	9,58	4,13	0,40	-1,23
	Peso/Inerzia muro			0,00	20,35/0,00	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	16,00/0,00	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			2,26	0,75	--	--
2	Spinta statica	7,83	23,33	7,19	3,10	0,40	-1,24
	Incremento di spinta sismica		2,34	2,15	0,93	0,40	-1,35
	Peso/Inerzia muro			2,02	20,35/1,01	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			1,31	13,20/0,66	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			1,51	0,50	--	--
3	Spinta statica	7,83	23,33	7,19	3,10	0,40	-1,24
	Incremento di spinta sismica		1,58	1,46	0,63	0,40	-1,35
	Peso/Inerzia muro			2,02	20,35/-1,01	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			1,31	13,20/-0,66	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			1,51	0,50	--	--
10	Spinta statica	6,55	23,33	6,01	2,59	0,40	-1,25
	Peso/Inerzia muro			0,00	20,35/0,00	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	11,20/0,00	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			0,90	0,50	--	--
11	Spinta statica	2,70	23,33	2,48	1,07	0,40	-1,35
	Peso/Inerzia muro			0,00	20,35/0,00	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,20/0,00	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			0,00	0,50	--	--
12	Spinta statica	2,70	23,33	2,48	1,07	0,40	-1,35
	Peso/Inerzia muro			0,00	20,35/0,00	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,20/0,00	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			0,00	0,50	--	--

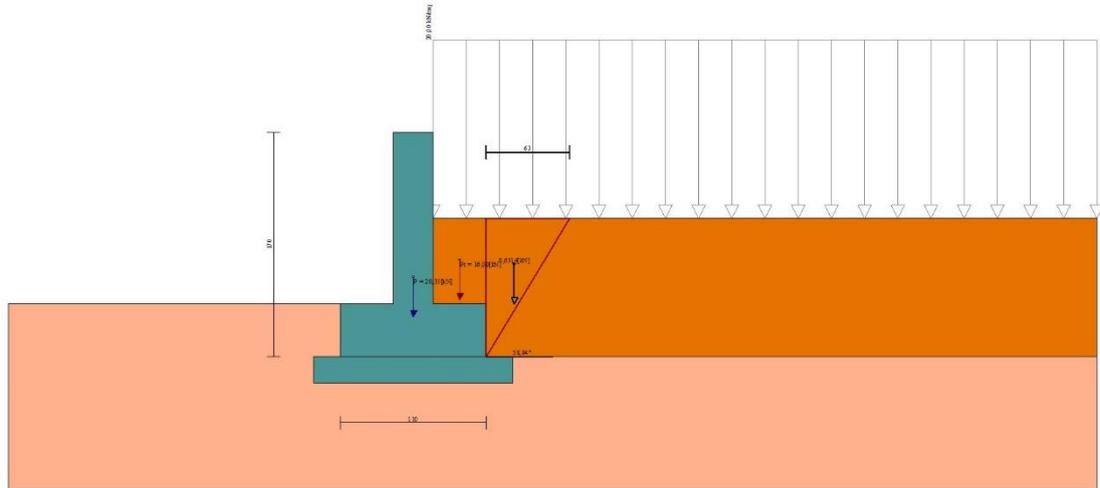


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

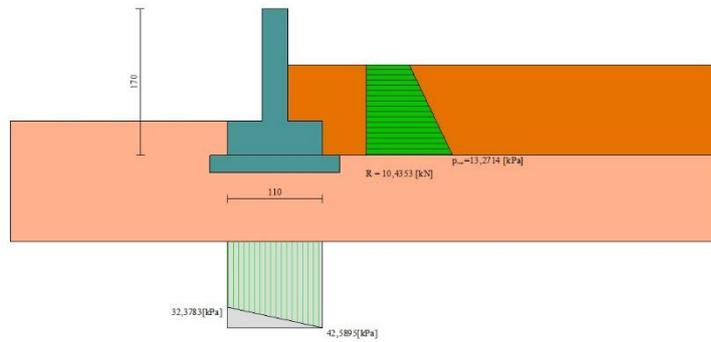


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	49 di 82

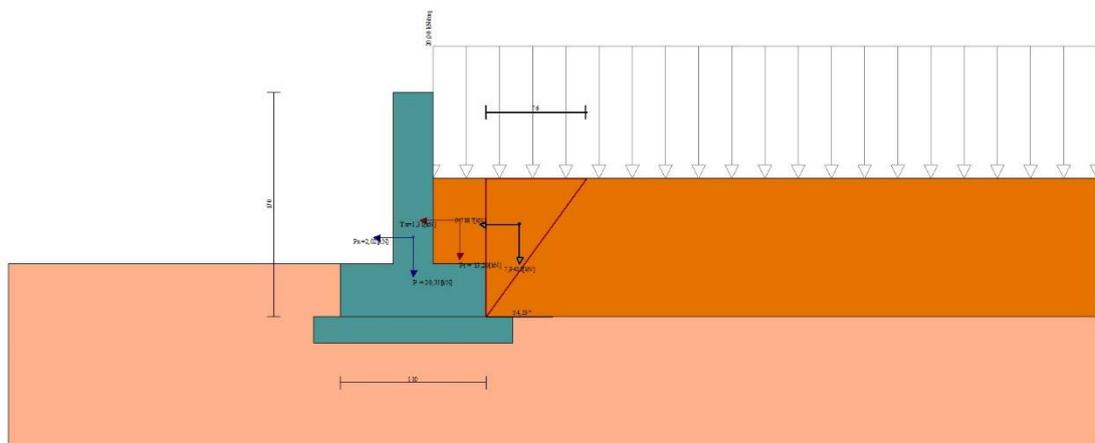


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

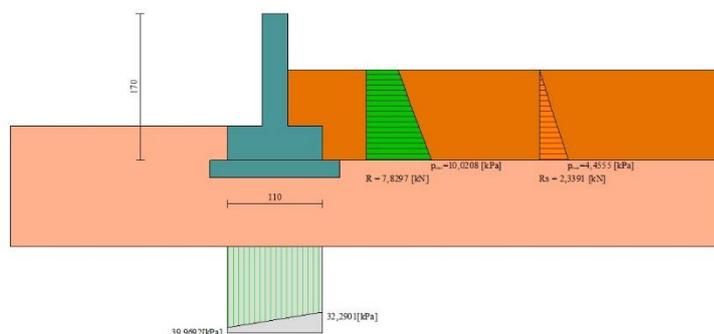


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N	T	M _r	M _s	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
1 - STR (A1-M1-R3)	41,23	11,84	6,84	30,55	-0,025
2 - STR (A1-M1-R3)	39,74	14,18	7,84	28,92	0,019

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	50 di 82

Ic	N	T	M _r	M _s	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
3 - STR (A1-M1-R3)	36,11	13,48	8,74	27,45	0,032
4 - GEO (A2-M2-R2)	38,92	12,15	6,85	28,38	-0,003
5 - GEO (A2-M2-R2)	39,74	14,18	7,84	28,92	0,019
6 - GEO (A2-M2-R2)	36,11	13,48	8,74	27,45	0,032
7 - EQU (A1-M1-R3)	41,23	11,84	6,84	30,55	-0,025
8 - EQU (A1-M1-R3)	41,10	17,06	9,35	30,08	0,046
9 - EQU (A1-M1-R3)	35,68	16,07	10,72	27,89	0,069
10 - SLER	34,64	6,92	3,67	24,40	-0,048
11 - SLEF	27,12	2,48	0,87	17,32	-0,057
12 - SLEQ	27,12	2,48	0,87	17,32	-0,057

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

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-R3)		2.010		3.296			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.619		2.820			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.546		2.826			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.482		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.609		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.581		
7 - EQU (A1-M1-R3)			4.464				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.218				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.602				

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-R3)	23,81	0,00	0,00	--	--	23,81	11,84	2.010
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	22,95	0,00	0,00	--	--	22,95	14,18	1.619
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	20,85	0,00	0,00	--	--	20,85	13,48	1.546

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 limie e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	51 di 82

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	41,23	135,90	97,07	3.296
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	39,74	112,09	93,41	2.820
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	36,11	102,05	85,04	2.826

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Nc, Nq, N_γ Fattori di capacità portante
 ic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del carico
 dc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
 gc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 bc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 sc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazione
 pc, pq, p_γ Fattori di riduzione 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_γN_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 (Meyerhof).

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	r _γ	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	30.140 18.401 15.668	0.676 0.676 0.217	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	0
2	30.140 18.401 15.668	0.611 0.611 0.119	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	0
3	30.140 18.401 15.668	0.597 0.597 0.101	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	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	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	30,55	6,84	4.464
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	30,08	9,35	3.218
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	27,89	10,72	2.602

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	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 0,00	1,93	1.482
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 0,00	1,93	1.609
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 0,00	1,93	1.581

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	52 di 82

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]
 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]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,35	3,01	1,33 - 0,13	64.121	29.256	0	0,0	
2	0,98	3,01	0,13	57.928	29.256	0	0,0	
3	1,47	3,01	0,13	51.173	29.256	0	0,0	
4	1,86	3,01	0,13	45.314	29.256	0	0,0	
5	2,17	3,01	0,13	40.018	29.256	0	0,0	
6	2,44	3,01	0,13	35.109	29.256	0	0,0	
7	2,66	3,01	0,13	30.483	29.256	0	0,0	
8	3,05	3,01	0,13	26.068	24.791	0	0,0	
9	3,23	3,01	0,13	21.816	24.791	0	0,0	
10	3,36	3,01	0,13	17.687	24.791	0	0,0	
11	5,52	0,50	0,13	13.651	24.791	0	0,0	
12	6,00	0,65	0,13	9.684	24.791	0	0,0	
13	3,77	0,00	0,13	5.763	24.791	0	0,0	
14	1,89	0,00	0,13	1.869	24.791	0	0,0	
15	1,89	0,00	0,13	-2.016	24.791	0	0,0	
16	1,75	0,00	0,13	-5.910	24.791	0	0,0	
17	1,58	0,00	0,13	-9.832	24.791	0	0,0	
18	1,51	0,00	0,13	-13.802	24.791	0	0,0	
19	1,41	0,00	0,13	-17.840	24.791	0	0,0	
20	1,29	0,00	0,13	-21.973	24.791	0	0,0	
21	1,13	0,00	0,13	-26.231	24.791	0	0,0	
22	0,95	0,00	0,13	-30.653	24.791	0	0,0	
23	0,73	0,00	0,13	-35.288	24.791	0	0,0	
24	0,46	0,00	0,13	-40.209	24.791	0	0,0	
25	0,14	0,00	-1,94 - 0,13	-42.442	24.791	0	0,0	

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,35	2,62	1,33 - 0,13	64.121	35.000	0	0,0	
2	0,98	2,62	0,13	57.928	35.000	0	0,0	
3	1,47	2,62	0,13	51.173	35.000	0	0,0	
4	1,86	2,62	0,13	45.314	35.000	0	0,0	
5	2,17	2,62	0,13	40.018	35.000	0	0,0	
6	2,44	2,62	0,13	35.109	35.000	0	0,0	
7	2,66	2,62	0,13	30.483	35.000	0	0,0	
8	3,05	2,62	0,13	26.068	30.000	0	0,0	
9	3,23	2,62	0,13	21.816	30.000	0	0,0	
10	3,36	2,62	0,13	17.687	30.000	0	0,0	
11	5,52	0,43	0,13	13.651	30.000	0	0,0	
12	6,00	0,50	0,13	9.684	30.000	0	0,0	
13	3,77	0,00	0,13	5.763	30.000	0	0,0	
14	1,89	0,00	0,13	1.869	30.000	0	0,0	
15	1,89	0,00	0,13	-2.016	30.000	0	0,0	
16	1,75	0,00	0,13	-5.910	30.000	0	0,0	
17	1,58	0,00	0,13	-9.832	30.000	0	0,0	
18	1,51	0,00	0,13	-13.802	30.000	0	0,0	
19	1,41	0,00	0,13	-17.840	30.000	0	0,0	
20	1,29	0,00	0,13	-21.973	30.000	0	0,0	
21	1,13	0,00	0,13	-26.231	30.000	0	0,0	
22	0,95	0,00	0,13	-30.653	30.000	0	0,0	

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	53 di 82

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
23	0,73	0,00	0,13	-35.288	30.000	0	0,0	
24	0,46	0,00	0,13	-40.209	30.000	0	0,0	
25	0,14	0,00	-1,94 - 0,13	-42.442	30.000	0	0,0	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,35	2,62	1,33 - 0,13	64.121	35.000	0	0,0	
2	0,98	2,62	0,13	57.928	35.000	0	0,0	
3	1,47	2,62	0,13	51.173	35.000	0	0,0	
4	1,86	2,62	0,13	45.314	35.000	0	0,0	
5	2,17	2,62	0,13	40.018	35.000	0	0,0	
6	2,44	2,62	0,13	35.109	35.000	0	0,0	
7	2,66	2,62	0,13	30.483	35.000	0	0,0	
8	3,05	2,62	0,13	26.068	30.000	0	0,0	
9	3,23	2,62	0,13	21.816	30.000	0	0,0	
10	3,36	2,62	0,13	17.687	30.000	0	0,0	
11	5,52	0,43	0,13	13.651	30.000	0	0,0	
12	6,00	0,50	0,13	9.684	30.000	0	0,0	
13	3,77	0,00	0,13	5.763	30.000	0	0,0	
14	1,89	0,00	0,13	1.869	30.000	0	0,0	
15	1,89	0,00	0,13	-2.016	30.000	0	0,0	
16	1,75	0,00	0,13	-5.910	30.000	0	0,0	
17	1,58	0,00	0,13	-9.832	30.000	0	0,0	
18	1,51	0,00	0,13	-13.802	30.000	0	0,0	
19	1,41	0,00	0,13	-17.840	30.000	0	0,0	
20	1,29	0,00	0,13	-21.973	30.000	0	0,0	
21	1,13	0,00	0,13	-26.231	30.000	0	0,0	
22	0,95	0,00	0,13	-30.653	30.000	0	0,0	
23	0,73	0,00	0,13	-35.288	30.000	0	0,0	
24	0,46	0,00	0,13	-40.209	30.000	0	0,0	
25	0,14	0,00	-1,94 - 0,13	-42.442	30.000	0	0,0	

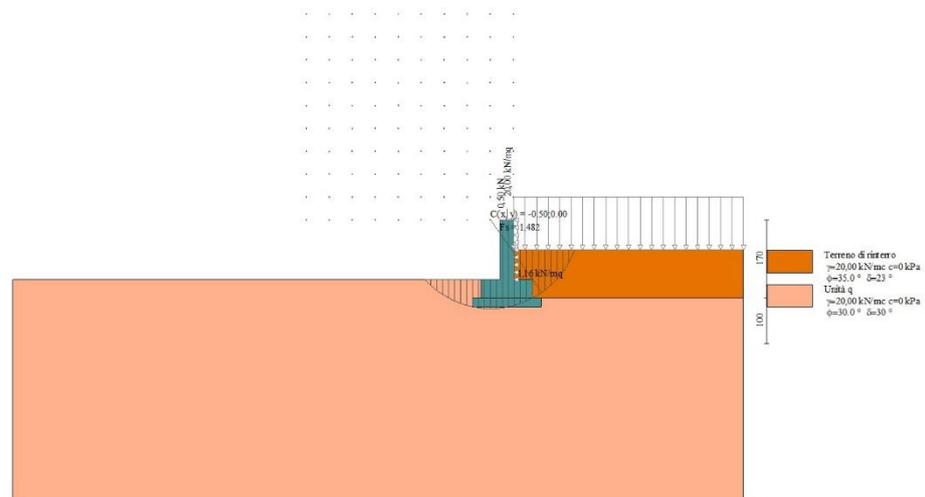


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Sollecitazioni

 Elementi calcolati a trave
 Simbologia adottata

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	54 di 82

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-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,75	0,00	0,00
2	-0,10	1,49	0,17	0,01
3	-0,20	2,22	0,35	0,03
4	-0,30	2,96	0,52	0,08
5	-0,40	3,69	0,70	0,14
6	-0,50	4,43	0,87	0,22
7	-0,60	5,16	1,04	0,31
8	-0,70	5,90	1,53	0,43
9	-0,80	6,63	2,37	0,63
10	-0,90	7,37	3,27	0,91
11	-1,00	8,11	4,22	1,28
12	-1,10	8,84	5,23	1,76
13	-1,20	9,58	6,31	2,33
14	-1,30	10,31	7,44	3,02

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,50	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,19	0,01
3	-0,20	1,97	0,38	0,04
4	-0,30	2,71	0,57	0,09
5	-0,40	3,44	0,76	0,15
6	-0,50	4,18	0,95	0,24
7	-0,60	4,91	1,13	0,34
8	-0,70	5,65	1,56	0,47
9	-0,80	6,38	2,30	0,66
10	-0,90	7,12	3,14	0,93
11	-1,00	7,86	4,07	1,29
12	-1,10	8,59	5,11	1,75
13	-1,20	9,33	6,25	2,32
14	-1,30	10,06	7,48	3,00

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,50	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,19	0,01
3	-0,20	1,97	0,38	0,04
4	-0,30	2,71	0,57	0,09
5	-0,40	3,44	0,76	0,15
6	-0,50	4,18	0,95	0,24
7	-0,60	4,91	1,13	0,34
8	-0,70	5,65	1,56	0,47
9	-0,80	6,38	2,28	0,66
10	-0,90	7,12	3,08	0,93
11	-1,00	7,86	3,97	1,28
12	-1,10	8,59	4,93	1,72
13	-1,20	9,33	5,98	2,27
14	-1,30	10,06	7,11	2,92

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,50	0,00	0,00

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	55 di 82

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
2	-0,10	1,24	0,07	0,00
3	-0,20	1,97	0,14	0,01
4	-0,30	2,71	0,21	0,03
5	-0,40	3,44	0,28	0,06
6	-0,50	4,18	0,35	0,09
7	-0,60	4,91	0,42	0,13
8	-0,70	5,65	0,66	0,17
9	-0,80	6,38	1,11	0,26
10	-0,90	7,12	1,61	0,40
11	-1,00	7,86	2,15	0,59
12	-1,10	8,59	2,74	0,83
13	-1,20	9,33	3,37	1,14
14	-1,30	10,06	4,04	1,51

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,50	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,00	0,00
3	-0,20	1,97	0,00	0,00
4	-0,30	2,71	0,00	0,00
5	-0,40	3,44	0,00	0,00
6	-0,50	4,18	0,00	0,00
7	-0,60	4,91	0,00	0,00
8	-0,70	5,65	0,01	0,00
9	-0,80	6,38	0,05	0,00
10	-0,90	7,12	0,14	0,01
11	-1,00	7,86	0,28	0,03
12	-1,10	8,59	0,46	0,07
13	-1,20	9,33	0,68	0,13
14	-1,30	10,06	0,95	0,21

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,50	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	0,00	0,00
3	-0,20	1,97	0,00	0,00
4	-0,30	2,71	0,00	0,00
5	-0,40	3,44	0,00	0,00
6	-0,50	4,18	0,00	0,00
7	-0,60	4,91	0,00	0,00
8	-0,70	5,65	0,01	0,00
9	-0,80	6,38	0,05	0,00
10	-0,90	7,12	0,14	0,01
11	-1,00	7,86	0,28	0,03
12	-1,10	8,59	0,46	0,07
13	-1,20	9,33	0,68	0,13
14	-1,30	10,06	0,95	0,21

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	56 di 82

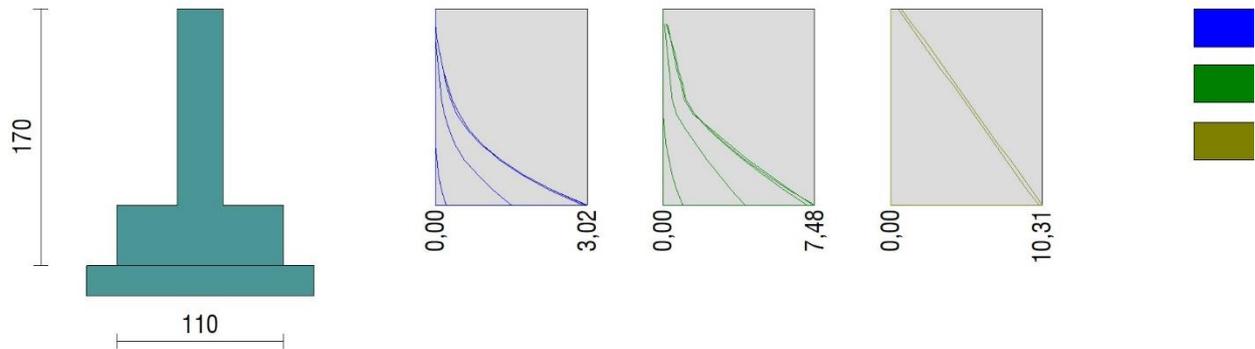


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,60	0,00	2,30	0,11
3	-0,50	0,00	4,70	0,46
4	-0,40	0,00	7,19	1,06
5	-0,30	0,00	9,77	1,90
6	0,00	0,00	-5,19	-0,99
7	0,10	0,00	-3,75	-0,54
8	0,20	0,00	-2,41	-0,23
9	0,30	0,00	-1,16	-0,06
10	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,60	0,00	2,98	0,15
3	-0,50	0,00	5,89	0,59
4	-0,40	0,00	8,73	1,33
5	-0,30	0,00	11,51	2,34
6	0,00	0,00	-3,65	-0,77
7	0,10	0,00	-2,84	-0,44
8	0,20	0,00	-1,96	-0,20
9	0,30	0,00	-1,02	-0,05
10	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,60	0,00	2,82	0,14
3	-0,50	0,00	5,54	0,56
4	-0,40	0,00	8,16	1,25

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	57 di 82

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
5	-0,30	0,00	10,67	2,19
6	0,00	0,00	-5,45	-1,15
7	0,10	0,00	-4,24	-0,66
8	0,20	0,00	-2,93	-0,30
9	0,30	0,00	-1,52	-0,08
10	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,60	0,00	1,41	0,07
3	-0,50	0,00	2,98	0,29
4	-0,40	0,00	4,70	0,67
5	-0,30	0,00	6,56	1,23
6	0,00	0,00	-0,41	0,00
7	0,10	0,00	-0,08	0,02
8	0,20	0,00	0,09	0,02
9	0,30	0,00	0,12	0,01
10	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,60	0,00	0,79	0,04
3	-0,50	0,00	1,72	0,16
4	-0,40	0,00	2,79	0,39
5	-0,30	0,00	3,99	0,72
6	0,00	0,00	2,68	0,61
7	0,10	0,00	2,22	0,36
8	0,20	0,00	1,62	0,17
9	0,30	0,00	0,88	0,05
10	0,40	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00
2	-0,60	0,00	0,79	0,04
3	-0,50	0,00	1,72	0,16
4	-0,40	0,00	2,79	0,39
5	-0,30	0,00	3,99	0,72
6	0,00	0,00	2,68	0,61
7	0,10	0,00	2,22	0,36
8	0,20	0,00	1,62	0,17
9	0,30	0,00	0,88	0,05
10	0,40	0,00	0,00	0,00

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	58 di 82

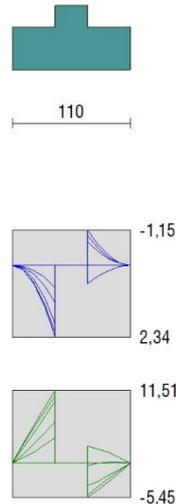


Fig. 9 - Fondazione (Inviluppo)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	0,00	100	30	0,00	5,65	0,00	0,75	0,00	0,00	100000.000
2	-0,10	100	30	0,00	5,65	0,01	1,49	0,00	0,00	100000.000
3	-0,20	100	30	5,65	5,65	0,03	2,22	68,84	4393,35	1978.079
4	-0,30	100	30	5,65	5,65	0,08	2,96	114,38	4318,90	1460.799
5	-0,40	100	30	5,65	5,65	0,14	3,69	148,76	3945,58	1068.671
6	-0,50	100	30	5,65	5,65	0,22	4,43	175,99	3582,58	809.156
7	-0,60	100	30	5,65	5,65	0,31	5,16	196,31	3236,11	626.782
8	-0,70	100	30	5,65	5,65	0,43	5,90	211,90	2879,99	488.252
9	-0,80	100	30	5,65	5,65	0,63	6,63	225,15	2377,36	358.356
10	-0,90	100	30	5,65	5,65	0,91	7,37	214,94	1741,75	236.343
11	-1,00	100	30	5,65	5,65	1,28	8,11	176,63	1115,57	137.638
12	-1,10	100	30	5,65	5,65	1,76	8,84	135,86	684,18	77.391
13	-1,20	100	30	5,65	5,65	2,33	9,58	109,51	449,70	46.961
14	-1,30	100	30	5,65	5,65	3,02	10,31	95,53	326,35	31.649

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	59 di 82

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,00	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	0,00	0,00	100000.000
2	-0,10	100	30	0,00	5,65	0,01	1,24	0,00	0,00	100000.000
3	-0,20	100	30	5,65	5,65	0,04	1,97	84,27	4393,35	2228.974
4	-0,30	100	30	5,65	5,65	0,09	2,71	130,54	4153,19	1534.505
5	-0,40	100	30	5,65	5,65	0,15	3,44	164,63	3747,04	1088.609
6	-0,50	100	30	5,65	5,65	0,24	4,18	189,76	3354,70	803.030
7	-0,60	100	30	5,65	5,65	0,34	4,91	207,20	2991,67	608.921
8	-0,70	100	30	5,65	5,65	0,47	5,65	219,21	2640,30	467.428
9	-0,80	100	30	5,65	5,65	0,66	6,38	227,28	2194,91	343.809
10	-0,90	100	30	5,65	5,65	0,93	7,12	207,47	1584,91	222.612
11	-1,00	100	30	5,65	5,65	1,29	7,86	168,44	1024,37	130.408
12	-1,10	100	30	5,65	5,65	1,75	8,59	131,96	647,84	75.412
13	-1,20	100	30	5,65	5,65	2,32	9,33	107,66	433,40	46.471
14	-1,30	100	30	5,65	5,65	3,00	10,06	94,40	316,39	31.445

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,00	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	0,00	0,00	100000.000
2	-0,10	100	30	0,00	5,65	0,01	1,24	0,00	0,00	100000.000
3	-0,20	100	30	5,65	5,65	0,04	1,97	84,27	4393,35	2228.974
4	-0,30	100	30	5,65	5,65	0,09	2,71	130,54	4153,19	1534.505
5	-0,40	100	30	5,65	5,65	0,15	3,44	164,63	3747,04	1088.609
6	-0,50	100	30	5,65	5,65	0,24	4,18	189,76	3354,70	803.030
7	-0,60	100	30	5,65	5,65	0,34	4,91	207,20	2991,67	608.921
8	-0,70	100	30	5,65	5,65	0,47	5,65	219,20	2640,45	467.455
9	-0,80	100	30	5,65	5,65	0,66	6,38	227,36	2198,95	344.443
10	-0,90	100	30	5,65	5,65	0,93	7,12	208,15	1598,03	224.455
11	-1,00	100	30	5,65	5,65	1,28	7,86	170,46	1046,88	133.274
12	-1,10	100	30	5,65	5,65	1,72	8,59	134,42	670,16	78.011
13	-1,20	100	30	5,65	5,65	2,27	9,33	109,65	450,90	48.348
14	-1,30	100	30	5,65	5,65	2,92	10,06	96,03	330,73	32.870

Fondazione
Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	-0,70	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	-0,60	100	40	10,05	10,05	0,11	0,00	135,05	0,00	1180.490
3	-0,50	100	40	10,05	10,05	0,46	0,00	135,05	0,00	291.185
4	-0,40	100	40	10,05	10,05	1,06	0,00	135,05	0,00	127.711
5	-0,30	100	40	10,05	10,05	1,90	0,00	135,05	0,00	70.904
6	0,00	100	40	10,05	10,05	-0,99	0,00	-135,05	0,00	136.639
7	0,10	100	40	10,05	10,05	-0,54	0,00	-135,05	0,00	249.154
8	0,20	100	40	10,05	10,05	-0,23	0,00	-135,05	0,00	575.376
9	0,30	100	40	10,05	10,05	-0,06	0,00	-135,05	0,00	2363.829
10	0,40	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	-0,70	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	-0,60	100	40	10,05	10,05	0,15	0,00	135,05	0,00	902.473
3	-0,50	100	40	10,05	10,05	0,59	0,00	135,05	0,00	227.386

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	60 di 82

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
4	-0,40	100	40	10,05	10,05	1,33	0,00	135,05	0,00	101.859
5	-0,30	100	40	10,05	10,05	2,34	0,00	135,05	0,00	57.752
6	0,00	100	40	10,05	10,05	-0,77	0,00	-135,05	0,00	176.110
7	0,10	100	40	10,05	10,05	-0,44	0,00	-135,05	0,00	305.665
8	0,20	100	40	10,05	10,05	-0,20	0,00	-135,05	0,00	671.823
9	0,30	100	40	10,05	10,05	-0,05	0,00	-135,05	0,00	2626.487
10	0,40	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-0,70	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	-0,60	100	40	10,05	10,05	0,14	0,00	135,05	0,00	950.996
3	-0,50	100	40	10,05	10,05	0,56	0,00	135,05	0,00	240.690
4	-0,40	100	40	10,05	10,05	1,25	0,00	135,05	0,00	108.314
5	-0,30	100	40	10,05	10,05	2,19	0,00	135,05	0,00	61.699
6	0,00	100	40	10,05	10,05	-1,15	0,00	-135,05	0,00	117.919
7	0,10	100	40	10,05	10,05	-0,66	0,00	-135,05	0,00	204.671
8	0,20	100	40	10,05	10,05	-0,30	0,00	-135,05	0,00	449.862
9	0,30	100	40	10,05	10,05	-0,08	0,00	-135,05	0,00	1758.777
10	0,40	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

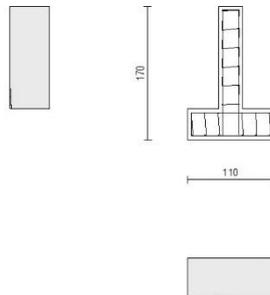


Fig. 10 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espressa in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} >0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	61 di 82

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	127,56	0,00	100.000
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	127,65	0,17	733.630
3	-0,20	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,68	0,35	395.639
4	-0,30	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,78	0,52	263.942
5	-0,40	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,87	0,70	198.094
6	-0,50	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,97	0,87	158.585
7	-0,60	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,06	1,04	132.246
8	-0,70	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,16	1,53	90.398
9	-0,80	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,26	2,37	58.397
10	-0,90	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,35	3,27	42.371
11	-1,00	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,45	4,22	32.804
12	-1,10	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,54	5,23	26.471
13	-1,20	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,64	6,31	21.987
14	-1,30	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,73	7,44	18.658

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	127,52	0,00	100.000
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	127,62	0,19	675.088
3	-0,20	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,65	0,38	364.074
4	-0,30	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,75	0,57	242.885
5	-0,40	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,84	0,76	182.290
6	-0,50	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,94	0,95	145.933
7	-0,60	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,03	1,13	121.695
8	-0,70	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,13	1,56	88.531
9	-0,80	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,22	2,30	60.140
10	-0,90	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,32	3,14	44.103
11	-1,00	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,41	4,07	33.983
12	-1,10	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,51	5,11	27.110
13	-1,20	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,61	6,25	22.195
14	-1,30	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,70	7,48	18.542

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	127,52	0,00	100.000
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	127,62	0,19	675.088
3	-0,20	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,65	0,38	364.074
4	-0,30	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,75	0,57	242.885
5	-0,40	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,84	0,76	182.290
6	-0,50	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	137,94	0,95	145.933
7	-0,60	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,03	1,13	121.695
8	-0,70	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,13	1,56	88.656
9	-0,80	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,22	2,28	60.664
10	-0,90	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,32	3,08	44.892
11	-1,00	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,41	3,97	34.909
12	-1,10	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,51	4,93	28.092
13	-1,20	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,61	5,98	23.185
14	-1,30	100	30	0,00	0,00	--	0,00	0,00	138,70	7,11	19.514

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
----	----------	-----------	-----------	--------------------------	-----------	------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	-----------	----

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	62 di 82

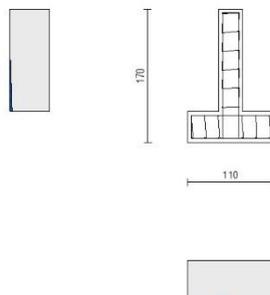
n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	-0,70	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000
2	-0,60	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,30	83.461
3	-0,50	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-4,70	40.906
4	-0,40	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-7,19	26.743
5	-0,30	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-9,77	19.676
6	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-5,19	37.047
7	0,10	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-3,75	51.229
8	0,20	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,41	79.805
9	0,30	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-1,16	166.006
10	0,40	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	-0,70	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000
2	-0,60	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,98	64.487
3	-0,50	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-5,89	32.626
4	-0,40	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-8,73	22.011
5	-0,30	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-11,51	16.709
6	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-3,65	52.700
7	0,10	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,84	67.676
8	0,20	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-1,96	97.905
9	0,30	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-1,02	189.088
10	0,40	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	-0,70	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000
2	-0,60	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,82	68.107
3	-0,50	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-5,54	34.693
4	-0,40	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-8,16	23.572
5	-0,30	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-10,67	18.024
6	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-5,45	35.284
7	0,10	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-4,24	45.313
8	0,20	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,93	65.557
9	0,30	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-1,52	126.618
10	0,40	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000



PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	63 di 82

Fig. 11 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
σ_{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	15978	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337500	[kPa]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0,00	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	2	23	0
2	-0,10	100	30	0,00	5,65	0,00	1,24	4	55	0
3	-0,20	100	30	5,65	5,65	0,01	1,97	7	84	103
4	-0,30	100	30	5,65	5,65	0,03	2,71	10	107	149
5	-0,40	100	30	5,65	5,65	0,06	3,44	14	125	200
6	-0,50	100	30	5,65	5,65	0,09	4,18	18	139	256
7	-0,60	100	30	5,65	5,65	0,13	4,91	23	148	317
8	-0,70	100	30	5,65	5,65	0,17	5,65	29	150	385
9	-0,80	100	30	5,65	5,65	0,26	6,38	36	125	479
10	-0,90	100	30	5,65	5,65	0,40	7,12	47	67	606
11	-1,00	100	30	5,65	5,65	0,59	7,86	63	95	787
12	-1,10	100	30	5,65	5,65	0,83	8,59	89	538	1053
13	-1,20	100	30	5,65	5,65	1,14	9,33	129	1523	1404
14	-1,30	100	30	5,65	5,65	1,51	10,06	181	3194	1810

Fondazione

Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	15978	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337500	[kPa]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	-0,70	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0	0	0
2	-0,60	100	40	10,05	10,05	0,07	0,00	4	209	33
3	-0,50	100	40	10,05	10,05	0,29	0,00	18	868	137
4	-0,40	100	40	10,05	10,05	0,67	0,00	41	2020	320
5	-0,30	100	40	10,05	10,05	1,23	0,00	75	3712	588
6	0,00	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0	1	8
7	0,10	100	40	10,05	10,05	0,02	0,00	1	64	10
8	0,20	100	40	10,05	10,05	0,02	0,00	1	59	9
9	0,30	100	40	10,05	10,05	0,01	0,00	0	22	4
10	0,40	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0	0	0

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	64 di 82

Combinazioni SLEF

Paramento

Combinazione n° 11 - SLEF

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29050 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0,00	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	2	23	0
2	-0,10	100	30	0,00	5,65	0,00	1,24	4	58	0
3	-0,20	100	30	5,65	5,65	0,00	1,97	6	93	93
4	-0,30	100	30	5,65	5,65	0,00	2,71	9	128	128
5	-0,40	100	30	5,65	5,65	0,00	3,44	11	163	163
6	-0,50	100	30	5,65	5,65	0,00	4,18	13	198	198
7	-0,60	100	30	5,65	5,65	0,00	4,91	16	233	233
8	-0,70	100	30	5,65	5,65	0,00	5,65	18	267	267
9	-0,80	100	30	5,65	5,65	0,00	6,38	20	300	304
10	-0,90	100	30	5,65	5,65	0,01	7,12	23	329	345
11	-1,00	100	30	5,65	5,65	0,03	7,86	27	350	394
12	-1,10	100	30	5,65	5,65	0,07	8,59	31	360	453
13	-1,20	100	30	5,65	5,65	0,13	9,33	37	357	525
14	-1,30	100	30	5,65	5,65	0,21	10,06	44	337	615

Fondazione

Combinazione n° 11 - SLEF

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29050 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	-0,70	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0	0	0
2	-0,60	100	40	10,05	10,05	0,04	0,00	2	116	18
3	-0,50	100	40	10,05	10,05	0,16	0,00	10	490	78
4	-0,40	100	40	10,05	10,05	0,39	0,00	24	1166	185
5	-0,30	100	40	10,05	10,05	0,72	0,00	44	2184	346
6	0,00	100	40	10,05	10,05	0,61	0,00	37	1839	291
7	0,10	100	40	10,05	10,05	0,36	0,00	22	1097	174
8	0,20	100	40	10,05	10,05	0,17	0,00	10	515	82
9	0,30	100	40	10,05	10,05	0,05	0,00	3	136	22
10	0,40	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0	0	0

Combinazioni SLEQ

Paramento

Combinazione n° 12 - SLEQ

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0,00	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	2	23	0
2	-0,10	100	30	0,00	5,65	0,00	1,24	4	58	0

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	65 di 82

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
3	-0,20	100	30	5,65	5,65	0,00	1,97	6	93	93
4	-0,30	100	30	5,65	5,65	0,00	2,71	9	128	128
5	-0,40	100	30	5,65	5,65	0,00	3,44	11	163	163
6	-0,50	100	30	5,65	5,65	0,00	4,18	13	198	198
7	-0,60	100	30	5,65	5,65	0,00	4,91	16	233	233
8	-0,70	100	30	5,65	5,65	0,00	5,65	18	267	267
9	-0,80	100	30	5,65	5,65	0,00	6,38	20	300	304
10	-0,90	100	30	5,65	5,65	0,01	7,12	23	329	345
11	-1,00	100	30	5,65	5,65	0,03	7,86	27	350	394
12	-1,10	100	30	5,65	5,65	0,07	8,59	31	360	453
13	-1,20	100	30	5,65	5,65	0,13	9,33	37	357	525
14	-1,30	100	30	5,65	5,65	0,21	10,06	44	337	615

Fondazione

Combinazione n° 12 - SLEQ

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	-0,70	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0	0	0
2	-0,60	100	40	10,05	10,05	0,04	0,00	2	116	18
3	-0,50	100	40	10,05	10,05	0,16	0,00	10	490	78
4	-0,40	100	40	10,05	10,05	0,39	0,00	24	1166	185
5	-0,30	100	40	10,05	10,05	0,72	0,00	44	2184	346
6	0,00	100	40	10,05	10,05	0,61	0,00	37	1839	291
7	0,10	100	40	10,05	10,05	0,36	0,00	22	1097	174
8	0,20	100	40	10,05	10,05	0,17	0,00	10	515	82
9	0,30	100	40	10,05	10,05	0,05	0,00	3	136	22
10	0,40	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0	0	0

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n° indice sezione
 Y ordinata sezione espressa in [m]
 B larghezza sezione espressa in [cm]
 H altezza sezione espressa in [cm]
 Af area ferri zona tesa espressa in [cmq]
 Aeff area efficace espressa in [cmq]
 M momento agente espressa in [kNm]
 Mpf momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
 ε deformazione espressa in %
 Sm spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
 w apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLER

Paramento

Combinazione n° 10 - SLER

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	0,00	2,80	0,000000	0,00	0,000
3	-0,20	100	30	0,00	0,00	0,01	7,42	0,000000	0,00	0,000
4	-0,30	100	30	0,00	0,00	0,03	13,53	0,000000	0,00	0,000
5	-0,40	100	30	0,00	0,00	0,06	21,37	0,000000	0,00	0,000

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	66 di 82

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
6	-0,50	100	30	0,00	0,00	0,09	31,66	0,000000	0,00	0,000
7	-0,60	100	30	0,00	0,00	0,13	45,69	0,000000	0,00	0,000
8	-0,70	100	30	0,00	0,00	0,17	70,07	0,000000	0,00	0,000
9	-0,80	100	30	0,00	0,00	0,26	185,29	0,000000	0,00	0,000
10	-0,90	100	30	0,00	0,00	0,40	597,82	0,000000	0,00	0,000
11	-1,00	100	30	5,65	1000,00	0,59	151,86	0,000000	0,00	0,000
12	-1,10	100	30	5,65	1000,00	0,83	100,55	0,000000	0,00	0,000
13	-1,20	100	30	5,65	1000,00	1,14	81,35	0,000000	0,00	0,000
14	-1,30	100	30	5,65	1000,00	1,51	71,53	0,000000	0,00	0,000

Fondazione

Combinazione n° 10 - SLER

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-0,70	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
2	-0,60	100	40	10,05	1000,00	0,07	87,36	0,000000	0,00	0,000
3	-0,50	100	40	10,05	1000,00	0,29	87,36	0,000000	0,00	0,000
4	-0,40	100	40	10,05	1000,00	0,67	87,36	0,000000	0,00	0,000
5	-0,30	100	40	10,05	1000,00	1,23	87,36	0,000000	0,00	0,000
6	0,00	100	40	10,05	1000,00	0,00	-87,36	0,000000	0,00	0,000
7	0,10	100	40	10,05	1000,00	0,02	87,36	0,000000	0,00	0,000
8	0,20	100	40	10,05	1000,00	0,02	87,36	0,000000	0,00	0,000
9	0,30	100	40	10,05	1000,00	0,01	87,36	0,000000	0,00	0,000
10	0,40	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000

Combinazioni SLEF

Paramento

Combinazione n° 11 - SLEF

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
3	-0,20	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
4	-0,30	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
5	-0,40	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
6	-0,50	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
7	-0,60	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
8	-0,70	100	30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000000	0,00	0,000
9	-0,80	100	30	0,00	0,00	0,00	0,37	0,000000	0,00	0,000
10	-0,90	100	30	0,00	0,00	0,01	1,56	0,000000	0,00	0,000
11	-1,00	100	30	0,00	0,00	0,03	4,07	0,000000	0,00	0,000
12	-1,10	100	30	0,00	0,00	0,07	8,58	0,000000	0,00	0,000
13	-1,20	100	30	0,00	0,00	0,13	16,45	0,000000	0,00	0,000
14	-1,30	100	30	0,00	0,00	0,21	30,85	0,000000	0,00	0,000

Fondazione

Combinazione n° 11 - SLEF

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
----	---	---	---	----	------	---	-----	---	----	---

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	67 di 82

	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-0,70	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
2	-0,60	100	40	10,05	1000,00	0,04	87,36	0,000000	0,00	0,000
3	-0,50	100	40	10,05	1000,00	0,16	87,36	0,000000	0,00	0,000
4	-0,40	100	40	10,05	1000,00	0,39	87,36	0,000000	0,00	0,000
5	-0,30	100	40	10,05	1000,00	0,72	87,36	0,000000	0,00	0,000
6	0,00	100	40	10,05	1000,00	0,61	87,36	0,000000	0,00	0,000
7	0,10	100	40	10,05	1000,00	0,36	87,36	0,000000	0,00	0,000
8	0,20	100	40	10,05	1000,00	0,17	87,36	0,000000	0,00	0,000
9	0,30	100	40	10,05	1000,00	0,05	87,36	0,000000	0,00	0,000
10	0,40	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000

Combinazioni SLEQ

Paramento

Combinazione n° 12 - SLEQ

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0,00	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
3	-0,20	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
4	-0,30	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
5	-0,40	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
6	-0,50	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
7	-0,60	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
8	-0,70	100	30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000000	0,00	0,000
9	-0,80	100	30	0,00	0,00	0,00	0,37	0,000000	0,00	0,000
10	-0,90	100	30	0,00	0,00	0,01	1,56	0,000000	0,00	0,000
11	-1,00	100	30	0,00	0,00	0,03	4,07	0,000000	0,00	0,000
12	-1,10	100	30	0,00	0,00	0,07	8,58	0,000000	0,00	0,000
13	-1,20	100	30	0,00	0,00	0,13	16,45	0,000000	0,00	0,000
14	-1,30	100	30	0,00	0,00	0,21	30,85	0,000000	0,00	0,000

Fondazione

Combinazione n° 12 - SLEQ

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-0,70	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000
2	-0,60	100	40	10,05	1000,00	0,04	87,36	0,000000	0,00	0,000
3	-0,50	100	40	10,05	1000,00	0,16	87,36	0,000000	0,00	0,000
4	-0,40	100	40	10,05	1000,00	0,39	87,36	0,000000	0,00	0,000
5	-0,30	100	40	10,05	1000,00	0,72	87,36	0,000000	0,00	0,000
6	0,00	100	40	10,05	1000,00	0,61	87,36	0,000000	0,00	0,000
7	0,10	100	40	10,05	1000,00	0,36	87,36	0,000000	0,00	0,000
8	0,20	100	40	10,05	1000,00	0,17	87,36	0,000000	0,00	0,000
9	0,30	100	40	10,05	1000,00	0,05	87,36	0,000000	0,00	0,000
10	0,40	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	68 di 82

Risultati per involucro

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]
Cx, Cy Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	Cx	Cy	Px	Py
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	10,44	23,33	9,58	4,13	0,40	-1,23
	Peso/Inerzia muro			0,00	20,35/0,00	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	16,00/0,00	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			2,26	0,75	--	--
2	Spinta statica	7,83	23,33	7,19	3,10	0,40	-1,24
	Incremento di spinta sismica		2,34	2,15	0,93	0,40	-1,35
	Peso/Inerzia muro			2,02	20,35/1,01	-0,15	-1,10
	Peso/Inerzia terrapieno			1,31	13,20/0,66	0,20	-0,97
	Risultante forze sul muro			1,51	0,50	--	--

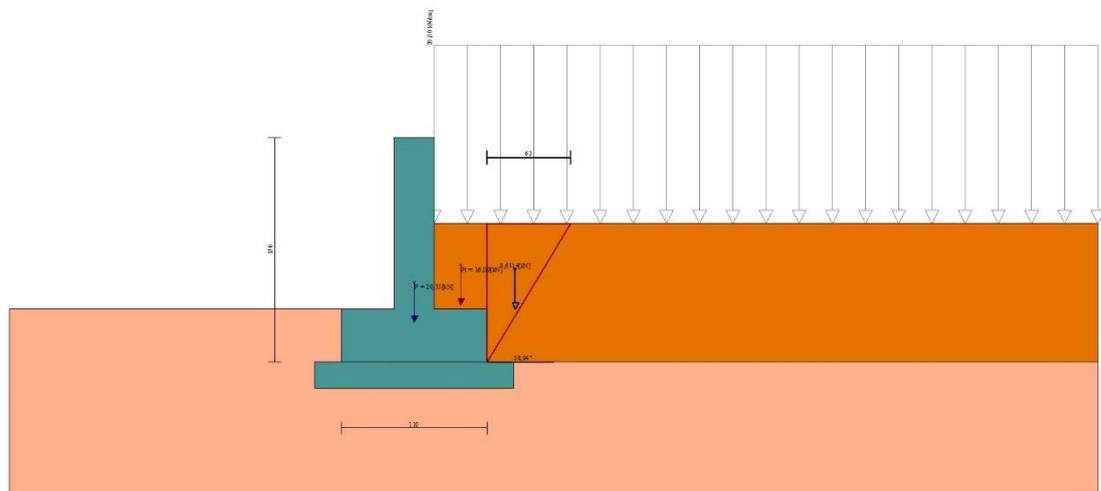


Fig. 12 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	69 di 82

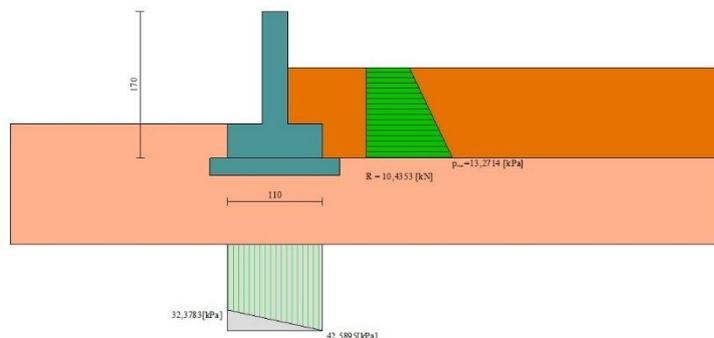


Fig. 13 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

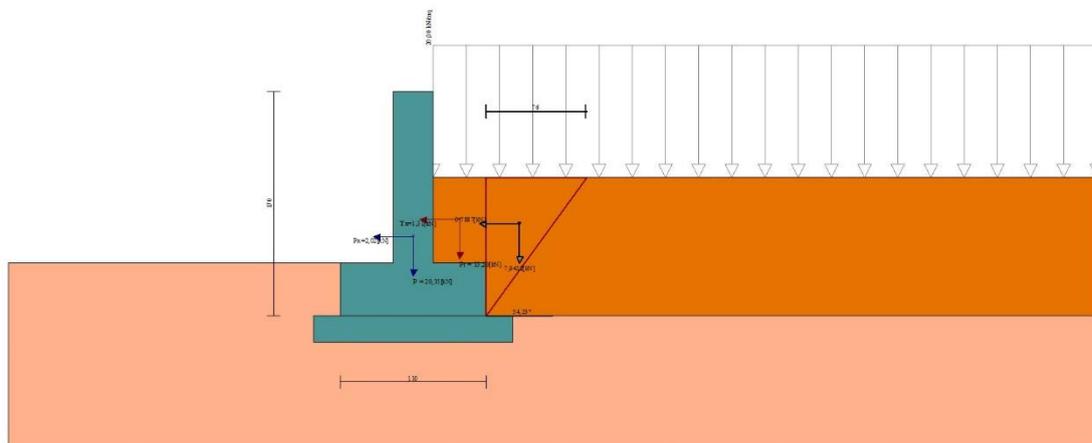


Fig. 14 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	70 di 82

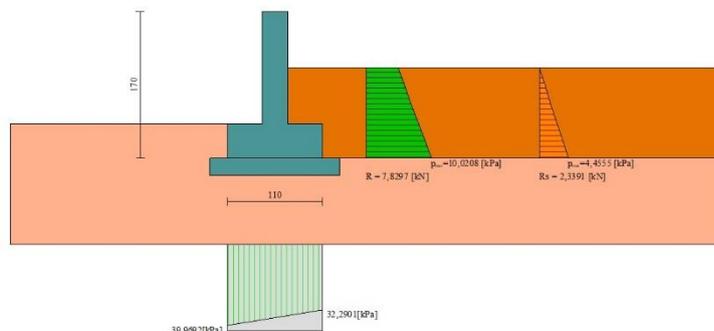


Fig. 15 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N	T	M _r	M _s	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
1 - STR (A1-M1-R3)	41,23	11,84	6,84	30,55	-0,025
2 - STR (A1-M1-R3)	39,74	14,18	7,84	28,92	0,019
3 - STR (A1-M1-R3)	36,11	13,48	8,74	27,45	0,032
4 - GEO (A2-M2-R2)	38,92	12,15	6,85	28,38	-0,003
5 - GEO (A2-M2-R2)	39,74	14,18	7,84	28,92	0,019
6 - GEO (A2-M2-R2)	36,11	13,48	8,74	27,45	0,032
7 - EQU (A1-M1-R3)	41,23	11,84	6,84	30,55	-0,025
8 - EQU (A1-M1-R3)	41,10	17,06	9,35	30,08	0,046
9 - EQU (A1-M1-R3)	35,68	16,07	10,72	27,89	0,069
10 - SLER	34,64	6,92	3,67	24,40	-0,048
11 - SLEF	27,12	2,48	0,87	17,32	-0,057
12 - SLEQ	27,12	2,48	0,87	17,32	-0,057

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

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-R3)		2.010		3.296			

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	71 di 82

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.619		2.820			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.546		2.826			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.482		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.609		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.581		
7 - EQU (A1-M1-R3)			4.464				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.218				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.602				

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-R3)	23,81	0,00	0,00	--	--	23,81	11,84	2.010
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	20,85	0,00	0,00	--	--	20,85	13,48	1.546

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-R3)	41,23	135,90	97,07	3.296
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	39,74	112,09	93,41	2.820

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Nc, Nq, N_γ Fattori di capacità portante
 ic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del carico
 dc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posa
 gc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico
 bc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa
 sc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazione
 pc, pq, p_γ Fattori di riduzione 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_γN_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 (Meyerhof).

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	r _γ	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	30.140 18.401 15.668	0.676 0.676 0.217	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	0
2	30.140 18.401	0.611 0.611	1.126 1.063	-- --	-- --	-- --	-- --	1.000	0,40	1,10 0,95	20,00	30.00	0

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	72 di 82

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	ry	D	B' H	γ	φ	c
	15.668	0.119	1.063	--	--	--	--		[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]

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
7 - EQU (A1-M1-R3)	30,55	6,84	4.464
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	27,89	10,72	2.602

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
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 0,00	1,93	1.482
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 0,00	1,93	1.581

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]
 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 [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,35	3,01	1,33 - 0,13	64.121	29.256	0	0,0	
2	0,98	3,01	0,13	57.928	29.256	0	0,0	
3	1,47	3,01	0,13	51.173	29.256	0	0,0	
4	1,86	3,01	0,13	45.314	29.256	0	0,0	
5	2,17	3,01	0,13	40.018	29.256	0	0,0	
6	2,44	3,01	0,13	35.109	29.256	0	0,0	
7	2,66	3,01	0,13	30.483	29.256	0	0,0	
8	3,05	3,01	0,13	26.068	24.791	0	0,0	
9	3,23	3,01	0,13	21.816	24.791	0	0,0	
10	3,36	3,01	0,13	17.687	24.791	0	0,0	
11	5,52	0,50	0,13	13.651	24.791	0	0,0	
12	6,00	0,65	0,13	9.684	24.791	0	0,0	
13	3,77	0,00	0,13	5.763	24.791	0	0,0	
14	1,89	0,00	0,13	1.869	24.791	0	0,0	
15	1,89	0,00	0,13	-2.016	24.791	0	0,0	
16	1,75	0,00	0,13	-5.910	24.791	0	0,0	
17	1,58	0,00	0,13	-9.832	24.791	0	0,0	
18	1,51	0,00	0,13	-13.802	24.791	0	0,0	
19	1,41	0,00	0,13	-17.840	24.791	0	0,0	

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	73 di 82

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
20	1,29	0,00	0,13	-21.973	24.791	0	0,0	
21	1,13	0,00	0,13	-26.231	24.791	0	0,0	
22	0,95	0,00	0,13	-30.653	24.791	0	0,0	
23	0,73	0,00	0,13	-35.288	24.791	0	0,0	
24	0,46	0,00	0,13	-40.209	24.791	0	0,0	
25	0,14	0,00	-1,94 - 0,13	-42.442	24.791	0	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,35	2,62	1,33 - 0,13	64.121	35.000	0	0,0	
2	0,98	2,62	0,13	57.928	35.000	0	0,0	
3	1,47	2,62	0,13	51.173	35.000	0	0,0	
4	1,86	2,62	0,13	45.314	35.000	0	0,0	
5	2,17	2,62	0,13	40.018	35.000	0	0,0	
6	2,44	2,62	0,13	35.109	35.000	0	0,0	
7	2,66	2,62	0,13	30.483	35.000	0	0,0	
8	3,05	2,62	0,13	26.068	30.000	0	0,0	
9	3,23	2,62	0,13	21.816	30.000	0	0,0	
10	3,36	2,62	0,13	17.687	30.000	0	0,0	
11	5,52	0,43	0,13	13.651	30.000	0	0,0	
12	6,00	0,50	0,13	9.684	30.000	0	0,0	
13	3,77	0,00	0,13	5.763	30.000	0	0,0	
14	1,89	0,00	0,13	1.869	30.000	0	0,0	
15	1,89	0,00	0,13	-2.016	30.000	0	0,0	
16	1,75	0,00	0,13	-5.910	30.000	0	0,0	
17	1,58	0,00	0,13	-9.832	30.000	0	0,0	
18	1,51	0,00	0,13	-13.802	30.000	0	0,0	
19	1,41	0,00	0,13	-17.840	30.000	0	0,0	
20	1,29	0,00	0,13	-21.973	30.000	0	0,0	
21	1,13	0,00	0,13	-26.231	30.000	0	0,0	
22	0,95	0,00	0,13	-30.653	30.000	0	0,0	
23	0,73	0,00	0,13	-35.288	30.000	0	0,0	
24	0,46	0,00	0,13	-40.209	30.000	0	0,0	
25	0,14	0,00	-1,94 - 0,13	-42.442	30.000	0	0,0	

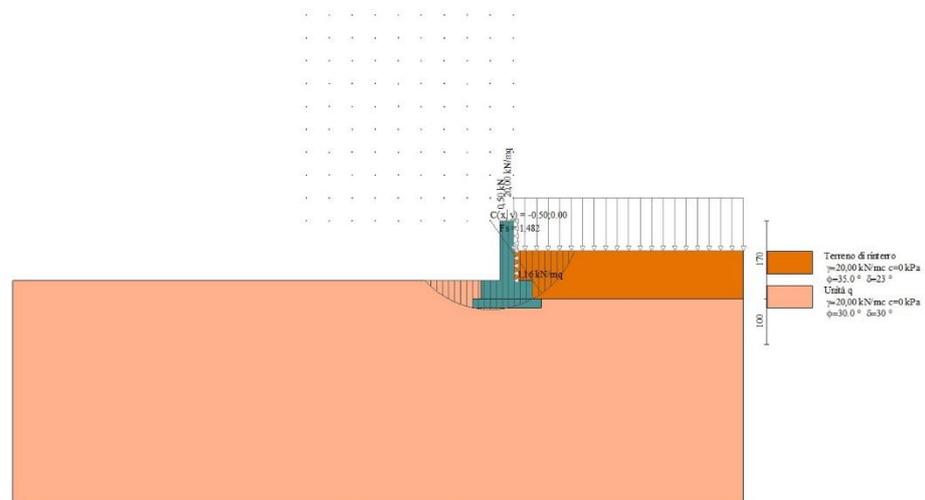


Fig. 16 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	74 di 82

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	Nmin	Nmax	Tmin	Tmax	Mmin	Mmax
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0,00	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,24	1,49	0,00	0,19	0,00	0,01
3	-0,20	1,97	2,22	0,00	0,38	0,00	0,04
4	-0,30	2,71	2,96	0,00	0,57	0,00	0,09
5	-0,40	3,44	3,69	0,00	0,76	0,00	0,15
6	-0,50	4,18	4,43	0,00	0,95	0,00	0,24
7	-0,60	4,91	5,16	0,00	1,13	0,00	0,34
8	-0,70	5,65	5,90	0,01	1,56	0,00	0,47
9	-0,80	6,38	6,63	0,05	2,37	0,00	0,66
10	-0,90	7,12	7,37	0,14	3,27	0,01	0,93
11	-1,00	7,86	8,11	0,28	4,22	0,03	1,29
12	-1,10	8,59	8,84	0,46	5,23	0,07	1,76
13	-1,20	9,33	9,58	0,68	6,31	0,13	2,33
14	-1,30	10,06	10,31	0,95	7,48	0,21	3,02

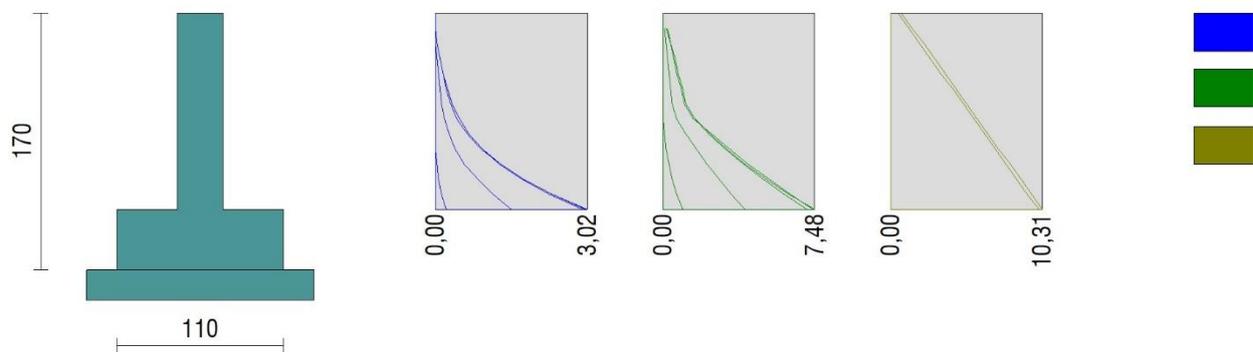


Fig. 17 - Paramento

Fondazione

n°	X	Nmin	Nmax	Tmin	Tmax	Mmin	Mmax
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	-0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,60	0,00	0,00	0,79	2,98	0,04	0,15
3	-0,50	0,00	0,00	1,72	5,89	0,16	0,59
4	-0,40	0,00	0,00	2,79	8,73	0,39	1,33
5	-0,30	0,00	0,00	3,99	11,51	0,72	2,34
6	0,00	0,00	0,00	-5,45	2,68	-1,15	0,61
7	0,10	0,00	0,00	-4,24	2,22	-0,66	0,36
8	0,20	0,00	0,00	-2,93	1,62	-0,30	0,17
9	0,30	0,00	0,00	-1,52	0,88	-0,08	0,05
10	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	75 di 82

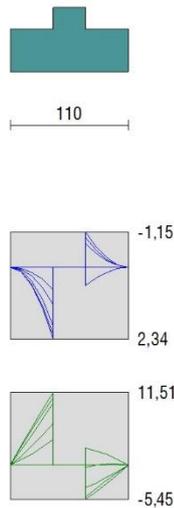


Fig. 18 - Fondazione

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	30	0,00	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	100	30	0,00	5,65	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
3	100	30	5,65	5,65	0,03	2,22	68,84	4393,35	1978.079
4	100	30	5,65	5,65	0,08	2,96	114,38	4318,90	1460.799
5	100	30	5,65	5,65	0,14	3,69	148,76	3945,58	1068.671
6	100	30	5,65	5,65	0,24	4,18	189,76	3354,70	803.030
7	100	30	5,65	5,65	0,34	4,91	207,20	2991,67	608.921
8	100	30	5,65	5,65	0,47	5,65	219,21	2640,30	467.428
9	100	30	5,65	5,65	0,66	6,38	227,28	2194,91	343.809
10	100	30	5,65	5,65	0,93	7,12	207,47	1584,91	222.612
11	100	30	5,65	5,65	1,29	7,86	168,44	1024,37	130.408
12	100	30	5,65	5,65	1,75	8,59	131,96	647,84	75.412
13	100	30	5,65	5,65	2,32	9,33	107,66	433,40	46.471
14	100	30	5,65	5,65	3,00	10,06	94,40	316,39	31.445

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	76 di 82

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	100	40	10,05	10,05	0,15	0,00	135,05	0,00	902.473
3	100	40	10,05	10,05	0,59	0,00	135,05	0,00	227.386
4	100	40	10,05	10,05	1,33	0,00	135,05	0,00	101.859
5	100	40	10,05	10,05	2,34	0,00	135,05	0,00	57.752
6	100	40	10,05	10,05	-1,15	0,00	-135,05	0,00	117.919
7	100	40	10,05	10,05	-0,66	0,00	-135,05	0,00	204.671
8	100	40	10,05	10,05	-0,30	0,00	-135,05	0,00	449.862
9	100	40	10,05	10,05	-0,08	0,00	-135,05	0,00	1758.777
10	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

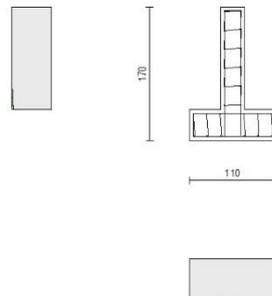


Fig. 19 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Asw	area ferri a taglio espressa in [cmq]
cotθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (Asw>0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Asw [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	30	0,00	--	0,00	0,00	127,52	0,00	100.000
2	100	30	0,00	--	0,00	0,00	127,62	0,19	675.088
3	100	30	0,00	--	0,00	0,00	137,65	0,38	364.074
4	100	30	0,00	--	0,00	0,00	137,75	0,57	242.885
5	100	30	0,00	--	0,00	0,00	137,84	0,76	182.290

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	77 di 82

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
6	100	30	0,00	--	0,00	0,00	137,94	0,95	145.933
7	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,03	1,13	121.695
8	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,13	1,56	88.531
9	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,26	2,37	58.397
10	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,35	3,27	42.371
11	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,45	4,22	32.804
12	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,54	5,23	26.471
13	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,64	6,31	21.987
14	100	30	0,00	--	0,00	0,00	138,70	7,48	18.542

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000
2	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,98	64.487
3	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-5,89	32.626
4	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-8,73	22.011
5	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-11,51	16.709
6	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-5,45	35.284
7	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-4,24	45.313
8	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-2,93	65.557
9	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	-1,52	126.618
10	100	40	0,00	--	0,00	0,00	192,26	0,00	100.000

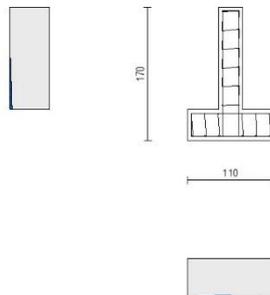


Fig. 20 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A _{fi}	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
A _{fs}	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ _c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
σ _{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
σ _{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	78 di 82

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 15978 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	2 (10)	23 (10)	0 (10)
2	100	30	0,00	5,65	0,00	1,24	4 (10)	55 (10)	0 (10)
3	100	30	5,65	5,65	0,01	1,97	7 (10)	84 (10)	103 (10)
4	100	30	5,65	5,65	0,03	2,71	10 (10)	107 (10)	149 (10)
5	100	30	5,65	5,65	0,06	3,44	14 (10)	125 (10)	200 (10)
6	100	30	5,65	5,65	0,09	4,18	18 (10)	139 (10)	256 (10)
7	100	30	5,65	5,65	0,13	4,91	23 (10)	148 (10)	317 (10)
8	100	30	5,65	5,65	0,17	5,65	29 (10)	150 (10)	385 (10)
9	100	30	5,65	5,65	0,26	6,38	36 (10)	125 (10)	479 (10)
10	100	30	5,65	5,65	0,40	7,12	47 (10)	67 (10)	606 (10)
11	100	30	5,65	5,65	0,59	7,86	63 (10)	95 (10)	787 (10)
12	100	30	5,65	5,65	0,83	8,59	89 (10)	538 (10)	1053 (10)
13	100	30	5,65	5,65	1,14	9,33	129 (10)	1523 (10)	1404 (10)
14	100	30	5,65	5,65	1,51	10,06	181 (10)	3194 (10)	1810 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 15978 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (10)	0 (10)	0 (10)
2	100	40	10,05	10,05	0,07	0,00	4 (10)	209 (10)	33 (10)
3	100	40	10,05	10,05	0,29	0,00	18 (10)	868 (10)	137 (10)
4	100	40	10,05	10,05	0,67	0,00	41 (10)	2020 (10)	320 (10)
5	100	40	10,05	10,05	1,23	0,00	75 (10)	3712 (10)	588 (10)
6	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (1)	0 (1)	8 (10)
7	100	40	10,05	10,05	0,02	0,00	1 (10)	64 (10)	10 (10)
8	100	40	10,05	10,05	0,02	0,00	1 (10)	59 (10)	9 (10)
9	100	40	10,05	10,05	0,01	0,00	0 (10)	22 (10)	4 (10)
10	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (10)	0 (10)	0 (10)

Combinazioni SLEF

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29050 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	2 (11)	23 (11)	0 (11)
2	100	30	0,00	5,65	0,00	1,24	4 (11)	58 (11)	0 (11)
3	100	30	5,65	5,65	0,00	1,97	6 (11)	93 (11)	93 (11)
4	100	30	5,65	5,65	0,00	2,71	9 (11)	128 (11)	128 (11)
5	100	30	5,65	5,65	0,00	3,44	11 (11)	163 (11)	163 (11)
6	100	30	5,65	5,65	0,00	4,18	13 (11)	198 (11)	198 (11)
7	100	30	5,65	5,65	0,00	4,91	16 (11)	233 (11)	233 (11)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	79 di 82

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
8	100	30	5,65	5,65	0,00	5,65	18 (11)	267 (11)	267 (11)
9	100	30	5,65	5,65	0,00	6,38	20 (11)	300 (11)	304 (11)
10	100	30	5,65	5,65	0,01	7,12	23 (11)	329 (11)	345 (11)
11	100	30	5,65	5,65	0,03	7,86	27 (11)	350 (11)	394 (11)
12	100	30	5,65	5,65	0,07	8,59	31 (11)	360 (11)	453 (11)
13	100	30	5,65	5,65	0,13	9,33	37 (11)	357 (11)	525 (11)
14	100	30	5,65	5,65	0,21	10,06	44 (11)	337 (11)	615 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29050 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (11)	0 (11)	0 (11)
2	100	40	10,05	10,05	0,04	0,00	2 (11)	116 (11)	18 (11)
3	100	40	10,05	10,05	0,16	0,00	10 (11)	490 (11)	78 (11)
4	100	40	10,05	10,05	0,39	0,00	24 (11)	1166 (11)	185 (11)
5	100	40	10,05	10,05	0,72	0,00	44 (11)	2184 (11)	346 (11)
6	100	40	10,05	10,05	0,61	0,00	37 (11)	1839 (11)	291 (11)
7	100	40	10,05	10,05	0,36	0,00	22 (11)	1097 (11)	174 (11)
8	100	40	10,05	10,05	0,17	0,00	10 (11)	515 (11)	82 (11)
9	100	40	10,05	10,05	0,05	0,00	3 (11)	136 (11)	22 (11)
10	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (11)	0 (11)	0 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	30	0,00	5,65	0,00	0,50	2 (12)	23 (12)	0 (12)
2	100	30	0,00	5,65	0,00	1,24	4 (12)	58 (12)	0 (12)
3	100	30	5,65	5,65	0,00	1,97	6 (12)	93 (12)	93 (12)
4	100	30	5,65	5,65	0,00	2,71	9 (12)	128 (12)	128 (12)
5	100	30	5,65	5,65	0,00	3,44	11 (12)	163 (12)	163 (12)
6	100	30	5,65	5,65	0,00	4,18	13 (12)	198 (12)	198 (12)
7	100	30	5,65	5,65	0,00	4,91	16 (12)	233 (12)	233 (12)
8	100	30	5,65	5,65	0,00	5,65	18 (12)	267 (12)	267 (12)
9	100	30	5,65	5,65	0,00	6,38	20 (12)	300 (12)	304 (12)
10	100	30	5,65	5,65	0,01	7,12	23 (12)	329 (12)	345 (12)
11	100	30	5,65	5,65	0,03	7,86	27 (12)	350 (12)	394 (12)
12	100	30	5,65	5,65	0,07	8,59	31 (12)	360 (12)	453 (12)
13	100	30	5,65	5,65	0,13	9,33	37 (12)	357 (12)	525 (12)
14	100	30	5,65	5,65	0,21	10,06	44 (12)	337 (12)	615 (12)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (12)	0 (12)	0 (12)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	80 di 82

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
2	100	40	10,05	10,05	0,04	0,00	2 (12)	116 (12)	18 (12)
3	100	40	10,05	10,05	0,16	0,00	10 (12)	490 (12)	78 (12)
4	100	40	10,05	10,05	0,39	0,00	24 (12)	1166 (12)	185 (12)
5	100	40	10,05	10,05	0,72	0,00	44 (12)	2184 (12)	346 (12)
6	100	40	10,05	10,05	0,61	0,00	37 (12)	1839 (12)	291 (12)
7	100	40	10,05	10,05	0,36	0,00	22 (12)	1097 (12)	174 (12)
8	100	40	10,05	10,05	0,17	0,00	10 (12)	515 (12)	82 (12)
9	100	40	10,05	10,05	0,05	0,00	3 (12)	136 (12)	22 (12)
10	100	40	10,05	10,05	0,00	0,00	0 (12)	0 (12)	0 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
ϵ	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLER

Paramento

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (10)
2	100	30	0,00	0,00	0,00	2,80	0,000000	0,00	0,000 (10)
3	100	30	0,00	0,00	0,01	7,42	0,000000	0,00	0,000 (10)
4	100	30	0,00	0,00	0,03	13,53	0,000000	0,00	0,000 (10)
5	100	30	0,00	0,00	0,06	21,37	0,000000	0,00	0,000 (10)
6	100	30	0,00	0,00	0,09	31,66	0,000000	0,00	0,000 (10)
7	100	30	0,00	0,00	0,13	45,69	0,000000	0,00	0,000 (10)
8	100	30	0,00	0,00	0,17	70,07	0,000000	0,00	0,000 (10)
9	100	30	0,00	0,00	0,26	185,29	0,000000	0,00	0,000 (10)
10	100	30	0,00	0,00	0,40	597,82	0,000000	0,00	0,000 (10)
11	100	30	5,65	1000,00	0,59	151,86	0,000000	0,00	0,000 (10)
12	100	30	5,65	1000,00	0,83	100,55	0,000000	0,00	0,000 (10)
13	100	30	5,65	1000,00	1,14	81,35	0,000000	0,00	0,000 (10)
14	100	30	5,65	1000,00	1,51	71,53	0,000000	0,00	0,000 (10)

Fondazione

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (10)
2	100	40	10,05	1000,00	0,07	87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
3	100	40	10,05	1000,00	0,29	87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
4	100	40	10,05	1000,00	0,67	87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
5	100	40	10,05	1000,00	1,23	87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
6	100	40	10,05	1000,00	0,00	-87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
7	100	40	10,05	1000,00	0,02	87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
8	100	40	10,05	1000,00	0,02	87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
9	100	40	10,05	1000,00	0,01	87,36	0,000000	0,00	0,000 (10)
10	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (10)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	81 di 82

Combinazioni SLEF

Paramento

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
2	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
3	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
4	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
5	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
6	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
7	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
8	100	30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000000	0,00	0,000 (11)
9	100	30	0,00	0,00	0,00	0,37	0,000000	0,00	0,000 (11)
10	100	30	0,00	0,00	0,01	1,56	0,000000	0,00	0,000 (11)
11	100	30	0,00	0,00	0,03	4,07	0,000000	0,00	0,000 (11)
12	100	30	0,00	0,00	0,07	8,58	0,000000	0,00	0,000 (11)
13	100	30	0,00	0,00	0,13	16,45	0,000000	0,00	0,000 (11)
14	100	30	0,00	0,00	0,21	30,85	0,000000	0,00	0,000 (11)

Fondazione

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)
2	100	40	10,05	1000,00	0,04	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
3	100	40	10,05	1000,00	0,16	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
4	100	40	10,05	1000,00	0,39	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
5	100	40	10,05	1000,00	0,72	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
6	100	40	10,05	1000,00	0,61	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
7	100	40	10,05	1000,00	0,36	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
8	100	40	10,05	1000,00	0,17	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
9	100	40	10,05	1000,00	0,05	87,36	0,000000	0,00	0,000 (11)
10	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ϵ	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
2	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
3	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
4	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
5	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
6	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
7	100	30	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
8	100	30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000000	0,00	0,000 (12)
9	100	30	0,00	0,00	0,00	0,37	0,000000	0,00	0,000 (12)
10	100	30	0,00	0,00	0,01	1,56	0,000000	0,00	0,000 (12)
11	100	30	0,00	0,00	0,03	4,07	0,000000	0,00	0,000 (12)
12	100	30	0,00	0,00	0,07	8,58	0,000000	0,00	0,000 (12)
13	100	30	0,00	0,00	0,13	16,45	0,000000	0,00	0,000 (12)

PT03 - Piazzale Emergenza galleria Dell'Arcia lato Nord
 Carpenteria muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
RS6K	00	R	78	CL	PT0300	001	A	82 di 82

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
14	100	30	0,00	0,00	0,21	30,85	0,000000	0,00	0,000 (12)

Fondazione

 Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)
2	100	40	10,05	1000,00	0,04	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
3	100	40	10,05	1000,00	0,16	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
4	100	40	10,05	1000,00	0,39	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
5	100	40	10,05	1000,00	0,72	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
6	100	40	10,05	1000,00	0,61	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
7	100	40	10,05	1000,00	0,36	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
8	100	40	10,05	1000,00	0,17	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
9	100	40	10,05	1000,00	0,05	87,36	0,000000	0,00	0,000 (12)
10	100	40	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (12)