

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA**

**SOTTOVIA**

SL01-Sottovia alla pk 18+150, viabilità NV14B

Relazione di calcolo muro di sostegno

SCALA:

-

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

RS3E 52 D 78 CL SL0200 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	E. Abbasciano	Dicembre 2019	A. Iorio M. Faneli	Dicembre 2019	F. Speracino	Dicembre 2019	D. Tiberti Dicembre 2019

File: RS3E52D78CLSL0100004A.doc

n. Elab.: 717

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10070

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Tecnica  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Dante Tiberti

# INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	4
3	MATERIALI.....	5
3.1	CALCESTRUZZO ELEVAZIONE E FONDAZIONE .....	5
3.2	ACCIAIO B450C .....	6
3.3	VERIFICA S.L.E. ....	6
3.3.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i> .....	6
3.3.2	7	
3.3.3	<i>Stato limite di fessurazione</i> .....	8
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	9
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO .....	9
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	12
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....	12
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	12
6	VERIFICA MURO DI SOSTEGNO – TABULATO DI CALCOLO .....	16

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	3 di 58

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativo alla tratta a semplice binario Dittaino – Catenanuova del Nuovo Collegamento Palermo – Catania. L'intera tratta Dittaino – Catenanuova ha uno sviluppo complessivo di circa 22,8 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "SOTTOVIA".

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.

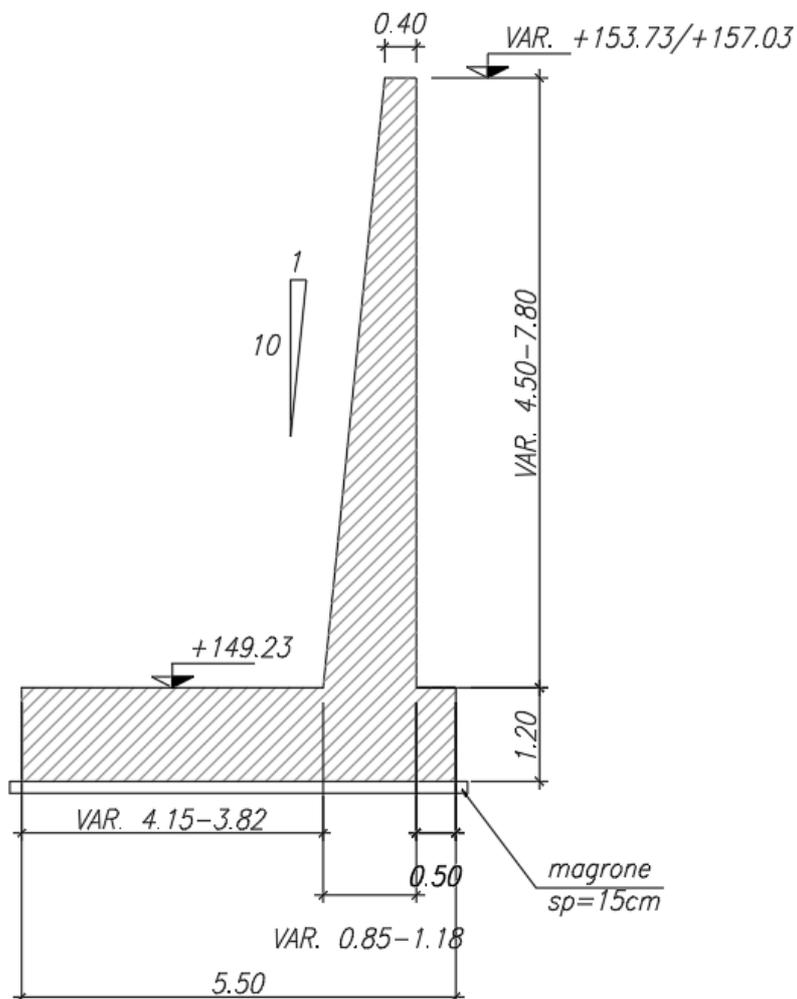


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	4 di 58

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documenti Referenziati

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

#### Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
- 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] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B– rev 22/12/2017)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B– rev 22/12/2017)
- Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [11] 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. [12] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	5 di 58

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo elevazione e fondazione

**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	$N/mm^2$
<b>Massime tensioni di compressione in esercizio:</b>			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	18.43	$N/mm^2$
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	13.82	$N/mm^2$
Classe di esposizione		<b>XC3</b>	
Classe di consistenza slump:		<b>S4</b>	

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	6 di 58

### 3.2 Acciaio B450C

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$ ;

Tensione di progetto:  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$

in cui  $\gamma_m = 1.15$   $f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa}$ ;

Modulo Elastico  $E_s = 210'000 \text{ MPa}$ .

### 3.3 Verifica S.L.E.

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 attesa, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.3.1 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 SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017", 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  $0.75 f_{yk}$ .

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	7 di 58

Per il caso in esame risulta in particolare :

### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{cmax\ QP} = (0,40 f_{ck}) \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax\ R} = (0,55 f_{ck}) = \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

### ACCIAIO

$$\sigma_{s\ max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

#### 3.3.2

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	8 di 58

### 3.3.3 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]

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

**Tabella 1 – 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	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

**Tabella 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

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

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 nel DM 14.1.2008, 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)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura della circolare 2009 al punto " C4.1.2.2.4.5.

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	9 di 58

#### 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica (RS3E50D78RHGE0006001A) per la trattazione completa dei parametri geotecnici.

##### 4.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

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

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale

$\varphi' = 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata

##### 4.1 Terreno di fondazione

In corrispondenza dell'opera sono stati eseguiti i sondaggi elencati nella tabella seguente.

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc / Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC/ Prova DH
5_S01	30.0	150.6	3	2	-	5	2	-	DH[30]
5_S15_vi	40.0	152.4	3	2	-	5	3		TA[3÷18]
D26	40.0	155.0	3	6	-	5	2	-	TA[3÷8]
TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante] CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]									

Nei piezometri installati il livello massimo di falda varia tra +147.5 m (5\_S15vi) e +153 m s.l.m. (D26).

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	10 di 58

La stratigrafia di riferimento per l'opera è la seguente:

STRATIGRAFIA	
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.
bbc	0.0÷7.0
bbis	7.0÷10.0
bbi	10.0÷13.0
FYN	13.0÷19.0
AAC	19.0÷30.0
FALDA: p.c.	

## PARAMETRI GEOTECNICI

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$V_s$ [m/s]	$G_o$ [MPa]	$E_o$ [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bbc	19.5	75	0÷5	25	-	-	150	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbis	19.5	-	0	32	-	-	200	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbi	19.5	-	0	35	-	-	350	$E_o / 3$	$E_o / 10$
FYN	20.0	250	5	24	-	-	500	$E_o / 3$	$E_o / 10$
AAC	20.5	250 per $z < 30$ m 250÷350 per $z > 30$ m	5	24	-	-	700	$E_o / 3$	$E_o / 10$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
SL01-Sottovia alla pk 18+150, viabilità NV14B

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	11 di 58

Dove:

$\gamma$  = peso di volume naturale

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$c'$  = coesione drenata

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

$V_s$  = velocità delle onde di taglio

$G_o$  = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E_o$  = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$  = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$  = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	12 di 58

## 5 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 dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

### 5.1 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:  $V_N = 75$  anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_U = 1.5$ .

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  $C_U$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  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.

### 5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, 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.

- Categoria sottosuolo **E**



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**SL01-Sottovia alla pk 18+150, viabilità NV14B**

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	13 di 58

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

Ricerca per coordinate  
LONGITUDINE: 14.64933  
LATITUDINE: 37.57484

Ricerca per comune  
REGIONE: Sicilia  
PROVINCIA: Enna  
COMUNE: Regabuto

Elaborazioni grafiche:  
Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione:  
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 112.5 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

Stati limite di esercizio - SLE:  
SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 68  
SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 113

Stati limite ultimi - SLU:  
SLV -  $P_{VR} = 10\%$ : 1068  
SLC -  $P_{VR} = 5\%$ : 2193

Elaborazioni:  
Grafici parametri azione  
Grafici spettri di risposta  
Tabella parametri azione

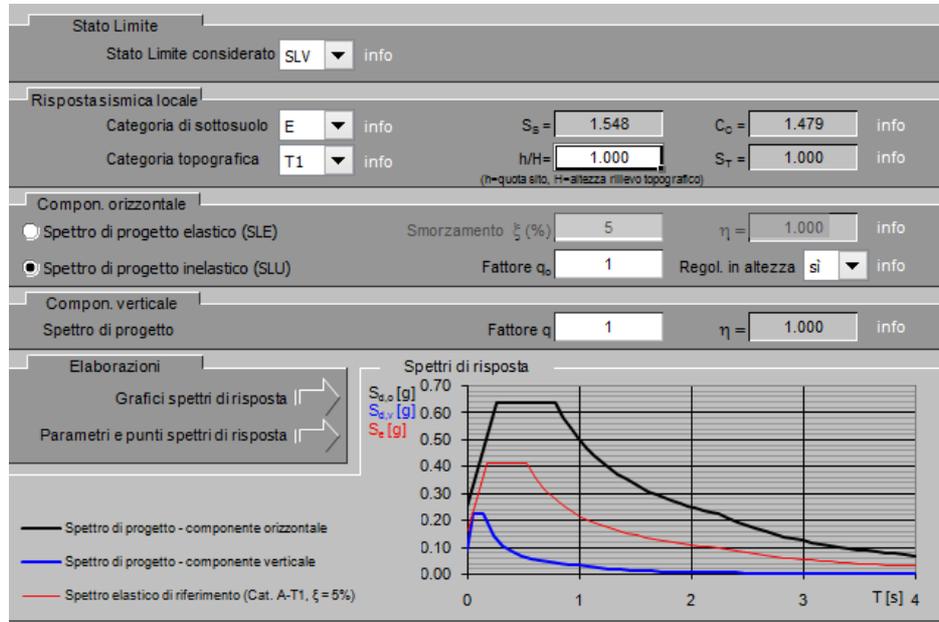
Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO:  
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie  
---■--- Strategia scelta

Graph showing  $T_R$  [anni] vs Limit State (SLO, SLD, SLV, SLC). The y-axis is logarithmic from 10 to 10000. The x-axis shows the limit states. Data points: SLO (68), SLD (113), SLV (1068), SLC (2193). Two strategies are shown: ordinary (dashed line with squares) and chosen (dashed line with squares).

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	14 di 58



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SL1**

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.163 g
$F_a$	2.524
$T_C$	0.533 s
$S_S$	1.548
$C_C$	1.479
$S_T$	1.000
$q$	1.000

Parametri dipendenti	
$S$	1.548
$\eta$	1.000
$T_B$	0.263 s
$T_C$	0.788 s
$T_D$	2.251 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$S = S_S \cdot S_T$  (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{1.0 \cdot (5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$  (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$  (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_C \cdot T_C^*$  (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$  (NTC-07 Eq. 3.2.9)

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$   $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$

$T_B \leq T < T_C$   $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$

$T_C \leq T < T_D$   $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$

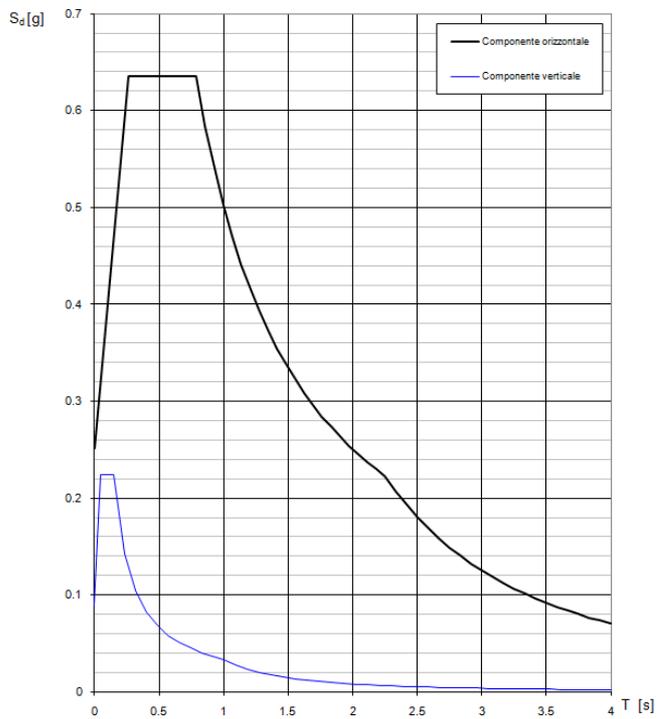
$T_D \leq T$   $S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

Lo spettro di progetto  $S_s(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	$S_e$ [g]
0.000	0.252
0.263	0.636
0.788	0.636
0.858	0.584
0.928	0.540
0.997	0.503
1.067	0.470
1.137	0.441
1.206	0.416
1.276	0.393
1.346	0.373
1.415	0.354
1.485	0.338
1.555	0.323
1.624	0.309
1.694	0.296
1.763	0.284
1.833	0.274
1.903	0.264
1.972	0.254
2.042	0.246
2.112	0.237
2.181	0.230
2.251	0.223
2.324	0.207
2.417	0.193
2.501	0.180
2.584	0.169
2.667	0.159
2.751	0.149
2.834	0.141
2.917	0.133
3.001	0.125
3.084	0.119
3.167	0.113
3.250	0.107
3.334	0.102
3.417	0.097
3.500	0.092
3.584	0.088
3.667	0.084
3.750	0.080
3.833	0.077
3.917	0.074
4.000	0.071

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	16 di 58

## 6 VERIFICA MURO DI SOSTEGNO – TABULATO DI CALCOLO

Di seguito si riportano i tabulati di calcolo così come escono dal software di verifica utilizza MAX15 della AZTEC.

### Richiami teorici

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

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

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

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

### Calcolo della spinta sul muro

#### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

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

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

### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

### Spinta in presenza di falda

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

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	18 di 58

$$\gamma_a = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

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

### *Spinta in presenza di sisma*

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

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

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

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

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

dove  $\theta = \arctg(C)$  essendo  $C$  il coefficiente di intensità sismica.

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	19 di 58

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

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

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

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

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

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

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

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

### Verifica a ribaltamento

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

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
SL01-Sottovia alla pk 18+150, viabilità NV14B

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	20 di 58

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

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

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

### Verifica a scorrimento

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

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

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

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

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

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

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

### Verifica al carico limite

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

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

$c$  coesione del terreno in fondazione;

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	22 di 58

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

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

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

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

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	23 di 58

### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} K_p^{0.5}$$

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

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} K_p^{0.5} \quad \text{per } \phi > 0$$

### Fattori di inclinazione

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

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

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

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

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$ . Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	24 di 58

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

dove il termine  $m$  è espresso da

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

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

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

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	25 di 58

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

n° Indice materiale

Descr Descrizione del materiale

#### Calcestruzzo armato

C Classe di resistenza del cls

A Classe di resistenza dell'acciaio

$\gamma$  Peso specifico, espresso in [kN/mc]

$R_{ck}$  Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

E Modulo elastico, espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

$\nu$  Coeff. di Poisson

n Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls

$n_{tc}$  Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	$R_{ck}$	E	$\nu$	n	$n_{tc}$
				[kN/mc]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			
1	C30/37	C30/37	B450C	25.0000	35.000	32588.0	0.30	15.00	0.50

### Acciai

Descr	$f_{yk}$	$f_{uk}$
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
B450C	450.000	540.000

### 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 [°]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	26 di 58

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	30.00	0.00	0.000

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

Falda

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 [m]	Y [m]	A [°]
1	-5.00	-8.00	0.000
2	-0.40	-8.00	0.000
3	0.70	-8.00	0.000
4	30.00	-8.00	0.000

Geometria muro

*Geometria paramento e fondazione*

Paramento

Materiale	C30/37	
Altezza paramento	9.00	[m]
Altezza paramento libero	7.00	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.18	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	5.71	[°]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	27 di 58

Fondazione

Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	0.50	[m]
Lunghezza mensola di monte	3.92	[m]
Lunghezza totale	5.60	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.20	[m]
Spessore magrone	0.15	[m]

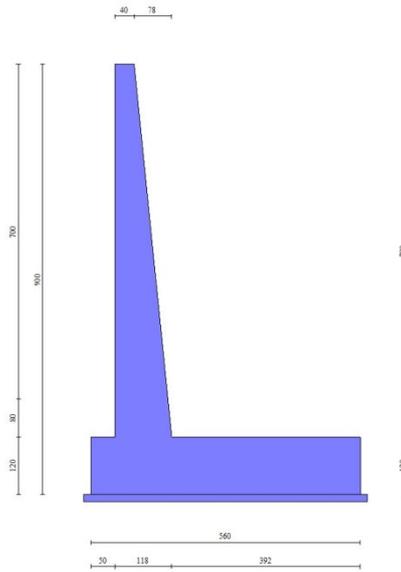


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	28 di 58

$\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]

$\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

c Coesione espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

$c_a$  Adesione terra-muro espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)

$\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [N/mm <sup>2</sup> ]	$c_a$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Cesp	$\tau_l$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	Riempimento	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0.000	0.000		
2	Fondazione	19.5000	19.5000	32.000	21.330	0.000	0.000		

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

n° Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

$\alpha$  Inclinazione espressa in [°]

Terreno Terreno dello strato

Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/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<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	9.00	0.000	Riempimento	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2	6.00	0.000	Fondazione	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000



Fig. 2 - Stratigrafia

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008)**

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

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

### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Peso nell'unita di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni		
	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40
Scorrimento	--	--	1.10
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--

### 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. I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	31 di 58

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

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

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO A2-M2-R2

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

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

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	32 di 58

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	33 di 58

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ\_H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ\_H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Regalbuto
Provincia	Enna
Regione	Sicilia
Latitudine	37.574840
Longitudine	14.649330
Indice punti di interpolazione	47637 - 47859 - 47860 - 47638
Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	113 anni

	Simbolo	U.M.	SLU
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.643
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.167
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.509
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.532
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	E	1.538
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000
Coeff. di riduzione	$\beta_m$		0.240
Coeff. di riduzione verifica a ribaltamento	$\beta_m$		0.000
Coeff. di intensità sismica orizzontale	$k_h$	[%]	6.164
Coeff. di intensità sismica verticale	$k_v=0.50 k_h$	[%]	3.082



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
SL01-Sottovia alla pk 18+150, viabilità NV14B

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	34 di 58

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

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	35 di 58

## 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

### Stabilità globale

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

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5.00 [cm]

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	36 di 58

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**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD **non eseguite**. Struttura in classe d'uso III o IV

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata SI

*Verifica a fessurazione*

Sensibilità armatura Poco sensibile

Metodo di calcolo aperture delle fessure Circ. Min. 252 (15/10/96) - NTC 2008 I Formulazione

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

*Verifica delle tensioni*

Valori limite delle tensioni nei materiali:

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 $f_{yk}$

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	37 di 58

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	255.78	29.04	223.62	124.16	4.70	-5.98
	Peso/Inerzia muro			0.00	322.04/0.00	1.00	-6.55
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	672.35/0.00	2.54	-3.78
	Spinta falda da monte			6.37		4.70	-8.67
	Sottostinta della falda				71.39	1.90	-9.00
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00

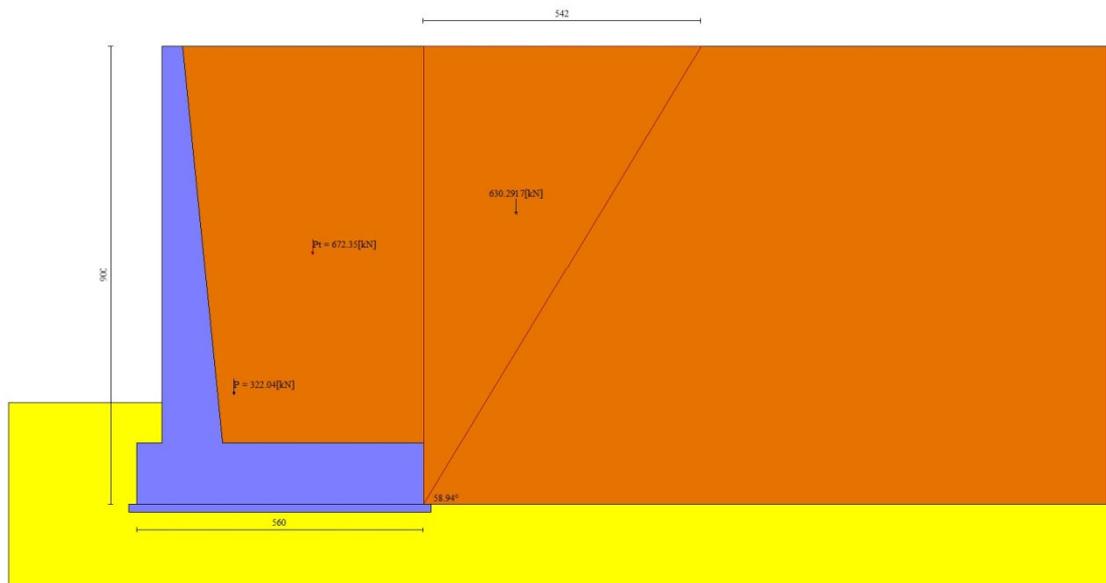


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

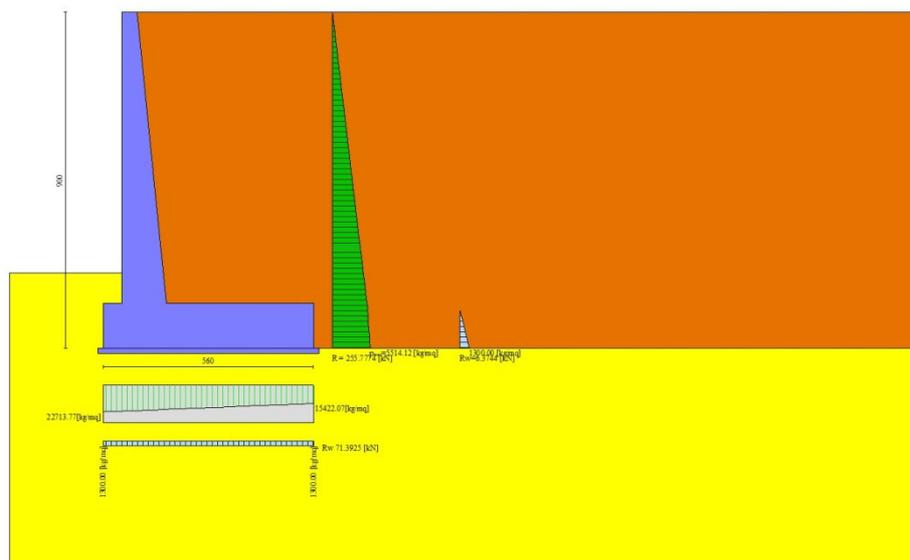


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR A1-M1-R3		1.778		5.582			

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	39 di 58

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
2 - STR A1-M1-R3	H + V	1.337		3.527			
3 - STR A1-M1-R3	H - V	1.273		3.648			
4 - GEO A2-M2-R2					1.198		
5 - GEO A2-M2-R2	H + V				1.288		
6 - GEO A2-M2-R2	H - V				1.216		
7 - EQU			4.130				
8 - EQU	H + V		2.542				
9 - EQU	H - V		2.154				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
R <sub>sa</sub>	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
R <sub>pt</sub>	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
R <sub>ps</sub>	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R <sub>p</sub>	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
R <sub>t</sub>	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di R <sub>sa</sub> +R <sub>pt</sub> +R <sub>ps</sub> +R <sub>p</sub> ), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	R <sub>sa</sub> [kN]	R <sub>pt</sub> [kN]	R <sub>ps</sub> [kN]	R <sub>p</sub> [kN]	R <sub>t</sub> [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
3 - STR A1-M1-R3 H - V	392.57	0.00	0.00	--	--	392.57	308.44	1.273

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico verticale totale, espresso in [kN]
Q <sub>u</sub>	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Q <sub>d</sub>	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>d</sub> [kN]	FS
2 - STR A1-M1-R3 H + V	1111.71	3921.12	3267.60	3.527

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	40 di 58

**Dettagli calcolo portanza**

Simbologia adottata

n°	Indece combinazione
Nc, Nq, N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
ic, iq, i <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d <sub>γ</sub>	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s <sub>γ</sub>	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p <sub>γ</sub>	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>γ</sub> N <sub>γ</sub> 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 [N/mm <sup>2</sup> ]

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

n°	Nc Nq N <sub>γ</sub>	ic iq i <sub>γ</sub>	dc dq d <sub>γ</sub>	gc gq g <sub>γ</sub>	bc bq b <sub>γ</sub>	sc sq s <sub>γ</sub>	pc pq p <sub>γ</sub>	r <sub>γ</sub>	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[N/mm <sup>2</sup> ]
2	35.490 23.177 22.022	0.671 0.671 0.241	1.129 1.064 1.064	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.888	2.00	4.52 5.05	19.50	32.00	0.000

*Verifica a ribaltamento*

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
M <sub>r</sub>	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°	M <sub>s</sub>	M <sub>r</sub>	FS
	[kNm]	[kNm]	

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	41 di 58

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
9 - EQU H - V	3633.90	1686.99	2.154

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	-4.50; 1.00	13.60	1.198

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]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mmq]

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [N/mmq]	u [N/mmq]	Tx; Ty [kN]
1	40.80	0.00	9.07 - 0.98	76.674	29.256	0.000	0.0000	
2	100.69	0.00	0.98	63.153	29.256	0.000	0.0000	
3	133.56	0.00	0.98	54.953	29.256	0.000	0.0000	
4	156.61	0.00	0.98	48.234	29.256	0.000	0.0004	
5	176.31	0.00	0.98	42.321	26.560	0.000	0.0102	
6	191.04	0.00	0.98	36.927	26.560	0.000	0.0182	
7	197.47	0.00	0.98	31.895	26.560	0.000	0.0249	
8	202.79	0.00	0.98	27.127	26.560	0.000	0.0303	

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [N/mm <sup>2</sup> ]	u [N/mm <sup>2</sup> ]	Tx; Ty [kN]
9	214.95	0.00	0.98	22.557	26.560	0.000	0.0348	
10	182.87	0.00	0.98	18.134	26.560	0.000	0.0384	
11	62.31	0.00	0.98	13.821	26.560	0.000	0.0411	
12	62.07	0.00	0.98	9.586	26.560	0.000	0.0431	
13	63.31	0.00	0.98	5.405	26.560	0.000	0.0444	
14	63.85	0.00	0.98	1.252	26.560	0.000	0.0450	
15	63.72	0.00	0.98	-2.894	26.560	0.000	0.0448	
16	62.90	0.00	0.98	-7.055	26.560	0.000	0.0440	
17	61.39	0.00	0.98	-11.255	26.560	0.000	0.0424	
18	59.16	0.00	0.98	-15.517	26.560	0.000	0.0401	
19	56.16	0.00	0.98	-19.870	26.560	0.000	0.0371	
20	52.35	0.00	0.98	-24.346	26.560	0.000	0.0331	
21	47.64	0.00	0.98	-28.988	26.560	0.000	0.0283	
22	41.90	0.00	0.98	-33.851	26.560	0.000	0.0224	
23	34.97	0.00	0.98	-39.012	26.560	0.000	0.0152	
24	26.39	0.00	0.98	-44.588	26.560	0.000	0.0066	
25	11.37	0.00	-15.51 - 0.98	-50.377	26.560	0.000	0.0000	

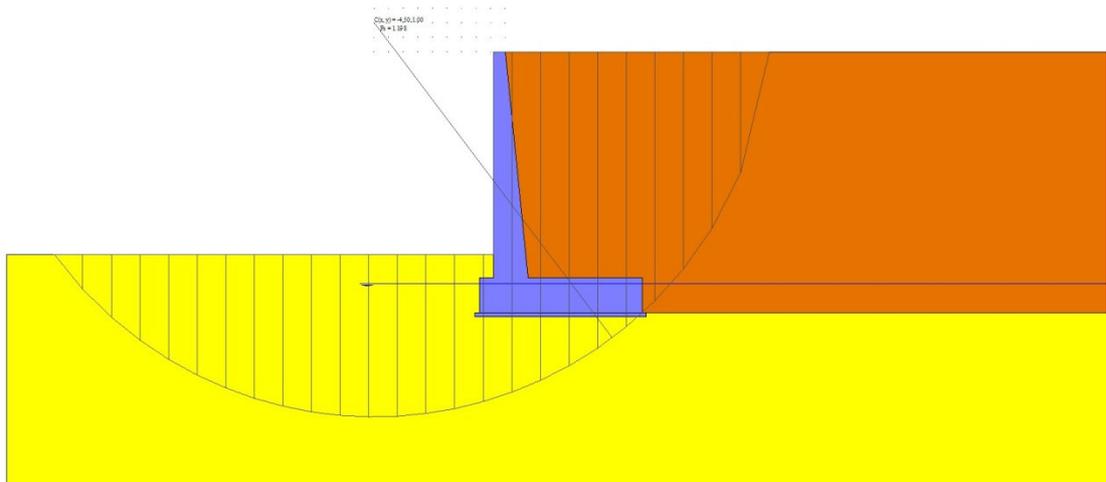


Fig. 5 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

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

## Paramento

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.39	4.09	4.09	0.38	0.89	0.09	0.18
3	-0.78	8.56	8.56	1.52	2.78	0.56	0.98
4	-1.17	13.41	13.41	3.42	5.67	1.71	2.81
5	-1.56	18.64	18.64	6.08	9.57	3.85	6.06
6	-1.95	24.25	24.25	9.50	14.48	7.29	11.14
7	-2.34	30.24	30.24	13.68	20.39	12.31	18.44
8	-2.73	36.62	36.62	18.63	27.31	19.24	28.36
9	-3.12	43.37	43.37	24.33	35.23	28.37	41.30
10	-3.51	50.50	50.50	30.79	44.16	40.01	57.66
11	-3.90	58.01	58.01	38.01	54.09	54.45	77.84
12	-4.29	65.90	65.90	45.99	65.03	72.02	102.24
13	-4.68	74.18	74.18	54.73	76.97	93.00	131.27
14	-5.07	82.83	82.83	64.23	89.92	117.70	165.31
15	-5.46	91.86	91.86	74.49	103.88	146.43	204.77
16	-5.85	101.27	101.27	85.52	118.84	179.49	250.05
17	-6.24	111.07	111.07	97.30	134.80	217.18	301.54
18	-6.63	121.24	121.24	109.84	151.77	259.81	359.66
19	-7.02	131.79	131.79	123.14	169.75	307.69	424.79
20	-7.41	142.73	142.73	137.20	188.73	361.10	497.34
21	-7.80	154.04	154.04	152.03	208.72	420.37	577.70

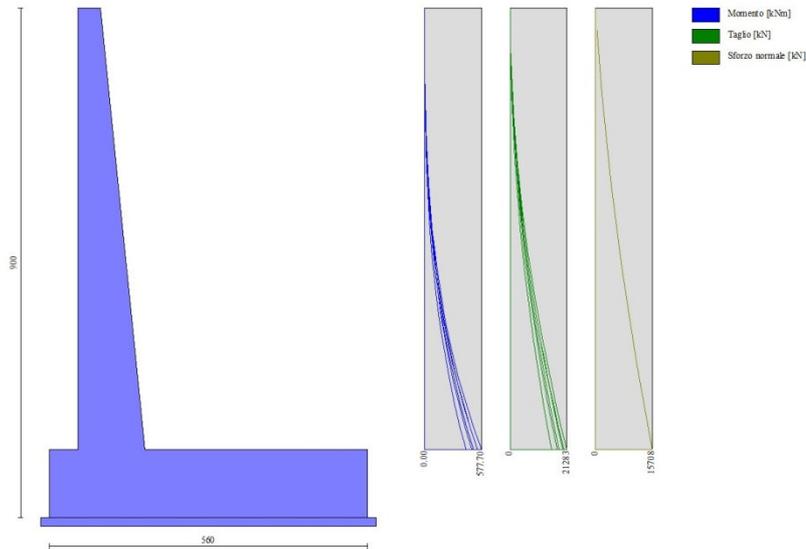


Fig. 6 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	0.00	18.55	29.01	0.93	1.45
3	-0.70	0.00	0.00	37.02	57.62	3.71	5.79
4	-0.60	0.00	0.00	55.41	85.82	8.33	12.96
5	-0.50	0.00	0.00	73.73	113.61	14.79	22.94
6	-0.40	0.00	0.00	91.97	141.00	23.07	35.67
7	0.78	0.00	0.00	-171.97	8.43	-434.23	-21.66
8	0.88	0.00	0.00	-170.06	6.79	-422.34	-22.41

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	44 di 58

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
9	0.98	0.00	0.00	-168.03	5.23	-410.02	-23.00
10	1.07	0.00	0.00	-165.88	3.74	-397.32	-23.43
11	1.17	0.00	0.00	-163.60	2.33	-384.27	-23.73
12	1.27	0.00	0.00	-161.20	0.98	-370.91	-23.89
13	1.37	0.00	0.00	-158.68	-0.29	-357.27	-23.93
14	1.47	0.00	0.00	-156.04	-1.48	-343.40	-23.84
15	1.56	0.00	0.00	-153.27	-2.61	-329.33	-23.64
16	1.66	0.00	0.00	-150.38	-3.66	-315.10	-23.33
17	1.76	0.00	0.00	-147.37	-4.64	-300.75	-22.92
18	1.86	0.00	0.00	-147.62	-5.54	-286.32	-22.42
19	1.96	0.00	0.00	-147.91	-6.37	-271.83	-21.84
20	2.05	0.00	0.00	-147.81	-7.13	-257.34	-21.18
21	2.15	0.00	0.00	-147.34	-7.82	-242.87	-20.44
22	2.25	0.00	0.00	-146.47	-8.43	-228.47	-19.65
23	2.35	0.00	0.00	-145.23	-8.97	-214.18	-18.79
24	2.45	0.00	0.00	-143.60	-9.44	-200.02	-17.89
25	2.54	0.00	0.00	-141.58	-9.83	-186.05	-16.95
26	2.64	0.00	0.00	-139.18	-10.15	-172.29	-15.97
27	2.74	0.00	0.00	-136.40	-10.40	-158.78	-14.96
28	2.84	0.00	0.00	-133.23	-10.57	-145.56	-13.93
29	2.94	0.00	0.00	-129.67	-10.67	-132.68	-12.89
30	3.03	0.00	0.00	-125.74	-10.70	-120.16	-11.84
31	3.13	0.00	0.00	-121.42	-10.65	-108.05	-10.80
32	3.23	0.00	0.00	-116.71	-10.54	-96.38	-9.76
33	3.33	0.00	0.00	-111.62	-10.35	-85.18	-8.73
34	3.43	0.00	0.00	-106.15	-10.08	-74.51	-7.73
35	3.52	0.00	0.00	-100.29	-9.74	-64.39	-6.76
36	3.62	0.00	0.00	-94.04	-9.33	-54.87	-5.83
37	3.72	0.00	0.00	-87.42	-8.85	-45.97	-4.93
38	3.82	0.00	0.00	-80.40	-8.29	-37.75	-4.09
39	3.92	0.00	0.00	-73.01	-7.67	-30.23	-3.31
40	4.01	0.00	0.00	-65.23	-6.96	-23.45	-2.59
41	4.11	0.00	0.00	-57.06	-6.19	-17.45	-1.95
42	4.21	0.00	0.00	-48.51	-5.34	-12.28	-1.38
43	4.31	0.00	0.00	-39.58	-4.42	-7.96	-0.90
44	4.41	0.00	0.00	-30.26	-3.42	-4.53	-0.52
45	4.50	0.00	0.00	-20.56	-2.35	-2.04	-0.24
46	4.60	0.00	0.00	-10.47	-1.21	-0.52	-0.06
47	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	45 di 58

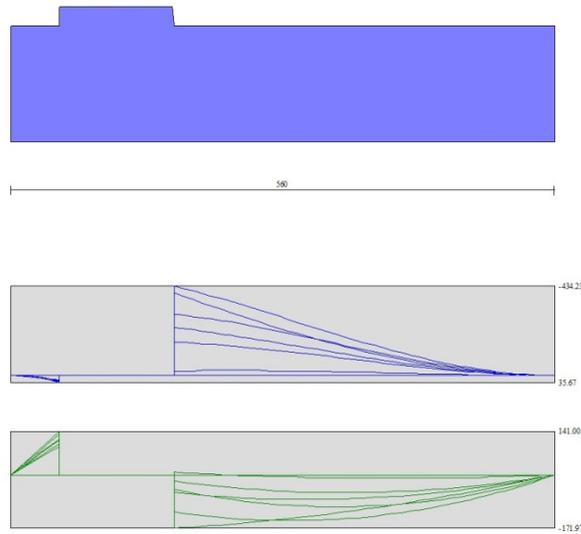


Fig. 7 - Fondazione

## 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)

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	46 di 58

## Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	40	12.57	18.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	100	44	12.57	18.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
3	100	48	12.57	18.10	0.98	8.56	578.76	5035.56	588.238
4	100	52	12.57	18.10	2.81	13.41	793.36	3783.40	282.112
5	100	56	12.57	18.10	6.06	18.64	807.48	2482.32	133.160
6	100	59	12.57	22.62	11.14	24.25	869.83	1893.89	78.090
7	100	63	12.57	22.62	18.44	30.24	842.51	1382.11	45.699
8	100	67	12.57	22.62	28.36	36.62	823.66	1063.59	29.048
9	100	71	12.57	22.62	41.30	43.37	817.91	858.91	19.806
10	100	75	12.57	27.14	57.66	50.50	979.52	857.89	16.988
11	100	79	12.57	27.14	77.84	58.01	999.81	745.10	12.844
12	100	83	18.85	27.14	102.24	65.90	1035.20	667.26	10.125
13	100	87	18.85	27.14	131.27	74.18	1066.45	602.62	8.124
14	100	91	18.85	31.67	165.31	82.83	1269.69	636.18	7.681
15	100	95	18.85	31.67	204.77	91.86	1311.52	588.36	6.405
16	100	98	18.85	31.67	250.05	101.27	1355.47	548.99	5.421
17	100	102	18.85	40.72	301.54	111.07	1769.77	651.85	5.869
18	100	106	18.85	40.72	359.66	121.24	1827.87	616.17	5.082
19	100	110	18.85	40.72	424.79	131.79	1887.35	585.57	4.443
20	100	114	18.85	40.72	497.34	142.73	1948.02	559.05	3.917
21	100	118	18.85	40.72	577.70	154.04	2009.69	535.88	3.479

## Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	100	120	25.13	25.13	1.45	0.00	1104.43	0.00	759.556
3	100	120	25.13	25.13	5.79	0.00	1104.43	0.00	190.779
4	100	120	25.13	25.13	12.96	0.00	1104.43	0.00	85.190
5	100	120	25.13	25.13	22.94	0.00	1104.43	0.00	48.146
6	100	120	25.13	25.13	35.67	0.00	1104.43	0.00	30.960
7	100	120	25.13	25.13	-434.23	0.00	-1104.43	0.00	2.543
8	100	120	25.13	25.13	-422.34	0.00	-1104.43	0.00	2.615
9	100	120	25.13	25.13	-410.02	0.00	-1104.43	0.00	2.694
10	100	120	25.13	25.13	-397.32	0.00	-1104.43	0.00	2.780
11	100	120	25.13	25.13	-384.27	0.00	-1104.43	0.00	2.874
12	100	120	25.13	25.13	-370.91	0.00	-1104.43	0.00	2.978
13	100	120	25.13	25.13	-357.27	0.00	-1104.43	0.00	3.091
14	100	120	25.13	25.13	-343.40	0.00	-1104.43	0.00	3.216
15	100	120	25.13	25.13	-329.33	0.00	-1104.43	0.00	3.354
16	100	120	25.13	25.13	-315.10	0.00	-1104.43	0.00	3.505
17	100	120	25.13	25.13	-300.75	0.00	-1104.43	0.00	3.672
18	100	120	25.13	25.13	-286.32	0.00	-1104.43	0.00	3.857
19	100	120	25.13	25.13	-271.83	0.00	-1104.43	0.00	4.063
20	100	120	25.13	25.13	-257.34	0.00	-1104.43	0.00	4.292
21	100	120	25.13	25.13	-242.87	0.00	-1104.43	0.00	4.547
22	100	120	25.13	25.13	-228.47	0.00	-1104.43	0.00	4.834
23	100	120	25.13	25.13	-214.18	0.00	-1104.43	0.00	5.157
24	100	120	25.13	25.13	-200.02	0.00	-1104.43	0.00	5.522
25	100	120	25.13	25.13	-186.05	0.00	-1104.43	0.00	5.936
26	100	120	25.13	25.13	-172.29	0.00	-1104.43	0.00	6.410
27	100	120	25.13	25.13	-158.78	0.00	-1104.43	0.00	6.956

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	47 di 58

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
28	100	120	25.13	25.13	-145.56	0.00	-1104.43	0.00	7.587
29	100	120	25.13	25.13	-132.68	0.00	-1104.43	0.00	8.324
30	100	120	25.13	25.13	-120.16	0.00	-1104.43	0.00	9.191
31	100	120	25.13	25.13	-108.05	0.00	-1104.43	0.00	10.222
32	100	120	25.13	25.13	-96.38	0.00	-1104.43	0.00	11.460
33	100	120	25.13	25.13	-85.18	0.00	-1104.43	0.00	12.965
34	100	120	25.13	25.13	-74.51	0.00	-1104.43	0.00	14.822
35	100	120	25.13	25.13	-64.39	0.00	-1104.43	0.00	17.152
36	100	120	25.13	25.13	-54.87	0.00	-1104.43	0.00	20.129
37	100	120	25.13	25.13	-45.97	0.00	-1104.43	0.00	24.024
38	100	120	25.13	25.13	-37.75	0.00	-1104.43	0.00	29.259
39	100	120	25.13	25.13	-30.23	0.00	-1104.43	0.00	36.539
40	100	120	25.13	25.13	-23.45	0.00	-1104.43	0.00	47.099
41	100	120	25.13	25.13	-17.45	0.00	-1104.43	0.00	63.276
42	100	120	25.13	25.13	-12.28	0.00	-1104.43	0.00	89.953
43	100	120	25.13	25.13	-7.96	0.00	-1104.43	0.00	138.778
44	100	120	25.13	25.13	-4.53	0.00	-1104.43	0.00	243.641
45	100	120	25.13	25.13	-2.04	0.00	-1104.43	0.00	541.444
46	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
47	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000

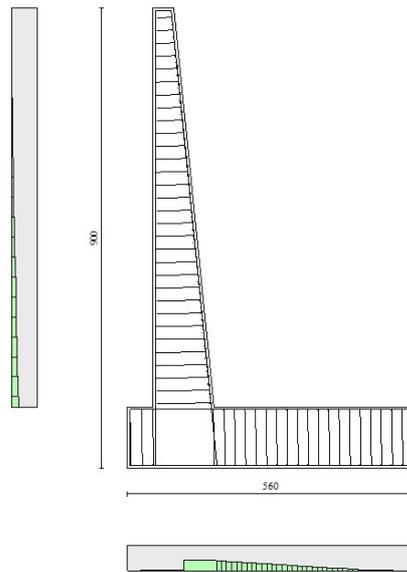


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

### Verifiche a taglio

#### Simbologia adottata

- Is            indice sezione
- Y            ordinata sezione espressa in [m]
- B            larghezza sezione espresso in [cm]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	48 di 58

H	altezza sezione espressa in [cm]
A <sub>sw</sub>	area ferri a taglio espresso in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V <sub>Rcd</sub>	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V <sub>Rsd</sub>	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V <sub>Rd</sub>	resistenza di progetto a taglio (min(V <sub>Rcd</sub> , V <sub>Rsd</sub> )) espresso in [kN]
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

**Paramento**

n°	B	H	A <sub>sw</sub>	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	40	0.00	--	0.00	0.00	221.30	0.00	100.000
2	100	44	0.00	--	0.00	0.00	232.49	0.89	262.161
3	100	48	0.00	--	0.00	0.00	243.32	2.78	87.634
4	100	52	0.00	--	0.00	0.00	253.85	5.67	44.757
5	100	56	0.00	--	0.00	0.00	264.12	9.57	27.592
6	100	59	0.00	--	0.00	0.00	286.88	14.48	19.814
7	100	63	0.00	--	0.00	0.00	297.15	20.39	14.574
8	100	67	0.00	--	0.00	0.00	307.24	27.31	11.251
9	100	71	0.00	--	0.00	0.00	317.16	35.23	9.003
10	100	75	0.00	--	0.00	0.00	340.10	44.16	7.702
11	100	79	0.00	--	0.00	0.00	350.11	54.09	6.473
12	100	83	0.00	--	0.00	0.00	377.58	65.03	5.806
13	100	87	0.00	--	0.00	0.00	387.79	76.97	5.038
14	100	91	0.00	--	0.00	0.00	410.15	89.92	4.561
15	100	95	0.00	--	0.00	0.00	420.43	103.88	4.047
16	100	98	0.00	--	0.00	0.00	430.62	118.84	3.624
17	100	102	0.00	--	0.00	0.00	464.70	134.80	3.447
18	100	106	0.00	--	0.00	0.00	475.22	151.77	3.131
19	100	110	0.00	--	0.00	0.00	485.66	169.75	2.861
20	100	114	0.00	--	0.00	0.00	496.04	188.73	2.628
21	100	118	0.00	--	0.00	0.00	506.36	208.72	2.426

**Fondazione**

n°	B	H	A <sub>sw</sub>	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	0.00	100.000
2	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	29.01	15.909
3	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	57.62	8.011
4	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	85.82	5.378
5	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	113.61	4.063
6	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	141.00	3.274
7	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-171.97	2.684
8	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-170.06	2.714
9	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-168.03	2.747
10	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-165.88	2.783
11	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-163.60	2.821
12	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-161.20	2.863
13	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-158.68	2.909

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	49 di 58

n°	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kN]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	T [kN]	FS
14	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-156.04	2.958
15	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-153.27	3.011
16	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-150.38	3.069
17	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-147.37	3.132
18	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-147.62	3.127
19	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-147.91	3.121
20	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-147.81	3.123
21	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-147.34	3.133
22	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-146.47	3.151
23	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-145.23	3.178
24	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-143.60	3.214
25	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-141.58	3.260
26	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-139.18	3.316
27	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-136.40	3.384
28	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-133.23	3.465
29	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-129.67	3.559
30	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-125.74	3.671
31	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-121.42	3.802
32	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-116.71	3.955
33	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-111.62	4.135
34	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-106.15	4.349
35	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-100.29	4.603
36	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-94.04	4.908
37	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-87.42	5.280
38	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-80.40	5.741
39	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-73.01	6.322
40	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-65.23	7.077
41	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-57.06	8.089
42	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-48.51	9.515
43	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-39.58	11.662
44	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-30.26	15.253
45	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-20.56	22.452
46	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	-10.47	44.081
47	100	120	0.00	--	0.00	0.00	461.58	0.00	100.000

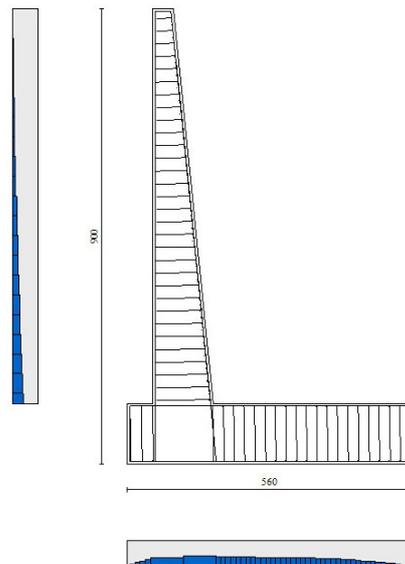


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	50 di 58

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso 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	sforzso normale agente, espressa in [kN]
$\sigma_c$	tensione di compressione nel cls, espressa in [N/mmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nei ferri inferiori, espressa in [N/mmq]
$\sigma_{fs}$	tensione nei ferri superiori, espressa in [N/mmq]

**Combinazioni SLER**

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	15.978	[N/mmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337.500	[N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	40	18.10	12.57	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)
2	100	44	18.10	12.57	0.09	4.09	0.011 (10)	0.095 (10)	0.159 (10)
3	100	48	18.10	12.57	0.56	8.56	0.029 (10)	0.087 (10)	0.408 (10)
4	100	52	18.10	12.57	1.71	13.41	0.059 (10)	0.099 (10)	0.798 (10)
5	100	56	18.10	12.57	3.85	18.64	0.109 (10)	0.869 (10)	1.443 (10)
6	100	59	22.62	12.57	7.29	24.25	0.177 (10)	2.255 (10)	2.295 (10)
7	100	63	22.62	12.57	12.31	30.24	0.266 (10)	4.639 (10)	3.404 (10)
8	100	67	22.62	12.57	19.24	36.62	0.373 (10)	7.958 (10)	4.734 (10)
9	100	71	22.62	12.57	28.37	43.37	0.497 (10)	12.238 (10)	6.279 (10)
10	100	75	27.14	12.57	40.01	50.50	0.604 (10)	14.879 (10)	7.709 (10)
11	100	79	27.14	12.57	54.45	58.01	0.750 (10)	20.160 (10)	9.573 (10)
12	100	83	27.14	18.85	72.02	65.90	0.874 (10)	26.021 (10)	11.129 (10)
13	100	87	27.14	18.85	93.00	74.18	1.042 (10)	32.978 (10)	13.279 (10)
14	100	91	31.67	18.85	117.70	82.83	1.164 (10)	35.396 (10)	15.017 (10)
15	100	95	31.67	18.85	146.43	91.86	1.346 (10)	42.919 (10)	17.399 (10)
16	100	98	31.67	18.85	179.49	101.27	1.539 (10)	51.203 (10)	19.934 (10)
17	100	102	40.72	18.85	217.18	111.07	1.607 (10)	47.711 (10)	21.187 (10)
18	100	106	40.72	18.85	259.81	121.24	1.802 (10)	55.449 (10)	23.809 (10)
19	100	110	40.72	18.85	307.69	131.79	2.006 (10)	63.793 (10)	26.558 (10)
20	100	114	40.72	18.85	361.10	142.73	2.219 (10)	72.745 (10)	29.432 (10)
21	100	118	40.72	18.85	420.37	154.04	2.440 (10)	82.306 (10)	32.426 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	15.978	[N/mmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337.500	[N/mmq]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	51 di 58

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)
2	100	120	25.13	25.13	0.93	0.00	0.006 (10)	0.339 (10)	0.071 (10)
3	100	120	25.13	25.13	3.71	0.00	0.023 (10)	1.353 (10)	0.285 (10)
4	100	120	25.13	25.13	8.33	0.00	0.051 (10)	3.041 (10)	0.640 (10)
5	100	120	25.13	25.13	14.79	0.00	0.091 (10)	5.398 (10)	1.136 (10)
6	100	120	25.13	25.13	23.07	0.00	0.142 (10)	8.423 (10)	1.772 (10)
7	100	120	25.13	25.13	-21.66	0.00	0.134 (10)	1.664 (10)	7.909 (10)
8	100	120	25.13	25.13	-22.41	0.00	0.138 (10)	1.721 (10)	8.181 (10)
9	100	120	25.13	25.13	-23.00	0.00	0.142 (10)	1.767 (10)	8.396 (10)
10	100	120	25.13	25.13	-23.43	0.00	0.145 (10)	1.800 (10)	8.556 (10)
11	100	120	25.13	25.13	-23.73	0.00	0.147 (10)	1.823 (10)	8.664 (10)
12	100	120	25.13	25.13	-23.89	0.00	0.148 (10)	1.836 (10)	8.723 (10)
13	100	120	25.13	25.13	-23.93	0.00	0.148 (10)	1.838 (10)	8.736 (10)
14	100	120	25.13	25.13	-23.84	0.00	0.147 (10)	1.831 (10)	8.704 (10)
15	100	120	25.13	25.13	-23.64	0.00	0.146 (10)	1.816 (10)	8.630 (10)
16	100	120	25.13	25.13	-23.33	0.00	0.144 (10)	1.792 (10)	8.518 (10)
17	100	120	25.13	25.13	-22.92	0.00	0.142 (10)	1.761 (10)	8.369 (10)
18	100	120	25.13	25.13	-22.42	0.00	0.138 (10)	1.723 (10)	8.187 (10)
19	100	120	25.13	25.13	-21.84	0.00	0.135 (10)	1.678 (10)	7.974 (10)
20	100	120	25.13	25.13	-21.18	0.00	0.131 (10)	1.627 (10)	7.732 (10)
21	100	120	25.13	25.13	-20.44	0.00	0.126 (10)	1.571 (10)	7.464 (10)
22	100	120	25.13	25.13	-19.65	0.00	0.121 (10)	1.509 (10)	7.173 (10)
23	100	120	25.13	25.13	-18.79	0.00	0.116 (10)	1.444 (10)	6.862 (10)
24	100	120	25.13	25.13	-17.89	0.00	0.110 (10)	1.375 (10)	6.532 (10)
25	100	120	25.13	25.13	-16.95	0.00	0.105 (10)	1.302 (10)	6.188 (10)
26	100	120	25.13	25.13	-15.97	0.00	0.099 (10)	1.227 (10)	5.830 (10)
27	100	120	25.13	25.13	-14.96	0.00	0.092 (10)	1.149 (10)	5.462 (10)
28	100	120	25.13	25.13	-13.93	0.00	0.086 (10)	1.070 (10)	5.087 (10)
29	100	120	25.13	25.13	-12.89	0.00	0.080 (10)	0.990 (10)	4.707 (10)
30	100	120	25.13	25.13	-11.84	0.00	0.073 (10)	0.910 (10)	4.324 (10)
31	100	120	25.13	25.13	-10.80	0.00	0.067 (10)	0.829 (10)	3.942 (10)
32	100	120	25.13	25.13	-9.76	0.00	0.060 (10)	0.750 (10)	3.563 (10)
33	100	120	25.13	25.13	-8.73	0.00	0.054 (10)	0.671 (10)	3.189 (10)
34	100	120	25.13	25.13	-7.73	0.00	0.048 (10)	0.594 (10)	2.823 (10)
35	100	120	25.13	25.13	-6.76	0.00	0.042 (10)	0.519 (10)	2.468 (10)
36	100	120	25.13	25.13	-5.83	0.00	0.036 (10)	0.448 (10)	2.127 (10)
37	100	120	25.13	25.13	-4.93	0.00	0.030 (10)	0.379 (10)	1.801 (10)
38	100	120	25.13	25.13	-4.09	0.00	0.025 (10)	0.314 (10)	1.494 (10)
39	100	120	25.13	25.13	-3.31	0.00	0.020 (10)	0.254 (10)	1.209 (10)
40	100	120	25.13	25.13	-2.59	0.00	0.016 (10)	0.199 (10)	0.947 (10)
41	100	120	25.13	25.13	-1.95	0.00	0.012 (10)	0.150 (10)	0.711 (10)
42	100	120	25.13	25.13	-1.38	0.00	0.009 (10)	0.106 (10)	0.505 (10)
43	100	120	25.13	25.13	-0.90	0.00	0.006 (10)	0.069 (10)	0.330 (10)
44	100	120	25.13	25.13	-0.52	0.00	0.003 (10)	0.040 (10)	0.190 (10)
45	100	120	25.13	25.13	-0.24	0.00	0.001 (10)	0.018 (10)	0.086 (10)
46	100	120	25.13	25.13	-0.06	0.00	0.000 (10)	0.005 (10)	0.022 (10)
47	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)

**Combinazioni SLEF**  
Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo      29.050      [N/mmq]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio      450.000      [N/mmq]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	52 di 58

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	40	18.10	12.57	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)
2	100	44	18.10	12.57	0.09	4.09	0.011 (11)	0.095 (11)	0.159 (11)
3	100	48	18.10	12.57	0.56	8.56	0.029 (11)	0.087 (11)	0.408 (11)
4	100	52	18.10	12.57	1.71	13.41	0.059 (11)	0.099 (11)	0.798 (11)
5	100	56	18.10	12.57	3.85	18.64	0.109 (11)	0.869 (11)	1.443 (11)
6	100	59	22.62	12.57	7.29	24.25	0.177 (11)	2.255 (11)	2.295 (11)
7	100	63	22.62	12.57	12.31	30.24	0.266 (11)	4.639 (11)	3.404 (11)
8	100	67	22.62	12.57	19.24	36.62	0.373 (11)	7.958 (11)	4.734 (11)
9	100	71	22.62	12.57	28.37	43.37	0.497 (11)	12.238 (11)	6.279 (11)
10	100	75	27.14	12.57	40.01	50.50	0.604 (11)	14.879 (11)	7.709 (11)
11	100	79	27.14	12.57	54.45	58.01	0.750 (11)	20.160 (11)	9.573 (11)
12	100	83	27.14	18.85	72.02	65.90	0.874 (11)	26.021 (11)	11.129 (11)
13	100	87	27.14	18.85	93.00	74.18	1.042 (11)	32.978 (11)	13.279 (11)
14	100	91	31.67	18.85	117.70	82.83	1.164 (11)	35.396 (11)	15.017 (11)
15	100	95	31.67	18.85	146.43	91.86	1.346 (11)	42.919 (11)	17.399 (11)
16	100	98	31.67	18.85	179.49	101.27	1.539 (11)	51.203 (11)	19.934 (11)
17	100	102	40.72	18.85	217.18	111.07	1.607 (11)	47.711 (11)	21.187 (11)
18	100	106	40.72	18.85	259.81	121.24	1.802 (11)	55.449 (11)	23.809 (11)
19	100	110	40.72	18.85	307.69	131.79	2.006 (11)	63.793 (11)	26.558 (11)
20	100	114	40.72	18.85	361.10	142.73	2.219 (11)	72.745 (11)	29.432 (11)
21	100	118	40.72	18.85	420.37	154.04	2.440 (11)	82.306 (11)	32.426 (11)

### Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 29.050 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)
2	100	120	25.13	25.13	0.93	0.00	0.006 (11)	0.339 (11)	0.071 (11)
3	100	120	25.13	25.13	3.71	0.00	0.023 (11)	1.353 (11)	0.285 (11)
4	100	120	25.13	25.13	8.33	0.00	0.051 (11)	3.041 (11)	0.640 (11)
5	100	120	25.13	25.13	14.79	0.00	0.091 (11)	5.398 (11)	1.136 (11)
6	100	120	25.13	25.13	23.07	0.00	0.142 (11)	8.423 (11)	1.772 (11)
7	100	120	25.13	25.13	-21.66	0.00	0.134 (11)	1.664 (11)	7.909 (11)
8	100	120	25.13	25.13	-22.41	0.00	0.138 (11)	1.721 (11)	8.181 (11)
9	100	120	25.13	25.13	-23.00	0.00	0.142 (11)	1.767 (11)	8.396 (11)
10	100	120	25.13	25.13	-23.43	0.00	0.145 (11)	1.800 (11)	8.556 (11)
11	100	120	25.13	25.13	-23.73	0.00	0.147 (11)	1.823 (11)	8.664 (11)
12	100	120	25.13	25.13	-23.89	0.00	0.148 (11)	1.836 (11)	8.723 (11)
13	100	120	25.13	25.13	-23.93	0.00	0.148 (11)	1.838 (11)	8.736 (11)
14	100	120	25.13	25.13	-23.84	0.00	0.147 (11)	1.831 (11)	8.704 (11)
15	100	120	25.13	25.13	-23.64	0.00	0.146 (11)	1.816 (11)	8.630 (11)
16	100	120	25.13	25.13	-23.33	0.00	0.144 (11)	1.792 (11)	8.518 (11)
17	100	120	25.13	25.13	-22.92	0.00	0.142 (11)	1.761 (11)	8.369 (11)
18	100	120	25.13	25.13	-22.42	0.00	0.138 (11)	1.723 (11)	8.187 (11)
19	100	120	25.13	25.13	-21.84	0.00	0.135 (11)	1.678 (11)	7.974 (11)
20	100	120	25.13	25.13	-21.18	0.00	0.131 (11)	1.627 (11)	7.732 (11)
21	100	120	25.13	25.13	-20.44	0.00	0.126 (11)	1.571 (11)	7.464 (11)
22	100	120	25.13	25.13	-19.65	0.00	0.121 (11)	1.509 (11)	7.173 (11)
23	100	120	25.13	25.13	-18.79	0.00	0.116 (11)	1.444 (11)	6.862 (11)
24	100	120	25.13	25.13	-17.89	0.00	0.110 (11)	1.375 (11)	6.532 (11)
25	100	120	25.13	25.13	-16.95	0.00	0.105 (11)	1.302 (11)	6.188 (11)
26	100	120	25.13	25.13	-15.97	0.00	0.099 (11)	1.227 (11)	5.830 (11)
27	100	120	25.13	25.13	-14.96	0.00	0.092 (11)	1.149 (11)	5.462 (11)
28	100	120	25.13	25.13	-13.93	0.00	0.086 (11)	1.070 (11)	5.087 (11)

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	53 di 58

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
29	100	120	25.13	25.13	-12.89	0.00	0.080 (11)	0.990 (11)	4.707 (11)
30	100	120	25.13	25.13	-11.84	0.00	0.073 (11)	0.910 (11)	4.324 (11)
31	100	120	25.13	25.13	-10.80	0.00	0.067 (11)	0.829 (11)	3.942 (11)
32	100	120	25.13	25.13	-9.76	0.00	0.060 (11)	0.750 (11)	3.563 (11)
33	100	120	25.13	25.13	-8.73	0.00	0.054 (11)	0.671 (11)	3.189 (11)
34	100	120	25.13	25.13	-7.73	0.00	0.048 (11)	0.594 (11)	2.823 (11)
35	100	120	25.13	25.13	-6.76	0.00	0.042 (11)	0.519 (11)	2.468 (11)
36	100	120	25.13	25.13	-5.83	0.00	0.036 (11)	0.448 (11)	2.127 (11)
37	100	120	25.13	25.13	-4.93	0.00	0.030 (11)	0.379 (11)	1.801 (11)
38	100	120	25.13	25.13	-4.09	0.00	0.025 (11)	0.314 (11)	1.494 (11)
39	100	120	25.13	25.13	-3.31	0.00	0.020 (11)	0.254 (11)	1.209 (11)
40	100	120	25.13	25.13	-2.59	0.00	0.016 (11)	0.199 (11)	0.947 (11)
41	100	120	25.13	25.13	-1.95	0.00	0.012 (11)	0.150 (11)	0.711 (11)
42	100	120	25.13	25.13	-1.38	0.00	0.009 (11)	0.106 (11)	0.505 (11)
43	100	120	25.13	25.13	-0.90	0.00	0.006 (11)	0.069 (11)	0.330 (11)
44	100	120	25.13	25.13	-0.52	0.00	0.003 (11)	0.040 (11)	0.190 (11)
45	100	120	25.13	25.13	-0.24	0.00	0.001 (11)	0.018 (11)	0.086 (11)
46	100	120	25.13	25.13	-0.06	0.00	0.000 (11)	0.005 (11)	0.022 (11)
47	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)

### Combinazioni SLEQ

#### Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11.620 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	40	18.10	12.57	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)
2	100	44	18.10	12.57	0.09	4.09	0.011 (12)	0.095 (12)	0.159 (12)
3	100	48	18.10	12.57	0.56	8.56	0.029 (12)	0.087 (12)	0.408 (12)
4	100	52	18.10	12.57	1.71	13.41	0.059 (12)	0.099 (12)	0.798 (12)
5	100	56	18.10	12.57	3.85	18.64	0.109 (12)	0.869 (12)	1.443 (12)
6	100	59	22.62	12.57	7.29	24.25	0.177 (12)	2.255 (12)	2.295 (12)
7	100	63	22.62	12.57	12.31	30.24	0.266 (12)	4.639 (12)	3.404 (12)
8	100	67	22.62	12.57	19.24	36.62	0.373 (12)	7.958 (12)	4.734 (12)
9	100	71	22.62	12.57	28.37	43.37	0.497 (12)	12.238 (12)	6.279 (12)
10	100	75	27.14	12.57	40.01	50.50	0.604 (12)	14.879 (12)	7.709 (12)
11	100	79	27.14	12.57	54.45	58.01	0.750 (12)	20.160 (12)	9.573 (12)
12	100	83	27.14	18.85	72.02	65.90	0.874 (12)	26.021 (12)	11.129 (12)
13	100	87	27.14	18.85	93.00	74.18	1.042 (12)	32.978 (12)	13.279 (12)
14	100	91	31.67	18.85	117.70	82.83	1.164 (12)	35.396 (12)	15.017 (12)
15	100	95	31.67	18.85	146.43	91.86	1.346 (12)	42.919 (12)	17.399 (12)
16	100	98	31.67	18.85	179.49	101.27	1.539 (12)	51.203 (12)	19.934 (12)
17	100	102	40.72	18.85	217.18	111.07	1.607 (12)	47.711 (12)	21.187 (12)
18	100	106	40.72	18.85	259.81	121.24	1.802 (12)	55.449 (12)	23.809 (12)
19	100	110	40.72	18.85	307.69	131.79	2.006 (12)	63.793 (12)	26.558 (12)
20	100	114	40.72	18.85	361.10	142.73	2.219 (12)	72.745 (12)	29.432 (12)
21	100	118	40.72	18.85	420.37	154.04	2.440 (12)	82.306 (12)	32.426 (12)

#### Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11.620 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	54 di 58

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)
2	100	120	25.13	25.13	0.93	0.00	0.006 (12)	0.339 (12)	0.071 (12)
3	100	120	25.13	25.13	3.71	0.00	0.023 (12)	1.353 (12)	0.285 (12)
4	100	120	25.13	25.13	8.33	0.00	0.051 (12)	3.041 (12)	0.640 (12)
5	100	120	25.13	25.13	14.79	0.00	0.091 (12)	5.398 (12)	1.136 (12)
6	100	120	25.13	25.13	23.07	0.00	0.142 (12)	8.423 (12)	1.772 (12)
7	100	120	25.13	25.13	-21.66	0.00	0.134 (12)	1.664 (12)	7.909 (12)
8	100	120	25.13	25.13	-22.41	0.00	0.138 (12)	1.721 (12)	8.181 (12)
9	100	120	25.13	25.13	-23.00	0.00	0.142 (12)	1.767 (12)	8.396 (12)
10	100	120	25.13	25.13	-23.43	0.00	0.145 (12)	1.800 (12)	8.556 (12)
11	100	120	25.13	25.13	-23.73	0.00	0.147 (12)	1.823 (12)	8.664 (12)
12	100	120	25.13	25.13	-23.89	0.00	0.148 (12)	1.836 (12)	8.723 (12)
13	100	120	25.13	25.13	-23.93	0.00	0.148 (12)	1.838 (12)	8.736 (12)
14	100	120	25.13	25.13	-23.84	0.00	0.147 (12)	1.831 (12)	8.704 (12)
15	100	120	25.13	25.13	-23.64	0.00	0.146 (12)	1.816 (12)	8.630 (12)
16	100	120	25.13	25.13	-23.33	0.00	0.144 (12)	1.792 (12)	8.518 (12)
17	100	120	25.13	25.13	-22.92	0.00	0.142 (12)	1.761 (12)	8.369 (12)
18	100	120	25.13	25.13	-22.42	0.00	0.138 (12)	1.723 (12)	8.187 (12)
19	100	120	25.13	25.13	-21.84	0.00	0.135 (12)	1.678 (12)	7.974 (12)
20	100	120	25.13	25.13	-21.18	0.00	0.131 (12)	1.627 (12)	7.732 (12)
21	100	120	25.13	25.13	-20.44	0.00	0.126 (12)	1.571 (12)	7.464 (12)
22	100	120	25.13	25.13	-19.65	0.00	0.121 (12)	1.509 (12)	7.173 (12)
23	100	120	25.13	25.13	-18.79	0.00	0.116 (12)	1.444 (12)	6.862 (12)
24	100	120	25.13	25.13	-17.89	0.00	0.110 (12)	1.375 (12)	6.532 (12)
25	100	120	25.13	25.13	-16.95	0.00	0.105 (12)	1.302 (12)	6.188 (12)
26	100	120	25.13	25.13	-15.97	0.00	0.099 (12)	1.227 (12)	5.830 (12)
27	100	120	25.13	25.13	-14.96	0.00	0.092 (12)	1.149 (12)	5.462 (12)
28	100	120	25.13	25.13	-13.93	0.00	0.086 (12)	1.070 (12)	5.087 (12)
29	100	120	25.13	25.13	-12.89	0.00	0.080 (12)	0.990 (12)	4.707 (12)
30	100	120	25.13	25.13	-11.84	0.00	0.073 (12)	0.910 (12)	4.324 (12)
31	100	120	25.13	25.13	-10.80	0.00	0.067 (12)	0.829 (12)	3.942 (12)
32	100	120	25.13	25.13	-9.76	0.00	0.060 (12)	0.750 (12)	3.563 (12)
33	100	120	25.13	25.13	-8.73	0.00	0.054 (12)	0.671 (12)	3.189 (12)
34	100	120	25.13	25.13	-7.73	0.00	0.048 (12)	0.594 (12)	2.823 (12)
35	100	120	25.13	25.13	-6.76	0.00	0.042 (12)	0.519 (12)	2.468 (12)
36	100	120	25.13	25.13	-5.83	0.00	0.036 (12)	0.448 (12)	2.127 (12)
37	100	120	25.13	25.13	-4.93	0.00	0.030 (12)	0.379 (12)	1.801 (12)
38	100	120	25.13	25.13	-4.09	0.00	0.025 (12)	0.314 (12)	1.494 (12)
39	100	120	25.13	25.13	-3.31	0.00	0.020 (12)	0.254 (12)	1.209 (12)
40	100	120	25.13	25.13	-2.59	0.00	0.016 (12)	0.199 (12)	0.947 (12)
41	100	120	25.13	25.13	-1.95	0.00	0.012 (12)	0.150 (12)	0.711 (12)
42	100	120	25.13	25.13	-1.38	0.00	0.009 (12)	0.106 (12)	0.505 (12)
43	100	120	25.13	25.13	-0.90	0.00	0.006 (12)	0.069 (12)	0.330 (12)
44	100	120	25.13	25.13	-0.52	0.00	0.003 (12)	0.040 (12)	0.190 (12)
45	100	120	25.13	25.13	-0.24	0.00	0.001 (12)	0.018 (12)	0.086 (12)
46	100	120	25.13	25.13	-0.06	0.00	0.000 (12)	0.005 (12)	0.022 (12)
47	100	120	25.13	25.13	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)

### Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

- n°            indice sezione
- Y            ordinata sezione espressa in [m]
- B            larghezza sezione espresso in [cm]

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	55 di 58

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]
$\epsilon$	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

**Combinazioni SLEF**

Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\epsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (11)
2	100	44	0.00	0.00	0.09	43.59	0.0000000	0.00	0.000 (11)
3	100	48	0.00	0.00	0.56	433.85	0.0000000	0.00	0.000 (11)
4	100	52	18.10	440.15	1.71	552.29	0.0000000	0.00	0.000 (11)
5	100	56	18.10	1094.21	3.85	338.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
6	100	59	22.62	1475.99	7.29	318.00	0.0000000	0.00	0.000 (11)
7	100	63	22.62	1797.52	12.31	320.97	0.0000000	0.00	0.000 (11)
8	100	67	22.62	2059.00	19.24	336.14	0.0000000	0.00	0.000 (11)
9	100	71	22.62	2288.36	28.37	357.76	0.0000000	0.00	0.000 (11)
10	100	75	27.14	2409.85	40.01	393.02	0.0000000	0.00	0.000 (11)
11	100	79	27.14	2606.88	54.45	422.32	0.0000000	0.00	0.000 (11)
12	100	83	27.14	2822.95	72.02	463.06	0.0000000	0.00	0.000 (11)
13	100	87	27.14	3008.79	93.00	497.29	0.0000000	0.00	0.000 (11)
14	100	91	31.67	3103.05	117.70	544.95	0.0000000	0.00	0.000 (11)
15	100	95	31.67	3280.79	146.43	583.62	0.0000000	0.00	0.000 (11)
16	100	98	31.67	3456.79	179.49	624.09	0.0000000	0.00	0.000 (11)
17	100	102	40.72	3468.32	217.18	691.90	0.0000000	0.00	0.000 (11)
18	100	106	40.72	3638.31	259.81	736.78	0.0000000	0.00	0.000 (11)
19	100	110	40.72	3807.68	307.69	783.31	0.0000000	0.00	0.000 (11)
20	100	114	40.72	3976.63	361.10	831.47	0.0000000	0.00	0.000 (11)
21	100	118	40.72	4145.28	420.37	881.22	0.0000000	0.00	0.000 (11)

Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\epsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (11)
2	100	120	25.13	4642.64	0.93	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
3	100	120	25.13	4642.64	3.71	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
4	100	120	25.13	4642.64	8.33	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
5	100	120	25.13	4642.64	14.79	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
6	100	120	25.13	4642.64	23.07	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	56 di 58

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
7	100	120	25.13	4826.48	-21.66	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
8	100	120	25.13	4826.48	-22.41	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
9	100	120	25.13	4826.48	-23.00	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
10	100	120	25.13	4826.48	-23.43	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
11	100	120	25.13	4826.48	-23.73	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
12	100	120	25.13	4826.48	-23.89	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
13	100	120	25.13	4826.48	-23.93	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
14	100	120	25.13	4826.48	-23.84	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
15	100	120	25.13	4826.48	-23.64	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
16	100	120	25.13	4826.48	-23.33	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
17	100	120	25.13	4826.48	-22.92	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
18	100	120	25.13	4826.48	-22.42	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
19	100	120	25.13	4826.48	-21.84	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
20	100	120	25.13	4826.48	-21.18	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
21	100	120	25.13	4826.48	-20.44	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
22	100	120	25.13	4826.48	-19.65	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
23	100	120	25.13	4826.48	-18.79	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
24	100	120	25.13	4826.48	-17.89	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
25	100	120	25.13	4826.48	-16.95	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
26	100	120	25.13	4826.48	-15.97	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
27	100	120	25.13	4826.48	-14.96	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
28	100	120	25.13	4826.48	-13.93	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
29	100	120	25.13	4826.48	-12.89	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
30	100	120	25.13	4826.48	-11.84	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
31	100	120	25.13	4826.48	-10.80	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
32	100	120	25.13	4826.48	-9.76	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
33	100	120	25.13	4826.48	-8.73	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
34	100	120	25.13	4826.48	-7.73	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
35	100	120	25.13	4826.48	-6.76	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
36	100	120	25.13	4826.48	-5.83	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
37	100	120	25.13	4826.48	-4.93	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
38	100	120	25.13	4826.48	-4.09	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
39	100	120	25.13	4826.48	-3.31	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
40	100	120	25.13	4826.48	-2.59	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
41	100	120	25.13	4826.48	-1.95	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
42	100	120	25.13	4826.48	-1.38	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
43	100	120	25.13	4826.48	-0.90	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
44	100	120	25.13	4826.48	-0.52	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
45	100	120	25.13	4826.48	-0.24	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (11)
46	100	120	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (11)
47	100	120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	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	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)
2	100	44	0.00	0.00	0.09	43.59	0.0000000	0.00	0.000 (12)
3	100	48	0.00	0.00	0.56	433.85	0.0000000	0.00	0.000 (12)
4	100	52	18.10	440.15	1.71	552.29	0.0000000	0.00	0.000 (12)
5	100	56	18.10	1094.21	3.85	338.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
6	100	59	22.62	1475.99	7.29	318.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)
7	100	63	22.62	1797.52	12.31	320.97	0.0000000	0.00	0.000 (12)
8	100	67	22.62	2059.00	19.24	336.14	0.0000000	0.00	0.000 (12)
9	100	71	22.62	2288.36	28.37	357.76	0.0000000	0.00	0.000 (12)
10	100	75	27.14	2409.85	40.01	393.02	0.0000000	0.00	0.000 (12)
11	100	79	27.14	2606.88	54.45	422.32	0.0000000	0.00	0.000 (12)
12	100	83	27.14	2822.95	72.02	463.06	0.0000000	0.00	0.000 (12)

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	57 di 58

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
13	100	87	27.14	3008.79	93.00	497.29	0.0000000	0.00	0.000 (12)
14	100	91	31.67	3103.05	117.70	544.95	0.0000000	0.00	0.000 (12)
15	100	95	31.67	3280.79	146.43	583.62	0.0000000	0.00	0.000 (12)
16	100	98	31.67	3456.79	179.49	624.09	0.0000000	0.00	0.000 (12)
17	100	102	40.72	3468.32	217.18	691.90	0.0000000	0.00	0.000 (12)
18	100	106	40.72	3638.31	259.81	736.78	0.0000000	0.00	0.000 (12)
19	100	110	40.72	3807.68	307.69	783.31	0.0000000	0.00	0.000 (12)
20	100	114	40.72	3976.63	361.10	831.47	0.0000000	0.00	0.000 (12)
21	100	118	40.72	4145.28	420.37	881.22	0.0000000	0.00	0.000 (12)

### Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{im}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)
2	100	120	25.13	4642.64	0.93	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
3	100	120	25.13	4642.64	3.71	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
4	100	120	25.13	4642.64	8.33	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
5	100	120	25.13	4642.64	14.79	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
6	100	120	25.13	4642.64	23.07	799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
7	100	120	25.13	4826.48	-21.66	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
8	100	120	25.13	4826.48	-22.41	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
9	100	120	25.13	4826.48	-23.00	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
10	100	120	25.13	4826.48	-23.43	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
11	100	120	25.13	4826.48	-23.73	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
12	100	120	25.13	4826.48	-23.89	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
13	100	120	25.13	4826.48	-23.93	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
14	100	120	25.13	4826.48	-23.84	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
15	100	120	25.13	4826.48	-23.64	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
16	100	120	25.13	4826.48	-23.33	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
17	100	120	25.13	4826.48	-22.92	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
18	100	120	25.13	4826.48	-22.42	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
19	100	120	25.13	4826.48	-21.84	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
20	100	120	25.13	4826.48	-21.18	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
21	100	120	25.13	4826.48	-20.44	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
22	100	120	25.13	4826.48	-19.65	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
23	100	120	25.13	4826.48	-18.79	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
24	100	120	25.13	4826.48	-17.89	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
25	100	120	25.13	4826.48	-16.95	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
26	100	120	25.13	4826.48	-15.97	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
27	100	120	25.13	4826.48	-14.96	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
28	100	120	25.13	4826.48	-13.93	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
29	100	120	25.13	4826.48	-12.89	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
30	100	120	25.13	4826.48	-11.84	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
31	100	120	25.13	4826.48	-10.80	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
32	100	120	25.13	4826.48	-9.76	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
33	100	120	25.13	4826.48	-8.73	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
34	100	120	25.13	4826.48	-7.73	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
35	100	120	25.13	4826.48	-6.76	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
36	100	120	25.13	4826.48	-5.83	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
37	100	120	25.13	4826.48	-4.93	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
38	100	120	25.13	4826.48	-4.09	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
39	100	120	25.13	4826.48	-3.31	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
40	100	120	25.13	4826.48	-2.59	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
41	100	120	25.13	4826.48	-1.95	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
42	100	120	25.13	4826.48	-1.38	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
43	100	120	25.13	4826.48	-0.90	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
44	100	120	25.13	4826.48	-0.52	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
45	100	120	25.13	4826.48	-0.24	-799.63	0.0000000	0.00	0.000 (12)
46	100	120	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)
47	100	120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
SL01-Sottovia alla pk 18+150, viabilità NV14B

Relazione di calcolo muro di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	SL01 00 004	A	58 di 58

Per l'incidenza dell'opera oggetto della presente relazione di calcolo fare riferimento all'elaborato dal titolo: Tabella Incidenza Armature opere civili.