

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

INFRASTRUTTURA FERROVIARIA

FABBRICATI TECNOLOGICI

FA03/FA04 - PM Palomba al km 1+160

Relazione di calcolo muro di sostegno

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 CL IR0500 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	E. Abbasciano	Dicembre 2019	A. Iorio L. Fanello	Dicembre 2019	F. Spagnolo	Dicembre 2019	D. Tiberti	Dicembre 2019

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

File: RS3E50D78CLIR0500003A.doc

n. Elab.: 933

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10676

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE	7
3.2	ACCIAIO B450C	8
3.3	VERIFICA S.L.E.	8
3.3.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	8
3.3.2	<i>Stato limite di fessurazione</i>	9
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO	11
4.2	TERRENO DI FONDAZIONE	11
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	12
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	12
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	12
6	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008	15
6.1	METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO	15
6.2	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DI MURI DI SOSTEGNO	19
6.3	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	20
6.4	PRESCRIZIONI GENERALI PER LE VERIFICHE IN FASE SISMICA	21
7	ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI	23

7.1	PESI PROPRI E CARICHI PERMANENTI	23
7.2	SPINTE DEL TERRENO IN FASE STATICA.....	23
7.3	COEFFICIENTI SISMICI.....	25
7.4	SPINTE DEL TERRENO IN FASE SISMICA.....	26
7.5	CARICHI ACCIDENTALI.....	26
7.6	COMBINAZIONI DI CARICO	26
8	CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE.....	29
8.1	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	29
8.1.1	<i>Verifica allo scorrimento</i>	29
8.1.2	<i>Verifica a carico limite</i>	31
8.1.3	<i>Verifica a ribaltamento</i>	33
8.1.4	<i>Stabilità Globale</i>	34
8.2	VERIFICHE STRUTTURALI	35
8.2.1	<i>Verifiche allo SLU</i>	35
8.2.2	<i>VERIFICA SLE</i>	37
9	ANALISI E VERIFICHE MURO 1	39
9.1	MODELLO DI CALCOLO.....	39
9.2	RISULTATI ANALISI.....	41
9.3	VERIFICHE STRUTTURALI	42
10	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	43
11	TABULATI DI CALCOLO	44

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di un muro di sostegno posto lungo la viabilità NV12B della tratta ferroviaria Dittaino-Catenanuova, previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

L'opera consiste in un muro gettato in opera, posta in corrispondenza del piazzale PM Palomba alla progressiva 9+310 della linea.

Nell'immagine seguente si riporta una sezione trasversale dell'opera.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

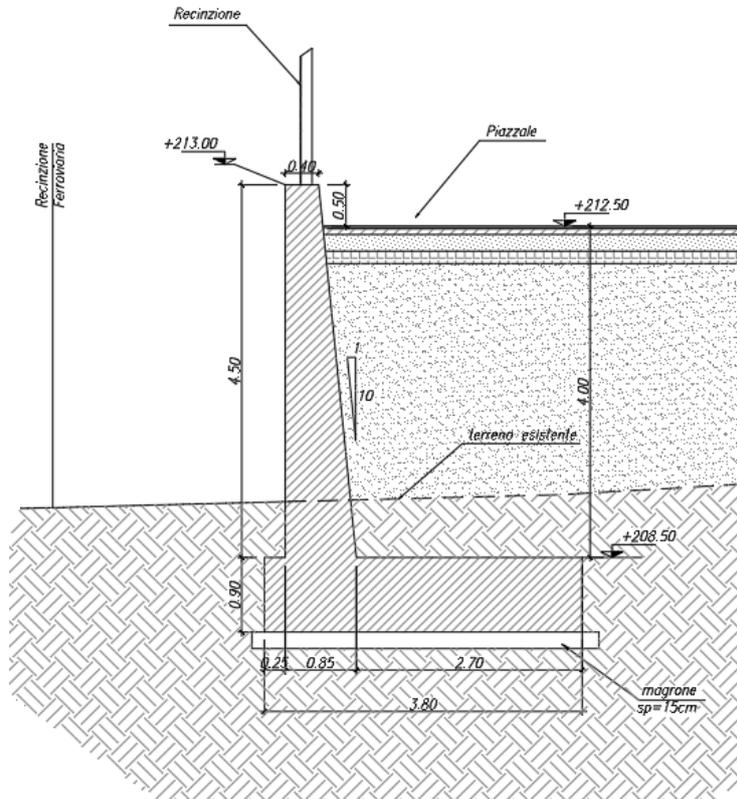


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] 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)

3 MATERIALI

Il calcestruzzo adottato corrisponde alla Classe C32/40, mentre l'acciaio in barre ad aderenza migliorata corrisponde alla classe B450C. Di seguito vengono elencate le specifiche.

3.1 Calcestruzzo elevazione/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
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	18.43	N/mm ²
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	13.82	N/mm ²
Classe di esposizione		XC3	
Classe di consistenza slump:		S3-S4	
Rapporto A/C		≤ 0.55	
Massima dimensione aggregato		25	mm
Copriferro		40	mm

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 INC PO SP IFS 001 B", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO

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

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

ACCIAIO

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

3.3.2 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

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:

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

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

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

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

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate 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 riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 617/09.

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica (RS3E50D78RHGE0005001) 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

4.2 Terreno di fondazione

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

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

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

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 **C**

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:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 14.62839 LATITUDINE: 37.57178

Ricerca per comune REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Catania COMUNE: Ramacca

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

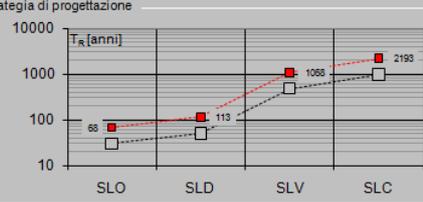
SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
SLD - $P_{VR} = 63\%$	113

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

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.054	2.573	0.292
SLD	113	0.065	2.558	0.329
SLV	1068	0.159	2.524	0.536
SLC	2193	0.209	2.626	0.555

6 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008

Nel presente paragrafo sono riportate alcune indicazioni salienti della Normativa riguardanti criteri generali di progettazione e verifica delle opere strutturali e geotecniche, oltre a specifiche da adottare per il caso dei Muri di Sostegno.

6.1 Metodo agli Stati Limite ed Approcci di Progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dal DM 14/01/08, con i criteri del metodo **semiprobabilistico agli stati limite** basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

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

La verifica della sicurezza nei riguardi degli **stati limite ultimi** di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale: $R_d \geq E_d$. Dove:

R_d è la resistenza di progetto

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

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni,

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

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema.

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

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 14.01.08, la verifica della condizione $R_d \geq E_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

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

$A1+M1+R1$

$A2+M2+R2$

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

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

EQU perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.

STR raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

GEO raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

UPL perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).

HYD erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I del DM 14.01.08 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

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

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

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

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

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

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

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

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

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

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

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

Al § 2.5.3 del DM 14.01.08, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa.

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

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

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

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

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Ulteriori precisazioni sui coefficienti parziali γ e di partecipazione ψ da adottare per le combinazioni agli SLU nell'ambito del calcolo di opere soggette ad azioni da traffico ferroviario, sono riportate nelle Tab 5.2.V e 5.2.VII del DM 14.01.2008, di seguito riportate per completezza, in quanto di riferimento per i calcoli sviluppati nell'ambito del progetto delle opere in questione.

Tab. 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione ψ delle azioni

	Azioni	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽¹⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽¹⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,00 ⁽¹⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽¹⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽¹⁾	0,80	0,0

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

⁽³⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	YG1	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	YG2	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	YB	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	YQ	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	YQi	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	YP	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	YCe	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolge i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

6.2 Criteri di Analisi e Verifica di Muri di Sostegno

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $R_d \geq E_d$ come già descritta al paragrafo 6.1 sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

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

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14.01.08; in aggiunta a quanto già mostrato in precedenza nel documento, si riporta anche la Tab 6.8.I appena menzionata:

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

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

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

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

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

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

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

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

6.3 Verifiche di Stabilità Globale

Il DM 14.01.08 affronta il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi.

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

Il punto 6.8 del DM 14.01.08 e relativa circolare applicativa, tratta l’argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 “Verifiche di Sicurezza (SLU)” viene prescritto quanto di seguito:

Le verifiche devono essere effettuate secondo l’Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

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

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

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

6.4 Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica

Nell’ambito delle progettazione delle opere geotecniche soggette alle azioni Sismiche, il § 7.11 .1 del DM 14.01.08 specifica che le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari ad 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali γ_R indicati nel Capitolo 7 dello Stesso DM, oppure con i γ_R indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.

Ciascuna combinazione di verifica in fase sismica, assume pertanto la seguente espressione generale:

1+1+R

Riguardo i valori dei coefficienti parziali da applicare alle resistenze (**R**), per il caso dei muri di sostegno, la Tab. 7.11.III del già citato DM (di seguito riportata per completezza), definisce per ciascuna verifica di stabilità locale il relativo valore da considerare per la fase sismica:

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

La Verifica di Stabilità Globale del complesso opera-terreno, v'è invece effettuata tenendo conto delle prescrizioni del § 7.11.4 del già citato DM riferito al caso dei "Fronti di scavo e rilevati", ove viene specificato che il valore del fattore $R = \gamma_R$ sulla resistenza in fase sismica va assunto pari ad 1.2.

7 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

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

7.1 Pesì Propri e Carichi permanenti

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

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

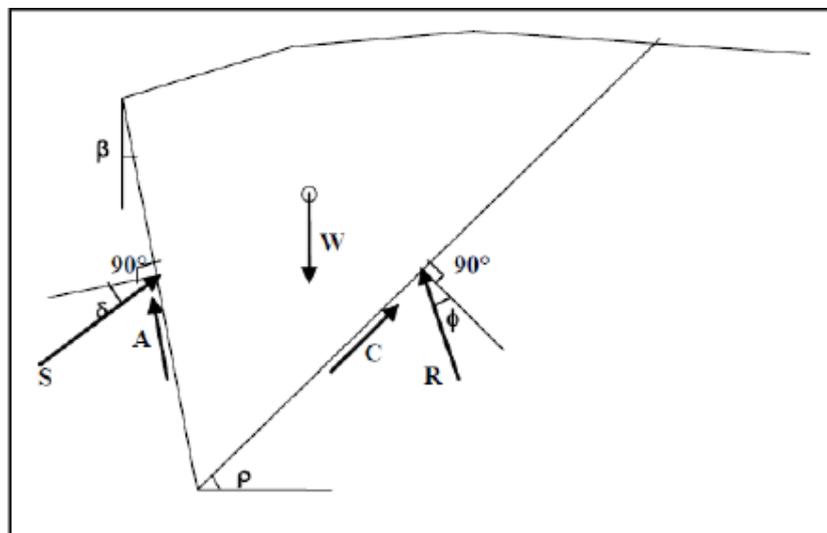
Rilevato: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

Terreno in sito: come da caratterizzazione geotecnica di cui al precedente §4

7.2 Spinte del terreno in fase statica

Le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann.

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente.



Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea. I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

Nell'ambito dello specifico Software utilizzato, di cui al § 10 sono riportati gli estremi, il procedimento è stato implementato suddividendo l'altezza della parete in tanti tratti di ampiezza dz , al fine di ricavare l'andamento delle pressioni lungo l'altezza del muro; in corrispondenza di ogni ordinata z_i si trova il cuneo di rottura e la spinta S_i ottenendo la distribuzione della spinta $S(z)$ lungo l'altezza della parete.

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

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

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

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

- per $\varphi < 30^\circ$ $\delta = \text{tg } \varphi'$;
- per $\varphi > 35^\circ$ $\delta = 0.85 \text{ tg } \varphi'$;
- per $30^\circ \leq \varphi \leq 35^\circ$ δ si ricava per interpolazione lineare

Infine l'adesione ca terra-opera sarà considerata nulla.

7.3 Coefficienti sismici

Il § 7.11.6.2.1 del DM 14.01.08, precisa che l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguite mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

g : è l'accelerazione di gravità;

$a_{\max} = S_s S_T a_g$ è l'accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento, mentre a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido. S_s e S_T coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

β_m : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, che assume i valori specificati di seguito:

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

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

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

7.4 Spinte del terreno in Fase sismica

In condizioni sismiche si adotta la formulazione di Culmann come già illustrata al precedente § 7.2, inserendo nell'equazione risolutiva anche la forza di inerzia del cuneo di spinta.

7.5 Carichi Accidentali

Le opere di sostegno oggetto di dimensionamento sono soggette alle azioni accidentali da traffico stradale.

I carichi variabili associati al passaggio dei veicoli sono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi, su una larghezza complessiva pari alla dimensione della pavimentazione stradale e valore pari a 20 kN/m.

7.6 Combinazioni di Carico

In ottemperanza alle prescrizioni di normativa le sollecitazioni associate alle diverse condizioni di carico elementari, sono state combinate secondo i criteri generali di cui alla tabella seguente, ove sono specificati, per ciascuno SL e tipo di verifica, i relativi coefficienti A-M-R previsti.

Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO A2-M2-R2

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

8 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE

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

8.1 Verifiche geotecniche

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

8.1.1 Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro, sia minore di tutte le forze resistenti lungo la stessa direzione.

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

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

ovvero che il rapporto F_r/F_s risulti non inferiore di γ_r , fissato dalla normativa pari ad 1,1 per verifiche in fase statica e pari ad 1,0, per le verifiche in fase sismica.

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

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione.

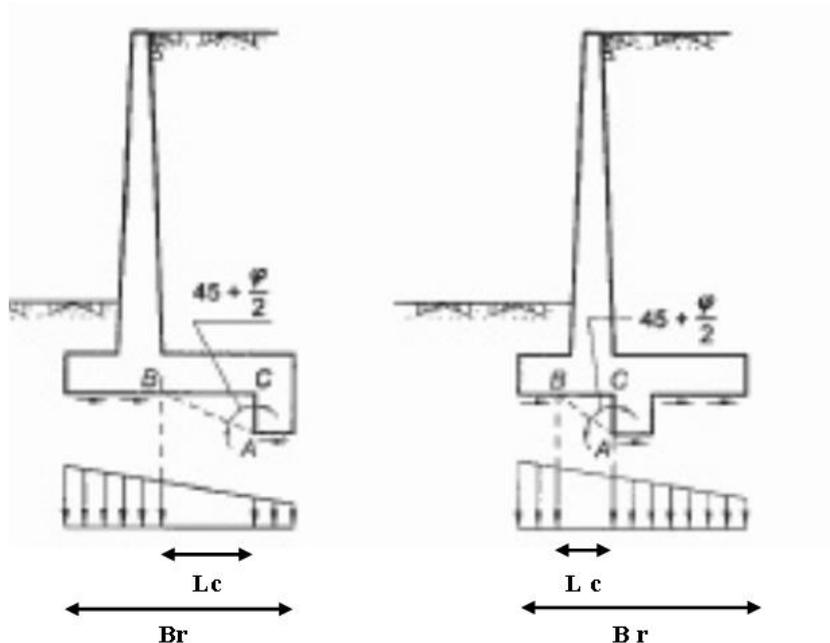
Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

In casi particolari specificati dalla normativa, come già descritto al precedente § 0, è possibile eventualmente tener conto della resistenza passiva S_p del terreno a valle del muro.

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

Nel caso di fondazione con dente, è possibile in linea generale tener conto della resistenza passiva sviluppatasi lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, secondo quanto riportato negli schemi delle figure seguenti:



Il procedimento utilizzato dal Software fa riferimento in particolare alle teoria di Lancellotta-Calavera, per i cui dettagli si rimanda alla letteratura tecnica; nella fattispecie, la procedura di calcolo implementata, prevede la definizione dello schema geometrico del cuneo di rottura, attraverso un procedimento iterativo volto a determinare il coefficiente di sicurezza a scorrimento minimo.

In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale.

Detta pertanto **N** la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione, **Q** l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo, **S_p** la resistenza passiva, **L_c** l'ampiezza del cuneo e indicando con **δ_f** l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con **c_a** l'adesione terreno-fondazione e con **B_r** la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$Fr = (N - Q) \cdot \operatorname{tg}(\delta_f) + S_p + c_a \cdot L_r$$

$$\text{con } L_r = B_r - L_c$$

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

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

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

per $30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$ μ si ricava per interpolazione lineare

Infine l'adesione c_a terra-opera è stata assunta pari al valore di coesione del terreno di fondazione.

8.1.2 Verifica a carico limite

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

Dette:

- c Coesione
- c_a Adesione lungo la base della fondazione ($c_a \leq c$)
- V Azione tagliante
- ϕ Angolo d'attrito
- δ Angolo di attrito terreno fondazione
- γ Peso specifico del terreno
- K_p Coefficiente di spinta passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$
- B Larghezza della fondazione
- L Lunghezza della fondazione
- D Profondità del piano di posa della fondazione
- η inclinazione piano posa della fondazione
- P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- q_{ult} Carico ultimo della fondazione

Risulta:

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

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

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

I fattori N_c , N_q , N_γ sono espressi come:

$$N_q = Kp e^{\pi tg\phi}$$

$$N_c = (N_q - 1)ctg\phi$$

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

Fattori di forma

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

Fattori di profondità

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

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

Fattori inclinazione del carico

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

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

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

Fattori inclinazione del piano di posa della fondazione

Fattori di inclinazione del terreno

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

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

8.1.3 Verifica a ribaltamento

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

Nella fattispecie, detti:

M_{rib} : momento delle azioni ribaltanti;

M_{sta} : momento delle azioni stabilizzanti

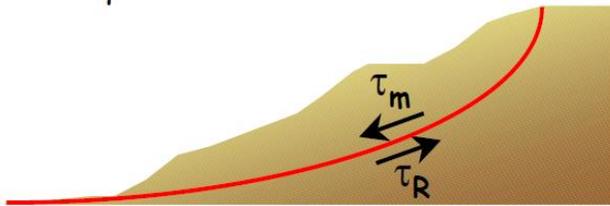
occorrerà verificare quanto segue:

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

Con R pari ad 1.15 per le verifiche statiche e 1.00 per le verifiche in fase sismica. ovvero, equivalentemente, il rapporto M_{sta} / M_{rib} dovrà risultare non inferiore ai predetti valori nelle due fasi di verifica citate.

8.1.4 Stabilità Globale

Nel presente paragrafo sono illustrati i Criteri generali adottati per l'effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa. In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



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

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

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

Le verifiche sono state effettuate rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica, come già illustrate al precedente § 6.3 e 6.4; riguardo quest'ultimo aspetto, si segnala, come già ampiamente illustrato in precedenza, che la norma impone di fattorizzare con un coefficiente parziale R le resistenze, che assume valore 1.1 per le verifiche statiche ed 1.2 per le verifiche in fase sismica, ovvero, equivalentemente, che il valore di Fs come precedentemente definito, risulti non inferiore ai predetti valori.

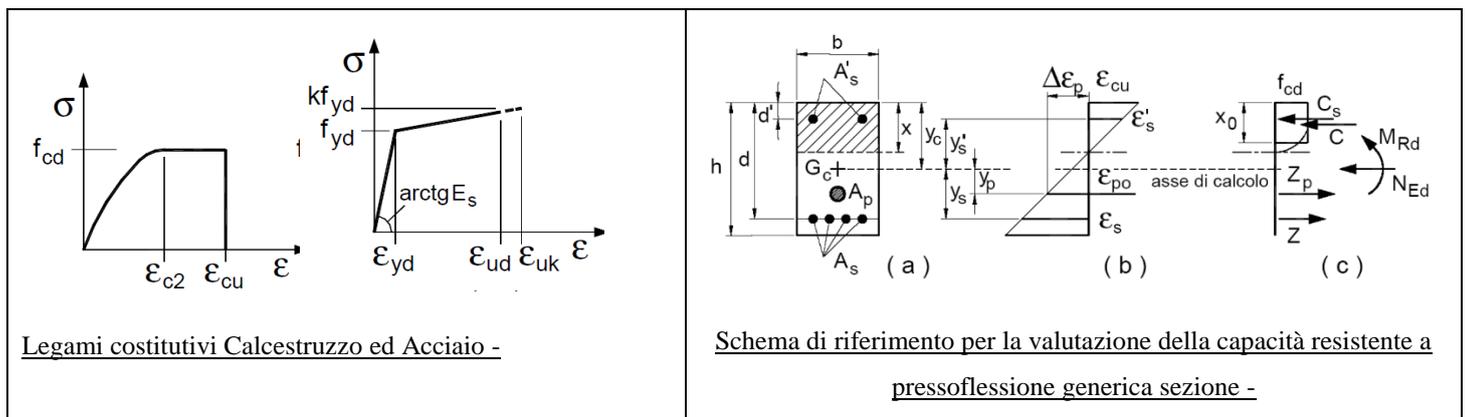
8.2 Verifiche strutturali

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

8.2.1 Verifiche allo SLU

8.2.1.1 Pressoflessione sezioni in c.a.

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione in c.a., viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.3.4.2 del DM 14.01.08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



La verifica consiste nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

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

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

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

8.2.1.2 Taglio sezioni in c.a.

La resistenza a taglio V_{Rd} degli elementi strutturali in c.a., può essere valutata secondo le formulazioni fornite al § 4.1.2.3.5 del DM 14.01.08, riferite sia al caso di “elementi privi di armatura a taglio” sia al caso di “elementi armati a taglio”. Per il caso di una membratura priva di armatura specifica, risulta pari a:

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

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d)$
- d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$ mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd} , che assumono nell'ordine le seguenti espressioni:

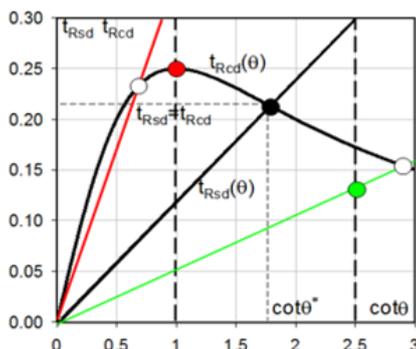
$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha ; \quad V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

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

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.3.5.2 del DM 14.01.08 considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione. $1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$ $45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$.

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

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



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

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

Dove:

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

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

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

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

$$\omega_{sw} : \text{Percentuale meccanica di armatura trasversale. } \omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

8.2.2 VERIFICA SLE

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

8.2.2.1 Verifiche alle 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" / "Frequente" 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", adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento di RFI "Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 2 / Ponti e Strutture – RFI DTC SI PS MA IFS 001 C rev 21-12-18", che al § 2.5.1.8.3.2.1 indica quanto segue:

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 $0,75 f_{yk}$.

8.2.2.2 Verifiche a fessurazione

La verifica a fessurazione consiste nel controllo che l'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio non superi i valori limite; anche in tal caso, come per le verifiche tensionali, ci si è riferiti alle prescrizioni maggiormente restrittive stabilite nell'ambito del progetto di opere ferroviarie nel documento RFI "Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 2 / Ponti e Strutture – RFI DTC SI PS MA IFS 001 B" – § 2.5.1.8.3.2.4, che prescrive in particolare quanto segue

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure δ_f , calcolata per la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, dovrà rispettare i seguenti limiti:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.01.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.01.2008

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

Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si è previsto di adottare il limite :

w1=0,20 mm

trattandosi in generale di strutture a permanente contatto col terreno.

9 ANALISI E VERIFICHE MURO 1

Di seguito si riportano i risultati delle analisi dei muri in oggetto per le tipologie definite al paragrafo 1.

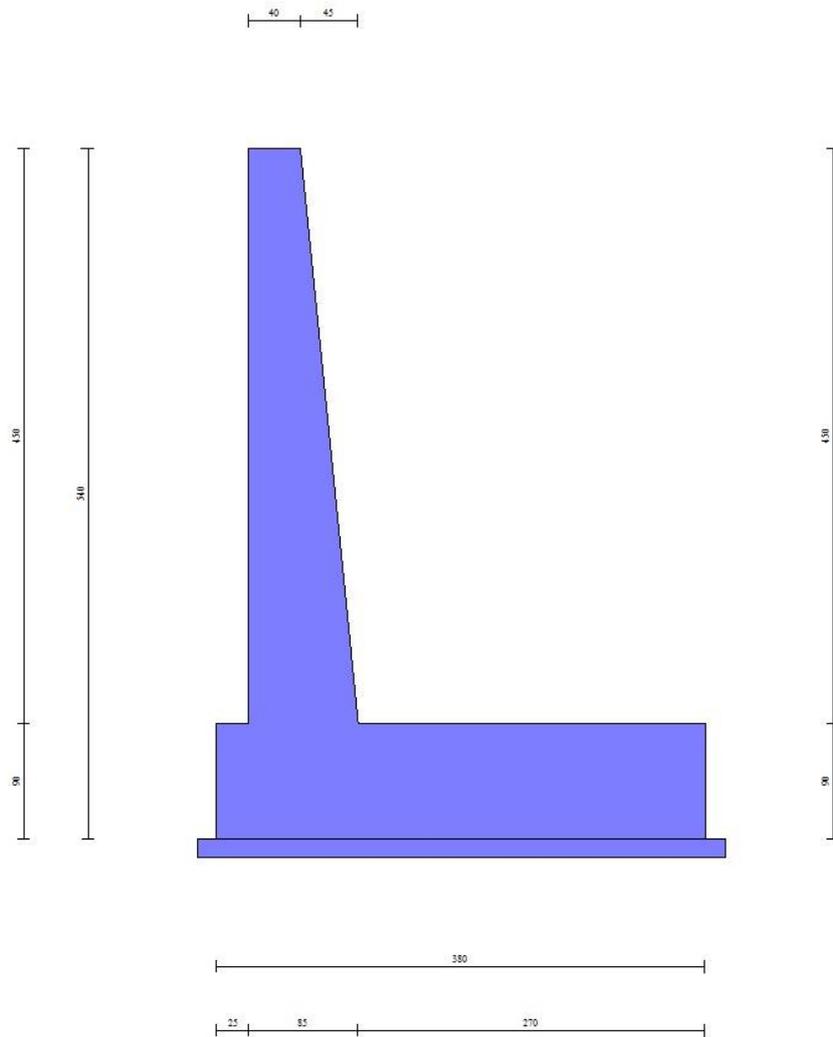
9.1 Modello di calcolo



Modello di calcolo muro

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	40 di 90

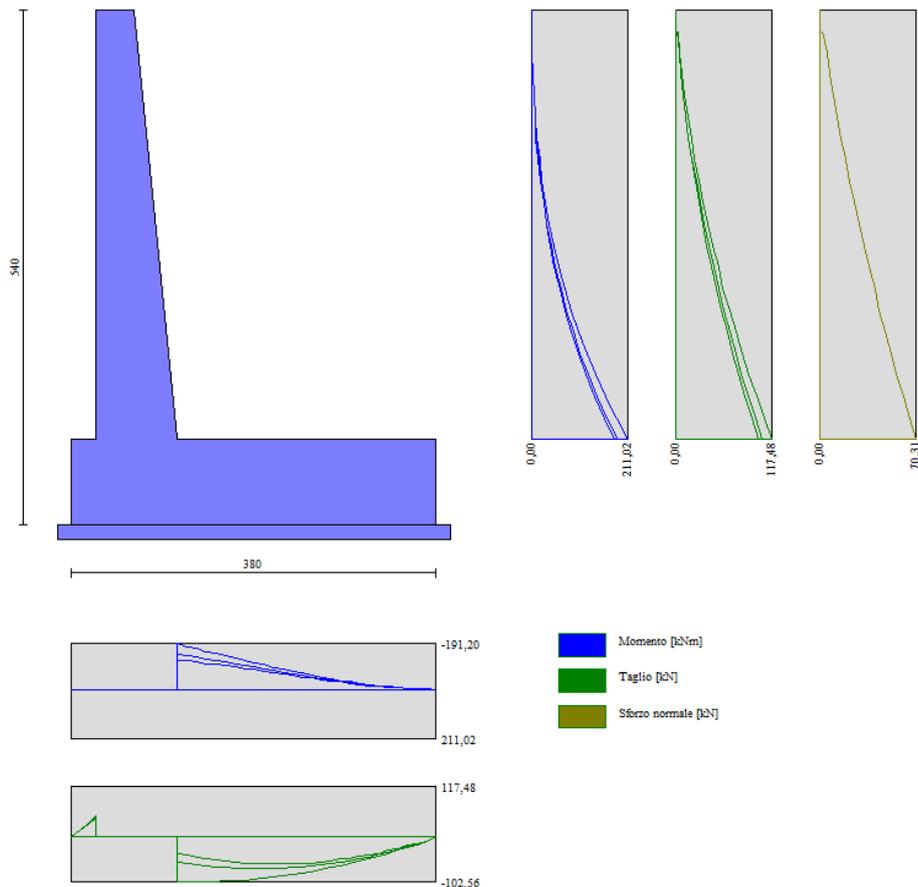


Geometria del muro

9.2 Risultati analisi

Sintesi FS verifiche globali

n°	Combinazione	Sismica	F Ssco	F Sqlim	F Srib	F Sstab	F Shyd	F Supl
1	STR (A1-M1-R3)		1,384	4,606	--	--	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	1,266	3,997	--	--	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	1,247	4,122	--	--	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	1,564	--	--
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	1,415	--	--
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	1,406	--	--
7	EQU		--	--	3,259	--	--	--
8	EQU	H + V	--	--	2,947	--	--	--
9	EQU	H - V	--	--	2,764	--	--	--



Inviluppo sollecitazioni sul muro

9.3 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Armatura a flessione			Armatura a flessione		
<i>Elemento</i>	Lato monte	Lato valle	<i>Elemento</i>	Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	Φ20/10 cm	Φ20/20 cm	FONDAZIONE	Φ20/15	Φ20/15

Per ulteriori dettagli circa i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo specifici per l'opera in oggetto.

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

10 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

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

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

11 TABULATI DI CALCOLO

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
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [N/mm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [N/mm ²]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	R_{ck}	E	ν	n	ntc
				[kN/mc]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
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 ²]	[N/mm ²]
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 [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	20,00	0,00	0.000

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

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	C30/37	
Altezza paramento	4,50	[m]
Altezza paramento libero	4,50	[m]
Spessore in sommità	0,40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,85	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	5,71	[°]

Fondazione

Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	0,25	[m]
Lunghezza mensola di monte	2,70	[m]
Lunghezza totale	3,80	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,90	[m]
Spessore magrone	0,15	[m]

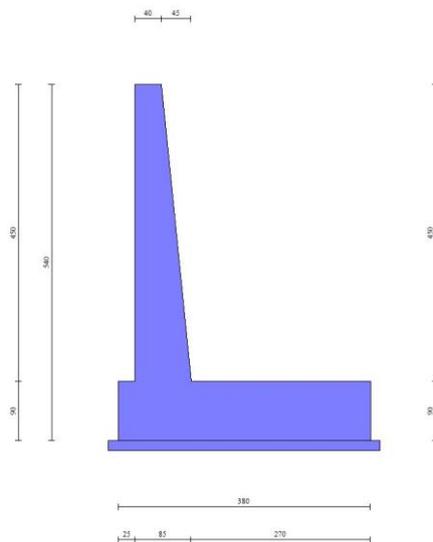


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

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

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [N/mm ²]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [N/mm ²]	c _a [N/mm ²]	Cesp	τ_l [N/mm ²]
1	Riempimento	20,0000	20,0000	30.000	20.000	0,000	0,000		
2	fondazione	19,0000	19,0000	35.000	23.330	0,000	0,000		

Stratigrafia

Simbologia adottata

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	47 di 90

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- α Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm

Per calcolo pali (solo se presenti)

- Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
- Ks Coefficiente di spinta
- Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

- Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	5,55	0.000	Riempimento	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2	10,00	0.000	fondazione	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000

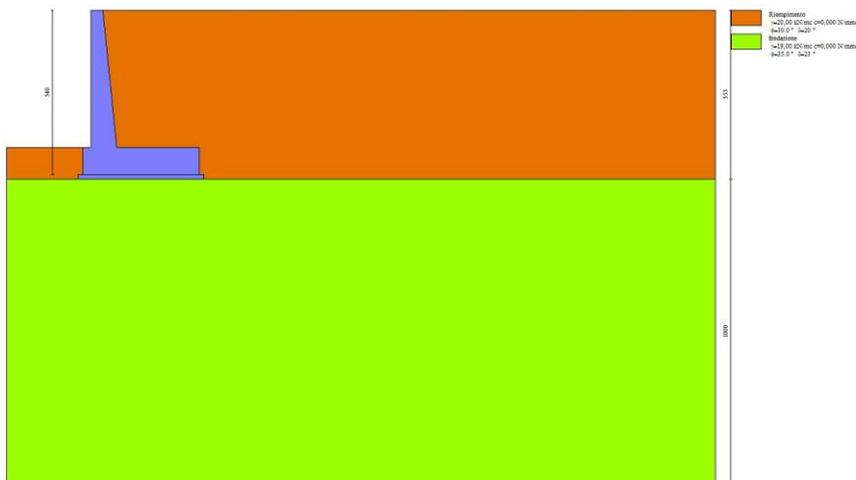


Fig. 2 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

- Carichi verticali positivi verso il basso.
- Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
- Momento positivo senso antiorario.

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	48 di 90

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

Carichi sul terreno

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

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008) - Approccio 2 + Circolare C.S.LL.PP. 02/02/2009 n.617**

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00

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

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

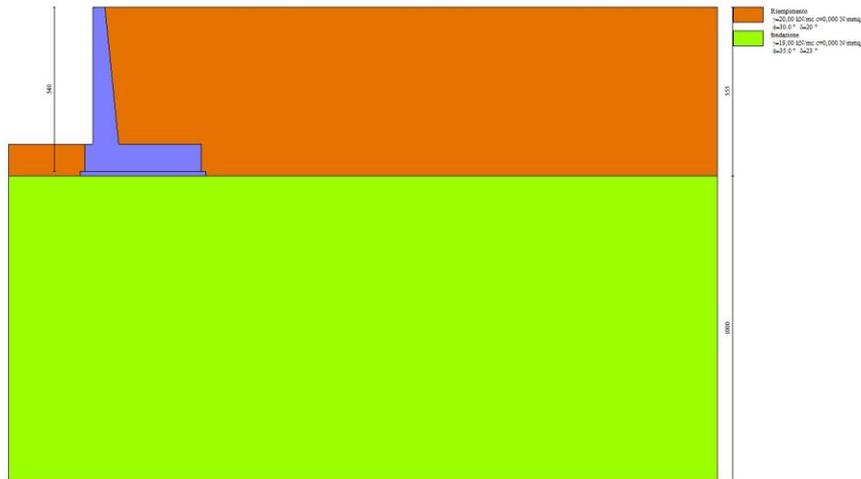


Fig. 3 -

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

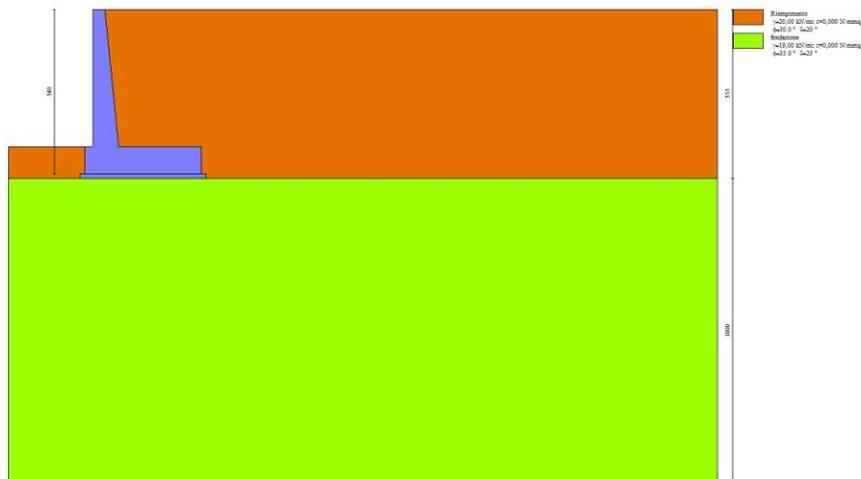


Fig. 4 - (Inviluppo)

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 5 - (Inviluppo)

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

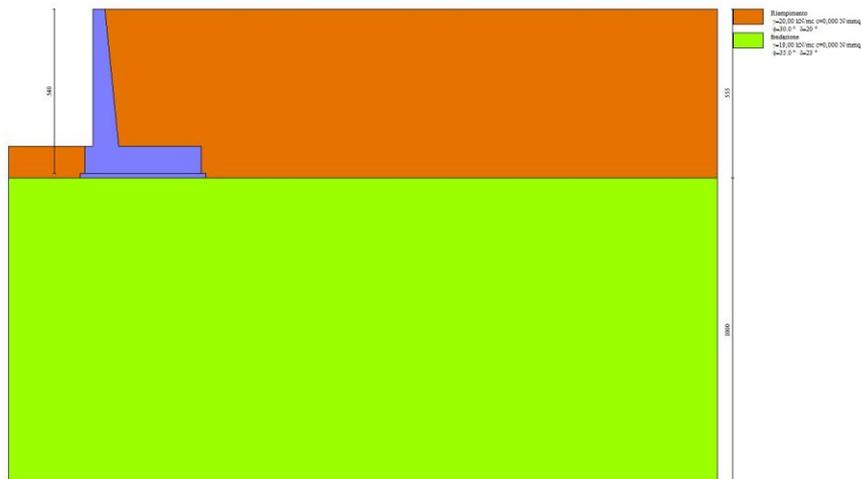


Fig. 6 - (Inviluppo)

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 7 - (Inviluppo)

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 8 - (Inviluppo)

Combinazione n° 7 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

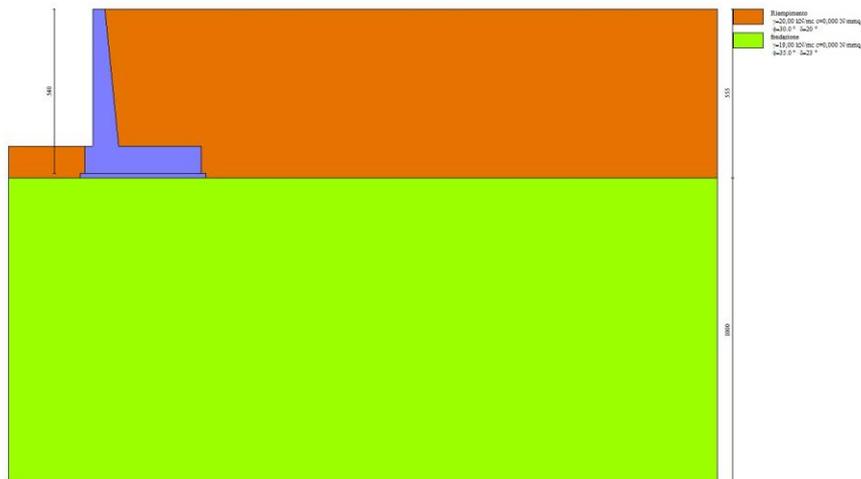


Fig. 9 - (Inviluppo)

Combinazione n° 8 - EQU H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 10 - (Inviluppo)

Combinazione n° 9 - EQU H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 11 - (Inviluppo)

Dati sismici

Comune	Ramacca
Provincia	Catania
Regione	Sicilia
Latitudine	37.571780
Longitudine	14.628390
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	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s^2]	1.595	0.643

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	56 di 90

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_0/g	[%]		0.163	0.066
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.519	2.551
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.534	0.329
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.454	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.240	5.676	2.838
Esercizio	0.180	1.770	0.885

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

Opzioni di calcolo

Spinta

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

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B \gamma N_c$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	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

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

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

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

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	156,06	20,00	146,65	53,37	3,15	-3,35
	Peso/Inerzia muro			0,00	155,81/0,00	0,65	-3,85
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	348,30/0,00	1,66	-2,18
2	Spinta statica	118,81	20,00	111,64	40,64	3,15	-3,36
	Incremento di spinta sismica		18,11	17,02	6,19	3,15	-3,60
	Peso/Inerzia muro			8,84	155,81/4,42	0,65	-3,85
	Peso/Inerzia terrapieno			18,52	326,25/9,26	1,67	-2,18
3	Spinta statica	118,81	20,00	111,64	40,64	3,15	-3,36
	Incremento di spinta sismica		11,42	10,73	3,91	3,15	-3,60
	Peso/Inerzia muro			8,84	155,81/-4,42	0,65	-3,85
	Peso/Inerzia terrapieno			18,52	326,25/-9,26	1,67	-2,18

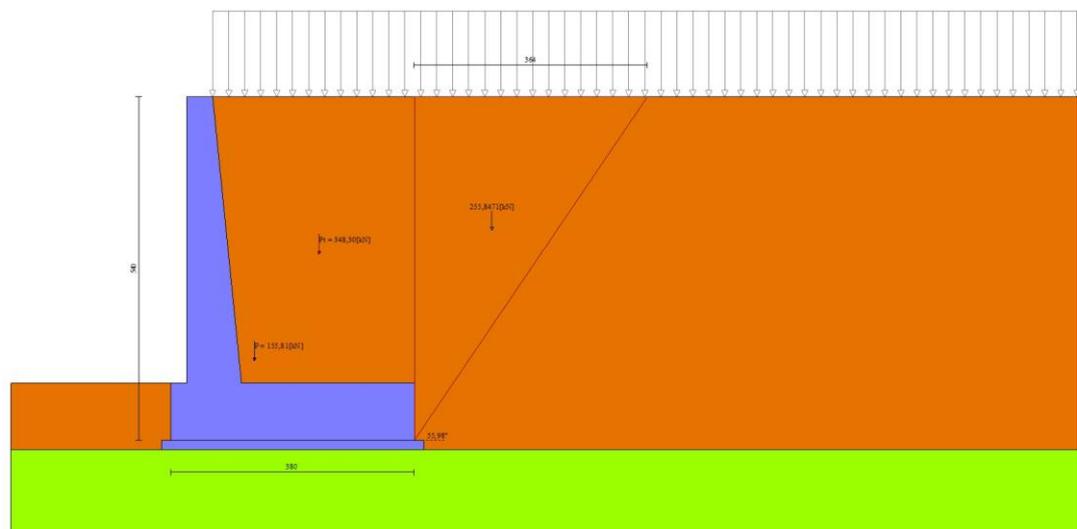


Fig. 12 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

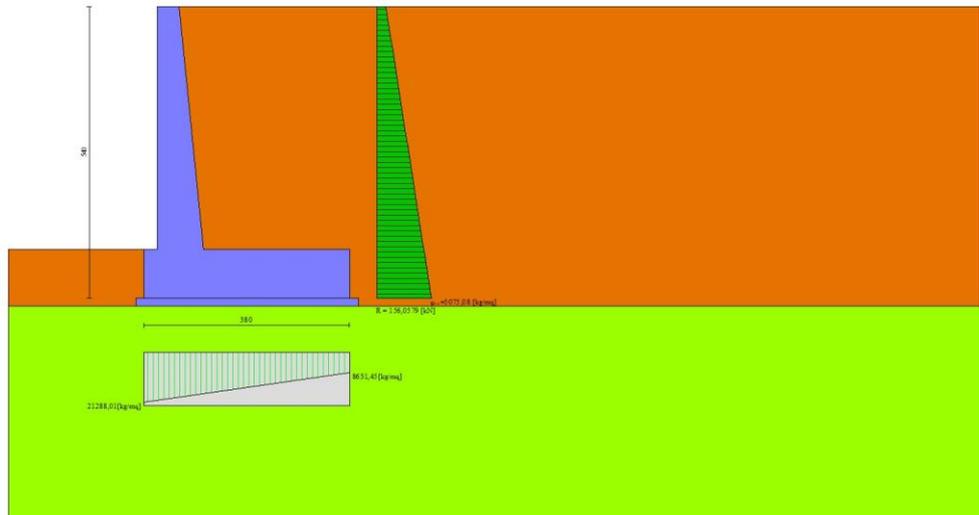


Fig. 13 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

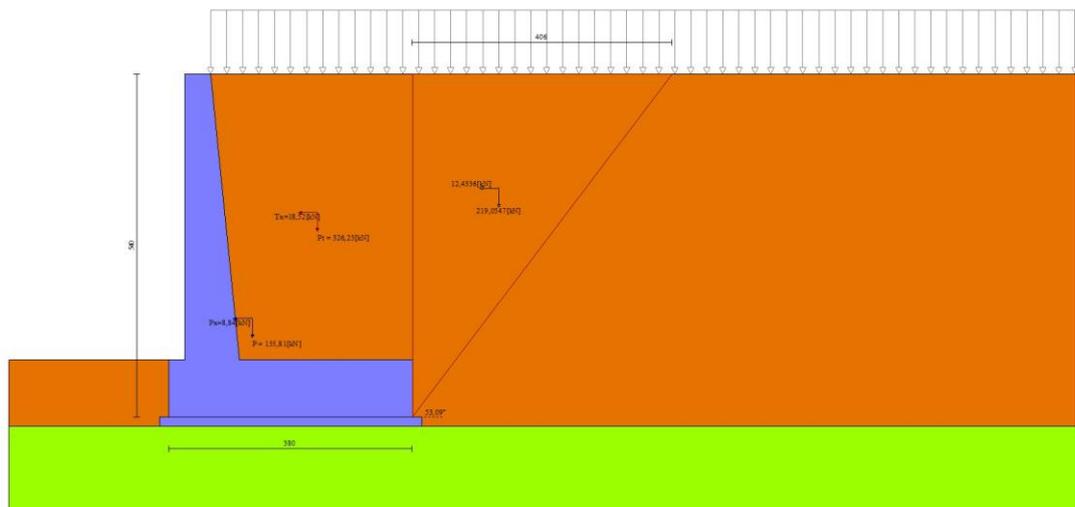


Fig. 14 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

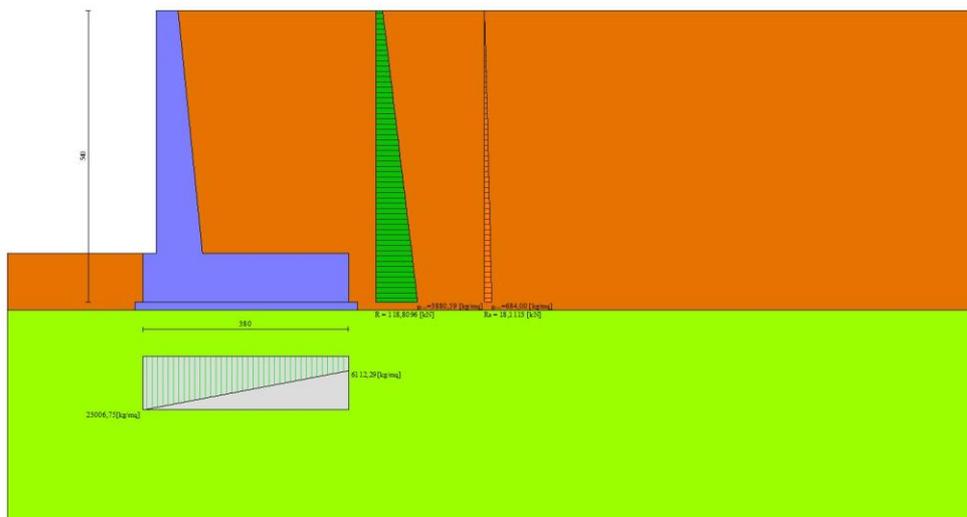


Fig. 15 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.384		4.606			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.266		3.997			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.247		4.122			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.564		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.415		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.406		
7 - EQU			3.259				
8 - EQU	H + V		2.947				
9 - EQU	H - V		2.764				

Verifica a scorrimento fondazione

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	61 di 90

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	202,91	0,00	0,00	--	--	202,91	146,65	1.384
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	197,48	0,00	0,00	--	--	197,48	156,03	1.266
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	186,69	0,00	0,00	--	--	186,69	149,74	1.247

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	557,48	2567,76	1834,11	4.606
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	542,57	2168,52	1548,94	3.997
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	512,92	2114,17	1510,12	4.122

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N$, viene moltiplicato per questo fattore

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	62 di 90

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/mm²]

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	γ	D	B' H	γ	ϕ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[N/mm ²]
1	45.267 32.454 35.817	0.699 0.699 0.332	1.091 1.045 1.045	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.930	0,90	3,26 3,63	19,04	34.79	0,000
2	45.267 32.454 35.817	0.675 0.675 0.290	1.091 1.045 1.045	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.930	0,90	3,07 3,63	19,04	34.79	0,000
3	45.267 32.454 35.817	0.671 0.671 0.283	1.091 1.045 1.045	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.930	0,90	3,04 3,63	19,04	34.79	0,000

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU	1106,38	339,49	3.259
8 - EQU H + V	1162,05	394,36	2.947
9 - EQU H - V	1126,15	407,40	2.764

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)	-1,00; 3,00	9,38	1.564
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 4,50	10,74	1.415
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 4,50	10,74	1.406

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mm²]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	7,81	13,38	7,89 - 0,58	66.600	24.791	0,000	0,0000	
2	21,25	13,38	0,58	58.963	24.791	0,000	0,0000	
3	31,29	13,38	0,58	52.591	24.791	0,000	0,0000	
4	39,35	13,38	0,58	47.058	24.791	0,000	0,0000	
5	46,03	13,38	0,58	42.056	24.791	0,000	0,0000	
6	51,67	13,38	0,58	37.426	24.791	0,000	0,0000	
7	56,46	13,38	0,58	33.069	24.791	0,000	0,0000	
8	60,53	13,38	0,58	28.919	24.791	0,000	0,0000	
9	66,17	13,38	0,58	24.930	24.791	0,000	0,0000	
10	69,35	13,38	0,58	21.067	29.256	0,000	0,0000	
11	71,59	13,38	0,58	17.303	29.256	0,000	0,0000	
12	73,37	13,38	0,58	13.614	29.256	0,000	0,0000	
13	75,05	13,38	0,58	9.982	29.256	0,000	0,0000	
14	85,93	7,69	0,58	6.391	29.256	0,000	0,0000	
15	40,19	0,00	0,58	2.824	29.256	0,000	0,0000	
16	21,32	0,00	0,58	-0.731	29.256	0,000	0,0000	
17	21,03	0,00	0,58	-4.289	29.256	0,000	0,0000	
18	20,35	0,00	0,58	-7.864	29.256	0,000	0,0000	
19	19,25	0,00	0,58	-11.470	29.256	0,000	0,0000	
20	17,73	0,00	0,58	-15.123	29.256	0,000	0,0000	
21	15,77	0,00	0,58	-18.841	29.256	0,000	0,0000	
22	13,33	0,00	0,58	-22.643	29.256	0,000	0,0000	
23	10,29	0,00	0,58	-26.554	24.791	0,000	0,0000	
24	6,60	0,00	0,58	-30.604	24.791	0,000	0,0000	
25	2,25	0,00	-6,64 - 0,58	-34.219	24.791	0,000	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	7,20	12,52	8,76 - 0,63	61.457	24.791	0,000	0,0000	
2	20,07	12,52	0,63	55.334	24.791	0,000	0,0000	
3	30,38	12,52	0,63	49.811	24.791	0,000	0,0000	

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mmq]	u [N/mmq]	Tx; Ty [kN]
4	38,92	12,52	0,63	44.868	24.791	0,000	0,0000	
5	46,14	12,52	0,63	40.323	24.791	0,000	0,0000	
6	52,32	12,52	0,63	36.068	24.791	0,000	0,0000	
7	57,63	12,52	0,63	32.034	24.791	0,000	0,0000	
8	62,18	12,52	0,63	28.171	24.791	0,000	0,0000	
9	66,14	12,52	0,63	24.444	24.791	0,000	0,0000	
10	72,13	12,52	0,63	20.824	24.791	0,000	0,0000	
11	74,73	12,52	0,63	17.290	29.256	0,000	0,0000	
12	76,80	12,52	0,63	13.823	29.256	0,000	0,0000	
13	78,40	12,52	0,63	10.407	29.256	0,000	0,0000	
14	84,58	12,52	0,63	7.028	29.256	0,000	0,0000	
15	69,02	0,02	0,63	3.673	29.256	0,000	0,0000	
16	21,46	0,00	0,63	0.331	29.256	0,000	0,0000	
17	21,18	0,00	0,63	-3.010	29.256	0,000	0,0000	
18	20,57	0,00	0,63	-6.361	29.256	0,000	0,0000	
19	19,51	0,00	0,63	-9.734	29.256	0,000	0,0000	
20	18,00	0,00	0,63	-13.142	29.256	0,000	0,0000	
21	16,03	0,00	0,63	-16.598	29.256	0,000	0,0000	
22	13,54	0,00	0,63	-20.117	29.256	0,000	0,0000	
23	10,42	0,00	0,63	-23.718	24.791	0,000	0,0000	
24	6,66	0,00	0,63	-27.422	24.791	0,000	0,0000	
25	2,25	0,00	-6,88 - 0,63	-30.574	24.791	0,000	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mmq]	u [N/mmq]	Tx; Ty [kN]
1	7,20	12,52	8,76 - 0,63	61.457	24.791	0,000	0,0000	
2	20,07	12,52	0,63	55.334	24.791	0,000	0,0000	
3	30,38	12,52	0,63	49.811	24.791	0,000	0,0000	
4	38,92	12,52	0,63	44.868	24.791	0,000	0,0000	
5	46,14	12,52	0,63	40.323	24.791	0,000	0,0000	
6	52,32	12,52	0,63	36.068	24.791	0,000	0,0000	
7	57,63	12,52	0,63	32.034	24.791	0,000	0,0000	
8	62,18	12,52	0,63	28.171	24.791	0,000	0,0000	
9	66,14	12,52	0,63	24.444	24.791	0,000	0,0000	
10	72,13	12,52	0,63	20.824	24.791	0,000	0,0000	
11	74,73	12,52	0,63	17.290	29.256	0,000	0,0000	
12	76,80	12,52	0,63	13.823	29.256	0,000	0,0000	
13	78,40	12,52	0,63	10.407	29.256	0,000	0,0000	
14	84,58	12,52	0,63	7.028	29.256	0,000	0,0000	
15	69,02	0,02	0,63	3.673	29.256	0,000	0,0000	
16	21,46	0,00	0,63	0.331	29.256	0,000	0,0000	
17	21,18	0,00	0,63	-3.010	29.256	0,000	0,0000	
18	20,57	0,00	0,63	-6.361	29.256	0,000	0,0000	
19	19,51	0,00	0,63	-9.734	29.256	0,000	0,0000	
20	18,00	0,00	0,63	-13.142	29.256	0,000	0,0000	
21	16,03	0,00	0,63	-16.598	29.256	0,000	0,0000	
22	13,54	0,00	0,63	-20.117	29.256	0,000	0,0000	
23	10,42	0,00	0,63	-23.718	24.791	0,000	0,0000	
24	6,66	0,00	0,63	-27.422	24.791	0,000	0,0000	
25	2,25	0,00	-6,88 - 0,63	-30.574	24.791	0,000	0,0000	

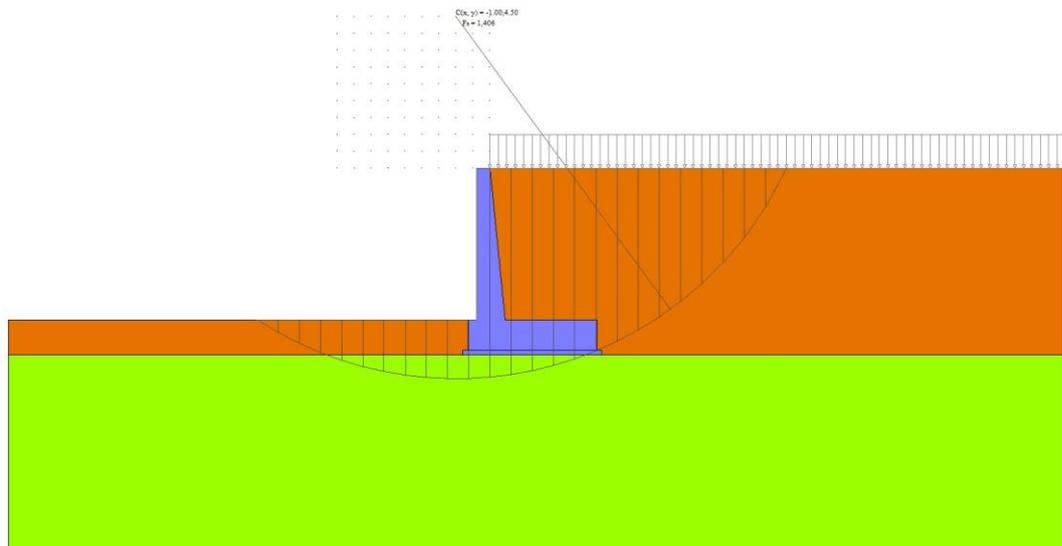


Fig. 16 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,22	2,31	2,06	0,24
3	-0,45	4,75	4,52	1,01
4	-0,67	7,32	7,38	2,41
5	-0,90	10,01	10,64	4,52
6	-1,13	12,83	14,30	7,45
7	-1,35	15,78	18,37	11,28
8	-1,57	18,85	22,83	16,10
9	-1,80	22,05	27,70	22,01
10	-2,02	25,38	32,97	29,09
11	-2,25	28,83	38,65	37,45
12	-2,48	32,41	44,72	47,17
13	-2,70	36,11	51,20	58,33
14	-2,92	39,94	58,08	71,05
15	-3,15	43,90	65,36	85,40
16	-3,38	47,99	73,04	101,48
17	-3,60	52,20	81,12	119,38

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
18	-3,83	56,54	89,61	139,19
19	-4,05	61,00	98,50	161,00
20	-4,28	65,59	107,79	184,92
21	-4,50	70,31	117,48	211,02

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,22	2,31	1,69	0,20
3	-0,45	4,75	3,77	0,84
4	-0,67	7,32	6,22	2,03
5	-0,90	10,01	9,05	3,84
6	-1,13	12,83	12,26	6,35
7	-1,35	15,78	15,86	9,67
8	-1,57	18,85	19,83	13,87
9	-1,80	22,05	24,18	19,05
10	-2,02	25,38	28,91	25,28
11	-2,25	28,83	34,03	32,66
12	-2,48	32,41	39,52	41,27
13	-2,70	36,11	45,39	51,20
14	-2,92	39,94	51,64	62,54
15	-3,15	43,90	58,28	75,37
16	-3,38	47,99	65,29	89,78
17	-3,60	52,20	72,68	105,86
18	-3,83	56,54	80,46	123,69
19	-4,05	61,00	88,61	143,36
20	-4,28	65,59	97,15	164,97
21	-4,50	70,31	106,06	188,58

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,22	2,31	1,68	0,20
3	-0,45	4,75	3,72	0,84
4	-0,67	7,32	6,10	2,00
5	-0,90	10,01	8,85	3,77
6	-1,13	12,83	11,95	6,24
7	-1,35	15,78	15,40	9,47
8	-1,57	18,85	19,21	13,55
9	-1,80	22,05	23,37	18,56
10	-2,02	25,38	27,89	24,59
11	-2,25	28,83	32,76	31,71
12	-2,48	32,41	37,99	40,01
13	-2,70	36,11	43,57	49,56
14	-2,92	39,94	49,51	60,45
15	-3,15	43,90	55,80	72,77
16	-3,38	47,99	62,45	86,58
17	-3,60	52,20	69,45	101,97
18	-3,83	56,54	76,81	119,03
19	-4,05	61,00	84,52	137,84
20	-4,28	65,59	92,58	158,46
21	-4,50	70,31	101,00	181,00

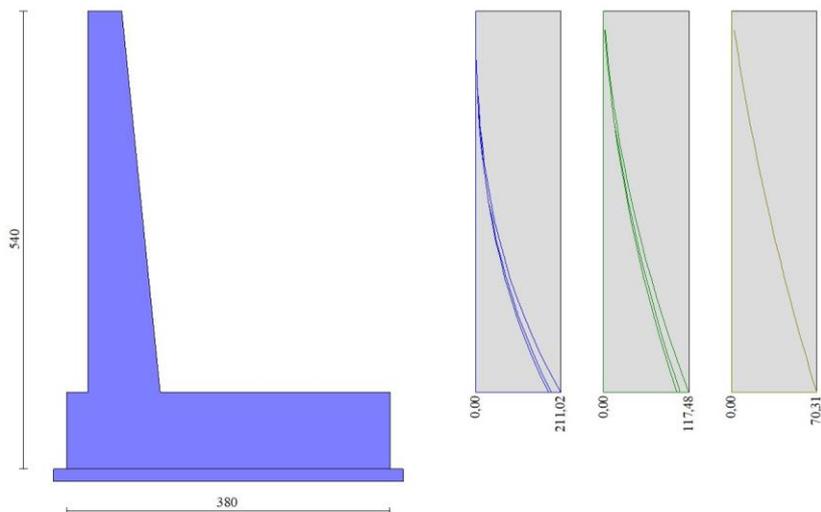


Fig. 17 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0,65	0,00	0,00	0,00
2	-0,57	0,00	15,41	0,64
3	-0,48	0,00	30,59	2,56
4	-0,40	0,00	45,55	5,74
5	0,45	0,00	-101,94	-191,20
6	0,55	0,00	-102,41	-180,98
7	0,65	0,00	-102,56	-170,73
8	0,75	0,00	-102,38	-160,48
9	0,85	0,00	-101,87	-150,26
10	0,95	0,00	-101,03	-140,12
11	1,05	0,00	-99,87	-130,07
12	1,15	0,00	-98,38	-120,15
13	1,25	0,00	-96,56	-110,40
14	1,35	0,00	-94,42	-100,85
15	1,45	0,00	-91,95	-91,53
16	1,55	0,00	-89,16	-82,47
17	1,65	0,00	-86,03	-73,71
18	1,75	0,00	-82,58	-65,28
19	1,85	0,00	-78,81	-57,21
20	1,95	0,00	-74,71	-49,53
21	2,05	0,00	-70,28	-42,28
22	2,15	0,00	-65,52	-35,48
23	2,25	0,00	-60,44	-29,18
24	2,35	0,00	-55,03	-23,41
25	2,45	0,00	-49,29	-18,19
26	2,55	0,00	-43,23	-13,56
27	2,65	0,00	-36,84	-9,55
28	2,75	0,00	-30,13	-6,20
29	2,85	0,00	-23,09	-3,54
30	2,95	0,00	-15,72	-1,59

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	68 di 90

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
31	3,05	0,00	-8,02	-0,40
32	3,15	0,00	0,00	0,00

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0,65	0,00	0,00	0,00
2	-0,57	0,00	16,78	0,70
3	-0,48	0,00	33,25	2,79
4	-0,40	0,00	49,42	6,23
5	0,45	0,00	-36,98	-121,44
6	0,55	0,00	-41,28	-117,52
7	0,65	0,00	-45,14	-113,20
8	0,75	0,00	-48,57	-108,51
9	0,85	0,00	-51,56	-103,50
10	0,95	0,00	-54,11	-98,21
11	1,05	0,00	-56,23	-92,69
12	1,15	0,00	-57,91	-86,98
13	1,25	0,00	-59,16	-81,12
14	1,35	0,00	-59,97	-75,16
15	1,45	0,00	-60,35	-69,14
16	1,55	0,00	-60,28	-63,11
17	1,65	0,00	-59,79	-57,10
18	1,75	0,00	-58,85	-51,17
19	1,85	0,00	-57,48	-45,35
20	1,95	0,00	-55,68	-39,68
21	2,05	0,00	-53,44	-34,23
22	2,15	0,00	-50,76	-29,01
23	2,25	0,00	-47,64	-24,09
24	2,35	0,00	-44,09	-19,50
25	2,45	0,00	-40,11	-15,28
26	2,55	0,00	-35,69	-11,49
27	2,65	0,00	-30,83	-8,16
28	2,75	0,00	-25,54	-5,34
29	2,85	0,00	-19,81	-3,07
30	2,95	0,00	-13,64	-1,39
31	3,05	0,00	-7,04	-0,36
32	3,15	0,00	0,00	0,00

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0,65	0,00	0,00	0,00
2	-0,57	0,00	15,97	0,67
3	-0,48	0,00	31,65	2,65
4	-0,40	0,00	47,03	5,93
5	0,45	0,00	-56,57	-146,25
6	0,55	0,00	-60,01	-140,42
7	0,65	0,00	-63,03	-134,26
8	0,75	0,00	-65,62	-127,83
9	0,85	0,00	-67,79	-121,15
10	0,95	0,00	-69,53	-114,28
11	1,05	0,00	-70,84	-107,26
12	1,15	0,00	-71,73	-100,13
13	1,25	0,00	-72,19	-92,93
14	1,35	0,00	-72,22	-85,71

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
15	1,45	0,00	-71,83	-78,50
16	1,55	0,00	-71,01	-71,35
17	1,65	0,00	-69,77	-64,31
18	1,75	0,00	-68,10	-57,41
19	1,85	0,00	-66,01	-50,70
20	1,95	0,00	-63,49	-44,23
21	2,05	0,00	-60,54	-38,02
22	2,15	0,00	-57,17	-32,13
23	2,25	0,00	-53,37	-26,60
24	2,35	0,00	-49,14	-21,47
25	2,45	0,00	-44,49	-16,79
26	2,55	0,00	-39,41	-12,59
27	2,65	0,00	-33,91	-8,92
28	2,75	0,00	-27,98	-5,82
29	2,85	0,00	-21,62	-3,34
30	2,95	0,00	-14,84	-1,51
31	3,05	0,00	-7,63	-0,39
32	3,15	0,00	0,00	0,00

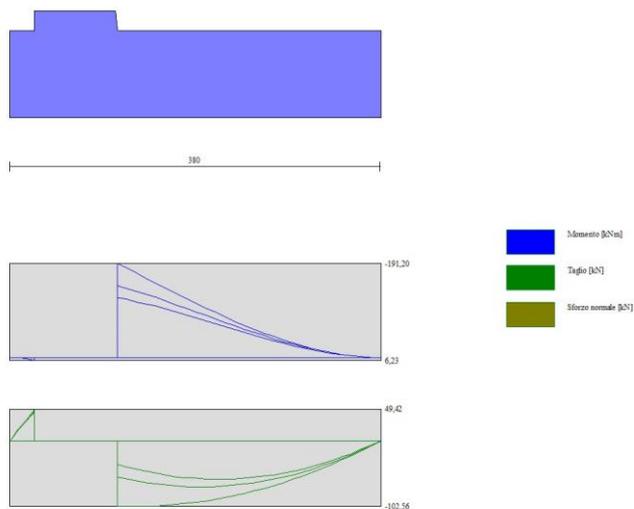


Fig. 18 - Fondazione (Inviluppo)

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	70 di 90

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,00	100	40	15,71	15,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	-0,22	100	42	15,71	15,71	0,24	2,31	0,00	0,00	1000.000
3	-0,45	100	44	15,71	15,71	1,01	4,75	603,55	2843,81	598.307
4	-0,67	100	47	15,71	15,71	2,41	7,32	534,32	1624,73	221.973
5	-0,90	100	49	15,71	15,71	4,52	10,01	465,53	1030,35	102.908
6	-1,13	100	51	15,71	18,85	7,45	12,83	510,69	879,57	68.545
7	-1,35	100	53	15,71	18,85	11,28	15,78	496,71	694,84	44.039
8	-1,57	100	56	15,71	18,85	16,10	18,85	494,68	579,15	30.723
9	-1,80	100	58	15,71	18,85	22,01	22,05	499,01	499,93	22.673
10	-2,02	100	60	15,71	18,85	29,09	25,38	507,14	442,31	17.431
11	-2,25	100	62	15,71	21,99	37,45	28,83	597,41	459,87	15.953
12	-2,48	100	65	15,71	21,99	47,17	32,41	611,38	420,07	12.963
13	-2,70	100	67	15,71	21,99	58,33	36,11	626,76	387,99	10.744
14	-2,92	100	69	15,71	21,99	71,05	39,94	643,19	361,61	9.053
15	-3,15	100	71	15,71	28,27	85,40	43,90	834,91	429,21	9.777
16	-3,38	100	74	15,71	28,27	101,48	47,99	857,11	405,31	8.446
17	-3,60	100	76	15,71	28,27	119,38	52,20	879,99	384,78	7.372
18	-3,83	100	78	15,71	28,27	139,19	56,54	903,43	366,96	6.491
19	-4,05	100	80	15,71	28,27	161,00	61,00	927,34	351,35	5.760
20	-4,28	100	83	15,71	28,27	184,92	65,59	951,65	337,56	5.146
21	-4,50	100	85	15,71	28,27	211,02	70,31	975,87	325,16	4.625

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

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	0,00	100	40	15,71	15,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	-0,22	100	42	15,71	15,71	0,20	2,31	0,00	0,00	1000.000
3	-0,45	100	44	15,71	15,71	0,84	4,75	615,52	3470,23	730.099
4	-0,67	100	47	15,71	15,71	2,03	7,32	595,03	2148,60	293.545
5	-0,90	100	49	15,71	15,71	3,84	10,01	527,10	1376,13	137.443
6	-1,13	100	51	15,71	18,85	6,35	12,83	561,25	1133,42	88.329
7	-1,35	100	53	15,71	18,85	9,67	15,78	534,50	872,02	55.268
8	-1,57	100	56	15,71	18,85	13,87	18,85	524,39	712,54	37.799
9	-1,80	100	58	15,71	18,85	19,05	22,05	523,68	606,25	27.495
10	-2,02	100	60	15,71	18,85	25,28	25,38	528,40	530,42	20.903
11	-2,25	100	62	15,71	21,99	32,66	28,83	619,13	546,53	18.959
12	-2,48	100	65	15,71	21,99	41,27	32,41	630,98	495,49	15.290
13	-2,70	100	67	15,71	21,99	51,20	36,11	644,72	454,74	12.593
14	-2,92	100	69	15,71	21,99	62,54	39,94	659,85	421,47	10.552
15	-3,15	100	71	15,71	28,27	75,37	43,90	854,62	497,83	11.340

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
16	-3,38	100	74	15,71	28,27	89,78	47,99	875,71	468,07	9.754
17	-3,60	100	76	15,71	28,27	105,86	52,20	897,65	442,64	8.480
18	-3,83	100	78	15,71	28,27	123,69	56,54	920,30	420,65	7.440
19	-4,05	100	80	15,71	28,27	143,36	61,00	943,53	401,47	6.581
20	-4,28	100	83	15,71	28,27	164,97	65,59	967,27	384,60	5.863
21	-4,50	100	85	15,71	28,27	188,58	70,31	991,45	369,64	5.257

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

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	0,00	100	40	15,71	15,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	-0,22	100	42	15,71	15,71	0,20	2,31	0,00	0,00	1000.000
3	-0,45	100	44	15,71	15,71	0,84	4,75	614,40	3495,34	735.382
4	-0,67	100	47	15,71	15,71	2,00	7,32	599,55	2192,58	299.554
5	-0,90	100	49	15,71	15,71	3,77	10,01	533,95	1416,40	141.465
6	-1,13	100	51	15,71	18,85	6,24	12,83	567,20	1167,21	90.962
7	-1,35	100	53	15,71	18,85	9,47	15,78	540,74	901,28	57.123
8	-1,57	100	56	15,71	18,85	13,55	18,85	529,90	737,31	39.114
9	-1,80	100	58	15,71	18,85	18,56	22,05	528,76	628,13	28.487
10	-2,02	100	60	15,71	18,85	24,59	25,38	533,19	550,26	21.685
11	-2,25	100	62	15,71	21,99	31,71	28,83	624,44	567,68	19.692
12	-2,48	100	65	15,71	21,99	40,01	32,41	636,13	515,28	15.901
13	-2,70	100	67	15,71	21,99	49,56	36,11	649,75	473,43	13.110
14	-2,92	100	69	15,71	21,99	60,45	39,94	664,80	439,25	10.997
15	-3,15	100	71	15,71	28,27	72,77	43,90	860,81	519,35	11.830
16	-3,38	100	74	15,71	28,27	86,58	47,99	881,84	488,76	10.185
17	-3,60	100	76	15,71	28,27	101,97	52,20	903,75	462,61	8.863
18	-3,83	100	78	15,71	28,27	119,03	56,54	926,37	440,00	7.783
19	-4,05	100	80	15,71	28,27	137,84	61,00	949,60	420,26	6.889
20	-4,28	100	83	15,71	28,27	158,46	65,59	973,35	402,89	6.142
21	-4,50	100	85	15,71	28,27	181,00	70,31	997,53	387,49	5.511

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-0,65	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	-0,57	100	90	18,85	18,85	0,64	0,00	611,58	0,00	950.225
3	-0,48	100	90	18,85	18,85	2,56	0,00	611,58	0,00	238.725
4	-0,40	100	90	18,85	18,85	5,74	0,00	611,58	0,00	106.624
5	0,45	100	90	18,85	18,85	-191,20	0,00	-611,58	0,00	3.199
6	0,55	100	90	18,85	18,85	-180,98	0,00	-611,58	0,00	3.379
7	0,65	100	90	18,85	18,85	-170,73	0,00	-611,58	0,00	3.582
8	0,75	100	90	18,85	18,85	-160,48	0,00	-611,58	0,00	3.811
9	0,85	100	90	18,85	18,85	-150,26	0,00	-611,58	0,00	4.070
10	0,95	100	90	18,85	18,85	-140,12	0,00	-611,58	0,00	4.365
11	1,05	100	90	18,85	18,85	-130,07	0,00	-611,58	0,00	4.702
12	1,15	100	90	18,85	18,85	-120,15	0,00	-611,58	0,00	5.090
13	1,25	100	90	18,85	18,85	-110,40	0,00	-611,58	0,00	5.539
14	1,35	100	90	18,85	18,85	-100,85	0,00	-611,58	0,00	6.064
15	1,45	100	90	18,85	18,85	-91,53	0,00	-611,58	0,00	6.682
16	1,55	100	90	18,85	18,85	-82,47	0,00	-611,58	0,00	7.415
17	1,65	100	90	18,85	18,85	-73,71	0,00	-611,58	0,00	8.297
18	1,75	100	90	18,85	18,85	-65,28	0,00	-611,58	0,00	9.369
19	1,85	100	90	18,85	18,85	-57,21	0,00	-611,58	0,00	10.691
20	1,95	100	90	18,85	18,85	-49,53	0,00	-611,58	0,00	12.348

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
21	2,05	100	90	18,85	18,85	-42,28	0,00	-611,58	0,00	14.467
22	2,15	100	90	18,85	18,85	-35,48	0,00	-611,58	0,00	17.236
23	2,25	100	90	18,85	18,85	-29,18	0,00	-611,58	0,00	20.957
24	2,35	100	90	18,85	18,85	-23,41	0,00	-611,58	0,00	26.129
25	2,45	100	90	18,85	18,85	-18,19	0,00	-611,58	0,00	33.628
26	2,55	100	90	18,85	18,85	-13,56	0,00	-611,58	0,00	45.109
27	2,65	100	90	18,85	18,85	-9,55	0,00	-611,58	0,00	64.032
28	2,75	100	90	18,85	18,85	-6,20	0,00	-611,58	0,00	98.644
29	2,85	100	90	18,85	18,85	-3,54	0,00	-611,58	0,00	172.937
30	2,95	100	90	18,85	18,85	-1,59	0,00	-611,58	0,00	383.792
31	3,05	100	90	18,85	18,85	-0,40	0,00	0,00	0,00	1000.000
32	3,15	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000

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

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-0,65	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	-0,57	100	90	18,85	18,85	0,70	0,00	611,58	0,00	872.331
3	-0,48	100	90	18,85	18,85	2,79	0,00	611,58	0,00	219.399
4	-0,40	100	90	18,85	18,85	6,23	0,00	611,58	0,00	98.103
5	0,45	100	90	18,85	18,85	-121,44	0,00	-611,58	0,00	5.036
6	0,55	100	90	18,85	18,85	-117,52	0,00	-611,58	0,00	5.204
7	0,65	100	90	18,85	18,85	-113,20	0,00	-611,58	0,00	5.403
8	0,75	100	90	18,85	18,85	-108,51	0,00	-611,58	0,00	5.636
9	0,85	100	90	18,85	18,85	-103,50	0,00	-611,58	0,00	5.909
10	0,95	100	90	18,85	18,85	-98,21	0,00	-611,58	0,00	6.227
11	1,05	100	90	18,85	18,85	-92,69	0,00	-611,58	0,00	6.598
12	1,15	100	90	18,85	18,85	-86,98	0,00	-611,58	0,00	7.031
13	1,25	100	90	18,85	18,85	-81,12	0,00	-611,58	0,00	7.539
14	1,35	100	90	18,85	18,85	-75,16	0,00	-611,58	0,00	8.137
15	1,45	100	90	18,85	18,85	-69,14	0,00	-611,58	0,00	8.845
16	1,55	100	90	18,85	18,85	-63,11	0,00	-611,58	0,00	9.691
17	1,65	100	90	18,85	18,85	-57,10	0,00	-611,58	0,00	10.710
18	1,75	100	90	18,85	18,85	-51,17	0,00	-611,58	0,00	11.953
19	1,85	100	90	18,85	18,85	-45,35	0,00	-611,58	0,00	13.487
20	1,95	100	90	18,85	18,85	-39,68	0,00	-611,58	0,00	15.411
21	2,05	100	90	18,85	18,85	-34,23	0,00	-611,58	0,00	17.869
22	2,15	100	90	18,85	18,85	-29,01	0,00	-611,58	0,00	21.080
23	2,25	100	90	18,85	18,85	-24,09	0,00	-611,58	0,00	25.389
24	2,35	100	90	18,85	18,85	-19,50	0,00	-611,58	0,00	31.366
25	2,45	100	90	18,85	18,85	-15,28	0,00	-611,58	0,00	40.014
26	2,55	100	90	18,85	18,85	-11,49	0,00	-611,58	0,00	53.223
27	2,65	100	90	18,85	18,85	-8,16	0,00	-611,58	0,00	74.935
28	2,75	100	90	18,85	18,85	-5,34	0,00	-611,58	0,00	114.537
29	2,85	100	90	18,85	18,85	-3,07	0,00	-611,58	0,00	199.281
30	2,95	100	90	18,85	18,85	-1,39	0,00	-611,58	0,00	439.027
31	3,05	100	90	18,85	18,85	-0,36	0,00	0,00	0,00	1000.000
32	3,15	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000

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

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-0,65	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	-0,57	100	90	18,85	18,85	0,67	0,00	611,58	0,00	916.199
3	-0,48	100	90	18,85	18,85	2,65	0,00	611,58	0,00	230.469
4	-0,40	100	90	18,85	18,85	5,93	0,00	611,58	0,00	103.069

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
5	0,45	100	90	18,85	18,85	-146,25	0,00	-611,58	0,00	4.182
6	0,55	100	90	18,85	18,85	-140,42	0,00	-611,58	0,00	4.355
7	0,65	100	90	18,85	18,85	-134,26	0,00	-611,58	0,00	4.555
8	0,75	100	90	18,85	18,85	-127,83	0,00	-611,58	0,00	4.784
9	0,85	100	90	18,85	18,85	-121,15	0,00	-611,58	0,00	5.048
10	0,95	100	90	18,85	18,85	-114,28	0,00	-611,58	0,00	5.351
11	1,05	100	90	18,85	18,85	-107,26	0,00	-611,58	0,00	5.702
12	1,15	100	90	18,85	18,85	-100,13	0,00	-611,58	0,00	6.108
13	1,25	100	90	18,85	18,85	-92,93	0,00	-611,58	0,00	6.581
14	1,35	100	90	18,85	18,85	-85,71	0,00	-611,58	0,00	7.136
15	1,45	100	90	18,85	18,85	-78,50	0,00	-611,58	0,00	7.791
16	1,55	100	90	18,85	18,85	-71,35	0,00	-611,58	0,00	8.571
17	1,65	100	90	18,85	18,85	-64,31	0,00	-611,58	0,00	9.510
18	1,75	100	90	18,85	18,85	-57,41	0,00	-611,58	0,00	10.652
19	1,85	100	90	18,85	18,85	-50,70	0,00	-611,58	0,00	12.061
20	1,95	100	90	18,85	18,85	-44,23	0,00	-611,58	0,00	13.828
21	2,05	100	90	18,85	18,85	-38,02	0,00	-611,58	0,00	16.085
22	2,15	100	90	18,85	18,85	-32,13	0,00	-611,58	0,00	19.033
23	2,25	100	90	18,85	18,85	-26,60	0,00	-611,58	0,00	22.989
24	2,35	100	90	18,85	18,85	-21,47	0,00	-611,58	0,00	28.480
25	2,45	100	90	18,85	18,85	-16,79	0,00	-611,58	0,00	36.427
26	2,55	100	90	18,85	18,85	-12,59	0,00	-611,58	0,00	48.575
27	2,65	100	90	18,85	18,85	-8,92	0,00	-611,58	0,00	68.556
28	2,75	100	90	18,85	18,85	-5,82	0,00	-611,58	0,00	105.028
29	2,85	100	90	18,85	18,85	-3,34	0,00	-611,58	0,00	183.144
30	2,95	100	90	18,85	18,85	-1,51	0,00	-611,58	0,00	404.335
31	3,05	100	90	18,85	18,85	-0,39	0,00	0,00	0,00	1000.000
32	3,15	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000

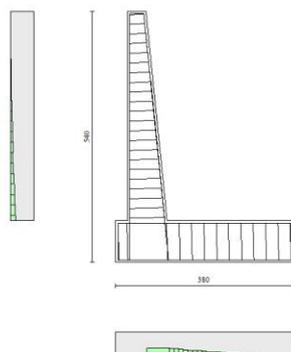


Fig. 19 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	74 di 90

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	223,10	0,00	100.000
2	-0,22	100	42	0,00	0,00	--	0,00	0,00	229,65	2,06	111.574
3	-0,45	100	44	0,00	0,00	--	0,00	0,00	236,07	4,52	52.259
4	-0,67	100	47	0,00	0,00	--	0,00	0,00	242,38	7,38	32.856
5	-0,90	100	49	0,00	0,00	--	0,00	0,00	248,58	10,64	23.366
6	-1,13	100	51	0,00	0,00	--	0,00	0,00	262,86	14,30	18.379
7	-1,35	100	53	0,00	0,00	--	0,00	0,00	269,05	18,37	14.648
8	-1,57	100	56	0,00	0,00	--	0,00	0,00	275,17	22,83	12.050
9	-1,80	100	58	0,00	0,00	--	0,00	0,00	281,20	27,70	10.150
10	-2,02	100	60	0,00	0,00	--	0,00	0,00	287,16	32,97	8.709
11	-2,25	100	62	0,00	0,00	--	0,00	0,00	301,56	38,65	7.803
12	-2,48	100	65	0,00	0,00	--	0,00	0,00	307,55	44,72	6.877
13	-2,70	100	67	0,00	0,00	--	0,00	0,00	313,48	51,20	6.123
14	-2,92	100	69	0,00	0,00	--	0,00	0,00	319,35	58,08	5.499
15	-3,15	100	71	0,00	0,00	--	0,00	0,00	341,99	65,36	5.233
16	-3,38	100	74	0,00	0,00	--	0,00	0,00	348,04	73,04	4.765
17	-3,60	100	76	0,00	0,00	--	0,00	0,00	354,03	81,12	4.364
18	-3,83	100	78	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,98	89,61	4.017
19	-4,05	100	80	0,00	0,00	--	0,00	0,00	365,88	98,50	3.715
20	-4,28	100	83	0,00	0,00	--	0,00	0,00	371,75	107,79	3.449
21	-4,50	100	85	0,00	0,00	--	0,00	0,00	377,57	117,48	3.214

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

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	223,10	0,00	100.000
2	-0,22	100	42	0,00	0,00	--	0,00	0,00	229,65	1,69	135.596
3	-0,45	100	44	0,00	0,00	--	0,00	0,00	236,07	3,77	62.676
4	-0,67	100	47	0,00	0,00	--	0,00	0,00	242,38	6,22	38.977
5	-0,90	100	49	0,00	0,00	--	0,00	0,00	248,58	9,05	27.466
6	-1,13	100	51	0,00	0,00	--	0,00	0,00	262,86	12,26	21.435
7	-1,35	100	53	0,00	0,00	--	0,00	0,00	269,05	15,86	16.969
8	-1,57	100	56	0,00	0,00	--	0,00	0,00	275,17	19,83	13.878
9	-1,80	100	58	0,00	0,00	--	0,00	0,00	281,20	24,18	11.629
10	-2,02	100	60	0,00	0,00	--	0,00	0,00	287,16	28,91	9.932

n°	Y	B	H	A _{sw}	s	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
11	-2,25	100	62	0,00	0,00	--	0,00	0,00	301,56	34,03	8.863
12	-2,48	100	65	0,00	0,00	--	0,00	0,00	307,55	39,52	7.782
13	-2,70	100	67	0,00	0,00	--	0,00	0,00	313,48	45,39	6.906
14	-2,92	100	69	0,00	0,00	--	0,00	0,00	319,35	51,64	6.184
15	-3,15	100	71	0,00	0,00	--	0,00	0,00	341,99	58,28	5.868
16	-3,38	100	74	0,00	0,00	--	0,00	0,00	348,04	65,29	5.331
17	-3,60	100	76	0,00	0,00	--	0,00	0,00	354,03	72,68	4.871
18	-3,83	100	78	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,98	80,46	4.474
19	-4,05	100	80	0,00	0,00	--	0,00	0,00	365,88	88,61	4.129
20	-4,28	100	83	0,00	0,00	--	0,00	0,00	371,75	97,15	3.827
21	-4,50	100	85	0,00	0,00	--	0,00	0,00	377,57	106,06	3.560

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

n°	Y	B	H	A _{sw}	s	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0,00	0,00	223,10	0,00	100.000
2	-0,22	100	42	0,00	0,00	--	0,00	0,00	229,65	1,68	136.615
3	-0,45	100	44	0,00	0,00	--	0,00	0,00	236,07	3,72	63.528
4	-0,67	100	47	0,00	0,00	--	0,00	0,00	242,38	6,10	39.703
5	-0,90	100	49	0,00	0,00	--	0,00	0,00	248,58	8,85	28.094
6	-1,13	100	51	0,00	0,00	--	0,00	0,00	262,86	11,95	22.002
7	-1,35	100	53	0,00	0,00	--	0,00	0,00	269,05	15,40	17.471
8	-1,57	100	56	0,00	0,00	--	0,00	0,00	275,17	19,21	14.325
9	-1,80	100	58	0,00	0,00	--	0,00	0,00	281,20	23,37	12.032
10	-2,02	100	60	0,00	0,00	--	0,00	0,00	287,16	27,89	10.297
11	-2,25	100	62	0,00	0,00	--	0,00	0,00	301,56	32,76	9.205
12	-2,48	100	65	0,00	0,00	--	0,00	0,00	307,55	37,99	8.096
13	-2,70	100	67	0,00	0,00	--	0,00	0,00	313,48	43,57	7.195
14	-2,92	100	69	0,00	0,00	--	0,00	0,00	319,35	49,51	6.450
15	-3,15	100	71	0,00	0,00	--	0,00	0,00	341,99	55,80	6.129
16	-3,38	100	74	0,00	0,00	--	0,00	0,00	348,04	62,45	5.573
17	-3,60	100	76	0,00	0,00	--	0,00	0,00	354,03	69,45	5.098
18	-3,83	100	78	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,98	76,81	4.687
19	-4,05	100	80	0,00	0,00	--	0,00	0,00	365,88	84,52	4.329
20	-4,28	100	83	0,00	0,00	--	0,00	0,00	371,75	92,58	4.015
21	-4,50	100	85	0,00	0,00	--	0,00	0,00	377,57	101,00	3.738

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	A _{sw}	s	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-0,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000
2	-0,57	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	15,41	23.350
3	-0,48	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	30,59	11.761
4	-0,40	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	45,55	7.900
5	0,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-101,94	3.529
6	0,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-102,41	3.513
7	0,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-102,56	3.508
8	0,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-102,38	3.514
9	0,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-101,87	3.532
10	0,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-101,03	3.561
11	1,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-99,87	3.603
12	1,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-98,38	3.657
13	1,25	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-96,56	3.726
14	1,35	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-94,42	3.811
15	1,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-91,95	3.913

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	76 di 90

n°	Y	B	H	A _{sw}	s	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
16	1,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-89,16	4.036
17	1,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-86,03	4.182
18	1,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-82,58	4.357
19	1,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-78,81	4.565
20	1,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-74,71	4.816
21	2,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-70,28	5.120
22	2,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-65,52	5.491
23	2,25	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-60,44	5.953
24	2,35	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-55,03	6.538
25	2,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-49,29	7.299
26	2,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-43,23	8.322
27	2,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-36,84	9.765
28	2,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-30,13	11.942
29	2,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-23,09	15.585
30	2,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-15,72	22.891
31	3,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-8,02	44.851
32	3,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000

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

n°	Y	B	H	A _{sw}	s	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-0,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000
2	-0,57	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	16,78	21.447
3	-0,48	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	33,25	10.821
4	-0,40	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	49,42	7.281
5	0,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-36,98	9.729
6	0,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-41,28	8.716
7	0,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-45,14	7.970
8	0,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-48,57	7.408
9	0,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-51,56	6.978
10	0,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-54,11	6.649
11	1,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-56,23	6.398
12	1,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-57,91	6.212
13	1,25	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-59,16	6.082
14	1,35	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-59,97	5.999
15	1,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-60,35	5.962
16	1,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-60,28	5.968
17	1,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-59,79	6.018
18	1,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-58,85	6.113
19	1,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-57,48	6.259
20	1,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-55,68	6.462
21	2,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-53,44	6.733
22	2,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-50,76	7.088
23	2,25	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-47,64	7.552
24	2,35	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-44,09	8.160
25	2,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-40,11	8.970
26	2,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-35,69	10.082
27	2,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-30,83	11.671
28	2,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-25,54	14.090
29	2,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-19,81	18.166
30	2,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-13,64	26.378
31	3,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-7,04	51.123
32	3,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000

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

n°	Y	B	H	A _{sw}	s	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
----	---	---	---	-----------------	---	------	------------------	------------------	-----------------	---	----

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	77 di 90

	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-0,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000
2	-0,57	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	15,97	22.528
3	-0,48	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	31,65	11.369
4	-0,40	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	47,03	7.651
5	0,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-56,57	6.360
6	0,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-60,01	5.995
7	0,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-63,03	5.708
8	0,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-65,62	5.483
9	0,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-67,79	5.308
10	0,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-69,53	5.175
11	1,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-70,84	5.079
12	1,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-71,73	5.016
13	1,25	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-72,19	4.984
14	1,35	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-72,22	4.982
15	1,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-71,83	5.009
16	1,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-71,01	5.066
17	1,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-69,77	5.157
18	1,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-68,10	5.283
19	1,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-66,01	5.451
20	1,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-63,49	5.667
21	2,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-60,54	5.943
22	2,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-57,17	6.294
23	2,25	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-53,37	6.742
24	2,35	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-49,14	7.322
25	2,45	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-44,49	8.087
26	2,55	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-39,41	9.129
27	2,65	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-33,91	10.611
28	2,75	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-27,98	12.859
29	2,85	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-21,62	16.639
30	2,95	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-14,84	24.242
31	3,05	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-7,63	47.132
32	3,15	100	90	0,00	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000

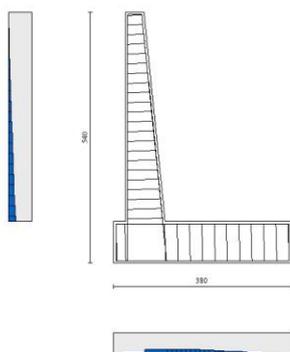


Fig. 20 - Paramento (Inviluppo)

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	156,06	20,00	146,65	53,37	3,15	-3,35
	Peso/Inerzia muro			0,00	155,81/0,00	0,65	-3,85
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	348,30/0,00	1,66	-2,18
2	Spinta statica	118,81	20,00	111,64	40,64	3,15	-3,36
	Incremento di spinta sismica		18,11	17,02	6,19	3,15	-3,60
	Peso/Inerzia muro			8,84	155,81/4,42	0,65	-3,85
	Peso/Inerzia terrapieno			18,52	326,25/9,26	1,67	-2,18

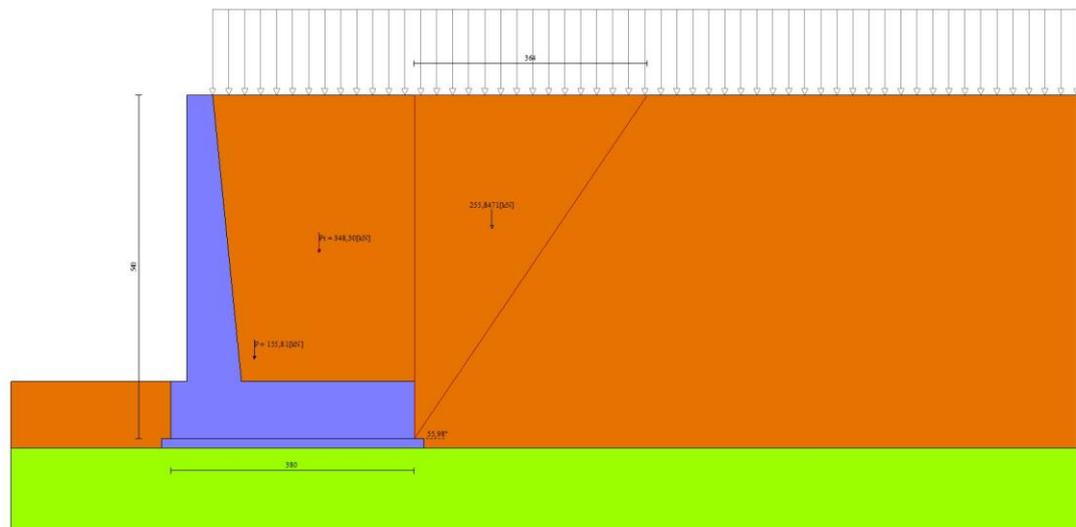


Fig. 21 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

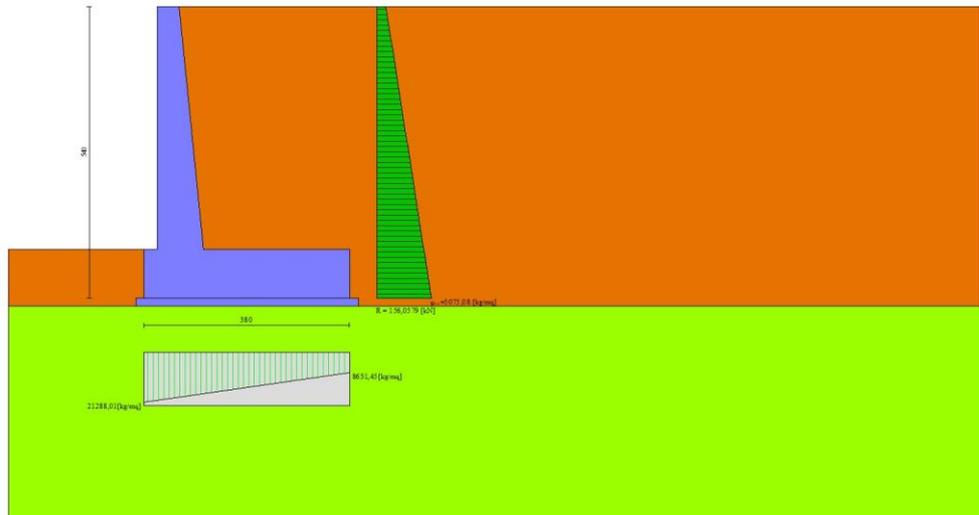


Fig. 22 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

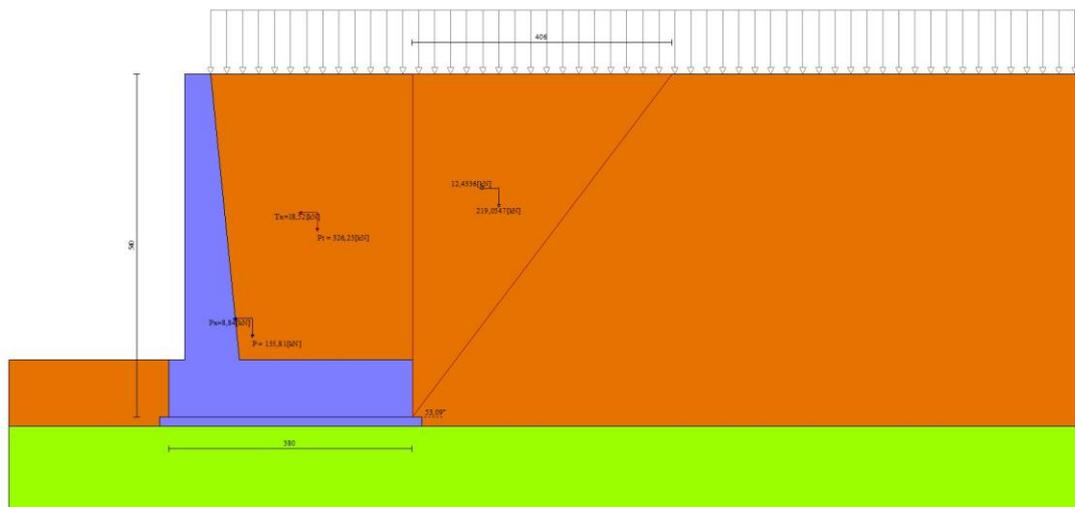


Fig. 23 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

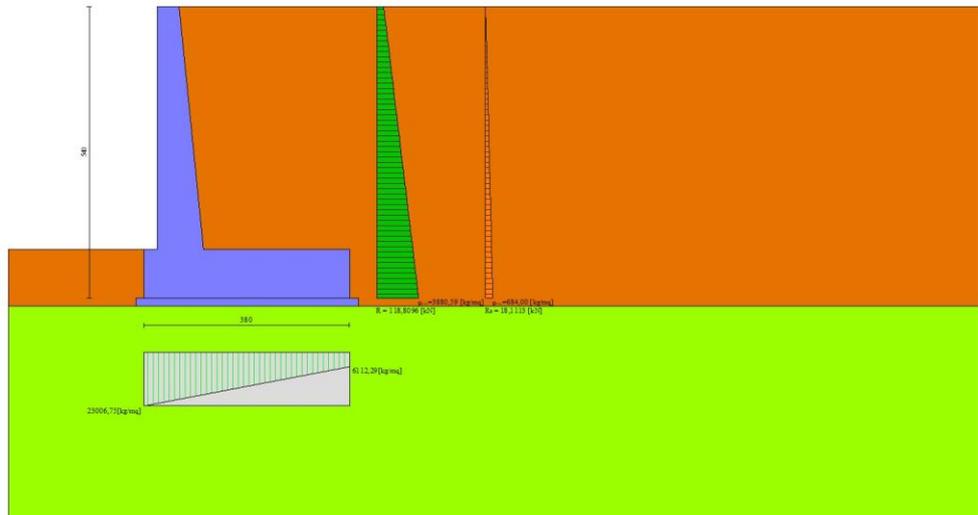


Fig. 24 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.384		4.606			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.266		3.997			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.247		4.122			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.564		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.415		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.406		
7 - EQU			3.259				
8 - EQU	H + V		2.947				
9 - EQU	H - V		2.764				

Verifica a scorrimento fondazione

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	81 di 90

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	202,91	0,00	0,00	--	--	202,91	146,65	1.384
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	186,69	0,00	0,00	--	--	186,69	149,74	1.247

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	557,48	2567,76	1834,11	4.606
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	542,57	2168,52	1548,94	3.997

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_y/N$, viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	82 di 90

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 ^q]

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	γ_r	D	B' H	γ	ϕ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[N/mm ^q]
1	45.267 32.454 35.817	0.699 0.699 0.332	1.091 1.045 1.045	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.930	0,90	3,26 3,63	19,04	34.79	0,000
2	45.267 32.454 35.817	0.675 0.675 0.290	1.091 1.045 1.045	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.930	0,90	3,07 3,63	19,04	34.79	0,000

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU	1106,38	339,49	3.259
9 - EQU H - V	1126,15	407,40	2.764

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 3,00	9,38	1.564
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 4,50	10,74	1.406

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	83 di 90

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mm²]

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	7,81	13,38	7,89 - 0,58	66.600	24.791	0,000	0,0000	
2	21,25	13,38	0,58	58.963	24.791	0,000	0,0000	
3	31,29	13,38	0,58	52.591	24.791	0,000	0,0000	
4	39,35	13,38	0,58	47.058	24.791	0,000	0,0000	
5	46,03	13,38	0,58	42.056	24.791	0,000	0,0000	
6	51,67	13,38	0,58	37.426	24.791	0,000	0,0000	
7	56,46	13,38	0,58	33.069	24.791	0,000	0,0000	
8	60,53	13,38	0,58	28.919	24.791	0,000	0,0000	
9	66,17	13,38	0,58	24.930	24.791	0,000	0,0000	
10	69,35	13,38	0,58	21.067	29.256	0,000	0,0000	
11	71,59	13,38	0,58	17.303	29.256	0,000	0,0000	
12	73,37	13,38	0,58	13.614	29.256	0,000	0,0000	
13	75,05	13,38	0,58	9.982	29.256	0,000	0,0000	
14	85,93	7,69	0,58	6.391	29.256	0,000	0,0000	
15	40,19	0,00	0,58	2.824	29.256	0,000	0,0000	
16	21,32	0,00	0,58	-0.731	29.256	0,000	0,0000	
17	21,03	0,00	0,58	-4.289	29.256	0,000	0,0000	
18	20,35	0,00	0,58	-7.864	29.256	0,000	0,0000	
19	19,25	0,00	0,58	-11.470	29.256	0,000	0,0000	
20	17,73	0,00	0,58	-15.123	29.256	0,000	0,0000	
21	15,77	0,00	0,58	-18.841	29.256	0,000	0,0000	
22	13,33	0,00	0,58	-22.643	29.256	0,000	0,0000	
23	10,29	0,00	0,58	-26.554	24.791	0,000	0,0000	
24	6,60	0,00	0,58	-30.604	24.791	0,000	0,0000	
25	2,25	0,00	-6,64 - 0,58	-34.219	24.791	0,000	0,0000	

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	7,20	12,52	8,76 - 0,63	61.457	24.791	0,000	0,0000	
2	20,07	12,52	0,63	55.334	24.791	0,000	0,0000	
3	30,38	12,52	0,63	49.811	24.791	0,000	0,0000	
4	38,92	12,52	0,63	44.868	24.791	0,000	0,0000	
5	46,14	12,52	0,63	40.323	24.791	0,000	0,0000	
6	52,32	12,52	0,63	36.068	24.791	0,000	0,0000	
7	57,63	12,52	0,63	32.034	24.791	0,000	0,0000	
8	62,18	12,52	0,63	28.171	24.791	0,000	0,0000	
9	66,14	12,52	0,63	24.444	24.791	0,000	0,0000	
10	72,13	12,52	0,63	20.824	24.791	0,000	0,0000	
11	74,73	12,52	0,63	17.290	29.256	0,000	0,0000	
12	76,80	12,52	0,63	13.823	29.256	0,000	0,0000	
13	78,40	12,52	0,63	10.407	29.256	0,000	0,0000	
14	84,58	12,52	0,63	7.028	29.256	0,000	0,0000	
15	69,02	0,02	0,63	3.673	29.256	0,000	0,0000	
16	21,46	0,00	0,63	0.331	29.256	0,000	0,0000	
17	21,18	0,00	0,63	-3.010	29.256	0,000	0,0000	

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
18	20,57	0,00	0,63	-6.361	29.256	0,000	0,0000	
19	19,51	0,00	0,63	-9.734	29.256	0,000	0,0000	
20	18,00	0,00	0,63	-13.142	29.256	0,000	0,0000	
21	16,03	0,00	0,63	-16.598	29.256	0,000	0,0000	
22	13,54	0,00	0,63	-20.117	29.256	0,000	0,0000	
23	10,42	0,00	0,63	-23.718	24.791	0,000	0,0000	
24	6,66	0,00	0,63	-27.422	24.791	0,000	0,0000	
25	2,25	0,00	-6,88 - 0,63	-30.574	24.791	0,000	0,0000	

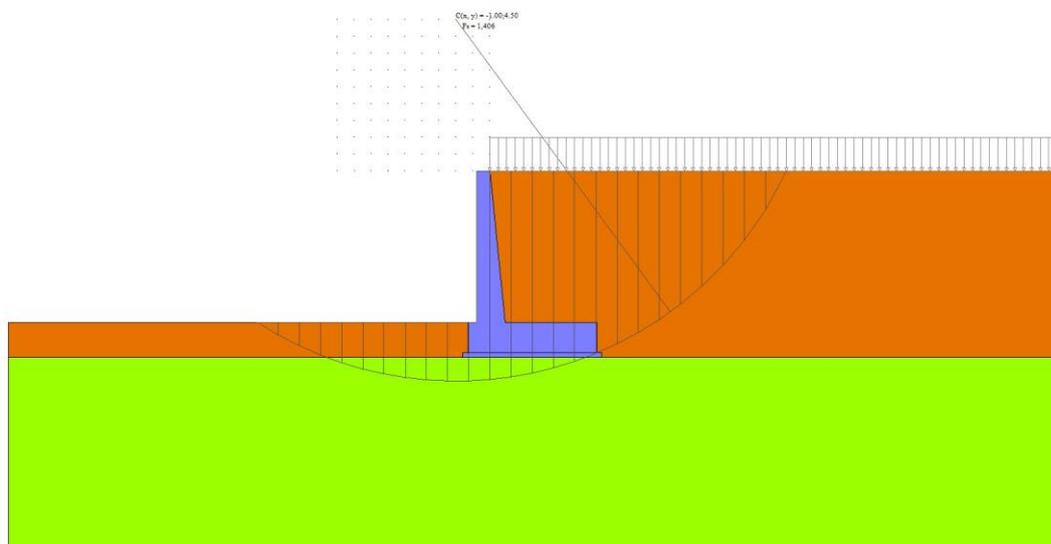


Fig. 25 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,22	2,31	2,31	1,68	2,06	0,20	0,24
3	-0,45	4,75	4,75	3,72	4,52	0,84	1,01
4	-0,67	7,32	7,32	6,10	7,38	2,00	2,41
5	-0,90	10,01	10,01	8,85	10,64	3,77	4,52
6	-1,13	12,83	12,83	11,95	14,30	6,24	7,45

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
7	-1,35	15,78	15,78	15,40	18,37	9,47	11,28
8	-1,57	18,85	18,85	19,21	22,83	13,55	16,10
9	-1,80	22,05	22,05	23,37	27,70	18,56	22,01
10	-2,02	25,38	25,38	27,89	32,97	24,59	29,09
11	-2,25	28,83	28,83	32,76	38,65	31,71	37,45
12	-2,48	32,41	32,41	37,99	44,72	40,01	47,17
13	-2,70	36,11	36,11	43,57	51,20	49,56	58,33
14	-2,92	39,94	39,94	49,51	58,08	60,45	71,05
15	-3,15	43,90	43,90	55,80	65,36	72,77	85,40
16	-3,38	47,99	47,99	62,45	73,04	86,58	101,48
17	-3,60	52,20	52,20	69,45	81,12	101,97	119,38
18	-3,83	56,54	56,54	76,81	89,61	119,03	139,19
19	-4,05	61,00	61,00	84,52	98,50	137,84	161,00
20	-4,28	65,59	65,59	92,58	107,79	158,46	184,92
21	-4,50	70,31	70,31	101,00	117,48	181,00	211,02

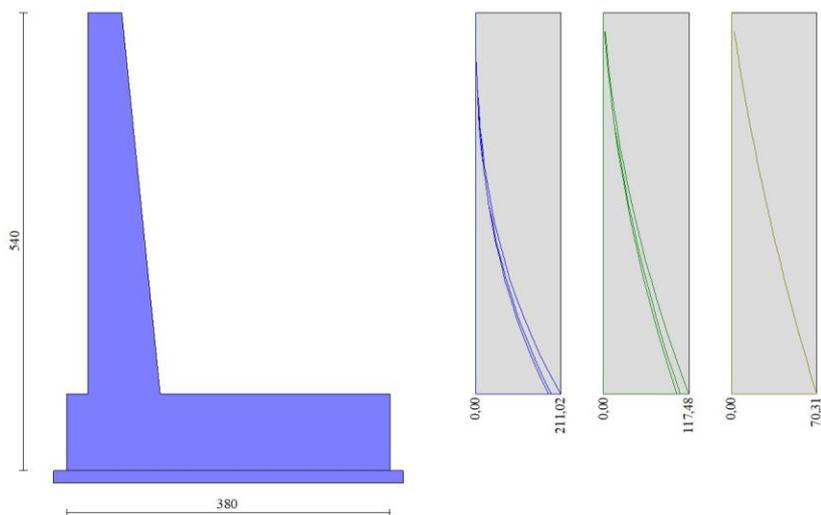


Fig. 26 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,57	0,00	0,00	15,41	16,78	0,64	0,70
3	-0,48	0,00	0,00	30,59	33,25	2,56	2,79
4	-0,40	0,00	0,00	45,55	49,42	5,74	6,23
5	0,45	0,00	0,00	-101,94	-36,98	-191,20	-121,44
6	0,55	0,00	0,00	-102,41	-41,28	-180,98	-117,52
7	0,65	0,00	0,00	-102,56	-45,14	-170,73	-113,20
8	0,75	0,00	0,00	-102,38	-48,57	-160,48	-108,51
9	0,85	0,00	0,00	-101,87	-51,56	-150,26	-103,50
10	0,95	0,00	0,00	-101,03	-54,11	-140,12	-98,21
11	1,05	0,00	0,00	-99,87	-56,23	-130,07	-92,69
12	1,15	0,00	0,00	-98,38	-57,91	-120,15	-86,98

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
13	1,25	0,00	0,00	-96,56	-59,16	-110,40	-81,12
14	1,35	0,00	0,00	-94,42	-59,97	-100,85	-75,16
15	1,45	0,00	0,00	-91,95	-60,35	-91,53	-69,14
16	1,55	0,00	0,00	-89,16	-60,28	-82,47	-63,11
17	1,65	0,00	0,00	-86,03	-59,79	-73,71	-57,10
18	1,75	0,00	0,00	-82,58	-58,85	-65,28	-51,17
19	1,85	0,00	0,00	-78,81	-57,48	-57,21	-45,35
20	1,95	0,00	0,00	-74,71	-55,68	-49,53	-39,68
21	2,05	0,00	0,00	-70,28	-53,44	-42,28	-34,23
22	2,15	0,00	0,00	-65,52	-50,76	-35,48	-29,01
23	2,25	0,00	0,00	-60,44	-47,64	-29,18	-24,09
24	2,35	0,00	0,00	-55,03	-44,09	-23,41	-19,50
25	2,45	0,00	0,00	-49,29	-40,11	-18,19	-15,28
26	2,55	0,00	0,00	-43,23	-35,69	-13,56	-11,49
27	2,65	0,00	0,00	-36,84	-30,83	-9,55	-8,16
28	2,75	0,00	0,00	-30,13	-25,54	-6,20	-5,34
29	2,85	0,00	0,00	-23,09	-19,81	-3,54	-3,07
30	2,95	0,00	0,00	-15,72	-13,64	-1,59	-1,39
31	3,05	0,00	0,00	-8,02	-7,04	-0,40	-0,36
32	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

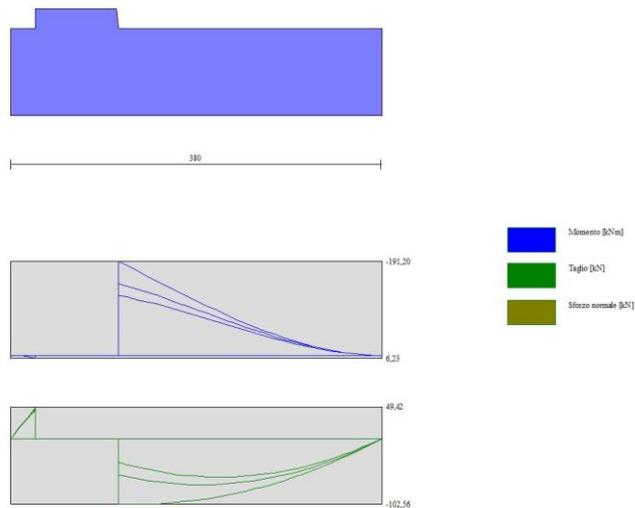


Fig. 27 - Fondazione

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	87 di 90

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	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	40	15,71	15,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	100	42	15,71	15,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
3	100	44	15,71	15,71	1,01	4,75	603,55	2843,81	598.307
4	100	47	15,71	15,71	2,41	7,32	534,32	1624,73	221.973
5	100	49	15,71	15,71	4,52	10,01	465,53	1030,35	102.908
6	100	51	15,71	18,85	7,45	12,83	510,69	879,57	68.545
7	100	53	15,71	18,85	11,28	15,78	496,71	694,84	44.039
8	100	56	15,71	18,85	16,10	18,85	494,68	579,15	30.723
9	100	58	15,71	18,85	22,01	22,05	499,01	499,93	22.673
10	100	60	15,71	18,85	29,09	25,38	507,14	442,31	17.431
11	100	62	15,71	21,99	37,45	28,83	597,41	459,87	15.953
12	100	65	15,71	21,99	47,17	32,41	611,38	420,07	12.963
13	100	67	15,71	21,99	58,33	36,11	626,76	387,99	10.744
14	100	69	15,71	21,99	71,05	39,94	643,19	361,61	9.053
15	100	71	15,71	28,27	85,40	43,90	834,91	429,21	9.777
16	100	74	15,71	28,27	101,48	47,99	857,11	405,31	8.446
17	100	76	15,71	28,27	119,38	52,20	879,99	384,78	7.372
18	100	78	15,71	28,27	139,19	56,54	903,43	366,96	6.491
19	100	80	15,71	28,27	161,00	61,00	927,34	351,35	5.760
20	100	83	15,71	28,27	184,92	65,59	951,65	337,56	5.146
21	100	85	15,71	28,27	211,02	70,31	975,87	325,16	4.625

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
2	100	90	18,85	18,85	0,70	0,00	611,58	0,00	872.331
3	100	90	18,85	18,85	2,79	0,00	611,58	0,00	219.399
4	100	90	18,85	18,85	6,23	0,00	611,58	0,00	98.103
5	100	90	18,85	18,85	-191,20	0,00	-611,58	0,00	3.199
6	100	90	18,85	18,85	-180,98	0,00	-611,58	0,00	3.379
7	100	90	18,85	18,85	-170,73	0,00	-611,58	0,00	3.582
8	100	90	18,85	18,85	-160,48	0,00	-611,58	0,00	3.811
9	100	90	18,85	18,85	-150,26	0,00	-611,58	0,00	4.070
10	100	90	18,85	18,85	-140,12	0,00	-611,58	0,00	4.365
11	100	90	18,85	18,85	-130,07	0,00	-611,58	0,00	4.702
12	100	90	18,85	18,85	-120,15	0,00	-611,58	0,00	5.090
13	100	90	18,85	18,85	-110,40	0,00	-611,58	0,00	5.539
14	100	90	18,85	18,85	-100,85	0,00	-611,58	0,00	6.064
15	100	90	18,85	18,85	-91,53	0,00	-611,58	0,00	6.682
16	100	90	18,85	18,85	-82,47	0,00	-611,58	0,00	7.415

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
17	100	90	18,85	18,85	-73,71	0,00	-611,58	0,00	8.297
18	100	90	18,85	18,85	-65,28	0,00	-611,58	0,00	9.369
19	100	90	18,85	18,85	-57,21	0,00	-611,58	0,00	10.691
20	100	90	18,85	18,85	-49,53	0,00	-611,58	0,00	12.348
21	100	90	18,85	18,85	-42,28	0,00	-611,58	0,00	14.467
22	100	90	18,85	18,85	-35,48	0,00	-611,58	0,00	17.236
23	100	90	18,85	18,85	-29,18	0,00	-611,58	0,00	20.957
24	100	90	18,85	18,85	-23,41	0,00	-611,58	0,00	26.129
25	100	90	18,85	18,85	-18,19	0,00	-611,58	0,00	33.628
26	100	90	18,85	18,85	-13,56	0,00	-611,58	0,00	45.109
27	100	90	18,85	18,85	-9,55	0,00	-611,58	0,00	64.032
28	100	90	18,85	18,85	-6,20	0,00	-611,58	0,00	98.644
29	100	90	18,85	18,85	-3,54	0,00	-611,58	0,00	172.937
30	100	90	18,85	18,85	-1,59	0,00	-611,58	0,00	383.792
31	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000
32	100	90	18,85	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.000

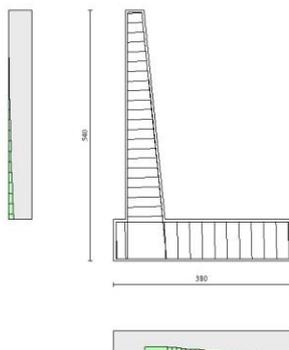


Fig. 28 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espressa in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IR 05 00 003	A	89 di 90

V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]

V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ($A_{sw} > 0.0$) $V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$.

T taglio agente espressa in [kN]

FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A_{sw} [cm ²]	cot θ	V_{Rcd} [kN]	V_{Rsd} [kN]	V_{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	40	0,00	--	0,00	0,00	223,10	0,00	100.000
2	100	42	0,00	--	0,00	0,00	229,65	2,06	111.574
3	100	44	0,00	--	0,00	0,00	236,07	4,52	52.259
4	100	47	0,00	--	0,00	0,00	242,38	7,38	32.856
5	100	49	0,00	--	0,00	0,00	248,58	10,64	23.366
6	100	51	0,00	--	0,00	0,00	262,86	14,30	18.379
7	100	53	0,00	--	0,00	0,00	269,05	18,37	14.648
8	100	56	0,00	--	0,00	0,00	275,17	22,83	12.050
9	100	58	0,00	--	0,00	0,00	281,20	27,70	10.150
10	100	60	0,00	--	0,00	0,00	287,16	32,97	8.709
11	100	62	0,00	--	0,00	0,00	301,56	38,65	7.803
12	100	65	0,00	--	0,00	0,00	307,55	44,72	6.877
13	100	67	0,00	--	0,00	0,00	313,48	51,20	6.123
14	100	69	0,00	--	0,00	0,00	319,35	58,08	5.499
15	100	71	0,00	--	0,00	0,00	341,99	65,36	5.233
16	100	74	0,00	--	0,00	0,00	348,04	73,04	4.765
17	100	76	0,00	--	0,00	0,00	354,03	81,12	4.364
18	100	78	0,00	--	0,00	0,00	359,98	89,61	4.017
19	100	80	0,00	--	0,00	0,00	365,88	98,50	3.715
20	100	83	0,00	--	0,00	0,00	371,75	107,79	3.449
21	100	85	0,00	--	0,00	0,00	377,57	117,48	3.214

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A_{sw} [cm ²]	cot θ	V_{Rcd} [kN]	V_{Rsd} [kN]	V_{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000
2	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	16,78	21.447
3	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	33,25	10.821
4	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	49,42	7.281
5	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-101,94	3.529
6	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-102,41	3.513
7	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-102,56	3.508
8	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-102,38	3.514
9	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-101,87	3.532
10	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-101,03	3.561
11	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-99,87	3.603
12	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-98,38	3.657
13	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-96,56	3.726
14	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-94,42	3.811
15	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-91,95	3.913
16	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-89,16	4.036
17	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-86,03	4.182
18	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-82,58	4.357
19	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-78,81	4.565
20	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-74,71	4.816
21	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-70,28	5.120
22	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-65,52	5.491
23	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-60,44	5.953
24	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-55,03	6.538
25	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-49,29	7.299

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
26	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-43,23	8.322
27	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-36,84	9.765
28	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-30,13	11.942
29	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-23,09	15.585
30	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-15,72	22.891
31	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	-8,02	44.851
32	100	90	0,00	--	0,00	0,00	359,79	0,00	100.000

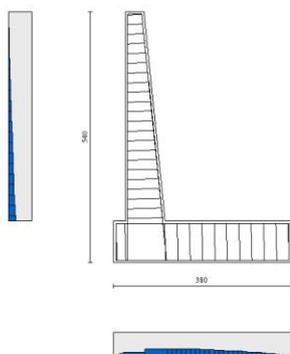


Fig. 29 - Paramento (Inviluppo)