

S.S. 398 "Via Val di Cornia"
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12
e il Porto di Piombino
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI2**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:

 Sintagma

 GEOTECHNICAL DESIGN GROUP

 ICARIA società di ingegneria

Dott.Ing. N.Granieri
Dott.Arch. N.Kamenicky
Dott.Ing. V.Truffini
Dott.Arch. A.Bracchini
Dott.Ing. F.Durastanti
Dott.Geol. G.Cerquiglini
Geom. S.Scopetta
Dott.Ing. L.Sbrenna
Dott.Ing. E.Sellari
Dott.Ing. E.Bartolucci
Dott.Ing. L.Dinelli
Dott.Ing. L.Nani
Dott.Ing. F.Pambianco
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. G.Cordua
Dott. Ing. V.De Gori
Dott. Ing. C.Consorti
Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. F.Macchioni
Geom. C.Vischini
Dott. Ing. V.Piunno
Dott. Ing. G.Pulli
Geom. C.Sugaroni

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Vladimiro Rotisciani
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A376

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

MARZO 2019



OPERE D'ARTE MINORI
ASSE PRINCIPALE - MURO DI SOSTEGNO IN C.A. - V02
Relazione geotecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-OS03-STR-RE01

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPFI12 E 1801

CODICE ELAB. T00OS03STRRE01

A

-

A

Emissione

29/03/2019

F.Macchioni

D.Carlaccini

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO	5
3.1 STRATIGRAFIE DI CALCOLO.....	5
4. GEOMETRIA DELL'OPERA	8
4.1 "MURO OS03" HMAX = 7.05 M	9
4.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M	11
4.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M	13
5. MATERIALI	15
5.1 CALCESTRUZZO	15
5.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO	16
6. CRITERI DI CALCOLO DELLE AZIONI.....	17
6.1 CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	20
6.1.1 "MURO OS03" Hmax = 7.05 m.....	20
6.1.2 "MURO OS03" Hmax = 6.24 m	21
6.1.3 "MURO OS03" Hmax = 5.24 m	21
7. CRITERI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE.....	26
7.1 STABILITÀ LOCALE E CARICO LIMITE FONDAZIONE-TERRENO (GEO)	26
7.2 STABILITA' GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO	35

8. VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE E DI COLLASSO PER CARICO LIMITE FONDAZIONE-TERRENO (GEO).....	39
8.1 "MURO OS03" HMAX = 7.05 M	39
8.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M	60
8.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M	81
9. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO (GEO)	104
9.1 "MURO OS03" HMAX = 7.05 M	104
9.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M	107
9.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M	110
10. VERIFICHE DI RESISTENZA (STR).....	114
10.1 "MURO OS03" HMAX = 7.05 M	114
10.1.1 VERIFICHE SLU	114
10.1.2 VERIFICHE SLE.....	125
10.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M	127
10.2.1 VERIFICHE SLU	127
10.2.2 VERIFICHE SLE.....	137
10.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M	139
10.3.1 VERIFICHE SLU	139
10.3.2 VERIFICHE SLE.....	149

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono presentati i calcoli di verifica del muro di sostegno in c.a. relativo all'asse principale, da realizzarsi nell'ambito dell'intervento denominato "SS. 398 Via Val di Cornia - Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12 e il Porto di Piombino - LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno".

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L. 05.11.1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

D.M. del 09.01.1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministeriale del 04.07.1996 n. 156AA.GG./STC. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al Decreto Ministeriale 16.01.1996.

L. 02.02.1974, n. 64. Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche.

D.M. LL. PP. 11.03.1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 24.07.1988, n. 30483/STC.

Legge 2 Febbraio 1974 n. 64, art. 1 - D.M. 11 Marzo 1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 15.10.1996 N°252. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M.09.01.1996

Circolare Ministeriale del 10.04.1997 N°65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M.16.01.1996

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20.03.2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3431 del 10.05.2005. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza N°3274.

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.09.2005 (TU 2005)

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.01.2008 (NTC 2008)

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018).

3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO

La campagna di indagini effettuata ha permesso il riconoscimento dei litotipi, la successione stratigrafica e la caratterizzazione meccanica dei terreni lungo tutto lo sviluppo del tracciato di progetto. I risultati di dette indagini sono descritti nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

3.1 STRATIGRAFIE DI CALCOLO

Litotipi		Parametri geotecnici				
Cod.	Descrizione	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (deg)	C_u (KPa)	E' (MPa)
UG0	Riporti, coperture antropiche, colmate	18.5	-	35	-	15
UG1	Argille e limi lacustri organici	17.0	10	24	30	-
UG2	Argille e limi molto poco consistenti	19.5	30	25	100	-
UG3	Sabbie limose mediamente addensate	20.0	0	32	-	25
UG4b	Limi sabbioso ghiaiosi molto consistenti	20.0	20	32	-	50
UG4a	Substrato roccioso	26.0	50	40	-	100

La falda risulta ubicata a circa 4.30 m di profondità dal piano di campagna.

Dal punto di vista sismico il sottosuolo è individuato nella categoria "E", come riportato nella Relazione sismica allegata al progetto esecutivo.

Per quanto riguarda il materiale con cui si effettua il riempimento a tergo delle opere (RILEVATO), si assumono le seguenti caratteristiche:

Cod.	Descrizione	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (deg)
R	Riempimento	18	0	35

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche dei terreni si faccia riferimento agli elaborati di carattere geotecnico (relazione geotecnica, profili geotecnici).

La stratigrafia assunta nei calcoli è specificata nella tabella di seguito (i parametri impiegati si riferiscono alle condizioni drenate):

MURO OS03 – Hmax= 7.05 m

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Ns	Descrizione	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)
1	RILEVATO	825	0	18,00	35	0,00	23	No
2	UG0	360	0	18,50	35	0,00	35	No
3	UG2	100	0	19,50	25	30,00	25	No
4	UG3	1050	0	20,00	32	0,00	32	Si
5	UG2	220	0	19,50	25	30,00	25	Si
6	UG3	550	0	20,00	32	0,00	32	Si
7	UG4b	1350	0	20,00	32	20,00	32	Si
8	UG4a	1200	0	26,00	40	50,00	40	Si

MURO OS03 – Hmax= 6.24 m

Ns	Descrizione	Spessore strato (cm)	Inclinazione e dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)
1	RILEVATO	744	0	18,00	35	0,00	23	No
2	UG0	450	0	18,50	35	0,00	35	No
3	UG2	100	0	19,50	25	30,00	25	No
4	UG3	1050	0	20,00	32	0,00	32	Si
5	UG2	220	0	19,50	25	30,00	25	Si
6	UG3	1150	0	20,00	32	0,00	32	Si
7	UG4b	750	0	20,00	30	20,00	30	Si
8	UG4a	1200	0	26,00	40	50,00	40	Si

MURO OS03 – Hmax= 5.24 m

Ns	Descrizione	Spessore strato (cm)	Inclinazione e dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)
1	RILEVATO	644	0	18,00	35	0,00	23	No
2	UG0	540	0	18,50	35	0,00	35	No
3	UG2	100	0	19,50	25	30,00	25	Si
4	UG3	1050	0	20,00	32	0,00	32	Si
5	UG2	220	0	19,50	25	30,00	25	Si
6	UG3	1150	0	20,00	32	0,00	32	Si
7	UG4b	750	0	20,00	32	20,00	30	Si
8	UG4a	1200	0	26,00	40	50,00	38	Si

4. GEOMETRIA DELL'OPERA

Il muro di sostegno in oggetto è costituito da una struttura in c.a. di spessore pari a 50 cm in testa e variabile alla base, essendo il paramento interno inclinato con una pendenza di 1/10.

Il paramento presenta un profilo gradonato e si possono definire tre sezioni tipologiche:

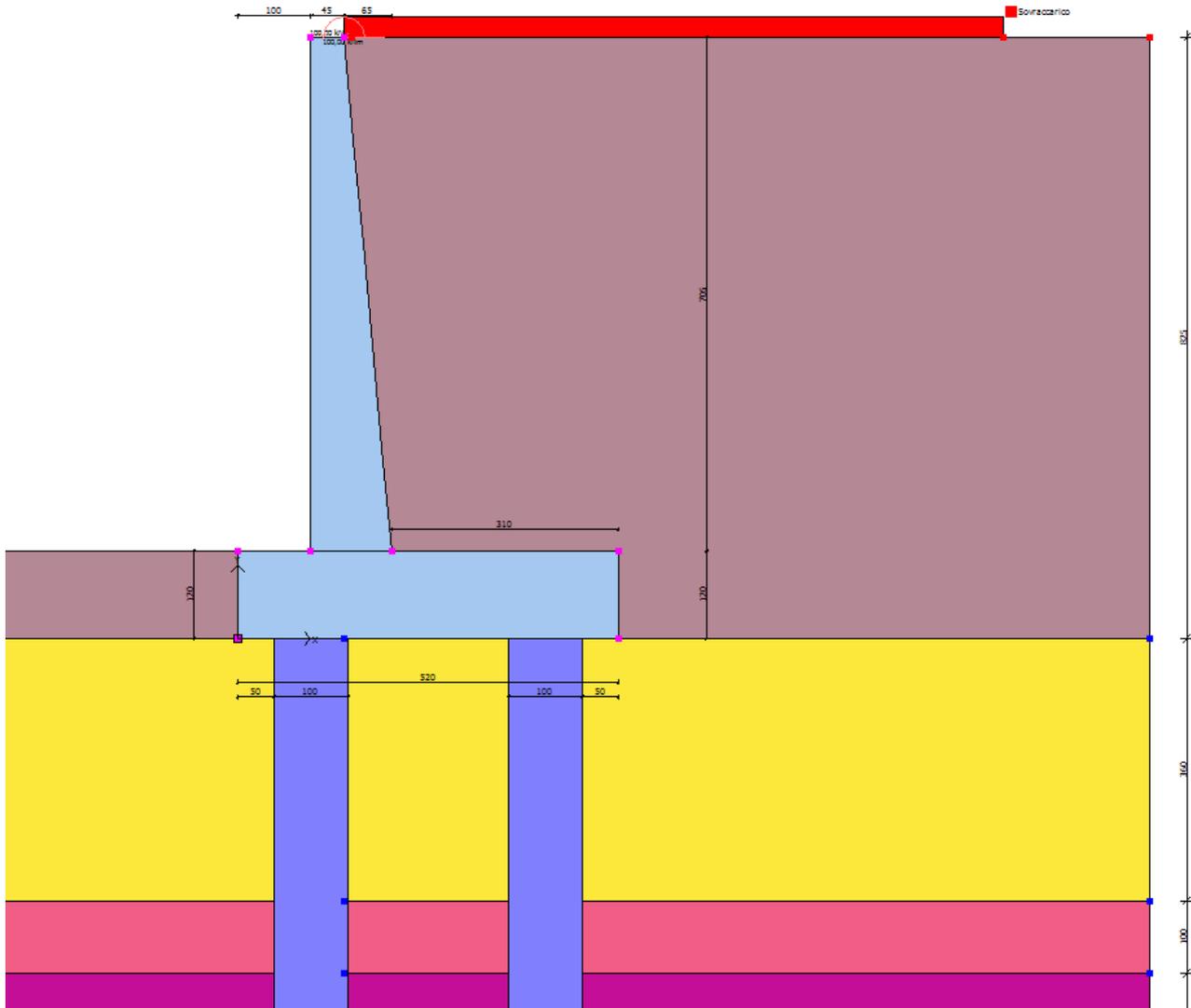
- "Muro OS03" $H_{max}=7.05$ m, di altezza massima pari a 7.05 m e struttura di fondazione a platea (di spessore pari a 1.20 m e larghezza di 5.20 m) su una doppia fila di pali $D=1000$ lunghi 35.00 m.
- "Muro OS03" $H_{max}=6.24$ m, di altezza massima pari a 6.24 m e struttura di fondazione a platea (di spessore pari a 1.20 m e larghezza di 5.20 m) su una doppia fila di pali $D=1000$ lunghi 32.00 m.
- "Muro OS03" $H_{max}=5.24$ m, di altezza massima pari a 5.24 m e struttura di fondazione a platea (di spessore pari a 1.20 m e larghezza di 5.00 m) su una doppia fila di pali $D=800$ lunghi 32.00 m.

I calcoli di verifica sono eseguiti separatamente per ciascuna sezione tipologica del muro in oggetto.

Per ulteriori dettagli si vedano gli elaborati grafici di progetto.

La rappresentazione schematica delle sezioni tipologiche, impiegata nei calcoli di verifica, ed il sistema di riferimento impiegato, è riportata di seguito:

4.1 "MURO OS03" HMAX = 7.05 M



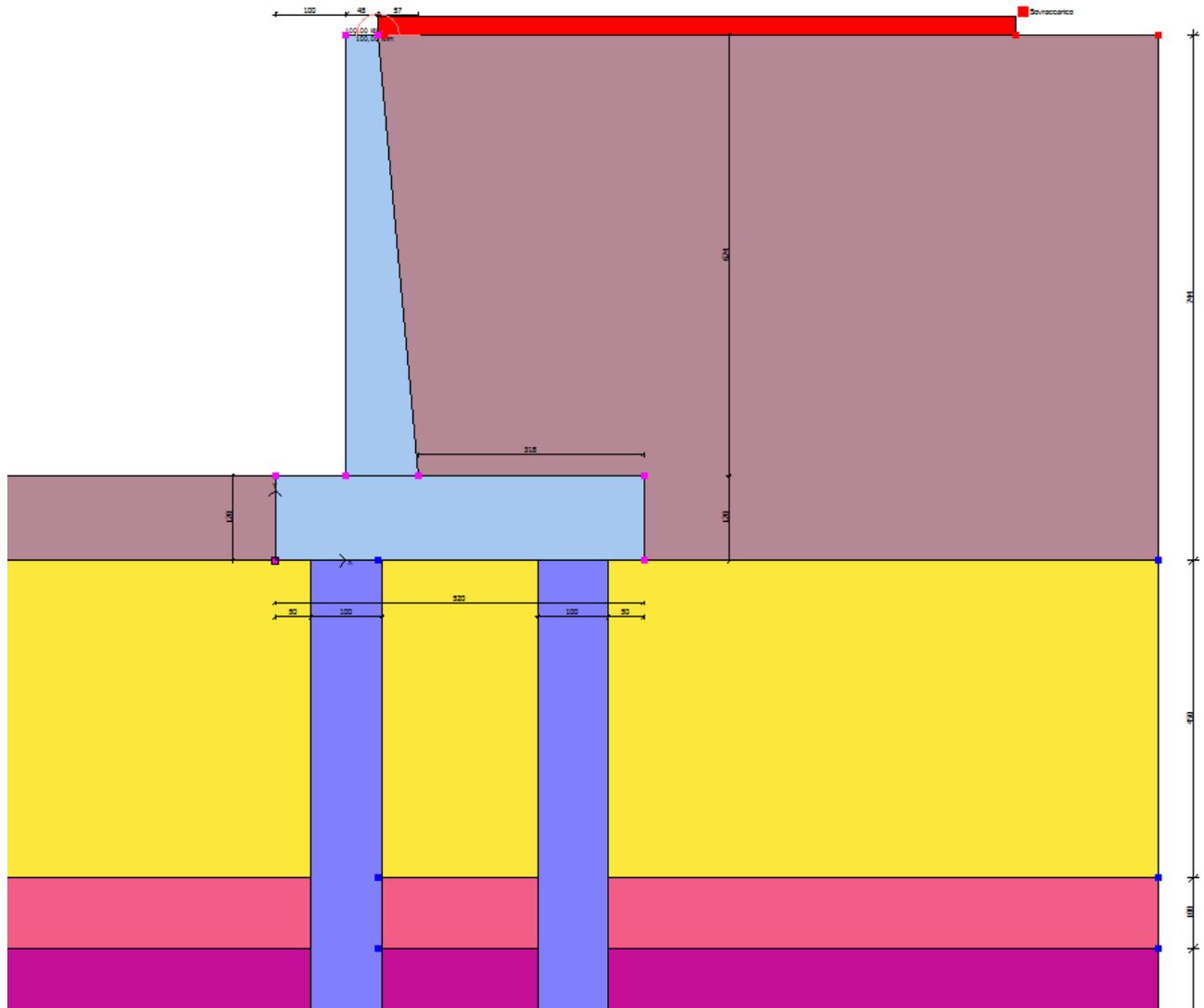
Le dimensioni dei vari elementi sono riepilogate di seguito:

Altezza muro	705,0 cm
Spessore testa muro	45,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	65,0 cm
Sporgenza mensola a valle	100,0 cm
Sporgenza mensola a monte	310,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	120,0 cm

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Altezza estremità mensola a monte	120,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	100,0 cm
Lunghezza dei pali	3500,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	100,0 cm
Interasse longitudinale	300,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	1,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,7
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1,7

4.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M



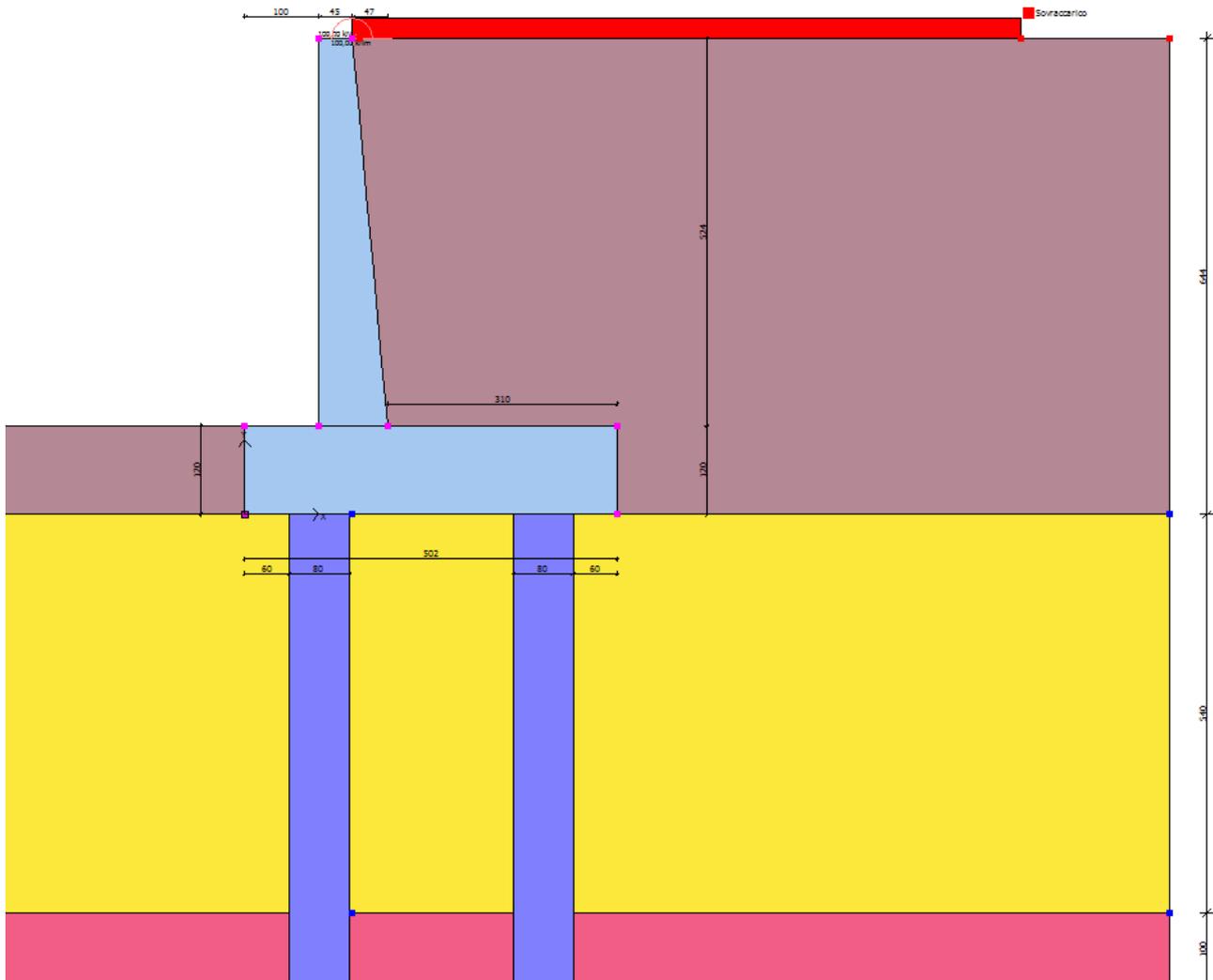
Le dimensioni dei vari elementi sono riepilogate di seguito:

Altezza muro	624,0 cm
Spessore testa muro	45,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	57,0 cm
Sporgenza mensola a valle	100,0 cm
Sporgenza mensola a monte	318,0 cm

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	120,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	120,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	100,0 cm
Lunghezza dei pali	3200,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	100,0 cm
Interasse longitudinale	300,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	1,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,7
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1,7

4.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M



Le dimensioni dei vari elementi sono riepilogate di seguito:

Altezza muro	524,0 cm
Spessore testa muro	45,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	47,0 cm
Sporgenza mensola a valle	100,0 cm
Sporgenza mensola a monte	310,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Altezza estremità mensola a valle	120,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	120,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	80,0 cm
Lunghezza dei pali	3200,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	100,0 cm
Interasse longitudinale	240,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	1,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,7
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1,7

5. MATERIALI

5.1 CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo può essere preconfezionato in centrale di betonaggio o impastato in cantiere con inerti di caratteristiche meccaniche appropriate, granulometria e rapporto acqua-cemento controllati.

Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti e di prematuro inizio della presa al momento del getto.

I componenti dovranno soddisfare i seguenti requisiti normativi:

Leganti	-	L. 26/05/1965 n. 595
	-	Norme serie EN 197 armonizzata
Aggregati	-	UNI EN 12620 armonizzata
	-	UNI EN 13055-1 armonizzata
	-	UNI 8520-1 : 2005
	-	UNI 8520-2: 2005
Aggiunte	-	EN 450-1
	-	UNI EN 206-1 :2006
	-	UNI 11104:2004
Additivi	-	EN 934-2 armonizzata
Acqua di impasto	-	UNI EN 1008: 2003

Le miscele di calcestruzzo da utilizzare nel confezionamento degli elementi saranno progettate in funzione della resistenza caratteristica richiesta, della carpenteria, delle armature e del tipo di getto.

CALCESTRUZZO TIPO 1 (pali di fondazione, platea e parete muro)

Classe di resistenza	C32/40 ($R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$)
Classe di esposizione (UNI EN 206-1)	XA2
Classe di consistenza	S4
Rapporto acqua – cemento (a/c)	0.50
Contenuto minimo di cemento	340 kg/m ³
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.1 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
Fattore parz. di sicurezza resistenza	$\gamma_c = 1.5$
Coeff. Riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.44 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità	$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 33642.8 \text{ N/mm}^2$
Copriferro di calcolo	5 cm

Calcestruzzo magro per fondazione:
Si prevede un calcestruzzo di classe C 12/15.

5.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Si prevede l'impiego di acciaio del tipo B450C saldabile controllato in stabilimento.

L'accertamento delle proprietà meccaniche dovrà essere conforme alle seguenti normative sull'acciaio: EN 10002/1° (marzo 1990)-UNI 564 (febbraio 1960)-UNI 6407 (marzo 1969).

Acciaio	B450C
Tensione di rottura nominale	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento nominale	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Allungamento a rottura caratteristico	$(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$
Coefficiente parziale di sicurezza:	$\phi_s = 1.15$
Tensione di snervamento di calcolo:	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391 \text{ N/mm}^2$

Le caratteristiche degli acciai impiegati saranno comprovate mediante prove su campioni da prelevare in cantiere in fase di esecuzione dell'opera con le modalità prescritte nel D.M. 14.01.08.

6. CRITERI DI CALCOLO DELLE AZIONI

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare i diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Tutti i parametri che definiscono tale caratterizzazione dipendono dalla probabilità di superamento PVR dell'evento sismico nel periodo di riferimento VR.

Per il progetto in essere, in accordo con la committenza, sono stati scelti i seguenti valori dei parametri di progetto relativi alla tipologia e all'uso a cui le strutture sono destinate:

Vita nominale $V_N = 50$ anni

Classe d'uso IV (coefficiente d'uso $C_U = 2$)

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2 = 100$ anni

Gli stati limite rispetto ai quali effettuare le verifiche sono:

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

SLO – Stato limite di operatività

SLD – Stato limite di danno

STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

SLV – Stato limite di salvaguardia della vita

SLC – Stato limite di collasso

Per gli scopi progettuali l'azione sismica viene definita mediante forme spettrali dipendenti da tre parametri a loro volta funzione della localizzazione geografica del sito e del periodo di ritorno considerato:

a_g – Accelerazione massima orizzontale al sito

F_0 – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c – Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Di seguito di riportano i dati relativi alla valutazione delle azioni sismiche per l'opera considerata:

Ubicazione sito

Lat./Long. [WGS84]

42,966983/10,553902

Coefficienti sismici [N.T.C. 2018]

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,27	2,7	0,2
S.L.D.	101,0	0,32	2,74	0,22
S.L.V.	949,0	0,54	2,84	0,29
S.L.C.	1950,0	0,63	2,91	0,3

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1

L'amplificazione stratigrafica è descritta mediante i coefficienti S_S e S_T che assumono i seguenti valori:

$$S_S = 1.60$$

$S_T = 1.0$ (categoria T1 - superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con pendenza < 15%)

Pertanto risulta:

$$S = S_S \times S_T = 1.6 \times 1.0 = 1.6$$

Lo spettro di progetto coincide con quello elastico dal momento che le strutture vengono considerate non dissipative. Pertanto il fattore di struttura impiegato nelle analisi risulta:

$q = 1.00$, fattore di struttura.

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,432	1,0	0,0441	0,022
S.L.D.	0,512	0,47	0,0245	0,0123
S.L.V.	0,864	0,38	0,0335	0,0167
S.L.C.	1,008	1,0	0,1028	0,0514

Per quanto riguarda le altre azioni, a tergo del muro si pone in un sovraccarico accidentale pari a $q = 20 \text{ kN/m}^2$ per simulare il traffico sul rilevato stradale da sostenere.

In accordo con le NTC 2018 sono state condotte le seguenti verifiche:

- Scorrimento, capacità portante e verifiche strutturali secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3)
- Stabilità globale secondo la combinazione STAB (A2+M2+R2)

I coefficienti amplificativi o riduttivi delle forze, i coefficienti riduttivi dei parametri geotecnici ed i coefficienti riduttivi delle resistenze sono riassunti nelle tabelle seguenti:

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_{Qk}	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}

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_r	γ_r	1,0	1,0

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	$\gamma_R = 1,4$

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R			
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

6.1 CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini dei calcoli sono definite le seguenti azioni per ciascuna sezione tipologica del muro:

6.1.1 "MURO OS03" Hmax = 7.05 m

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
Urto veicoli	145,0	825,0	100,0	0,0	100,0

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Sovraccarico	0,0	900,0	20,0	20,0	0,0

6.1.2 "MURO OS03" Hmax = 6.24 m

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
Urto veicoli	145,0	744,0	100,0	0,0	100,0

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Sovraccarico	0,0	900,0	20,0	20,0	0,0

6.1.3 "MURO OS03" Hmax = 5.24 m

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
Urto veicoli	145,0	644,0	100,0	0,0	100,0

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Sovraccarico	0,0	900,0	20,0	20,0	0,0

Si riportano nelle tabelle di seguito, i fattori di combinazione impiegati nelle verifiche per le varie condizioni.

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	Sovraccarico	1,30
8	Urto veicoli	1,15

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
-----	---------------	-------------------------

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	Sovraccarico	1,50
8	Urto veicoli	1,35

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,35
2	Laterale compressione	1,15
3	Coefficiente totale	1,3
4	Laterale (trazione)	1,25
5	Orizzontale	1,3
	Riduzione resistenza	Parziale

SISMA (A1+M1+R3)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	Sovraccarico	1,00
8	Urto veicoli	1,00

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coazione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,35
2	Laterale compressione	1,15
3	Coefficiente totale	1,3
4	Laterale (trazione)	1,25
5	Orizzontale	1,3
	Riduzione resistenza	Parziale

SLE RARA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Sovraccarico	0,40
8	Urto veicoli	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coazione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

SLE FREQ

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Sovraccarico	0,40
8	Urto veicoli	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

SLE QP

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	Sovraccarico	0,00
8	Urto veicoli	0,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

7. CRITERI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE

7.1 STABILITÀ LOCALE E CARICO LIMITE FONDAZIONE-TERRENO (GEO)

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta S_t è applicata ad $1/3$ H di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)} \right]^2}$$

Valori limite di K_a :

$\delta < (\beta - \varphi - \varepsilon)$ secondo Muller-Breslau

γ_t Peso unità di volume del terreno;

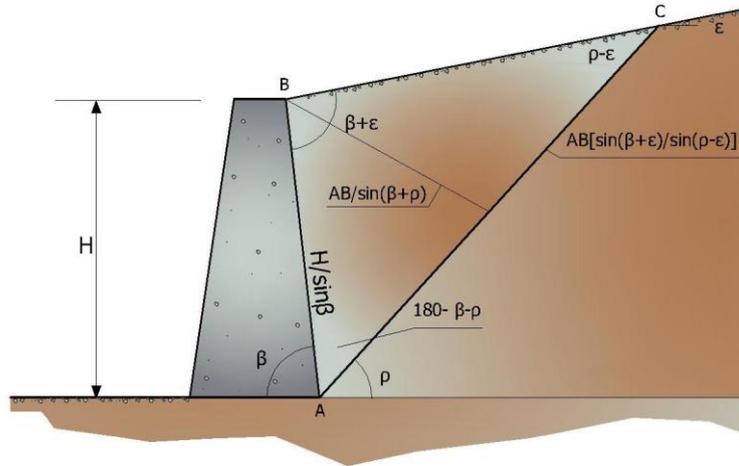
β Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

φ Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ Angolo di attrito terra-muro;

ε Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se $\varepsilon = \delta = 0$ e $\beta = 90^\circ$ (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta S_t si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin\varphi)}{(1 + \sin\varphi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

$$K_a = \cos\varepsilon \frac{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo ε , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano

orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità ϑ tale che:

$$\tan \vartheta = \left(\frac{k_h}{1 \pm k_h} \right)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_c come segue:

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_a}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

Dove:

Q = Carico agente sul terrapieno.

Se $Z_c < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a $H/2$.

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \frac{\sin\beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione ad $H/2$, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo *Muller-Breslau*.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot KH^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

- H Altezza muro;
- k_v Coefficiente sismico verticale;
- γ Peso per unità di volume del terreno;
- K Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);
- E_{ws} Spinta idrostatica dell'acqua;
- E_{wd} Spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo ϑ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica

La falda con superficie distante H_w dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete

che, alla profondità z , sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 - \frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ pari a:

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

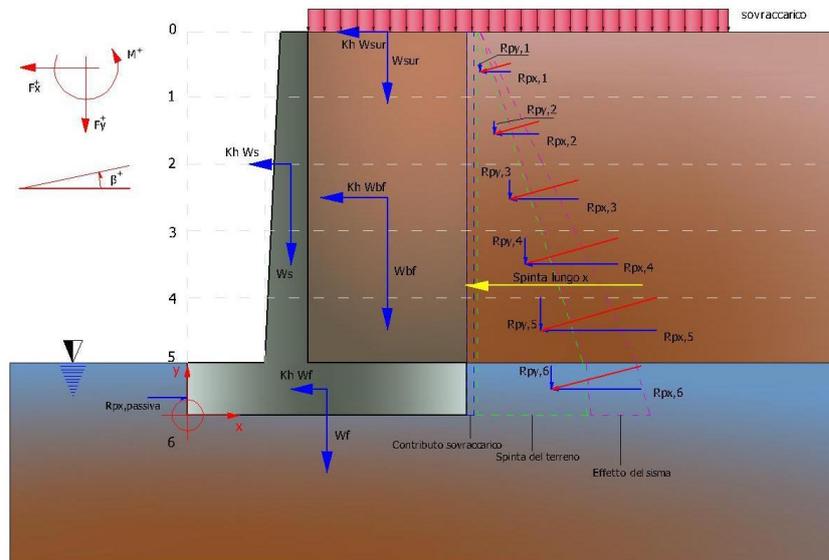
L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

Sollecitazioni muro

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n -tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in n -tratti.

Convenzione segni

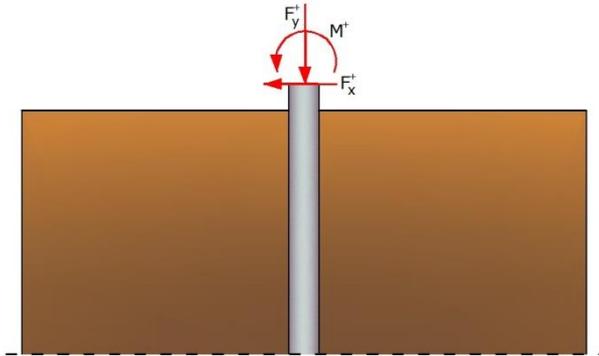
- Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;
- Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;
- Coppie positive se antiorarie;
- Angoli positivi se antiorari.

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- a) La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso.
- b) La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra.

c) La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x .



Convenzione sui segni

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (K costante) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidità relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;

D Lunghezza del palo;

N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare).

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo α , proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = \alpha \cdot c + q \cdot K \cdot \tan \delta$$

c Valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate;

q Pressione verticale del terreno;

K Coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \tan^2 \varphi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \tan^2 \varphi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = \frac{3}{4} \cdot \tan \varphi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan \varphi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

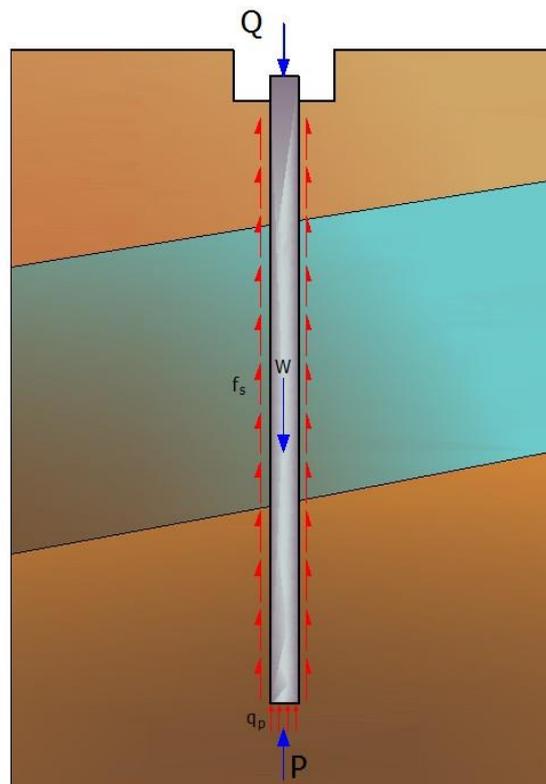
Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{reduct_coeff}} = 1 - k_h$$

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%.
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.



Schema delle aliquote di resistenza del carico limite

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo. Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = \left(\frac{\tau_j}{E} \right) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza.

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree.

7.2 STABILITA' GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO

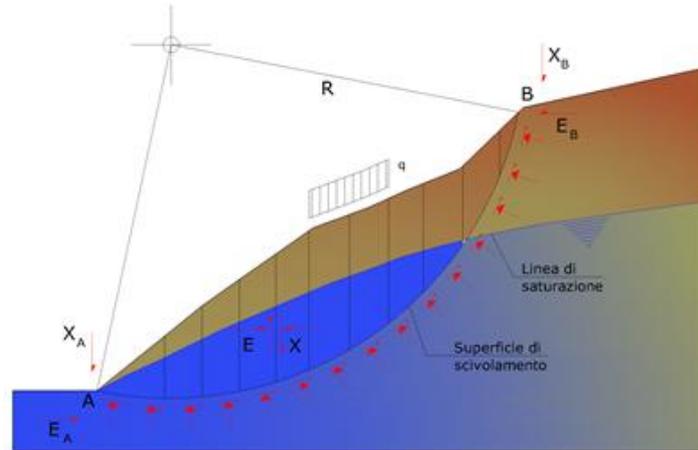
Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$. Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

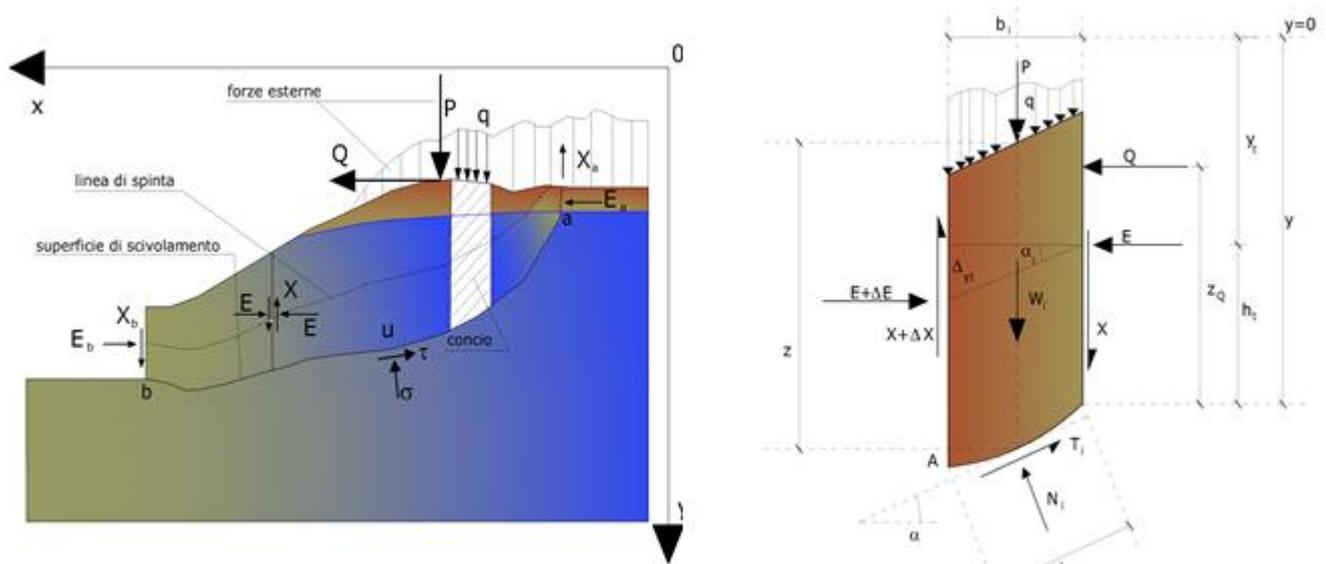
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

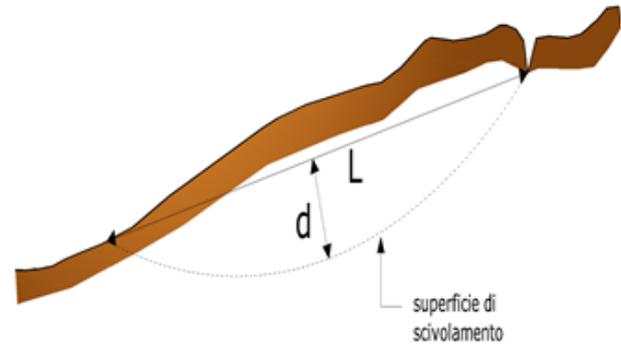
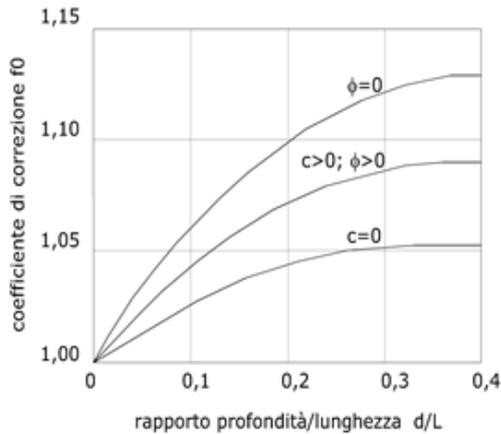


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



$$F_{sm} = F_{sf}$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

8. VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE E DI COLLASSO PER CARICO LIMITE FONDAZIONE-TERRENO (GEO)

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche di stabilità locale (scorrimento, ribaltamento e carico limite) per le varie combinazioni di carico per ciascuna sezione tipo del muro di sostegno in oggetto.

L'analisi dei muri di sostegno su pali è stata condotta mediante il software MDC della GEOSTRU, con il quale sono stati eseguiti anche i calcoli di verifica strutturale del paramento e dei pali stessi, secondo i criteri esposti nei paragrafi precedenti.

8.1"MURO OS03" HMAX = 7.05 M

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
825,0684,0		18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	
684,0543,0		18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	
543,0402,0		18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	
402,0261,0		18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	
261,0	120,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,30,34		0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,30,34		0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

28,30,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,30,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,30,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	825,0	684,0	14,19	7,64	745,55
2	684,0	543,0	25,0	13,46	608,42
3	543,0	402,0	35,81	19,28	468,95
4	402,0	261,0	46,62	25,1	328,78
5	261,0	120,0	57,43	30,92	188,29

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

QuotaPx	Py	Xp	Yp
684,00,0	23,14	125,9	751,5
543,00,0	52,14	129,5	673,5
402,00,0	86,95	133,2	592,2
261,00,0	127,61	137,1	508,6
120,00,0	174,15	141,0	423,2

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
825,0	684,0	18,0	0,0	29,26	29,26	0,0	0,0	
684,0	543,0	18,0	0,0	29,26	29,26	0,0	0,0	
543,0	402,0	18,0	0,0	29,26	29,26	0,0	0,0	
402,0	261,0	18,0	0,0	29,26	29,26	0,0	0,0	
261,0	120,0	18,0	0,0	29,26	29,26	0,0	0,0	

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

120,0	1,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0
1,0	0,0	18,5	0,0	29,26	35,0	0,0	0,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
29,260,31		0,0	0,0	0,27	0,15	0,0	0,0
29,260,31		0,0	0,0	0,27	0,15	0,0	0,0
29,260,31		0,0	0,0	0,27	0,15	0,0	0,0
29,260,31		0,0	0,0	0,27	0,15	0,0	0,0
29,260,31		0,0	0,0	0,27	0,15	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
35,00,31		0,0	0,0	0,25	0,18	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	825,0	684,0	12,5	7,0	745,55
2	684,0	543,0	22,02	12,34	608,42
3	543,0	402,0	31,55	17,67	468,95
4	402,0	261,0	41,07	23,01	328,78
5	261,0	120,0	50,6	28,34	188,29
6	120,0	1,0	50,61	27,0	59,1
7	1,0	0,0	0,45	0,25	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	B	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	29,26	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	2,91	-2,39	-1,67

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-31,77	-22,25	40,0

Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

Fx	Fy	M	
Spinta terreno	208,8	115,61	34,15
Carichi esterni	115,0	0,0	1063,75
Peso muro	0,0	174,15	-245,55
Peso fondazione	0,0	198,88	-517,09
Sovraccarico	0,0	77,31	-257,06
Terr. fondazione	0,0	565,02	-1967,39
Spinte fondazione	-31,77	-22,25	-12,71
292,03	1108,72	-1901,89	

Momento stabilizzante -3588,26 kNm
Momento ribaltante 1686,37 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 485,7 kN
Forza verticale (P) 3277,42 kN

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Dati palo

Lunghezza	3500,0 cm
Diametro	100,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7

 Stratigrafia palo
 Strato N° 1

Spessore strato	360,0 cm
Peso unità di volume	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

Strato N° 4

Spessore strato	220,0 cm
Peso unità di volume	9,69 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 5

Spessore strato	550,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

Strato N° 6

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Spessore strato	1220,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	20,0 kPa
Modulo di elasticità	50000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	308,04 cm
Cedimento del palo	0,31 cm
Spostamento in x	2,3 cm
Rotazione in testa	0,28 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 630,82 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	10649,97 kN
Carico limite laterale (Qs)	7592,61 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1

$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	10730,93 kN
Peso palo (W)	68722,34 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,72

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	835.46 kN
-------------------------------	-----------

Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1.00
---	------

Forza orizzontale (T)	485.70 kN
Fattore di sicurezza $Fs=(H/FsT) /T$	1.72

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezione

F_s = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$)

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

DATI DI IMPUT:

L = 35,00 (m)

D = 1,00 (m)

M_y = 986,43 (kN m)

F_s = 1,00 (-)

φ' = 25,00 (°)

k_p = 2,46 (-)

γ = 18,00 (kN/m³)

Palo corto:

H1 = 81493,92 (kN)

Palo intermedio:

H2 = 27192,82 (kN)

Palo lungo:

H3 = 835,46 (kN)

MANIPOLAZIONE (H1, H2, H3) = 835,46 (kN) MANIPOLAZIONE

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
825,0684,0		18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
684,0543,0		18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
543,0402,0		18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
402,0261,0		18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
261,0 120,0		18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,30,28		0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,30,28		0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,30,28		0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,30,28		0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,30,28		0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
----	----	-----	-----	--------	--------

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

1	825,0	684,0	12,75	6,87	746,33	746,33
2	684,0	543,0	21,62	11,64	608,68	608,68
3	543,0	402,0	30,5	16,42	469,08	469,08
4	402,0	261,0	39,37	21,2	328,85	328,85
5	261,0	120,0	48,24	25,98	188,34	188,34

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

QuotaPx	Py	Xp	Yp
684,00,0	23,14	125,9	751,5
543,00,0	52,14	129,5	673,5
402,00,0	86,95	133,2	592,2
261,00,0	127,61	137,1	508,6
120,00,0	174,15	141,0	423,2

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
825,0	684,0	18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
684,0	543,0	18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
543,0	402,0	18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
402,0	261,0	18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
261,0	120,0	18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

35,00,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
35,00,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
35,00,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
35,00,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
35,00,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0
23,30,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
35,00,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)	
1	825,0	684,0	10,52	7,37	746,33	746,33
2	684,0	543,0	17,84	12,49	608,68	608,68
3	543,0	402,0	25,16	17,62	469,08	469,08
4	402,0	261,0	32,48	22,74	328,85	328,85
5	261,0	120,0	39,8	27,87	188,34	188,34
6	120,0	1,0	40,11	25,6	59,09	59,55
7	1,0	0,0	0,36	0,24	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	35,0	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	3,69	-3,02	-2,12

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.
Q_f Quota inizio strato.
R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(R_{px}) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(R_{py}) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Q _i	Q _f	R _{px}	R _{py}	z(R _{px})	z(R _{py})
1	120,0	0,0	-40,26	-28,19	40,0

Sollecitazioni totali

F_x Forza in direzione x (kN);
F_y Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

F _x	F _y	M	
Spinta terreno	166,27	113,93	-81,79
Carichi esterni	135,0	0,0	1248,75
Peso muro	0,0	174,15	-245,55
Peso fondazione	0,0	198,88	-517,09
Sovraccarico	0,0	89,21	-296,61
Terr. fondazione	0,0	565,02	-1967,39
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
261,01	1112,99	-1875,78	

Momento stabilizzante -3619,06 kNm
Momento ribaltante 1743,28 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	451,91 kN
Forza verticale (P)	3346,09 kN

Dati palo

Lunghezza	3500,0 cm
Diametro	100,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7

Stratigrafia palo

Strato N° 1

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Spessore strato	360,0 cm
Peso unità di volume	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

Strato N° 4

Spessore strato	220,0 cm
Peso unità di volume	9,69 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 5

Spessore strato	550,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

Strato N° 6

Spessore strato	1220,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	20,0 kPa
Modulo di elasticità	50000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	308,04 cm
Cedimento del palo	0,31 cm
Spostamento in x	2,14 cm

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Rotazione in testa 0,26 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 630,82 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	10649,97 kN
Carico limite laterale (Qs)	7592,61 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,15

$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	8524,2 kN
Peso palo (W)	68722,34 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,12

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	835.46 kN
-------------------------------	-----------

Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1.30
---	------

Forza orizzontale (T)	451.91 kN
Fattore di sicurezza $Fs=(H/FsT) /T$	1.43

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezioneF_s = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva (k_p = (1+sinφ)/(1-sinφ))

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda γ = γ')

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2}k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

DATI DI IMPUT:

L =	35,00	(m)
D =	1,00	(m)
My =	986,43	(kN m)
Fs =	1,30	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	81493,92	(kN)	H1/FS =	62687,63	(kN)
-------------	----------	------	----------------	----------	------

Palo intermedio:

H2 =	27192,82	(kN)	H2/FS =	20917,56	(kN)
-------------	----------	------	----------------	----------	------

Palo lungo:

H3 =	835,46	(kN)	H3/FS =	642,66	(kN)
-------------	--------	------	----------------	--------	------

H = min(H1, H2, H3) = 642.66 (kN) palo lungo

SISMA (A1+M1+R3) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0335
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0167

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);								
Qf	Quota finale strato								
G	Peso unità di volume (KN/m ³);								
Eps	Inclinazione dello strato. (°);								
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);								
Delta	Angolo attrito terra muro;								
c	Coesione (kPa);								
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);								
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda								

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
825,0684,0		18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
684,0543,0		18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	

MANDATARIA



MANDANTE



543,0402,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0
402,0261,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0
261,0 120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,30,28		0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,30,28		0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,30,28		0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,30,28		0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,30,28		0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	825,0	684,0	14,13	7,61	747,8
2	684,0	543,0	22,19	11,95	609,23
3	543,0	402,0	30,26	16,29	469,37
4	402,0	261,0	38,32	20,63	329,03
5	261,0	120,0	46,38	24,97	188,46

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

QuotaPx	Py	Xp	Yp
684,00,6	17,8	125,9	751,5
543,01,34	40,11	129,5	673,5
402,02,24	66,88	133,2	592,2
261,03,29	98,16	137,1	508,6
120,04,49	133,96	141,0	423,2

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
825,0684,0		18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
684,0543,0		18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
543,0402,0		18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
402,0261,0		18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
261,0	120,0	18,0	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
35,00,25		0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01
35,00,25		0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01
35,00,25		0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01
35,00,25		0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01
35,00,25		0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01
23,30,24		0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
35,00,25		0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	825,0	684,0	12,82	8,8	748,49
2	684,0	543,0	19,38	13,39	609,52
3	543,0	402,0	25,93	17,98	469,53
4	402,0	261,0	32,49	22,57	329,13

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

5	261,0	120,0	39,04	27,16	188,53	188,51
6	120,0	1,0	38,69	24,99	59,18	59,62
7	1,0	0,0	0,34	0,23	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	35,0	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	3,69	-3,02	-2,12

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-40,26	-28,19	40,0

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

Fx	Fy	M
Spinta terreno	168,69	115,11
Carichi esterni	100,0	0,0
		-59,33
		925,0

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Peso muro	4,49	133,96	-169,89
Peso fondazione	5,12	152,98	-394,68
Sovraccarico	1,99	59,47	-181,31
Terr. fondazione	14,56	434,63	-1442,96
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
254,59	867,96	-1339,28	

Momento stabilizzante	-2896,34 kNm
Momento ribaltante	1557,06 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	442,28 kN
Forza verticale (P)	2803,97 kN

Dati palo

Lunghezza	3500,0 cm
Diametro	100,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	360,0 cm
Peso unità di volume	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Strato N° 4

Spessore strato	220,0 cm
Peso unità di volume	9,69 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 5

Spessore strato	550,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

Strato N° 6

Spessore strato	1220,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	20,0 kPa
Modulo di elasticità	50000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	308,04 cm
Cedimento del palo	0,27 cm
Spostamento in x	2,09 cm
Rotazione in testa	0,25 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 630,82 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	10649,97 kN
Carico limite laterale (Qs)	7592,61 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,15

$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	8524,2 kN
Peso palo (W)	68722,34 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,45

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	835.46 kN
-------------------------------	-----------

Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1.30
---	------

Forza orizzontale (T)	442.28 kN
Fattore di sicurezza $F_s = (H/F_s T) / T$	1.45

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezione

F_s = coefficiente di sicurezza

ϕ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\phi') / (1 - \sin\phi')$)

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

DATI DI IMPUT:

L =	35,00	(m)
D =	1,00	(m)
My =	986,43	(kN m)
Fs =	1,30	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	81493,92	(kN)	H1/FS =	62687,63	(kN)
-------------	----------	------	----------------	----------	------

Palo intermedio:

H2 =	27192,82	(kN)	H2/FS =	20917,56	(kN)
-------------	----------	------	----------------	----------	------

Palo lungo:

H3 =	835,46	(kN)	H3/FS =	642,66	(kN)
-------------	--------	------	----------------	--------	------

H = min(H1, H2, H3) = 642.66 (kN) palo lungo

8.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (kN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
744,0619,2		18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	
619,2494,4		18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

494,4369,6	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0
369,6244,8	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0
244,8120,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
K_a	Coefficiente di spinta attiva.
K_d	Coefficiente di spinta dinamica.
D_k	Coefficiente di incremento dinamico.
K_{ax}, K_{ay}	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
D_{kx}, D_{ky}	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
28,30,34		0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,30,34		0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,30,34		0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,30,34		0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,30,34		0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i	Quota inizio strato.
Q_f	Quota inizio strato.
R_{px}, R_{py}	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	744,0	619,2	12,54	6,75	674,58
2	619,2	494,4	21,01	11,31	552,61
3	494,4	369,6	29,48	15,87	429,01
4	369,6	244,8	37,95	20,43	304,88
5	244,8	120,0	46,42	24,99	180,5

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

P_y	Peso del muro (kN);
P_x	Forza inerziale (kN);
X_p, Y_p	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

QuotaPx	P_y	X_p	Y_p
619,20,0	20,17	125,5	679,3
494,40,0	44,88	128,6	610,8
369,60,0	74,1	131,8	539,6
244,80,0	107,89	135,2	466,4
120,00,0	146,16	138,6	391,7

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
744,0	619,2	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
619,2	494,4	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
494,4	369,6	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
369,6	244,8	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
244,8	120,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	29,26	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
35,0	0,31	0,0	0,0	0,25	0,18	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	744,0	619,2	11,61	5,0	674,58
2	619,2	494,4	19,45	8,37	552,61
3	494,4	369,6	27,28	11,75	429,01
4	369,6	244,8	35,12	15,13	304,88

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

5	244,8	120,0	42,96	18,5	180,5	180,5
6	120,0	1,0	48,26	20,79	59,04	59,04
7	1,0	0,0	0,43	0,2	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	29,26	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	2,91	-2,39	-1,67

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-31,77	-22,25	40,0

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

Fx	Fy	M
Spinta terreno	185,11	79,74
Carichi esterni	115,0	0,0
		101,29
		970,6

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Peso muro	0,0	146,16	-202,58
Peso fondazione	0,0	198,88	-517,09
Sovraccarico	0,0	82,63	-274,74
Terr. fondazione	0,0	505,95	-1752,63
Spinte fondazione	-31,77	-22,25	-12,71
268,35	991,11	-1687,84	

Momento stabilizzante	-3161,67 kNm
Momento ribaltante	1473,83 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	450,17 kN
Forza verticale (P)	2901,75 kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0 cm
Diametro	100,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	450,0 cm
Peso unità di volume	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	19,5 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Strato N° 4

Spessore strato	220,0 cm
Peso unità di volume	9,69 KN/m ³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	30,0 kPa
Modulo di elasticità	15000,0 kPa

Strato N° 5

Spessore strato	1150,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	32,0 °
Coesione	0,0 kPa
Modulo di elasticità	25000,0 kPa

Strato N° 6

Spessore strato	230,0 cm
Peso unità di volume	10,19 KN/m ³
Angolo di attrito	30,0 °
Coesione	20,0 kPa
Modulo di elasticità	50000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	308,04 cm
Cedimento del palo	0,29 cm
Spostamento in x	2,13 cm
Rotazione in testa	0,26 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 630,82 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	7070,48 kN
Carico limite laterale (Qs)	6346,32 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1

$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	7892,23 kN
Peso palo (W)	62831,85 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,24

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	807,11 kN
-------------------------------	-----------

Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1,00
---	------

Forza orizzontale (T)	450,17 kN
-----------------------	-----------

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Fattore di sicurezza $F_s = (H/F_s T) / T$

1.79

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezioneF_s = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\phi') / (1 - \sin\phi')$)γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

DATI DI IMPUT:

L =	32,00	(m)
D =	1,00	(m)
My =	936,65	(kN m)
Fs =	1,00	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 = 68122,26 (kN)

Palo intermedio:

H2 = 22736,69 (kN)

Palo lungo:

H3 = 807,11 (kN)

H = min(H1, H2, H3) = 807,11 (kN) palo lungo

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
744,0	619,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
619,2	494,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
494,4	369,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
369,6	244,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

244,8 120,0 18,0 0,0 35,0 23,3 0,0 5,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	744,0	619,2	11,34	6,11	675,23	675,23
2	619,2	494,4	18,29	9,85	552,85	552,85
3	494,4	369,6	25,24	13,59	429,14	429,14
4	369,6	244,8	32,19	17,33	304,95	304,95
5	244,8	120,0	39,15	21,08	180,55	180,55

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
619,2	0,0	20,17	125,5	679,3
494,4	0,0	44,88	128,6	610,8
369,6	0,0	74,1	131,8	539,6
244,8	0,0	107,89	135,2	466,4
120,0	0,0	146,16	138,6	391,7

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
744,0	619,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
619,2	494,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
494,4	369,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
369,6	244,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
244,8	120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
35,0	0,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	744,0	619,2	10,27	4,42	675,23	675,23
2	619,2	494,4	16,56	7,13	552,85	552,85
3	494,4	369,6	22,86	9,84	429,14	429,14
4	369,6	244,8	29,15	12,55	304,95	304,95
5	244,8	120,0	35,44	15,26	180,55	180,55
6	120,0	1,0	39,66	17,08	59,07	59,07

MANDATARIA

 Sintagma

MANDANTE

 GEOTECHNICAL
DESIGN GROUP

 ICARIA
società di ingegneria

69 di 151

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

7 1,0 0,0 0,35 0,17 0,5 0,5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	35,0	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	3,69	-3,02	-2,12

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-40,26	-28,19	40,0	40,0

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	154,29	66,46	89,7
Carichi esterni	135,0	0,0	1139,4
Peso muro	0,0	146,16	-202,58
Peso fondazione	0,0	198,88	-517,09

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Sovraccarico	0,0	95,34	-317,0
Terr. fondazione	0,0	505,95	-1752,63
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	249,02	984,61	-1576,3

Momento stabilizzante	-3134,89 kNm
Momento ribaltante	1558,59 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	433,93 kN
Forza verticale (P)	2980,37 kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0	cm
Diametro	100,0	cm
Copriferro	3,0	cm
Palo trivellato		
Numero verticali indagate 1		
Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7		
Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7		

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	450,0	cm
Peso unità di volume	18,5	KN/m ³
Angolo di attrito	35,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0	cm
Peso unità di volume	19,5	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Strato N° 4

Spessore strato	220,0	cm	
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³	
Angolo di attrito	25,0	°	
Coesione	30,0	kPa	
Modulo di elasticità	15000,0	kPa	

Strato N° 5

Spessore strato	1150,0	cm	
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³	
Angolo di attrito	32,0	°	
Coesione	0,0	kPa	
Modulo di elasticità	25000,0	kPa	

Strato N° 6

Spessore strato	230,0	cm	
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³	
Angolo di attrito	30,0	°	
Coesione	20,0	kPa	
Modulo di elasticità	50000,0	kPa	

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	308,04	cm
Cedimento del palo	0,3	cm
Spostamento in x	2,05	cm
Rotazione in testa	0,25	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 630,82 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	7070,48 kN
Carico limite laterale (Qs)	6346,32 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,15
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	6327,02 kN
Peso palo (W)	62831,85 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	1,76

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	807.11 kN
Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1.30
Forza orizzontale (T)	433.93 kN
Fattore di sicurezza $Fs=(H/FsT) /T$	1.43

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

My = momento di plasticizzazione della sezione

Fs = coefficiente di sicurezza

 φ' = angolo di attrito del terrenokp = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$) γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

DATI DI IMPUT:

L =	32,00	(m)
D =	1,00	(m)
My =	936,65	(kN m)
Fs =	1,30	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	68122,26	(kN)	H1/FS =	52401,74	(kN)
------	----------	------	---------	----------	------

Palo intermedio:

H2 =	22736,69	(kN)	H2/FS =	17489,76	(kN)
------	----------	------	---------	----------	------

Palo lungo:

H3 =	807,11	(kN)	H3/FS =	620,86	(kN)
------	--------	------	---------	--------	------

H = min(H1, H2, H3) = 620.86 kN palo lungo

SISMA (A1+M1+R3) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0335
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0167

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
744,0	619,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
619,2	494,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
494,4	369,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

369,6	244,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0
244,8	120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	744,0	619,2	12,05	6,49	676,15	676,15
2	619,2	494,4	18,37	9,89	553,22	553,22
3	494,4	369,6	24,69	13,29	429,34	429,34
4	369,6	244,8	31,0	16,69	305,08	305,08
5	244,8	120,0	37,32	20,09	180,64	180,64

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
619,2	0,52	15,52	125,5	679,3
494,4	1,16	34,52	128,6	610,8
369,6	1,91	57,0	131,8	539,6
244,8	2,78	82,99	135,2	466,4
120,0	3,77	112,43	138,6	391,7

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
----	-----------------------------

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
744,0	619,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
619,2	494,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
494,4	369,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
369,6	244,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
244,8	120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
35,0	0,25	0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	744,0	619,2	11,72	5,05	676,56	676,56
2	619,2	494,4	17,4	7,49	553,41	553,41
3	494,4	369,6	23,07	9,94	429,44	429,44
4	369,6	244,8	28,75	12,38	305,15	305,15
5	244,8	120,0	34,43	14,83	180,68	180,69

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

6	120,0	1,0	38,12	16,42	59,16	59,16
7	1,0	0,0	0,34	0,16	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	35,0	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	3,69	-3,02	-2,12

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-40,26	-28,19	40,0	40,0

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	153,83	66,27	102,54
Carichi esterni	100,0	0,0	844,0
Peso muro	3,77	112,43	-141,08

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Peso fondazione	5,12	152,98	-394,68
Sovraccarico	2,13	63,56	-195,49
Terr. fondazione	13,04	389,2	-1290,73
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	237,62	756,25	-1091,55

Momento stabilizzante	-2457,69 kNm
Momento ribaltante	1366,13 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	416,83 kN
Forza verticale (P)	2457,41 kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0	cm
Diametro	100,0	cm
Copriferro	3,0	cm
Palo trivellato		
Numero verticali indagate	1	
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7	
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	450,0	cm
Peso unità di volume	18,5	KN/m ³
Angolo di attrito	35,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0	cm
Peso unità di volume	19,5	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Strato N° 4

Spessore strato	220,0	cm
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 5

Spessore strato	1150,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

Strato N° 6

Spessore strato	230,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	30,0	°
Coesione	20,0	kPa
Modulo di elasticità	50000,0	kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	308,04	cm
Cedimento del palo	0,25	cm
Spostamento in x	1,97	cm
Rotazione in testa	0,24	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 630,82 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	7070,48 kN
Carico limite laterale (Qs)	6346,32 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,15

$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	6327,02 kN
Peso palo (W)	62831,85 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,06

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	807.11 kN
-------------------------------	-----------

Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1.30
---	------

Forza orizzontale (T)	416.83 kN
-----------------------	-----------

MANDATARIA



MANDANTE



Fattore di sicurezza $F_s = (H/F_s T) / T$ 1.49

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezione

F_s = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$)

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

DATI DI IMPUT:

L =	32,00	(m)
D =	1,00	(m)
My =	936,65	(kN m)
Fs =	1,30	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	68122,26	(kN)	H1/FS =	52401,74	(kN)
------	----------	------	---------	----------	------

Palo intermedio:

H2 =	22736,69	(kN)	H2/FS =	17489,76	(kN)
------	----------	------	---------	----------	------

Palo lungo:

H3 =	807,11	(kN)	H3/FS =	620,86	(kN)
------	--------	------	---------	--------	------

H = min(H1, H2, H3) = 620.86 kN palo lungo

8.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
644,0	539,2	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	
539,2	434,4	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	
434,4	329,6	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0	

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

329,6	224,8	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0
224,8	120,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	5,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,3	0,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,3	0,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,3	0,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,3	0,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0
28,3	0,34	0,0	0,0	0,3	0,16	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	644,0	539,2	10,75	5,79	586,75	586,75
2	539,2	434,4	16,72	9,01	483,68	483,68
3	434,4	329,6	22,7	12,22	379,7	379,7
4	329,6	224,8	28,67	15,44	275,38	275,38
5	224,8	120,0	34,64	18,65	170,89	170,89

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
539,2	0,0	16,61	124,9	589,9
434,4	0,0	36,33	127,5	533,2
329,6	0,0	59,22	130,1	474,3
224,8	0,0	85,22	132,8	413,8
120,0	0,0	114,39	135,6	352,0

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
----	-----------------------------

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
644,0	539,2	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
539,2	434,4	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
434,4	329,6	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
329,6	224,8	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
224,8	120,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	29,26	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	29,26	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
23,3	0,3	0,0	0,0	0,28	0,12	0,0	0,0
35,0	0,31	0,0	0,0	0,25	0,18	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	644,0	539,2	9,95	4,29	586,75	586,75
2	539,2	434,4	15,48	6,67	483,68	483,68
3	434,4	329,6	21,01	9,05	379,7	379,7
4	329,6	224,8	26,53	11,43	275,38	275,38
5	224,8	120,0	32,06	13,81	170,89	170,89

MANDATARIA

 Sintagma

MANDANTE

 GEOTECHNICAL
DESIGN GROUP

 ICARIA
società di ingegneria

83 di 151

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

6	120,0	1,0	43,11	18,56	58,86	58,86
7	1,0	0,0	0,39	0,18	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (kN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	29,26	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	2,91	-2,39	-1,67

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-31,77	-22,25	40,0	40,0

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	148,52	63,98	45,06
Carichi esterni	115,0	0,0	855,6
Peso muro	0,0	114,39	-155,11

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Peso fondazione	0,0	191,99	-481,91
Sovraccarico	0,0	87,57	-283,28
Terr. fondazione	0,0	408,92	-1369,87
Spinte fondazione	-31,77	-22,25	-12,71
	231,75	844,59	-1402,2

Momento stabilizzante	-2611,33 kNm
Momento ribaltante	1209,13 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	316,22 kN
Forza verticale (P)	2001,11 kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0	cm
Diametro	80,0	cm
Copriferro	3,0	cm
Palo trivellato		
Numero verticali indagate	1	
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7	
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	540,0	cm
Peso unità di volume	18,5	KN/m ³
Angolo di attrito	35,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0	cm
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Strato N° 4

Spessore strato	220,0	cm
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 5

Spessore strato	1150,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

Strato N° 6

Spessore strato	140,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	20,0	kPa
Modulo di elasticità	50000,0	kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	260,57	cm
Cedimento del palo	0,21	cm
Spostamento in x	2,21	cm
Rotazione in testa	0,32	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 533,61 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	6215,25 kN
Carico limite laterale (Qs)	4702,77 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1

$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	6422,36 kN
Peso palo (W)	40212,39 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,68

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	636.79 kN
-------------------------------	-----------

Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1
---	---

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Forza orizzontale (T)	316.22 kN
Fattore di sicurezza $F_s = (H/F_s T) / T$	2.01

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

My = momento di plasticizzazione della sezione

Fs = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

kp = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$)

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

DATI DI IMPUT:

L =	32,00	(m)
D =	0,80	(m)
My =	733,88	(kN m)
Fs =	1,00	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 = 54497,81 (kN)

Palo intermedio:

H2 = 18188,87 (kN)

Palo lungo:

H3 = 636,79 (kN)

MANDATARIA $H = \min(H1, H2, H3) =$ 636,79 (kN) MANDANTE palo lungo

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
644,0	539,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
539,2	434,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
434,4	329,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
329,6	224,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
224,8	120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0
28,3	0,28	0,0	0,0	0,25	0,13	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	644,0	539,2	9,8	5,28	587,23	587,23
2	539,2	434,4	14,71	7,92	483,89	483,89

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

3	434,4	329,6	19,61	10,56	379,82	379,82
4	329,6	224,8	24,51	13,2	275,45	275,45
5	224,8	120,0	29,41	15,84	170,94	170,94

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
539,2	0,0	16,61	124,9	589,9
434,4	0,0	36,33	127,5	533,2
329,6	0,0	59,22	130,1	474,3
224,8	0,0	85,22	132,8	413,8
120,0	0,0	114,39	135,6	352,0

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
644,0	539,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
539,2	434,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
434,4	329,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
329,6	224,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
224,8	120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
23,3	0,24	0,0	0,0	0,22	0,1	0,0	0,0
35,0	0,25	0,0	0,0	0,2	0,14	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	644,0	539,2	8,88	3,82	587,23	587,23
2	539,2	434,4	13,31	5,73	483,89	483,89
3	434,4	329,6	17,75	7,65	379,82	379,82
4	329,6	224,8	22,19	9,56	275,45	275,45
5	224,8	120,0	26,63	11,47	170,94	170,94
6	120,0	1,0	35,62	15,34	58,91	58,91
7	1,0	0,0	0,32	0,15	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	35,0	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	3,69	-3,02	-2,12

Spinte risultanti e punto di applicazione

MANDATARIA

 Sintagma

MANDANTE

 GEOTECHNICAL
DESIGN GROUP

 ICARIA
società di ingegneria

91 di 151

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-40,26	-28,19	40,0	40,0

Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	124,7	53,72	41,94
Carichi esterni	135,0	0,0	1004,4
Peso muro	0,0	114,39	-155,11
Peso fondazione	0,0	191,99	-481,91
Sovraccarico	0,0	101,04	-326,86
Terr. fondazione	0,0	408,92	-1369,87
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	219,43	841,86	-1303,5

Momento stabilizzante -2603,41 kNm
Momento ribaltante 1299,91 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 311,64 kN
Forza verticale (P) 2077,1 kN

Dati palo

Lunghezza 3200,0 cm
Diametro 80,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato
Numero verticali indagate 1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato 540,0 cm
Peso unità di volume 18,5 KN/m³

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Angolo di attrito	35,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0	cm
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

Strato N° 4

Spessore strato	220,0	cm
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 5

Spessore strato	1150,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

Strato N° 6

Spessore strato	140,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	20,0	kPa
Modulo di elasticità	50000,0	kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	260,57	cm
Cedimento del palo	0,22	cm
Spostamento in x	2,18	cm
Rotazione in testa	0,31	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 533,61 kPa

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	6215,25 kN
Carico limite laterale (Qs)	4702,77 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,15
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	5113,68 kN
Peso palo (W)	40212,39 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,07

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	636.79 kN
Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1.3
Forza orizzontale (T)	311.64 kN
Fattore di sicurezza $Fs=(H/FsT) /T$	1.57

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezioneF_s = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva (k_p = (1+sinφ)/(1-sinφ))

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda γ = γ')

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2}k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

DATI DI INPUT:

L =	32,00	(m)
D =	0,80	(m)
My =	733,88	(kN m)
Fs =	1,30	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	54497,81	(kN)	H1/FS =	41921,39	(kN)
-------------	----------	------	----------------	----------	------

Palo intermedio:

H2 =	18188,87	(kN)	H2/FS =	13991,44	(kN)
-------------	----------	------	----------------	----------	------

Palo lungo:

H3 =	636,79	(kN)	H3/FS =	489,84	(kN)
-------------	--------	------	----------------	--------	------

H = min(H1, H2, H3) = 489.84 kN palo lungo

SISMA (A1+M1+R3) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0335
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0167

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
644,0	539,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
539,2	434,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	
434,4	329,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0	

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

329,6	224,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0
224,8	120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	5,0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01
28,3	0,28	0,3	0,03	0,25	0,13	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	644,0	539,2	9,81	5,28	587,64	587,64
2	539,2	434,4	14,27	7,68	484,07	484,07
3	434,4	329,6	18,72	10,08	379,92	379,92
4	329,6	224,8	23,18	12,48	275,52	275,52
5	224,8	120,0	27,63	14,88	170,99	170,99

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
539,2	0,43	12,77	124,9	589,9
434,4	0,94	27,95	127,5	533,2
329,6	1,53	45,55	130,1	474,3
224,8	2,2	65,56	132,8	413,8
120,0	2,95	87,99	135,6	352,0

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
----	-----------------------------

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
644,0	539,2	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
539,2	434,4	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
434,4	329,6	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
329,6	224,8	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
224,8	120,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
120,0	1,0	18,0	0,0	35,0	23,3	0,0	0,0	
1,0	0,0	18,5	0,0	35,0	35,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
23,3	0,24	0,26	0,02	0,22	0,1	0,02	0,01
35,0	0,25	0,27	0,03	0,2	0,14	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	644,0	539,2	9,54	4,11	587,93	587,93
2	539,2	434,4	13,54	5,83	484,22	484,22
3	434,4	329,6	17,55	7,56	380,01	380,01
4	329,6	224,8	21,55	9,28	275,58	275,58
5	224,8	120,0	25,56	11,01	171,03	171,03

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

6	120,0	1,0	33,87	14,59	58,99	58,99
7	1,0	0,0	0,3	0,14	0,5	0,5

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120,0	0,0	18,5	180,0	35,0	35,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
215,0	3,69	-3,02	-2,12

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	120,0	0,0	-40,26	-28,19	40,0	40,0

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	121,91	52,52	47,76
Carichi esterni	100,0	0,0	744,0
Peso muro	2,95	87,99	-108,94

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Peso fondazione	4,95	147,69	-367,73
Sovraccarico	2,26	67,36	-203,37
Terr. fondazione	10,54	314,55	-1012,84
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	202,34	641,92	-917,22

Momento stabilizzante	-2025,32 kNm
Momento ribaltante	1108,1 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	291,12 kN
Forza verticale (P)	1684,74 kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0	cm
Diametro	80,0	cm
Copriferro	3,0	cm
Palo trivellato		
Numero verticali indagate	1	
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7	
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	540,0	cm
Peso unità di volume	18,5	KN/m ³
Angolo di attrito	35,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	68646,55	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	100,0	cm
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³
Angolo di attrito	25,0	°
Coesione	30,0	kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa

Strato N° 3

Spessore strato	1050,0	cm
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³
Angolo di attrito	32,0	°
Coesione	0,0	kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Strato N° 4

Spessore strato	220,0	cm	
Peso unità di volume	9,69	KN/m ³	
Angolo di attrito	25,0		°
Coesione	30,0		kPa
Modulo di elasticità	15000,0	kPa	

Strato N° 5

Spessore strato	1150,0	cm	
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³	
Angolo di attrito	32,0		°
Coesione	0,0		kPa
Modulo di elasticità	25000,0	kPa	

Strato N° 6

Spessore strato	140,0	cm	
Peso unità di volume	10,19	KN/m ³	
Angolo di attrito	32,0		°
Coesione	20,0		kPa
Modulo di elasticità	50000,0	kPa	

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	260,57	cm
Cedimento del palo	0,18	cm
Spostamento in x	2,03	cm
Rotazione in testa	0,29	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 533,61 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	6215,25 kN
Carico limite laterale (Qs)	4702,77 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,15
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	5113,68 kN
Peso palo (W)	40212,39 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,46

Carico limite orizzontale

Carico limite orizzontale (H)	636.79 kN
Coefficiente di sicurezza a carichi trasversali (FsT)	1.3

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Forza orizzontale (T)	291.12 kN
Fattore di sicurezza $F_s = (H/F_sT) / T$	1.68

I calcoli per la valutazione del carico limite orizzontale è riportata nei tabulati di seguito. Per quanto riguarda i parametri del terreno, è stato impiegato, in favore di sicurezza, l'angolo d'attrito minore tra gli strati presenti.

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezione

F_s = coefficiente di sicurezza

ϕ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\phi') / (1 - \sin\phi')$)

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda $\gamma = \gamma'$)

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

DATI DI IMPUT:

L =	32,00	(m)
D =	0,80	(m)
My =	733,88	(kN m)
Fs =	1,30	(-)
φ' =	25,00	(°)
kp =	2,46	(-)
γ =	18,00	(kN/m ³)

Palo corto:

$$H1 = 54497,81 \quad (\text{kN}) \qquad H1/FS = 41921,39 \quad (\text{kN})$$

Palo intermedio:

$$H2 = 18188,87 \quad (\text{kN}) \qquad H2/FS = 13991,44 \quad (\text{kN})$$

Palo lungo:

$$H3 = 636,79 \quad (\text{kN}) \qquad H3/FS = 489,84 \quad (\text{kN})$$

$$H = \min(H1, H2, H3) = 489.84 \text{ kN} \quad \text{palo lungo}$$

9. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO (GEO)

Si riportano di seguito i risultati e le ipotesi di calcolo per la verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio eseguita mediante il software SLOPE di Geostru, con il metodo di Jambu, descritto nei paragrafi precedenti, per ciascuna sezione tipologica del muro in oggetto.

9.1 "MURO OS03" HMAX = 7.05 M

Criteri di calcolo generali

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Numero di strati	8,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3,51 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	14,13 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8,49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	19,12 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0046
Coefficiente azione sismica verticale	0,0023

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	6,2
2	5,0	6,2
3	6,0	6,2
4	6,45	13,25
5	6,45	13,25
6	15,45	13,25
7	17,45	13,25
8	28,03	13,25

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,0
2	10,0	1,0
3	20,0	1,0
4	30,0	1,0

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	6,45	5,0
3	28,03	5,0

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	1,4
2	6,45	1,4
3	28,03	1,4

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,4
2	6,45	0,4
3	28,03	0,4

Vertici strato 4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-10,1
2	6,45	-10,1
3	28,03	-10,1

Vertici strato 5

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-12,3
2	6,45	-12,3
3	28,03	-12,3

Vertici strato 6

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-17,8
2	6,45	-17,8
3	28,03	-17,8

Vertici strato 7

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-31,3
2	6,45	-31,3
3	28,03	-31,3

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio

1,25

Coesione efficace

1,25

Coesione non drenata

1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno

Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Angolo resistenza al	Peso unità di volume	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

		taglio (°)	(Kg/m ³)			
1	0	35	1835,489	1835,489	RILEVATO	
2	0	35	1835,489	1835,489	UG0	
3	0,765	25	1988,447	1988,447	UG2	
4	0	32	2039,432	2039,432	UG3	
5	0,765	25	1988,447	1988,447	UG2	
6	0	32	2039,432	2039,432	UG3	
7	0,255	30	2039,432	2039,432	UG4b	
8	0,51	38	2651,262	2651,262	UG4a	

Pali

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazio ne
1	5,5	5	1	35	90	3	20	--	Tensione tangenziale
2	8,7	5	1	35	90	3	20	--	Tensione tangenziale

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	6,45	13,25	10000	0	10000

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	6,45	13,25	15,45	13,25	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	6,25 m
Ordinata centro superficie	14,38 m
Raggio superficie	10,19 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 6,249 \quad y_c = 14,381 \quad R_c = 10,19 \quad F_s = 20,00$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,62	-31,3	1,9	1616,58	7,44	3,72	0,0	29,3	0,0	1881,7	-18,5
2	1,62	-21,0	1,74	3970,95	18,27	9,13	0,0	29,3	0,0	4241,0	-38,2
3	1,62	-11,5	1,65	5372,13	24,71	12,36	0,0	29,3	0,0	5472,9	-46,9
4	1,42	-2,9	1,42	5189,21	23,87	11,94	0,0	29,3	0,0	5193,5	-43,7
5	1,82	6,3	1,84	33791,51	155,44	77,72	0,0	29,3	0,0	34028,2	-287,6
6	1,62	16,2	1,69	28987,38	133,34	66,67	0,0	29,3	0,0	30262,2	-264,7
7	1,62	26,0	1,8	27133,24	124,81	62,41	0,0	29,3	0,0	30323,6	-283,5
8	1,62	36,8	2,02	24206,89	111,35	55,68	0,0	29,3	0,0	30429,2	-319,3

MANDATARIA

 Sintagma

MANDANTE

 GEOTECHNICAL
DESIGN GROUP

 ICARIA
società di ingegneria

106 di
151

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

9	1,62	49,6	2,5	19739,92	90,8	45,4	0,0	29,3	0,0	30733,2	-398,0
10	1,62	70,1	4,76	10298,98	47,38	23,69	0,0	29,3	0,0	30997,0	-765,4

9.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M

Criteria di calcolo generali

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Numero di strati 8,0

Numero dei conci 10,0

Grado di sicurezza ritenuto accettabile 1,1

Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: Picco

Analisi Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi 3,51 m

Ordinata vertice sinistro inferiore yi 13,22 m

Ascissa vertice destro superiore xs 8,49 m

Ordinata vertice destro superiore ys 18,21 m

Passo di ricerca 10,0

Numero di celle lungo x 10,0

Numero di celle lungo y 10,0

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0046

Coefficiente azione sismica verticale 0,0023

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	6,2
2	5,0	6,2
3	6,0	6,2
4	6,45	12,44
5	6,45	12,44
6	15,45	12,44
7	17,45	12,44
8	26,81	12,44

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	2,0
2	10,0	2,0
3	20,0	2,0
4	30,0	2,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	6,45	5,0
3	26,81	5,0

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,5
2	6,45	0,5
3	26,81	0,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	6,45	-0,5
3	26,81	-0,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-11,0
2	6,45	-11,0
3	26,81	-11,0

Vertici strato5

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-13,2
2	6,45	-13,2
3	26,81	-13,2

Vertici strato6

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-24,7
2	6,45	-24,7
3	26,81	-24,7

Vertici strato7

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-32,2
2	6,45	-32,2
3	26,81	-32,2

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0	35	1835,489	1835,489	RILEVATO
2	0	35	1835,489	1835,489	UG0
3	0,765	25	1988,447	1988,447	UG2
4	0	32	2039,432	2039,432	UG3

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

5	0,765	25	1988,447	1988,447	UG2	
6	0	32	2039,432	2039,432	UG3	
7	0,255	30	2039,432	2039,432	UG4b	
8	0,51	38	2651,262	2651,262	UG4a	

Pali

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	5,5	5	1	32	90	3	20	--	Tensione tangenziale
2	8,7	5	1	32	90	3	20	--	Tensione tangenziale

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	6,45	12,44	10000	0	-10000

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	6,45	12,44	15,45	12,44	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	6,0 m
Ordinata centro superficie	13,22 m
Raggio superficie	9,23 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 6,00 \quad y_c = 13,22 \quad R_c = 9,231 \quad F_s = 20,00$$

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)	Kh*Wi (Kg)	Kv*Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,52	-34,7	1,85	1626,73	7,48	3,74	0,0	29,3	0,0	1933,5	-81,2
2	1,52	-23,8	1,66	3988,87	18,35	9,17	0,0	29,3	0,0	4295,4	-162,0
3	1,52	-13,8	1,56	5427,02	24,96	12,48	0,0	29,3	0,0	5541,7	-196,8
4	1,89	-3,1	1,89	7612,04	35,02	17,51	0,0	29,3	0,0	7608,9	-262,8
5	1,15	6,4	1,16	20049,78	92,23	46,11	0,0	29,3	0,0	20253,5	-702,9
6	1,52	14,9	1,57	25749,34	118,45	59,22	0,0	29,3	0,0	26888,7	-959,5
7	1,52	25,0	1,68	24220,66	111,42	55,71	0,0	29,3	0,0	27154,0	-1033,0
8	1,52	36,0	1,88	21741,92	100,01	50,01	0,0	29,3	0,0	27571,5	-1175,6
9	1,52	49,1	2,32	17903,49	82,36	41,18	0,0	29,3	0,0	28461,2	-1498,3
10	1,52	70,7	4,6	11099,76	51,06	25,53	0,0	29,3	0,0	37295,2	-3895,6

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

9.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M

Criteria di calcolo generali

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Numero di strati 8,0

Numero dei conci 10,0

Grado di sicurezza ritenuto accettabile 1,1

Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: Picco

Analisi Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi 3,51 m

Ordinata vertice sinistro inferiore yi 12,1 m

Ascissa vertice destro superiore xs 8,49 m

Ordinata vertice destro superiore ys 17,08 m

Passo di ricerca 10,0

Numero di celle lungo x 10,0

Numero di celle lungo y 10,0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0046

Coefficiente azione sismica verticale 0,0023

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	6,2
2	5,0	6,2
3	6,0	6,2
4	6,45	11,44
5	6,45	11,44
6	15,45	11,44
7	17,45	11,44
8	25,31	11,44

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	2,0
2	10,0	2,0
3	20,0	2,0
4	0,0	2,0
5	30,0	2,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	6,45	5,0
3	25,31	5,0

Vertici strato2

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,4
2	6,45	-0,4
3	25,31	-0,4

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,4
2	6,45	-1,4
3	25,31	-1,4

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-11,9
2	6,45	-11,9
3	25,31	-11,9

Vertici strato5

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-14,1
2	6,45	-14,1
3	25,31	-14,1

Vertici strato6

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-25,6
2	6,45	-25,6
3	25,31	-25,6

Vertici strato7

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-33,1
2	6,45	-33,1
3	25,31	-33,1

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili

1,0 0,0

Favorevoli: Permanenti, variabili

1,0 0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio

1,25

Coesione efficace

1,25

Coesione non drenata

1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno

Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0	35	1835,489	1835,489	RILEVATO	

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

2	0	35	1835,489	1835,489	UG0	
3	0,255	25	1988,447	1988,447	UG2	
4	0	32	2039,432	2039,432	UG3	
5	0,255	25	1988,447	1988,447	UG2	
6	0	32	2039,432	2039,432	UG3	
7	0,255	30	2039,432	2039,432	UG4b	
8	0,51	38	2651,262	2651,262	UG4a	

Pali

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	5,6	5	0,8	32	90	2,4	20	--	Tensione tangenziale
2	8,62	5	0,8	32	90	2,4	20	--	Tensione tangenziale

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	6,45	11,44	10000	0	-10000

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	6,45	11,44	15,45	11,44	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	20,0
Ascissa centro superficie	6,0 m
Ordinata centro superficie	12,1 m
Raggio superficie	8,18 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 6,00 \quad y_c = 12,095 \quad R_c = 8,18 \quad F_s = 20,00$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,38	-37,8	1,75	1508,87	6,94	3,47	0,0	29,3	0,0	1776,2	-216,0
2	1,38	-26,2	1,54	3684,09	16,95	8,47	0,0	29,3	0,0	3920,9	-420,2
3	1,38	-15,8	1,44	5023,99	23,11	11,56	0,0	29,3	0,0	5082,6	-507,8
4	1,97	-3,8	1,98	8216,27	37,79	18,9	0,0	29,3	0,0	8182,2	-788,4
5	0,79	5,9	0,8	10865,47	49,98	24,99	0,0	29,3	0,0	11034,5	-1066,6
6	1,38	13,7	1,42	18509,6	85,14	42,57	0,0	29,3	0,0	19511,0	-1930,9
7	1,38	24,0	1,51	17316,17	79,65	39,83	0,0	29,3	0,0	19805,7	-2084,6
8	1,38	35,3	1,69	15332,94	70,53	35,27	0,0	29,3	0,0	20148,9	-2372,5
9	1,38	48,5	2,09	12225,61	56,24	28,12	0,0	29,3	0,0	20719,0	-3008,5
10	1,38	70,6	4,17	6840,0	31,46	15,73	0,0	29,3	0,0	28404,2	-8237,4

MANDATARIA

MANDANTE



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

S.S. 398 "VIA VAL DI CORNIA" BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA L'AUTOSTRADA
TIRRENICA A12 ED IL PORTO DI PIOMBINO
PROGETTO ESECUTIVO

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

MANDATARIA



MANDANTE



113 di 151

10. VERIFICHE DI RESISTENZA (STR)

Le verifiche di resistenza delle strutture del muro e dei pali di fondazione, sono eseguite in accordo alle NTC 2018, e sono riportate nei tabulati dei paragrafi successivi.

Come già accennato, l'analisi dei muri è stata condotta mediante il software MDC di Geostru, con cui sono stati eseguiti anche i calcoli di verifica strutturale del paramento e dei pali di fondazione.

10.1 "MURO OS03" HMAX = 7.05 M

10.1.1 VERIFICHE SLU

Si riportano di seguito le verifiche strutturali del muro e della relativa suola di fondazione, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate. Le verifiche sono stete eseguite considerando un tratto di muro di lunghezza unitaria, pertanto le armature esplicitate nei tabulati di calcolo sono riferite alla lunghezza di 1.00 m.

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

QuotaPx	Py	Xp	Yp
684,00,0	23,14	125,9	751,5
543,00,0	52,14	129,5	673,5
402,00,0	86,95	133,2	592,2
261,00,0	127,61	137,1	508,6
120,00,0	174,15	141,0	423,2

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
684,0	129,19	30,78	284,82	58,0
543,0	154,19	73,24	481,77	71,0
402,0	189,99	127,33	720,76	84,0
261,0	236,61	193,1	1016,53	97,0

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

120,0 294,04 270,55 1384,15 110,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	31,28	514,38	S	264,85	0,0	2,01	
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	74,92	659,81	S	300,07	0,0	1,91	
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	130,07	1531,83	S	417,18	0,0	2,15	
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	197,08	1821,97	S	458,67	0,0	1,9	
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	276,03	2124,82	S	500,27	0,0	1,67	

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

Fx	Fy	M
Spinta terreno	208,8	115,61
Carichi esterni	115,0	0,0
Peso muro	0,0	174,15
Peso fondazione	0,0	198,88
Sovraccarico	0,0	77,31
Terr. fondazione	0,0	565,02
Spinte fondazione	-31,77	-22,25
292,03	1108,72	-1901,89

Momento stabilizzante -3588,26 kNm
Momento ribaltante 1686,37 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 485,7 kN
Forza verticale (P) 3277,42 kN

Dati palo

Lunghezza 3500,0 cm

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Diametro	100,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	3277,42 kN
Taglio	485,7 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3277,43 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1473,84 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1831,1 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	630,87 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,77

Verifica palo alla profondità di cm 246,43

Momento	1152,02 kNm
Sforzo normale	3324,87 kN
Taglio	-145,71 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3324,88 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1473,64 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1826,96 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	629,68 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,23

Verifiche palo alla profondità di cm 616,07

Momento	942,56 kNm
Sforzo normale	3396,03 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3396,04 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1473,3 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1826,96 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	629,68 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,23

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-31,77	16,0	3,23	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø26 (26,55)	5Ø26 (26,55)		32,57	1159,89	S	388,3	0,0	23,8

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
210,0	-161,45	652,98	-1073,28	120,0
420,0	0,45	301,37	-208,76	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø20 (15,71)	28Ø26 (148,66)		164,57	5835,26	S	704,38	0,0	1,06
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)		0,58	1139,45	S	387,84	0,0	1,26

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
684,0	0,0	23,14	125,9	751,5
543,0	0,0	52,14	129,5	673,5
402,0	0,0	86,95	133,2	592,2
261,0	0,0	127,61	137,1	508,6
120,0	0,0	174,15	141,0	423,2

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
684,0	147,75	30,01	332,42	58,0
543,0	169,38	70,65	553,94	71,0
402,0	199,87	121,88	811,86	84,0
261,0	239,24	183,74	1118,35	97,0
120,0	287,49	256,25	1485,83	110,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	30,75	514,27	S	264,74	0,0	1,76
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	71,81	658,97	S	299,7	0,0	1,74
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	124,5	1530,21	S	416,39	0,0	2,04
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	187,15	1818,56	S	457,32	0,0	1,87

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

5Ø20 (15,71) 10Ø26 (53,09) 261,41 2119,06 S 498,18 0,0 1,7

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	166,27	113,93	-81,79
Carichi esterni	135,0	0,0	1248,75
Peso muro	0,0	174,15	-245,55
Peso fondazione	0,0	198,88	-517,09
Sovraccarico	0,0	89,21	-296,61
Terr. fondazione	0,0	565,02	-1967,39
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	261,01	1112,99	-1875,78

Momento stabilizzante -3619,06 kNm
Momento ribaltante 1743,28 kNm

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 451,91 kN
Forza verticale (P) 3346,09 kN

Dati palo

Lunghezza 3500,0 cm
Diametro 100,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato
Numero verticali indagate 1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

Verifica palo in testa

Momento 0,0 kNm
Sforzo normale 3346,09 kN
Taglio 451,91 kN
Area ferri 62,83 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu) 3346,09 kN
Momento flettente ultimo (Mu) 1473,55 kNm
Stato verifica a flessione Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd) 1825,1 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd) 629,14 kN

MANDATARIA



MANDANTE



ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Misura Sicurezza Taglio 0,72

Verifica palo alla profondità di cm 246,43

Momento	1071,87	kNm
Sforzo normale	3393,54	kN
Taglio	-135,57	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3393,53	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1473,31	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1820,93	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	627,94	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,22	

Verifiche palo alla profondità di cm 616,07

Momento	876,99	kNm
Sforzo normale	3464,7	kN
Taglio	0,0	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3464,7	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1472,92	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1820,93	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	627,94	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,22	

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-40,26	10,06	-1,01	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø26 (26,55)	5Ø26 (26,55)	40,79	1163,97	S	389,23	0,0	37,96

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
210,0	-150,28	673,81	-1116,63	120,0
420,0	0,36	302,86	-208,61	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	28Ø26 (148,66)	153,27	5831,61	S	702,74	0,0	1,02
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	0,58	1139,45	S	387,84	0,0	1,26

SISMA (A1+M1+R3) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0335
Coefficiente sismico verticale Kv 0,0167

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
684,0	0,6	17,8	125,9	751,5
543,0	1,34	40,11	129,5	673,5
402,0	2,24	66,88	133,2	592,2
261,0	3,29	98,16	137,1	508,6
120,0	4,49	133,96	141,0	423,2

MANDATARIA



MANDANTE



121 di 151

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
684,0	114,73	25,41	249,21	58,0
543,0	137,67	59,67	424,53	71,0
402,0	168,82	102,73	637,29	84,0
261,0	208,19	154,65	898,72	97,0
120,0	255,77	215,42	1220,25	110,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	25,99	513,23	S	264,1	0,0	2,26
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	60,68	655,95	S	298,14	0,0	2,12
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	104,54	1524,41	S	413,64	0,0	2,4
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	157,79	1808,49	S	453,1	0,0	2,13
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	219,66	2102,57	S	492,22	0,0	1,89

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	168,69	115,11	-59,33
Carichi esterni	100,0	0,0	925,0
Peso muro	4,49	133,96	-169,89
Peso fondazione	5,12	152,98	-394,68
Sovraccarico	1,99	59,47	-181,31
Terr. fondazione	14,56	434,63	-1442,96
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	254,59	867,96	-1339,28

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Momento stabilizzante -2896,34 kNm
Momento ribaltante 1557,06 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 442,28 kN
Forza verticale (P) 2803,97 kN

Dati palo

Lunghezza 3500,0 cm
Diametro 100,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato
Numero verticali indagate 1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

Verifica palo in testa

Momento 0,0 kNm
Sforzo normale 2803,97 kN
Taglio 442,28 kN
Area ferri 62,83 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu) 2803,98 kN
Momento flettente ultimo (Mu) 1397,18 kNm
Stato verifica a flessione Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd) 1860,75 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd) 639,45 kN
Misura Sicurezza Taglio 0,69

Verifica palo alla profondità di cm 246,43

Momento 1049,04 kNm
Sforzo normale 2851,42 kN
Taglio -132,68 kN
Area ferri 62,83 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu) 2851,42 kN
Momento flettente ultimo (Mu) 1406,81 kNm
Stato verifica a flessione Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd) 1857,97 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd) 638,64 kN
Misura Sicurezza Taglio 0,21

Verifiche palo alla profondità di cm 616,07

Momento 858,31 kNm
Sforzo normale 2922,59 kN

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

Taglio	0,0 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2922,58 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1421,14 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1857,97 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	638,64 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,21

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-40,26	1,23	-5,43	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø26 (26,55)	5Ø26 (26,55)	40,79	1163,97	S	389,23	0,0	310,39	

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
210,0	-147,08	687,37	-1176,77	120,0
420,0	0,34	287,29	-201,41	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø20 (15,71)	28Ø26 (148,66)	150,03	5830,56		S	702,27	0,0	1,0
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	0,58	1139,45		S	387,84	0,0	1,32

10.1.2 VERIFICHE SLE

Si riportano di seguito i tabulati delle verifiche allo stato limite di esercizio del muro e della relativa suola di fondazione, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate.

SLE RARA [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	8,34	195,78	-14,31
Si	0,006	--	333,926	1250	Si	3,82	195,78	60,35
Si	0,008	--	229,863	1250	Si	7,33	195,78	116,58
Si	0,017	--	229,863	1250	Si	12,61	195,78	249,07
Si	0,029	--	229,863	1250	Si	19,00	195,78	434,61

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,53	195,78	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,012	--	162,965	1250	Si	15,40	195,78	257,41
Si	0,062	--	333,926	1250	Si	11,65	195,78	629,88

SLE FREQ [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure	Apertura fessure Limite	Distanza fessure	Area Cls efficace	Verifica tensioni	Sigma C(+compr.)	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02

	mm	mm	mm	cm2	Normali daN/cm ²	daN/cm ²		
Si	--	--	--	--	Si	8,34	195,78	-14,31
Si	0,006	--	333,926	1250	Si	3,82	195,78	60,35
Si	0,008	--	229,863	1250	Si	7,33	195,78	116,58
Si	0,017	--	229,863	1250	Si	12,61	195,78	249,07
Si	0,029	--	229,863	1250	Si	19,00	195,78	434,61

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,53	195,78	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,012	--	162,965	1250	Si	15,40	195,78	257,41
Si	0,062	--	333,926	1250	Si	11,65	195,78	629,88

SLE QP [Quasi perm.]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0,300	--	--	Si	6,71	146,84	-22,39
Si	0,003	0,300	311,653	1116	Si	2,85	146,84	32,45
Si	0,006	0,300	229,863	1250	Si	6,03	146,84	85,13
Si	0,013	0,300	229,863	1250	Si	10,80	146,84	199,38
Si	0,025	0,300	229,863	1250	Si	16,71	146,84	365,53

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0,300	--	--	Si	6,53	146,84	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,011	0,300	162,965	1250	Si	13,64	146,84	226,94
Si	0,058	0,300	333,926	1250	Si	10,97	146,84	592,88

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

10.2 "MURO OS03" HMAX = 6.24 M

10.2.1 VERIFICHE SLU

Si riportano di seguito le verifiche strutturali del muro e della relativa suola di fondazione, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate. Le verifiche sono state eseguite considerando un tratto di muro di lunghezza unitaria, pertanto le armature esplicitate nei tabulati di calcolo sono riferite alla lunghezza di 1.00 m.

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
619,2	0,0	20,17	125,5	679,3
494,4	0,0	44,88	128,6	610,8
369,6	0,0	74,1	131,8	539,6
244,8	0,0	107,89	135,2	466,4
120,0	0,0	146,16	138,6	391,7

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
619,2	127,54	26,93	264,45	56,4
494,4	148,55	62,94	434,45	67,8
369,6	178,03	108,04	635,33	79,2
244,8	215,98	162,26	877,3	90,6
120,0	262,4	225,53	1170,79	102,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv Afm Nu Mu Ver. Vrd Vwd Sic. VT

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	27,44	497,17	S	260,53	0,0	2,0
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	64,14	623,52	S	291,64	0,0	1,93
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	109,91	756,55	S	322,34	0,0	1,78
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	165,37	1678,53	S	438,69	0,0	1,99
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	230,01	1938,28	S	475,23	0,0	1,78

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	185,11	79,74	101,29
Carichi esterni	115,0	0,0	970,6
Peso muro	0,0	146,16	-202,58
Peso fondazione	0,0	198,88	-517,09
Sovraccarico	0,0	82,63	-274,74
Terr. fondazione	0,0	505,95	-1752,63
Spinte fondazione	-31,77	-22,25	-12,71
	268,35	991,11	-1687,84

Momento stabilizzante	-3161,67 kNm
Momento ribaltante	1473,83 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	450,17	kN
Forza verticale (P)	2901,75	kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0	cm
Diametro	100,0	cm
Copriferro	3,0	cm
Palo trivellato		
Numero verticali indagate 1		
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7	
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7	

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	2901,75 kN
Taglio	450,17 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2901,76 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1416,96 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1855,03 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	637,79 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,71

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
 RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Verifica palo alla profondità di cm 246,43

Momento	1067,76 kNm
Sforzo normale	2949,21 kN
Taglio	-135,05 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2949,21 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1426,43 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1852,27 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	636,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,21

Verifiche palo alla profondità di cm 616,07

Momento	873,62 kNm
Sforzo normale	3020,37 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3020,37 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1440,5 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1852,27 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	636,99 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,21

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-31,77	16,0	3,23	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

5Ø26 (26,55) 5Ø26 (26,55) 32,57 1159,89 S 388,3 0,0 23,8

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
202,0	-149,63	582,49	-935,96	120,0
420,0	0,43	252,34	-166,29	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	17Ø26 (90,26)	152,5	3715,33		S	598,34	0,0
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	0,58	1139,45		S	387,84	0,0

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
619,2	0,0	20,17	125,5	679,3
494,4	0,0	44,88	128,6	610,8
369,6	0,0	74,1	131,8	539,6
244,8	0,0	107,89	135,2	466,4
120,0	0,0	146,16	138,6	391,7

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

H	Altezza sezione di calcolo (cm);			
Quota	Fx	Fy	M	H
619,2	146,34	26,28	308,97	56,4
494,4	164,63	60,83	501,31	67,8
369,6	189,88	103,65	720,56	79,2
244,8	222,07	154,77	975,11	90,6
120,0	261,22	214,12	1273,6	102,0

Arnature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	26,92	497,06	S	260,44	0,0	1,75
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	61,74	622,9	S	291,34	0,0	1,74
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	105,84	755,3	S	321,71	0,0	1,66
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	157,7	1676,1	S	437,61	0,0	1,93
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	218,18	1934,0	S	473,57	0,0	1,78

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	154,29	66,46	89,7
Carichi esterni	135,0	0,0	1139,4
Peso muro	0,0	146,16	-202,58
Peso fondazione	0,0	198,88	-517,09
Sovraccarico	0,0	95,34	-317,0
Terr. fondazione	0,0	505,95	-1752,63
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	249,02	984,61	-1576,3

Momento stabilizzante	-3134,89 kNm
Momento ribaltante	1558,59 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	433,93	kN
Forza verticale (P)	2980,37	kN

MANDATARIA

MANDANTE

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Dati palo

Lunghezza	3200,0	cm
Diametro	100,0	cm
Copriferro	3,0	cm
Palo trivellato		
Numero verticali indagate	1	
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7	
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7	

Verifica palo in testa

Momento	0,0	kNm
Sforzo normale	2980,37	kN
Taglio	433,93	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2980,38	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1432,6	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1850,47	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	636,47	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,68	

Verifica palo alla profondità di cm 246,43

Momento	1029,23	kNm
Sforzo normale	3027,82	kN
Taglio	-130,18	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3027,82	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1441,97	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1847,74	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	635,68	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,2	

Verifiche palo alla profondità di cm 616,07

Momento	842,1	kNm
Sforzo normale	3098,99	kN
Taglio	0,0	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	3098,98	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1455,79	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1847,74	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	635,68	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,2	

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-40,26	10,06	-1,01	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø26 (26,55)	5Ø26 (26,55)	40,79	1163,97	S	389,23	0,0	37,96

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
202,0	-144,29	606,77	-972,44	120,0
420,0	0,35	242,45	-154,67	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	19Ø26 (100,88)	147,32	4109,99	S	619,33	0,0	1,0
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	0,58	1139,45	S	387,84	0,0	1,57

SISMA (A1+M1+R3) [GEO+STR]

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0335
Coefficiente sismico verticale Kv 0,0167

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
619,2	0,52	15,52	125,5	679,3
494,4	1,16	34,52	128,6	610,8
369,6	1,91	57,0	131,8	539,6
244,8	2,78	82,99	135,2	466,4
120,0	3,77	112,43	138,6	391,7

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
619,2	112,57	22,01	230,9	56,4
494,4	131,58	50,9	381,18	67,8
369,6	157,02	86,68	558,68	79,2
244,8	188,9	129,36	771,16	90,6
120,0	227,2	178,9	1026,55	102,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U .)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	22,3	496,09	S	259,85	0,0	2,26
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	52,19	620,43	S	289,93	0,0	2,16
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	88,36	749,95	S	319,28	0,0	1,99
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	132,16	1668,0	S	433,93	0,0	2,25
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	182,36	1921,0	S	468,44	0,0	2,02

FONDAZIONE
Sollecitazioni total i

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	153,83	66,27	102,54
Carichi esterni	100,0	0,0	844,0
Peso muro	3,77	112,43	-141,08
Peso fondazione	5,12	152,98	-394,68
Sovraccarico	2,13	63,56	-195,49
Terr. fondazione	13,04	389,2	-1290,73
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	237,62	756,25	-1091,55
Momento stabilizzante	-2457,69 kNm		
Momento ribaltante	1366,13 kN m		

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 416,83 kN
Forza verticale (P) 2457,41 kN

Dati palo

Lunghezza 3200,0 cm
Diametro 100,0 cm
Copriferro 3,0 cm
Palo trivellato
Numero verticali indagate 1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3] 1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4] 1,7

Verifica palo in testa

Momento 0,0 kNm
Sforzo normale 2457,41 kN
Taglio 416,83 kN
Area ferri 62,83 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu) 2457,4 kN
Momento flettente ultimo (Mu) 1324,34 kNm
Stato verifica a flessione Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd) 1838,02 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd) 645,53 kN
Misura Sicurezza Taglio 0,65

Verifica palo alla profondità di cm 246,43

Momento 988,67 kNm
Sforzo normale 2504,86 kN
Taglio -125,05 kN
Area ferri 62,83 cm²

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Sforzo normale ultimo (Nu)	2504,86	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1334,58	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1841,56	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	644,68	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,19	

Verifiche palo alla profondità di cm 616,07

Momento	808,91	kNm
Sforzo normale	2576,02	kN
Taglio	0,0	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2576,02	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1349,74	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1841,56	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	644,68	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,19	

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-40,26	1,23	-5,43	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U .)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø26 (26,55)	5Ø26 (26,55)	40,79	1163,97	S	389,23	0,0	310,39

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
202,0	-138,6	605,59	-1005,56	120,0
420,0	0,34	224,96	-145,81	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	19Ø26 (100,88)	141,6	4107,81	S	618,49	0,0	1,0
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	0,58	1139,45	S	387,84	0,0	1,69

10.2.2 VERIFICHE SLE

Si riportano di seguito i tabulati delle verifiche allo stato limite di esercizio del muro e della relativa suola di fondazione, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate.

SLE RARA [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,87	195,78	-15,18
Si	0,004	--	318,667	1158	Si	3,02	195,78	40,79
Si	0,015	--	333,926	1250	Si	7,00	195,78	152,94
Si	0,013	--	229,863	1250	Si	10,21	195,78	185,65
Si	0,022	--	229,863	1250	Si	15,45	195,78	327,78

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,53	195,78	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,092	--	333,926	1250	Si	19,74	195,78	936,00

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Si	0,045	--	333,926	1250	Si	8,45	195,78	456,64
----	-------	----	---------	------	----	------	--------	--------

SLE FREQ [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,87	195,78	-15,18
Si	0,004	--	318,667	1158	Si	3,02	195,78	40,79
Si	0,015	--	333,926	1250	Si	7,00	195,78	152,94
Si	0,013	--	229,863	1250	Si	10,21	195,78	185,65
Si	0,022	--	229,863	1250	Si	15,45	195,78	327,78

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,53	195,78	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,014	--	180,570	1250	Si	12,68	195,78	266,05
Si	0,045	--	333,926	1250	Si	8,45	195,78	456,64

SLE QP [Quasi perm.]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0,300	--	--	Si	5,47	146,84	-21,74
Si	0,001	0,300	279,187	921	Si	2,15	146,84	18,20
Si	0,010	0,300	333,926	1250	Si	5,46	146,84	100,49
Si	0,010	0,300	229,863	1250	Si	8,51	146,84	141,40
Si	0,018	0,300	229,863	1250	Si	13,27	146,84	265,55

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0,300	--	--	Si	6,53	146,84	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,012	0,300	180,570	1250	Si	10,88	146,84	226,26

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Si	0,042	0,300	333,926	1250	Si	7,90	146,84	426,98
----	-------	-------	---------	------	----	------	--------	--------

10.3 "MURO OS03" HMAX = 5.24 M

10.3.1 VERIFICHE SLU

Si riportano di seguito le verifiche strutturali del muro e della relativa suola di fondazione, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate. Le verifiche sono stete eseguite considerando un tratto di muro di lunghezza unitaria, pertanto le armature esplicitate nei tabulati di calcolo sono riferite alla lunghezza di 1.00 m.

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

	Py	Px	Xp, Yp		
	Peso del muro (kN);	Forza inerziale (kN);	Coordinate baricentro dei pesi (cm);		
	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	539,2	0,0	16,61	124,9	589,9
	434,4	0,0	36,33	127,5	533,2
	329,6	0,0	59,22	130,1	474,3
	224,8	0,0	85,22	132,8	413,8
	120,0	0,0	114,39	135,6	352,0

Sollecitazioni sul muro

	Quota	Fx	Fy	M	H	
	Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).	Forza in direzione x (kN);	Forza in direzione y (kN);	Momento (kNm);	Altezza sezione di calcolo (cm);
	539,2	125,75	22,39	239,69	54,4	
	434,4	142,48	51,13	378,46	63,8	
	329,6	165,17	86,23	537,47	73,2	
	224,8	193,84	127,68	722,79	82,6	
	120,0	228,48	175,49	940,49	92,0	

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

	Afv	Afm	Nu	Mu	Vrd	Vwd	Sic. VT
	Area dei ferri lato valle.	Area dei ferri lato monte.	Sforzo normale ultimo (kN);	Momento flettente ultimo (kNm);	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);	Resistenza a taglio piegati (kN);	min{Vrd; Vwd}/Vsdu

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Vsdv	Taglio di calcolo (kN);						
	Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	22,64	475,74	S	255,11	0,0	1,99
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	51,9	578,89	S	281,06	0,0	1,93
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	87,87	686,51	S	306,64	0,0	1,82
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	130,12	1503,14	S	413,67	0,0	2,09
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	178,77	1711,83	S	444,03	0,0	1,91

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

	Fx	Fy	M
Fx	Forza in direzione x (kN);		
Fy	Forza in direzione y (kN);		
M	Momento (kNm);		
	Fx	Fy	M
Spinta terreno	148,52	63,98	45,06
Carichi esterni	115,0	0,0	855,6
Peso muro	0,0	114,39	-155,11
Peso fondazione	0,0	191,99	-481,91
Sovraccarico	0,0	87,57	-283,28
Terr. fondazione	0,0	408,92	-1369,87
Spinte fondazione	-31,77	-22,25	-12,71
	231,75	844,59	-1402,2

Momento stabilizzante	-2611,33 kNm
Momento ribaltante	1209,13 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	316,22 kN
Forza verticale (P)	2001,11 kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	2001,11 kN
Taglio	316,22 kN
Area ferri	62,83 cm ²

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Sforzo normale ultimo (Nu)	2001,1 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	904,3 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1163,84 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	501,68 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,63

Verifica palo alla profondità di cm 208,45

Momento	634,46 kNm
Sforzo normale	2026,8 kN
Taglio	-94,87 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2026,8 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	903,53 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1162,0 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	501,01 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,19

Verifiche palo alla profondità di cm 521,14

Momento	519,1 kNm
Sforzo normale	2065,31 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2065,32 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	902,38 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1162,0 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	501,01 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,19

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-31,77	16,0	3,23	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø26 (26,55)	5Ø26 (26,55)		32,57	1159,89	S	388,3	0,0	23,8

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
192,0	-131,37	517,92	-804,95	120,0
402,0	0,39	221,07	-142,76	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø20 (15,71)	12Ø26 (63,71)		134,19	2692,12	S	532,48	0,0	1,01
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)		0,58	1139,45	S	387,84	0,0	1,72

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
539,2	0,0	16,61	124,9	589,9
434,4	0,0	36,33	127,5	533,2
329,6	0,0	59,22	130,1	474,3
224,8	0,0	85,22	132,8	413,8
120,0	0,0	114,39	135,6	352,0

Sollecitazioni sul muro

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
539,2	144,8	21,88	280,36	54,4
434,4	159,51	49,53	438,43	63,8
329,6	179,12	82,97	614,31	73,2
224,8	203,63	122,18	812,98	82,6
120,0	233,04	167,18	1039,46	92,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	22,14	475,64	S	255,04	0,0	1,73
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	50,76	578,61	S	280,83	0,0	1,73
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	84,71	685,63	S	306,18	0,0	1,68
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	124,63	1501,57	S	412,88	0,0	1,99
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	170,59	1709,19	S	442,83	0,0	1,86

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	124,7	53,72	41,94
Carichi esterni	135,0	0,0	1004,4
Peso muro	0,0	114,39	-155,11
Peso fondazione	0,0	191,99	-481,91
Sovraccarico	0,0	101,04	-326,86
Terr. fondazione	0,0	408,92	-1369,87
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	219,43	841,86	-1303,5

Momento stabilizzante	-2603,41 kNm
Momento ribaltante	1299,91 kN m

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
 RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	311,64	kN
Forza verticale (P)	2077,1	kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0	cm
Diametro	80,0	cm
Copriferro	3,0	cm
Palo trivellato		
Numero verticali indagate	1	
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7	
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7	

Verifica palo in testa

Momento	0,0	kNm
Sforzo normale	2077,1	kN
Taglio	311,64	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2077,1	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	902,02	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1158,39	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	499,71	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,62	

Verifica palo alla profondità di cm 208,45

Momento	625,26	kNm
Sforzo normale	2102,79	kN
Taglio	-93,49	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2102,79	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	901,25	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1156,53	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	499,04	kN
Misura Sicurezza Taglio	0,19	

Verifiche palo alla profondità di cm 521,14

Momento	511,58	kNm
Sforzo normale	2141,31	kN
Taglio	0,0	kN
Area ferri	62,83	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	2141,3	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	900,09	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1156,53	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	499,04	kN

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Misura Sicurezza Taglio 0,19

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-40,26	10,06	-1,01	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø26 (26,55)	5Ø26 (26,55)	40,79	1163,97	S	389,23	0,0	37,96	

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
192,0	-129,53	547,82	-852,13	120,0
402,0	0,32	214,59	-134,34	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT	
5Ø20 (15,71)	14Ø26 (74,33)		131,88	3101,78	S	559,27	0,0	1,0
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)		0,58	1139,45	S	387,84	0,0	1,77

SISMA (A1+M1+R3) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0335
Coefficiente sismico verticale Kv 0,0167

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
539,2	0,43	12,77	124,9	589,9
434,4	0,94	27,95	127,5	533,2
329,6	1,53	45,55	130,1	474,3
224,8	2,2	65,56	132,8	413,8
120,0	2,95	87,99	135,6	352,0

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
539,2	110,24	18,06	208,85	54,4
434,4	125,02	40,92	330,57	63,8
329,6	144,33	68,6	469,81	73,2
224,8	168,18	101,09	631,18	82,6
120,0	196,56	138,4	819,33	92,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	18,14	474,83	S	254,51	0,0	2,26

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
 RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	41,64	576,41	S	279,62	0,0	2,19
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	70,17	681,54	S	304,13	0,0	2,07
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	103,02	1495,41	S	409,85	0,0	2,39
5Ø20 (15,71)	10Ø26 (53,09)	141,25	1699,72	S	438,67	0,0	2,19

FONDAZIONE

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	121,91	52,52	47,76
Carichi esterni	100,0	0,0	744,0
Peso muro	2,95	87,99	-108,94
Peso fondazione	4,95	147,69	-367,73
Sovraccarico	2,26	67,36	-203,37
Terr. fondazione	10,54	314,55	-1012,84
Spinte fondazione	-40,26	-28,19	-16,11
	202,34	641,92	-917,22

Momento stabilizzante	-2025,32 kNm
Momento ribaltante	1108,1 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	291,12 kN
Forza verticale (P)	1684,74 kN

Dati palo

Lunghezza	3200,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	1
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1,7
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1,7

Verifica palo in testa

Momento	0,0 kNm
Sforzo normale	1684,74 kN
Taglio	291,12 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	1684,74 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	856,14 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1167,79 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	507,64 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,57

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
 RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Verifica palo alla profondità di cm 208,45

Momento	584,1 kNm
Sforzo normale	1710,43 kN
Taglio	-87,34 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	1710,43 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	860,41 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1169,87 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	507,15 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,17

Verifiche palo alla profondità di cm 521,14

Momento	477,9 kNm
Sforzo normale	1748,95 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	62,83 cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	1748,94 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	866,8 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1169,87 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	507,15 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,17

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100,0	-40,26	1,23	-5,43	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

5Ø26 (26,55) 5Ø26 (26,55) 40,79 1163,97 S 389,23 0,0 310,39

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
192,0	-121,0	526,47	-842,37	120,0
402,0	0,3	195,13	-124,01	120,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø20 (15,71)	14Ø26 (74,33)	123,43	3098,3	S	558,02	0,0	1,04
5Ø20 (15,71)	5Ø26 (26,55)	0,58	1139,45	S	387,84	0,0	1,95

10.3.2 VERIFICHE SLE

Si riportano di seguito i tabulati delle verifiche allo stato limite di esercizio del muro e della relativa suola di fondazione, per ciascuna delle combinazioni di carico analizzate.

SLE RARA [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	5,57	195,78	-12,95
Si	0,003	--	298,880	1040	Si	2,39	195,78	28,73
Si	0,011	--	333,926	1250	Si	5,48	195,78	109,35
Si	0,009	--	229,863	1250	Si	8,04	195,78	134,31
Si	0,016	--	229,863	1250	Si	12,16	195,78	237,43

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,53	195,78	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,069	--	333,926	1250	Si	14,86	195,78	702,35
Si	0,038	--	333,926	1250	Si	7,07	195,78	381,78

SLE FREQ [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	5,57	195,78	-12,95
Si	0,003	--	298,880	1040	Si	2,39	195,78	28,73
Si	0,011	--	333,926	1250	Si	5,48	195,78	109,35
Si	0,009	--	229,863	1250	Si	8,04	195,78	134,31
Si	0,016	--	229,863	1250	Si	12,16	195,78	237,43

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	6,53	195,78	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,016	--	200,131	1250	Si	10,46	195,78	265,46
Si	0,038	--	333,926	1250	Si	7,07	195,78	381,78

SLE QP [Quasi perm.]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0,300	--	--	Si	4,43	146,84	-17,76

ASSE PRINCIPALE – MURO DI SOSTEGNO IN C.A. – V02
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO

Si	0,001	0,300	254,841	775	Si	1,65	146,84	11,13
Si	0,006	0,300	333,926	1250	Si	4,12	146,84	66,00
Si	0,007	0,300	229,863	1250	Si	6,49	146,84	96,63
Si	0,012	0,300	229,863	1250	Si	10,14	146,84	183,54

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0,300	--	--	Si	6,53	146,84	-58,38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0,013	0,300	200,131	1250	Si	8,63	146,84	216,74
Si	0,035	0,300	333,926	1250	Si	6,50	146,84	351,38