



REGIONE TOSCANA

UFFICIO DEL GENIO CIVILE

Provincia di Massa Carrara

COMUNE DI MASSA

LAVORI DI “RIALZAMENTO DEL PONTE SUL FIUME FRIGIDO SUL LUNGOMARE VESPUCCI DI MARINA DI MASSA”

***Sito in: Massa Viale Vespucci
Ente Attuatore: Regione Toscana
Proprietà: Comune di Massa***

***Progettista:
Ing. Paolo Edoardo Giusti
Collaboratore:
Ing. Michele Baldiati***

***DOCUMENTO:
Verifiche Adeguamento Spalla di Fondazione:
Relazione Tecnica Generale.
Relazione Tecnica di Calcolo.
Relazione sui Materiali.
Data: Gennaio 2017
----- 000 -----***

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELL'OPERA:

Nell'ambito della messa in sicurezza idraulica del fiume Frigido la Regione Toscana ha predisposto i fondi per il Rialzamento del ponte su viale Amerigo Vespucci, lungomare di Marina di Massa. Detto intervento si propone di rialzare il Ponte esistente di 120 cm rispetto alla posizione attuale in modo da consentire il deflusso della portata di piena, calcolata con tempo di ritorno pari a 200 anni (stimata secondo lo studio Porf,Settesoldi in 638 mc/sec), mantenendo un franco all'intradosso del ponte pari a circa 40 cm. Da un punto di vista idraulico l'intervento presenta un notevole miglioramento rispetto alla situazione attuale. Da un punto di vista Strutturale e Sismico l'intervento si configura come intervento di Adeguamento alla normativa vigente NTC 2008.

La presente relazione illustra la verifica dell'adeguamento della spalla di fondazione esistente del ponte in oggetto alla normativa vigente, D.M. del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Le verifiche faranno riferimento alla configurazione finale che si avrà a seguito del rialzamento della sovrastruttura.

Trattasi della Spalla di appoggio di un ponte ad Arco a via inferiore chiuso del tipo a Travata Langher realizzato tra il 1995 ed il 1997 con struttura portante in profili composti in acciaio CorTen con soletta di impalcato in c.a. gettato in opera sulle piattabande piolate delle travi di impalcato. Per cui si tratta sostanzialmente di un ponte esternamente isostatico che appoggia su due spalle di fondazione identiche formate da un muro di larga sezione poggiante su di una piattabanda di fondazione a sua volta fondata su numero sette pali di diametro 120 cm e profondità 10 ml a partire dal lembo inferiore della fondazione, la quale si trova impostata a - 5.20 m dal piano strada.

UBICAZIONE DELL'OPERA:

Il Ponte in oggetto è situato sul Viale Vespucci in località Marina di Massa (MS) ed è situato in prossimità della foce del fiume Frigido.

DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO.

L'intervento in oggetto consta in pratica dell'innalzamento del ponte di circa 1.20 ml rispetto alla posizione originale per questo motivo le masse che generano sia in carichi permanenti che l'azione sismica sulla spalla traslano verso l'alto della stessa misura. Al fine di realizzare un completo adeguamento della spalla di fondazione saranno analizzate le due condizioni limite: Carichi verticali massimi da traffico + Spinta del terreno + permanenti propri e portati, questa per la verifica strutturale delle parti del muro di spalla.(Gamma STR)
Carichi verticali permanenti + spinta del terreno in condizioni sismiche + azione sismica trasmessa alla Spalla dell'impalcato, per la verifica delle fondazioni. (Gamma GEO)

Carichi verticali permanenti + spinta del terreno in condizioni sismiche + azione sismica trasmessa alla Spalla dell'impalcato, per la verifica dell'equilibrio al ribaltamento rigido. (Gamma EQU)

Da un punto di vista dei carichi verticali, permanenti ed accidentali, l'innalzamento del ponte non ha una particolare rilevanza in quanto i soli carichi aggiunti sono le piccole parti in c.a. che seguono l'innalzamento della struttura, come i baggioli di appoggio a la spalletta paraghiaia, inoltre per quanto riguarda l'entità dei carichi verticali da traffico ed i relativi coefficienti di sicurezza non vi è alcun aggravio tra la Normativa utilizzata allora (DM/96) e la norma attuale secondo cui sono condotte le presenti verifiche (NTC/08).

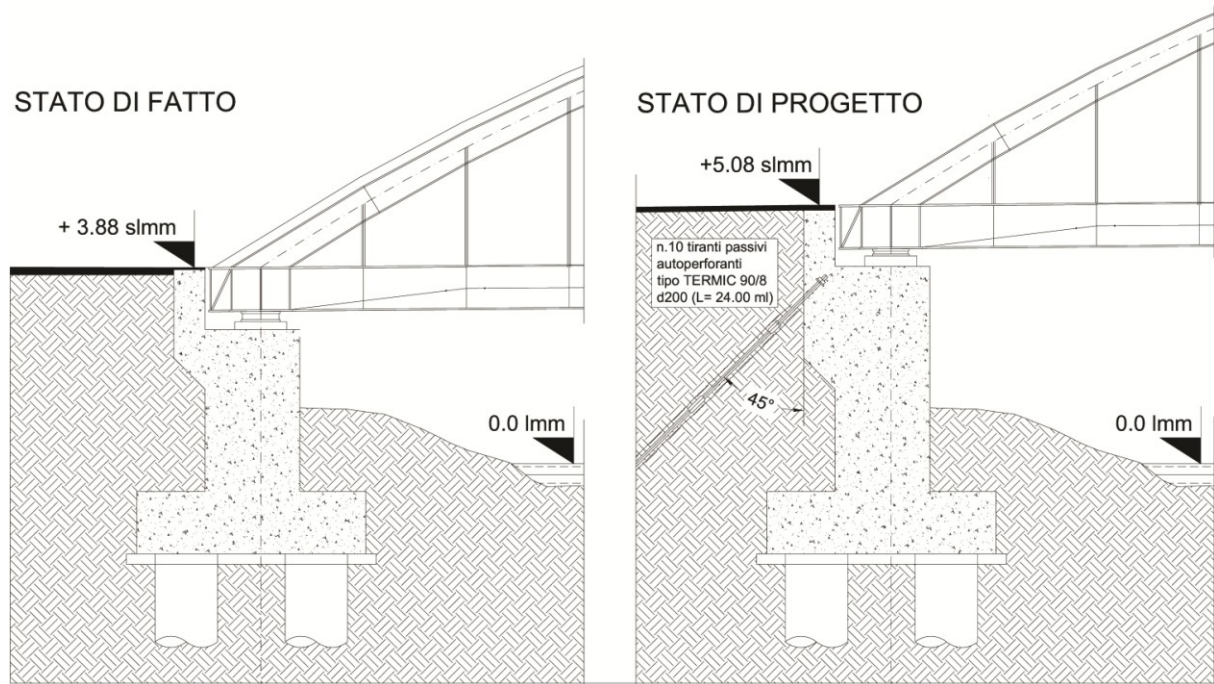
Di contro da un punto di vista Sismico vi è un doppio aggravio delle Azioni sulla Spalla: sia per quanto riguarda i valori delle accelerazioni al suolo, che sono state sensibilmente rivalutate da allora, sia per il fatto che la massa totale del ponte viene traslata verso l'alto di circa 1.20 m quindi la distanza di questa dal piano di fondazione passa da 4.45 m a 5.65m per cui gli effetti delle azioni orizzontali sulle fondazioni saranno sensibilmente variati e saranno oggetto di attenta valutazione in questo studio.

Per questo motivo si è deciso di prevedere una serie di micropali (o Tiranti Passivi diametro foro 20cm lunghezza 24 ml) ancorati alla testa della spalla ed inclinati di 45° sull'orizzontale in maniera tale che Tutte le azioni orizzontali da Sisma, da Vento, da Frenamento, o dovute alla spinta del terreno, trasmesse dall'impalcato alla spalla attraverso gli appoggi siano completamente assorbite da questi tiranti passivi i quali potranno reagire sia in trazione che in compressione a seconda della direzione delle azioni orizzontali in gioco, in favore di sicurezza si è trascurato il contributo del terreno in spinta passiva nella spalla in direzione dell'azione. Nessuna importanza pratica invece riveste l'azione orizzontale sismica o da vento in direzione ortogonale all'asse viario in quanto in quella direzione la spalla è estremamente tozza, cioè distribuisce un'azione proveniente dagli appoggi su di una fondazione larga 4.40 ml e lunga 23.60 ml nel senso dell'azione inoltre fondata su numero 7 pali d120cm lunghi 10ml dal piano di fondazione.

SHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA DI SPALLA:

Descrizione del modello e delle analisi condotte:

La Spalla di appoggio del ponte viene schematizzata come muro di sostegno controterra in c.a. su pali di fondazione, stabilizzato da una serie di tiranti ancorati sulla sua sommità ed inclinati di 45° sulla verticale. Sulla testa del muro al livello degli apparecchi di appoggio del ponte saranno applicate le azioni orizzontali e verticali provenienti dall'analisi globale statica e sismica del ponte. Di seguito riportiamo le due sezioni della spalla, prima e dopo l'intervento di adeguamento in progetto.



Schema grafico della sezione originale e di Progetto:

NORMATIVA DI RIFERIMENTO.

Di seguito riportiamo le norme, le circolari ministeriali esplicative a cui è stato fatto riferimento per la verifica dell'opera:

D.M. del 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni".

CIRCOLARE 2 Febbraio 2009, N.617 C.S.LL.PP. recante "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M.del 14 Gennaio 2008"

MATERIALI STRUTTURALI.

Dai documenti reperiti si deduce che per la realizzazione dell'intervento in oggetto sono stati utilizzati i seguenti materiali. Per maggiori dettagli sulle caratteristiche dei materiali si rimanda alla relazione dedicata.

Calcestruzzo strutturale:

Calcestruzzo Rck 400 per la soletta di impalcato

Calcestruzzo Rck 300 per le spalle di fondazione delle quali ci si occupa in relazione dedicata.

Id	Tipo / Note		Young	Poisson	G	Gamma	Alfa
		daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3	
1	Calcestruzzo Classe C25/30		3.145e+05	0.12	1.404e+05	2.50e-03	1.00e-05
	Rck	300.0					
	fctm	25.6					
1	Calcestruzzo Classe C32/40		3.360e+05	0.2	1.404e+05	2.50e-03	1.00e-05
	Rck	400.0					
	fctm	30.2					

Acciaio ad aderenza migliorata tipo FeB44K equivalente al B450C.

Tensione di snervamento

fyk=4500 Kg/cmq

Tensione di rottura

fyk=5400 Kg/cmq

Allung. A rottura

Agtk > 7.50%

STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

Stratigrafia dei terreni:

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche dei terreni si rimanda alla Relazione Geologica e Geotecnica redatta dalla Dott.ssa Milano sulla base degli studi eseguiti a suo tempo sul ponte in oggetto ed nel 2014 per la realizzazione del ponte su via Mascagni distante circa 80 metri verso monte.

Di seguito riportiamo i valori messi a conto per le verifiche.

Nr.	Terreni	Quota iniziale strato [cm]	Quota finale strato [cm]	Inclinazione [°]	Falda	Permeabilità [m/s]	Peso unità volume [kN/m³]	Angolo resistenza a taglio [°]	Coesione [kPa]	Angolo di attrito terra muro [°]	Modulo elastico [kPa]	Retino	Descr.
1	Terreno DB	565.00	366.00	0	<input type="checkbox"/>	0	16.18	30.8	0.07	10	15870		Terr.di Rip.
2	Terreno DB	366.00	226.00	0	<input type="checkbox"/>	0	19.61	26.5	0.06	13.3	4500		Limi Argillosi
3	Terreno DB	226.00	36.00	0	<input type="checkbox"/>	0	18.63	32	0	24	22200		Ghiaia con
4	Terreno DB	36.00	-474.00	0	<input type="checkbox"/>	0	18.14	30.7	0	21.3	14100		Sabbia limosa
5	Terreno DB	-474.00	-674.00	0	<input type="checkbox"/>	0	17.65	29.5	0	18.7	10700		Sabbia o sabbia
6	Terreno DB	-674.00	-1844.00	0	<input type="checkbox"/>	0	18.14	31.5	0	21.3	17400		Sabbia limosa
					<input type="checkbox"/>								
					<input type="checkbox"/>								
					<input type="checkbox"/>								
					<input type="checkbox"/>								
					<input type="checkbox"/>								
					<input type="checkbox"/>								
					<input type="checkbox"/>								

Collasso per slittamento e carico limite **NSPT**

Attrito fondazione terreno ° Nspt

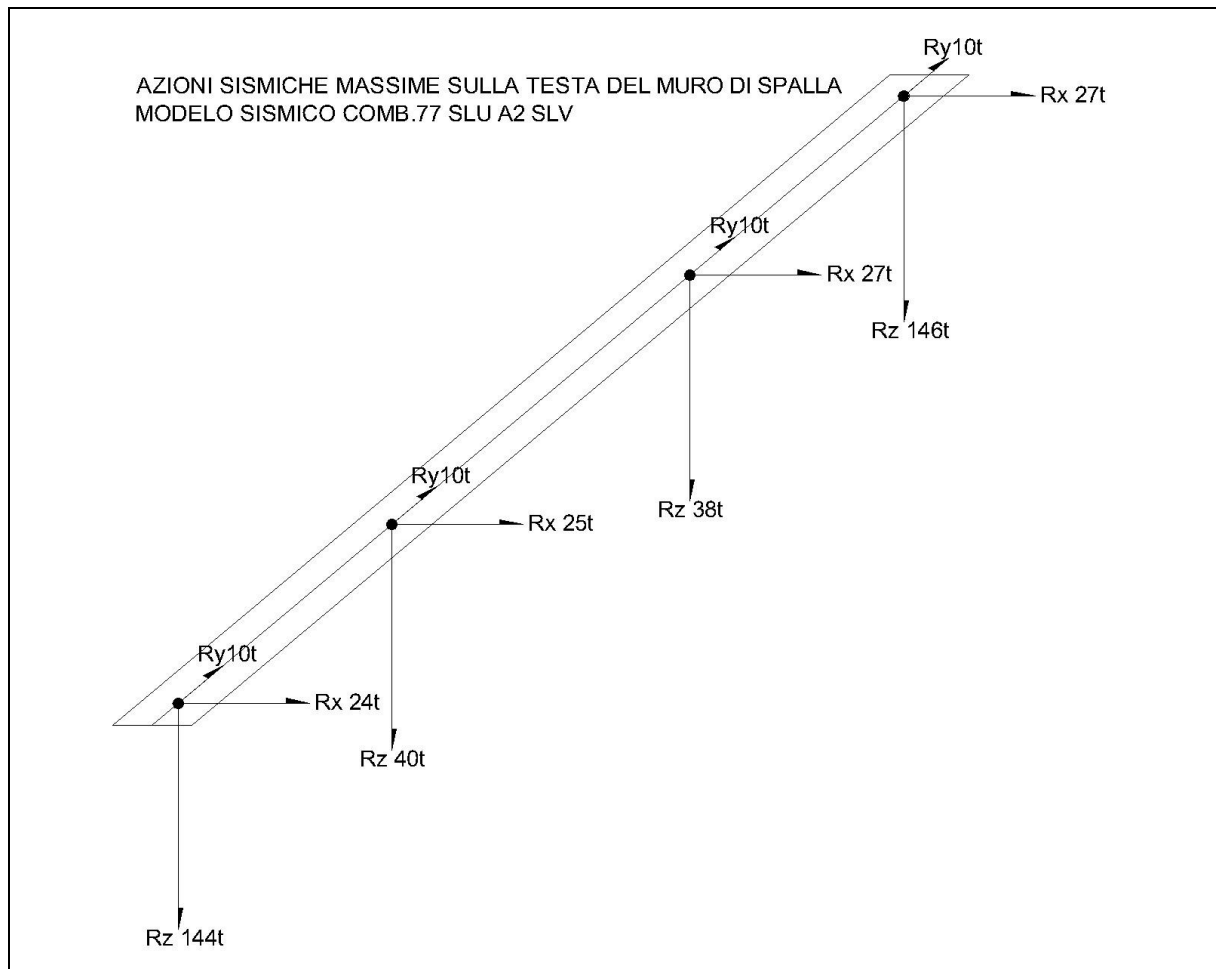
Adesione fondazione [kPa] Descrizione strato.

Partecipazione spinta passiva %

☐ Usa sempre l'angolo di attrito terra muro

ANALISI DEI CARICHI:

Per le verifiche di sicurezza e stabilità della spalla di fondazione saranno messe a conto oltre alle spinte del terreno retrostante la spalla, in condizioni statiche e sismiche anche i carichi trasmessi alla spalla dall'impalcato soprastante nonché le reazioni affidate ai tiranti passivi di stabilizzazione.



Carichi trasmessi alla spalla di appoggio dall'impalcato in condizioni sismiche.

Carichi verticali permanenti:

Dalle analisi dei modelli dell'impalcato, a cui si rimanda, si ricavano i carichi verticali permanenti trasmessi alla spalla (lunghezza muro 23.5 ml):

$$Tot_{perm} = 3700 \text{ Kn}$$

$$Qv_{perm} = 3700/23.5 = 157.4 \text{ KN/ml}$$

Carichi verticali da traffico:

Dalle analisi dei modelli dell'impalcato, a cui si rimanda, si ricavano i carichi verticali da traffico trasmessi alla spalla (lunghezza muro 23.5 ml):

$$\text{Tot.traff} = 2542 \text{ Kn}$$

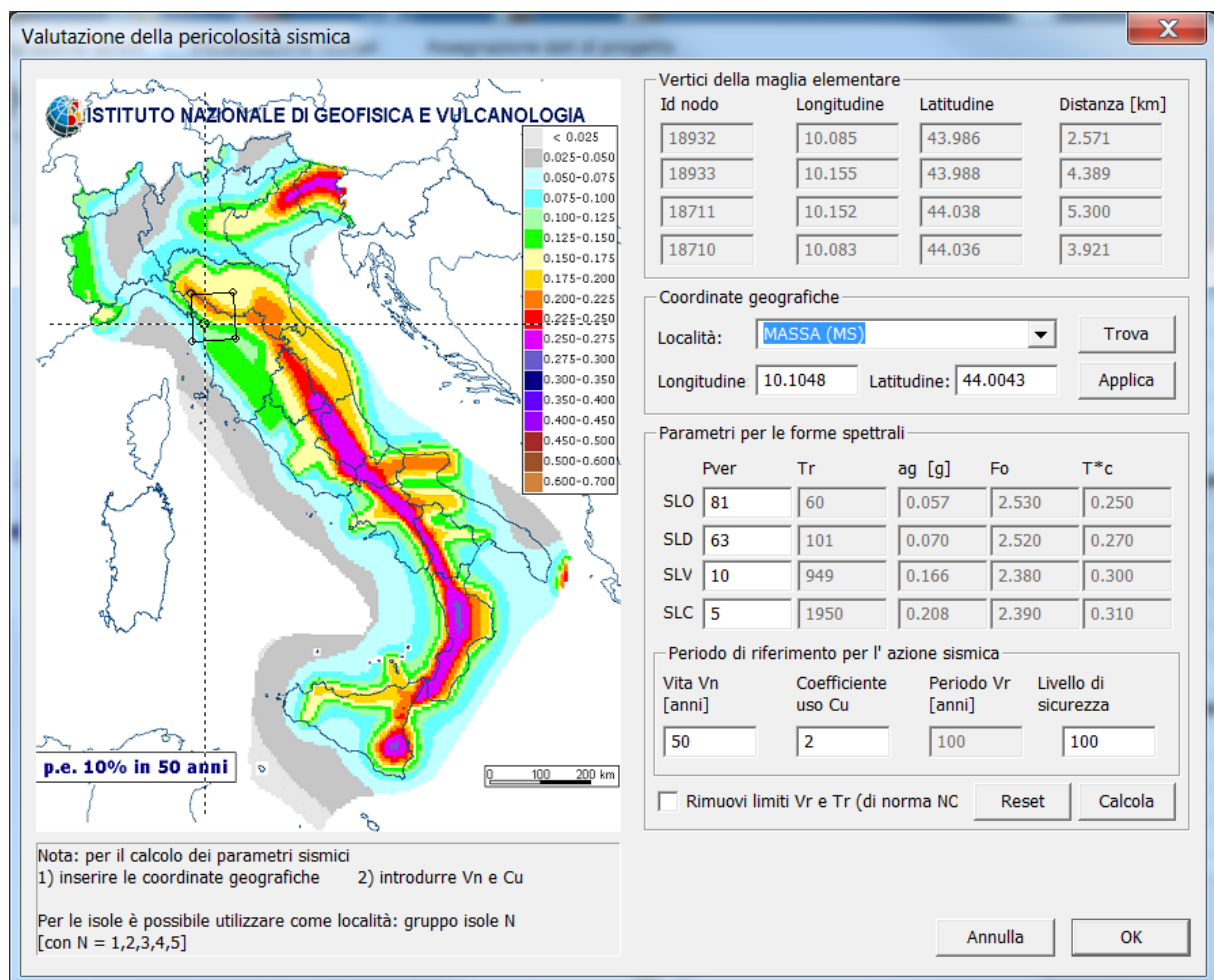
$$Q_{V.\text{traff}} = 2542/23.5 = 108.2 \text{ KN/ml}$$

Carichi Orizzontali da sisma trasmessi dall'impalcato:

Dalle analisi dei modelli dell'impalcato, a cui si rimanda, si ricavano i carichi orizzontali da Sisma trasmessi alla spalla (lunghezza muro 23.5 ml):

$$\text{Tot. sisma} = 1040 \text{ Kn}$$

$$Q_{V.\text{sisma}} = 1040/23.5 = 44.2 \text{ KN/ml}$$



COMBINAZIONI DEI CARICHI ANALIZZATE:

Nella analisi sono stati valutati gli stati limite ultimi relativi alla Struttura. Al Terreno di

Fondazione ed all'Equilibrio globale del manufatto. Nel fascicolo dei calcoli allegato sono riportate in dettaglio le combinazioni dei carichi nel rispetto della normativa.

AZIONI COMPLESSIVE SULLA PALIFICATA DI FONDAZIONE:

In favore di sicurezza la spalla di fondazione è stata verificata come muro su fondazione diretta nastriforme, in tutte le combinazioni analizzate la fondazione risulta ampiamente verificata, per cui la presenza della palificata di fondazione può essere considerata solo per la mitigazione dei cedimenti. Per il dettaglio delle verifiche si rimanda al fascicolo dei calcoli allegato.

Di seguito riportiamo comunque la valutazione della portanza di progetto dei pali in condizioni GEO.

Portanza Palo trivellato d120 L10m su terreno incoerente.	
Caratteristiche dello strato medio	
<i>Gamma sat. daN/mc</i>	<i>2100</i>
Gamma Immerso daN/mc	1800
<i>Angolo Attr Int. Cond drenate °</i>	<i>31</i>
Tang(fi)	0.60072171
Gamma (fi)M2	1.25
Tan (fi) d	0.48057737
Tang (fi) palo-Terr (2/3)	0.32038491
<i>Ks coeff.press.lat-palo</i>	<i>0.6</i>
<i>Diametro palo cm</i>	
<i>120.0</i>	
Circonf. Palo cm	376.9
<i>Profondità media dello strato m</i>	<i>11</i>
<i>Altezza Strato m</i>	<i>10</i>
Sig'.litostatica daN/cm ²	1.98
Portanza Laterale Ult. daN	143462.3
Gamma.s Tab 6.4.2 NTC	1.45
Portanza Laterale d. daN	98939.5
Portanza alla Punta	
Area di base palo cm ²	11307.6
<i>Profondità della punta palo m</i>	<i>15</i>
Sig'. Litostatica alla punta daN/cm ²	2.7
<i>Nq fattore portanza punta</i>	<i>45</i>
Portanza punta Ult. daN	1373873.4
Gamma.b Tab 6.4.2 NTC	1.70
Portanza punta d. daN	808160.8
Portanza Totale	907100.3
<i>Fatt. di corr. Chi.3 Tab 6.4.IV NCT</i>	<i>1.65</i>

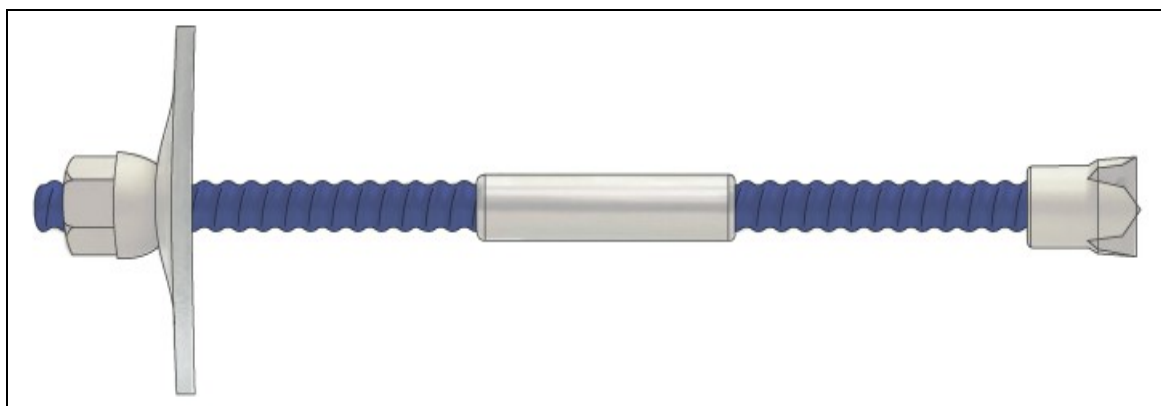
Portanza palo di Progetto daN	549757.8
--------------------------------------	-----------------

AZIONE ORIZZONTALE SUI TIRANTI PASSIVI:

La stabilizzazione della spalla in senso orizzontale è affidata a numero 10 Tiranti passivi tipo Termic della Rock Bolting System eseguiti su perforazione da 200mm di lunghezza 24 ml con inclinazione di 45° sulla verticale.

Tale serie di Tiranti passivi sono previsti allo scopo di stabilizzare la spalla di fondazione nei confronti di tutte le azioni orizzontali nel senso longitudinale del ponte, e tra queste, la prevalente è di gran lunga l'azione sismica, che calcolata ai sensi della normativa vigente NTC2008, risulta pari a 1040 KN per ogni spalla.

Per i Tiranti passivi saranno utilizzati materiali RBS (Rock Bolting System) tipo Termic 90/8.0 mm aventi le seguenti caratteristiche:



La realizzazione di questi Tiranti è del tutto simile a quella di un micropalo, fatto salvo il fusto dell'armatura completamente filettato dotato di manicotti di giunzione e piastra di testata con dado che assicura il perfetto assorbimento delle azioni di trazione sulla barra e la testa di perforazione a perdere che permette l'iniezione dal fondo.

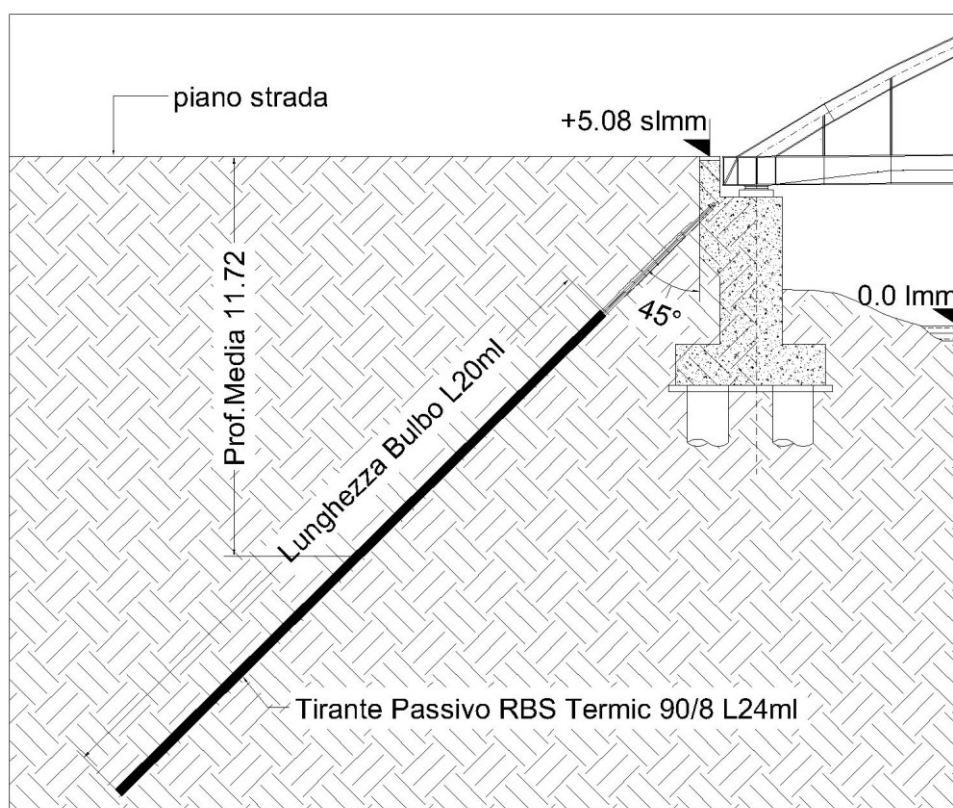
Tipo Barra Rod type		R32			R38			R51		R76			R90		R114	
Spessore Thickness	mm	4,5	5,6	7,2	5,2	7,1	8,2	7,1	9,4	6,3	8,0	10,0	8,0	10,0	8,0	10,0
Rottura barra Ultimate load rod	kN	390	450	580	580	700	820	1000	1200	1400	1800	2200	2100	2500	2800	3450
Snervamento $f_{y0,2}$ barra Yield point $f_{y0,2}$ rod	kN	325	380	460	480	600	650	800	1000	1100	1400	1700	1600	2000	2100	2700
Sezione media Average cross section	mm ²	370	450	530	530	680	750	950	1150	1300	1690	2050	1950	2400	2550	3180
Peso Weight	kg/mt	2,92	3,57	4,25	4,30	5,50	6,00	7,43	9,38	11,55	13,95	16,65	16,00	19,50	21,00	25,80
Diametro nominale Nominal diameter	mm	32			38			51		76			90		114	
Tipo filetto Thread type		Sinistro ¹ Left hand			Sinistro ¹ Left hand			Sinistro ¹ Left hand		Destro ² Right hand			Destro ² Right hand		Destro ² Right hand	

Dati tecnici dell'armatura.

Carico di Rottura Barra	2100 KN
Carico di Snervamento Barra	1600 KN
Tensione di snervamento	$f_{yk}=960 \text{ N/mm}^2$
Allungamento a Rott. >	5%
Coeff. d'incrudimento f_{tk}/f_{yk}	= 1.20

Verifica allo sfilamento del Tirante:

Il Tirante passivo sarà realizzato secondo lo schema sotto riportato ed ha una carico di progetto in combinazione STR pari a 313 KN:



Verifica Tirante su terreno incoerente	
Caratteristiche del Tirante	
Carico di Progetto daN	31300
Lunghezza Totale ml	24
Lunghezza Bulbo ml	20
Diametro di perforazione cm	20
Inclinazione Tirante °	45
Profondità media Bulbo ml	11.72
Caratteristiche dello strato medio	
Gamma sat.daN/mc	2100
Gamma Immerso daN/mc	1800

<i>Angolo Attr Int. Cond drenate °</i>	<i>31</i>
Tang(fi)	0.600721709
Gamma (fi)M2	1.25
Tan (fi) d	0.480577368
<i>Ks coeff.press.lat-palo</i>	<i>0.6</i>
<i>Diametro locale Bulbo cm</i>	<i>20.0</i>
Circonf. Palo cm	62.8
<i>Profondità media dello strato m</i>	<i>11.72</i>
<i>Lungh Attiva Bulbo ml</i>	<i>20</i>
Sig'.litostatica daN/cm ²	2.1096
Portanza Laterale Ult. daN	76426.3
<i>Gamma.r (Tab 6.6.1 NTC/08)</i>	<i>1.2</i>
<i>Numero Vericali indagate</i>	<i>4</i>
<i>Csi.a3. (tab.6.6.III NTC/08)</i>	<i>1.65</i>
Portanza Tirante di progetto daN	38599.1

Carico di Prog. = 313 KN < Portanza Tirante = 386 KN Verificato.

La Portanza del tirante se pur calcolata in condizioni GEO con riduzione del Tg(fi) risulta superiore al carico di progetto previsto in combinazione STR quindi l'elemento progetto assicura le prestazioni richieste.

CONCLUSIONI.

Sulla base sia delle indagini svolte che dei risultati ottenuti, anche tenendo conto delle ipotesi semplificative in largo favore di sicurezza assunte nel calcolo si può concludere che:

Gli elementi strutturali della spalla di fondazione come adeguati dagli interventi in progetto risultano ampiamente verificati agli SLU, per quanto riguarda gli spostamenti nelle direzioni X, Y, Z agli SLE non determinano particolari criticità dal punto di vista deformativo per la struttura.

Seguono i risultati del calcolo automatico del muro di Spalla svolti mediante il Software MDC GeoStru .

In fede il Progettista delle Strutture

Dot.Ing. Paolo Edoardo Giusti



RELAZIONE DI CALCOLO

Normative di riferimento:

NTC2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

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:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_A :

$\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$ 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.

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:

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

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:

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

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:

$$\tan \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_h e K_v in dipendenza di vari fattori: $K_h = \beta_m \times (a_{\max}/g)$ $K_v = \pm 0,5 \times K_h$

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S S_T a_g$$

S coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_s e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

OPCM 3274

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$k_h = S (a_g/g) / r \quad k_v = 0,5 k_h$$

in cui $S(a_g/g)$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico.

Suolo di tipo A - $S=1$;

Suolo di tipo B - $S=1.25$;

Suolo di tipo C - $S=1.25$;

Suolo di tipo E - $S=1.25$;

Suolo di tipo D - $S=1.35$.

Al fattore r viene può essere assegnato il valore $r = 2$ nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

D.M. 88

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale K_h in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: I Cat. $K_h=0.1$; II Cat. $K_h=0.07$; III Cat.

$K_h=0.04$;

Eurocodice 8

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S : soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_h , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

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:

$$Z_c = \frac{2 \times c}{\gamma} \times \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \times \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}}{\gamma}$$

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c \times H$$

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:

$$P_q = K_A \times Q \times \sin \beta / \sin(\beta + \varepsilon)$$

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:

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

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:

$$\tan \theta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

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:

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

Con risultante pari a:

$$S_w = 1/2 \times \gamma_w \times H^2$$

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

Resistenza passiva

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

$$P_t = K_p \times \gamma_t \times z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

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

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon$$

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

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

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

Vesic

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u	coesione non drenata
q	pressione litostatica totale sul piano di posa
s_c	Fattore di forma

$s_c = 0,2 (B'/L')$ per fondazioni rettangolari

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

A_f area efficace della fondazione

c_a aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \tan \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Sollecitazioni muro

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.

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.

Dati generali

Codice progetto	PF SPALLA 1
Descrizione	PONTE FRIGIDO SPALLA
Comune di	MARINA DI MASSA
Tecnico	ING P.E.GIUSTI
Data	02/01/2017
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Marina di Massa
Lat./Long. [WGS84]	44.00428/10.104829
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	445.0 cm
Spessore testa muro	152.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	130.0 cm
Sporgenza mensola a monte	165.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	120.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	120.0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.42	2.52	0.23

S.L.D.	101.0	0.52	2.52	0.25
S.L.V.	949.0	1.27	2.41	0.29
S.L.C.	1950.0	1.65	2.37	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.63	0.18	0.0116	0.0058
S.L.D.	0.78	0.18	0.0143	0.0072
S.L.V.	1.905	0.24	0.0466	0.0233
S.L.C.	2.4102	0.24	0.059	0.0295

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	30550.21	20	11.55	1.05	2.25
2	C25/30	30	32089.96	25	14.44	1.21	2.61
3	C28/35	35	32936.31	28	16.17	1.31	2.81
4	C40/50	51	35913.83	40	20.22	1.52	3.26

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	B1*B2 iniziale	B1*B2 finale
1	B450C	203940	458.87	399.01	550.64	399.01	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	203940	458.87	399.01	550.64	458.87	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	203940	458.87	399.01	467.33	406.35	.012	.01	1	0.5
4	S235H	214137	244.73	212.81	367.09	212.81	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	214137	285.52	248.3	438.47	248.3	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	214137	367.09	319.17	520.05	367.09	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro

C20/25 B450C

Copriferro, Elevazione 3.0 cm
Copriferro, Fondazione 3.0 cm
Copriferro, Dente di fondazione 3.0 cm

Stratigrafia

DH Passo minimo
Eps Inclinazione dello strato.
Gamma Peso unità di volume
Fi Angolo di resistenza a taglio
c Coesione
Delta Angolo di attrito terra muro
P.F. Presenza di falda (Si/No)

Ns	DH (cm)	Eps (°)	Gamma (KN/m³)	Fi (°)	c (kPa)	Delta (°)	P.F.	Litologia	Descrizione
1	199	0	16.18	31	0.07	10	No		Terr.di Rip.
2	140	0	19.61	27	0.06	13	No		Limi Argillosi
3	190	0	18.63	32	0.00	24	No		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
4	510	0	18.14	31	0.00	21	No		Sabbia limosa mediamente addensata

5	200	0	17.65	30	0.00	19	No		Sabbia o sabbia limosa sciolta
6	1170	0	18.14	32	0.00	21	No		Sabbia limosa mediamente addensata

Tiranti

Fattore di sicurezza 1.0
 Cadute di tensione 1.0
 Tensione tangenziale malta cemento 0.0 N/mm²

Prof. ancoraggio (cm)	Lung. Libera (cm)	Lung. ancorata (cm)	Diam. foro (cm)	Diam. Bulbo (cm)	Interasse (cm)	Inclinazione (cm)	Attr. terreno Tirante (°)	Adesione (kPa)	Trefoli	Res. Calcolo Acciaio (N/mm²)	Tiro (kN)
0.0	100.0	2300.0	20.0	20.0	260.0	45.0	25.0	0.0	5Ø15	355.0	313.67

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
Vert Perm	206.0	565.0	0.0	157.4	0.0
Orizz sisma	206.0	565.0	44.2	0.0	0.0
Vert.Traff.Max.	206.0	565.0	0.0	108.2	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.30
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Vert Perm	1.35
8	Orizz sisma	0.00
9	Vert.Traff.Max.	1.35
10	Tirante	0.30

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.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.30
5	Spinta sismica in x	1.00

6	Spinta sismica in y	1.00
7	Vert Perm	1.00
8	Orizz sisma	1.00
9	Vert.Traff.Max.	0.00
10	Tirante	1.00

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.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0.90
2	Spinta terreno	1.10
3	Peso terreno mensola	0.90
4	Spinta falda	1.30
5	Spinta sismica in x	1.50
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Vert Perm	0.90
8	Orizz sisma	1.00
9	Vert.Traff.Max.	0.00
10	Tirante	1.00

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.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A1+M1+R1 [STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0466
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0233

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
565.0	476.0	16.18	0.0	30.8	10.0	0.07	0.0	
476.0	387.0	16.18	0.0	30.8	10.0	0.07	0.0	
387.0	366.0	16.18	0.0	30.8	10.0	0.07	0.0	
366.0	298.0	19.61	0.0	26.5	13.3	0.06	0.0	
298.0	226.0	19.61	0.0	26.5	13.3	0.06	0.0	
226.0	209.0	18.63	0.0	32.0	24.0	0.0	0.0	
209.0	120.0	18.63	0.0	32.0	24.0	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
10.0	0.3	0.33	0.04	0.29	0.05	0.04	0.01
10.0	0.3	0.33	0.04	0.29	0.05	0.04	0.01
10.0	0.3	0.33	0.04	0.29	0.05	0.04	0.01
13.3	0.35	0.38	0.04	0.34	0.08	0.04	0.01
13.3	0.35	0.38	0.04	0.34	0.08	0.04	0.01
24.0	0.27	0.3	0.04	0.25	0.11	0.03	0.02
24.0	0.27	0.3	0.04	0.25	0.11	0.03	0.02

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	565.0	476.0	2.37	0.32	505.14	505.14
2	476.0	387.0	7.27	0.99	426.5	426.5
3	387.0	366.0	2.43	0.33	376.3	376.3
4	366.0	298.0	10.31	1.49	329.82	329.25
5	298.0	226.0	15.24	2.36	260.25	259.94
6	226.0	209.0	4.23	0.89	217.44	217.38
7	209.0	120.0	25.0	5.94	163.07	161.83

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
476.0	2.01	43.12	206.0	520.5
387.0	4.02	86.24	206.0	476.0
366.0	4.49	96.41	206.0	465.5
298.0	6.03	129.34	206.0	431.5
226.0	7.65	164.23	206.0	395.5
209.0	8.04	172.46	206.0	387.0
120.0	10.05	215.58	206.0	342.5

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
476.0	-21.22	427.6	-40.89	152.0
387.0	-11.93	471.7	-56.75	152.0
366.0	-9.03	482.2	-59.21	152.0
298.0	2.81	516.61	-62.68	152.0
226.0	19.68	553.87	-56.64	152.0
209.0	24.29	562.99	-53.59	152.0
120.0	51.3	612.05	-24.82	152.0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
20Ø14 (30.79)	12Ø14 (18.47)	427.63	2060.79	S	365.29	0.0	17.22

20Ø14 (30.79)	12Ø14 (18.47)	471.7	2090.56	S	365.29	0.0	30.61
20Ø14 (30.79)	12Ø14 (18.47)	482.19	2097.62	S	365.29	0.0	40.46
20Ø14 (30.79)	12Ø14 (18.47)	516.69	2120.77	S	365.29	0.0	129.89
20Ø14 (30.79)	12Ø14 (18.47)	553.79	2145.54	S	365.29	0.0	18.56
20Ø14 (30.79)	12Ø14 (18.47)	562.97	2151.66	S	365.29	0.0	15.04
20Ø14 (30.79)	12Ø14 (18.47)	611.97	2184.14	S	365.29	0.0	7.12

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (447.0/0.0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (447.0/565.0)

Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
565.0	476.0	16.18	0.0	30.8	30.8	0.07	0.0	
476.0	387.0	16.18	0.0	30.8	30.8	0.07	0.0	
387.0	366.0	16.18	0.0	30.8	30.8	0.07	0.0	
366.0	298.0	19.61	0.0	26.5	26.5	0.06	0.0	
298.0	226.0	19.61	0.0	26.5	26.5	0.06	0.0	
226.0	209.0	18.63	0.0	32.0	32.0	0.0	0.0	
209.0	120.0	18.63	0.0	32.0	32.0	0.0	0.0	
120.0	36.0	18.63	0.0	32.0	24.0	0.0	0.0	
36.0	0.0	18.14	0.0	30.7	21.3	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
30.8	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.03	0.02
30.8	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.03	0.02
30.8	0.29	0.32	0.04	0.25	0.15	0.03	0.02
26.5	0.34	0.37	0.04	0.3	0.15	0.04	0.02
26.5	0.34	0.37	0.04	0.3	0.15	0.04	0.02
32.0	0.28	0.31	0.04	0.23	0.15	0.03	0.02
32.0	0.28	0.31	0.04	0.23	0.15	0.03	0.02
24.0	0.27	0.3	0.04	0.25	0.11	0.03	0.02

21.3 0.29 0.32 0.04 0.27 0.1 0.04 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	565.0	476.0	1.99	0.91	505.13	505.13
2	476.0	387.0	6.13	2.81	426.5	426.5
3	387.0	366.0	2.05	0.94	376.3	376.3
4	366.0	298.0	8.78	3.9	329.71	330.02
5	298.0	226.0	13.17	5.61	260.19	260.37
6	226.0	209.0	3.68	2.01	217.44	217.43
7	209.0	120.0	21.92	12.23	162.98	162.79
8	120.0	36.0	24.96	13.82	76.8	77.03
9	36.0	0.0	12.03	6.49	17.79	17.85

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120.0	0.0	18.14	180.0	30.7	21.3	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
201.3	0.93	-0.86	-0.34

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	-11.27	-4.4	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	94.71	48.73	-45.66
Carichi esterni	-25.59	384.15	-955.4
Peso muro	0.0	215.58	-444.09
Peso fondazione	0.0	170.96	-382.09
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	170.32	-620.83
Spinte fondazione	-11.27	-4.4	-4.51
	57.85	985.35	-2452.58

Momento stabilizzante -2620.25 kNm
 Momento ribaltante 167.67 kNm

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
130.0	-11.27	-171.94	-106.28	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);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
16Ø14 (24.63)	12Ø14 (18.47)	11.25	1109.09	S	301.79	0.0	1.76

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
282.0	12.03	-199.11	131.36	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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
16Ø14 (24.63)	12Ø14 (18.47)	11.98	1109.51	S	301.79	0.0	1.52

A2+M2+R2 [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0466
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0233

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
565.0	476.0	16.18	0.0	25.5	10.0	0.06	0.0	
476.0	387.0	16.18	0.0	25.5	10.0	0.06	0.0	
387.0	366.0	16.18	0.0	25.5	10.0	0.06	0.0	
366.0	298.0	19.61	0.0	21.75	13.3	0.05	0.0	
298.0	226.0	19.61	0.0	21.75	13.3	0.05	0.0	
226.0	209.0	18.63	0.0	26.56	24.0	0.0	0.0	
209.0	120.0	18.63	0.0	26.56	24.0	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
10.0	0.37	0.4	0.04	0.36	0.06	0.04	0.01
10.0	0.37	0.4	0.04	0.36	0.06	0.04	0.01
10.0	0.37	0.4	0.04	0.36	0.06	0.04	0.01
13.3	0.41	0.45	0.05	0.4	0.09	0.05	0.01
13.3	0.41	0.45	0.05	0.4	0.09	0.05	0.01
24.0	0.34	0.37	0.04	0.31	0.14	0.04	0.02
24.0	0.34	0.37	0.04	0.31	0.14	0.04	0.02

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	565.0	476.0	5.66	1.13	513.33	515.78
2	476.0	387.0	11.13	1.85	427.85	428.62
3	387.0	366.0	3.42	0.54	376.34	376.37
4	366.0	298.0	13.74	2.2	330.22	330.04
5	298.0	226.0	19.24	3.16	260.49	260.38
6	226.0	209.0	5.22	1.13	217.45	217.39
7	209.0	120.0	30.5	7.32	163.21	162.11

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
476.0	1.55	33.17	206.0	520.5
387.0	3.09	66.34	206.0	476.0
366.0	3.46	74.16	206.0	465.5
298.0	4.64	99.49	206.0	431.5
226.0	5.89	126.33	206.0	395.5
209.0	6.18	132.66	206.0	387.0
120.0	7.73	165.83	206.0	342.5

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
476.0	-33.9	277.01	-99.48	152.0
387.0	-21.23	312.04	-125.83	152.0
366.0	-17.44	320.4	-130.3	152.0
298.0	-2.51	347.92	-139.0	152.0
226.0	17.98	377.93	-136.13	152.0
209.0	23.5	385.38	-133.46	152.0
120.0	55.55	425.87	-104.24	152.0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (447.0/0.0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (447.0/565.0)

Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
565.0	476.0	16.18	0.0	25.5	25.5	0.06	0.0	
476.0	387.0	16.18	0.0	25.5	25.5	0.06	0.0	
387.0	366.0	16.18	0.0	25.5	25.5	0.06	0.0	
366.0	298.0	19.61	0.0	21.75	21.75	0.05	0.0	
298.0	226.0	19.61	0.0	21.75	21.75	0.05	0.0	
226.0	209.0	18.63	0.0	26.56	26.56	0.0	0.0	
209.0	120.0	18.63	0.0	26.56	26.56	0.0	0.0	
120.0	36.0	18.63	0.0	26.56	24.0	0.0	0.0	
36.0	0.0	18.14	0.0	25.41	21.3	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
25.5	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.5	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.5	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
21.75	0.4	0.44	0.05	0.37	0.15	0.05	0.02
21.75	0.4	0.44	0.05	0.37	0.15	0.05	0.02
26.56	0.34	0.37	0.04	0.3	0.15	0.04	0.02
26.56	0.34	0.37	0.04	0.3	0.15	0.04	0.02
24.0	0.34	0.37	0.04	0.31	0.14	0.04	0.02
21.3	0.35	0.39	0.04	0.33	0.13	0.04	0.02

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	565.0	476.0	6.07	2.5	514.73	515.54
2	476.0	387.0	10.79	4.18	428.25	428.53
3	387.0	366.0	3.23	1.23	376.36	376.37
4	366.0	298.0	12.88	4.73	330.26	330.59
5	298.0	226.0	17.96	6.29	260.52	260.74
6	226.0	209.0	4.87	2.15	217.45	217.44
7	209.0	120.0	28.59	12.77	163.16	163.0
8	120.0	36.0	31.79	14.33	76.96	76.97
9	36.0	0.0	15.09	6.77	17.82	17.84

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120.0	0.0	18.14	180.0	25.41	21.3	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
201.3	0.73	-0.68	-0.26

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	-8.85	-3.45	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	131.26	54.93	17.75
Carichi esterni	-41.11	242.71	-797.06
Peso muro	7.73	165.83	-315.14
Peso fondazione	6.13	131.51	-290.24
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	6.11	131.02	-457.16
Spinte fondazione	-8.85	-3.45	-3.54
	101.27	722.55	-1845.4

Momento stabilizzante	-2405.44	kNm
Momento ribaltante	560.04	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	110.12 kN
Sommatoria forze verticali	726.0 kN
Coefficiente di attrito	0.48
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	726.0 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	110.12 kN
Resistenza terreno	353.7 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3.21
Traslazione verificata Csd>1.3	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-2405.44 kNm
Momento ribaltante	560.04 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4.3
Muro verificato a ribaltamento Csv>1.5	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	101.27 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	722.55 kN
Somma momenti	-1845.4 kNm
Larghezza fondazione	447.0 cm
Lunghezza	2350.0 cm
Eccentricità su B	31.9 cm
Peso unità di volume	18.14 kN/m³
Angolo di resistenza al taglio	25.41 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	120.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.63 kN/m³
Nq	11.13
Nc	21.33
Ng	11.52
Fattori di forma	
sq	1.08
sc	1.09
sg	0.93
Inclinazione carichi	
iq	0.76
ic	0.73
ig	0.65
Inclinazione valle	
gq	1.0
gc	0.0
gg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	1707.55 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	2.36
Carico limite verificato Csq>2	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	255.4 cm
Larghezza della fondazione	447.0 cm
x = 0.0 cm Tensione...	92.43 kPa
x = 447.0 cm Tensione...	230.86 kPa

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
130.0	-8.85	-111.53	-67.26	120.0

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
282.0	15.09	-104.27	45.85	120.0

EQU+M2 [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0466
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0233

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
565.0	476.0	16.18	0.0	25.5	10.0	0.06	0.0	
476.0	387.0	16.18	0.0	25.5	10.0	0.06	0.0	
387.0	366.0	16.18	0.0	25.5	10.0	0.06	0.0	
366.0	298.0	19.61	0.0	21.75	13.3	0.05	0.0	
298.0	226.0	19.61	0.0	21.75	13.3	0.05	0.0	
226.0	209.0	18.63	0.0	26.56	24.0	0.0	0.0	
209.0	120.0	18.63	0.0	26.56	24.0	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
10.0	0.37	0.4	0.04	0.36	0.06	0.04	0.01
10.0	0.37	0.4	0.04	0.36	0.06	0.04	0.01
10.0	0.37	0.4	0.04	0.36	0.06	0.04	0.01
13.3	0.41	0.45	0.05	0.4	0.09	0.05	0.01
13.3	0.41	0.45	0.05	0.4	0.09	0.05	0.01
24.0	0.34	0.37	0.04	0.31	0.14	0.04	0.02
24.0	0.34	0.37	0.04	0.31	0.14	0.04	0.02

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	565.0	476.0	6.57	0.4	515.67	505.29
2	476.0	387.0	10.86	1.21	428.57	426.51
3	387.0	366.0	3.19	0.4	376.37	376.3
4	366.0	298.0	12.4	1.81	330.46	329.31
5	298.0	226.0	16.8	2.85	260.65	259.98
6	226.0	209.0	4.5	0.91	217.45	217.37
7	209.0	120.0	26.0	6.08	163.33	161.8

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
476.0	1.39	29.85	206.0	520.5
387.0	2.78	59.71	206.0	476.0
366.0	3.11	66.75	206.0	465.5
298.0	4.17	89.54	206.0	431.5
226.0	5.3	113.7	206.0	395.5
209.0	5.56	119.39	206.0	387.0
120.0	6.95	149.25	206.0	342.5

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
476.0	-33.14	257.22	-98.49	152.0
387.0	-20.89	288.28	-123.77	152.0
366.0	-17.37	295.72	-128.1	152.0
298.0	-3.91	320.33	-136.91	152.0
226.0	14.02	347.34	-135.67	152.0
209.0	18.78	353.94	-133.57	152.0
120.0	46.18	389.88	-109.59	152.0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (447.0/0.0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (447.0/565.0)

Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma 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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
565.0	476.0	16.18	0.0	25.5	25.5	0.06	0.0	
476.0	387.0	16.18	0.0	25.5	25.5	0.06	0.0	
387.0	366.0	16.18	0.0	25.5	25.5	0.06	0.0	
366.0	298.0	19.61	0.0	21.75	21.75	0.05	0.0	
298.0	226.0	19.61	0.0	21.75	21.75	0.05	0.0	
226.0	209.0	18.63	0.0	26.56	26.56	0.0	0.0	
209.0	120.0	18.63	0.0	26.56	26.56	0.0	0.0	
120.0	36.0	18.63	0.0	26.56	24.0	0.0	0.0	
36.0	0.0	18.14	0.0	25.41	21.3	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
25.5	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.5	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
25.5	0.35	0.39	0.05	0.31	0.15	0.04	0.02
21.75	0.4	0.44	0.05	0.37	0.15	0.05	0.02
21.75	0.4	0.44	0.05	0.37	0.15	0.05	0.02
26.56	0.34	0.37	0.04	0.3	0.15	0.04	0.02
26.56	0.34	0.37	0.04	0.3	0.15	0.04	0.02
24.0	0.34	0.37	0.04	0.31	0.14	0.04	0.02
21.3	0.35	0.39	0.04	0.33	0.13	0.04	0.02

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	565.0	476.0	7.43	0.94	516.85	505.28
2	476.0	387.0	11.08	2.86	429.05	426.51
3	387.0	366.0	3.15	0.96	376.39	376.3
4	366.0	298.0	12.06	3.94	330.55	330.07
5	298.0	226.0	16.13	5.64	260.72	260.4
6	226.0	209.0	4.3	1.71	217.45	217.43
7	209.0	120.0	24.9	10.4	163.31	162.76
8	120.0	36.0	27.21	11.95	77.06	76.84
9	36.0	0.0	12.8	5.71	17.84	17.83

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	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	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
120.0	0.0	18.14	180.0	25.41	21.3	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
201.3	0.73	-0.68	-0.26

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	-8.85	-3.45	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	119.07	44.11	55.84
Carichi esterni	-41.11	226.97	-764.64
Peso muro	10.43	149.25	-271.72
Peso fondazione	8.27	118.36	-259.56
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	9.16	117.92	-399.2
Spinte fondazione	-8.85	-3.45	-3.54
	96.97	653.14	-1642.81

Momento stabilizzante	-2213.3	kNm
Momento ribaltante	570.49	kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	105.82 kN
Sommatoria forze verticali	656.59 kN
Coefficiente di attrito	0.48
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	656.59 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	105.82 kN
Resistenza terreno	320.73 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3.03
Traslazione verificata Csd>1.3	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-2213.3 kNm
Momento ribaltante	570.49 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	3.88
Muro verificato a ribaltamento Csv>1.5	

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	96.97 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	653.14 kN
Somma momenti	-1642.81 kNm
Larghezza fondazione	447.0 cm
Lunghezza	2350.0 cm
Eccentricità su B	28.02 cm
Peso unità di volume	18.14 kN/m³
Angolo di resistenza al taglio	25.41 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	120.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.63 kN/m³
Nq	11.13
Nc	21.33
Ng	11.52
Fattori di forma	
sq	1.08
sc	1.09
sg	0.93
Inclinazione carichi	
iq	0.74
ic	0.72
ig	0.63
Inclinazione valle	
gq	1.0
gc	0.0
gg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	1721.03 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	2.63
Carico limite verificato Csq>2	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	251.52 cm
Larghezza della fondazione	447.0 cm
x = 0.0 cm Tensione...	91.15 kPa
x = 447.0 cm Tensione...	201.08 kPa

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
130.0	-8.85	-108.3	-66.41	120.0

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
282.0	12.8	-79.5	33.05	120.0

Indice

1.Dati generali	7
2.CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	8
3.Stratigrafia	9
4.Fattori combinazione	9
5.A1+M1+R1 [STR]	11
5.1.1-(Peso, Baricentro, Inerzia)	12
5.2.1-Armatura elevazione	12
5.3.1-Sollecitazioni totali	15
5.4.1-Armatura in fondazione	15
6.A2+M2+R2 [GEO]	16
6.1.2-(Peso, Baricentro, Inerzia)	17
6.2.2-Sollecitazioni totali	20
6.3.2-Verifica alla traslazione	20
6.4.2-Verifica al ribaltamento	20
6.5.2-Carico limite	21
6.6.2-Tensioni sul terreno	21
7.EQU+M2 [GEO]	22
7.1.3-(Peso, Baricentro, Inerzia)	23
7.2.3-Sollecitazioni totali	26
7.3.3-Verifica alla traslazione	26
7.4.3-Verifica al ribaltamento	26
7.5.3-Carico limite	26
7.6.3-Tensioni sul terreno	27
Indice	29