

OPERE IDRAULICHE DI 2^A CATEGORIA

OPERE URGENTI E PRIORITARIE - PRESIDIO TERRITORIALE IDRAULICO DI PAVIA

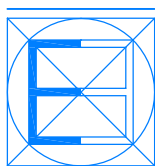
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO - ESECUTIVO

PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV).



**RELAZIONE
SPECIALISTICA
STRUTTURALE**

PROGETTAZIONE:



Ebner srl

Società Unipersonale Capitale sociale € 50.000 i.v.

Sede operativa: Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV)

Tel/Fax 0385.51584

e-mail: direttivo@ebnersas.it - ebner@pec.it

Sito web: www.ebnersas.it



UNI EN ISO 9001-2015
SGQ Certificato n.C2019-02916



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Gaetano La Montagna

PERIZIA:

PROTOCOLLO:

DATA:

Febbraio 2021

AGGIORNAMENTO:

PROT. N.

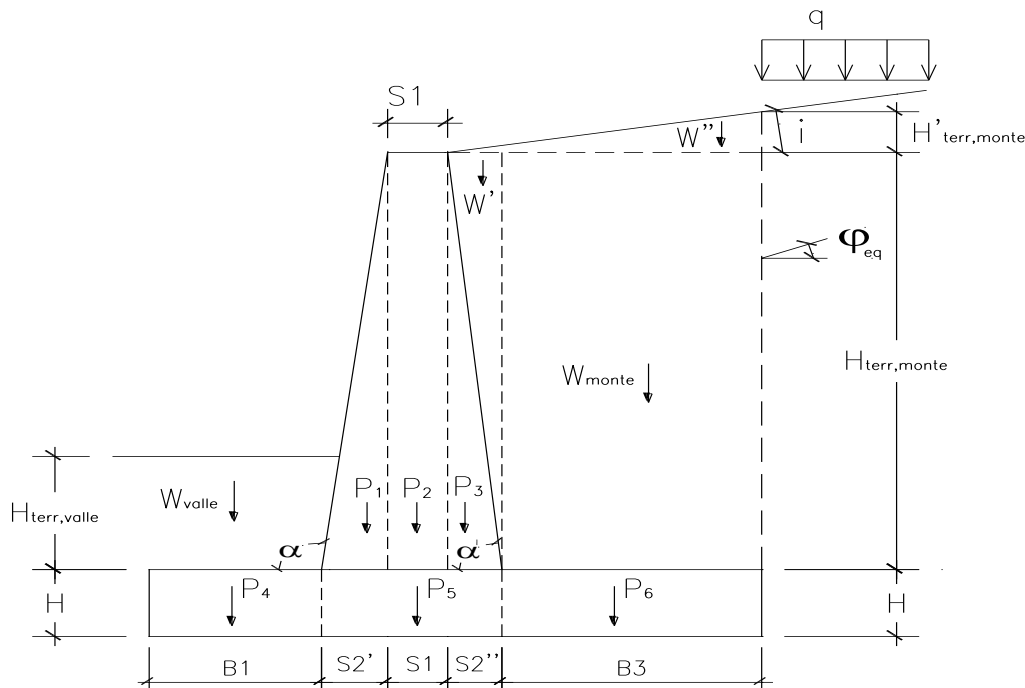
DATA:

VISTO APPROVAZIONE:

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA – DEFINITIVO - ESECUTIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------


Relazione di calcolo

DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI

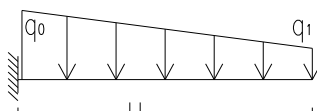


MURI DI SOSTEGNO A MANSOLA NTC 2018					
γ terreno	kg/mc	1900	Analisi sismica in accordo a DM 17.01.2018		-
H terreno a monte	m	3,75			
H terreno a valle	m	0,00	Vita di riferimento della struttura	V_R anni	50
sovraccarico acc q	kg/mq	6	Classe d'uso della struttura	Classe uso	1,0
angolo paramento valle	α	90	Vita nominale della struttura	V_N anni	50
angolo paramento monte	α'	90	Categoria del sottosuolo	Cat. C	
angolo terrapieno	i	0	Accelerazione orizzontale max attesa in sito	a_g g	0,0967
angolo attrito terra-muro	δ	0	Coeff. amplificazione stratigrafica	S_S	1,6
angolo attrito muro-fondazione	δ'	13,33	Coeff. amplificazione topografica	S_T	1,2
angolo attrito terreno	φ	20,00	Coeff. riduzione acceleraz max attesa in sito	β_m	0,18
coesione c		0,6	Accelerazione massima	a_{max}	0,186
B1 ciabatta valle	m	0,20	Coeff. Sismico orizzontale	K_H	0,033
S2'	m	0,00	Coeff. Sismico verticale	K_V	-0,017
S1 Sp. sup. paramento	m	0,35		θ	1,947

<p>Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA – DEFINITIVO - ESECUTIVO</p> <p><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	---	--

S2"	m	0,00	Coeff. Combinazione carico sismico	ψ_2	0,3
B3 ciabatta monte	m	1,15			
H ciabatta	m	0,50			
Btot	m	1,70			
H' terreno_monte	m	0,00			
W terreno monte	kg	12469			
W' terreno monte	kg	0			
W'' terreno monte	kg	0			
W terreno valle	kg	0			
Ptot peso ciabatta	kg	3375			
P1	kg	0			
P2	kg	3281			
P3	kg	0			
P4	kg	750			
P5	kg	438			
P6	kg	2188			
<u>Verifica Ribaltamento</u>		<u>SISMA+M2</u>			
angolo attrito equivalente	φ_{eq}	16,23			
Coeff. spinta attiva Ka (φ_{eq})		0,524			
Coeff. spinta attiva orizz Kao (φ_{eq})		0,503			
Coeff. spinta attiva vert Kav (φ_{eq})		0,147			
S1 O, k Spinta statica orizz. Terreno	kg	8638			
S2 O, q, k Spinta statica orizz. Sovraccarico	kg	13			
S1 V, k Spinta statica vert. Terreno	kg	2515			
S2 V, q, k Spinta statica vert. Sovraccarico	kg	4			
S1 O, k E Spinta sismica orizz.	kg	639			
S1 V, k E Spinta sismica vert.	kg	-320			
Mrrib,statico	kgm	12246			
Mrrib,sismico (Kh)	kgm	1278	<u>Verifiche Strutturali</u>		-
Mrrib,sismico (Kv)	kgm	-499			
Mrrib,tot	kgm	13025			
Mstab	kgm	29858	<u>Paramento verticale</u>	a metro lineare	
γ		2,29	angolo attrito equivalente φ_{eq}		16,23
<u>Verifica Scorrimento</u>		<u>SISMA+M2</u>	angolo attrito terra-muro δ		0,00
angolo attrito equivalente	φ_{eq}	16,23	Coeff. spinta attiva Ka		0,563

<p>Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA – DEFINITIVO - ESECUTIVO</p> <p>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	---	--

Coeff. spinta attiva	Ka		0,524	Coeff. spinta attiva orizz	Kao		0,563
Coeff. spinta attiva orizz	Kao		0,503	Coeff. spinta attiva vert	Kav		0,000
Coeff. spinta attiva vert	Kav		0,147	S _{1 O} Spinta orizz. Terreno	kg		9778
Coeff. spinta passiva	Kp		1,776	S _{2 O, q} Spinta orizz. Sovraccarico	kg		19
S _{1 O, k} Spinta statica orizz. Terreno	kg		8638	S _{1 O} Spinta sismica orizz.	kg		526
S _{2 O, q, k} Spinta statica orizz. Sovraccarico	kg		13	Momento flettente sollecitante	kgm		13245
S _{1 O, E, k} Spinta sismica orizz.	kg		712	Taglio sollecitante	kg		10324
S _{1 V, k} Spinta statica vert. Terreno	kg		2515	Azione assiale sollecitante	kg		3281
S _{2 V, q, k} Spinta statica vert. Sovraccarico	kg		4				
S _{1 V, E, k} Spinta sismica vert.	kg		-356				
H _{sd,tot}	kg		9354	Ciabatta di valle	a metro lineare		
μ			0,237	Azione verticale (W terreno valle)	kg		0
H _{Rd}	kg		10418	Azione verticale (p.p. ciabatta valle)	kg		-750
γ			1,11	Reazione verticale portanza terreno	kg		9166
Verifica Pressione limite			SISMA+M2	Momento flettente sollecitante	kgm		2611
angolo attrito equivalente	φ _{eq}		16,23	Taglio sollecitante	kg		8416
Azione assiale statica	kg		21641				
Azione assiale sismica	kg		-320				
M _{ribaltante,statico}	kgm		12246	Ciabatta di monte	a metro lineare		
M _{ribaltante,sismico (Kh)}	kgm		1278	Azione verticale (W terreno monte)	kg		16209
M _{rib,sismico (Kv)}	kgm		-67	Azione verticale (sovraccarico acc q)	kg		16
M _{stabilizzante}	kgm		7434	Azione verticale (p.p. ciabatta monte)	kg		2844
Azione verticale tot	kg		21322	S _{1 V} Spinta statica vert. Terreno	kg		3270
Momento reagente fondazione	kgm		6022	S _{2 V, q} Spinta statica vert. Sovraccarico	kg		6
Baricentro fondazione x _G	m		1,35	S _{1 V, E} Spinta sismica vert.	kg		-245
B/6 (metà dimensione nocciolo d'inerzia)	cm		45	Reazione verticale portanza terreno	kg		-10768
eccentricità - (interna al terzo medio)	cm		28	Taglio sollecitante	kg		11331
Fondazioni nastriformi	Hansen			Momento flettente sollecitante	kgm		14421
	N _q	4,43					
	N _c	11,79					
	N _γ	1,50		Paramento verticale - sollecitazioni			
coeff. Correttivi	Hansen			carico trapezoidale sul paramento			
	i _q	0,612					
	i _γ	0,336		q0 kg/m	q1 kg/m		
	d _q	1,071		5220	5		

<p>Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA – DEFINITIVO - ESECUTIVO</p> <p><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
--	---	--

	$d\gamma$	1,000			
Pressione design terreno q_{lim}	Kg/cmq	1,61			
Pressione max sul terreno $\sigma_{t,max}$	kg/cmq	1,55	Coefficiente di sicurezza γ	1,04	
Pressione min ciabatta di valle $\sigma_{t,1}$	kg/cmq	1,25			
Pressione max ciabatta di monte $\sigma_{t,3}$	kg/cmq	1,07			
Pressione minima sul terreno $\sigma_{t,min}$	kg/cmq	0,18			
Larghezza ridotta della fondazione B_{eff}	m	1,99			
Pressione media sul terreno $\sigma_{t,max}$	Kg/cmq	1,18	Coefficiente di sicurezza γ	1,37	

VERIFICA SEZIONE CALCESTRUZZO (PARAMENTO)

Caratteristiche dei materiali:

cls:

acciaio:

R_{ck}	30,0	[N/mm ²]
f_{ck}	24,9	[N/mm ²]
f_{cd}	14,1	[N/mm ²]
f_{ctm}	2,6	[N/mm ²]
f_{ctk}	1,8	[N/mm ²]
f_{ctd}	1,2	[N/mm ²]
f_{bk}	4,0	[N/mm ²]
E_c	31220	[N/mm ²]
ε_{cy}	2,00	‰
ε_{cu}	3,50	‰

B 450 C	
f_{yk}	450 [N/mm ²]
f_{yd}	391 [N/mm ²]
E_s	206000 [N/mm ²]
ε_{sy}	1,90 ‰
ε_{su}	10,00 ‰

Caratteristiche della sezione:

Geometriche

Armatura

b	1000	[mm]
h	350	[mm]
c	40	[mm]
d	310	[mm]

	compr.	teso	
n	5	5	
ϕ	12	20	[mm]
n	0	0	
ϕ	16	16	[mm]
A'_s, A_s	565	1571	[mm ²]

Verifica dei limiti di armatura prescritti dalla norma [d.m. 17 gennaio 2018]

Armatura

longitudinale:

limite minimo

458,1876 [mmq]

limite massimo

14000,0000 [mmq]

VERIFICATO

<p>Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA – DEFINITIVO - ESECUTIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	--	--

Determinazione del campo di rottura

x	56,3	[mm]	
$\xi = x/d$	0,182		Campo 2
ε_c	2,22	‰	
ε'_s	0,64	‰	Acciaio lembo compresso non snervato
ε_s	10,00	‰	Acciaio lembo teso snervato
σ'_s	132	[N/mm ²]	
σ_s	391	[N/mm ²]	

Verifica a flessione

M_{sd}	167,73	[kNm]	
M_{rd}	175,39	[kNm]	$M_{rd} > M_{sd}$ VERIFICATO

Sollecitazione tagliante

V_{sd}	122,05	[kN]
----------	---------------	------

Verifica resistenza a taglio della sezione senza armatura

k	1,803	v_{min}	0,423
ρ_l	0,005	σ_{cp}	0,000
V_{rd}	156,16	[kN]	Armatura minima

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
--	--	--

VERIFICA DEI MICROPALI DI FONDAZIONE

Normative di riferimento:

NTC 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - D.M. 17 gennaio 2018

NTC 2008 - 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:

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

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:

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

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;

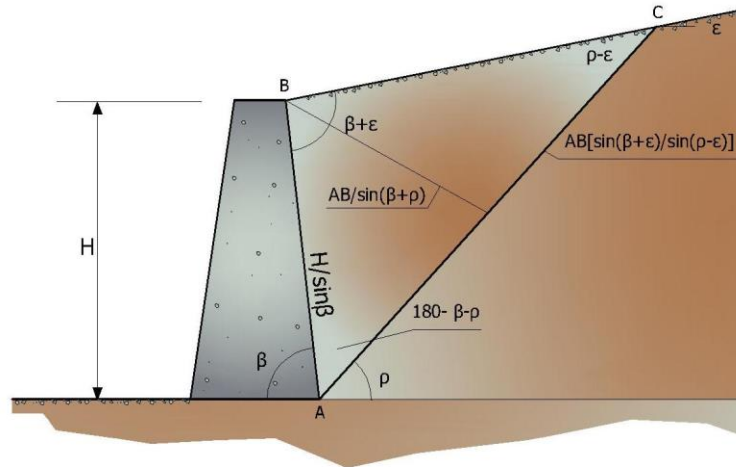
φ = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ = Angolo di attrito terra-muro;

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

H = Altezza della parete.

<p>Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	---	---



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:

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

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	--	--

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.

Calcolo coefficienti sismici

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni (**NTC 2018**):

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right); \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

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

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo § 7.11.6.3.2.

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

<p>Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u> PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	---	---------------------------------------

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right); k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

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.

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

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:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - PVR)}$$

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.

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
--	--	--

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

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

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);

$a_g = a_{gR} \gamma_I$ 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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno.

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

$$S_c = P_c \cdot H$$

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

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttore@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
--	--	--

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:

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

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.

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
--	--	--

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 ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturato}} - \gamma_w$), 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:

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

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	--	--

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

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:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A' = B' \cdot L'$ 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;

$s_c = 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$ per fondazioni rettangolari, il valore di s_c viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastriformi

d_c = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ altrimenti $K = \arctan \frac{D}{B}$

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.

VESIC - Analisi a lungo termine

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

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	--	--

Dove:

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

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

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

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi'$$

per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$$

per forma rettangolare

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

per forma rettangolare, quadrata o circolare

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

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

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

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttore@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	--	--

HANSEN - Analisi a breve termine

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

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, $s_c = 0$ per fondazioni nastriformi;

d_c = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ altrimenti $K = \arctan \frac{D}{B}$

i_c = Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

A_f = Area efficace della fondazione;

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

HANSEN- Analisi a lungo termine

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

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

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

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi'$$

per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$$

per forma rettangolare

<p align="center">Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p align="center"><u>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</u></p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p align="center"><i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p align="center">N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	--	---

$$s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B'}{N_c \cdot L'}$$

per forma rettangolare, quadrata o circolare.

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$

per fondazione nastriforme

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^5$$

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \cdot K$$

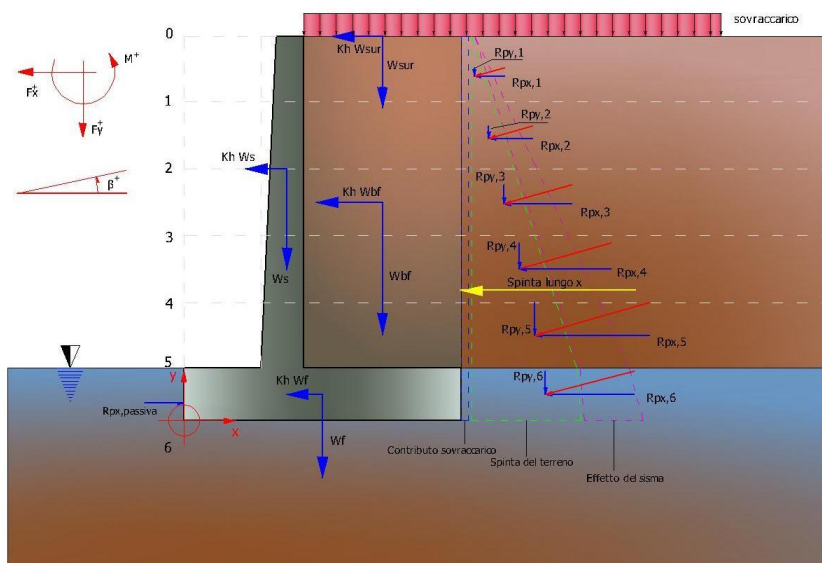
$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

<p>Ebner S.r.l.</p> <p>Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO</p> <p>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	---	---

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.



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

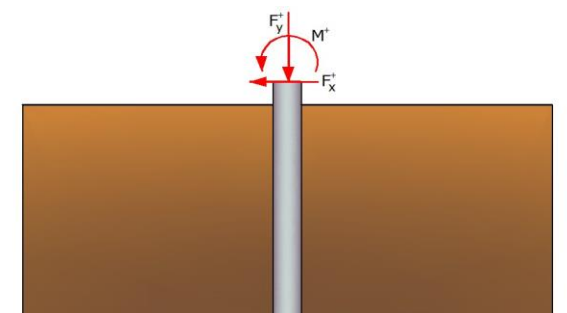
Forze verticali	positive se dirette dall'alto verso il basso;
Forze orizzontali	positive se dirette da monte verso valle;
Coppie	positive se antiorarie;
Angoli	positivi se antiorari.

<p>Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	--	---------------------------------------

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 rigidezza 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*.

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in</i> <i>destra del fiume Po in prossimità della confluenza</i> <i>del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$

<p>Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it</p>	<p>RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i></p>	<p>N° PROGETTO 0420EBS</p>
---	---	---

$$0.5 < c < 0.75$$

$$\alpha = 0.6$$

$$0.75 < c < 2$$

$$\alpha = 0.4$$

$$c > 2$$

$$\alpha = 0.8 / c$$

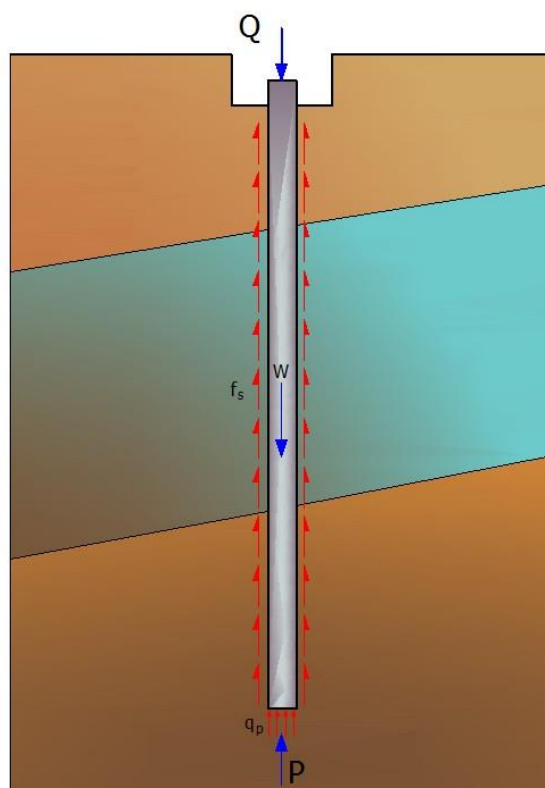
Inoltre:

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

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

Infine

- 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

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in</i> <i>destra del fiume Po in prossimità della confluenza</i> <i>del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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.

Dati generali

Data	2/21/2008
Condizioni ambientali	Ordinarie
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	375.0 cm
Spessore testa muro	50.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	115.0 cm
Sporgenza mensola a monte	1.0 cm
Svaso mensola a valle	250.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	25.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	25.0 cm
Pali	
Sezione dei pali	18.0 cm
Lunghezza dei pali	800.0 cm
Distanza asse da estremità mensola	10.0 cm
Interasse longitudinale	80.0 cm
Disposizione in pianta	Sfalsati
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	0.0

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1.0
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1.0

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fed [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C40/50	50	35220	40	19.83	1.49	3.2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
1	B450C	200000	450	391.3	540	391.3	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	200000	450	391.3	458.3	398.5	.012	.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro C20/25 B450C
Materiali impiegati realizzazione pali C20/25 B450C

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

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	165	0	17.55	28	0.00	19	No		riporto (strada)
2	640	0	15.49	0	14.12	0	No		argilla
3	140	0	19.42	32	0.00	21	No		sabbia debolmenteghiaiosa
4	8810	0	20.59	35	0.00	23	No		ghiaia e sabbia

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
SOVRACCARICO	10.0	651.0	20.0	20.0	0.0

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in</i> <i>destra del fiume Po in prossimità della confluenza</i> <i>del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
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	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

A_Unitari+M1+RSLV

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	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

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
--	--	--------------------------------------

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

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	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

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

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
650.0	590.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
590.0	575.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
575.0	500.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
500.0	425.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
425.0	350.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
350.0	275.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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}
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	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	650.0	590.0	0.0	0.0	620.0	620.0
2	590.0	575.0	0.1	0.04	580.0	580.0
3	575.0	500.0	3.44	1.25	528.57	528.57
4	500.0	425.0	8.35	3.04	458.82	458.82
5	425.0	350.0	13.26	4.83	385.19	385.19
6	350.0	275.0	18.17	6.61	310.81	310.81

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);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
590.0	0.0	7.5	140.0	620.0
575.0	0.0	9.37	140.0	612.5
500.0	0.0	18.75	140.0	575.0
425.0	0.0	28.13	140.0	537.5
350.0	0.0	37.5	140.0	500.0
275.0	0.0	46.88	140.0	462.5

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO "PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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
590.0	0.0	7.5	0.0	50.0
575.0	0.1	9.41	0.0	50.0
500.0	3.54	20.04	0.74	50.0
425.0	11.89	32.45	5.46	50.0
350.0	25.15	46.65	17.83	50.0
275.0	43.32	62.64	41.54	50.0

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	$\min\{Vrd; Vwd\}/V_{sdu}$						
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);						
Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	7.65	-317.66	S	667.79	0.0	26.8
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	9.34	317.99	S	187.86	0.0	1875.43
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	20.21	320.06	S	189.38	0.0	52.52
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	33.16	322.53	S	191.17	0.0	15.77
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	47.49	325.26	S	193.21	0.0	7.53
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	63.94	328.37	S	195.51	0.0	4.43

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

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
--	--	--------------------------------------

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
425.0	350.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
350.0	275.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
275.0	25.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
25.0	0.0	17.55	0.0	28.29	19.0	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
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
19.0	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	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	425.0	350.0	1.78	0.96	375.0	375.0
2	350.0	275.0	5.35	2.88	308.33	308.33
3	275.0	25.0	43.61	23.47	131.06	131.06
4	25.0	0.0	6.56	3.49	12.36	12.41

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

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
--	--	--------------------------------------

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
25.0	0.0	15.49	180.0	0.0	0.0	14.12	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
180.0	1.0	-1.0	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	25.0	0.0	-7.54	0.0	12.23	0.0

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	57.3	30.8	30.03
Peso muro	0.0	60.95	-84.17
Peso fondazione	0.0	31.48	-37.14
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.0	0.0
Spinte fondazione	-7.54	0.0	-0.92
	49.75	123.22	-92.21

Momento stabilizzante -172.44 kNm
Momento ribaltante 80.23 kN m

Verifica palo max sollecitato

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Forza orizzontale	22.92 kN
Forza verticale (P)	93.25 kN

Dati palo

Lunghezza	800.0 cm
Diametro	18.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	50.0 cm
Peso unità di volume	15.49 KN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	14.12 kPa
Modulo di elasticità	593.3 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	29419.95 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	140.0 cm
Peso unità di volume	19.42 KN/m ³
Angolo di attrito	32.03 °
Coesione	0.0 kPa
Modulo di elasticità	16838.03 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	610.0 cm
Peso unità di volume	20.59 KN/m ³
Angolo di attrito	35.07 °
Coesione	0.0 kPa
Modulo di elasticità	20525.33 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	103.92 cm
Cedimento del palo	0.09 cm
Spostamento in x	0.83 cm
Rotazione in testa	0.46 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 149.97 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	215.33 kN
-----------------------------	-----------

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Carico limite laterale (Qs)	91.37 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	306.7 kN
Peso palo (W)	518.97 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	3.12

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kNm
Sforzo normale	93.25 kN
Taglio	22.92 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	0.0 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	0.0 kNm
Stato verifica a flessione	
Misura Sicurezza Taglio	

Verifica palo alla profondità di cm 130.00

Momento	7.86 kNm
Sforzo normale	94.06 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	0.0 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	0.0 kNm
Stato verifica a flessione	
Misura Sicurezza Taglio	

Verifiche palo alla profondità di cm 207.85

Momento	3.1 kNm
Sforzo normale	94.55 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	0.0 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	0.0 kNm
Stato verifica a flessione	
Misura Sicurezza Taglio	

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);

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
10.0	-7.54	0.65	0.05	27.2
115.0	-36.19	-105.79	-109.7	50.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	7.47	156.53	S	139.46	0.0	210.4
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	36.9	323.24	S	191.71	0.0	1.78

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
165.0	6.56	31.54	-8.31	275.0

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
36Ø14 (55.42)	36Ø14 (55.42)	6.64	5678.47	S	668.02	0.0	20.77

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

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
650.0	590.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
590.0	575.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
575.0	500.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
500.0	425.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
425.0	350.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
350.0	275.0	20.0	0.0	25.0	20.0	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
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	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);

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);						
	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	650.0	590.0	0.0	0.0	620.0	620.0
2	590.0	575.0	0.08	0.03	580.0	580.0
3	575.0	500.0	2.64	0.96	528.57	528.57
4	500.0	425.0	6.42	2.34	458.82	458.82
5	425.0	350.0	10.2	3.71	385.19	385.19
6	350.0	275.0	13.98	5.09	310.81	310.81

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	
590.0	0.0	7.5	140.0	620.0	
575.0	0.0	9.37	140.0	612.5	
500.0	0.0	18.75	140.0	575.0	
425.0	0.0	28.13	140.0	537.5	
350.0	0.0	37.5	140.0	500.0	
275.0	0.0	46.88	140.0	462.5	

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
590.0	0.0	7.5	0.0	50.0
575.0	0.08	9.4	0.0	50.0
500.0	2.72	19.74	0.57	50.0
425.0	9.14	31.45	4.2	50.0
350.0	19.34	44.54	13.71	50.0
275.0	33.32	59.0	31.96	50.0

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);

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{V_{rd}; V_{wd}\}/V_{sdu}$
V_{sdu} Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	7.65	-317.66	S	195.51	0.0	4.43
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	9.34	317.99	S	187.85	0.0	2438.05
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	20.21	320.06	S	189.34	0.0	68.26
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	31.8	322.27	S	191.03	0.0	20.49
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	45.43	324.87	S	192.91	0.0	9.78
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	60.18	327.66	S	194.99	0.0	5.74

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
425.0	350.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
350.0	275.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
275.0	25.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
25.0	0.0	17.55	0.0	28.29	19.0	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
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
19.0	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
--	--	--------------------------------------

	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	425.0	350.0	1.37	0.74	375.0	375.0
2	350.0	275.0	4.12	2.22	308.33	308.33
3	275.0	25.0	33.54	18.05	131.06	131.06
4	25.0	0.0	5.04	2.68	12.36	12.41

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);						
	B	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);						
	Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda						
	Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	B
	25.0	0.0	15.49	180.0	0.0	0.0	14.12	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		
	180.0	1.0	-1.0	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)

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttore@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in</i> <i>destra del fiume Po in prossimità della confluenza</i> <i>del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
--	--	--------------------------------------

1	25.0	0.0	-7.54	0.0	12.23	0.0
---	------	-----	-------	-----	-------	-----

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	44.08	23.69	23.1
Peso muro	0.0	60.95	-84.17
Peso fondazione	0.0	31.48	-37.14
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.0	0.0
Spinte fondazione	-7.54	0.0	-0.92
	36.53	116.12	-99.14

Momento stabilizzante -160.64 kNm
Momento ribaltante 61.5 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	17.63 kN
Forza verticale (P)	80.15 kN

Dati palo

Lunghezza	800.0 cm
Diametro	18.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	50.0 cm
Peso unità di volume	15.49 kN/m³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	14.12 kPa
Modulo di elasticità	593.3 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	29419.95 kN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	140.0 cm
-----------------	----------

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Peso unità di volume	19.42 KN/m ³
Angolo di attrito	32.03 °
Coesione	0.0 kPa
Modulo di elasticità	16838.03 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	610.0 cm
Peso unità di volume	20.59 KN/m ³
Angolo di attrito	35.07 °
Coesione	0.0 kPa
Modulo di elasticità	20525.33 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	103.92 cm
Cedimento del palo	0.08 cm
Spostamento in x	0.64 cm
Rotazione in testa	0.35 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 149.97 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	215.33 kN
Carico limite laterale (Qs)	91.37 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	306.7 kN
Peso palo (W)	518.97 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	3.6

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kNm
Sforzo normale	80.15 kN
Taglio	17.63 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	0.0 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	0.0 kNm
Stato verifica a flessione	
Misura Sicurezza Taglio	

Verifica palo alla profondità di cm 130.00

Momento	6.05 kNm
Sforzo normale	80.96 kN
Taglio	0.0 kN

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Sforzo normale ultimo (Nu)	0.0 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	0.0 kNm
Stato verifica a flessione	
Misura Sicurezza Taglio	

Verifiche palo alla profondità di cm 207.85

Momento	2.38 kNm
Sforzo normale	81.44 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	0.0 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	0.0 kNm
Stato verifica a flessione	
Misura Sicurezza Taglio	

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
10.0	-7.54	0.65	0.05	27.2
115.0	-29.58	-89.41	-94.16	50.0

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
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	7.47	156.53	S	139.46	0.0	210.4
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	30.44	322.01	S	190.76	0.0	2.09

MENSOLA A MONTE

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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
165.0	5.04	24.43	-6.35	275.0

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
36Ø14 (55.42)	36Ø14 (55.42)	5.12	5676.75	S	667.79	0.0	26.8

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

CALCOLO SPINTE

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
650.0	590.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
590.0	575.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
575.0	500.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
500.0	425.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
425.0	350.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	
350.0	275.0	20.0	0.0	25.0	20.0	0.0	0.0	

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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}
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	0.0	0.0
20.0	0.36	0.0	0.0	0.34	0.12	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	650.0	590.0	0.0	0.0	620.0	620.0
2	590.0	575.0	0.08	0.03	580.0	580.0
3	575.0	500.0	2.64	0.96	528.57	528.57
4	500.0	425.0	6.42	2.34	458.82	458.82
5	425.0	350.0	10.2	3.71	385.19	385.19
6	350.0	275.0	13.98	5.09	310.81	310.81

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);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
590.0	0.0	7.5	140.0	620.0
575.0	0.0	9.37	140.0	612.5
500.0	0.0	18.75	140.0	575.0
425.0	0.0	28.13	140.0	537.5
350.0	0.0	37.5	140.0	500.0
275.0	0.0	46.88	140.0	462.5

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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
590.0	0.0	7.5	0.0	50.0
575.0	0.08	9.4	0.0	50.0
500.0	2.72	19.74	0.57	50.0
425.0	9.14	31.45	4.2	50.0
350.0	19.34	44.54	13.71	50.0
275.0	33.32	59.0	31.96	50.0

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
425.0	350.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
350.0	275.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
275.0	25.0	17.55	0.0	28.29	28.29	0.0	0.0	
25.0	0.0	17.55	0.0	28.29	19.0	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
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

28.29	0.32	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
19.0	0.32	0.0	0.0	0.3	0.1	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	425.0	350.0	1.37	0.74	375.0	375.0
2	350.0	275.0	4.12	2.22	308.33	308.33
3	275.0	25.0	33.54	18.05	131.06	131.06
4	25.0	0.0	5.04	2.68	12.36	12.41

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
25.0	0.0	15.49	180.0	0.0	0.0	14.12	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
180.0	1.0	-1.0	0.0

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

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	25.0	0.0	-7.54	0.0	12.23	0.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	44.08	23.69	23.1
Peso muro	0.0	60.95	-84.17
Peso fondazione	0.0	31.48	-37.14
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	0.0	0.0
Spinte fondazione	-7.54	0.0	-0.92
	36.53	116.12	-99.14

Momento stabilizzante	-160.64 kNm
Momento ribaltante	61.5 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	17.63 kN
Forza verticale (P)	80.15 kN

Dati palo

Lunghezza	800.0 cm
Diametro	18.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttore@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in destra del fiume Po in prossimità della confluenza del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
---	--	--------------------------------------

Strato N° 1

Spessore strato	50.0 cm
Peso unità di volume	15.49 KN/m³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	14.12 kPa
Modulo di elasticità	593.3 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	29419.95 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	140.0 cm
Peso unità di volume	19.42 KN/m³
Angolo di attrito	32.03 °
Coesione	0.0 kPa
Modulo di elasticità	16838.03 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	610.0 cm
Peso unità di volume	20.59 KN/m³
Angolo di attrito	35.07 °
Coesione	0.0 kPa
Modulo di elasticità	20525.33 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	103.92 cm
Cedimento del palo	0.08 cm
Spostamento in x	0.64 cm
Rotazione in testa	0.35 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 149.97 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	215.33 kN
Carico limite laterale (Qs)	91.37 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	306.7 kN
Peso palo (W)	518.97 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	3.6

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);

Ebner S.r.l. Via G. Mazzini 1, 27043 Broni (PV) Tel/Fax 0385.51584 Mail: direttivo@ebnersas.it Sito web – http://www.ebnersas.it	RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA - DEFINITIVO <i>"PV-E-1120 - Adeguamento argine maestro in</i> <i>destra del fiume Po in prossimità della confluenza</i> <i>del torrente Curone in comune di Corana (PV)"</i>	N° PROGETTO 0420EBS
--	--	--------------------------------------

	Fx	Forza in direzione x (kN);		
	Fy	Forza in direzione y (kN);		
	M	Momento (kNm);		
	H	Altezza sezione (cm);		
Xprogr.	Fx	Fy	M	H
10.0	-7.54	0.65	0.05	27.2
115.0	-29.58	-89.41	-94.16	50.0

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
165.0	5.04	24.43	-6.35	275.0