

# COMUNE DI CAZZAGO SAN MARTINO

Provincia di Brescia

## Progetto esecutivo Sistemazione e realizzazione di percorso in via Europa - sottopasso Pedrocca

COMMITTENTE:

**Comune Cazzago San Martino**

TECNICO:

***Dott. Ing. Stefano Zubani***



### Architettura e Urbanistica

Via Bologna n. 9/A - 25075 NAVE (BS) P.IVA 02844110987  
Tel: 030/2532734 - Fax: 030/2536168 - E-mail studiodeltaproject@yahoo.it

DISEGNATO:

CONTROLLATO:

ALLEGATO N°:

**G**

OGGETTO:

**Relazione di calcolo muro di contenimento**

SCALA:

DATA:  
**SETTEMBRE 2018**

AGGIORNAMENTI	03				
	02				
	01				
	N	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	CONTROLLATO

# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

## Progetto di un Muro di Sostegno

(redatta ai sensi Cap. 10 NTC coi contenuti Cap. 10.1 f.1.1 della Circ. 02/02/2009 n. 617)

## Muro di contenimento pista ciclabile

Via Europa

### IL TECNICO

Dott. Ing. Stefano Zubani  
Ordine ingegneri Brescia n°6365  
Via S.Francesco 2, Tavernole sul Mella, BS  
ing.stefanozubani@gmail.com  
3334453340

### IL COMMITTENTE

Comune di Cazzago San Martino

Realizzato col Software StruMURO R1.5

Autore : Ing. Salvatore Manai

[www.ingegneriabit.com](http://www.ingegneriabit.com)

Licenza Utente : ZubaniS-2056-CBAF

Pedrocca , l'05/09/2018

## INDICE DEI PARAGRAFI

- I. AZIONI PARETE
- II. RIBALTAMENTO
- III. SCORRIMENTO
- IV. CARICO LIMITE
- V. STABILITA' GLOBALE
- VI. VERIFICA STRUTTURALE - Parete
- VII. VERIFICA STRUTTURALE - Suola
- VIII. Normativa
- IX. Metodo di calcolo
- X. Modello di calcolo

# I. AZIONI SULLA PARETE - CASO STATICO

verifiche strutturali

<< APPROCCIO 2 >>

A1 - M1 - R3

$\delta = 30^\circ$	$G1_{sf} = 1,3$	$\tan(\delta) = \tan(\delta) / \therefore = 0,58$
$\tan(\delta) = 0,58$	$G2_{sf} = 1,5$	$\delta = \text{Arctan}[\tan(\delta)] = 30^\circ$
$P_{spec,k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q_{sf} = 1,5$	$P_{spec,d} = P_{spec,k} \cdot G1 = 23,4 \text{ kN/mc}$
$P_{specSat,k} = 0 \text{ kN/mc}$	$G1_f = 1$	$P_{specSat,d} = P_{specSat,k} \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes,k = 0 \text{ kN/mq}$	$G2_f = 0,8$	$Coes,d = Coes,k / \therefore = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND,k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q_f = 0$	$CoesND,d = CoesND,k / \therefore = 0 \text{ kN/mq}$
	$\therefore = 1$	
	$\therefore = 1$	
	$\therefore = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 120 cm (altezza paramento di calcolo)

=  $10^\circ$  (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

=  $15,95^\circ$  (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

=  $60^\circ$  (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + \pi/2)$  nel caso di spinta attiva)

Kh = 0 Condizione di carico statica

Kv = 0 Condizione di carico statica

Ka = 0,3852 (Coeff. di spinta attiva - Form. la Møller-Breslau)

SPT = 6,49 kN Spinta delle terre

Azione variabile prevalente :

SPTx = 6,39 kN Componente orizzontale della spinta

SPqx = 0 kN Componente orizzontale dovuta ai carichi sul terrapieno

Fi\_z = 0 kN Forza di inerzia della zavorra

Fi\_p = 0 kN Forza di inerzia della parete

Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

SPw = 0 kN Componente dovuta alla falda

Fx\_A = 0 kN Componente dovuta alle azioni esterne Fx

SPTz = 1,13 kN Componente verticale della spinta

SPqz = 0 kN Componente verticale dovuta ai carichi sul terrapieno

Pp\_p = 12,19 kN Peso di calcolo della parete

Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

Fz\_A = 0 kN Componente normale dovuta alle azioni esterne Fz

bSPTz = 0,4 m (braccio della SPTz)

bSPTx = 0,15 m (braccio della SPTx)

bSPqz = 0 m (braccio della SPqz)

bSPqx = 0,15 m (braccio della SPqx)

bFi\_z = 0 m (braccio forza di inerzia della zavorra)

bFi\_p = 0 m (braccio forza di inerzia della parete)

bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

bSPw = 0 m (braccio spinta della falda)

# I. AZIONI SULLA PARETE - CASO SISMA Kv+

verifiche strutturali

<< APPROCCIO 2 >>

1,00 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$\cdot G1, sf = 1$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \cdot \alpha = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$\cdot G2, sf = 1$	$\alpha, d = \text{Arctan} [\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{\text{spec}, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$\cdot Q, sf = 1$	$P_{\text{spec}, d} = P_{\text{spec}, k} \cdot \cdot G1 = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{\text{specSat}, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$\cdot G1, f = 1$	$P_{\text{specSat}, d} = P_{\text{specSat}, k} \cdot \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$C_{\text{oes}, k} = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot G2, f = 0,8$	$C_{\text{oes}, d} = C_{\text{oes}, k} / \cdot \text{coes} = 0 \text{ kN/mq}$
$C_{\text{oesND}, k} = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot Q, f = 0$	$C_{\text{oesND}, d} = C_{\text{oesND}, k} / \cdot \text{coesND} = 0 \text{ kN/mq}$
	$\cdot \alpha = 1$	
	$\cdot \text{coes} = 1$	
	$\cdot \text{coesND} = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 120 cm (altezza paramento di calcolo)

=  $10^\circ$  (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

=  $15,95^\circ$  (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

=  $60^\circ$  (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + \alpha/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)

Ss = 1,5 (Coeff. di amplificazione stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))

St = 1 (Coeff. di amplificazione topografica (NTC Tabella 3.2.IV))

$\phi_m = 0,38$  (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC 7.11.6.2.1))

amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito = agg . Ss . St)

Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot \text{amax}$ )

Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale =  $0,5 \cdot Kh$ )

KAE = 0,4679 (Coeff. di spinta attiva - Form.la Mononobe e Okabe)

SPT = 6,305 kN Spinta delle terre

Azione variabile prevalente :

SPTx = 6,21 kN Componente orizzontale della spinta

SPqx = 0 kN Componente orizzontale dovuta ai carichi sul terrapieno

Fi\_z = 0,55 kN Forza di inerzia della zavorra

Fi\_p = 0,77 kN Forza di inerzia della parete

Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

SPw = 0 kN Componente dovuta alla falda

Fx\_A = 0 kN Componente dovuta alle azioni esterne Fx

SPTz = 1,09 kN Componente verticale della spinta

SPqz = 0 kN Componente verticale dovuta ai carichi sul terrapieno

Pp\_p = 9,75 kN Peso di calcolo della parete

Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

Fz\_A = 0 kN Componente normale dovuta alle azioni esterne Fz

bSPTz = 0,4 m (braccio della Stx)

bSPTx = 0,15 m (braccio della Stz)

bSPqz = 0 m (braccio della Sqx)

bSPqx = 0,15 m (braccio della Sqz)

bFi\_z = 0,62 m (braccio forza di inerzia della zavorra)

bFi\_p = 0,62 m (braccio forza di inerzia della parete)

bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

bSPw = 0 m (braccio spinta della falda)

I. AZIONI SULLA PARETE - CASO SISMA Kv-  
verifiche strutturali  
<< APPROCCIO 2 >>  
1,00 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$\cdot G1, sf = 1$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \therefore = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$\cdot G2, sf = 1$	$\alpha, d = \text{Arctan} [\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$\cdot Q, sf = 1$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot \cdot G1 = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{specSat, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$\cdot G1, f = 1$	$P_{specSat, d} = P_{specSat, k} \cdot \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot G2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k / \cdot coes = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k / \cdot coesND = 0 \text{ kN/mq}$
	$\therefore = 1$	
	$\cdot coes = 1$	
	$\cdot coesND = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 120 cm (altezza paramento di calcolo)  
= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)  
= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)  
 $\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)  
= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)  
Ss = 1,5 (Coeff. di amplif. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))  
St = 1 (Coeff. di amplif. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))  
 $\phi_m = 0,38$  (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC 7.11.6.2.1))  
amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito = agg . Ss . St)  
Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot amax$ )  
Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale = 0,5 . Kh)

KAE = 0,476 (Coeff. di spinta attiva - Form. la Mononobe e Okabe)

SPt = 5,924 kN Spinta delle terre

Azione variabile prevalente :

SPtx = 5,83 kN Componente orizzontale della spinta  
SPqx = 0 kN Componente orizzontale dovuta ai carichi sul terrapieno  
Fi\_z = 0,51 kN Forza di inerzia della zavorra  
Fi\_p = 0,71 kN Forza di inerzia della parete  
Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone  
SPw = 0 kN Componente dovuta alla falda  
Fx\_A = 0 kN Componente dovuta alle azioni esterne Fx

SPtz = 1,03 kN Componente verticale della spinta  
SPqz = 0 kN Componente verticale dovuta ai carichi sul terrapieno  
Pp\_p = 9 kN Peso di calcolo della parete  
Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone  
Fz\_A = 0 kN Componente normale dovuta alle azioni esterne Fz

bSPtz = 0,4 m (braccio della Stx)  
bSPtx = 0,15 m (braccio della Stz)  
bSPqz = 0 m (braccio della Sqx)  
bSPqx = 0,15 m (braccio della Sqz)  
bFi\_z = 0,62 m (braccio forza di inerzia della zavorra)  
bFi\_p = 0,62 m (braccio forza di inerzia della parete)  
bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)  
bSPw = 0 m (braccio spinta della falda)

## II. RIBALTAMENTO - CASO STATICO

verifiche stabilit<sup>o</sup> locale

<< APPROCCIO 2 >>

A1 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$G1, sf = 1,3$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \alpha = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$G2, sf = 1,5$	$\alpha, d = \text{Arctan}[\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q, sf = 1,5$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot G1 = 23,4 \text{ kN/mc}$
$P_{spec, at, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$G1, f = 1$	$P_{spec, at, d} = P_{spec, at, k} \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$G2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k \cdot coes = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k / coesND = 0 \text{ kN/mq}$
	$\alpha = 1$	
	$coes = 1$	
	$coesND = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\phi/4 + \alpha/2)$  nel caso di spinta attiva)

Kh = 0 Condizione di carico statica

Kv = 0 Condizione di carico statica

Ka = 0,3852 (Coeff. di spinta attiva - Form. la M<sup>a</sup>ler-Breslau)

S<sub>Pt</sub> = 12,808 kN Spinta delle terre

S<sub>Ptx</sub> = 12,61 kN Componente orizzontale della spinta S<sub>t</sub>

S<sub>Pqx</sub> = 0 kN Componente orizzontale della spinta S<sub>q</sub>

F<sub>i\_z</sub> = 0 kN Forza di inerzia della zavorra

F<sub>i\_s</sub> = 0 kN Forza di inerzia della suola

F<sub>i\_p</sub> = 0 kN Forza di inerzia della parete

F<sub>i\_d</sub> = 0 kN Forza di inerzia del dente

F<sub>i\_g</sub> = 0 kN Forza di inerzia del gradone

b<sub>S<sub>Ptz</sub></sub> = 0,56 m (braccio della S<sub>Ptz</sub>)

b<sub>S<sub>Pqz</sub></sub> = 0 m (braccio della spinta S<sub>Pqx</sub>)

b<sub>F<sub>i\_z</sub></sub> = 1,02 m (braccio forza di inerzia della zavorra)

b<sub>F<sub>i\_s</sub></sub> = 0,2 m (braccio forza di inerzia della suola)

b<sub>F<sub>i\_p</sub></sub> = 1,02 m (braccio forza di inerzia della parete)

b<sub>F<sub>i\_d</sub></sub> = 0 m (braccio forza di inerzia del dente)

b<sub>F<sub>i\_g</sub></sub> = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

S<sub>Ptz</sub> = 1,71 kN Componente verticale della spinta S<sub>Pt</sub>

S<sub>Pqz</sub> = 0 kN Componente verticale della spinta S<sub>Pq</sub>

P<sub>p\_z</sub> = 6,71 kN Peso di calcolo della zavorra

P<sub>p\_s</sub> = 10 kN Peso di calcolo della suola

P<sub>p\_p</sub> = 9,38 kN Peso di calcolo della parete

P<sub>p\_d</sub> = 0 kN Peso di calcolo del dente

P<sub>p\_g</sub> = 0 kN Peso di calcolo del gradone

b<sub>S<sub>Ptx</sub></sub> = 1 m (braccio della S<sub>Ptz</sub>)

b<sub>S<sub>Pqx</sub></sub> = 1 m (braccio della S<sub>Pqz</sub>)

b<sub>F<sub>p\_z</sub></sub> = 0,85 m (braccio peso di calcolo della zavorra)

b<sub>F<sub>p\_s</sub></sub> = 0,5 m (braccio peso di calcolo della suola)

b<sub>F<sub>p\_p</sub></sub> = 0,55 m (braccio peso di calcolo della parete)

b<sub>F<sub>p\_d</sub></sub> = 0 m (braccio peso di calcolo del dente)

b<sub>F<sub>p\_g</sub></sub> = 0 m (braccio peso di calcolo del gradone)

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

M<sub>rib\_T</sub> = 7,09 kN.m Momento ribaltante dovuto a spinta terre e sistema muro

M<sub>rib\_C</sub> = 0 kN.m Momento ribaltante dovuto ai carichi sul terrapieno

MR = 7,09 kN.m Momento ribaltante totale

M<sub>stab\_T</sub> = 17,58 kN.m Momento stabilizzante dovuto a terrapieno e sistema muro

M<sub>stab\_C</sub> = 0 kN.m Momento stabilizzante dovuto ai carichi sul terrapieno

MS = 17,58 kN.m Momento stabilizzante totale

.R = 1,15 Coeff. R3 Tab. 6.5.I che si applica agli effetti delle azioni stabilizzanti

MS<sub>red</sub> = MS / .R = 15,29 kN.m (MS ridotto col coeff. R3)

M<sub>ext</sub> = 0 kN.m Momento dovuto alle forze esterne applicate al muro

### VERIFICA

Coeff. di sicurezza a Ribaltamento

MS<sub>red</sub> / MR = 2,157

## II. RIBALTAMENTO - CASO SISMA Kv+

verifiche stabilit<sup>o</sup> locale

<< APPROCCIO 2 >>

1,00 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$\cdot G1, sf = 1$	$\tan(-, d) = \tan(-, k) / \cdot \therefore = 0,58$
$\tan(-, k) = 0,58$	$\cdot G2, sf = 1$	$\therefore, d = \text{Arctan} [\tan(-, d)] = 30^\circ$
$P_{\text{spec}, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$\cdot Q, sf = 1$	$P_{\text{spec}, d} = P_{\text{spec}, k} \cdot \cdot G1 = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{\text{specSat}, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$\cdot G1, f = 1$	$P_{\text{specSat}, d} = P_{\text{specSat}, k} \cdot \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$C_{\text{oes}, k} = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot G2, f = 0,8$	$C_{\text{oes}, d} = C_{\text{oes}, k} / \cdot \cdot \text{coes} = 0 \text{ kN/mq}$
$C_{\text{oesND}, k} = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot Q, f = 0$	$C_{\text{oesND}, d} = C_{\text{oesND}, k} / \cdot \cdot \text{coesND} = 0 \text{ kN/mq}$
	$\therefore = 1$	
	$\cdot \text{coes} = 1$	
	$\cdot \text{coesND} = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)

Ss = 1,5 (Coeff. di amplificaz. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))

St = 1 (Coeff. di amplificaz. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))

$\phi_m = 0,57$  (Coeff. riduzione acceler. massima per Ribaltamento (NTC 7.11.6.2.1))

amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito =  $\text{agg} \cdot Ss \cdot St$ )

Kh = 0,118845 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot \text{amax}$ )

Kv = 0,0594225 (Coeff. sismico per la componente verticale =  $0,5 \cdot Kh$ )

KAE = 0,5175 (Coeff. di spinta attiva - Form.la Mononobe e Okabe)

SPT = 14,021 kN Spinta delle terre

SPTx = 13,81 kN Componente orizzontale della spinta St

SPqx = 0 kN Componente orizzontale della spinta Sq

Fi\_z = 0,85 kN Forza di inerzia della zavorra

Fi\_s = 1,26 kN Forza di inerzia della suola

Fi\_p = 1,18 kN Forza di inerzia della parete

Fi\_d = 0 kN Forza di inerzia del dente

Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

bSPtz = 0,56 m (braccio della SPTx)

bSPqz = 0 m (braccio della spinta SPqx)

bFi\_z = 1,02 m (braccio forza di inerzia della zavorra)

bFi\_s = 0,2 m (braccio forza di inerzia della suola)

bFi\_p = 1,02 m (braccio forza di inerzia della parete)

bFi\_d = 0 m (braccio forza di inerzia del dente)

bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

SPTz = 2,43 kN Componente verticale della spinta SPT

SPqz = 0 kN Componente verticale della spinta SPq

Pp\_z = 7,11 kN Peso di calcolo della zavorra

Pp\_s = 10,59 kN Peso di calcolo della suola

Pp\_p = 9,93 kN Peso di calcolo della parete

Pp\_d = 0 kN Peso di calcolo del dente

Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

bSPtx = 1 m (braccio della SPTz)

bSPqx = 1 m (braccio della SPqz)

bFp\_z = 0,85 m (braccio peso di calcolo della zavorra)

bFp\_s = 0,5 m (braccio peso di calcolo della suola)

bFp\_p = 0,55 m (braccio peso di calcolo della parete)

bFp\_d = 0 m (braccio peso di calcolo del dente)

bFp\_g = 0 m (braccio peso di calcolo del gradone)

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

Mrib\_T = 10,08 kN.m Momento ribaltante dovuto a spinta terre e sistema muro

Mrib\_C = 0 kN.m Momento ribaltante dovuto ai carichi sul terrapieno

MR = 10,08 kN.m Momento ribaltante totale

Mstab\_T = 19,25 kN.m Momento stabilizzante dovuto a terrapieno e sistema muro

Mstab\_C = 0 kN.m Momento stabilizzante dovuto ai carichi sul terrapieno

MS = 19,25 kN.m Momento stabilizzante totale

$\cdot R = 1$  Coeff. R3 Tab. 7.11.III che si applica agli effetti delle azioni stabilizzanti

MSred = MS /  $\cdot R = 19,25 \text{ kN.m}$  (MS ridotto col coeff. R3)

Mext = 0 kN.m Momento dovuto alle forze esterne applicate al muro

### VERIFICA

Coeff. di sicurezza a Ribaltamento

MSred / MR = 1,909



## II. RIBALTAMENTO - CASO SISMA Kv- verifiche stabilit  locale

<< APPROCCIO 2 >>

1,00 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$G1, sf = 1$	$\tan(-, d) = \tan(-, k) / \therefore = 0,58$
$\tan(-, k) = 0,58$	$G2, sf = 1$	$-, d = \text{Arctan} [\tan(-, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q, sf = 1$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot G1 = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{specSat, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$G1, f = 1$	$P_{specSat, d} = P_{specSat, k} \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$G2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k \cdot coes = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k \cdot coesND = 0 \text{ kN/mq}$
	$\therefore = 1$	
	$coes = 1$	
	$coesND = 1$	

### Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)  
 = 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)  
 = 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)  
 $\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)  
 = 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)  
 Ss = 1,5 (Coeff. di amplificaz. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))  
 St = 1 (Coeff. di amplificaz. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))  
 $\phi_m = 0,57$  (Coeff. riduzione acceler. massima per Ribaltamento (NTC 7.11.6.2.1))  
 amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito =  $agg \cdot Ss \cdot St$ )  
 Kh = 0,118845 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot amax$ )  
 Kv = -0,0594225 (Coeff. sismico per la componente verticale =  $0,5 \cdot Kh$ )

KAE = 0,5397 (Coeff. di spinta attiva - Form.la Mononobe e Okabe)

SPT = 12,983 kN Spinta delle terre

SPTx = 12,79 kN Componente orizzontale della spinta St  
 SPqx = 0 kN Componente orizzontale della spinta Sq  
 Fi\_z = 0,75 kN Forza di inerzia della zavorra  
 Fi\_s = 1,12 kN Forza di inerzia della suola  
 Fi\_p = 1,05 kN Forza di inerzia della parete  
 Fi\_d = 0 kN Forza di inerzia del dente  
 Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

bSPtz = 0,56 m (braccio della SPTx)  
 bSPqz = 0 m (braccio della spinta SPqx)  
 bFi\_z = 1,02 m (braccio forza di inerzia della zavorra)  
 bFi\_s = 0,2 m (braccio forza di inerzia della suola)  
 bFi\_p = 1,02 m (braccio forza di inerzia della parete)  
 bFi\_d = 0 m (braccio forza di inerzia del dente)  
 bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

SPTz = 2,25 kN Componente verticale della spinta SPT  
 SPqz = 0 kN Componente verticale della spinta SPq  
 Pp\_z = 6,31 kN Peso di calcolo della zavorra  
 Pp\_s = 9,41 kN Peso di calcolo della suola  
 Pp\_p = 8,82 kN Peso di calcolo della parete  
 Pp\_d = 0 kN Peso di calcolo del dente  
 Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

bSPtx = 1 m (braccio della SPTz)  
 bSPqx = 1 m (braccio della SPqz)  
 bFp\_z = 0,85 m (braccio peso di calcolo della zavorra)  
 bFp\_s = 0,5 m (braccio peso di calcolo della suola)  
 bFp\_p = 0,55 m (braccio peso di calcolo della parete)  
 bFp\_d = 0 m (braccio peso di calcolo del dente)  
 bFp\_g = 0 m (braccio peso di calcolo del gradone)

### AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

Mrib\_T = 9,25 kN.m Momento ribaltante dovuto a spinta terre e sistema muro  
 Mrib\_C = 0 kN.m Momento ribaltante dovuto ai carichi sul terrapieno  
 MR = 9,25 kN.m Momento ribaltante totale  
 Mstab\_T = 17,18 kN.m Momento stabilizzante dovuto a terrapieno e sistema muro  
 Mstab\_C = 0 kN.m Momento stabilizzante dovuto ai carichi sul terrapieno  
 MS = 17,18 kN.m Momento stabilizzante totale

:R = 1 Coeff. R3 Tab. 7.11.III che si applica agli effetti delle azioni stabilizzanti

MSred = MS / :R = 17,18 kN.m (MS ridotto col coeff. R3)

Mext = 0 kN.m Momento dovuto alle forze esterne applicate al muro

### VERIFICA

Coeff. di sicurezza a Ribaltamento  
 MSred / MR = 1,858

### III. SCORRIMENTO - CASO STATICO

verifiche stabilit<sup>o</sup> locale

<< APPROCCIO 2 >>

A1 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$G1, sf = 1,3$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \alpha = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$G2, sf = 1,5$	$\alpha, d = \text{Arctan}[\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q, sf = 1,5$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot G1 = 23,4 \text{ kN/mc}$
$P_{spec, at, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$G1, f = 1$	$P_{spec, at, d} = P_{spec, at, k} \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$G2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k / \alpha = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k / \alpha = 0 \text{ kN/mq}$
	$\alpha = 1$	
	$\alpha = 1$	
	$\alpha = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + \alpha/2)$  nel caso di spinta attiva)

Kh = 0 Condizione di carico statica

Kv = 0 Condizione di carico statica

Ka = 0,3852 (Coeff. di spinta attiva - Form. la M<sup>a</sup>ler-Breslau)

S<sub>Pt</sub> = 12,808 kN Spinta delle terre

Kf =  $\tan(\alpha, k) / \alpha = 0,577$  Coeff. attrito suola - terreno

Kc = 0,5 Coes, k /  $\alpha = 0$  Coeff. attrito col terreno nei terreni coesivi

i = 0 Angolo d'inclinazione del piano di scorrimento ( $\theta$ )

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

S<sub>Ptx</sub> = 12,61 kN Componente orizzontale della spinta

S<sub>Pqx</sub> = 0 kN Componente dello scorrimento dovuta ai carichi sul terrapieno

F<sub>i\_z</sub> = 0 kN Forza di inerzia della zavorra

F<sub>i\_s</sub> = 0 kN Forza di inerzia della suola

F<sub>i\_p</sub> = 0 kN Forza di inerzia della parete

F<sub>i\_d</sub> = 0 kN Forza di inerzia del dente

F<sub>i\_g</sub> = 0 kN Forza di inerzia del gradone

F<sub>x\_A</sub> = 0 kN Componente dello scorrimento dovuta alle azioni esterne F<sub>x</sub>

F<sub>p\_F</sub> = -0,44 kN Spinta passiva sulla suola a valle

F<sub>p\_D</sub> = 0 kN Spinta passiva sul dente

FS = 12,17 kN Forza complessiva che genera lo scorrimento

S<sub>Ptz</sub> = 1,71 kN Componente verticale della spinta

S<sub>Pqz</sub> = 0 kN Componente verticale della spinta dovuta ai carichi sul terrapieno

P<sub>p\_z</sub> = 6,71 kN Peso di calcolo della zavorra

P<sub>p\_s</sub> = 10 kN Peso di calcolo della suola

P<sub>p\_p</sub> = 9,38 kN Peso di calcolo della parete

P<sub>p\_d</sub> = 0 kN Peso di calcolo del dente

P<sub>p\_g</sub> = 0 kN Peso di calcolo del gradone

F<sub>s\_Q</sub> = 0 kN Carichi permanenti sulla zavorra

F<sub>z\_A</sub> = 0 kN Componente normale dovuta alle azioni esterne F<sub>z</sub>

B = 1 m Larghezza della suola

FN = 27,8 kN Forza complessiva normale al piano di scorrimento

FR = FN \* Kf + B \* Kc = 16,05 kN Forza che impedisce lo scorrimento

$\alpha = 1,1$  Coeff. R3 Tab. 6.5.1 che si applica alle resistenze di progetto

FR<sub>red</sub> = FR /  $\alpha = 14,59 \text{ kN}$  (FR ridotta col coeff. R3)

#### VERIFICA

Coeff. di sicurezza Scorrimento

FR<sub>red</sub> / FS = 1,199

### III. SCORRIMENTO - CASO SISMA Kv+

verifiche stabilit<sup>o</sup> locale

<< APPROCCIO 2 >>

1,00 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$\cdot G1, sf = 1$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \cdot \alpha = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$\cdot G2, sf = 1$	$\alpha, d = \text{Arctan}[\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$\cdot Q, sf = 1$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot \cdot G1 = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{spec, at, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$\cdot G1, f = 1$	$P_{spec, at, d} = P_{spec, at, k} \cdot \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot G2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k / \cdot coes = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$\cdot Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k / \cdot coesND = 0 \text{ kN/mq}$
	$\cdot \alpha = 1$	
	$\cdot coes = 1$	
	$\cdot coesND = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)

Ss = 1,5 (Coeff. di amplificaz. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))

St = 1 (Coeff. di amplificaz. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))

$\phi_m = 0,38$  (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC 7.11.6.2.1))

amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito =  $agg \cdot Ss \cdot St$ )

Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot amax$ )

Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale =  $0,5 \cdot Kh$ )

KAE = 0,4679 (Coeff. di spinta attiva - Form. la Mononobe e Okabe)

SPT = 12,441 kN Spinta delle terre

Kf =  $\tan(\alpha, k) / \cdot \alpha = 0,577$  Coeff. attrito suola - terreno

Kc = 0,5 Coes, k /  $\cdot coes = 0$  Coeff. attrito col terreno nei terreni coesivi

i = 0 Angolo d'inclinazione del piano di scorrimento (°)

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

SPTx = 12,25 kN Componente orizzontale della spinta

SPQx = 0 kN Componente dello scorrimento dovuta ai carichi sul terrapieno

Fi\_z = 0,55 kN Forza di inerzia della zavorra

Fi\_s = 0,82 kN Forza di inerzia della suola

Fi\_p = 0,77 kN Forza di inerzia della parete

Fi\_d = 0 kN Forza di inerzia del dente

Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

Fx\_A = 0 kN Componente dello scorrimento dovuta alle azioni esterne Fx

Fp\_F = -0,5 kN Spinta passiva sulla suola a valle

Fp\_D = 0 kN Spinta passiva sul dente

FS = 13,9 kN Forza complessiva che genera lo scorrimento

SPTz = 2,16 kN Componente verticale della spinta

SPQz = 0 kN Componente verticale della spinta dovuta ai carichi sul terrapieno

Pp\_z = 6,98 kN Peso di calcolo della zavorra

Pp\_s = 10,4 kN Peso di calcolo della suola

Pp\_p = 9,75 kN Peso di calcolo della parete

Pp\_d = 0 kN Peso di calcolo del dente

Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

Fs\_Q = 0 kN Carichi permanenti sulla zavorra

Fz\_A = 0 kN Componente normale dovuta alle azioni esterne Fz

B = 1 m Larghezza della suola

FN = 29,28 kN Forza complessiva normale al piano di scorrimento

FR =  $FN \cdot Kf + B \cdot Kc = 16,9 \text{ kN}$  Forza che impedisce lo scorrimento

$\cdot R = 1$  Coeff. R3 Tab. 7.11.III che si applica alle resistenze di progetto

FRred =  $FR / \cdot R = 16,9 \text{ kN}$  (FR ridotta col coeff. R3)

### VERIFICA

Coeff. di sicurezza Scorrimento

FRred / FS = 1,217

### III. SCORRIMENTO - CASO SISMA Kv- verifiche stabilit  locale

<< APPROCCIO 2 >>

1,00 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$\alpha_1, sf = 1$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \alpha_1 = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$\alpha_2, sf = 1$	$\alpha, d = \arctan[\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q, sf = 1$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot \alpha_1 = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{spec, at, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$\alpha_1, f = 1$	$P_{spec, at, d} = P_{spec, at, k} \cdot \alpha_1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$\alpha_2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k / \alpha_2 = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k / \alpha_2 = 0 \text{ kN/mq}$
	$\alpha_1 = 1$	
	$\alpha_2 = 1$	
	$\alpha_2 = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)

Ss = 1,5 (Coeff. di amplificaz. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))

St = 1 (Coeff. di amplificaz. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))

$\phi_m = 0,38$  (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC 7.11.6.2.1))

amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito = agg . Ss . St)

Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot amax$ )

Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale = 0,5 . Kh)

KAE = 0,476 (Coeff. di spinta attiva - Form. la Mononobe e Okabe)

SPT = 11,691 kN Spinta delle terre

Kf =  $\tan(\alpha, k) / \alpha_1 = 0,577$  Coeff. attrito suola - terreno

Kc = 0,5 Coes, k /  $\alpha_2 = 0$  Coeff. attrito col terreno nei terreni coesivi

i = 0 Angolo d'inclinazione del piano di scorrimento ( )

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

SPTx = 11,51 kN Componente orizzontale della spinta

SPqx = 0 kN Componente dello scorrimento dovuta ai carichi sul terrapieno

Fi\_z = 0,51 kN Forza di inerzia della zavorra

Fi\_s = 0,76 kN Forza di inerzia della suola

Fi\_p = 0,71 kN Forza di inerzia della parete

Fi\_d = 0 kN Forza di inerzia del dente

Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

Fx\_A = 0 kN Componente dello scorrimento dovuta alle azioni esterne Fx

Fp\_F = -0,51 kN Spinta passiva sulla suola a valle

Fp\_D = 0 kN Spinta passiva sul dente

FS = 12,99 kN Forza complessiva che genera lo scorrimento

SPTz = 2,03 kN Componente verticale della spinta

SPqz = 0 kN Componente verticale della spinta dovuta ai carichi sul terrapieno

Pp\_z = 6,45 kN Peso di calcolo della zavorra

Pp\_s = 9,6 kN Peso di calcolo della suola

Pp\_p = 9 kN Peso di calcolo della parete

Pp\_d = 0 kN Peso di calcolo del dente

Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

Fs\_Q = 0 kN Carichi permanenti sulla zavorra

Fz\_A = 0 kN Componente normale dovuta alle azioni esterne Fz

B = 1 m Larghezza della suola

FN = 27,08 kN Forza complessiva normale al piano di scorrimento

FR = FN \* Kf + B \* Kc = 15,64 kN Forza che impedisce lo scorrimento

$\alpha_1 = 1$  Coeff. R3 Tab. 7.11.III che si applica alle resistenze di progetto

FRred = FR /  $\alpha_1 = 15,64 \text{ kN}$  (FR ridotta col coeff. R3)

### VERIFICA

Coeff. di sicurezza Scorrimento

FRred / FS = 1,204

#### IV. CARICO LIMITE - CASO STATICO

verifica terreno fondale

<< APPROCCIO 2>>

A1 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$G1, sf = 1,3$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \alpha = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$G2, sf = 1,5$	$\alpha, d = \text{Arctan} [\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q, sf = 1,5$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot G1 = 23,4 \text{ kN/mc}$
$P_{specSat, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$G1, f = 1$	$P_{specSat, d} = P_{specSat, k} \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$G2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k / \alpha = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k / \alpha = 0 \text{ kN/mq}$
	$\alpha = 1$	
	$\alpha = 1$	
	$\alpha = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\alpha/4 + \alpha/2)$  nel caso di spinta attiva)

Kh = 0 Condizione di carico statica

Kv = 0 Condizione di carico statica

Ka = 0,3852 (Coeff. di spinta attiva - Form. la Moller-Breslau)

SPT = 12,808 kN Spinta delle terre

SPTx = 12,61 kN Componente orizzontale della spinta St

SPqx = 0 kN Componente orizzontale della spinta Sq

Fi\_z = 0 kN Forza di inerzia della zavorra

Fi\_s = 0 kN Forza di inerzia della suola

Fi\_p = 0 kN Forza di inerzia della parete

Fi\_d = 0 kN Forza di inerzia del dente

Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

bSPTz = 0,56 m (braccio della SPTz)

bSPqz = 0 m (braccio della spinta SPqx)

bFi\_z = 1,02 m (braccio forza di inerzia della zavorra)

bFi\_s = 0,2 m (braccio forza di inerzia della suola)

bFi\_p = 1,02 m (braccio forza di inerzia della parete)

bFi\_d = 0 m (braccio forza di inerzia del dente)

bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

SPTz = 2,22 kN Componente verticale della spinta SPT

SPqz = 0 kN Componente verticale della spinta SPq

Fs\_Q = 0 kN Carichi permanenti sulla zavorra

Pp\_z = 8,72 kN Peso di calcolo della zavorra

Pp\_s = 13 kN Peso di calcolo della suola

Pp\_p = 12,19 kN Peso di calcolo della parete

Pp\_d = 0 kN Peso di calcolo del dente

Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

bSPTx = 1 m (braccio della SPTz)

bSPqx = 1 m (braccio della SPqz)

bFp\_z = 0,85 m (braccio peso di calcolo della zavorra)

bFp\_s = 0,5 m (braccio peso di calcolo della suola)

bFp\_p = 0,55 m (braccio peso di calcolo della parete)

bFp\_d = 0 m (braccio peso di calcolo del dente)

bFp\_g = 0 m (braccio peso di calcolo del gradone)

Fx\_A = 0 kN Componente del taglio alla base dovuta alle azioni esterne Fx

Fz\_A = 0 kN Componente dell'azione normale alla base dovuta alle azioni esterne Fz

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

Mrib\_T = 7,09 kN.m Momento ribaltante dovuto a spinta terre e sistema muro

Mrib\_C = 0 kN.m Momento ribaltante dovuto ai carichi sul terrapieno

MR = 7,09 kN.m Momento ribaltante totale

Mstb\_T = 17,58 kN.m Momento stabilizzante dovuto a terrapieno e sistema muro

Mstb\_C = 0 kN.m Momento stabilizzante dovuto ai carichi sul terrapieno

MS = 17,58 kN.m Momento stabilizzante totale

Mext = 0 kN.m Momento dovuto alle forze esterne applicate al muro

Md = MS - MR = 10,5 kN.m Momento di calcolo alla base della suola

Nd = 36,14 kN Azione normale alla base della suola

Td = 12,61 kN Taglio alla base della suola

#### CALCOLO Qlim CON METODO VESIC

$$q_{lim} = coes \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c \cdot I_c \cdot B_c \cdot G_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q \cdot I_q \cdot B_q \cdot G_q + 0.5 \cdot B_{eff} \cdot \gamma_{T} \cdot N_g \cdot S_g \cdot D_g \cdot I_g \cdot B_g \cdot G_g + 10 \cdot H_w$$

Fattori capacità portante :  $N_q = 18,401$   $N_c = 30,14$   $N_g = 22,402$

Fattori di forma :  $S_q = 1,503$   $S_c = 1,532$   $S_g = 0,651$

Fattori di profondità :  $D_q = 1,133$   $D_c = 1,14$   $D_g = 1$

Fattori inclinazione carico :  $I_q = 0,525$   $I_c = 0,498$   $I_g = 0,342$

Fattori inclinazione del piano di campagna :  $B_q = 1$   $B_c = 1$   $B_g = 1$

Fattori inclinazione del piano di posa :  $G_q = 1$   $G_c = 1$   $G_g = 1$

$q = 7,2 \text{ kN/mq}$  (Tensione litostatica al piano di posa)

$u = 0,29 \text{ m}$  (Md/Nd)

$e = 0,21 \text{ m}$  (B/2 - u)

$B_{eff} = 0,87 \text{ m}$  (Larghezza efficace della fondazione)

$q_{lim} = 157,575 \text{ kN/mq} = 0,158 \text{ N/mmq}$

$$F_{lim} = q_{lim} \cdot B_{eff} = 137 \text{ kN/m}$$

R = 1,4 Coeff. R3 Tab. 6.5.I che si applica alle resistenze di progetto

Struttura R1.5

$F_{limred} = F_{lim} / \gamma_R = 98,07 \text{ kN}$  ( $F_{lim}$  ridotta col coeff.  $\gamma_R$ )

#### CALCOLO PRESSIONI SUL TERRENO

Campo eccentricit  :  $B/6 < e < B/2$

$t = B - 3 \cdot e = 3 \cdot e - B/2 = 0,13 \text{ m}$  (tratto della fondazione in trazione)

$\sigma_{ext} = 2 \cdot N_d / [B \cdot \sigma_{eff}] = 82,94 \text{ kN/mq} = 0,083 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{int} = 0 \text{ kN/mq} = 0 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{med} = 41,47 \text{ kN/mq} = 0,041 \text{ N/mm}^2$

$F_{max} = \sigma_{med} \cdot B_{eff} = 36 \text{ kN/m}$

#### VERIFICA

Coeff. di sicurezza Carico Limite

$F_{limred} / F_{max} = 2,714$

#### IV. CARICO LIMITE - CASO SISMA Kv+

verifica terreno fondale

<< APPROCCIO 2>>

1,00 - M1 - R3

$\alpha, k = 30^\circ$	$\gamma_{1, sf} = 1$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \gamma_{1, sf} = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$\gamma_{2, sf} = 1$	$\alpha, d = \arctan[\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q_{sf} = 1$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot \gamma_{1, sf} = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{spec, at, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$\gamma_{1, f} = 1$	$P_{spec, at, d} = P_{spec, at, k} \cdot \gamma_{1, f} = 0 \text{ kN/mc}$
$C_{oes, k} = 0 \text{ kN/mq}$	$\gamma_{2, f} = 0,8$	$C_{oes, d} = C_{oes, k} / \gamma_{2, f} = 0 \text{ kN/mq}$
$C_{oes, ND, k} = 0 \text{ kN/mq}$	$Q_f = 0$	$C_{oes, ND, d} = C_{oes, ND, k} / \gamma_{2, f} = 0 \text{ kN/mq}$
	$\gamma_{1, f} = 1$	
	$\gamma_{2, f} = 1$	
	$\gamma_{1, f} = 1$	
	$\gamma_{2, f} = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\phi/4 + \alpha/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)

Ss = 1,5 (Coeff. di amplificaz. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))

St = 1 (Coeff. di amplificaz. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))

$\phi_m = 0,38$  (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC 7.11.6.2.1))

amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito = agg . Ss . St)

Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot amax$ )

Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale = 0,5 . Kh)

KAE = 0,4679 (Coeff. di spinta attiva - Form.la Mononobe e Okabe)

Spt = 12,441 kN Spinta delle terre

Sptx = 12,25 kN Componente orizzontale della spinta St

SPqx = 0 kN Componente orizzontale della spinta Sq

Fi\_z = 0,55 kN Forza di inerzia della zavorra

Fi\_s = 0,82 kN Forza di inerzia della suola

Fi\_p = 0,77 kN Forza di inerzia della parete

Fi\_d = 0 kN Forza di inerzia del dente

Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

bSPtz = 0,56 m (braccio della SPtz)

bSPqz = 0 m (braccio della spinta SPqx)

bFi\_z = 1,02 m (braccio forza di inerzia della zavorra)

bFi\_s = 0,2 m (braccio forza di inerzia della suola)

bFi\_p = 1,02 m (braccio forza di inerzia della parete)

bFi\_d = 0 m (braccio forza di inerzia del dente)

bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

Sptz = 2,16 kN Componente verticale della spinta Spt

SPqz = 0 kN Componente verticale della spinta SPq

Fs\_Q = 0 kN Carichi permanenti sulla zavorra

Pp\_z = 6,98 kN Peso di calcolo della zavorra

Pp\_s = 10,4 kN Peso di calcolo della suola

Pp\_p = 9,75 kN Peso di calcolo della parete

Pp\_d = 0 kN Peso di calcolo del dente

Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

bSPtx = 1 m (braccio della SPtz)

bSPqx = 1 m (braccio della SPqz)

bFp\_z = 0,85 m (braccio peso di calcolo della zavorra)

bFp\_s = 0,5 m (braccio peso di calcolo della suola)

bFp\_p = 0,55 m (braccio peso di calcolo della parete)

bFp\_d = 0 m (braccio peso di calcolo del dente)

bFp\_g = 0 m (braccio peso di calcolo del gradone)

Fx\_A = 0 kN Componente del taglio alla base dovuta alle azioni esterne Fx

Fz\_A = 0 kN Componente dell'azione normale alla base dovuta alle azioni esterne Fz

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

Mrib\_T = 8,41 kN.m Momento ribaltante dovuto a spinta terre e sistema muro

Mrib\_C = 0 kN.m Momento ribaltante dovuto ai carichi sul terrapieno

MR = 8,41 kN.m Momento ribaltante totale

Mstb\_T = 18,66 kN.m Momento stabilizzante dovuto a terrapieno e sistema muro

Mstb\_C = 0 kN.m Momento stabilizzante dovuto ai carichi sul terrapieno

MS = 18,66 kN.m Momento stabilizzante totale

Mext = 0 kN.m Momento dovuto alle forze esterne applicate al muro

Md = MS - MR = 10,26 kN.m Momento di calcolo alla base della suola

Nd = 29,28 kN Azione normale alla base della suola

Td = 14,4 kN Taglio alla base della suola

#### CALCOLO Qlim CON METODO VESIC

$$q_{lim} = c_{oes} \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c \cdot I_c \cdot B_c \cdot G_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q \cdot I_q \cdot B_q \cdot G_q + 0,5 \cdot B_{eff} \cdot \gamma_{soil} \cdot N_g \cdot S_g \cdot D_g \cdot I_g \cdot B_g \cdot G_g + 10 \cdot H_w$$

Fattori capacità portante :  $N_q = 18,401$   $N_c = 30,14$   $N_g = 22,402$

Fattori di forma :  $S_q = 1,577$   $S_c = 1,611$   $S_g = 0,6$

Fattori di profondità :  $D_q = 1,115$   $D_c = 1,122$   $D_g = 1$

Fattori inclinazione carico :  $I_q = 0,362$   $I_c = 0,326$   $I_g = 0,184$

Fattori inclinazione del piano di campagna :  $B_q = 1$   $B_c = 1$   $B_g = 1$

Fattori inclinazione del piano di posa :  $G_q = 1$   $G_c = 1$   $G_g = 1$

q = 7,2 kN/mq (Tensione litostatica al piano di posa)

u = 0,35 m (Md/Nd)

e = 0,15 m (B/2 - u)

B<sub>eff</sub> = B = 1 m (Larghezza efficace della fondazione)

$$q_{lim} = 106,715 \text{ kN/mq} = 0,107 \text{ N/mm}$$

$$F_{lim} = q_{lim} \cdot B_{eff} = 107 \text{ kN/m}$$

$\gamma_R = 1,2$  Coeff. R3 Tab. 7.11.III che si applica alle resistenze di progetto

$$F_{limred} = F_{lim} / \gamma_R = 88,93 \text{ kN (Flim ridotta col coeff. R3)}$$

#### CALCOLO PRESSIONI SUL TERRENO

Campo eccentricit  :  $e \leq B / 6$

$$B_{eff} = B = 1 \text{ m}$$

$$q_{ext} = N_d / (B \cdot 1) \cdot (1 + 6 \cdot e / B) = 55,58 \text{ kN/mq} = 0,056 \text{ N/mm}$$

$$q_{int} = N_d / (B \cdot 1) \cdot (1 - 6 \cdot e / B) = 2,98 \text{ kN/mq} = 0,003 \text{ N/mm}$$

$$q_{med} = 29,28 \text{ kN/mq} = 0,029 \text{ N/mm}$$

$$F_{max} = q_{med} \cdot B_{eff} = 29 \text{ kN/m}$$

#### VERIFICA

Coeff. di sicurezza Carico Limite

$$F_{limred} / F_{max} = 3,037$$



IV. CARICO LIMITE - CASO SISMA Kv-  
verifica terreno fondale  
<< APPROCCIO 2>>

1,00 - M1 - R3

$\alpha = 30^\circ$	$G1, sf = 1$	$\tan(\alpha, d) = \tan(\alpha, k) / \alpha = 0,58$
$\tan(\alpha, k) = 0,58$	$G2, sf = 1$	$\alpha, d = \arctan[\tan(\alpha, d)] = 30^\circ$
$P_{spec, k} = 18 \text{ kN/mc}$	$Q, sf = 1$	$P_{spec, d} = P_{spec, k} \cdot G1 = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{spec, at, k} = 0 \text{ kN/mc}$	$G1, f = 1$	$P_{spec, at, d} = P_{spec, at, k} \cdot G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes, k = 0 \text{ kN/mq}$	$G2, f = 0,8$	$Coes, d = Coes, k / \alpha = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND, k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q, f = 0$	$CoesND, d = CoesND, k / \alpha = 0 \text{ kN/mq}$
	$\alpha = 1$	
	$\alpha = 1$	
	$\alpha = 1$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)  
= 10° (angolo attrito interfaccia terreno-muro)  
= 15,95° (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)  
 $\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)  
= 60° (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)  
Ss = 1,5 (Coeff. di amplificazione stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))  
St = 1 (Coeff. di amplificazione topografica (NTC Tabella 3.2.IV))  
 $\phi_m = 0,38$  (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC 7.11.6.2.1))  
amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito = agg . Ss . St)  
Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi_s \cdot amax$ )  
Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale = 0,5 . Kh)

KAE = 0,476 (Coeff. di spinta attiva - Form. la Mononobe e Okabe)

Spt = 11,691 kN Spinta delle terre

Sptx = 11,51 kN Componente orizzontale della spinta St  
SPqx = 0 kN Componente orizzontale della spinta Sq  
Fi\_z = 0,51 kN Forza di inerzia della zavorra  
Fi\_s = 0,76 kN Forza di inerzia della suola  
Fi\_p = 0,71 kN Forza di inerzia della parete  
Fi\_d = 0 kN Forza di inerzia del dente  
Fi\_g = 0 kN Forza di inerzia del gradone

bSPtz = 0,56 m (braccio della Sptx)  
bSPqz = 0 m (braccio della spinta SPqx)  
bFi\_z = 1,02 m (braccio forza di inerzia della zavorra)  
bFi\_s = 0,2 m (braccio forza di inerzia della suola)  
bFi\_p = 1,02 m (braccio forza di inerzia della parete)  
bFi\_d = 0 m (braccio forza di inerzia del dente)  
bFi\_g = 0 m (braccio forza di inerzia del gradone)

Sptz = 2,03 kN Componente verticale della spinta Spt  
SPqz = 0 kN Componente verticale della spinta SPq  
Fs\_Q = 0 kN Carichi permanenti sulla zavorra  
Pp\_z = 6,45 kN Peso di calcolo della zavorra  
Pp\_s = 9,6 kN Peso di calcolo della suola  
Pp\_p = 9 kN Peso di calcolo della parete  
Pp\_d = 0 kN Peso di calcolo del dente  
Pp\_g = 0 kN Peso di calcolo del gradone

bSPtx = 1 m (braccio della Sptz)  
bSPqx = 1 m (braccio della SPqz)  
bFp\_z = 0,85 m (braccio peso di calcolo della zavorra)  
bFp\_s = 0,5 m (braccio peso di calcolo della suola)  
bFp\_p = 0,55 m (braccio peso di calcolo della parete)  
bFp\_d = 0 m (braccio peso di calcolo del dente)  
bFp\_g = 0 m (braccio peso di calcolo del gradone)

Fx\_A = 0 kN Componente del taglio alla base dovuta alle azioni esterne Fx  
Fz\_A = 0 kN Componente dell'azione normale alla base dovuta alle azioni esterne Fz

AZIONE VARIABILE PREVALENTE :

Mrib\_T = 7,87 kN.m Momento ribaltante dovuto a spinta terre e sistema muro  
Mrib\_C = 0 kN.m Momento ribaltante dovuto ai carichi sul terrapieno  
MR = 7,87 kN.m Momento ribaltante totale  
Mstb\_T = 17,27 kN.m Momento stabilizzante dovuto a terrapieno e sistema muro  
Mstb\_C = 0 kN.m Momento stabilizzante dovuto ai carichi sul terrapieno  
MS = 17,27 kN.m Momento stabilizzante totale  
Mext = 0 kN.m Momento dovuto alle forze esterne applicate al muro

Md = MS - MR = 9,4 kN.m Momento di calcolo alla base della suola  
Nd = 27,08 kN Azione normale alla base della suola  
Td = 13,5 kN Taglio alla base della suola

CALCOLO Qlim CON METODO VESIC

$q_{lim} = coes \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c \cdot I_c \cdot B_c \cdot G_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q \cdot I_q \cdot B_q \cdot G_q + 0.5 \cdot B_{eff} \cdot \gamma \cdot N_g \cdot S_g \cdot D_g \cdot I_g \cdot B_g \cdot G_g + 10 \cdot H_w$   
Fattori capacità portante :  $N_q = 18,401$   $N_c = 30,14$   $N_g = 22,402$   
Fattori di forma :  $S_q = 1,577$   $S_c = 1,611$   $S_g = 0,6$   
Fattori di profondità :  $D_q = 1,115$   $D_c = 1,122$   $D_g = 1$   
Fattori inclinazione carico :  $I_q = 0,355$   $I_c = 0,318$   $I_g = 0,178$   
Fattori inclinazione del piano di campagna :  $B_q = 1$   $B_c = 1$   $B_g = 1$   
Fattori inclinazione del piano di posa :  $G_q = 1$   $G_c = 1$   $G_g = 1$   
q = 7,2 kN/mq (Tensione litostatica al piano di posa)  
u = 0,347 m (Md/Nd)  
e = 0,153 m (B/2 - u)  
B<sub>eff</sub> = B = 1 m (Larghezza efficace della fondazione)

$$q_{lim} = 104,369 \text{ kN/mq} = 0,104 \text{ N/mmq}$$

$$F_{lim} = q_{lim} \cdot B_{eff} = 104 \text{ kN/m}$$

$\gamma_R = 1,2$  Coeff. R3 Tab. 7.11.III che si applica alle resistenze di progetto

$$F_{limred} = F_{lim} / \gamma_R = 86,97 \text{ kN (Flim ridotta col coeff. R3)}$$

#### CALCOLO PRESSIONI SUL TERRENO

Campo eccentricit  :  $e \leq B / 6$

$$B_{eff} = B = 1 \text{ m}$$

$$q_{ext} = N_d / (B \cdot 1) \cdot (1 + 6 \cdot e / B) = 51,94 \text{ kN/mq} = 0,052 \text{ N/mmq}$$

$$q_{int} = N_d / (B \cdot 1) \cdot (1 - 6 \cdot e / B) = 2,23 \text{ kN/mq} = 0,002 \text{ N/mmq}$$

$$q_{med} = 27,08 \text{ kN/mq} = 0,027 \text{ N/mmq}$$

$$F_{max} = q_{med} \cdot B_{eff} = 27 \text{ kN/m}$$

#### VERIFICA

Coeff. di sicurezza Carico Limite

$$F_{limred} / F_{max} = 3,211$$

# V. STABILITA' GLOBALE - CASO STATICO

verifiche stabilit  globale  
<< APPROCCIO 1 - COMBINAZ. 2>>

A2 - M2 - R2 - (NTC 6.5.3.1.1)

$\gamma_k = 30^\circ$	$\gamma_{1,sf} = 1$	$\tan(-,d) = \tan(-,k) / \therefore = 0,46$
$\tan(-,k) = 0,58$	$\gamma_{2,sf} = 1,3$	$- ,d = \text{Arctan} [\tan(-,d)] = 24,79^\circ$
$P_{spec,k} = 18 \text{ kN/mc}$	$\gamma_{1,f} = 1$	$P_{spec,d} = P_{spec,k} \cdot \gamma_{1,f} = 18 \text{ kN/mc}$
$P_{specSat,k} = 0 \text{ kN/mc}$	$\gamma_{2,f} = 0,8$	$P_{specSat,d} = P_{specSat,k} \cdot \gamma_{2,f} = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes,k = 0 \text{ kN/mq}$	$Q_f = 0$	$Coes,d = Coes,k / \cdot coes = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND,k = 0 \text{ kN/mq}$	$\therefore = 1,25$	$CoesND,d = CoesND,k / \cdot coesND = 0 \text{ kN/mq}$
	$\cdot coes = 1,25$	
	$\cdot coesND = 1,4$	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10  (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95  (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi = 0^\circ$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 57,4  (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

Kh = 0 Condizione di carico statica

Kv = 0 Condizione di carico statica

Azione variabile prevalente :

## LEGENDA

Xc = Coord. X del centro circonferenza (m)

Zc = Coord. Z del centro circonferenza (m)

R = Raggio della circonferenza (m)

MS =  $\sqrt{MS_i}$  Momento stabilizzante totale (kN.m)

MR =  $\sqrt{MR_i}$  Momento ribaltante totale (kN.m)

K

ID	Xc	Zc	R	MS	MR	C
1	0	4,55	4,66	45,81	37,48	1,222
2	0	4,8	4,9	47,7	38,58	1,237
3	0	5,05	5,15	49,6	39,64	1,251
4	0	5,3	5,39	51,48	40,66	1,266
5	-0,25	4,55	4,72	45,02	36,73	1,226
6	-0,25	4,8	4,96	46,79	37,86	1,236
7	-0,25	5,05	5,2	48,54	38,87	1,249
8	-0,25	5,3	5,45	50,29	39,85	1,262
9	-0,5	4,55	4,79	45,12	36,03	1,252
10	-0,5	4,8	5,03	46,71	37,08	1,26
11	-0,5	5,05	5,27	48,32	38,13	1,267
12	-0,5	5,3	5,51	49,92	39,09	1,277
13	-0,75	4,55	4,87	46,16	35,41	1,304
14	-0,75	4,8	5,11	47,56	36,39	1,307
15	-0,75	5,05	5,34	48,98	37,36	1,311
16	-0,75	5,3	5,58	50,43	38,33	1,315

## LISTA CONCI

(numerazione a partire dai concii a valle)

Metodo : Fellenius

N  centri : 16

(\*) Valori per la superficie di scorrimento col minor coeff. di sicurezza

Centro ( X = 0 ; Z = 4,55 ) Raggio r = 4,66 m

## LEGENDA

S = Superficie del concio i-esimo (mq)

P = Peso complessivo sul concio i-esimo (kN)

Q = Porzione di carico sul terrapieno che grava sul concio i-esimo (kN)

B(x,z) = Coordinate del baricentro del concio i-esimo (m) nel riferimento globale

bi = Braccio della forza di inerzia del concio i-esimo rispetto al polo (m)

L = Lunghezza del lato inferiore (arco di circonferenza) del concio i-esimo (m)

= Inclinazione del lato inferiore del concio i-esimo ( )

ui = Pressione idrostatica alla base del concio (kN/mq)

MRi = Momento ribaltante concio i-esimo (kN.m)

MSi = Momento stabilizzante concio i-esimo (kN.m)

MRi = ( P + Q ) \* ( 1 - Kv ) \* Sin( ) - P \* Kh \* bi / r

MSi = c \* L + [ ( P + Q ) \* ( 1 - Kv ) \* Cos( ) - ( P \* Kh ) \* Sin( ) - ui \* L ] \* Tan(-)

ID	S	P	qa	Q	B(x,z)	bi	L	ui	MRi	MSi
1	0,029	0,51	0	0	-1,88;0,35	4,2	0,39	-24,64	-0,21	0,27
2	0,08	1,43	0	0	-1,57;0,28	4,27	0,38	-19,94	-0,49	0,78
3	0,119	2,15	0	0	-1,23;0,23	4,32	0,37	-15,38	-0,57	1,2
4	0,023	0,41	0	0	-1,03;0,2	4,35	0,06	-12,76	-0,09	0,23
5	0,126	2,27	0	0	-0,85;0,19	4,36	0,3	-10,55	-0,41	0,99
6	0,168	3,02	0	0	-0,53;0,16	4,39	0,36	-6,53	-0,34	1,33
7	0,177	3,19	0	0	-0,18;0,15	4,4	0,35	-2,17	-0,12	1,42
8	0,014	1,59	1,33	0	0,07;-0,05	4,6	0,13	0,82	0,02	0,71
9	0,014	1,58	1,33	0	0,2;-0,05	4,6	0,13	2,46	0,07	0,7
10	0,013	1,56	1,33	0	0,33;-0,05	4,6	0,13	4,1	0,11	0,69
11	0,009	4,28	4,12	0	0,45;-0,04	4,59	0,1	5,54	0,41	1,9
12	0,008	4,26	4,12	0	0,55;-0,04	4,59	0,1	6,78	0,5	1,88

13	0,006	4,24	4,12	0	0,65;-0,03	4,58	0,1	8,02	0	0,59	1,87
14	0,005	3,27	3,19	0	0,75;-0,02	4,57	0,1	9,27	0	0,53	1,44
15	0,003	3,29	3,24	0	0,84;-0,02	4,57	0,1	10,51	0	0,6	1,44
16	0,001	3,31	3,29	0	0,93;-0,01	4,56	0,1	11,77	0	0,67	1,44
17	0,682	12,28	0	0	1,2;0,9	3,65	0,42	14,97	0	3,17	5,28
18	0,677	12,19	0	0	1,61;1,02	3,53	0,43	20,19	0	4,21	5,09
19	0,655	11,78	0	0	2,01;1,16	3,39	0,45	25,59	0	5,09	4,73
20	0,613	11,03	0	0	2,41;1,33	3,22	0,47	31,25	0	5,72	4,2
21	0,548	9,86	0	0	2,81;1,52	3,03	0,51	37,28	0	5,97	3,49
22	0,454	8,17	0	0	3,21;1,75	2,8	0,56	43,84	0	5,66	2,62
23	0,321	5,77	0	0	3,61;2,03	2,52	0,65	51,26	0	4,5	1,61
24	0,121	2,18	0	0	3,96;2,33	2,22	0,81	60,24	0	1,89	0,48

VERIFICA  
Coeff. di sicurezza a Stabilit  globale  
 $MS = \sqrt{MS_i} = 45,809 \text{ kN.m}$   
 $MR = \sqrt{MR_i} = 37,485 \text{ kN.m}$   
 $MS / MR = 1,222$

# V. STABILITA' GLOBALE - CASO SISMA Kv+

verifiche stabilit globale  
<< APPROCCIO 1 - COMBINAZ. 2>>

1,00 - M2 - R2

$- ,k = 30\acute{e}$	$.G1, sf = 1$	$\tan(-,d) = \tan(-,k) / .\div = 0,46$
$\tan(-,k) = 0,58$	$.G2, sf = 1,3$	$- ,d = \text{Arctan} [\tan(-,d)] = 24,79\acute{e}$
$Pspec,k = 18 \text{ kN/mc}$	$.Q, sf = 1,3$	$Pspec,d = Pspec,k . .G1 = 18 \text{ kN/mc}$
$PspecSat,k = 0 \text{ kN/mc}$	$.G1, f = 1$	$PspecSat,d = PspecSat,k . .G1 = 0 \text{ kN/mc}$
$Coes,k = 0 \text{ kN/mq}$	$.G2, f = 0,8$	$Coes,d = Coes,k / .coes = 0 \text{ kN/mq}$
$CoesND,k = 0 \text{ kN/mq}$	$.Q, f = 0$	$CoesND,d = CoesND,k / .coesND = 0 \text{ kN/mq}$
	$.\div = 1,25$	
	$.coes = 1,25$	
	$.coesND = 1,4$	

## Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)  
= 10 $\acute{e}$  (angolo attrito interfaccia terreno-muro)  
= 15,95 $\acute{e}$  (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)  
 $\phi$  = 0 $\acute{e}$  (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)  
= 57,4 $\acute{e}$  (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)  
Ss = 1,5 (Coeff. di amplificaz. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))  
St = 1 (Coeff. di amplificaz. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))  
 $\phi$ m = 0,38 (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC Tabella 7.11.II))  
amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito = agg . Ss . St)  
Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi$ s . amax)  
Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale = 0,5 . Kh)

Azione variabile prevalente :

## LEGENDA

Xc = Coord. X del centro circonferenza (m)  
Zc = Coord. Z del centro circonferenza (m)  
R = Raggio della circonferenza (m)  
MS =  $\sqrt{MSi}$  Momento stabilizzante totale (kN.m)  
MR =  $\sqrt{MRi}$  Momento ribaltante totale (kN.m)  
K

ID	Xc	Zc	R	MS	MR	C
1	0	4,55	4,66	42,69	28,9	1,477
2	0	4,8	4,9	44,47	29,62	1,501
3	0	5,05	5,15	46,25	30,32	1,525
4	0	5,3	5,39	48,02	30,97	1,55
5	-0,25	4,55	4,72	41,96	28,22	1,487
6	-0,25	4,8	4,96	43,62	29	1,504
7	-0,25	5,05	5,2	45,26	29,67	1,526
8	-0,25	5,3	5,45	46,91	30,31	1,548
9	-0,5	4,55	4,79	42,08	27,47	1,532
10	-0,5	4,8	5,03	43,57	28,2	1,545
11	-0,5	5,05	5,27	45,07	28,92	1,558
12	-0,5	5,3	5,51	46,58	29,57	1,575
13	-0,75	4,55	4,87	43,1	26,65	1,617
14	-0,75	4,8	5,11	44,4	27,34	1,624
15	-0,75	5,05	5,34	45,73	28,02	1,632
16	-0,75	5,3	5,58	47,09	28,7	1,641

## LISTA CONCI

(numerazione a partire dai concia a valle)  
Metodo : Fellenius

Né centri : 16

(\*) Valori per la superficie di scorrimento col minor coeff. di sicurezza  
Centro (X = 0 ; Z = 4,55) Raggio r = 4,66 m

## LEGENDA

S = Superficie del concio i-esimo (mq)  
P = Peso complessivo sul concio i-esimo (kN)  
Q = Porzione di carico sul terrapieno che grava sul concio i-esimo (kN)  
B(x,z) = Coordinate del baricentro del concio i-esimo (m) nel riferimento globale  
bi = Braccio della forza di inerzia del concio i-esimo rispetto al polo (m)  
L = Lunghezza del lato inferiore (arco di circonferenza) del concio i-esimo (m)  
= Inclinazione del lato inferiore del concio i-esimo ( $\acute{e}$ )  
ui = Pressione idrostatica alla base del concio (kN/mq)  
MRi = Momento ribaltante concio i-esimo (kN.m)  
MSi = Momento stabilizzante concio i-esimo (kN.m)  
MRi =  $(P + Q) * (1 - Kv) * \sin( ) - P * Kh * bi / r$   
MSi =  $c * L + [(P + Q) * (1 - Kv) * \cos( ) - (P * Kh) * \sin( ) - ui * L] * \tan(-)$

ID	S	P	qa	Q	B(x,z)	bi	L		ui	MRi	MSi
1	0,029	0,51	0	0	-1,88;0,35	4,2	0,39	-24,64	0	-0,24	0,27
2	0,08	1,43	0	0	-1,57;0,28	4,27	0,38	-19,94	0	-0,57	0,77
3	0,119	2,15	0	0	-1,23;0,23	4,32	0,37	-15,38	0	-0,7	1,17
4	0,023	0,41	0	0	-1,03;0,2	4,35	0,06	-12,76	0	-0,12	0,23
5	0,126	2,27	0	0	-0,85;0,19	4,36	0,3	-10,55	0	-0,57	0,97
6	0,168	3,02	0	0	-0,53;0,16	4,39	0,36	-6,53	0	-0,55	1,29
7	0,177	3,19	0	0	-0,18;0,15	4,4	0,35	-2,17	0	-0,35	1,37
8	0,014	1,59	1,33	0	0,07;-0,05	4,6	0,13	0,82	0	-0,1	0,68

StruMuro R1.5

9	0,014	1,58	1,33	0	0,2;-0,05	4,6	0,13	2,46	0	-0,06	0,67
10	0,013	1,56	1,33	0	0,33;-0,05	4,6	0,13	4,1	0	-0,01	0,66
11	0,009	4,28	4,12	0	0,45;-0,04	4,59	0,1	5,54	0	0,06	1,81
12	0,008	4,26	4,12	0	0,55;-0,04	4,59	0,1	6,78	0	0,15	1,79
13	0,006	4,24	4,12	0	0,65;-0,03	4,58	0,1	8,02	0	0,24	1,77
14	0,005	3,27	3,19	0	0,75;-0,02	4,57	0,1	9,27	0	0,25	1,36
15	0,003	3,29	3,24	0	0,84;-0,02	4,57	0,1	10,51	0	0,32	1,36
16	0,001	3,31	3,29	0	0,93;-0,01	4,56	0,1	11,77	0	0,39	1,36
17	0,682	12,28	0	0	1,2;0,9	3,65	0,42	14,97	0	2,28	4,96
18	0,677	12,19	0	0	1,61;1,02	3,53	0,43	20,19	0	3,31	4,74
19	0,655	11,78	0	0	2,01;1,16	3,39	0,45	25,59	0	4,21	4,37
20	0,613	11,03	0	0	2,41;1,33	3,22	0,47	31,25	0	4,89	3,83
21	0,548	9,86	0	0	2,81;1,52	3,03	0,51	37,28	0	5,23	3,14
22	0,454	8,17	0	0	3,21;1,75	2,8	0,56	43,84	0	5,05	2,32
23	0,321	5,77	0	0	3,61;2,03	2,52	0,65	51,26	0	4,08	1,39
24	0,121	2,18	0	0	3,96;2,33	2,22	0,81	60,24	0	1,74	0,4

VERIFICA  
Coeff. di sicurezza a Stabilit  globale  
 $MS = \sqrt{MS_i} = 42,686 \text{ kN.m}$   
 $MR = \sqrt{MR_i} = 28,901 \text{ kN.m}$   
 $MS / MR = 1,477$

# V. STABILITA' GLOBALE - CASO SISMA Kv-

verifiche stabilit` globale

<< APPROCCIO 1 - COMBINAZ. 2>>

1,00 - M2 - R2

- ,k = 30é	.G1,sf = 1	$\tan(-,d) = \tan(-,k) / \therefore = 0,46$
$\tan(-,k) = 0,58$	.G2,sf = 1,3	$- ,d = \text{Arctan} [\tan(-,d)] = 24,79é$
Pspec,k = 18 kN/mc	.Q,sf = 1,3	Pspec,d = Pspec,k . .G1 = 18 kN/mc
PspecSat,k = 0 kN/mc	.G1,f = 1	PspecSat,d = PspecSat,k . .G1 = 0 kN/mc
Coes,k = 0 kN/mq	.G2,f = 0,8	Coes,d = Coes,k / .coes = 0 kN/mq
CoesND,k = 0 kN/mq	.Q,f = 0	CoesND,d = CoesND,k / .coesND = 0 kN/mq
	$\therefore = 1,25$	
	.coes = 1,25	
	.coesND = 1,4	

Parametri di calcolo

Ht = 169 cm (altezza paramento di calcolo)

= 10é (angolo attrito interfaccia terreno-muro)

= 15,95é (inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale)

$\phi$  = 0é (inclinazione del paramento rispetto alla verticale)

= 57,4é (inclinazione piano di rottura pari a  $(\omega/4 + -/2)$  nel caso di spinta attiva)

agg = 0,139 (Accelerazione orizzontale di riferimento per il sito ag/g)

Ss = 1,5 (Coeff. di amplificaz. stratigrafica (NTC Tabella 3.2.II))

St = 1 (Coeff. di amplificaz. topografica (NTC Tabella 3.2.IV))

$\phi$ m = 0,38 (Coeff. riduzione acceler. massima (NTC Tabella 7.11.II))

amax = 0,2085 (Accel. orizzontale massima di progetto per il sito = agg . Ss . St)

Kh = 0,07923 (Coeff. sismico per la componente orizzontale =  $\phi$ s . amax)

Kv = 0,039615 (Coeff. sismico per la componente verticale = 0,5 . Kh)

Azione variabile prevalente :

LEGENDA

Xc = Coord. X del centro circonferenza (m)

Zc = Coord. Z del centro circonferenza (m)

R = Raggio della circonferenza (m)

MS =  $\sqrt{MSi}$  Momento stabilizzante totale (kN.m)

MR =  $\sqrt{MRi}$  Momento ribaltante totale (kN.m)

K

ID	Xc	Zc	R	MS	MR	C
1	0	4,55	4,66	46,32	31,87	1,453
2	0	4,8	4,9	48,25	32,68	1,476
3	0	5,05	5,15	50,18	33,46	1,5
4	0	5,3	5,39	52,1	34,19	1,524
5	-0,25	4,55	4,72	45,53	31,13	1,463
6	-0,25	4,8	4,96	47,32	32	1,479
7	-0,25	5,05	5,2	49,11	32,75	1,5
8	-0,25	5,3	5,45	50,89	33,46	1,521
9	-0,5	4,55	4,79	45,66	30,32	1,506
10	-0,5	4,8	5,03	47,27	31,13	1,518
11	-0,5	5,05	5,27	48,9	31,94	1,531
12	-0,5	5,3	5,51	50,53	32,66	1,547
13	-0,75	4,55	4,87	46,75	29,46	1,587
14	-0,75	4,8	5,11	48,17	30,22	1,594
15	-0,75	5,05	5,34	49,61	30,98	1,601
16	-0,75	5,3	5,58	51,08	31,74	1,61

LISTA CONCI

(numerazione a partire dai concii a valle)

Metodo : Fellenius

Né centri : 16

(\*) Valori per la superficie di scorrimento col minor coeff. di sicurezza

Centro ( X = 0 ; Z = 4,55 ) Raggio r = 4,66 m

LEGENDA

S = Superficie del concio i-esimo (mq)

P = Peso complessivo sul concio i-esimo (kN)

Q = Porzione di carico sul terrapieno che grava sul concio i-esimo (kN)

B(x,z) = Coordinate del baricentro del concio i-esimo (m) nel riferimento globale

bi = Braccio della forza di inerzia del concio i-esimo rispetto al polo (m)

L = Lunghezza del lato inferiore (arco di circonferenza) del concio i-esimo (m)

= Inclinazione del lato inferiore del concio i-esimo (é)

ui = Pressione idrostatica alla base del concio (kN/mq)

MRi = Momento ribaltante concio i-esimo (kN.m)

MSi = Momento stabilizzante concio i-esimo (kN.m)

MRi = ( P + Q ) \* ( 1 - Kv ) \* Sin( ) - P \* Kh \* bi / r

MSi = c \* L + [ ( P + Q ) \* ( 1 - Kv ) \* Cos( ) - ( P \* Kh ) \* Sin( ) - ui \* L ] \* Tan(-)

ID	S	P	qa	Q	B(x,z)	bi	L		ui	MRi	MSi
1	0,029	0,51	0	0	-1,88;0,35	4,2	0,39	-24,64	0	-0,26	0,29
2	0,08	1,43	0	0	-1,57;0,28	4,27	0,38	-19,94	0	-0,61	0,83
3	0,119	2,15	0	0	-1,23;0,23	4,32	0,37	-15,38	0	-0,75	1,27
4	0,023	0,41	0	0	-1,03;0,2	4,35	0,06	-12,76	0	-0,13	0,25
5	0,126	2,27	0	0	-0,85;0,19	4,36	0,3	-10,55	0	-0,6	1,05
6	0,168	3,02	0	0	-0,53;0,16	4,39	0,36	-6,53	0	-0,58	1,4
7	0,177	3,19	0	0	-0,18;0,15	4,4	0,35	-2,17	0	-0,36	1,48
8	0,014	1,59	1,33	0	0,07;-0,05	4,6	0,13	0,82	0	-0,1	0,74

StruMuro R1.5

9	0,014	1,58	1,33	0	0,2;-0,05	4,6	0,13	2,46	0	-0,05	0,73
10	0,013	1,56	1,33	0	0,33;-0,05	4,6	0,13	4,1	0	-0,01	0,72
11	0,009	4,28	4,12	0	0,45;-0,04	4,59	0,1	5,54	0	0,1	1,96
12	0,008	4,26	4,12	0	0,55;-0,04	4,59	0,1	6,78	0	0,19	1,94
13	0,006	4,24	4,12	0	0,65;-0,03	4,58	0,1	8,02	0	0,28	1,92
14	0,005	3,27	3,19	0	0,75;-0,02	4,57	0,1	9,27	0	0,29	1,48
15	0,003	3,29	3,24	0	0,84;-0,02	4,57	0,1	10,51	0	0,37	1,48
16	0,001	3,31	3,29	0	0,93;-0,01	4,56	0,1	11,77	0	0,44	1,47
17	0,682	12,28	0	0	1,2;0,9	3,65	0,42	14,97	0	2,53	5,38
18	0,677	12,19	0	0	1,61;1,02	3,53	0,43	20,19	0	3,64	5,15
19	0,655	11,78	0	0	2,01;1,16	3,39	0,45	25,59	0	4,61	4,74
20	0,613	11,03	0	0	2,41;1,33	3,22	0,47	31,25	0	5,34	4,16
21	0,548	9,86	0	0	2,81;1,52	3,03	0,51	37,28	0	5,7	3,42
22	0,454	8,17	0	0	3,21;1,75	2,8	0,56	43,84	0	5,5	2,53
23	0,321	5,77	0	0	3,61;2,03	2,52	0,65	51,26	0	4,43	1,51
24	0,121	2,18	0	0	3,96;2,33	2,22	0,81	60,24	0	1,89	0,43

VERIFICA  
Coeff. di sicurezza a Stabilit  globale  
 $MS = \sqrt{MSi} = 46,315 \text{ kN.m}$   
 $MR = \sqrt{MRi} = 31,871 \text{ kN.m}$   
 $MS / MR = 1,453$



## VI. VERIFICA STRUTTURALE PARETE

### MATERIALI

#### CALCESTRUZZO

TIPO : C25/30

$\equiv$  = 25000 N/mc

$\gamma_c$  = 1,5

$f_{cd}$  = 14,11 N/mm<sup>2</sup>

E = 31447 N/mm<sup>2</sup>

$\nu$  = 0,2

G = 13101 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctd}$  = 1,71 N/mm<sup>2</sup>

$\alpha$  = 0,002

$\alpha_s$  = 0,0035

TIPO DIAGRAMMA = PARABOLA RETTANGOLO

#### ACCIAIO

TIPO : B450 C

$\equiv$  = 78500 N/mc

$\gamma_s$  = 1,15

$f_{yd}$  = 391,3 N/mm<sup>2</sup>

E = 200000 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_{yd}$  = -0,00196

$\epsilon_{su}$  = -0,0675

TIPO DIAGRAMMA = ELASTICO PERFETTAMENTE PLASTICO

### PARAMETRI

n<sup>o</sup> Sezioni Verifica = 4

Copriferro = 3 cm

% armatura minima = 0.2 %

### VERIFICA

#### LEGENDA :

ID : ID della sezione di verifica

z : Quota z (cm) della sezione di verifica a partire dallo spiccatto di fondazione

B : Base della sezione (cm); fissa per tutte = 100 cm

H : Altezza della sezione (cm) alla quota di verifica z

N : Azione Normale (kN) nella sezione di verifica; + se di compressione

T : Azione Taglio (kN) nella sezione di verifica

M : Momento (kN.m) nella sezione di verifica; + se tende le fibre a monte

TR : Taglio Resistente (kN)

MR(N) : Momento Resistente (kN.m); funzione di N nella verifica a pressoflessione

T/TR : Coeff. sicurezza a Taglio; verificato se < 1

M/MR : Coeff. sicurezza a Momento; verificato se < 1

As,min : Armatura minima nella sezione (cm<sup>2</sup>) pari a 2% B . d(altezza utile)

As : Armatura di progetto nella sezione (cm<sup>2</sup>)

C : Deformazione massima nel CLS compresso

C : Tensione massima nel CLS compresso (N/mm<sup>2</sup>)

S : Deformazione massima nell'ACCIAIO

S : Tensione massima nell'ACCIAIO (N/mm<sup>2</sup>) - Negativa se di trazione

Campo : Campo di rottura

### VERIFICA STRUTTURALE PARETE

ID	z	B	H	N	T	M	TR	MR(N)	T/TR	M/MR	As,min	As	C	C	S	S	campo
1	0	100	30	13,31	7,26	3,14	153,18	43,79	0,05	0,07	60	7,85	0,0035	14,11	-0,0384	-391,3	3
2	41,67	100	30	8,61	3,35	0,99	152,55	43,2	0,02	0,02	60	7,85	0,0035	14,11	-0,0387	-391,3	3
3	83,33	100	30	4,17	0,94	0,14	151,95	42,65	0,01	0	60	7,85	0,0035	14,11	-0,039	-391,3	3
4	125	100	30	0	0	0	151,39	42,13	0	0	60	7,85	0,0035	14,11	-0,0393	-391,3	3

## VII. VERIFICA STRUTTURALE SUOLA

### MATERIALI

#### CALCESTRUZZO

TIPO : C25/30

$\equiv$  = 25000 N/mc

$\alpha_c$  = 1,5

$f_{cd}$  = 14,11 N/mm<sup>2</sup>

E = 31447 N/mm<sup>2</sup>

$\nu$  = 0,2

G = 13101 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctd}$  = 1,71 N/mm<sup>2</sup>

$\alpha_{ct}$  = 0,002

$\alpha_{cs}$  = 0,0035

TIPO DIAGRAMMA = PARABOLA RETTANGOLO

#### ACCIAIO

TIPO : B450 C

$\equiv$  = 78500 N/mc

$\alpha_s$  = 1,15

$f_{yd}$  = 391,3 N/mm<sup>2</sup>

E = 200000 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_{yd}$  = -0,00196

$\epsilon_{su}$  = -0,0675

TIPO DIAGRAMMA = ELASTICO PERFETTAMENTE PLASTICO

### PARAMETRI

n<sup>o</sup> Sezioni Verifica = 4

Copriferro = 3 cm

% armatura minima = 0.2 %

### VERIFICA

#### LEGENDA :

ID : ID della sezione di verifica

z : Coordinata x (cm) della sezione di verifica a partire dal vertice basso sinistro della suola a valle

B : Base della sezione (cm); fissa per tutte = 100 cm

H : Altezza della sezione (cm) alla coordinata di verifica

T : Azione Taglio (kN) nella sezione di verifica

M : Momento (kN.m) nella sezione di verifica; + se tende le fibre a monte

TR : Taglio Resistente (kN)

MR : Momento Resistente (kN.m); nella verifica a flessione

T/TR : Coeff. sicurezza a Taglio; verificato se < 1

M/MR : Coeff. sicurezza a Momento; verificato se < 1

As,min : Armatura minima nella sezione (cm<sup>2</sup>) pari a 2% B . d(altezza utile)

As : Armatura di progetto nella sezione (cm<sup>2</sup>)

C : Deformazione massima nel CLS compresso

$\epsilon_c$  : Tensione massima nel CLS compresso (N/mm<sup>2</sup>)

S : Deformazione massima nell'ACCIAIO

$\epsilon_s$  : Tensione massima nell'ACCIAIO (N/mm<sup>2</sup>) - Negativa se di trazione

Campo : Campo di rottura

#### VERIFICA STRUTTURALE SUOLA ESTERNA (A VALLE)

ID	x	B	H	T	M	TR	MR(N)	T/TR	M/MR	As,min	As	C	$\epsilon_c$	S	$\epsilon_s$	campo
1	0	100	40	0	0	165,23	-57,5	0	0	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3
2	13,33	100	40	8,48	0,58	165,23	57,5	0,05	0,01	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3
3	26,67	100	40	15,27	2,19	165,23	57,5	0,09	0,04	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3
4	40	100	40	20,36	4,58	165,23	57,5	0,12	0,08	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3

#### VERIFICA STRUTTURALE SUOLA INTERNA (A MONTE - LATO TERRAPIENO)

ID	x	B	H	T	M	TR	MR(N)	T/TR	M/MR	As,min	As	C	$\epsilon_c$	S	$\epsilon_s$	campo
1	70	100	40	-11,23	-1,81	165,23	-57,5	0,07	0,03	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3
2	80	100	40	-8,17	-0,84	165,23	-57,5	0,05	0,01	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3
3	90	100	40	-4,21	-0,21	165,23	-57,5	0,03	0	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3
4	100	100	40	0	0	165,23	-57,5	0	0	80	7,85	0,0035	14,11	-0,0551	-391,3	3

## VIII. Normativa

- Legge 5 Novembre 1971 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica"
- Legge 2 Febbraio 1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" cos' come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 6 Giugno 2001 n. 380
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 9 Gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2008 (D.M. 14.01.2008)
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al D.M. 14.01.2008 (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)
- Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 (D.M. 17.01.2018) - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"

## IX. Metodo di calcolo

Il calcolo delle spinte sui muri di sostegno è strettamente legato all'interazione che avviene tra il manufatto e il terreno o meglio alle modalità con cui avvengono gli spostamenti reciproci che influenzano il regime di spinta.

Questo può essere di SPINTA ATTIVA o di SPINTA PASSIVA, a seconda di come il manufatto "trasla" rispetto al terreno. Semplificando, nel primo caso la struttura permette al terreno di espandersi lateralmente, nel secondo la struttura a premere sul terreno.

Da notare che per mobilitare la spinta attiva sono sufficienti piccoli spostamenti, mentre per mobilitare la spinta passiva occorrono grandi spostamenti (spesso non compatibili con la funzionalità dell'opera).

Può essere altresì definita una situazione nella quale non sono ammessi/previsti spostamenti del manufatto, perciò si parla di SPINTA A RIPOSO (es. nei muri di cantina).

Il modello di calcolo storico e più importante sul quale si basa la teoria del calcolo delle opere di sostegno è il Metodo di Coulomb (XVIII secolo), generalizzato e ampliato poi da vari studiosi tra cui Møller-Breslau (XX secolo) secondo specifiche ipotesi e condizioni al contorno tra cui le più importanti:

- Terrapieno in materiale omogeneo, anche con profilo inclinato, ma regolare (piano);
- Superficie del paramento a contatto col terreno piana, verticale o inclinata;
- Presenza di attrito nell'interfaccia terreno-muro;
- Superficie di scorrimento del cuneo di spinta piana e inclinata.

Il Software StruMURO permette di valutare sia le situazioni che rientrano nella teoria suddetta che le altre situazioni, spesso presenti nella realtà e nella pratica progettuale tra cui:

- Terrapieno dotato di coesione;
- Presenza di falda a qualsiasi quota;
- Terrapieno composto da una spezzata;
- Presenza di carichi uniformi e nastriformi sul terrapieno;
- Presenza di forze e coppie concentrate applicate al muro;

Le condizioni in cui si generano le spinte e la ricerca dei conseguenti stati di equilibrio possono essere di natura STATICA o SISMICA. In quest'ultimo caso la metodologia di calcolo più comunemente usata e riconosciuta anche nelle NTC è quella basata sulla teoria di Mononobe-Okabe. Quest'ultima può essere considerata una estensione del metodo di Coulomb e permette di valutare le spinte, con un approccio pseudo-statico, come delle forze statiche equivalenti che tengono conto delle azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

Il Software StruMURO applica le seguenti modalità e formulazioni per risolvere casi di dettaglio:

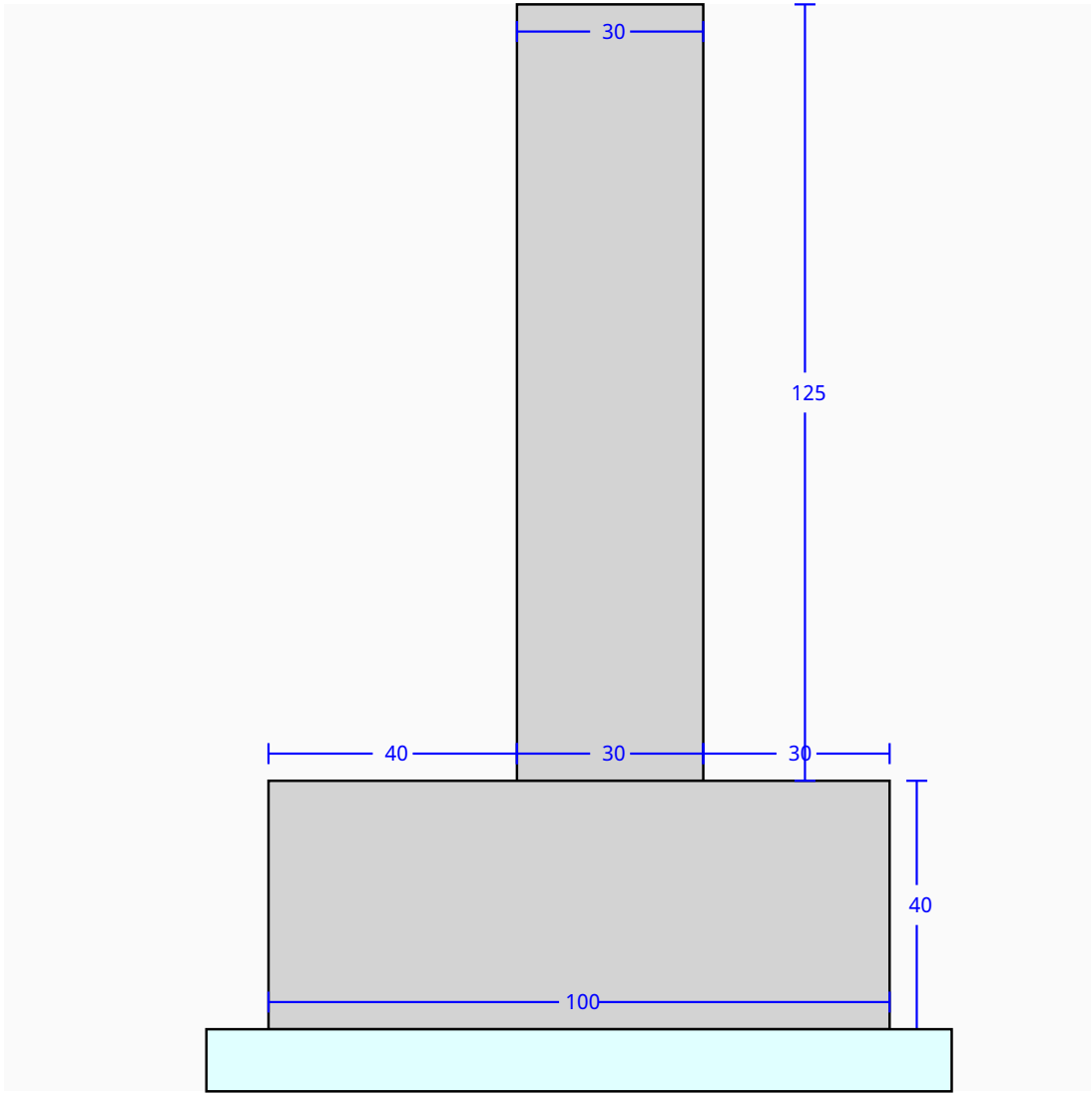
- (\*) Tutti i moduli delle spinte sono valutati come area del diagramma delle pressioni e la loro retta di applicazione è legata alla posizione del baricentro geometrico dei diagrammi stessi;
- (\*) In presenza di terreni coesivi il diagramma delle pressioni viene assunto nullo a partire dalla quota dell'altezza fessurata.
- (\*) Quando il terrapieno a monte ha un'inclinazione superiore all'angolo di resistenza al taglio o angolo di attrito del terreno – esso assume una configurazione teoricamente instabile e la formula di Coulomb riveduta da Muller-Breslau non può essere applicata. Il calcolo procede lo stesso adottando un coefficiente di spinta attiva  $K_a$  ( $= -$ ) e considerando la porzione di terreno compresa tra  $e$  e  $-e$  come un sovraccarico distribuito.
- (\*) In condizioni sismiche e relativamente alla valutazione del coefficiente di spinta attiva, l'approccio di Mononobe-Okabe entra in crisi nel caso in cui  $-e > 0$ . In tal caso si fa riferimento alle indicazioni dell'EC 8 Punto 4 Appendice E, le quali prevedono che il coefficiente di spinta attiva  $K_{ae}$  sia valutato trascurando il termine sotto radice;
- (\*) Il diagramma delle pressioni della falda è assunto triangolare con la spinta applicata a  $1/3$ .
- (\*) Per i carichi nastriformi il diagramma delle sigma è calcolato con la teoria di Boussinesque corretta da Terzaghi, nella quale la sigma si assume raddoppiata per tenere conto della non omogeneità del materiale.
- (\*) Il modulo della spinta dovuta alla pressione laterale dei carichi sul terrapieno viene corretto mediante un apposito coefficiente qualora il terrapieno non sia orizzontale e il paramento non sia verticale;
- (\*) La soluzione del modello, in termini di calcolo delle sollecitazioni interne, avviene col F.E.M. (finite element method). La parete e la suola sono schematizzati con una apposita discretizzazione in nodi e aste (travi alla Timoshenko).

Il Software StruMURO applica il Metodo agli Stati Limite Ultimi, di seguito SLU, per il quale la norma (6.5.3.1.1) prevede che vengano eseguite sui muri di sostegno le seguenti verifiche allo stato limite di stabilità (locale e globale) oltre a quelle di resistenza:

- Verifica della stabilità locale al RIBALTAMENTO, trattato come SLU di equilibrio di corpo rigido (EQU);
- Verifica della stabilità locale allo SCORRIMENTO sul piano di posa, SLU di tipo geotecnico (GEO);
- Verifica del collasso per CARICO LIMITE dell'insieme fondazione-terreno, SLU di tipo geotecnico (GEO);
- Verifica della stabilità GLOBALE del complesso opera di sostegno-terreno;
- Verifica SLU di tipo strutturale (STR) per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (suola e parete).

Per maggiori dettagli si rimanda alla letteratura specifica, alle Norme Tecniche NTC, alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e al manuale del software.

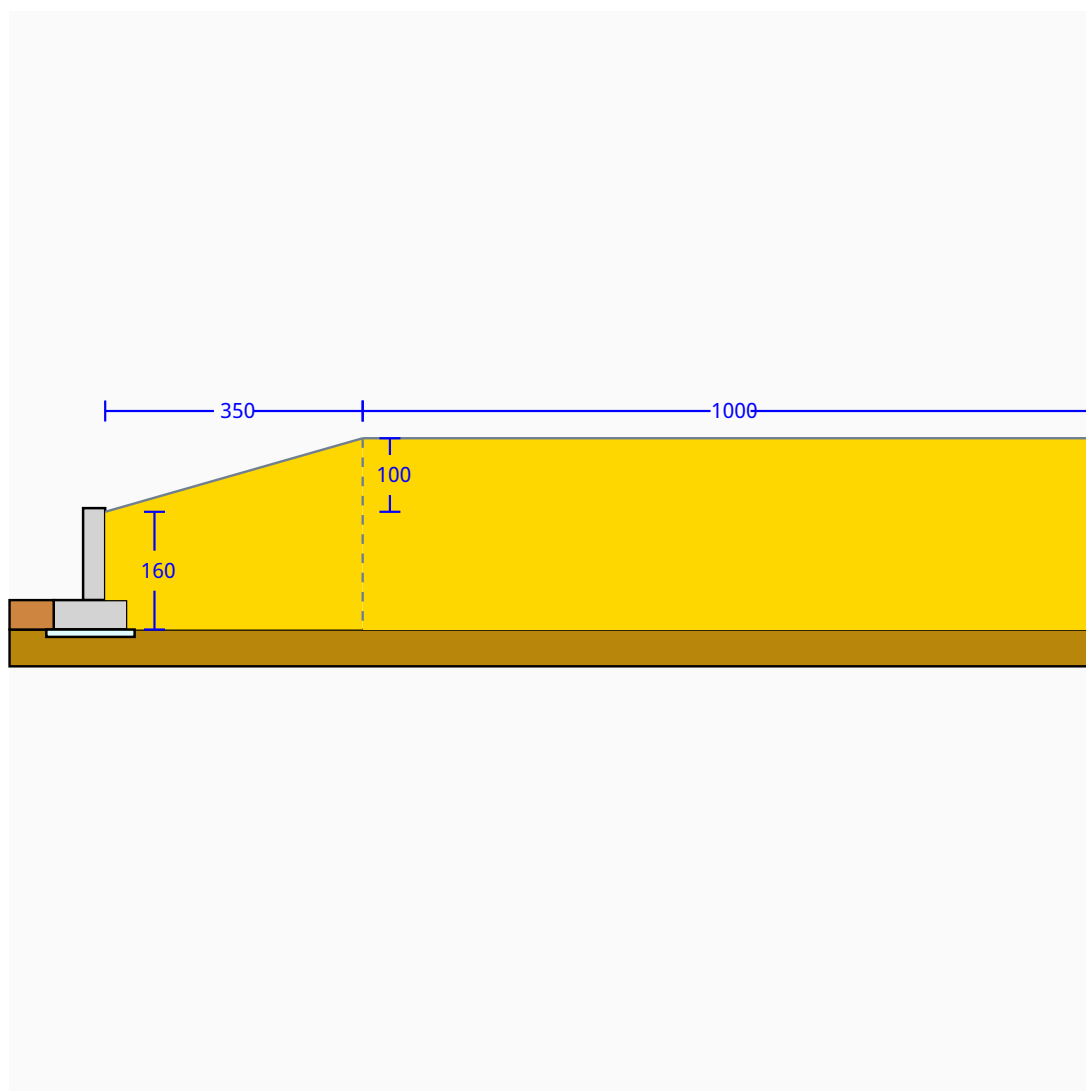
X. Modello di calcolo



X.1 Muro

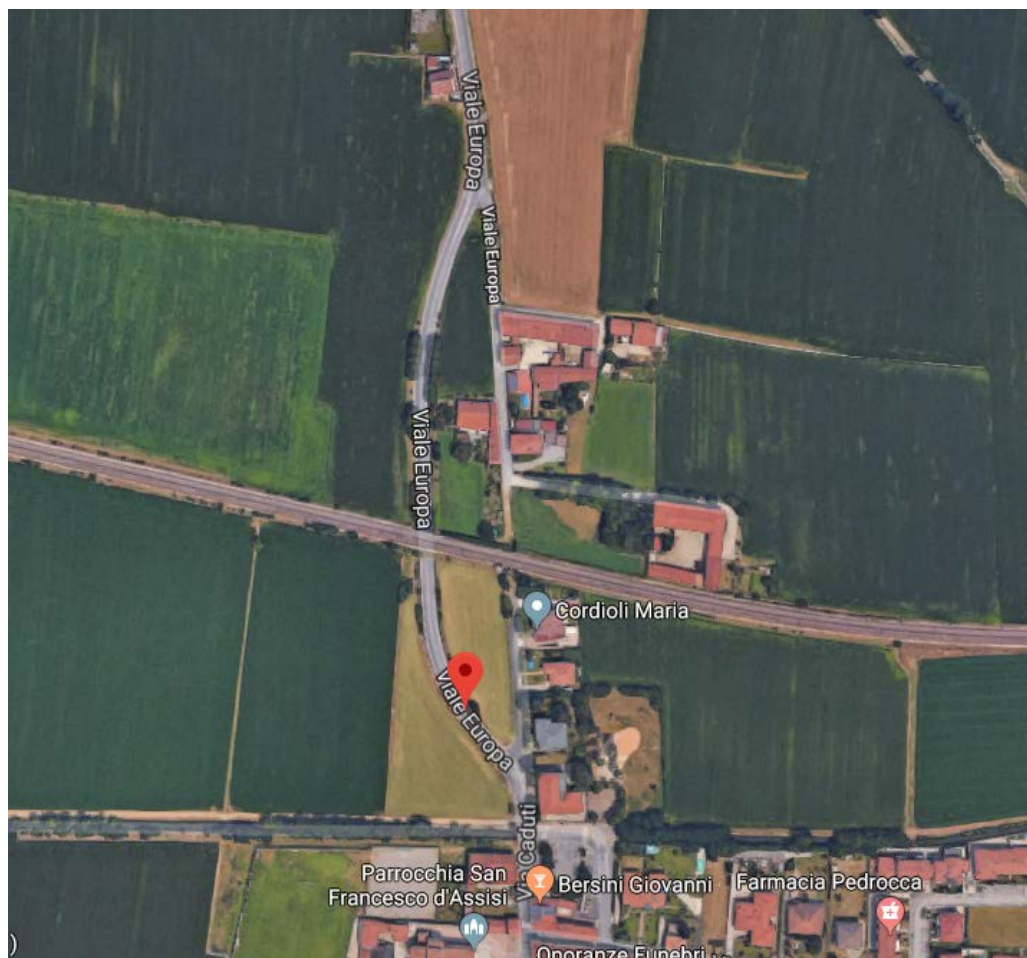
PBs =	30	cm (base superiore parete)	Sext =	40	cm (larghezza suola esterna)
Psext =	0	cm (scarpa esterna)	Sint =	30	cm (larghezza suola interna)
Psint =	0	cm (scarpa interna)	SB =	100	cm (larghezza totale suola)
PH=	125	cm (altezza parete)	SH =	40	cm (altezza suola)
Pbi=	30	cm (base inferiore parete)	S Hext =	40	cm (altezza suola esterna)
φ =	0	é (inclinazione parete lato terrapieno)	S Hint =	40	cm (altezza suola interna)
≡=	0	é (inclinazione parete lato esterno)	Spm =	10	cm (spessore magrone)
Lm =	1000	cm (lunghezza muro)	=	10	é (angolo attrito terra-muro)
.m =	25	kN/mc (peso specifico muro)	Vincolo =	Libero	(vincolo superiore della testa muro)

## X.2 Geometria sistema



## X.3 Terreni

TERRENO DI FONDAZIONE					
.tf =	18	kN/mc (peso specifico terreno)	-tf =	30	é (angolo resistenza al taglio)
.tf =	0	kN/mc (peso specifico terreno saturo)	ctf =	0	kN/mq (coesione terreno)
TERRAPIENO DI SPINTA					
.ts =	18	kN/mc (peso specifico terreno)	-ts =	30	é (angolo resistenza al taglio)
.ts =	0	kN/mc (peso specifico terreno saturo)	cts =	0	kN/mq (coesione terreno)
Ht =	160	cm (Altezza terrapieno)	Lt2 =	1000	cm (Lunghezza terrapieno Campo2)
Lt1 =	350	cm (Lunghezza terrapieno Campo1)	vt2 =	0	cm (Dislivello terrapieno Campo2)
vt1 =	100	cm (Dislivello terrapieno Campo1)	2 =	0	é (inclinazione terrapieno Campo2)
1 =	15,95	é (inclinazione terrapieno Campo1)			
RICOPRIMENTO SUOLA A VALLE					
.tr =	18	kN/mc (peso specifico terreno)	-tr =	30	é (angolo resistenza al taglio)
.tr =	0	kN/mc (peso specifico terreno saturo)	ctr =	0	kN/mq (coesione terreno)
Hr =	40	cm (Altezza ricoprimento)			



Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)			
45.54432840	10.04412616			
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)			
45.546104	10.045231			
Altitudine (mt)	152			
Classe dell'edificio				
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti ▼				
Vita Nominale Struttura	50 ▼			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	50			
<b>Parametri di pericolosità Sismica</b>				
Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g/g$ [-]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
Operatività	30	0.039	2.446	0.210
Danno	50	0.053	2.386	0.230
Salvaguardia Vita	475	0.140	2.445	0.276
Prevenzione Collasso	975	0.181	2.454	0.290
<a href="#">Termini e Condizioni di utilizzo di EdiLus-MS</a>				

# PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA

## Progetto di un Muro di Sostegno

(redatta ai sensi art. 38 DPR 5/10/2010 n. 207 e Cap. 10 NTC coi contenuti Cap. 10.1 í .4.1 della Circ. 02/02/2009 n. 617)

## Muro di contenimento pista ciclabile

Via Europa

### IL TECNICO

Dott. Ing. Stefano Zubani  
Ordine ingegneri Brescia n°6365  
Via S.Francesco 2, Tavernole sul Mella, BS  
ing.stefanozubani@gmail.com  
3334453340

### IL COMMITTENTE

Comune di Cazzago San Martino

Realizzato col Software StruMURO R1.5

Autore : Ing. Salvatore Manai

[www.ingegneriabit.com](http://www.ingegneriabit.com)

Licenza Utente : ZubaniS-2056-CBAF

Pedrocca , l'05/09/2018



## PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA

### I. PREMESSA

Il piano di manutenzione delle strutture è un documento complementare al progetto strutturale ed è normato dall'art. 38 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 e s.m. e i.. Esso è il documento che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento ed è composto dal manuale d'uso, dal manuale di manutenzione e dal programma di manutenzione.

Il presente piano è specificatamente redatto per i muri di sostegno che sono dei manufatti, realizzati in opera ma anche prefabbricati, con la funzione principale di sostenere, o contenere, fronti di terreno di qualsiasi natura e tipologia o liquidi in genere.

### II. MANUALE D'USO

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti significative del bene e contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità per la migliore utilizzazione del bene. Inoltre fornisce tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

#### DESCRIZIONE E COLLOCAZIONE DELL'OPERA

L'intervento è da realizzarsi presso Via Europa.

Il muro di sostegno in oggetto è della tipologia a "MENSOLA", che è definita anche a sbalzo. È in linea di massima una tipologia più conveniente dal punto di vista economico e delle dimensioni rispetto ai muri a gravità. I muri a sbalzo sono idealmente composti da 2 elementi, rigidamente collegati fra loro, che ricoprono una diversa funzione specifica: la mensola verticale o parete e la mensola orizzontale o suola. Entrambi contribuiscono alla stabilità sia locale che globale del muro ed entrambi sono soggetti a verifica di resistenza in quanto sollecitati a flessione e taglio, oltre che da azione normale nel solo caso della parete. Alcuni accorgimenti possono poi migliorare le prestazioni del sistema muro-terrapieno, ad esempio sfruttando la zavorra sulla suola a monte, piuttosto che inserendo un gradone o un dente di fondazione. Diverso è il caso dei muri cosiddetti "di cantina", per i quali va tenuto in conto il vincolo superiore del muro che definisce un comportamento nei confronti della stabilità sia locale che globale completamente diverso.

#### MODALITÀ D'USO CORRETTO

Una corretta realizzazione del manufatto, nei limiti imposti dallo stato di fatto e dalla configurazione dell'area d'intervento, prevede in genere, per i muri a mensola, uno scavo di sbancamento e messa in sicurezza del terrapieno e uno scavo per la realizzazione del successivo getto del magrone di fondazione. Successivamente si procede a casserare, armare e gettare la suola, avendo cura di lasciare i richiami, con le dovute sovrapposizioni, delle armature di parete. Per la parete si procede analogamente a casserare, armare e gettare il calcestruzzo opportunamente vibrato.

Infine si procede al rinterro a tergo di muro, avendo cura realizzare un adeguato drenaggio. La presenza di acqua a monte del muro contribuisce ad aumentare le pressioni laterali e quindi le spinte, oltre che accelerare i processi di degradamento del materiale costituente il muro.

Il drenaggio deve essere realizzato tenendo conto del tipo di terreno da contenere, dalla piovosità media della zona, dalla presenza di falda e dalla possibilità di formazione di ghiaccio. La concausa più frequente e prevalente nei casi di crollo o cedimento dei muri di sostegno è spesso costituita da un mancato o un insufficiente drenaggio, per la cui corretta esecuzione in genere è consigliato:

- Limitare l'afflusso di acque meteoriche sul piano superiore dal terrapieno;
- Utilizzare materiale arido, incoerente, per la parte immediatamente a ridosso della parete o possibilmente nel tratto costituente l'eventuale zavorra;
- Disporre delle condotte drenanti a base parete, all'intersezione con la suola, che convogliano le acque di filtrazione e/o di falda lontano dal muro;

Ulteriori accorgimenti possono essere l'impermeabilizzazione della faccia del muro a contatto col terrapieno e/o la realizzazione di tubi di drenaggio passanti per la rete (barbacani), in ragione di almeno uno ogni mq, disposti ad altezze variabili e diametro di 10 cm minimo.

Sul manufatto non è consentito apportare modifiche di alcuna natura che alterino l'impostazione di progetto se non previa attenta valutazione tecnica da parte di un professionista qualificato.

In particolare vanno accuratamente valutate eventuali variazioni dei carichi sul terrapieno o delle azioni sul muro, se previste in fase di progetto, nonché modifiche delle ipotesi di calcolo (es. vincoli, tipologie di terreno, categoria del suolo, ...) di basilare importanza.

È necessario verificare periodicamente il grado di usura delle parti a vista, al fine di riscontrare eventuali anomalie, come presenza di lesioni, rigonfiamenti, avallamenti, fessurazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura.

In caso di accertata anomalia occorre intervenire tempestivamente al fine di valutare la gravità della stessa ed eventuali interventi per porvi rimedio.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici e testuali (relazione di calcolo, relazione sui materiali) allegati alla presente.

### III. MANUALE DI MANUTENZIONE

#### ANOMALIE RISCONTRABILI

##### ( ! ) Cedimento

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Degrado della struttura di contenimento che si manifesta con lesioni verticali nel corpo del muro oppure con veri e propri cedimenti di porzioni di muro.*

##### ( ! ) Rotazione

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Rotazione della struttura del muro dovuta alla diminuzione del coefficiente di sicurezza al ribaltamento a causa di infiltrazioni idriche.*

##### ( ! ) Rottura

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Rottura della struttura di contenimento dovuta a cedimenti differenziali del terreno sottostante oppure ad eccessive sollecitazioni provenienti dal terreno a monte.*

##### ( ! ) Lesione e/o fessurazione

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Aperture o lesioni che possono interessare una parte o l'intero spessore dell'elemento.*

##### ( ! ) Cavillature superficiali

( > ) Valutazione: anomalia lieve

*Fessurazioni capillari ramificate sulla superficie, dovute a un non corretto dosaggio del calcestruzzo.*

##### ( ! ) Chiazze di umidità

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Presenza di chiazze o zone di umidità sull'elemento, generalmente in aree dell'elemento in prossimità del terreno e/o delle opere fondazionali.*

##### ( ! ) Crescita di vegetazione

( > ) Valutazione: anomalia lieve

*Crescita di vegetazione (erba, licheni, muschi, ecc.) sulla superficie dell'elemento o su parte di essa.*

##### ( ! ) Deformazione

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Variazioni geometriche e/o morfologiche degli elementi strutturali, dovute a sollecitazioni di varia natura (sovraccaricamento, sbalzi termici, ecc.), accompagnate spesso dalla perdita delle caratteristiche di resistenza e stabilità degli elementi stessi.*

##### ( ! ) Degrado dei giunti

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Decoesione, distacco, cambiamento di colore dei giunti.*

##### ( ! ) Disgregazione

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Disgregazioni delle superfici dell'elemento, con effetti di sgretolamenti e lacerazioni.*

##### ( ! ) Distacco

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Decoesione e conseguente caduta di parti di materiale.*

##### ( ! ) Erosione

( > ) Valutazione: anomalia lieve

*Degrado della superficie dovuto all'azione erosiva di agenti di natura chimica o biologica.*

##### ( ! ) Fori e bolle

( > ) Valutazione: anomalia lieve

*Presenza di piccoli crateri sulla superficie generalmente causati da grani di calce libera che, idratando, aumentano di volume e generano piccoli distacchi.*

##### ( ! ) Macchie di ruggine

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Macchie bruno-rossastre sulla superficie del calcestruzzo dovute alla corrosione dei ferri d'armatura.*

##### ( ! ) Mancanza di copriferro

( > ) Valutazione: difetto grave

*Mancanza di calcestruzzo in corrispondenza dell'armatura con conseguente esposizione dei ferri a fenomeni di corrosione.*

##### ( ! ) Muffe biologiche

( > ) Valutazione: anomalia lieve

*Deposito sottile costituito prevalentemente da microrganismi, che creano una patina di colore variabile aderente alla superficie.*

( ! ) Disgregazione e sfaldamento degli strati superficiali dell'elemento, causato solitamente dagli effetti del gelo. Variazione di volume.

( > ) Valutazione: anomalia grave

*Aumento di volume dell'elemento e conseguente disgregazione, dovute all'attacco solfatico in ambiente marino oppure a cicli di gelo-disgelo.*

##### ( ! ) Inefficienza del sistema di drenaggio

( > ) Valutazione: difetto grave

*L'intasamento, l'ostruzione o la modifica delle pendenze dei tubi di drenaggio e scolo può generare sovrappressioni dovute alla presenza di falde o acqua di infiltrazione non correttamente drenate.*

## MANUTENZIONI ESEGUIBILI DIRETTAMENTE DAL COMMITTENTE

### C O N T R O L L I

- Controllo visivo dello stato del terrapieno e del terreno di fondazione
- Controllo visivo dello stato generale del manufatto
- Controllo visivo dell'aspetto della superficie
- Controllo visivo e a debita distanza dei danni dopo evento imprevedibile (sisma, crollo, cedimento evidente, impatti, ..)

### I N T E R V E N T I

Nessuno (gli interventi possono essere realizzati solo da personale specializzato)

## MANUTENZIONI ESEGUIBILI A CURA DI PERSONALE SPECIALIZZATO

### C O N T R O L L I

- Controllo strumentale delle caratteristiche del terreno
- Prova sclerometrica
- Prova con pacometro
- Controllo della carbonatazione
- Carotaggio
- Controllo dell'ossidazione delle armature
- Monitoraggio delle lesioni
- Indagine ultrasonica
- Prova di estrazione

### I N T E R V E N T I

- Pulizia della superficie, a mezzo idropulitura e spazzolatura
- Applicazione di trattamenti protettivi
- Applicazione di trattamenti consolidanti
- Consolidamento del terreno
- Realizzazione di una paratia
- Sostituzione integrale o parziale del muro
- Realizzazione del drenaggio
- Ancoraggio con pali radice
- Rinforzo del muro
- Realizzazione di sottofondazioni
- Sigillatura delle lesioni
- Ripresa delle lesioni

## RISORSE NECESSARIE PER L'INTERVENTO MANUTENTIVO

Per eseguire i controlli e gli interventi suddetti, occorre rivolgersi sempre a una o più imprese specializzate che provvederanno a stimare preventivamente i costi.

## LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

Le opere in c.a. devono garantire la durabilità nel tempo in funzione della classe di esposizione prevista in fase di progetto. Esse devono garantire stabilità, resistenza e durabilità nel tempo.

I materiali utilizzati per la realizzazione del manufatto e di tutti i suoi componenti devono soddisfare i requisiti indicati dalle normative UNI di settore e dalle NTC 2008 e s.m. e i.

## IV. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

### IV.1 SOTTOPROGRAMMA DELLE PRESTAZIONI

Il sottoprogramma delle PRESTAZIONI prende in considerazione, per ciascuna classe di requisito di seguito riportata, le prestazioni fornite dall'opera nel corso del suo ciclo di vita.

#### (!) Resistenza meccanica

*Capacit  di resistere ai carichi e sovraccarichi, in tutte le condizioni di esercizio, nonch  ai fenomeni dinamici, nel rispetto del coefficiente di sicurezza, senza deformazioni o cedimenti inammissibili.*

( > ) Prestazioni: Le strutture di contenimento devono assicurare stabilit  e resistenza sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali, nel rispetto di tutta la specifica normativa vigente in materia di progettazione, esecuzione e collaudo delle strutture, per il tipo di struttura ed i materiali utilizzati.

#### (!) Stabilit  chimico-reattiva

*Capacit  degli elementi di mantenere inalterate nel tempo le proprie caratteristiche chimico-fisiche.*

( > ) Prestazioni: Le strutture di contenimento devono essere realizzate con materiali che conservino inalterate nel tempo le proprie caratteristiche chimico-fisiche. A tal fine occorre tener conto degli eventuali fenomeni chimico-fisici che possono svilupparsi tra i diversi materiali a contatto.

#### (!) Resistenza agli agenti aggressivi

*Capacit  di non subire gli effetti dovuti all'azione di agenti aggressivi chimici, quali disgregazioni e mutamenti di aspetto.*

( > ) Prestazioni: Le strutture di contenimento devono conservare nel tempo le proprie caratteristiche senza subire dissoluzioni, disgregazioni o mutamenti di aspetto sotto l'azione di agenti aggressivi presenti in ambiente (anidride carbonica, solfati, ecc.). In particolar modo le strutture esposte ad atmosfere marine e ad attacchi aggressivi dovuti a solfati devono essere costruite con calcestruzzi confezionati con il corretto dosaggio.

#### (!) Resistenza agli attacchi biologici

*Capacit  degli elementi di non subire riduzioni di prestazioni causate dalla presenza di animali, di vegetali o di microrganismi.*

( > ) Prestazioni: Gli elementi che costituiscono i muri di sostegno, in presenza di organismi viventi quali alghe, muschi, batteri, insetti non devono perdere le prestazioni e le caratteristiche iniziali. In particolare deve essere evitata la crescita di piante infestanti le cui radici sono in grado di insinuarsi in profondit  danneggiando i giunti e aprendo vie di accesso ad altri agenti di degrado.

#### (!) Protezione elettrica

*Le strutture in sottosuolo devono impedire, in modo idoneo, eventuali dispersioni elettriche.*

( > ) Prestazioni: Tutte le parti metalliche, facenti parte delle strutture in sottosuolo, devono essere connesse ad impianti di terra, mediante dispersori, in modo che esse vengano a trovarsi allo stesso potenziale elettrico del terreno.

#### (!) Protezione dagli agenti atmosferici

*Il manufatto deve mantenere inalterate le sue capacit  di resistenza e stabilit  in presenza di forti o continui eventi metereologici*

( > ) Prestazioni: La struttura deve essere direttamente o indirettamente protetta dalle infiltrazioni di acqua e deve essere in grado di resistere a forti e improvvisi eventi metereologici (pioggia, vento). Le strutture in sottosuolo non devono subire disgregazioni e variazioni dimensionali o di aspetto, a causa della formazione di ghiaccio, e devono conservare nel tempo le proprie caratteristiche funzionali, se sottoposte a fenomeni di gelo e disgelo, o all'insorgere di pressioni interne che ne provocano la degradazione.

## IV.2 SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI

Il sottoprogramma dei CONTROLLI definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita dell'opera.

### (!) Controllo dello stato delle strutture

(t) TIPOLOGIA: Controllo a vista

(f) FREQUENZA: 1 anno

*Controllare l'integrità delle strutture di contenimento con riferimento alla presenza di rotture, lesioni e/o fessurazioni, esposizione dei ferri di armatura con particolare attenzione ai punti critici per la durabilità delle strutture come spigoli, giunti, ecc.*

(p) PERSONALE INCARICATO: controllo eseguibile direttamente dall'utente, specializzati vari

### (!) Controllo dell'aspetto della superficie

(t) TIPOLOGIA: Controllo a vista

(f) FREQUENZA: 1 anno

*Controllare il grado di usura della superficie e l'eventuale presenza di anomalie.*

(p) PERSONALE INCARICATO: controllo eseguibile direttamente dall'utente

### (!) Controllo dei danni dopo evento imprevedibile

(t) TIPOLOGIA: Controllo a vista

(f) FREQUENZA: quando necessita

*Controllare l'eventuale comparsa di cedimenti e lesioni sulle strutture di contenimento ogni volta che si manifesti un evento non prevedibile (sisma, alluvione..)*

(p) PERSONALE INCARICATO: controllo eseguibile direttamente dall'utente, specializzati vari

### (!) Controllo delle caratteristiche del terreno

(t) TIPOLOGIA: Prove con strumenti

(f) FREQUENZA: quando necessita

*Esaminare le caratteristiche del terreno mediante prove in situ (prove penetrometriche, installazione di piezometri, inclinometri..) o prove di laboratorio (prove edometriche, classificazione granulometrica..).*

(p) PERSONALE INCARICATO: tecnici di settore

### (!) Prova sclerometrica o con pacometro

(t) TIPOLOGIA: Prove con strumenti

(f) FREQUENZA: 5 anni

*Valutare l'omogeneità del calcestruzzo ed individuare eventuali regioni superficiali degradate misurando l'entità del rimbalzo di una massa battente che impatta sulla superficie del calcestruzzo con energia nota. Individuare la posizione delle armature e lo spessore del copriferro mediante l'utilizzo di strumenti basati su fenomeni elettromagnetici.*

(p) PERSONALE INCARICATO: tecnici di settore

### (!) Controllo della carbonatazione

(t) TIPOLOGIA: Prove con strumenti

(f) FREQUENZA: 5 anni

*Verificare la profondità di carbonatazione valutando lo spessore di calcestruzzo in cui il valore del PH è inferiore a 10. La prova viene eseguita prelevando una piccola carota e misurando il PH con opportuni indicatori chimici, oppure spruzzando direttamente l'indicatore chimico sul manufatto.*

(p) PERSONALE INCARICATO: tecnici di settore

### (!) Carotaggio

(t) TIPOLOGIA: Prove con strumenti

(f) FREQUENZA: 5 anni

*Prelevare campioni di calcestruzzo di diametro 10-15 cm per effettuare la verifica delle principali caratteristiche meccaniche. Il prelievo deve essere fatto nel caso in cui le prove pacometriche e le misure sclerometriche evidenzino valori non conformi ai dati di progetto.*

(p) PERSONALE INCARICATO: tecnici di settore

### (!) Controllo dell'ossidazione delle armature

(t) TIPOLOGIA: Prove con strumenti

(f) FREQUENZA: 5 anni

*Valutare l'ossidazione delle armature dovuta al processo di corrosione, mediante la misurazione della differenza di potenziale esistente tra la superficie delle armature e quella del calcestruzzo.*

(p) PERSONALE INCARICATO: specializzati vari

### (!) Monitoraggio delle lesioni

(t) TIPOLOGIA: Ispezione strumentale

(f) FREQUENZA: quando necessita

*Monitorare il quadro fessurativo per individuare incrementi dell'ampiezza delle fessure, eventualmente utilizzando delle "spie" in vetro che vengono applicate direttamente sulla superficie lesionata.*

(p) PERSONALE INCARICATO: specializzati vari

### (!) Indagine ultrasonica

(t) TIPOLOGIA: Prove con strumenti

(f) FREQUENZA: 5 anni

*Individuare eventuali disomogeneità interne (fessurazioni, cavità) mediante la misurazione della velocità di propagazione di onde ultrasoniche all'interno del calcestruzzo.*

(p) PERSONALE INCARICATO: tecnici di settore

### (!) Prova di estrazione

(t) TIPOLOGIA: Prove con strumenti

(f) FREQUENZA: 5 anni

*Misurare la forza necessaria per estrarre un tassello pre-inglobato nel getto oppure inserito successivamente mediante un foro: il valore letto sullo strumento estrattore restituisce in via indiretta la misura della tensione di rottura del cls.*

(p) PERSONALE INCARICATO: tecnici di settore

### IV.3 SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato. La diagnosi deve essere resa dal tecnico abilitato che riporterà, in elaborati esecutivi, gli interventi necessari.

#### (!) Pulizia profonda delle superfici

(f) FREQUENZA: 8 anni

(>) INTERVENTO: Rimozione, manuale o meccanica, del calcestruzzo ammalorato mediante spazzolatura, idrolavaggio, sabbiatura a secco.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile, specializzati vari

#### (!) Manutenzione delle superficie

(f) FREQUENZA: 4 anni

(>) INTERVENTO: idrosabbiatura e successiva pulizia delle superfici per rimuovere tutto ciò che può nuocere all'adesione dei successivi trattamenti. La scelta della tecnica di pulizia dipende dal tipo di sostanza da rimuovere, dalle condizioni della superficie e dal tipo di finitura.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile, specializzati vari

#### (!) Applicazione di trattamenti protettivi

(f) FREQUENZA: 6 anni

(>) INTERVENTO: Impregnazione della superficie con prodotti idrorepellenti e antimacchia. Il trattamento va eseguito su superfici pulite e, se necessario, consolidate. Le caratteristiche dei prodotti da usare devono essere: impermeabilità all'acqua e ai gas aggressivi atmosferici, traspiranza al vapore, scarsa influenza sulle caratteristiche cromatiche del materiale.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile, specializzati vari

#### (!) Applicazione di trattamenti consolidanti

(f) FREQUENZA: 6 anni

(>) INTERVENTO: Trattamenti di riagggregazione profondi o superficiali. L'applicazione dei prodotti consolidanti si effettua a pennello o a spruzzo cercando di far penetrare il prodotto il più possibile in profondità senza annullare la porosità del materiale.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile, specializzati vari

#### (!) Consolidamento del terreno

(f) FREQUENZA: quando necessita

(>) INTERVENTO: Miglioramento delle caratteristiche del terreno utilizzando metodi diversi (iniezioni di consolidamento, vibroflottazione...)

(p) PERSONALE INCARICATO: specializzati vari

#### (!) Realizzazione di una paratia

(f) FREQUENZA: quando necessita

(>) INTERVENTO: Realizzazione di una paratia di pali a monte della struttura in modo da integrare il muro di sostegno preesistente.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile

#### (!) Sostituzione del muro

(f) FREQUENZA: quando necessita

(>) INTERVENTO: Rifacimento integrale della struttura di contenimento fortemente degradata, sostituendola, quando possibile, con "muri verdi" di concezione più moderna.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile

#### (!) Rinforzo del muro

(f) FREQUENZA: quando necessita

(>) INTERVENTO: Irrobustimento del muro di sostegno mediante contrafforti posti a valle del muro, realizzati in muratura o c.a.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile

#### (!) Realizzazione di sottofondazioni

(f) FREQUENZA: quando necessita

(>) INTERVENTO: Costruzione di mensole di sottofondazione al piede del muro, munite di adeguati pali di fondazione.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile

#### (!) Ripresa delle lesioni

(f) FREQUENZA: quando necessita

(>) INTERVENTO: Ripristino delle fessurazioni con malta cementizia specifica per impedire l'aggressione degli agenti atmosferici. A seconda che la lesione sia stabilizzata o meno, si utilizza malta cementizia semplice o a ritiro compensato.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile

#### (!) Sigillatura delle lesioni

(f) FREQUENZA: in caso di guasto

(>) INTERVENTO: Ripristino della monoliticità della struttura con chiusura delle fessure mediante iniezione di resine epossidiche.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile

#### (!) Sostituzione elemento [Tubi collettori e canale di scolo]

(f) FREQUENZA: in caso di guasto

(>) INTERVENTO: Sostituzione degli elementi degradati mediante l'utilizzo di materiale uguale a quello originario.

(p) PERSONALE INCARICATO: impresa edile, specializzati vari

# RELAZIONE SUI MATERIALI

## Progetto di un Muro di Sostegno

(redatta ai sensi Cap. 10 NTC coi contenuti Cap. 10.1 f.2.1 della Circ. 02/02/2009 n. 617)

## Muro di contenimento pista ciclabile

Via Europa

### IL TECNICO

Dott. Ing. Stefano Zubani  
Ordine ingegneri Brescia n°6365  
Via S.Francesco 2, Tavernole sul Mella, BS  
ing.stefanozubani@gmail.com  
3334453340

### IL COMMITTENTE

Comune di Cazzago San Martino

Realizzato col Software StruMURO R1.5

Autore : Ing. Salvatore Manai

[www.ingegneriabit.com](http://www.ingegneriabit.com)

Licenza Utente : ZubaniS-2056-CBAF

Pedrocca , l'05/09/2018

## RELAZIONE SUI MATERIALI

La presente relazione sui materiali · stata redatta ai sensi del Par. 10.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con Decreto Ministeriale 14.01.2008 ed · relativa al progetto

La relazione · cos' articolata:

- 1)NORMATIVA DI RIFERIMENTO
- 2)LEGANTI, INERTIE AGGREGATI
- 3)ACQUA
- 4)CALCESTRUZZO
- 5)ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO
- 6)SALDATURE

### 1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 14.01.2008 Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009, n. 617.
- D.P.R. n. 380 del 06/06/01

I materiali ed i prodotti per uso strutturale delle opere soggette al rispetto delle NTC devono corrispondere alle specifiche di progetto che provvedono alla loro identificazione e qualificazione con riferimento alle prescrizioni contenute nel Cap.11 delle NTC.

I materiali ed i prodotti di cui ¶ prevista in progetto l'utilizzazione, devono essere altresì sottoposti alle procedure ed alle prove sperimentali di accettazione, prescritte nelle NTC.

### 2) LEGANTI, INERTIE AGGREGATI

- Leganti per il calcestruzzo: devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità e rispondenti alla norma armonizzata UNI EN 197, purch¶ idonei all'impiego previsto nonch¶, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n. 595.
- Aggregati per il calcestruzzo: rispondenti alle prescrizioni di cui alla UNI EN 12620 e per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.
- Inerti naturali o di frantumazione: costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose o argillose, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature metalliche;
- Ghiaia o pietrisco: di dimensioni massime commisurate alle caratteristiche della carpenteria, del getto ed all'ingombro delle armature metalliche;

### 3) ACQUA

- Conforme alle Norme UNI EN 1008/2003, limpida, priva di sali in percentuali dannose, non aggressiva e in quantit¶ strettamente necessaria.

### 4) CALCESTRUZZO

Secondo le indicazioni in merito riportate nel punto 11.2.10 e comunque rispondente alle norme UNI EN 1992-1-1.

Parametri comuni per tutti i tipi di calcestruzzo:

- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.2$  (non fessurato)  $\nu = 0$  (fessurato)
- Coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Rapporto acqua cemento max = 0,60
- Contenuto minimo di cemento = 300 kg/mc
- D max inerti < 31.5 mm
- Peso Specifico = 2500 kg/mc
- Legame costitutivo : Parabola rettangolo
- Deformazione massima nel calcestruzzo  $\epsilon_{cu} = 3,5/1000$
- Deformazione limite tratto parabolico  $\epsilon_{c0} = 2,0/1000$
- Coefficiente parziale di sicurezza sul materiale  $\gamma_c = 1.5$

#### 4.1.a. CALCESTRUZZO (IMPIEGO STRUTTURALE : PARETE e GRADONE)

- Copriferro minimo = 30 mm
- Classe di esposizione ambientale UNI 11104 = XC2 (2a UNI9858 )
- Rapporto acqua cemento max = 0,6
- Classe di consistenza UNI EN 206-1 = S4 Slump 160-210 +/- 30 mm
- Classe di resistenza (denominazione normalizzata secondo NTC. Tab. 4.1.I) = C25/30

Caratteristiche fisico - meccaniche del materiale:

- Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di lunga durata  $\gamma_c = 0.85$
- Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 14,11 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione  $f_{ctk} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a trazione  $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$



• Resistenza media a trazione per flessione  $f_{cm} = 3,07 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd} = 1,71 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza tangenziale di aderenza  $f_{bd} = 3,84 \text{ N/mm}^2$   
• Modulo elastico caratteristico  $E_c = 31447 \text{ N/mm}^2$   
• Modulo di elasticità tangenziale  $G = 13101 \text{ N/mm}^2$

#### 4.1.b. CALCESTRUZZO (IMPIEGO STRUTTURALE : SUOLA E DENTE)

• Copriferro minimo = 30 mm  
• Classe di esposizione ambientale UNI 11104 = XC2 (2a UNI9858 )  
• Rapporto acqua cemento max = 0,6  
• Classe di consistenza UNI EN 206-1 = S4 Slump 160-210 +/- 30 mm  
• Classe di resistenza (denominazione normalizzata secondo NTC. Tab. 4.1.I) = C25/30

Caratteristiche fisico - meccaniche del materiale:

• Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$   
• Coefficiente di lunga durata  $\gamma_c = 0,85$   
• Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 14,11 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza a trazione  $f_{ctk} = 2,56 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza media a trazione  $f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza media a trazione per flessione  $f_{cm} = 3,07 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd} = 1,71 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza tangenziale di aderenza  $f_{bd} = 3,84 \text{ N/mm}^2$   
• Modulo elastico caratteristico  $E_c = 31447 \text{ N/mm}^2$   
• Modulo di elasticità tangenziale  $G = 13101 \text{ N/mm}^2$

#### 4.1.c. CALCESTRUZZO (IMPIEGO NON STRUTTURALE : MAGRONE)

• Classe di esposizione ambientale UNI 11104 = XC2 (2a UNI9858 )  
• Rapporto acqua cemento max = 0,6  
• Classe di consistenza UNI EN 206-1 = S4 Slump 160-210 +/- 30 mm  
• Classe di resistenza (denominazione normalizzata secondo NTC. Tab. 4.1.I) = C16/20

Caratteristiche fisico - meccaniche del materiale:

• Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 16,6 \text{ N/mm}^2$   
• Coefficiente di lunga durata  $\gamma_c = 0,85$   
• Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 9,41 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza a trazione  $f_{ctk} = 1,95 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza media a trazione  $f_{ctm} = 1,95 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza media a trazione per flessione  $f_{cm} = 2,34 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd} = 1,3 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza tangenziale di aderenza  $f_{bd} = 2,93 \text{ N/mm}^2$   
• Modulo elastico caratteristico  $E_c = 28821 \text{ N/mm}^2$   
• Modulo di elasticità tangenziale  $G = 12007 \text{ N/mm}^2$

Per tutti i calcestruzzi è prescritto un controllo di accettazione (D.M. 14/01/2008 art. 11.2.5 Tab. 11.2.I) in funzione del quantitativo di miscela omogenea. Tutte le caratteristiche sopra indicate devono essere riportate nella bolla di consegna. E' vietata qualunque riaggiunta d'acqua in cantiere e prima di ogni getto sarà avvisata la Direzione dei Lavori.

### 5) ACCIAIO PER C.A.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui all'art. 11.3.1.2 delle NTC/2008 e controllati con le modalità riportate nell'art. 11.3.2.11.

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450 C non ossidato, non corrosivo, senza difetti superficiali, di sezione integra, senza sostanze superficiali che possano ridurre l'aderenza al conglomerato controllato in stabilimento, saldabile. Qualificato secondo le procedure del D.M. 14/01/2008 art. 11.3.1.6

Caratteristiche fisico-meccaniche del materiale:

• Peso Specifico = 7850 kg/mc  
• Resistenza caratteristica di rottura  $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$   
• Tensione di snervamento  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$   
• Resistenza di calcolo  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,3 \text{ N/mm}^2$   
• Legame costitutivo : Elastico perfettamente plastico  
• Deformazione ultima  $\epsilon_{su} \geq 67,5/1000$   
• Limite campo elastico/campo plastico  $\epsilon_{yd} = f_{yk} / E_s = 1,96/1000$   
• Modulo elastico  $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$   
• Coefficiente parziale di sicurezza sul materiale  $\gamma_s = 1,15$

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato all'art. 11.3.2.3 delle NTC/2008. Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso. Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

## 6) SALDATURE

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001 e comunque nel rispetto di quanto prescritto nel § 11.3.4.5. Sono richieste in ogni caso caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.