



PROVINCIA REGIONALE DI SIRACUSA – OGGI LIBERO  
CONSORZIO COMUNALE DI SIRACUSA



DIPARTIMENTO REGIONALE TECNICO  
UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI SIRACUSA

**STRADA PROVINCIALE SP. 3 AUGUSTA VILLASMUNDO**

PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO  
SULLA S.P. N. 3 AUGUSTA - VILLASMUNDO

**PROGETTO ESECUTIVO**

(ai sensi dell'art.23, comma 8 D.gs. 50/2016)

<b>OPERE D'ARTE MINORI</b> <b>MURI - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE</b> <b>ESECUTIVI STRUTTURALI</b>	DATA PROGETTO 5 LUGLIO 2021
--	--------------------------------

FASE <b>PE</b>	AMBITO <b>OAM</b>	TIPO <b>CAL</b>	N° / SIGLA <b>OAM010</b>	REV <b>0</b>	SCALA /
-------------------	----------------------	--------------------	-----------------------------	-----------------	------------

Rev.	DATA	DESCRIZIONE	STATO
0	05/072021	EMISSIONE	VIGORE

	RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Geom. Paolo Ortisi
	PROGETTISTA E D.L. Geom. Raffaele Avallone
	COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE Geom. Salvatore Galioto  Geom. Santo Gennaro

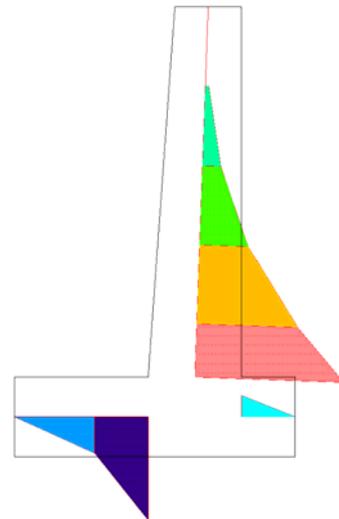
VISTI E APPROVAZIONI
----------------------

**COMUNE di Melilli  
PROVINCIA DI Siracusa**

# TABULATI DI CALCOLO

**OGGETTO:**

**SP n. 3 AUGUSTA - VILLASMUNDO**



**MURI**

**Provincia Regionale di Siracusa  
Oggi Libero Consorzio Comunale di Siracusa  
Dipartimento Regionale Tecnico  
Ufficio del Genio Civile di Siracusa**

**Tit. Firma 1  
Nome Firma 1**

**Tit. Firma 2  
Nome Firma 2**

**Tit. Firma 3  
Nome Firma 3**

## RELAZIONE DI CALCOLO

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il calcolo delle spinte, le verifiche di stabilità e di resistenza di muri di sostegno che dovrà essere realizzato in prossimità della trotatoria al Km. 7+323 della S.P. n° 3 Augusta - Villasmundo.

### • **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione risulta essere quella prevista dal regime transitorio di applicazione del D.M. 14 gennaio 2008 per le opere iniziate prima del 01/07/2009.

Le normative a cui si fa riferimento possono essere inoltre utilizzate come previsto al punto 2.7 del D.M. 14 gennaio 2008 per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4.

Elenco riferimenti:

1) *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione* (D.M. 11/3/88).

2) *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e strutture metalliche* (D.M. LL. PP. 14/02/92 e D.M. 16/01/96).

3) *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche* (Legge 2/2/74 n. 64 e D.M. 16/01/96).

4) *Circolare N.ro 65/AA.GG. del 10/04/1997 (Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/01/96).*

5) *Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi* (D.M. 16/01/96).

### • **CALCOLO DELLE SPINTE**

Si suppone valida l'ipotesi in base alla quale la spinta attiva si ingenera in seguito al movimento del manufatto nella direzione della spinta agente. Le ipotesi di base per il calcolo della spinta sono le seguenti, le medesime adottate dal metodo di calcolo secondo *Coulomb*, con l'estensione di *Muller-Breslau* e *Mononobe-Okabe*:

- In fase di spinta attiva si crea all'interno del terrapieno un cuneo di spinta, che si distacca dal terreno indisturbato tramite linee di frattura rettilinee, lungo le quali il cuneo scorre generando tensioni tangenziali dovute all'attrito.

- Sul cuneo di spinta agiscono le seguenti forze: peso proprio del terreno, sovraccarichi applicati sull'estradosso del terrapieno, spinte normali alle superfici di scorrimento del cuneo (da una parte contro il paramento e dall'altra contro la porzione di terreno indisturbato), forze di attrito che si innescano lungo le superfici del cuneo e che si oppongono allo scorrimento.

- In condizioni sismiche, al peso proprio del cuneo va aggiunta una componente orizzontale, ed eventualmente anche una verticale, pari al peso complessivo moltiplicato per il prodotto dei coefficienti sismici.

- Il fatto che il muro ha spostamenti significativi fa in modo che l'attrito che si genera è pari al valore massimo possibile, sia in condizioni di spinta attiva che di spinta passiva, quindi le risultanti delle reazioni sulle pareti del cuneo risultano inclinate di un angolo  $f$  rispetto alla normale alla superficie di scorrimento.

Il programma *C.D.W. Win*, pur adottando le stesse ipotesi, piuttosto che utilizzare la formula di *Coulomb* in forma chiusa, applica la procedura originaria derivante dall'equilibrio delle forze agenti sul cuneo di spinta, cercando il valore di massimo della spinta per tentativi successivi su tutti i possibili cunei di spinta. Così facendo si possono aggiungere alle ipotesi già indicate le seguenti generalizzazioni, che invece devono essere trascurate utilizzando i metodi classici:

- Il terreno spingente può essere costituito da diversi strati, separati da superfici di forma generica, con caratteristiche geotecniche differenti.

- Il profilo dell'estradosso del terrapieno spingente può avere una forma generica qualsiasi, purché coerente con le caratteristiche del terreno.
- I sovraccarichi agenti sul terrapieno possono avere una distribuzione assolutamente libera.
- Può essere tenuta in conto la coesione interna del terreno e la forza di adesione tra terreno e muro.
- Si può calcolare la spinta di un muro con mensola aerea stabilizzante a monte, al di sotto della quale si crea un vuoto nel terreno.
- È possibile conoscere l'esatto andamento delle pressioni agenti sul profilo del muro anche nei casi sopra detti, in cui tale andamento non è lineare, ma la cui distribuzione incide sul calcolo delle sollecitazioni interne.
- Si può supporre anche l'esistenza una linea di rottura del cuneo interna, che va dal vertice estremo della mensola di fondazione a monte fino a intersecare il paramento, inclinata di un certo angolo legato a quello di attrito interno del terreno stesso. Si può quindi conoscere l'esatta forma del cuneo di spinta, per cui le forze in gioco variano in quanto solo una parte di esso è a contatto con il paramento. Il peso proprio del terreno portato sarà solo quello della parte di terrapieno che realmente rimarrà solidale con la fondazione e non risulterà interessato da scorrimenti, quindi in generale un triangolo. Ciò fa sì che il peso gravante sulla fondazione può risultare notevolmente inferiore a quello ricavato con i metodi usuali, dal momento che una parte è già stata conteggiata nel cuneo di spinta.

Per quanto riguarda la spinta passiva, quella del terrapieno a valle, le uniche differenze rispetto a quanto detto consistono nel fatto che le forze di attrito e di coesione tra le superfici di scorrimento del cuneo hanno la direzione opposta che nel caso di spinta attiva, nel senso che si oppongono a un moto di espulsione verso l'alto del cuneo, e la procedura iterativa va alla ricerca di un valore minimo piuttosto che un massimo.

Nei casi di fondazione su pali o muri tirantati si può ritenere più giusto adottare un tipo di spinta a riposo, che considera il cuneo di terreno non ancora formato e spostamenti dell'opera nulli o minimi. Tale spinta è in ogni caso superiore a quella attiva e la sua entità si dovrebbe basare su considerazioni meno semplicistiche. Il programma opera prendendo come riferimento una costante di spinta pari a:

$$K_o = 1 - 0,9 \times \sin \phi$$

essendo  $\phi$  l'angolo di attrito interno del terreno, formula che si trova diffusamente in letteratura. Se tale deve essere la costante di spinta per un terreno uniforme, ad estradosso rettilineo orizzontale e privo di sovraccarichi e di azione sismica, viene ricavato un fattore di riduzione dell'angolo di attrito interno del terreno, tale che utilizzando questo angolo ridotto e la consueta procedura per il calcolo della spinta attiva, la costante fittizia di spinta attiva corrisponda alla costante a riposo della formula sopra riportata.

Una volta ricavato questo fattore riduttivo, il programma procede al calcolo con le procedure standard, mettendo in gioco le altre variabili, quali la sagomatura dell'estradosso e degli strati, la presenza di sovraccarichi variamente distribuiti e la condizione sismica. La giustificazione di ciò risiede nella considerazione in base alla quale in condizioni di spinta a riposo, gli spostamenti interni al terreno sono ridotti rispetto alla spinta attiva, quindi l'attrito che si mobilita è una parte di quello massimo possibile, e di conseguenza la spinta risultante cresce.

In base a queste considerazioni di ordine generale, il programma opera come segue:

- Si definisce la geometria di tutti i vari cunei di spinta di tentativo, facendo variare l'angolo di scorrimento dalla parte di monte da 0 fino al valore limite  $90 - \phi$ . Quindi in caso di terreno multistrato, la superficie di scorrimento sarà costituita da una spezzata con inclinazioni differenti da strato a strato. Ciò assicura valori di spinta maggiori rispetto a una eventuale linea di scorrimento unica rettilinea. L'angolo di scorrimento interno, quello dalla parte del paramento, qualora si attivi la procedura "*Coulomb estes*" è posto pari a 3/4 dell'angolo utilizzato a monte. Tale percentuale è quella che massimizza il valore della spinta. È possibile però attivare la procedura "*Coulomb classico*", in cui tale superficie si mantiene verticale, ma utilizzando in ogni caso l'angolo di attrito tra terreno e muro.
- Si calcola l'entità complessiva dei sovraccarichi agenti sul terrapieno che ricadono nella porzione di estradosso compresa nel cuneo di spinta.
- Si calcola il peso proprio del cuneo di spinta e le eventuali componenti sismiche orizzontali e verticali dovute al peso proprio ed eventualmente anche ai sovraccarichi agenti sull'estradosso.
- Si calcolano le eventuali azioni tangenziali sulle superfici interne dovute alla coesione interna e all'adesione tra terreno e muro.
- In base al rispetto dell'equilibrio alla traslazione verticale e orizzontale, nota l'inclinazione delle spinte sulle superfici

interne (pari all'angolo di attrito), sviluppato in base a tutte le forze agenti sul concio, si ricavano le forze incognite, cioè le spinte agenti sul paramento e sulla superficie di scorrimento interna del cuneo.

- Si ripete la procedura per tutti i cunei di tentativo, ottenuti al variare dell'angolo alla base. Il valore massimo (minimo nel caso di spinta passiva) tra tutti quelli calcolati corrisponde alla spinta del terrapieno.

#### • VERIFICA AL RIBALTAMENTO

La verifica al ribaltamento si effettua in sostanza come equilibrio alla rotazione di un corpo rigido sollecitato da un sistema di forze, ciascuna delle quali definita da un'intensità, una direzione e un punto di applicazione.

Non va eseguita se la fondazione è su pali. Le forze che vengono prese in conto sono le seguenti:

- Spinta attiva complessiva del terrapieno a monte.
- Spinta passiva complessiva del terrapieno a valle (da considerare nella quota parte indicata nei dati generali).
- Spinta idrostatica dell'acqua della falda a monte, a valle e sul fondo.
- Forze esplicite applicate sul muro in testa, sulla mensola a valle e sulla mensola di fondazione a valle.
- Forze massime attivabili nei tiranti per moto di ribaltamento.
- Forze di pretensione dei tiranti.
- Peso proprio del muro composto con l'eventuale componente sismica.
- Peso proprio della parte di terrapieno solidale con il muro composto con l'eventuale componente sismica.

Di ciascuna di queste forze verrà calcolato il momento, ribaltante o stabilizzante, rispetto ad un punto che è quello più in basso dell'estremità esterna della mensola di fondazione a valle. In presenza di dente di fondazione disposto a valle, il punto di equilibrio è quello più esterno al di sotto del dente.

Ai fini del calcolo del momento stabilizzante o ribaltante, esso per ciascuna forza è ottenuto dal prodotto dell'intensità della forza per la distanza minima tra la linea d'azione della forza e il punto di rotazione. Qualora tale singolo momento abbia un effetto ribaltante verrà conteggiato nel momento ribaltante complessivo, qualora invece abbia un effetto stabilizzante farà parte del momento stabilizzante complessivo. Può quindi accadere che il momento ribaltante sia pari a 0, e ciò fisicamente significa che incrementando qualunque forza, ma mantenendone la linea d'azione, il muro non andrà mai in ribaltamento.

Il coefficiente di sicurezza al ribaltamento è dato dal rapporto tra il momento stabilizzante complessivo e quello ribaltante. La verifica viene effettuata per tutte le combinazioni di carico previste.

#### • VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

La verifica allo scorrimento è effettuata come equilibrio alla traslazione di un corpo rigido, sollecitato dalle stesse forze prese in esame nel caso della verifica a ribaltamento, tranne per il fatto che per i tiranti il sistema di forze è quello che si innesca per moto di traslazione. Ciascuna forza ha una componente parallela al piano di scorrimento del muro, che a seconda della direzione ha un effetto stabilizzante o instabilizzante, e una componente ad esso normale che, se di compressione, genera una reazione di attrito che si oppone allo scorrimento. Una ulteriore parte dell'azione stabilizzante è costituita dall'eventuale forza di adesione che si suscita tra il terreno e la fondazione.

In presenza di dente di fondazione, la linea di scorrimento non è più quella di base della fondazione, ma è una linea che attraversa il terreno sotto la fondazione, e che congiunge il vertice basso interno del dente con l'estremo della mensola di fondazione opposta. In tal caso quindi l'attrito e l'adesione sono quelli interni del terreno. In questo caso viene conteggiato pure il peso della parte di terreno sottostante alla fondazione che nel moto di scorrimento rimane solidale con il muro.

Il coefficiente di sicurezza allo scorrimento è dato dal rapporto tra l'azione stabilizzante complessiva e quella instabilizzante. La verifica viene effettuata per tutte le combinazioni di carico previste.

#### • CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Nel caso di fondazione diretta, si assume quale carico limite che provoca la rottura del terreno di fondazione quello espresso dalla formula di *Brinch-Hansen*. Tale formula fornisce il valore della pressione media limite sulla superficie d'impronta della fondazione, eventualmente parzializzata in base all'eccentricità. Esiste un tipo di pressione limite a lungo termine, in condizioni drenate, e un altro a breve termine in eventuali condizioni non drenate.

Le espressioni complete utilizzate sono le seguenti:

- In condizioni drenate:

$$Q_{\text{lim}} = \frac{1}{2} \Gamma \cdot B \cdot N_g \cdot i_g \cdot d_g \cdot b_g \cdot s_g \cdot g_g + C \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot g_c + Q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot g_q$$

- In condizioni non drenate:

$$Q_{\text{lim}} = C_u \cdot N_{c'} \cdot i_{c'} \cdot d_{c'} \cdot b_{c'} \cdot s_{c'} \cdot g_{c'} + Q \cdot i_{q'} \cdot d_{q'} \cdot b_{q'} \cdot s_{q'} \cdot g_{q'}$$

Fattori di portanza,  $\phi$  in gradi:

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

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

$$N_{c'} = 2 + \pi$$

$$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$$

Fattori di forma:

$$s_q = 1 + 0,1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

$$s_{q'} = 1$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

$$s_{c'} = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$s_g = s_q$$

Fattori di profondità,  $K$  espresso in radianti:

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

$$d_{q'} = 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi}$$

$$d_g = 1$$

$$\text{dove } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ o } K = \arctan \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} > 1$$

Fattori di inclinazione dei carichi:

$$i_q = \left[ 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_a \cdot \cot \phi} \right]^m$$

$$i_{q'} = 1$$

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

$$i_{c'} = 1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot C_u \cdot N_c}$$

$$i_g = \left[ 1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot C_a \cdot \cot \phi} \right]^{m+1}$$

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

Fattori di inclinazione del piano di posa,  $\eta$  in radianti:

$$b_q = (1 - \eta \cdot \tan \phi)^2$$

$$b_{q'} = 1$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$$

$$b_{c'} = 1 - 2 \cdot \frac{\eta}{N_{c'}}$$

$$b_g = g_q$$

Fattori di inclinazione del terreno,  $\beta$  in radianti:

$$g_q = (1 - \tan \beta)^2$$

$$g_{q'} = 1$$

$$g_c = 1 - 2 \cdot \frac{\beta}{N_{c'}}$$

$$g_g = g_q$$

essendo:

- $\Gamma$  = peso specifico del terreno di fondazione
- $Q$  = sovraccarico verticale agente ai bordi della fondazione
- $e$  = eccentricità della risultante  $M/N$  in valore assoluto
- $B$  =  $B_t - 2 \times e$ , larghezza della fondazione parzializzata
- $B_t$  = larghezza totale della fondazione
- $C$  = coesione del terreno di fondazione
- $D$  = profondità del piano di posa
- $L$  = sviluppo della fondazione
- $H$  = componente del carico parallela alla fondazione
- $V$  = componente del carico ortogonale alla fondazione
- $C_u$  = coesione non drenata del terreno di fondazione
- $C_a$  = adesione alla base tra terreno e muro
- $\eta$  = angolo di inclinazione del piano di posa
- $\beta$  = inclinazione terrapieno a valle, se verso il basso (quindi  $\geq 0$ )

- **MURI IN CALCESTRUZZO A MENSOLA**

Sulle sezioni del paramento e delle varie mensole, aeree e di fondazione, si effettua il progetto delle armature e le verifiche a presso-flessione e taglio in corrispondenza di tutte le sezioni singolari (punti di attacco e di spigolo) e in tutte quelle intermedie ad un passo pari a quello imposto nei dati generali. Vengono applicate le formule classiche relative alle sezioni rettangolari in cemento armato, con il progetto dell'armatura necessaria.

- **LEGENDA DELLE ABBREVIAZIONI**

- **PRESSIONI SUL MURO**

<b>X pres.</b>	: <i>Ascissa del punto su cui insiste la pressione</i>
<b>Y pres.</b>	: <i>Ordinata del punto su cui insiste la pressione</i>
<b>X muro</b>	: <i>Ascissa del punto del paramento che si trova alla stessa altezza</i>
<b>X rott.</b>	: <i>Ascissa del punto della superficie di scivolamento a monte del cuneo di rottura alla stessa altezza</i>
<b>Zona</b>	: <i>Indica se la pressione è relativa al tratto di muro immediatamente precedente o seguente rispetto al punto indicato, dall'alto verso il basso (superiore e inferiore) per quanto riguarda le pressioni del terrapieno, in senso orario (precedente e seguente) per quanto riguarda le pressioni sul muro</i>
<b>Or.tot</b>	: <i>Componente orizzontale della pressione efficace complessiva</i>
<b>Ver.tot</b>	: <i>Componente verticale della pressione efficace complessiva</i>
<b>Or.sta</b>	: <i>Componente orizzontale della pressione efficace dovuta alla sola spinta statica del terreno</i>
<b>Ver.sta</b>	: <i>Componente verticale della pressione efficace dovuta alla sola spinta statica del terreno</i>
<b>Or.sis</b>	: <i>Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto del sisma</i>
<b>Ver.sis</b>	: <i>Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto del sisma</i>
<b>Or.coe</b>	: <i>Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto della coesione</i>
<b>Ver.coe</b>	: <i>Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto della coesione</i>
<b>Or.fal</b>	: <i>Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto della falda</i>
<b>Ver.fal</b>	: <i>Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto della falda</i>
<b>Or.car</b>	: <i>Componente orizzontale della pressione efficace dovuta al solo effetto dei sovraccarichi applicati sul terrapieno</i>
<b>Ver.car</b>	: <i>Componente verticale della pressione efficace dovuta al solo effetto dei sovraccarichi applicati sul terrapieno</i>
<b>Or.tpr</b>	: <i>Componente orizzontale della pressione efficace aggiuntiva dovuta alla pretensione dei tiranti</i>
<b>Ver.tpr</b>	: <i>Componente verticale della pressione efficace aggiuntiva dovuta alla pretensione dei tiranti</i>
<b>X vert.</b>	: <i>Ascissa del punto di muro su cui agisce la pressione</i>

- Y vert.** : *Ordinata del punto di muro su cui agisce la pressione*
- Or.terr.** : *Componente orizzontale della pressione efficace complessiva agente sul muro*
- Ver.terr.** : *Componente verticale della pressione efficace complessiva agente sul muro*
- Or.acqua** : *Componente orizzontale della pressione agente sul muro dovuta all'acqua*
- Ver.acqua** : *Componente verticale della pressione agente sul muro dovuta all'acqua*

**N.B.:** Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto più a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento.

Tutte le pressioni orizzontali si intendono positive se rivolte verso valle, quelle verticali se rivolte verso il basso. Per pressione efficace si intende quella al netto dell'eventuale spinta idrostatica dell'acqua.

• **CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE NEL MURO**

- Distanza** : *Distanza della sezione dalla sezione iniziale del tipo di elemento (estremo libero)*
- Angolo** : *Angolo di inclinazione della sezione rispetto al piano orizzontale*
- N** : *Sforzo normale, positivo se di compressione*
- M** : *Momento flettente, positivo se antiorario (ribaltante)*
- T** : *Sforzo di taglio, positivo se diretto verso sinistra (lemba più a valle)*

**N.B.:** Le caratteristiche N, M e T si intendono riferite ad 1 metro di sezione di muro, o a tutta la sezione nel caso di contrafforti o cordoli.

• **VERIFICHE PER IL MURO IN C.A.**

- Sez. N.** : *Numero della sezione da verificare*
- Ele** : *Tipo di elemento verificato:*

- 1 = PARAMENTO*  
*2 = MENSOLA AEREA A VALLE*  
*3 = MENSOLA AEREA A MONTE*  
*4 = MENSOLA DI FONDAZIONE A VALLE*  
*5 = MENSOLA DI FONDAZIONE A MONTE*  
*6 = DENTE DI FONDAZIONE*  
*7 = SEZIONE TRASVERSALE PARAMENTO*  
*8 = SEZIONE TRASVERSALE FONDAZIONE*  
*9 = CONTRAFFORTE*  
*10 = CORDOLO*

- Dist** : *Distanza della sezione dalla sezione iniziale del tipo di elemento (mezzera della campata per sezioni verticali del paramento e cordoli)*
- H** : *Altezza della sezione*
- B** : *Larghezza della sezione (nel caso di contrafforti con sezione a T, tale dato  $\checkmark$  relativo alla larghezza dell'anima della sezione, al netto quindi dei tratti di paramento collaborante)*

- Xg** : Ascissa del baricentro della sezione
- Yg** : Altezza del baricentro della sezione. Ascissa e altezza si intendono misurate a partire dal punto più a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento
- Ang** : Angolo di inclinazione della sezione rispetto al piano orizzontale
- Cmb fle** : Combinazione di carico più gravosa a presso-flessione
- N** : Sforzo normale relativo alla combinazione più gravosa a presso-flessione, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli. Positivo se di compressione
- M** : Momento flettente relativo alla combinazione più gravosa a presso-flessione, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli. Positivo se antiorario (ribaltante)
- A sin** : Area di armatura nel lembo di sinistra (quello più a valle) della sezione, relativa a 1 metro di muro o a tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli (nel caso di contrafforti con sezione a T, tale area va distribuita su tutta la larghezza delle ali e non è cumulabile all'area dei corrispondenti ferri verticali per la sezione orizzontale del paramento in quanto in essa già compresa)
- A des** : Area di armatura nel lembo di destra (quello più a monte) della sezione, relativa a 1 metro di muro o a tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli
- An. s** : Angolo della armatura di sinistra rispetto alla normale della sezione. L'angolo si intende positivo se l'armatura va a divergere all'aumentare della distanza
- An. d** : Angolo della armatura di destra rispetto alla normale della sezione. L'angolo si intende positivo se l'armatura va a divergere all'aumentare della distanza
- σf s.** : Tensione di lavoro dell'armatura di sinistra
- σf d.** : Tensione di lavoro dell'armatura di destra
- σc** : Tensione massima di lavoro del calcestruzzo
- Cmb tag** : Combinazione di carico più gravosa a taglio
- T** : Sforzo di taglio relativo alla combinazione più gravosa a taglio, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli. Positivo se diretto verso sinistra (lembo più a valle)
- T eff** : Taglio efficace, derivato dallo sforzo di taglio agente e modificato per l'effetto della sezione variabile
- Tau** : Tensione tangenziale massima nella sezione
- A sta** : Area di staffe necessaria nel concio precedente la sezione
- Verif.** : Indicazione soddisfacimento delle verifiche di resistenza

DATI DI CALCOLO	
Coefficiente di intensita' sismica orizzontale	0,07
Coefficiente di protezione sismica	1,00
Coefficiente di intensita' sismica verticale	0,40
TEORIE DI CALCOLO	
Portanza terreno di fondazione calcolata con la teoria di Brinch-Hansen	
CRITERI DI CALCOLO	
E' considerata l'azione sismica dovuta al peso proprio dell'acqua.	
E' considerata l'azione sismica dovuta ai sovraccarichi sul terrapieno.	
E' considerata l'azione sismica dovuta alle forze applicate al muro.	
Si tiene conto dell'effetto stabilizzante delle forze applicate al muro.	
Rapporto tra il taglio medio e quello nel palo piu' caricato:	1,00
Coeff. maggiorativo diametro perforazione per micropali	1,20
Percentuale della spinta a valle ai fini della verifica a scorrimento:	0
Percentuale della spinta a valle ai fini della verifica a ribaltam. :	0
Percentuale della spinta a valle ai fini della verifica in fondazione:	0
Percentuale della spinta a valle per il calcolo delle sollecitazioni :	0

CARATTERISTICHE MATERIALI		
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI		
CARATT. CEMENTO ARMATO ELEVAZIONE		
Resistenza caratteristica a compressione Rbk calcestruzzo:	250,0	Kg/cmq
Tensione ammissibile a compressione del calcestruzzo:	85,0	Kg/cmq
Tensione ammissibile dell'acciaio:	2600	Kg/cmq
Tensione tangenziale ammissibile TauC0:	5,33	Kg/cmq
Tensione tangenziale ammissibile TauC1:	16,85	Kg/cmq
Coefficiente di omogeneizzazione calcestruzzo-acciaio:	15	
Peso specifico del calcestruzzo armato:	2500	Kg/mc
Peso specifico del calcestruzzo magro di fondazione:	2200	Kg/mc
CARATT. CEMENTO ARMATO FONDAZIONE		
Resistenza caratteristica a compressione Rbk calcestruzzo:	250,0	Kg/cmq
Tensione ammissibile a compressione del calcestruzzo:	85,0	Kg/cmq
Tensione ammissibile dell'acciaio:	2400	Kg/cmq
Tensione tangenziale ammissibile TauC0:	5,33	Kg/cmq
Tensione tangenziale ammissibile TauC1:	16,85	Kg/cmq
Coefficiente di omogeneizzazione calcestruzzo-acciaio:	15	
Peso specifico del calcestruzzo armato:	2500	Kg/mc

DATI TERRAPIENO MURO 1		
Muro n.1	Muro tipo h=1.40	
DATI TERRAPIENO		
Altezza del terrapieno a monte nel punto di contatto col muro:	1,40	m
Altezza del terrapieno a valle nel punto di contatto col muro:	0,30	m
Inclinaz. media terreno valle(positivo se scende verso valle):	0	°
Angolo di attrito tra fondazione e terreno	35	°
Adesione tra fondazione e terreno	0,20	Kg/cmq
Angolo di attrito tra fondazione e terreno in presenza acqua	35	°
Adesione tra fondazione e terreno in presenza di acqua	0,20	Kg/cmq

DATI FALDA MURO 1			
ALTEZZE DI FALDA			
Combin. carico	Profondita' livello di falda rispetto alla testa del muro a monte		a valle
		m	m
1	20,00	m	20,00 m

## DATI FALDA MURO 1

ALTEZZE DI FALDA					
Combin. carico	Profondita' livello di falda rispetto alla testa del muro				
	a monte			a valle	
2	15,00	m		15,00	m
3	15,00	m		15,00	m
4	20,00	m		20,00	m

## DATI STRATIGR. MURO 1

## STRATIGRAFIA DEL TERRENO

STRATO n.	1 :	
Spessore dello strato:	1,70	m
Angolo di attrito interno del terreno:	36	°
Angolo di attrito tra terreno e muro:	24	°
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,00	Kg/cmq
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,00	Kg/cmq
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1900	Kg/mc
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	0,00	Kg/cmq
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,00	Kg/cmq
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	1800	Kg/mc
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00	

STRATO n.	2 :	
Spessore dello strato:	10,00	m
Angolo di attrito interno del terreno:	35	°
Angolo di attrito tra terreno e muro:	23	°
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,20	Kg/cmq
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,00	Kg/cmq
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1950	Kg/mc
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	0,20	Kg/cmq
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,00	Kg/cmq
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	1900	Kg/mc
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00	

## GEOMETRIA MURO 1

## MURO A MENSOLA IN CEMENTO ARMATO

Altezza del paramento:	1,40	m
Spessore del muro in testa (sezione orizzontale):	25	cm
Scostamento della testa del muro (positivo verso monte):	0	cm
Spessore del muro alla base (sezione orizzontale):	35	cm

## GEOMETRIA MURO 1

## FONDAZIONE DIRETTA

Lunghezza della mensola di fondazione a valle:	50	cm
Lunghezza della mensola di fondazione a monte:	20	cm
Spessore minimo della mensola a valle:	30	cm
Spessore massimo della mensola a valle:	30	cm
Spessore minimo della mensola a monte:	30	cm
Spessore massimo della mensola a monte:	30	cm
Inclinazione del piano di posa della fondazione:	0	°
Sviluppo della fondazione:	10,0	m
Spessore del magrone:	20	cm

**CARICHI MURO 1**

**SOVRACCARICHI SUL TERRAPIENO**

CONDIZIONE n.	1	----
Sovraccarico uniformemente distribuito generalizzato:	0,00	t/mq
Sovraccarico uniformemente distribuito a nastro:	2,00	t/mq
Distanza dal muro del punto di inizio del carico a nastro:	1,00	m
Distanza dal muro del punto di fine del carico a nastro:	3,00	m
Sovraccarico concentrato lineare lungo lo sviluppo:	0,00	t/m
Distanza dal muro del punto di applicazione carico lineare:	0,00	m
Carico concentrato puntiforme:	0,00	t
Interasse tra i carichi puntiformi lungo lo sviluppo:	1,00	m
Distanza dal muro punto di applicazione carico puntiforme:	0,00	m
Sovraccarico uniformemente distribuito terrapieno a valle:	0,00	t/mq

**CARICHI MURO 1**

**SOVRACCARICHI SUL MURO**

Convenzioni: forze verticali positive se rivolte verso il basso;  
forze orizzontali positive se rivolte verso valle;  
momenti positivi se con effetto ribaltante.

CONDIZIONE n.	1	----
Forza verticale applicata nella sezione di testa:	0	Kg/m
Forza orizzontale applicata nella sezione di testa:	0	Kg/m
Momento flettente applicato nella sezione di testa:	0	Kgm/m
Forza verticale applicata alla mensola aerea a valle:	0	Kg/m
Forza orizzontale applicata alla mensola aerea a valle:	0	Kg/m
Momento flettente applicato alla mensola aerea a valle:	0	Kgm/m
Forza verticale applicata alla fondazione a valle:	0	Kg/m
Forza orizzontale applicata alla fondazione a valle:	0	Kg/m
Momento flettente applicato alla fondazione a valle:	0	Kgm/m

**PRESSIONI MURO 1 - MONTE**

**COORDINATE PUNTI**

Comb. N.ro	Punto N.	X pres. m	Y pres. m	X muro m	X rott. m
1	1	0,85	1,70	0,85	2,45
	2	0,85	0,86	0,85	1,76
	3	1,05	0,30	0,85	1,30
	4	1,05	0,30	1,05	1,30
	5	1,05	0,00	1,05	1,05

**PRESSIONI MURO 1 - MONTE**

**PRESSIONI DEL TERRAPIENO A MONTE**

Comb. N.ro	Punto N.	Zona	Or.tot Kg/mq	Ver.tot Kg/mq	Or.sta Kg/mq	Ver.sta Kg/mq	Or.sis Kg/mq	Ver.sis Kg/mq	Or.coe Kg/mq	Ver.coe Kg/mq	Or.fal Kg/mq	Ver.fal Kg/mq	Or.car Kg/mq	Ver.car Kg/mq	Or.tpr Kg/mq	Ver.tpr Kg/mq
1	1	sup	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	inf	430	191	-96	-43	286	127	0	0	0	0	239	107	0	0
2	2	sup	776	346	211	94	326	145	0	0	0	0	239	107	0	0
	2	inf	812	1190	230	337	321	470	0	0	0	0	261	383	0	0
3	3	sup	1063	1558	452	663	350	513	0	0	0	0	261	383	0	0
	3	inf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	sup	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	inf	982	437	414	184	329	147	0	0	0	0	239	107	0	0
5	5	sup	1106	492	523	233	343	153	0	0	0	0	239	107	0	0
	5	inf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**PRESSIONI MURO 1**

**PRESSIONI SUL MURO**

Com N.r	Punto N.ro	X vert m	Y vert m	Zona	Or.Terr. Kg/mq	Ver.Terr Kg/mq	Or.Acqua Kg/mq	Ver.Acq. Kg/mq
---------	------------	----------	----------	------	----------------	----------------	----------------	----------------

**PRESSIONI MURO 1**

PRESSIONI SUL MURO								
Com N.r	Punto N.ro	X vert m	Y vert m	Zona	Or.Terr. Kg/mq	Ver.Terr Kg/mq	Or.Acqua Kg/mq	Ver.Acq. Kg/mq
1	1	0,85	1,70	pre	0	0	0	0
				seg	430	191	0	0
1	2	0,85	0,86	pre	776	346	0	0
				seg	862	0	0	0
1	3	0,85	0,30	pre	1155	0	0	0
				seg	0	5014	0	0
1	4	1,05	0,30	pre	0	4620	0	0
				seg	982	437	0	0
1	5	1,05	0,00	pre	1106	492	0	0
				seg	-1440	0	0	0
1	6	0,81	0,00	pre	-1440	0	0	0
				seg	-1440	0	0	0
1	7	0,00	0,00	pre	-1440	-6014	0	0
				seg	0	0	0	0
1	8	0,00	0,30	pre	0	0	0	0
				seg	0	0	0	0
1	9	0,50	0,30	pre	0	0	0	0
				seg	0	0	0	0
1	10	0,60	1,70	pre	0	0	0	0
				seg	0	0	0	0

**SPINTE A MONTE MURO 1**

SPINTE DEL TERRAPIENO A MONTE																			
Cmb n.	Fx tot Kg/m	Fy tot Kg/m	H tot m	X tot m	Fx tp Kg/m	Fy tp Kg/m	H tp m	X tp m	Fx esp Kg/m	Fy esp Kg/m	H esp m	X esp m	Fx w Kg	Fy w Kg	H w m	X w m	K sta	K sis	C sif
1	1376	1180	0,87	0,95	7	149	0,49	0,92	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,199	0,459	0,00

**SPINTE A VALLE MURO 1**

SPINTE DEL TERRAPIENO A VALLE																			
Cmb n.	Fx tot Kg/m	Fy tot Kg/m	H tot m	X tot m	Fx tp Kg/m	Fy tp Kg/m	H tp m	X tp m	Fx esp Kg/m	Fy esp Kg/m	H esp m	X esp m	Fx w Kg	Fy w Kg	H w m	X w m	K sta	K sis	
1	475	-212	0,02	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	11,152	6,08	

**VERIFICHE STABILITA' MURO 1**

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	1
Momento forze ribaltanti complessivo:	1285 Kg/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	1941 Kg/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0 Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	1,51 ----

LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA

**VERIFICHE STABILITA' MURO 1**

**VERIFICA ALLO SCORRIMENTO**

Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	1512 Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	3802 Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0 Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	2,51 ----

LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA

**SOLLECITAZIONI MURO 1**

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg

**SOLLECITAZIONI MURO 1**

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
1	PARAMENTO	1	0	0,0	0	0	0
		2	30	0,0	183	14	161
		3	60	0,0	392	76	360
		4	90	0,0	607	202	603
		5	120	0,0	753	421	912
		6	140	0,0	856	620	1144

**SOLLECITAZIONI MURO 1**

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
1	MENS.FOND.VALLE	1	0	-90,0	0	0	0
		2	30	-90,0	416	-152	-1335
		3	50	-90,0	694	-433	-1852

**SOLLECITAZIONI MURO 1**

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
1	MENS.FOND.MONTE	1	0	90,0	313	-1	-139
		2	20	90,0	36	-90	-1193

**VERIFICHE MURO 1**

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																							
Sez N.	Ele	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cm fl	N Kg	M Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	of s.	of d.	σc	Cmb tag	T Kg	T eff Kg	Tau Kg/cmq	A sta cmq/m	Verif.
1	1	0	25	100	73	170	0	1	0	0	0,0	0,0	4	0	0	0	0,0	1	0	0	0,00		OK
2	1	30	27	100	71	140	0	1	183	14	6,7	6,7	4	0	-2	1	0,2	1	161	156	0,09		OK
3	1	60	29	100	70	110	0	1	392	76	6,7	6,7	4	0	-10	21	0,9	1	360	337	0,15		OK
4	1	90	31	100	69	80	0	1	607	202	6,7	6,7	4	0	-22	72	2,1	1	603	547	0,21		OK
5	1	120	34	100	68	50	0	1	753	421	6,7	6,7	4	0	-39	168	4,0	1	912	805	0,29		OK
6	1	140	35	100	68	30	0	1	856	620	6,7	6,7	4	0	-53	249	5,5	1	1144	994	0,34		OK

**VERIFICHE MURO 1**

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																							
Sez N.	Ele	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cm fl	N Kg	M Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	of s.	of d.	σc	Cmb tag	T Kg	T eff Kg	Tau Kg/cmq	A sta cmq/m	Verif.
1	4	0	30	100	0	15	-90	1	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	1	0	0	0,00		OK
2	4	30	30	100	30	15	-90	1	416	-152	6,7	6,7	0	0	62	-17	1,8	1	-1335	-1335	0,55		OK
3	4	50	30	100	50	15	-90	1	694	-433	6,7	6,7	0	0	208	-46	5,0	1	-1852	-1852	0,75		OK

**VERIFICHE MURO 1**

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																							
Sez N.	Ele	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cm fl	N Kg	M Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	of s.	of d.	σc	Cmb tag	T Kg	T eff Kg	Tau Kg/cmq	A sta cmq/m	Verif.
1	5	0	30	100	105	15	90	1	313	-1	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,00		OK
2	5	20	30	100	85	15	90	1	36	-90	6,7	6,7	0	0	60	-4	0,4	0	-1193	0	0,00		OK

