



Comune di MIRA



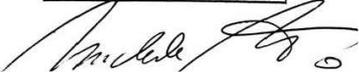
Città Metropolitana
VENEZIA

"Lavori di sistemazione viabilità Dogaletto" aggiornamento 2018

Progetto ESECUTIVO

boatoprogetti

studio associato di ingegneria & architettura – 30031 dolo – venezia via Rizzo 67/A tel. 041.411207 email: info@boatoprogetti.it
stefano boato, ingegnere – michele boato, architetto

Sito di progetto Via Bastie Identificazione catastale: MIRA fg. 41-42-48	Prot.:1809 File: 1809_Dogaletto_E009.d	data: Novembre 2018	
Progetto: Lavori di sistemazione viabilità Dogaletto aggiornamento 2018		Elaborato:	
Oggetto: RELAZIONE DI CALCOLO C.A.		E009 d	
Committente: COMUNE DI MIRA Settore 4 – Lavori pubblici e infrastrutture – Dirigente Arch. Cinzia PASIN		Scala nn	
Progettista incaricato:	 <div data-bbox="351 2094 630 2195" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> STEFANO BOATO Ingegnere N° 2219 Ordine Ingegneri Venezia </div>	<div data-bbox="836 2033 1082 2123" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <small>ORDINE DEGLI ARCHITETTI PIANIFICATORI PAESAGGISTI E CONSERVATORI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA</small> SEZIONE A ARCHITETTO </div>  <div data-bbox="933 2072 1082 2123" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> MICHELE BOATO N° 2089 </div>	Revisione: sostituisce tavola n° ... del

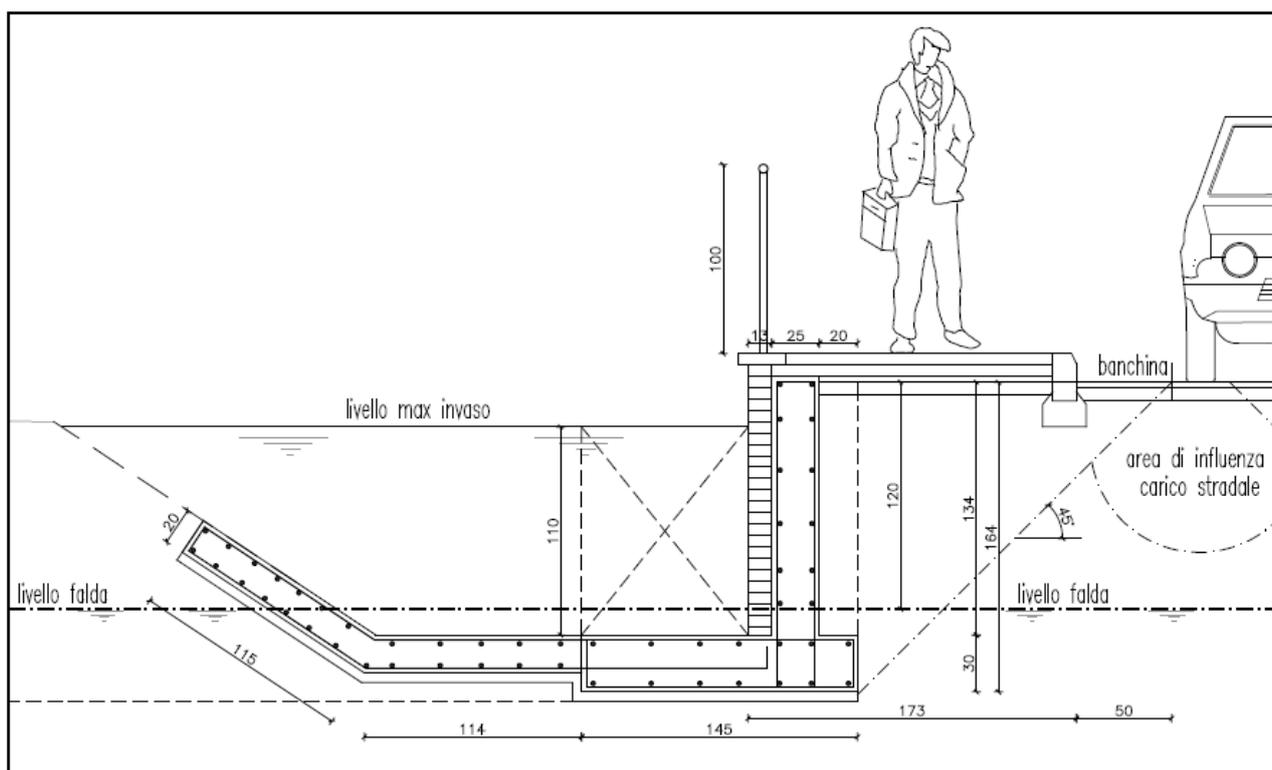
Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Progetto muro di sostegno

Il muro sostiene un terrapieno orizzontale su cui grava un sovraccarico accidentale stradale (marciapiede) pari a $q = 500 \text{ dN/mq}$.

Il terreno presenta i seguenti parametri:

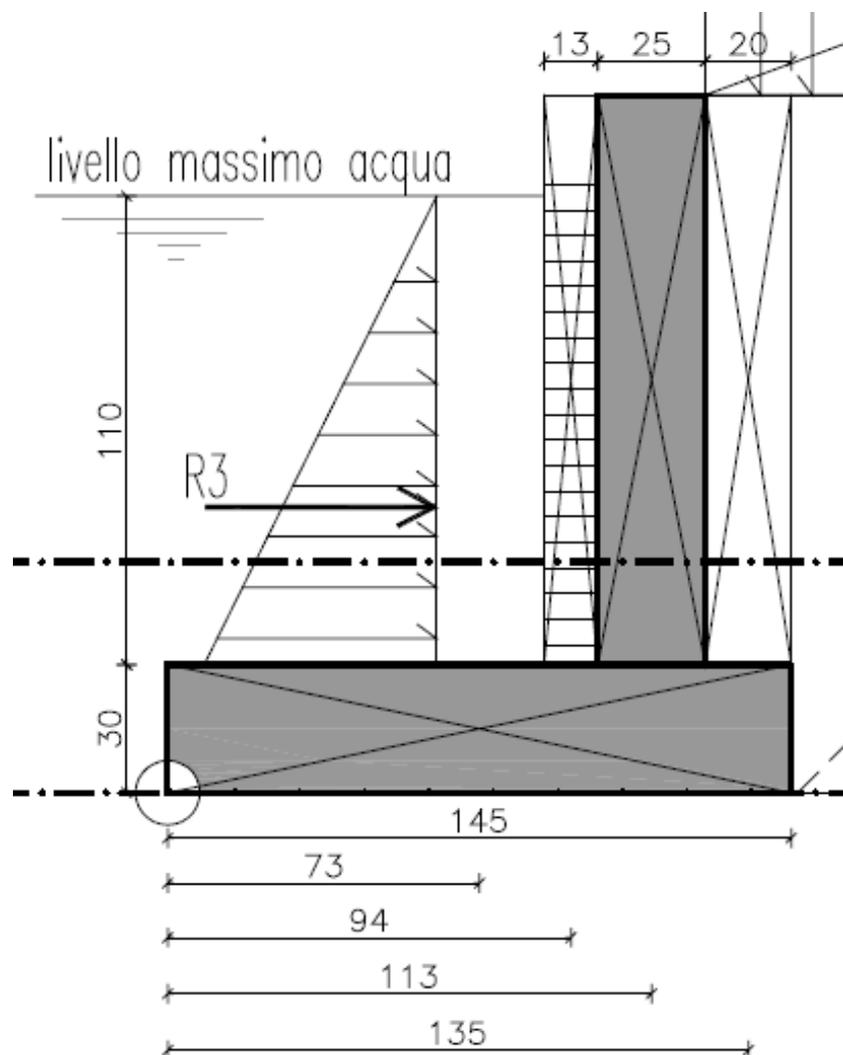
- Peso specifico del terreno $\gamma_t = 1800 \text{ dN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi = 27^\circ$
- Angolo di attrito terra-muro $\phi_1 = 0$
- Coesione $c = 0,7$
- Tensione a rottura terreno = $3,6 \text{ dN/cm}^2$
- Tensione ammissibile del terreno = $1,2 \text{ dN/cm}^2$



Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Calcolo del peso del muro

Ciascuna forza è applicata al baricentro della singola figura elementare.



$$N1 = 1050 + 840 + 310 = 2200 \text{ dN (solo muro)}$$

$$N2 = 2200 + 500 = 2700 \text{ dN (muro+terreno)}$$

$$N3 = 2700 + 957 = 3657 \text{ dN (muro+terreno+ acqua)}$$

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

VERIFICHE A RIBALTAMENTO (EQU+M2)

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante MR) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante MS) e verificare che il rapporto MS/MR sia maggiore o uguale a 1.

Il ribaltamento è dovuto alla spinta del terreno, o meglio alla componente orizzontale della spinta, quando questa risulta inclinata. Il momento stabilizzante è dovuto al peso stesso del muro. La normativa impone che:

Nel calcolo della spinta del terreno, deve essere considerato un angolo d'attrito ridotto calcolato come segue:

$$\phi_{rid} = \arctan\left(\frac{\tan\phi}{1.25}\right)$$

- Tutti i carichi permanenti G1 (inclusa la spinta del terreno), andranno premoltiplicati per un coefficiente pari a 1.1, se apportano un contributo sfavorevole alla rotazione, o pari a 0.9 se il loro contributo è favorevole alla rotazione.
- Tutti i carichi permanenti G2, e variabili Q, andranno premoltiplicati per un coefficiente pari a 1.5, se apportano un contributo sfavorevole alla rotazione o trascurati se il loro contributo è favorevole alla rotazione.

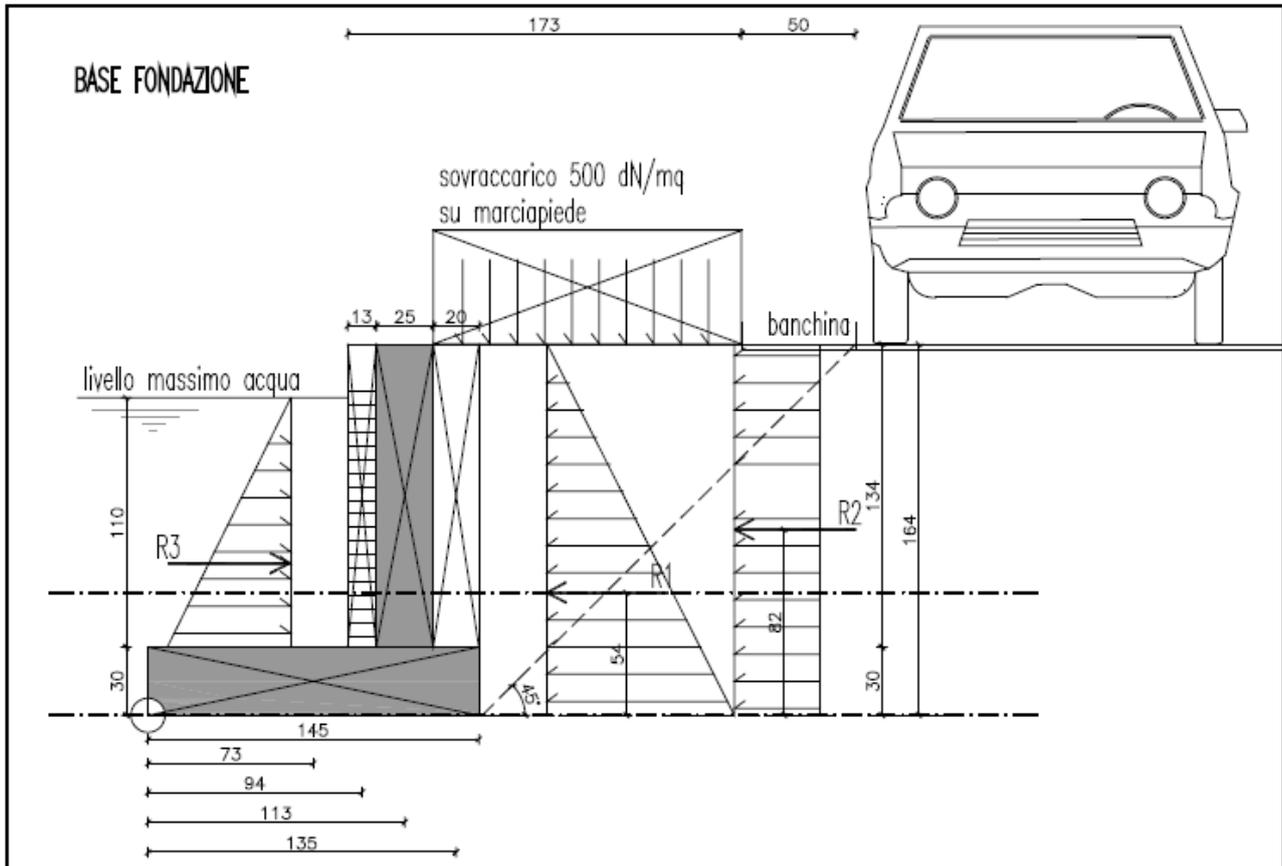
Angolo d'attrito ridotto: $\phi_{rid} = \arctan(\tan \phi / 1.25) = \arctan(\tan 27^\circ / 1.25) = 22,18^\circ$

Coefficiente di spinta attiva: $K_a = \tan^2((90 - \phi)/2) = \tan^2((90 - 22,18^\circ)/2) = 0,45$

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Calcolo della spinta sul muro+fondazione

Calcoliamo la spinta agente sul paramento interno del muro amplificando di 1.1 la componente dovuta al terreno e di 1.5 quella dovuta al sovraccarico:



$$St = 1.1 \cdot \left(\frac{\gamma_t}{2} \cdot H^2 \cdot K_a \right)$$

• spinta terreno:

$$St = 1,1 \cdot (1800/2 \cdot 1,64^2 \cdot 0,45) = \mathbf{1198 \text{ dN/m}} \Rightarrow \text{applicata a } h/3 = 54\text{cm}$$

$$MR_t = 1231 \cdot 0,54 = 647 \text{ dNm}$$

• spinta sovraccarico: $Sq = 1.5 \cdot (q \cdot H \cdot K_a)$

$$Sq = 1,5 \cdot (500 \cdot 1,64 \cdot 0,45) = \mathbf{554 \text{ dN/m}} \Rightarrow \text{applicata a } h/2 = 82\text{cm}$$

$$MR_q = 554 \cdot 0,82 = 454 \text{ dNm}$$

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Verifica a ribaltamento del complesso muro+fondazione

Momento ribaltante, prodotto dalla spinta:

$$\text{MR tot} = 647 + 454 = 1101 \text{ dNm}$$

Momento stabilizzante, dovuto al peso del muro:

$$0,9 \cdot (1050 \cdot 0,73 + 310 \cdot 0,94 + 840 \cdot 1,13 + 500 \cdot 1,35) = 2414 \text{ dNm}$$

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento:

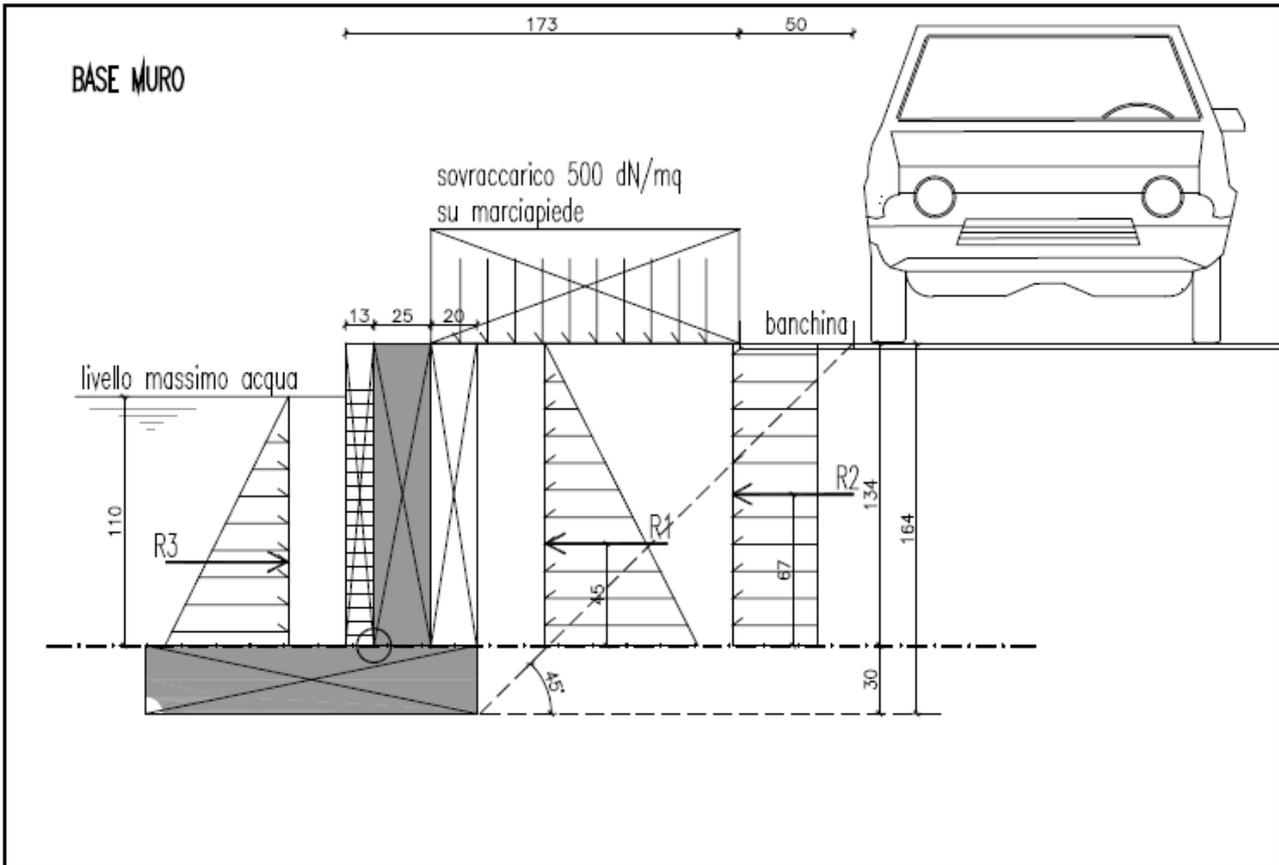
$$\text{FS} = \text{MS}/\text{MR} = 2414/1101 = 2,20 > 1 \Rightarrow \text{VERIFICA POSITIVA}$$

NOTA: la verifica è stata fatta esulando dalla presenza della soletta in c.a che costituisce fondo del tratto di seriola la cui presenza è elemento di ulteriore garanzia alla stabilità dell'opera, trascurata in questo calcolo a favore della sicurezza.

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Calcolo della spinta sul solo muro

Calcoliamo la spinta agente sul paramento interno del muro amplificando di 1.1 la componente dovuta al terreno e di 1.5 quella dovuta al sovraccarico:



$$St = 1.1 \cdot \left(\frac{\gamma_t}{2} \cdot H^2 \cdot K_a \right)$$

• spinta terreno:

$$St = 1,1 \cdot (1800/2 \cdot 1,34^2 \cdot 0,45) = 799 \text{ dN/m} \Rightarrow \text{applicata a } h/3 = 45\text{cm}$$

$$MR_t = 799 \cdot 0,45 = 360 \text{ dNm}$$

• spinta sovraccarico: $Sq = 1.5 \cdot (q \cdot H \cdot K_a)$

$$Sq = 1,5 \cdot (500 \cdot 1,34 \cdot 0,45) = 452 \text{ dN/m} \Rightarrow \text{applicata a } h/2 = 67\text{cm}$$

$$MR_q = 452 \cdot 0,82 = 370 \text{ dNm}$$

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Verifica a ribaltamento del muro

Momento ribaltante, prodotto dalla spinta:

$$\text{MR tot} = 360 + 370 = 730 \text{ dNm}$$

Momento da considerare per la verifica della sezione alla base del muro ipotizzando a favore della sicurezza l'assenza di acqua nell'invaso.

Momento stabilizzante, dovuto al peso del muro:

$$0,9 \cdot (1050 \cdot 0,73 + 310 \cdot 0,94 + 840 \cdot 1,13 + 500 \cdot 1,35) = 2413 \text{ dNm}$$

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento:

$$\text{FS} = \text{MS}/\text{MR} = 2413/730 = \mathbf{3.306} > \mathbf{1} \Rightarrow \mathbf{VERIFICA POSITIVA}$$

NOTA: la verifica è stata fatta esulando dalla presenza della soletta in c.a che costituisce fondo del tratto di seriola la cui presenza è elemento di ulteriore garanzia alla stabilità dell'opera, trascurata in questo calcolo a favore della sicurezza.

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

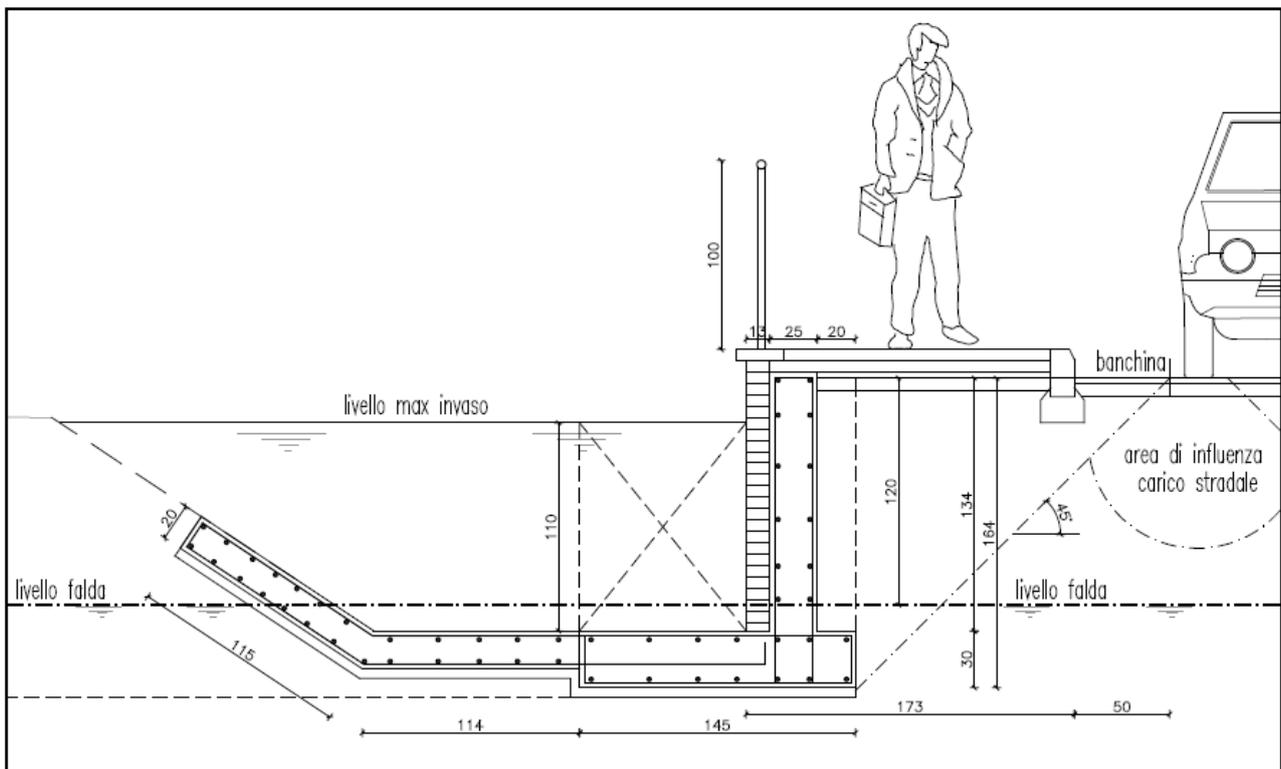
VERIFICHE A SCORRIMENTO (A1+M1+R3)

La verifica allo scorrimento è la verifica alla traslazione del muro sul suo piano di posa.

La verifica risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore o uguale a 1.1. La normativa impone che:

- Nel calcolo della spinta attiva del terreno non devono essere ridotti i parametri geotecnici;
- Tutti i carichi permanenti G_1 (inclusa la spinta del terreno), andranno premoltiplicati per un coefficiente pari a 1.3, se apportano un contributo sfavorevole alla traslazione, o pari a 1.0 se il loro contributo è favorevole alla traslazione.
- Tutti i carichi permanenti G_2 , e variabili Q , andranno premoltiplicati per un coefficiente pari a 1.5, se apportano un contributo sfavorevole alla traslazione o trascurati se il loro contributo è favorevole alla traslazione.

Calcolo della spinta sul muro+fondazione



Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Calcolo del coefficiente di spinta attiva:

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90 - \varphi}{2}\right)$$

$K_a = 0,37$

Calcoliamo la spinta agente sul paramento interno del muro amplificando di 1.3 la componente dovuta al terreno e di 1.5 quella dovuta al sovraccarico:

Sponda Nord

$$St = 1.3 \cdot \left(\frac{\gamma_t}{2} \cdot H^2 \cdot K_a\right)$$

• spinta terreno:

$St = 1,3 \cdot (1800/2 \cdot 1,64^2 \cdot 0,37) = 1164 \text{ dN/m} \Rightarrow$ applicata a $h/3 = 54\text{cm}$

$MR_t = 1164 \cdot 0,54 = 628 \text{ dNm}$

• spinta sovraccarico: $Sq = 1.5 \cdot (q \cdot H \cdot K_a)$

$Sq = 1,5 \cdot (500 \cdot 1,64 \cdot 0,37) = 455 \text{ dN/m} \Rightarrow$ applicata a $h/2 = 82\text{cm}$

$MR_q = 455 \cdot 0,82 = 373 \text{ dNm}$

Sponda Sud

• spinta terreno sulla soletta armata:

$St = 1,0 \cdot (1800/2 \cdot 1,00^2 \cdot 0,37) = 333 \text{ dN/m}$

$MR = 333 \cdot 0,3 = 100 \text{ dNm}$

Risultante forze orizzontali:

$T = S = 1164 + 455 - 333 = 1286 \text{ dN/m}$

La forza che si oppone allo scorrimento, provocato dalla risultante delle azioni orizzontali, è la forza d'attrito che si genera sul piano di scorrimento stesso, calcolabile come il prodotto della risultante delle forze verticali per il coefficiente d'attrito "f". Tale coefficiente può essere stimato con riferimento alla seguente tabella:

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Scorrimento	Coefficiente d'attrito "f"
Muro-Muro	0.75
Muro - terreno sabbioso	0.60
Muro - terreno argilloso umido	0.30
Muro - terreno argilloso asciutto	0.50

Nella valutazione della risultante delle forze verticali, poiché le forze peso offrono un contributo favorevole (cioè si oppongono) alla traslazione, vanno moltiplicate per il coefficiente 1 anziché 1.3.
L'effetto benefico di eventuali sovraccarichi va trascurato.

Verifica a scorrimento rispetto al terreno di fondazione

Risultante forze orizzontali: **No=1286 dN/m**

Risultante forze verticali:

MURO in C.A.

$N = (1050+310+840+500) = 2700 \text{ dN}$

SOLETTA CLS ARMATO fondo canale (L=250cm; s=20cm)

N= 1250 dN

MAGRONE

N=800 dN

Risultante delle forze verticali al metro = **Nt= 4750 dN/m**

Coefficiente d'attrito per terreno argilloso umido: **f = 0.30**

$FS = f \cdot N / T = 0.30 \cdot 4750 / 1286 = 1,11 > 1.1 \Rightarrow$ **VERIFICA POSITIVA**

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

VERIFICA A CAPACITÀ PORTANTE (A1+M1+R3)

Per quanto riguarda i coefficienti da applicare ai parametri geotecnici e alla spinta, vale quanto già riportato con riferimento alle verifiche a scorrimento.

In questo caso il peso del muro risulta sfavorevole ai fini della capacità portante del terreno pertanto va utilizzato il coefficiente 1.3.

Sponda Nord

$$St = 1.3 \cdot \left(\frac{\gamma_t}{2} \cdot H^2 \cdot K_a \right)$$

• spinta terreno:

$$St = 1,3 \cdot (1800/2 \cdot 1,64^2 \cdot 0,37) = \mathbf{1164 \text{ dN/m}} \Rightarrow \text{applicata a } h/3 = 54\text{cm}$$

• spinta sovraccarico: $Sq = 1.5 \cdot (q \cdot H \cdot K_a)$

$$Sq = 1,5 \cdot (500 \cdot 1,64 \cdot 0,37) = \mathbf{455 \text{ dN/m}} \Rightarrow \text{applicata a } h/2 = 82\text{cm}$$

Sponda Sud

• spinta terreno sulla soletta armata:

$$St = 1,0 \cdot (1800/2 \cdot 1,00^2 \cdot 0,37) = \mathbf{333 \text{ dN/m}}$$

Momento ribaltante risultante

$$MR = 1164 \cdot 0,54 + 455 \cdot 0,82 - 333 \cdot 0,5 = 835 \text{ dNm}$$

Braccio delle forze su base 145cm è 97cm $\Rightarrow F=860\text{dN}$

Tensione alla base del muro - contributo della spinta del terreno max = **0,11 dN/cm^q**

Risultante forze verticali:

$$\text{MURO in C.A.} \Rightarrow N = (1050 + 310 + 840 + 500) = 2700 \text{ dN}$$

$$\text{MAGRONE} \Rightarrow N = 290 \text{ dN}$$

$$\text{Risultante delle forze verticali al metro} = N_t = 1,3 \cdot (2700 + 290) = 3887 \text{ dN/m}$$

Base muro = 145 cm – profondità 100cm

Tensione alla base del muro - contributo del peso del muro = **0,26 dN/cm^q**

Per il calcolo della resistenza di progetto del terreno, ai fini della verifica a capacità portante, si assume come fattore di sicurezza 1.4. $\Rightarrow 3,6/1.4 = 2,57 \text{ dN/cm}^q$

Totale tensione massima = 0,37 dN/cm^q < 2,57 dN/cm^q \Rightarrow **VERIFICA POSITIVA**

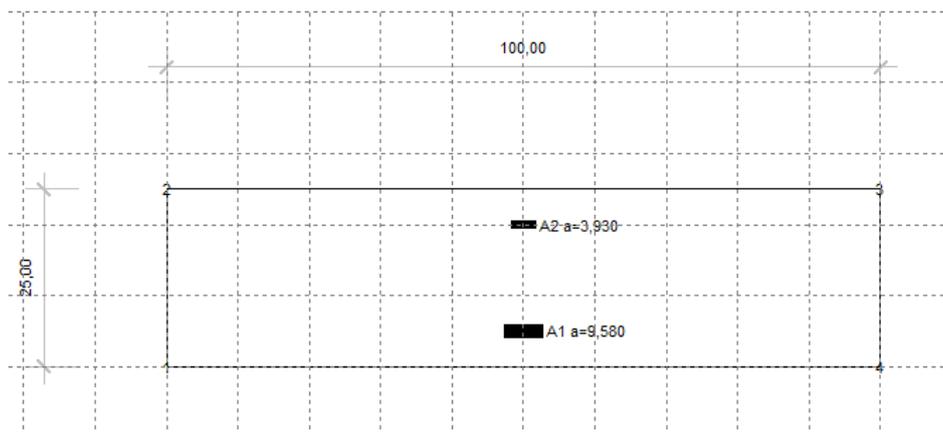
Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

VERIFICA della SEZIONE DEL MURO IN C.A.

Momento ribaltante, prodotto dalla spinta:

$$MR_{tot} = 360 + 370 = 730 \text{ dNm} = 73000 \text{ dNcm}$$

Momento da considerare per la verifica della sezione alla base del muro ipotizzando a favore della sicurezza l'assenza di acqua nell'invaso.



Unità di misura : [L]=cm [F]=daN

Sezione di calcestruzzo:

$$\text{Area} = 2500,00$$

$$x_{\text{baricentro}} = 50,00$$

$$y_{\text{baricentro}} = 12,50$$

$$J_{xx} = 130208,30$$

$$J_{yy} = 2083333,00$$

Sezione di c.a.:

$$\text{Area} = 2702,65$$

$$x_{\text{baricentro}} = 50,00$$

$$y_{\text{baricentro}} = 12,26$$

$$J_{xx} = 141457,90$$

$$J_{yy} = 2083333,00$$

Unità di misura : [L]=cm [F]=daN

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

Combinazione: Combinazione 1

$$M_{x-x} = -73000 \text{ dNm}$$

Sezione parzializzata

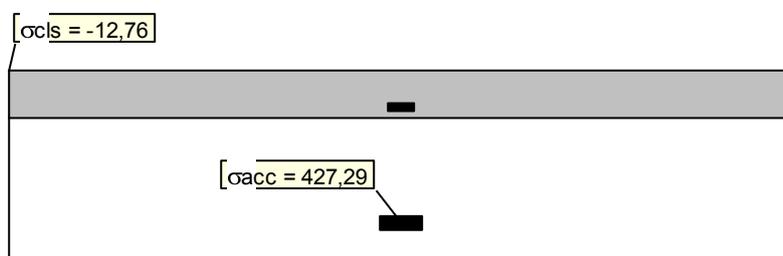
asse neutro: da $x=0,00$ $y=18,81$

a $x=100,00$ $y=18,81$

$$J_{n-n} = 35395,27$$

$$S_{n-n} = 1985,24$$

$$b_{n-n} = 100,00$$



tensione cls = $-12,76 \text{ dN/cm}^2$ (vertice 2) => **VERIFICA POSITIVA**

tensione acc = $427,29 \text{ dN/cm}^2$ (armatura 1) => **VERIFICA POSITIVA**

Progetto Esecutivo
RELAZIONE DI CALCOLO

VERIFICA DEL PARAPETTO

Altezza 100cm

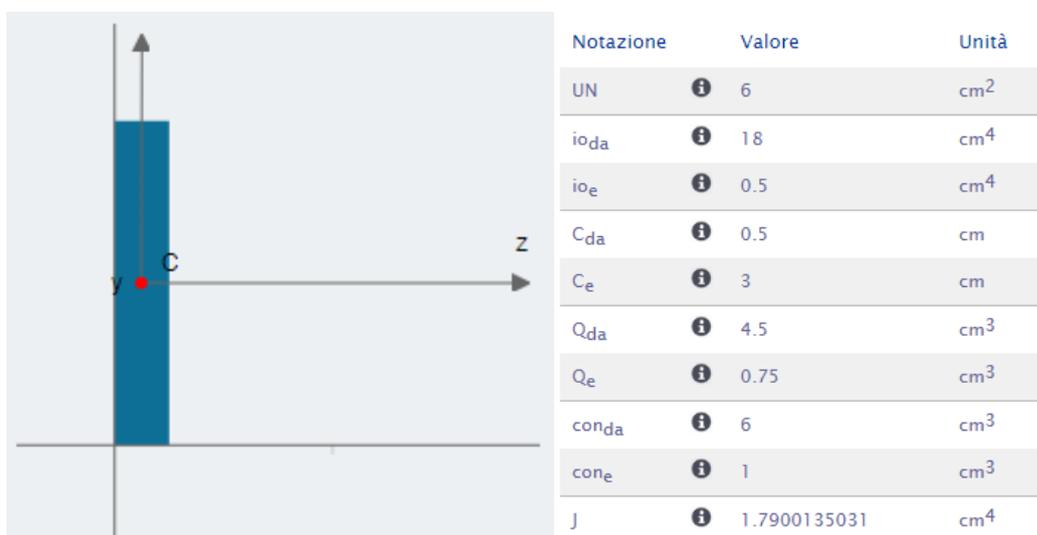
Carico orizzontale distribuito ad un metro di altezza 150 dN/ml

Interasse montanti 150 cm

Momento alla base del modulo
 $150 \times 1,5 \times 1,0 = 225 \text{ dNm} = 22500 \text{ dNcm}$

Sezione montante
2 x (10x60) mm

$W = 2 \times 6 \text{ cm}^3 = 12 \text{ cm}^3$



Tensione massima alla base del montante = 1875 dN/cm² => **VERIFICA POSITIVA**