



# Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio  
dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS–Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI    Dott. Ing. Alessandro MICHELI  
Ordine Ing. di Roma n. 19116            Ordine Ing. di Roma n. 19645

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA  
Ordine Geol. Lazio n. 928

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

### OPERE D'ARTE MINORI

Tombino scatolare T3 alla progr. 0+692,43 della S.P. 125

### RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

PROGETTO            LIV. PROG.            N. PROG.

LOPLSP    E    1501

NOME FILE

T00\_TM02\_STR\_RE01\_A.docx

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00TM02STRAR01

A

—

D

C

B

A

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



## Indice

<b>1 Premessa</b>	<b>3</b>
<b>2 Descrizione dell'opera</b>	<b>4</b>
<b>3 Normativa di riferimento</b>	<b>6</b>
<b>4 Caratteristiche dei materiali</b>	<b>7</b>
<b>5 Condizioni geotecniche</b>	<b>8</b>
<b>6 Criteri di verifica</b>	<b>9</b>
6.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi .....	9
6.2 Verifiche agli stati limite di esercizio .....	9
<b>7 Geometria della struttura</b>	<b>12</b>
<b>8 Modello di calcolo</b>	<b>13</b>
8.1 Programma di calcolo .....	13
8.2 Modellazione Strutturale .....	13
8.3 Schema .....	14
<b>9 Analisi dei carichi</b>	<b>15</b>
9.1 Pesi propri strutturali .....	15
9.2 Sovraccarichi permanenti portati .....	15
9.3 Azioni provenienti dal terreno .....	16
9.4 Azioni provenienti dai carichi mobili .....	17
9.5 Azioni da variazioni termiche e ritiro .....	21
9.6 Azioni sismiche .....	22
<b>10 Combinazioni di carico</b>	<b>24</b>
<b>11 Sollecitazioni di calcolo</b>	<b>27</b>
11.1 Stato Limite Ultimo .....	27
11.2 Stato Limite Esercizio .....	29
11.3 Sezioni di verifica .....	30
<b>12 Verifiche</b>	<b>32</b>
<b>13 Muri laterali</b>	<b>38</b>
13.1 Geometria .....	38
13.2 Schema di calcolo .....	39
13.3 Verifiche sulle pareti .....	45

13.3.1	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	45
13.3.2	Verifiche allo Stato Limite Elastico	47
13.4	Verifiche sulla fondazione .....	48
13.4.1	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	50
13.4.2	Verifiche allo Stato Limite Elastico	52
<b>14</b>	<b>Appendice</b>	<b>54</b>

## 1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto il progetto strutturale e geotecnico del tombino scatolare T3 sotto la S.P. 125, nell'ambito del progetto di adeguamento e messa in sicurezza della strada stessa. Lo scatolare avrà dimensioni interne pari a 3,10 x 2.50 m e spessori pari a 0,50 m per la soletta superiore, la soletta inferiore ed i piedritti. Si è considerato uno spessore della pavimentazione pari a 0.10 m. Poiché la strada interseca l'asse dello scatolare secondo un angolo retto, nella presente relazione è stato analizzato un concio elementare di scatolare, di ampiezza 1,00 m, disposto parallelamente all'asse stradale.

Si implementa un modello matematico agli elementi finiti, i cui carichi in input sono ottenuti da fogli elettronici riportati alle pagine seguenti; il modello viene quindi risolto numericamente tramite codice di calcolo Sap 2000, il cui manuale d'uso si dà per conosciuto. A vantaggio di sicurezza non sono stati considerati carichi verticali agenti sulla soletta di fondo, se non il peso proprio della soletta medesima.

Nel seguito sono presentate le caratteristiche generali e geometriche dell'opera.

Inoltre sono definite le modalità di calcolo, i risultati delle analisi delle sollecitazioni e le verifiche degli elementi strutturali.



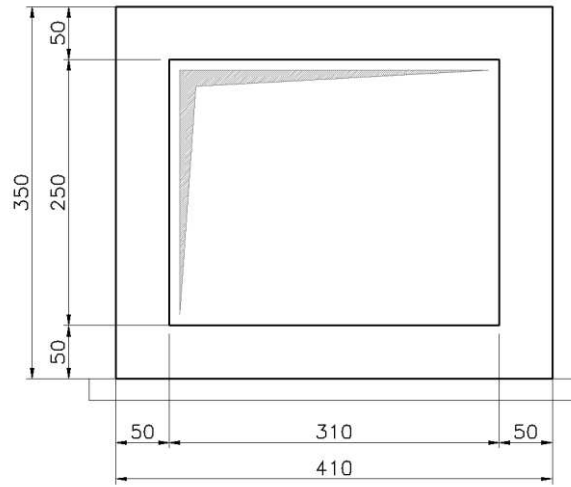


Figura 4: Sezione Trasversale Tombino

### **3 Normativa di riferimento**

**D.M. 14 gennaio 2008:**

Testo unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.

**CIRCOLARE 2 febbraio 2009 n° 617:**

- Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14.01.2008.

**UNI EN 1992-1:**

- Progettazione delle strutture di calcestruzzo.



## 4 Caratteristiche dei materiali

### CALCESTRUZZO

Classe di resistenza calcestruzzo	C28/35			
Caratteristiche del calcestruzzo				
resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	35	[MPa]	
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	29.1	[MPa]	
resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	37.1	[MPa]	
resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	2.8	[MPa]	
resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	$f_{ctk}$	2.0	[MPa]	
modulo elastico istantaneo	$E_{cm}$	32 588	[MPa]	
Resistenze di calcolo				COEFFICIENTI
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	16.5	[MPa]	$\gamma_c = 1.5$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	1.3	[MPa]	$\alpha_{cc} = 0.85$
coefficiente di espansione termica lineare	$a$	1.00E-05	[°C <sup>-1</sup> ]	

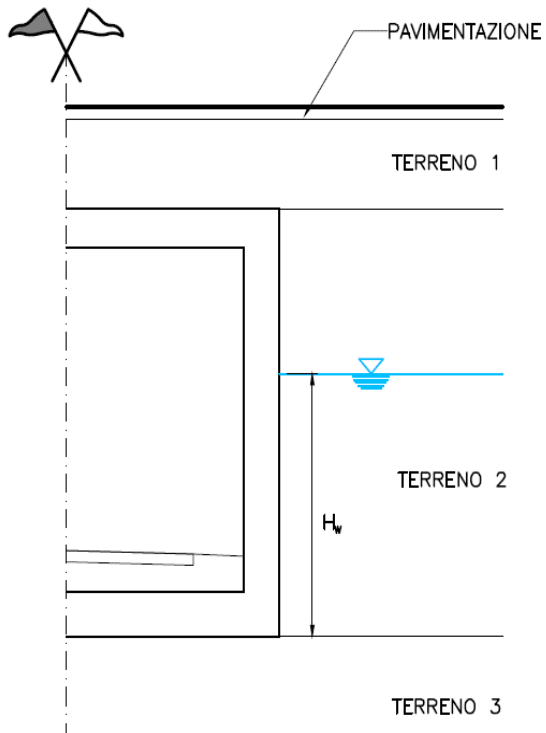
### ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Tipo di acciaio	B450C			
Caratteristiche del calcestruzzo				
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	450	[MPa]	
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	540	[MPa]	
Resistenze di calcolo				COEFFICIENTI
resistenza di progetto	$f_{yd}$	391.3	[MPa]	$\gamma_s = 1.15$
modulo elastico	$E_s$	206000	[MPa]	

Per il calcestruzzo armato si assume  $g_{sb} = 25 \text{ kN/m}^3$

## 5 Condizioni geotecniche

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO



#### Pavimentazione

Peso specifico	$\gamma_p$	20	$\text{kN/m}^3$
----------------	------------	----	-----------------

#### Falda Assente

Peso specifico	$\gamma_w$	10	$\text{kN/m}^3$
Quota falda	$H_w$	0	m

#### Terreno 1

		M1	M2	
Peso specifico	$\gamma_{t1}$	19	19	$\text{kN/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi'_k$	30	24.8	°
Coesione	$c'$	0	0	MPa

#### Terreno 2

		M1	M2	
Peso specifico	$\gamma_{t2}$	19	19	$\text{kN/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi'_k$	30	24.8	°
Coesione	$c'$	0	0	MPa

#### Terreno 3

		M1	M2	
Peso specifico	$\gamma_{t3}$	19	19	$\text{kN/m}^3$
Angolo di attrito	$\phi'_k$	30	24.8	°
Coesione	$c'$	0	0	MPa
Cost. Sottofondo	$k$	50000		$\text{kN/m}^3$

## 6 Criteri di verifica

### 6.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni, sia minore dei corrispondenti valori resistenti per le sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 "Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti" del D.M. 14 gennaio 2008.

### 6.2 Verifiche agli stati limite di esercizio

Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;

stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$

stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_f = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_s = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_{cs} = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

### Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni ordinarie.

### Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
<b>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

### Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure ( $w_d$ ) non deve superare i valori nominali  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è data da:

$$w_d = 1,70 \cdot w_m$$

dove  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure  $w_m$  è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

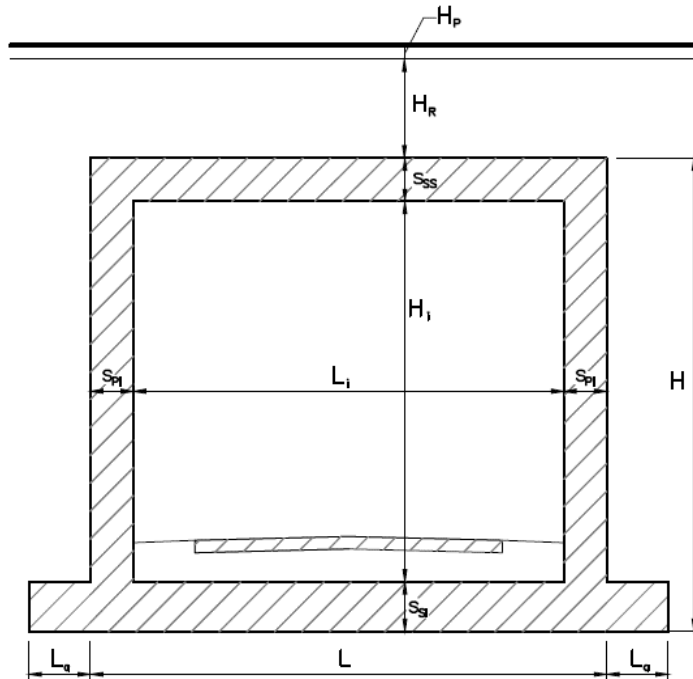
Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.  $\varepsilon_{sm}$  può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

$$\varepsilon_{sm} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con  $\sigma_s$  tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed  $E_s$  è il modulo elastico dell'acciaio.

## 7 Geometria della struttura

### GEOMETRIA



Spessore Soletta Superiore	$S_{SS}$	0.5 m
Spessore Soletta Inferiore	$S_{SI}$	0.5 m
Spessore Piedritti	$S_{PI}$	0.5 m
Larghezza totale	$L$	4.1 m
Altezza totale	$H$	3.5 m
Larghezza interna	$L_i$	3.1 m
Altezza Interna	$H_i$	2.5 m
Larghezza ali	$L_e$	0 m
Altezza Ricoprimento	$H_R$	0.6 m
Altezza Pavimentazione	$H_P$	0.1 m

## 8 Modello di calcolo

### 8.1 Programma di calcolo

L'analisi è stata effettuata per elementi finiti attraverso l'ausilio del programma di calcolo "SAP2000".

### 8.2 Modellazione Strutturale

Il modello di calcolo attraverso il quale è stata analizzata la struttura e schematizzato da un telaio rettangolare costituito da elementi monodimensionali; quelli che schematizzano la soletta di fondazione sono vincolati su un letto di molle alla Winkler agenti in direzione verticale ed orizzontale.

Per i coefficienti del sottosuolo sono stati adottati i seguenti valori

- $k_v = 25\,000 \text{ kN/m}^3$
- $k_h = \frac{1}{2} k_v$

### 8.3 Schema

Il modello è formato da 12 elementi monodimensionale a cui è assegnata la sezione specifica dell'elemento corrispondente

- Gli elementi 1,2,3,4 sono discretizzati in 12 sotto elementi durante il calcolo;
- Gli elementi 5,6,11,11 sono vincolati con delle molle con rigidezza  $k_v$  e  $k_n$ ;

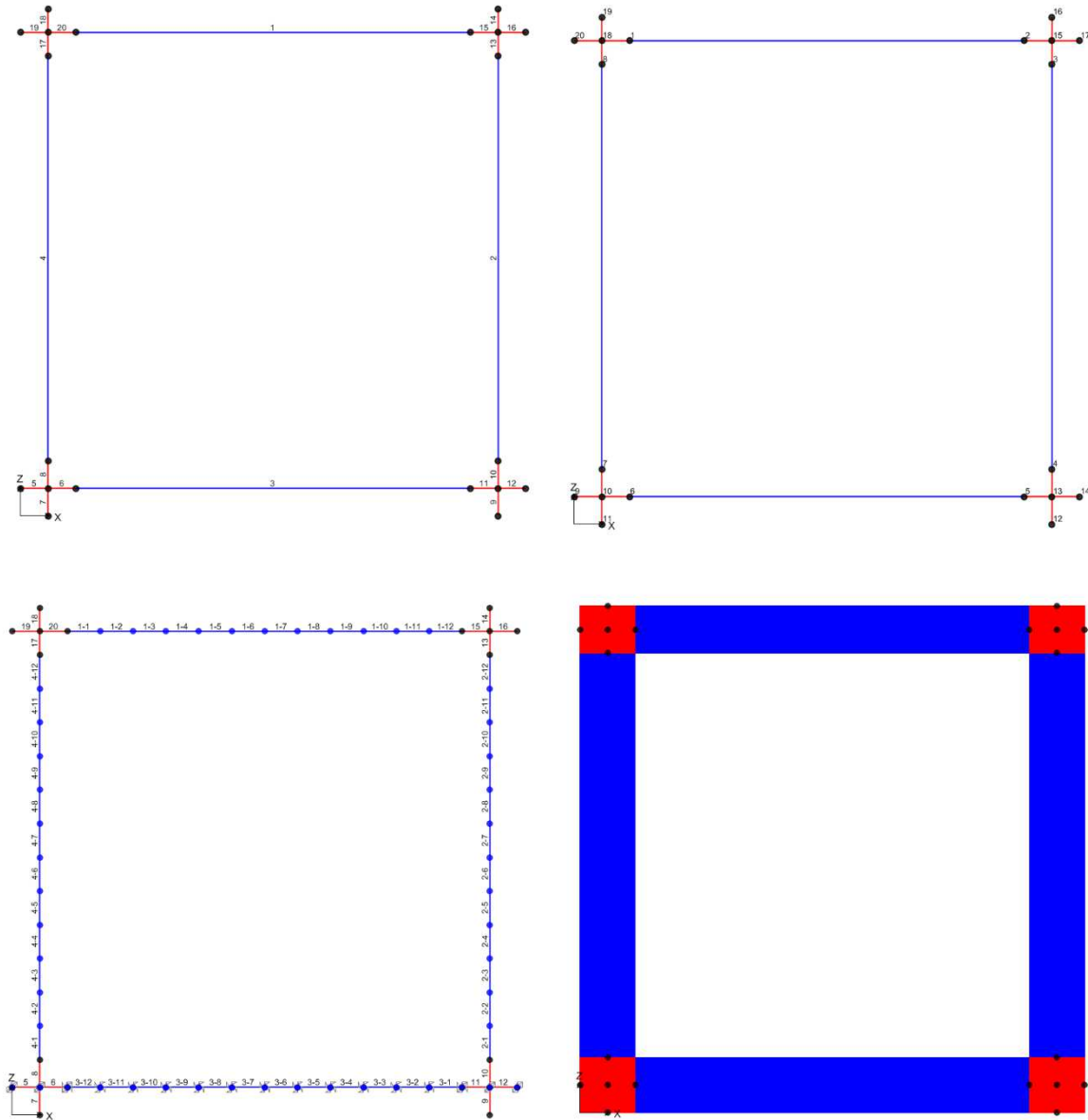


Figura 5 : Schema modello di calcolo



## 9 Analisi dei carichi

### 9.1 Pesi propri strutturali

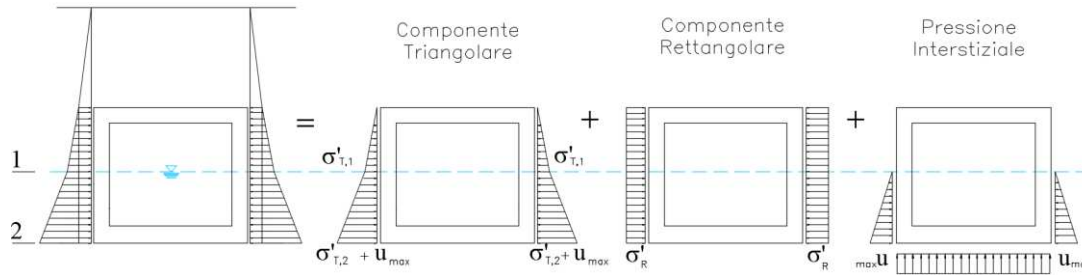
		H [m]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]		[m]		[kN/m]
Soletta Superiore	PP <sub>SS</sub>	0.5	X	25	X	1	=	12.5
Soletta Inferiore	PP <sub>SI</sub>	0.5	X	25	X	1	=	12.5
Piedritto	PP <sub>PI</sub>	0.5	X	25	X	1	=	12.5

### 9.2 Sovraccarichi permanenti portati

		H [m]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]		[m]		[kN/m]
Terreno di ricoprimento	Q <sub>TER</sub>	0.6	X	19	X	1	=	11.4
Pavimentazione	Q <sub>PAV</sub>	0.1	X	20	X	1	=	2.0
Totale	Q <sub>G2</sub>						=	13.4

### 9.3 Azioni provenienti dal terreno

La spinta è valutata sia in condizioni di quiete che in condizioni di equilibrio limite attivo. Si considera cautelativamente il più sfavorevole dei due effetti combinandoli tra loro.



#### pressione interstiziale

$$u_{max} = 0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

#### Tensioni litostatiche verticali : componente Triangolare

Tensione litostatica verticale efficace in "1"  $\sigma'_{T,1} = \gamma_{t2} \times (H_t - H_w) = 66.5 \text{ [kN/m}^2\text{]}$   
 Tensione litostatica verticale efficace in "2"  $\sigma'_{T,2} = \sigma'_{T,1} + \gamma'_{t2} \times H_w = 66.5 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Nel caso in cui la falda non interagisce con lo scatolare il punto 1 coincide con il punto 2

#### Tensioni litostatiche verticali : componente Rettangolare

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	x	H <sub>i</sub> [m]	= $\gamma' \times H$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Falda	10		0.0	0.0
Pavimentazione	20		0.1	2.0
Terreno di ricoprimento	19		0.6	11.4
Tensione litostatica verticale efficace estradosso Soletta				$\sigma'_R = 13.4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

#### Coefficienti di spinta Terreno 1

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_{0,t1} = 1 - \text{sen}\varphi'$	0.50	0.58	0.50
Equilibrio limite attivo	$k_{a,t1} = (1 - \text{sen}\varphi') / (1 + \text{sen}\varphi')$	0.33	0.41	0.33

#### Coefficienti di spinta Terreno 2

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_{0,t2} = 1 - \text{sen}\varphi'$	0.50	0.58	0.50
Equilibrio limite attivo	$k_{a,t2} = (1 - \text{sen}\varphi') / (1 + \text{sen}\varphi')$	0.33	0.41	0.33

#### Tensioni totali orizzontali

$$\sigma_{sx}(k_0) = \sigma_{sx}(k_0) = k_{0,t1} \cdot \sigma'_R + k_{0,t2} \cdot \sigma'_T + u$$

$$\sigma_{sx}(k_a) = \sigma_{sx}(k_a) = k_{a,t1} \cdot \sigma'_R + k_{a,t2} \cdot \sigma'_T + u$$

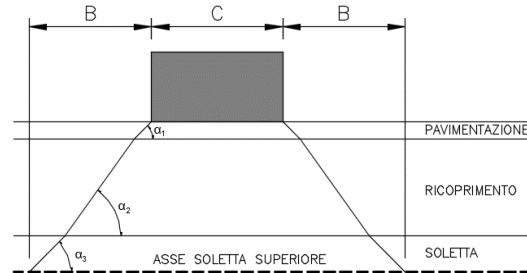
$\sigma_1 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_0)$  *Condizioni di deformazione orizzontale nulla*  
 $\sigma_2 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_a)$  *Condizione di equilibrio limite attivo*  
 $\sigma_3 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_a)$  *Condizione asimmetrica sx*  
 $\sigma_4 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_0)$  *Condizione asimmetrica dx*

$$\sigma_t = \text{involuppo} \{ \sigma_1; \sigma_2; \sigma_3; \sigma_4 \} \quad \text{Involuppo tensioni litostatiche orizzontali}$$

## 9.4 Azioni provenienti dai carichi mobili

### AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI

Si considera una diffusione dei carichi su una striscia di larghezza unitaria fino all'asse medio della soletta superiore dello scatolare, considerando la condizione più sfavorevole in detta striscia.



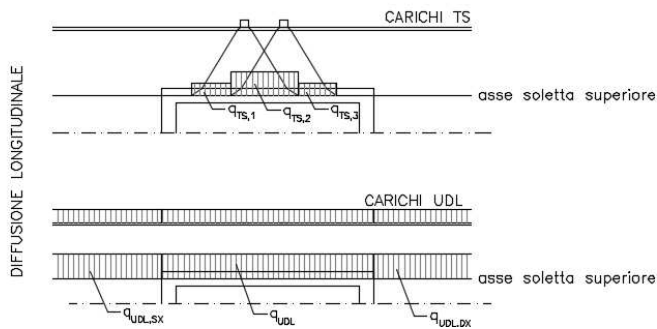
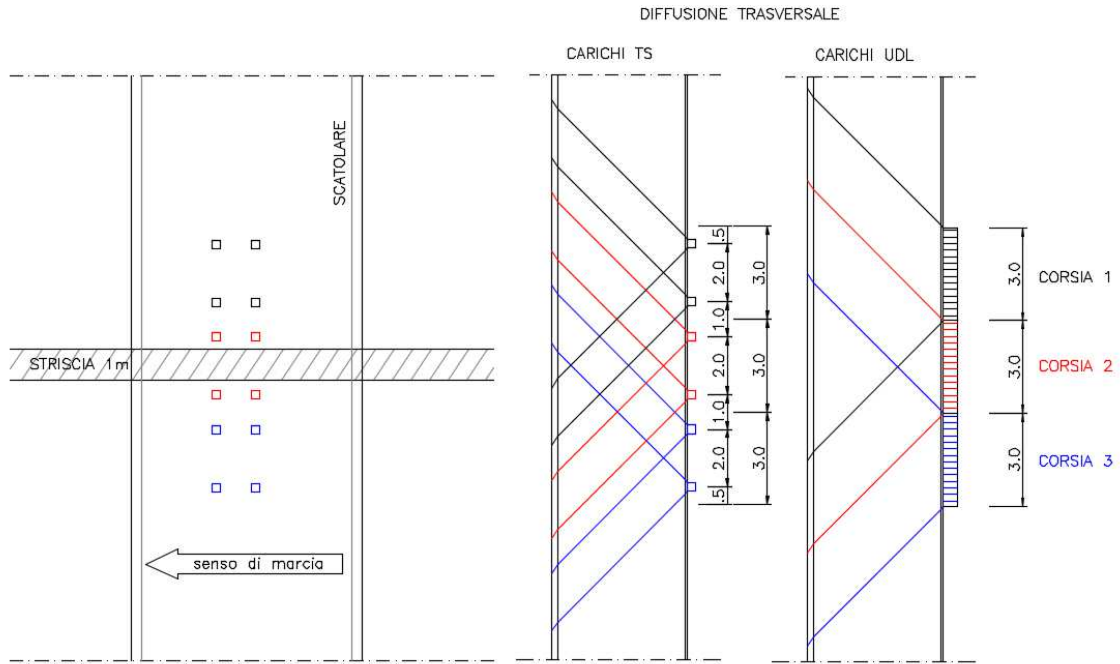
#### Diffusione

	$H_{dif,j}$ [m]	$\alpha$ [°C]	$B_i$ [m]
Pavimentazione	0.10	45	0.10
Ricoprimento	0.60	30	0.35
spessore soletta superiore	0.25	45	0.25
		$B_{dif}$ [m]	0.70

#### Schema di carico 1

Larghezza carreggiata		7	[m]
Larghezza corsia	w	3	[m]
Numero corsie	n	2	[]

	UDL [kN/m <sup>2</sup> ]	TS [kN]
Corsia 1	9	150
Corsia 2	2.5	100
Corsia 3	0	0



**Diffusione carico "Uniform Distributed Loads"**

Diffusione totale carico trasversale  $B_{diff,udl}$  4.39 [m]

$UDL_{diff}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
Corsia 1	6.15
Corsia 2	1.71
Corsia 3	0.00

UDL	UDL(1)	UDL(2)	UDL(3)		
Sovrapposizione	6.15	1.71	0.00	1.00	m
1[m] - Sovrapposizione	6.15	1.71	0.00	0.00	m
Carico diffuso in senso longitudinale				$q_{UDL}$	7.85 [kN/m <sup>2</sup> ]

**Diffusione carico "TANDEM SYSTEM"**

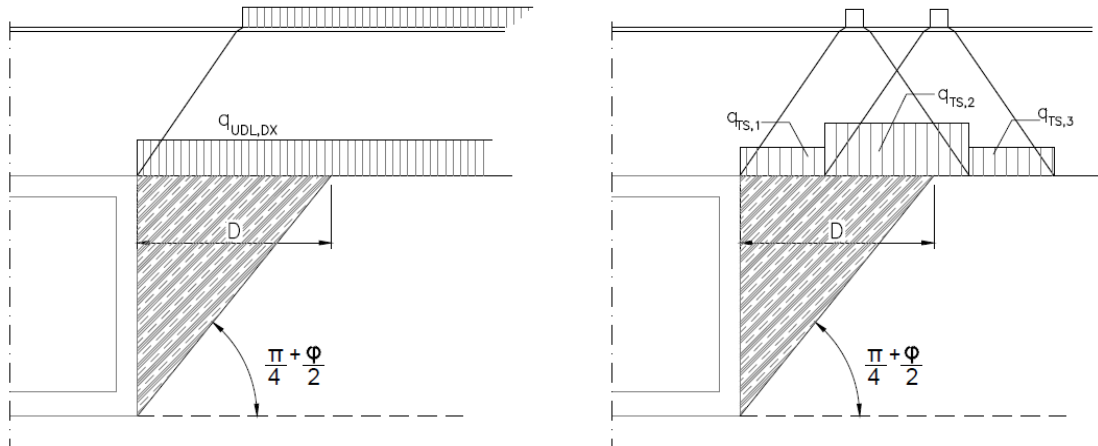
Diffusione totale carico trasversale  $B_{diff,TS}$  1.79 [m]

	Impronta			TS <sub>diff</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]						
Corsia 1	0.4	x	0.4	83.67						
Corsia 2	0.4	x	0.4	55.78						
Corsia 3	0.4	x	0.4	0.00						
				TS(1)	TS(1)	TS(2)	TS(2)	TS(3)	TS(3)	
Sovrapposizione				83.67	0.00	55.78	0.00	0.00	0.00	0.79 [m]
1[m] - Sovrapposizione				83.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21 [m]
Carico Diffuso in senso trasversale								$q_{TS}$	=	127.89 [kN/m <sup>2</sup> ]

*Carico Diffuso in senso Longitudinale*

	$q_{TS}$ [kN/m]	$B_L$ [m]
$q_{TS1}$	71.33	1.20
$q_{TS2}$	142.67	0.59
$q_{TS3}$	71.33	1.20

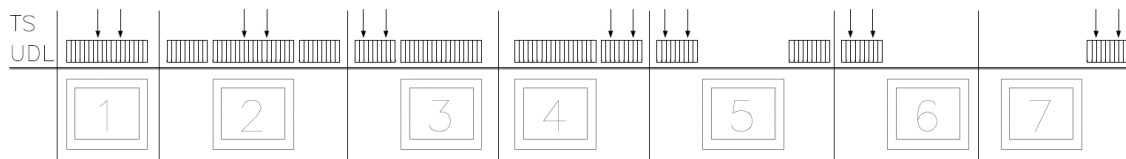
**Diffusione carico su piedritti**



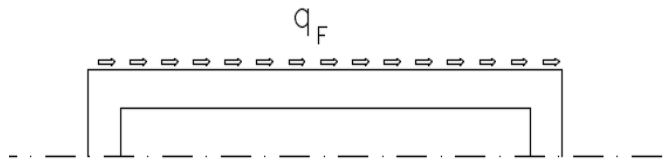
Angolo diffusione		60 °
Altezza piedritto		3.50 [m]
Larghezza di carico incidente su piedritto	D	2.02 [m]
Carico distribuito su piedritto da UDL	$q_{UDL}$	7.85 [kN/m]
Carico distribuito su piedritto da TS	$q_{TS}$	92.26 [kN/m]
Carico distribuito su piedritto da variabile	$q_{var}$	[kN/m]
Carico distribuito su piedritto totale	$q_{tot}$	100.11 [kN/m]

		M1	M2	SLE	
Tensioni su piedritto da carico UDL	$\sigma_{UDL} = q_{UDL} \times k_0 =$	3.93	4.56	3.93	[kN/m]
Tensioni su piedritto da carico TS	$\sigma_{TS} = q_{TS} \times k_0 =$	46.13	53.60	46.13	[kN/m]
Tensioni su piedritto da carico variabile	$\sigma_{var} = q_{var} \times k_0 =$	0.00	0.00	0.00	[kN/m]

Gli effetti dei carichi mobili sono valutati adottando i seguenti schemi

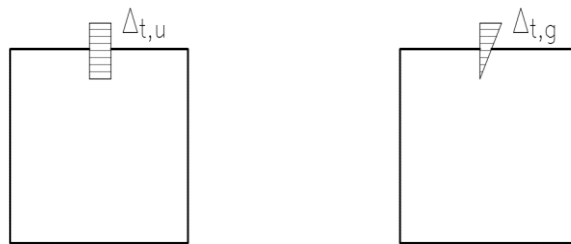


**Frenatura NTC2008**



Carico concentrato	$Q_{1K}$	300.0	[kN]
Carico distribuito	$Q_{1K}$	9.0	[kN/m <sup>2</sup> ]
Larghezza soletta superiore	L	4.1	[m]
Azione di frenatura	$Q_3$	371.1	[kN]
Larghezza diffusione	$L_{dif}$	3	[m]
Azione frenatura distribuita su soletta	$q_{fren} = q_3 / (L \times L_{dif})$	30.2	[kN/m]

**9.5 Azioni da variazioni termiche e ritiro**



Variazione termica uniforme	$\Delta t_u$	15	[°C]
Variazione termica differenziale	$\Delta t_g$	5	[°C/m]
Gradiente ritiro (UNI EN 1992-1-1)	$\Delta t_u$	8	[°C]

## 9.6 Azioni sismiche

### CARATTERISTICHE SISMICHE

#### PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

vita nominale	$V_N$	50	anni
Classe d'uso		IV	
coefficiente d'uso	$C_U$	2	
periodo di riferimento per l'azione sismica	$V_R$	100	anni
Stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV			
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	$P_{VR}$	10%	
Periodo di ritorno dell'azione sismica	$T_R$	949.12	anni

#### PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_g$	0.589	$[m/s^2]$
coefficiente di amplificazione spettrale massima	$F_0$	2.880	
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in $T_C^*$		0.371	[s]

#### CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

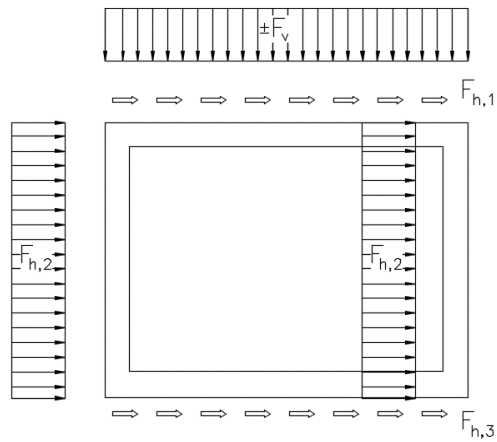
Categoria di sottosuolo		B	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S$	1.20	
coefficiente di sottosuolo	$C_C$	1.34	
Categoria topografica		T1	
coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1	
$S_S \times S_T$	S	1.20	
coefficiente di smorzamento viscoso	x	5%	
$\sqrt{10/(5+x)}$	h	1	

#### PARAMETRI DI ANALISI

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_{max}$	0.706	$[m/s^2]$
fattore di struttura	q	1	
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_m$	1	
coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.072	
coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.036	



**FORZE SISMICHE INERZIALI**



Forze di inerzia orizzontali

$$F_h = k_h \times W$$

Forze di inerzia verticali

$$F_v = k_v \times W$$

**Sisma H**

Coefficiente influenza G2

$$\alpha_{G2} = 1 \quad [-]$$

Forza orizzontale superiore

$$F_{h1} = (PP_{SS} + \alpha Q_{G2}) \cdot k_h = 1.86 \quad [\text{kN/m}]$$

Forza orizzontale piedritti

$$F_{h2} = (PP_{PI}) \cdot k_h = 0.90 \quad [\text{kN/m}]$$

Forza orizzontale inferiore

$$F_{h3} = (PP_{SI}) \cdot k_h = 0.90 \quad [\text{kN/m}]$$

**Sisma V**

Forza verticale superiore

$$F_v = \pm(PP_{SS} \times Q_{G2}) \cdot k_v = 0.93 \quad [\text{kN/m}]$$

**Incremento sismico secondo il metodo di Wood**

Spinta del terreno rettangolare

$$\Delta S_E = a_{\max}/g \times \gamma_{t2} \times H_{\text{tot}} = 4.79 \quad [\text{kN/m/m}]$$

## 10 Combinazioni di carico

### Combinazione massima spinta terreno

#### Spinta terreno M1 = Spinta terreno SLE

Spinta Terreno	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1
Spinta Terreno C2	0.333	0.333	0.333	0.333	1	1
Spinta Terreno C3	0.5	0.333	0.5	0.333	1	1
Spinta Terreno C4	0.333	0.5	0.333	0.5	1	1

#### Spinta terreno M2

Spinta Terreno	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.581	0.581	0.581	0.581	1	1
Spinta Terreno C2	0.409	0.409	0.409	0.409	1	1
Spinta Terreno C3	0.581	0.581	0.581	0.581	1	1
Spinta Terreno C4	0.409	0.409	0.409	0.409	1	1

I numeri in tabella rappresentano il prodotto tra i coefficienti di spinta e i coefficienti parziali sulle azioni

### Combinazione massima Temperatura

#### Temperatura

Termica	$T_u$	$T_d$
Temp C1	1	0
Temp C2	-1	0
Temp C3	0	1
Temp C4	0	-1

### Combinazione di verifica

SLU A1-M1	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno "M1"	Mobili sinistra "M1"	Mobili centro	Mobili destra "M1"	Frenatura	Temp.
SLU 1	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 2	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 3	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 4	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 5	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 6	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 7	1.35	1.35	1.20	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.72
SLU 8	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	1.35	0.00	0.72

SLU 9	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 10	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 11	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 12	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 13	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 14	1.35	1.35	1.20	1.35	1.01	0.00	0.00	1.35	0.72
SLU 15	1.35	1.35	1.20	1.35	0.00	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 16	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.72
SLU 19	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.72
SLU 20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.72
SLU 22	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.72
SLU 23	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	0.00	1.35	0.72
SLU 26	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.01	1.01	1.35	0.72
SLU 27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.00	1.01	1.35	0.72
SLU 28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.00	0.00	1.35	0.72
SLU 29	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.01	1.35	0.72

<i>SLU A2-M2</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno "M2"	Mobili sinistra "M2"	Mobili centro	Mobili destra "M2"	Frenatura	Temp.
SLU 30	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU 31	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 32	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 33	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 34	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 35	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 36	1.00	1.30	1.00	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.60
SLU 37	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 38	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 39	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 40	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 41	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 42	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 43	1.00	1.30	1.00	1.00	0.86	0.00	0.00	1.35	0.60
SLU 44	1.00	1.30	1.00	1.00	0.00	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	1.15	0.00	0.00	0.60
SLU 48	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.15	1.15	0.00	0.60
SLU 49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.60
SLU 51	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.60
SLU 52	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.86	0.00	1.35	0.60

SLU 53	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 54	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.86	0.00	1.35	0.60
SLU 55	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.86	0.86	1.35	0.60
SLU 56	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.00	0.86	1.35	0.60
SLU 57	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.00	0.00	1.35	0.60
SLU 58	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.86	1.35	0.60

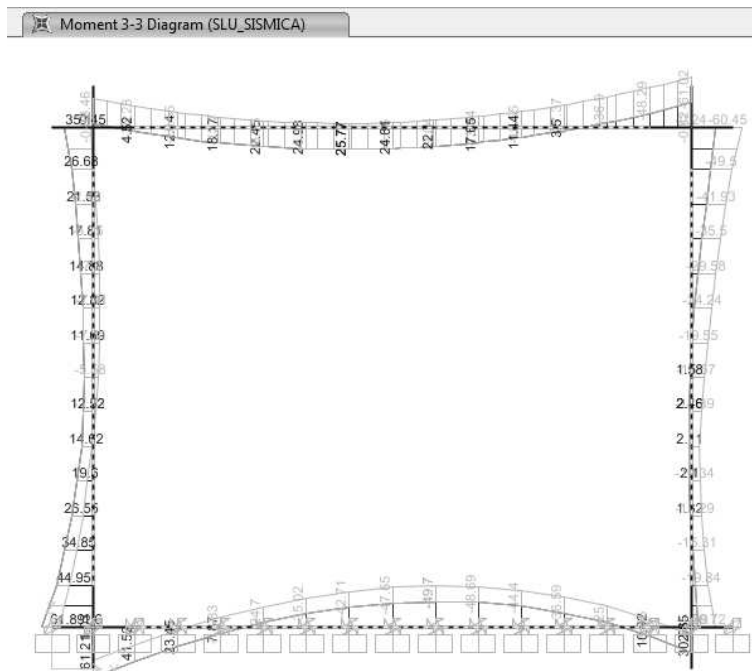
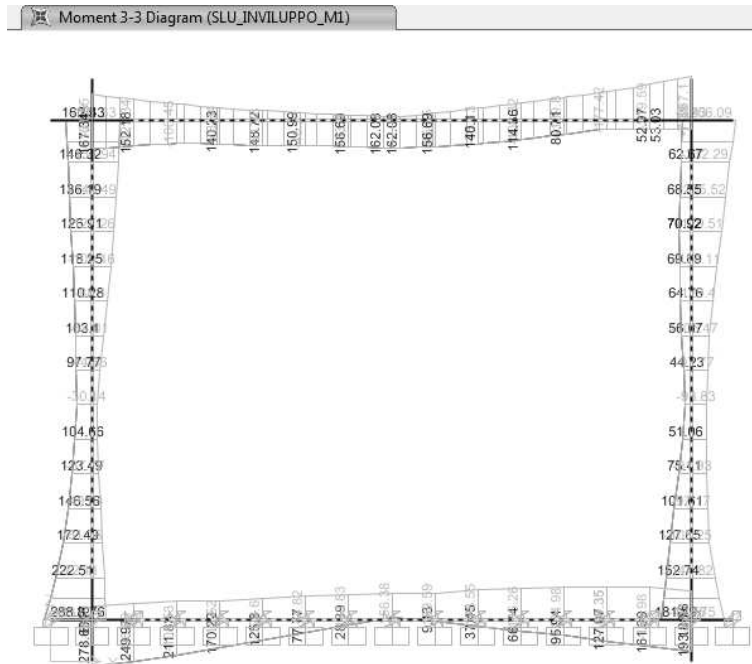
<i>SISMICA/M2</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.	Sisma orizzontale	Sisma verticale
SLU 59	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.30
SLU 60	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	-0.30

<i>FREQ</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.
SLE 1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.50
SLE 2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.00	0.50
SLE 3	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.50
SLE 4	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.50
SLE 5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.75	0.00	0.50
SLE 6	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.50
SLE 7	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.50
SLE 8	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60

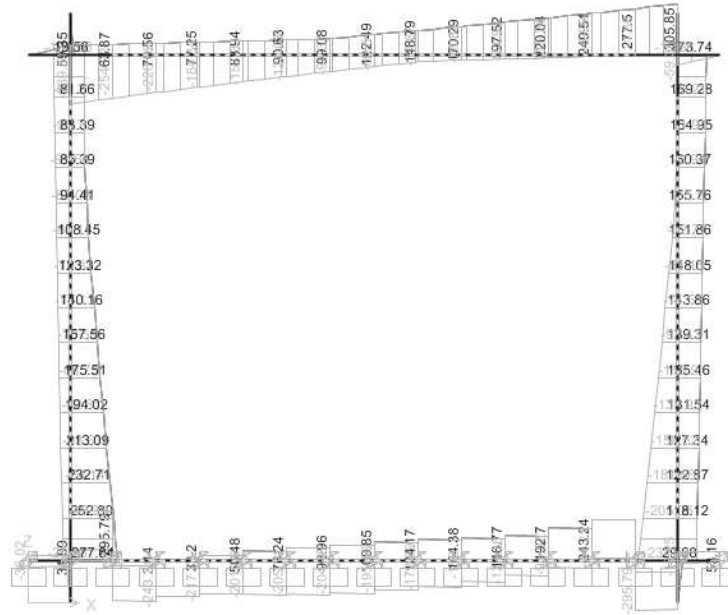
<i>QUASI PERMANENTE</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	distorsioni
SLE 9	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50

## 11 Sollecitazioni di calcolo

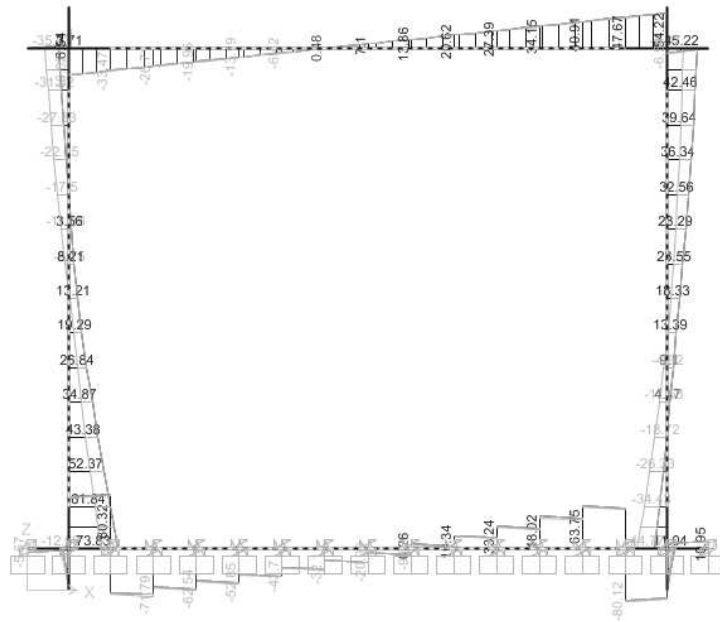
### 11.1 Stato Limite Ultimo



Shear Force 2-2 Diagram (SLU\_INVILUPPO\_M1)



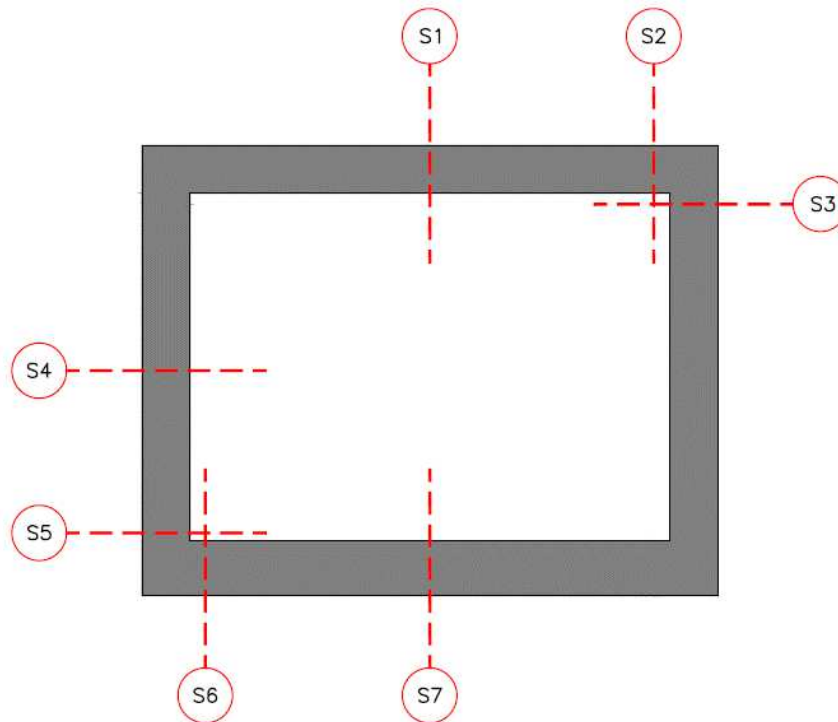
Shear Force 2-2 Diagram (SLU\_SISMICA)





### 11.3 Sezioni di verifica

#### Sezioni di verifica



#### Sollecitazioni

Sollecitazioni SLE-FREQ				
	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
S1 (M <sub>max</sub> )	SLE 1	94.0	-13.4	34.7
S2 (M <sub>min</sub> )	SLE 3	-6.9	-77.4	-24.0
S2 (M <sub>max</sub> )	SLE 6	25.4	-55.9	-14.9
S3 (M <sub>max</sub> )	SLE 2	-87.5	-198.0	13.9
S3 (N <sub>min</sub> )	SLE 7	29.4	-34.1	50.2
S4 (M <sub>max</sub> )	SLE 1	55.9	-86.0	8.1
S4 (M <sub>min</sub> )	SLE 5	-29.6	-51.7	26.6
S4 (N <sub>min</sub> )	SLE 7	29.3	-49.7	-29.6
S5 (M <sub>max</sub> )	SLE 3	90.1	-77.4	137.9
S5 (N <sub>min</sub> )	SLE 7	-71.5	-65.3	-115.0
S6 (M <sub>max</sub> )	SLE 3	-30.5	-22.8	53.7
S7 (M <sub>max</sub> )	SLE 1	-98.3	-71.3	-0.9

Sollecitazioni SLU-QP			
Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
SLE 9	25.4	-17.9	0.0
SLE 9	-36.3	-39.3	-40.1
SLE 9	-5.7	-17.9	-40.1
SLE 9	-37.8	-59.3	14.2
SLE 9	15.1	-75.0	3.6
SLE 9	-1.7	-75.0	-8.8
SLE 9	32.0	-90.6	45.1
SLE 9	25.2	-37.5	64.1
SLE 9	-48.2	-66.7	7.2



**Sollecitazioni SLU-A1M1**

	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
S1 (M <sub>max</sub> )	SLU 2	162.0	-8.6	66.3
S1 (T <sub>max</sub> )	SLU 9	131.2	-10.7	122.5
S2 (M <sub>min</sub> )	SLU 11	-219.6	-153.7	163.7
S2 (M <sub>max</sub> )	SLU 28	152.2	8.0	63.9
S2 (T <sub>max</sub> )	SLU 9	-104.7	-73.8	277.5
S3 (M <sub>max</sub> )	SLU 10	-232.3	-343.0	95.0
S3 (N <sub>min</sub> )	SLU 22	62.7	-17.3	57.6
S3 (T <sub>max</sub> )	SLU 13	-163.0	-175.0	169.3
S4 (M <sub>max</sub> )	SLU 2	97.8	-117.2	20.3
S4 (M <sub>min</sub> )	SLU 20	-44.7	-41.8	40.1
S4 (N <sub>min</sub> )	SLU 28	-16.0	29.0	138.5
S4 (T <sub>max</sub> )	SLU 11	-5.9	-214.7	143.9
S5 (M <sub>max</sub> )	SLU 11	222.5	-33.6	252.8
S5 (N <sub>min</sub> )	SLU 28	205.4	13.4	238.4
S5 (T <sub>max</sub> )	SLU 14	217.6	-17.3	252.9
S6 (M <sub>max</sub> )	SLU 11	250.0	-202.9	-139.4
S6 (T <sub>max</sub> )	SLU 3	-0.0697	-98.563	-238.88
S7 (M <sub>max</sub> )	SLU 11	-199.4	-6.2	49.7
S7 (T <sub>max</sub> )	SLU 14	-57.4	-113.6	-174.7

**Sollecitazioni SLU-A2M2**

	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
SLU 31		137.1	-9.9	53.2
SLU 38		110.8	-11.6	111.7
SLU 40		-207.6	-147.4	157.7
SLU 57		144.1	2.7	60.7
SLU 38		-110.4	-74.7	243.9
SLU 39		-208.4	-298.8	96.3
SLU 51		54.0	-20.6	60.0
SLU 42		-167.4	-166.1	163.9
SLU 31		81.4	-100.2	11.6
SLU 49		-45.6	-39.3	44.3
SLU 57		-19.5	25.9	132.3
SLU 40		-4.1	-197.9	137.3
SLU 40		203.1	-11.9	236.4
SLU 57		196.4	10.2	236.5
SLU 57		196.4	10.2	236.5
SLU 40		232.4	-198.8	-124.8
SLU 32		8.5	-84.1	-196.4
SLU 40		-186.2	6.8	34.4
SLU 57		-41.0	-101.0	-166.2

**Sollecitazioni SLU-SISMICA**

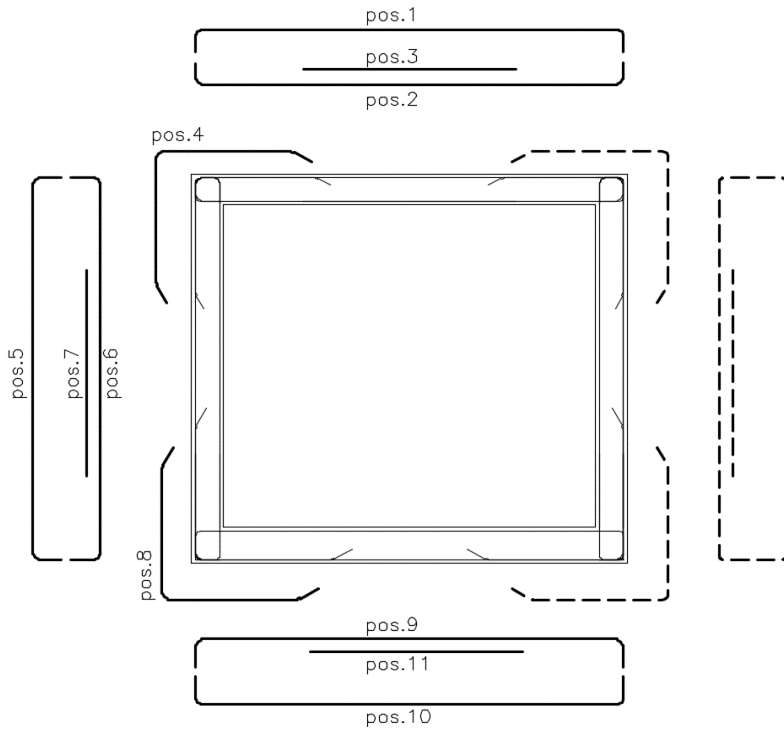
	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
S1 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	24.8	-22.1	7.1
S1 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	24.8	-22.1	7.1
S2 (M <sub>min</sub> )	SLU 59	-48.3	-46.4	47.7
S2 (M <sub>max</sub> )	SLU 60	-17.5	-25.0	46.8
S2 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	-17.6	-25.0	47.7
S3 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	-49.5	-67.0	22.6
S3 (N <sub>min</sub> )	SLU 60	26.3	-51.7	-11.7
S3 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	-23.8	-67.0	42.5
S4 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	1.2	-82.6	18.3
S4 (M <sub>min</sub> )	SLU 60	-5.6	-67.3	0.8
S4 (N <sub>min</sub> )	SLU 60	11.2	-67.3	13.2
S4 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	1.2	-82.6	18.3
S5 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	45.0	-84.1	61.8
S5 (N <sub>min</sub> )	SLU 60	44.6	-82.9	61.8
S5 (T <sub>max</sub> )	SLU 60	44.6	-82.9	61.8
S6 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	41.5	-52.2	-67.1
S6 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	21.276	-81.563	-68.6
S7 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	-49.7	-67.9	5.5
S7 (T <sub>max</sub> )	SLU 60	-47.1	-69.9	-6.4

**Sollecitazioni SLU**

	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
SLU 2		162.0	-8.6	66.3
SLU 9		131.2	-10.7	122.5
SLU 11		-219.6	-153.7	163.7
SLU 28		152.2	8.0	63.9
SLU 9		-104.7	-73.8	277.5
SLU 10		-232.3	-343.0	95.0
SLU 60		26.3	-51.7	-11.7
SLU 13		-163.0	-175.0	169.3
SLU 2		97.8	-117.2	20.3
SLU 20		-44.7	-41.8	40.1
SLU 60		11.2	-67.3	13.2
SLU 11		-5.9	-214.7	143.9
SLU 11		222.5	-33.6	252.8
SLU 60		44.6	-82.9	61.8
SLU 14		217.6	-17.3	252.9
SLU 11		250.0	-202.9	-139.4
SLU 3		-0.1	-98.6	-238.9
SLU 11		-199.4	-6.2	49.7
SLU 14		-57.4	-113.6	-174.7

## 12 Verifiche

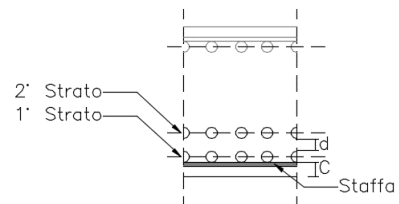
### Schema armature



	Copriferro C[mm]	Staffa $\phi$ [mm]	d[mm]
Soletta superiore	40	10	20
Soletta inferiore	40	10	20
Piedritti	40	10	20

### Armatura

pos	Strato 1		+	Strato 2		in 2°strato																																			
	n°/ml	$\phi$ [mm]		n°/ml	$\phi$ [mm]																																				
1	5	20	+	0	0	NO																																			
2	5	20	+	0	0	NO																																			
3	2.5	16	+	0	0	NO																																			
4	2.5	16	+	0	0	NO																																			
5	5	20	+	0	0	NO																																			
6	5	20	+	0	0	NO </tr <tr> <td>7</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>+</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2.5</td> <td>16</td> <td>+</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>+</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>+</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>2.5</td> <td>16</td> <td>+</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>NO</td> </tr>	7	0	0	+	0	0	NO	8	2.5	16	+	0	0	NO	9	5	20	+	0	0	NO	10	5	20	+	0	0	NO	11	2.5	16	+	0	0	NO
7	0	0	+	0	0	NO																																			
8	2.5	16	+	0	0	NO																																			
9	5	20	+	0	0	NO																																			
10	5	20	+	0	0	NO																																			
11	2.5	16	+	0	0	NO																																			



**SLU - Verifica a pressoflessione**

$b_w$	Larghezza sezione
$h_{sez}$	Altezza sezione
$A'_{s,tesa}$	Area armatura tesa
$d$	Altezza utile sezione
$A'_{s,comp}$	Area armatura compressa
$N_{ed}$	Sforzo normale
$M_{ed}$	Momento flettente
$M_{rd}$	Momento Resistente

	$b_w$	$h_{sez}$	$A'_{s,tesa}$	$d$	$A'_{s,comp}$	$N_{ed}$	$M_{ed}$	$M_{rd}$	$M_{ed}/M_{rd}$	
	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	
S1 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	162.0	336.7	0.48	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	219.6	336.7	0.65	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	0.0	152.2	260.7	0.58	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	343.0	232.3	402.8	0.58	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	51.7	26.3	346.8	0.08	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	117.2	97.8	283.5	0.34	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	41.8	44.7	268.8	0.17	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	67.3	11.2	273.8	0.04	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	33.6	222.5	343.2	0.65	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	82.9	44.6	352.8	0.13	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	250.0	336.7	0.74	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	199.4	336.7	0.59	Verifica Soddisfatta

**SLU - Verifica a Taglio**

$\rho_l$	Rapporto geometrico di armatura longitudinale
$k$	$1+(200/d)^{1/2} \leq 2$
$v_{min}$	$0.035k^{3/2}f_{ck}$
$\sigma_{cp}$	Tensione media di compressione nella sezione
$f_{ck}$	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cd}$	Resistenza di calcolo a compressione
$f'_{cd}$	Resistenza a compressione del cls ridotta
$f_{yd}$	Resistenza di progetto acciaio
$n^\circ\phi$	Numero armature trasversali
$\phi_d$	Diametro armature trasversali
$s$	Interasse armature trasversali
$A_{sw}$	Area dell'armatura trasversale
$\alpha$	Angolo di inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
$\alpha_c$	Coefficiente maggiorativo in elementi compressi
$\theta$	Angolo di inclinazione puntone compresso rispetto asse trave
$v_1$	Coefficiente di riduzione resistenza a compressione cls
$V_{Rsd}$	Resistenza a taglio trazione
$V_{Rcd}$	Resistenza a taglio compressione
$V_{ed}$	Sfoco di taglio
$V_{rd}$	Resistenza a taglio

**Senza elementi trasversali resistenti a taglio**

	$\rho_l$	$k$	$v_{min}$ [MPa]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_{cd}$ [MPa]	$V_{ed}$ [kN]	$V_{rd}$ [kN]	$V_{ed}/V_{rd}$ [-]	
S1 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	122.5	211.6	0.58	Verifica Soddisfatta
S2 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	277.5	211.6	1.31	Inserire Armatura a Taglio
S3 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.7	29.1	16.5	169.3	256.9	0.66	Verifica Soddisfatta
S4 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.2	29.1	16.5	143.9	208.2	0.69	Verifica Soddisfatta
S5 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.1	29.1	16.5	252.9	216.0	1.17	Inserire Armatura a Taglio
S6 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	238.9	211.6	1.13	Inserire Armatura a Taglio
S7 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	174.7	211.6	0.83	Verifica Soddisfatta

**Con elementi trasversali resistenti a taglio**

	$n^\circ\phi$ [-]	$\phi_d$ [mm]	$s$ [mm]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [°]	$\alpha_c$ [-]	$v_1$ [-]	$f'_{cd}$ [MPa]	$f_{yd}$ [MPa]	$\theta$ [°]	$\cot\theta$ [-]
S2 (Tmax)	2.5	10	200	196.35	90.00	1.00	0.50	8.23	391.30	12.48	2.50
S5 (Tmax)	2.5	10	200	196.35	90.00	1.00	0.50	8.23	391.30	12.48	2.50
S6 (Tmax)	2.5	10	200	196.35	90.00	1.00	0.50	8.23	391.30	12.48	2.50

	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	$V_{ed}$ [kN]	$V_{rd}$ [kN]	$V_{ed}/V_{rd}$ [-]	
S2 (Tmax)	380.7	1125.2	277.5	380.7	0.73	Verifica Soddisfatta
S5 (Tmax)	380.7	1129.8	252.9	380.7	0.66	Verifica Soddisfatta
S6 (Tmax)	380.7	1125.2	238.9	380.7	0.63	Verifica Soddisfatta

**SLE - Verifica a fessurazione limite**

c	Ricoprimento armatura
s	Interasse barre tese
$\phi_{eq}$	Diametro equivalente barre tese
$k_1$	Coefficiente di aderenza del cls alla barra
$k_2$	Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425
$A_s$	<b>Area della sezione di acciaio nell'area <math>A_{c,eff}</math></b>
$h_{c,eff}$	Altezza efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
$A_{c,eff}$	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	$A_s/A_{c,eff}$
$\Delta_{s,max}$	distanza media tra le fessure
$\sigma_s$	Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata
$\alpha_e$	rapporto $E_s/E_{cm}$
$k_t$	Fattore dipendente dalla durata del carico
$\epsilon_{eq}$	Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
<b>N</b>	Sforzo normale
<b>M</b>	Momento flettente
<b>w<sub>d</sub></b>	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
<b>w<sub>max</sub></b>	Valore limite di apertura delle fessure

**Criteria**

Condizioni Ambientali	Ordinarie
Armatura	Poco Sensibile

**Stato limite di verifica**

Combinazione frequente :	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	w3	0.4	[mm]
Combinazione quasi permanente :	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	w2	0.3	[mm]

**SLE - Verifica a fessurazione (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Frequente**

	c	s	$\phi_{eq}$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$A_s$	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	$\rho_{eff}$	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[mm]
S1 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.2	124159	0.02	321
S2 (Mmin)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.2	124159	0.02	321
S2 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	128.9	128851	0.01	415
S3 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	121.9	121912	0.02	318
S3 (Nmin)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	123.6	123595	0.02	321
S4 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	127.9	127882	0.01	413
S4 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	127.6	127585	0.01	412
S4 (Nmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	127.7	127662	0.01	412
S5 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	123.9	123852	0.02	321
S5 (Nmin)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	123.8	123811	0.02	321
S6 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.2	124159	0.02	321
S7 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.2	124159	0.02	321

	$0.6 s_s / E_t$	$\sigma_s$	$\alpha_e$	$k_t$	$\epsilon_{eq}$
	[-]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
S1 (Mmax)	0.0003	114.7	6.32	0.6	0.0003
S2 (Mmin)	2E-05	8.4	6.32	0.6	2E-05
S2 (Mmax)	0.0001	40.6	6.32	0.6	0.0001
S3 (Mmax)	0.0002	63.7	6.32	0.6	0.0002
S3 (Nmin)	8E-05	28.2	6.32	0.6	8E-05
S4 (Mmax)	0.0002	63.4	6.32	0.6	0.0002
S4 (Mmin)	0.0	31.8	6.32	0.6	9E-05
S4 (Nmin)	9E-05	31.9	6.32	0.6	9E-05
S5 (Mmax)	0.0003	92.3	6.32	0.6	0.0003
S5 (Nmin)	0.0002	72.4	6.32	0.6	0.0002
S6 (Mmax)	0.0001	37.3	6.32	0.6	0.0001
S7 (Mmax)	0.0003	119.9	6.32	0.6	0.0003

**Combinazione: Frequente**

	$N_{ed}$	$M_{ed}$	$w_d$	$w_{max}$	$w_d/w_{max}$	
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]	
S1 (Mmax)	0.0	94.0	0.11	0.4	0.27	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	6.9	0.01	0.4	0.02	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	25.4	0.05	0.4	0.12	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	198.0	87.5	0.06	0.4	0.15	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	34.1	29.4	0.03	0.4	0.07	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	86.0	55.9	0.08	0.4	0.19	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	51.7	29.6	0.04	0.4	0.10	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	49.7	29.3	0.04	0.4	0.10	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	77.4	90.1	0.09	0.4	0.22	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	65.3	71.5	0.07	0.4	0.17	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	30.5	0.03	0.4	0.09	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	98.3	0.11	0.4	0.28	Verifica Soddisfatta

**SLE - Verifica a fessurazione (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Quasi Permanente**

	c	s	$\phi_{eq}$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$A_s$	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	$\rho_{eff}$	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[mm]
S1 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.16	124159	0.02	321.5
S2 (Mmin)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.16	124159	0.02	321.5
S2 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	128.85	128851	0.01	414.9
S3 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	121.91	121912	0.02	318.1
S4 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	127.88	127882	0.01	412.8
S4 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	127.59	127585	0.01	412.2
S5 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	123.85	123852	0.02	321.0
S6 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.16	124159	0.02	321.5
S7 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	124.16	124159	0.02	321.5

	$0.6 s_s / E_s$	$\sigma_s$	$\alpha_e$	$k_t$	$\epsilon_{eq}$
	[-]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
S1 (Mmax)	9E-05	31.0	6.32	0.6	9E-05
S2 (Mmin)	0.0001	44.3	6.32	0.6	0.0001
S2 (Mmax)	3E-05	9.1	6.32	0.6	3E-05
S3 (Mmax)	1E-04	32.9	6.32	0.6	1E-04
S4 (Mmax)	1E-05	5.1	6.32	0.6	1E-05
S4 (Mmin)	-3E-06	1.1	6.32	0.6	-3E-06
S5 (Mmax)	6E-05	19.8	6.32	0.6	6E-05
S6 (Mmax)	9E-05	30.8	6.32	0.6	9E-05
S7 (Mmax)	0.0002	58.9	6.32	0.6	0.0002

**Combinazione: Quasi permanente**

	$N_{ed}$	$M_{ed}$	$w_d$	$w_{max}$	$w_d/w_{max}$	
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]	
S1 (Mmax)	0.0	25.4	0.03	0.3	0.10	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	36.3	0.04	0.3	0.14	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	5.7	0.01	0.3	0.04	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	59.3	37.8	0.03	0.3	0.10	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	75.0	15.1	0.01	0.3	0.02	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	75.0	1.7	0.00	0.3	0.00	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	90.6	32.0	0.02	0.3	0.06	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	25.2	0.03	0.3	0.10	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	48.2	0.06	0.3	0.18	Verifica Soddisfatta

## 13 Muri laterali

### 13.1 Geometria

I muri laterali hanno un'altezza variabile tra 2.42 e 3.32 m e spessore costante di 50 cm, con fondazione di spessore pari a 50 cm.

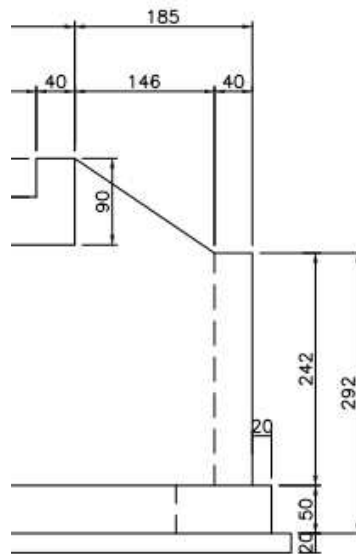


Figura 6: Profilo Longitudinale Muro

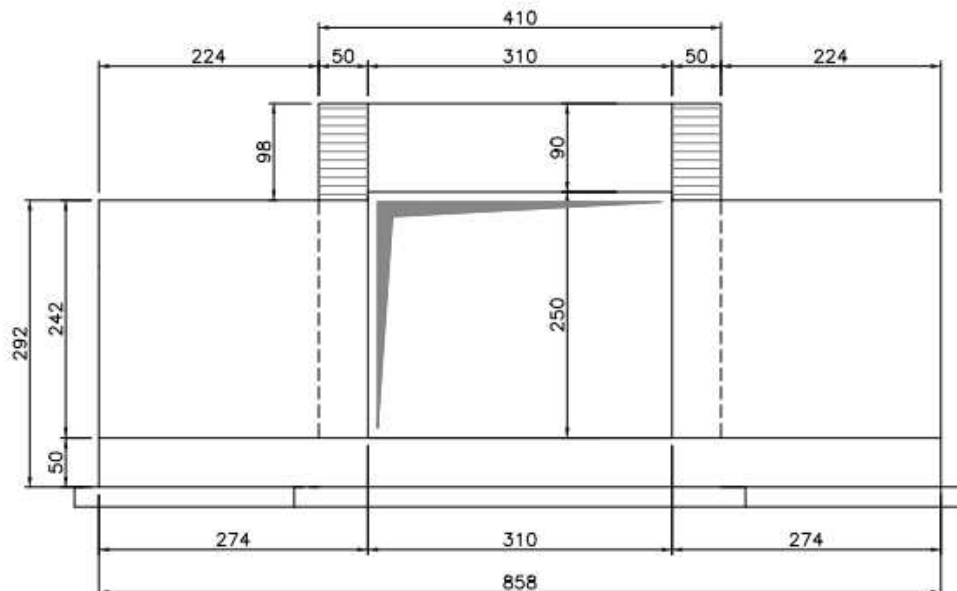


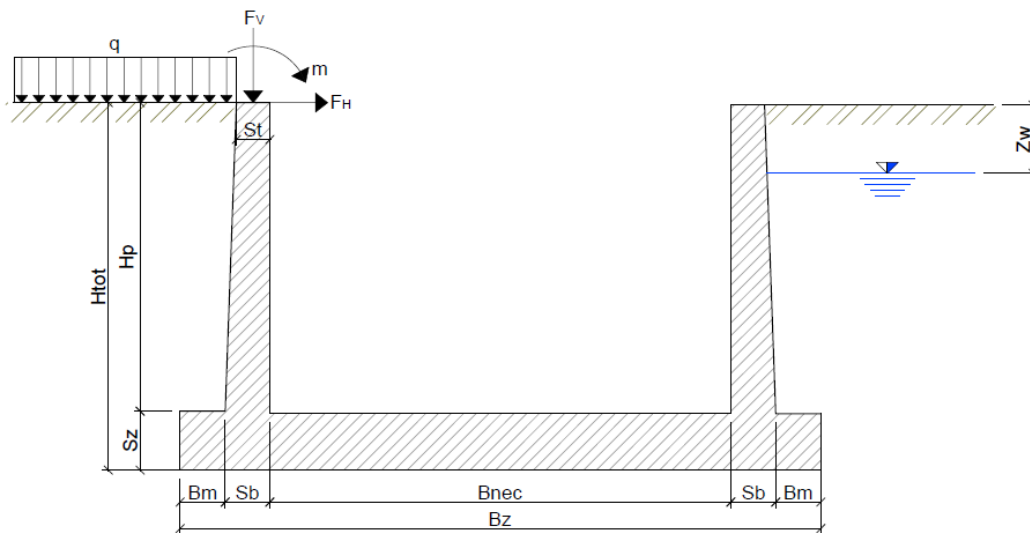
Figura 7: Sezione Trasversale Muro



### 13.2 Schema di calcolo

#### *Dati generali struttura*

Altezza parete (da estradosso zattera)	$H_p$	[m]	3.32
Spessore in testa parete	$S_t$	[m]	0.50
Spessore base parete (quota estradosso zattera)	$S_b$	[m]	0.50
Larghezza totale zattera	$B_z$	[m]	4.10
Larghezza mensola di fondazione	$B_m$	[m]	0.00
Larghezza netta muro ad U	$B_{nec}$	[m]	3.10
Spessore zattera	$S_z$	[m]	0.50
Altezza totale muro ad U	$H_{tot}$	[m]	3.82
Profondità falda da piano campagna	$Z_w$	[m]	4.00



#### *Dati geotecnici terrapieno*

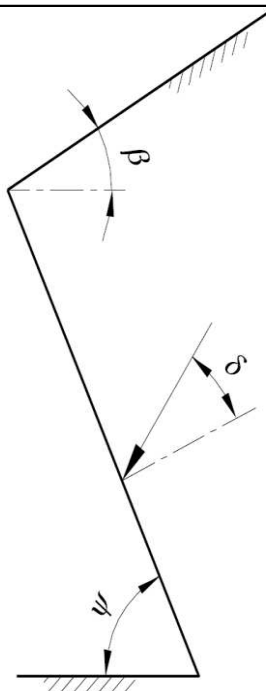
peso unità di volume del terrapieno	$g$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19
peso unità di volume del terrapieno secco	$g_d$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19
peso unità di volume del terrapieno immerso	$g'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9
angolo di attrito del terrapieno M1	$j'$	[deg]	30
angolo di attrito terreno-parete M1	$d$	[deg]	0
angolo di attrito del terrapieno M2	$j'_{M2}$		24.8
angolo di attrito terreno-parete M2	$d_{M2}$		0.0
Coefficiente di spinta del terreno M1	Riposo	K0	0.50
Coefficiente di spinta del terreno M2	Riposo	K0	0.58

#### *Carichi esterni sul terrapieno*

Pressione uniforme permanente su terrapieno	$q_P$	[kN/m/m]	
Pressione uniforme variabile su terrapieno	$q_V$	[kN/m/m]	10

**Dati sismici**

Latitudine del sito			
Longitudine del sito			
vita nominale	$V_N$	[anni]	50
coefficiente di uso	$C_u$		2
periodo di riferimento per l'azione sismica	$V_R$	[anni]	100
accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento su suolo rigido tipo A	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.59
valore massimo del fattore di amplificazione spettrale	$F_0$		2.88
periodo di inizio del tratto a velocità costante	$T_c^*$	[s]	0.371
Categoria di sottosuolo			B
coeff. amplificazione stratigrafica	$S_S$		1.2
coeff. amplificazione topografica	$S_T$		1
coeff. di suolo e topografia	$S$		1.200
accelerazione orizzontale massima attesa al sito	$a_{MAX}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.706
coefficiente riduzione accelerazione al sito	$b_m$		1



	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Livello di falda al di sotto del muro			1
Peso specifico "sismico" del terreno	$g^*$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19
coefficiente sismico orizzontale	$k_h =$		0.07
coefficiente sismico verticale	$k_v =$		0.04
	$q + =$	[deg]	4.0
	$q - =$	[deg]	4.3
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della parete del muro rivolta a monte	$y =$	[deg]	90
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie del terrapieno	$b =$	[deg]	0
coefficiente di spinta sismica M2	$K$		0.46

## CALCOLO AZIONI

*Forze positive se verso il basso e verso valle; coppie positive se tendono le fibre di monte.*

*I momenti sono riportati alla sezione di incastro del muro con la fondazione.*

### ***Azioni statiche verticali dovute alla struttura***

Spessore medio	$S_{av}$	[m]	0.50
Peso muro quota estradosso fondazione	$P_M$	[kN/m]	41.5

### ***Azioni statiche verticali esterne***

Forza verticale permanente su testa muro	$F_{V,P}$	[kN/m]	0.0
Forza verticale variabile su testa muro	$F_{V,V}$	[kN/m]	0.0

### ***Azioni statiche orizzontali esterne***

Forza orizzontale permanente su testa muro	$F_{H,P}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Forza orizzontale variabile su testa muro	$F_{H,V}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0

### ***Coppie statiche esterne***

Coppia permanente su testa muro	$m,P$	[kNm/m]	0.0
Coppia variabile su testa muro	$m,V$	[kNm/m]	0.0

### ***Azioni statiche orizzontali dal terrapieno***

Spinta orizzontale del terrapieno M1	$S_{H,T,M1}$	[kN/m]	52.4
Momento della forza		[kNm/m]	57.9
Spinta orizzontale del terrapieno M2	$S_{H,T,M2}$	[kN/m]	60.8
Momento della forza		[kNm/m]	67.3

### ***Azioni statiche orizzontali dai sovraccarichi sul terrapieno***

Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M1	$S_{H,q,per, M1}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M1	$S_{H,q,var, M1}$	[kN/m]	16.6
Momento della forza		[kNm/m]	27.6
Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M2	$S_{H,q,per, M2}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M2	$S_{H,q,var, M2}$	[kN/m]	19.3
Momento della forza		[kNm/m]	32.0

### ***Azioni sismiche associate alle masse***

Forza d'inerzia muro	$F_{I,M}$	[kN/m]	3.0
Momento della forza		[kNm/m]	5.0
Delta sismico peso muro	$D_{p,m}$	[kN/m]	± 1.5
Forza d'inerzia terreno a tergo	$F_{I,T}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0

**Forza totale di progetto sismica**

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

Spinta statica dell'acqua	$E_{ws}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
Spinta idrodinamica dell'acqua	$E_{wd}$	[kN/m]	0.0
Momento della forza		[kNm/m]	0.0
$\frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K \cdot H^2$	$S_{H,sism}$	[kN/m]	50
Momento della forza		[kNm/m]	83
Forza totale sismica di progetto	$E_d$	[kN/m]	50
Momento della forza		[kNm/m]	83

**RIEPILOGO AZIONI ALLO SPICCATO PARETE**

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
Forza e coppia esterna permanente su testa muro	0.0	0.0	0.0
Forza e coppia esterna variabile su testa muro	0.0	0.0	0.0
Peso proprio del muro	41.5	0.0	0.0
Spinta orizzontale del terrapieno M1	0.0	52.4	57.9
Spinta orizzontale del terrapieno M2	0.0	60.8	67.3
Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M1	0.0	0.0	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M1	0.0	16.6	27.6
Spinta orizzontale sovraccarico permanente sul terrapieno M2	0.0	0.0	0.0
Spinta orizzontale sovraccarico variabile sul terrapieno M2	0.0	19.3	32.0
Forza d'inerzia muro	0.0	3.0	5.0
Delta sismico peso muro	± 1.5	0.0	0.0
Forza d'inerzia terreno a tergo	0.0	0.0	0.0
Forza totale sismica di progetto	0.0	50.0	82.9

**COMBINAZIONE DELLE AZIONI E RESISTENZE PER LA VERIFICA DELLA PARETE**

**COMBINAZIONE DELLE AZIONI**

COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

$$F_d = g_{G1} \times G_1 + g_{G2} \times G_2 + g_{Q1} \times Q_{K1} + g_{Q2} \times y_{02} \times Q_{K2} + \dots$$

COMBINAZIONE SISMICA

$$F_d = E + G_1 + G_2 + y_{21} \times Q_{K1} + \dots$$

COMBINAZIONE CARATTERISTICA RARA (SLE-R)

$$F_d = G_1 + G_2 + Q_{K1} + y_{02} \times Q_{K2} + \dots$$

COMBINAZIONE FREQUENTE (SLE-F)

$$F_d = G_1 + G_2 + y_{11} \times Q_{K1} + y_{22} \times Q_{K2} + \dots$$

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE (SLE-QP)

$$F_d = G_1 + G_2 + y_{21} \times Q_{K1} + y_{22} \times Q_{K2} + \dots$$

*COEFFICIENTI PARZIALI*

COEFFICIENTI PARZIALI PER GLI STATI LIMITE ULTIMI				
CARICHI	EQU	A1	A2	SISM
Permanenti ( $g_{G1}$ )	0.90	1.00	1.00	1.00
	1.10	1.35	1.00	1.00
Permanenti non strutturali ( $g_{G2}$ )	0.00	0.00	0.00	1.00
	1.50	1.50	1.30	1.00
Variabili ( $g_{Gi}$ )	0.00	0.00	0.00	1.00
	1.50	1.50	1.30	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI PER AZIONE $y$			
CARICHI	$y_0$	$y_1$	$y_2$
Carichi variabili su testa muro	0.60	0.60	0.00
Carichi variabili su terrapieno	0.60	0.60	0.00
Carichi variabili su testa muro in fase sismica	0.00	0.00	0.50
Carichi variabili su terrapieno in fase sismica	0.00	0.00	0.50

COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI			
PARAMETRO		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan f_k$	1.00	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	1.00	1.25
Peso dell'unità di volume	$g$	1.00	1.00

**COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO ALLO SPICCATO (A1+M1)**

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	56.0	70.7	78.2
COMBINAZIONE 2	56.0	85.6	103.0
COMBINAZIONE 3	56.0	95.6	119.6

**COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO ALLO SPICCATO (A2+M2)**

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	41.5	60.8	67.3
COMBINAZIONE 2	41.5	75.8	92.3
COMBINAZIONE 3	41.5	85.9	108.9

**COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO ALLO SPICCATO (SISMICA)**

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	43.0	52.9	87.9
COMBINAZIONE 2	40.0	52.9	87.9
COMBINAZIONE 3	43.0	62.6	103.9
COMBINAZIONE 4	40.0	62.6	103.9
COMBINAZIONE 5	43.0	72.2	119.9
COMBINAZIONE 6	40.0	72.2	119.9

**COMBINAZIONI ALLO SLE (RARA) ALLO SPICCATO MURO**

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	41.5	52.4	57.9
COMBINAZIONE 2	41.5	62.3	74.5
COMBINAZIONE 3	41.5	69.0	85.5

**COMBINAZIONI ALLO SLE (QUASI PERMANENTE) ALLO SPICCATO**

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	41.5	52.4	57.9
COMBINAZIONE 2	41.5	52.4	57.9

**COMBINAZIONI ALLO SLE (FREQUENTE) ALLO SPICCATO**

	N [kN/m]	H [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	41.5	52.4	57.9
COMBINAZIONE 2	41.5	52.4	57.9

### 13.3 Verifiche sulle pareti

#### 13.3.1 Verifiche allo Stato Limite Ultimo

##### VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE

##### *Armature verticali*

##### Sezione di verifica: spiccato muro

##### *Geometria*

larghezza sezione	b	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	500
copriferro controterra	c'	[mm]	70
copriferro fuoriterra	c	[mm]	70
altezza utile sezione	d	[mm]	420

##### *Armature controterra*

numero	n		5
diámetro	∅	[mm]	20
interasse	i	[mm]	200
numero	n		5
diámetro	∅	[mm]	0
interasse	i	[mm]	200
area armatura tesa	A <sub>s</sub> '	[mm <sup>2</sup> ]	1571

Verifica A1+M1				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	N [kN/m]	M [kNm/m]	M <sub>rd</sub> [kNm/m]	
COMBINAZIONE 1	56.0	78.2	258.1	OK
COMBINAZIONE 2	56.0	103.0	258.1	OK
COMBINAZIONE 3	56.0	119.6	258.1	OK
Verifica A2+M2				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	N [kN/m]	M [kNm/m]	M <sub>rd</sub> [kNm/m]	
COMBINAZIONE 1	41.5	67.3	255.1	OK
COMBINAZIONE 2	41.5	92.3	255.1	OK
COMBINAZIONE 3	41.5	108.9	255.1	OK
Verifica Sismica				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	N [kN/m]	M [kNm/m]	M <sub>rd</sub> [kNm/m]	
COMBINAZIONE 1	43.0	87.9	255.4	OK
COMBINAZIONE 2	40.0	87.9	254.8	OK
COMBINAZIONE 3	43.0	103.9	255.4	OK
COMBINAZIONE 4	40.0	103.9	254.8	OK
COMBINAZIONE 5	43.0	119.9	255.4	OK
COMBINAZIONE 6	40.0	119.9	254.8	OK

**VERIFICHE A TAGLIO**

*Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio*

larghezza sezione	$b_w$	[mm]	1000
altezza sezione	$h$	[mm]	500
altezza utile sezione	$d$	[mm]	420
armatura armatura tesa	$A_{st}$	[mm <sup>2</sup> ]	1571
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_l$		0.004
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	29

<b>Verifica A1+M1</b>				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	$s_{cp}$ [Mpa/m]	H [kN/m]	$V_{rd}$ [kN/m]	
COMBINAZIONE 1	0.11	70.7	195.7	OK
COMBINAZIONE 2	0.11	85.6	195.7	OK
COMBINAZIONE 3	0.11	95.6	195.7	OK
<b>Verifica A2+M2</b>				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	$s_{cp}$ [Mpa/m]	H [kN/m]	$V_{rd}$ [kN/m]	
COMBINAZIONE 1	0.08	60.8	193.9	OK
COMBINAZIONE 2	0.08	75.8	193.9	OK
COMBINAZIONE 3	0.08	85.9	193.9	OK
<b>Verifica Sismica</b>				
	Sollecitazioni di progetto		Verifica	
	$s_{cp}$ [Mpa/m]	H [kN/m]	$V_{rd}$ [kN/m]	
COMBINAZIONE 1	0.0	52.9	188.7	OK
COMBINAZIONE 2	0.0	52.9	188.7	OK
COMBINAZIONE 3	0.0	62.6	188.7	OK
COMBINAZIONE 4	0.0	62.6	188.7	OK
COMBINAZIONE 5	0.0	72.2	188.7	OK
COMBINAZIONE 6	0.0	72.2	188.7	OK



### 13.3.2 Verifiche allo Stato Limite Elastico

#### VERIFICA A FESSURAZIONE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Combinazione di azioni	Limiti [mm]
Frequente	0.4
Quasi permanente	0.3

STATO LIMITE DI APERTURA FESSURE: limiti

$w_1$ [mm]	0.2
$w_2$ [mm]	0.3
$w_3$ [mm]	0.4

#### Verifica a fessurazione senza calcolo diretto

Diametri massimi delle barre  $\phi^*_s$  per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Diametro massimo barre	[mm]	20
Spaziatura massima barre	[mm]	200

#### COMBINAZIONE FREQUENTE

	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	41.5	57.9
COMBINAZIONE 2	41.5	57.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	$s_s$ [MPa]	81.7

Verifica

SI

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE		
	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	41.5	57.9
COMBINAZIONE 2	41.5	57.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	$\sigma_s$ [MPa]	81.7
	<i>Verifica</i>	<i>SI</i>

### 13.4 Verifiche sulla fondazione

#### ***CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA FONDAZIONE***

Larghezza totale zattera	$L = B_z$	[m]	4.1
Larghezza mensola di fondazione	$B_m$	[m]	0
Larghezza netta muro ad U	$B_{nec}$	[m]	3.1
Spessore zattera	$S_z$	[m]	0.5

#### ***Dati modello geotecnico-strutturale***

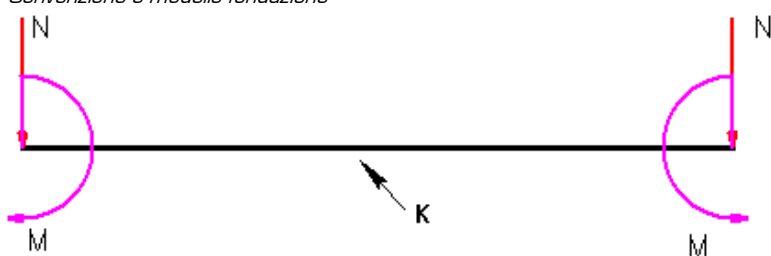
Costante di sottofondo verticale del terreno	k	[kN/m <sup>3</sup> ]	50000
Larghezza impronta fondazione	B	[m]	1
Modulo elasticità del suolo	$E_s$	[Mpa]	50
Rigidezza flessionale fondazione	$E \cdot J$	[Nmm <sup>2</sup> ]	3.39E+14
Lunghezza elastica	$L_0$	[m]	2.28
	$L/L_0$	<p	1.80

#### ***Azioni gravitazionali struttura fondazione***

coeff. parziale peso fondazione	g		1.35
coeff. parziale sovraccarico su fondazione	g		1.50
peso zattera caratteristico	$p_r$	[kN/m/m]	17
sovraccarichi su fondazione caratteristico	$p_z$	[kN/m/m]	2
carico fondazione SLU	p	[kN/m/m]	26

#### ***Azioni provenienti dalle elevazioni***

*Convenzione e modello fondazione*



#### ***COMBINAZIONI SLU ALLO SPICCATO (A1+M1)***

	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	56.0	78.2
COMBINAZIONE 2	56.0	103.0
COMBINAZIONE 3	56.0	119.6

**COMBINAZIONI SLU ALLO SPICCATO (A2+M2)**

	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	41.5	67.3
COMBINAZIONE 2	41.5	92.3
COMBINAZIONE 3	41.5	108.9

**COMBINAZIONI SLU ALLO SPICCATO (SISMICA)**

	N [kN/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE 1	43.0	87.9
COMBINAZIONE 2	40.0	87.9
COMBINAZIONE 3	43.0	103.9
COMBINAZIONE 4	40.0	103.9
COMBINAZIONE 5	43.0	119.9
COMBINAZIONE 6	40.0	119.9

**SOLLECITAZIONI MASSIME SLU NELLA ZATTERA**

	M [kNm/m]	V [kNm/m]
Sezione d'estremità	119.9	56.0
Sezione di mezzeria	78.9	0

### 13.4.1 Verifiche allo Stato Limite Ultimo

#### VERIFICHE A FLESSIONE

##### *Resistenza a flessione - armature trasversali*

Sezione d'estremità			
<b>Geometria</b>			
larghezza sezione	b =	[mm]	1000
altezza sezione	h =	[mm]	500
copriferro superiore	c' =	[mm]	70
copriferro inferiore	c =	[mm]	70
altezza utile sezione	d =	[mm]	420
<b>Armature inferiori</b>			
numero	n		5
diametro	∅	[mm]	20
interasse	i	[mm]	200
numero	n		2.5
diametro	∅	[mm]	0
interasse	i	[mm]	400
area armatura superiore	A <sub>s</sub> '	[mm <sup>2</sup> ]	1571
asse neutro da intradosso	y <sub>n</sub>	[mm]	46.1
asse neutro bilanciata da intradosso	y <sub>nb</sub>	[mm]	272.2
<b>Duttile</b>			
<b>Verifica</b>			
momento sollecitante	M <sub>Sd</sub>	[kNm/m]	120
momento resistente	M <sub>Rd</sub>	[kNm/m]	247
<b>Verificato</b>			

##### *Resistenza a flessione - armature trasversali*

Sezione di mezzeria			
<b>Geometria</b>			
larghezza sezione	b =	[mm]	1000
altezza sezione	h =	[mm]	500
copriferro superiore	c' =	[mm]	70
copriferro inferiore	c =	[mm]	70
altezza utile sezione	d =	[mm]	420
<b>Armature superiori</b>			
numero	n		5
diametro	∅	[mm]	20
interasse	i	[mm]	200
numero	n		2.5
diametro	∅	[mm]	20
interasse	i	[mm]	400
area armatura superiore	A <sub>s</sub> '	[mm <sup>2</sup> ]	2356
asse neutro da intradosso	y <sub>n</sub>	[mm]	69.1
asse neutro bilanciata da intradosso	y <sub>nb</sub>	[mm]	272.2
<b>Duttile</b>			
<b>Verifica</b>			
momento sollecitante	M <sub>Sd</sub>	[kNm/m]	79
momento resistente	M <sub>Rd</sub>	[kNm/m]	361
<b>Verificato</b>			

**VERIFICHE A TAGLIO**

*Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio*

			<i>Estremità</i>	<i>Mezzeria</i>
larghezza sezione	$b_w$	[mm]	1000	1000
altezza sezione	$h$	[mm]	500	500
altezza utile sezione	$d$	[mm]	420	420
armatura armatura tesa ancorata oltre la sezione	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	1571	2356
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\eta$		0.004	0.006
tensione media di compressione nella sezione	$s_{cp}$	[MPa]	0	0
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	29	29
resistenza a taglio	$V_{Rd}$	[kN]	188.7	216.0
sforzo di taglio massimo	$V_{ed}$	[kN]	56.0	0.0
			<b>Verificato</b>	<b>Verificato</b>

### 13.4.2 Verifiche allo Stato Limite Elastico

#### VERIFICA A FESSURAZIONE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Combinazione di azioni	Limiti [mm]
Frequente	0.4
Quasi permanente	0.3
STATO LIMITE DI APERTURA FESSURE: limiti	
$w_1$ [mm]	0.2
$w_2$ [mm]	0.3
$w_3$ [mm]	0.4

#### Verifica a fessurazione senza calcolo diretto

#### Diametri massimi delle barre $\phi^*_s$ per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

#### Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

		Estremità	Mezzeria
Diametro massimo barre	[mm]	20	20
Spaziatura massima barre	[mm]	200	200

COMBINAZIONE FREQUENTE

		M [kNm/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE  M <sub>MAX</sub>		57.9	57.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	$\sigma_s$ [MPa]	94.6	68.6
	<i>Verifica</i>	<i>SI</i>	<i>SI</i>

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

		M [kNm/m]	M [kNm/m]
COMBINAZIONE  M <sub>MAX</sub>		57.9	57.9
Tensione nell'armatura considerando la sezione parzializzata	$\sigma_s$ [MPa]	94.6	68.6
	<i>Verifica</i>	<i>SI</i>	<i>SI</i>

# 14 Appendice

