



# 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 T6 alla progr. 1+126,68 della S.S. 131

### RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

PROGETTO            LIV. PROG.            N. PROG.

LOPLSP    E    1501

NOME FILE

T00\_TM06\_STR\_RE01\_A.docx

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00 TM06 STR AR01

A

—

D

C

B

A

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



## Indice

<b>1</b>	<b>Premessa</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Descrizione dell'opera</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Normativa di riferimento</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Caratteristiche dei materiali</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Condizioni geotecniche</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>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</b>	<b>Geometria della struttura</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Modello di calcolo</b>	<b>13</b>
8.1	Programma di calcolo .....	13
8.2	Modellazione Strutturale .....	13
8.3	Schema .....	14
<b>9</b>	<b>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</b>	<b>Combinazioni di carico</b>	<b>24</b>
<b>11</b>	<b>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</b>	<b>Verifiche</b>	<b>32</b>
<b>13</b>	<b>Appendice</b>	<b>38</b>



## 1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto il progetto strutturale e geotecnico del tombino scatolare T6 sotto la S.P. 131, nell'ambito del progetto di adeguamento e messa in sicurezza della strada stessa. Lo scatolare avrà dimensioni interne pari a 3.00 x 2.00 m e spessori pari a 0,50 m per la soletta superiore, la soletta inferiore e 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.

## 2 Descrizione dell'opera

L'opera ha una lunghezza complessiva di 62.15 m; il tombino è costituito da piedritti, soletta superiore e soletta di fondazione di 50 cm di spessore.

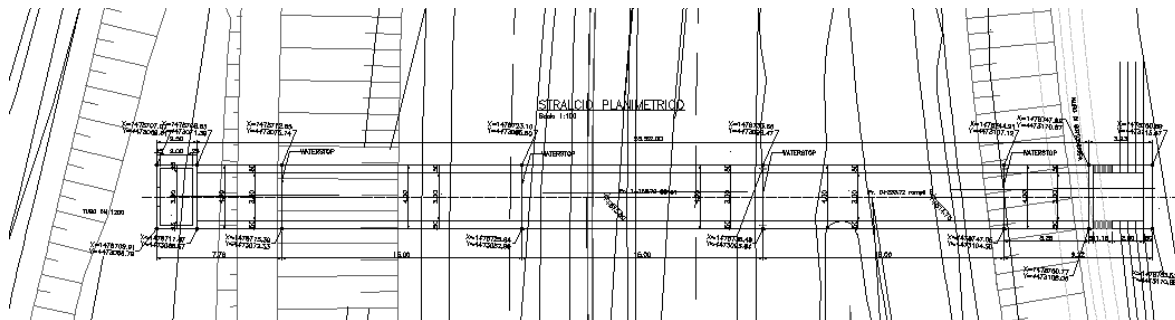


Figura 1: Planimetria di progetto

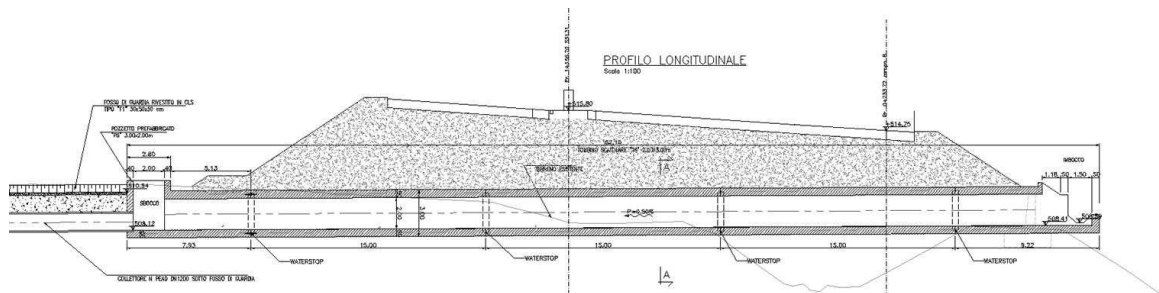


Figura 2: Sezione Longitudinale

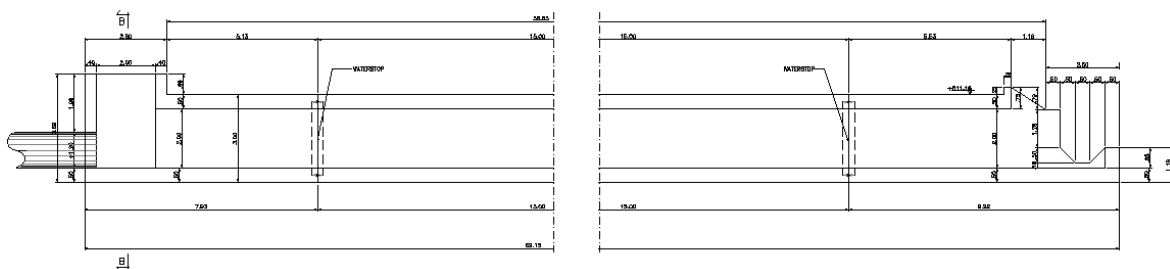
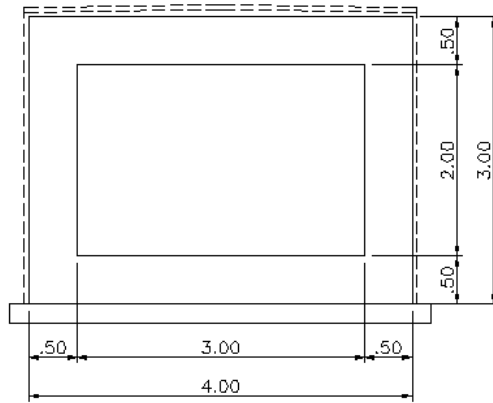


Figura 3: Sezione Longitudinale Tombino



**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> ]	

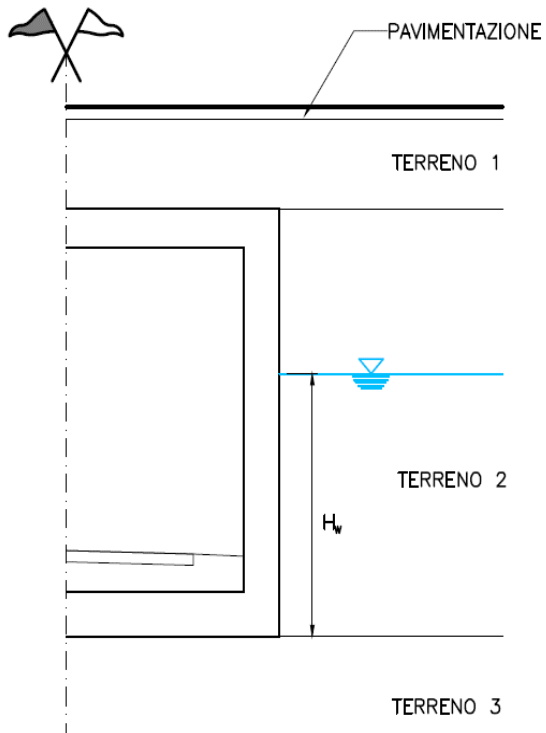
### ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

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:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

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  $\Delta_{sm}$ :

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

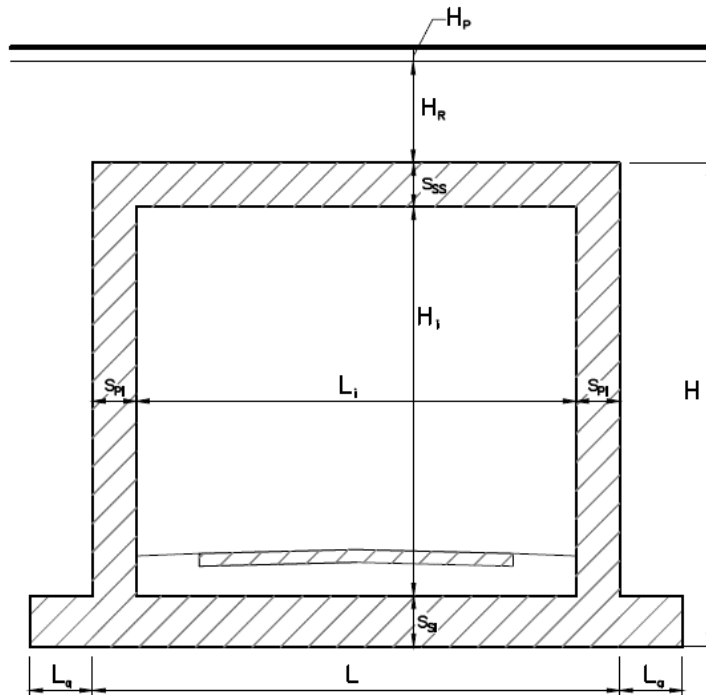
Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.  $\varepsilon_{sm}$  può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

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

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 m
Altezza totale	$H$	3 m
Larghezza interna	$L_i$	3 m
Altezza Interna	$H_i$	2 m
Larghezza ali	$L_e$	0 m
Altezza Ricoprimento	$H_R$	6.45 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

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

### 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  $k_n$ ;

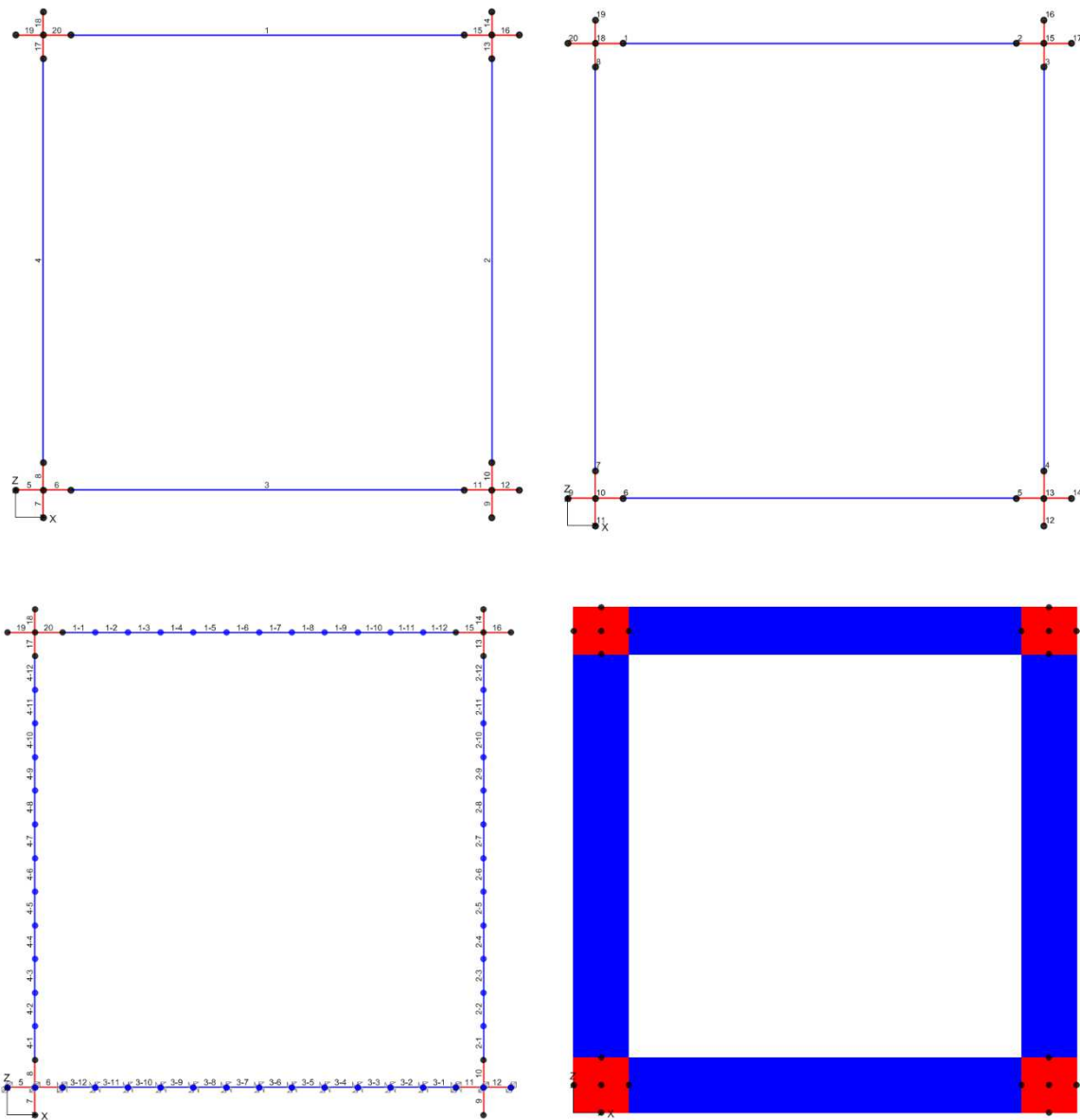


Figura 5 : Schema modello di calcolo



## 9 Analisi dei carichi

### 9.1 Pesi propri strutturali

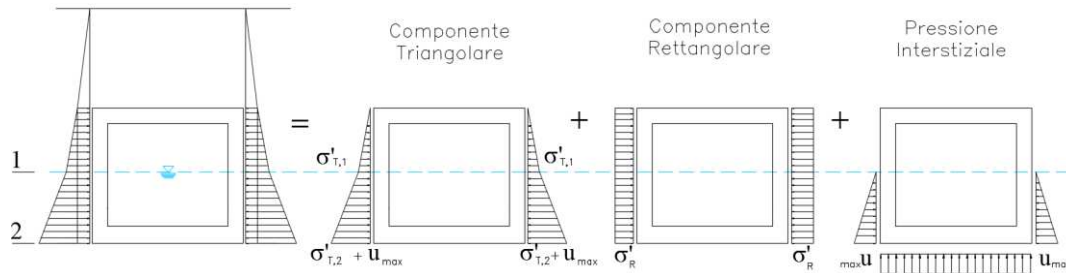
		H [m]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]		[m]		[kN/m]
Soletta Superiore	PP <sub>SS</sub>	0.5	X	25	X	1	=	12.5
Soletta Inferiore	PP <sub>SI</sub>	0.5	X	25	X	1	=	12.5
Piedritto	PP <sub>PI</sub>	0.5	X	25	X	1	=	12.5

### 9.2 Sovraccarichi permanenti portati

		H [m]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]		[m]		[kN/m]
Terreno di ricoprimento	Q <sub>TER</sub>	6.45	X	19	X	1	=	122.6
Pavimentazione	Q <sub>PAV</sub>	0.1	X	20	X	1	=	2.0
Totale	Q <sub>G2</sub>						=	124.6

### 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

$$\text{Tensione litostatica verticale efficace in "1"} \quad \sigma'_{T,1} = \gamma_{t2} \times (H_t - H_w) = 57.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{Tensione litostatica verticale efficace in "2"} \quad \sigma'_{T,2} = \sigma'_{T,1} + \gamma'_{t2} \times H_w = 57.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

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		6.5	122.6
Tensione litostatica verticale efficace estradosso Soletta				$\sigma'_R = 124.6 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

#### Coefficienti di spinta Terreno 1

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

#### Coefficienti di spinta Terreno 2

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

#### Tensioni totali orizzontali

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

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

$$\sigma_1 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_0) \quad \text{Condizioni di deformazione orizzontale nulla}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_a) \quad \text{Condizione di equilibrio limite attivo}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{sx}(k_0) + \sigma_{dx}(k_a) \quad \text{Condizione asimmetrica sx}$$

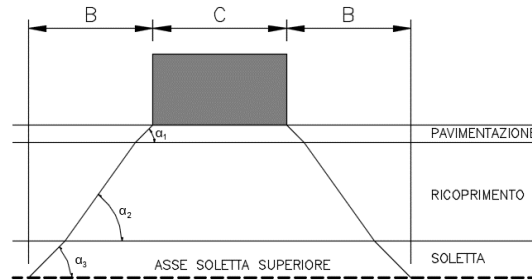
$$\sigma_4 = \sigma_{sx}(k_a) + \sigma_{dx}(k_0) \quad \text{Condizione asimmetrica dx}$$

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

## 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.



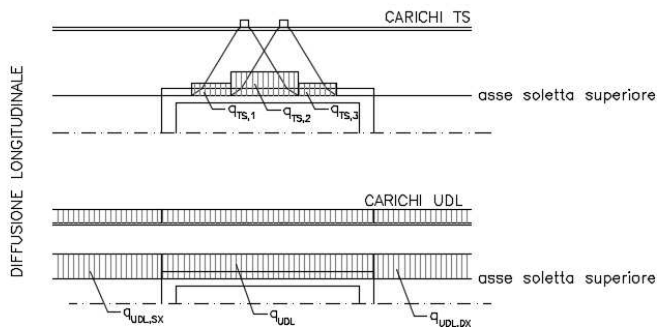
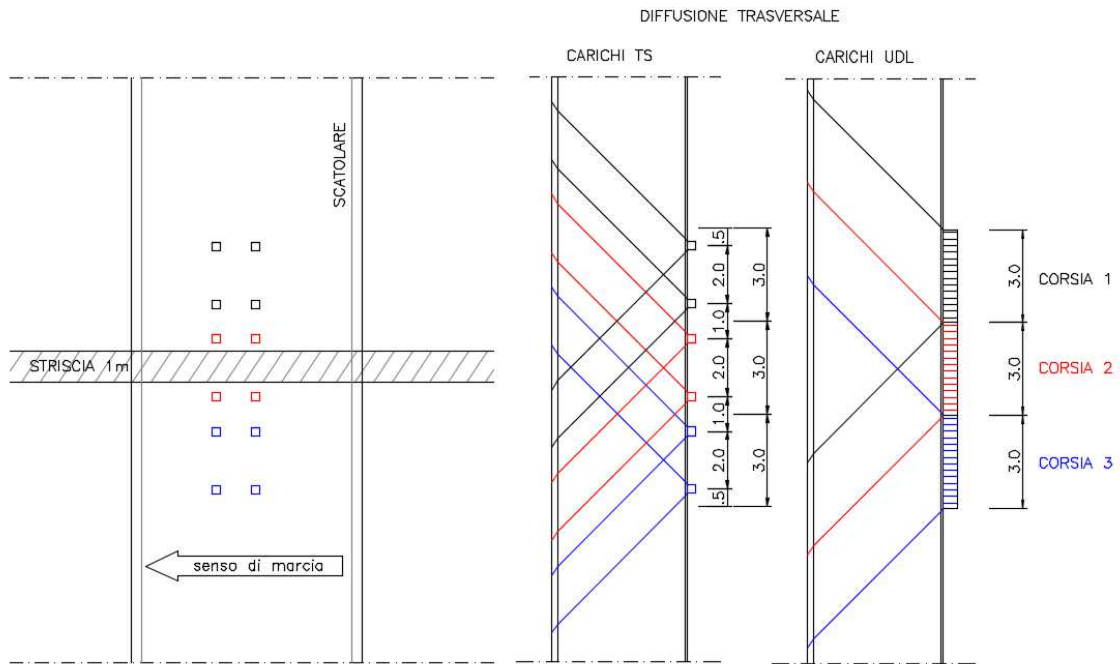
#### Diffusione

	$H_{dif,i}$ [m]	$\alpha$ [°C]	$B_i$ [m]
Pavimentazione	0.10	45	0.10
Ricoprimento	6.45	30	3.72
spessore soletta superiore	0.25	45	0.25
			$B_{dif}$ [m] 4.07

#### Schema di carico 1

Larghezza carreggiata		10.25	[m]
Larghezza corsia	w	3	[m]
Numero corsie	n	3	[]

	UDL [kN/m <sup>2</sup> ]	TS [kN]
Corsia 1	9	150
Corsia 2	2.5	100
Corsia 3	2.5	50



**Diffusione carico "Uniform Distributed Loads"**

Diffusione totale carico trasversale  $B_{diff,udl}$  11.15 [m]

UDL <sub>diff</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	
Corsia 1	2.42
Corsia 2	0.67
Corsia 3	0.67

UDL	UDL(1)	UDL(2)	UDL(3)		
Sovrapposizione	2.42	0.67	0.67	1.00	m
1[m] - Sovrapposizione	2.42	0.67	0.67	0.00	m
Carico diffuso in senso longitudinale			$q_{UDL}$	3.77	[kN/m <sup>2</sup> ]

**Diffusione carico "TANDEM SYSTEM"**

Diffusione totale carico trasversale  $B_{diff,TS}$  8.55 [m]

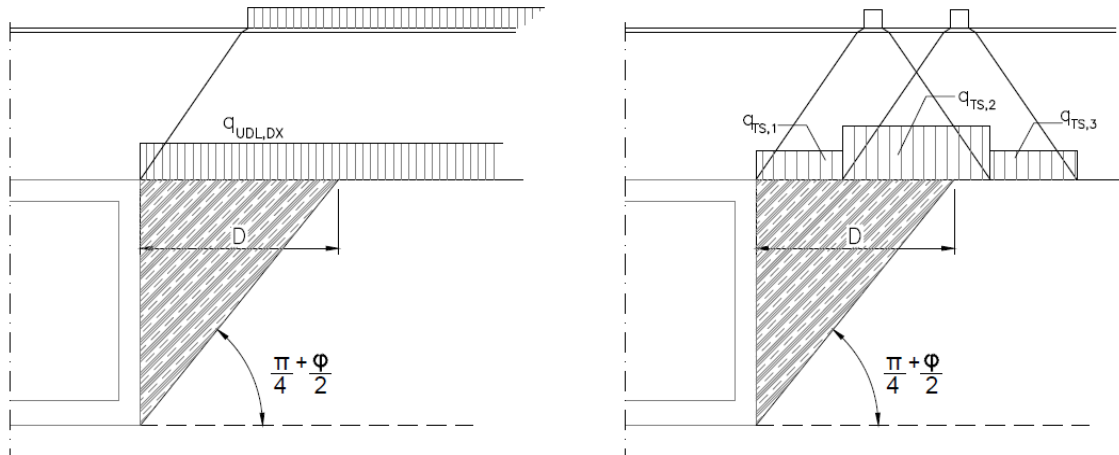
	Impronta			TS <sub>diff</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia 1	0.4	x	0.4	17.55
Corsia 2	0.4	x	0.4	11.70
Corsia 3	0.4	x	0.4	5.85

	TS(1)	TS(1)	TS(2)	TS(2)	TS(3)	TS(3)			
Sovrapposizione	17.55	17.55	11.70	11.70	5.85	5.85	0.55	[m]	
1[m] - Sovrapposizione	17.55	17.55	11.70	11.70	5.85	0.00	0.45	[m]	
Carico Diffuso in senso trasversale							$q_{TS}$	=	67.55 [kN/m <sup>2</sup> ]

*Carico Diffuso in senso Longitudinale*  
 $q_{TS}$  [kN/m]  $B_L$  [m]

$q_{TS1}$	7.90	1.20
$q_{TS2}$	15.80	7.35
$q_{TS3}$	7.90	1.20

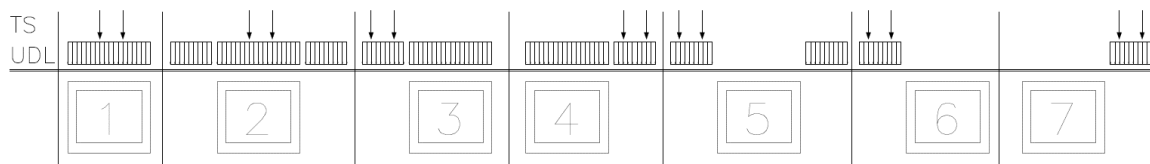
**Diffusione carico su piedritti**



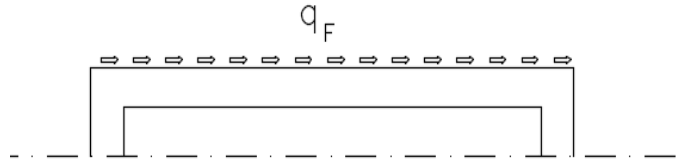
Angolo diffusione		60 °
Altezza piedritto		3.00 [m]
Larghezza di carico incidente su piedritto	D	1.73 [m]
Carico distribuito su piedritto da UDL	q <sub>UDL</sub>	3.77 [kN/m]
Carico distribuito su piedritto da TS	q <sub>TS</sub>	10.33 [kN/m]
Carico distribuito su piedritto da variabile	q <sub>var</sub>	[kN/m]
Carico distribuito su piedritto totale	q <sub>tot</sub>	14.10 [kN/m]

		M1	M2	SLE	
Tensioni su piedritto da carico UDL	$\sigma_{UDL} = q_{UDL} \times k_0 =$	1.88	2.19	1.88	[kN/m]
Tensioni su piedritto da carico TS	$\sigma_{TS} = q_{TS} \times k_0 =$	5.16	6.00	5.16	[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

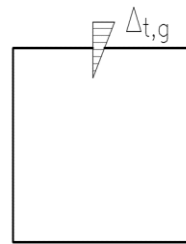
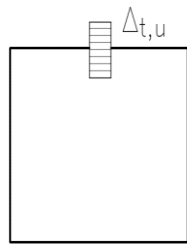


**Frenatura NTC2008**



Carico concentrato	$Q_{1K}$	300.0	[kN]
Carico distribuito	$Q_{1K}$	9.0	[kN/m <sup>2</sup> ]
Larghezza soletta superiore	L	4.0	[m]
Azione di frenatura	$Q_3$	370.8	[kN]
Larghezza diffusione	$L_{dif}$	3	[m]
Azione frenatura distribuita su soletta	$q_{fren} = q_3 / (L \times L_{dif})$	30.9	[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

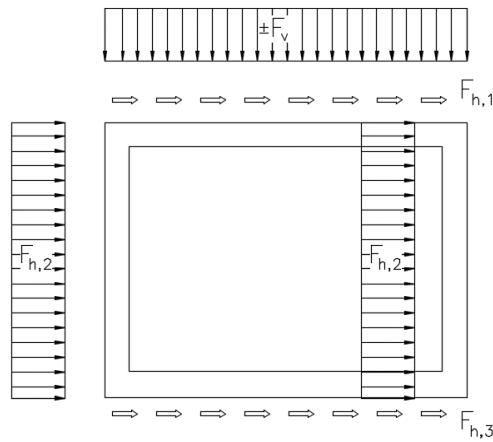
Categoria di sottosuolo		C	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S$	1.50	
coefficiente di sottosuolo	$C_C$	1.46	
Categoria topografica		T1	
coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1	
$S_S \times S_T$	S	1.50	
coefficiente di smorzamento viscoso	x	5%	
$\sqrt{10/(5+x)}$	h	1	

#### PARAMETRI DI ANALISI

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_{max}$	0.883	$[m/s^2]$
fattore di struttura	q	1	
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_m$	1	
coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.090	
coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.045	



**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

$$F_{h1} = (PP_{SS} + \alpha_{G2}) \cdot k_h = 12.33 \quad [\text{kN/m}]$$

Forza orizzontale piedritti

$$F_{h2} = (PP_{PI}) \cdot k_h = 1.13 \quad [\text{kN/m}]$$

Forza orizzontale inferiore

$$F_{h3} = (PP_{SI}) \cdot k_h = 1.13 \quad [\text{kN/m}]$$

**Sisma V**

Forza verticale superiore

$$F_v = \pm(PP_{SS} \times Q_{G2}) \cdot k_v = 6.17 \quad [\text{kN/m}]$$

**Incremento sismico secondo il metodo di Wood**

Spinta del terreno rettangolare

$$\Delta S_E = a_{max}/g \times \gamma_{t2} \times H_{tot} = 5.13 \quad [\text{kN/m/m}]$$

## 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

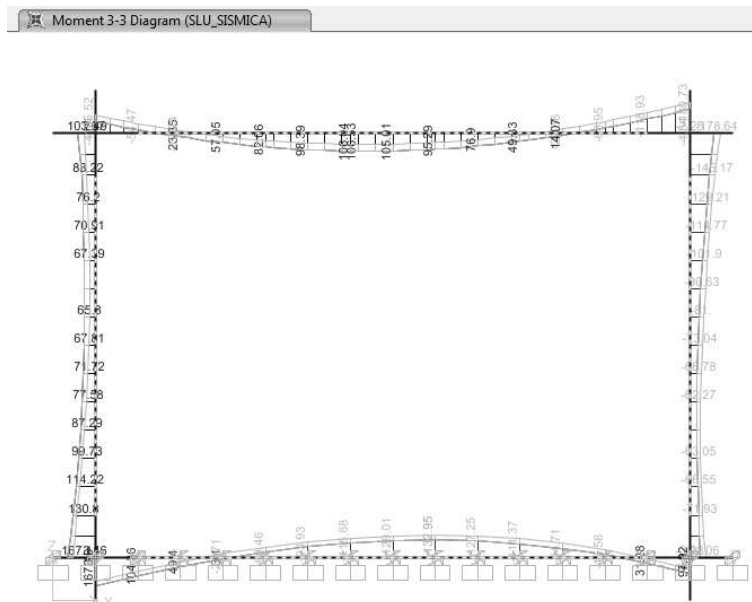
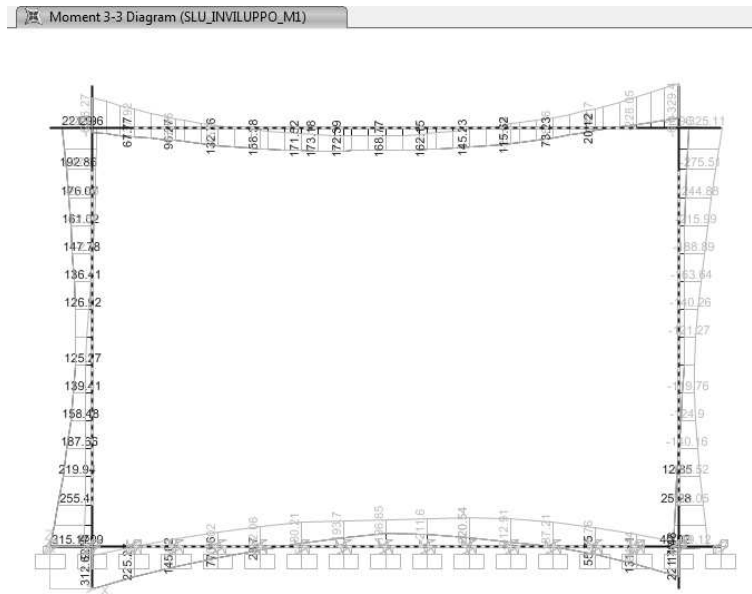
<i>SISMICA/M2</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	Temp.	Sisma orizzontale	Sisma verticale
SLU 59	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.30
SLU 60	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	-0.30

<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

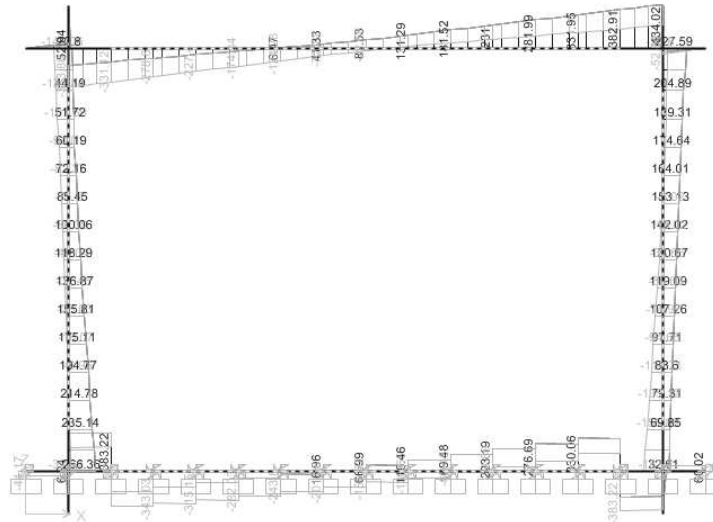
<i>QUASI PERMANENTE</i>	Pesi propri	Permanenti portati	Ritiro	Spinta terreno	Mobili sinistra	Mobili centro	Mobili destra	Frenatura	distorsioni
SLE 9	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50

# 11 Sollecitazioni di calcolo

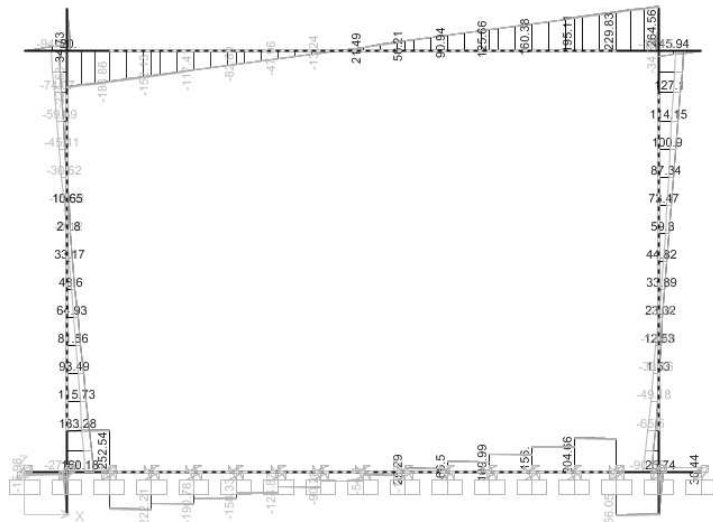
## 11.1 Stato Limite Ultimo



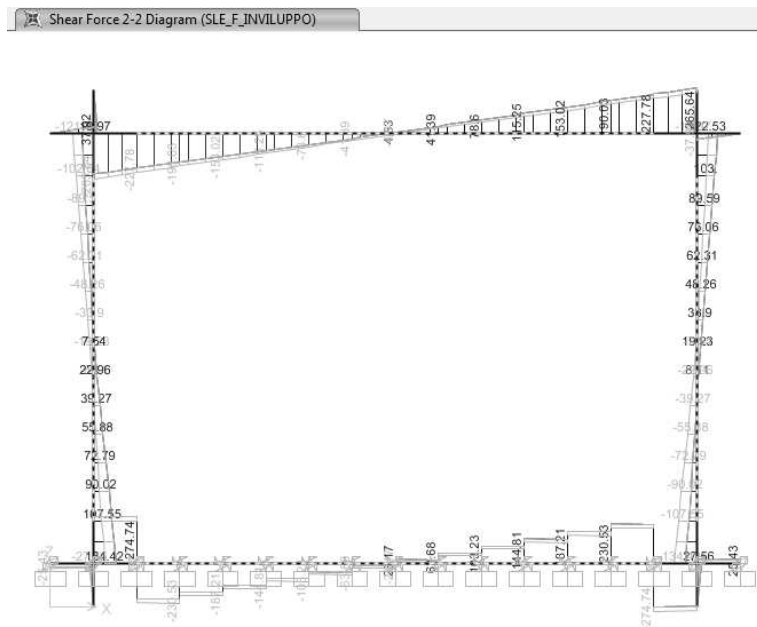
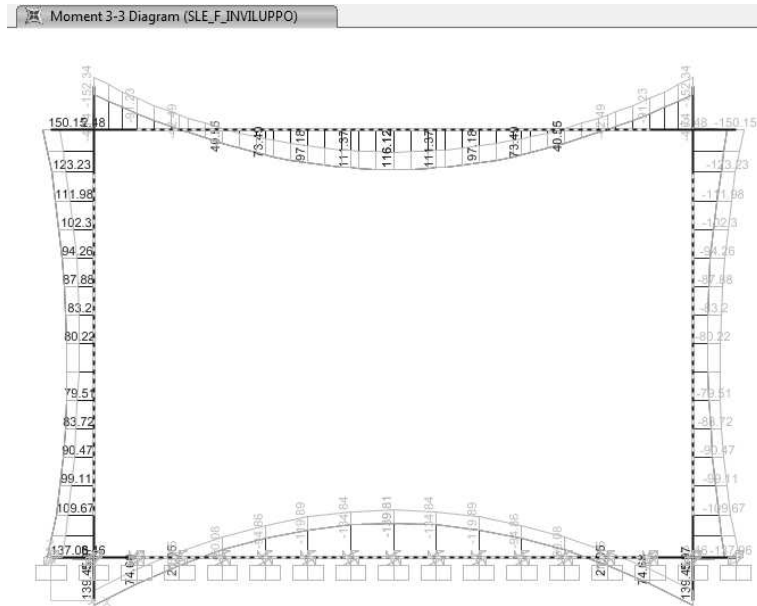
Shear Force 2-2 Diagram (SLU\_INVILUPPO\_M1)



Shear Force 2-2 Diagram (SLU\_SISMICA)

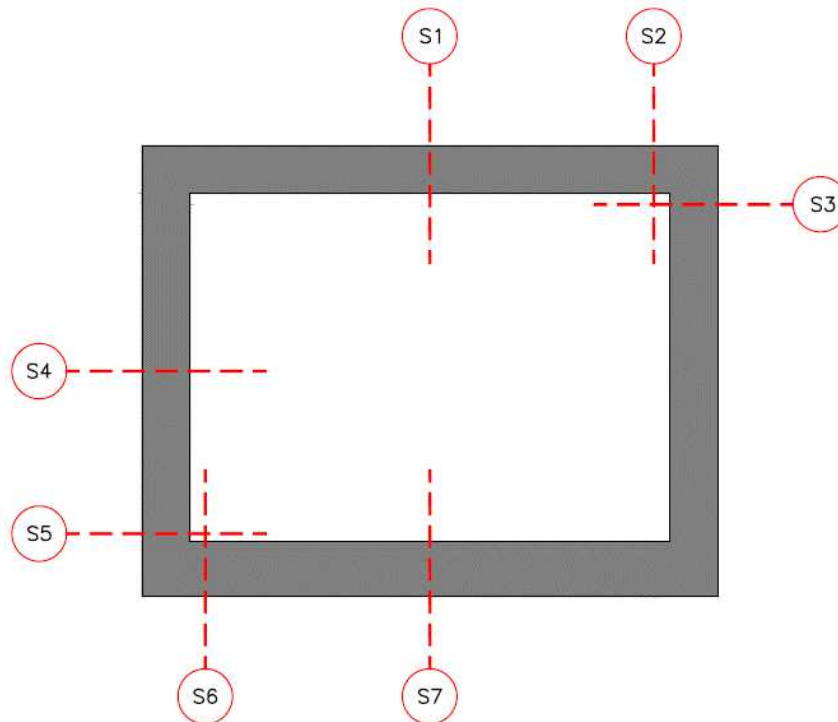


## 11.2 Stato Limite Esercizio



### 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	116.1	-81.0	4.5
S2 (M <sub>min</sub> )	SLE 2	-91.2	-139.5	-227.8
S2 (M <sub>max</sub> )	SLE 6	-46.8	-86.8	-202.9
S3 (M <sub>max</sub> )	SLE 1	-123.2	-309.8	54.6
S3 (N <sub>min</sub> )	SLE 7	-82.4	-277.7	99.5
S4 (M <sub>max</sub> )	SLE 1	80.2	-298.4	4.2
S4 (M <sub>min</sub> )	SLE 5	42.1	-290.9	-11.2
S4 (N <sub>min</sub> )	SLE 7	-42.1	-290.2	10.0
S5 (M <sub>max</sub> )	SLE 1	109.7	-310.9	98.0
S5 (N <sub>min</sub> )	SLE 7	-87.4	-302.7	-63.2
S6 (M <sub>max</sub> )	SLE 3	61.7	-86.7	209.7
S7 (M <sub>max</sub> )	SLE 1	-139.8	-148.9	19.0

Sollecitazioni SLU-QP				
	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
	SLE 9	104.1	-82.2	0.0
	SLE 9	-85.5	-135.6	-205.6
	SLE 9	-50.1	-82.2	-205.6
	SLE 9	-113.0	-280.3	55.8
	SLE 9	70.5	-292.8	2.9
	SLE 9	45.0	-292.8	-14.6
	SLE 9	100.2	-305.3	96.8
	SLE 9	66.7	-88.5	207.8
	SLE 9	-128.1	-147.7	19.7



**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	168.8	-85.0	21.8
S1 (T <sub>max</sub> )	SLU 9	163.4	-85.5	81.5
S2 (M <sub>min</sub> )	SLU 10	-228.0	-226.7	331.1
S2 (M <sub>max</sub> )	SLU 28	67.8	-5.2	-130.6
S2 (T <sub>max</sub> )	SLU 9	-137.3	-148.1	382.9
S3 (M <sub>max</sub> )	SLU 9	-275.5	-493.7	139.9
S3 (N <sub>min</sub> )	SLU 28	42.7	-205.4	40.8
S3 (T <sub>max</sub> )	SLU 13	-183.8	-428.9	204.9
S4 (M <sub>max</sub> )	SLU 2	121.3	-391.7	31.7
S4 (M <sub>min</sub> )	SLU 22	-74.8	-298.8	-31.2
S4 (N <sub>min</sub> )	SLU 28	72.0	-217.9	112.8
S4 (T <sub>max</sub> )	SLU 11	-74.7	-454.2	130.7
S5 (M <sub>max</sub> )	SLU 9	255.4	-344.3	224.3
S5 (N <sub>min</sub> )	SLU 28	208.2	-230.3	201.2
S5 (T <sub>max</sub> )	SLU 14	248.3	-333.7	235.1
S6 (M <sub>max</sub> )	SLU 11	225.3	-157.0	-296.9
S6 (T <sub>max</sub> )	SLU 10	118.7	-244.34	-338.81
S7 (M <sub>max</sub> )	SLU 9	-220.5	-150.2	23.3
S7 (T <sub>max</sub> )	SLU 14	-175.0	-174.0	-102.4

**Sollecitazioni SLU-A2M2**

	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
SLU 31		156.1	-79.2	6.9
SLU 38		151.5	-79.7	67.0
SLU 39		-199.1	-204.9	328.1
SLU 57		49.3	-23.2	-140.7
SLU 38		-151.3	-142.3	348.9
SLU 38		-239.9	-450.7	136.7
SLU 57		23.3	-215.5	27.6
SLU 42		-200.3	-419.1	189.4
SLU 38		-74.4	-435.7	102.0
SLU 51		-67.4	-288.7	-11.7
SLU 57		64.7	-228.0	93.4
SLU 40		-74.0	-438.9	105.6
SLU 38		216.6	-324.7	182.7
SLU 57		187.2	-240.5	194.3
SLU 57		187.2	-240.5	194.3
SLU 40		185.7	-156.1	-284.1
SLU 39		146.1	-210.6	-302.1
SLU 38		-193.6	-124.2	38.7
SLU 57		-129.3	-148.8	-78.9

**Sollecitazioni SLU-SISMICA**

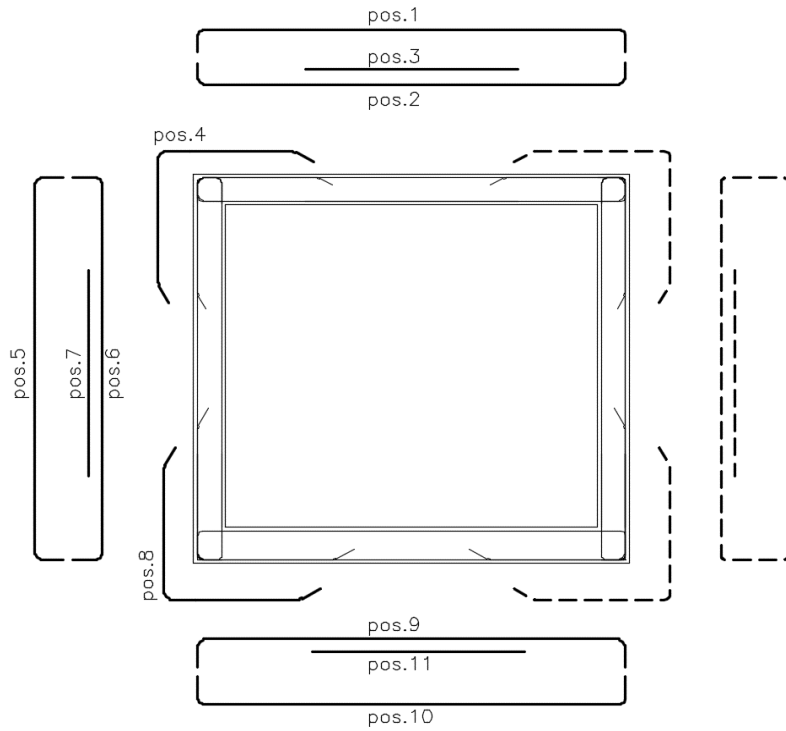
	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
S1 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	105.0	-86.1	21.5
S1 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	105.0	-86.1	21.5
S2 (M <sub>min</sub> )	SLU 59	-118.9	-157.9	229.8
S2 (M <sub>max</sub> )	SLU 60	-82.4	-104.5	224.3
S2 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	-83.5	-104.6	229.8
S3 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	-145.2	-305.5	84.9
S3 (N <sub>min</sub> )	SLU 60	80.7	-255.2	-31.8
S3 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	-119.0	-305.5	127.1
S4 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	-47.5	-318.0	44.8
S4 (M <sub>min</sub> )	SLU 60	-70.6	-310.6	27.2
S4 (N <sub>min</sub> )	SLU 60	65.4	-267.7	33.2
S4 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	-47.5	-318.0	44.8
S5 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	130.8	-287.6	133.2
S5 (N <sub>min</sub> )	SLU 60	128.4	-280.1	133.3
S5 (T <sub>max</sub> )	SLU 60	128.4	-280.1	133.3
S6 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	104.4	-116.7	-217.3
S6 (T <sub>max</sub> )	SLU 59	76.812	-176.18	-219.1
S7 (M <sub>max</sub> )	SLU 59	-133.0	-144.7	24.4
S7 (T <sub>max</sub> )	SLU 60	-126.1	-149.2	-14.6

**Sollecitazioni SLU**

	Comb	M <sub>ed</sub> [kNm]	N <sub>ed</sub> [kN]	V <sub>ed</sub> [kN]
SLU 2		168.8	-85.0	21.8
SLU 9		163.4	-85.5	81.5
SLU 10		-228.0	-226.7	331.1
SLU 60		-82.4	-104.5	224.3
SLU 9		-137.3	-148.1	382.9
SLU 9		-275.5	-493.7	139.9
SLU 60		80.7	-255.2	-31.8
SLU 13		-183.8	-428.9	204.9
SLU 2		121.3	-391.7	31.7
SLU 22		-74.8	-298.8	-31.2
SLU 60		65.4	-267.7	33.2
SLU 11		-74.7	-454.2	130.7
SLU 9		255.4	-344.3	224.3
SLU 60		128.4	-280.1	133.3
SLU 14		248.3	-333.7	235.1
SLU 11		225.3	-157.0	-296.9
SLU 10		118.7	-244.3	-338.8
SLU 9		-220.5	-150.2	23.3
SLU 14		-175.0	-174.0	-102.4

## 12 Verifiche

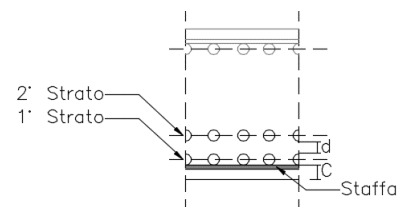
### Schema armature



	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
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	168.8	336.7	<b>0.50</b>	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	228.0	336.7	<b>0.68</b>	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	0.0	82.4	260.7	<b>0.32</b>	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	493.7	275.5	431.3	<b>0.64</b>	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	255.2	80.7	386.0	<b>0.21</b>	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	391.7	121.3	336.6	<b>0.36</b>	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	298.8	74.8	318.8	<b>0.23</b>	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	1000	500	1570.8	440.0	1570.8	267.7	65.4	312.7	<b>0.21</b>	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	344.3	255.4	403.0	<b>0.63</b>	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	280.1	128.4	390.8	<b>0.33</b>	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	225.3	336.7	<b>0.67</b>	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	1000	500	2073.5	440.5	1570.8	0.0	220.5	336.7	<b>0.65</b>	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
$V_{ed}$	Sfzo 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	81.5	211.6	0.39	Verifica Soddisfatta
S2 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	382.9	211.6	1.81	Inserire Armatura a Taglio
S3 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	1.0	29.1	16.5	204.9	276.8	0.74	Verifica Soddisfatta
S4 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.8	29.1	16.5	130.7	244.5	0.53	Verifica Soddisfatta
S5 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.7	29.1	16.5	235.1	257.1	0.91	Verifica Soddisfatta
S6 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	338.8	211.6	1.60	Inserire Armatura a Taglio
S7 (Tmax)	0.0	1.7	0.4	0.0	29.1	16.5	102.4	211.6	0.48	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	150	196.35	90.00	1.00	0.50	8.23	391.30	12.48	2.50
S6 (Tmax)	2.5	10	150	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)	507.7	1125.2	382.9	507.7	0.75	Verifica Soddisfatta
S6 (Tmax)	507.7	1125.2	338.8	507.7	0.67	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	121.4	121354	0.02	317
S3 (Nmin)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	118.9	118913	0.02	314
S4 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	122.2	122156	0.01	400
S4 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	103.9	103942	0.02	361
S4 (Nmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	104.1	104136	0.02	361
S5 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	120.5	120538	0.02	316
S5 (Nmin)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	118.6	118589	0.02	313
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)	0.0004	141.7	6.32	0.6	0.0004
S2 (Mmin)	0.0003	111.3	6.32	0.6	0.0003
S2 (Mmax)	0.0002	74.7	6.32	0.6	0.0002
S3 (Mmax)	0.0002	83.6	6.32	0.6	0.0002
S3 (Nmin)	0.0001	43.0	6.32	0.6	0.0001
S4 (Mmax)	0.0001	45.9	6.32	0.6	0.0001
S4 (Mmin)	0.0	5.0	6.32	0.6	1E-05
S4 (Nmin)	1E-05	5.1	6.32	0.6	1E-05
S5 (Mmax)	0.0002	67.7	6.32	0.6	0.0002
S5 (Nmin)	0.0001	44.2	6.32	0.6	0.0001
S6 (Mmax)	0.0002	75.4	6.32	0.6	0.0002
S7 (Mmax)	0.0005	170.6	6.32	0.6	0.0005

**Combinazione: Frequente**

	$N_{ed}$	$M_{ed}$	$w_d$	$w_{max}$	$w_d/w_{max}$	
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]	
S1 (Mmax)	0.0	116.1	0.13	0.4	0.33	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	91.2	0.10	0.4	0.26	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	46.8	0.09	0.4	0.23	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	309.8	123.2	0.08	0.4	0.19	Verifica Soddisfatta
S3 (Nmin)	277.7	82.4	0.04	0.4	0.10	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	298.4	80.2	0.05	0.4	0.13	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	290.9	42.1	0.01	0.4	0.01	Verifica Soddisfatta
S4 (Nmin)	290.2	42.1	0.01	0.4	0.01	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	310.9	109.7	0.06	0.4	0.16	Verifica Soddisfatta
S5 (Nmin)	302.7	87.4	0.04	0.4	0.10	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	61.7	0.07	0.4	0.18	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	139.8	0.16	0.4	0.40	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	121.35	121354	0.02	317.3
S4 (Mmax)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	122.16	122156	0.01	400.4
S4 (Mmin)	40	200	20	0.8	0.5	3.4	0.425	1570.8	103.94	103942	0.02	361.0
S5 (Mmax)	40	200	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2073.5	120.54	120538	0.02	316.1
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)	0.0004	127.0	6.32	0.6	0.0004
S2 (Mmin)	0.0003	104.4	6.32	0.6	0.0003
S2 (Mmax)	0.0002	80.0	6.32	0.6	0.0002
S3 (Mmax)	0.0002	77.4	6.32	0.6	0.0002
S4 (Mmax)	1E-04	34.0	6.32	0.6	1E-04
S4 (Mmin)	2E-05	6.8	6.32	0.6	2E-05
S5 (Mmax)	0.0002	58.0	6.32	0.6	0.0002
S6 (Mmax)	0.0002	81.4	6.32	0.6	0.0002
S7 (Mmax)	0.0005	156.3	6.32	0.6	0.0005

**Combinazione: Quasi permanente**

	$N_{ed}$	$M_{ed}$	$w_d$	$w_{max}$	$w_d/w_{max}$	
	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[-]	
S1 (Mmax)	0.0	104.1	0.12	0.3	0.40	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmin)	0.0	85.5	0.10	0.3	0.33	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	50.1	0.10	0.3	0.32	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	280.3	113.0	0.07	0.3	0.24	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmax)	292.8	70.5	0.04	0.3	0.13	Verifica Soddisfatta
S4 (Mmin)	292.8	45.0	0.01	0.3	0.02	Verifica Soddisfatta
S5 (Mmax)	305.3	100.2	0.05	0.3	0.18	Verifica Soddisfatta
S6 (Mmax)	0.0	66.7	0.08	0.3	0.25	Verifica Soddisfatta
S7 (Mmax)	0.0	128.1	0.15	0.3	0.49	Verifica Soddisfatta

# 13 Appendice

