

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

#### POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL03 - Prolungamento sottovia via Cascina Pizzabrasa km 10+102,20

Relazione di calcolo concio con vasca volano

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

N M 0 Z 1 0 D 2 6 C L S L 0 3 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRA	Novembre 2018	F.Coppini/A.Maran	Novembre 2018	S.Borelli	Novembre 2018	F. Borelli	Novembre 2018

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Dot. Ing. Francesco Borelli  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23372 Sez. 1

File: NM0Z10D26CLSL0300002A

n. Elab.:



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volante*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	2 di 40

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</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>MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>12</b>
7.1	PROGRAMMA DI CALCOLO .....	12
7.2	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	12
7.3	SCHEMA.....	13
<b>8</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>14</b>
8.1	PESI PROPRI STRUTTURALI .....	14
8.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI.....	14
8.3	CARICHI ESTERNI SU TERRAPIENO .....	14
8.4	CARICHI ESTERNI SU MURO .....	15
8.5	AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO .....	16
8.6	AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI.....	17
8.7	AZIONI SISMICHE .....	18
<b>9</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>21</b>
<b>10</b>	<b>SOLLECITAZIONI.....</b>	<b>23</b>
10.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	24
10.2	STATO LIMITE ESERCIZIO.....	26
10.3	SEZIONI DI PROGETTO.....	27
<b>11</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE 1 .....</b>	<b>28</b>
11.1	SLU –PRESSOFLESSIONE .....	28
11.2	SLU – TAGLIO .....	29
11.3	SLE – FESSURAZIONE.....	29



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volante*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	3 di 40

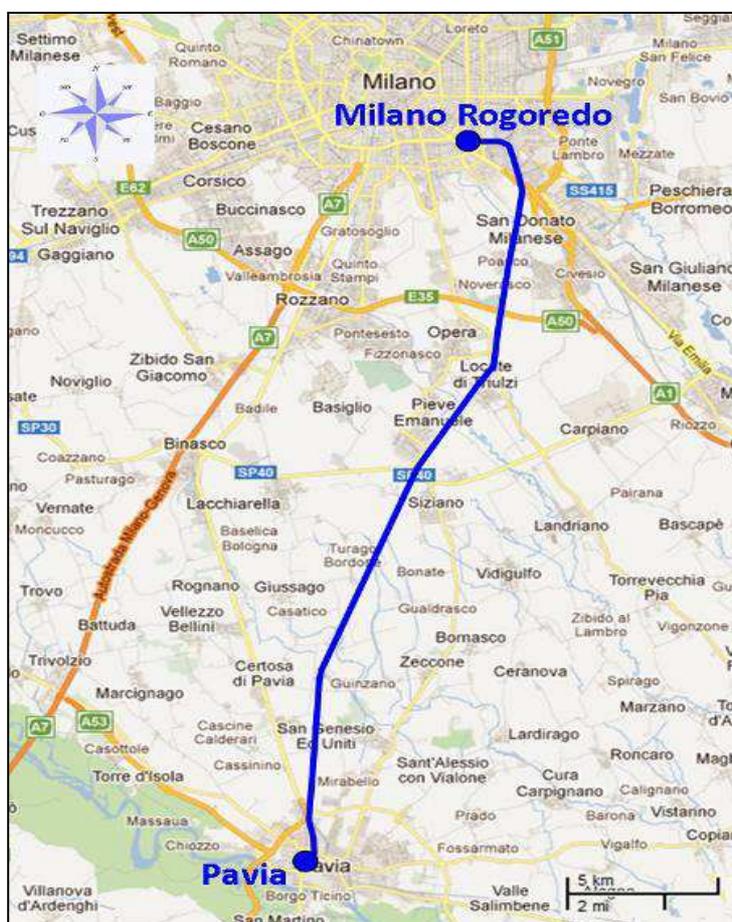
<b>12</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE 2 .....</b>	<b>30</b>
12.1	SLU – FLESSIONE .....	30
12.2	SLU – TAGLIO .....	31
12.3	SLE – FESSURAZIONE.....	31
<b>13</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE 3 .....</b>	<b>32</b>
13.1	SLU – FLESSIONE .....	32
13.2	SLU – TAGLIO .....	32
13.3	SLE – FESSURAZIONE.....	33
<b>14</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE 4 .....</b>	<b>34</b>
14.1	SLU – PRESSOFLESSIONE .....	34
14.2	SLU – TAGLIO .....	35
14.3	SLE – FESSURAZIONE.....	36
<b>15</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE 5 .....</b>	<b>37</b>
15.1	SLU – FLESSIONE .....	37
15.2	SLU – TAGLIO .....	38
15.3	SLE – FESSURAZIONE.....	38
<b>16</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE 6 .....</b>	<b>39</b>
16.1	SLU – FLESSIONE .....	39
16.2	SLU – TAGLIO .....	39
16.3	SLE – FESSURAZIONE.....	40

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo concio vasca volano</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0300002	REV. A	FOGLIO 4 di 40
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

## 1 PREMESSA

Nell’ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia; in prima fase il quadruplicamento interesserà il tratto di linea compreso fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele, per essere esteso in fase successiva fino a Pavia.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall’uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l’attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.

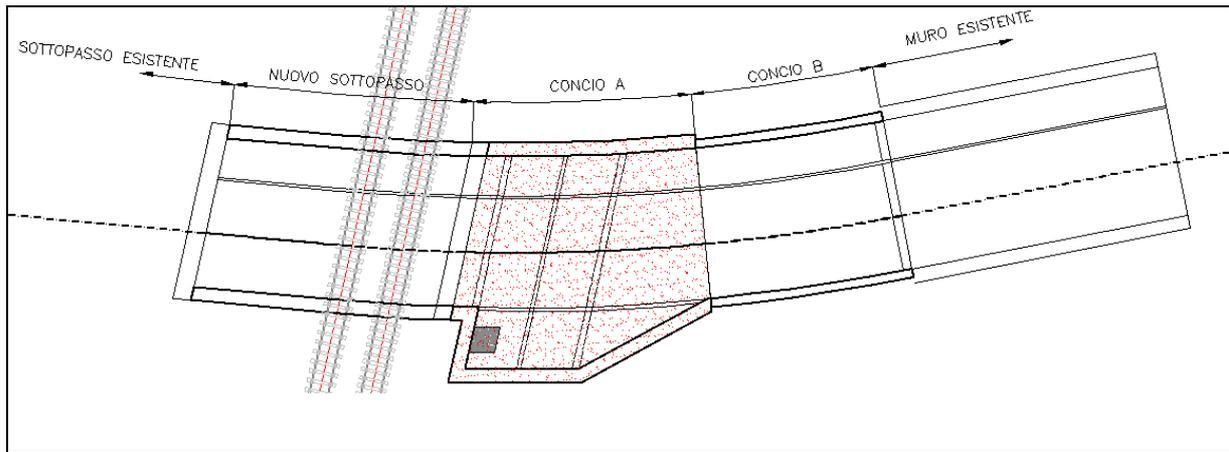


**Figura 1 :Planimetria di progetto**

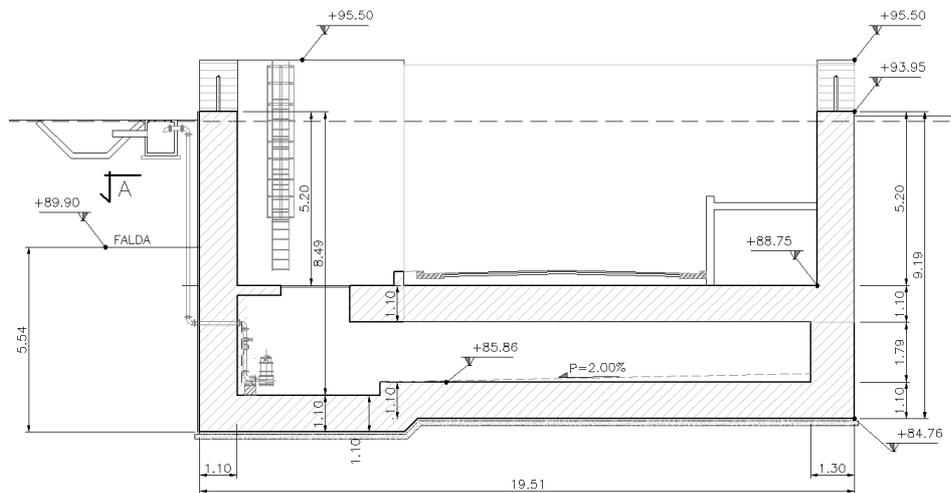
Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del concio della vasca volano dell’opera principale SL03 – Prolungamento sottovia via Cascina Pizzabrasa al km 10+123.56.

## 2 DESCRIZIONE GENERALE

La presente relazione ha per oggetto la verifica del vasca ri raccolta lato Est dello scatolare SL03.



**Figura 2 : Planimetria**



**Figura 3: Sezione tipologica**

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### CALCESTRUZZO

**Classe di resistenza calcestruzzo**
**C32/40**

## Caratteristiche del calcestruzzo

resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	40 [MPa]
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	33.2 [MPa]
resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	41.2 [MPa]
resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	3.1 [MPa]
resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	$f_{ctk}$	2.2 [MPa]
modulo elastico istantaneo	$E_{cm}$	33,643 [MPa]

## Resistenze di calcolo

resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	18.8 [MPa]
resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	1.4 [MPa]
coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha$	1.00E-05 [°C <sup>-1</sup> ]

## COEFFICIENTI

$\gamma_c$	=	1.5
$\alpha_{cc}$	=	0.85

#### 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

resistenza di progetto	$f_{yd}$	391.3 [MPa]
modulo elastico	$E_s$	200000 [MPa]

## COEFFICIENTI

$\gamma_s$	=	1.15
------------	---	------

Per il calcestruzzo armato si assume

 $\gamma_{cls}$  25 kN/m<sup>3</sup>

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>					
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo concio vasca volante</i>	<b>COMMESSA</b> NM0Z	<b>LOTTO</b> 10	<b>FASE-ENTE</b> D 26	<b>DOCUMENTO</b> CLSL0300002	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 7 di 40

## 4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Nuove 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 D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: "Manuale di progettazione delle opere civili" del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.

Riferimenti STI:

– Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea;

– Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;

– Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "energia" del sistema ferroviario dell'Unione europea;

– Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la "sicurezza nelle gallerie ferroviarie" del sistema ferroviario dell'Unione europea;

– Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea.



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volano*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	8 di 40

## 5 CONDIZIONI GEOTECNICHE

ZONA	SONDAGGI DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi' [^\circ]$		$\phi' [^\circ]$	$\phi' [^\circ]$
						max	min	laboratorio	scelto
6	PNMP21P03	da 0 a 40m	S	19	15	30	21	30	29
	e								
	DHNMOZP03								

$E'_{op}$ [MPa]		$V_s$ [m/s]		categoria terreno	$G_0$ [MPa]	
max	min	max	min		max	min
54	3	363	140	C	257	39

Quota fala a 5.54 m da base muro.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>					
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo concio vasca volante</i>	<b>COMMESSA</b> NM0Z	<b>LOTTO</b> 10	<b>FASE-ENTE</b> D 26	<b>DOCUMENTO</b> CLSL0300002	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 9 di 40

## 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 flettenti  $M_d$  sia minore dei corrispondenti momenti resistenti  $M_r$  delle 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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>					
	SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo concio vasca volante</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0300002	REV. A

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	$\leq w_1$

Come da manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 B (2.5.1.8.3.2.4) si assume in questo caso per la verifica a fessurazione la combinazione Rara e come limite massimo di apertura delle fessure  $w_1=0.2$  mm, (per strutture a permanente contatto con il terreno).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>					
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo concio vasca volano</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0300002	REV. A	FOGLIO 11 di 40

### 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.

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b>  <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b>  <b>FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b></p>												
<p>SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  <i>Relazione di calcolo concio vasca volano</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0300002</td> <td>A</td> <td>12 di 40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	12 di 40
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	12 di 40								

## 7 MODELLO DI CALCOLO

### 7.1 PROGRAMMA DI CALCOLO

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

### 7.2 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Il modello di calcolo attraverso il quale è stata analizzata la struttura è schematizzato da un rettangolo costituito da elementi monodimensionali vincolati su un letto di molle alla winkler.

Per i coefficienti del sottosuolo sono stati adottati i seguenti valori

- Coefficiente verticale  $k_v = 7733 \text{ kN/m}^3$
- Coefficiente orizzontale  $k_h = 3866 \text{ kN/m}^3$

Sono stati utilizzati molle per unità di lunghezza attribuita agli elementi della soletta inferiore.

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b>  <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b>  <b>FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b></p>												
<p>SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  <i>Relazione di calcolo concio vasca volano</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0300002</td> <td>A</td> <td>13 di 40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	13 di 40
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	13 di 40								

### 7.3SCHEMA

Il modello è formato da 14 elementi monodimensionale a cui è assegnata la sezione specifica dell'elemento corrispondente

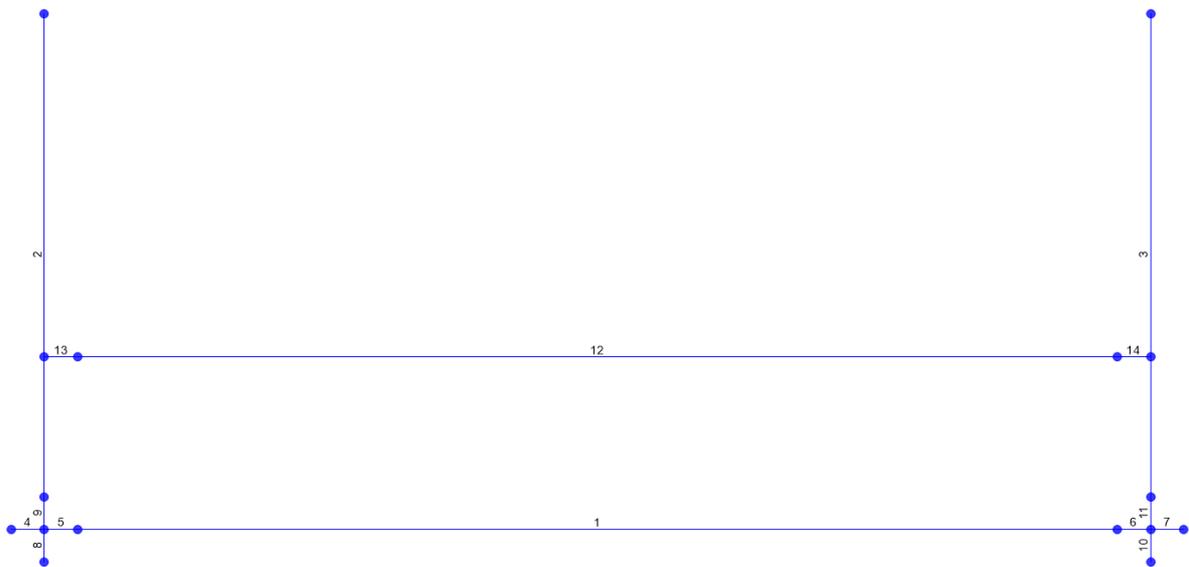


Figure 1 : Schema modello di calcolo

## 8 ANALISI DEI CARICHI

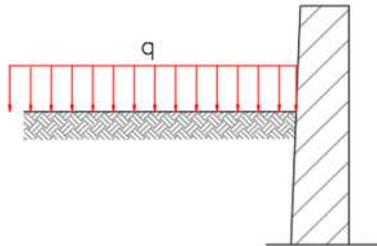
### 8.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

		D [m <sup>2</sup> ]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]		[m]		[kN/m]
Solette	PP <sub>Sl</sub>	1.10	X	25	X	1	=	27.5
Piedritto	PP <sub>Pi</sub>	1.10	X	25	X	1	=	27.5

### 8.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI

Data l' incertezza del carico, a favore di ricurezza non sar  considerato

### 8.3 CARICHI ESTERNI SU TERRAPIENO

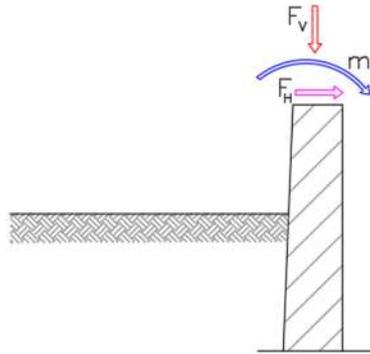


Pressione uniforme permanente su terrapieno	q <sub>p</sub>	0	[kN/m/m]
Pressione uniforme variabile su terrapieno	q <sub>v</sub>	0	[kN/m/m]

Spinta dovuta a pressione uniforme permanente su terrapieno  $\sigma_{pu}(k_0) = k_0 \cdot q_p$

Spinta dovuta a pressione uniforme variabile su terrapieno  $\sigma_{pv}(k_0) = k_0 \cdot q_v$

#### 8.4 CARICHI ESTERNI SU MURO



Forza orizzontale permanente su testa muro

$F_{H,P}$  0 [kN/m]

Forza verticale permanente su testa muro

$F_{V,P}$  0 [kN/m]

Coppia permanente su testa muro

$m,P$  0 [kNm/m]

Forza orizzontale variabile su testa muro

$F_{H,v}$  0 [kN/m]

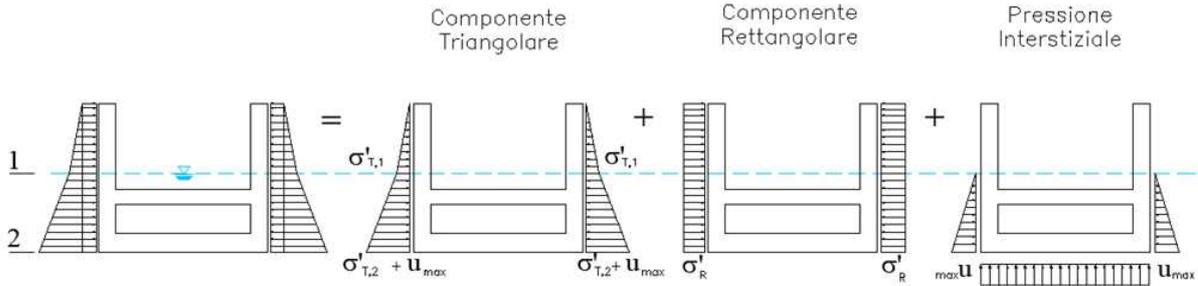
Forza verticale variabile su testa muro

$F_{V,v}$  0 [kN/m]

Coppia variabile su testa  
muro

$m,v$  0 [kNm/m]

### 8.5 AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO



#### Pressine interstiziale

$$u_{\max} = 55.4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

#### Tensioni litostatiche verticali : componente Triangolare

Tensione litostatica verticale efficace in "1"  $\sigma'_{T,1} = \gamma_{t2} \times (H_t - H_w) = 69.4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Tensione litostatica verticale efficace in "2"  $\sigma'_{T,2} = \sigma'_{T,1} + \gamma'_{t2} \times H_w = 119.2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

#### Tensioni litostatiche verticali : componente Rettangolare

Tensione litostatica verticale efficace estradosso Soletta  $\sigma'_R = 0.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

#### Coefficienti di spinta Terreno 1

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_{0,t1} = 1 - \text{sen}\phi'$	0.52	0.60	0.52
Equilibrio limite attivo	$k_{a,t1} = (1 - \text{sen}\phi') / (1 + \text{sen}\phi')$	0.35	0.42	0.35

#### Tensioni totali orizzontali

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

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

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

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

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

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

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



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volano*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	17 di 40

### 8.6 AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI

Lo schema di carico utilizzata è lo schema di carico 1, disposto in modo da massimizzare le sollecitazioni.

Si assume un carico uniformemente distribuito sulla soletta superiore pari a 75 kN/m sulla soletta. La larghezza di diffusione assunta, considerando lo spessore della soletta è di 7.10 m.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>					
	SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo concio vasca volante</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0300002	REV. A

## 8.7 AZIONI SISMICHE

### CARATTERISTICHE SISMICHE

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

vita nominale	$V_N$	75	anni
Classe d'uso		III	
coefficiente d'uso	$C_U$	1.5	
periodo di riferimento per l'azione sismica	$V_R$	112.5	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	$T_R$	1067.8	anni

#### PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_g$	0.697	[m/s <sup>2</sup> ]
accelerazione orizzontale massima al sito	$a_g$	0.071	[g]
coefficiente di amplificazione spettrale massima	$F_0$	2.625	
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T_C^*$	0.300	[s]

#### CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

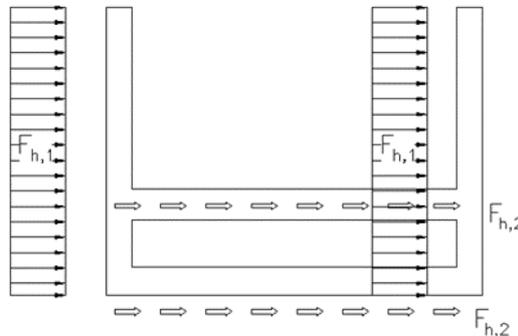
Categoria di sottosuolo		C	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S$	1.50	
coefficiente di sottosuolo	$C_C$	1.56	
Categoria topografica		T1	
coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$	1	
$S_S \times S_T$	$S$	1.50	
coefficiente di smorzamento viscoso	$x$	5%	
$v(10/(5+x))$	$h$	1	

#### PARAMETRI DI ANALISI

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_{max}$	1.045	[m/s <sup>2</sup> ]
fattore di struttura	$q$	1	
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_m$	1	
coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.107	
coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.053	

Terreno impermeabile in condizioni dinamiche		2
Peso specifico "sismico" del terreno	$\gamma^*$	9
coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.11
coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.05
	$\theta +$	12.2
	$\theta -$	13.5
	$\varphi'_{M2}$	23.9
	$\delta$	0.0
	$\delta_{M2}$	0.0
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della parete del muro rivolta a monte	$\psi$	90
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie del terrapieno	$\beta$	0
coefficiente di spinta sismica M2	$K_e$	0.63

### FORZE SISMICHE



Forze di inerzia orizzontali  $F_h = k_h \times W$

Forze di inerzia verticali  $F_v = k_v \times W$

#### Sisma

##### H

Forza di inerzia orizzontale piedritti  $F_{h1} = (PP_{PI}) \cdot k_h = 2.93 \text{ [kN/m]}$

Forza di inerzia orizzontale inferiore  $F_{h2} = (PP_{SI}) \cdot k_h = 2.93 \text{ [kN/m]}$

#### Sisma

##### V

Forza di inerzia verticale piedritti  $F_{v1} = (PP_{PI}) \cdot k_v = 1.46 \text{ [kN/m]}$   
 $(PP_{SI}) \cdot k_v$

Forza di inerzia verticale Soletta inferiore  $F_{v2} = = 1.46 \text{ [kN/m]}$



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volano*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	20 di 40

*Incremento sismico secondo il metodo di Mononobe-Okabe*

**(secondo Eurocodice 8-5)**

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

$E_{ws}$  = spinta statica acqua ; K = coefficiente di Mononobe-Okabe

$E_{wd}$  = spinta dinamica acqua (Westergaard)

**Alta permeabilità ( $k > 5 \times 10^{-4} \text{m/s}$ )**

$$E_{wd} = 7/12 k_h \gamma_w H^2$$

$$\gamma^* = \gamma - \gamma_w$$

$$\text{tg } \vartheta = \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Spinta statica

Spinta idrodinamica dell'acqua  
 $\gamma_s$  = peso specifico dei grani

Spinta totale del terreno nel caso sismico

Spinta totale del terreno nel caso sismico

Muro libero di ruotare in alla base

Azione applicata a

**Bassa permeabilità ( $k < 5 \times 10^{-4} \text{m/s}$ )**

$$E_{wd} = 0$$

$$\gamma^* = \gamma - \gamma_w$$

$$\text{tg } \vartheta = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

$\gamma$  = peso di volume terreno naturale [N/m]

$\gamma_w$  = peso di volume acqua [N/m]

$S_{H,sism}$  = 253 [kN/m]

$$E_d = E_{ws} + E_{wd} +$$

$S_{H,sism}$  = 406 [kN/m]

NO

H/2 = 4.60 [m]



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volano*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	21 di 40

## 9 COMBINAZIONI DI CARICO

### COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

Carichi	Effetto	Coeff.	EQU/UPL	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	Sism
Carichi Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1	1	1	1
	sfavorevole		1.1	1.35	1	1	1
Carichi Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0	0	0	1	1
	sfavorevole		1.5	1.35	1.3	1	1
Variabili da traffico	favorevole	$\gamma_Q$	0	0	0	0	0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15	1	0
Variabili	favorevole	$\gamma_Q$	0	0	0	0	0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3	1	1
Ritiro e viscosità, variazioni termiche	favorevole	$\gamma_Q$	0	0	0	0	0
	sfavorevole		1.2	1.2	1	1	1

Parametro		Coeff.	M1	M2	SLE	SLE
angolo d'attrito	$\tan \varphi'_k$	$\gamma'_i$	1	1.25	1	1
coesione	$c'_k$	$\gamma'_{c'}$	1	1.25	1	1
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1	1.4	1	1
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_g$	1	1	1	1

Coefficienti parziali per azione $\psi$			
CARICHI	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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
Carichi variabili da traffico	0.75	0.75	0.00



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volante*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	22 di 40

**Combinazione massima spinta terreno**

**Spinta terreno M1 = Spinta terreno SLE**

<i>Spinta Terreno</i>	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.52	0.52	0.52	0.52	1	1
Spinta Terreno C2	0.35	0.35	0.35	0.35	1	1
Spinta Terreno C3	0.52	0.35	0.52	0.35	1	1
Spinta Terreno C4	0.35	0.52	0.35	0.52	1	1

**Spinta terreno M2**

<i>Spinta Terreno</i>	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{w,sx}$	$\sigma_{w,dx}$
Spinta Terreno C1	0.60	0.60	0.60	0.60	1	1
Spinta Terreno C2	0.42	0.42	0.42	0.42	1	1
Spinta Terreno C3	0.60	0.42	0.60	0.42	1	1
Spinta Terreno C4	0.42	0.60	0.42	0.60	1	1

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

**Carichi combinati**

- $G_1$** =  
 Peso proprio muro  
 Forza orizzontale permanente su testa muro  
 Forza verticale permanente su testa muro  
 Coppia permanente su testa muro
- $G_2$** =  
 Spinta terreno  
 Spinta Acqua statica  
 Spinta dovuta a pressione uniforme permanente su terrapieno
- $G_{2,sism}$** =  
 Spinta dovuta a pressione uniforme permanente su terrapieno
- $Q_1$** =  
 Azioni variabili da traffico
- $Q_2$** =  
 Forza orizzontale variabile su testa muro  
 Forza verticale variabile su testa muro  
 Coppia variabile su testa muro
- $E_x$** =  
 Forza di inerzia orizzontale piedritti  
 Incremento sismico secondo il metodo di Mononobe-Okabe



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volante*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	23 di 40

$E_z =$  Forza di inerzia verticale piedritti

**Combinazione di verifica**

SLU A1-M1	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
SLU 1	1.35	1.35	0	0
SLU 2	1.35	1.35	1.35	0.90
SLU 3	1.35	1.35	0.81	1.50

SLU A2-M2	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
SLU 4	1.00	1.30	0	0
SLU 5	1.00	1.30	1.35	0.90
SLU 6	1.00	1.30	0.81	1.30

SISMICA/M2	G <sub>1</sub>	G <sub>2,sism</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	E <sub>x</sub>	E <sub>z</sub>
SLU 7	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
SLU 8	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-1.00
SLU 9	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
SLU 10	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	-1.00
SLU 11	1.00	1.00	0.00	0.50	1.00	1.00
SLU 12	1.00	1.00	0.00	0.50	1.00	-1.00

SLR QP	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
SLE 1	1.00	1.00	0.00	0.00
SLE 2	1.00	1.00	0.00	0.00

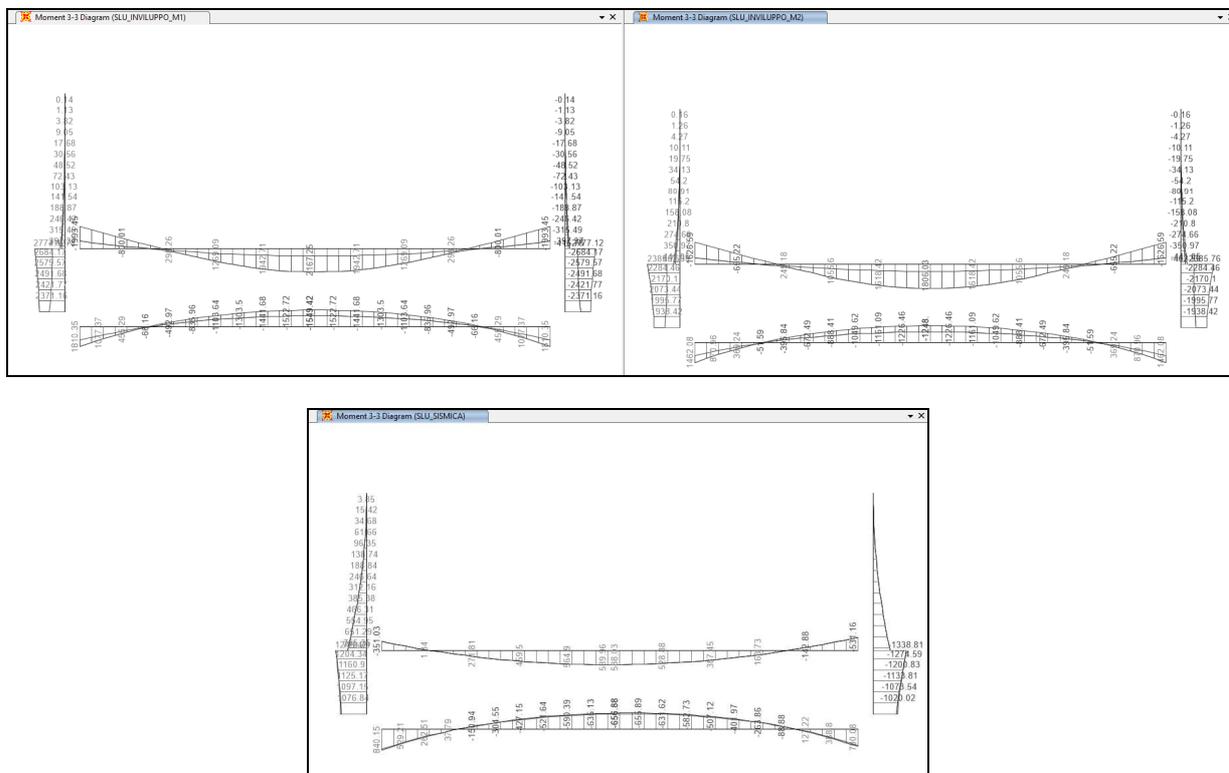
SLR FREQ	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
SLE 3	1.00	1.00	0.75	0.00
SLE 4	1.00	1.00	0.00	0.60

SLR RARA	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
SLE 3	1.00	1.00	1.00	0.00
SLE 4	1.00	1.00	0.00	1.00

## 10 SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano l'involuppo delle caratteristiche di sollecitazione ottenute sulla struttura.

### 10.1 STATO LIMITE ULTIMO



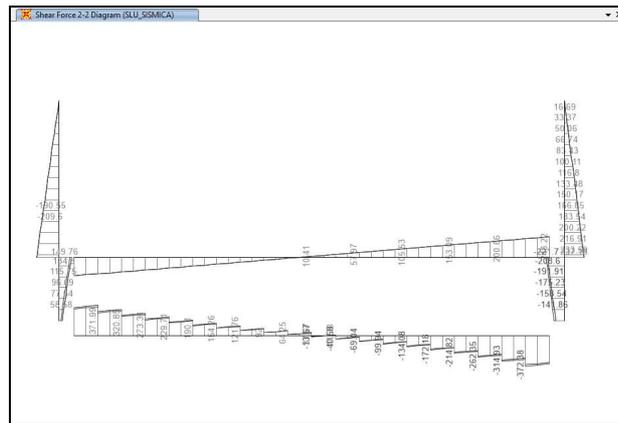
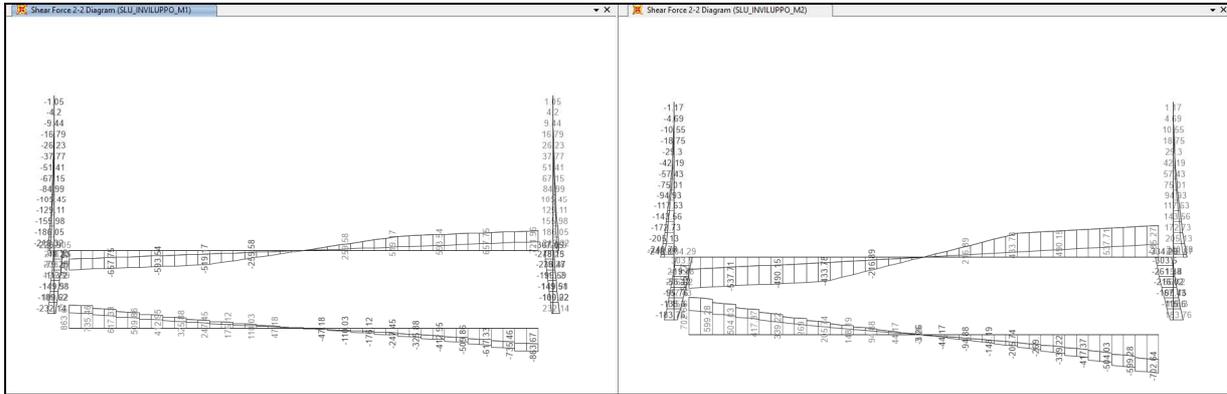
**Figura 4: Involuppi Diagrammi Momenti**



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volano*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	25 di 40



**Figura 5: Inviluppi Diagrammi Taglio**



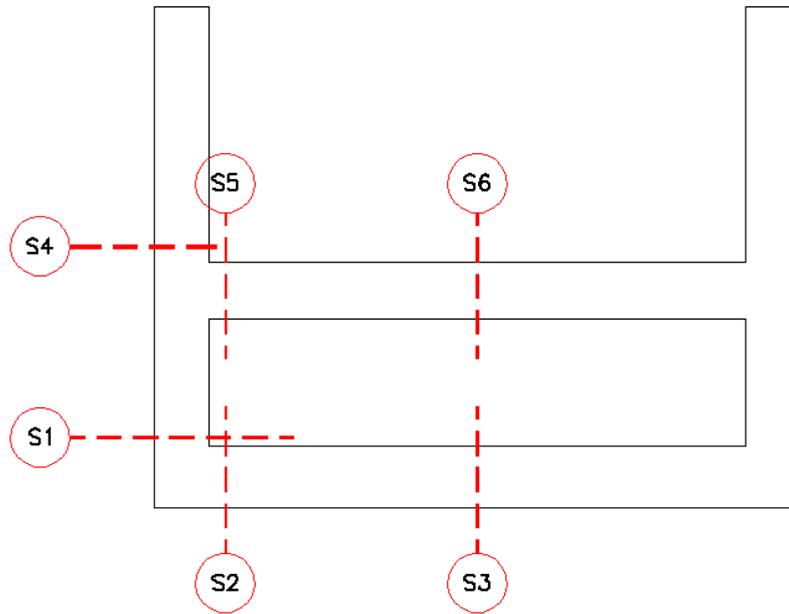


**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volano*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	27 di 40

### 10.3 SEZIONI DI PROGETTO



## 11 VERIFICHE SEZIONE 1

### 11.1 SLU -PRESSOFLESSIONE

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione\_1

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	53.09	104.5
			2	19.01	100.2
			3	26.55	5.5

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

S.L.U.  Metodo n

N Ed   kN  
 M xEd   kNm  
 M yEd

S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

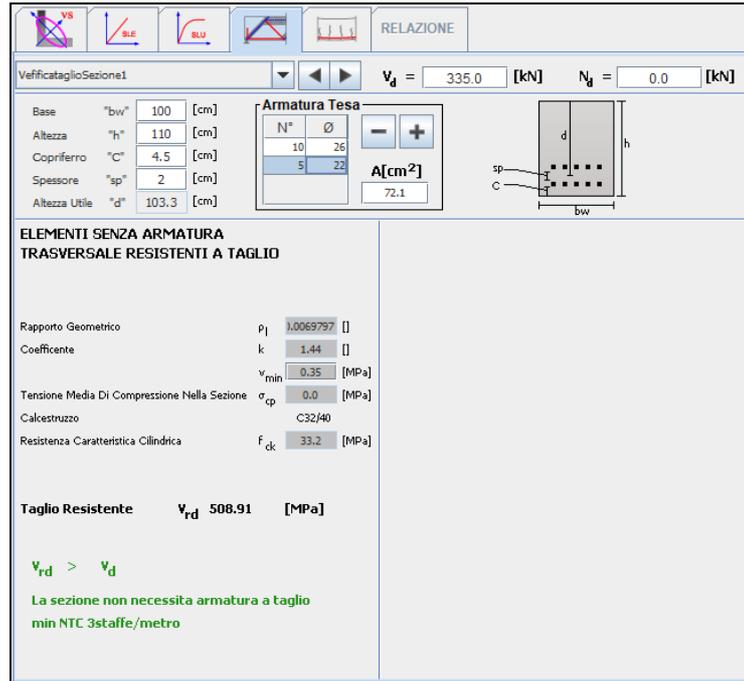
Retta  Deviata

N° rett. 100  
 L<sub>0</sub> cm  Col. modello  
 Precompresso

**Materiali**  
 B450C C32/40  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ‰  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

M xRd  kN m  
 σ<sub>c</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 α<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

### 11.2 SLU - TAGLIO



**RELAZIONE**

VeficcataggioSezione1  $V_d = 335.0$  [kN]  $N_d = 0.0$  [kN]

Base "bw"	100	[cm]
Altezza "h"	110	[cm]
Copriferro "c"	4.5	[cm]
Spessore "sp"	2	[cm]
Altezza Utile "d"	103.3	[cm]

**Armatura Tesa**

N°	Ø
10	26
5	22

**A[cm²]** 72.1

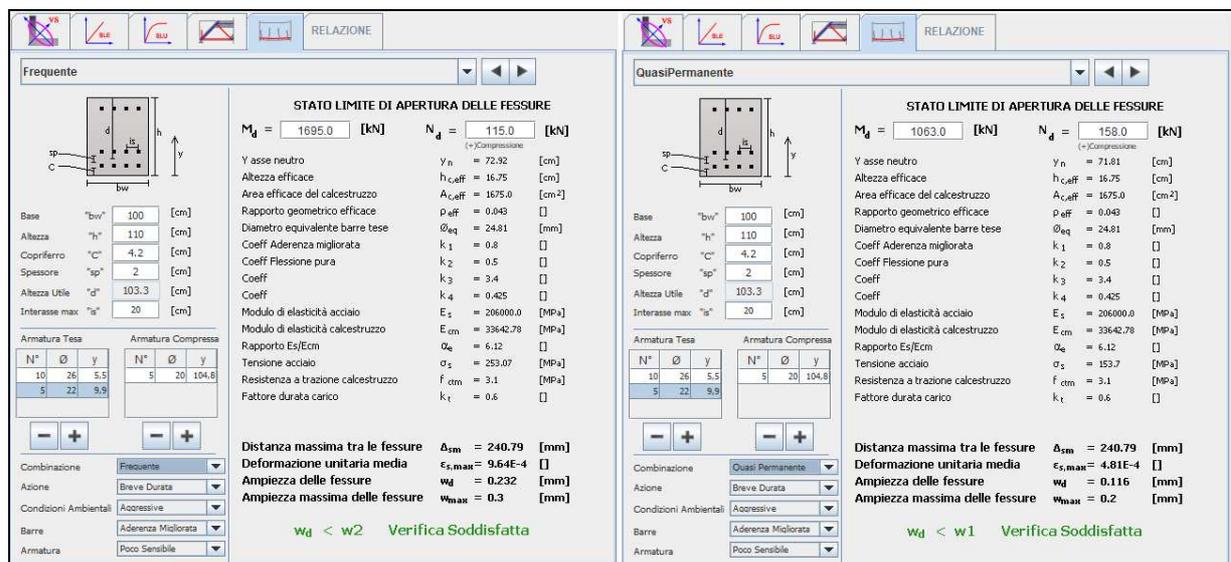
**ELEMENTI SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO**

Rapporto Geometrico  $\rho_l = 0.0069797$  []  
 Coefficiente  $k = 1.44$  []  
 Tensione Media Di Compressione Nella Sezione  $\sigma_{cp} = 0.0$  [MPa]  
 Calcestruzzo C32/40  
 Resistenza Caratteristica Cilindrica  $f_{ck} = 33.2$  [MPa]

**Taglio Resistente**  $V_{rd} = 508.91$  [MPa]

$V_{rd} > V_d$   
 La sezione non necessita armatura a taglio  
 min NTC 3staffe/metro

### 11.3 SLE - FESSURAZIONE



**RELAZIONE**

**Frequente**

**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 1695.0$  [kN]  $N_d = 115.0$  [kN] (+Compressione)

Y asse neutro  $Y_n = 72.92$  [cm]  
 Altezza efficace  $h_{c,eff} = 16.75$  [cm]  
 Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1675.0$  [cm²]  
 Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.043$  []  
 Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 24.81$  [mm]  
 Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []  
 Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []  
 Coeff  $k_3 = 3.4$  []  
 Coeff  $k_4 = 0.425$  []  
 Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
 Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
 Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []  
 Tensione acciaio  $\sigma_s = 253.07$  [MPa]  
 Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
 Fattore durata carico  $k_{ct} = 0.6$  []

Distanza massima tra le fessure  $A_{sm} = 240.79$  [mm]  
 Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 9.64E-4$  []  
 Ampiezza delle fessure  $w_d = 0.232$  [mm]  
 Ampiezza massima delle fessure  $w_{max} = 0.3$  [mm]

$w_d < w_2$  Verifica Soddisfatta

**Quasi Permanente**

**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 1063.0$  [kN]  $N_d = 158.0$  [kN] (+Compressione)

Y asse neutro  $Y_n = 71.81$  [cm]  
 Altezza efficace  $h_{c,eff} = 16.75$  [cm]  
 Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1675.0$  [cm²]  
 Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.043$  []  
 Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 24.81$  [mm]  
 Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []  
 Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []  
 Coeff  $k_3 = 3.4$  []  
 Coeff  $k_4 = 0.425$  []  
 Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
 Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
 Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []  
 Tensione acciaio  $\sigma_s = 153.7$  [MPa]  
 Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
 Fattore durata carico  $k_{ct} = 0.6$  []

Distanza massima tra le fessure  $A_{sm} = 240.79$  [mm]  
 Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 4.81E-4$  []  
 Ampiezza delle fessure  $w_d = 0.116$  [mm]  
 Ampiezza massima delle fessure  $w_{max} = 0.2$  [mm]

$w_d < w_1$  Verifica Soddisfatta

## 12 VERIFICHE SEZIONE 2

### 12.1 SLU - FLESSIONE

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione\_2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	53.09	104.5
			2	26.55	5.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

P.to applicazione N:  Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xPd</sub>  kN m

Materiali: B450C C32/40

$\epsilon_{su}$ <input type="text" value="67.5"/> ‰	$\epsilon_{c2}$ <input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$ <input type="text" value="391.3"/> N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$ <input type="text" value="200 000"/> N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ <input type="text" value="18.81"/> ‰
$E_s/E_c$ <input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$ <input type="text" value="0.8"/> ‰
$\epsilon_{syd}$ <input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="12.25"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0.7333"/>
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="2.114"/>

Metodo di calcolo:  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

Tipo flessione:  Retta  Deviata

N° rett.

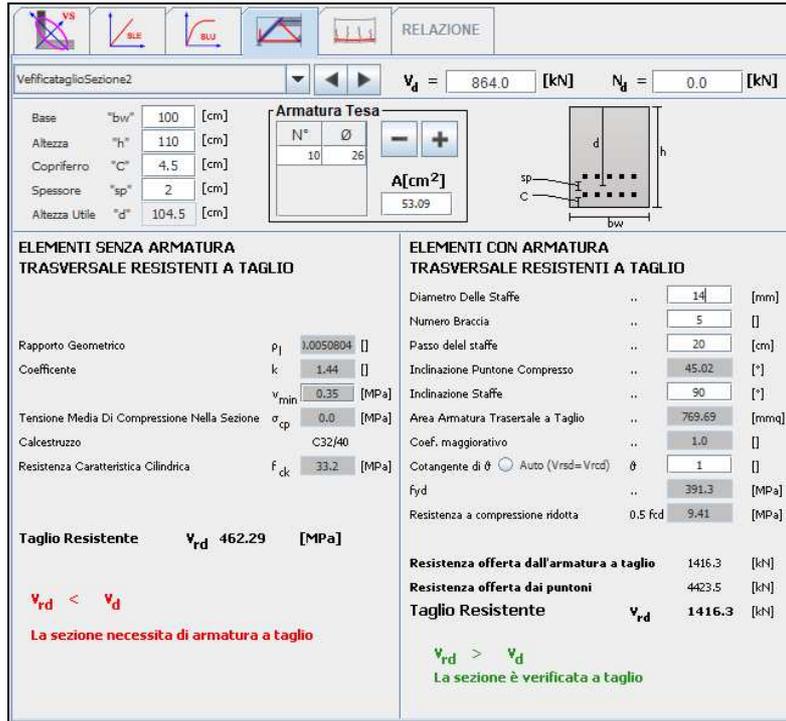
Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

## 12.2 SLU - TAGLIO



**RELAZIONE**

VeficataglioSezione2  $V_d = 864.0$  [kN]  $N_d = 0.0$  [kN]

Base "bw" 100 [cm]  
Altezza "h" 110 [cm]  
Copriferro "C" 4.5 [cm]  
Spessore "sp" 2 [cm]  
Altezza Utile "d" 104.5 [cm]

**Armatura Tesa**  
N° 10 Ø 26  
A [cm<sup>2</sup>] 53.09

**ELEMENTI SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO**

Rapporto Geometrico  $\rho_l = 0.0050804$  []  
Coefficiente  $k = 1.44$  []  
 $\gamma_{min} = 0.35$  [MPa]  
Tensione Media Di Compressione Nella Sezione Calcestruzzo  $\sigma_{cp} = 0.0$  [MPa]  
Resistenza Caratteristica Cilindrica  $f_{ck} = 33.2$  [MPa]

**Taglio Resistente**  $V_{rd} = 462.29$  [MPa]

$V_{rd} < V_d$   
**La sezione necessita di armatura a taglio**

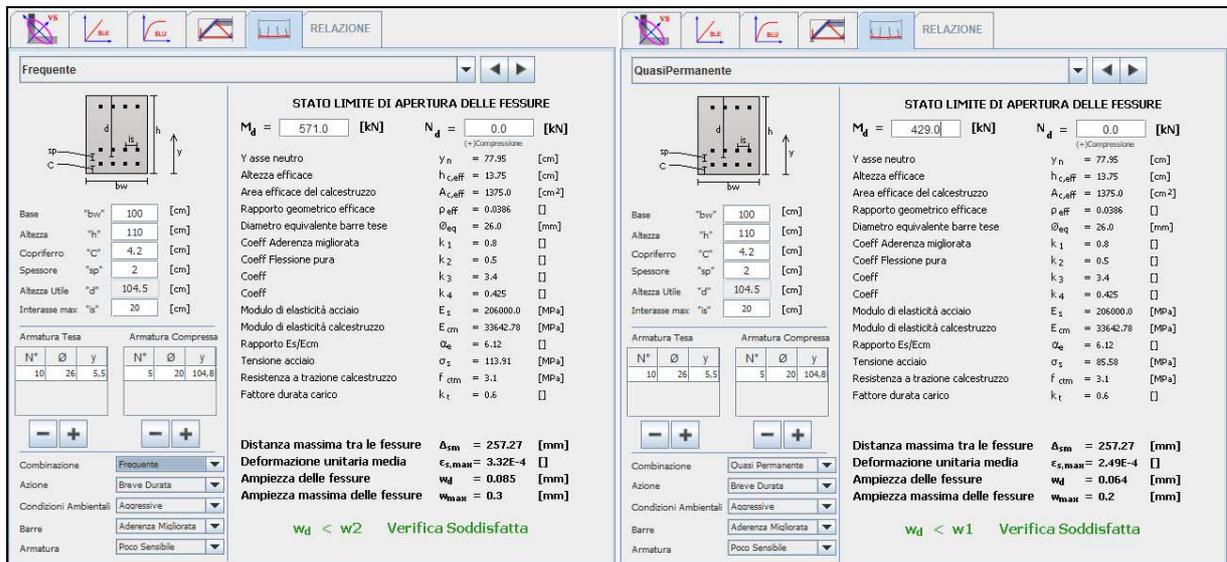
**ELEMENTI CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro Delle Staffe .. 14 [mm]  
Numero Braccia .. 5 []  
Passo delle staffe .. 20 [cm]  
Inclinazione Puntone Compresso .. 45.02 [°]  
Inclinazione Staffe .. 90 [°]  
Area Armatura Trasversale a Taglio .. 769.69 [mmq]  
Coef. maggiorativo .. 1.0 []  
Cotangente di  $\theta$  Auto (V<sub>rd</sub>=V<sub>red</sub>)  $\theta = 1$  []  
 $f_{yd} = 391.3$  [MPa]  
Resistenza a compressione ridotta  $0.5 f_{cd} = 9.41$  [MPa]

**Resistenza offerta dall'armatura a taglio** 1416.3 [kN]  
**Resistenza offerta dai puntoni** 4423.5 [kN]  
**Taglio Resistente**  $V_{rd} = 1416.3$  [kN]

$V_{rd} > V_d$   
**La sezione è verificata a taglio**

## 12.3 SLE - FESSURAZIONE



**RELAZIONE**

**Frequente**

**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 571.0$  [kN]  $N_d = 0.0$  [kN]

Y asse neutro  $y_n = 77.95$  [cm]  
Altezza efficace  $h_{ceff} = 13.75$  [cm]  
Area efficace del calcestruzzo  $A_{ceff} = 1375.0$  [cm<sup>2</sup>]  
Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.0396$  []  
Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 26.0$  [mm]  
Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []  
Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []  
Coeff  $k_3 = 3.4$  []  
Coeff  $k_4 = 0.425$  []  
Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []  
Tensione acciaio  $\sigma_s = 113.91$  [MPa]  
Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
Fattore durata carico  $k_t = 0.6$  []

Distanza massima tra le fessure  $\Delta s_{fm} = 257.27$  [mm]  
Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 3.32E-4$  []  
Ampiezza delle fessure  $w_d = 0.085$  [mm]  
Ampiezza massima delle fessure  $w_{d,max} = 0.3$  [mm]

$w_d < w_2$  **Verifica Soddisfatta**

**Quasi Permanente**

**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 429.0$  [kN]  $N_d = 0.0$  [kN]

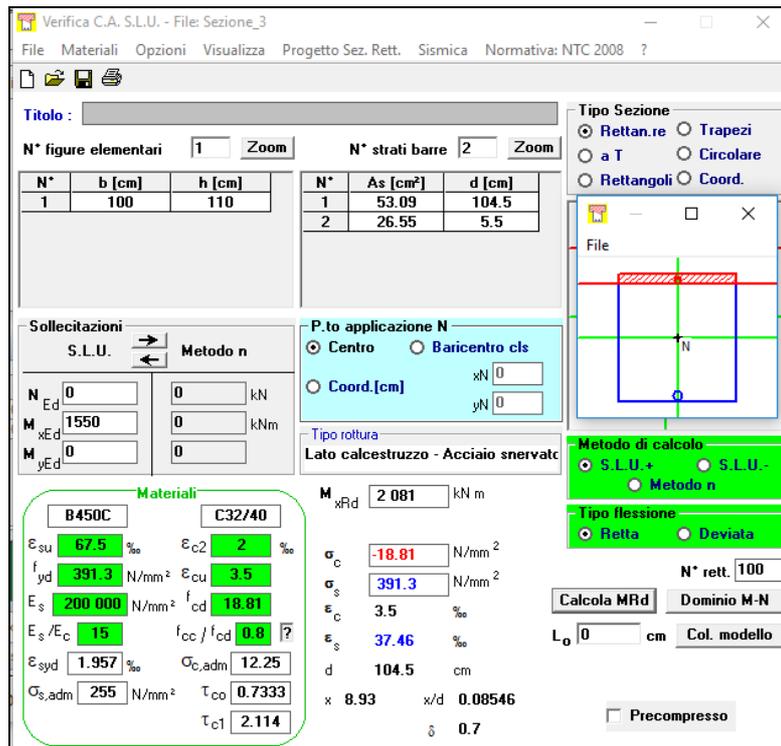
Y asse neutro  $y_n = 77.95$  [cm]  
Altezza efficace  $h_{ceff} = 13.75$  [cm]  
Area efficace del calcestruzzo  $A_{ceff} = 1375.0$  [cm<sup>2</sup>]  
Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.0396$  []  
Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 26.0$  [mm]  
Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []  
Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []  
Coeff  $k_3 = 3.4$  []  
Coeff  $k_4 = 0.425$  []  
Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []  
Tensione acciaio  $\sigma_s = 85.58$  [MPa]  
Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
Fattore durata carico  $k_t = 0.6$  []

Distanza massima tra le fessure  $\Delta s_{fm} = 257.27$  [mm]  
Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 2.49E-4$  []  
Ampiezza delle fessure  $w_d = 0.064$  [mm]  
Ampiezza massima delle fessure  $w_{d,max} = 0.2$  [mm]

$w_d < w_1$  **Verifica Soddisfatta**

### 13 VERIFICHE SEZIONE 3

#### 13.1 SLU - FLESSIONE



**Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione\_3**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	53.09	104.5
			2	26.55	5.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

P.to applicazione N:  Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  S.L.U. +  S.L.U. -  Metodo n

Tipo flessione:  Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

B450C	C32/40
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 18.81
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0.7333
	$\tau_{c1}$ 2.114

M<sub>xRd</sub>  kN m

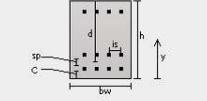
$\sigma_c$  -18.81 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  37.46 ‰  
d 104.5 cm  
x 8.93 w/d 0.08546  
 $\delta$  0.7

#### 13.2 SLU - TAGLIO

Non viene effettuata verifica essendo la sezione non sollecitata a taglio

**13.3 SLE – FESSURAZIONE**

**Frequente**



**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

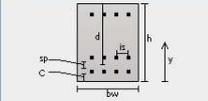
$M_d = 1120.0$  [kN]     $N_d = 0.0$  [kN] (+Compressione)

Y asse neutro  $Y_n = 77.95$  [cm]  
 Altezza efficace  $h_{c,eff} = 13.75$  [cm]  
 Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1375.0$  [cm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.0386$  []  
 Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 26.0$  [mm]  
 Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []  
 Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []  
 Coeff  $k_3 = 3.4$  []  
 Coeff  $k_4 = 0.425$  []  
 Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
 Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
 Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []  
 Tensione acciaio  $\sigma_s = 223.42$  [MPa]  
 Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
 Fattore durata carico  $k_t = 0.6$  []

Distanza massima tra le fessure  $\Delta s_m = 257.27$  [mm]  
 Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 7.96E-4$  []  
 Ampiezza delle fessure  $w_f = 0.205$  [mm]  
 Ampiezza massima delle fessure  $w_{f,max} = 0.3$  [mm]

$w_f < w_2$  Verifica Soddisfatta

**Quasi Permanente**



**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 755.0$  [kN]     $N_d = 0.0$  [kN] (+Compressione)

Y asse neutro  $Y_n = 77.95$  [cm]  
 Altezza efficace  $h_{c,eff} = 13.75$  [cm]  
 Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1375.0$  [cm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.0386$  []  
 Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 26.0$  [mm]  
 Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []  
 Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []  
 Coeff  $k_3 = 3.4$  []  
 Coeff  $k_4 = 0.425$  []  
 Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
 Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
 Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []  
 Tensione acciaio  $\sigma_s = 159.61$  [MPa]  
 Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
 Fattore durata carico  $k_t = 0.6$  []

Distanza massima tra le fessure  $\Delta s_m = 257.27$  [mm]  
 Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 4.42E-4$  []  
 Ampiezza delle fessure  $w_f = 0.114$  [mm]  
 Ampiezza massima delle fessure  $w_{f,max} = 0.2$  [mm]

$w_f < w_1$  Verifica Soddisfatta



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE**

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo concio vasca volano*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300002	A	34 di 40

## 14 VERIFICHE SEZIONE 4

### 14.1 SLU - PRESSOFLESSIONE

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione\_4

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	26.55	104.5
			2	26.55	5.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 149 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 755 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 1130 kN m

Materiali

B450C	C32/40
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 18.81
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0.7333
	$\tau_{c1}$ 2.114

$\sigma_c$  -18.81 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  54.83 ‰  
d 104.5 cm  
x 6.27 w/d 0.06  
 $\delta$  0.7

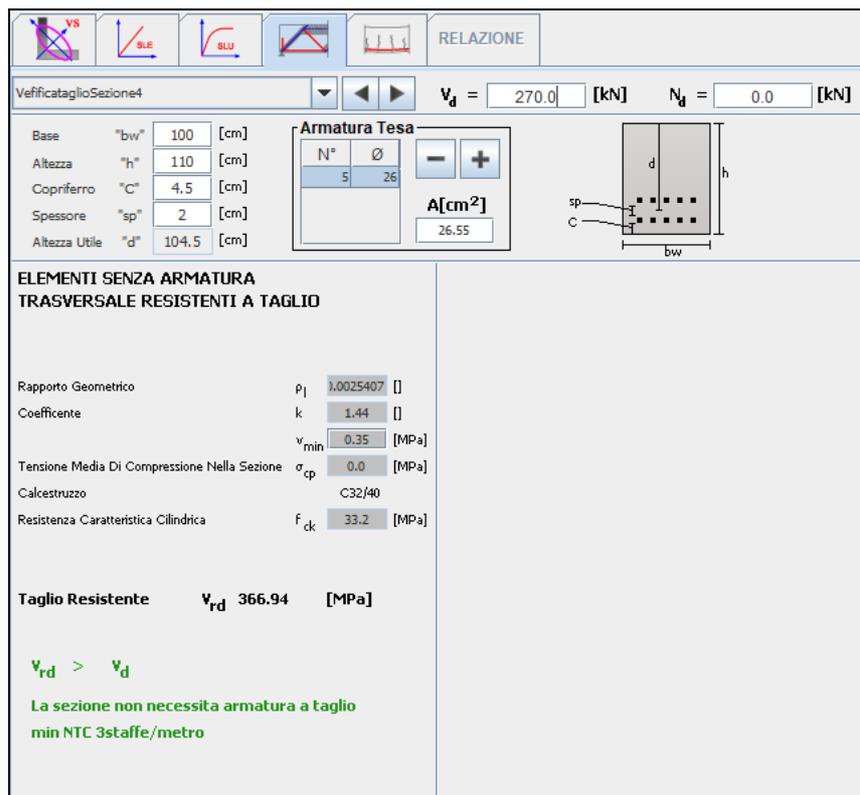
Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

## 14.2 SLU – TAGLIO



**VefficataggioSezione4**  $V_d = 270.0$  [kN]  $N_d = 0.0$  [kN]

Base "bw"	100	[cm]
Altezza "h"	110	[cm]
Copriferro "C"	4.5	[cm]
Spessore "sp"	2	[cm]
Altezza Utile "d"	104.5	[cm]

**Armatura Tesa**

N°	Ø
5	26

**A[cm<sup>2</sup>]**  
26.55

**ELEMENTI SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO**

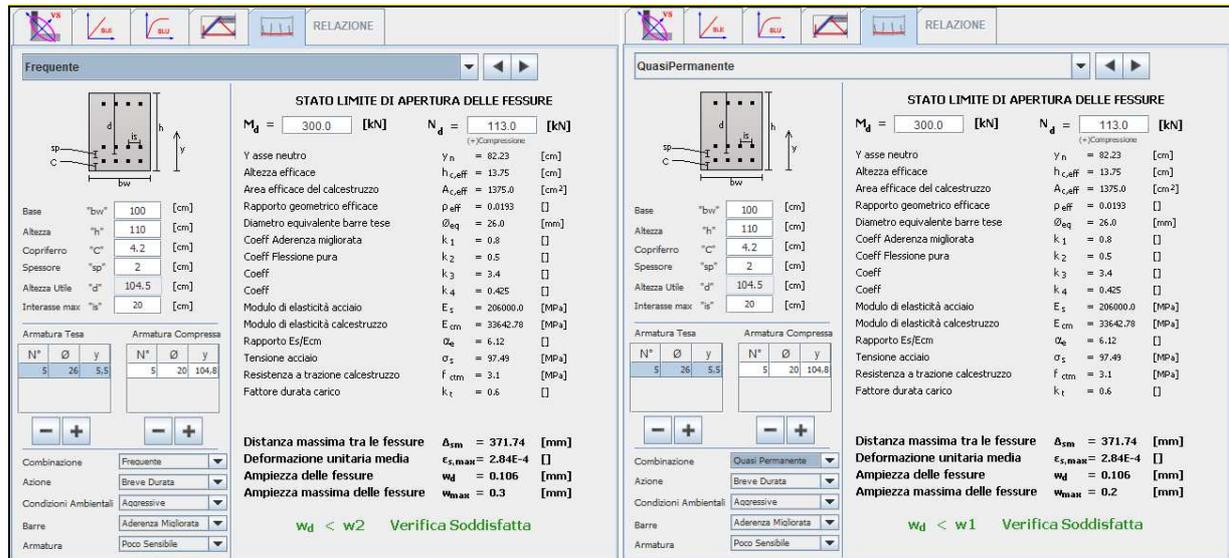
Rapporto Geometrico	$\rho_l$	0.0025407	[ ]
Coefficiente	k	1.44	[ ]
	$v_{min}$	0.35	[MPa]
Tensione Media Di Compressione Nella Sezione	$\sigma_{cp}$	0.0	[MPa]
Calcestruzzo		C32/40	
Resistenza Caratteristica Cilindrica	$f_{ck}$	33.2	[MPa]

**Taglio Resistente**  $V_{rd}$  366.94 [MPa]

$V_{rd} > V_d$

La sezione non necessita armatura a taglio  
min NTC 3staffe/metro

### 14.3 SLE – FESSURAZIONE



## 15 VERIFICHE SEZIONE 5

### 15.1 SLU - FLESSIONE

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione\_5

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	110

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	104.5
2	26.55	5.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>Ed</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm  
M<sub>zEd</sub>  kNm

P.to applicazione N:  Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

Tipo flessione:  Retta  Devia

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

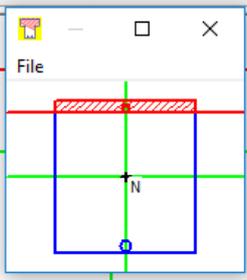
Precompresso

Materiali: B450C C32/40

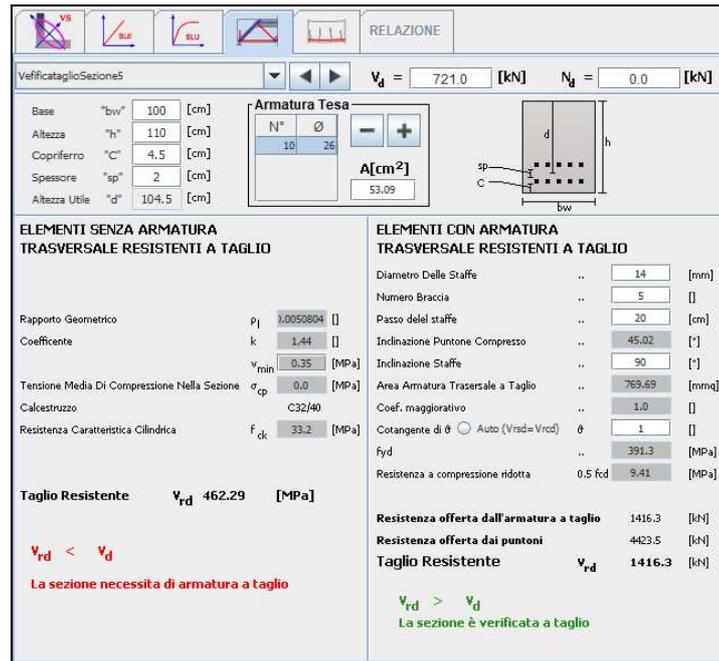
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  N/mm²  
τ<sub>c1</sub>  N/mm²

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ



### 15.2 SLU – TAGLIO



**RELAZIONE**

VeficataglioSezione5

$V_d = 721.0$  [kN]     $N_d = 0.0$  [kN]

Base "bw"	100	[cm]
Altezza "h"	110	[cm]
Copriferro "c"	4.5	[cm]
Spessore "sp"	2	[cm]
Altezza Utile "d"	104.5	[cm]

**Armatura Tesa**

N°	Ø
10	26

A[cm²] = 53.09

**ELEMENTI SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO**

Rapporto Geometrico  $\rho_l = 1.0050804$  []

Coefficiente  $k = 1.44$  []

Tensione Media Di Compressione Nella Sezione  $\sigma_{cp} = 0.0$  [MPa]

Calcestruzzo C32/40

Resistenza Caratteristica Cilindrica  $f_{ck} = 33.2$  [MPa]

**Taglio Resistente**  $V_{rd} = 462.29$  [MPa]

$V_{rd} < V_d$   
La sezione necessita di armatura a taglio

**ELEMENTI CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO**

Diametro Delle Staffe .. 14 [mm]

Numero Braccia .. 5 []

Passo dele staffe .. 20 [cm]

Inclinazione Puntone Compresso .. 45.02 [°]

Inclinazione Staffe .. 90 [°]

Area Armatura Trasversale a Taglio .. 769.69 [mm²]

Coef. maggiorativo .. 1.0 []

Cotangente di  $\theta$  (Auto (Vrzd=Vrzd))  $\theta = 1$  []

$f_{yd}$  .. 391.3 [MPa]

Resistenza a compressione ridotta  $0.5 f_{cd} = 9.41$  [MPa]

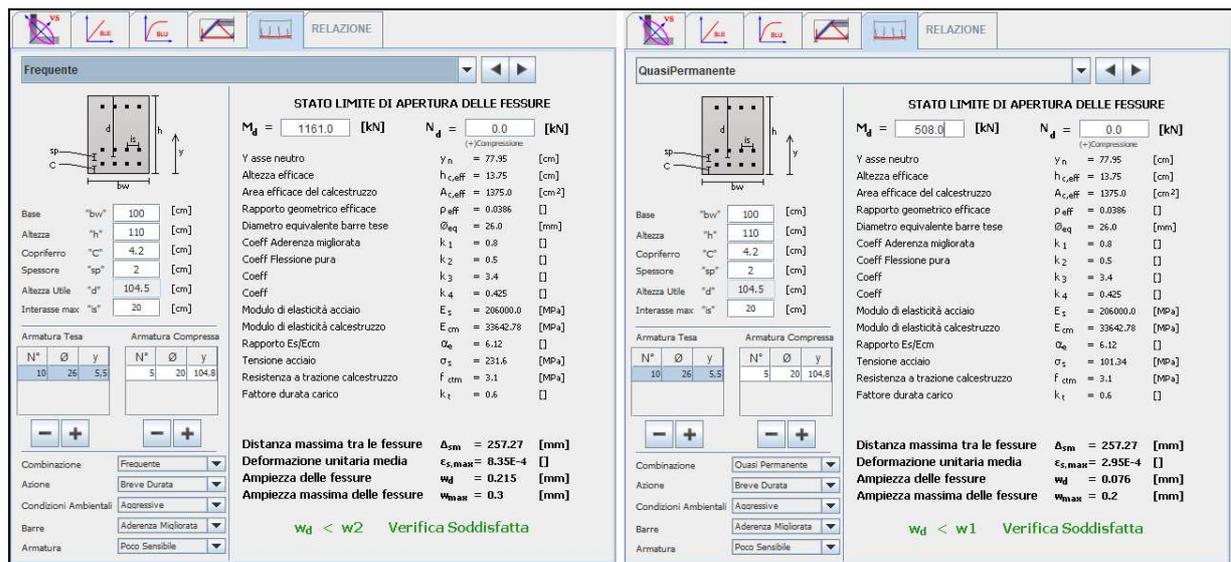
**Resistenza offerta dall'armatura a taglio** 1416.3 [kN]

**Resistenza offerta dai puntoni** 4423.5 [kN]

**Taglio Resistente**  $V_{rd} = 1416.3$  [kN]

$V_{rd} > V_d$   
La sezione è verificata a taglio

### 15.3 SLE – FESSURAZIONE



**RELAZIONE**

**Frequente**

**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 1161.0$  [kN]     $N_d = 0.0$  [kN]

Y asse neutro  $Y_n = 77.95$  [cm]

Altezza efficace  $h_{c,eff} = 13.75$  [cm]

Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1375.0$  [cm²]

Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.0396$  []

Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 26.0$  [mm]

Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []

Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []

Coeff  $k_3 = 3.4$  []

Coeff  $k_4 = 0.425$  []

Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]

Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]

Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []

Tensione acciaio  $\sigma_s = 231.6$  [MPa]

Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]

Fattore durata carico  $k_{ft} = 0.6$  []

**Distanza massima tra le fessure**  $A_{sm} = 257.27$  [mm]

**Deformazione unitaria media**  $\epsilon_{s,max} = 8.35E-4$  []

**Ampiezza delle fessure**  $w_d = 0.215$  [mm]

**Ampiezza massima delle fessure**  $w_{max} = 0.3$  [mm]

$w_d < w_2$  Verifica Soddisfatta

**Quasi Permanente**

**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 508.0$  [kN]     $N_d = 0.0$  [kN]

Y asse neutro  $Y_n = 77.95$  [cm]

Altezza efficace  $h_{c,eff} = 13.75$  [cm]

Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1375.0$  [cm²]

Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.0396$  []

Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 26.0$  [mm]

Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  []

Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  []

Coeff  $k_3 = 3.4$  []

Coeff  $k_4 = 0.425$  []

Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]

Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]

Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  []

Tensione acciaio  $\sigma_s = 101.34$  [MPa]

Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]

Fattore durata carico  $k_{ft} = 0.6$  []

**Distanza massima tra le fessure**  $A_{sm} = 257.27$  [mm]

**Deformazione unitaria media**  $\epsilon_{s,max} = 2.95E-4$  []

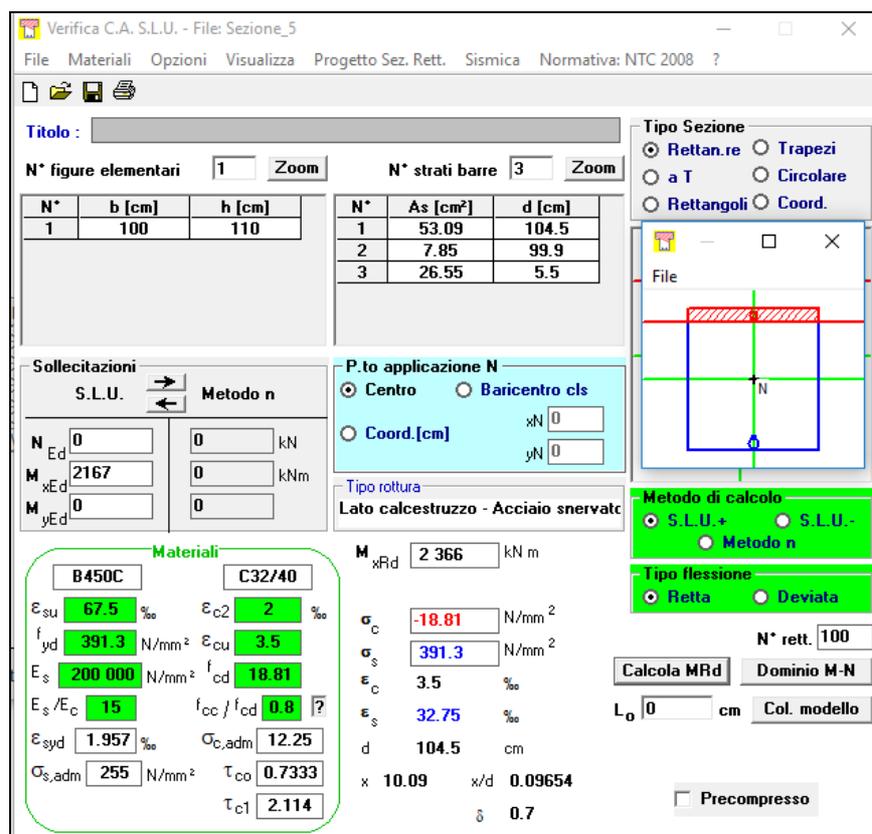
**Ampiezza delle fessure**  $w_d = 0.076$  [mm]

**Ampiezza massima delle fessure**  $w_{max} = 0.2$  [mm]

$w_d < w_1$  Verifica Soddisfatta

## 16 VERIFICHE SEZIONE 6

### 16.1 SLU - FLESSIONE



**Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione\_5**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	53.09	104.5
			2	7.85	99.9
			3	26.55	5.5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C		C32/40	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	18.81
$E_s / E_c$	15	$f_{cc} / f_{cd}$	0.8 ?
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	0.7333
		$\tau_{c1}$	2.114

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Calcoli:**  
M<sub>xRd</sub>  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

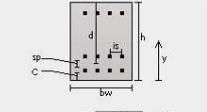
**Parametri:**  
N° rett.   
L<sub>0</sub>  cm Col. modello   
 Precompresso

### 16.2 SLU - TAGLIO

Non viene effettuata verifica essendo la sezione non sollecitata a taglio

### 16.3 SLE – FESSURAZIONE

**Frequente**



**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

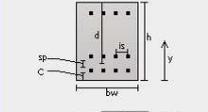
$M_d = 1256.0$  [kN]     $N_d = 0.0$  [kN]  
(+)Compressione

Y asse neutro  $y_n = 76.14$  [cm]  
 Altezza efficace  $h_{c,eff} = 15.25$  [cm]  
 Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1525.0$  [cm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.04$  □  
 Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 25.03$  [mm]  
 Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  □  
 Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  □  
 Coeff  $k_3 = 3.4$  □  
 Coeff  $k_4 = 0.425$  □  
 Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
 Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
 Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  □  
 Tensione acciaio  $\sigma_s = 222.55$  [MPa]  
 Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
 Fattore durata carico  $k_t = 0.6$  □

Distanza massima tra le fessure  $\Delta s_m = 249.28$  [mm]  
 Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 7.99E-4$  □  
 Ampiezza delle fessure  $w_d = 0.199$  [mm]  
 Ampiezza massima delle fessure  $w_{max} = 0.3$  [mm]

$w_d < w_2$  Verifica Soddisfatta

**Quasi Permanente**



**STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE**

$M_d = 531.0$  [kN]     $N_d = 0.0$  [kN]  
(+)Compressione

Y asse neutro  $y_n = 76.14$  [cm]  
 Altezza efficace  $h_{c,eff} = 15.25$  [cm]  
 Area efficace del calcestruzzo  $A_{c,eff} = 1525.0$  [cm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico efficace  $\rho_{eff} = 0.04$  □  
 Diametro equivalente barre tese  $\phi_{eq} = 25.03$  [mm]  
 Coeff Aderenza migliorata  $k_1 = 0.8$  □  
 Coeff Flessione pura  $k_2 = 0.5$  □  
 Coeff  $k_3 = 3.4$  □  
 Coeff  $k_4 = 0.425$  □  
 Modulo di elasticità acciaio  $E_s = 206000.0$  [MPa]  
 Modulo di elasticità calcestruzzo  $E_{cm} = 33642.78$  [MPa]  
 Rapporto Es/Ecm  $\alpha_e = 6.12$  □  
 Tensione acciaio  $\sigma_s = 94.09$  [MPa]  
 Resistenza a trazione calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.1$  [MPa]  
 Fattore durata carico  $k_t = 0.6$  □

Distanza massima tra le fessure  $\Delta s_m = 249.28$  [mm]  
 Deformazione unitaria media  $\epsilon_{s,max} = 2.74E-4$  □  
 Ampiezza delle fessure  $w_d = 0.068$  [mm]  
 Ampiezza massima delle fessure  $w_{max} = 0.2$  [mm]

$w_d < w_1$  Verifica Soddisfatta