

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA**

OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli km 19+461,20

Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

SCALA:

-

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

N M 0 Z 2 0 D 2 6 C L S L 0 6 0 0 0 0 4 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 - DC INFRASTRUTTURE NORD
Dott. Ing. Francesco Borelli
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 23172 Sez. A

File: NM0Z20D26CLSL0600004A

n. Elab.:



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A	FOGLIO 2 di 39
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE GENERALE	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
5	CONDIZIONI GEOTECNICHE	8
6	CRITERI DI VERIFICA	9
6.1	VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI	9
6.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	9
7	MODELLO DI CALCOLO	12
7.1	PROGRAMMA DI CALCOLO	12
7.2	MODELLAZIONE STRUTTURALE	12
7.3	SCHEMA.....	13
8	ANALISI DEI CARICHI	14
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
9	COMBINAZIONI DI CARICO	21
10	SOLLECITAZIONI	24
10.1	STATO LIMITE ULTIMO.....	24
10.2	STATO LIMITE ESERCIZIO	26
10.3	SEZIONI DI PROGETTO.....	27
11	VERIFICHE SEZIONE 1	28
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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A	FOGLIO 3 di 39
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

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

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A	FOGLIO 4 di 39
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

1 PREMESSA

Nell’ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele.

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 SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli km 19+450.

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	5 di 39

2 DESCRIZIONE GENERALE

La presente relazione ha per oggetto la verifica del vasca ri raccolta lato Est dello scatolare SL06.

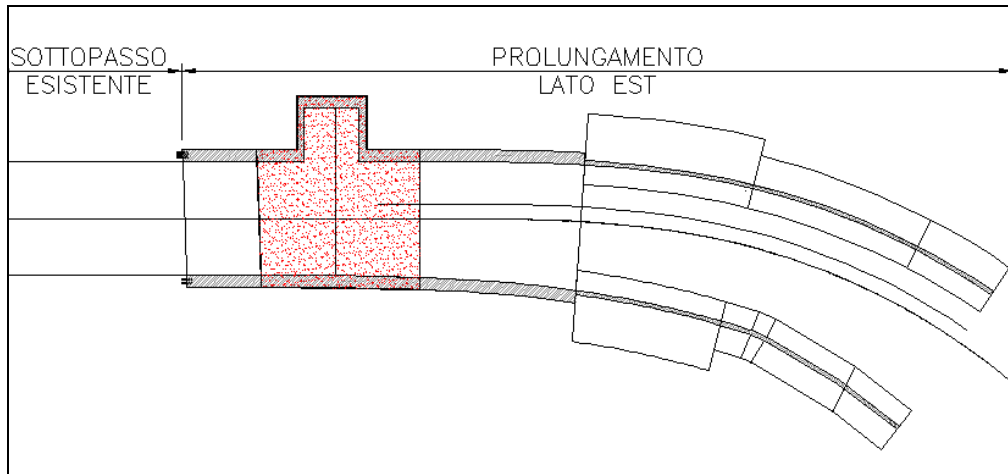


Figura 2 : Planimetria

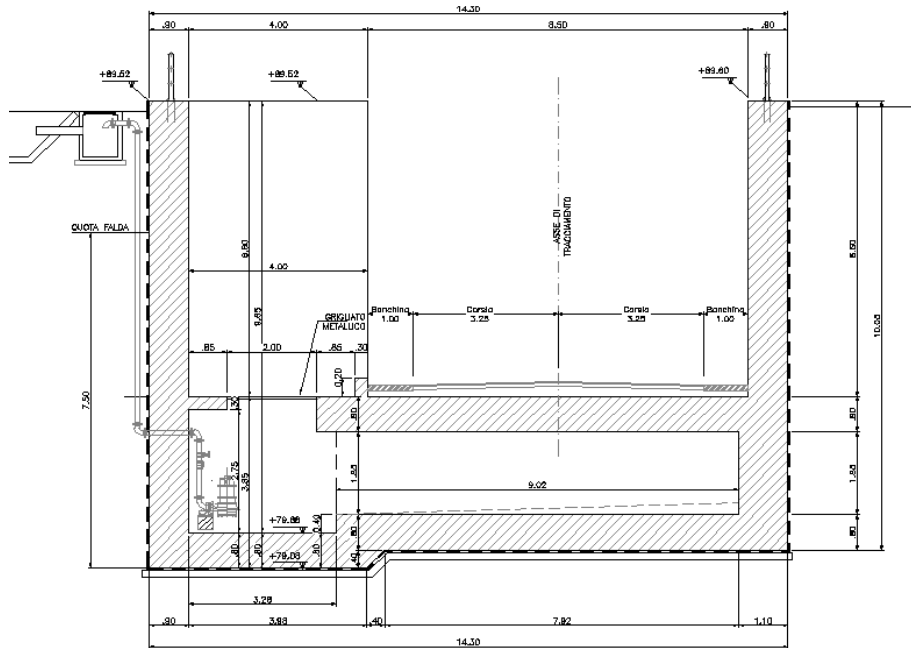


Figura 3: Sezione tipologica

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	α	1.00E-05 [°C ⁻¹]

COEFFICIENTI

γ_c	=	1.5
α_{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

γ_s	=	1.15
------------	---	------

Per il calcestruzzo armato si assume

 γ_{cls} 25 kN/m³



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	7 di 39

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.



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA


SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli
 Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	8 di 39

5 CONDIZIONI GEOTECNICHE

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO
12	S2	da 0 a 3m	S
		da 3m a 5m	Sg
		da 5m a 30m	S

γ_{sat} [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	$\phi' [^\circ]$		$\phi' [^\circ]$ laboratorio	$\phi' [^\circ]$ scelto	E'_{op} [MPa]		V_s [m/s]		categoria terreno	G_0 [MPa]	
		max	min			max	min	max	min		max	min
16	10	27	27		27	12	12	162	162	C	37	37
16	10	30	30		30	18	18	149	149		43	43
16	10	30	29		29	64	16	397	226		260	84

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A

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.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A

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
a	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	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	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).

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A	FOGLIO 11 di 39

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 ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

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

Per il calcolo di ε_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. ε_{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 σ_s tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed E_s è il modulo elastico dell'acciaio.



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	12 di 39

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 e 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 $k_v = 7818 \text{ kN/m}^3$
- Coefficiente orizzontale $k_h = 3808 \text{ kN/m}^3$

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



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A	FOGLIO 13 di 39
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	--------------------

7.3 SCHEMA

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

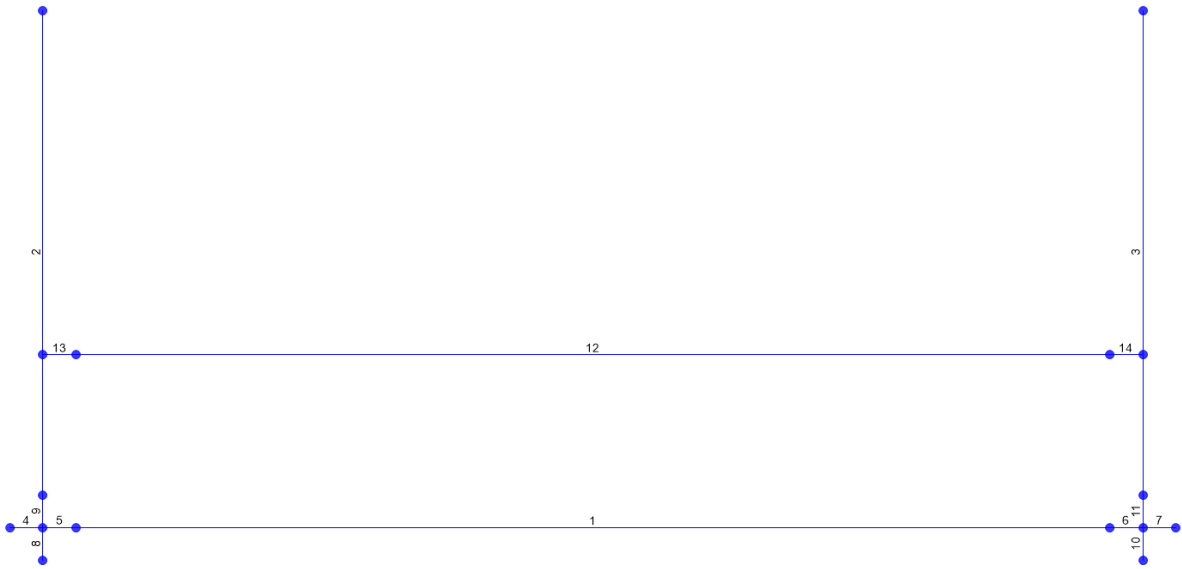


Figure 1 : Schema modello di calcolo

8 ANALISI DEI CARICHI

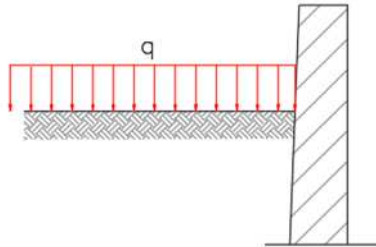
8.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

		D [m ²]		γ [kN/m ³]		[m]		[kN/m]
Solette	PP _{Sl}	1.10	X	25	X	1	=	27.5
Piedritto	PP _{Pi}	1.10	X	25	X	1	=	27.5

8.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI

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

8.3 CARICHI ESTERNI SU TERRAPIENO

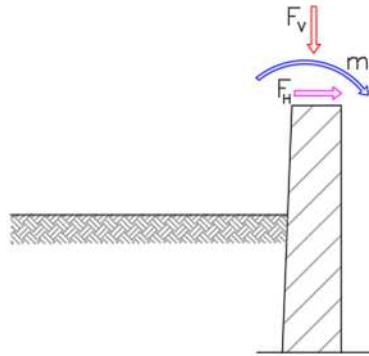


Pressione uniforme permanente su terrapieno	q,P	0	[kN/m/m]
Pressione uniforme variabile su terrapieno	q,v	0	[kN/m/m]

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]

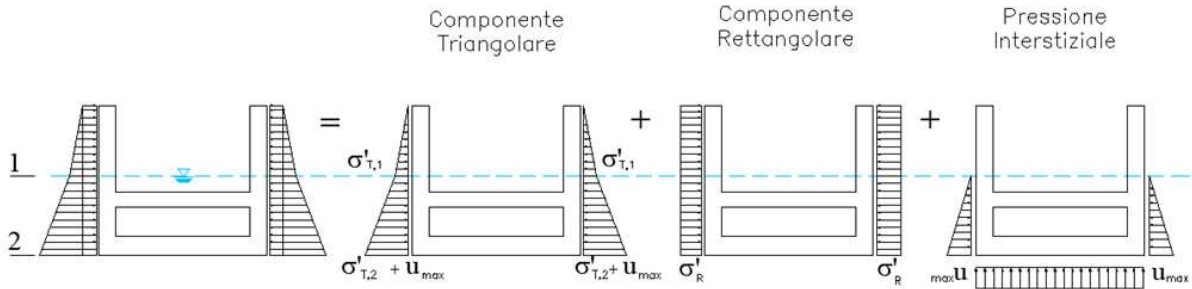
Forza verticale variabile su testa muro

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

Coppia variabile su testa muro

m,v 0 [kNm/m]

8.5 AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO



Pressine interstiziale

$$u_{max} = 75.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Tensioni litostatiche verticali : componente Triangolare

Tensione litostatica verticale efficace in "1" $\sigma'_{T,1} = \gamma_{t2} \times (H_t - H_w) = 40.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Tensione litostatica verticale efficace in "2" $\sigma'_{T,2} = \sigma'_{T,1} + \gamma'_{t2} \times H_w = 85.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	17 di 39

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 78.6 kN/m sulla soletta. La larghezza di diffusione assunta, considerando lo spessore della soletta è di 6.80 m.



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A	FOGLIO 18 di 39
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	--------------------

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	0.765	[m/s ²]
accelerazione orizzontale massima al sito	a_g	0.078	[g]
coefficiente di amplificazione spettrale massima	F_0	2.577	
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	T_C^*	0.291	[s]

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

Categoria di sottosuolo		C	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1.50	
coefficiente di sottosuolo	C_C	1.58	
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	

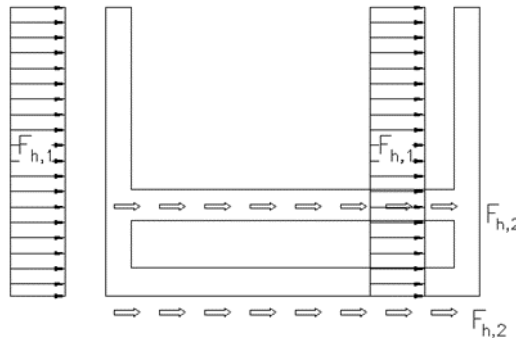
PARAMETRI DI ANALISI

accelerazione orizzontale massima al sito	a_{max}	1.148	[m/s ²]
fattore di struttura	q	1	
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_m	1	
coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.117	
coefficiente sismico verticale	k_v	0.059	

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600004	REV. A	FOGLIO 19 di 39
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	--------------------

Terreno ad elevata permeabilità dinamica		3
Peso specifico "sismico" del terreno	γ^*	6
coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.12
coefficiente sismico verticale	k_v	0.06
	$\theta +$	16.8
	$\theta -$	18.9
	φ'_{M2}	23.9
	δ	0.0
	δ_{M2}	0.0
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della parete del muro rivolta a monte	ψ	90
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie del terrapieno	β	0
coefficiente di spinta sismica M2	K_e	0.78

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 $F_{h1} = (PP_{PI}) \cdot k_h = 2.63 \text{ [kN/m]}$

Forza di inerzia orizzontale inferiore $F_{h2} = (PP_{SI}) \cdot k_h = 2.34 \text{ [kN/m]}$

Sisma

V

Forza di inerzia verticale piedritti $F_{v1} = (PP_{PI}) \cdot k_v = 1.32 \text{ [kN/m]}$

Forza di inerzia verticale Soletta inferiore $F_{v2} = = 1.17 \text{ [kN/m]}$



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	20 di 39

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

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

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

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

γ_s = peso specifico dei grani

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

$$E_{wd} = 0$$

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

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

γ = peso di volume terreno naturale

Spinta statica dell'acqua	E_{ws}	281.25 [kN/m]
Spinta idrodinamica dell'acqua	E_{wd}	38 [kN/m]
Spinta totale del terreno nel caso sismico	$S_{H,sism}$	247 [kN/m]
Spinta totale del terreno nel caso sismico	$E_d = E_{ws} + E_{wd} + S_{H,sism}$	567 [kN/m]



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli
 Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	21 di 39

9 COMBINAZIONI DI CARICO

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

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

Parametro		Coeff.	M1	M2	SLE	SLE
angolo d'attrito	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1	1.25	1	1
coesione	c'_k	$\gamma_{c'}$	1	1.25	1	1
resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{c_u}	1	1.4	1	1
peso unità di volume	γ	γ_{γ}	1	1	1	1

Coefficienti parziali per azione ψ			
CARICHI	ψ_0	ψ_1	ψ_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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli
 Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	22 di 39

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
- $G_{2,ism}$** =
 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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli
 Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	23 di 39

$E_z =$ Forza di inerzia verticale piedritti

Combinazione di verifica

SLU A1-M1	G ₁	G ₂	Q ₁	Q ₂
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 ₁	G ₂	Q ₁	Q ₂
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 ₁	G _{2,sism}	Q ₁	Q ₂	E _x	E _z
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 ₁	G ₂	Q ₁	Q ₂
SLE 1	1.00	1.00	0.00	0.00
SLE 2	1.00	1.00	0.00	0.00

SLR FREQ	G ₁	G ₂	Q ₁	Q ₂
SLE 3	1.00	1.00	0.75	0.00
SLE 4	1.00	1.00	0.00	0.60

SLR RARA	G ₁	G ₂	Q ₁	Q ₂
SLE 5	1.00	1.00	1.00	0.00
SLE 6	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

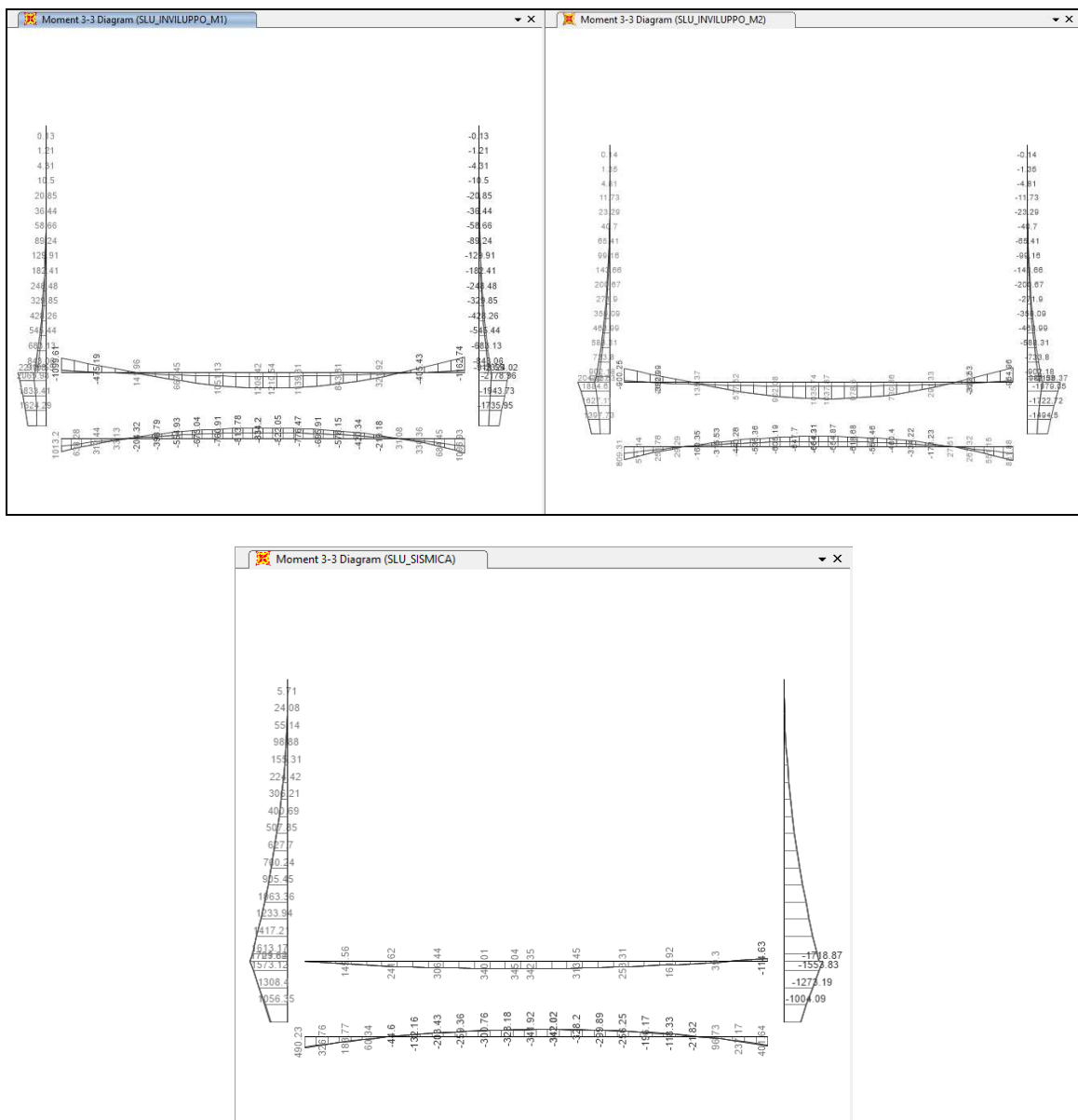


Figura 4: Involuppi Diagrammi Momenti



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	25 di 39

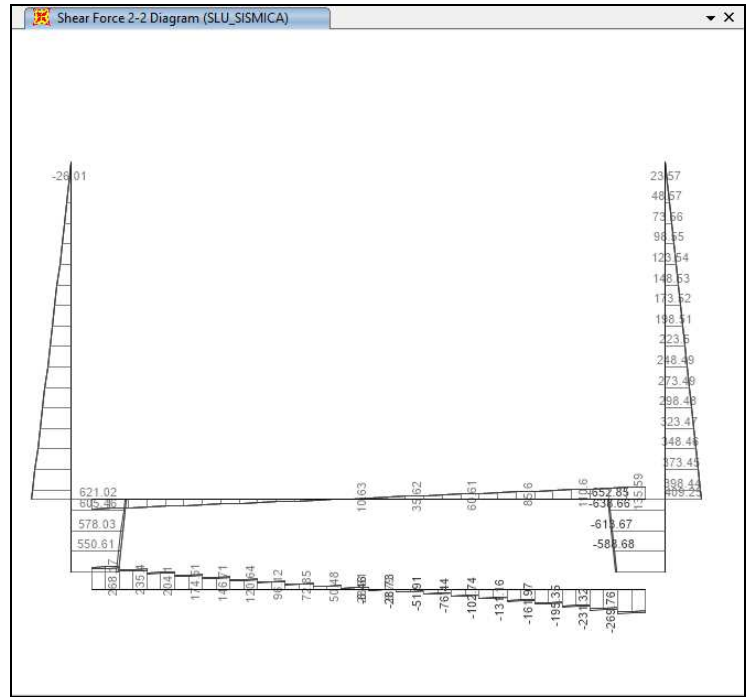
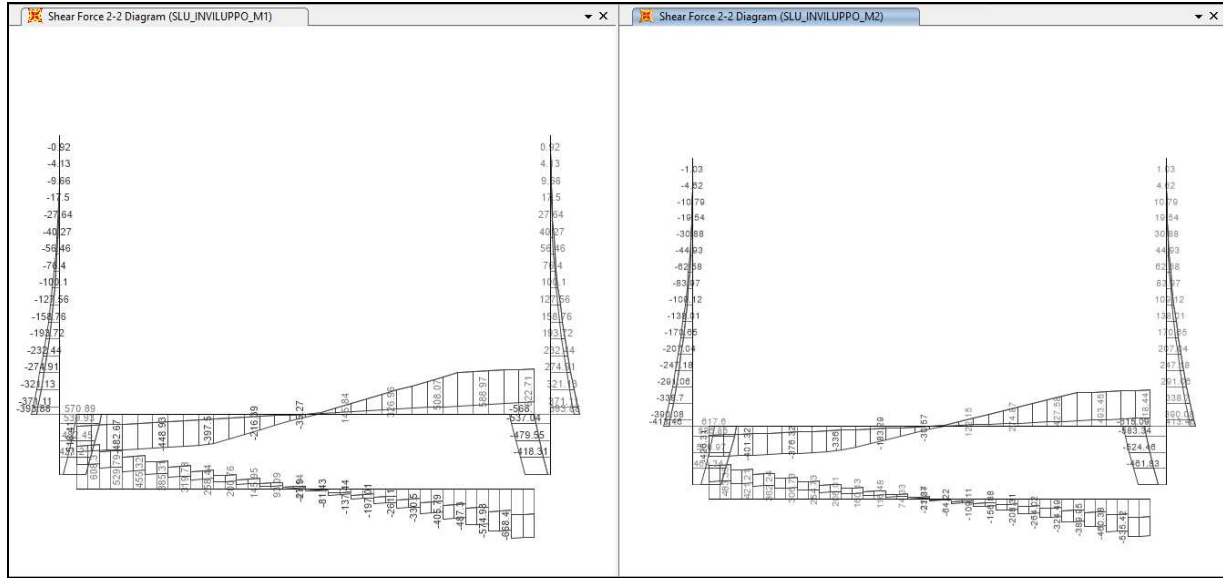


Figura 5: Inviluppi Diagrammi Taglio

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli
Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	26 di 39

10.2 STATO LIMITE ESERCIZIO

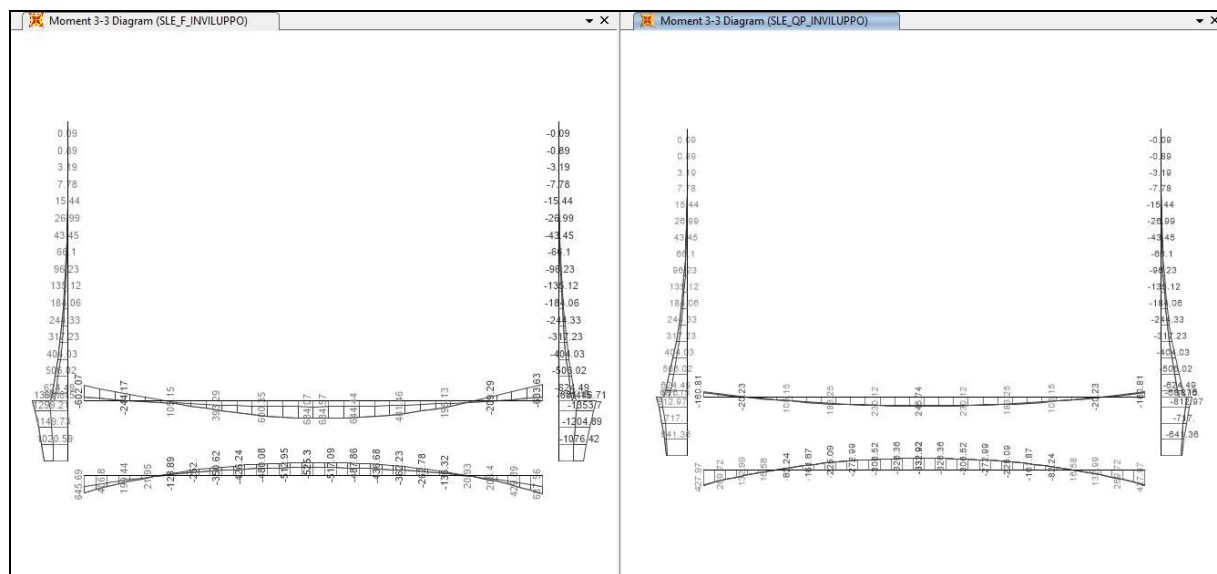


Figura 6: Involuppi Diagramma Momenti

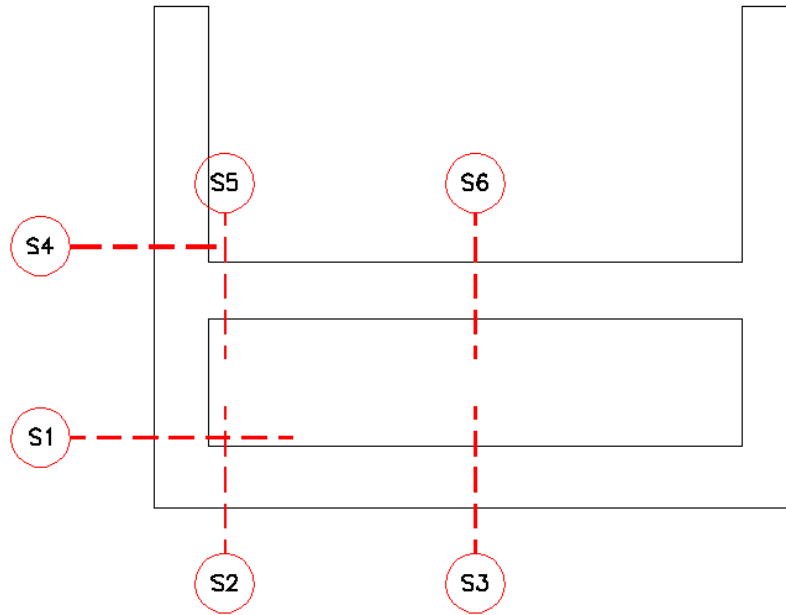


PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli
Relazione di calcolo vasca per impianto di sollevamento acque

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600004	A	27 di 39

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	90	1	53.09	83.7
			2	80.42	78.80
			3	26.55	6.3

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	252	0	kN
M _{xEd}	2213	0	kNm
M _{yEd}	0	0	

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

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

ϵ_{su}	67.5	%	ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	391.3	N/mm²	ϵ_{cu}	3.5	%
E_s	200 000	N/mm²	f_{cd}	18.81	
E_s/E_c	15		f_{cc}/f_{cd}	0.8	?
ϵ_{syd}	1.957	%	$\sigma_{c,adm}$	12.25	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm²	τ_{co}	0.7333	
			τ_{c1}	2.114	

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 3 728 kN m

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 %
 ϵ_s 6.555 %
d 83.7 cm
x 29.14 x/d 0.3481
 δ 0.8751

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

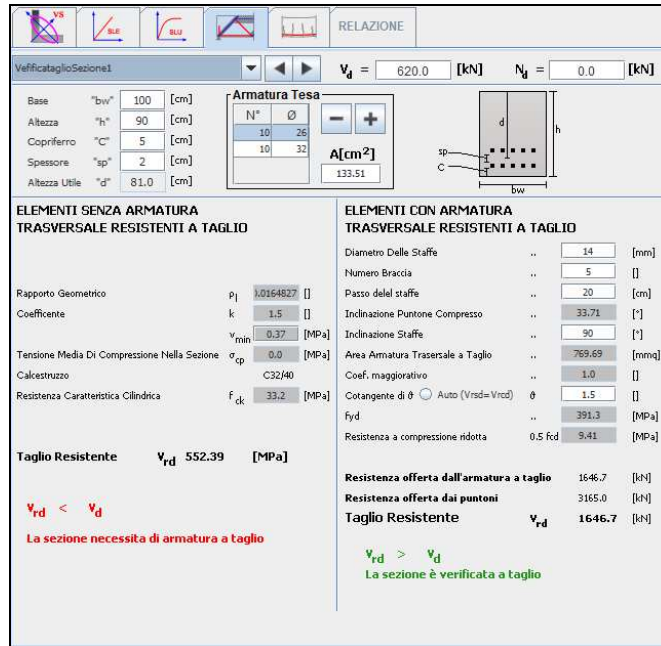
N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

11.2 SLU – TAGLIO



RELAZIONE

VefficcataggioSezione1

$V_d = 620.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN]

Base "bw" 100 [cm]
Altezza "h" 90 [cm]
Copriferro "c" 5 [cm]
Spessore "sp" 2 [cm]
Altezza Utile "d" 81.0 [cm]

Armatura Tesa

N°	Ø
10	26
10	32

A [cm²] 133.51

ELEMENTI SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO

Rapporto Geometrico ρ_1 1.0164827 []
Coefficiente k 1.5 []
 γ_{min} 0.37 [MPa]
Tensione Media Di Compressione Nella Sezione σ_{sp} 0.0 [MPa]
Calcestruzzo C32/40
Resistenza Caratteristica Cilindrica f_{ck} 33.2 [MPa]

Taglio Resistente V_{rd} 552.39 [MPa]

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

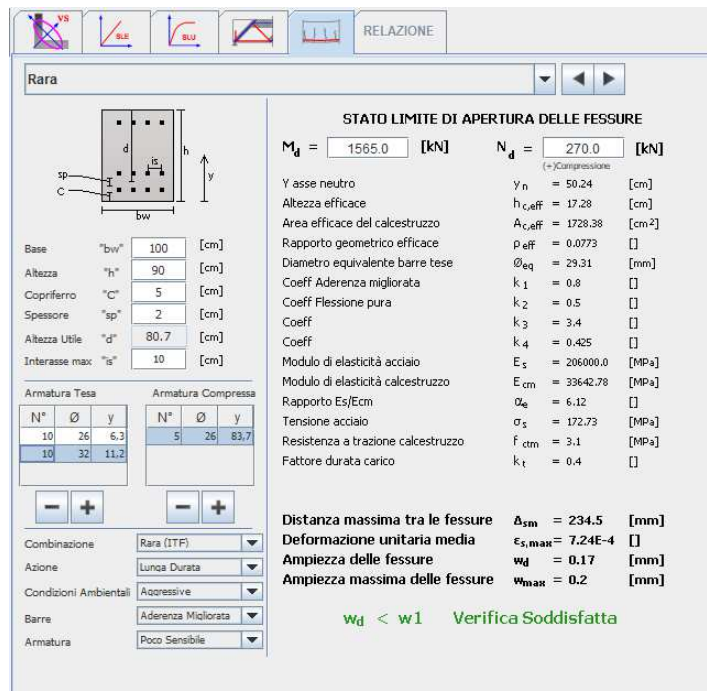
ELEMENTI CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO

Diametro Delle Staffe .. 14 [mm]
Numero Braccia .. 5 []
Passo delle staffe .. 20 [cm]
Inclinazione Puntone Compresso .. 33.71 [°]
Inclinazione Staffe .. 90 [°]
Area Armatura Trasversale a Taglio .. 789.69 [mm²]
Coef. maggiorativo .. 1.0 []
Cotangente di θ Auto ($V_{rd} = V_{rdc}$) θ 1.5 []
 f_{yd} .. 391.3 [MPa]
Resistenza a compressione ridotta 0.5 f_{cd} 9.41 [MPa]

Resistenza offerta dall'armatura a taglio 1646.7 [kN]
Resistenza offerta dai puntoni 3165.0 [kN]
Taglio Resistente V_{rd} 1646.7 [kN]

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

11.3 SLE – FESSURAZIONE



RELAZIONE

Rara

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

$M_d = 1565.0$ [kN] $N_d = 270.0$ [kN] (+)Compressione

Y asse neutro $y_n = 50.24$ [cm]
Altezza efficace $h_{c,eff} = 17.28$ [cm]
Area efficace del calcestruzzo $A_{c,eff} = 1728.38$ [cm²]
Rapporto geometrico efficace $\rho_{eff} = 0.0773$ []
Diametro equivalente barre tese $\phi_{eq} = 29.31$ [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 E_s/E_{cm} $\sigma_s = 172.73$ [MPa]
Tensione acciaio $f_{ctm} = 3.1$ [MPa]
Resistenza a trazione calcestruzzo $k_t = 0.4$ []
Fattore durata carico

Distanza massima tra le fessure $\Delta_{sm} = 234.5$ [mm]
Deformazione unitaria media $\epsilon_{s,max} = 7.24E-4$ []
Ampiezza delle fessure $w_d = 0.17$ [mm]
Ampiezza massima delle fessure $w_{max} = 0.2$ [mm]

$w_d < w_1$ Verifica Soddisfatta

Base "bw" 100 [cm]
Altezza "h" 90 [cm]
Copriferro "c" 5 [cm]
Spessore "sp" 2 [cm]
Altezza Utile "d" 80.7 [cm]
Interasse max "s" 10 [cm]

Armatura Tesa

N°	Ø	y
10	26	6.3
10	32	11.2

Armatura Compresa

N°	Ø	y
5	26	83.7

Combinazione Rara (ITF)
Azione Lunca Durata
Condizioni Ambientali Aggressive
Barre Aderenza Migliorata
Armatura Pozzo Sensibile

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]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	73.7
2	26.55	69.10
3	26.55	6.3

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

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

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
L₀ cm Col. modello
 Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200 000 N/mm²	f _{cd}	18.81
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	12.25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.7333
		τ _{c1}	2.114

M_{xRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

12.2 SLU – TAGLIO

RELAZIONE

VelicataggioSezione2 $V_d = 670.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN]

Base "bw"	100	[cm]
Altezza "h"	80	[cm]
Copriferro "c"	5	[cm]
Spessore "sp"	2	[cm]
Altezza Utile "d"	72.5	[cm]

Armatura Tesa

N°	Ø	A [cm²]
10	26	79.64
5	26	

ELEMENTI SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO

Rapporto Geometrico $p_l = 0.0109848$ []
Coefficiente $k = 1.53$ []
 $v_{min} = 0.38$ [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 $V_{rd} = 440.05$ [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 .. 40 [cm]
Inclinazione Puntone Compresso .. 33.71 [°]
Inclinazione Staffe .. 90 [°]
Area Armatura Trasversale a Taglio .. 769.69 [mm²]
Coef. maggiorativo .. 1.0 []
Cotangente di θ $\theta = 1.5$ []
 $f_{yd} = 391.3$ [MPa]
Resistenza a compressione ridotta $0.5 f_{cd} = 9.41$ [MPa]

Resistenza offerta dall'armatura a taglio 736.9 [kN]
Resistenza offerta dai puntoni 2832.9 [kN]
Taglio Resistente $V_{rd} = 736.9$ [kN]

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

12.3 SLE – FESSURAZIONE

RELAZIONE

Rara

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

$M_d = 774.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN]

Y asse neutro $y_n = 50.89$ [cm]
Altezza efficace $h_{c,eff} = 16.96$ [cm]
Area efficace del calcestruzzo $A_{c,eff} = 1696.46$ [cm²]
Rapporto geometrico efficace $\rho_{eff} = 0.0469$ []
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 $\sigma_s = 159.32$ [MPa]
Resistenza a trazione calcestruzzo $f_{ctm} = 3.1$ [MPa]
Fattore durata carico $k_{ft} = 0.4$ []

Distanza massima tra le fessure $\Delta_{sm} = 264.15$ [mm]
Deformazione unitaria media $\epsilon_{s,max} = 6.08E-4$ []
Ampiezza delle fessure $w_d = 0.161$ [mm]
Ampiezza massima delle fessure $w_{max} = 0.2$ [mm]

$w_d < w_1$ Verifica Soddisfatta

Base "bw" 100 [cm]
Altezza "h" 80 [cm]
Copriferro "c" 5 [cm]
Spessore "sp" 2 [cm]
Altezza Utile "d" 72.2 [cm]
Interasse max "s" 10 [cm]

Armatura Tesa

N°	Ø	y
10	26	6.3
5	26	10.9

Armatura Compressa

N°	Ø	y
5	26	73.7

Combinazione Rara (ITF)
Azione Lunca Durata
Condizioni Ambientali Aggressive
Barre Aderenza Migliorata
Armatura Poco Sensibile

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	80	1	53.09	73.7
			2	26.55	6.3

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} kNm

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviate

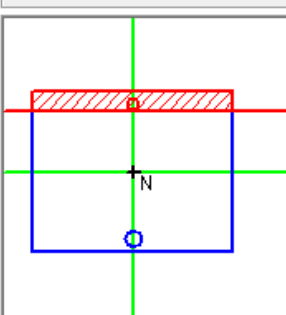
N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N
 L_o cm Col. modello

Precompresso

Materiali
B450C **C32/40**
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ



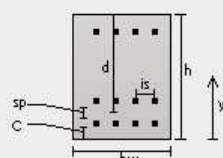
13.2 SLU – TAGLIO

Non viene effettuata verifica essendo la sezione non sollecitata a taglio

13.3 SLE – FESSURAZIONE

RELAZIONE

Rara



STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

$M_d = 590.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN]
(+)Compressione

Y asse neutro $y_n = 50.89$ [cm]
 Altezza efficace $h_{c,eff} = 16.96$ [cm]
 Area efficace del calcestruzzo $A_{c,eff} = 1696.46$ [cm²]
 Rapporto geometrico efficace $\rho_{eff} = 0.0469$ []
 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 $\sigma_s = 121.44$ [MPa]
 Resistenza a trazione calcestruzzo $f_{ctm} = 3.1$ [MPa]
 Fattore durata carico $k_t = 0.4$ []

Distanza massima tra le fessure $\Delta_{sm} = 264.15$ [mm]
Deformazione unitaria media $\epsilon_{s,max} = 4.25E-4$ []
Ampiezza delle fessure $w_d = 0.112$ [mm]
Ampiezza massima delle fessure $w_{max} = 0.2$ [mm]

$w_d < w_1$ Verifica Soddisfatta

Armatura Tesa			Armatura Compressa		
N°	Ø	y	N°	Ø	y
10	26	6,3	5	26	73,7

Combinazione: Rara (ITF) ▼

Azione: Lunga Durata ▼

Condizioni Ambientali: Aggressive ▼

Barre: Aderenza Migliorata ▼

Armatura: Poco Sensibile ▼

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	90	1	53.09	83.70
			2	26.55	6.3

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

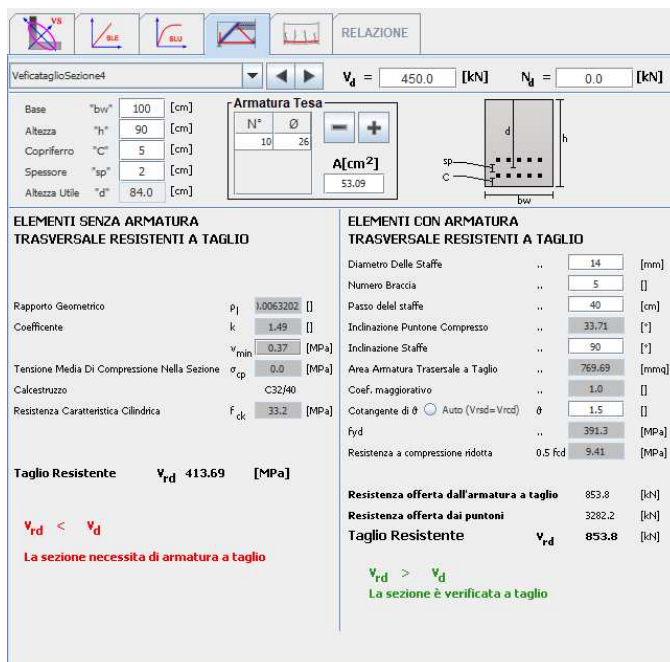
Materiali

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

14.2 SLU – TAGLIO



RELAZIONE

VeficataggioSezione4 $V_d = 450.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN]

Base "bw" 100 [cm]
Altezza "h" 90 [cm]
Copriferro "c" 5 [cm]
Spessore "sp" 2 [cm]
Altezza Utile "d" 84.0 [cm]

Armatura Tesa
N° 10 Ø 26
A[cm²] 53.09

ELEMENTI SENZA ARMATURA
TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO

Rapporto Geometrico ρ_l 0.0063202 []
Coefficiente k 1.49 []
 v_{min} 0.37 [MPa]
Tensione Media Di Compressione Nella Sezione σ_{cp} 0.0 [MPa]
Calcestruzzo C32/40
Resistenza Caratteristica Cilindrica f_{ck} 33.2 [MPa]

ELEMENTI CON ARMATURA
TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO

Diametro Dalle Staffe .. 14 [mm]
Numero Braccia .. 5 []
Passo delle staffe .. 40 [cm]
Inclinazione Puntone Compresso .. 33.71 [°]
Inclinazione Staffe .. 90 [°]
Area Armatura Trasversale a Taglio .. 769.69 [mm²]
Coef. maggiorativo .. 1.0 []
Cotangente di θ Auto (Vrd=Vrdd) θ 1.5 []
 f_{yd} .. 391.3 [MPa]
Resistenza a compressione ridotta $0.5 f_{cd}$ 9.41 [MPa]

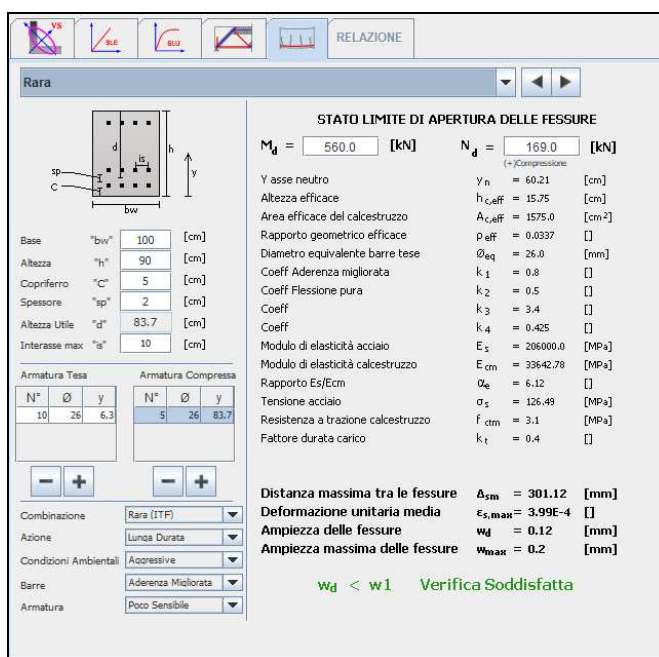
Taglio Resistente V_{rd} 413.69 [MPa]

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

Resistenza offerta dall'armatura a taglio 853.8 [kN]
Resistenza offerta dai puntoni 3282.2 [kN]
Taglio Resistente V_{rd} 853.8 [kN]

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

14.3 SLE – FESSURAZIONE



RELAZIONE

Rara

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

$M_d = 560.0$ [kN] $N_d = 169.0$ [kN]
(=)Compressione

Y asse neutro $y_n = 60.21$ [cm]
Altezza efficace $h_{c,eff} = 15.75$ [cm]
Area efficace del calcestruzzo $A_{c,eff} = 1575.0$ [cm²]
Rapporto geometrico efficace $\rho_{eff} = 0.0337$ []
Diametro equivalente barre tese $\phi_{eq} = 26.0$ [mm]
Coef. Aderenza migliorata $k_1 = 0.8$ []
Coef. Flessione pura $k_2 = 0.5$ []
Coef. $k_3 = 3.4$ []
Coef. $k_4 = 0.425$ []
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 $\sigma_s = 126.49$ [MPa]
Resistenza a trazione calcestruzzo $f_{ctm} = 3.1$ [MPa]
Fattore durata carico $k_{rt} = 0.4$ []

Distanza massima tra le fessure $\Delta_{sm} = 301.12$ [mm]
Deformazione unitaria media $\epsilon_{s,max} = 3.99E-4$ []
Ampiezza delle fessure $w_d = 0.12$ [mm]
Ampiezza massima delle fessure $w_{max} = 0.2$ [mm]

$w_d < w_1$ Verifica Soddisfatta

Base "bw" 100 [cm]
Altezza "h" 90 [cm]
Copriferro "c" 5 [cm]
Spessore "sp" 2 [cm]
Altezza Utile "d" 83.7 [cm]
Interasse max "s" 10 [cm]

Armatura Tesa
N° 10 Ø 26 y 6.3
Armatura Compressa
N° 5 Ø 26 y 83.7

Combinazione Rara (ITF)
Azione Lunga Durata
Condizioni Ambientali Aggressive
Barre Aderenza Migliorata
Armatura Poco Sensibile

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	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	73.70
2	26.55	69.10
3	26.55	6.3

Tipologia sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M _{xEd}	<input type="text" value="1162"/>	<input type="text" value="0"/>	kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

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

L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd}	<input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ε _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s	<input type="text" value="200 000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="18.81"/> N/mm²
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.957"/> ‰	σ _{c,adm}	<input type="text" value="12.25"/> N/mm²
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.7333"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="2.114"/>

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

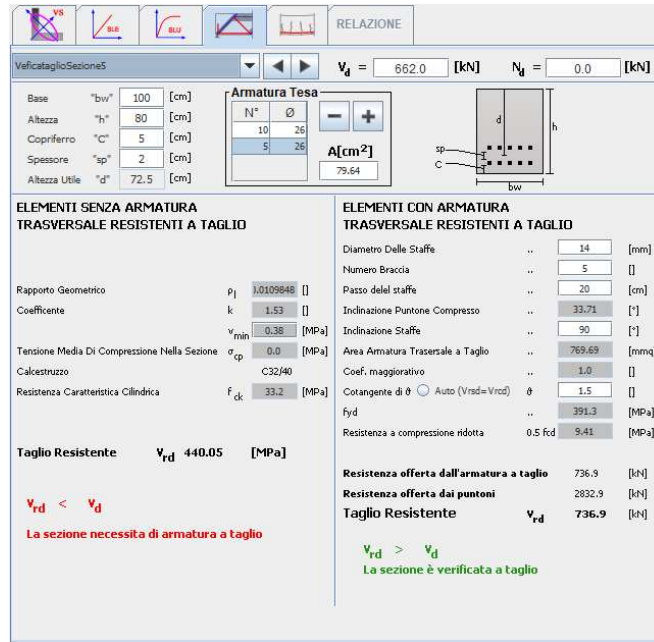
ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

15.2 SLU – TAGLIO



RELAZIONE

VerificataggioSezione5 $V_d = 662.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN]

Base "bw"	100	[cm]
Altezza "h"	80	[cm]
Copriferro "c"	5	[cm]
Spessore "sp"	2	[cm]
Altezza Utile "d"	72.5	[cm]

Armatura Tesa

N°	Ø	A [cm²]
10	26	5.14
5	26	79.64

ELEMENTI SENZA ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO

Rapporto Geometrico $p_j = 1.0109848$ []
Coefficiente $k = 1.53$ []
 $v_{min} = 0.38$ [MPa]
Tensione Media Di Compressione Nella Sezione $\sigma_{cp} = 0.0$ [MPa]
Calcestruzzo C32/40
Resistenza Caratteristica Cilindrica $f_{ck} = 33.2$ [MPa]

ELEMENTI CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTI A TAGLIO

Diametro Delle Staffe ... 14 [mm]
Numero Braccia ... 5 []
Passo delle staffe ... 20 [cm]
Inclinazione Puntone Compresso ... 33.71 [°]
Inclinazione Staffe ... 90 [°]
Area Armatura Trasversale a Taglio ... 769.69 [mm²]
Coef. maggiorativo ... 1.0 []
Cotangente di θ Auto ($V_{rd} = V_{rwd}$) $\theta = 1.5$ []
 $f_{yd} = 391.3$ [MPa]
Resistenza a compressione ridotta $0.5 f_{cd} = 9.41$ [MPa]

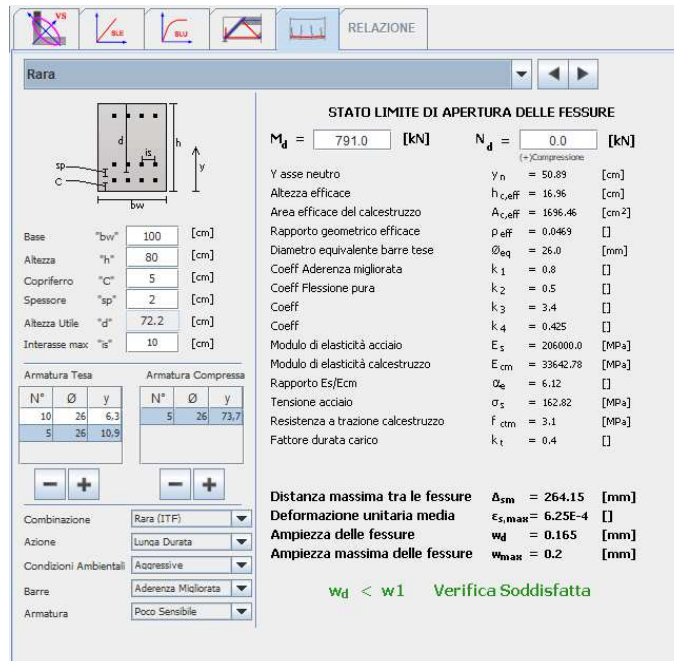
Taglio Resistente $V_{rd} = 440.05$ [MPa]

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

Resistenza offerta dall'armatura a taglio 736.9 [kN]
Resistenza offerta dai puntoni 2832.9 [kN]
Taglio Resistente $V_{rd} = 736.9$ [kN]

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

15.3 SLE – FESSURAZIONE



RELAZIONE

Rara

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

$M_d = 791.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN] (=)Compressione

Y asse neutro $y_n = 50.89$ [cm]
Altezza efficace $h_{c,eff} = 16.96$ [cm]
Area efficace del calcestruzzo $A_{c,eff} = 1696.46$ [cm²]
Rapporto geometrico efficace $\rho_{eff} = 0.0469$ []
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 $E_s/E_{cm} = 6.12$ []
Tensione acciaio $\sigma_s = 162.82$ [MPa]
Resistenza a trazione calcestruzzo $f_{ctm} = 3.1$ [MPa]
Fattore durata carico $k_{ft} = 0.4$ []

Distanza massima tra le fessure $\Delta s_m = 264.15$ [mm]
Deformazione unitaria media $\epsilon_{s,max} = 6.25E-4$ []
Ampiezza delle fessure $w_d = 0.165$ [mm]
Ampiezza massima delle fessure $w_{max} = 0.2$ [mm]

$w_d < w_l$ Verifica Soddisfatta

16 VERIFICHE SEZIONE 6

16.1 SLU – FLESSIONE

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione_6

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	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	73.70
2	26.55	69.10
3	26.55	6.3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kNm

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Materiali B450C C32/40

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
τ_{c1} ‰

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.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
 Precompresso

16.2 SLU – TAGLIO

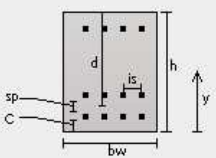
Non viene effettuata verifica essendo la sezione non sollecitata a taglio

16.3 SLE – FESSURAZIONE

RELAZIONE

Rara



Base	"bw"	100	[cm]
Altezza	"h"	80	[cm]
Copriferro	"C"	5	[cm]
Spessore	"sp"	2	[cm]
Altezza Utile	"d"	72.2	[cm]
Interasse max	"is"	10	[cm]

Armatura Tesa			Armatura Compressa		
N°	Ø	y	N°	Ø	y
10	26	6,3	5	26	73,7
5	26	10,9			

STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

$M_d = 832.0$ [kN] $N_d = 0.0$ [kN]
(+ Compressione)

Y asse neutro	$y_n = 50.89$ [cm]
Altezza efficace	$h_{c,eff} = 16.96$ [cm]
Area efficace del calcestruzzo	$A_{c,eff} = 1696.46$ [cm ²]
Rapporto geometrico efficace	$\rho_{eff} = 0.0469$ []
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	$\sigma_s = 171.26$ [MPa]
Resistenza a trazione calcestruzzo	$f_{ctm} = 3.1$ [MPa]
Fattore durata carico	$k_t = 0.4$ []

Distanza massima tra le fessure $\Delta_{sm} = 264.15$ [mm]
Deformazione unitaria media $\epsilon_{s,max} = 6.66E-4$ []
Ampiezza delle fessure $w_d = 0.176$ [mm]
Ampiezza massima delle fessure $w_{max} = 0.2$ [mm]

$w_d < w_1$ Verifica Soddisfatta

Combinazione: Rara (ITF) ▾
 Azione: Lunca Durata ▾
 Condizioni Ambientali: Aggressive ▾
 Barre: Aderenza Migliorata ▾
 Armatura: Poco Sensibile ▾