

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Rampa Sud Cavalcaferrovia SP 152 Linea III Valico - tratto 0**

**Relazione Di Calcolo Tombino Alla Pr. 0+425**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. N. Meistro	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 4	E	C V	C L	I R 1 J 0 X	1 0 1	A

Progettazione:

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	COCIV	24/07/2019	COCIV	24/07/2019	A.Mancarella 	24/07/2019	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n.Elabor.: _____	File: IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00
------------------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425

## INDICE

INDICE.....	2
INDICE FIGURE .....	3
INDICE TABELLE .....	4
1. INTRODUZIONE .....	5
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
2.1. Norma tecnica.....	6
2.2. Documenti di carattere generale e linee guida .....	6
2.3. Analisi sismica .....	6
2.4. Caratterizzazione geotecnica .....	7
2.5. Strutture in cemento armato .....	7
2.6. Strutture in acciaio .....	7
2.7. Normative sui materiali .....	7
3. METODI DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	8
4. CRITERI DI VERIFICA.....	8
5. MATERIALI .....	8
5.1. Calcestruzzo .....	8
5.1. Acciaio da CA .....	9
5.2. Durabilità delle opere in calcestruzzo armato.....	10
6. PROFILO STRATIGRAFICO E STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	11
6.1. Contesto geologico .....	11
6.2. Contesto idrogeologico .....	12
6.3. Indagini in sito considerate .....	15
6.4. Stratigrafia nella zona di realizzazione delle opere .....	15
6.5. Livello piezometrico .....	16
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	17
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	21
9. MODELLO FEM .....	22
9.1. ANALISI DEI CARICHI .....	23
9.2. COMBINAZIONI DI CARICO.....	24
9.3. RISULTATI DELL'ANALISI.....	25
10. VERIFICHE .....	34

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 3 di 41

## INDICE FIGURE

Figura 1 - Profilo geologico in prossimità della rampa sud del cavalcaferrovia (IV14) con indicazioni dei sondaggi ed indicazione dei valori di permeabilità (i valori di permeabilità sono espressi in m/s). .....	13
Figura 2 - Grafico dei risultati delle prove di permeabilità eseguite in prossimità dell'area di realizzazione della rampa sud del cavalcaferrovia IV14. ....	14
Figura 8.1 – Parametri sismici.....	21
Figura 9.1 – Modello beam in linea d’asse. ....	22
Figura 9.2 – Modello beam in vista solida.....	23
Figura 9.3 – SLE_rara: inviluppo max azione assiale.....	25
Figura 9.4 – SLE_rara: inviluppo min azione assiale.....	25
Figura 9.5 – SLE_rara: inviluppo max momento flettente.....	26
Figura 9.6 – SLE_rara: inviluppo min momento flettente.....	26
Figura 9.7 – SLE_rara: inviluppo max taglio. ....	27
Figura 9.8 – SLE_rara: inviluppo min taglio. ....	27
Figura 9.9 – SLU: inviluppo max azione assiale.....	28
Figura 9.10 – SLU: inviluppo min azione assiale. ....	28
Figura 9.11 – SLU: inviluppo max momento flettente. ....	29
Figura 9.12 – SLU: inviluppo min momento flettente. ....	29
Figura 9.13 – SLU: inviluppo max taglio. ....	30
Figura 9.14 – SLU: inviluppo min taglio. ....	30
Figura 9.15 – SLV: inviluppo max azione assiale. ....	31
Figura 9.16 – SLV: inviluppo min azione assiale. ....	31
Figura 9.17 – SLV: inviluppo max momento flettente. ....	32
Figura 9.18 – SLV: inviluppo min momento flettente. ....	32
Figura 9.19 – SLV: inviluppo max taglio. ....	33
Figura 9.20 – SLV: inviluppo min taglio. ....	33
Figura 10.1 – Sezioni di verifica. ....	34

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 4 di 41

## INDICE TABELLE

Tabella 5.1 – Descrizione delle condizioni ambientali. ....	10
Tabella -1. Sondaggi nell'area di realizzazione della rampa. ....	15
Tabella -2. Dettaglio risultanze delle prove SPT in foro nell'area della rampa. ....	16
Tabella -3. Stratigrafia di progetto per l'area in esame. ....	16
Tabella -1. Dettaglio risultanze delle prove di laboratorio nell'area della rampa. ....	17
Tabella-2. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della rampa. Interpretazione SPT sondaggio SI3 presente nell'area. ....	18
Tabella-3. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della rampa sud. ....	20
Tabella 9.1 – Coefficienti parziali per le azioni (DM 2008). ....	24

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425	Foglio 5 di 41

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo costituisce parte integrante del Progetto Esecutivo finalizzato alla costruzione delle opere connesse alla nuova tratta AV / AC appartenente all'insieme delle infrastrutture ferroviarie strategiche definite dalla legge obiettivo n.443/01 e denominata "Terzo Valico dei Giovi".

Per maggiori dettagli relativi alla configurazione generale della tratta si rimanda a quanto contenuto negli elaborati grafici specifici.

La finalità di questa nota è quella di presentare in maniera quanto più possibile chiara ed esaustiva i calcoli condotti per la verifica del tombino scatolare posto alla progressiva pk 0+425.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 6 di 41

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In accordo a quanto prescritto dall'art.21 della Legge 5 novembre 1971 n.1086 (G.U. n.321 del 21.12.1971) per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, nonché all'art.1 della Legge 2 febbraio 1974 n.64 (G.U. n.76 del 21.03.1974), il calcolo e la verifica delle strutture è coerente con le normative, raccomandazioni e linee guida di seguito elencate.

Nello specifico si fa esplicito riferimento al D.M. 14/01/2008, integrandolo, ove necessario, con gli Eurocodici le più accreditate normative internazionali.

### 2.1. Norma tecnica

**D.M. 14/01/2008:** "Norme tecniche per le costruzioni";

**Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009:** "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008";

### 2.2. Documenti di carattere generale e linee guida

**Istruzione C.N.R. 10024/86:** "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo";

### 2.3. Analisi sismica

**O.P.C.M. 3431 del 03.05.2005:** "Ulteriori modifiche ed integrazioni **all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003** recante – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del Territorio Nazionale e di Normative Tecniche per le costruzioni in zona sismica";

**D.g.r. 07/11/2003 – n7/14964** "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

**UNI EN 1998-1 2005:** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici";

**UNI EN 1998-5 2005:** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 7 di 41

## 2.4. Caratterizzazione geotecnica

**Decreto Ministeriale LL.PP. 11.03.1988:** “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;

**Circolare LL.PP. 24.09.1988 – I.2.2.1974, n.64 – art.1:** “Istruzioni per l’applicazione del D.M. 11.03.1988”;

**UNI EN 1997-1 2005:** “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;

## 2.5. Strutture in cemento armato

**D.M. 09.01.1996:** “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”;

**D.M.LL.PP 16.01.1996:** “Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”;

**Circolare 252 del 15.10.1996:** “Istruzioni per l’applicazione delle 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 D.M. 09.01.1996”;

**UNI EN 1992-1-1 2005:** “Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

## 2.6. Strutture in acciaio

**Istruzione C.N.R. UNI 10011/97:** “Costruzioni di acciaio: Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;

**UNI EN 1993-1-1 2005:** “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

## 2.7. Normative sui materiali

**UNI EN 10025-1:** “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali: condizioni tecniche generali di fornitura”;

**UNI EN 10025-2:** “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali: condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali”;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 8 di 41

**UNI EN 206-1:** “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

**UNI 11104:** “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”;

### 3. METODI DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto facendo riferimento agli usuali metodi utilizzati nella modellazione numerica delle strutture tramite analisi di tipo elastico lineare. In particolare il software impiegato nella simulazione, è il codice Straus7 (release 2.4.6) prodotto dalla ditta Strand7 Software, Sydney Australia e distribuito in Italia da HSH S.r.l. La validazione di tale prodotto avviene a partire da una documentazione (“Verification Manual”) che attesta l’accuratezza delle soluzioni ottenute in relazione a modellazione di problematiche fisiche con soluzioni analitiche note reperite nella letteratura tecnica.

### 4. CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche strutturali sono condotte a partire dalle sollecitazioni derivanti dal modello di calcolo seguendo la filosofia proposta nelle NTC 2008, cioè secondo il **Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite**. In particolare, le verifiche sono state svolte mediante fogli di calcolo implementanti le formule e i requisiti previsti dalle NTC 2008.

### 5. MATERIALI

I materiali utilizzati nella costruzione devono essere oggetto di prove certificanti la rispondenza fra i valori di progetto delle resistenze adottate nel calcolo e le caratteristiche meccaniche dei prodotti posti in opera. Particolare attenzione viene inoltre dedicata alla valutazione delle problematiche connesse alla durabilità delle strutture, facendo riferimento ai più moderni orientamenti normativi.

#### 5.1. Calcestruzzo

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 206-1 (cemento UNI EN 197-1, aggregati EN 12620 ed acqua d’impasto EN 1008). Si riassumono di seguito le caratteristiche meccaniche attese:

<b>- Calcestruzzo</b>			
Classe		<b>C 32/40</b>	
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	32	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	40	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a compressione	$f_{cm}$	40.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	3.02	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk}$	2.12	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione (per flessione)	$f_{cfm}$	3.63	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica di aderenza	$f_{bk}$	4.76	[N/mm <sup>2</sup> ]
Fattore di sicurezza parziale	$\gamma_c$	1.5	
Coefficiente per carichi di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0.85	
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	18.13	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza a trazione semplice di progetto	$f_{ctd}$	1.41	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di aderenza di progetto	$f_{bd}$	3.18	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione limite in combinazione rara	$\sigma_{c,adm}$	19.20	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione limite in combinazione quasi perm.	$\sigma_{c,adm}$	14.40	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo	$E_c$	33346	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente di Poisson	$\nu$	0.20	
Deformazione ultima	$\epsilon_{cu}$	0.35	%

### 5.1. Acciaio da CA

Tutti gli elementi strutturali in calcestruzzo armato devono essere realizzati utilizzando barre in acciaio B450C ad aderenza migliorata. Si devono garantire la saldabilità e le caratteristiche meccaniche di seguito indicate:

<b>- Acciaio per armature</b>			
Tipo		<b>B450C</b>	
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	450	[N/mm <sup>2</sup> ]
Fattore di sicurezza parziale	$\gamma_s$	1.15	
Resistenza di progetto a snervamento	$f_{yd}$	391.30	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione limite in combinazione rara	$\sigma_{s,adm}$	360.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico	$E_s$	206000	[N/mm <sup>2</sup> ]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 10 di 41

## 5.2. Durabilità delle opere in calcestruzzo armato

Al fine di garantire buone prestazioni di durabilità delle opere in c.a., occorre adottare alcuni provvedimenti atti a limitare gli effetti degradanti indotti dagli attacchi chimico-fisici.

Per la definizione della classe di esposizione ambientale, si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Con riferimento agli elementi strutturali in c.a. si individuano le seguenti classi d'esposizione:

- Superficie di calcestruzzo esterna a contatto con il terreno: XC2;
- Superficie di calcestruzzo interna: XC4.

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

**Tabella 5.1 – Descrizione delle condizioni ambientali.**

In funzione delle considerazioni di cui sopra ed in ragione della vita nominale della strutture, assunta pari a 100 anni, si dovranno garantire i seguenti copriferri in virtù di quanto specificato nella circolare C4.1.6.1.3:

- Copriferro = 50 mm;

Le verifiche di fessurazione in condizioni ambientali aggressive porgono:

- Combinazione quasi permanente:  $w_k \leq w_1 = 0.2$  mm;
- Combinazione frequente:  $w_k \leq w_2 = 0.3$  mm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 11 di 41

## 6. PROFILO STRATIGRAFICO E STRATIGRAFIA DI PROGETTO

### 6.1. Contesto geologico

L'opera oggetto del presente rapporto è situata in un settore di pianura, caratterizzato dalla successione di depositi alluvionali del Bacino di Alessandria (Pleistocene inf - Olocene) che poggiano in discontinuità sulla successione sedimentaria post-messiniana, rappresentata in questo settore dalla Formazione delle argille Azzurre (Zanclano), dalle Sabbie d'Asti l.s. e dal Villafranchiano" p.p. auct.

Dal punto di vista geologico l'area d'intervento ricade interamente nell'ambito dei depositi alluvionali del bacino alessandrino ed in particolare nell'unità dei depositi alluvionali recenti (FL3). I depositi alluvionali recenti sono posizionati in aree prossime all'alveo del T. Scrivia e sono delimitati a est dallo stesso corso d'acqua e ad ovest dall'orlo di terrazzo di Novi Ligure - Formigaro ad orientazione nord ovest-sud est. Terrazzo alla cui base doveva posizionarsi un paleo-alveo dello Scrivia che dalla zona di Serravalle raggiungeva e attraversava l'attuale centro di Pozzolo e da qui proseguiva verso ovest secondo un tracciato corrispondente all'attuale Rio di Castel Gazzo. Lo spostamento successivo dell'alveo a est di Pozzolo e poi ancora verso est sino al raggiungimento della posizione attuale ha conformato questo tratto di pianura che viene attribuito al fluviale recente. Fluviale recente che si eleva, rispetto all'alveo attuale dello Scrivia, di 20 m nel tratto di monte (zona di Serravalle-Novì) e di 5 metri nel tratto di valle (tra Rivalta Scrivia e Tortona). Il fluviale recente (FL3) comprende terreni a granulometria grossolana con ghiaie nettamente prevalenti (70-80%) sulle sabbie (10-20%) e sulle parti più fini (limo+argilla) 10-20%.

La litofacies è distribuita su gran parte dell'area di pianura interessata dal tracciato del III Valico. Nel tratto meridionale, a ridosso dell'imbocco nord della Galleria di Serravalle, si evidenziano modesti spessori (circa 4 m) di ghiaie sabbioso-limose che ricoprono la formazione delle Argille Azzurre. Verso nord, in corrispondenza della progressiva 37+500 ca., si osserva un rapido incremento dello spessore dei sedimenti, che passa da 3-4 m a oltre 30 m; tale spessore aumenta ulteriormente verso nord.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 12 di 41

## 6.2. Contesto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il settore in cui ricade la rampa del cavalca ferrovia (WBS IV14) è caratterizzato dalla presenza di un acquifero superficiale a falda libera costituito da depositi alluvionali di pianura. Il substrato impermeabile o poco permeabile è invece costituito dalle Argille di Lugagnano. I depositi sono di tipo fluviale recente (fl3) e sono costituiti da ghiaie sabbioso-limose con percentuali variabili di matrice fine. Al tetto dei depositi è presente un suolo agricolo dello spessore di ca. 1÷2 m che ha scarsa rilevanza ai fini idrogeologici.

La rampa sud del cavalcaferrovia si inserisce in un contesto generale in cui si è visto che la permeabilità dei terreni è sensibilmente variabile sia in senso orizzontale sia verticale. In particolare, i terreni ubicati nell'orizzonte superiore ed inferiore dei depositi alluvionali hanno permeabilità differenti, con il primo orizzonte che presenta valori generalmente superiori al secondo. Un'indicazione sui valori di permeabilità dell'orizzonte superiore dei depositi fl3 deriva dalle prove idrauliche eseguite per il Progetto Definitivo sui pozzi esplorativi eseguiti tra Pozzolo Formigaro e Tortona, Tali prove sono state effettuate in trincee scavate fino ad una profondità di 1.5 m da pc. Le prove realizzate indicano una permeabilità compresa tra  $2 \times 10^{-4}$  m/s e  $8 \times 10^{-4}$  m/s.

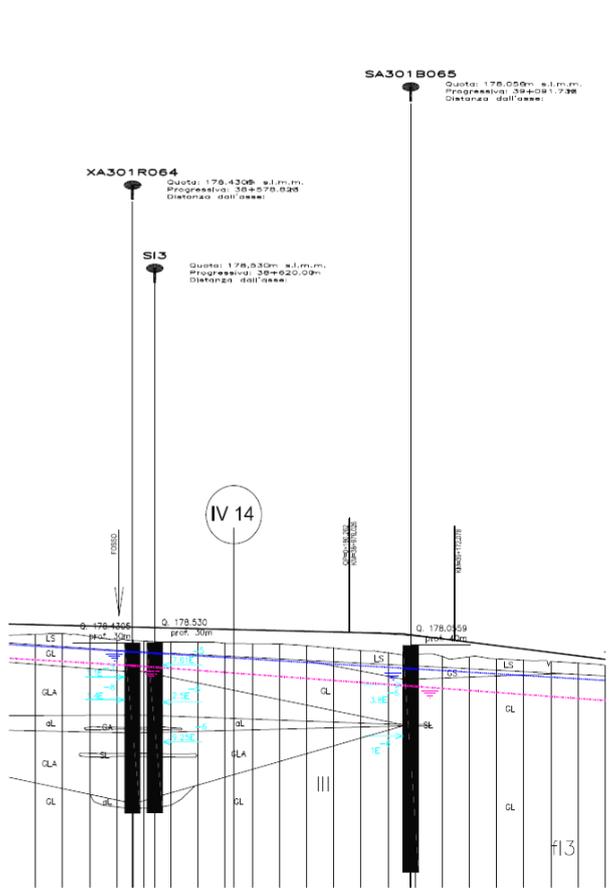
Per quanto riguarda il livello inferiore dei depositi fl3, le prove Lefranc eseguite nell'ambito del Progetto Definitivo definiscono un intervallo piuttosto ampio di valori, compresi tra  $1 \times 10^{-6}$  e  $1 \times 10^{-3}$  m/s. Ulteriori indicazioni sulle permeabilità di tali depositi derivano dai test di pompaggio a lunga durata eseguiti nell'ambito del Progetto Definitivo. Una prova su pozzo eseguita alla periferia Sud di Pozzolo Formigaro (ca. 100 m da tracciato ferroviario, in un settore compreso tra la ferrovia Novi Tortona e il Rio Gnavole) ha permesso di definire una permeabilità di  $5.0 \times 10^{-5}$  m/s ed un coefficiente di immagazzinamento di  $1.6 \times 10^{-3}$ . Un'altra prova effettuata nella cava dismessa di Cascina S. Maria ha restituito valori di permeabilità compresi tra  $2.0 \times 10^{-4}$  e  $3.0 \times 10^{-4}$  m/s. Un'altra prova eseguita simultaneamente su 4 pozzi a Pozzolo Formigaro ha restituito un valore di  $4.0 \times 10^{-6}$  m/s. Infine, un'ulteriore prova di pompaggio a lunga durata eseguita in periferia Sud di Pozzolo Formigaro (Loc. Cascina Valle) ha restituito valori di  $3.3 \times 10^{-6}$  m/s e  $1.1 \times 10^{-5}$  m/s in regime transitorio e di  $2.2 \times 10^{-6}$  m/s e  $9.5 \times 10^{-6}$  m/s in regime stazionario, con un coefficiente di immagazzinamento di  $S = 7.8 \times 10^{-4}$ . La prova di pompaggio eseguita per la campagna indagini del 2014 presso

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425	Foglio 13 di 41

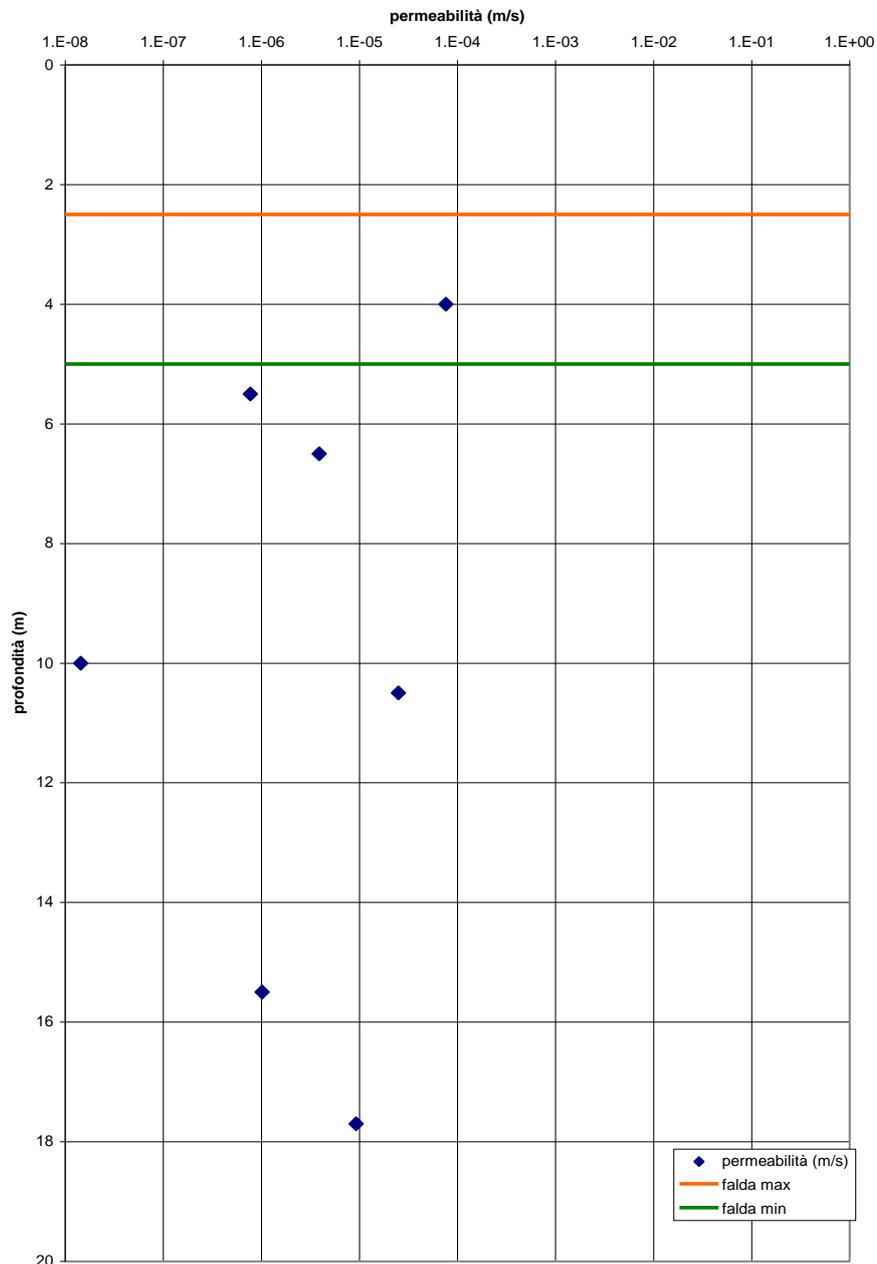
Cascina Capri ha visto l'esecuzione di prove di spurgo del pozzo le quali hanno restituito valori di permeabilità variabili tra  $8.47 \times 10^{-6}$  m/s e  $9.11 \times 10^{-6}$  m/s. Son state poi realizzate, sempre in prossimità di Cascina Capri, prove di portata a gradini le quali hanno fornito valori di permeabilità di  $2.54 \times 10^{-4}$  m/s e  $6.38 \times 10^{-4}$  m/s.

Dal punto di vista della rappresentatività dei valori, si rimarca che i risultati ottenuti attraverso le prove di pompaggio sono maggiormente significativi di quelli ottenuti dai test in foro, in quanto le prime permettono di valutare la permeabilità in un intorno esteso attorno al pozzo, mentre le seconde indagano la permeabilità solamente in un intorno localizzato attorno al sondaggio. Pertanto, i test in foro risentono maggiormente di effetti locali (es. eterogeneità locali, disturbi del terreno indotti dalla perforazione).

Si sono poi riportati sul profilo geologico tutti i risultati delle prove di pompaggio e di permeabilità eseguite nelle varie campagne di indagine (Figura 1).



**Figura 1 - Profilo geologico in prossimità della rampa sud del cavalcaferrovia (IV14) con indicazioni dei sondaggi ed indicazione dei valori di permeabilità (i valori di permeabilità sono espressi in m/s).**



**Figura 2 - Grafico dei risultati delle prove di permeabilità eseguite in prossimità dell'area di realizzazione della rampa sud del cavalcaferrovia IV14.**

Sulla base dell'analisi dei risultati delle prove (Figura 2) e del profilo riportato in Figura 1 è possibile affermare che la permeabilità di riferimento è piuttosto bassa con valori medi compresi tra  $7.6 \times 10^{-5}$  m/s e  $1.4 \times 10^{-8}$  m/s.

### 6.3. Indagini in sito considerate

Nella zona della tombino in oggetto, sono stati eseguiti una serie di indagini geotecniche. La denominazione delle indagini di cui sopra, nonché le rispettive profondità raggiunte, sono riportate nella tabella seguente.

Sondaggi a carotaggio	
Denominazione	Lunghezza (m)
XA301B064	30
SA301B065	40
SI3	30

**Tabella -1. Sondaggi nell'area di realizzazione della rampa.**

Le campagne hanno visto la realizzazione di una serie di sondaggi geognostici, prove in sito in corrispondenza degli stessi (SPT e prove Lefranc, principalmente) ed il prelievo di campioni per prove di laboratorio.

### 6.4. Stratigrafia nella zona di realizzazione delle opere

Sulla base dei dati disponibili, la situazione stratigrafica del sito può essere così schematizzata:

A partire dal piano campagna locale si può incontrare uno strato superficiale di terreno di riporto/agricolo costituito da limo sabbioso marrone scuro di spessore pari a 1.00÷2.00 m circa, localmente inglobante elementi lapidei sparsi (Formazione LS).

Al di sotto della Formazione LS/LA e fino alle massime profondità indagate è presente un deposito di origine alluvionale postglaciale (Olocene) FL3 costituito da ghiaia medio grossa in matrice limo-sabbiosa (Formazione FL3 - GL) localmente argillosa, in particolare alle profondità maggiori (Formazione FL3 – GLA). All'interno di tale deposito è presente, a partire da circa 13m rispetto il piano campagnam un livello di argilla limosa molto consistente (Formazione FL3 – AL) di spessore pari a 2.5÷3.0 metri.

Le risultanze delle prove SPT mostrano i seguenti andamenti per le varie zone presenti nell'area.

SI3		XA301B064		SA301B065	
prof. [m]	N	prof. [m]	N	prof. [m]	N
3	18	3	rif.	3	45
6	16.	4.2	rif.	6	64
9	35	6	rif.	9	rif.
12	34	7.7	rif.	12	rif.
15	rif.	10.5	rif.	15	rif.
18	60	16.7	80	18	rif.
21	rif.	20.5	87	21	rif.
24	rif.	25.3	rif.	24	84
				27	rif.
				29	rif.
				33	rif.
				38	rif.

**Tabella -2. Dettaglio risultanze delle prove SPT in foro nell'area della rampa.**

Alla luce di quanto sopra la stratigrafia di progetto da utilizzarsi nelle verifiche geotecniche viene prevista come di seguito indicato.

Stratigrafia di calcolo	Da (m da p.c.)	A (m da p.c.)	Tipo di terreno
LS/LA	p.c.	- 2.00	Limo sabbioso
GL	- 2.00	-13.00	Ghiaia medio grossa in matrice limosa
AL	-13.00	-15.00	argilla limosa
GLA	-15.00	In poi	Ghiaia medio grossa in matrice argillosa limosa

**Tabella -3. Stratigrafia di progetto per l'area in esame**

### 6.5. Livello piezometrico

Il livello di falda rilevato dai piezometri installati nei sondaggi, varia in base al periodo dell'anno e mostra un livello di soggiacenza compreso tra – 2.5 m da p.c e – 4.00 m da p.c..

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

sondaggio	campione	z [m]	G (%)	S (%)	L (%)	A (%)	wn	LL (%)	LP (%)	IP (%)	TD	
											c' [kPa]	$\phi'$ [°]
SI 3	R1	3.5	64.64	33.55	1.01	0.80	5.09%	-	-	-	-	-
	R2	12	70.34	13.87	10.63	5.15	10.03%	31	24	7	0.09	34.05
	R3	20	83.23	8.88	4.67	3.22	9.10%	38	26	12	3.90	33.73
	R4	28	75.12	14.26	6.05	4.57	7.94%	23	-	-	23.19	40.69

**Tabella -1. Dettaglio risultanze delle prove di laboratorio nell'area della rampa.**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci		ALTA Sorveglianza  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425			Foglio 18 di 41

Unit	BH	Depth	Water Depth	N <sub>SPT</sub>	D50	C <sub>ER</sub>	C <sub>B</sub>	C <sub>S</sub>	C <sub>R</sub>	N <sub>60</sub>	Sand Relative Density	GAMMA	SIGMA TOT	U	SIGMA EFF.	CN	(N1) <sub>60</sub>	Dr	Φ
		m	m		mm							kN/m <sup>3</sup>	kPa	kPa	kPa	Skempton (1986)		Skempton (1986)	Peck, Hanson, and Thornburn
																EPRI 2-14		EPRI 2-17	EPRI 4-14
s3	sand1	3	1.50	18	12.70	0.90	1.00	1.00	1.00	16.20	Medium (Dr=35÷65)	19	57	15	42	1.41	22.8	51	44
s3	sand1	6	1.50	16	12.70	0.90	1.00	1.00	1.00	14.40	Medium (Dr=35÷65)	19	114	45	69	1.12	16.1	43	40
s3	sand1	9	1.50	35	25.40	0.90	1.00	1.00	1.00	31.50	Dense (Dr=65÷85)	19	171	75	96	1.01	31.9	58	46
s3	sand1	12	1.50	34	25.40	0.90	1.00	1.00	1.00	30.60	Dense (Dr=65÷85)	19	228	105	123	0.93	28.4	55	44
s3	sand1	15	1.50	100	25.40	0.90	1.00	1.00	1.00	90.00	Very Dense (Dr=85÷100)	20	288	135	153	0.85	76.5	90	53
s3	sand1	18	1.50	60	38.10	0.90	1.00	1.00	1.00	54.00	Very Dense (Dr=85÷100)	20	348	165	183	0.78	42.3	65	47
s3	sand1	21	1.50	73	38.10	0.90	1.00	1.00	1.00	65.70	Very Dense (Dr=85÷100)	20	408	195	213	0.73	47.7	69	48
s3	sand1	24	1.50	100	25.40	0.90	1.00	1.00	1.00	90.00	Very Dense (Dr=85÷100)	18	462	225	237	0.59	53.4	75	50

Unit	BH	Depth	Water Depth	N <sub>SPT</sub>	D50	Vs	Vs	Shear Modulus (Gmax)	Shear Modulus (Gmax)	Vs	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>02</sub>	Vs	Young Modulus (E)	Poisson Coefficient	Modulo di Taglio (G)
		m	m		mm	m/sec	m/sec	MPa	MPa	m/sec	-	-	-	(m/s)	MPa		MPa
						Imai e Tonouchi (1982)	Otha e Goto (1978)	Otha e Goto (1978)	Wroth et al. (1979) EPRI 5-20	Wroth et al. EPRI 5-20	Brandenberg et al. 2010 - PEER 2010/03	D'Appolonia					
s3	sand1	3	1.50	18	12.70	259.0	115.67	25.91320728	111.1069114	239.512531	4.045	0.096	0.236	186.294765	38.61	0.20	16.09
s3	sand1	6	1.50	16	12.70	231.9	129.60	32.53320799	101.4737319	228.894058	4.045	0.096	0.236	202.506881	33.19	0.20	13.83
s3	sand1	9	1.50	35	25.40	287.8	160.10	49.6455649	185.4016693	309.395878	4.045	0.096	0.236	233.848528	45.92	0.20	19.13
s3	sand1	12	1.50	34	25.40	277.5	168.41	54.93213842	181.3092712	305.962154	4.045	0.096	0.236	245.181807	43.11	0.20	17.96
s3	sand1	15	1.50	100	25.40	378.6	211.21	90.95096968	416.0842205	451.762449	4.045	0.096	0.236	283.878765	81.66	0.20	34.03
s3	sand1	18	1.50	60	38.10	314.4	200.58	82.02433532	280.7745299	371.106328	4.045	0.096	0.236	279.760242	54.24	0.20	22.60
s3	sand1	21	1.50	73	38.10	326.5	213.64	93.05560305	326.5426015	400.211377	4.045	0.096	0.236	293.34418	58.59	0.20	24.41
s3	sand1	24	1.50	100	25.40	338.3	231.27	98.13866738	416.0842205	476.199433	3.996	0.23	0.164	332.85668	63.15	0.20	26.31

**Tabella-2. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della rampa. Interpretazione SPT sondaggio SI3 presente nell'area.**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 19 di 41

Le indagini e le prove di laboratorio a disposizione hanno consentito una caratterizzazione del comportamento meccanico della formazione presente nell'area secondo una suddivisione in base all'approfondimento.

Conservativamente, le caratteristiche geotecniche per l'area dello scavo sono di seguito definite tenendo in maggior conto le risultanze delle analisi di laboratorio.

Nel calcolo delle opere di sostegno si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa  $1/3 \square 1/5$  di quelli iniziali a piccole deformazioni. Nel calcolo dei cedimenti si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa  $1/10$  di quelli iniziali a piccole deformazioni.

Sulla base dei valori delle velocità delle onde di taglio ricavate dai dati SPT (considerando anche gli altri sondaggi presenti nelle aree adiacenti che presentano caratteristiche dei materiali simili a quelli nell'area della rampa) secondo la correlazione di Ohta e Goto, per i dati della campagna 2000-2002, si sono stabilite velocità sismiche per profondità rappresentative, da cui sono stati ricavati i parametri di deformabilità di riferimento.

prof. [m]	$v_s$ [m/s <sup>2</sup> ]	relazione: $v_s = 185 + 3.9 \cdot z$			
		$G_0$ [MPa]	$E_0$ [MPa]	$E/5$ [MPa]	$E/10$ [MPa]
2	192.8	72.0	201.6	40	20
5	204.5	81.0	226.8	45	23
9	220.1	98.8	276.5	55	28
12	231.8	109.5	306.7	61	31
15	243.5	126.9	355.4	71	36
20	263	148.1	414.6	83	41

Sulla base delle altre correlazioni riportate in precedenza si ottiene:

z [m]	$E_0 = 190 + 10 \cdot z$			$G_0 = 75 + 3.85 \cdot z$				
	$E_0$ [MPa]	$E/5$ [MPa]	$E/10$ [MPa]	$G_0$ [MPa]	$\nu$ [m]	$E_0$ [MPa]	$E/5$ [MPa]	$E/10$ [MPa]
2	210	42	21	83	0.35	223	45	22
5	240	48	24	94	0.35	254	51	25
9	280	56	28	110	0.35	296	59	30
12	310	62	31	121	0.35	327	65	33
15	340	68	34	133	0.35	358	72	36
20	390	78	39	152	0.35	410	82	41

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 20 di 41

I seguenti parametri si giudicano ragionevoli e rappresentativi del comportamento del terreno.

Parametri	Formazione LS/LA	Formazione GL	Formazione AL	Formazione GLA
Profondità da p.c.	0-2m	2-13	13-15	>15
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18	19	20	20
Angolo di resistenza al taglio operativo $\phi'$ (°)	28	40	28	38
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E <sub>o</sub> ed un fattore di riduzione pari a 5	20	51	70	82
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E <sub>o</sub> ed un fattore di riduzione pari a 10	10	25	35	41

**Tabella-3. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della rampa sud.**

Per le zone a matrice limoso/argillosa è possibile tenere in conto che la componente coesiva possa fornire un valore di coesione stimabile in 5 kPa, ottenuti dalle indicazioni ricavate da prove di laboratorio eseguite su questo tipo di materiale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425
	Foglio 21 di 41

## 8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'opera è classificata come Tipo di costruzione 3 e si individua una classe d'uso IV, pertanto i parametri che permettono di definire l'azione sismica di progetto sono i seguenti:

- Vita nominale:  $VN = 100$  anni
- Coefficiente d'uso:  $CU = 2.0$
- Periodo di riferimento per l'azione sismica:  $VR = VN \times CU = 200$  anni

L'azione sismica di progetto si valuta con riferimento al comune di Tirano e si individua una categoria C ( $S_s = 1.482$ ) di sottosuolo in classe topografica T1 ( $S_T = 1$ ). Si riportano di seguito i parametri sismici di riferimento per i diversi stati limite previsti dalla norma.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0.045	2.474	0.249
SLD	201	0.058	2.470	0.262
SLV	1898	0.148	2.447	0.278
SLC	2475	0.163	2.451	0.280

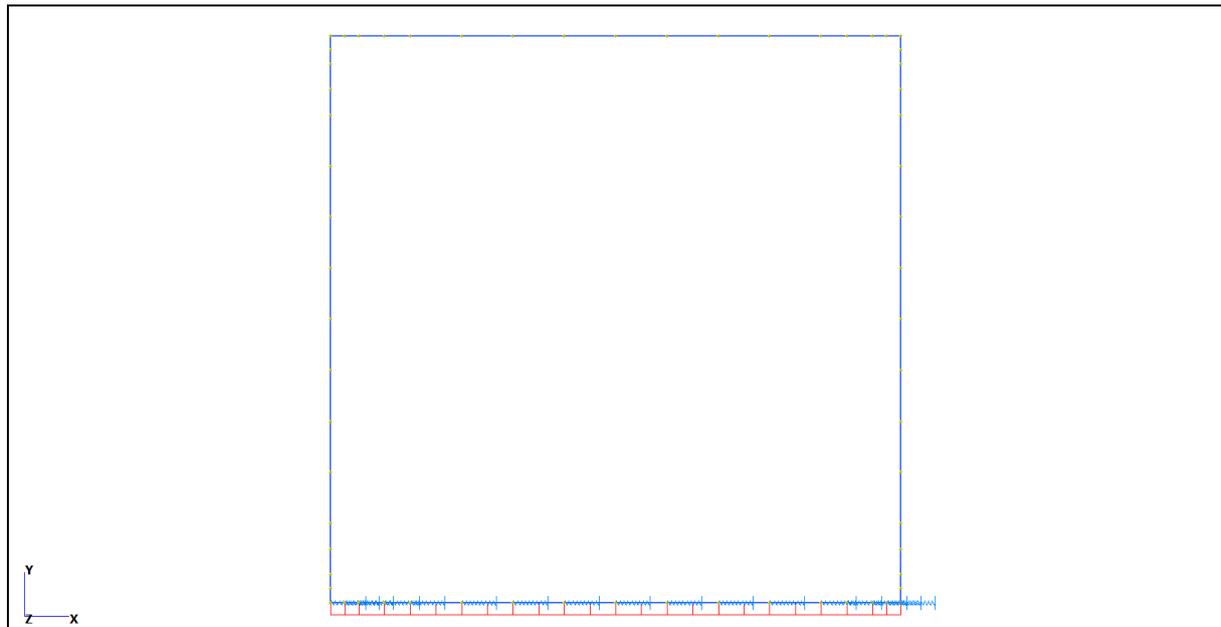
**Figura 8.1 – Parametri sismici.**

## 9. MODELLO FEM

Il tombino oggetto di analisi si compone di elementi in CA a sezione rettangolare con franco interno 2x2 m<sup>2</sup> e carpenteria 50 cm.

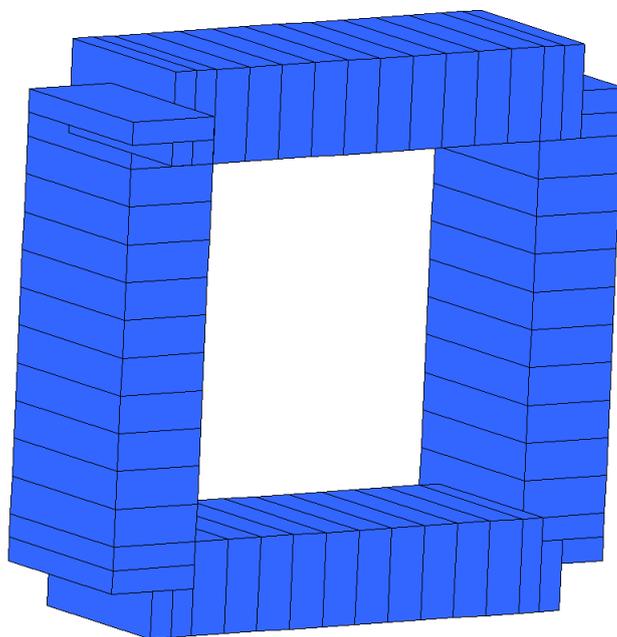
Si realizza una modellazione F.E.M. ad elementi Beam andando ad analizzare un telaio di profondità unitaria. L'interazione terreno-struttura in fondazione viene modellata con molle elastiche alla Winkler di rigidezza pari a 20000 kN/m<sup>3</sup> alle quali si accompagnano molle orizzontali con rigidezza pari ad un decimo delle precedenti applicate direttamente ai nodi.

In ragione della monoliticità della struttura gettata in opera il vincolo tra i vari elementi costituenti si realizza in continuità mediante incastro.



**Figura 9.1 – Modello beam in linea d'asse.**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-CL-IR1J-0X-101-A00 Relazione di calcolo tombino alla pk 0+425	Foglio 23 di 41



**Figura 9.2 – Modello beam in vista solida.**

## 9.1. ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'insieme delle azioni che cimentano la struttura:

- **Peso proprio (G1):** il peso proprio degli elementi strutturali che costituiscono il modello viene calcolato in automatico dal software in funzione della densità assegnata al calcestruzzo  $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ ;
- **Peso del ricoprimento (G2):** lo scatolare viene calcolato nelle condizioni più gravose di massimo ricoprimento pari a 11.50 m. Assumendo un peso specifico del terreno di  $19 \text{ kN/m}^3$  ne deriva un carico  $q=218.50 \text{ kN/m}^2$ ;
- **Spinta del terreno (G1):** la spinta laterale del terreno è data dal contributo del ricoprimento ( $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ ) e da quello del terreno a tergo dei piedritti ( $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ ). Al modello si applica la tensione litostatica verticale per poi applicare i coefficienti di spinta a riposo in sede di combinazione:  $k_0 = 1 - \sin(36) = 0.412$ ;
- **Carico da traffico veicolare sulla soletta (Q):** ripartendo opportunamente i carichi da traffico veicolare in funzione dello spessore del ricoprimento e della carpenteria (diffusione 4:1 in terreno e 1:1 in soletta), si perviene ad un carico uniformemente distribuito sulla soletta pari a  $20.0 \text{ kN/m}^2$ ;
- **Spinta del terreno associata al carico accidentale (Q):** si considera un sovraccarico accidentale di  $20.0 \text{ kN/m}^2$ ;

- **Spinta dell'acqua all'interno del tombino (Q):** tale azione è favorevole si fini delle verifiche, non viene quindi considerata;
- **Accelerazione sismica inerziale agente sulla massa della struttura (E):**  
 $a_{max} / g = a_g / g \quad S = 0.148 * 1.482 = 0.219 [g];$
- **Sovraspinta sismica del terreno (E):** si applica la teoria di Wood  
 $F = a_g / g \quad S \quad \gamma \quad H = 0.148 * 1.482 * 19 * 3 = 12.50 \text{ kN/m}^2.$

## 9.2. COMBINAZIONI DI CARICO

Le voci di carico di cui sopra sono combinate al fine di determinare gli effetti più sfavorevoli sui singoli elementi strutturali. Si applicano i coefficienti di amplificazione associati alla natura del carico, secondo quanto specificato nel DM08. Le tabelle seguenti riportano una sintesi dei coefficienti adottati.

	SLU		
	Coefficiente	Favorevoli	Sfavorevoli
G1: Peso proprio	$\gamma_{G1}$	1.00	1.30
G2: Carico perm. portato	$\gamma_{G1}$	1.00	1.30
Q: Traffico veicolare	$\gamma_Q$	0.00	1.35

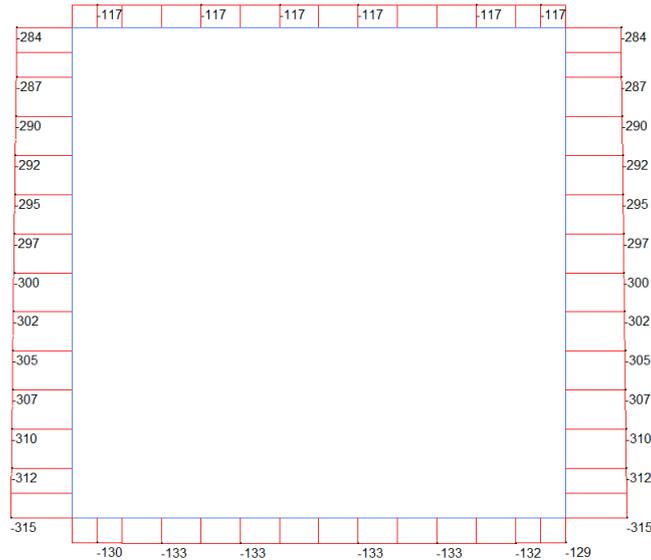
	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
G1: Peso proprio	-	-	-
G2: Carico perm. portato	-	-	-
Q: Traffico veicolare	0.75	0.75	0.00

**Tabella 9.1 – Coefficienti parziali per le azioni (DM 2008).**

### 9.3. RISULTATI DELL'ANALISI

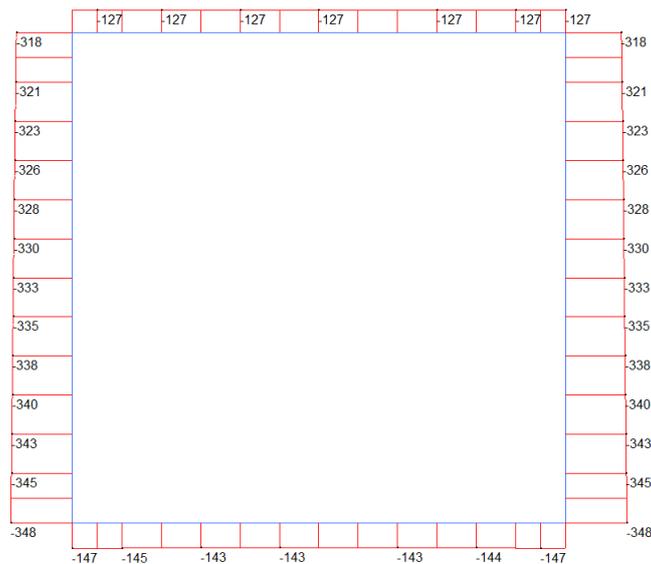
Si riportano i risultati dell'analisi in termini di azioni interne allo SLE, SLU e SLV.

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-315	-117



**Figura 9.3 – SLE\_rara: involucro max azione assiale.**

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-348	-127



**Figura 9.4 – SLE\_rara: involucro min azione assiale.**

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-103	108

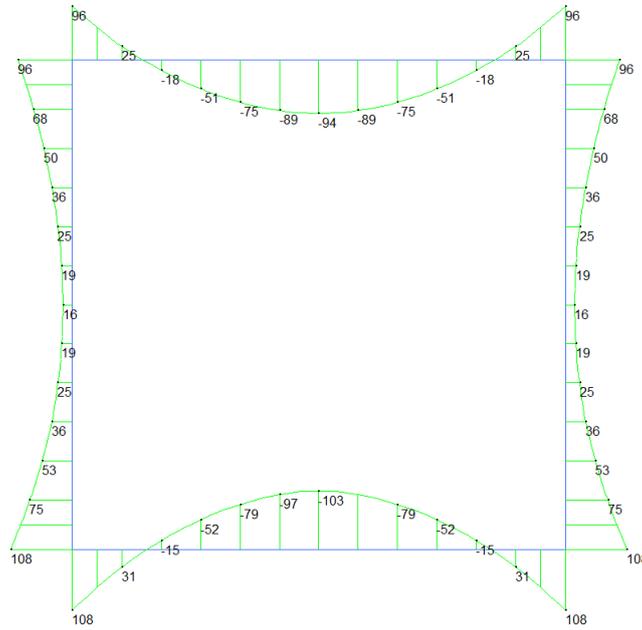


Figura 9.5 – SLE\_rara: involucro max momento flettente.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-115	87

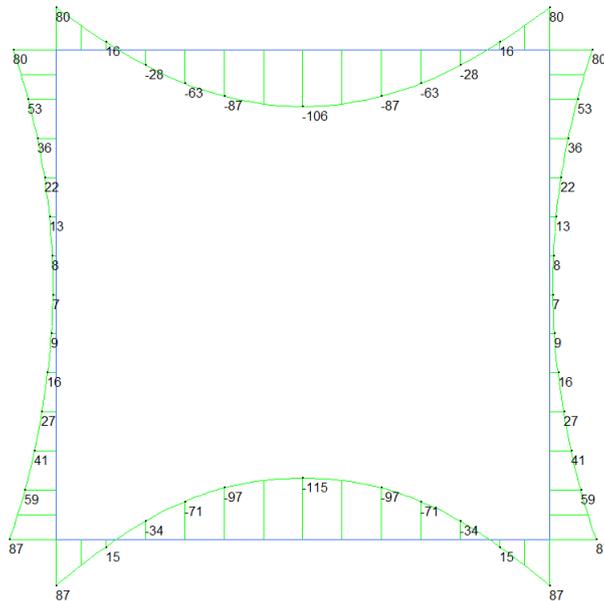


Figura 9.6 – SLE\_rara: involucro min momento flettente.

	MIN	MAX
SF2(kN)	-315	348

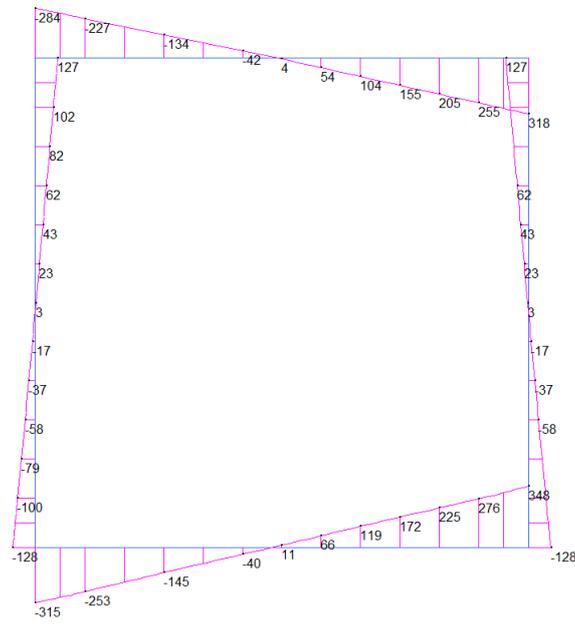


Figura 9.7 – SLE\_rara: involucro max taglio.

	MIN	MAX
SF2(kN)	-348	315

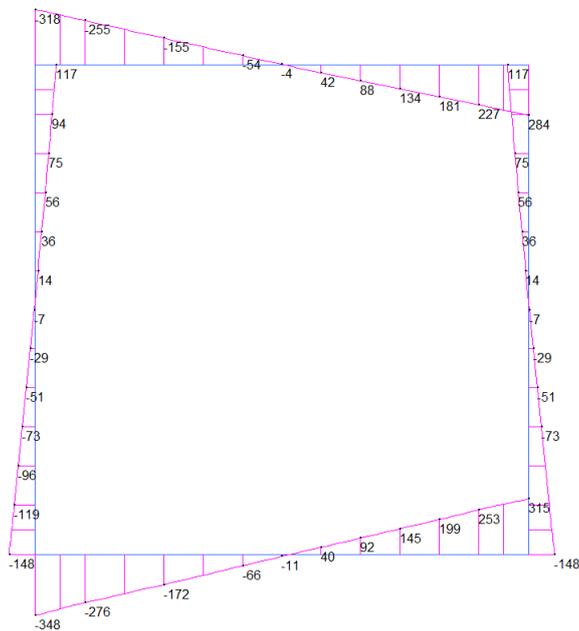
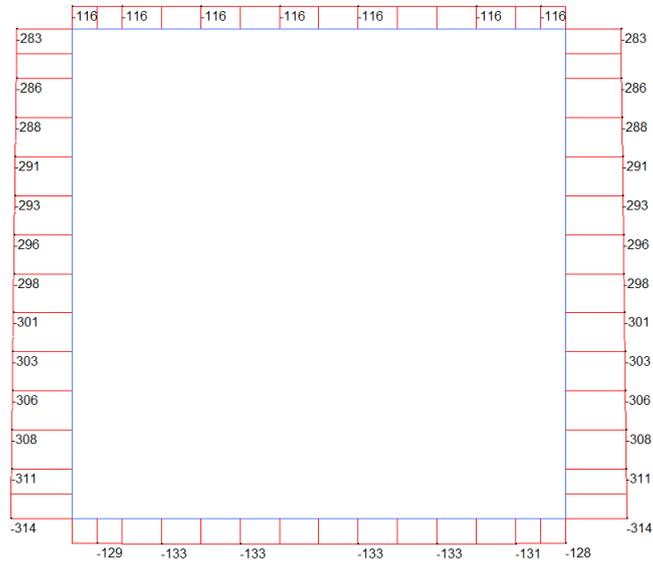


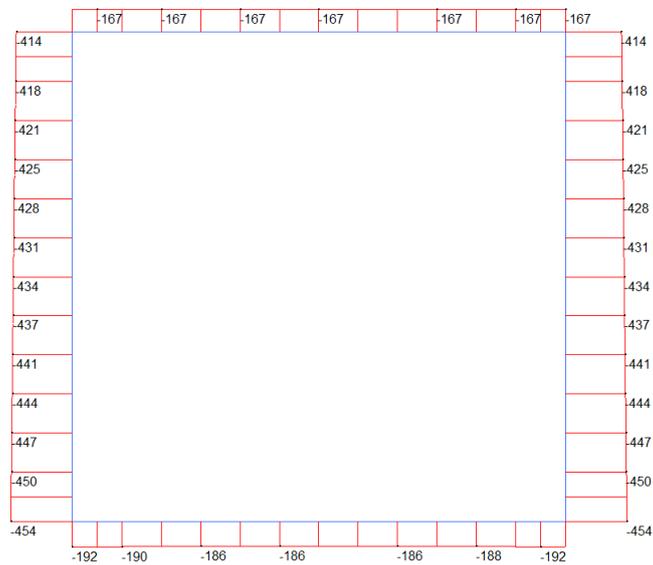
Figura 9.8 – SLE\_rara: involucro min taglio.

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-314	-116



**Figura 9.9 – SLU: involucro max azione assiale.**

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-454	-167



**Figura 9.10 – SLU: involucro min azione assiale.**

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-94	141

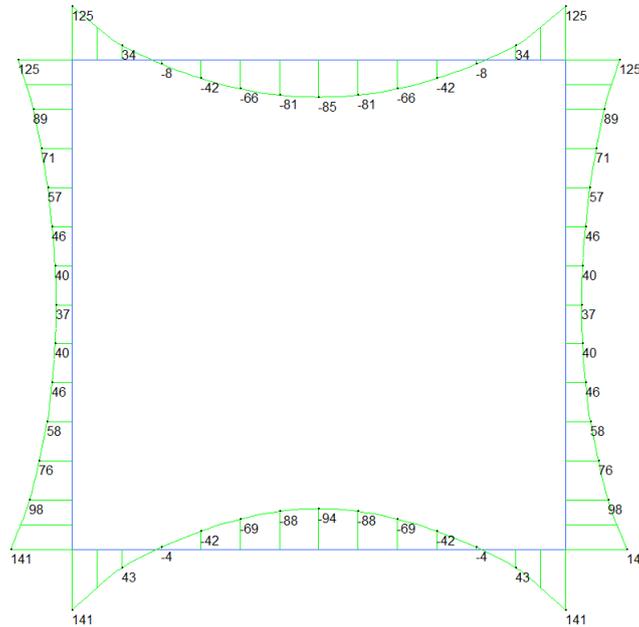


Figura 9.11 – SLU: involucro max momento flettente.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-158	85

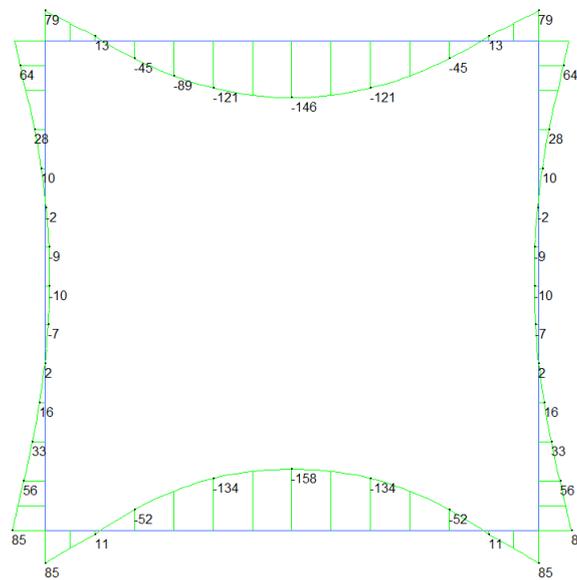
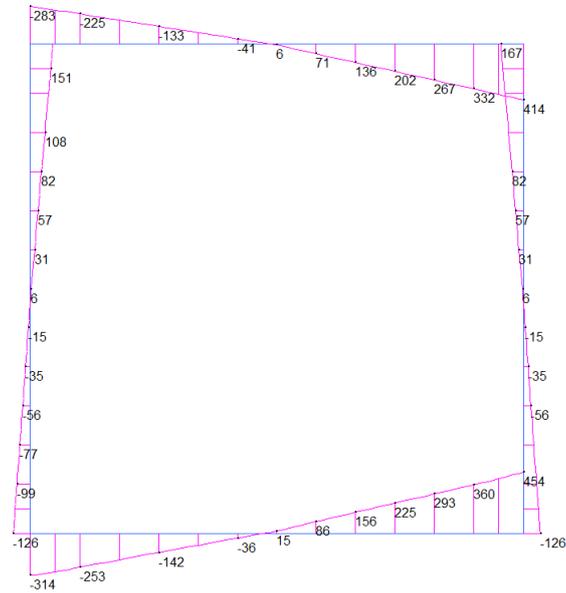


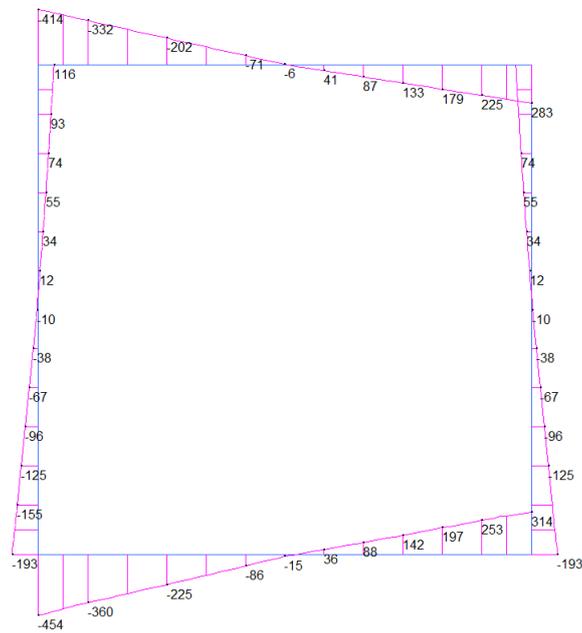
Figura 9.12 – SLU: involucro min momento flettente.

	MIN	MAX
SF2(kN)	-314	454



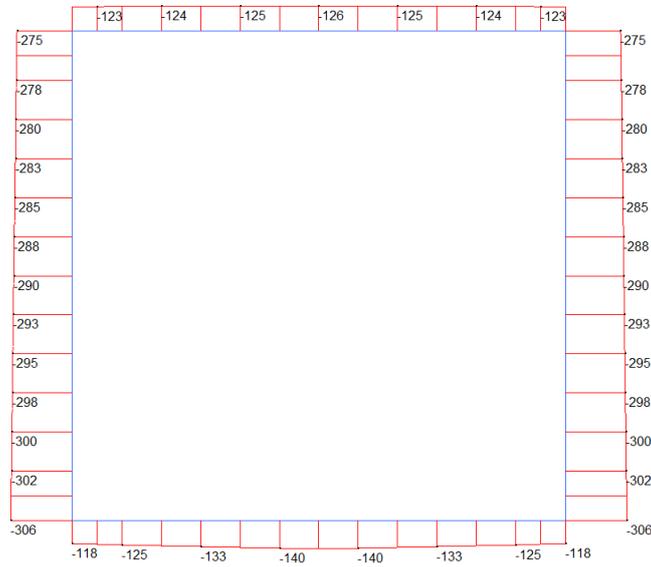
**Figura 9.13 – SLU: involucro max taglio.**

	MIN	MAX
SF2(kN)	-454	314



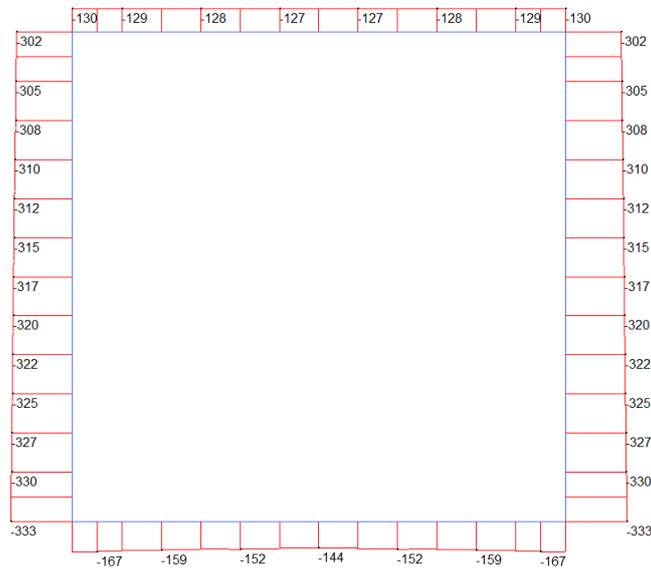
**Figura 9.14 – SLU: involucro min taglio.**

MIN MAX  
 AxForce(kN) -306 -117



**Figura 9.15 – SLV: inviluppo max azione assiale.**

MIN MAX  
 AxForce(kN) -333 -126



**Figura 9.16 – SLV: inviluppo min azione assiale.**

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-103	119

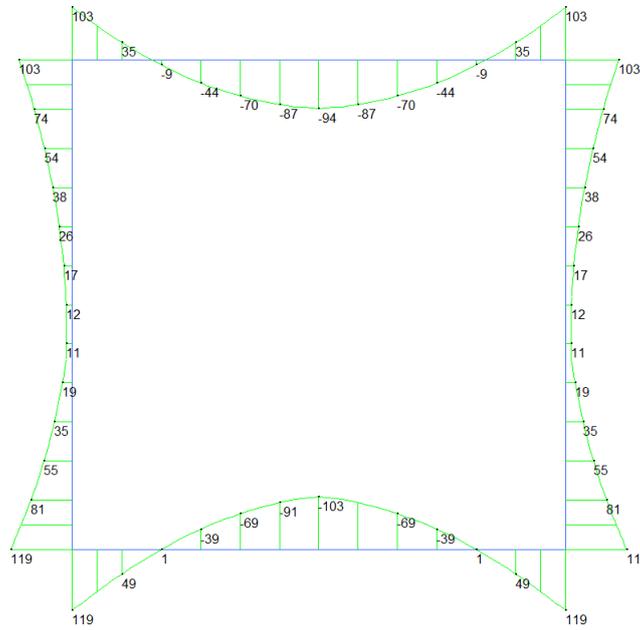


Figura 9.17 – SLV: involucro max momento flettente.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-105	73

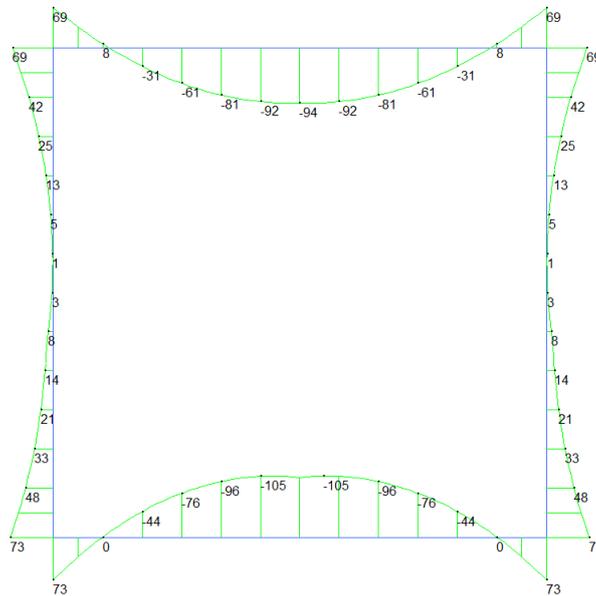
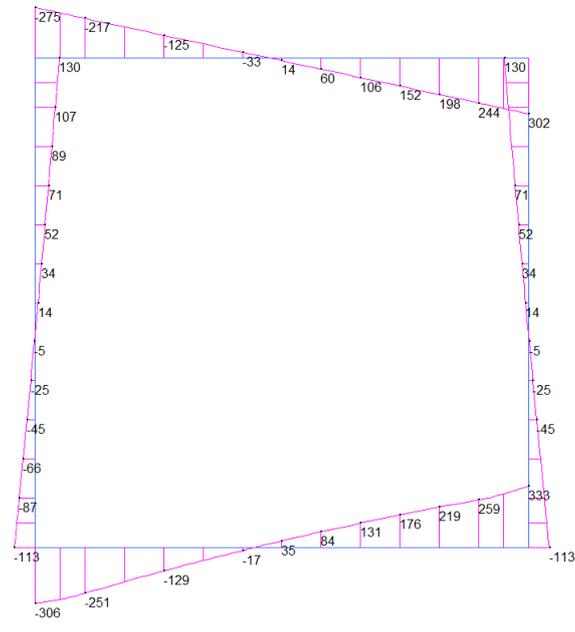


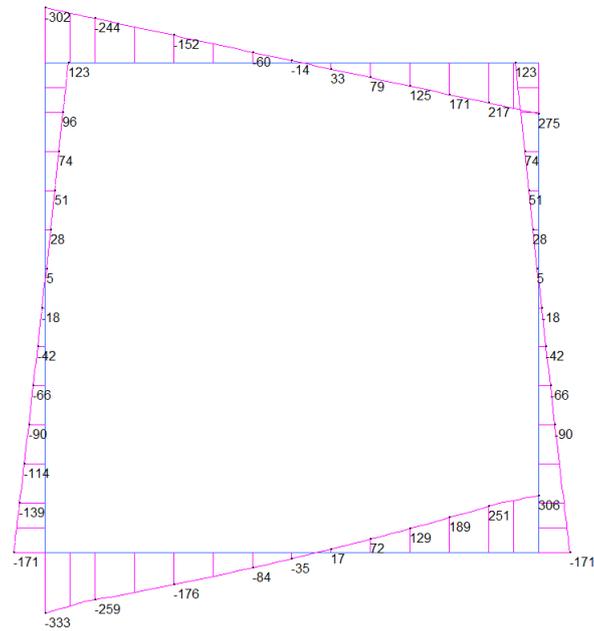
Figura 9.18 – SLV: involucro min momento flettente.

	MIN	MAX
SF2(kN)	-306	333



**Figura 9.19 – SLV: involucro max taglio.**

	MIN	MAX
SF2(kN)	-333	306



**Figura 9.20 – SLV: involucro min taglio.**

## 10. VERIFICHE

Di seguito si riportano le verifiche allo SLE e SLU nelle sezioni maggiormente sollecitate evidenziate in figura.

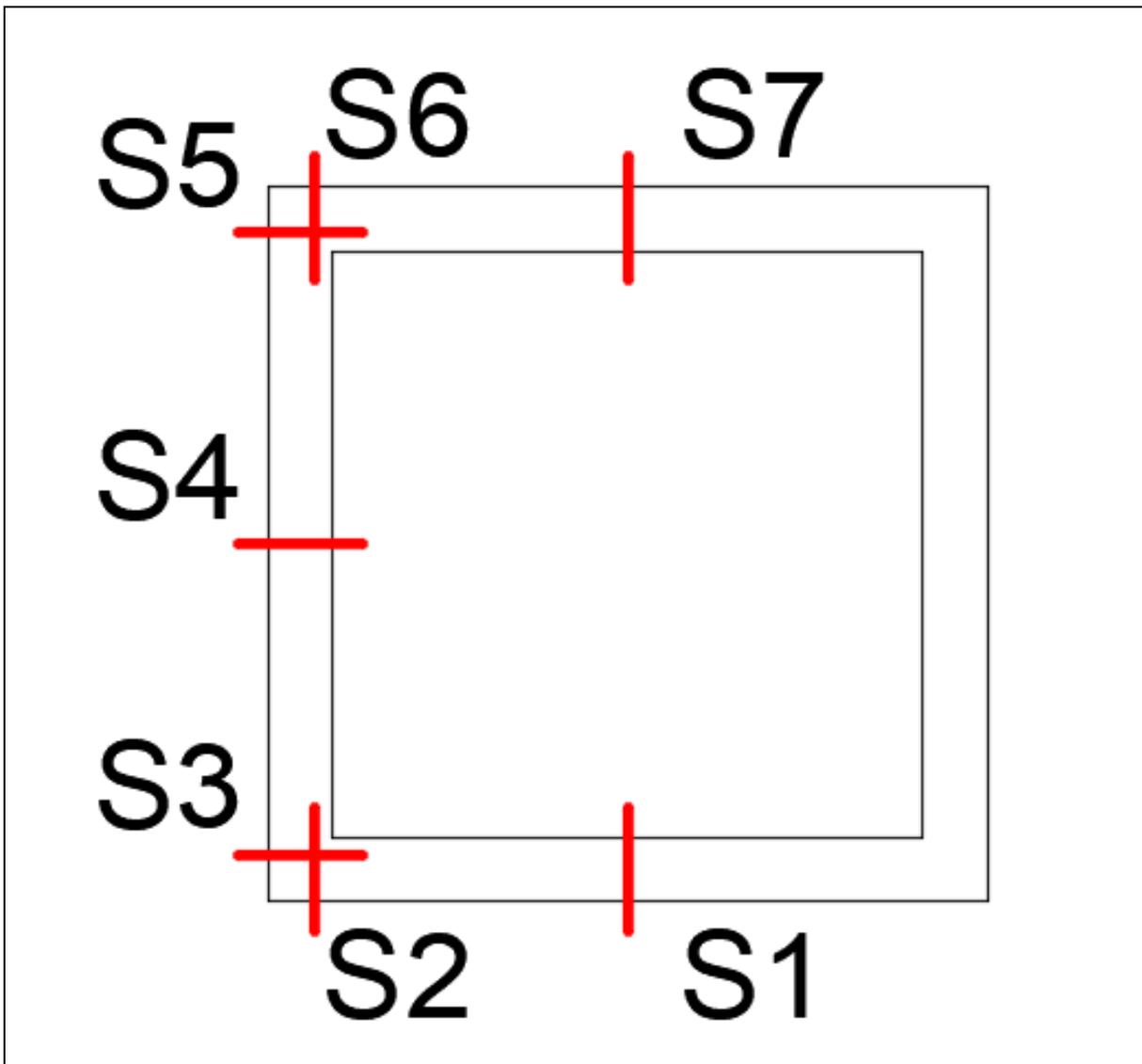
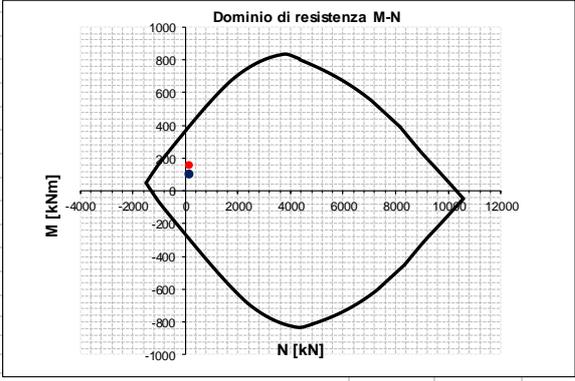
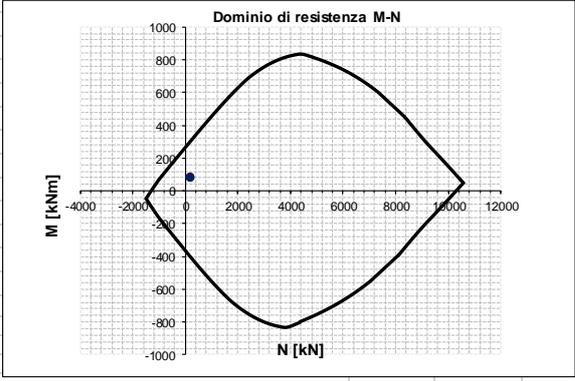


Figura 10.1 – Sezioni di verifica.

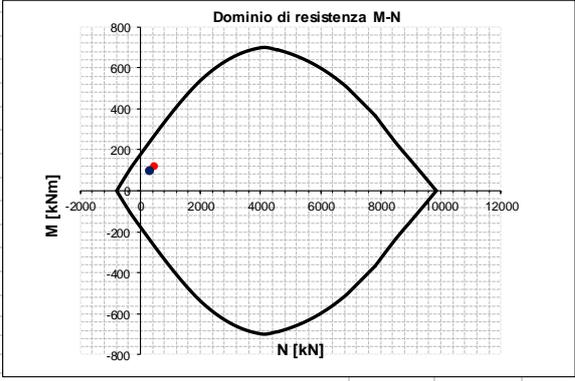
## R20171214\_Sezione\_S1

INPUT				OUTPUT			
<b>SOLLECITAZIONI DI VERIFICA</b>				<b>VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>			
<b>Combinazione</b>	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	<b>Verifica Tensionale</b>			$\sigma$ limit
SLE Quasi Permanente	-133.0	105.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] =	3.55	14.400
SLE Frequente	-133.0	113.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] =	3.88	19.200
SLE Rara	-133.0	115.0	-	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] =	102.39	360.000
SLU	-134.0	158.0	0.0	<b>Verifica di fessurazione</b>			w limit
SLV	-144.0	105.0	0.0	Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.200
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.300
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO</b>			
<b>Geometria della sezione</b>				<b>Sollecitazioni di progetto</b>			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]	0.0	
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	50	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]	-144.0	
Altezza utile della sezione		d [cm]	44	<b>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</b>			
Area di calcestruzzo		$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	5000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]	243.27	
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$	-	
<b>Armatura longitudinale tesa</b>				<b>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	CoTan( $\theta$ ) di progetto	cotan( $\theta$ )	
Diametro	$\phi$ [mm]	24	0	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	1310
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.2	0.0	0.0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	121
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	22.62	0.00	0.00	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	121
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.516%			Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$	-
<b>Armatura longitudinale compressa</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	<b>Sollecitazioni di progetto</b>		
Diametro	$\phi$ [mm]	20	0	0	Momento sollecitante	$M_{sd}$ [kNm]	158.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.0	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante	$N_{sd}$ [kN]	-134.0
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	15.71	0.00	0.00	<b>Verifica di resistenza in termini di momento</b>		SLU
Rapporto di armatura	$\rho'$ [%]	0.359%			Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	391.3
<b>Armatura trasversale</b>				SLV			
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{sd}$	2.48
Diametro	$\phi$ [mm]	8	0	0	<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>		SLU
Numero bracci	$n_{bi}$	2.5	0	0	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-
Passo	$s_w$ [cm]	40	0	0	Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90	90	<b>Domínio di resistenza M-N</b>		
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	3.14	0.00	0.00			
<b>CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI</b>							
<b>Concrete</b>							
Resistenza cubica a compressione		RCK	40				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		$f_{ck}$ [Mpa]	32.00				
Resistenza cilindrica media a compressione		$f_{cm}$ [Mpa]	40.00				
Resistenza media a trazione per flessione		$f_{ctm}$ [Mpa]	3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		$f_{ctk}$ [Mpa]	2.12				
Resistenza di progetto a compressione		$f_{cd}$ [Mpa]	18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse		$f_{cd'}$ [Mpa]	9.49				
<b>Acciaio</b>							
Resistenza di progetto a snervamento		$f_{yd}$ [Mpa]	391.30				

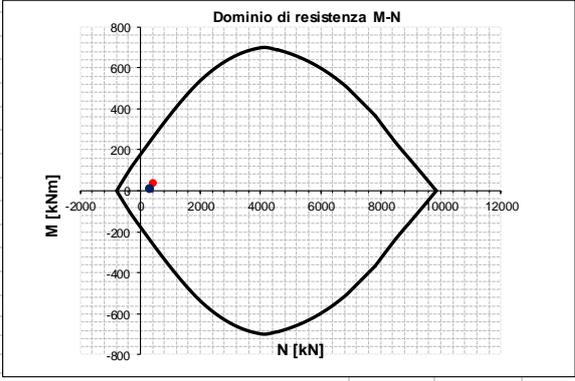
## R20171214\_Sezione\_S2

INPUT				OUTPUT			
<b>SOLLECITAZIONI DI VERIFICA</b>				<b>VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>			
<b>Combinazione</b>	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	<b>Verifica Tensionale</b>			$\sigma$ limit
SLE Quasi Permanente	-133.0	56.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] =	2.03	14.400
SLE Frequente	-143.0	65.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] =	2.48	19.200
SLE Rara	-147.0	68.0	-	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] =	65.08	360.000
SLU	-192.0	88.0	360.0				
SLV	-167.0	83.0	259.0	<b>Verifica di fessurazione</b>			w limit
				Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.200
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.300
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO</b>			
<b>Geometria della sezione</b>				<b>Sollecitazioni di progetto</b>			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]		360.0
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	50	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]		-192.0
Altezza utile della sezione		d [cm]	44				
Area di calcestruzzo		$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	5000	<b>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</b>			
				Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]		224.43
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$		0.62
<b>Armatura longitudinale tesa</b>	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	<b>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</b>			
Numero Barre	n	5	0	CoTan( $\theta$ ) di progetto		cotan( $\theta$ )	2.5
Diametro	$\phi$ [mm]	20	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]		1323
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.0	0.0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]		745
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	15.71	0.00	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]		745
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]		0.357%	Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$		2.07
<b>Armatura longitudinale compressa</b>	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	<b>VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE</b>			
Numero Barre	n	5	0	<b>Sollecitazioni di progetto</b>		SLU	SLV
Diametro	$\phi$ [mm]	24	0	Momento sollecitante	$M_{sd}$ [kNm]	88.0	83.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.2	0.0	Sforzo Normale concomitante	$N_{sd}$ [kN]	-192.0	-167.0
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	22.62	0.00				
Rapporto di armatura	$\rho'$ [%]		0.514%	<b>Verifica di resistenza in termini di momento</b>		SLU	SLV
<b>Armatura trasversale</b>	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	300.9	296.1
Diametro	$\phi$ [mm]	14	0	Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{sd}$	3.42	3.57
Numero bracci	$n_{bi}$	2.5	0	<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>		SLU	SLV
Passo	$s_w$ [cm]	20	0	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-	-
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90	Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-	-
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	19.24	0.00				
<b>CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI</b>							
<b>Concrete</b>							
Resistenza cubica a compressione		RCK	40				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		$f_{ck}$ [Mpa]	32.00				
Resistenza cilindrica media a compressione		$f_{cm}$ [Mpa]	40.00				
Resistenza media a trazione per flessione		$f_{ctm}$ [Mpa]	3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		$f_{ctk}$ [Mpa]	2.12				
Resistenza di progetto a compressione		$f_{cd}$ [Mpa]	18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse		$f_{cd'}$ [Mpa]	9.49				
<b>Acciaio</b>							
Resistenza di progetto a snervamento		$f_{yd}$ [Mpa]	391.30				

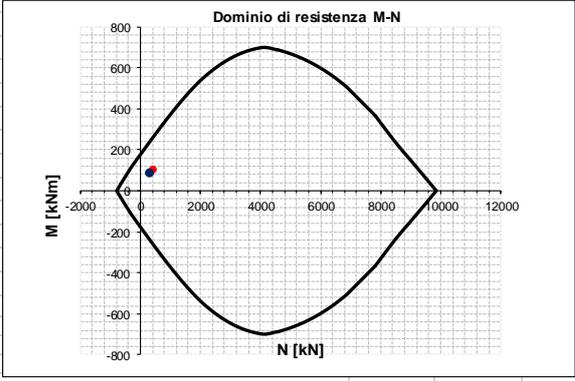
## R20171214\_Sezione\_S3

INPUT				OUTPUT			
<b>SOLLECITAZIONI DI VERIFICA</b>				<b>VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>			
<b>Combinazione</b>	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	<b>Verifica Tensionale</b>			$\sigma$ limit
SLE Quasi Permanente	-318.0	78.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] =	3.23	14.400
SLE Frequente	-333.0	87.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] =	3.84	19.200
SLE Rara	-338.0	91.0	-	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] =	73.91	360.000
SLU	-441.0	118.0	155.0	<b>Verifica di fessurazione</b>			w limit
SLV	-304.0	99.0	139.0	Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.200
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.300
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO</b>			
<b>Geometria della sezione</b>				<b>Sollecitazioni di progetto</b>			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]	155.0	
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	50	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]	-441.0	
Altezza utile della sezione		d [cm]	44	<b>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</b>			
Area di calcestruzzo		$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	5000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]	247.79	
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$	1.60	
<b>Armatura longitudinale tesa</b>	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	<b>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</b>			
Numero Barre	n	5	0	CoTan( $\theta$ ) di progetto		cotan( $\theta$ )	2.5
Diametro	$\phi$ [mm]	16	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	1365	
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.8	0.0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	749	
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	10.05	0.00	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	749	
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.227%		Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$	4.83	
<b>Armatura longitudinale compressa</b>	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	<b>VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE</b>			
Numero Barre	n	5	0	<b>Sollecitazioni di progetto</b>		SLU	SLV
Diametro	$\phi$ [mm]	16	0	Momento sollecitante	$M_{sd}$ [kNm]	118.0	99.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	5.8	0.0	Sforzo Normale concomitante	$N_{sd}$ [kN]	-441.0	-304.0
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	10.05	0.00	<b>Verifica di resistenza in termini di momento</b>		SLU	SLV
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.227%		Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	264.4	237.3
<b>Armatura trasversale</b>	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{sd}$	2.24	2.40
Diametro	$\phi$ [mm]	14	0	<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>		SLU	SLV
Numero bracci	$n_{bi}$	2.5	0	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-	-
Passo	$s_w$ [cm]	20	0	Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-	-
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90				
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	19.24	0.00				
<b>CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI</b>							
<b>Concrete</b>							
Resistenza cubica a compressione		RCK	40				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		$f_{ck}$ [Mpa]	32.00				
Resistenza cilindrica media a compressione		$f_{cm}$ [Mpa]	40.00				
Resistenza media a trazione per flessione		$f_{ctm}$ [Mpa]	3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		$f_{ctk}$ [Mpa]	2.12				
Resistenza di progetto a compressione		$f_{cd}$ [Mpa]	18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse		$f_{cd'}$ [Mpa]	9.49				
<b>Acciaio</b>							
Resistenza di progetto a snervamento		$f_{yd}$ [Mpa]	391.30				

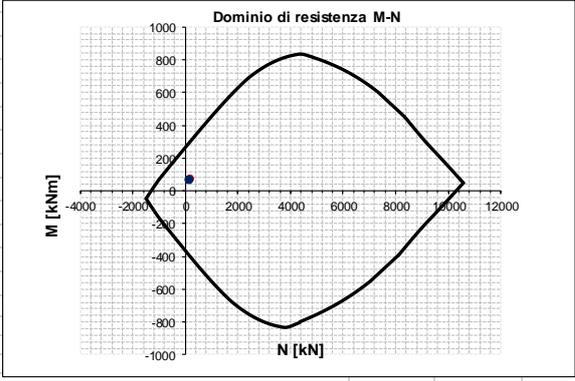
## R20171214\_Sezione\_S4

INPUT				OUTPUT			
<b>SOLLECITAZIONI DI VERIFICA</b>				<b>VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>			
<b>Combinazione</b>	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	<b>Verifica Tensionale</b>			$\sigma$ limit
SLE Quasi Permanente	-304.0	11.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] =	0.81	14.400
SLE Frequente	-323.0	15.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] =	0.97	19.200
SLE Rara	-329.0	16.0	-	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] =	-5.31	360.000
SLU	-429.0	37.0	0.0	<b>Verifica di fessurazione</b>			w limit
SLV	-317.0	12.0	0.0	Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.200
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.300
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO</b>			
<b>Geometria della sezione</b>				<b>Sollecitazioni di progetto</b>			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]	0.0	
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	50	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]	-317.0	
Altezza utile della sezione		d [cm]	44	<b>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</b>			
Area di calcestruzzo		$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	5000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]	231.35	
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$	-	
<b>Armatura longitudinale tesa</b>		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	<b>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</b>		
Numero Barre	n	5	0	0	CoTan( $\theta$ ) di progetto	cotan( $\theta$ )	
Diametro	$\phi$ [mm]	16	0	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	1347
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.8	0.0	0.0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	122
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	10.05	0.00	0.00	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	122
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.227%			Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$	-
<b>Armatura longitudinale compressa</b>		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	<b>VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE</b>		
Numero Barre	n	5	0	0	<b>Sollecitazioni di progetto</b>		
Diametro	$\phi$ [mm]	16	0	0	Momento sollecitante	$M_{sd}$ [kNm]	37.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	5.8	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante	$N_{sd}$ [kN]	-429.0
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	10.05	0.00	0.00	<b>Verifica di resistenza in termini di momento</b>		
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.227%			Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	262.0
<b>Armatura trasversale</b>		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{sd}$	7.08
Diametro	$\phi$ [mm]	8	0	0	<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>		
Numero bracci	$n_{bi}$	2.5	0	0	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-
Passo	$s_w$ [cm]	40	0	0	Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90	90	<b>Domínio di resistenza M-N</b>		
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	3.14	0.00	0.00			
<b>CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI</b>							
<b>Concrete</b>							
Resistenza cubica a compressione		RCK	40				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		$f_{ck}$ [Mpa]	32.00				
Resistenza cilindrica media a compressione		$f_{cm}$ [Mpa]	40.00				
Resistenza media a trazione per flessione		$f_{ctm}$ [Mpa]	3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		$f_{ctk}$ [Mpa]	2.12				
Resistenza di progetto a compressione		$f_{cd}$ [Mpa]	18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse		$f_{cd'}$ [Mpa]	9.49				
<b>Acciaio</b>							
Resistenza di progetto a snervamento		$f_{yd}$ [Mpa]	391.30				

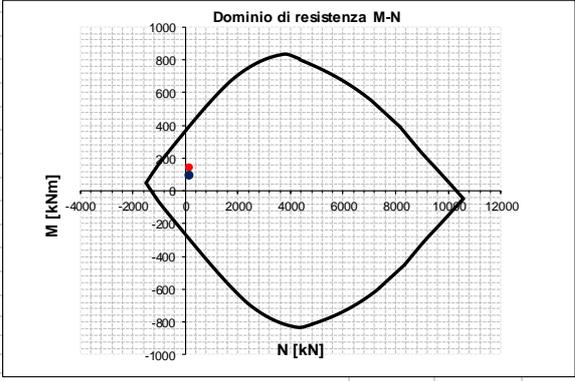
## R20171214\_Sezione\_S5

INPUT				OUTPUT			
<b>SOLLECITAZIONI DI VERIFICA</b>				<b>VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>			
<b>Combinazione</b>	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	<b>Verifica Tensionale</b>			$\sigma$ limit
SLE Quasi Permanente	-290.0	70.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] =	2.89	14.400
SLE Frequente	-312.0	79.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] =	3.38	19.200
SLE Rara	-319.0	81.0	-	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] =	59.71	360.000
SLU	-416.0	106.0	135.0	<b>Verifica di fessurazione</b>			w limit
SLV	-304.0	88.0	107.0	Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.200
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.300
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO</b>			
<b>Geometria della sezione</b>				<b>Sollecitazioni di progetto</b>			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]	135.0	
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	50	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]	-416.0	
Altezza utile della sezione		d [cm]	44	<b>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</b>			
Area di calcestruzzo		$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	5000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]	244.48	
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$	1.81	
<b>Armatura longitudinale tesa</b>				<b>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	CoTan( $\theta$ ) di progetto		cotan( $\theta$ )
Diametro	$\phi$ [mm]	16	0	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	1361
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.8	0.0	0.0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	749
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	10.05	0.00	0.00	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	749
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.227%			Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$	5.55
<b>Armatura longitudinale compressa</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	<b>Sollecitazioni di progetto</b>		
Diametro	$\phi$ [mm]	16	0	0	Momento sollecitante	$M_{sd}$ [kNm]	106.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	5.8	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante	$N_{sd}$ [kN]	-416.0
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	10.05	0.00	0.00	<b>Verifica di resistenza in termini di momento</b>		
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.227%			Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	259.4
<b>Armatura trasversale</b>				<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>			
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-
Diametro	$\phi$ [mm]	14	0	0	Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-
Numero bracci	$n_{bi}$	2.5	0	0	<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>		
Passo	$s_w$ [cm]	20	0	0	Sforzo normale resistente	$N_{sd}$ [kN]	-
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90	90	Coefficiente di sicurezza	$N_{sd}/N_{sd}$	-
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	19.24	0.00	0.00	<b>Domino di resistenza M-N</b>		
<b>CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI</b>							
<b>Concrete</b>							
Resistenza cubica a compressione		RCK	40				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		$f_{ck}$ [Mpa]	32.00				
Resistenza cilindrica media a compressione		$f_{cm}$ [Mpa]	40.00				
Resistenza media a trazione per flessione		$f_{ctm}$ [Mpa]	3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		$f_{ctk}$ [Mpa]	2.12				
Resistenza di progetto a compressione		$f_{cd}$ [Mpa]	18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse		$f_{cd'}$ [Mpa]	9.49				
<b>Acciaio</b>							
Resistenza di progetto a snervamento		$f_{yd}$ [Mpa]	391.30				

## R20171214\_Sezione\_S6

INPUT				OUTPUT			
<b>SOLLECITAZIONI DI VERIFICA</b>				<b>VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>			
<b>Combinazione</b>	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	<b>Verifica Tensionale</b>			$\sigma$ limit
SLE Quasi Permanente	-117.0	50.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] =	1.82	14.400
SLE Frequente	-121.0	56.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] =	2.11	19.200
SLE Rara	-122.0	58.0	-	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] =	56.45	360.000
SLU	-160.0	76.0	332.0	<b>Verifica di fessurazione</b>			w limit
SLV	-129.0	67.0	244.0	Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.200
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.300
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO</b>			
<b>Geometria della sezione</b>				<b>Sollecitazioni di progetto</b>			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]		332.0
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	50	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]		-160.0
Altezza utile della sezione		d [cm]	44	<b>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</b>			
Area di calcestruzzo		$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	5000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]		220.21
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$		0.66
<b>Armatura longitudinale tesa</b>				<b>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	CoTan( $\theta$ ) di progetto		cotan( $\theta$ )
Diametro	$\phi$ [mm]	20	0	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	1318
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.0	0.0	0.0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	745
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	15.71	0.00	0.00	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	745
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.357%			Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$	2.25
<b>Armatura longitudinale compressa</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	<b>Sollecitazioni di progetto</b>		
Diametro	$\phi$ [mm]	24	0	0	Momento sollecitante	$M_{sd}$ [kNm]	76.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.2	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante	$N_{sd}$ [kN]	-160.0
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	22.62	0.00	0.00	<b>Verifica di resistenza in termini di momento</b>		
Rapporto di armatura	$\rho'$ [%]	0.514%			Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	294.8
<b>Armatura trasversale</b>				<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>			
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-
Diametro	$\phi$ [mm]	14	0	0	Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-
Numero bracci	$n_{bt}$	2.5	0	0	<b>Domino di resistenza M-N</b>		
Passo	$s_w$ [cm]	20	0	0			
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90	90			
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	19.24	0.00	0.00			
<b>CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI</b>							
<b>Concrete</b>							
Resistenza cubica a compressione		RCK	40				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		$f_{ck}$ [Mpa]	32.00				
Resistenza cilindrica media a compressione		$f_{cm}$ [Mpa]	40.00				
Resistenza media a trazione per flessione		$f_{ctm}$ [Mpa]	3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		$f_{ctk}$ [Mpa]	2.12				
Resistenza di progetto a compressione		$f_{cd}$ [Mpa]	18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse		$f_{cd'}$ [Mpa]	9.49				
<b>Acciaio</b>							
Resistenza di progetto a snervamento		$f_{yd}$ [Mpa]	391.30				

## R20171214\_Sezione\_S7

INPUT				OUTPUT			
<b>SOLLECITAZIONI DI VERIFICA</b>				<b>VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>			
<b>Combinazione</b>	$N_{sd}$ [kN]	$M_{sd}$ [kNm]	$V_{sd}$ [kN]	<b>Verifica Tensionale</b>			$\sigma$ limit
SLE Quasi Permanente	-117.0	96.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	$\sigma_c$ [Mpa] =	3.24	14.400
SLE Frequente	-117.0	104.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	$\sigma_c$ [Mpa] =	3.57	19.200
SLE Rara	-117.0	106.0	-	Acciaio SLE Rara	$\sigma_s$ [Mpa] =	95.50	360.000
SLU	-116.0	146.0	0.0	<b>Verifica di fessurazione</b>			w limit
SLV	-126.0	94.0	0.0	Combinazione SLE Quasi permanente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.200
				Combinazione SLE Frequente	$w_d$ [mm] =	0.000	0.300
<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO</b>			
<b>Geometria della sezione</b>				<b>Sollecitazioni di progetto</b>			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	$V_{sd}$ [kN]	0.0	
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	50	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	$N_{sd}$ [kN]	-126.0	
Altezza utile della sezione		d [cm]	44	<b>Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica</b>			
Area di calcestruzzo		$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	5000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	$V_{Rd1}$ [kN]	240.90	
				Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd1}/V_{sd}$	-	
<b>Armatura longitudinale tesa</b>				<b>Verifica di resistenza dell'armatura specifica</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	CoTan( $\theta$ ) di progetto		cotan( $\theta$ )
Diametro	$\phi$ [mm]	24	0	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	1308
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.2	0.0	0.0	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	121
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	22.62	0.00	0.00	Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	121
Rapporto di armatura	$\rho$ [%]	0.516%			Coefficiente di sicurezza	$V_{Rd}/V_{sd}$	-
<b>Armatura longitudinale compressa</b>				<b>VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE</b>			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO			
Numero Barre	n	5	0	0	<b>Sollecitazioni di progetto</b>		
Diametro	$\phi$ [mm]	20	0	0	Momento sollecitante	$M_{sd}$ [kNm]	146.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.0	0.0	0.0	Sforzo Normale concomitante	$N_{sd}$ [kN]	-116.0
Area strato	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	15.71	0.00	0.00			
Rapporto di armatura	$\rho'$ [%]	0.359%					
<b>Armatura trasversale</b>				<b>Verifica di resistenza in termini di momento</b>			
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO			
Diametro	$\phi$ [mm]	8	0	0	Momento resistente	$M_{Rd}$ [kNm]	387.9
Numero bracci	$n_{bi}$	2.5	0	0	Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{sd}$	2.66
Passo	$s_w$ [cm]	40	0	0			
Inclinazione	$\alpha$ [deg]	90	90	90	<b>Verifica di resistenza in termini di sforzo normale</b>		SLU
Area armatura a metro	$A_{sw}/s_w$ [cm <sup>2</sup> /m]	3.14	0.00	0.00	Sforzo normale resistente	$N_{Rd}$ [kN]	-
					Coefficiente di sicurezza	$N_{Rd}/N_{sd}$	-
<b>CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI</b>							
<b>Concrete</b>							
Resistenza cubica a compressione		RCK	40				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		$f_{ck}$ [Mpa]	32.00				
Resistenza cilindrica media a compressione		$f_{cm}$ [Mpa]	40.00				
Resistenza media a trazione per flessione		$f_{ctm}$ [Mpa]	3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		$f_{ctk}$ [Mpa]	2.12				
Resistenza di progetto a compressione		$f_{cd}$ [Mpa]	18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse		$f_{cd'}$ [Mpa]	9.49				
<b>Acciaio</b>							
Resistenza di progetto a snervamento		$f_{yd}$ [Mpa]	391.30				