

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

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

Relazione di calcolo sottopasso

SCALA:

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

N M 0 Z 1 0 D 2 6 C L S L 0 3 0 0 0 0 1 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. Sacchi Novembre 2018 	Novembre 2018

ITALFERR - UD INFRASTRUTTURE NORD  
Dott. Ing. Francesco Sacchi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23172 Sez. A

File: NM0Z10D26CLSL030001A

n. Elab.:

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>12</b>
	7.1 PESO PROPRIO.....	12
	7.2 PERMANENTI PORTATI.....	12
	7.3 SPINTA DEL TERRENO .....	13
	7.4 CARICHI MOBILI.....	13
	7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico.....	13
	7.4.2 Disposizione dei convogli.....	14
	7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI.....	16
	7.6 SERPEGGIO.....	17
	7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA .....	17
	7.8 VARIAZIONI TERMICHE.....	17
	7.9 AZIONI SISMICHE .....	17
	7.10RITIRO .....	19
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE .....</b>	<b>24</b>
	9.1 CRITERI DI VERIFICA .....	24
	9.2 VERIFICA SEZIONE 1: Soletta Inferiore_Nodo Piedritto.....	27
	9.2.1 Presso-Flessione .....	27
	9.2.2 Taglio.....	27
	9.2.3 Fessurazione .....	29
	9.3 VERIFICA SEZIONE 2: Soletta Inferiore_Mezzeria.....	31
	9.3.1 Presso-Flessione .....	31
	9.3.2 Taglio.....	31
	9.3.3 Fessurazione .....	33
	9.4 VERIFICA SEZIONE 3: Piedritto_ Nodo Soletta Superiore .....	35
	9.4.1 Presso-Flessione .....	35
	9.4.2 Taglio.....	43
	9.4.3 Fessurazione .....	44
	9.5 VERIFICA SEZIONE 6: Piedritto_ Nodo Soletta Inferiore.....	46
	9.5.1 Presso-Flessione .....	46
	9.5.2 Taglio.....	55
	9.5.3 Fessurazione .....	56
	9.6 VERIFICA SEZIONE 4: Soletta Superiore_ Nodo Piedritto .....	58
	9.6.1 Presso-Flessione .....	58
	9.6.2 Taglio.....	67
	9.6.3 Fessurazione .....	68



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0300001	REV. A	FOGLIO 3 di 95
--	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

9.7 VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore\_ Mezzeria .....70

    9.7.1 Presso-Flessione .....70

    9.7.2 Taglio.....79

    9.7.3 Fessurazione .....80

9.8 RIEPILOGO VERIFICHE.....82

**10 VERIFICHE LONGITUDINALI ..... 86**

**11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO..... 90**

    11.1Tratto nuovo sottopasso .....91

    11.2Tratto di imbocco .....92

    11.3Verifica sollevamento in fase di esercizio .....94

## 1 PREMESSA

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

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



Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dell’opera principale SL03 – *Prolungamento sottovia via Cascina Pizzabrasa al km 10+102.20.*

## 2 DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare, utilizzabile per attraversamenti ferroviari, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	14.20	m
Altezza totale	Htot	7.70	m
Spessore soletta superiore	ss	1.00	m
Spessore piedritti	sp	1.10	m
Spessore soletta inferiore	sf	1.10	m
Luce libera	Lint	12.00	m
Altezza libera	Hint	5.60	m

Tabella 1

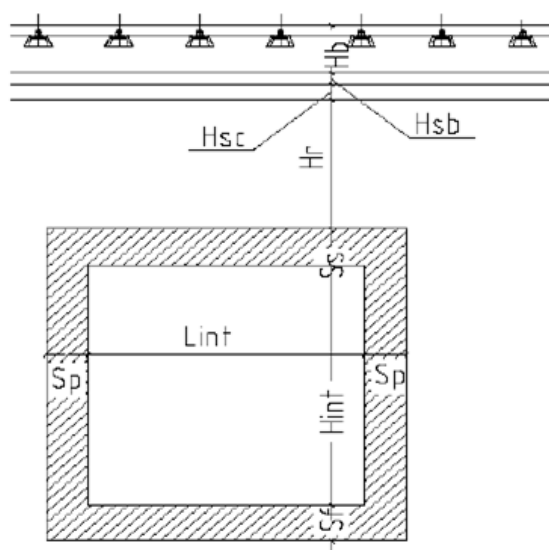


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Si è tenuto conto della nuova zonazione sismica emanata tramite il D.M. 14.1.2008.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità  $\phi$  dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente=spessore piedritto/cos $\phi$ ). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.




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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	6 di 95

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.00	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

Si trascura a favore di sicurezza la presenza del riempimento interno.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>												
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0300001</td> <td>A</td> <td>7 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	7 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	7 di 95								

### 3 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;
- RFIDTC SI MA IFS 001 B: "Manuale di progettazione delle opere civili" del 22/12/2017.
- RFIDTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.

Riferimenti STI:

- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea;
- Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;
- Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "energia" del sistema ferroviario dell'Unione europea;
- Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la "sicurezza nelle gallerie ferroviarie" del sistema ferroviario dell'Unione europea;
- Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea.



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	8 di 95

## 4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico



## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nei calcoli sono riportate nelle successive tabelle. Per il calcestruzzo, cautelativamente, si assume una classe di resistenza C28/35, a fronte della C30/37 con cui sarà realizzata l'opera.

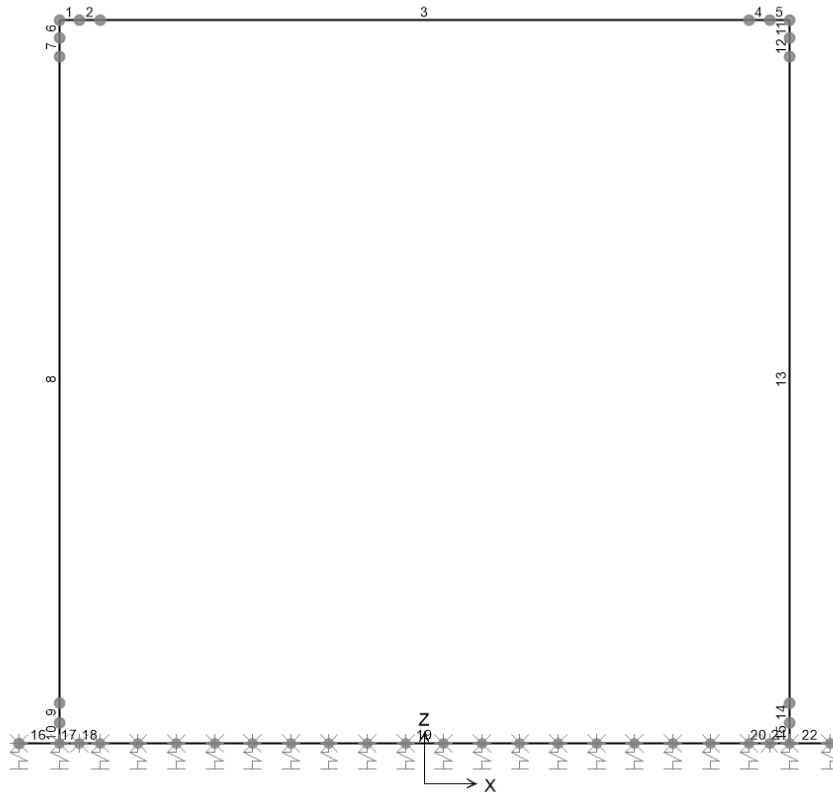
Calcestruzzo			
Classe	C28/35		Classe di Resistenza
fck	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	35		Resistenza cubica caratteristica
fcm	36	MPa	Resistenza cilindrica media
fctm	2.76626	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctk	1.93638	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fcfm	3.31951	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32308.2	MPa	Modulo Elastico
$\nu$ Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
$\alpha\Delta T$	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
$\alpha\chi\chi$	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma\chi$	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	15.8667	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.29092	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\sigma\tau$	2.30522	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
$\sigma\chi$ limite	12.6	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
$\sigma\chi$ limite	16.8	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Acciaio Armature B450C			
fynom.	450	MPa	Tensione nominale di snervamento a trazione
ftnom.	540	MPa	Tensione nominale di rottura a trazione
fyk	450	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
Ecm	206000	MPa	Modulo Elastico
$\gamma\sigma$	1.15		coeff. parziale di sicurezza
fyd	391.304	MPa	Resistenza di calcolo
$\sigma\sigma$ limite	360	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Per la classe di esposizione del calcestruzzo, la consistenza e il rapporto acqua/cemento si faccia riferimento alle tabelle riportate negli elaborati grafici.

## 6 MODELLO DI CALCOLO

Nella figura seguente è riportato il modello di calcolo utilizzato per le analisi.



**Figura 6-1 - Modello di calcolo**

Per ottenere le sollecitazioni sulla struttura è stato realizzato un modello agli e.f. schematizzando la struttura mediante un telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Le caratteristiche geometriche delle membrature resistenti e le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzate nella modellazione sono riportate nel paragrafo 2. Per analizzare l'interazione con il terreno, la soletta inferiore è stata vincolata allo stesso mediante molle verticali.

Per la definizione delle precedenti costanti si è fatto riferimento alla caratterizzazione geotecnica fornitaci.

Nella seguente tabella sono riassunti i valori delle caratteristiche del terreno assunti.

ZONA	SONDAGGI DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO
6	PNMP21P03	da 0 a 40m	S
	e		
	DHNMOZP03		

$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]		$\phi'$ [°]	$\phi'$ [°]	$E'_{op}$ [MPa]		$V_s$ [m/s]		categoria terreno	$G_0$ [MPa]	
		max	min			laboratorio	scelto	max	min		max	min
19	15	30	21	30	29	54	3	363	140	C	257	39

**Tabella 6**

La falda è situata a quota 89.91 m s.l.m., si veda l'ultimo capitolo per la verifica al sollevamento del fondo scavo.

Per la valutazione del coefficiente di sottofondo è stata utilizzata la seguente espressione:

$$k=k_1 [(B+b)/(2B)]^2$$

dove:

- B è la larghezza della fondazione;
- b è 30 cm;
- $k_1$  è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/cm<sup>3</sup>).

La rigidità delle molle in corrispondenza dei piedritti è stata aumentata, seguendo le indicazioni riportate nella letteratura tecnica, al fine di tenere in conto l'irrigidimento apportato dai piedritti al solettone di fondo.

Il valore assunto per il coefficiente di sottofondo è riportato nella successiva tabella.

<b>Coefficiente di Sottofondo</b>			
valore limite di estremità	KESTR	15640.5	kN/m3
valore limite di mezzeria	kMEZZ	7820.249	kN/m3

## 7 ANALISI DEI CARICHI

Nei successivi paragrafi si riportano, sotto forma tabellare, i valori dei carichi caratteristici assunti nel calcolo nonché il nome dell' "Analysis Case" a cui il carico è associato.

### 7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando un peso in volume del c.a. pari a  $\gamma_{cls} = 25$  kN/m<sup>3</sup>.

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	25	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	27.5	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	27.5	kN/m

Tabella 8

### 7.2 PERMANENTI PORTATI

Di seguito sono stati riassunti i valori dei carichi permanenti portati che competono la soletta superiore e inferiore:

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	$\gamma$	18	kN/m <sup>3</sup>
Sub Ballast	$\gamma$	20	kN/m <sup>3</sup>
Ricoprimento	$\gamma$	20	kN/m <sup>3</sup>
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>
<b>Permanenti totali (striscia di 1m)</b>		14.75	kN/m

Tabella 9

Permanente Portato soletta inf. Analysis Case: PERM			
Riempimento	$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>
Massetto	$\gamma$	15	kN/m <sup>3</sup>
Pavimento	$\gamma$	20	kN/m <sup>3</sup>
0	$\gamma$	0	kN/m <sup>3</sup>
<b>Permanenti totali (striscia di 1m)</b>		0.00	kN/m

Tabella 10

### 7.3 SPINTA DEL TERRENO

Una volta definito se la spinta sia prodotta dal rilevato ferroviario o dal terreno in sito non scavato (nel caso di scatolare completamente interrato) il calcolo della spinta è stato eseguito a partire dal coefficiente di spinta a riposo calcolato con la formula  $K_0 = 1 - \sin\phi'$  dove  $\phi'$  è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

Si assume una distribuzione lineare per l'andamento delle pressioni a tergo della parete. Nella successiva figura si riportano le caratteristiche meccaniche del terreno che costituisce il rinterro nonché il valore della pressione sul solettone superiore e inferiore.

N.B. in tale caso si assume che a spingere sia il terreno in sito.

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	$\phi$	29	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	7.70	m
Peso di Volume Efficace	$\gamma$	9	kN/m <sup>3</sup>
Coeff. Di spinta a riposo	$k_0$	0.51519	
Pressione in asse sol. sup.	PH	9.92	kN/m <sup>2</sup>
Pressione in asse sol. inf.	P0	40.75	kN/m <sup>2</sup>

### 7.4 CARICHI MOBILI


#### 7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico

Considerando una diffusione 4:1 nel ballast e 1:1 nel sub ballast, super compattato, rinterro e all'interno del c.l.s., si è ottenuta, arrivando fino all'asse della soletta superiore, la seguente larghezza di diffusione trasversale.

DIFFUSIONE TRASVERSALE SU SOLETTONE SUP.				
	Ripartizione	Diffus.	h [m]	Larg. Diff.
Ballast+Armamento	1/4	0.25	0.35	0.0875
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.00	0
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.50	0.5
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.68	m

Nella precedente tabella si assume come larghezza di diffusione massima l'interasse tra i binari, in questo modo può essere considerato sempre il caso di singoli binari carichi.

Per il calcolo del coefficiente dinamico è stato applicato quanto è riportato al paragrafo 1.4.2 delle istruzioni per la progettazione ed esecuzione dei ponti ferroviari. In particolare per il calcolo della "luce caratteristica"  $L\phi$  si fa riferimento al Caso 5 della tabella 1.4.2.5.3-1 delle istruzioni. Si ipotizza uno

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>												
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0300001</td> <td>A</td> <td>14 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	14 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	14 di 95								

standard manutentivo normale inoltre in funzione dell'altezza di ricoprimento il coefficiente di incremento dinamico è stato opportunamente ridotto.  
Il valore assunto per il coefficiente di incremento dinamico è riportato nelle successive tabelle.

#### 7.4.2 Disposizione dei convogli

I modelli di carico considerati per la struttura sono il treno di carico LM71 ed il treno SW/2.  
Per entrambi i convogli sono state considerate le posizioni che massimizzano le sollecitazioni nei vari elementi costituenti la struttura (Cfr. figure seguenti)  
Per il treno di carico LM71 è stato considerato il carico equivalente alle 4 forze concentrate di 250 kN pari a:

$$q_{eq, locomotore, LM71} = 250 \times 4 / 6.4 = 156.25 \text{ kN/m}$$

Tale carico è disposto su 6.4m (vedere schema seguente).

Per le zone non interessate dal locomotore è stato considerato un carico pari a:

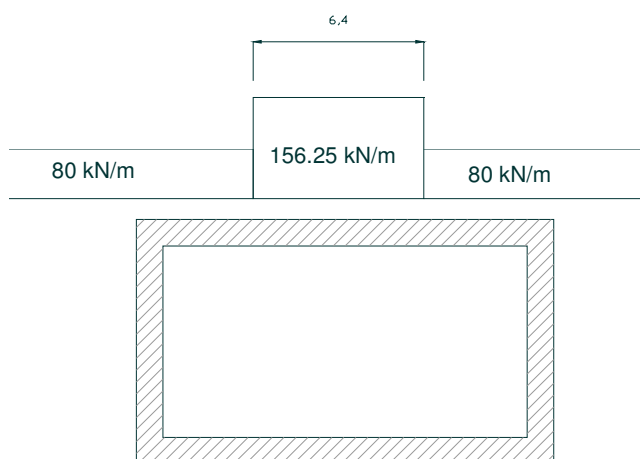
$$q_{LM71} = 80 \text{ kN/m}$$

Per il treno di carico SW2 si considerano due carichi distribuiti:

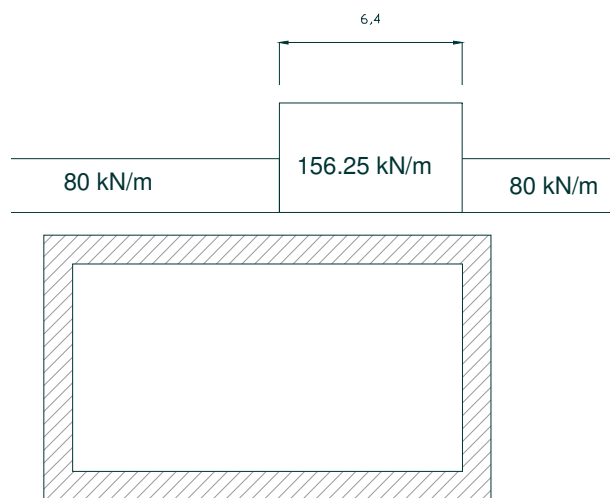
$$q_{SW2} = 150 \text{ kN/m}$$

entrambi distribuiti su 25 m e distanti tra loro di 7m.

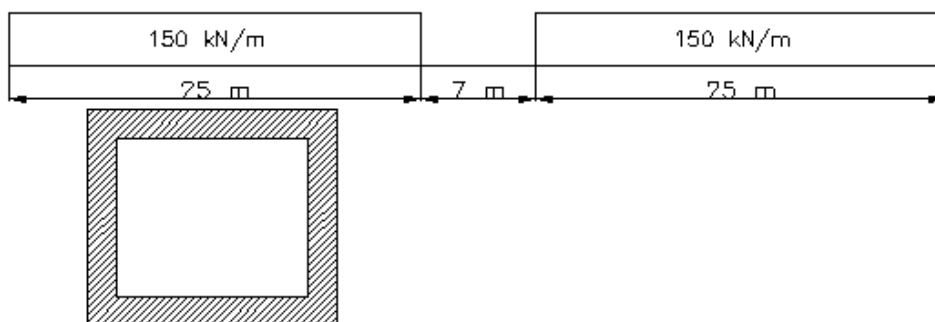
I carichi descritti sono stati ripartiti sulla larghezza di diffusione trasversale precedentemente calcolata e ad essi è stato applicato il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .



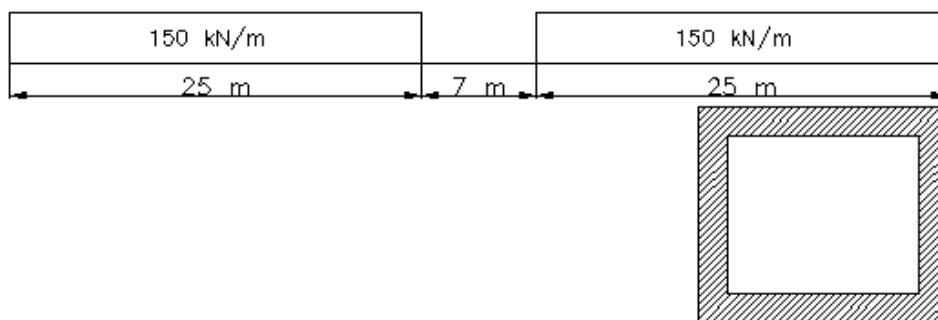
**Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)**



**Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)**



**Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)**



**Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)**

Nella successiva tabella e figura si indica, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, la discretizzazione del carico sul modello di calcolo.

Carico Variabile su solettone superiore			
Coefficiente di Adattamento	$\alpha$	1	
Luce caratteristica	$L_f$	11.44	m
Coefficiente dinamico	$\Phi$	1.27	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	3	m
	L2	6	m
	L3	9	m

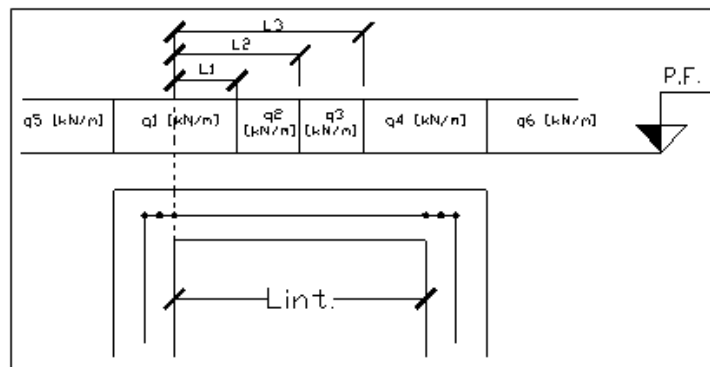


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	51.75	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	51.75	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	51.75	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	51.75	kN/m

A favore di sicurezza si trascura la presenza del carico accidentale stradale sulla soletta inferiore.

## 7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI

Per il generico treno di carico è stata considerata la spinta sulle pareti sinistra/destra dovuta alla presenza del sovraccarico stesso. La spinta è congruente con il modello di carico assunto sul solettone superiore. Nella successiva tabella si riporta, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, l'intensità della spinta, avente diagramma rettangolare.



Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.68	m
q5 ad estradosso soletta	q5	56.07	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	56.07	kN/m2
Spinta su piedritto sx	q05_sx	28.89	kN/m2
Spinta su piedritto dx	q06_dx	28.89	kN/m2

## 7.6 SERPEGGIO

L'azione indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata, applicata alla sommità della rotaia perpendicolare all'asse del binario. Il valore caratteristico di questa forza è pari a  $Q_{sk}=100$  KN.

L'adozione di un modello piano di analisi, ottenuto considerando una striscia unitaria parallela alla rotaia, giustifica l'aver trascurato tale sollecitazione poiché ortogonale all'asse del binario.

## 7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA

Come prescritto si considera, per ogni treno, l'azione più gravosa tra avviamento e frenatura ripartita sulla larghezza di diffusione trasversale al piano medio della soletta superiore.

Frenatura su soletta sup. Analysis Case: FREN			
Frenatura /Avviamento	ql_b/a, k	35	kN/m
Fren. /Avv. Distribuita trasv.	qdist.l_b/a, k	13.08	kN/m2

## 7.8 VARIAZIONI TERMICHE

È costituita da una variazione termica uniforme e da un gradiente lineare applicato al solo solettone superiore. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica. Nella successiva tabella si riportano i valori applicati al caso specifico.


Azioni Termiche Analysis Case: TEMP/TEMPFARF			
Var. di temperatura uniforme	$\Delta T_{\text{unif}}$	+/- 15	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	$\Delta T_{\text{grad}}$	+/- 5	°C

## 7.9 AZIONI SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . In questo modo si definiscono le componenti inerziali verticali e orizzontali. Per i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali si usano le seguenti espressioni:

$$K_h = a_{max}/g \quad ; \quad K_v = \pm K_h$$

Definite vita nominale dell'opera e coefficiente d'uso è possibile, in base alla classificazione sismica del territorio nazionale fatta dal D.M. 14.01.2008, definire per il generico stato limite di verifica il parametro

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>					
	SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0300001	REV. A

a.g. Nelle successive tabelle si riportano i parametri necessari a definire l'azione sismica nonché l'intensità della stessa.

<b>Carichi Sismici</b>			
Vita Nominale dell'opera	VN	75	anni
Coefficiente D'uso	Cu	1.5	
Periodo di riferimento	VR	112.5	anni
Probabilità di Superamento Evento	PVR	10	
Periodo di Ritorno	TR	1068	anni
Acc. orizzontale di picco al sito	ag	0.07	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.624	
<i>CATEGORIA SOTTOSUOLO</i>		C	
<i>CATEGORIA TOPOGRAFICA</i>		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	<b>Ss</b>	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	<b>ST</b>	1	
$amax = Ss \times ST \times ag$	amax	0.105	g

Gli effetti della azione sismica sono stati calcolati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:  $G1+G2+0,2xQki$ .

Potendo assegnare un carico variabile da traffico non uniforme sul traverso, anche l'azione sismica manterrà tale disuniformità. Di seguito si riportano le azioni sismiche orizzontali e verticali applicate su traverso e piedritti.

<b>Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H</b>			
Coefficiente Sismico Orizzontale	<b>Kh</b>	0.105	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0.2xq1$		50.10	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		50.10	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		50.10	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		50.10	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		5.3	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		5.3	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		5.3	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		5.3	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Lateral</i>			
G1		27.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Lateral</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		2.9	kN/m

<b>Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V</b>			
Coefficiente Sismico Verticale	<b>Kv</b>	0.0525	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		50.10	kN/m
G1+G2+0.2xq2		50.10	kN/m
G1+G2+0.2xq3		50.10	kN/m
G1+G2+0.2xq4		50.10	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.6	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.6	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.6	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.6	kN/m

Per completare l'azione sismica si definisce l'incremento di spinta delle terre sotto sisma. Questa è stata definita applicando la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$$


Tale risultante è stata assunta come distribuita sull'altezza del piedritto e agente su uno solo dei due piedritti.

<b>Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx</b>			
Altezza Totale	Htot	7.70	m
Peso di Volume	$\gamma$	19	kN/m <sup>3</sup>
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	$a_{max}$	0.105	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	$\Delta SE$	118.28	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	$DSE / H$	21.12	kN/m <sup>2</sup>

## 7.10 RITIRO

Gli effetti del ritiro trasversale sul solettone superiore sono stati modellati con una variazione termica equivalente applicata allo stesso.

<b>Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO</b>			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	$t_s$	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	$t_0$	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	$t$	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	$h_0$	2000	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000191	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.000236	
Var. Termica equivalente al ritiro	$\Delta T_{ritiro}$	-5.9	°C

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>												
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0300001</td> <td>A</td> <td>21 di 95</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	21 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	21 di 95								

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono state effettuate secondo quanto prescritto dal D.M.14.01.2008 e dalle istruzioni ferroviarie.

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Sismica (SLU):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

ed  $E_x$  e  $E_y$  sono le componenti della azione sismica orizzontale e verticale.

Gli effetti dei carichi verticali, generati dalla presenza dei convogli, sono combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, utilizzando i coefficienti indicati in tabella. Per ogni gruppo di carico si definisce una azione dominante considerata per intero, per le altre azioni si assume una aliquota del valore caratteristico.

I gruppi, così come definiti, vanno applicati ad ogni treno di carico considerato per la verifica.

Gruppo di carico considerati	Verticali	Frenatura avviamento
Gruppo 1.1	1.0	0
Gruppo 3.1	1.0	1.0
Gruppo 3.2	0.5	1.0
Gruppo 4 (Fessurazione)	0.8	0.8

I gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come  $Q_{ki}$ . Queste sono combinate con i valori caratteristici delle azioni permanenti (portati e portanti), i carichi variabili non associati al traffico e alla azione sismica adottando i coefficienti di combinazione riportati nelle successive tabelle.

In questo modo si ottengono le sollecitazioni di progetto con cui effettuare le verifiche per lo stato limite considerato.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(7)</sup>	0,20 <sup>(7)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

In particolare per il calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione *A1 STR*.


Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente  $\psi$  pari a 0.2 coerentemente all'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

<b>Riepilogo Analisis Case Considerati</b>		
Peso Proprio elementi Strutturali	PP	<b>G1</b>
Permanenti portati (non strutturali)	PERM	<b>G2</b>
Spinta riempimento su piedritto sx	SPTERRA_sx	
Spinta riempimento su piedritto dx	SPTERRA_dx	
Spinta Idrraulica in caso di falda	SPIDRAUL	
Ritiro	RITIRO	<b>P</b>
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1A	<b>Qtraffico</b>
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1B	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto sx	Q1AKOSX	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto dx	Q1AKODX	
Frenatura	FREN	
Variazione termica uniforme su solettone sup.	TEMP	<b>Qtemp.</b>
Gradiente termico su solettone sup.,inf. e su piedritti	TEMPFARF	
Incremento spinta sotto sisma su piedritto sx	DSe_sx	<b>E</b>
Incremento spinta sotto sisma su piedritto dx	DSe_dx	
Componente orizzontale azione sismica	Sis_H	
Componente verticale azione sismica	Sis_V	

Le combinazioni di carico sono riportate negli allegati.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>												
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0300001</td> <td>A</td> <td>24 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	24 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	24 di 95								

## 9 VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE

### 9.1 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza degli elementi in c.a. sono state condotte con il metodo degli Stati Limite. L'unità di misura adottata per le forze, momenti e tensioni saranno di volta in volta indicate.

#### COPRIFERRI ADOTTATO

c=5.0 cm

#### STAZIONI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza a flessione vengono eseguite nei nodi a  $\frac{1}{4}$  dello spessore dell'elemento (misurato a partire dal punto in cui convergono gli assi dei due frame), mentre a taglio e a fessurazione sul filo dell'elemento (ossia  $\frac{1}{2}$  dello spessore).

Nella successiva figura vengono rappresentate le sezioni dimensionate e verificate dello scatolare.

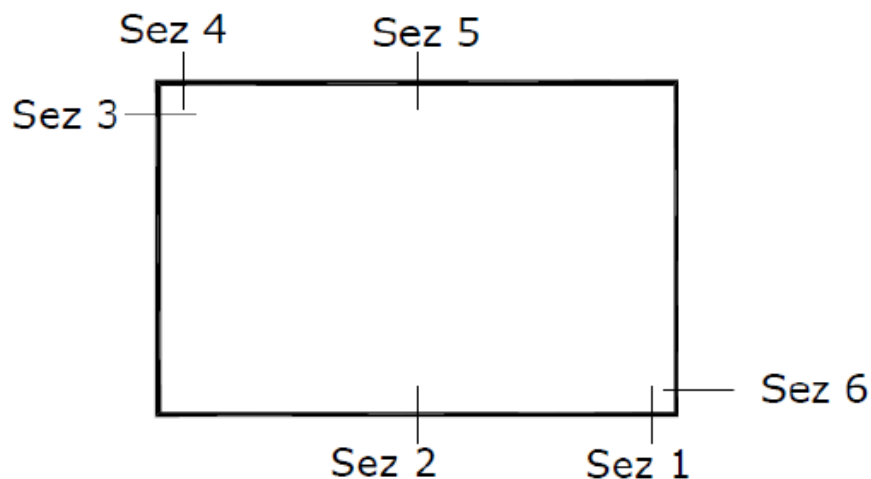


Figura 9-1 - Sezioni di verifica



### VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

La verifica secondo il metodo degli stati limite si basa sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Calcestruzzo non resistente a trazione;
- Perfetta aderenza acciaio-c.l.s.

Il controllo eseguito consiste nel verificare che lo stato di sollecitazione ( $N_{sd}$ ,  $M_{sd}$ ) sia interno alla frontiera del dominio di rottura della sezione tracciata nel piano Nrd-Mrd. Ciò viene fatto definendo due coefficienti di sicurezza o meglio due percorsi di carico che portano a rottura. Il primo è quello a sforzo normale  $N=N_{sd}$  costante il secondo è quello a rapporto  $M/N=M_{sd}/N_{sd}$  costante.

Il **coefficiente di sicurezza c.s.** rappresenta il rapporto tra la lunghezza del segmento che, per il fissato percorso di carico, collega l'origine del piano Nrd-Mrd ad un punto della frontiera e il segmento che, per lo stesso percorso, individua lo stato di sollecitazione applicato alla sezione.

La verifica è rispettata se  $c.s. \geq 1$ .

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

$\epsilon_{cu1}$	$\epsilon_{cu2}$
0.200%	0.350%

Acciaio:

$\epsilon_{ys}$	$\epsilon_{us}$	$\alpha_s$	$\epsilon_{ud}$
0.196%	1.000%	1	1.000%

### VERIFICHE ALLO SLU: Taglio

La resistenza a taglio  $V_{rd}$  è stata definita inizialmente pensando il generico elemento privo di armatura specifica a taglio. Qualora necessario ( $V_{rd} < V_{sd}$ ) è stata aggiunta l'apposita armatura e ricalcolato il  $V_{rd}$ . Si riporta di seguito uno stralcio del D.M.14.01.2008 in cui sono indicate le relazioni con cui la  $V_{rd}$  è stata definita.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove  $d$ ,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

$A_{sw}$	area dell'armatura trasversale;	
$s$	interasse tra due armature trasversali consecutive;	
$\alpha$	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;	
$f'_{cd}$	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$ );	
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo pari a	
	1	per membrature non compresse
	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
	1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
	$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

### VERIFICHE A FESSURAZIONE

Le verifiche a fessurazione sono state condotte utilizzando le espressioni riportate nella "Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C". In particolari sono stati assunti i seguenti coefficienti:

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$k_2 = 0,4$$

$$f_{ctk} = \sigma_t = 2.305 \text{ MPa}; \text{ tensione di trazione limite per la formazione delle fessure.}$$

La classe di esposizione dello scatolare rientra nelle condizioni ambientali aggressive inoltre l'opera è in c.a. ordinario si utilizza pertanto una armatura definita poco sensibile.

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

- Combinazione Rara;
- Armatura poco sensibile;
- Ambiente aggressivo.

Secondo quanto riportato nell'istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari l'ampiezza massima delle fessure deve essere inferiore a  $w_1 = 0.20\text{mm}$ .

Vengono riportate di seguito per ogni sezione i tabulati delle verifiche in resistenza condotte secondo quanto sopra specificato.

I valori delle resistenze di progetto di acciaio e c.l.s. assunte nei calcoli sono quelle riportate nel paragrafo relativo ai materiali.

## 9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE\_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	110

### Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
10	32	80.42	9.4
5	32	40.21	9.4
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

### Armatura sup A's

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

### 9.2.1 Presso-Flessione

Per come è stato modellato lo scatolare la sezione risulta per lo più inflessa. Si riportano quindi le verifiche per il valore max. e min. del momento flettente applicato. Inoltre in tale caso si ha un solo possibile percorso di carico.

Si riportano le caratteristiche della armatura e il tabulato delle verifiche:

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	2048	4228.0	<b>2.06</b>
2	0	279	4228.0	<b>15.15</b>

### 9.2.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spille  $\phi$  12 /20x20).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	110	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\emptyset_{sup}$	26	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\emptyset_{inf}$	32	
Diametro ferro ortogonale	$\emptyset_{ferro\ ortogonale}$	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\emptyset_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	$\theta$	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° <sub>st.</sub> /m	5	1/m
Asw	770	mm <sup>2</sup>
ctg $\theta$	1	
ctg $\alpha$	0	
z = 0.9d	921	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd_y</sub>	VR <sub>sd_y</sub>	VR <sub>d_y</sub>	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>G3_1_57</b>	<b>931.6</b>	<b>0.0</b>			<b>3641.4</b>	<b>1387.1</b>	<b>1383.0</b>	<b>1.485</b>

### 9.2.3 Fessurazione

	<b>Formazione</b>	<b>ss</b>	<b>ssr</b>	<b>k3</b>	<b>Aeff</b>	<b>s</b>	<b>srm</b>	<b>esm</b>	<b>wm</b>	<b>wd</b>	
	<b>fessure</b>	<b>[MPa]</b>	<b>[MPa]</b>	<b>[-]</b>	<b>[mm<sup>2</sup>]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[-]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	
1	Fessurata	-101	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.075	0.128	Verificato
2	Fessurata	-104	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.079	0.135	Verificato
3	Fessurata	-105	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.081	0.138	Verificato
4	Fessurata	-102	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.077	0.131	Verificato
5	Non fessurata	0	-42	0.125							
6	Non fessurata	0	-45	0.125							
7	Non fessurata	0	-47	0.125							
8	Non fessurata	0	-44	0.125							
9	Fessurata	-98	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.071	0.121	Verificato
10	Fessurata	-101	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.075	0.128	Verificato
11	Fessurata	-102	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.077	0.131	Verificato
12	Fessurata	-99	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.073	0.124	Verificato
13	Non fessurata	0	-40	0.125							
14	Non fessurata	0	-43	0.125							
15	Non fessurata	0	-44	0.125							
16	Non fessurata	0	-41	0.125							
17	Non fessurata	0	-53	0.125							
18	Non fessurata	0	-56	0.125							
19	Non fessurata	0	-57	0.125							
20	Non fessurata	0	-54	0.125							
21	Non fessurata	0	-50	0.125							
22	Non fessurata	0	-53	0.125							
23	Non fessurata	0	-54	0.125							
24	Non fessurata	0	-51	0.125							
25	Fessurata	-72	-80	0.125	318000	100	218	0.0001	0.031	0.053	Verificato
26	Fessurata	-75	-80	0.125	318000	100	218	0.0002	0.034	0.058	Verificato
27	Fessurata	-76	-80	0.125	318000	100	218	0.0002	0.037	0.062	Verificato
28	Fessurata	-73	-80	0.125	318000	100	218	0.0001	0.032	0.054	Verificato
29	Non fessurata	0	-42	0.125							
30	Non fessurata	0	-45	0.125							
31	Non fessurata	0	-47	0.125							
32	Non fessurata	0	-44	0.125							
33	Fessurata	-69	-80	0.125	318000	100	218	0.0001	0.030	0.051	Verificato
34	Fessurata	-72	-80	0.125	318000	100	218	0.0001	0.031	0.053	Verificato
35	Fessurata	-73	-80	0.125	318000	100	218	0.0001	0.032	0.054	Verificato
36	Fessurata	-70	-80	0.125	318000	100	218	0.0001	0.031	0.052	Verificato
37	Non fessurata	0	-40	0.125							
38	Non fessurata	0	-43	0.125							
39	Non fessurata	0	-44	0.125							
40	Non fessurata	0	-41	0.125							
41	Non fessurata	0	-48	0.125							
42	Non fessurata	0	-51	0.125							



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrosa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	30 di 95

43	Non fessurata	0	-52	0.125							
44	Non fessurata	0	-49	0.125							
45	Non fessurata	0	-45	0.125							
46	Non fessurata	0	-48	0.125							
47	Non fessurata	0	-49	0.125							
48	Non fessurata	0	-46	0.125							
49	Fessurata	-101	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.075	0.128	Verificato
50	Fessurata	-104	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.079	0.135	Verificato
51	Fessurata	-105	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.081	0.138	Verificato
52	Fessurata	-102	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.077	0.131	Verificato
53	Fessurata	-98	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.071	0.121	Verificato
54	Fessurata	-101	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.075	0.128	Verificato
55	Fessurata	-102	-80	0.125	318000	100	218	0.0004	0.077	0.131	Verificato
56	Fessurata	-99	-80	0.125	318000	100	218	0.0003	0.073	0.124	Verificato

### 9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE\_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	110

#### 9.3.1 Presso-Flessione

Analogamente alla sezione S1 si riportano le verifiche per i soli valori max e min. del momento flettente. Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	18	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
10	32	80.42	9.4
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-500	-3804.2	<b>7.61</b>
2	0	-1491	-3804.2	<b>2.55</b>

#### 9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	32 di 95

Nome Combinazione	V <sub>E<sub>d</sub></sub>	N <sub>E<sub>d</sub></sub>	$\sigma_{cp}$	V <sub>R<sub>d,c</sub></sub>	V <sub>R<sub>cd,y</sub></sub>	V <sub>R<sub>sd,y</sub></sub>	V <sub>R<sub>d,y</sub></sub>	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>G3_1_1</b>	<b>170.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>334.7</b>				<b>1.964</b>



### 9.3.3 Fessurazione

	<b>Formazione</b>	<b>ss</b>	<b>ssr</b>	<b>k3</b>	<b>Aeff</b>	<b>s</b>	<b>srm</b>	<b>esm</b>	<b>wm</b>	<b>wd</b>
	<b>fessure</b>	<b>[MPa]</b>	<b>[MPa]</b>	<b>[-]</b>	<b>[mm<sup>2</sup>]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[-]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>
1	Fessurata	-101	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.070	0.119
2	Fessurata	-99	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.066	0.113
3	Fessurata	-98	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.065	0.110
4	Fessurata	-100	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.069	0.117
5	Non fessurata	0	-60	0.125						
6	Non fessurata	0	-58	0.125						
7	Non fessurata	0	-57	0.125						
8	Non fessurata	0	-59	0.125						
9	Fessurata	-104	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.074	0.126
10	Fessurata	-101	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.070	0.119
11	Fessurata	-100	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.068	0.116
12	Fessurata	-103	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.072	0.123
13	Non fessurata	0	-63	0.125						
14	Non fessurata	0	-60	0.125						
15	Non fessurata	0	-59	0.125						
16	Non fessurata	0	-62	0.125						
17	Fessurata	-101	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.070	0.119
18	Fessurata	-99	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.066	0.113
19	Fessurata	-98	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.065	0.110
20	Fessurata	-100	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.069	0.117
21	Fessurata	-104	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.074	0.126
22	Fessurata	-101	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.070	0.119
23	Fessurata	-100	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.068	0.116
24	Fessurata	-103	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.072	0.123
25	Fessurata	-81	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.037	0.063
26	Fessurata	-78	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.035	0.059
27	Fessurata	-77	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.034	0.058
28	Fessurata	-80	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.035	0.060
29	Non fessurata	0	-60	0.125						
30	Non fessurata	0	-58	0.125						
31	Non fessurata	0	-57	0.125						
32	Non fessurata	0	-59	0.125						
33	Fessurata	-83	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.041	0.070
34	Fessurata	-81	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.037	0.062
35	Fessurata	-80	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.035	0.060
36	Fessurata	-82	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.039	0.066
37	Non fessurata	0	-63	0.125						
38	Non fessurata	0	-60	0.125						
39	Non fessurata	0	-59	0.125						
40	Non fessurata	0	-62	0.125						
41	Fessurata	-81	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.037	0.063

42	Fessurata	-78	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.035	0.059
43	Fessurata	-77	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.034	0.058
44	Fessurata	-80	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.035	0.060
45	Fessurata	-83	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.041	0.070
46	Fessurata	-81	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.037	0.062
47	Fessurata	-80	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.035	0.060
48	Fessurata	-82	-88	0.125	318000	100	222	0.0002	0.039	0.066
49	Fessurata	-101	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.070	0.119
50	Fessurata	-99	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.066	0.113
51	Fessurata	-98	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.065	0.110
52	Fessurata	-100	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.069	0.117
53	Fessurata	-104	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.074	0.126
54	Fessurata	-101	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.070	0.119
55	Fessurata	-100	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.068	0.116
56	Fessurata	-103	-88	0.125	318000	100	222	0.0003	0.072	0.123

## 9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO\_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	110

### 9.4.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	#####
5	32	40.21	9.4
5	32	40.21	9.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	920	-1385	-3288.0	<b>2.375</b>
2	814	-1226	-3249.2	<b>2.650</b>
3	920	-1269	-3288.0	<b>2.592</b>
4	814	-1110	-3249.2	<b>2.926</b>
5	920	-1339	-3288.0	<b>2.455</b>
6	814	-1181	-3249.2	<b>2.751</b>
7	920	-1455	-3288.0	<b>2.260</b>
8	814	-1297	-3249.2	<b>2.506</b>
9	814	-1241	-3249.2	<b>2.617</b>
10	814	-1048	-3249.2	<b>3.099</b>

11	814	-1166	-3249.2	<b>2.787</b>
12	814	-1359	-3249.2	<b>2.391</b>
13	920	-1385	-3288.0	<b>2.375</b>
14	387	-593	-3083.9	<b>5.200</b>
15	920	-1269	-3288.0	<b>2.592</b>
16	387	-477	-3083.9	<b>6.462</b>
17	920	-1339	-3288.0	<b>2.455</b>
18	387	-548	-3083.9	<b>5.630</b>
19	920	-1455	-3288.0	<b>2.260</b>
20	387	-664	-3083.9	<b>4.648</b>
21	387	-608	-3083.9	<b>5.071</b>
22	387	-415	-3083.9	<b>7.429</b>
23	387	-533	-3083.9	<b>5.790</b>
24	387	-726	-3083.9	<b>4.250</b>
25	920	-1389	-3288.0	<b>2.368</b>
26	814	-1230	-3249.2	<b>2.641</b>
27	920	-1273	-3288.0	<b>2.583</b>
28	814	-1114	-3249.2	<b>2.916</b>
29	920	-1343	-3288.0	<b>2.448</b>
30	814	-1185	-3249.2	<b>2.742</b>
31	920	-1459	-3288.0	<b>2.254</b>
32	814	-1301	-3249.2	<b>2.498</b>
33	814	-1245	-3249.2	<b>2.609</b>
34	814	-1052	-3249.2	<b>3.088</b>
35	814	-1170	-3249.2	<b>2.778</b>
36	814	-1363	-3249.2	<b>2.384</b>
37	920	-1389	-3288.0	<b>2.368</b>
38	387	-597	-3083.9	<b>5.165</b>
39	920	-1273	-3288.0	<b>2.583</b>
40	387	-481	-3083.9	<b>6.409</b>
41	920	-1343	-3288.0	<b>2.448</b>
42	387	-552	-3083.9	<b>5.590</b>
43	920	-1459	-3288.0	<b>2.254</b>
44	387	-668	-3083.9	<b>4.620</b>
45	387	-612	-3083.9	<b>5.038</b>
46	387	-419	-3083.9	<b>7.359</b>
47	387	-537	-3083.9	<b>5.748</b>
48	387	-730	-3083.9	<b>4.227</b>
49	275	-360	-3037.7	<b>8.440</b>
50	275	-553	-3037.7	<b>5.493</b>
51	275	-459	-3037.7	<b>6.614</b>
52	275	-266	-3037.7	<b>11.410</b>
53	854	-982	-3263.8	<b>3.324</b>
54	760	-904	-3229.6	<b>3.572</b>
55	854	-866	-3263.8	<b>3.768</b>
56	760	-788	-3229.6	<b>4.097</b>

57	854	-937	-3263.8	<b>3.485</b>
58	760	-859	-3229.6	<b>3.760</b>
59	854	-1052	-3263.8	<b>3.101</b>
60	760	-975	-3229.6	<b>3.314</b>
61	760	-919	-3229.6	<b>3.513</b>
62	760	-726	-3229.6	<b>4.447</b>
63	760	-844	-3229.6	<b>3.828</b>
64	760	-1037	-3229.6	<b>3.115</b>
65	854	-982	-3263.8	<b>3.324</b>
66	387	-593	-3083.9	<b>5.200</b>
67	854	-866	-3263.8	<b>3.768</b>
68	387	-477	-3083.9	<b>6.462</b>
69	854	-937	-3263.8	<b>3.485</b>
70	387	-548	-3083.9	<b>5.630</b>
71	854	-1052	-3263.8	<b>3.101</b>
72	387	-664	-3083.9	<b>4.648</b>
73	387	-608	-3083.9	<b>5.071</b>
74	387	-415	-3083.9	<b>7.429</b>
75	387	-533	-3083.9	<b>5.790</b>
76	387	-726	-3083.9	<b>4.250</b>
77	854	-986	-3263.8	<b>3.310</b>
78	760	-908	-3229.6	<b>3.556</b>
79	854	-870	-3263.8	<b>3.751</b>
80	760	-792	-3229.6	<b>4.076</b>
81	854	-941	-3263.8	<b>3.470</b>
82	760	-863	-3229.6	<b>3.743</b>
83	854	-1056	-3263.8	<b>3.090</b>
84	760	-979	-3229.6	<b>3.300</b>
85	760	-923	-3229.6	<b>3.498</b>
86	760	-730	-3229.6	<b>4.423</b>
87	760	-848	-3229.6	<b>3.810</b>
88	760	-1041	-3229.6	<b>3.103</b>
89	854	-986	-3263.8	<b>3.310</b>
90	387	-597	-3083.9	<b>5.165</b>
91	854	-870	-3263.8	<b>3.751</b>
92	387	-481	-3083.9	<b>6.409</b>
93	854	-941	-3263.8	<b>3.470</b>
94	387	-552	-3083.9	<b>5.590</b>
95	854	-1056	-3263.8	<b>3.090</b>
96	387	-668	-3083.9	<b>4.620</b>
97	387	-612	-3083.9	<b>5.038</b>
98	387	-419	-3083.9	<b>7.359</b>
99	387	-537	-3083.9	<b>5.748</b>
100	387	-730	-3083.9	<b>4.227</b>
101	275	-360	-3037.7	<b>8.440</b>
102	275	-553	-3037.7	<b>5.493</b>

103	275	-459	-3037.7	<b>6.614</b>
104	275	-266	-3037.7	<b>11.410</b>
105	987	-1787	-3311.9	<b>1.853</b>
106	867	-1548	-3268.7	<b>2.111</b>
107	987	-1671	-3311.9	<b>1.981</b>
108	867	-1433	-3268.7	<b>2.282</b>
109	987	-1742	-3311.9	<b>1.901</b>
110	867	-1503	-3268.7	<b>2.175</b>
111	987	-1858	-3311.9	<b>1.783</b>
112	867	-1619	-3268.7	<b>2.019</b>
113	867	-1564	-3268.7	<b>2.091</b>
114	867	-1370	-3268.7	<b>2.385</b>
115	867	-1488	-3268.7	<b>2.197</b>
116	867	-1681	-3268.7	<b>1.945</b>
117	987	-1787	-3311.9	<b>1.853</b>
118	441	-915	-3105.6	<b>3.393</b>
119	987	-1671	-3311.9	<b>1.981</b>
120	441	-799	-3105.6	<b>3.885</b>
121	987	-1742	-3311.9	<b>1.901</b>
122	441	-870	-3105.6	<b>3.570</b>
123	987	-1858	-3311.9	<b>1.783</b>
124	441	-986	-3105.6	<b>3.151</b>
125	441	-930	-3105.6	<b>3.338</b>
126	441	-737	-3105.6	<b>4.212</b>
127	441	-855	-3105.6	<b>3.634</b>
128	441	-1048	-3105.6	<b>2.964</b>
129	987	-1791	-3311.9	<b>1.849</b>
130	867	-1552	-3268.7	<b>2.106</b>
131	987	-1675	-3311.9	<b>1.977</b>
132	867	-1437	-3268.7	<b>2.275</b>
133	987	-1746	-3311.9	<b>1.897</b>
134	867	-1507	-3268.7	<b>2.169</b>
135	987	-1862	-3311.9	<b>1.779</b>
136	867	-1623	-3268.7	<b>2.014</b>
137	867	-1567	-3268.7	<b>2.085</b>
138	867	-1374	-3268.7	<b>2.378</b>
139	867	-1492	-3268.7	<b>2.191</b>
140	867	-1685	-3268.7	<b>1.940</b>
141	987	-1791	-3311.9	<b>1.849</b>
142	441	-919	-3105.6	<b>3.379</b>
143	987	-1675	-3311.9	<b>1.977</b>
144	441	-803	-3105.6	<b>3.866</b>
145	987	-1746	-3311.9	<b>1.897</b>
146	441	-874	-3105.6	<b>3.554</b>
147	987	-1862	-3311.9	<b>1.779</b>
148	441	-990	-3105.6	<b>3.138</b>

149	441	-934	-3105.6	<b>3.324</b>
150	441	-741	-3105.6	<b>4.190</b>
151	441	-859	-3105.6	<b>3.617</b>
152	441	-1052	-3105.6	<b>2.953</b>
153	275	-360	-3037.7	<b>8.440</b>
154	275	-553	-3037.7	<b>5.493</b>
155	275	-459	-3037.7	<b>6.614</b>
156	275	-266	-3037.7	<b>11.410</b>
157	587	-586	-3164.4	<b>5.398</b>
158	547	-588	-3148.6	<b>5.359</b>
159	587	-470	-3164.4	<b>6.728</b>
160	547	-472	-3148.6	<b>6.675</b>
161	587	-541	-3164.4	<b>5.851</b>
162	547	-542	-3148.6	<b>5.807</b>
163	587	-657	-3164.4	<b>4.819</b>
164	547	-658	-3148.6	<b>4.785</b>
165	547	-603	-3148.6	<b>5.224</b>
166	547	-410	-3148.6	<b>7.687</b>
167	547	-527	-3148.6	<b>5.973</b>
168	547	-720	-3148.6	<b>4.372</b>
169	587	-586	-3164.4	<b>5.398</b>
170	601	-910	-3169.6	<b>3.484</b>
171	587	-470	-3164.4	<b>6.728</b>
172	601	-794	-3169.6	<b>3.993</b>
173	587	-541	-3164.4	<b>5.851</b>
174	601	-864	-3169.6	<b>3.667</b>
175	587	-657	-3164.4	<b>4.819</b>
176	601	-980	-3169.6	<b>3.234</b>
177	601	-925	-3169.6	<b>3.427</b>
178	601	-732	-3169.6	<b>4.332</b>
179	601	-849	-3169.6	<b>3.732</b>
180	601	-1042	-3169.6	<b>3.041</b>
181	587	-590	-3164.4	<b>5.362</b>
182	547	-592	-3148.6	<b>5.323</b>
183	587	-474	-3164.4	<b>6.672</b>
184	547	-476	-3148.6	<b>6.619</b>
185	587	-545	-3164.4	<b>5.808</b>
186	547	-546	-3148.6	<b>5.765</b>
187	587	-661	-3164.4	<b>4.790</b>
188	547	-662	-3148.6	<b>4.756</b>
189	547	-607	-3148.6	<b>5.190</b>
190	547	-414	-3148.6	<b>7.613</b>
191	547	-531	-3148.6	<b>5.929</b>
192	547	-724	-3148.6	<b>4.348</b>
193	587	-590	-3164.4	<b>5.362</b>
194	601	-914	-3169.6	<b>3.469</b>



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrsa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	40 di 95

195	587	-474	-3164.4	<b>6.672</b>
196	601	-798	-3169.6	<b>3.973</b>
197	587	-545	-3164.4	<b>5.808</b>
198	601	-868	-3169.6	<b>3.650</b>
199	587	-661	-3164.4	<b>4.790</b>
200	601	-984	-3169.6	<b>3.221</b>
201	601	-929	-3169.6	<b>3.413</b>
202	601	-736	-3169.6	<b>4.308</b>
203	601	-853	-3169.6	<b>3.715</b>
204	601	-1046	-3169.6	<b>3.030</b>
205	275	-360	-3037.7	<b>8.440</b>
206	275	-553	-3037.7	<b>5.493</b>
207	275	-459	-3037.7	<b>6.614</b>
208	275	-266	-3037.7	<b>11.410</b>
209	720	-1391	-3214.7	<b>2.310</b>
210	654	-1232	-3189.6	<b>2.589</b>
211	720	-1276	-3214.7	<b>2.520</b>
212	654	-1116	-3189.6	<b>2.858</b>
213	720	-1346	-3214.7	<b>2.388</b>
214	654	-1186	-3189.6	<b>2.688</b>
215	720	-1462	-3214.7	<b>2.199</b>
216	654	-1302	-3189.6	<b>2.449</b>
217	654	-1247	-3189.6	<b>2.558</b>
218	654	-1054	-3189.6	<b>3.027</b>
219	654	-1171	-3189.6	<b>2.723</b>
220	654	-1364	-3189.6	<b>2.338</b>
221	720	-1391	-3214.7	<b>2.310</b>
222	654	-1232	-3189.6	<b>2.589</b>
223	720	-1276	-3214.7	<b>2.520</b>
224	654	-1116	-3189.6	<b>2.858</b>
225	720	-1346	-3214.7	<b>2.388</b>
226	654	-1186	-3189.6	<b>2.688</b>
227	720	-1462	-3214.7	<b>2.199</b>
228	654	-1302	-3189.6	<b>2.449</b>
229	654	-1247	-3189.6	<b>2.558</b>
230	654	-1054	-3189.6	<b>3.027</b>
231	654	-1171	-3189.6	<b>2.723</b>
232	654	-1364	-3189.6	<b>2.338</b>
233	720	-1395	-3214.7	<b>2.304</b>
234	654	-1236	-3189.6	<b>2.581</b>
235	720	-1280	-3214.7	<b>2.512</b>
236	654	-1120	-3189.6	<b>2.848</b>
237	720	-1350	-3214.7	<b>2.381</b>
238	654	-1190	-3189.6	<b>2.679</b>
239	720	-1466	-3214.7	<b>2.193</b>
240	654	-1306	-3189.6	<b>2.442</b>



241	654	-1251	-3189.6	<b>2.550</b>
242	654	-1058	-3189.6	<b>3.015</b>
243	654	-1175	-3189.6	<b>2.714</b>
244	654	-1368	-3189.6	<b>2.331</b>
245	720	-1395	-3214.7	<b>2.304</b>
246	654	-1236	-3189.6	<b>2.581</b>
247	720	-1280	-3214.7	<b>2.512</b>
248	654	-1120	-3189.6	<b>2.848</b>
249	720	-1350	-3214.7	<b>2.381</b>
250	654	-1190	-3189.6	<b>2.679</b>
251	720	-1466	-3214.7	<b>2.193</b>
252	654	-1306	-3189.6	<b>2.442</b>
253	654	-1251	-3189.6	<b>2.550</b>
254	654	-1058	-3189.6	<b>3.015</b>
255	654	-1175	-3189.6	<b>2.714</b>
256	654	-1368	-3189.6	<b>2.331</b>
257	275	-360	-3037.7	<b>8.440</b>
258	275	-553	-3037.7	<b>5.493</b>
259	275	-459	-3037.7	<b>6.614</b>
260	275	-266	-3037.7	<b>11.410</b>
261	310	-274	-3051.8	<b>11.122</b>
262	310	-210	-3051.8	<b>14.530</b>
263	328	-385	-3059.4	<b>7.937</b>
264	328	-321	-3059.4	<b>9.527</b>
265	310	-249	-3051.8	<b>12.247</b>
266	310	-314	-3051.8	<b>9.733</b>
267	381	-721	-3081.2	<b>4.275</b>
268	381	-656	-3081.2	<b>4.694</b>
269	328	-360	-3059.4	<b>8.492</b>
270	328	-425	-3059.4	<b>7.205</b>
271	399	-832	-3088.8	<b>3.713</b>
272	399	-768	-3088.8	<b>4.024</b>
273	381	-696	-3081.2	<b>4.430</b>
274	381	-760	-3081.2	<b>4.054</b>
275	399	-807	-3088.8	<b>3.829</b>
276	399	-871	-3088.8	<b>3.546</b>
277	298	-258	-3047.2	<b>11.813</b>
278	298	-194	-3047.2	<b>15.740</b>
279	317	-369	-3054.7	<b>8.278</b>
280	317	-305	-3054.7	<b>10.026</b>
281	298	-233	-3047.2	<b>13.092</b>
282	298	-297	-3047.2	<b>10.256</b>
283	370	-704	-3076.6	<b>4.368</b>
284	370	-640	-3076.6	<b>4.807</b>
285	317	-344	-3054.7	<b>8.884</b>
286	317	-408	-3054.7	<b>7.484</b>

287	388	-815	-3084.1	<b>3.782</b>
288	388	-751	-3084.1	<b>4.106</b>
289	370	-679	-3076.6	<b>4.530</b>
290	370	-744	-3076.6	<b>4.138</b>
291	388	-790	-3084.1	<b>3.903</b>
292	388	-855	-3084.1	<b>3.609</b>
293	348	-449	-3067.5	<b>6.837</b>
294	348	-384	-3067.5	<b>7.982</b>
295	366	-560	-3075.0	<b>5.494</b>
296	366	-495	-3075.0	<b>6.207</b>
297	348	-423	-3067.5	<b>7.244</b>
298	348	-488	-3067.5	<b>6.288</b>
299	369	-583	-3076.3	<b>5.280</b>
300	369	-518	-3076.3	<b>5.936</b>
301	366	-535	-3075.0	<b>5.753</b>
302	366	-599	-3075.0	<b>5.135</b>
303	387	-694	-3083.9	<b>4.446</b>
304	387	-629	-3083.9	<b>4.900</b>
305	369	-557	-3076.3	<b>5.519</b>
306	369	-622	-3076.3	<b>4.948</b>
307	387	-668	-3083.9	<b>4.613</b>
308	387	-733	-3083.9	<b>4.208</b>
309	310	-394	-3052.1	<b>7.749</b>
310	310	-330	-3052.1	<b>9.262</b>
311	329	-505	-3059.6	<b>6.059</b>
312	329	-441	-3059.6	<b>6.944</b>
313	310	-369	-3052.1	<b>8.278</b>
314	310	-433	-3052.1	<b>7.048</b>
315	332	-528	-3060.9	<b>5.799</b>
316	332	-463	-3060.9	<b>6.605</b>
317	329	-480	-3059.6	<b>6.378</b>
318	329	-544	-3059.6	<b>5.623</b>
319	350	-639	-3068.5	<b>4.803</b>
320	350	-575	-3068.5	<b>5.341</b>
321	332	-503	-3060.9	<b>6.090</b>
322	332	-567	-3060.9	<b>5.399</b>
323	350	-614	-3068.5	<b>5.000</b>
324	350	-678	-3068.5	<b>4.526</b>

### 9.4.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	110	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	32	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	26	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	0	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	0	
Passo Staffe	s	0	cm
Inclinazione del puntone	$\theta$	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm <sup>2</sup>
ctg $\theta$	1	
ctg $\alpha$	0	
$z = 0.9d$	918	mm
$f'_{cd}$	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	$\sigma_{cp}$	V <sub>Rd,c</sub>	V <sub>Rcd,y</sub>	V <sub>Rsd,y</sub>	V <sub>Rd,y</sub>	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>G3_1_83</b>	<b>-464.9</b>	<b>996.1</b>	<b>0.9</b>	<b>621.7</b>				<b>1.337</b>

### 9.4.3 Fessurazione

	<b>Formazione fessure</b>	<b>ss [MPa]</b>	<b>ssr [MPa]</b>	<b>k3 [-]</b>	<b>Aeff [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>s [mm]</b>	<b>srm [mm]</b>	<b>esm [-]</b>	<b>wm [mm]</b>	<b>wd [mm]</b>
1	Non fessurata	0	-54	0.125						
2	Non fessurata	0	-45	0.125						
3	Non fessurata	0	-51	0.125						
4	Non fessurata	0	-61	0.125						
5	Non fessurata	0	-39	0.125						
6	Non fessurata	0	-29	0.125						
7	Non fessurata	0	-35	0.125						
8	Non fessurata	0	-45	0.125						
9	Non fessurata	0	-57	0.125						
10	Non fessurata	0	-47	0.125						
11	Non fessurata	0	-53	0.125						
12	Non fessurata	0	-63	0.125						
13	Non fessurata	0	-41	0.125						
14	Non fessurata	0	-31	0.125						
15	Non fessurata	0	-37	0.125						
16	Non fessurata	0	-47	0.125						
17	Fessurata	-107	-93	0.125	318000	100	239	0.0003	0.079	0.134
18	Fessurata	-96	-92	0.125	318000	100	239	0.0003	0.063	0.107
19	Fessurata	-103	-92	0.125	318000	100	239	0.0003	0.073	0.124
20	Fessurata	-113	-93	0.125	318000	100	239	0.0004	0.089	0.151
21	Fessurata	-109	-93	0.125	318000	100	239	0.0003	0.083	0.141
22	Fessurata	-99	-92	0.125	318000	100	239	0.0003	0.067	0.114
23	Fessurata	-105	-93	0.125	318000	100	239	0.0003	0.077	0.131
24	Fessurata	-115	-94	0.125	318000	100	239	0.0004	0.092	0.157
25	Non fessurata	0	-47	0.125						
26	Non fessurata	0	-37	0.125						
27	Non fessurata	0	-43	0.125						
28	Non fessurata	0	-53	0.125						
29	Non fessurata	0	-39	0.125						
30	Non fessurata	0	-29	0.125						
31	Non fessurata	0	-35	0.125						
32	Non fessurata	0	-45	0.125						
33	Non fessurata	0	-49	0.125						
34	Non fessurata	0	-39	0.125						
35	Non fessurata	0	-45	0.125						
36	Non fessurata	0	-55	0.125						
37	Non fessurata	0	-41	0.125						
38	Non fessurata	0	-31	0.125						
39	Non fessurata	0	-37	0.125						
40	Non fessurata	0	-47	0.125						
41	Non fessurata	0	-73	0.125						
42	Non fessurata	0	-63	0.125						
43	Non fessurata	0	-69	0.125						
44	Fessurata	-79	-93	0.125	318000	100	239	0.0002	0.038	0.064
45	Non fessurata	0	-75	0.125						



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	45 di 95

46	Non fessurata	0	-65	0.125						
47	Non fessurata	0	-71	0.125						
48	Fessurata	-81	-93	0.125	318000	100	239	0.0002	0.039	0.066
49	Non fessurata	0	-54	0.125						
50	Non fessurata	0	-45	0.125						
51	Non fessurata	0	-51	0.125						
52	Non fessurata	0	-61	0.125						
53	Non fessurata	0	-57	0.125						
54	Non fessurata	0	-47	0.125						
55	Non fessurata	0	-53	0.125						
56	Non fessurata	0	-63	0.125						

## 9.5 VERIFICA SEZIONE 6: PIEDRITTO\_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b><i>B</i></b>	<b><i>H</i></b>
<b><i>[cm]</i></b>	<b><i>[cm]</i></b>
<b><i>100</i></b>	<b><i>110</i></b>

### 9.5.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	32	40.21	9.4
5	32	40.21	9.4
5	20	15.71	13.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>-cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	1115	-1638	-3637.8	<b>2.22</b>
2	1015	-1473	-3604.5	<b>2.45</b>
3	1115	-1677	-3637.8	<b>2.17</b>
4	1015	-1512	-3604.5	<b>2.38</b>
5	1115	-1700	-3637.8	<b>2.14</b>
6	1015	-1535	-3604.5	<b>2.35</b>
7	1115	-1661	-3637.8	<b>2.19</b>
8	1015	-1495	-3604.5	<b>2.41</b>
9	1015	-1452	-3604.5	<b>2.48</b>
10	1015	-1518	-3604.5	<b>2.37</b>
11	1015	-1556	-3604.5	<b>2.32</b>
12	1015	-1490	-3604.5	<b>2.42</b>
13	1115	-1638	-3637.8	<b>2.22</b>
14	615	-812	-3466.9	<b>4.27</b>
15	1115	-1677	-3637.8	<b>2.17</b>
16	615	-851	-3466.9	<b>4.07</b>
17	1115	-1700	-3637.8	<b>2.14</b>
18	615	-874	-3466.9	<b>3.97</b>
19	1115	-1661	-3637.8	<b>2.19</b>
20	615	-834	-3466.9	<b>4.16</b>
21	615	-791	-3466.9	<b>4.38</b>
22	615	-857	-3466.9	<b>4.05</b>
23	615	-895	-3466.9	<b>3.87</b>
24	615	-829	-3466.9	<b>4.18</b>
25	1115	-1632	-3637.8	<b>2.23</b>
26	1015	-1467	-3604.5	<b>2.46</b>
27	1115	-1672	-3637.8	<b>2.18</b>
28	1015	-1507	-3604.5	<b>2.39</b>
29	1115	-1695	-3637.8	<b>2.15</b>
30	1015	-1530	-3604.5	<b>2.36</b>
31	1115	-1655	-3637.8	<b>2.20</b>
32	1015	-1490	-3604.5	<b>2.42</b>
33	1015	-1446	-3604.5	<b>2.49</b>
34	1015	-1512	-3604.5	<b>2.38</b>
35	1015	-1550	-3604.5	<b>2.33</b>
36	1015	-1484	-3604.5	<b>2.43</b>
37	1115	-1632	-3637.8	<b>2.23</b>
38	615	-806	-3466.9	<b>4.30</b>
39	1115	-1672	-3637.8	<b>2.18</b>
40	615	-846	-3466.9	<b>4.10</b>

41	1115	-1695	-3637.8	<b>2.15</b>
42	615	-868	-3466.9	<b>3.99</b>
43	1115	-1655	-3637.8	<b>2.20</b>
44	615	-829	-3466.9	<b>4.18</b>
45	615	-785	-3466.9	<b>4.41</b>
46	615	-851	-3466.9	<b>4.07</b>
47	615	-889	-3466.9	<b>3.90</b>
48	615	-823	-3466.9	<b>4.21</b>
49	444	-659	-3405.9	<b>5.17</b>
50	444	-593	-3405.9	<b>5.74</b>
51	444	-523	-3405.9	<b>6.52</b>
52	444	-589	-3405.9	<b>5.79</b>
53	1049	-2060	-3615.6	<b>1.75</b>
54	962	-1811	-3586.7	<b>1.98</b>
55	1049	-2100	-3615.6	<b>1.72</b>
56	962	-1850	-3586.7	<b>1.94</b>
57	1049	-2123	-3615.6	<b>1.70</b>
58	962	-1873	-3586.7	<b>1.91</b>
59	1049	-2083	-3615.6	<b>1.74</b>
60	962	-1833	-3586.7	<b>1.96</b>
61	962	-1790	-3586.7	<b>2.00</b>
62	962	-1856	-3586.7	<b>1.93</b>
63	962	-1894	-3586.7	<b>1.89</b>
64	962	-1828	-3586.7	<b>1.96</b>
65	1049	-2060	-3615.6	<b>1.75</b>
66	615	-812	-3466.9	<b>4.27</b>
67	1049	-2100	-3615.6	<b>1.72</b>
68	615	-851	-3466.9	<b>4.07</b>
69	1049	-2123	-3615.6	<b>1.70</b>
70	615	-874	-3466.9	<b>3.97</b>
71	1049	-2083	-3615.6	<b>1.74</b>
72	615	-834	-3466.9	<b>4.16</b>
73	615	-791	-3466.9	<b>4.38</b>
74	615	-857	-3466.9	<b>4.05</b>
75	615	-895	-3466.9	<b>3.87</b>
76	615	-829	-3466.9	<b>4.18</b>
77	1049	-2055	-3615.6	<b>1.76</b>
78	962	-1805	-3586.7	<b>1.99</b>
79	1049	-2095	-3615.6	<b>1.73</b>
80	962	-1845	-3586.7	<b>1.94</b>
81	1049	-2117	-3615.6	<b>1.71</b>
82	962	-1868	-3586.7	<b>1.92</b>
83	1049	-2078	-3615.6	<b>1.74</b>
84	962	-1828	-3586.7	<b>1.96</b>
85	962	-1784	-3586.7	<b>2.01</b>
86	962	-1850	-3586.7	<b>1.94</b>



87	962	-1888	-3586.7	<b>1.90</b>
88	962	-1822	-3586.7	<b>1.97</b>
89	1049	-2055	-3615.6	<b>1.76</b>
90	615	-806	-3466.9	<b>4.30</b>
91	1049	-2095	-3615.6	<b>1.73</b>
92	615	-846	-3466.9	<b>4.10</b>
93	1049	-2117	-3615.6	<b>1.71</b>
94	615	-868	-3466.9	<b>3.99</b>
95	1049	-2078	-3615.6	<b>1.74</b>
96	615	-829	-3466.9	<b>4.18</b>
97	615	-785	-3466.9	<b>4.41</b>
98	615	-851	-3466.9	<b>4.07</b>
99	615	-889	-3466.9	<b>3.90</b>
100	615	-823	-3466.9	<b>4.21</b>
101	444	-659	-3405.9	<b>5.17</b>
102	444	-593	-3405.9	<b>5.74</b>
103	444	-523	-3405.9	<b>6.52</b>
104	444	-589	-3405.9	<b>5.79</b>
105	1182	-1215	-3659.1	<b>3.01</b>
106	1069	-1135	-3622.2	<b>3.19</b>
107	1182	-1255	-3659.1	<b>2.92</b>
108	1069	-1174	-3622.2	<b>3.09</b>
109	1182	-1278	-3659.1	<b>2.86</b>
110	1069	-1197	-3622.2	<b>3.03</b>
111	1182	-1238	-3659.1	<b>2.96</b>
112	1069	-1157	-3622.2	<b>3.13</b>
113	1069	-1114	-3622.2	<b>3.25</b>
114	1069	-1180	-3622.2	<b>3.07</b>
115	1069	-1218	-3622.2	<b>2.97</b>
116	1069	-1152	-3622.2	<b>3.15</b>
117	1182	-1215	-3659.1	<b>3.01</b>
118	668	-474	-3485.5	<b>7.36</b>
119	1182	-1255	-3659.1	<b>2.92</b>
120	668	-513	-3485.5	<b>6.79</b>
121	1182	-1278	-3659.1	<b>2.86</b>
122	668	-536	-3485.5	<b>6.50</b>
123	1182	-1238	-3659.1	<b>2.96</b>
124	668	-496	-3485.5	<b>7.02</b>
125	668	-453	-3485.5	<b>7.70</b>
126	668	-519	-3485.5	<b>6.72</b>
127	668	-557	-3485.5	<b>6.26</b>
128	668	-491	-3485.5	<b>7.10</b>
129	1182	-1210	-3659.1	<b>3.02</b>
130	1069	-1129	-3622.2	<b>3.21</b>
131	1182	-1249	-3659.1	<b>2.93</b>
132	1069	-1169	-3622.2	<b>3.10</b>

133	1182	-1272	-3659.1	<b>2.88</b>
134	1069	-1191	-3622.2	<b>3.04</b>
135	1182	-1233	-3659.1	<b>2.97</b>
136	1069	-1152	-3622.2	<b>3.14</b>
137	1069	-1108	-3622.2	<b>3.27</b>
138	1069	-1174	-3622.2	<b>3.08</b>
139	1069	-1212	-3622.2	<b>2.99</b>
140	1069	-1146	-3622.2	<b>3.16</b>
141	1182	-1210	-3659.1	<b>3.02</b>
142	668	-468	-3485.5	<b>7.45</b>
143	1182	-1249	-3659.1	<b>2.93</b>
144	668	-508	-3485.5	<b>6.87</b>
145	1182	-1272	-3659.1	<b>2.88</b>
146	668	-530	-3485.5	<b>6.57</b>
147	1182	-1233	-3659.1	<b>2.97</b>
148	668	-491	-3485.5	<b>7.10</b>
149	668	-447	-3485.5	<b>7.79</b>
150	668	-513	-3485.5	<b>6.79</b>
151	668	-551	-3485.5	<b>6.32</b>
152	668	-485	-3485.5	<b>7.18</b>
153	444	-659	-3405.9	<b>5.17</b>
154	444	-593	-3405.9	<b>5.74</b>
155	444	-523	-3405.9	<b>6.52</b>
156	444	-589	-3405.9	<b>5.79</b>
157	799	-1647	-3531.0	<b>2.14</b>
158	762	-1480	-3518.2	<b>2.38</b>
159	799	-1687	-3531.0	<b>2.09</b>
160	762	-1520	-3518.2	<b>2.31</b>
161	799	-1710	-3531.0	<b>2.07</b>
162	762	-1543	-3518.2	<b>2.28</b>
163	799	-1670	-3531.0	<b>2.11</b>
164	762	-1503	-3518.2	<b>2.34</b>
165	762	-1459	-3518.2	<b>2.41</b>
166	762	-1525	-3518.2	<b>2.31</b>
167	762	-1563	-3518.2	<b>2.25</b>
168	762	-1497	-3518.2	<b>2.35</b>
169	799	-1647	-3531.0	<b>2.14</b>
170	815	-1142	-3536.6	<b>3.10</b>
171	799	-1687	-3531.0	<b>2.09</b>
172	815	-1182	-3536.6	<b>2.99</b>
173	799	-1710	-3531.0	<b>2.07</b>
174	815	-1204	-3536.6	<b>2.94</b>
175	799	-1670	-3531.0	<b>2.11</b>
176	815	-1165	-3536.6	<b>3.04</b>
177	815	-1121	-3536.6	<b>3.15</b>
178	815	-1187	-3536.6	<b>2.98</b>

179	815	-1225	-3536.6	<b>2.89</b>
180	815	-1159	-3536.6	<b>3.05</b>
181	799	-1642	-3531.0	<b>2.15</b>
182	762	-1475	-3518.2	<b>2.39</b>
183	799	-1681	-3531.0	<b>2.10</b>
184	762	-1514	-3518.2	<b>2.32</b>
185	799	-1704	-3531.0	<b>2.07</b>
186	762	-1537	-3518.2	<b>2.29</b>
187	799	-1665	-3531.0	<b>2.12</b>
188	762	-1497	-3518.2	<b>2.35</b>
189	762	-1454	-3518.2	<b>2.42</b>
190	762	-1520	-3518.2	<b>2.31</b>
191	762	-1558	-3518.2	<b>2.26</b>
192	762	-1492	-3518.2	<b>2.36</b>
193	799	-1642	-3531.0	<b>2.15</b>
194	815	-1137	-3536.6	<b>3.11</b>
195	799	-1681	-3531.0	<b>2.10</b>
196	815	-1176	-3536.6	<b>3.01</b>
197	799	-1704	-3531.0	<b>2.07</b>
198	815	-1199	-3536.6	<b>2.95</b>
199	799	-1665	-3531.0	<b>2.12</b>
200	815	-1159	-3536.6	<b>3.05</b>
201	815	-1116	-3536.6	<b>3.17</b>
202	815	-1182	-3536.6	<b>2.99</b>
203	815	-1220	-3536.6	<b>2.90</b>
204	815	-1154	-3536.6	<b>3.07</b>
205	444	-659	-3405.9	<b>5.17</b>
206	444	-593	-3405.9	<b>5.74</b>
207	444	-523	-3405.9	<b>6.52</b>
208	444	-589	-3405.9	<b>5.79</b>
209	932	-802	-3576.3	<b>4.46</b>
210	868	-804	-3554.8	<b>4.42</b>
211	932	-842	-3576.3	<b>4.25</b>
212	868	-844	-3554.8	<b>4.21</b>
213	932	-865	-3576.3	<b>4.14</b>
214	868	-866	-3554.8	<b>4.10</b>
215	932	-825	-3576.3	<b>4.34</b>
216	868	-827	-3554.8	<b>4.30</b>
217	868	-783	-3554.8	<b>4.54</b>
218	868	-849	-3554.8	<b>4.19</b>
219	868	-887	-3554.8	<b>4.01</b>
220	868	-821	-3554.8	<b>4.33</b>
221	932	-802	-3576.3	<b>4.46</b>
222	868	-804	-3554.8	<b>4.42</b>
223	932	-842	-3576.3	<b>4.25</b>
224	868	-844	-3554.8	<b>4.21</b>

225	932	-865	-3576.3	<b>4.14</b>
226	868	-866	-3554.8	<b>4.10</b>
227	932	-825	-3576.3	<b>4.34</b>
228	868	-827	-3554.8	<b>4.30</b>
229	868	-783	-3554.8	<b>4.54</b>
230	868	-849	-3554.8	<b>4.19</b>
231	868	-887	-3554.8	<b>4.01</b>
232	868	-821	-3554.8	<b>4.33</b>
233	932	-797	-3576.3	<b>4.49</b>
234	868	-799	-3554.8	<b>4.45</b>
235	932	-836	-3576.3	<b>4.28</b>
236	868	-838	-3554.8	<b>4.24</b>
237	932	-859	-3576.3	<b>4.16</b>
238	868	-861	-3554.8	<b>4.13</b>
239	932	-819	-3576.3	<b>4.36</b>
240	868	-821	-3554.8	<b>4.33</b>
241	868	-778	-3554.8	<b>4.57</b>
242	868	-844	-3554.8	<b>4.21</b>
243	868	-882	-3554.8	<b>4.03</b>
244	868	-816	-3554.8	<b>4.36</b>
245	932	-797	-3576.3	<b>4.49</b>
246	868	-799	-3554.8	<b>4.45</b>
247	932	-836	-3576.3	<b>4.28</b>
248	868	-838	-3554.8	<b>4.24</b>
249	932	-859	-3576.3	<b>4.16</b>
250	868	-861	-3554.8	<b>4.13</b>
251	932	-819	-3576.3	<b>4.36</b>
252	868	-821	-3554.8	<b>4.33</b>
253	868	-778	-3554.8	<b>4.57</b>
254	868	-844	-3554.8	<b>4.21</b>
255	868	-882	-3554.8	<b>4.03</b>
256	868	-816	-3554.8	<b>4.36</b>
257	444	-659	-3405.9	<b>5.17</b>
258	444	-593	-3405.9	<b>5.74</b>
259	444	-523	-3405.9	<b>6.52</b>
260	444	-589	-3405.9	<b>5.79</b>
261	474	-1008	-3416.5	<b>3.39</b>
262	474	-1030	-3416.5	<b>3.32</b>
263	492	-892	-3423.1	<b>3.84</b>
264	492	-914	-3423.1	<b>3.75</b>
265	474	-1043	-3416.5	<b>3.28</b>
266	474	-1021	-3416.5	<b>3.35</b>
267	545	-474	-3442.0	<b>7.26</b>
268	545	-496	-3442.0	<b>6.94</b>
269	492	-926	-3423.1	<b>3.69</b>
270	492	-905	-3423.1	<b>3.78</b>

271	563	-357	-3448.6	<b>9.65</b>
272	563	-379	-3448.6	<b>9.09</b>
273	545	-508	-3442.0	<b>6.77</b>
274	545	-486	-3442.0	<b>7.08</b>
275	563	-392	-3448.6	<b>8.80</b>
276	563	-370	-3448.6	<b>9.32</b>
277	462	-997	-3412.5	<b>3.42</b>
278	462	-1019	-3412.5	<b>3.35</b>
279	481	-880	-3419.1	<b>3.88</b>
280	481	-902	-3419.1	<b>3.79</b>
281	462	-1032	-3412.5	<b>3.31</b>
282	462	-1010	-3412.5	<b>3.38</b>
283	534	-462	-3438.0	<b>7.44</b>
284	534	-484	-3438.0	<b>7.10</b>
285	481	-915	-3419.1	<b>3.74</b>
286	481	-893	-3419.1	<b>3.83</b>
287	552	-346	-3444.6	<b>9.96</b>
288	552	-368	-3444.6	<b>9.37</b>
289	534	-497	-3438.0	<b>6.92</b>
290	534	-475	-3438.0	<b>7.24</b>
291	552	-380	-3444.6	<b>9.05</b>
292	552	-358	-3444.6	<b>9.61</b>
293	512	-831	-3430.1	<b>4.13</b>
294	512	-853	-3430.1	<b>4.02</b>
295	530	-714	-3436.7	<b>4.81</b>
296	530	-736	-3436.7	<b>4.67</b>
297	512	-865	-3430.1	<b>3.96</b>
298	512	-843	-3430.1	<b>4.07</b>
299	533	-670	-3437.7	<b>5.13</b>
300	533	-692	-3437.7	<b>4.97</b>
301	530	-749	-3436.7	<b>4.59</b>
302	530	-727	-3436.7	<b>4.73</b>
303	551	-554	-3444.3	<b>6.22</b>
304	551	-576	-3444.3	<b>5.98</b>
305	533	-705	-3437.7	<b>4.88</b>
306	533	-683	-3437.7	<b>5.03</b>
307	551	-588	-3444.3	<b>5.85</b>
308	551	-566	-3444.3	<b>6.08</b>
309	474	-793	-3416.8	<b>4.31</b>
310	474	-815	-3416.8	<b>4.19</b>
311	493	-676	-3423.3	<b>5.06</b>
312	493	-698	-3423.3	<b>4.90</b>
313	474	-827	-3416.8	<b>4.13</b>
314	474	-805	-3416.8	<b>4.24</b>
315	496	-632	-3424.4	<b>5.42</b>
316	496	-654	-3424.4	<b>5.23</b>



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	54 di 95

317	493	-711	-3423.3	<b>4.82</b>
318	493	-689	-3423.3	<b>4.97</b>
319	514	-516	-3431.0	<b>6.65</b>
320	514	-538	-3431.0	<b>6.38</b>
321	496	-667	-3424.4	<b>5.14</b>
322	496	-645	-3424.4	<b>5.31</b>
323	514	-550	-3431.0	<b>6.24</b>
324	514	-528	-3431.0	<b>6.50</b>

### 9.5.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	110	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	32	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	26	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	2.5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	$\theta$	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° <sub>st.</sub> /m	5	1/m
Asw	385	mm <sup>2</sup>
ctg $\theta$	1	
ctg $\alpha$	0	
z = 0.9d	918	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>d,y</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>d,y</sub>	VR <sub>s,d,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S. <sub>y,min</sub>
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>G3_1_3</b>	<b>651.9</b>	<b>1038.6</b>			<b>3858.1</b>	<b>691.5</b>	<b>691.5</b>	<b>1.061</b>

### 9.5.3 Fessurazione

	<b>Formazione fessure</b>	<b>ss [MPa]</b>	<b>ssr [MPa]</b>	<b>k3 [-]</b>	<b>Aeff [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>s [mm]</b>	<b>srm [mm]</b>	<b>esm [-]</b>	<b>wm [mm]</b>	<b>wd [mm]</b>	
1	Fessurata	-107	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.086	0.146	Verificato
2	Fessurata	-110	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.090	0.152	Verificato
3	Fessurata	-112	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.092	0.157	Verificato
4	Fessurata	-109	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.089	0.151	Verificato
5	Non fessurata	0	-41	0.125							
6	Non fessurata	0	-44	0.125							
7	Non fessurata	0	-46	0.125							
8	Non fessurata	0	-43	0.125							
9	Fessurata	-104	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.082	0.139	Verificato
#	Fessurata	-107	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.085	0.145	Verificato
#	Fessurata	-109	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.088	0.150	Verificato
#	Fessurata	-106	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.084	0.144	Verificato
#	Non fessurata	0	-39	0.125							
#	Non fessurata	0	-41	0.125							
#	Non fessurata	0	-43	0.125							
#	Non fessurata	0	-40	0.125							
#	Non fessurata	0	-54	0.125							
#	Non fessurata	0	-56	0.125							
#	Non fessurata	0	-58	0.125							
#	Non fessurata	0	-56	0.125							
#	Non fessurata	0	-51	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Non fessurata	0	-55	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Fessurata	-74	-82	0.125	276000	100	232	0.0001	0.034	0.058	Verificato
#	Fessurata	-77	-83	0.125	276000	100	232	0.0002	0.038	0.064	Verificato
#	Fessurata	-79	-83	0.125	276000	100	232	0.0002	0.041	0.069	Verificato
#	Fessurata	-76	-82	0.125	276000	100	232	0.0002	0.036	0.062	Verificato
#	Non fessurata	0	-41	0.125							
#	Non fessurata	0	-44	0.125							
#	Non fessurata	0	-46	0.125							
#	Non fessurata	0	-43	0.125							
#	Fessurata	-71	-82	0.125	276000	100	232	0.0001	0.033	0.056	Verificato
#	Fessurata	-74	-82	0.125	276000	100	232	0.0001	0.034	0.058	Verificato
#	Fessurata	-76	-82	0.125	276000	100	232	0.0002	0.036	0.061	Verificato
#	Fessurata	-73	-82	0.125	276000	100	232	0.0001	0.034	0.058	Verificato
#	Non fessurata	0	-39	0.125							
#	Non fessurata	0	-41	0.125							
#	Non fessurata	0	-43	0.125							
#	Non fessurata	0	-40	0.125							
#	Non fessurata	0	-48	0.125							
#	Non fessurata	0	-50	0.125							



SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	57 di 95

#	Non fessurata	0	-52	0.125							
#	Non fessurata	0	-50	0.125							
#	Non fessurata	0	-45	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Non fessurata	0	-49	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Fessurata	-107	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.086	0.146	Verificato
#	Fessurata	-110	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.090	0.152	Verificato
#	Fessurata	-112	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.092	0.157	Verificato
#	Fessurata	-109	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.089	0.151	Verificato
#	Fessurata	-104	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.082	0.139	Verificato
#	Fessurata	-107	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.085	0.145	Verificato
#	Fessurata	-109	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.088	0.150	Verificato
#	Fessurata	-106	-84	0.125	276000	100	232	0.0004	0.084	0.144	Verificato

## 9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE\_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b>B</b>	<b>H</b>
<b>[cm]</b>	<b>[cm]</b>
100	100

### 9.6.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni di carico più gravose.

<b>Armatura inf As</b>			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>Armatura sup A's</b>			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
5	32	40.21	9.4
5	32	40.21	9.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

<b>RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE</b>				
	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>Mu</b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	383	-1248	-2748.1	<b>2.20</b>
2	345	-1107	-2734.4	<b>2.47</b>
3	358	-1126	-2739.0	<b>2.43</b>
4	319	-984	-2725.2	<b>2.77</b>
5	365	-1198	-2741.8	<b>2.29</b>
6	327	-1057	-2728.0	<b>2.58</b>
7	391	-1320	-2750.9	<b>2.08</b>
8	353	-1179	-2737.2	<b>2.32</b>
9	351	-1123	-2736.5	<b>2.44</b>
10	308	-920	-2721.3	<b>2.96</b>
11	321	-1040	-2725.9	<b>2.62</b>
12	364	-1244	-2741.1	<b>2.20</b>
13	383	-1248	-2748.1	<b>2.20</b>
14	192	-541	-2678.8	<b>4.95</b>
15	358	-1126	-2739.0	<b>2.43</b>
16	167	-419	-2669.5	<b>6.37</b>
17	365	-1198	-2741.8	<b>2.29</b>
18	174	-491	-2672.3	<b>5.44</b>
19	391	-1320	-2750.9	<b>2.08</b>
20	200	-613	-2681.6	<b>4.37</b>
21	198	-558	-2680.9	<b>4.81</b>
22	156	-354	-2665.4	<b>7.53</b>
23	168	-475	-2670.2	<b>5.62</b>
24	211	-678	-2685.7	<b>3.96</b>
25	385	-1252	-2748.7	<b>2.19</b>
26	346	-1111	-2734.9	<b>2.46</b>
27	359	-1130	-2739.5	<b>2.42</b>
28	321	-989	-2725.8	<b>2.76</b>
29	367	-1203	-2742.3	<b>2.28</b>
30	329	-1061	-2728.6	<b>2.57</b>
31	392	-1325	-2751.5	<b>2.08</b>
32	354	-1183	-2737.7	<b>2.31</b>
33	352	-1128	-2737.0	<b>2.43</b>
34	310	-924	-2721.8	<b>2.95</b>
35	323	-1045	-2726.5	<b>2.61</b>
36	365	-1248	-2741.7	<b>2.20</b>
37	385	-1252	-2748.7	<b>2.19</b>
38	193	-545	-2679.3	<b>4.91</b>
39	359	-1130	-2739.5	<b>2.42</b>
40	168	-423	-2670.0	<b>6.31</b>
41	367	-1203	-2742.3	<b>2.28</b>
42	176	-496	-2672.9	<b>5.39</b>

43	392	-1325	-2751.5	<b>2.08</b>
44	201	-618	-2682.2	<b>4.34</b>
45	199	-562	-2681.5	<b>4.77</b>
46	157	-358	-2666.0	<b>7.44</b>
47	170	-479	-2670.7	<b>5.57</b>
48	212	-683	-2686.2	<b>3.93</b>
49	103	-315	-2646.1	<b>8.41</b>
50	145	-518	-2661.6	<b>5.14</b>
51	141	-424	-2660.2	<b>6.28</b>
52	99	-220	-2644.7	<b>12.02</b>
53	264	-830	-2705.2	<b>3.26</b>
54	250	-772	-2699.9	<b>3.50</b>
55	239	-708	-2695.9	<b>3.81</b>
56	224	-650	-2690.6	<b>4.14</b>
57	246	-780	-2698.8	<b>3.46</b>
58	232	-722	-2693.5	<b>3.73</b>
59	272	-902	-2708.1	<b>3.00</b>
60	257	-845	-2702.8	<b>3.20</b>
61	255	-789	-2702.1	<b>3.43</b>
62	213	-585	-2686.5	<b>4.59</b>
63	226	-706	-2691.3	<b>3.81</b>
64	268	-909	-2706.8	<b>2.98</b>
65	264	-830	-2705.2	<b>3.26</b>
66	192	-541	-2678.8	<b>4.95</b>
67	239	-708	-2695.9	<b>3.81</b>
68	167	-419	-2669.5	<b>6.37</b>
69	246	-780	-2698.8	<b>3.46</b>
70	174	-491	-2672.3	<b>5.44</b>
71	272	-902	-2708.1	<b>3.00</b>
72	200	-613	-2681.6	<b>4.37</b>
73	198	-558	-2680.9	<b>4.81</b>
74	156	-354	-2665.4	<b>7.53</b>
75	168	-475	-2670.2	<b>5.62</b>
76	211	-678	-2685.7	<b>3.96</b>
77	265	-834	-2705.8	<b>3.24</b>
78	251	-777	-2700.5	<b>3.48</b>
79	240	-712	-2696.5	<b>3.79</b>
80	226	-654	-2691.2	<b>4.11</b>
81	248	-785	-2699.3	<b>3.44</b>
82	234	-727	-2694.0	<b>3.71</b>
83	273	-907	-2708.6	<b>2.99</b>
84	259	-849	-2703.3	<b>3.18</b>
85	257	-793	-2702.6	<b>3.41</b>
86	215	-589	-2687.1	<b>4.56</b>
87	228	-710	-2691.9	<b>3.79</b>
88	270	-914	-2707.4	<b>2.96</b>

89	265	-834	-2705.8	<b>3.24</b>
90	193	-545	-2679.3	<b>4.91</b>
91	240	-712	-2696.5	<b>3.79</b>
92	168	-423	-2670.0	<b>6.31</b>
93	248	-785	-2699.3	<b>3.44</b>
94	176	-496	-2672.9	<b>5.39</b>
95	273	-907	-2708.6	<b>2.99</b>
96	201	-618	-2682.2	<b>4.34</b>
97	199	-562	-2681.5	<b>4.77</b>
98	157	-358	-2666.0	<b>7.44</b>
99	170	-479	-2670.7	<b>5.57</b>
100	212	-683	-2686.2	<b>3.93</b>
101	103	-315	-2646.1	<b>8.41</b>
102	145	-518	-2661.6	<b>5.14</b>
103	141	-424	-2660.2	<b>6.28</b>
104	99	-220	-2644.7	<b>12.02</b>
105	502	-1666	-2790.6	<b>1.68</b>
106	440	-1441	-2768.6	<b>1.92</b>
107	477	-1544	-2781.7	<b>1.80</b>
108	415	-1319	-2759.5	<b>2.09</b>
109	485	-1616	-2784.5	<b>1.72</b>
110	422	-1391	-2762.3	<b>1.99</b>
111	510	-1738	-2793.4	<b>1.61</b>
112	448	-1513	-2771.5	<b>1.83</b>
113	446	-1458	-2770.8	<b>1.90</b>
114	404	-1254	-2755.5	<b>2.20</b>
115	417	-1375	-2760.2	<b>2.01</b>
116	459	-1578	-2775.4	<b>1.76</b>
117	502	-1666	-2790.6	<b>1.68</b>
118	287	-875	-2713.7	<b>3.10</b>
119	477	-1544	-2781.7	<b>1.80</b>
120	262	-753	-2704.4	<b>3.59</b>
121	485	-1616	-2784.5	<b>1.72</b>
122	270	-826	-2707.3	<b>3.28</b>
123	510	-1738	-2793.4	<b>1.61</b>
124	295	-948	-2716.5	<b>2.87</b>
125	293	-892	-2715.8	<b>3.04</b>
126	251	-688	-2700.4	<b>3.92</b>
127	264	-809	-2705.1	<b>3.34</b>
128	306	-1013	-2720.4	<b>2.69</b>
129	504	-1670	-2791.2	<b>1.67</b>
130	442	-1445	-2769.2	<b>1.92</b>
131	478	-1548	-2782.3	<b>1.80</b>
132	416	-1323	-2760.1	<b>2.09</b>
133	486	-1621	-2785.0	<b>1.72</b>
134	424	-1396	-2762.9	<b>1.98</b>

135	511	-1743	-2793.9	<b>1.60</b>
136	449	-1518	-2772.0	<b>1.83</b>
137	447	-1462	-2771.3	<b>1.90</b>
138	405	-1258	-2756.1	<b>2.19</b>
139	418	-1379	-2760.8	<b>2.00</b>
140	460	-1583	-2776.0	<b>1.75</b>
141	504	-1670	-2791.2	<b>1.67</b>
142	289	-880	-2714.2	<b>3.09</b>
143	478	-1548	-2782.3	<b>1.80</b>
144	263	-758	-2705.0	<b>3.57</b>
145	486	-1621	-2785.0	<b>1.72</b>
146	271	-830	-2707.9	<b>3.26</b>
147	511	-1743	-2793.9	<b>1.60</b>
148	297	-952	-2717.0	<b>2.85</b>
149	295	-896	-2716.3	<b>3.03</b>
150	252	-693	-2700.9	<b>3.90</b>
151	265	-813	-2705.7	<b>3.33</b>
152	308	-1017	-2721.0	<b>2.68</b>
153	103	-315	-2646.1	<b>8.41</b>
154	145	-518	-2661.6	<b>5.14</b>
155	141	-424	-2660.2	<b>6.28</b>
156	99	-220	-2644.7	<b>12.02</b>
157	168	-476	-2670.1	<b>5.60</b>
158	173	-489	-2671.9	<b>5.46</b>
159	143	-354	-2660.8	<b>7.51</b>
160	148	-367	-2662.6	<b>7.25</b>
161	151	-427	-2663.7	<b>6.24</b>
162	156	-440	-2665.4	<b>6.06</b>
163	176	-549	-2673.0	<b>4.87</b>
164	181	-562	-2674.7	<b>4.76</b>
165	179	-506	-2674.0	<b>5.28</b>
166	137	-302	-2658.5	<b>8.79</b>
167	150	-423	-2663.3	<b>6.29</b>
168	192	-627	-2678.8	<b>4.27</b>
169	168	-476	-2670.1	<b>5.60</b>
170	268	-824	-2706.8	<b>3.29</b>
171	143	-354	-2660.8	<b>7.51</b>
172	243	-702	-2697.5	<b>3.84</b>
173	151	-427	-2663.7	<b>6.24</b>
174	251	-774	-2700.4	<b>3.49</b>
175	176	-549	-2673.0	<b>4.87</b>
176	276	-896	-2709.7	<b>3.02</b>
177	274	-840	-2709.0	<b>3.22</b>
178	232	-637	-2693.5	<b>4.23</b>
179	245	-757	-2698.2	<b>3.56</b>
180	287	-961	-2713.7	<b>2.82</b>

181	170	-481	-2670.7	<b>5.55</b>
182	175	-494	-2672.4	<b>5.41</b>
183	145	-359	-2661.4	<b>7.42</b>
184	149	-372	-2663.1	<b>7.17</b>
185	152	-431	-2664.2	<b>6.18</b>
186	157	-444	-2666.0	<b>6.00</b>
187	178	-553	-2673.6	<b>4.83</b>
188	182	-566	-2675.3	<b>4.73</b>
189	181	-510	-2674.6	<b>5.24</b>
190	138	-307	-2659.1	<b>8.67</b>
191	151	-427	-2663.8	<b>6.23</b>
192	193	-631	-2679.3	<b>4.25</b>
193	170	-481	-2670.7	<b>5.55</b>
194	270	-828	-2707.4	<b>3.27</b>
195	145	-359	-2661.4	<b>7.42</b>
196	245	-706	-2698.1	<b>3.82</b>
197	152	-431	-2664.2	<b>6.18</b>
198	252	-778	-2700.9	<b>3.47</b>
199	178	-553	-2673.6	<b>4.83</b>
200	278	-901	-2710.2	<b>3.01</b>
201	276	-845	-2709.6	<b>3.21</b>
202	233	-641	-2694.0	<b>4.20</b>
203	246	-762	-2698.8	<b>3.54</b>
204	289	-965	-2714.2	<b>2.81</b>
205	103	-315	-2646.1	<b>8.41</b>
206	145	-518	-2661.6	<b>5.14</b>
207	141	-424	-2660.2	<b>6.28</b>
208	99	-220	-2644.7	<b>12.02</b>
209	407	-1313	-2756.6	<b>2.10</b>
210	364	-1158	-2741.1	<b>2.37</b>
211	381	-1190	-2747.5	<b>2.31</b>
212	338	-1036	-2732.0	<b>2.64</b>
213	389	-1263	-2750.3	<b>2.18</b>
214	346	-1108	-2734.8	<b>2.47</b>
215	414	-1385	-2759.4	<b>1.99</b>
216	371	-1231	-2743.9	<b>2.23</b>
217	370	-1175	-2743.2	<b>2.34</b>
218	327	-971	-2728.0	<b>2.81</b>
219	340	-1092	-2732.7	<b>2.50</b>
220	382	-1296	-2747.9	<b>2.12</b>
221	407	-1313	-2756.6	<b>2.10</b>
222	364	-1158	-2741.1	<b>2.37</b>
223	381	-1190	-2747.5	<b>2.31</b>
224	338	-1036	-2732.0	<b>2.64</b>
225	389	-1263	-2750.3	<b>2.18</b>
226	346	-1108	-2734.8	<b>2.47</b>

227	414	-1385	-2759.4	<b>1.99</b>
228	371	-1231	-2743.9	<b>2.23</b>
229	370	-1175	-2743.2	<b>2.34</b>
230	327	-971	-2728.0	<b>2.81</b>
231	340	-1092	-2732.7	<b>2.50</b>
232	382	-1296	-2747.9	<b>2.12</b>
233	408	-1317	-2757.1	<b>2.09</b>
234	365	-1163	-2741.7	<b>2.36</b>
235	383	-1195	-2748.0	<b>2.30</b>
236	340	-1040	-2732.6	<b>2.63</b>
237	391	-1267	-2750.8	<b>2.17</b>
238	348	-1113	-2735.4	<b>2.46</b>
239	416	-1389	-2759.9	<b>1.99</b>
240	373	-1235	-2744.5	<b>2.22</b>
241	371	-1179	-2743.8	<b>2.33</b>
242	329	-976	-2728.6	<b>2.80</b>
243	342	-1096	-2733.3	<b>2.49</b>
244	384	-1300	-2748.5	<b>2.11</b>
245	408	-1317	-2757.1	<b>2.09</b>
246	365	-1163	-2741.7	<b>2.36</b>
247	383	-1195	-2748.0	<b>2.30</b>
248	340	-1040	-2732.6	<b>2.63</b>
249	391	-1267	-2750.8	<b>2.17</b>
250	348	-1113	-2735.4	<b>2.46</b>
251	416	-1389	-2759.9	<b>1.99</b>
252	373	-1235	-2744.5	<b>2.22</b>
253	371	-1179	-2743.8	<b>2.33</b>
254	329	-976	-2728.6	<b>2.80</b>
255	342	-1096	-2733.3	<b>2.49</b>
256	384	-1300	-2748.5	<b>2.11</b>
257	103	-315	-2646.1	<b>8.41</b>
258	145	-518	-2661.6	<b>5.14</b>
259	141	-424	-2660.2	<b>6.28</b>
260	99	-220	-2644.7	<b>12.02</b>
261	141	-228	-2660.2	<b>11.65</b>
262	127	-161	-2655.1	<b>16.54</b>
263	174	-344	-2672.3	<b>7.77</b>
264	160	-276	-2667.1	<b>9.67</b>
265	132	-201	-2656.6	<b>13.23</b>
266	146	-269	-2661.8	<b>9.91</b>
267	207	-676	-2684.5	<b>3.97</b>
268	193	-608	-2679.3	<b>4.40</b>
269	164	-316	-2668.7	<b>8.44</b>
270	179	-384	-2673.9	<b>6.96</b>
271	240	-791	-2696.5	<b>3.41</b>
272	226	-724	-2691.4	<b>3.72</b>



273	198	-648	-2680.9	<b>4.13</b>
274	212	-716	-2686.1	<b>3.75</b>
275	231	-764	-2692.9	<b>3.53</b>
276	245	-832	-2698.1	<b>3.24</b>
277	141	-214	-2659.9	<b>12.41</b>
278	126	-146	-2654.8	<b>18.13</b>
279	173	-330	-2672.0	<b>8.11</b>
280	159	-262	-2666.8	<b>10.19</b>
281	131	-187	-2656.3	<b>14.23</b>
282	145	-255	-2661.5	<b>10.46</b>
283	207	-662	-2684.2	<b>4.05</b>
284	193	-594	-2679.0	<b>4.51</b>
285	164	-302	-2668.4	<b>8.84</b>
286	178	-370	-2673.6	<b>7.23</b>
287	239	-777	-2696.2	<b>3.47</b>
288	225	-709	-2691.1	<b>3.79</b>
289	197	-634	-2680.6	<b>4.23</b>
290	211	-702	-2685.8	<b>3.82</b>
291	230	-750	-2692.6	<b>3.59</b>
292	244	-818	-2697.8	<b>3.30</b>
293	143	-395	-2660.7	<b>6.74</b>
294	129	-327	-2655.5	<b>8.12</b>
295	176	-510	-2672.8	<b>5.24</b>
296	161	-442	-2667.6	<b>6.03</b>
297	133	-367	-2657.1	<b>7.23</b>
298	147	-435	-2662.3	<b>6.12</b>
299	163	-529	-2668.0	<b>5.04</b>
300	148	-461	-2662.8	<b>5.77</b>
301	166	-483	-2669.2	<b>5.53</b>
302	180	-550	-2674.4	<b>4.86</b>
303	195	-645	-2680.0	<b>4.16</b>
304	181	-577	-2674.9	<b>4.64</b>
305	153	-502	-2664.4	<b>5.31</b>
306	167	-569	-2669.6	<b>4.69</b>
307	186	-617	-2676.5	<b>4.34</b>
308	200	-685	-2681.6	<b>3.92</b>
309	140	-348	-2659.7	<b>7.64</b>
310	126	-280	-2654.5	<b>9.48</b>
311	173	-463	-2671.8	<b>5.77</b>
312	159	-395	-2666.6	<b>6.74</b>
313	130	-320	-2656.1	<b>8.29</b>
314	144	-388	-2661.3	<b>6.86</b>
315	160	-482	-2667.0	<b>5.53</b>
316	146	-414	-2661.8	<b>6.42</b>
317	163	-436	-2668.2	<b>6.12</b>
318	177	-504	-2673.4	<b>5.31</b>



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	66 di 95

319	193	-598	-2679.0	<b>4.48</b>
320	179	-530	-2673.9	<b>5.05</b>
321	150	-455	-2663.4	<b>5.86</b>
322	164	-523	-2668.6	<b>5.11</b>
323	183	-570	-2675.5	<b>4.69</b>
324	197	-638	-2680.6	<b>4.20</b>

### 9.6.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli  $\phi 12 / 20 \times 20$ ).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	100	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	32	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	26	
Diametro ferro ortogonale	$\phi_{ferro}$ ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	$\theta$	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm <sup>2</sup> / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° <sub>st.</sub> /m	5	1/m
Asw	770	mm <sup>2</sup>
ctg $\theta$	1	
ctg $\alpha$	0	
z = 0.9d	828	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	$\sigma_{cp}$	V <sub>Rd,c</sub>	V <sub>Rcd,y</sub>	V <sub>Rsd,y</sub>	V <sub>Rd,y</sub>	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>G3_1_53</b>	<b>-852.1</b>	<b>496.9</b>			<b>3387.3</b>	<b>1247.4</b>	<b>1247.4</b>	<b>1.464</b>

### 9.6.3 Fessurazione

	<b>Formazione fessure</b>	<b>ss [MPa]</b>	<b>ssr [MPa]</b>	<b>k3 [-]</b>	<b>Aeff [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>s [mm]</b>	<b>srm [mm]</b>	<b>esm [-]</b>	<b>wm [mm]</b>	<b>wd [mm]</b>
1	Non fessurata	0	-54	0.125						
2	Non fessurata	0	-43	0.125						
3	Non fessurata	0	-50	0.125						
4	Non fessurata	0	-62	0.125						
5	Non fessurata	0	-41	0.125						
6	Non fessurata	0	-29	0.125						
7	Non fessurata	0	-37	0.125						
8	Non fessurata	0	-48	0.125						
9	Non fessurata	0	-57	0.125						
10	Non fessurata	0	-46	0.125						
11	Non fessurata	0	-53	0.125						
12	Non fessurata	0	-65	0.125						
13	Non fessurata	0	-44	0.125						
14	Non fessurata	0	-32	0.125						
15	Non fessurata	0	-40	0.125						
16	Non fessurata	0	-51	0.125						
17	Fessurata	-116	-93	0.125	310260	100	238	0.0004	0.093	0.158
18	Fessurata	-104	-93	0.125	309428	100	238	0.0003	0.074	0.126
19	Fessurata	-111	-93	0.125	310281	100	238	0.0004	0.086	0.146
20	Fessurata	-123	-94	0.125	310990	100	238	0.0004	0.104	0.177
21	Fessurata	-119	-93	0.125	310248	100	238	0.0004	0.098	0.166
22	Fessurata	-107	-93	0.125	309437	100	238	0.0003	0.079	0.134
23	Fessurata	-114	-93	0.125	310267	100	238	0.0004	0.091	0.154
24	Fessurata	-126	-94	0.125	310961	100	238	0.0005	0.109	0.185
25	Non fessurata	0	-48	0.125						
26	Non fessurata	0	-36	0.125						
27	Non fessurata	0	-43	0.125						
28	Non fessurata	0	-55	0.125						
29	Non fessurata	0	-41	0.125						
30	Non fessurata	0	-29	0.125						
31	Non fessurata	0	-37	0.125						
32	Non fessurata	0	-48	0.125						
33	Non fessurata	0	-51	0.125						
34	Non fessurata	0	-39	0.125						
35	Non fessurata	0	-46	0.125						
36	Non fessurata	0	-58	0.125						
37	Non fessurata	0	-44	0.125						
38	Non fessurata	0	-32	0.125						
39	Non fessurata	0	-40	0.125						
40	Non fessurata	0	-51	0.125						
41	Fessurata	-79	-93	0.125	309365	100	238	0.0002	0.037	0.063
42	Non fessurata	0	-67	0.125						
43	Non fessurata	0	-74	0.125						
44	Fessurata	-86	-94	0.125	310479	100	238	0.0002	0.041	0.070
45	Fessurata	-82	-93	0.125	309379	100	238	0.0002	0.039	0.066



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	69 di 95

46	Non fessurata	0	-70	0.125						
47	Non fessurata	0	-77	0.125						
48	Fessurata	-89	-94	0.125	310455	100	238	0.0002	0.047	0.080
49	Non fessurata	0	-54	0.125						
50	Non fessurata	0	-43	0.125						
51	Non fessurata	0	-50	0.125						
52	Non fessurata	0	-62	0.125						
53	Non fessurata	0	-57	0.125						
54	Non fessurata	0	-46	0.125						
55	Non fessurata	0	-53	0.125						
56	Non fessurata	0	-65	0.125						

## 9.7 VERIFICA SEZIONE 5: SOLETTA SUPERIORE\_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b><i>B</i></b>	<b><i>H</i></b>
<b><i>[cm]</i></b>	<b><i>[cm]</i></b>
<b><i>100</i></b>	<b><i>100</i></b>

### 9.7.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	32	40.21	9.4
5	32	40.21	9.4
5	26	26.55	15.2
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

**RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE**

	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>M<sub>u</sub></b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	333	1366	3168.0	<b>2.32</b>
2	304	1205	3159.8	<b>2.62</b>
3	307	1488	3160.6	<b>2.12</b>
4	279	1327	3152.4	<b>2.38</b>
5	315	1416	3162.9	<b>2.23</b>
6	287	1254	3154.6	<b>2.51</b>
7	340	1294	3170.3	<b>2.45</b>
8	312	1132	3162.1	<b>2.79</b>
9	310	1188	3161.5	<b>2.66</b>
10	268	1392	3149.1	<b>2.26</b>
11	281	1271	3152.9	<b>2.48</b>
12	323	1067	3165.3	<b>2.97</b>
13	333	1366	3168.0	<b>2.32</b>
14	192	559	3126.9	<b>5.59</b>
15	307	1488	3160.6	<b>2.12</b>
16	167	681	3119.4	<b>4.58</b>
17	315	1416	3162.9	<b>2.23</b>
18	174	609	3121.7	<b>5.13</b>
19	340	1294	3170.3	<b>2.45</b>
20	200	487	3129.2	<b>6.43</b>
21	198	542	3128.6	<b>5.77</b>
22	156	746	3116.1	<b>4.18</b>
23	168	625	3120.0	<b>4.99</b>
24	211	422	3132.4	<b>7.43</b>
25	334	1362	3168.5	<b>2.33</b>
26	306	1200	3160.2	<b>2.63</b>
27	309	1484	3161.0	<b>2.13</b>
28	281	1322	3152.8	<b>2.38</b>
29	317	1411	3163.3	<b>2.24</b>
30	288	1250	3155.1	<b>2.52</b>
31	342	1289	3170.7	<b>2.46</b>
32	314	1128	3162.5	<b>2.80</b>
33	312	1184	3161.9	<b>2.67</b>
34	270	1387	3149.6	<b>2.27</b>
35	283	1267	3153.4	<b>2.49</b>
36	325	1063	3165.7	<b>2.98</b>
37	334	1362	3168.5	<b>2.33</b>
38	193	555	3127.3	<b>5.64</b>
39	309	1484	3161.0	<b>2.13</b>
40	168	677	3119.8	<b>4.61</b>
41	317	1411	3163.3	<b>2.24</b>

42	176	604	3122.2	<b>5.17</b>
43	342	1289	3170.7	<b>2.46</b>
44	201	482	3129.6	<b>6.49</b>
45	199	538	3129.0	<b>5.82</b>
46	157	742	3116.5	<b>4.20</b>
47	170	621	3120.4	<b>5.02</b>
48	212	417	3132.8	<b>7.51</b>
49	103	468	3100.3	<b>6.62</b>
50	145	264	3113.0	<b>11.77</b>
51	141	359	3111.8	<b>8.67</b>
52	99	563	3099.2	<b>5.51</b>
53	333	1366	3168.0	<b>2.32</b>
54	304	1205	3159.8	<b>2.62</b>
55	307	1488	3160.6	<b>2.12</b>
56	279	1327	3152.4	<b>2.38</b>
57	315	1416	3162.9	<b>2.23</b>
58	287	1254	3154.6	<b>2.51</b>
59	340	1294	3170.3	<b>2.45</b>
60	312	1132	3162.1	<b>2.79</b>
61	310	1188	3161.5	<b>2.66</b>
62	268	1392	3149.1	<b>2.26</b>
63	281	1271	3152.9	<b>2.48</b>
64	323	1067	3165.3	<b>2.97</b>
65	333	1366	3168.0	<b>2.32</b>
66	192	559	3126.9	<b>5.59</b>
67	307	1488	3160.6	<b>2.12</b>
68	167	681	3119.4	<b>4.58</b>
69	315	1416	3162.9	<b>2.23</b>
70	174	609	3121.7	<b>5.13</b>
71	340	1294	3170.3	<b>2.45</b>
72	200	487	3129.2	<b>6.43</b>
73	198	542	3128.6	<b>5.77</b>
74	156	746	3116.1	<b>4.18</b>
75	168	625	3120.0	<b>4.99</b>
76	211	422	3132.4	<b>7.43</b>
77	334	1362	3168.5	<b>2.33</b>
78	306	1200	3160.2	<b>2.63</b>
79	309	1484	3161.0	<b>2.13</b>
80	281	1323	3152.8	<b>2.38</b>
81	317	1412	3163.3	<b>2.24</b>
82	288	1250	3155.1	<b>2.52</b>
83	342	1289	3170.7	<b>2.46</b>
84	314	1128	3162.5	<b>2.80</b>
85	312	1184	3161.9	<b>2.67</b>
86	270	1387	3149.6	<b>2.27</b>
87	283	1267	3153.4	<b>2.49</b>



88	325	1063	3165.7	<b>2.98</b>
89	334	1362	3168.5	<b>2.33</b>
90	193	555	3127.3	<b>5.64</b>
91	309	1484	3161.0	<b>2.13</b>
92	168	677	3119.8	<b>4.61</b>
93	317	1412	3163.3	<b>2.24</b>
94	176	604	3122.2	<b>5.17</b>
95	342	1289	3170.7	<b>2.46</b>
96	201	482	3129.6	<b>6.49</b>
97	199	538	3129.0	<b>5.82</b>
98	157	742	3116.5	<b>4.20</b>
99	170	621	3120.4	<b>5.02</b>
100	212	417	3132.8	<b>7.51</b>
101	103	468	3100.3	<b>6.62</b>
102	145	264	3113.0	<b>11.77</b>
103	141	359	3111.8	<b>8.67</b>
104	99	563	3099.2	<b>5.51</b>
105	333	1366	3168.0	<b>2.32</b>
106	305	1205	3159.8	<b>2.62</b>
107	307	1488	3160.6	<b>2.12</b>
108	279	1327	3152.4	<b>2.38</b>
109	315	1416	3162.9	<b>2.23</b>
110	287	1254	3154.6	<b>2.51</b>
111	340	1294	3170.3	<b>2.45</b>
112	312	1132	3162.1	<b>2.79</b>
113	310	1188	3161.5	<b>2.66</b>
114	268	1392	3149.1	<b>2.26</b>
115	281	1271	3152.9	<b>2.48</b>
116	323	1067	3165.3	<b>2.97</b>
117	333	1366	3168.0	<b>2.32</b>
118	192	559	3126.9	<b>5.59</b>
119	307	1488	3160.6	<b>2.12</b>
120	167	681	3119.4	<b>4.58</b>
121	315	1416	3162.9	<b>2.23</b>
122	174	609	3121.7	<b>5.13</b>
123	340	1294	3170.3	<b>2.45</b>
124	200	487	3129.2	<b>6.43</b>
125	198	542	3128.6	<b>5.77</b>
126	156	746	3116.1	<b>4.18</b>
127	169	625	3120.0	<b>4.99</b>
128	211	422	3132.4	<b>7.43</b>
129	334	1362	3168.5	<b>2.33</b>
130	306	1200	3160.2	<b>2.63</b>
131	309	1484	3161.1	<b>2.13</b>
132	281	1322	3152.8	<b>2.38</b>
133	317	1411	3163.3	<b>2.24</b>

134	288	1250	3155.1	<b>2.52</b>
135	342	1289	3170.8	<b>2.46</b>
136	314	1128	3162.5	<b>2.80</b>
137	312	1184	3162.0	<b>2.67</b>
138	270	1387	3149.6	<b>2.27</b>
139	283	1267	3153.4	<b>2.49</b>
140	325	1063	3165.8	<b>2.98</b>
141	334	1362	3168.5	<b>2.33</b>
142	194	555	3127.3	<b>5.64</b>
143	309	1484	3161.1	<b>2.13</b>
144	168	677	3119.9	<b>4.61</b>
145	317	1411	3163.3	<b>2.24</b>
146	176	604	3122.2	<b>5.17</b>
147	342	1289	3170.8	<b>2.46</b>
148	201	482	3129.6	<b>6.49</b>
149	199	538	3129.0	<b>5.82</b>
150	157	742	3116.5	<b>4.20</b>
151	170	621	3120.4	<b>5.03</b>
152	212	417	3132.8	<b>7.51</b>
153	103	468	3100.3	<b>6.62</b>
154	145	264	3113.0	<b>11.77</b>
155	141	359	3111.8	<b>8.67</b>
156	99	563	3099.2	<b>5.51</b>
157	262	963	3147.4	<b>3.27</b>
158	248	882	3143.3	<b>3.56</b>
159	237	1085	3140.0	<b>2.89</b>
160	223	1004	3135.9	<b>3.12</b>
161	245	1012	3142.3	<b>3.10</b>
162	231	932	3138.2	<b>3.37</b>
163	270	890	3149.7	<b>3.54</b>
164	256	809	3145.6	<b>3.89</b>
165	254	865	3145.0	<b>3.63</b>
166	212	1069	3132.7	<b>2.93</b>
167	225	948	3136.5	<b>3.31</b>
168	267	745	3148.8	<b>4.23</b>
169	262	963	3147.4	<b>3.27</b>
170	248	882	3143.3	<b>3.56</b>
171	237	1085	3140.0	<b>2.89</b>
172	223	1004	3135.9	<b>3.12</b>
173	245	1012	3142.3	<b>3.10</b>
174	231	932	3138.2	<b>3.37</b>
175	270	890	3149.7	<b>3.54</b>
176	256	809	3145.6	<b>3.89</b>
177	254	865	3145.0	<b>3.63</b>
178	212	1069	3132.7	<b>2.93</b>
179	225	948	3136.5	<b>3.31</b>

180	267	745	3148.8	<b>4.23</b>
181	264	958	3147.9	<b>3.28</b>
182	250	878	3143.8	<b>3.58</b>
183	238	1080	3140.5	<b>2.91</b>
184	224	1000	3136.4	<b>3.14</b>
185	246	1008	3142.7	<b>3.12</b>
186	232	927	3138.6	<b>3.38</b>
187	272	886	3150.2	<b>3.56</b>
188	258	805	3146.0	<b>3.91</b>
189	256	861	3145.5	<b>3.65</b>
190	213	1065	3133.1	<b>2.94</b>
191	226	944	3136.9	<b>3.32</b>
192	269	740	3149.3	<b>4.25</b>
193	264	958	3147.9	<b>3.28</b>
194	250	877	3143.8	<b>3.58</b>
195	238	1080	3140.5	<b>2.91</b>
196	224	1000	3136.4	<b>3.14</b>
197	246	1008	3142.7	<b>3.12</b>
198	232	927	3138.6	<b>3.38</b>
199	272	886	3150.2	<b>3.56</b>
200	258	805	3146.1	<b>3.91</b>
201	256	861	3145.5	<b>3.65</b>
202	213	1065	3133.1	<b>2.94</b>
203	226	944	3136.9	<b>3.32</b>
204	269	740	3149.3	<b>4.25</b>
205	103	468	3100.3	<b>6.62</b>
206	145	264	3113.0	<b>11.77</b>
207	141	359	3111.8	<b>8.67</b>
208	99	563	3099.2	<b>5.51</b>
209	262	962	3147.4	<b>3.27</b>
210	248	882	3143.3	<b>3.56</b>
211	237	1085	3140.0	<b>2.90</b>
212	223	1004	3135.9	<b>3.12</b>
213	245	1012	3142.3	<b>3.10</b>
214	231	932	3138.2	<b>3.37</b>
215	270	890	3149.7	<b>3.54</b>
216	256	809	3145.6	<b>3.89</b>
217	254	865	3145.0	<b>3.64</b>
218	212	1069	3132.7	<b>2.93</b>
219	225	948	3136.5	<b>3.31</b>
220	267	744	3148.8	<b>4.23</b>
221	262	962	3147.4	<b>3.27</b>
222	248	882	3143.3	<b>3.56</b>
223	237	1085	3140.0	<b>2.90</b>
224	223	1004	3135.9	<b>3.12</b>
225	245	1012	3142.3	<b>3.10</b>

226	231	932	3138.2	<b>3.37</b>
227	270	890	3149.7	<b>3.54</b>
228	256	809	3145.6	<b>3.89</b>
229	254	865	3145.0	<b>3.64</b>
230	212	1069	3132.7	<b>2.93</b>
231	225	948	3136.5	<b>3.31</b>
232	267	744	3148.8	<b>4.23</b>
233	264	958	3147.9	<b>3.29</b>
234	250	877	3143.8	<b>3.58</b>
235	238	1080	3140.5	<b>2.91</b>
236	224	1000	3136.4	<b>3.14</b>
237	246	1008	3142.8	<b>3.12</b>
238	232	927	3138.6	<b>3.39</b>
239	272	886	3150.2	<b>3.56</b>
240	258	805	3146.1	<b>3.91</b>
241	256	861	3145.5	<b>3.65</b>
242	213	1064	3133.1	<b>2.94</b>
243	226	944	3136.9	<b>3.32</b>
244	269	740	3149.3	<b>4.26</b>
245	264	958	3147.9	<b>3.29</b>
246	250	877	3143.8	<b>3.58</b>
247	238	1080	3140.5	<b>2.91</b>
248	224	1000	3136.4	<b>3.14</b>
249	246	1008	3142.8	<b>3.12</b>
250	232	927	3138.6	<b>3.39</b>
251	272	886	3150.2	<b>3.56</b>
252	258	805	3146.1	<b>3.91</b>
253	256	861	3145.5	<b>3.65</b>
254	213	1064	3133.1	<b>2.94</b>
255	226	944	3136.9	<b>3.32</b>
256	269	740	3149.3	<b>4.26</b>
257	103	468	3100.3	<b>6.62</b>
258	145	264	3113.0	<b>11.77</b>
259	141	359	3111.8	<b>8.67</b>
260	99	563	3099.2	<b>5.51</b>
261	184	497	3124.5	<b>6.28</b>
262	170	565	3120.4	<b>5.52</b>
263	184	497	3124.5	<b>6.28</b>
264	170	565	3120.4	<b>5.52</b>
265	174	525	3121.7	<b>5.95</b>
266	188	457	3125.8	<b>6.84</b>
267	184	497	3124.5	<b>6.29</b>
268	170	565	3120.4	<b>5.52</b>
269	174	525	3121.7	<b>5.95</b>
270	188	457	3125.8	<b>6.84</b>
271	184	497	3124.5	<b>6.29</b>

272	170	565	3120.4	<b>5.52</b>
273	174	525	3121.7	<b>5.95</b>
274	188	457	3125.8	<b>6.84</b>
275	174	525	3121.7	<b>5.95</b>
276	188	457	3125.8	<b>6.84</b>
277	183	480	3124.3	<b>6.51</b>
278	169	548	3120.1	<b>5.69</b>
279	183	480	3124.3	<b>6.51</b>
280	169	548	3120.1	<b>5.69</b>
281	173	508	3121.4	<b>6.15</b>
282	187	440	3125.5	<b>7.11</b>
283	183	480	3124.3	<b>6.51</b>
284	169	548	3120.1	<b>5.70</b>
285	173	508	3121.4	<b>6.15</b>
286	187	440	3125.5	<b>7.11</b>
287	183	480	3124.3	<b>6.51</b>
288	169	548	3120.1	<b>5.70</b>
289	173	508	3121.4	<b>6.15</b>
290	187	440	3125.5	<b>7.11</b>
291	173	508	3121.4	<b>6.15</b>
292	187	440	3125.6	<b>7.11</b>
293	162	524	3118.1	<b>5.95</b>
294	148	592	3113.9	<b>5.26</b>
295	162	524	3118.1	<b>5.95</b>
296	148	591	3113.9	<b>5.26</b>
297	152	551	3115.2	<b>5.65</b>
298	167	483	3119.4	<b>6.45</b>
299	162	524	3118.1	<b>5.96</b>
300	148	591	3113.9	<b>5.26</b>
301	152	551	3115.2	<b>5.65</b>
302	167	483	3119.4	<b>6.45</b>
303	162	524	3118.1	<b>5.96</b>
304	148	591	3113.9	<b>5.26</b>
305	152	551	3115.2	<b>5.65</b>
306	167	483	3119.4	<b>6.45</b>
307	152	551	3115.2	<b>5.65</b>
308	167	483	3119.4	<b>6.45</b>
309	159	467	3117.2	<b>6.68</b>
310	145	535	3113.0	<b>5.82</b>
311	159	467	3117.2	<b>6.68</b>
312	145	535	3113.0	<b>5.82</b>
313	150	494	3114.3	<b>6.30</b>
314	164	427	3118.5	<b>7.31</b>
315	159	467	3117.2	<b>6.68</b>
316	145	535	3113.0	<b>5.82</b>
317	150	494	3114.3	<b>6.30</b>



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	78 di 95

318	164	426	3118.5	<b>7.31</b>
319	159	467	3117.2	<b>6.68</b>
320	145	535	3113.0	<b>5.82</b>
321	150	494	3114.3	<b>6.30</b>
322	164	426	3118.5	<b>7.31</b>
323	150	494	3114.3	<b>6.30</b>
324	164	426	3118.5	<b>7.31</b>



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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	79 di 95

### 9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE <sub>dy</sub>	NE <sub>d</sub>	sc <sub>p</sub>	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd,y</sub>	VR <sub>sd,y</sub>	VR <sub>d,y</sub>	C.S. <sub>y,min</sub>
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>G3_0.5_3</b>	<b>62.8</b>	<b>236.9</b>	<b>0.2</b>	<b>535.4</b>				<b>8.526</b>

### 9.7.3 Fessurazione

	<b>Formazione</b>	<b>ss</b>	<b>ssr</b>	<b>k3</b>	<b>Aeff</b>	<b>s</b>	<b>srm</b>	<b>esm</b>	<b>wm</b>	<b>wd</b>	
	<b>fessure</b>	<b>[MPa]</b>	<b>[MPa]</b>	<b>[-]</b>	<b>[mm<sup>2</sup>]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[-]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	
1	Fessurata	-97	-81	0.125	298053	100	219	0.0003	0.069	0.117	Verificato
2	Fessurata	-108	-81	0.125	300267	100	219	0.0004	0.084	0.143	Verificato
3	Fessurata	-101	-81	0.125	299316	100	219	0.0003	0.075	0.128	Verificato
4	Fessurata	-90	-81	0.125	296866	100	218	0.0003	0.060	0.101	Verificato
5	Non fessurata	0	-45	0.125							
6	Non fessurata	0	-56	0.125							
7	Non fessurata	0	-49	0.125							
8	Non fessurata	0	-39	0.125							
9	Fessurata	-94	-81	0.125	297168	100	219	0.0003	0.064	0.110	Verificato
10	Fessurata	-105	-81	0.125	299518	100	219	0.0004	0.080	0.136	Verificato
11	Fessurata	-98	-81	0.125	298500	100	219	0.0003	0.071	0.121	Verificato
12	Fessurata	-87	-80	0.125	295890	100	218	0.0003	0.055	0.094	Verificato
13	Non fessurata	0	-42	0.125							
14	Non fessurata	0	-53	0.125							
15	Non fessurata	0	-46	0.125							
16	Non fessurata	0	-36	0.125							
17	Fessurata	-97	-81	0.125	298050	100	219	0.0003	0.069	0.117	Verificato
18	Fessurata	-108	-81	0.125	300264	100	219	0.0004	0.084	0.143	Verificato
19	Fessurata	-101	-81	0.125	299313	100	219	0.0003	0.075	0.128	Verificato
20	Fessurata	-90	-81	0.125	296863	100	218	0.0003	0.060	0.101	Verificato
21	Fessurata	-94	-81	0.125	297164	100	219	0.0003	0.064	0.109	Verificato
22	Fessurata	-105	-81	0.125	299515	100	219	0.0004	0.080	0.136	Verificato
23	Fessurata	-98	-81	0.125	298496	100	219	0.0003	0.071	0.121	Verificato
24	Fessurata	-87	-80	0.125	295886	100	218	0.0003	0.055	0.094	Verificato
25	Fessurata	-71	-81	0.125	296764	100	218	0.0001	0.031	0.053	Verificato
26	Fessurata	-82	-81	0.125	299826	100	219	0.0002	0.045	0.077	Verificato
27	Fessurata	-75	-81	0.125	298521	100	219	0.0002	0.035	0.059	Verificato
28	Non fessurata	0	-65	0.125							
29	Non fessurata	0	-45	0.125							
30	Non fessurata	0	-56	0.125							
31	Non fessurata	0	-49	0.125							
32	Non fessurata	0	-39	0.125							
33	Fessurata	-68	-80	0.125	295503	100	218	0.0001	0.030	0.050	Verificato
34	Fessurata	-79	-81	0.125	298819	100	219	0.0002	0.040	0.068	Verificato
35	Fessurata	-72	-81	0.125	297391	100	219	0.0001	0.032	0.054	Verificato
36	Non fessurata	0	-62	0.125							
37	Non fessurata	0	-42	0.125							
38	Non fessurata	0	-53	0.125							
39	Non fessurata	0	-46	0.125							
40	Non fessurata	0	-36	0.125							





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

SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa  
*Relazione di calcolo sottopasso*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	81 di 95

41	Fessurata	-71	-81	0.125	296761	100	218	0.0001	0.031	0.053	Verificato
42	Fessurata	-82	-81	0.125	299824	100	219	0.0002	0.045	0.077	Verificato
43	Fessurata	-75	-81	0.125	298519	100	219	0.0002	0.035	0.059	Verificato
44	Non fessurata	0	-65	0.125							
45	Fessurata	-68	-80	0.125	295500	100	218	0.0001	0.030	0.050	Verificato
46	Fessurata	-79	-81	0.125	298817	100	219	0.0002	0.040	0.068	Verificato
47	Fessurata	-72	-81	0.125	297388	100	219	0.0001	0.032	0.054	Verificato
48	Non fessurata	0	-62	0.125							
49	Fessurata	-97	-81	0.125	298053	100	219	0.0003	0.069	0.117	Verificato
50	Fessurata	-108	-81	0.125	300267	100	219	0.0004	0.084	0.143	Verificato
51	Fessurata	-101	-81	0.125	299316	100	219	0.0003	0.075	0.128	Verificato
52	Fessurata	-90	-81	0.125	296866	100	218	0.0003	0.060	0.101	Verificato
53	Fessurata	-94	-81	0.125	297168	100	219	0.0003	0.064	0.110	Verificato
54	Fessurata	-105	-81	0.125	299518	100	219	0.0004	0.080	0.136	Verificato
55	Fessurata	-98	-81	0.125	298500	100	219	0.0003	0.071	0.121	Verificato
56	Fessurata	-87	-80	0.125	295890	100	218	0.0003	0.055	0.094	Verificato

## 9.8 RIEPILOGO VERIFICHE


Nel seguito per le varie posizioni dei due treni di carico si riportano le verifiche riassuntive delle verifiche allo SLU.

01_SW2 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1777	-	2.379
	Taglio	G3_1_57	0	-	930	1.488
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1469	-	2.590
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	3.206
3	Presso-flessione	G3_1_83	987	-1862	-	1.779
	Taglio	G3_1_83	996	0	-465	1.337
4	Presso-flessione	G3_1_83	511	-1743	-	1.603
	Taglio	G3_1_53	497	0	-852	1.464
5	Presso-flessione	G3_1_3	358	1452	-	2.187
	Taglio	G3_0.5_3	262	-	67	8.091
6	Presso-flessione	G3_1_5	1081	-1867	-	1.942
	Taglio	G3_1_3	1071	-	576	1.201

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	2048	-	2.064
	Taglio	G3_1_57	0	-	932	1.485
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1491	-	2.552
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	1.964
3	Presso-flessione	G3_1_83	955	-1651	-	1.999
	Taglio	G3_1_83	964	0	-389	1.588
4	Presso-flessione	G3_1_83	435	-1522	-	1.818
	Taglio	G3_1_53	421	0	-820	1.521
5	Presso-flessione	G3_1_3	282	1470	-	2.145
	Taglio	G3_1_3	282	-	99	5.481
6	Presso-flessione	G3_1_5	1049	-2123	-	1.703
	Taglio	G3_1_3	1039	-	652	1.061

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1643	-	2.573
	Taglio	G3_1_57	0	-	861	1.606
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1382	-	2.752
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	3.401
3	Presso-flessione	G3_1_83	897	-1814	-	1.808
	Taglio	G3_1_83	906	0	-424	1.438
4	Presso-flessione	G3_1_83	454	-1699	-	1.632
	Taglio	G3_1_53	440	0	-796	1.566
5	Presso-flessione	G3_1_3	307	1488	-	2.124
	Taglio	G3_0.5_3	237	-	63	8.526
6	Presso-flessione	G3_1_5	999	-1734	-	2.075
	Taglio	G3_1_3	989	-	508	1.362

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1625	-	2.603
	Taglio	G3_1_57	0	-	823	1.680
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1376	-	2.765
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	3.058
3	Presso-flessione	G3_1_83	834	-1718	-	1.895
	Taglio	G3_1_83	844	0	-413	1.455
4	Presso-flessione	G3_1_83	443	-1618	-	1.712
	Taglio	G3_1_53	429	0	-734	1.700
5	Presso-flessione	G3_1_3	296	1388	-	2.274
	Taglio	G3_1_55	296	-	-118	4.618
6	Presso-flessione	G3_1_5	936	-1706	-	2.097
	Taglio	G3_1_3	926	-	519	1.333

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>												
SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrasa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0300001</td> <td>A</td> <td>86 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	86 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0300001	A	86 di 95								

## 10 VERIFICHE LONGITUDINALI

Nel presente paragrafo sono riportati i criteri da utilizzare sulla singola opera per la determinazione del quantitativo di armatura longitudinale.

### LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

Per lunghezze dei conci dello scatolare inferiori a 20m non si effettua il calcolo dell'armatura longitudinale e si dispone il quantitativo minimo.

La minima armatura longitudinale da disporre è pari al 20% dell'armatura trasversale disposta in mezzzeria della sezione trasversale stessa.

### LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

Per lunghezze dei conci superiori a 20m si effettua il dimensionamento dell'armatura longitudinale considerando l'azione di trazione che si sviluppa per effetto dell'attrito offerto dal terreno.

La formulazione per il calcolo di tale azione (e quindi dell'armatura longitudinale antiritiro) è mutuata dall'EC2:

$$A_s = \text{armatura longitudinale} = N_{tr}/\sigma_s$$

in cui:

$$N_{tr} = k_c \times k \times \sigma_{tr} \times A_c \quad \text{azione normale di trazione dovuta alle } \epsilon_r \text{ di ritiro}$$

$$\sigma_s \quad \text{massima tensione ammessa nell'armatura}$$

$$A_c \quad \text{area della sezione di cls che si ritira}$$

$$\sigma_{tr} = \epsilon_r \times E_c/3 \quad \text{tensione di trazione indotta dal ritiro}$$

$$k_c = 1.0 \quad \text{coefficiente di distribuzione delle tensioni nella sezione}$$

$k=0.8$  per  $h \leq 30\text{cm}$ ,  $0.5$  per  $h \geq 80\text{cm}$  coefficiente che tiene conto degli effetti di tensione autoequilibrate non uniforme

Per tenere in conto del fatto che il grado di impedimento del terreno sullo scatolare è parziale e non totale si fa riferimento alla norma ACI 207.2R-95 che propone di utilizzare il seguente coefficiente:

$$K_r = [(L/H-2)/(L/H+1)]^{h/H} \quad \text{grado di impedimento}$$

$$m = 1/(1+A_c/At \cdot E_c/E_t) \quad \text{moltiplicatore del grado di impedimento}$$

$L$  = lunghezza del concio di scatolare

$H$  = altezza dell'elemento di cls a contatto con il terreno

$h = H/2$  = altezza all'interno dell'elemento in cui si valuta il grado di impedimento

$E_c$  = modulo elastico del cls ridotto a 1/3 per tenere in conto gli effetti viscosi

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</b>					
	SL03 - Prolungamento Sottovia via Cascina Pizzabrosa <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0300001	REV. A

$E_t$  = modulo elastico del terreno

$A_c$  = area dell'elemento in cls

$A_t$  = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di  $E_t$  si considerano le seguenti ipotesi:

$E_{t1}$  = terreno a contatto con la soletta di fondazione = 750 MPa

$E_{t2}$  = terreno a contatto con la soletta di copertura = 300 MPa

$E_{t3}$  = terreno a contatto con i piedritti = 525 MPa

$E_t = (E_{t1} \cdot A_{sf} + E_{t2} \cdot A_s + E_{t3} \cdot A_{sp}) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$

In cui

$A_{sf}$  = sezione della soletta inferiore

$A_s$  = sezione della soletta superiore

$A_{sp}$  = sezione dei piedritti

A seguito di quanto esposto, prendendo in considerazione una striscia di larghezza unitaria pari a 1.00m, l'armatura antiritiro longitudinale si ottiene da:

$$A_s = (k_c \cdot k \cdot \sigma_{tr} \cdot A_c / \sigma_s) \cdot m \cdot K_r$$

Per il calcolo della tensione di trazione dovuta al ritiro, sempre utilizzando le prescrizioni dell'EC2, è stata calcolata mediante le seguenti formule:

$$\sigma_{tr} = \epsilon_{cs,m} \cdot E_{cs} / 3$$

in cui:

$\epsilon_{cs}(t_1, t_0) = \epsilon_{cr0} \cdot \beta_s(t_1 - t_0)$  deformazione di ritiro del cls

$\epsilon_{cr0} = \epsilon_s(f_{cm}) \cdot \beta_{RH}$  coefficiente nominale di ritiro

$\beta_s(t_1, t_0) = [(t_1 - t_0) / (0.035 \cdot h_0^2 + t_1 - t_0)]^{0.5}$  coefficiente di sviluppo del ritiro nel tempo

$\epsilon_s(f_{cm}) = [160 + \beta_{sc} \cdot (90 - f_{cm})] \cdot 10^{-6}$  fattore che tiene conto della  $R_{ck}$

$\beta_{RH} = 1.55 \cdot [1 - (RH/100)^3]$  fattore che tiene conto delle condizioni di maturazione

$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$  [MPa] resistenza media a compressione del cls

$t_0 = 1$  età del cls all'inizio della contrazione

$t_1 = 18000$  età finale del cls (18000 giorni = 50 anni)

$RH = 75\%$ 

umidità relativa ambientale

 $h_0 = 2A_c/u$  [mm]

Spessore fittizio

 $A_c$  = area del cls che si ritira

 $u$  = perimetro dell'elemento di cls a contatto con l'atmosfera, assunto pari alla luce interna degli elementi dello scatolare

$$\epsilon_{cs\_m}(t_1, t_0) = (\epsilon_{sf} * A_{sf} + \epsilon_p * A_{sp} + \epsilon_s * A_s) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$$

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Valutazione del ritiro		Fondazione	Piedritti	Solettone
Area c.l.s. che ritira	$A_c$ [mmq]	16060000	6160000	14200000
Per. a contatto con atmosfera	$u$ [mm]	12000	5600	12000
Spessore Fittizio	$h_0$ [mm]	2676.667	2200	2366.667
Età c.l.s. inizio ritiro essiccamento	$t_1$ [gg]	18000	18000	18000
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	$t_0$ [gg]	1	1	1
Fattore di maturazione	$\beta_{rh}$	0.896	0.896	0.896
Fattore di resistenza	$\epsilon_s(f_{cm})$	1	1	1
Coefficiente nominale di ritiro	$\epsilon_{cr0}$	0.000214	0.000214	0.000214
Coefficiente di sviluppo nel tempo	$\beta_s(t_1, t_0)$	0.000192	0.000192	0.000192
Deformazione di ritiro del c.l.s.	$\epsilon_{cs}(t_1, t_0)$	0.25879	0.30991	0.28999



<b>Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura</b>			
Deformazione media di ritiro	$\epsilon_{CS\_m}$	5.4E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	0.57743	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	20630	mm
Altezza elemento equivalente	H	1066.67	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	43800	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.66	
Grado di impedimento	Kr	0.92332	
Moltiplicatore Kr	m	0.01764	
Tensione di lavoro assunta	$\sigma_{S\_L}$	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 14 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		51.16542468	

La scelta del diametro della armatura longitudinale tiene conto anche del contenuto minimo richiesto in questa direzione.

## 11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO

Per la verifica di stabilità al sollevamento si sono utilizzati i coefficienti parziali delle azioni indicati nella Tab. 6.2.III del D.M. 14/01/08, di seguito riportati per comodità:

**Tabella 6.2.III** – *Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.*

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

## 11.1 TRATTO NUOVO SOTTOPASSO

Al di sotto del nuovo sottopasso si prevede un tappo di fondo in jet grouting dello spessore di 3.00m.

Nel seguito si riporta la verifica del sollevamento del fondo dello scavo dello scatolare.

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO				
Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti. Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.				
Peso specifico jet grouting	$\gamma_t$	=	22	[kN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	=	10	[kN/m <sup>3</sup> ]
quota falda	$q_w$	=	89.91	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	87.65	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	3.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	84.65	[m]
	$\Delta h_w$	=	5.26	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	52.60	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	66	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente parziale favorevole	$\gamma_{inst}$	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	$\gamma_{stb}$	=	0.9	
<b>azione instabilizzante di progetto</b>	$V_{inst,d}$	=	<b>57.9</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>59.4</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.03</b>	
				verificato

## 11.2 TRATTO DI IMBOCCO

Al di sotto delle opere di imbocco sono previsti tappi di fondo in jet grouting, come di seguito specificato:

MURO [Concio]	SPESSORE TAPPO [m]
A - Volano	6.50
B	2.50

Nel seguito si riporta la verifica del sollevamento del fondo dello scavo.

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO A				
Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastanti.				
Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.				
Peso specifico jet grouting	$\gamma_t$	=	22	[kN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	=	10	[kN/m <sup>3</sup> ]
quota falda	$q_w$	=	89.91	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	84.76	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	6.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	78.26	[m]
	$\Delta h_w$	=	11.65	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	116.50	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	143	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente parziale favorevole	$\gamma_{inst}$	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	$\gamma_{stb}$	=	0.9	
<b>azione instabilizzante di progetto</b>	$V_{inst,d}$	=	<b>128.2</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>128.7</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.00</b>	
				verificato

**SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO B**

Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti.

Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.

Peso specifico jet grouting	$\gamma_t$	=	22	[kN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	=	10	[kN/m <sup>3</sup> ]
quota falda	$q_w$	=	89.91	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	88.05	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	2.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	85.55	[m]
	$\Delta h_w$	=	4.36	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	43.60	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	55	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente parziale favorevole	$\gamma_{inst}$	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	$\gamma_{stb}$	=	0.9	
<b>azione instabilizzante di progetto</b>	$V_{inst,d}$	=	<b>48.0</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>49.5</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.03</b>	
				<b>verificato</b>

### 11.3 VERIFICA SOLLEVAMENTO IN FASE DI ESERCIZIO

Segue la verifica al sollevamento a lungo termine ad opera realizzata. A favore di sicurezza si trascura l'attrito laterale e l'efficacia del tappo di fondo.

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - SOTTOPASSO				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente all'intradosso della struttura ed il peso della struttura sovrastante (e, se				
Peso specifico struttura in c.a.	$\gamma_t$	=	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	=	10	[kN/m <sup>3</sup> ]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	$\gamma_p$	=	20	[kN/m <sup>3</sup> ]
altezza minima pacchetto pavimentazione	$h_p$	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	14.20	[m]
quota falda	$q_w$	=	89.91	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	87.65	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	2.26	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	320.92	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	1053.50	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	$\gamma_{inst}$	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	$\gamma_{stb}$	=	0.9	
<b>azione instabilizzante di progetto</b>	$V_{inst,d}$	=	<b>353.0</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>948.2</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>2.69</b>	
				<b>verificato</b>

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO A (VOLANO)				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente all'intradosso della struttura ed il peso della struttura sovrastante (e, se del caso, anche dei permanenti non strutturali).				
Peso specifico struttura in c.a.	$\gamma_t$	=	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	=	10	[kN/m <sup>3</sup> ]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	$\gamma_p$	=	20	[kN/m <sup>3</sup> ]
altezza minima pacchetto pavimentazione	$h_p$	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	14.20	[m]
quota falda	$q_w$	=	89.91	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	84.76	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	5.15	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	731.30	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	1006.50	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	$\gamma_{inst}$	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	$\gamma_{stb}$	=	0.9	
<b>azione instabilizzante di progetto</b>	$V_{inst,d}$	=	<b>804.4</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>905.9</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.13</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO B**

Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente all'intradosso della struttura ed il peso della struttura sovrastante (e, se del caso, anche dei permanenti non strutturali).

Peso specifico struttura in c.a.	$\gamma_t$	=	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	=	10	[kN/m <sup>3</sup> ]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	$\gamma_p$	=	20	[kN/m <sup>3</sup> ]
altezza minima pacchetto pavimentazione	$h_p$	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	13.40	[m]
quota falda	$q_w$	=	89.91	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	88.05	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	1.86	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	249.24	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	416.50	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	$\gamma_{inst}$	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	$\gamma_{stb}$	=	0.9	
<b>azione instabilizzante di progetto</b>	$V_{inst,d}$	=	<b>274.2</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>374.9</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.37</b>	
				<b>verificato</b>