

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

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

Relazione di calcolo sottopasso

SCALA:

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

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

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

ITALFERR - UD INFRASTRUTTURE NORD  
Dott. Ing. Francesco Sacchi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 25172 Sez. A

File: NM0Z20D26CLSL0600001A

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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA**

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	3 di 97

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
<b>10 VERIFICHE LONGITUDINALI .....</b>	<b>86</b>
<b>11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO.....</b>	<b>90</b>
11.1Tratto nuovo sottopasso .....	91
11.2Tratto di imbocco.....	92
11.3Verifica sollevamento in fase di esercizio .....	95

## 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.

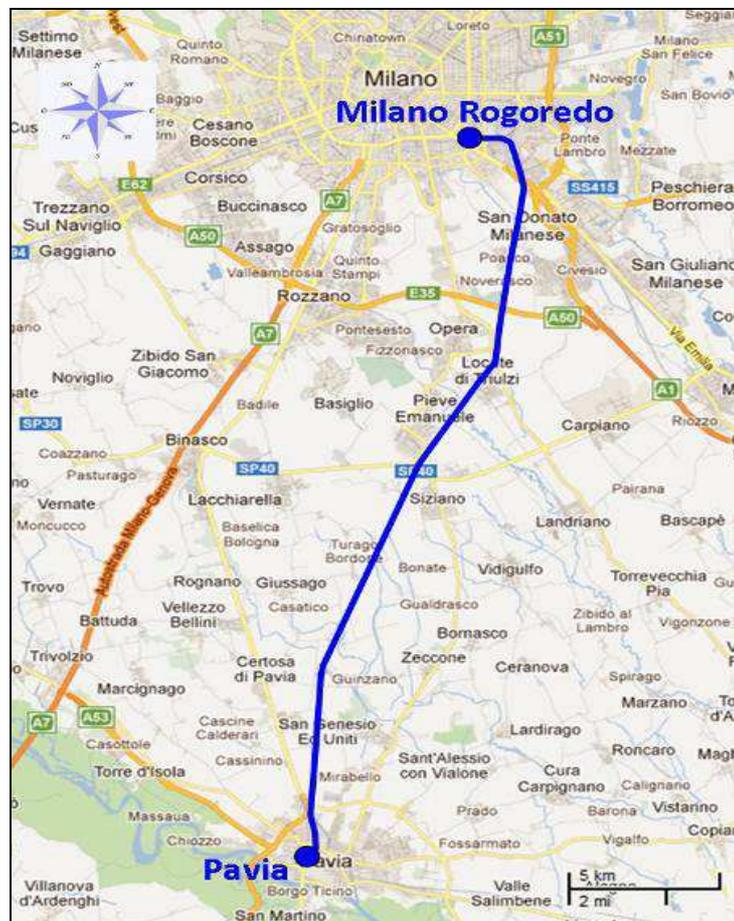


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

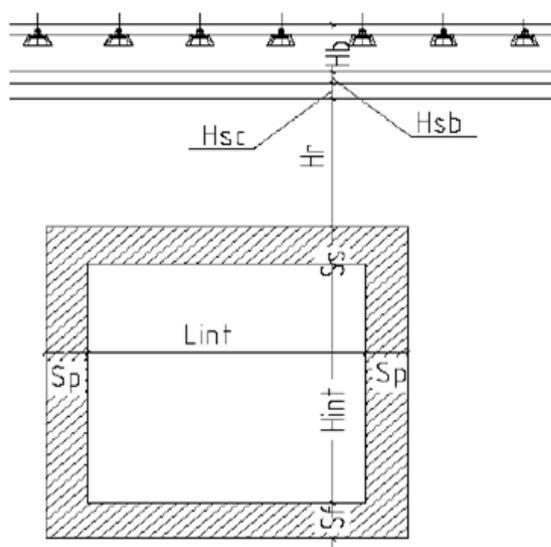
Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dell’opera principale SL06 – *Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli* al km 19+461.

## 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	10.30	m
Altezza totale	Htot	6.75	m
Spessore soletta superiore	ss	0.90	m
Spessore piedritti	sp	0.90	m
Spessore soletta inferiore	sf	1.00	m
Luce libera	Lint	8.50	m
Altezza libera	Hint	4.85	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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA**

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	6 di 97

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.70	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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo sottopasso lato Est</i>	<b>COMMESSA</b> NM0Z	<b>LOTTO</b> 20	<b>FASE-ENTE</b> D 26	<b>DOCUMENTO</b> CLSL0600001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 7 di 97

### 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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA**

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	8 di 97

## 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.

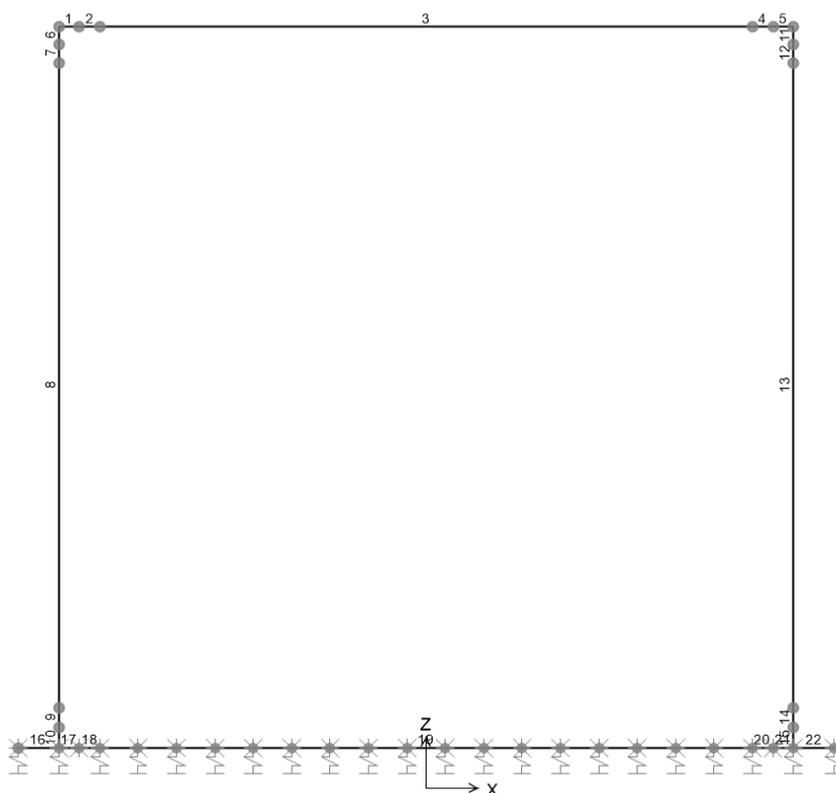
Calcestruzzo			
Classe	C28/35		Classe di Resistenza
fck	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	35		Resistenza cubica caratteristica
fcm	36	MPa	Resistenza cilindrica media
fctm	2.76626	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctk	1.93638	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fcfm	3.31951	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32308.2	MPa	Modulo Elastico
V 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 forniti.

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

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

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

**Tabella 6**



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	11 di 97

La falda è situata a quota 86.58 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	15886.51	kN/m3
valore limite di mezzeria	kMEZZ	7943.256	kN/m3

 <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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo sottopasso lato Est</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600001	REV. A

## 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.	22.5	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	22.5	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	25	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>		<b>28.75</b>	<b>kN/m</b>

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>		<b>0.00</b>	<b>kN/m</b>

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	$\phi$	27	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	6.75	m
Peso di Volume Efficace	$\gamma$	6	kN/m <sup>3</sup>
Coeff. Di spinta a riposo	$k_0$	0.54601	
Pressione in asse sol. sup.	PH	17.17	kN/m <sup>2</sup>
Pressione in asse sol. inf.	P0	36.17	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	0.70	0.7
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.45	0.45
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	4.00	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

 <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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo sottopasso lato Est</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600001	REV. A

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  $\alpha$ .

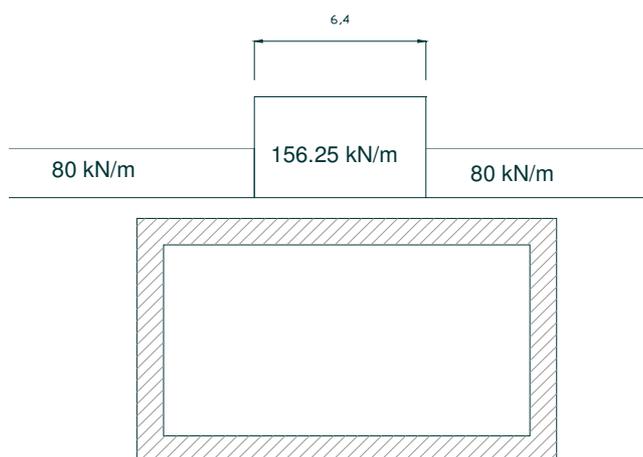
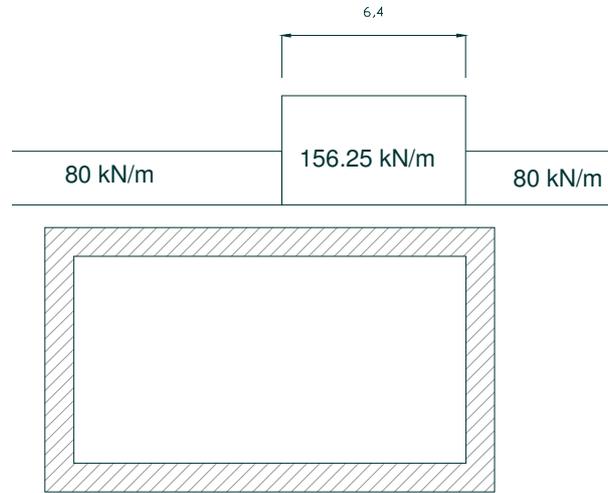
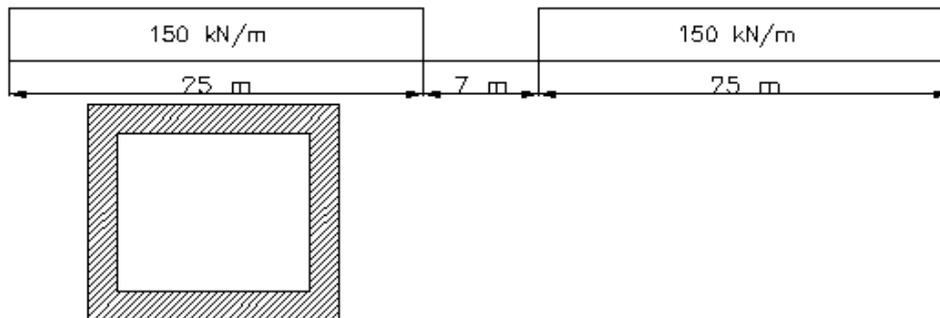


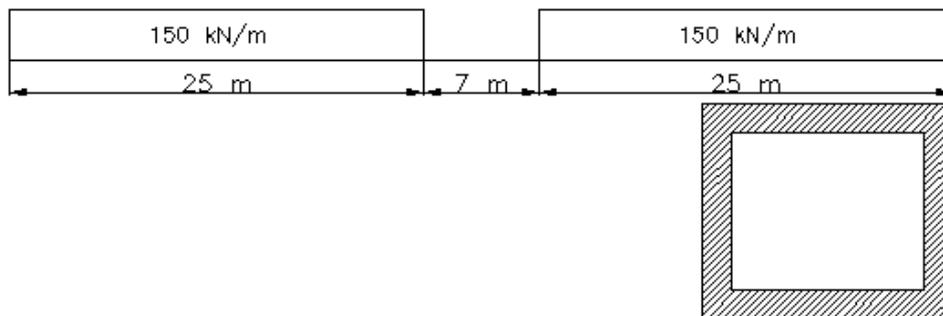
Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)



**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	$L_f$	9.10	m
Coefficiente dinamico	$\Phi$	1.30	
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	2.125	m
	L2	4.25	m
	L3	6.375	m

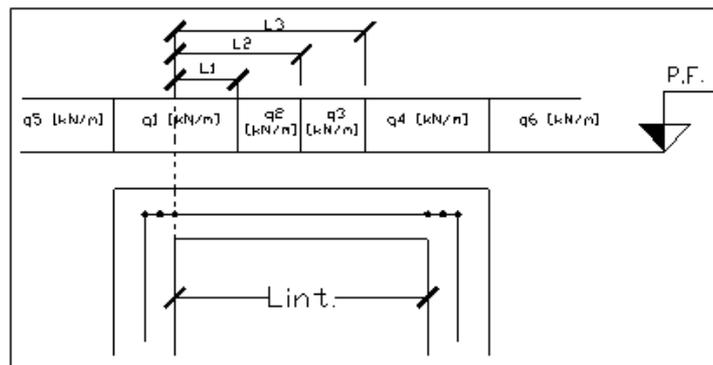


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	48.64	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	48.64	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	48.64	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	48.64	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	4.00	m
q5 ad estradosso soletta	q5	37.50	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	37.50	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	20.48	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	20.48	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	8.75	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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>					
	SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo sottopasso lato Est</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600001	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	0.078	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.577	
<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	0.117	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>	0.117	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0.2xq1$		60.98	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		60.98	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		60.98	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		60.98	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		7.1	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		7.1	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		7.1	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		7.1	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Laterali</i>			
G1		22.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		2.6	kN/m

<b>Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V</b>			
Coefficiente Sismico Verticale	<b>Kv</b>	0.0585	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		60.98	kN/m
G1+G2+0.2xq2		60.98	kN/m
G1+G2+0.2xq3		60.98	kN/m
G1+G2+0.2xq4		60.98	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		3.6	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		3.6	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		3.6	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		3.6	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	6.75	m
Peso di Volume	$\gamma$	16	kN/m <sup>3</sup>
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	$a_{max}$	0.117	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	$\Delta SE$	85.29	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	17.59	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.	$h_0$	1800	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000195	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.00024	
Var. Termica equivalente al ritiro	$\Delta T_{ritiro}$	-6	°C

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>												
SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo sottopasso lato Est</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>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0600001</td> <td>A</td> <td>21 di 97</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	21 di 97
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	21 di 97								

## 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 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</b>												
SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo sottopasso lato Est</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>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0600001</td> <td>A</td> <td>24 di 97</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	24 di 97
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	24 di 97								

## 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.

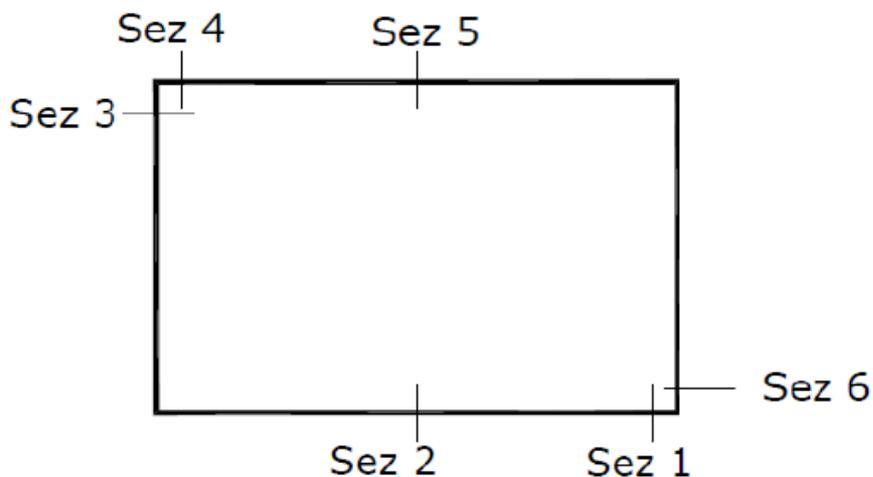


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

### 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.i.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:

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

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

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

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:

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$k_2 = 0,4$$

$f_{ctk} = \sigma_t = 2.305$  MPa; 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  $w_1 = 0.20$ 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	100

### Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.8
5	24	22.62	8.8
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	20	15.71	8.8
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	1012	1297.6	<b>1.28</b>
2	0	88	1297.6	<b>14.77</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	100	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\emptyset_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\emptyset_{inf}$	20	
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	833	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>720.3</b>	<b>0.0</b>			<b>3305.8</b>	<b>1255.5</b>	<b>1255.5</b>	<b>1.743</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	-155	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.074	0.126	Verificato
2	Fessurata	-163	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.083	0.142	Verificato
3	Fessurata	-165	-174	0.125	228000	100	239	0.0004	0.088	0.150	Verificato
4	Fessurata	-158	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.075	0.128	Verificato
5	Non fessurata	0	-72	0.125							
6	Non fessurata	0	-80	0.125							
7	Non fessurata	0	-82	0.125							
8	Non fessurata	0	-75	0.125							
9	Fessurata	-148	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.071	0.121	Verificato
10	Fessurata	-156	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.075	0.127	Verificato
11	Fessurata	-159	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.076	0.129	Verificato
12	Fessurata	-151	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.072	0.122	Verificato
13	Non fessurata	0	-65	0.125							
14	Non fessurata	0	-73	0.125							
15	Non fessurata	0	-76	0.125							
16	Non fessurata	0	-68	0.125							
17	Non fessurata	0	-89	0.125							
18	Non fessurata	0	-96	0.125							
19	Non fessurata	0	-99	0.125							
20	Non fessurata	0	-91	0.125							
21	Non fessurata	0	-82	0.125							
22	Non fessurata	0	-90	0.125							
23	Non fessurata	0	-92	0.125							
24	Non fessurata	0	-84	0.125							
25	Non fessurata	0	-114	0.125							
26	Non fessurata	0	-121	0.125							
27	Non fessurata	0	-124	0.125							
28	Non fessurata	0	-116	0.125							
29	Non fessurata	0	-72	0.125							
30	Non fessurata	0	-80	0.125							
31	Non fessurata	0	-82	0.125							
32	Non fessurata	0	-75	0.125							
33	Non fessurata	0	-107	0.125							
34	Non fessurata	0	-115	0.125							
35	Non fessurata	0	-117	0.125							
36	Non fessurata	0	-109	0.125							
37	Non fessurata	0	-65	0.125							
38	Non fessurata	0	-73	0.125							
39	Non fessurata	0	-76	0.125							
40	Non fessurata	0	-68	0.125							
41	Non fessurata	0	-80	0.125							
42	Non fessurata	0	-88	0.125							



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	30 di 97

43	Non fessurata	0	-91	0.125							
44	Non fessurata	0	-83	0.125							
45	Non fessurata	0	-74	0.125							
46	Non fessurata	0	-81	0.125							
47	Non fessurata	0	-84	0.125							
48	Non fessurata	0	-76	0.125							
49	Fessurata	-155	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.074	0.126	Verificato
50	Fessurata	-163	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.083	0.142	Verificato
51	Fessurata	-165	-174	0.125	228000	100	239	0.0004	0.088	0.150	Verificato
52	Fessurata	-158	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.075	0.128	Verificato
53	Fessurata	-148	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.071	0.121	Verificato
54	Fessurata	-156	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.075	0.127	Verificato
55	Fessurata	-159	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.076	0.129	Verificato
56	Fessurata	-151	-174	0.125	228000	100	239	0.0003	0.072	0.122	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	100

#### 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	20	15.71	8.8
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]
5	26	26.55	9.1
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	-325	-1763.3	<b>5.42</b>
2	0	-948	-1763.3	<b>1.86</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 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA**

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	32 di 97

Nome Combinazione	V <sub>E<sub>d</sub></sub>	N <sub>E<sub>d</sub></sub>	$\sigma_{cp}$	V <sub>R<sub>d</sub>,c</sub>	V <sub>R<sub>cd</sub>,y</sub>	V <sub>R<sub>sd</sub>,y</sub>	V <sub>R<sub>d</sub>,y</sub>	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>G3_1_5</b>	<b>132.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>304.0</b>				<b>2.302</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	-140	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.092	0.156
2	Fessurata	-135	-134	0.125	273000	100	243	0.0003	0.083	0.141
3	Fessurata	-133	-134	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136
4	Fessurata	-138	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.089	0.151
5	Non fessurata	0	-88	0.125						
6	Non fessurata	0	-83	0.125						
7	Non fessurata	0	-81	0.125						
8	Non fessurata	0	-87	0.125						
9	Fessurata	-144	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.100	0.169
10	Fessurata	-139	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.091	0.154
11	Fessurata	-138	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.149
12	Fessurata	-143	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.097	0.165
13	Non fessurata	0	-93	0.125						
14	Non fessurata	0	-87	0.125						
15	Non fessurata	0	-86	0.125						
16	Non fessurata	0	-91	0.125						
17	Fessurata	-140	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.092	0.156
18	Fessurata	-135	-134	0.125	273000	100	243	0.0003	0.083	0.141
19	Fessurata	-133	-134	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136
20	Fessurata	-138	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.089	0.151
21	Fessurata	-144	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.100	0.169
22	Fessurata	-139	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.091	0.154
23	Fessurata	-138	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.149
24	Fessurata	-143	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.097	0.165
25	Fessurata	-114	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.094
26	Non fessurata	0	-109	0.125						
27	Non fessurata	0	-107	0.125						
28	Fessurata	-112	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.093
29	Non fessurata	0	-88	0.125						
30	Non fessurata	0	-83	0.125						
31	Non fessurata	0	-81	0.125						
32	Non fessurata	0	-87	0.125						
33	Fessurata	-119	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.058	0.098
34	Fessurata	-113	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.094
35	Non fessurata	0	-112	0.125						
36	Fessurata	-117	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.057	0.097
37	Non fessurata	0	-93	0.125						
38	Non fessurata	0	-87	0.125						
39	Non fessurata	0	-86	0.125						
40	Non fessurata	0	-91	0.125						
41	Fessurata	-114	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.094

42	Non fessurata	0	-109	0.125						
43	Non fessurata	0	-107	0.125						
44	Fessurata	-112	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.093
45	Fessurata	-119	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.058	0.098
46	Fessurata	-113	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.094
47	Non fessurata	0	-112	0.125						
48	Fessurata	-117	-134	0.125	273000	100	243	0.0002	0.057	0.097
49	Fessurata	-140	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.092	0.156
50	Fessurata	-135	-134	0.125	273000	100	243	0.0003	0.083	0.141
51	Fessurata	-133	-134	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136
52	Fessurata	-138	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.089	0.151
53	Fessurata	-144	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.100	0.169
54	Fessurata	-139	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.091	0.154
55	Fessurata	-138	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.149
56	Fessurata	-143	-134	0.125	273000	100	243	0.0004	0.097	0.165

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

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b>B</b>	<b>H</b>
[cm]	[cm]
100	90

### 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	20	15.71	8.8
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	20	15.71	8.8
5	20	15.71	8.8
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	711	-731	-1208.0	<b>1.653</b>
2	643	-658	-1183.9	<b>1.798</b>
3	711	-646	-1208.0	<b>1.871</b>
4	643	-573	-1183.9	<b>2.066</b>
5	711	-696	-1208.0	<b>1.737</b>
6	643	-623	-1183.9	<b>1.901</b>
7	711	-781	-1208.0	<b>1.547</b>
8	643	-708	-1183.9	<b>1.671</b>
9	643	-670	-1183.9	<b>1.766</b>
10	643	-528	-1183.9	<b>2.243</b>

11	643	-611	-1183.9	<b>1.937</b>
12	643	-753	-1183.9	<b>1.571</b>
13	711	-731	-1208.0	<b>1.653</b>
14	372	-368	-1086.5	<b>2.952</b>
15	711	-646	-1208.0	<b>1.871</b>
16	372	-283	-1086.5	<b>3.845</b>
17	711	-696	-1208.0	<b>1.737</b>
18	372	-333	-1086.5	<b>3.267</b>
19	711	-781	-1208.0	<b>1.547</b>
20	372	-418	-1086.5	<b>2.600</b>
21	372	-380	-1086.5	<b>2.861</b>
22	372	-238	-1086.5	<b>4.575</b>
23	372	-321	-1086.5	<b>3.388</b>
24	372	-463	-1086.5	<b>2.347</b>
25	711	-734	-1208.0	<b>1.645</b>
26	643	-662	-1183.9	<b>1.790</b>
27	711	-649	-1208.0	<b>1.862</b>
28	643	-576	-1183.9	<b>2.055</b>
29	711	-699	-1208.0	<b>1.729</b>
30	643	-626	-1183.9	<b>1.891</b>
31	711	-784	-1208.0	<b>1.541</b>
32	643	-711	-1183.9	<b>1.664</b>
33	643	-673	-1183.9	<b>1.758</b>
34	643	-531	-1183.9	<b>2.229</b>
35	643	-614	-1183.9	<b>1.927</b>
36	643	-757	-1183.9	<b>1.565</b>
37	711	-734	-1208.0	<b>1.645</b>
38	372	-371	-1086.5	<b>2.927</b>
39	711	-649	-1208.0	<b>1.862</b>
40	372	-286	-1086.5	<b>3.802</b>
41	711	-699	-1208.0	<b>1.729</b>
42	372	-336	-1086.5	<b>3.237</b>
43	711	-784	-1208.0	<b>1.541</b>
44	372	-421	-1086.5	<b>2.580</b>
45	372	-383	-1086.5	<b>2.837</b>
46	372	-241	-1086.5	<b>4.515</b>
47	372	-324	-1086.5	<b>3.355</b>
48	372	-466	-1086.5	<b>2.331</b>
49	259	-207	-1045.6	<b>5.039</b>
50	259	-350	-1045.6	<b>2.989</b>
51	259	-286	-1045.6	<b>3.662</b>
52	259	-143	-1045.6	<b>7.301</b>
53	674	-571	-1194.9	<b>2.093</b>
54	614	-530	-1173.4	<b>2.213</b>
55	674	-485	-1194.9	<b>2.461</b>
56	614	-445	-1173.4	<b>2.638</b>

57	674	-535	-1194.9	<b>2.232</b>
58	614	-495	-1173.4	<b>2.371</b>
59	674	-621	-1194.9	<b>1.925</b>
60	614	-580	-1173.4	<b>2.022</b>
61	614	-542	-1173.4	<b>2.165</b>
62	614	-400	-1173.4	<b>2.935</b>
63	614	-483	-1173.4	<b>2.429</b>
64	614	-625	-1173.4	<b>1.877</b>
65	674	-571	-1194.9	<b>2.093</b>
66	372	-368	-1086.5	<b>2.952</b>
67	674	-485	-1194.9	<b>2.461</b>
68	372	-283	-1086.5	<b>3.845</b>
69	674	-535	-1194.9	<b>2.232</b>
70	372	-333	-1086.5	<b>3.267</b>
71	674	-621	-1194.9	<b>1.925</b>
72	372	-418	-1086.5	<b>2.600</b>
73	372	-380	-1086.5	<b>2.861</b>
74	372	-238	-1086.5	<b>4.575</b>
75	372	-321	-1086.5	<b>3.388</b>
76	372	-463	-1086.5	<b>2.347</b>
77	674	-574	-1194.9	<b>2.082</b>
78	614	-533	-1173.4	<b>2.200</b>
79	674	-489	-1194.9	<b>2.446</b>
80	614	-448	-1173.4	<b>2.619</b>
81	674	-539	-1194.9	<b>2.219</b>
82	614	-498	-1173.4	<b>2.356</b>
83	674	-624	-1194.9	<b>1.915</b>
84	614	-583	-1173.4	<b>2.011</b>
85	614	-545	-1173.4	<b>2.152</b>
86	614	-403	-1173.4	<b>2.912</b>
87	614	-486	-1173.4	<b>2.414</b>
88	614	-628	-1173.4	<b>1.867</b>
89	674	-574	-1194.9	<b>2.082</b>
90	372	-371	-1086.5	<b>2.927</b>
91	674	-489	-1194.9	<b>2.446</b>
92	372	-286	-1086.5	<b>3.802</b>
93	674	-539	-1194.9	<b>2.219</b>
94	372	-336	-1086.5	<b>3.237</b>
95	674	-624	-1194.9	<b>1.915</b>
96	372	-421	-1086.5	<b>2.580</b>
97	372	-383	-1086.5	<b>2.837</b>
98	372	-241	-1086.5	<b>4.515</b>
99	372	-324	-1086.5	<b>3.355</b>
100	372	-466	-1086.5	<b>2.331</b>
101	259	-207	-1045.6	<b>5.039</b>
102	259	-350	-1045.6	<b>2.989</b>

103	259	-286	-1045.6	<b>3.662</b>
104	259	-143	-1045.6	<b>7.301</b>
105	748	-891	-1221.0	<b>1.370</b>
106	673	-787	-1194.5	<b>1.519</b>
107	748	-806	-1221.0	<b>1.515</b>
108	673	-701	-1194.5	<b>1.703</b>
109	748	-856	-1221.0	<b>1.427</b>
110	673	-751	-1194.5	<b>1.590</b>
111	748	-941	-1221.0	<b>1.297</b>
112	673	-836	-1194.5	<b>1.428</b>
113	673	-798	-1194.5	<b>1.496</b>
114	673	-656	-1194.5	<b>1.821</b>
115	673	-739	-1194.5	<b>1.616</b>
116	673	-882	-1194.5	<b>1.355</b>
117	748	-891	-1221.0	<b>1.370</b>
118	401	-496	-1097.2	<b>2.211</b>
119	748	-806	-1221.0	<b>1.515</b>
120	401	-411	-1097.2	<b>2.671</b>
121	748	-856	-1221.0	<b>1.427</b>
122	401	-461	-1097.2	<b>2.382</b>
123	748	-941	-1221.0	<b>1.297</b>
124	401	-546	-1097.2	<b>2.009</b>
125	401	-508	-1097.2	<b>2.160</b>
126	401	-366	-1097.2	<b>3.001</b>
127	401	-449	-1097.2	<b>2.444</b>
128	401	-591	-1097.2	<b>1.856</b>
129	748	-894	-1221.0	<b>1.365</b>
130	673	-790	-1194.5	<b>1.512</b>
131	748	-809	-1221.0	<b>1.509</b>
132	673	-704	-1194.5	<b>1.696</b>
133	748	-859	-1221.0	<b>1.422</b>
134	673	-754	-1194.5	<b>1.584</b>
135	748	-944	-1221.0	<b>1.293</b>
136	673	-840	-1194.5	<b>1.423</b>
137	673	-802	-1194.5	<b>1.490</b>
138	673	-659	-1194.5	<b>1.812</b>
139	673	-742	-1194.5	<b>1.609</b>
140	673	-885	-1194.5	<b>1.350</b>
141	748	-894	-1221.0	<b>1.365</b>
142	401	-499	-1097.2	<b>2.197</b>
143	748	-809	-1221.0	<b>1.509</b>
144	401	-414	-1097.2	<b>2.651</b>
145	748	-859	-1221.0	<b>1.422</b>
146	401	-464	-1097.2	<b>2.366</b>
147	748	-944	-1221.0	<b>1.293</b>
148	401	-549	-1097.2	<b>1.998</b>

149	401	-511	-1097.2	<b>2.147</b>
150	401	-369	-1097.2	<b>2.975</b>
151	401	-452	-1097.2	<b>2.427</b>
152	401	-594	-1097.2	<b>1.846</b>
153	259	-207	-1045.6	<b>5.039</b>
154	259	-350	-1045.6	<b>2.989</b>
155	259	-286	-1045.6	<b>3.662</b>
156	259	-143	-1045.6	<b>7.301</b>
157	504	-389	-1134.4	<b>2.914</b>
158	478	-385	-1124.8	<b>2.921</b>
159	504	-304	-1134.4	<b>3.733</b>
160	478	-300	-1124.8	<b>3.754</b>
161	504	-354	-1134.4	<b>3.206</b>
162	478	-350	-1124.8	<b>3.218</b>
163	504	-439	-1134.4	<b>2.583</b>
164	478	-435	-1124.8	<b>2.586</b>
165	478	-397	-1124.8	<b>2.834</b>
166	478	-255	-1124.8	<b>4.419</b>
167	478	-338	-1124.8	<b>3.330</b>
168	478	-480	-1124.8	<b>2.343</b>
169	504	-389	-1134.4	<b>2.914</b>
170	507	-513	-1135.5	<b>2.213</b>
171	504	-304	-1134.4	<b>3.733</b>
172	507	-428	-1135.5	<b>2.654</b>
173	504	-354	-1134.4	<b>3.206</b>
174	507	-478	-1135.5	<b>2.377</b>
175	504	-439	-1134.4	<b>2.583</b>
176	507	-563	-1135.5	<b>2.016</b>
177	507	-525	-1135.5	<b>2.163</b>
178	507	-383	-1135.5	<b>2.967</b>
179	507	-466	-1135.5	<b>2.437</b>
180	507	-608	-1135.5	<b>1.867</b>
181	504	-392	-1134.4	<b>2.890</b>
182	478	-388	-1124.8	<b>2.897</b>
183	504	-307	-1134.4	<b>3.694</b>
184	478	-303	-1124.8	<b>3.715</b>
185	504	-357	-1134.4	<b>3.178</b>
186	478	-353	-1124.8	<b>3.189</b>
187	504	-442	-1134.4	<b>2.564</b>
188	478	-438	-1124.8	<b>2.567</b>
189	478	-400	-1124.8	<b>2.812</b>
190	478	-258	-1124.8	<b>4.365</b>
191	478	-341	-1124.8	<b>3.299</b>
192	478	-483	-1124.8	<b>2.328</b>
193	504	-392	-1134.4	<b>2.890</b>
194	507	-516	-1135.5	<b>2.199</b>

195	504	-307	-1134.4	<b>3.694</b>
196	507	-431	-1135.5	<b>2.635</b>
197	504	-357	-1134.4	<b>3.178</b>
198	507	-481	-1135.5	<b>2.361</b>
199	504	-442	-1134.4	<b>2.564</b>
200	507	-566	-1135.5	<b>2.005</b>
201	507	-528	-1135.5	<b>2.150</b>
202	507	-386	-1135.5	<b>2.943</b>
203	507	-469	-1135.5	<b>2.421</b>
204	507	-611	-1135.5	<b>1.857</b>
205	259	-207	-1045.6	<b>5.039</b>
206	259	-350	-1045.6	<b>2.989</b>
207	259	-286	-1045.6	<b>3.662</b>
208	259	-143	-1045.6	<b>7.301</b>
209	578	-710	-1160.9	<b>1.636</b>
210	537	-641	-1146.1	<b>1.787</b>
211	578	-624	-1160.9	<b>1.859</b>
212	537	-556	-1146.1	<b>2.061</b>
213	578	-674	-1160.9	<b>1.722</b>
214	537	-606	-1146.1	<b>1.892</b>
215	578	-760	-1160.9	<b>1.528</b>
216	537	-691	-1146.1	<b>1.658</b>
217	537	-653	-1146.1	<b>1.755</b>
218	537	-511	-1146.1	<b>2.243</b>
219	537	-594	-1146.1	<b>1.929</b>
220	537	-736	-1146.1	<b>1.556</b>
221	578	-710	-1160.9	<b>1.636</b>
222	537	-641	-1146.1	<b>1.787</b>
223	578	-624	-1160.9	<b>1.859</b>
224	537	-556	-1146.1	<b>2.061</b>
225	578	-674	-1160.9	<b>1.722</b>
226	537	-606	-1146.1	<b>1.892</b>
227	578	-760	-1160.9	<b>1.528</b>
228	537	-691	-1146.1	<b>1.658</b>
229	537	-653	-1146.1	<b>1.755</b>
230	537	-511	-1146.1	<b>2.243</b>
231	537	-594	-1146.1	<b>1.929</b>
232	537	-736	-1146.1	<b>1.556</b>
233	578	-713	-1160.9	<b>1.628</b>
234	537	-645	-1146.1	<b>1.778</b>
235	578	-627	-1160.9	<b>1.850</b>
236	537	-559	-1146.1	<b>2.050</b>
237	578	-677	-1160.9	<b>1.714</b>
238	537	-609	-1146.1	<b>1.882</b>
239	578	-763	-1160.9	<b>1.522</b>
240	537	-694	-1146.1	<b>1.650</b>

241	537	-656	-1146.1	<b>1.746</b>
242	537	-514	-1146.1	<b>2.230</b>
243	537	-597	-1146.1	<b>1.919</b>
244	537	-740	-1146.1	<b>1.550</b>
245	578	-713	-1160.9	<b>1.628</b>
246	537	-645	-1146.1	<b>1.778</b>
247	578	-627	-1160.9	<b>1.850</b>
248	537	-559	-1146.1	<b>2.050</b>
249	578	-677	-1160.9	<b>1.714</b>
250	537	-609	-1146.1	<b>1.882</b>
251	578	-763	-1160.9	<b>1.522</b>
252	537	-694	-1146.1	<b>1.650</b>
253	537	-656	-1146.1	<b>1.746</b>
254	537	-514	-1146.1	<b>2.230</b>
255	537	-597	-1146.1	<b>1.919</b>
256	537	-740	-1146.1	<b>1.550</b>
257	259	-207	-1045.6	<b>5.039</b>
258	259	-350	-1045.6	<b>2.989</b>
259	259	-286	-1045.6	<b>3.662</b>
260	259	-143	-1045.6	<b>7.301</b>
261	269	-136	-1049.2	<b>7.709</b>
262	269	-89	-1049.2	<b>11.833</b>
263	279	-180	-1052.9	<b>5.840</b>
264	279	-133	-1052.9	<b>7.925</b>
265	269	-116	-1049.2	<b>9.014</b>
266	269	-164	-1049.2	<b>6.404</b>
267	343	-468	-1076.3	<b>2.298</b>
268	343	-421	-1076.3	<b>2.557</b>
269	279	-161	-1052.9	<b>6.557</b>
270	279	-208	-1052.9	<b>5.061</b>
271	354	-513	-1080.0	<b>2.107</b>
272	354	-465	-1080.0	<b>2.322</b>
273	343	-449	-1076.3	<b>2.399</b>
274	343	-496	-1076.3	<b>2.169</b>
275	354	-493	-1080.0	<b>2.191</b>
276	354	-540	-1080.0	<b>1.999</b>
277	258	-126	-1045.2	<b>8.292</b>
278	258	-79	-1045.2	<b>13.296</b>
279	268	-170	-1048.9	<b>6.161</b>
280	268	-123	-1048.9	<b>8.541</b>
281	258	-106	-1045.2	<b>9.828</b>
282	258	-154	-1045.2	<b>6.796</b>
283	332	-458	-1072.3	<b>2.340</b>
284	332	-411	-1072.3	<b>2.610</b>
285	268	-151	-1048.9	<b>6.968</b>
286	268	-198	-1048.9	<b>5.298</b>

287	343	-503	-1076.0	<b>2.141</b>
288	343	-455	-1076.0	<b>2.365</b>
289	332	-439	-1072.3	<b>2.445</b>
290	332	-486	-1072.3	<b>2.206</b>
291	343	-483	-1076.0	<b>2.229</b>
292	343	-530	-1076.0	<b>2.029</b>
293	308	-262	-1063.3	<b>4.063</b>
294	308	-214	-1063.3	<b>4.962</b>
295	318	-306	-1067.1	<b>3.488</b>
296	318	-258	-1067.1	<b>4.128</b>
297	308	-242	-1063.3	<b>4.393</b>
298	308	-289	-1063.3	<b>3.673</b>
299	330	-361	-1071.5	<b>2.965</b>
300	330	-314	-1071.5	<b>3.413</b>
301	318	-286	-1067.1	<b>3.728</b>
302	318	-334	-1067.1	<b>3.198</b>
303	340	-406	-1075.1	<b>2.651</b>
304	340	-358	-1075.1	<b>3.002</b>
305	330	-342	-1071.5	<b>3.136</b>
306	330	-389	-1071.5	<b>2.753</b>
307	340	-386	-1075.1	<b>2.786</b>
308	340	-433	-1075.1	<b>2.481</b>
309	271	-228	-1050.1	<b>4.601</b>
310	271	-181	-1050.1	<b>5.808</b>
311	281	-272	-1053.8	<b>3.868</b>
312	281	-225	-1053.8	<b>4.684</b>
313	271	-209	-1050.1	<b>5.036</b>
314	271	-256	-1050.1	<b>4.102</b>
315	294	-328	-1058.2	<b>3.227</b>
316	294	-280	-1058.2	<b>3.773</b>
317	281	-253	-1053.8	<b>4.170</b>
318	281	-300	-1053.8	<b>3.511</b>
319	304	-372	-1062.0	<b>2.854</b>
320	304	-325	-1062.0	<b>3.271</b>
321	294	-308	-1058.2	<b>3.433</b>
322	294	-356	-1058.2	<b>2.975</b>
323	304	-352	-1062.0	<b>3.013</b>
324	304	-400	-1062.0	<b>2.656</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	90	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\emptyset_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\emptyset_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\emptyset_{ferro}$ ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\emptyset_{st.}$	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		
$n^{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm <sup>2</sup>
ctg $\theta$	1	
ctg $\alpha$	0	
$z = 0.9d$	743	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	$\sigma_{cp}$	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	
G3_1_83	-308.9	754.9	0.8	420.1				1.360

### 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	-84	0.125						
2	Non fessurata	0	-62	0.125						
3	Non fessurata	0	-75	0.125						
4	Non fessurata	0	-97	0.125						
5	Non fessurata	0	-60	0.125						
6	Non fessurata	0	-38	0.125						
7	Non fessurata	0	-51	0.125						
8	Non fessurata	0	-73	0.125						
9	Non fessurata	0	-90	0.125						
10	Non fessurata	0	-68	0.125						
11	Non fessurata	0	-81	0.125						
12	Non fessurata	0	-103	0.125						
13	Non fessurata	0	-66	0.125						
14	Non fessurata	0	-44	0.125						
15	Non fessurata	0	-57	0.125						
16	Non fessurata	0	-79	0.125						
17	Fessurata	-146	-152	0.125	228000	100	249	0.0003	0.084	0.142
18	Fessurata	-124	-147	0.125	228000	100	249	0.0002	0.062	0.105
19	Fessurata	-137	-151	0.125	228000	100	249	0.0003	0.068	0.116
20	Fessurata	-160	-155	0.125	228000	100	249	0.0004	0.106	0.180
21	Fessurata	-152	-153	0.125	228000	100	249	0.0004	0.094	0.159
22	Fessurata	-130	-149	0.125	228000	100	249	0.0003	0.065	0.110
23	Fessurata	-143	-152	0.125	228000	100	249	0.0003	0.078	0.133
24	Fessurata	-166	-156	0.125	228000	100	249	0.0005	0.116	0.197
25	Non fessurata	0	-72	0.125						
26	Non fessurata	0	-50	0.125						
27	Non fessurata	0	-63	0.125						
28	Non fessurata	0	-85	0.125						
29	Non fessurata	0	-60	0.125						
30	Non fessurata	0	-38	0.125						
31	Non fessurata	0	-51	0.125						
32	Non fessurata	0	-73	0.125						
33	Non fessurata	0	-78	0.125						
34	Non fessurata	0	-56	0.125						
35	Non fessurata	0	-69	0.125						
36	Non fessurata	0	-91	0.125						
37	Non fessurata	0	-66	0.125						
38	Non fessurata	0	-44	0.125						
39	Non fessurata	0	-57	0.125						
40	Non fessurata	0	-79	0.125						
41	Non fessurata	0	-103	0.125						
42	Non fessurata	0	-81	0.125						
43	Non fessurata	0	-94	0.125						
44	Non fessurata	0	-117	0.125						
45	Non fessurata	0	-109	0.125						



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	45 di 97

46	Non fessurata	0	-87	0.125
47	Non fessurata	0	-100	0.125
48	Non fessurata	0	-123	0.125
49	Non fessurata	0	-84	0.125
50	Non fessurata	0	-62	0.125
51	Non fessurata	0	-75	0.125
52	Non fessurata	0	-97	0.125
53	Non fessurata	0	-90	0.125
54	Non fessurata	0	-68	0.125
55	Non fessurata	0	-81	0.125
56	Non fessurata	0	-103	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>100</b>	<b>90</b>

### 9.5.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf $A_s$			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.8
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 [mm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.8
5	26	26.55	9.1
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	873	-835	-1555.6	<b>1.86</b>
2	805	-759	-1533.1	<b>2.02</b>
3	873	-867	-1555.6	<b>1.80</b>
4	805	-790	-1533.1	<b>1.94</b>
5	873	-880	-1555.6	<b>1.77</b>
6	805	-803	-1533.1	<b>1.91</b>
7	873	-848	-1555.6	<b>1.83</b>
8	805	-772	-1533.1	<b>1.99</b>
9	805	-744	-1533.1	<b>2.06</b>
10	805	-796	-1533.1	<b>1.93</b>
11	805	-818	-1533.1	<b>1.87</b>
12	805	-766	-1533.1	<b>2.00</b>
13	873	-835	-1555.6	<b>1.86</b>
14	533	-452	-1441.1	<b>3.19</b>
15	873	-867	-1555.6	<b>1.80</b>
16	533	-484	-1441.1	<b>2.98</b>
17	873	-880	-1555.6	<b>1.77</b>
18	533	-497	-1441.1	<b>2.90</b>
19	873	-848	-1555.6	<b>1.83</b>
20	533	-466	-1441.1	<b>3.09</b>
21	533	-438	-1441.1	<b>3.29</b>
22	533	-490	-1441.1	<b>2.94</b>
23	533	-512	-1441.1	<b>2.82</b>
24	533	-460	-1441.1	<b>3.14</b>
25	873	-831	-1555.6	<b>1.87</b>
26	805	-755	-1533.1	<b>2.03</b>
27	873	-863	-1555.6	<b>1.80</b>
28	805	-786	-1533.1	<b>1.95</b>
29	873	-876	-1555.6	<b>1.78</b>
30	805	-799	-1533.1	<b>1.92</b>
31	873	-844	-1555.6	<b>1.84</b>
32	805	-768	-1533.1	<b>2.00</b>
33	805	-740	-1533.1	<b>2.07</b>
34	805	-792	-1533.1	<b>1.94</b>
35	805	-814	-1533.1	<b>1.88</b>
36	805	-762	-1533.1	<b>2.01</b>
37	873	-831	-1555.6	<b>1.87</b>
38	533	-448	-1441.1	<b>3.21</b>
39	873	-863	-1555.6	<b>1.80</b>
40	533	-480	-1441.1	<b>3.00</b>

41	873	-876	-1555.6	<b>1.78</b>
42	533	-493	-1441.1	<b>2.92</b>
43	873	-844	-1555.6	<b>1.84</b>
44	533	-462	-1441.1	<b>3.12</b>
45	533	-434	-1441.1	<b>3.32</b>
46	533	-486	-1441.1	<b>2.97</b>
47	533	-508	-1441.1	<b>2.84</b>
48	533	-456	-1441.1	<b>3.16</b>
49	379	-376	-1387.5	<b>3.69</b>
50	379	-324	-1387.5	<b>4.29</b>
51	379	-278	-1387.5	<b>5.00</b>
52	379	-330	-1387.5	<b>4.21</b>
53	833	-1013	-1542.5	<b>1.52</b>
54	773	-901	-1522.6	<b>1.69</b>
55	833	-1045	-1542.5	<b>1.48</b>
56	773	-932	-1522.6	<b>1.63</b>
57	833	-1058	-1542.5	<b>1.46</b>
58	773	-946	-1522.6	<b>1.61</b>
59	833	-1026	-1542.5	<b>1.50</b>
60	773	-914	-1522.6	<b>1.67</b>
61	773	-886	-1522.6	<b>1.72</b>
62	773	-938	-1522.6	<b>1.62</b>
63	773	-961	-1522.6	<b>1.59</b>
64	773	-908	-1522.6	<b>1.68</b>
65	833	-1013	-1542.5	<b>1.52</b>
66	533	-452	-1441.1	<b>3.19</b>
67	833	-1045	-1542.5	<b>1.48</b>
68	533	-484	-1441.1	<b>2.98</b>
69	833	-1058	-1542.5	<b>1.46</b>
70	533	-497	-1441.1	<b>2.90</b>
71	833	-1026	-1542.5	<b>1.50</b>
72	533	-466	-1441.1	<b>3.09</b>
73	533	-438	-1441.1	<b>3.29</b>
74	533	-490	-1441.1	<b>2.94</b>
75	533	-512	-1441.1	<b>2.82</b>
76	533	-460	-1441.1	<b>3.14</b>
77	833	-1009	-1542.5	<b>1.53</b>
78	773	-897	-1522.6	<b>1.70</b>
79	833	-1041	-1542.5	<b>1.48</b>
80	773	-928	-1522.6	<b>1.64</b>
81	833	-1054	-1542.5	<b>1.46</b>
82	773	-942	-1522.6	<b>1.62</b>
83	833	-1023	-1542.5	<b>1.51</b>
84	773	-910	-1522.6	<b>1.67</b>
85	773	-882	-1522.6	<b>1.73</b>
86	773	-934	-1522.6	<b>1.63</b>

87	773	-957	-1522.6	<b>1.59</b>
88	773	-904	-1522.6	<b>1.68</b>
89	833	-1009	-1542.5	<b>1.53</b>
90	533	-448	-1441.1	<b>3.21</b>
91	833	-1041	-1542.5	<b>1.48</b>
92	533	-480	-1441.1	<b>3.00</b>
93	833	-1054	-1542.5	<b>1.46</b>
94	533	-493	-1441.1	<b>2.92</b>
95	833	-1023	-1542.5	<b>1.51</b>
96	533	-462	-1441.1	<b>3.12</b>
97	533	-434	-1441.1	<b>3.32</b>
98	533	-486	-1441.1	<b>2.97</b>
99	533	-508	-1441.1	<b>2.84</b>
100	533	-456	-1441.1	<b>3.16</b>
101	379	-376	-1387.5	<b>3.69</b>
102	379	-324	-1387.5	<b>4.29</b>
103	379	-278	-1387.5	<b>5.00</b>
104	379	-330	-1387.5	<b>4.21</b>
105	912	-657	-1568.6	<b>2.39</b>
106	836	-616	-1543.5	<b>2.50</b>
107	912	-688	-1568.6	<b>2.28</b>
108	836	-648	-1543.5	<b>2.38</b>
109	912	-702	-1568.6	<b>2.24</b>
110	836	-661	-1543.5	<b>2.34</b>
111	912	-670	-1568.6	<b>2.34</b>
112	836	-629	-1543.5	<b>2.45</b>
113	836	-601	-1543.5	<b>2.57</b>
114	836	-654	-1543.5	<b>2.36</b>
115	836	-676	-1543.5	<b>2.28</b>
116	836	-623	-1543.5	<b>2.48</b>
117	912	-657	-1568.6	<b>2.39</b>
118	565	-310	-1451.9	<b>4.68</b>
119	912	-688	-1568.6	<b>2.28</b>
120	565	-341	-1451.9	<b>4.25</b>
121	912	-702	-1568.6	<b>2.24</b>
122	565	-355	-1451.9	<b>4.10</b>
123	912	-670	-1568.6	<b>2.34</b>
124	565	-323	-1451.9	<b>4.49</b>
125	565	-295	-1451.9	<b>4.92</b>
126	565	-347	-1451.9	<b>4.18</b>
127	565	-369	-1451.9	<b>3.93</b>
128	565	-317	-1451.9	<b>4.58</b>
129	912	-653	-1568.6	<b>2.40</b>
130	836	-612	-1543.5	<b>2.52</b>
131	912	-685	-1568.6	<b>2.29</b>
132	836	-644	-1543.5	<b>2.40</b>

133	912	-698	-1568.6	<b>2.25</b>
134	836	-657	-1543.5	<b>2.35</b>
135	912	-666	-1568.6	<b>2.35</b>
136	836	-625	-1543.5	<b>2.47</b>
137	836	-597	-1543.5	<b>2.58</b>
138	836	-650	-1543.5	<b>2.38</b>
139	836	-672	-1543.5	<b>2.30</b>
140	836	-619	-1543.5	<b>2.49</b>
141	912	-653	-1568.6	<b>2.40</b>
142	565	-306	-1451.9	<b>4.74</b>
143	912	-685	-1568.6	<b>2.29</b>
144	565	-337	-1451.9	<b>4.30</b>
145	912	-698	-1568.6	<b>2.25</b>
146	565	-351	-1451.9	<b>4.14</b>
147	912	-666	-1568.6	<b>2.35</b>
148	565	-319	-1451.9	<b>4.55</b>
149	565	-291	-1451.9	<b>4.99</b>
150	565	-343	-1451.9	<b>4.23</b>
151	565	-365	-1451.9	<b>3.97</b>
152	565	-313	-1451.9	<b>4.64</b>
153	379	-376	-1387.5	<b>3.69</b>
154	379	-324	-1387.5	<b>4.29</b>
155	379	-278	-1387.5	<b>5.00</b>
156	379	-330	-1387.5	<b>4.21</b>
157	664	-822	-1485.6	<b>1.81</b>
158	638	-748	-1476.8	<b>1.97</b>
159	664	-853	-1485.6	<b>1.74</b>
160	638	-779	-1476.8	<b>1.90</b>
161	664	-866	-1485.6	<b>1.71</b>
162	638	-793	-1476.8	<b>1.86</b>
163	664	-835	-1485.6	<b>1.78</b>
164	638	-761	-1476.8	<b>1.94</b>
165	638	-733	-1476.8	<b>2.01</b>
166	638	-785	-1476.8	<b>1.88</b>
167	638	-807	-1476.8	<b>1.83</b>
168	638	-755	-1476.8	<b>1.96</b>
169	664	-822	-1485.6	<b>1.81</b>
170	669	-606	-1487.4	<b>2.46</b>
171	664	-853	-1485.6	<b>1.74</b>
172	669	-637	-1487.4	<b>2.34</b>
173	664	-866	-1485.6	<b>1.71</b>
174	669	-650	-1487.4	<b>2.29</b>
175	664	-835	-1485.6	<b>1.78</b>
176	669	-619	-1487.4	<b>2.40</b>
177	669	-591	-1487.4	<b>2.52</b>
178	669	-643	-1487.4	<b>2.31</b>

179	669	-665	-1487.4	<b>2.24</b>
180	669	-613	-1487.4	<b>2.43</b>
181	664	-818	-1485.6	<b>1.82</b>
182	638	-744	-1476.8	<b>1.98</b>
183	664	-849	-1485.6	<b>1.75</b>
184	638	-775	-1476.8	<b>1.90</b>
185	664	-862	-1485.6	<b>1.72</b>
186	638	-789	-1476.8	<b>1.87</b>
187	664	-831	-1485.6	<b>1.79</b>
188	638	-757	-1476.8	<b>1.95</b>
189	638	-729	-1476.8	<b>2.03</b>
190	638	-781	-1476.8	<b>1.89</b>
191	638	-803	-1476.8	<b>1.84</b>
192	638	-751	-1476.8	<b>1.97</b>
193	664	-818	-1485.6	<b>1.82</b>
194	669	-602	-1487.4	<b>2.47</b>
195	664	-849	-1485.6	<b>1.75</b>
196	669	-633	-1487.4	<b>2.35</b>
197	664	-862	-1485.6	<b>1.72</b>
198	669	-646	-1487.4	<b>2.30</b>
199	664	-831	-1485.6	<b>1.79</b>
200	669	-615	-1487.4	<b>2.42</b>
201	669	-587	-1487.4	<b>2.54</b>
202	669	-639	-1487.4	<b>2.33</b>
203	669	-661	-1487.4	<b>2.25</b>
204	669	-609	-1487.4	<b>2.44</b>
205	379	-376	-1387.5	<b>3.69</b>
206	379	-324	-1387.5	<b>4.29</b>
207	379	-278	-1387.5	<b>5.00</b>
208	379	-330	-1387.5	<b>4.21</b>
209	742	-466	-1512.2	<b>3.25</b>
210	701	-463	-1498.0	<b>3.23</b>
211	742	-497	-1512.2	<b>3.04</b>
212	701	-494	-1498.0	<b>3.03</b>
213	742	-510	-1512.2	<b>2.96</b>
214	701	-508	-1498.0	<b>2.95</b>
215	742	-479	-1512.2	<b>3.16</b>
216	701	-476	-1498.0	<b>3.14</b>
217	701	-448	-1498.0	<b>3.34</b>
218	701	-500	-1498.0	<b>2.99</b>
219	701	-523	-1498.0	<b>2.87</b>
220	701	-470	-1498.0	<b>3.19</b>
221	742	-466	-1512.2	<b>3.25</b>
222	701	-463	-1498.0	<b>3.23</b>
223	742	-497	-1512.2	<b>3.04</b>
224	701	-494	-1498.0	<b>3.03</b>

225	742	-510	-1512.2	<b>2.96</b>
226	701	-508	-1498.0	<b>2.95</b>
227	742	-479	-1512.2	<b>3.16</b>
228	701	-476	-1498.0	<b>3.14</b>
229	701	-448	-1498.0	<b>3.34</b>
230	701	-500	-1498.0	<b>2.99</b>
231	701	-523	-1498.0	<b>2.87</b>
232	701	-470	-1498.0	<b>3.19</b>
233	742	-462	-1512.2	<b>3.27</b>
234	701	-459	-1498.0	<b>3.26</b>
235	742	-493	-1512.2	<b>3.07</b>
236	701	-490	-1498.0	<b>3.05</b>
237	742	-506	-1512.2	<b>2.99</b>
238	701	-504	-1498.0	<b>2.97</b>
239	742	-475	-1512.2	<b>3.18</b>
240	701	-472	-1498.0	<b>3.17</b>
241	701	-444	-1498.0	<b>3.37</b>
242	701	-496	-1498.0	<b>3.02</b>
243	701	-519	-1498.0	<b>2.89</b>
244	701	-466	-1498.0	<b>3.21</b>
245	742	-462	-1512.2	<b>3.27</b>
246	701	-459	-1498.0	<b>3.26</b>
247	742	-493	-1512.2	<b>3.07</b>
248	701	-490	-1498.0	<b>3.05</b>
249	742	-506	-1512.2	<b>2.99</b>
250	701	-504	-1498.0	<b>2.97</b>
251	742	-475	-1512.2	<b>3.18</b>
252	701	-472	-1498.0	<b>3.17</b>
253	701	-444	-1498.0	<b>3.37</b>
254	701	-496	-1498.0	<b>3.02</b>
255	701	-519	-1498.0	<b>2.89</b>
256	701	-466	-1498.0	<b>3.21</b>
257	379	-376	-1387.5	<b>3.69</b>
258	379	-324	-1387.5	<b>4.29</b>
259	379	-278	-1387.5	<b>5.00</b>
260	379	-330	-1387.5	<b>4.21</b>
261	388	-594	-1390.8	<b>2.34</b>
262	388	-611	-1390.8	<b>2.28</b>
263	399	-544	-1394.6	<b>2.56</b>
264	399	-562	-1394.6	<b>2.48</b>
265	388	-618	-1390.8	<b>2.25</b>
266	388	-601	-1390.8	<b>2.31</b>
267	463	-185	-1416.9	<b>7.65</b>
268	463	-203	-1416.9	<b>6.99</b>
269	399	-569	-1394.6	<b>2.45</b>
270	399	-552	-1394.6	<b>2.53</b>

271	474	-136	-1420.6	<b>10.44</b>
272	474	-153	-1420.6	<b>9.26</b>
273	463	-210	-1416.9	<b>6.75</b>
274	463	-193	-1416.9	<b>7.36</b>
275	474	-161	-1420.6	<b>8.83</b>
276	474	-143	-1420.6	<b>9.90</b>
277	377	-587	-1386.9	<b>2.36</b>
278	377	-604	-1386.9	<b>2.29</b>
279	388	-538	-1390.7	<b>2.59</b>
280	388	-555	-1390.7	<b>2.50</b>
281	377	-612	-1386.9	<b>2.27</b>
282	377	-594	-1386.9	<b>2.33</b>
283	452	-179	-1413.1	<b>7.91</b>
284	452	-196	-1413.1	<b>7.21</b>
285	388	-563	-1390.7	<b>2.47</b>
286	388	-545	-1390.7	<b>2.55</b>
287	463	-129	-1416.8	<b>10.94</b>
288	463	-147	-1416.8	<b>9.65</b>
289	452	-203	-1413.1	<b>6.95</b>
290	452	-186	-1413.1	<b>7.60</b>
291	463	-154	-1416.8	<b>9.19</b>
292	463	-137	-1416.8	<b>10.35</b>
293	427	-454	-1404.5	<b>3.09</b>
294	427	-471	-1404.5	<b>2.98</b>
295	438	-405	-1408.2	<b>3.48</b>
296	438	-422	-1408.2	<b>3.33</b>
297	427	-479	-1404.5	<b>2.93</b>
298	427	-461	-1404.5	<b>3.04</b>
299	450	-331	-1412.3	<b>4.26</b>
300	450	-349	-1412.3	<b>4.05</b>
301	438	-430	-1408.2	<b>3.28</b>
302	438	-412	-1408.2	<b>3.42</b>
303	461	-282	-1416.0	<b>5.01</b>
304	461	-300	-1416.0	<b>4.72</b>
305	450	-356	-1412.3	<b>3.96</b>
306	450	-339	-1412.3	<b>4.17</b>
307	461	-307	-1416.0	<b>4.61</b>
308	461	-290	-1416.0	<b>4.89</b>
309	390	-432	-1391.6	<b>3.22</b>
310	390	-449	-1391.6	<b>3.10</b>
311	401	-383	-1395.4	<b>3.64</b>
312	401	-400	-1395.4	<b>3.49</b>
313	390	-457	-1391.6	<b>3.05</b>
314	390	-439	-1391.6	<b>3.17</b>
315	413	-309	-1399.5	<b>4.52</b>
316	413	-327	-1399.5	<b>4.28</b>



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	54 di 97

317	401	-408	-1395.4	<b>3.42</b>
318	401	-390	-1395.4	<b>3.58</b>
319	424	-260	-1403.3	<b>5.39</b>
320	424	-278	-1403.3	<b>5.05</b>
321	413	-334	-1399.5	<b>4.19</b>
322	413	-317	-1399.5	<b>4.42</b>
323	424	-285	-1403.3	<b>4.92</b>
324	424	-268	-1403.3	<b>5.24</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	90	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	
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	
$z = 0.9d$	743	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>456.3</b>	<b>825.7</b>			<b>3119.3</b>	<b>560.0</b>	<b>560.0</b>	<b>1.227</b>

### 9.5.3 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	-124	-121	0.125	273000	100	253	0.0003	0.082	0.140	Verificato
2	Fessurata	-130	-122	0.125	273000	100	253	0.0004	0.092	0.156	Verificato
3	Fessurata	-133	-122	0.125	273000	100	253	0.0004	0.097	0.164	Verificato
4	Fessurata	-127	-122	0.125	273000	100	253	0.0003	0.088	0.149	Verificato
5	Non fessurata	0	-50	0.125							
6	Non fessurata	0	-55	0.125							
7	Non fessurata	0	-58	0.125							
8	Non fessurata	0	-53	0.125							
9	Fessurata	-118	-120	0.125	273000	100	253	0.0003	0.073	0.123	Verificato
#	Fessurata	-124	-121	0.125	273000	100	253	0.0003	0.082	0.139	Verificato
#	Fessurata	-127	-122	0.125	273000	100	253	0.0003	0.087	0.148	Verificato
#	Fessurata	-122	-121	0.125	273000	100	253	0.0003	0.078	0.133	Verificato
#	Non fessurata	0	-44	0.125							
#	Non fessurata	0	-49	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Non fessurata	0	-64	0.125							
#	Non fessurata	0	-69	0.125							
#	Non fessurata	0	-72	0.125							
#	Non fessurata	0	-67	0.125							
#	Non fessurata	0	-58	0.125							
#	Non fessurata	0	-63	0.125							
#	Non fessurata	0	-66	0.125							
#	Non fessurata	0	-61	0.125							
#	Non fessurata	0	-87	0.125							
#	Non fessurata	0	-92	0.125							
#	Non fessurata	0	-95	0.125							
#	Non fessurata	0	-90	0.125							
#	Non fessurata	0	-50	0.125							
#	Non fessurata	0	-55	0.125							
#	Non fessurata	0	-58	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Non fessurata	0	-81	0.125							
#	Non fessurata	0	-86	0.125							
#	Non fessurata	0	-90	0.125							
#	Non fessurata	0	-84	0.125							
#	Non fessurata	0	-44	0.125							
#	Non fessurata	0	-49	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Non fessurata	0	-57	0.125							
#	Non fessurata	0	-62	0.125							



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	57 di 97

#	Non fessurata	0	-65	0.125							
#	Non fessurata	0	-60	0.125							
#	Non fessurata	0	-51	0.125							
#	Non fessurata	0	-56	0.125							
#	Non fessurata	0	-59	0.125							
#	Non fessurata	0	-54	0.125							
#	Fessurata	-124	-121	0.125	273000	100	253	0.0003	0.082	0.140	Verificato
#	Fessurata	-130	-122	0.125	273000	100	253	0.0004	0.092	0.156	Verificato
#	Fessurata	-133	-122	0.125	273000	100	253	0.0004	0.097	0.164	Verificato
#	Fessurata	-127	-122	0.125	273000	100	253	0.0003	0.088	0.149	Verificato
#	Fessurata	-118	-120	0.125	273000	100	253	0.0003	0.073	0.123	Verificato
#	Fessurata	-124	-121	0.125	273000	100	253	0.0003	0.082	0.139	Verificato
#	Fessurata	-127	-122	0.125	273000	100	253	0.0003	0.087	0.148	Verificato
#	Fessurata	-122	-121	0.125	273000	100	253	0.0003	0.078	0.133	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	90

### 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	20	15.71	8.8
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	20	15.71	8.8
5	26	26.55	8.8
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=cost</b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	284	-646	-1360.6	<b>2.11</b>
2	267	-584	-1354.4	<b>2.32</b>
3	262	-556	-1352.8	<b>2.43</b>
4	245	-493	-1346.6	<b>2.73</b>
5	269	-607	-1355.2	<b>2.23</b>
6	252	-545	-1349.1	<b>2.48</b>
7	291	-697	-1363.0	<b>1.95</b>
8	274	-635	-1356.9	<b>2.14</b>
9	272	-597	-1356.2	<b>2.27</b>
10	235	-446	-1343.2	<b>3.01</b>
11	247	-532	-1347.3	<b>2.53</b>
12	283	-682	-1360.3	<b>1.99</b>
13	284	-646	-1360.6	<b>2.11</b>
14	197	-334	-1329.7	<b>3.98</b>
15	262	-556	-1352.8	<b>2.43</b>
16	175	-244	-1321.9	<b>5.42</b>
17	269	-607	-1355.2	<b>2.23</b>
18	182	-295	-1324.3	<b>4.48</b>
19	291	-697	-1363.0	<b>1.95</b>
20	204	-386	-1332.1	<b>3.45</b>
21	202	-347	-1331.4	<b>3.83</b>
22	166	-197	-1318.4	<b>6.70</b>
23	177	-283	-1322.5	<b>4.68</b>
24	214	-433	-1335.5	<b>3.08</b>
25	285	-649	-1361.0	<b>2.10</b>
26	268	-587	-1354.9	<b>2.31</b>
27	263	-559	-1353.3	<b>2.42</b>
28	246	-497	-1347.1	<b>2.71</b>
29	270	-611	-1355.7	<b>2.22</b>
30	253	-548	-1349.5	<b>2.46</b>
31	292	-701	-1363.5	<b>1.95</b>
32	275	-639	-1357.3	<b>2.13</b>
33	273	-600	-1356.7	<b>2.26</b>
34	236	-450	-1343.7	<b>2.99</b>
35	248	-535	-1347.7	<b>2.52</b>
36	285	-686	-1360.7	<b>1.98</b>
37	285	-649	-1361.0	<b>2.10</b>
38	199	-338	-1330.1	<b>3.94</b>
39	263	-559	-1353.3	<b>2.42</b>
40	177	-247	-1322.3	<b>5.34</b>
41	270	-611	-1355.7	<b>2.22</b>
42	183	-299	-1324.8	<b>4.43</b>

43	292	-701	-1363.5	<b>1.95</b>
44	205	-389	-1332.6	<b>3.42</b>
45	204	-351	-1331.9	<b>3.80</b>
46	167	-200	-1318.9	<b>6.59</b>
47	178	-286	-1323.0	<b>4.63</b>
48	215	-437	-1336.0	<b>3.06</b>
49	110	-178	-1298.8	<b>7.30</b>
50	147	-329	-1311.8	<b>3.99</b>
51	143	-263	-1310.5	<b>4.97</b>
52	107	-113	-1297.5	<b>11.49</b>
53	231	-480	-1341.5	<b>2.79</b>
54	224	-451	-1339.2	<b>2.97</b>
55	209	-390	-1333.7	<b>3.42</b>
56	202	-361	-1331.4	<b>3.69</b>
57	215	-441	-1336.2	<b>3.03</b>
58	209	-412	-1333.8	<b>3.24</b>
59	237	-532	-1344.0	<b>2.53</b>
60	231	-503	-1341.6	<b>2.67</b>
61	229	-464	-1340.9	<b>2.89</b>
62	192	-314	-1327.9	<b>4.24</b>
63	204	-399	-1332.0	<b>3.34</b>
64	240	-550	-1345.0	<b>2.45</b>
65	231	-480	-1341.5	<b>2.79</b>
66	197	-334	-1329.7	<b>3.98</b>
67	209	-390	-1333.7	<b>3.42</b>
68	175	-244	-1321.9	<b>5.42</b>
69	215	-441	-1336.2	<b>3.03</b>
70	182	-295	-1324.3	<b>4.48</b>
71	237	-532	-1344.0	<b>2.53</b>
72	204	-386	-1332.1	<b>3.45</b>
73	202	-347	-1331.4	<b>3.83</b>
74	166	-197	-1318.4	<b>6.70</b>
75	177	-283	-1322.5	<b>4.68</b>
76	214	-433	-1335.5	<b>3.08</b>
77	232	-484	-1342.0	<b>2.77</b>
78	225	-455	-1339.6	<b>2.95</b>
79	210	-393	-1334.2	<b>3.39</b>
80	203	-364	-1331.8	<b>3.66</b>
81	217	-445	-1336.7	<b>3.00</b>
82	210	-416	-1334.3	<b>3.21</b>
83	239	-535	-1344.5	<b>2.51</b>
84	232	-506	-1342.1	<b>2.65</b>
85	230	-468	-1341.4	<b>2.87</b>
86	194	-317	-1328.4	<b>4.19</b>
87	205	-403	-1332.5	<b>3.31</b>
88	242	-553	-1345.5	<b>2.43</b>

89	232	-484	-1342.0	<b>2.77</b>
90	199	-338	-1330.1	<b>3.94</b>
91	210	-393	-1334.2	<b>3.39</b>
92	177	-247	-1322.3	<b>5.34</b>
93	217	-445	-1336.7	<b>3.00</b>
94	183	-299	-1324.8	<b>4.43</b>
95	239	-535	-1344.5	<b>2.51</b>
96	205	-389	-1332.6	<b>3.42</b>
97	204	-351	-1331.9	<b>3.80</b>
98	167	-200	-1318.9	<b>6.59</b>
99	178	-286	-1323.0	<b>4.63</b>
100	215	-437	-1336.0	<b>3.06</b>
101	110	-178	-1298.8	<b>7.30</b>
102	147	-329	-1311.8	<b>3.99</b>
103	143	-263	-1310.5	<b>4.97</b>
104	107	-113	-1297.5	<b>11.49</b>
105	338	-812	-1379.4	<b>1.70</b>
106	310	-716	-1369.5	<b>1.91</b>
107	316	-721	-1371.7	<b>1.90</b>
108	288	-626	-1361.8	<b>2.18</b>
109	323	-773	-1374.1	<b>1.78</b>
110	294	-677	-1364.2	<b>2.01</b>
111	344	-863	-1381.8	<b>1.60</b>
112	316	-768	-1371.9	<b>1.79</b>
113	315	-729	-1371.3	<b>1.88</b>
114	278	-579	-1358.4	<b>2.35</b>
115	289	-664	-1362.5	<b>2.05</b>
116	326	-815	-1375.3	<b>1.69</b>
117	338	-812	-1379.4	<b>1.70</b>
118	240	-467	-1344.9	<b>2.88</b>
119	316	-721	-1371.7	<b>1.90</b>
120	218	-377	-1337.1	<b>3.55</b>
121	323	-773	-1374.1	<b>1.78</b>
122	225	-428	-1339.6	<b>3.13</b>
123	344	-863	-1381.8	<b>1.60</b>
124	247	-518	-1347.4	<b>2.60</b>
125	245	-480	-1346.7	<b>2.81</b>
126	208	-329	-1333.7	<b>4.05</b>
127	220	-415	-1337.8	<b>3.22</b>
128	256	-566	-1350.8	<b>2.39</b>
129	339	-815	-1379.8	<b>1.69</b>
130	311	-720	-1370.0	<b>1.90</b>
131	317	-725	-1372.1	<b>1.89</b>
132	289	-629	-1362.3	<b>2.16</b>
133	324	-776	-1374.6	<b>1.77</b>
134	296	-681	-1364.7	<b>2.00</b>

135	346	-867	-1382.2	<b>1.59</b>
136	318	-771	-1372.4	<b>1.78</b>
137	316	-733	-1371.7	<b>1.87</b>
138	279	-582	-1358.9	<b>2.33</b>
139	291	-668	-1362.9	<b>2.04</b>
140	327	-818	-1375.8	<b>1.68</b>
141	339	-815	-1379.8	<b>1.69</b>
142	241	-470	-1345.4	<b>2.86</b>
143	317	-725	-1372.1	<b>1.89</b>
144	219	-380	-1337.6	<b>3.52</b>
145	324	-776	-1374.6	<b>1.77</b>
146	226	-432	-1340.0	<b>3.11</b>
147	346	-867	-1382.2	<b>1.59</b>
148	248	-522	-1347.8	<b>2.58</b>
149	246	-483	-1347.2	<b>2.79</b>
150	210	-333	-1334.2	<b>4.01</b>
151	221	-419	-1338.3	<b>3.20</b>
152	258	-569	-1351.3	<b>2.37</b>
153	110	-178	-1298.8	<b>7.30</b>
154	147	-329	-1311.8	<b>3.99</b>
155	143	-263	-1310.5	<b>4.97</b>
156	107	-113	-1297.5	<b>11.49</b>
157	187	-324	-1326.1	<b>4.09</b>
158	189	-326	-1326.8	<b>4.06</b>
159	165	-234	-1318.3	<b>5.63</b>
160	167	-236	-1319.0	<b>5.59</b>
161	172	-286	-1320.7	<b>4.62</b>
162	174	-288	-1321.4	<b>4.60</b>
163	194	-376	-1328.5	<b>3.53</b>
164	196	-378	-1329.2	<b>3.52</b>
165	194	-339	-1328.6	<b>3.91</b>
166	158	-189	-1315.6	<b>6.97</b>
167	169	-275	-1319.6	<b>4.81</b>
168	206	-425	-1332.7	<b>3.13</b>
169	187	-324	-1326.1	<b>4.09</b>
170	232	-459	-1342.0	<b>2.92</b>
171	165	-234	-1318.3	<b>5.63</b>
172	210	-369	-1334.2	<b>3.62</b>
173	172	-286	-1320.7	<b>4.62</b>
174	217	-420	-1336.7	<b>3.18</b>
175	194	-376	-1328.5	<b>3.53</b>
176	239	-510	-1344.5	<b>2.63</b>
177	237	-472	-1343.8	<b>2.85</b>
178	200	-321	-1330.8	<b>4.14</b>
179	212	-407	-1334.9	<b>3.28</b>
180	248	-558	-1347.9	<b>2.42</b>

181	188	-328	-1326.5	<b>4.05</b>
182	190	-330	-1327.3	<b>4.02</b>
183	167	-238	-1318.7	<b>5.55</b>
184	169	-240	-1319.5	<b>5.51</b>
185	173	-289	-1321.2	<b>4.57</b>
186	175	-291	-1321.9	<b>4.54</b>
187	195	-379	-1329.0	<b>3.50</b>
188	197	-381	-1329.7	<b>3.49</b>
189	195	-343	-1329.0	<b>3.88</b>
190	159	-192	-1316.0	<b>6.84</b>
191	170	-278	-1320.1	<b>4.75</b>
192	207	-429	-1333.1	<b>3.11</b>
193	188	-328	-1326.5	<b>4.05</b>
194	233	-462	-1342.5	<b>2.90</b>
195	167	-238	-1318.7	<b>5.55</b>
196	211	-372	-1334.7	<b>3.59</b>
197	173	-289	-1321.2	<b>4.57</b>
198	218	-424	-1337.2	<b>3.16</b>
199	195	-379	-1329.0	<b>3.50</b>
200	240	-514	-1345.0	<b>2.62</b>
201	238	-475	-1344.3	<b>2.83</b>
202	202	-325	-1331.3	<b>4.10</b>
203	213	-411	-1335.4	<b>3.25</b>
204	250	-561	-1348.4	<b>2.40</b>
205	110	-178	-1298.8	<b>7.30</b>
206	147	-329	-1311.8	<b>3.99</b>
207	143	-263	-1310.5	<b>4.97</b>
208	107	-113	-1297.5	<b>11.49</b>
209	294	-656	-1364.1	<b>2.08</b>
210	275	-592	-1357.3	<b>2.29</b>
211	272	-566	-1356.4	<b>2.40</b>
212	253	-501	-1349.5	<b>2.69</b>
213	279	-617	-1358.8	<b>2.20</b>
214	260	-553	-1351.9	<b>2.45</b>
215	301	-707	-1366.5	<b>1.93</b>
216	282	-643	-1359.7	<b>2.11</b>
217	280	-605	-1359.1	<b>2.25</b>
218	243	-454	-1346.1	<b>2.96</b>
219	255	-540	-1350.1	<b>2.50</b>
220	291	-690	-1363.1	<b>1.97</b>
221	294	-656	-1364.1	<b>2.08</b>
222	275	-592	-1357.3	<b>2.29</b>
223	272	-566	-1356.4	<b>2.40</b>
224	253	-501	-1349.5	<b>2.69</b>
225	279	-617	-1358.8	<b>2.20</b>
226	260	-553	-1351.9	<b>2.45</b>

227	301	-707	-1366.5	<b>1.93</b>
228	282	-643	-1359.7	<b>2.11</b>
229	280	-605	-1359.1	<b>2.25</b>
230	243	-454	-1346.1	<b>2.96</b>
231	255	-540	-1350.1	<b>2.50</b>
232	291	-690	-1363.1	<b>1.97</b>
233	295	-659	-1364.6	<b>2.07</b>
234	276	-595	-1357.8	<b>2.28</b>
235	274	-569	-1356.9	<b>2.38</b>
236	254	-505	-1350.0	<b>2.67</b>
237	280	-621	-1359.3	<b>2.19</b>
238	261	-556	-1352.4	<b>2.43</b>
239	302	-711	-1367.0	<b>1.92</b>
240	283	-647	-1360.2	<b>2.10</b>
241	281	-608	-1359.5	<b>2.24</b>
242	245	-457	-1346.5	<b>2.94</b>
243	256	-543	-1350.6	<b>2.49</b>
244	293	-694	-1363.6	<b>1.97</b>
245	295	-659	-1364.6	<b>2.07</b>
246	276	-595	-1357.8	<b>2.28</b>
247	274	-569	-1356.9	<b>2.38</b>
248	254	-505	-1350.0	<b>2.67</b>
249	280	-621	-1359.3	<b>2.19</b>
250	261	-556	-1352.4	<b>2.43</b>
251	302	-711	-1367.0	<b>1.92</b>
252	283	-647	-1360.2	<b>2.10</b>
253	281	-608	-1359.5	<b>2.24</b>
254	245	-457	-1346.5	<b>2.94</b>
255	256	-543	-1350.6	<b>2.49</b>
256	293	-694	-1363.6	<b>1.97</b>
257	110	-178	-1298.8	<b>7.30</b>
258	147	-329	-1311.8	<b>3.99</b>
259	143	-263	-1310.5	<b>4.97</b>
260	107	-113	-1297.5	<b>11.49</b>
261	133	-108	-1306.8	<b>12.10</b>
262	121	-58	-1302.5	<b>22.52</b>
263	148	-154	-1312.1	<b>8.54</b>
264	136	-104	-1307.8	<b>12.63</b>
265	125	-86	-1303.9	<b>15.09</b>
266	137	-137	-1308.2	<b>9.58</b>
267	197	-442	-1329.5	<b>3.01</b>
268	185	-392	-1325.2	<b>3.38</b>
269	139	-132	-1309.1	<b>9.91</b>
270	152	-182	-1313.5	<b>7.20</b>
271	212	-487	-1334.8	<b>2.74</b>
272	199	-437	-1330.4	<b>3.04</b>

273	188	-420	-1326.5	<b>3.16</b>
274	201	-470	-1330.9	<b>2.83</b>
275	203	-466	-1331.8	<b>2.86</b>
276	215	-516	-1336.1	<b>2.59</b>
277	132	-100	-1306.6	<b>13.09</b>
278	120	-50	-1302.3	<b>26.24</b>
279	147	-146	-1311.9	<b>9.01</b>
280	135	-95	-1307.5	<b>13.71</b>
281	124	-78	-1303.6	<b>16.67</b>
282	136	-128	-1308.0	<b>10.19</b>
283	196	-434	-1329.3	<b>3.07</b>
284	184	-383	-1324.9	<b>3.46</b>
285	139	-124	-1308.9	<b>10.56</b>
286	151	-174	-1313.2	<b>7.54</b>
287	211	-479	-1334.5	<b>2.78</b>
288	199	-429	-1330.2	<b>3.10</b>
289	188	-412	-1326.3	<b>3.22</b>
290	200	-462	-1330.6	<b>2.88</b>
291	203	-458	-1331.6	<b>2.91</b>
292	215	-508	-1335.9	<b>2.63</b>
293	139	-228	-1308.9	<b>5.73</b>
294	127	-178	-1304.5	<b>7.33</b>
295	154	-274	-1314.1	<b>4.80</b>
296	141	-224	-1309.8	<b>5.85</b>
297	130	-207	-1305.9	<b>6.32</b>
298	143	-257	-1310.2	<b>5.10</b>
299	158	-328	-1315.7	<b>4.01</b>
300	146	-278	-1311.3	<b>4.71</b>
301	145	-252	-1311.1	<b>5.20</b>
302	157	-303	-1315.5	<b>4.35</b>
303	173	-374	-1320.9	<b>3.53</b>
304	160	-324	-1316.6	<b>4.06</b>
305	150	-307	-1312.7	<b>4.28</b>
306	162	-357	-1317.0	<b>3.69</b>
307	164	-353	-1317.9	<b>3.74</b>
308	176	-403	-1322.3	<b>3.28</b>
309	137	-201	-1308.1	<b>6.51</b>
310	124	-151	-1303.7	<b>8.65</b>
311	151	-247	-1313.3	<b>5.33</b>
312	139	-196	-1309.0	<b>6.66</b>
313	128	-179	-1305.1	<b>7.28</b>
314	140	-230	-1309.4	<b>5.71</b>
315	156	-301	-1314.9	<b>4.37</b>
316	143	-251	-1310.5	<b>5.22</b>
317	143	-225	-1310.3	<b>5.82</b>
318	155	-275	-1314.7	<b>4.78</b>



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	66 di 97

319	170	-347	-1320.1	<b>3.81</b>
320	158	-297	-1315.8	<b>4.44</b>
321	147	-279	-1311.9	<b>4.69</b>
322	159	-330	-1316.2	<b>3.99</b>
323	162	-325	-1317.2	<b>4.05</b>
324	174	-375	-1321.5	<b>3.52</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	90	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	$\phi_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\phi_{inf}$	20	mm
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	743	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>-651.5</b>	<b>334.9</b>			<b>3018.0</b>	<b>1119.9</b>	<b>1119.9</b>	<b>1.719</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	-62	0.125						
2	Non fessurata	0	-42	0.125						
3	Non fessurata	0	-54	0.125						
4	Non fessurata	0	-73	0.125						
5	Non fessurata	0	-47	0.125						
6	Non fessurata	0	-28	0.125						
7	Non fessurata	0	-39	0.125						
8	Non fessurata	0	-59	0.125						
9	Non fessurata	0	-67	0.125						
10	Non fessurata	0	-47	0.125						
11	Non fessurata	0	-59	0.125						
12	Non fessurata	0	-79	0.125						
13	Non fessurata	0	-53	0.125						
14	Non fessurata	0	-33	0.125						
15	Non fessurata	0	-45	0.125						
16	Non fessurata	0	-64	0.125						
17	Non fessurata	0	-117	0.125						
18	Non fessurata	0	-97	0.125						
19	Non fessurata	0	-109	0.125						
20	Fessurata	-128	-146	0.125	228000	100	239	0.0003	0.061	0.104
21	Fessurata	-122	-145	0.125	228000	100	239	0.0002	0.058	0.099
22	Non fessurata	0	-102	0.125						
23	Non fessurata	0	-114	0.125						
24	Fessurata	-134	-146	0.125	228000	100	239	0.0003	0.065	0.110
25	Non fessurata	0	-55	0.125						
26	Non fessurata	0	-35	0.125						
27	Non fessurata	0	-47	0.125						
28	Non fessurata	0	-66	0.125						
29	Non fessurata	0	-47	0.125						
30	Non fessurata	0	-28	0.125						
31	Non fessurata	0	-39	0.125						
32	Non fessurata	0	-59	0.125						
33	Non fessurata	0	-60	0.125						
34	Non fessurata	0	-40	0.125						
35	Non fessurata	0	-52	0.125						
36	Non fessurata	0	-72	0.125						
37	Non fessurata	0	-53	0.125						
38	Non fessurata	0	-33	0.125						
39	Non fessurata	0	-45	0.125						
40	Non fessurata	0	-64	0.125						
41	Non fessurata	0	-82	0.125						
42	Non fessurata	0	-62	0.125						
43	Non fessurata	0	-74	0.125						
44	Non fessurata	0	-94	0.125						
45	Non fessurata	0	-87	0.125						



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	69 di 97

46	Non fessurata	0	-68	0.125
47	Non fessurata	0	-79	0.125
48	Non fessurata	0	-99	0.125
49	Non fessurata	0	-62	0.125
50	Non fessurata	0	-42	0.125
51	Non fessurata	0	-54	0.125
52	Non fessurata	0	-73	0.125
53	Non fessurata	0	-67	0.125
54	Non fessurata	0	-47	0.125
55	Non fessurata	0	-59	0.125
56	Non fessurata	0	-79	0.125

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

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<b>B</b>	<b>H</b>
<b>[cm]</b>	<b>[cm]</b>
100	90

### 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	26	26.55	9.1
5	26	26.55	9.1
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]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
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>M<sub>u</sub></b>	<b>CN<sub>=cost</sub></b>
	<b>[KN]</b>	<b>[KN m]</b>	<b>[KN m]</b>	
1	284	867	1652.9	<b>1.91</b>
2	267	774	1647.0	<b>2.13</b>
3	262	957	1645.5	<b>1.72</b>
4	245	864	1639.6	<b>1.90</b>
5	269	906	1647.8	<b>1.82</b>
6	252	813	1641.9	<b>2.02</b>
7	291	816	1655.2	<b>2.03</b>
8	274	723	1649.3	<b>2.28</b>
9	272	761	1648.7	<b>2.17</b>
10	235	912	1636.3	<b>1.80</b>
11	247	826	1640.2	<b>1.99</b>
12	283	675	1652.6	<b>2.45</b>
13	284	867	1652.9	<b>1.91</b>
14	197	402	1623.5	<b>4.04</b>
15	262	957	1645.5	<b>1.72</b>
16	175	492	1616.0	<b>3.29</b>
17	269	906	1647.8	<b>1.82</b>
18	182	440	1618.4	<b>3.67</b>
19	291	816	1655.2	<b>2.03</b>
20	204	350	1625.8	<b>4.64</b>
21	202	389	1625.2	<b>4.18</b>
22	166	539	1612.7	<b>2.99</b>
23	177	453	1616.7	<b>3.57</b>
24	214	303	1629.1	<b>5.38</b>
25	285	864	1653.3	<b>1.91</b>
26	268	771	1647.4	<b>2.14</b>
27	263	954	1645.9	<b>1.73</b>
28	246	861	1640.0	<b>1.91</b>
29	270	903	1648.2	<b>1.83</b>
30	253	809	1642.4	<b>2.03</b>
31	292	812	1655.7	<b>2.04</b>
32	275	719	1649.8	<b>2.29</b>
33	273	758	1649.1	<b>2.18</b>
34	236	908	1636.8	<b>1.80</b>
35	248	822	1640.7	<b>2.00</b>
36	285	672	1653.0	<b>2.46</b>
37	285	864	1653.3	<b>1.91</b>
38	199	398	1623.9	<b>4.08</b>
39	263	954	1645.9	<b>1.73</b>
40	177	488	1616.5	<b>3.31</b>
41	270	903	1648.2	<b>1.83</b>

42	183	437	1618.9	<b>3.70</b>
43	292	812	1655.7	<b>2.04</b>
44	205	347	1626.3	<b>4.69</b>
45	204	385	1625.6	<b>4.22</b>
46	167	536	1613.2	<b>3.01</b>
47	178	450	1617.1	<b>3.59</b>
48	215	299	1629.5	<b>5.44</b>
49	110	335	1593.7	<b>4.75</b>
50	147	185	1606.3	<b>8.70</b>
51	143	250	1605.1	<b>6.43</b>
52	107	400	1592.5	<b>3.98</b>
53	284	867	1652.9	<b>1.91</b>
54	267	774	1647.0	<b>2.13</b>
55	262	957	1645.5	<b>1.72</b>
56	245	864	1639.6	<b>1.90</b>
57	269	906	1647.8	<b>1.82</b>
58	252	813	1641.9	<b>2.02</b>
59	291	816	1655.2	<b>2.03</b>
60	274	723	1649.3	<b>2.28</b>
61	272	761	1648.7	<b>2.17</b>
62	235	912	1636.3	<b>1.80</b>
63	247	826	1640.2	<b>1.99</b>
64	283	675	1652.6	<b>2.45</b>
65	284	867	1652.9	<b>1.91</b>
66	197	402	1623.5	<b>4.04</b>
67	262	957	1645.5	<b>1.72</b>
68	175	492	1616.0	<b>3.29</b>
69	269	906	1647.8	<b>1.82</b>
70	182	440	1618.4	<b>3.67</b>
71	291	816	1655.2	<b>2.03</b>
72	204	350	1625.8	<b>4.64</b>
73	202	389	1625.2	<b>4.18</b>
74	166	539	1612.7	<b>2.99</b>
75	177	453	1616.7	<b>3.57</b>
76	214	303	1629.1	<b>5.38</b>
77	285	864	1653.3	<b>1.91</b>
78	268	771	1647.4	<b>2.14</b>
79	263	954	1645.9	<b>1.73</b>
80	246	861	1640.0	<b>1.91</b>
81	270	903	1648.2	<b>1.83</b>
82	253	809	1642.4	<b>2.03</b>
83	292	812	1655.7	<b>2.04</b>
84	275	719	1649.8	<b>2.29</b>
85	273	758	1649.1	<b>2.18</b>
86	236	908	1636.8	<b>1.80</b>
87	248	822	1640.7	<b>2.00</b>

88	285	672	1653.0	<b>2.46</b>
89	285	864	1653.3	<b>1.91</b>
90	199	398	1623.9	<b>4.08</b>
91	263	954	1645.9	<b>1.73</b>
92	177	488	1616.5	<b>3.31</b>
93	270	903	1648.2	<b>1.83</b>
94	183	437	1618.9	<b>3.70</b>
95	292	812	1655.7	<b>2.04</b>
96	205	347	1626.3	<b>4.69</b>
97	204	385	1625.6	<b>4.22</b>
98	167	536	1613.2	<b>3.01</b>
99	178	450	1617.1	<b>3.59</b>
100	215	299	1629.5	<b>5.44</b>
101	110	335	1593.7	<b>4.75</b>
102	147	185	1606.3	<b>8.70</b>
103	143	250	1605.1	<b>6.43</b>
104	107	400	1592.5	<b>3.98</b>
105	284	867	1652.9	<b>1.91</b>
106	267	774	1647.0	<b>2.13</b>
107	262	957	1645.5	<b>1.72</b>
108	245	864	1639.6	<b>1.90</b>
109	269	906	1647.8	<b>1.82</b>
110	252	813	1641.9	<b>2.02</b>
111	291	816	1655.2	<b>2.03</b>
112	274	723	1649.3	<b>2.28</b>
113	272	761	1648.7	<b>2.17</b>
114	235	912	1636.3	<b>1.80</b>
115	247	826	1640.2	<b>1.99</b>
116	283	675	1652.6	<b>2.45</b>
117	284	867	1652.9	<b>1.91</b>
118	197	402	1623.5	<b>4.04</b>
119	262	957	1645.5	<b>1.72</b>
120	175	492	1616.0	<b>3.29</b>
121	269	906	1647.8	<b>1.82</b>
122	182	440	1618.4	<b>3.67</b>
123	291	816	1655.2	<b>2.03</b>
124	204	350	1625.8	<b>4.64</b>
125	202	389	1625.2	<b>4.18</b>
126	166	539	1612.7	<b>2.99</b>
127	177	453	1616.7	<b>3.57</b>
128	214	303	1629.1	<b>5.38</b>
129	285	864	1653.3	<b>1.91</b>
130	268	771	1647.4	<b>2.14</b>
131	263	954	1645.9	<b>1.73</b>
132	246	861	1640.0	<b>1.91</b>
133	270	903	1648.2	<b>1.83</b>

134	253	809	1642.4	<b>2.03</b>
135	292	812	1655.7	<b>2.04</b>
136	275	719	1649.8	<b>2.29</b>
137	273	758	1649.1	<b>2.18</b>
138	236	908	1636.8	<b>1.80</b>
139	248	822	1640.7	<b>2.00</b>
140	285	672	1653.0	<b>2.46</b>
141	285	864	1653.3	<b>1.91</b>
142	199	398	1623.9	<b>4.08</b>
143	263	954	1645.9	<b>1.73</b>
144	177	488	1616.5	<b>3.31</b>
145	270	903	1648.2	<b>1.83</b>
146	183	437	1618.9	<b>3.70</b>
147	292	812	1655.7	<b>2.04</b>
148	205	347	1626.3	<b>4.69</b>
149	204	385	1625.6	<b>4.22</b>
150	167	536	1613.2	<b>3.01</b>
151	178	450	1617.1	<b>3.59</b>
152	215	299	1629.5	<b>5.44</b>
153	110	335	1593.7	<b>4.75</b>
154	147	185	1606.3	<b>8.70</b>
155	143	250	1605.1	<b>6.43</b>
156	107	400	1592.5	<b>3.98</b>
157	241	634	1638.2	<b>2.58</b>
158	232	588	1635.2	<b>2.78</b>
159	219	725	1630.8	<b>2.25</b>
160	210	678	1627.8	<b>2.40</b>
161	226	673	1633.1	<b>2.43</b>
162	217	627	1630.2	<b>2.60</b>
163	248	583	1640.5	<b>2.81</b>
164	239	536	1637.6	<b>3.05</b>
165	237	575	1636.9	<b>2.85</b>
166	200	725	1624.6	<b>2.24</b>
167	212	640	1628.5	<b>2.55</b>
168	248	489	1640.8	<b>3.35</b>
169	241	634	1638.2	<b>2.58</b>
170	232	588	1635.2	<b>2.78</b>
171	219	725	1630.8	<b>2.25</b>
172	210	678	1627.8	<b>2.40</b>
173	226	673	1633.1	<b>2.43</b>
174	217	627	1630.2	<b>2.60</b>
175	248	583	1640.5	<b>2.81</b>
176	239	536	1637.6	<b>3.05</b>
177	237	575	1636.9	<b>2.85</b>
178	200	725	1624.6	<b>2.24</b>
179	212	640	1628.5	<b>2.55</b>

180	248	489	1640.8	<b>3.35</b>
181	242	631	1638.6	<b>2.60</b>
182	233	584	1635.7	<b>2.80</b>
183	220	721	1631.2	<b>2.26</b>
184	211	675	1628.3	<b>2.41</b>
185	227	670	1633.5	<b>2.44</b>
186	218	623	1630.6	<b>2.62</b>
187	249	579	1641.0	<b>2.83</b>
188	240	533	1638.0	<b>3.07</b>
189	238	571	1637.4	<b>2.87</b>
190	202	722	1625.0	<b>2.25</b>
191	213	636	1628.9	<b>2.56</b>
192	250	486	1641.3	<b>3.38</b>
193	242	631	1638.6	<b>2.60</b>
194	233	584	1635.7	<b>2.80</b>
195	220	721	1631.2	<b>2.26</b>
196	211	675	1628.3	<b>2.41</b>
197	227	670	1633.5	<b>2.44</b>
198	218	623	1630.6	<b>2.62</b>
199	249	579	1641.0	<b>2.83</b>
200	240	533	1638.0	<b>3.07</b>
201	238	571	1637.4	<b>2.87</b>
202	202	722	1625.0	<b>2.25</b>
203	213	636	1628.9	<b>2.56</b>
204	250	486	1641.3	<b>3.38</b>
205	110	335	1593.7	<b>4.75</b>
206	147	185	1606.3	<b>8.70</b>
207	143	250	1605.1	<b>6.43</b>
208	107	400	1592.5	<b>3.98</b>
209	241	634	1638.2	<b>2.58</b>
210	232	588	1635.2	<b>2.78</b>
211	219	725	1630.8	<b>2.25</b>
212	210	678	1627.8	<b>2.40</b>
213	226	673	1633.1	<b>2.43</b>
214	217	627	1630.2	<b>2.60</b>
215	248	583	1640.5	<b>2.81</b>
216	239	536	1637.6	<b>3.05</b>
217	237	575	1636.9	<b>2.85</b>
218	200	725	1624.6	<b>2.24</b>
219	212	640	1628.5	<b>2.55</b>
220	248	489	1640.8	<b>3.35</b>
221	241	634	1638.2	<b>2.58</b>
222	232	588	1635.2	<b>2.78</b>
223	219	725	1630.8	<b>2.25</b>
224	210	678	1627.8	<b>2.40</b>
225	226	673	1633.1	<b>2.43</b>

226	217	627	1630.2	<b>2.60</b>
227	248	583	1640.5	<b>2.81</b>
228	239	536	1637.6	<b>3.05</b>
229	237	575	1636.9	<b>2.85</b>
230	200	725	1624.6	<b>2.24</b>
231	212	640	1628.5	<b>2.55</b>
232	248	489	1640.8	<b>3.35</b>
233	242	631	1638.6	<b>2.60</b>
234	233	584	1635.7	<b>2.80</b>
235	220	721	1631.2	<b>2.26</b>
236	211	675	1628.3	<b>2.41</b>
237	227	670	1633.5	<b>2.44</b>
238	218	623	1630.6	<b>2.62</b>
239	249	579	1641.0	<b>2.83</b>
240	240	533	1638.0	<b>3.07</b>
241	238	571	1637.4	<b>2.87</b>
242	202	722	1625.0	<b>2.25</b>
243	213	636	1628.9	<b>2.56</b>
244	250	486	1641.3	<b>3.38</b>
245	242	631	1638.6	<b>2.60</b>
246	233	584	1635.7	<b>2.80</b>
247	220	721	1631.2	<b>2.26</b>
248	211	675	1628.3	<b>2.41</b>
249	227	670	1633.5	<b>2.44</b>
250	218	623	1630.6	<b>2.62</b>
251	249	579	1641.0	<b>2.83</b>
252	240	533	1638.0	<b>3.07</b>
253	238	571	1637.4	<b>2.87</b>
254	202	722	1625.0	<b>2.25</b>
255	213	636	1628.9	<b>2.56</b>
256	250	486	1641.3	<b>3.38</b>
257	110	335	1593.7	<b>4.75</b>
258	147	185	1606.3	<b>8.70</b>
259	143	250	1605.1	<b>6.43</b>
260	107	400	1592.5	<b>3.98</b>
261	172	333	1615.0	<b>4.84</b>
262	160	384	1610.8	<b>4.20</b>
263	172	333	1615.0	<b>4.84</b>
264	160	384	1610.8	<b>4.20</b>
265	164	355	1612.2	<b>4.54</b>
266	176	305	1616.3	<b>5.30</b>
267	172	333	1615.0	<b>4.84</b>
268	160	384	1610.8	<b>4.20</b>
269	164	355	1612.2	<b>4.54</b>
270	176	305	1616.3	<b>5.30</b>
271	172	333	1615.0	<b>4.84</b>

272	160	384	1610.8	<b>4.20</b>
273	164	355	1612.2	<b>4.54</b>
274	176	305	1616.3	<b>5.30</b>
275	164	355	1612.2	<b>4.54</b>
276	176	305	1616.3	<b>5.30</b>
277	172	320	1614.8	<b>5.05</b>
278	159	370	1610.6	<b>4.35</b>
279	172	320	1614.8	<b>5.05</b>
280	159	370	1610.6	<b>4.35</b>
281	163	342	1611.9	<b>4.72</b>
282	175	291	1616.1	<b>5.55</b>
283	172	320	1614.8	<b>5.05</b>
284	159	370	1610.6	<b>4.35</b>
285	163	342	1611.9	<b>4.72</b>
286	175	291	1616.1	<b>5.55</b>
287	172	320	1614.8	<b>5.05</b>
288	159	370	1610.6	<b>4.35</b>
289	163	342	1611.9	<b>4.72</b>
290	175	291	1616.1	<b>5.55</b>
291	163	342	1611.9	<b>4.72</b>
292	175	291	1616.1	<b>5.55</b>
293	156	355	1609.3	<b>4.53</b>
294	144	406	1605.1	<b>3.96</b>
295	156	355	1609.3	<b>4.53</b>
296	144	406	1605.1	<b>3.96</b>
297	147	377	1606.4	<b>4.26</b>
298	160	327	1610.6	<b>4.93</b>
299	156	355	1609.3	<b>4.53</b>
300	144	406	1605.1	<b>3.96</b>
301	147	377	1606.4	<b>4.26</b>
302	160	327	1610.6	<b>4.93</b>
303	156	355	1609.3	<b>4.53</b>
304	144	406	1605.1	<b>3.96</b>
305	147	377	1606.4	<b>4.26</b>
306	160	327	1610.6	<b>4.93</b>
307	147	377	1606.4	<b>4.26</b>
308	160	327	1610.6	<b>4.93</b>
309	153	310	1608.5	<b>5.19</b>
310	141	360	1604.3	<b>4.45</b>
311	153	310	1608.5	<b>5.19</b>
312	141	360	1604.3	<b>4.45</b>
313	145	332	1605.7	<b>4.84</b>
314	157	282	1609.9	<b>5.72</b>
315	153	310	1608.5	<b>5.19</b>
316	141	360	1604.3	<b>4.45</b>
317	145	332	1605.7	<b>4.84</b>



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	78 di 97

318	157	282	1609.9	<b>5.72</b>
319	153	310	1608.5	<b>5.19</b>
320	141	360	1604.3	<b>4.45</b>
321	145	332	1605.7	<b>4.84</b>
322	157	282	1609.9	<b>5.72</b>
323	145	332	1605.7	<b>4.84</b>
324	157	282	1609.9	<b>5.72</b>



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	79 di 97

### 9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE <sub>d</sub> y	NE <sub>d</sub>	scp	VR <sub>d,c</sub>	VR <sub>cd</sub> <sub>y</sub>	VR <sub>sd</sub> <sub>y</sub>	VR <sub>d</sub> <sub>y</sub>	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
<b>SH18</b>	<b>42.4</b>	<b>159.5</b>	<b>0.2</b>	<b>397.4</b>				<b>9.372</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	-127	-117	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.150	Verificato
2	Fessurata	-144	-119	0.125	273000	100	243	0.0005	0.115	0.196	Verificato
3	Fessurata	-134	-118	0.125	273000	100	243	0.0004	0.100	0.171	Verificato
4	Fessurata	-117	-117	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.123	Verificato
5	Non fessurata	0	-64	0.125							
6	Non fessurata	0	-81	0.125							
7	Non fessurata	0	-71	0.125							
8	Non fessurata	0	-54	0.125							
9	Fessurata	-122	-117	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136	Verificato
10	Fessurata	-139	-118	0.125	273000	100	243	0.0004	0.108	0.183	Verificato
11	Fessurata	-129	-117	0.125	273000	100	243	0.0004	0.092	0.157	Verificato
12	Fessurata	-112	-116	0.125	273000	100	243	0.0003	0.064	0.108	Verificato
13	Non fessurata	0	-59	0.125							
14	Non fessurata	0	-76	0.125							
15	Non fessurata	0	-66	0.125							
16	Non fessurata	0	-49	0.125							
17	Fessurata	-127	-117	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.150	Verificato
18	Fessurata	-144	-119	0.125	273000	100	243	0.0005	0.115	0.196	Verificato
19	Fessurata	-134	-118	0.125	273000	100	243	0.0004	0.100	0.171	Verificato
20	Fessurata	-117	-117	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.123	Verificato
21	Fessurata	-122	-117	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136	Verificato
22	Fessurata	-139	-118	0.125	273000	100	243	0.0004	0.108	0.183	Verificato
23	Fessurata	-129	-117	0.125	273000	100	243	0.0004	0.092	0.157	Verificato
24	Fessurata	-112	-116	0.125	273000	100	243	0.0003	0.064	0.108	Verificato
25	Non fessurata	0	-95	0.125							
26	Fessurata	-112	-118	0.125	273000	100	243	0.0003	0.061	0.104	Verificato
27	Fessurata	-103	-117	0.125	273000	100	243	0.0002	0.050	0.085	Verificato
28	Non fessurata	0	-86	0.125							
29	Non fessurata	0	-64	0.125							
30	Non fessurata	0	-81	0.125							
31	Non fessurata	0	-71	0.125							
32	Non fessurata	0	-54	0.125							
33	Non fessurata	0	-90	0.125							
34	Fessurata	-107	-117	0.125	273000	100	243	0.0002	0.052	0.089	Verificato
35	Fessurata	-98	-117	0.125	273000	100	243	0.0002	0.048	0.081	Verificato
36	Non fessurata	0	-81	0.125							
37	Non fessurata	0	-59	0.125							
38	Non fessurata	0	-76	0.125							
39	Non fessurata	0	-66	0.125							
40	Non fessurata	0	-49	0.125							



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

SL06 - Prolungamento Sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo sottopasso lato Est*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600001	A	81 di 97

41	Non fessurata	0	-95	0.125							
42	Fessurata	-112	-118	0.125	273000	100	243	0.0003	0.061	0.104	Verificato
43	Fessurata	-103	-117	0.125	273000	100	243	0.0002	0.050	0.085	Verificato
44	Non fessurata	0	-86	0.125							
45	Non fessurata	0	-90	0.125							
46	Fessurata	-107	-117	0.125	273000	100	243	0.0002	0.052	0.089	Verificato
47	Fessurata	-98	-117	0.125	273000	100	243	0.0002	0.048	0.081	Verificato
48	Non fessurata	0	-81	0.125							
49	Fessurata	-127	-117	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.150	Verificato
50	Fessurata	-144	-119	0.125	273000	100	243	0.0005	0.115	0.196	Verificato
51	Fessurata	-134	-118	0.125	273000	100	243	0.0004	0.100	0.171	Verificato
52	Fessurata	-117	-117	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.123	Verificato
53	Fessurata	-122	-117	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136	Verificato
54	Fessurata	-139	-118	0.125	273000	100	243	0.0004	0.108	0.183	Verificato
55	Fessurata	-129	-117	0.125	273000	100	243	0.0004	0.092	0.157	Verificato
56	Fessurata	-112	-116	0.125	273000	100	243	0.0003	0.064	0.108	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	862	-	1.506
	Taglio	G3_1_57	0	-	717	1.752
2	Presso-flessione	G1_25	0	-930	-	1.895
	Taglio	SH5	0	-	304	3.531
3	Presso-flessione	G3_1_83	774	-931	-	1.322
	Taglio	G3_1_83	781	0	-333	1.274
4	Presso-flessione	G3_1_83	380	-859	-	1.623
	Taglio	G3_1_53	369	0	-651	1.719
5	Presso-flessione	G1_3	293	904	-	1.831
	Taglio	SH18	164	-	43	9.265
6	Presso-flessione	G3_1_5	857	-916	-	1.694
	Taglio	G3_1_3	850	-	408	1.374

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1012	-	1.283
	Taglio	G3_1_57	0	-	720	1.743
2	Presso-flessione	G1_25	0	-948	-	1.859
	Taglio	G3_1_5	0	-	304	2.302
3	Presso-flessione	G3_1_83	750	-814	-	1.501
	Taglio	G3_1_83	757	0	-284	1.481
4	Presso-flessione	G3_1_83	331	-737	-	1.869
	Taglio	G3_1_53	320	0	-627	1.785
5	Presso-flessione	G1_3	244	918	-	1.785
	Taglio	G3_1_3	244	-	63	6.451
6	Presso-flessione	G3_1_5	833	-1058	-	1.458
	Taglio	G3_1_3	826	-	456	1.227

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	814	-	1.593
	Taglio	G3_1_57	0	-	697	1.800
2	Presso-flessione	G1_25	0	-926	-	1.905
	Taglio	SH5	0	-	304	3.572
3	Presso-flessione	G3_1_83	748	-944	-	1.293
	Taglio	G3_1_83	755	0	-309	1.360
4	Presso-flessione	G3_1_83	346	-867	-	1.595
	Taglio	G3_1_53	335	0	-651	1.719
5	Presso-flessione	G1_3	262	957	-	1.719
	Taglio	SH18	159	-	42	9.372
6	Presso-flessione	G3_1_5	836	-875	-	1.764
	Taglio	G3_1_3	828	-	364	1.537

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	811	-	1.600
	Taglio	G3_1_57	0	-	680	1.845
2	Presso-flessione	G1_25	0	-924	-	1.908
	Taglio	SH5	0	-	304	3.531
3	Presso-flessione	G3_1_83	718	-927	-	1.306
	Taglio	G3_1_83	725	0	-307	1.356
4	Presso-flessione	G3_1_83	344	-855	-	1.615
	Taglio	G3_1_53	333	0	-622	1.801
5	Presso-flessione	G1_3	260	946	-	1.738
	Taglio	G3_1_55	260	-	-49	8.447
6	Presso-flessione	G3_1_5	806	-869	-	1.765
	Taglio	G3_1_3	798	-	366	1.528

## 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:

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

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

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

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

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

$k=0.8$  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

$E_t$  = 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]	10700000	4365000	9270000
Per. a contatto con atmosfera	$u$ [mm]	8500	4850	8500
Spessore Fittizio	$h_0$ [mm]	2517.647	1800	2181.176
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.	$\epsilon_{cs}(t_1, t_0)$	0.27394	0.37011	0.31233

<b>Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura</b>			
Deformazione media di ritiro	$\epsilon_{CS\_m}$	5.9E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	0.63156	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	5540	mm
Altezza elemento equivalente	H	933.333	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	34100	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.7	
Grado di impedimento	Kr	0.7533	
Moltiplicatore Kr	m	0.00548	
Tensione di lavoro assunta	$\sigma_{S\_L}$	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 12 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		145.9119203	

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 6.00m.

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

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - SOTTOPASSO				
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	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	81.99	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	6.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	75.99	[m]
	$\Delta h_w$	=	10.59	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	105.90	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	132	[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>116.5</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>118.8</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.02</b>	
				<b>verificato</b>

## 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]
1 (Volano)	9.00
2	5.50
3	4.50
4	3.50
5	2.00

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

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 1 (VOLANO)				
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	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	79.54	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	9.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	70.54	[m]
	$\Delta h_w$	=	16.04	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	160.40	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	198	[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>176.4</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>178.2</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.01</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 2**

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	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	82.19	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	5.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	76.69	[m]
	$\Delta h_w$	=	9.89	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	98.90	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	121	[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>108.8</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>108.9</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.00</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 3**

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	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	83.32	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	4.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	78.82	[m]
	$\Delta h_w$	=	7.76	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	77.60	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	99	[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>85.4</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>89.1</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.04</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 4**

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	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	84.16	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	3.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	80.66	[m]
	$\Delta h_w$	=	5.92	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	59.20	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	77	[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>65.1</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>69.3</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.06</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 5**

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	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	$q_s$	=	85.00	[m]
altezza tampone di fondo	$h_t$	=	2.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	$q_t$	=	83.00	[m]
	$\Delta h_w$	=	3.58	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	$u_{inst}$	=	35.80	[kN/m <sup>2</sup> ]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	$\sigma_{stb}$	=	44	[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>39.4</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>39.6</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.01</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				
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	=	10.30	[m]
quota falda	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	81.99	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	4.59	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	472.77	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	707.50	[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>520.0</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>636.8</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.22</b>	
				<b>verificato</b>

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 1 (VOLANO)				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
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	=	14.30	[m]
quota falda	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	79.54	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	7.04	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	1006.72	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	1250.00	[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>1107.4</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>1125.0</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.02</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 2**

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	$h_p$	=	0.8	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	10.82	[m]
quota falda	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	82.12	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	4.46	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	482.35	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	490.80	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	173.04	[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>530.6</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>597.5</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.13</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 3**

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	$h_p$	=	0.8	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	10.69	[m]
quota falda	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	83.32	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	3.26	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	348.33	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	279.70	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	170.96	[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>383.2</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>405.6</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.06</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 4**

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	$h_p$	=	0.8	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	11.36	[m]
quota falda	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	84.16	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	2.42	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	274.91	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	184.90	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	181.76	[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>302.4</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>330.0</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.09</b>	
				<b>verificato</b>

**SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 5**

Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta

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	$h_p$	=	0.5	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	12.24	[m]
quota falda	$q_w$	=	86.58	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	$q_s$	=	85.00	[m]
altezza idraulica	$\Delta h_w$	=	1.58	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	$U_{inst}$	=	193.39	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	183.30	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	122.40	[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>212.7</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
<b>azione stabilizzante di progetto</b>	$G_{stb,d}$	=	<b>275.1</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
	$R_d/E_d$	=	<b>1.29</b>	
				<b>verificato</b>