

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

SL09 - Nuovo sottovia viale della Repubblica km 26+527,62

Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

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 9 0 0 0 0 2 A

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

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

File: NM0Z20D26CLSL0900002A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4	ALLEGATI.....	8
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
6	MODELLO DI CALCOLO.....	10
7	ANALISI DEI CARICHI.....	12
	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
8	COMBINAZIONI DI CARICO	21
9	VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE	24
	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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900002	REV. A	FOGLIO 3 di 95
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

9.7 VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore_ Mezzeria	70
9.7.1 Presso-Flessione	70
9.7.2 Taglio.....	79
9.7.3 Fessurazione	80
9.8 RIEPILOGO VERIFICHE.....	82
10 VERIFICHE LONGITUDINALI	86
11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO.....	90
11.1Tratto nuovo sottopasso	91
11.2Tratto di imbocco.....	92
11.3Verifica sollevamento in fase di esercizio	94

1 PREMESSA

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

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



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

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del sottopasso gettato in opera dell’opera principale SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica al km 26+527,62.

2 DESCRIZIONE

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

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	14.20	m
Altezza totale	Htot	9.18	m
Spessore soletta superiore	ss	1.10	m
Spessore piedritti	sp	1.10	m
Spessore soletta inferiore	sf	1.10	m
Luce libera	Lint	12.00	m
Altezza libera	Hint	6.98	m

Tabella 1

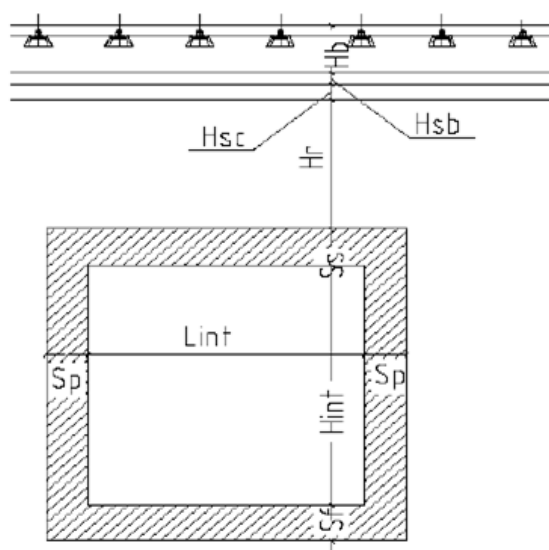


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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 ϕ 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 ϕ). 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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	6 di 95

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.85	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.00	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</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>CLSL0900002</td> <td>A</td> <td>7 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	7 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	7 di 95								

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFIDTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFIDTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.

Riferimenti STI:

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



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


SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	8 di 95

4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900002	REV. A

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.

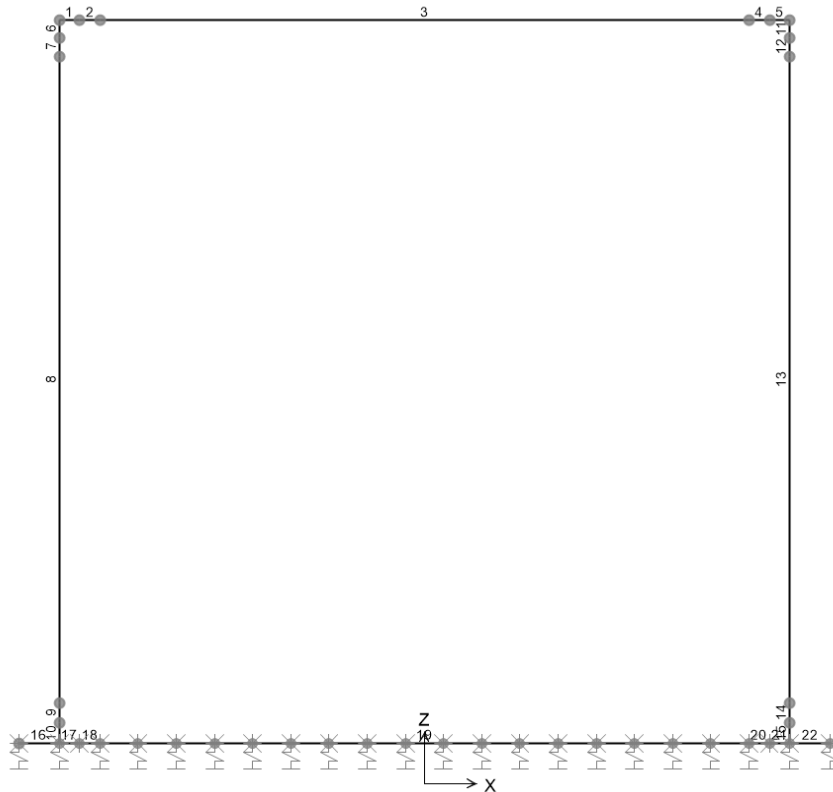


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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 fornitaci.

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

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO
17	PNMP21P06	da 0 a 10m	Sg
		da 10m a 30m	S

γ_{sat} [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	Φ' [°]		Φ' [°] laboratorio	Φ' [°] scelto	E'_{op} [MPa]		V_s [m/s]		categoria terreno	G_0 [MPa]	
		max	min			max	min	max	min		max	min
21	18	29	23		23	11	3	137	98	C	41	21
21	18	30	30		30	51	28	368	279		296	171

Tabella 6

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</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>CLSL0900002</td> <td>A</td> <td>11 di 95</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	11 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	11 di 95								

La falda è situata a quota 76.99 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;
- k₁ è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/cm³).

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.

Coefficiente di Sottofondo			
valore limite di estremità	KESTR	15640.5	kN/m ³
valore limite di mezzeria	kMEZZ	7820.249	kN/m ³

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/m³.

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

Tabella 8

7.2 PERMANENTI PORTATI

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

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	γ	18	kN/m ³
Sub Ballast	γ	20	kN/m ³
Ricoprimento	γ	20	kN/m ³
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	γ	25	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		16.55	kN/m

Tabella 9

Permanente Portato soletta inf. Analysis Case: PERM			
Riempimento	γ	25	kN/m ³
Massetto	γ	15	kN/m ³
Pavimento	γ	20	kN/m ³
0	γ	0	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		0.00	kN/m

Tabella 10

7.3 SPINTA DEL TERRENO

Una volta definito se la spinta sia prodotta dal rilevato ferroviario o dal terreno in sito non scavato (nel caso di scatolare completamente interrato) il calcolo della spinta è stato eseguito a partire dal coefficiente di spinta a riposo calcolato con la formula $K_0 = 1 - \sin \phi'$ dove ϕ' 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	ϕ	23	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	9.18	m
Peso di Volume Efficace	γ	11	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	k_0	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	13.77	kN/m ²
Pressione in asse sol. inf.	P0	67.92	kN/m ²

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	0.45	0.1125
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.00	0
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.55	0.55
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.83	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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</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>CLSL0900002</td> <td>A</td> <td>14 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	14 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	14 di 95								

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

7.4.2 Disposizione dei convogli

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

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

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

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

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

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

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

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

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

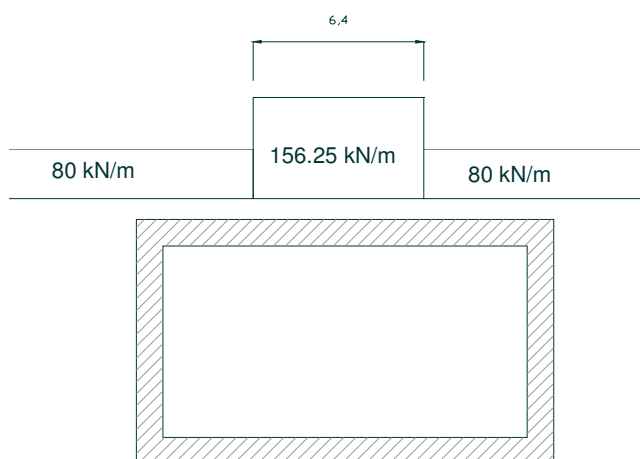


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

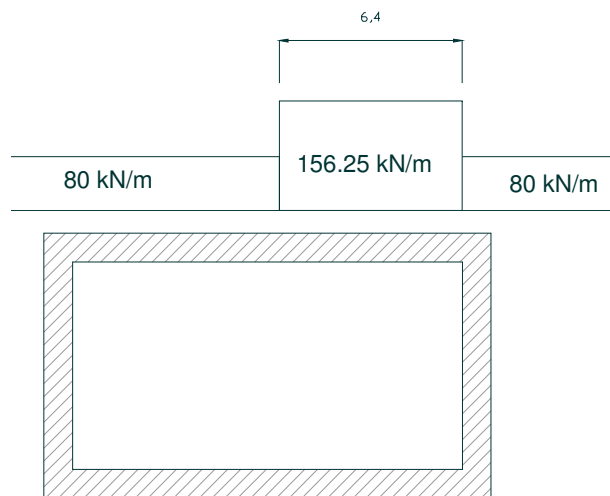


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

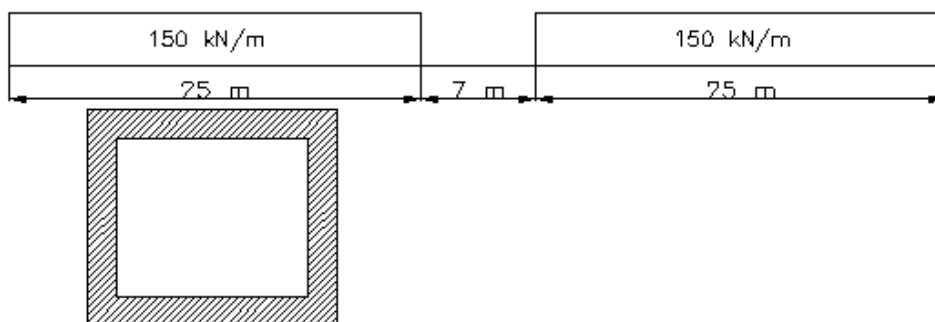


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

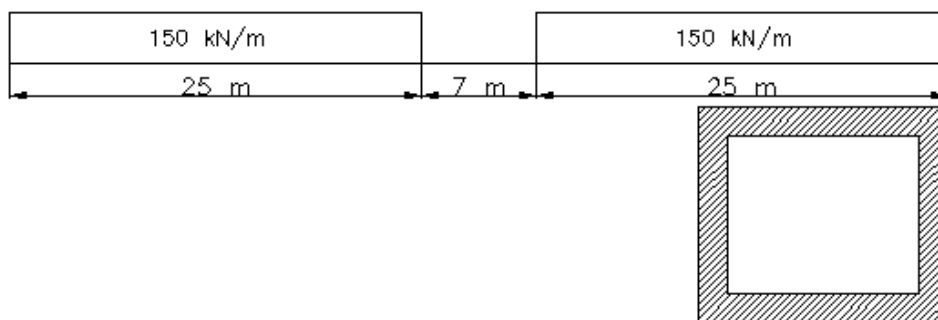


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	α	1	
Luce caratteristica	L_f	12.68	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.24	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	3	m
	L2	6	m
	L3	9	m

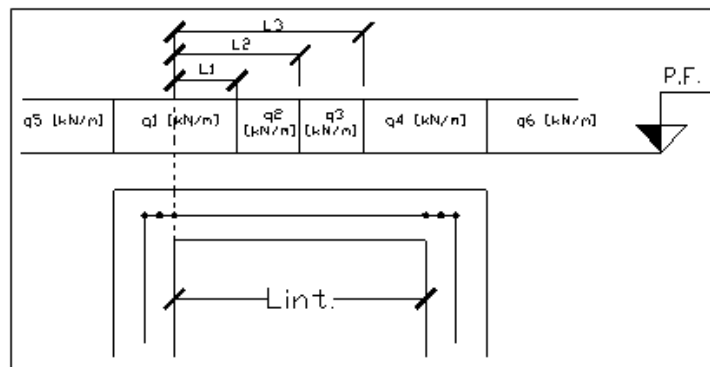



Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	48.45	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	48.45	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	48.45	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	48.45	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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900002	REV. A

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.73	m
q5 ad estradosso soletta	q5	55.05	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	55.05	kN/m2
Spinta su piedritto sx	q05_sx	33.54	kN/m2
Spinta su piedritto dx	q06_dx	33.54	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	12.84	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	ΔT_{unif}	+/- 15	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	ΔT_{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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900002	REV. A

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

Carichi Sismici			
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	0.092	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.51	
CATEGORIA SOTTOSUOLO		C	
CATEGORIA TOPOGRAFICA		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
amax = SS x ST x ag	amax	0.138	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.

Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H			
Coefficiente Sismico Orizzontale	Kh	0.138	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0.2xq1$		53.74	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		53.74	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		53.74	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		53.74	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		7.4	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		7.4	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		7.4	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		7.4	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Lateral</i>			
G1		27.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Lateral</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		3.8	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	Kv	0.069	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		53.74	kN/m
G1+G2+0.2xq2		53.74	kN/m
G1+G2+0.2xq3		53.74	kN/m
G1+G2+0.2xq4		53.74	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		3.7	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		3.7	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		3.7	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		3.7	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.

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	Htot	9.18	m
Peso di Volume	γ	21	kN/m ³
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.138	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	ΔSE	244.22	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	34.99	kN/m ²

7.10 RITIRO

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

Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO			
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	2200	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000186	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.000231	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-5.8	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</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>CLSL0900002</td> <td>A</td> <td>21 di 95</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	21 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	21 di 95								

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{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 ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_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 ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁷⁾	0,20 ⁽⁷⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	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 ψ pari a 0.2 coerentemente all'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	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.

Riepilogo Analisis Case Considerati		
Peso Proprio elementi Strutturali	PP	G1
Permanenti portati (non strutturali)	PERM	G2
Spinta riempimento su piedritto sx	SPTERRA_sx	
Spinta riempimento su piedritto dx	SPTERRA_dx	
Spinta Idrraulica in caso di falda	SPIDRAUL	
Ritiro	RITIRO	P
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1A	Qtraffico
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	Qtemp.
Gradiente termico su solettone sup.,inf. e su piedritti	TEMPFARF	
Incremento spinta sotto sisma su piedritto sx	DSe_sx	E
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.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 - Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</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>CLSL0900002</td> <td>A</td> <td>24 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	24 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	24 di 95								

9 VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE

9.1 CRITERI DI VERIFICA

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

COPRIFERRI ADOTTATO

$c=5.0$ cm

STAZIONI DI VERIFICA

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

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

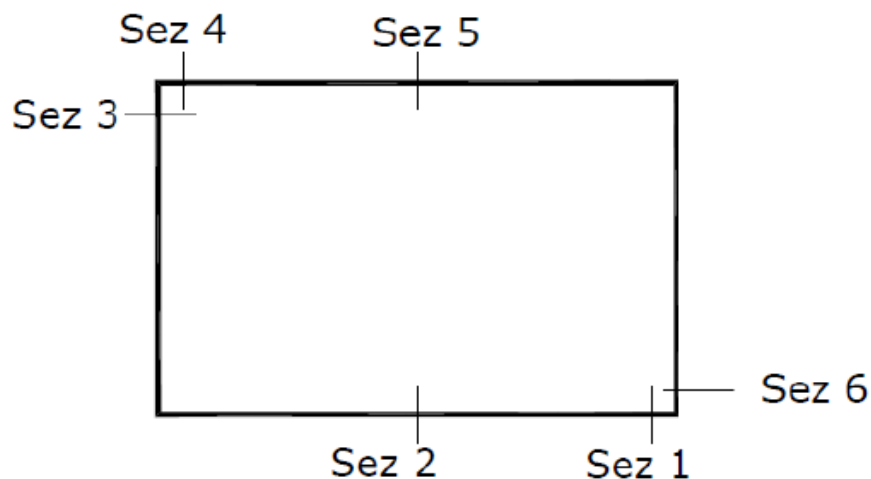


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

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

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

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

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

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

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

ϵ_{cu1}	ϵ_{cu2}
0.200%	0.350%

Acciaio:

ϵ_{ys}	ϵ_{us}	α_s	ϵ_{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 σ_{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;	
α	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;	
f'_{cd}	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);	
α_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	110

Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
10	32	80.42	9.4
10	32	80.42	27.4
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

Armatura sup A's

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

9.2.1 Presso-Flessione

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	2502	4028.8	1.61
2	0	174	4028.8	23.16

9.2.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spille ϕ 12 /20x20).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	110	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	26	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	32	mm
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	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	921	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	scp	VRd _c	VRcd _y	VRsd _y	VRd _y	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_57	993.1	0.0			3641.4	1387.1	1383.0	1.393

9.2.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-124	-78	0.13	#####	100	209	####	0.104	0.177	Verificato
2	Fessurata	-127	-78	0.13	#####	100	209	####	0.107	0.182	Verificato
3	Fessurata	-127	-78	0.13	#####	100	209	####	0.108	0.184	Verificato
4	Fessurata	-125	-78	0.13	#####	100	209	####	0.105	0.178	Verificato
5	Non fessurata	0	-55	0.13							
6	Non fessurata	0	-57	0.13							
7	Non fessurata	0	-58	0.13							
8	Non fessurata	0	-55	0.13							
9	Fessurata	-122	-78	0.13	#####	100	209	####	0.101	0.172	Verificato
#	Fessurata	-125	-78	0.13	#####	100	209	####	0.105	0.178	Verificato
#	Fessurata	-125	-78	0.13	#####	100	209	####	0.105	0.179	Verificato
#	Fessurata	-123	-78	0.13	#####	100	209	####	0.102	0.174	Verificato
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Non fessurata	0	-56	0.13							
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Fessurata	-71	-78	0.13	#####	100	209	####	0.030	0.051	Verificato
#	Fessurata	-74	-78	0.13	#####	100	209	####	0.035	0.059	Verificato
#	Fessurata	-75	-78	0.13	#####	100	209	####	0.036	0.061	Verificato
#	Fessurata	-72	-78	0.13	#####	100	209	####	0.031	0.053	Verificato
#	Fessurata	-69	-78	0.13	#####	100	209	####	0.029	0.049	Verificato
#	Fessurata	-72	-78	0.13	#####	100	209	####	0.031	0.053	Verificato
#	Fessurata	-73	-78	0.13	#####	100	209	####	0.032	0.055	Verificato
#	Fessurata	-70	-78	0.13	#####	100	209	####	0.029	0.050	Verificato
#	Fessurata	-89	-78	0.13	#####	100	209	####	0.058	0.099	Verificato
#	Fessurata	-92	-78	0.13	#####	100	209	####	0.062	0.105	Verificato
#	Fessurata	-93	-78	0.13	#####	100	209	####	0.063	0.107	Verificato
#	Fessurata	-90	-78	0.13	#####	100	209	####	0.059	0.100	Verificato
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-58	0.13							
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Fessurata	-87	-78	0.13	#####	100	209	####	0.055	0.093	Verificato
#	Fessurata	-90	-78	0.13	#####	100	209	####	0.059	0.100	Verificato
#	Fessurata	-91	-78	0.13	#####	100	209	####	0.060	0.102	Verificato
#	Fessurata	-88	-78	0.13	#####	100	209	####	0.056	0.095	Verificato
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Non fessurata	0	-56	0.13							
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-63	0.13							
#	Fessurata	-66	-78	0.13	#####	100	209	####	0.027	0.047	Verificato

#	Fessurata	-66	-78	0.13	#####	100	209	####	0.028	0.047	Verificato
#	Non fessurata	0	-64	0.13							
#	Non fessurata	0	-61	0.13							
#	Non fessurata	0	-64	0.13							
#	Non fessurata	0	-64	0.13							
#	Non fessurata	0	-62	0.13							
#	Fessurata	-124	-78	0.13	#####	100	209	####	0.104	0.177	Verificato
#	Fessurata	-127	-78	0.13	#####	100	209	####	0.107	0.182	Verificato
#	Fessurata	-127	-78	0.13	#####	100	209	####	0.108	0.184	Verificato
#	Fessurata	-125	-78	0.13	#####	100	209	####	0.105	0.178	Verificato
#	Fessurata	-122	-78	0.13	#####	100	209	####	0.101	0.172	Verificato
#	Fessurata	-125	-78	0.13	#####	100	209	####	0.105	0.178	Verificato
#	Fessurata	-125	-78	0.13	#####	100	209	####	0.105	0.179	Verificato
#	Fessurata	-123	-78	0.13	#####	100	209	####	0.102	0.174	Verificato

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.3.1 Presso-Flessione

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

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-552	-2922.6	5.29
2	0	-1496	-2922.6	1.95

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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	32 di 95

Nome Combinazione	V _{E_y}	N _{E_d}	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_1	233.1	0.0	0.0	334.7				1.436

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Fessurata	-135	-106	0.13	#####	100	239	####	0.111	0.189
2	Fessurata	-132	-106	0.13	#####	100	239	####	0.106	0.181
3	Fessurata	-131	-106	0.13	#####	100	239	####	0.105	0.179
4	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.187
5	Non fessurata	0	-85	0.13						
6	Non fessurata	0	-81	0.13						
7	Non fessurata	0	-81	0.13						
8	Non fessurata	0	-84	0.13						
9	Fessurata	-138	-106	0.13	#####	100	239	####	0.115	0.196
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.188
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.109	0.186
#	Fessurata	-137	-106	0.13	#####	100	239	####	0.114	0.194
#	Non fessurata	0	-87	0.13						
#	Non fessurata	0	-84	0.13						
#	Non fessurata	0	-83	0.13						
#	Non fessurata	0	-86	0.13						
#	Fessurata	-135	-106	0.13	#####	100	239	####	0.111	0.189
#	Fessurata	-132	-106	0.13	#####	100	239	####	0.106	0.181
#	Fessurata	-131	-106	0.13	#####	100	239	####	0.105	0.179
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.187
#	Fessurata	-138	-106	0.13	#####	100	239	####	0.115	0.196
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.188
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.109	0.186
#	Fessurata	-137	-106	0.13	#####	100	239	####	0.114	0.194
#	Fessurata	-110	-106	0.13	#####	100	239	####	0.070	0.118
#	Fessurata	-107	-106	0.13	#####	100	239	####	0.064	0.109
#	Fessurata	-106	-106	0.13	#####	100	239	####	0.063	0.107
#	Fessurata	-109	-106	0.13	#####	100	239	####	0.068	0.116
#	Non fessurata	0	-85	0.13						
#	Non fessurata	0	-81	0.13						
#	Non fessurata	0	-81	0.13						
#	Non fessurata	0	-84	0.13						
#	Fessurata	-112	-106	0.13	#####	100	239	####	0.074	0.126
#	Fessurata	-109	-106	0.13	#####	100	239	####	0.068	0.116
#	Fessurata	-108	-106	0.13	#####	100	239	####	0.067	0.114
#	Fessurata	-112	-106	0.13	#####	100	239	####	0.073	0.123
#	Non fessurata	0	-87	0.13						
#	Non fessurata	0	-84	0.13						
#	Non fessurata	0	-83	0.13						
#	Non fessurata	0	-86	0.13						
#	Fessurata	-110	-106	0.13	#####	100	239	####	0.070	0.118



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	34 di 95

#	Fessurata	-107	-106	0.13	#####	100	239	####	0.064	0.109
#	Fessurata	-106	-106	0.13	#####	100	239	####	0.063	0.107
#	Fessurata	-109	-106	0.13	#####	100	239	####	0.068	0.116
#	Fessurata	-112	-106	0.13	#####	100	239	####	0.074	0.126
#	Fessurata	-109	-106	0.13	#####	100	239	####	0.068	0.116
#	Fessurata	-108	-106	0.13	#####	100	239	####	0.067	0.114
#	Fessurata	-112	-106	0.13	#####	100	239	####	0.073	0.123
#	Fessurata	-135	-106	0.13	#####	100	239	####	0.111	0.189
#	Fessurata	-132	-106	0.13	#####	100	239	####	0.106	0.181
#	Fessurata	-131	-106	0.13	#####	100	239	####	0.105	0.179
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.187
#	Fessurata	-138	-106	0.13	#####	100	239	####	0.115	0.196
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.188
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.109	0.186
#	Fessurata	-137	-106	0.13	#####	100	239	####	0.114	0.194

9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.4.1 Presso-Flessione

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

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	928	-1335	-3291.0	2.465
2	829	-1199	-3254.7	2.714
3	928	-1210	-3291.0	2.719
4	829	-1074	-3254.7	3.029
5	928	-1289	-3291.0	2.553
6	829	-1153	-3254.7	2.823
7	928	-1414	-3291.0	2.328
8	829	-1278	-3254.7	2.547
9	829	-1215	-3254.7	2.679
10	829	-1007	-3254.7	3.233

11	829	-1137	-3254.7	2.861
12	829	-1345	-3254.7	2.419
13	928	-1335	-3291.0	2.465
14	430	-655	-3101.1	4.734
15	928	-1210	-3291.0	2.719
16	430	-530	-3101.1	5.848
17	928	-1289	-3291.0	2.553
18	430	-609	-3101.1	5.094
19	928	-1414	-3291.0	2.328
20	430	-734	-3101.1	4.228
21	430	-671	-3101.1	4.625
22	430	-463	-3101.1	6.704
23	430	-593	-3101.1	5.227
24	430	-801	-3101.1	3.870
25	928	-1339	-3291.0	2.457
26	829	-1203	-3254.7	2.705
27	928	-1214	-3291.0	2.710
28	829	-1078	-3254.7	3.018
29	928	-1293	-3291.0	2.545
30	829	-1157	-3254.7	2.813
31	928	-1418	-3291.0	2.321
32	829	-1282	-3254.7	2.539
33	829	-1219	-3254.7	2.671
34	829	-1011	-3254.7	3.220
35	829	-1141	-3254.7	2.851
36	829	-1349	-3254.7	2.412
37	928	-1339	-3291.0	2.457
38	430	-659	-3101.1	4.705
39	928	-1214	-3291.0	2.710
40	430	-534	-3101.1	5.804
41	928	-1293	-3291.0	2.545
42	430	-613	-3101.1	5.061
43	928	-1418	-3291.0	2.321
44	430	-738	-3101.1	4.205
45	430	-675	-3101.1	4.598
46	430	-467	-3101.1	6.647
47	430	-597	-3101.1	5.192
48	430	-805	-3101.1	3.851
49	305	-398	-3050.0	7.672
50	305	-606	-3050.0	5.037
51	305	-499	-3050.0	6.117
52	305	-291	-3050.0	10.493
53	844	-820	-3260.4	3.978
54	761	-787	-3229.9	4.106
55	844	-695	-3260.4	4.693
56	761	-662	-3229.9	4.880

57	844	-773	-3260.4	4.217
58	761	-740	-3229.9	4.363
59	844	-898	-3260.4	3.631
60	761	-865	-3229.9	3.734
61	761	-802	-3229.9	4.027
62	761	-594	-3229.9	5.436
63	761	-725	-3229.9	4.456
64	761	-933	-3229.9	3.462
65	844	-820	-3260.4	3.978
66	430	-655	-3101.1	4.734
67	844	-695	-3260.4	4.693
68	430	-530	-3101.1	5.848
69	844	-773	-3260.4	4.217
70	430	-609	-3101.1	5.094
71	844	-898	-3260.4	3.631
72	430	-734	-3101.1	4.228
73	430	-671	-3101.1	4.625
74	430	-463	-3101.1	6.704
75	430	-593	-3101.1	5.227
76	430	-801	-3101.1	3.870
77	844	-824	-3260.4	3.959
78	761	-791	-3229.9	4.085
79	844	-699	-3260.4	4.666
80	761	-666	-3229.9	4.851
81	844	-777	-3260.4	4.195
82	761	-744	-3229.9	4.339
83	844	-902	-3260.4	3.615
84	761	-869	-3229.9	3.716
85	761	-806	-3229.9	4.007
86	761	-598	-3229.9	5.400
87	761	-729	-3229.9	4.431
88	761	-937	-3229.9	3.448
89	844	-824	-3260.4	3.959
90	430	-659	-3101.1	4.705
91	844	-699	-3260.4	4.666
92	430	-534	-3101.1	5.804
93	844	-777	-3260.4	4.195
94	430	-613	-3101.1	5.061
95	844	-902	-3260.4	3.615
96	430	-738	-3101.1	4.205
97	430	-675	-3101.1	4.598
98	430	-467	-3101.1	6.647
99	430	-597	-3101.1	5.192
100	430	-805	-3101.1	3.851
101	305	-398	-3050.0	7.672
102	305	-606	-3050.0	5.037

103	305	-499	-3050.0	6.117
104	305	-291	-3050.0	10.493
105	1013	-1851	-3321.2	1.794
106	896	-1612	-3279.4	2.035
107	1013	-1726	-3321.2	1.924
108	896	-1487	-3279.4	2.205
109	1013	-1805	-3321.2	1.840
110	896	-1565	-3279.4	2.095
111	1013	-1929	-3321.2	1.721
112	896	-1690	-3279.4	1.940
113	896	-1627	-3279.4	2.015
114	896	-1419	-3279.4	2.311
115	896	-1550	-3279.4	2.116
116	896	-1758	-3279.4	1.865
117	1013	-1851	-3321.2	1.794
118	497	-1068	-3128.3	2.930
119	1013	-1726	-3321.2	1.924
120	497	-943	-3128.3	3.318
121	1013	-1805	-3321.2	1.840
122	497	-1021	-3128.3	3.063
123	1013	-1929	-3321.2	1.721
124	497	-1146	-3128.3	2.730
125	497	-1083	-3128.3	2.888
126	497	-875	-3128.3	3.575
127	497	-1006	-3128.3	3.110
128	497	-1214	-3128.3	2.577
129	1013	-1855	-3321.2	1.790
130	896	-1616	-3279.4	2.030
131	1013	-1730	-3321.2	1.920
132	896	-1491	-3279.4	2.199
133	1013	-1809	-3321.2	1.836
134	896	-1569	-3279.4	2.090
135	1013	-1933	-3321.2	1.718
136	896	-1694	-3279.4	1.936
137	896	-1631	-3279.4	2.010
138	896	-1423	-3279.4	2.304
139	896	-1554	-3279.4	2.110
140	896	-1762	-3279.4	1.861
141	1013	-1855	-3321.2	1.790
142	497	-1072	-3128.3	2.919
143	1013	-1730	-3321.2	1.920
144	497	-947	-3128.3	3.304
145	1013	-1809	-3321.2	1.836
146	497	-1025	-3128.3	3.051
147	1013	-1933	-3321.2	1.718
148	497	-1150	-3128.3	2.720

149	497	-1087	-3128.3	2.878
150	497	-879	-3128.3	3.559
151	497	-1010	-3128.3	3.098
152	497	-1218	-3128.3	2.569
153	305	-398	-3050.0	7.672
154	305	-606	-3050.0	5.037
155	305	-499	-3050.0	6.117
156	305	-291	-3050.0	10.493
157	595	-479	-3167.3	6.606
158	562	-515	-3154.4	6.130
159	595	-355	-3167.3	8.930
160	562	-390	-3154.4	8.092
161	595	-433	-3167.3	7.313
162	562	-468	-3154.4	6.737
163	595	-558	-3167.3	5.677
164	562	-593	-3154.4	5.319
165	562	-530	-3154.4	5.951
166	562	-322	-3154.4	9.795
167	562	-453	-3154.4	6.966
168	562	-661	-3154.4	4.774
169	595	-479	-3167.3	6.606
170	629	-927	-3180.3	3.430
171	595	-355	-3167.3	8.930
172	629	-802	-3180.3	3.964
173	595	-433	-3167.3	7.313
174	629	-881	-3180.3	3.611
175	595	-558	-3167.3	5.677
176	629	-1006	-3180.3	3.163
177	629	-943	-3180.3	3.374
178	629	-735	-3180.3	4.329
179	629	-865	-3180.3	3.675
180	629	-1073	-3180.3	2.963
181	595	-483	-3167.3	6.552
182	562	-519	-3154.4	6.083
183	595	-359	-3167.3	8.831
184	562	-394	-3154.4	8.011
185	595	-437	-3167.3	7.246
186	562	-472	-3154.4	6.680
187	595	-562	-3167.3	5.637
188	562	-597	-3154.4	5.284
189	562	-534	-3154.4	5.907
190	562	-326	-3154.4	9.675
191	562	-457	-3154.4	6.906
192	562	-665	-3154.4	4.745
193	595	-483	-3167.3	6.552
194	629	-931	-3180.3	3.416

195	595	-359	-3167.3	8.831
196	629	-806	-3180.3	3.944
197	595	-437	-3167.3	7.246
198	629	-885	-3180.3	3.594
199	595	-562	-3167.3	5.637
200	629	-1010	-3180.3	3.150
201	629	-947	-3180.3	3.360
202	629	-739	-3180.3	4.306
203	629	-869	-3180.3	3.658
204	629	-1077	-3180.3	2.952
205	305	-398	-3050.0	7.672
206	305	-606	-3050.0	5.037
207	305	-499	-3050.0	6.117
208	305	-291	-3050.0	10.493
209	763	-1511	-3230.7	2.138
210	697	-1340	-3205.7	2.393
211	763	-1386	-3230.7	2.331
212	697	-1215	-3205.7	2.639
213	763	-1465	-3230.7	2.206
214	697	-1293	-3205.7	2.479
215	763	-1589	-3230.7	2.033
216	697	-1418	-3205.7	2.260
217	697	-1355	-3205.7	2.366
218	697	-1147	-3205.7	2.794
219	697	-1278	-3205.7	2.508
220	697	-1486	-3205.7	2.157
221	763	-1511	-3230.7	2.138
222	697	-1340	-3205.7	2.393
223	763	-1386	-3230.7	2.331
224	697	-1215	-3205.7	2.639
225	763	-1465	-3230.7	2.206
226	697	-1293	-3205.7	2.479
227	763	-1589	-3230.7	2.033
228	697	-1418	-3205.7	2.260
229	697	-1355	-3205.7	2.366
230	697	-1147	-3205.7	2.794
231	697	-1278	-3205.7	2.508
232	697	-1486	-3205.7	2.157
233	763	-1515	-3230.7	2.133
234	697	-1344	-3205.7	2.386
235	763	-1390	-3230.7	2.324
236	697	-1219	-3205.7	2.630
237	763	-1469	-3230.7	2.200
238	697	-1297	-3205.7	2.471
239	763	-1593	-3230.7	2.028
240	697	-1422	-3205.7	2.254

241	697	-1359	-3205.7	2.359
242	697	-1151	-3205.7	2.785
243	697	-1282	-3205.7	2.501
244	697	-1490	-3205.7	2.152
245	763	-1515	-3230.7	2.133
246	697	-1344	-3205.7	2.386
247	763	-1390	-3230.7	2.324
248	697	-1219	-3205.7	2.630
249	763	-1469	-3230.7	2.200
250	697	-1297	-3205.7	2.471
251	763	-1593	-3230.7	2.028
252	697	-1422	-3205.7	2.254
253	697	-1359	-3205.7	2.359
254	697	-1151	-3205.7	2.785
255	697	-1282	-3205.7	2.501
256	697	-1490	-3205.7	2.152
257	305	-398	-3050.0	7.672
258	305	-606	-3050.0	5.037
259	305	-499	-3050.0	6.117
260	305	-291	-3050.0	10.493
261	293	-33	-3045.0	91.463
262	293	36	-1149.9	31.914
263	316	-176	-3054.6	17.399
264	316	-106	-3054.6	28.753
265	293	-8	-3045.0	403.164
266	293	-77	-3045.0	39.609
267	447	-1011	-3108.3	3.075
268	447	-941	-3108.3	3.301
269	316	-150	-3054.6	20.389
270	316	-219	-3054.6	13.939
271	471	-1153	-3117.7	2.704
272	471	-1084	-3117.7	2.877
273	447	-985	-3108.3	3.155
274	447	-1054	-3108.3	2.948
275	471	-1127	-3117.7	2.766
276	471	-1197	-3117.7	2.605
277	277	-13	-3038.5	227.770
278	277	56	-1142.7	20.411
279	301	-156	-3048.1	19.588
280	301	-86	-3048.1	35.327
281	277	12	-1142.7	92.158
282	277	-57	-3038.5	53.378
283	432	-991	-3101.9	3.131
284	432	-922	-3101.9	3.366
285	301	-130	-3048.1	23.471
286	301	-199	-3048.1	15.302

287	455	-1133	-3111.3	2.746
288	455	-1064	-3111.3	2.925
289	432	-965	-3101.9	3.214
290	432	-1034	-3101.9	2.999
291	455	-1107	-3111.3	2.810
292	455	-1177	-3111.3	2.644
293	366	-387	-3074.9	7.942
294	366	-318	-3074.9	9.674
295	389	-529	-3084.4	5.826
296	389	-460	-3084.4	6.704
297	366	-361	-3074.9	8.508
298	366	-431	-3074.9	7.138
299	412	-680	-3093.9	4.547
300	412	-611	-3093.9	5.063
301	389	-504	-3084.4	6.124
302	389	-573	-3084.4	5.383
303	435	-823	-3103.3	3.772
304	435	-753	-3103.3	4.119
305	412	-655	-3093.9	4.726
306	412	-724	-3093.9	4.273
307	435	-797	-3103.3	3.894
308	435	-866	-3103.3	3.582
309	313	-321	-3053.2	9.522
310	313	-251	-3053.2	12.148
311	336	-463	-3062.7	6.616
312	336	-394	-3062.7	7.781
313	313	-295	-3053.2	10.353
314	313	-364	-3053.2	8.382
315	359	-614	-3072.2	5.004
316	359	-545	-3072.2	5.641
317	336	-437	-3062.7	7.006
318	336	-507	-3062.7	6.047
319	382	-756	-3081.8	4.076
320	382	-687	-3081.8	4.487
321	359	-588	-3072.2	5.223
322	359	-657	-3072.2	4.673
323	382	-730	-3081.8	4.219
324	382	-800	-3081.8	3.853

9.4.2 Taglio

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

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	110	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	32	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	26	mm
Diametro ferro ortogonale	ϕ_{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	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	385	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	918	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	V _{E_d}	N _{E_d}	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_83	-645.2	1022.9			3854.8	691.5	691.5	1.072

9.4.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-38	0.13						
2	Non fessurata	0	-28	0.13						
3	Non fessurata	0	-34	0.13						
4	Non fessurata	0	-45	0.13						
5	Non fessurata	0	-38	0.13						
6	Non fessurata	0	-28	0.13						
7	Non fessurata	0	-34	0.13						
8	Non fessurata	0	-45	0.13						
9	Non fessurata	0	-40	0.13						
#	Non fessurata	0	-30	0.13						
#	Non fessurata	0	-37	0.13						
#	Non fessurata	0	-47	0.13						
#	Non fessurata	0	-41	0.13						
#	Non fessurata	0	-30	0.13						
#	Non fessurata	0	-37	0.13						
#	Non fessurata	0	-48	0.13						
#	Fessurata	-105	-92	0.13	#####	100	239	####	0.078	0.132
#	Fessurata	-95	-91	0.13	#####	100	239	####	0.061	0.103
#	Fessurata	-102	-92	0.13	#####	100	239	####	0.072	0.122
#	Fessurata	-112	-93	0.13	#####	100	239	####	0.088	0.150
#	Fessurata	-108	-93	0.13	#####	100	239	####	0.082	0.139
#	Fessurata	-97	-91	0.13	#####	100	239	####	0.065	0.110
#	Fessurata	-104	-92	0.13	#####	100	239	####	0.076	0.129
#	Fessurata	-115	-93	0.13	#####	100	239	####	0.092	0.157
#	Non fessurata	0	-38	0.13						
#	Non fessurata	0	-27	0.13						
#	Non fessurata	0	-34	0.13						
#	Non fessurata	0	-45	0.13						
#	Non fessurata	0	-38	0.13						
#	Non fessurata	0	-28	0.13						
#	Non fessurata	0	-34	0.13						
#	Non fessurata	0	-45	0.13						
#	Non fessurata	0	-41	0.13						
#	Non fessurata	0	-30	0.13						
#	Non fessurata	0	-37	0.13						
#	Non fessurata	0	-47	0.13						
#	Non fessurata	0	-41	0.13						
#	Non fessurata	0	-30	0.13						
#	Non fessurata	0	-37	0.13						
#	Non fessurata	0	-48	0.13						
#	Non fessurata	0	-72	0.13						
#	Non fessurata	0	-61	0.13						
#	Non fessurata	0	-68	0.13						
#	Fessurata	-79	-92	0.13	#####	100	239	####	0.038	0.064
#	Non fessurata	0	-74	0.13						



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	45 di 95

#	Non fessurata	0	-63	0.13					
#	Non fessurata	0	-70	0.13					
#	Fessurata	-81	-93	0.13	#####	100	239	####	0.039 0.066
#	Non fessurata	0	-38	0.13					
#	Non fessurata	0	-28	0.13					
#	Non fessurata	0	-34	0.13					
#	Non fessurata	0	-45	0.13					
#	Non fessurata	0	-40	0.13					
#	Non fessurata	0	-30	0.13					
#	Non fessurata	0	-37	0.13					
#	Non fessurata	0	-47	0.13					

9.5 VERIFICA SEZIONE 6: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.5.1 Presso-Flessione

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

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

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
10	32	80.42	9.4
5	32	40.21	13
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{-cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	1150	-1973	-4347.4	2.20
2	1061	-1779	-4325.4	2.43
3	1150	-2011	-4347.4	2.16
4	1061	-1817	-4325.4	2.38
5	1150	-2024	-4347.4	2.15
6	1061	-1830	-4325.4	2.36
7	1150	-1986	-4347.4	2.19
8	1061	-1792	-4325.4	2.41
9	1061	-1762	-4325.4	2.45
10	1061	-1825	-4325.4	2.37
11	1061	-1847	-4325.4	2.34
12	1061	-1784	-4325.4	2.42
13	1150	-1973	-4347.4	2.20
14	709	-1003	-4232.0	4.22
15	1150	-2011	-4347.4	2.16
16	709	-1041	-4232.0	4.06
17	1150	-2024	-4347.4	2.15
18	709	-1055	-4232.0	4.01
19	1150	-1986	-4347.4	2.19
20	709	-1017	-4232.0	4.16
21	709	-986	-4232.0	4.29
22	709	-1050	-4232.0	4.03
23	709	-1072	-4232.0	3.95
24	709	-1008	-4232.0	4.20
25	1150	-1969	-4347.4	2.21
26	1061	-1775	-4325.4	2.44
27	1150	-2007	-4347.4	2.17
28	1061	-1813	-4325.4	2.39
29	1150	-2020	-4347.4	2.15
30	1061	-1826	-4325.4	2.37
31	1150	-1982	-4347.4	2.19
32	1061	-1788	-4325.4	2.42
33	1061	-1758	-4325.4	2.46
34	1061	-1821	-4325.4	2.38
35	1061	-1843	-4325.4	2.35
36	1061	-1780	-4325.4	2.43
37	1150	-1969	-4347.4	2.21
38	709	-999	-4232.0	4.24
39	1150	-2007	-4347.4	2.17
40	709	-1037	-4232.0	4.08

41	1150	-2020	-4347.4	2.15
42	709	-1050	-4232.0	4.03
43	1150	-1982	-4347.4	2.19
44	709	-1012	-4232.0	4.18
45	709	-982	-4232.0	4.31
46	709	-1045	-4232.0	4.05
47	709	-1067	-4232.0	3.96
48	709	-1004	-4232.0	4.21
49	512	-776	-4176.6	5.38
50	512	-713	-4176.6	5.86
51	512	-664	-4176.6	6.29
52	512	-728	-4176.6	5.74
53	1065	-2453	-4326.4	1.76
54	994	-2163	-4308.1	1.99
55	1065	-2491	-4326.4	1.74
56	994	-2201	-4308.1	1.96
57	1065	-2504	-4326.4	1.73
58	994	-2214	-4308.1	1.95
59	1065	-2466	-4326.4	1.75
60	994	-2176	-4308.1	1.98
61	994	-2146	-4308.1	2.01
62	994	-2209	-4308.1	1.95
63	994	-2232	-4308.1	1.93
64	994	-2168	-4308.1	1.99
65	1065	-2453	-4326.4	1.76
66	709	-1003	-4232.0	4.22
67	1065	-2491	-4326.4	1.74
68	709	-1041	-4232.0	4.06
69	1065	-2504	-4326.4	1.73
70	709	-1055	-4232.0	4.01
71	1065	-2466	-4326.4	1.75
72	709	-1017	-4232.0	4.16
73	709	-986	-4232.0	4.29
74	709	-1050	-4232.0	4.03
75	709	-1072	-4232.0	3.95
76	709	-1008	-4232.0	4.20
77	1065	-2449	-4326.4	1.77
78	994	-2159	-4308.1	2.00
79	1065	-2487	-4326.4	1.74
80	994	-2197	-4308.1	1.96
81	1065	-2500	-4326.4	1.73
82	994	-2210	-4308.1	1.95
83	1065	-2462	-4326.4	1.76
84	994	-2172	-4308.1	1.98
85	994	-2142	-4308.1	2.01
86	994	-2205	-4308.1	1.95

87	994	-2227	-4308.1	1.93
88	994	-2164	-4308.1	1.99
89	1065	-2449	-4326.4	1.77
90	709	-999	-4232.0	4.24
91	1065	-2487	-4326.4	1.74
92	709	-1037	-4232.0	4.08
93	1065	-2500	-4326.4	1.73
94	709	-1050	-4232.0	4.03
95	1065	-2462	-4326.4	1.76
96	709	-1012	-4232.0	4.18
97	709	-982	-4232.0	4.31
98	709	-1045	-4232.0	4.05
99	709	-1067	-4232.0	3.96
100	709	-1004	-4232.0	4.21
101	512	-776	-4176.6	5.38
102	512	-713	-4176.6	5.86
103	512	-664	-4176.6	6.29
104	512	-728	-4176.6	5.74
105	1234	-1493	-4368.3	2.93
106	1129	-1395	-4342.3	3.11
107	1234	-1531	-4368.3	2.85
108	1129	-1433	-4342.3	3.03
109	1234	-1544	-4368.3	2.83
110	1129	-1446	-4342.3	3.00
111	1234	-1506	-4368.3	2.90
112	1129	-1408	-4342.3	3.08
113	1129	-1378	-4342.3	3.15
114	1129	-1441	-4342.3	3.01
115	1129	-1463	-4342.3	2.97
116	1129	-1400	-4342.3	3.10
117	1234	-1493	-4368.3	2.93
118	777	-619	-4250.6	6.86
119	1234	-1531	-4368.3	2.85
120	777	-657	-4250.6	6.47
121	1234	-1544	-4368.3	2.83
122	777	-671	-4250.6	6.34
123	1234	-1506	-4368.3	2.90
124	777	-633	-4250.6	6.72
125	777	-602	-4250.6	7.06
126	777	-666	-4250.6	6.39
127	777	-688	-4250.6	6.18
128	777	-624	-4250.6	6.81
129	1234	-1488	-4368.3	2.93
130	1129	-1391	-4342.3	3.12
131	1234	-1526	-4368.3	2.86
132	1129	-1429	-4342.3	3.04

133	1234	-1540	-4368.3	2.84
134	1129	-1442	-4342.3	3.01
135	1234	-1502	-4368.3	2.91
136	1129	-1404	-4342.3	3.09
137	1129	-1373	-4342.3	3.16
138	1129	-1437	-4342.3	3.02
139	1129	-1459	-4342.3	2.98
140	1129	-1396	-4342.3	3.11
141	1234	-1488	-4368.3	2.93
142	777	-615	-4250.6	6.91
143	1234	-1526	-4368.3	2.86
144	777	-653	-4250.6	6.51
145	1234	-1540	-4368.3	2.84
146	777	-666	-4250.6	6.38
147	1234	-1502	-4368.3	2.91
148	777	-628	-4250.6	6.77
149	777	-598	-4250.6	7.11
150	777	-661	-4250.6	6.43
151	777	-683	-4250.6	6.22
152	777	-620	-4250.6	6.86
153	512	-776	-4176.6	5.38
154	512	-713	-4176.6	5.86
155	512	-664	-4176.6	6.29
156	512	-728	-4176.6	5.74
157	845	-1968	-4268.9	2.17
158	818	-1775	-4261.7	2.40
159	845	-2006	-4268.9	2.13
160	818	-1813	-4261.7	2.35
161	845	-2020	-4268.9	2.11
162	818	-1827	-4261.7	2.33
163	845	-1982	-4268.9	2.15
164	818	-1789	-4261.7	2.38
165	818	-1758	-4261.7	2.42
166	818	-1822	-4261.7	2.34
167	818	-1844	-4261.7	2.31
168	818	-1780	-4261.7	2.39
169	845	-1968	-4268.9	2.17
170	885	-1391	-4279.6	3.08
171	845	-2006	-4268.9	2.13
172	885	-1429	-4279.6	2.99
173	845	-2020	-4268.9	2.11
174	885	-1443	-4279.6	2.97
175	845	-1982	-4268.9	2.15
176	885	-1405	-4279.6	3.05
177	885	-1374	-4279.6	3.11
178	885	-1437	-4279.6	2.98

179	885	-1460	-4279.6	2.93
180	885	-1396	-4279.6	3.07
181	845	-1964	-4268.9	2.17
182	818	-1771	-4261.7	2.41
183	845	-2002	-4268.9	2.13
184	818	-1809	-4261.7	2.36
185	845	-2015	-4268.9	2.12
186	818	-1822	-4261.7	2.34
187	845	-1977	-4268.9	2.16
188	818	-1784	-4261.7	2.39
189	818	-1754	-4261.7	2.43
190	818	-1817	-4261.7	2.35
191	818	-1839	-4261.7	2.32
192	818	-1776	-4261.7	2.40
193	845	-1964	-4268.9	2.17
194	885	-1387	-4279.6	3.09
195	845	-2002	-4268.9	2.13
196	885	-1425	-4279.6	3.00
197	845	-2015	-4268.9	2.12
198	885	-1438	-4279.6	2.98
199	845	-1977	-4268.9	2.16
200	885	-1400	-4279.6	3.06
201	885	-1370	-4279.6	3.12
202	885	-1433	-4279.6	2.99
203	885	-1455	-4279.6	2.94
204	885	-1392	-4279.6	3.07
205	512	-776	-4176.6	5.38
206	512	-713	-4176.6	5.86
207	512	-664	-4176.6	6.29
208	512	-728	-4176.6	5.74
209	1014	-1008	-4313.1	4.28
210	953	-1007	-4297.4	4.27
211	1014	-1046	-4313.1	4.12
212	953	-1045	-4297.4	4.11
213	1014	-1059	-4313.1	4.07
214	953	-1058	-4297.4	4.06
215	1014	-1021	-4313.1	4.22
216	953	-1020	-4297.4	4.21
217	953	-990	-4297.4	4.34
218	953	-1053	-4297.4	4.08
219	953	-1076	-4297.4	4.00
220	953	-1012	-4297.4	4.25
221	1014	-1008	-4313.1	4.28
222	953	-1007	-4297.4	4.27
223	1014	-1046	-4313.1	4.12
224	953	-1045	-4297.4	4.11

225	1014	-1059	-4313.1	4.07
226	953	-1058	-4297.4	4.06
227	1014	-1021	-4313.1	4.22
228	953	-1020	-4297.4	4.21
229	953	-990	-4297.4	4.34
230	953	-1053	-4297.4	4.08
231	953	-1076	-4297.4	4.00
232	953	-1012	-4297.4	4.25
233	1014	-1004	-4313.1	4.30
234	953	-1003	-4297.4	4.29
235	1014	-1042	-4313.1	4.14
236	953	-1041	-4297.4	4.13
237	1014	-1055	-4313.1	4.09
238	953	-1054	-4297.4	4.08
239	1014	-1017	-4313.1	4.24
240	953	-1016	-4297.4	4.23
241	953	-986	-4297.4	4.36
242	953	-1049	-4297.4	4.10
243	953	-1071	-4297.4	4.01
244	953	-1008	-4297.4	4.26
245	1014	-1004	-4313.1	4.30
246	953	-1003	-4297.4	4.29
247	1014	-1042	-4313.1	4.14
248	953	-1041	-4297.4	4.13
249	1014	-1055	-4313.1	4.09
250	953	-1054	-4297.4	4.08
251	1014	-1017	-4313.1	4.24
252	953	-1016	-4297.4	4.23
253	953	-986	-4297.4	4.36
254	953	-1049	-4297.4	4.10
255	953	-1071	-4297.4	4.01
256	953	-1008	-4297.4	4.26
257	512	-776	-4176.6	5.38
258	512	-713	-4176.6	5.86
259	512	-664	-4176.6	6.29
260	512	-728	-4176.6	5.74
261	492	-1478	-4170.8	2.82
262	492	-1499	-4170.8	2.78
263	515	-1346	-4177.5	3.10
264	515	-1367	-4177.5	3.06
265	492	-1507	-4170.8	2.77
266	492	-1485	-4170.8	2.81
267	646	-367	-4214.7	11.49
268	646	-388	-4214.7	10.87
269	515	-1374	-4177.5	3.04
270	515	-1353	-4177.5	3.09

271	670	-234	-4221.1	18.02
272	670	-255	-4221.1	16.53
273	646	-395	-4214.7	10.66
274	646	-374	-4214.7	11.26
275	670	-263	-4221.1	16.06
276	670	-242	-4221.1	17.46
277	476	-1463	-4166.2	2.85
278	476	-1484	-4166.2	2.81
279	500	-1331	-4172.9	3.14
280	500	-1352	-4172.9	3.09
281	476	-1492	-4166.2	2.79
282	476	-1471	-4166.2	2.83
283	631	-352	-4210.2	11.97
284	631	-373	-4210.2	11.29
285	500	-1359	-4172.9	3.07
286	500	-1338	-4172.9	3.12
287	654	-219	-4216.7	19.22
288	654	-241	-4216.7	17.53
289	631	-380	-4210.2	11.07
290	631	-359	-4210.2	11.72
291	654	-248	-4216.7	17.01
292	654	-227	-4216.7	18.59
293	565	-1091	-4191.5	3.84
294	565	-1112	-4191.5	3.77
295	588	-958	-4198.1	4.38
296	588	-980	-4198.1	4.29
297	565	-1119	-4191.5	3.74
298	565	-1098	-4191.5	3.82
299	611	-757	-4204.6	5.55
300	611	-779	-4204.6	5.40
301	588	-987	-4198.1	4.25
302	588	-966	-4198.1	4.35
303	634	-625	-4211.2	6.74
304	634	-646	-4211.2	6.52
305	611	-786	-4204.6	5.35
306	611	-765	-4204.6	5.50
307	634	-654	-4211.2	6.44
308	634	-632	-4211.2	6.66
309	512	-1041	-4176.5	4.01
310	512	-1062	-4176.5	3.93
311	535	-909	-4183.1	4.60
312	535	-930	-4183.1	4.50
313	512	-1070	-4176.5	3.90
314	512	-1049	-4176.5	3.98
315	558	-708	-4189.6	5.92
316	558	-729	-4189.6	5.75



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	54 di 95

317	535	-937	-4183.1	4.46
318	535	-916	-4183.1	4.57
319	581	-575	-4196.3	7.29
320	581	-596	-4196.3	7.04
321	558	-736	-4189.6	5.69
322	558	-715	-4189.6	5.86
323	581	-604	-4196.3	6.95
324	581	-583	-4196.3	7.20

9.5.2 Taglio

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

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	110	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	32	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	26	
Diametro ferro ortogonale	ϕ_{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	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	918	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{d,y}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{d,y}	VR _{s,d,y}	VR _{d,y}	C.S. _{y,min}
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_3	1008.9	1055.0			3861.5	1383.0	1383.0	1.371

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-104	-74	0.13	#####	100	216	####	0.084	0.143	Verificato
2	Fessurata	-106	-74	0.13	#####	100	216	####	0.087	0.147	Verificato
3	Fessurata	-107	-74	0.13	#####	100	216	####	0.088	0.150	Verificato
4	Fessurata	-105	-74	0.13	#####	100	216	####	0.085	0.145	Verificato
5	Non fessurata	0	-40	0.13							
6	Non fessurata	0	-42	0.13							
7	Non fessurata	0	-43	0.13							
8	Non fessurata	0	-41	0.13							
9	Fessurata	-102	-74	0.13	#####	100	216	####	0.081	0.138	Verificato
#	Fessurata	-104	-74	0.13	#####	100	216	####	0.084	0.143	Verificato
#	Fessurata	-105	-74	0.13	#####	100	216	####	0.085	0.145	Verificato
#	Fessurata	-103	-74	0.13	#####	100	216	####	0.083	0.141	Verificato
#	Non fessurata	0	-38	0.13							
#	Non fessurata	0	-40	0.13							
#	Non fessurata	0	-41	0.13							
#	Non fessurata	0	-39	0.13							
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Non fessurata	0	-56	0.13							
#	Non fessurata	0	-54	0.13							
#	Non fessurata	0	-51	0.13							
#	Non fessurata	0	-54	0.13							
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Non fessurata	0	-52	0.13							
#	Fessurata	-72	-73	0.13	#####	100	215	####	0.038	0.064	Verificato
#	Fessurata	-74	-73	0.13	#####	100	215	####	0.041	0.070	Verificato
#	Fessurata	-75	-73	0.13	#####	100	215	####	0.042	0.072	Verificato
#	Fessurata	-73	-73	0.13	#####	100	215	####	0.039	0.067	Verificato
#	Non fessurata	0	-40	0.13							
#	Non fessurata	0	-42	0.13							
#	Non fessurata	0	-43	0.13							
#	Non fessurata	0	-41	0.13							
#	Fessurata	-70	-72	0.13	#####	100	215	####	0.035	0.059	Verificato
#	Fessurata	-72	-73	0.13	#####	100	215	####	0.038	0.064	Verificato
#	Fessurata	-73	-73	0.13	#####	100	215	####	0.039	0.067	Verificato
#	Fessurata	-71	-72	0.13	#####	100	215	####	0.036	0.062	Verificato
#	Non fessurata	0	-38	0.13							
#	Non fessurata	0	-40	0.13							
#	Non fessurata	0	-41	0.13							
#	Non fessurata	0	-39	0.13							
#	Non fessurata	0	-47	0.13							
#	Non fessurata	0	-49	0.13							



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	57 di 95

#	Non fessurata	0	-50	0.13							
#	Non fessurata	0	-48	0.13							
#	Non fessurata	0	-45	0.13							
#	Non fessurata	0	-47	0.13							
#	Non fessurata	0	-48	0.13							
#	Non fessurata	0	-46	0.13							
#	Fessurata	-104	-74	0.13	#####	100	216	####	0.084	0.143	Verificato
#	Fessurata	-106	-74	0.13	#####	100	216	####	0.087	0.147	Verificato
#	Fessurata	-107	-74	0.13	#####	100	216	####	0.088	0.150	Verificato
#	Fessurata	-105	-74	0.13	#####	100	216	####	0.085	0.145	Verificato
#	Fessurata	-102	-74	0.13	#####	100	216	####	0.081	0.138	Verificato
#	Fessurata	-104	-74	0.13	#####	100	216	####	0.084	0.143	Verificato
#	Fessurata	-105	-74	0.13	#####	100	216	####	0.085	0.145	Verificato
#	Fessurata	-103	-74	0.13	#####	100	216	####	0.083	0.141	Verificato

9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	110

9.6.1 Presso-Flessione

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

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN=cost
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	589	-1254	-3164.9	2.52
2	540	-1131	-3145.7	2.78
3	567	-1123	-3156.5	2.81
4	518	-1000	-3137.0	3.14
5	576	-1204	-3159.9	2.62
6	527	-1081	-3140.5	2.91
7	597	-1335	-3168.3	2.37
8	549	-1211	-3149.2	2.60
9	544	-1147	-3147.4	2.74
10	508	-929	-3132.9	3.37
11	523	-1064	-3138.7	2.95
12	559	-1282	-3153.3	2.46
13	589	-1254	-3164.9	2.52
14	346	-637	-3066.9	4.81
15	567	-1123	-3156.5	2.81
16	325	-506	-3058.0	6.04
17	576	-1204	-3159.9	2.62
18	333	-587	-3061.6	5.21
19	597	-1335	-3168.3	2.37
20	355	-718	-3070.5	4.28
21	351	-654	-3068.7	4.69
22	315	-436	-3053.8	7.01
23	329	-570	-3059.8	5.36
24	365	-788	-3074.6	3.90
25	590	-1258	-3165.4	2.52
26	541	-1135	-3146.1	2.77
27	568	-1128	-3157.0	2.80
28	520	-1004	-3137.4	3.12
29	577	-1208	-3160.4	2.62
30	528	-1085	-3140.9	2.89
31	598	-1339	-3168.7	2.37
32	550	-1216	-3149.6	2.59
33	545	-1151	-3147.9	2.73
34	509	-934	-3133.3	3.36
35	524	-1068	-3139.2	2.94
36	560	-1286	-3153.7	2.45
37	590	-1258	-3165.4	2.52
38	347	-641	-3067.4	4.78
39	568	-1128	-3157.0	2.80
40	326	-511	-3058.5	5.99
41	577	-1208	-3160.4	2.62
42	334	-591	-3062.0	5.18

43	598	-1339	-3168.7	2.37
44	356	-722	-3070.9	4.25
45	352	-658	-3069.1	4.67
46	316	-440	-3054.3	6.94
47	330	-575	-3060.2	5.32
48	366	-793	-3075.1	3.88
49	211	-375	-3011.4	8.02
50	247	-593	-3026.2	5.10
51	240	-484	-3023.0	6.24
52	204	-266	-3008.1	11.30
53	472	-725	-3118.1	4.30
54	447	-707	-3107.9	4.39
55	450	-594	-3109.3	5.23
56	425	-577	-3099.2	5.37
57	459	-675	-3112.8	4.61
58	434	-658	-3102.7	4.72
59	480	-806	-3121.6	3.87
60	455	-788	-3111.4	3.95
61	451	-724	-3109.7	4.29
62	415	-506	-3095.2	6.11
63	429	-641	-3101.0	4.84
64	465	-859	-3115.5	3.63
65	472	-725	-3118.1	4.30
66	346	-637	-3066.9	4.81
67	450	-594	-3109.3	5.23
68	325	-506	-3058.0	6.04
69	459	-675	-3112.8	4.61
70	333	-587	-3061.6	5.21
71	480	-806	-3121.6	3.87
72	355	-718	-3070.5	4.28
73	351	-654	-3068.7	4.69
74	315	-436	-3053.8	7.01
75	329	-570	-3059.8	5.36
76	365	-788	-3074.6	3.90
77	473	-729	-3118.5	4.28
78	448	-712	-3108.4	4.37
79	451	-599	-3109.8	5.19
80	426	-581	-3099.7	5.33
81	460	-679	-3113.3	4.58
82	435	-662	-3103.2	4.69
83	481	-810	-3122.0	3.85
84	456	-793	-3111.9	3.93
85	452	-728	-3110.1	4.27
86	416	-510	-3095.6	6.06
87	430	-645	-3101.4	4.81
88	466	-863	-3116.0	3.61

89	473	-729	-3118.5	4.28
90	347	-641	-3067.4	4.78
91	451	-599	-3109.8	5.19
92	326	-511	-3058.5	5.99
93	460	-679	-3113.3	4.58
94	334	-591	-3062.0	5.18
95	481	-810	-3122.0	3.85
96	356	-722	-3070.9	4.25
97	352	-658	-3069.1	4.67
98	316	-440	-3054.3	6.94
99	330	-575	-3060.2	5.32
100	366	-793	-3075.1	3.88
101	211	-375	-3011.4	8.02
102	247	-593	-3026.2	5.10
103	240	-484	-3023.0	6.24
104	204	-266	-3008.1	11.30
105	705	-1783	-3209.0	1.80
106	634	-1554	-3182.0	2.05
107	684	-1652	-3200.9	1.94
108	612	-1423	-3173.9	2.23
109	692	-1733	-3204.2	1.85
110	621	-1504	-3177.1	2.11
111	714	-1864	-3212.3	1.72
112	642	-1635	-3185.3	1.95
113	638	-1570	-3183.6	2.03
114	602	-1352	-3170.1	2.34
115	616	-1487	-3175.5	2.14
116	652	-1705	-3189.1	1.87
117	705	-1783	-3209.0	1.80
118	440	-1060	-3105.2	2.93
119	684	-1652	-3200.9	1.94
120	418	-929	-3096.5	3.33
121	692	-1733	-3204.2	1.85
122	427	-1010	-3100.0	3.07
123	714	-1864	-3212.3	1.72
124	448	-1141	-3108.7	2.72
125	444	-1077	-3107.0	2.89
126	408	-859	-3092.4	3.60
127	422	-994	-3098.2	3.12
128	459	-1211	-3112.8	2.57
129	707	-1787	-3209.5	1.80
130	635	-1558	-3182.4	2.04
131	685	-1656	-3201.3	1.93
132	613	-1427	-3174.3	2.22
133	694	-1737	-3204.6	1.84
134	622	-1508	-3177.5	2.11

135	715	-1868	-3212.7	1.72
136	643	-1639	-3185.7	1.94
137	639	-1575	-3184.1	2.02
138	603	-1357	-3170.5	2.34
139	617	-1491	-3175.9	2.13
140	653	-1709	-3189.5	1.87
141	707	-1787	-3209.5	1.80
142	441	-1064	-3105.7	2.92
143	685	-1656	-3201.3	1.93
144	419	-934	-3096.9	3.32
145	694	-1737	-3204.6	1.84
146	428	-1014	-3100.4	3.06
147	715	-1868	-3212.7	1.72
148	450	-1145	-3109.2	2.71
149	445	-1081	-3107.4	2.87
150	409	-863	-3092.8	3.58
151	424	-998	-3098.7	3.11
152	460	-1216	-3113.2	2.56
153	211	-375	-3011.4	8.02
154	247	-593	-3026.2	5.10
155	240	-484	-3023.0	6.24
156	204	-266	-3008.1	11.30
157	350	-417	-3068.6	7.37
158	350	-461	-3068.3	6.66
159	329	-286	-3059.7	10.70
160	328	-330	-3059.4	9.27
161	338	-367	-3063.3	8.35
162	337	-411	-3063.0	7.46
163	359	-497	-3072.2	6.18
164	358	-541	-3071.9	5.67
165	354	-477	-3070.1	6.43
166	318	-259	-3055.2	11.78
167	332	-394	-3061.2	7.77
168	368	-612	-3076.0	5.03
169	350	-417	-3068.6	7.37
170	443	-884	-3106.6	3.52
171	329	-286	-3059.7	10.70
172	422	-753	-3097.9	4.11
173	338	-367	-3063.3	8.35
174	430	-834	-3101.3	3.72
175	359	-497	-3072.2	6.18
176	452	-965	-3110.1	3.22
177	447	-900	-3108.3	3.45
178	411	-683	-3093.8	4.53
179	426	-817	-3099.6	3.79
180	462	-1035	-3114.1	3.01

181	352	-421	-3069.1	7.29
182	351	-465	-3068.8	6.60
183	330	-290	-3060.2	10.55
184	329	-334	-3059.8	9.16
185	339	-371	-3063.8	8.26
186	338	-415	-3063.4	7.38
187	360	-502	-3072.7	6.12
188	359	-546	-3072.3	5.63
189	355	-482	-3070.5	6.38
190	319	-264	-3055.7	11.59
191	333	-398	-3061.6	7.68
192	370	-616	-3076.5	4.99
193	352	-421	-3069.1	7.29
194	444	-888	-3107.0	3.50
195	330	-290	-3060.2	10.55
196	423	-757	-3098.3	4.09
197	339	-371	-3063.8	8.26
198	431	-838	-3101.8	3.70
199	360	-502	-3072.7	6.12
200	453	-969	-3110.5	3.21
201	449	-905	-3108.8	3.44
202	413	-687	-3094.2	4.51
203	427	-822	-3100.1	3.77
204	463	-1039	-3114.6	3.00
205	211	-375	-3011.4	8.02
206	247	-593	-3026.2	5.10
207	240	-484	-3023.0	6.24
208	204	-266	-3008.1	11.30
209	584	-1474	-3163.3	2.15
210	537	-1307	-3144.3	2.41
211	563	-1344	-3154.8	2.35
212	515	-1176	-3135.6	2.67
213	571	-1424	-3158.3	2.22
214	524	-1257	-3139.1	2.50
215	593	-1555	-3166.6	2.04
216	545	-1388	-3147.8	2.27
217	541	-1324	-3146.1	2.38
218	505	-1106	-3131.5	2.83
219	519	-1240	-3137.3	2.53
220	555	-1458	-3151.9	2.16
221	584	-1474	-3163.3	2.15
222	537	-1307	-3144.3	2.41
223	563	-1344	-3154.8	2.35
224	515	-1176	-3135.6	2.67
225	571	-1424	-3158.3	2.22
226	524	-1257	-3139.1	2.50

227	593	-1555	-3166.6	2.04
228	545	-1388	-3147.8	2.27
229	541	-1324	-3146.1	2.38
230	505	-1106	-3131.5	2.83
231	519	-1240	-3137.3	2.53
232	555	-1458	-3151.9	2.16
233	585	-1479	-3163.7	2.14
234	538	-1311	-3144.8	2.40
235	564	-1348	-3155.3	2.34
236	516	-1180	-3136.0	2.66
237	572	-1429	-3158.7	2.21
238	525	-1261	-3139.5	2.49
239	594	-1560	-3167.1	2.03
240	546	-1392	-3148.3	2.26
241	542	-1328	-3146.5	2.37
242	506	-1110	-3132.0	2.82
243	520	-1245	-3137.8	2.52
244	557	-1463	-3152.3	2.16
245	585	-1479	-3163.7	2.14
246	538	-1311	-3144.8	2.40
247	564	-1348	-3155.3	2.34
248	516	-1180	-3136.0	2.66
249	572	-1429	-3158.7	2.21
250	525	-1261	-3139.5	2.49
251	594	-1560	-3167.1	2.03
252	546	-1392	-3148.3	2.26
253	542	-1328	-3146.5	2.37
254	506	-1110	-3132.0	2.82
255	520	-1245	-3137.8	2.52
256	557	-1463	-3152.3	2.16
257	211	-375	-3011.4	8.02
258	247	-593	-3026.2	5.10
259	240	-484	-3023.0	6.24
260	204	-266	-3008.1	11.30
261	273	-28	-3036.9	108.70
262	261	45	-1135.4	25.41
263	306	-174	-3050.2	17.55
264	294	-101	-3045.2	30.09
265	266	0	-3033.9	13981.27
266	278	-73	-3038.9	41.72
267	367	-996	-3075.3	3.09
268	355	-923	-3070.3	3.33
269	298	-146	-3047.2	20.85
270	311	-219	-3052.2	13.95
271	399	-1142	-3088.6	2.71
272	387	-1069	-3083.6	2.88

273	359	-968	-3072.3	3.17
274	371	-1041	-3077.3	2.96
275	392	-1114	-3085.6	2.77
276	404	-1187	-3090.6	2.60
277	273	-11	-3036.6	266.66
278	261	61	-1135.1	18.54
279	305	-157	-3049.9	19.39
280	293	-85	-3045.0	35.96
281	266	16	-1137.3	69.63
282	278	-56	-3038.6	53.98
283	366	-979	-3075.0	3.14
284	354	-907	-3070.1	3.39
285	298	-130	-3046.9	23.52
286	310	-202	-3051.9	15.09
287	398	-1125	-3088.3	2.74
288	386	-1053	-3083.3	2.93
289	359	-952	-3072.0	3.23
290	371	-1024	-3077.0	3.00
291	391	-1098	-3085.3	2.81
292	403	-1170	-3090.3	2.64
293	258	-361	-3030.5	8.38
294	246	-289	-3025.6	10.47
295	290	-507	-3043.8	6.00
296	278	-435	-3038.8	6.99
297	251	-334	-3027.5	9.07
298	263	-406	-3032.5	7.46
299	286	-652	-3042.0	4.67
300	274	-579	-3037.1	5.24
301	283	-480	-3040.8	6.34
302	295	-552	-3045.8	5.51
303	318	-798	-3055.3	3.83
304	306	-725	-3050.3	4.21
305	279	-624	-3039.0	4.87
306	291	-697	-3044.0	4.37
307	311	-770	-3052.3	3.96
308	323	-843	-3057.3	3.63
309	256	-306	-3029.6	9.89
310	244	-234	-3024.6	12.94
311	288	-452	-3042.9	6.73
312	276	-380	-3037.9	8.00
313	248	-279	-3026.6	10.86
314	260	-351	-3031.6	8.63
315	284	-597	-3041.1	5.10
316	272	-524	-3036.1	5.79
317	281	-425	-3039.9	7.16
318	293	-497	-3044.8	6.12




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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	66 di 95

319	316	-743	-3054.4	4.11
320	304	-670	-3049.4	4.55
321	276	-569	-3038.1	5.34
322	288	-642	-3043.1	4.74
323	309	-715	-3051.4	4.27
324	321	-788	-3056.3	3.88

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL09 - Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900002	REV. A

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	110	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	32	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	26	mm
Diametro ferro ortogonale	ϕ_{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	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	918	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _y	NE _d	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_53	-877.5	700.3			3787.5	1383.0	1383.0	1.576

9.6.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-34	0.13						
2	Non fessurata	0	-23	0.13						
3	Non fessurata	0	-30	0.13						
4	Non fessurata	0	-41	0.13						
5	Non fessurata	0	-38	0.13						
6	Non fessurata	0	-27	0.13						
7	Non fessurata	0	-34	0.13						
8	Non fessurata	0	-45	0.13						
9	Non fessurata	0	-36	0.13						
#	Non fessurata	0	-25	0.13						
#	Non fessurata	0	-32	0.13						
#	Non fessurata	0	-44	0.13						
#	Non fessurata	0	-41	0.13						
#	Non fessurata	0	-29	0.13						
#	Non fessurata	0	-37	0.13						
#	Non fessurata	0	-48	0.13						
#	Fessurata	-104	-96	0.13	#####	100	239	####	0.050	0.085
#	Fessurata	-93	-96	0.13	#####	100	239	####	0.045	0.076
#	Fessurata	-100	-96	0.13	#####	100	239	####	0.048	0.081
#	Fessurata	-112	-97	0.13	#####	100	239	####	0.053	0.091
#	Fessurata	-107	-96	0.13	#####	100	239	####	0.051	0.087
#	Fessurata	-96	-96	0.13	#####	100	239	####	0.046	0.078
#	Fessurata	-103	-96	0.13	#####	100	239	####	0.049	0.084
#	Fessurata	-114	-97	0.13	#####	100	239	####	0.055	0.093
#	Non fessurata	0	-36	0.13						
#	Non fessurata	0	-25	0.13						
#	Non fessurata	0	-32	0.13						
#	Non fessurata	0	-43	0.13						
#	Non fessurata	0	-38	0.13						
#	Non fessurata	0	-27	0.13						
#	Non fessurata	0	-34	0.13						
#	Non fessurata	0	-45	0.13						
#	Non fessurata	0	-39	0.13						
#	Non fessurata	0	-27	0.13						
#	Non fessurata	0	-34	0.13						
#	Non fessurata	0	-46	0.13						
#	Non fessurata	0	-41	0.13						
#	Non fessurata	0	-29	0.13						
#	Non fessurata	0	-37	0.13						
#	Non fessurata	0	-48	0.13						
#	Non fessurata	0	-71	0.13						
#	Non fessurata	0	-60	0.13						
#	Non fessurata	0	-67	0.13						
#	Non fessurata	0	-78	0.13						
#	Non fessurata	0	-74	0.13						



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900002	REV. A	FOGLIO 69 di 95
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	--------------------

#	Non fessurata	0	-63	0.13					
#	Non fessurata	0	-70	0.13					
#	Fessurata	-81	-96	0.13	#####	100	239	####	0.039 0.066
#	Non fessurata	0	-34	0.13					
#	Non fessurata	0	-23	0.13					
#	Non fessurata	0	-30	0.13					
#	Non fessurata	0	-41	0.13					
#	Non fessurata	0	-36	0.13					
#	Non fessurata	0	-25	0.13					
#	Non fessurata	0	-32	0.13					
#	Non fessurata	0	-44	0.13					

9.7 VERIFICA SEZIONE 5: SOLETTA SUPERIORE_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.7.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	32	40.21	9.4
5	32	40.21	9.4
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	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	M_u	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	478	1396	3120.6	2.24
2	452	1233	3110.0	2.52
3	456	1527	3111.9	2.04
4	430	1364	3101.3	2.27
5	465	1446	3115.4	2.15
6	439	1283	3104.8	2.42
7	487	1315	3124.1	2.38
8	460	1153	3113.5	2.70
9	456	1217	3111.7	2.56
10	420	1435	3097.2	2.16
11	434	1300	3103.0	2.39
12	470	1082	3117.6	2.88
13	478	1396	3120.6	2.24
14	346	583	3066.9	5.26
15	456	1527	3111.9	2.04
16	325	713	3058.0	4.29
17	465	1446	3115.4	2.15
18	333	633	3061.6	4.84
19	487	1315	3124.1	2.38
20	355	502	3070.5	6.12
21	351	566	3068.7	5.42
22	315	784	3053.8	3.90
23	329	649	3059.8	4.71
24	365	431	3074.6	7.13
25	479	1392	3121.1	2.24
26	453	1229	3110.4	2.53
27	457	1523	3112.3	2.04
28	431	1360	3101.7	2.28
29	466	1442	3115.8	2.16
30	440	1279	3105.2	2.43
31	488	1311	3124.6	2.38
32	461	1148	3113.9	2.71
33	457	1213	3112.2	2.57
34	421	1430	3097.6	2.17
35	435	1296	3103.5	2.40
36	471	1078	3118.0	2.89
37	479	1392	3121.1	2.24
38	347	578	3067.4	5.30
39	457	1523	3112.3	2.04
40	326	709	3058.5	4.31
41	466	1442	3115.8	2.16

42	334	628	3062.0	4.87
43	488	1311	3124.6	2.38
44	356	498	3070.9	6.17
45	352	562	3069.1	5.46
46	316	780	3054.3	3.92
47	330	645	3060.2	4.75
48	366	427	3075.1	7.20
49	211	492	3011.4	6.12
50	247	274	3026.2	11.04
51	240	383	3023.0	7.89
52	204	601	3008.1	5.01
53	478	1396	3120.6	2.24
54	452	1233	3110.0	2.52
55	456	1527	3111.9	2.04
56	430	1364	3101.3	2.27
57	465	1446	3115.4	2.15
58	439	1283	3104.8	2.42
59	487	1315	3124.1	2.38
60	460	1153	3113.5	2.70
61	456	1217	3111.7	2.56
62	420	1435	3097.2	2.16
63	434	1300	3103.0	2.39
64	470	1082	3117.5	2.88
65	478	1396	3120.6	2.24
66	346	583	3066.9	5.26
67	456	1527	3111.9	2.04
68	325	713	3058.0	4.29
69	465	1446	3115.4	2.15
70	333	633	3061.6	4.84
71	487	1315	3124.1	2.38
72	355	502	3070.5	6.12
73	351	566	3068.7	5.42
74	315	784	3053.8	3.90
75	329	649	3059.8	4.71
76	365	431	3074.6	7.13
77	479	1392	3121.1	2.24
78	453	1229	3110.4	2.53
79	457	1523	3112.3	2.04
80	431	1360	3101.7	2.28
81	466	1442	3115.8	2.16
82	440	1279	3105.2	2.43
83	488	1311	3124.6	2.38
84	461	1148	3113.9	2.71
85	457	1213	3112.2	2.57
86	421	1430	3097.6	2.17
87	435	1296	3103.5	2.40

88	471	1078	3118.0	2.89
89	479	1392	3121.1	2.24
90	347	578	3067.4	5.30
91	457	1523	3112.3	2.04
92	326	709	3058.5	4.31
93	466	1442	3115.8	2.16
94	334	628	3062.0	4.87
95	488	1311	3124.6	2.38
96	356	498	3070.9	6.17
97	352	562	3069.1	5.46
98	316	780	3054.3	3.92
99	330	645	3060.2	4.75
100	366	427	3075.1	7.20
101	211	492	3011.4	6.12
102	247	274	3026.2	11.04
103	240	383	3023.0	7.89
104	204	601	3008.1	5.01
105	478	1396	3120.6	2.24
106	452	1233	3110.0	2.52
107	456	1527	3111.9	2.04
108	430	1364	3101.3	2.27
109	465	1446	3115.4	2.15
110	439	1283	3104.8	2.42
111	487	1315	3124.1	2.38
112	460	1153	3113.5	2.70
113	456	1217	3111.7	2.56
114	420	1435	3097.2	2.16
115	434	1300	3103.0	2.39
116	470	1082	3117.6	2.88
117	478	1396	3120.6	2.24
118	346	583	3066.9	5.26
119	456	1527	3111.9	2.04
120	325	713	3058.0	4.29
121	465	1446	3115.4	2.15
122	333	633	3061.6	4.84
123	487	1315	3124.1	2.38
124	355	502	3070.5	6.12
125	351	566	3068.7	5.42
126	315	784	3053.8	3.90
127	329	649	3059.8	4.71
128	365	431	3074.6	7.13
129	479	1392	3121.1	2.24
130	453	1229	3110.4	2.53
131	457	1522	3112.4	2.04
132	431	1360	3101.7	2.28
133	466	1442	3115.8	2.16

134	440	1279	3105.2	2.43
135	488	1311	3124.6	2.38
136	461	1148	3113.9	2.71
137	457	1212	3112.2	2.57
138	421	1430	3097.7	2.17
139	435	1296	3103.5	2.40
140	471	1078	3118.0	2.89
141	479	1392	3121.1	2.24
142	347	578	3067.4	5.30
143	457	1522	3112.4	2.04
144	326	709	3058.5	4.31
145	466	1442	3115.8	2.16
146	334	628	3062.0	4.87
147	488	1311	3124.6	2.38
148	356	497	3070.9	6.17
149	352	562	3069.1	5.46
150	316	780	3054.3	3.92
151	330	645	3060.2	4.75
152	366	427	3075.1	7.20
153	211	492	3011.4	6.12
154	247	274	3026.2	11.04
155	240	383	3023.0	7.89
156	204	601	3008.1	5.01
157	412	989	3094.0	3.13
158	399	908	3088.6	3.40
159	390	1120	3085.1	2.75
160	377	1039	3079.7	2.96
161	399	1039	3088.7	2.97
162	386	958	3083.3	3.22
163	421	909	3097.5	3.41
164	408	827	3092.2	3.74
165	403	891	3090.4	3.47
166	367	1109	3075.5	2.77
167	382	975	3081.5	3.16
168	418	757	3096.3	4.09
169	412	989	3094.0	3.13
170	399	908	3088.6	3.40
171	390	1120	3085.1	2.75
172	377	1039	3079.7	2.96
173	399	1039	3088.7	2.97
174	386	958	3083.3	3.22
175	421	909	3097.5	3.41
176	408	827	3092.2	3.74
177	403	891	3090.4	3.47
178	367	1109	3075.5	2.77
179	382	975	3081.5	3.16

180	418	757	3096.3	4.09
181	413	985	3094.5	3.14
182	400	904	3089.1	3.42
183	392	1116	3085.6	2.77
184	378	1035	3080.1	2.98
185	400	1035	3089.1	2.98
186	387	954	3083.7	3.23
187	422	904	3098.0	3.43
188	409	823	3092.6	3.76
189	404	887	3090.8	3.48
190	368	1105	3076.0	2.78
191	383	970	3081.9	3.18
192	419	752	3096.7	4.12
193	413	985	3094.5	3.14
194	400	904	3089.1	3.42
195	392	1116	3085.6	2.77
196	378	1034	3080.2	2.98
197	400	1035	3089.1	2.98
198	387	954	3083.7	3.23
199	422	904	3098.0	3.43
200	409	823	3092.6	3.76
201	404	887	3090.9	3.48
202	368	1105	3076.0	2.78
203	383	970	3081.9	3.18
204	419	752	3096.8	4.12
205	211	492	3011.4	6.12
206	247	274	3026.2	11.04
207	240	383	3023.0	7.89
208	204	601	3008.1	5.01
209	412	989	3094.0	3.13
210	399	908	3088.6	3.40
211	391	1120	3085.1	2.75
212	377	1039	3079.7	2.96
213	399	1039	3088.7	2.97
214	386	958	3083.3	3.22
215	421	908	3097.6	3.41
216	408	827	3092.2	3.74
217	403	891	3090.4	3.47
218	367	1109	3075.5	2.77
219	382	975	3081.5	3.16
220	418	757	3096.3	4.09
221	412	989	3094.0	3.13
222	399	908	3088.6	3.40
223	391	1120	3085.1	2.75
224	377	1039	3079.7	2.96
225	399	1039	3088.7	2.97

226	386	958	3083.3	3.22
227	421	908	3097.6	3.41
228	408	827	3092.2	3.74
229	403	891	3090.4	3.47
230	367	1109	3075.5	2.77
231	382	975	3081.5	3.16
232	418	757	3096.3	4.09
233	413	985	3094.5	3.14
234	400	904	3089.1	3.42
235	392	1116	3085.6	2.77
236	378	1034	3080.2	2.98
237	400	1035	3089.2	2.98
238	387	954	3083.7	3.23
239	422	904	3098.0	3.43
240	409	823	3092.6	3.76
241	404	887	3090.9	3.48
242	368	1105	3076.0	2.78
243	383	970	3081.9	3.18
244	419	752	3096.8	4.12
245	413	985	3094.5	3.14
246	400	904	3089.1	3.42
247	392	1116	3085.6	2.77
248	378	1034	3080.2	2.98
249	400	1035	3089.2	2.98
250	387	954	3083.7	3.23
251	422	904	3098.0	3.43
252	409	823	3092.6	3.76
253	404	887	3090.9	3.48
254	368	1105	3076.0	2.78
255	383	970	3081.9	3.18
256	419	752	3096.8	4.12
257	211	492	3011.4	6.12
258	247	274	3026.2	11.04
259	240	383	3023.0	7.89
260	204	601	3008.1	5.01
261	321	502	3056.4	6.09
262	309	574	3051.5	5.31
263	321	502	3056.4	6.09
264	309	574	3051.5	5.31
265	314	529	3053.5	5.77
266	326	457	3058.4	6.69
267	321	501	3056.5	6.10
268	309	574	3051.5	5.32
269	314	529	3053.5	5.77
270	326	457	3058.4	6.70
271	321	501	3056.5	6.10

272	309	574	3051.5	5.32
273	314	529	3053.5	5.77
274	326	457	3058.4	6.70
275	314	529	3053.5	5.77
276	326	457	3058.4	6.70
277	320	474	3056.2	6.44
278	308	547	3051.2	5.58
279	320	474	3056.2	6.44
280	308	547	3051.2	5.58
281	313	502	3053.2	6.08
282	325	430	3058.1	7.12
283	320	474	3056.2	6.44
284	308	547	3051.2	5.58
285	313	502	3053.2	6.08
286	325	430	3058.1	7.12
287	320	474	3056.2	6.45
288	308	547	3051.2	5.58
289	313	502	3053.2	6.08
290	325	429	3058.2	7.12
291	313	502	3053.2	6.08
292	325	429	3058.2	7.12
293	273	558	3036.6	5.44
294	261	631	3031.7	4.81
295	273	558	3036.6	5.44
296	261	631	3031.7	4.81
297	266	586	3033.6	5.18
298	278	513	3038.6	5.92
299	273	558	3036.6	5.44
300	261	631	3031.7	4.81
301	266	586	3033.6	5.18
302	278	513	3038.6	5.92
303	273	558	3036.6	5.44
304	261	630	3031.7	4.81
305	266	586	3033.7	5.18
306	278	513	3038.6	5.92
307	266	586	3033.7	5.18
308	278	513	3038.6	5.92
309	270	467	3035.7	6.50
310	258	540	3030.7	5.61
311	271	467	3035.7	6.50
312	258	540	3030.7	5.62
313	263	495	3032.7	6.13
314	275	422	3037.7	7.19
315	271	467	3035.7	6.50
316	259	540	3030.8	5.62
317	263	495	3032.7	6.13



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	78 di 95

318	275	422	3037.7	7.19
319	271	467	3035.7	6.50
320	259	540	3030.8	5.62
321	263	495	3032.7	6.13
322	275	422	3037.7	7.20
323	263	495	3032.7	6.13
324	275	422	3037.7	7.20



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	79 di 95

9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE _d y	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd,y}	VR _{sd,y}	VR _{d,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_3	142.7	456.3	0.4	546.6				3.829

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-106	-99	0.13	#####	100	239	####	0.071	0.121	Verificato
2	Fessurata	-119	-100	0.13	#####	100	239	####	0.092	0.156	Verificato
3	Fessurata	-111	-99	0.13	#####	100	239	####	0.079	0.135	Verificato
4	Fessurata	-98	-98	0.13	#####	100	239	####	0.058	0.099	Verificato
5	Non fessurata	0	-47	0.13							
6	Non fessurata	0	-60	0.13							
7	Non fessurata	0	-52	0.13							
8	Non fessurata	0	-39	0.13							
9	Fessurata	-102	-99	0.13	#####	100	239	####	0.066	0.112	Verificato
#	Fessurata	-115	-100	0.13	#####	100	239	####	0.086	0.147	Verificato
#	Fessurata	-107	-99	0.13	#####	100	239	####	0.074	0.126	Verificato
#	Fessurata	-95	-98	0.13	#####	100	239	####	0.052	0.089	Verificato
#	Non fessurata	0	-44	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-49	0.13							
#	Non fessurata	0	-36	0.13							
#	Fessurata	-106	-99	0.13	#####	100	239	####	0.071	0.121	Verificato
#	Fessurata	-119	-100	0.13	#####	100	239	####	0.091	0.156	Verificato
#	Fessurata	-111	-99	0.13	#####	100	239	####	0.079	0.135	Verificato
#	Fessurata	-98	-98	0.13	#####	100	239	####	0.058	0.099	Verificato
#	Fessurata	-102	-99	0.13	#####	100	239	####	0.066	0.112	Verificato
#	Fessurata	-115	-100	0.13	#####	100	239	####	0.086	0.147	Verificato
#	Fessurata	-107	-99	0.13	#####	100	239	####	0.074	0.126	Verificato
#	Fessurata	-95	-98	0.13	#####	100	239	####	0.052	0.089	Verificato
#	Non fessurata	0	-76	0.13							
#	Fessurata	-89	-99	0.13	#####	100	239	####	0.043	0.073	Verificato
#	Non fessurata	0	-82	0.13							
#	Non fessurata	0	-69	0.13							
#	Non fessurata	0	-47	0.13							
#	Non fessurata	0	-60	0.13							
#	Non fessurata	0	-52	0.13							
#	Non fessurata	0	-39	0.13							
#	Non fessurata	0	-73	0.13							
#	Fessurata	-86	-99	0.13	#####	100	239	####	0.041	0.070	Verificato
#	Non fessurata	0	-78	0.13							
#	Non fessurata	0	-65	0.13							
#	Non fessurata	0	-44	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-49	0.13							
#	Non fessurata	0	-36	0.13							



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

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	81 di 95

#	Non fessurata	0	-76	0.13							
#	Fessurata	-89	-99	0.13	#####	100	239	####	0.043	0.073	Verificato
#	Non fessurata	0	-82	0.13							
#	Non fessurata	0	-69	0.13							
#	Non fessurata	0	-73	0.13							
#	Fessurata	-86	-99	0.13	#####	100	239	####	0.041	0.070	Verificato
#	Non fessurata	0	-78	0.13							
#	Non fessurata	0	-65	0.13							
#	Fessurata	-106	-99	0.13	#####	100	239	####	0.071	0.121	Verificato
#	Fessurata	-119	-100	0.13	#####	100	239	####	0.092	0.156	Verificato
#	Fessurata	-111	-99	0.13	#####	100	239	####	0.079	0.135	Verificato
#	Fessurata	-98	-98	0.13	#####	100	239	####	0.058	0.099	Verificato
#	Fessurata	-102	-99	0.13	#####	100	239	####	0.066	0.112	Verificato
#	Fessurata	-115	-100	0.13	#####	100	239	####	0.086	0.147	Verificato
#	Fessurata	-107	-99	0.13	#####	100	239	####	0.074	0.126	Verificato
#	Fessurata	-95	-98	0.13	#####	100	239	####	0.052	0.089	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	2049	-	1.966
	Taglio	G3_1_57	0	-	992	1.394
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1453	-	2.011
	Taglio	SH1	0	-	335	2.185
3	Presso-flessione	G3_1_83	1013	-1933	-	1.718
	Taglio	G3_1_83	1023	0	-645	1.072
4	Presso-flessione	G3_1_83	715	-1868	-	1.720
	Taglio	G3_1_53	700	0	-877	1.576
5	Presso-flessione	G3_1_3	567	1480	-	2.133
	Taglio	SH18	323	-	89	5.952
6	Presso-flessione	G3_1_5	1124	-2072	-	2.095
	Taglio	G3_1_3	1113	-	898	1.540

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	2502	-	1.610
	Taglio	G3_1_57	0	-	993	1.393
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1496	-	1.954
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	1.436
3	Presso-flessione	G3_1_83	954	-1534	-	2.152
	Taglio	G3_1_83	964	0	-535	1.293
4	Presso-flessione	G3_1_83	605	-1454	-	2.181
	Taglio	G3_1_53	590	0	-819	1.689
5	Presso-flessione	G3_1_3	456	1527	-	2.038
	Taglio	G3_1_3	456	-	143	3.829
6	Presso-flessione	G3_1_5	1065	-2504	-	1.728
	Taglio	G3_1_3	1055	-	1009	1.371

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1900	-	2.121
	Taglio	G3_1_57	0	-	927	1.492
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1387	-	2.107
	Taglio	SH1	0	-	335	2.219
3	Presso-flessione	G3_1_83	927	-1871	-	1.759
	Taglio	G3_1_83	938	0	-578	1.196
4	Presso-flessione	G3_1_83	627	-1801	-	1.765
	Taglio	G3_1_53	612	0	-824	1.678
5	Presso-flessione	G3_1_3	485	1532	-	2.038
	Taglio	SH18	312	-	87	6.047
6	Presso-flessione	G3_1_5	1048	-1930	-	2.239
	Taglio	G3_1_3	1038	-	810	1.708

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1890	-	2.131
	Taglio	G3_1_57	0	-	893	1.549
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1380	-	2.117
	Taglio	SH1	0	-	335	2.195
3	Presso-flessione	G3_1_83	870	-1795	-	1.822
	Taglio	G3_1_83	880	0	-570	1.212
4	Presso-flessione	G3_1_83	619	-1739	-	1.827
	Taglio	G3_1_53	605	0	-767	1.804
5	Presso-flessione	G3_1_3	478	1433	-	2.178
	Taglio	G3_1_55	478	-	-132	4.161
6	Presso-flessione	G3_1_5	991	-1913	-	2.252
	Taglio	G3_1_3	980	-	818	1.691

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</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>CLSL0900002</td> <td>A</td> <td>86 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	86 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	86 di 95								

10 VERIFICHE LONGITUDINALI

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

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

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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


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

L = lunghezza del concio di scatolare

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso gettato in opera</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">FASE-ENTE</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0900002</td> <td>A</td> <td>87 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	87 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900002	A	87 di 95								

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

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

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

$RH = 75\%$

umidità relativa ambientale

 $h_0 = 2A_c/u$ [mm]

Spessore fittizio

 A_c = area del cls che si ritira

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

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

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Valutazione del ritiro		Fondazione	Piedritti	Solettone
Area c.l.s. che ritira	A_c [mmq]	16060000	7678000	15620000
Per. a contatto con atmosfera	u [mm]	12000	6980	12000
Spessore Fittizio	h_0 [mm]	2676.667	2200	2603.333
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	β_{rh}	0.896	0.896	0.896
Fattore di resistenza	$\epsilon_s(f_{cm})$	1	1	1
Coefficiente nominale di ritiro	ϵ_{cr0}	0.000214	0.000214	0.000214
Coefficiente di sviluppo nel tempo	$\beta_s(t_1, t_0)$	0.000192	0.000192	0.000192
Deformazione di ritiro del c.l.s.	$\epsilon_{cs}(t_1, t_0)$	0.25879	0.30991	0.26557

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ϵ_{CS_m}	5.2E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	0.5606	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	15000	mm
Altezza elemento equivalente	H	1100	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	46760	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.65	
Grado di impedimento	Kr	0.89165	
Moltiplicatore Kr	m	0.0125	
Tensione di lavoro assunta	σ_{S_L}	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 12 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		55.62976649	

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 γ_F (o γ_E)	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{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 2.00m.

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	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	75.40	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	2.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	73.40	[m]
	Δh_w	=	3.59	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	35.90	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	44	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	39.5	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	39.6	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.00	
				verificato

11.2 TRATTO DI IMBOCCO

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

MURO [Concio]	SPESSORE TAPPO [m]
O1	1.50
O2	1.00
E1 - Vasca	5.00

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

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO O1				
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	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	75.90	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	1.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	74.40	[m]
	Δh_w	=	2.59	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	25.90	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	33	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	28.5	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	29.7	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.04	
				verificato

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO O2

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	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	76.40	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	1.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	75.40	[m]
	Δh_w	=	1.59	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	15.90	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	22	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	17.5	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	19.8	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.13	
				verificato

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO E1 (VASCA 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	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	73.20	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	5.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	68.20	[m]
	Δh_w	=	8.79	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	87.90	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	110	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	96.7	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	99.0	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.02	
				verificato

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.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	14.20	[m]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	75.40	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	1.59	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	225.78	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	1109.90	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	248.4	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	998.9	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	4.02	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO O1				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	15.16	[m]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	75.90	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	1.09	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	165.24	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	573.20	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	181.8	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	515.9	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	2.84	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO O2

Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	20.00	[m]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	76.40	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	0.59	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	118.00	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	590.00	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	129.8	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	531.0	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	4.09	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO E1 (VASCA VOLANO)

Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	17.80	[m]
quota falda	q_w	=	76.99	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	73.20	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	3.79	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	674.62	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	1050.00	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	742.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	945.0	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.27	
				verificato