

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

048017070 – 048017094 (048017070 fronteggiante)

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

Relazione di calcolo sottopasso a spinta

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 1 A

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

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

File: NM0Z20D26CLSL090001A

n. Elab.:

	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 a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>2 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	2 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	2 di 95								

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 a spinta</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	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.

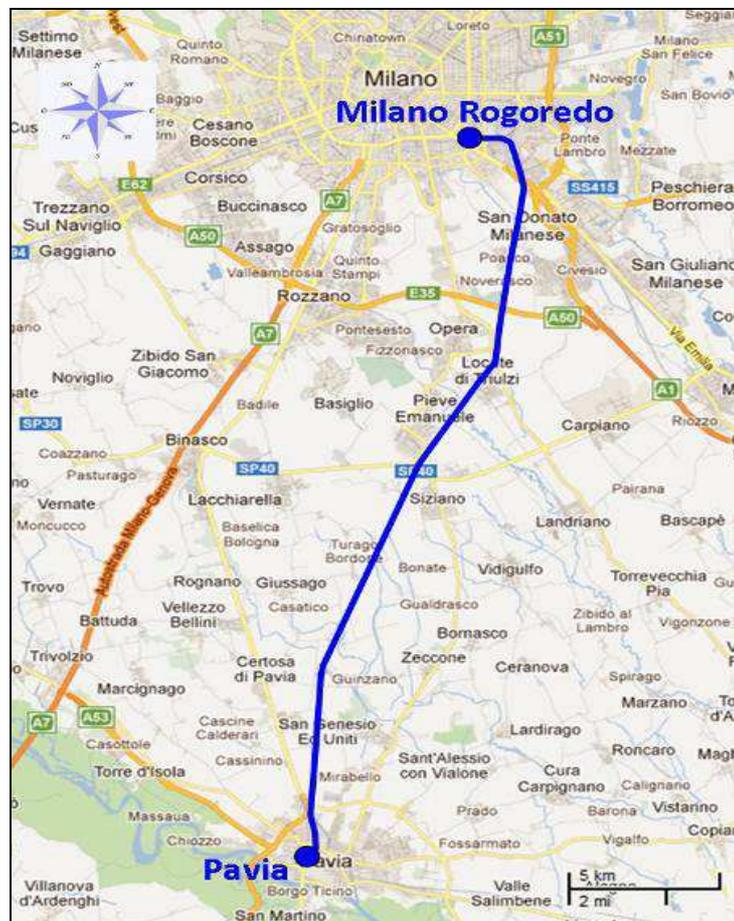


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del sottopasso realizzato a spinta 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	8.18	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	5.98	m

Tabella 1

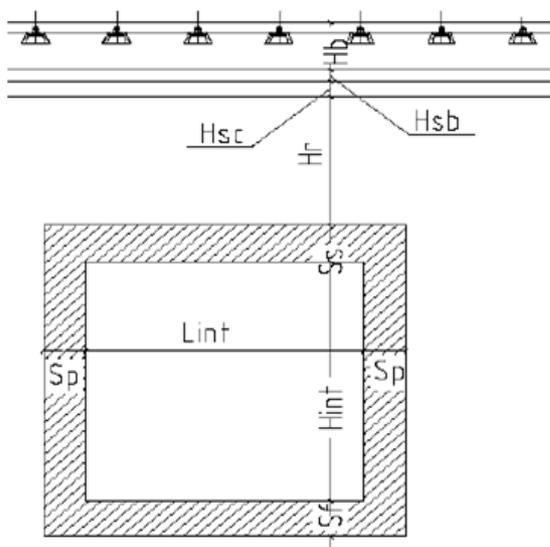


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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 a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>7 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	7 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	8 di 95

4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

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

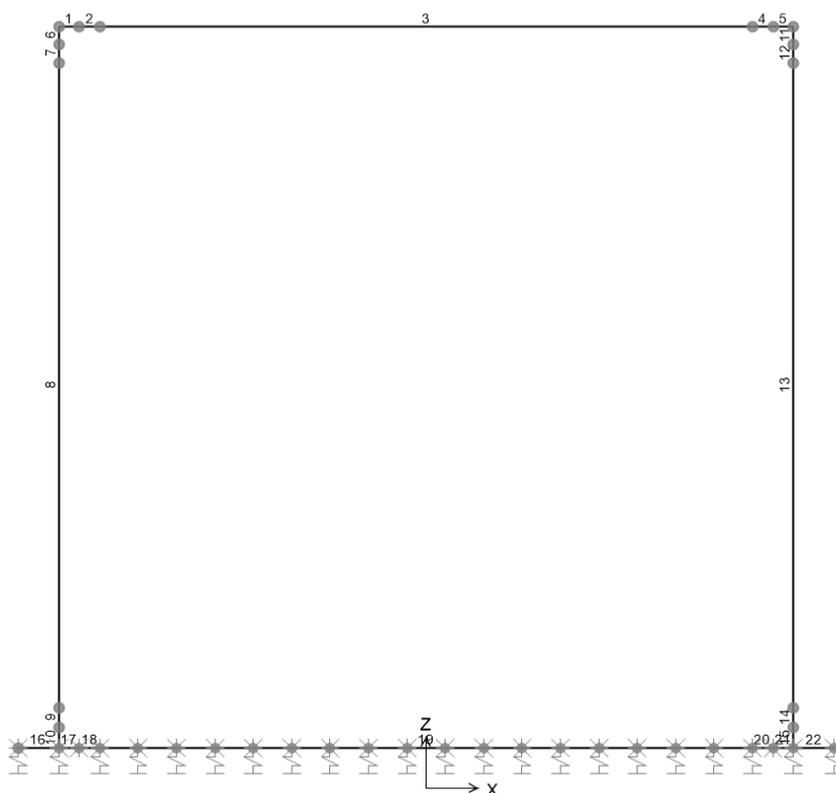


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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 a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>11 di 95</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	11 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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/m3
valore limite di mezzeria	kMEZZ	7820.249	kN/m3

 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 a spinta</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900001	REV. A

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando un peso in volume del c.a. pari a $\gamma_{cls} = 25$ kN/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	8.18	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	61.22	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 a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>14 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	14 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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 .

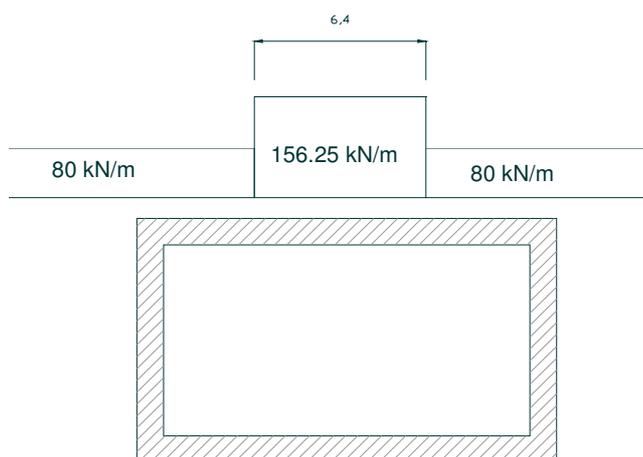


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

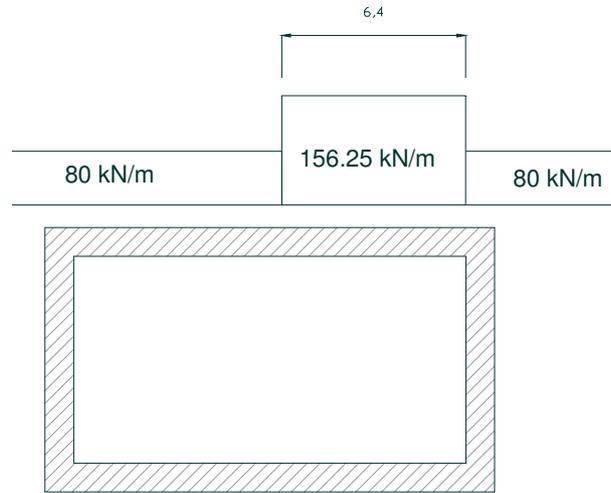


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

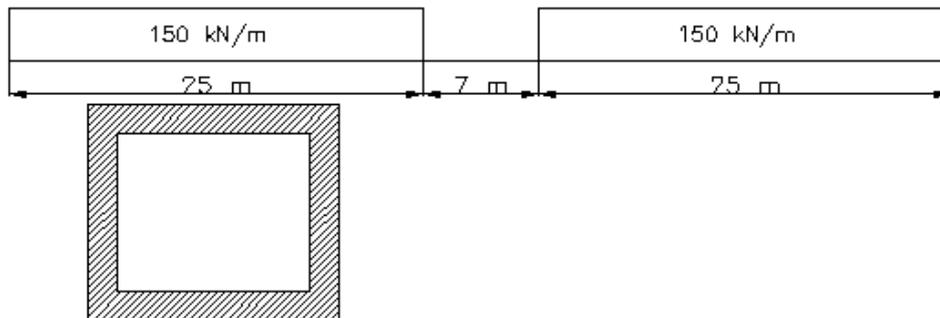


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

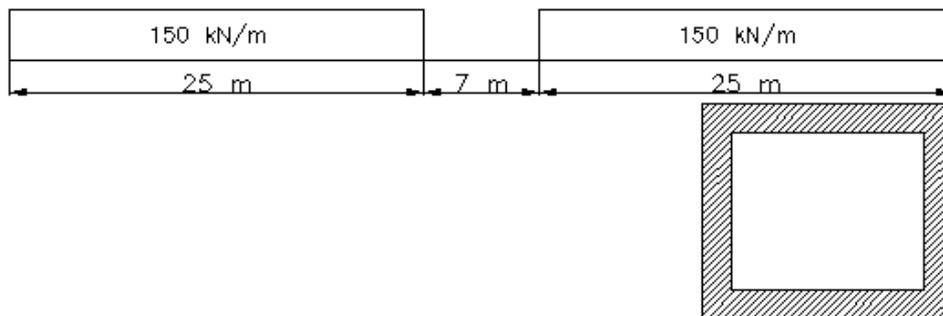


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	11.81	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.26	
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

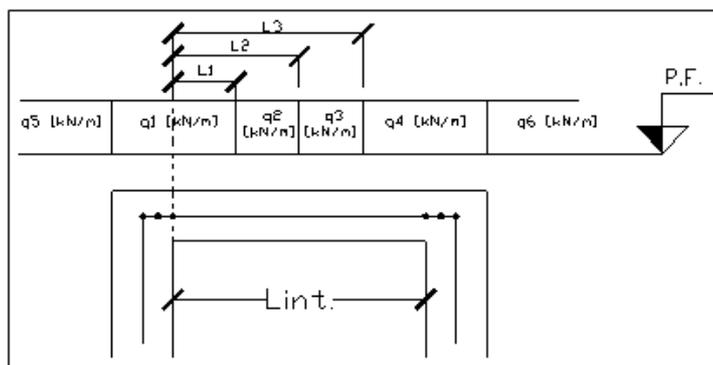


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	49.32	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	49.32	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	49.32	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	49.32	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 a spinta</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900001	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 a spinta</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900001	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>			
$G1+G2+0.2xq1$		53.91	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		53.91	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		53.91	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		53.91	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 Laterali</i>			
G1		27.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</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		53.91	kN/m
G1+G2+0.2xq2		53.91	kN/m
G1+G2+0.2xq3		53.91	kN/m
G1+G2+0.2xq4		53.91	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	8.18	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	193.91	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	32.43	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 a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>21 di 95</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	21 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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 a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>24 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	24 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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.

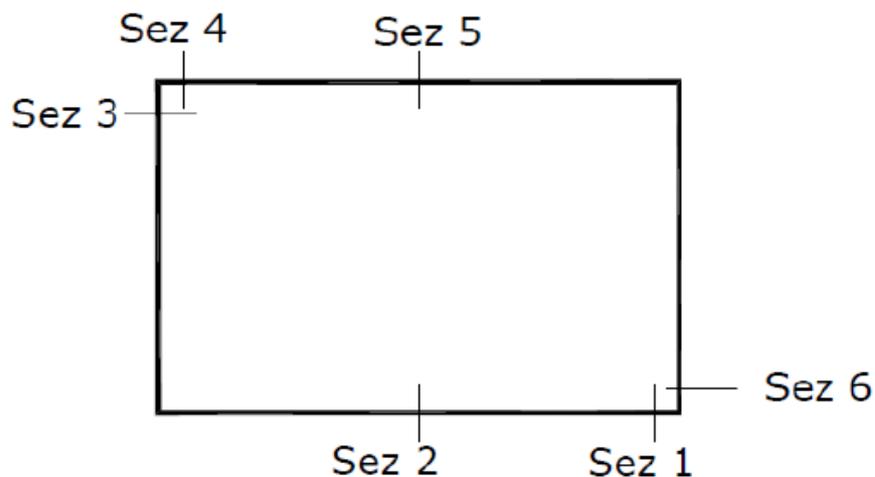


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	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 a spinta</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900001	REV. A

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
5	32	40.21	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	2226	3206.9	1.44
2	0	209	3206.9	15.34

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° _{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	VE _{dy}	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_57	963.3	0.0			3641.4	1387.1	1383.0	1.436

9.2.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-129	-89	0.13	#####	100	222	####	0.109	0.186	Verificato
2	Fessurata	-133	-89	0.13	#####	100	222	####	0.114	0.194	Verificato
3	Fessurata	-134	-89	0.13	#####	100	222	####	0.116	0.197	Verificato
4	Fessurata	-130	-89	0.13	#####	100	222	####	0.111	0.189	Verificato
5	Non fessurata	0	-57	0.13							
6	Non fessurata	0	-60	0.13							
7	Non fessurata	0	-61	0.13							
8	Non fessurata	0	-58	0.13							
9	Fessurata	-126	-89	0.13	#####	100	222	####	0.105	0.179	Verificato
#	Fessurata	-130	-89	0.13	#####	100	222	####	0.110	0.187	Verificato
#	Fessurata	-131	-89	0.13	#####	100	222	####	0.112	0.190	Verificato
#	Fessurata	-127	-89	0.13	#####	100	222	####	0.107	0.182	Verificato
#	Non fessurata	0	-54	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-58	0.13							
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Fessurata	-74	-89	0.13	#####	100	222	####	0.033	0.056	Verificato
#	Fessurata	-78	-89	0.13	#####	100	222	####	0.034	0.059	Verificato
#	Fessurata	-79	-89	0.13	#####	100	222	####	0.035	0.060	Verificato
#	Fessurata	-76	-89	0.13	#####	100	222	####	0.033	0.057	Verificato
#	Non fessurata	0	-71	0.13							
#	Fessurata	-75	-89	0.13	#####	100	222	####	0.033	0.056	Verificato
#	Fessurata	-76	-89	0.13	#####	100	222	####	0.034	0.057	Verificato
#	Non fessurata	0	-73	0.13							
#	Fessurata	-93	-89	0.13	#####	100	222	####	0.056	0.095	Verificato
#	Fessurata	-96	-89	0.13	#####	100	222	####	0.062	0.105	Verificato
#	Fessurata	-98	-89	0.13	#####	100	222	####	0.064	0.108	Verificato
#	Fessurata	-94	-89	0.13	#####	100	222	####	0.058	0.099	Verificato
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-60	0.13							
#	Non fessurata	0	-61	0.13							
#	Non fessurata	0	-58	0.13							
#	Fessurata	-90	-89	0.13	#####	100	222	####	0.051	0.087	Verificato
#	Fessurata	-93	-89	0.13	#####	100	222	####	0.057	0.097	Verificato
#	Fessurata	-95	-89	0.13	#####	100	222	####	0.059	0.100	Verificato
#	Fessurata	-91	-89	0.13	#####	100	222	####	0.053	0.091	Verificato
#	Non fessurata	0	-54	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-58	0.13							
#	Non fessurata	0	-55	0.13							
#	Non fessurata	0	-66	0.13							
#	Non fessurata	0	-69	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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	30 di 95

#	Non fessurata	0	-70	0.13							
#	Non fessurata	0	-67	0.13							
#	Non fessurata	0	-63	0.13							
#	Non fessurata	0	-66	0.13							
#	Non fessurata	0	-67	0.13							
#	Non fessurata	0	-64	0.13							
#	Fessurata	-129	-89	0.13	#####	100	222	####	0.109	0.186	Verificato
#	Fessurata	-133	-89	0.13	#####	100	222	####	0.114	0.194	Verificato
#	Fessurata	-134	-89	0.13	#####	100	222	####	0.116	0.197	Verificato
#	Fessurata	-130	-89	0.13	#####	100	222	####	0.111	0.189	Verificato
#	Fessurata	-126	-89	0.13	#####	100	222	####	0.105	0.179	Verificato
#	Fessurata	-130	-89	0.13	#####	100	222	####	0.110	0.187	Verificato
#	Fessurata	-131	-89	0.13	#####	100	222	####	0.112	0.190	Verificato
#	Fessurata	-127	-89	0.13	#####	100	222	####	0.107	0.182	Verificato

 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 a spinta</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900001	REV. A

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[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	-534	-2922.6	5.47
2	0	-1493	-2922.6	1.96

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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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	192.4	0.0	0.0	334.7				1.739

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.186
2	Fessurata	-131	-106	0.13	#####	100	239	####	0.104	0.177
3	Fessurata	-129	-106	0.13	#####	100	239	####	0.102	0.174
4	Fessurata	-133	-106	0.13	#####	100	239	####	0.108	0.183
5	Non fessurata	0	-83	0.13						
6	Non fessurata	0	-80	0.13						
7	Non fessurata	0	-79	0.13						
8	Non fessurata	0	-82	0.13						
9	Fessurata	-137	-106	0.13	#####	100	239	####	0.114	0.194
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.109	0.185
#	Fessurata	-132	-106	0.13	#####	100	239	####	0.107	0.182
#	Fessurata	-136	-106	0.13	#####	100	239	####	0.112	0.191
#	Non fessurata	0	-86	0.13						
#	Non fessurata	0	-83	0.13						
#	Non fessurata	0	-82	0.13						
#	Non fessurata	0	-85	0.13						
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.186
#	Fessurata	-131	-106	0.13	#####	100	239	####	0.104	0.177
#	Fessurata	-129	-106	0.13	#####	100	239	####	0.103	0.174
#	Fessurata	-133	-106	0.13	#####	100	239	####	0.108	0.183
#	Fessurata	-137	-106	0.13	#####	100	239	####	0.114	0.194
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.109	0.185
#	Fessurata	-132	-106	0.13	#####	100	239	####	0.107	0.182
#	Fessurata	-136	-106	0.13	#####	100	239	####	0.112	0.191
#	Fessurata	-109	-106	0.13	#####	100	239	####	0.067	0.115
#	Fessurata	-105	-106	0.13	#####	100	239	####	0.062	0.105
#	Fessurata	-104	-106	0.13	#####	100	239	####	0.059	0.101
#	Fessurata	-107	-106	0.13	#####	100	239	####	0.065	0.111
#	Non fessurata	0	-83	0.13						
#	Non fessurata	0	-80	0.13						
#	Non fessurata	0	-79	0.13						
#	Non fessurata	0	-82	0.13						
#	Fessurata	-112	-106	0.13	#####	100	239	####	0.073	0.123
#	Fessurata	-108	-106	0.13	#####	100	239	####	0.067	0.113
#	Fessurata	-107	-106	0.13	#####	100	239	####	0.065	0.110
#	Fessurata	-110	-106	0.13	#####	100	239	####	0.071	0.120
#	Non fessurata	0	-86	0.13						
#	Non fessurata	0	-83	0.13						
#	Non fessurata	0	-82	0.13						
#	Non fessurata	0	-85	0.13						
#	Fessurata	-109	-106	0.13	#####	100	239	####	0.068	0.115



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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	34 di 95

#	Fessurata	-105	-106	0.13	#####	100	239	####	0.062	0.105
#	Fessurata	-104	-106	0.13	#####	100	239	####	0.059	0.101
#	Fessurata	-107	-106	0.13	#####	100	239	####	0.065	0.111
#	Fessurata	-112	-106	0.13	#####	100	239	####	0.073	0.123
#	Fessurata	-108	-106	0.13	#####	100	239	####	0.067	0.113
#	Fessurata	-107	-106	0.13	#####	100	239	####	0.065	0.110
#	Fessurata	-110	-106	0.13	#####	100	239	####	0.071	0.120
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.110	0.186
#	Fessurata	-131	-106	0.13	#####	100	239	####	0.104	0.177
#	Fessurata	-129	-106	0.13	#####	100	239	####	0.102	0.174
#	Fessurata	-133	-106	0.13	#####	100	239	####	0.108	0.183
#	Fessurata	-137	-106	0.13	#####	100	239	####	0.114	0.194
#	Fessurata	-134	-106	0.13	#####	100	239	####	0.109	0.185
#	Fessurata	-132	-106	0.13	#####	100	239	####	0.107	0.182
#	Fessurata	-136	-106	0.13	#####	100	239	####	0.112	0.191

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	937	-1322	-3294.2	2.492
2	836	-1183	-3257.3	2.754
3	937	-1191	-3294.2	2.765
4	836	-1052	-3257.3	3.097
5	937	-1269	-3294.2	2.596
6	836	-1129	-3257.3	2.884
7	937	-1400	-3294.2	2.353
8	836	-1260	-3257.3	2.584
9	836	-1200	-3257.3	2.713
10	836	-982	-3257.3	3.316

11	836	-1112	-3257.3	2.930
12	836	-1330	-3257.3	2.449
13	937	-1322	-3294.2	2.492
14	430	-625	-3101.1	4.964
15	937	-1191	-3294.2	2.765
16	430	-494	-3101.1	6.279
17	937	-1269	-3294.2	2.596
18	430	-572	-3101.1	5.426
19	937	-1400	-3294.2	2.353
20	430	-702	-3101.1	4.415
21	430	-643	-3101.1	4.827
22	430	-424	-3101.1	7.309
23	430	-554	-3101.1	5.600
24	430	-772	-3101.1	4.017
25	937	-1327	-3294.2	2.483
26	836	-1187	-3257.3	2.744
27	937	-1196	-3294.2	2.755
28	836	-1056	-3257.3	3.084
29	937	-1273	-3294.2	2.587
30	836	-1134	-3257.3	2.872
31	937	-1404	-3294.2	2.346
32	836	-1265	-3257.3	2.575
33	836	-1205	-3257.3	2.703
34	836	-987	-3257.3	3.301
35	836	-1116	-3257.3	2.918
36	836	-1334	-3257.3	2.441
37	937	-1327	-3294.2	2.483
38	430	-629	-3101.1	4.927
39	937	-1196	-3294.2	2.755
40	430	-498	-3101.1	6.222
41	937	-1273	-3294.2	2.587
42	430	-576	-3101.1	5.383
43	937	-1404	-3294.2	2.346
44	430	-707	-3101.1	4.386
45	430	-647	-3101.1	4.792
46	430	-429	-3101.1	7.231
47	430	-558	-3101.1	5.554
48	430	-777	-3101.1	3.993
49	305	-370	-3050.0	8.248
50	305	-588	-3050.0	5.187
51	305	-486	-3050.0	6.276
52	305	-268	-3050.0	11.391
53	863	-873	-3267.4	3.742
54	777	-824	-3235.5	3.929
55	863	-742	-3267.4	4.401
56	777	-693	-3235.5	4.671

57	863	-820	-3267.4	3.984
58	777	-770	-3235.5	4.200
59	863	-951	-3267.4	3.436
60	777	-901	-3235.5	3.590
61	777	-841	-3235.5	3.846
62	777	-623	-3235.5	5.193
63	777	-753	-3235.5	4.299
64	777	-971	-3235.5	3.333
65	863	-873	-3267.4	3.742
66	430	-625	-3101.1	4.964
67	863	-742	-3267.4	4.401
68	430	-494	-3101.1	6.279
69	863	-820	-3267.4	3.984
70	430	-572	-3101.1	5.426
71	863	-951	-3267.4	3.436
72	430	-702	-3101.1	4.415
73	430	-643	-3101.1	4.827
74	430	-424	-3101.1	7.309
75	430	-554	-3101.1	5.600
76	430	-772	-3101.1	4.017
77	863	-878	-3267.4	3.722
78	777	-828	-3235.5	3.907
79	863	-747	-3267.4	4.374
80	777	-697	-3235.5	4.641
81	863	-825	-3267.4	3.962
82	777	-775	-3235.5	4.175
83	863	-956	-3267.4	3.419
84	777	-906	-3235.5	3.572
85	777	-846	-3235.5	3.825
86	777	-628	-3235.5	5.155
87	777	-757	-3235.5	4.273
88	777	-975	-3235.5	3.317
89	863	-878	-3267.4	3.722
90	430	-629	-3101.1	4.927
91	863	-747	-3267.4	4.374
92	430	-498	-3101.1	6.222
93	863	-825	-3267.4	3.962
94	430	-576	-3101.1	5.383
95	863	-956	-3267.4	3.419
96	430	-707	-3101.1	4.386
97	430	-647	-3101.1	4.792
98	430	-429	-3101.1	7.231
99	430	-558	-3101.1	5.554
100	430	-777	-3101.1	3.993
101	305	-370	-3050.0	8.248
102	305	-588	-3050.0	5.187

103	305	-486	-3050.0	6.276
104	305	-268	-3050.0	11.391
105	1011	-1771	-3320.7	1.875
106	895	-1542	-3279.0	2.127
107	1011	-1640	-3320.7	2.025
108	895	-1411	-3279.0	2.324
109	1011	-1718	-3320.7	1.933
110	895	-1489	-3279.0	2.203
111	1011	-1849	-3320.7	1.796
112	895	-1619	-3279.0	2.025
113	895	-1559	-3279.0	2.103
114	895	-1341	-3279.0	2.445
115	895	-1471	-3279.0	2.229
116	895	-1689	-3279.0	1.941
117	1011	-1771	-3320.7	1.875
118	489	-984	-3125.0	3.176
119	1011	-1640	-3320.7	2.025
120	489	-853	-3125.0	3.664
121	1011	-1718	-3320.7	1.933
122	489	-931	-3125.0	3.358
123	1011	-1849	-3320.7	1.796
124	489	-1062	-3125.0	2.944
125	489	-1002	-3125.0	3.120
126	489	-783	-3125.0	3.989
127	489	-913	-3125.0	3.423
128	489	-1131	-3125.0	2.763
129	1011	-1776	-3320.7	1.870
130	895	-1546	-3279.0	2.121
131	1011	-1645	-3320.7	2.019
132	895	-1415	-3279.0	2.317
133	1011	-1722	-3320.7	1.928
134	895	-1493	-3279.0	2.196
135	1011	-1853	-3320.7	1.792
136	895	-1624	-3279.0	2.019
137	895	-1564	-3279.0	2.096
138	895	-1346	-3279.0	2.436
139	895	-1475	-3279.0	2.223
140	895	-1694	-3279.0	1.936
141	1011	-1776	-3320.7	1.870
142	489	-988	-3125.0	3.162
143	1011	-1645	-3320.7	2.019
144	489	-858	-3125.0	3.644
145	1011	-1722	-3320.7	1.928
146	489	-935	-3125.0	3.342
147	1011	-1853	-3320.7	1.792
148	489	-1066	-3125.0	2.931

149	489	-1006	-3125.0	3.106
150	489	-788	-3125.0	3.966
151	489	-917	-3125.0	3.406
152	489	-1136	-3125.0	2.752
153	305	-370	-3050.0	8.248
154	305	-588	-3050.0	5.187
155	305	-486	-3050.0	6.276
156	305	-268	-3050.0	11.391
157	609	-525	-3172.9	6.048
158	573	-545	-3159.1	5.801
159	609	-394	-3172.9	8.060
160	573	-414	-3159.1	7.636
161	609	-471	-3172.9	6.731
162	573	-491	-3159.1	6.429
163	609	-602	-3172.9	5.268
164	573	-622	-3159.1	5.076
165	573	-562	-3159.1	5.617
166	573	-344	-3159.1	9.179
167	573	-474	-3159.1	6.670
168	573	-692	-3159.1	4.566
169	609	-525	-3172.9	6.048
170	633	-904	-3181.7	3.521
171	609	-394	-3172.9	8.060
172	633	-773	-3181.7	4.117
173	609	-471	-3172.9	6.731
174	633	-850	-3181.7	3.741
175	609	-602	-3172.9	5.268
176	633	-981	-3181.7	3.242
177	633	-921	-3181.7	3.453
178	633	-703	-3181.7	4.524
179	633	-833	-3181.7	3.821
180	633	-1051	-3181.7	3.027
181	609	-529	-3172.9	5.996
182	573	-549	-3159.1	5.752
183	609	-398	-3172.9	7.967
184	573	-418	-3159.1	7.553
185	609	-476	-3172.9	6.667
186	573	-496	-3159.1	6.370
187	609	-607	-3172.9	5.228
188	573	-627	-3159.1	5.039
189	573	-567	-3159.1	5.572
190	573	-349	-3159.1	9.059
191	573	-478	-3159.1	6.606
192	573	-696	-3159.1	4.536
193	609	-529	-3172.9	5.996
194	633	-908	-3181.7	3.503

195	609	-398	-3172.9	7.967
196	633	-777	-3181.7	4.093
197	609	-476	-3172.9	6.667
198	633	-855	-3181.7	3.721
199	609	-607	-3172.9	5.228
200	633	-986	-3181.7	3.227
201	633	-926	-3181.7	3.436
202	633	-708	-3181.7	4.495
203	633	-837	-3181.7	3.800
204	633	-1056	-3181.7	3.014
205	305	-370	-3050.0	8.248
206	305	-588	-3050.0	5.187
207	305	-486	-3050.0	6.276
208	305	-268	-3050.0	11.391
209	758	-1422	-3228.6	2.270
210	692	-1263	-3204.0	2.537
211	758	-1291	-3228.6	2.500
212	692	-1132	-3204.0	2.831
213	758	-1369	-3228.6	2.358
214	692	-1210	-3204.0	2.649
215	758	-1500	-3228.6	2.152
216	692	-1341	-3204.0	2.390
217	692	-1281	-3204.0	2.502
218	692	-1062	-3204.0	3.016
219	692	-1192	-3204.0	2.688
220	692	-1410	-3204.0	2.272
221	758	-1422	-3228.6	2.270
222	692	-1263	-3204.0	2.537
223	758	-1291	-3228.6	2.500
224	692	-1132	-3204.0	2.831
225	758	-1369	-3228.6	2.358
226	692	-1210	-3204.0	2.649
227	758	-1500	-3228.6	2.152
228	692	-1341	-3204.0	2.390
229	692	-1281	-3204.0	2.502
230	692	-1062	-3204.0	3.016
231	692	-1192	-3204.0	2.688
232	692	-1410	-3204.0	2.272
233	758	-1427	-3228.6	2.263
234	692	-1267	-3204.0	2.528
235	758	-1296	-3228.6	2.491
236	692	-1136	-3204.0	2.819
237	758	-1374	-3228.6	2.350
238	692	-1214	-3204.0	2.639
239	758	-1505	-3228.6	2.146
240	692	-1345	-3204.0	2.382

241	692	-1285	-3204.0	2.493
242	692	-1067	-3204.0	3.003
243	692	-1196	-3204.0	2.678
244	692	-1415	-3204.0	2.265
245	758	-1427	-3228.6	2.263
246	692	-1267	-3204.0	2.528
247	758	-1296	-3228.6	2.491
248	692	-1136	-3204.0	2.819
249	758	-1374	-3228.6	2.350
250	692	-1214	-3204.0	2.639
251	758	-1505	-3228.6	2.146
252	692	-1345	-3204.0	2.382
253	692	-1285	-3204.0	2.493
254	692	-1067	-3204.0	3.003
255	692	-1196	-3204.0	2.678
256	692	-1415	-3204.0	2.265
257	305	-370	-3050.0	8.248
258	305	-588	-3050.0	5.187
259	305	-486	-3050.0	6.276
260	305	-268	-3050.0	11.391
261	311	-122	-3052.5	25.029
262	311	-49	-3052.5	62.016
263	332	-246	-3060.9	12.454
264	332	-173	-3060.9	17.689
265	311	-92	-3052.5	33.040
266	311	-165	-3052.5	18.486
267	434	-896	-3103.1	3.464
268	434	-823	-3103.1	3.770
269	332	-216	-3060.9	14.157
270	332	-289	-3060.9	10.593
271	455	-1020	-3111.3	3.051
272	455	-947	-3111.3	3.286
273	434	-866	-3103.1	3.582
274	434	-939	-3103.1	3.305
275	455	-990	-3111.3	3.142
276	455	-1063	-3111.3	2.927
277	296	-101	-3046.0	30.140
278	296	-28	-3046.0	107.537
279	316	-225	-3054.4	13.582
280	316	-152	-3054.4	20.075
281	296	-71	-3046.0	42.607
282	296	-144	-3046.0	21.119
283	419	-875	-3096.7	3.539
284	419	-802	-3096.7	3.860
285	316	-195	-3054.4	15.638
286	316	-268	-3054.4	11.395

287	439	-999	-3104.9	3.109
288	439	-926	-3104.9	3.353
289	419	-845	-3096.7	3.663
290	419	-918	-3096.7	3.373
291	439	-969	-3104.9	3.204
292	439	-1042	-3104.9	2.980
293	373	-412	-3077.9	7.475
294	373	-339	-3077.9	9.079
295	393	-536	-3086.3	5.763
296	393	-463	-3086.3	6.668
297	373	-382	-3077.9	8.054
298	373	-455	-3077.9	6.766
299	410	-644	-3093.1	4.804
300	410	-571	-3093.1	5.415
301	393	-506	-3086.3	6.099
302	393	-579	-3086.3	5.333
303	430	-768	-3101.4	4.040
304	430	-695	-3101.4	4.462
305	410	-614	-3093.1	5.035
306	410	-687	-3093.1	4.502
307	430	-738	-3101.4	4.202
308	430	-811	-3101.4	3.825
309	320	-342	-3056.1	8.934
310	320	-269	-3056.1	11.346
311	341	-466	-3064.5	6.577
312	341	-393	-3064.5	7.794
313	320	-313	-3056.1	9.779
314	320	-385	-3056.1	7.933
315	357	-574	-3071.3	5.348
316	357	-502	-3071.3	6.124
317	341	-436	-3064.5	7.023
318	341	-509	-3064.5	6.020
319	377	-698	-3079.8	4.412
320	377	-625	-3079.8	4.925
321	357	-545	-3071.3	5.639
322	357	-617	-3071.3	4.975
323	377	-669	-3079.8	4.607
324	377	-741	-3079.8	4.155

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.	\emptyset_{sup}	32	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	26	mm
Diametro ferro ortogonale	\emptyset_{ferro} ortogonale	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	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	VEdy	NEd	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	-552.1	1021.6	0.9	625.2				1.132

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	-43	0.13						
2	Non fessurata	0	-32	0.13						
3	Non fessurata	0	-39	0.13						
4	Non fessurata	0	-50	0.13						
5	Non fessurata	0	-38	0.13						
6	Non fessurata	0	-26	0.13						
7	Non fessurata	0	-33	0.13						
8	Non fessurata	0	-44	0.13						
9	Non fessurata	0	-46	0.13						
#	Non fessurata	0	-35	0.13						
#	Non fessurata	0	-42	0.13						
#	Non fessurata	0	-53	0.13						
#	Non fessurata	0	-40	0.13						
#	Non fessurata	0	-29	0.13						
#	Non fessurata	0	-36	0.13						
#	Non fessurata	0	-47	0.13						
#	Fessurata	-101	-92	0.13	#####	100	239	####	0.071	0.121
#	Fessurata	-90	-90	0.13	#####	100	239	####	0.053	0.091
#	Fessurata	-97	-91	0.13	#####	100	239	####	0.064	0.109
#	Fessurata	-108	-93	0.13	#####	100	239	####	0.082	0.140
#	Fessurata	-104	-92	0.13	#####	100	239	####	0.076	0.129
#	Fessurata	-93	-91	0.13	#####	100	239	####	0.058	0.098
#	Fessurata	-100	-92	0.13	#####	100	239	####	0.069	0.117
#	Fessurata	-111	-93	0.13	#####	100	239	####	0.087	0.147
#	Non fessurata	0	-40	0.13						
#	Non fessurata	0	-29	0.13						
#	Non fessurata	0	-36	0.13						
#	Non fessurata	0	-47	0.13						
#	Non fessurata	0	-38	0.13						
#	Non fessurata	0	-26	0.13						
#	Non fessurata	0	-33	0.13						
#	Non fessurata	0	-44	0.13						
#	Non fessurata	0	-43	0.13						
#	Non fessurata	0	-32	0.13						
#	Non fessurata	0	-39	0.13						
#	Non fessurata	0	-50	0.13						
#	Non fessurata	0	-40	0.13						
#	Non fessurata	0	-29	0.13						
#	Non fessurata	0	-36	0.13						
#	Non fessurata	0	-47	0.13						
#	Non fessurata	0	-69	0.13						
#	Non fessurata	0	-58	0.13						
#	Non fessurata	0	-65	0.13						
#	Non fessurata	0	-76	0.13						
#	Non fessurata	0	-72	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 a spinta</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	45 di 95

#	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	-43	0.13					
#	Non fessurata	0	-32	0.13					
#	Non fessurata	0	-39	0.13					
#	Non fessurata	0	-50	0.13					
#	Non fessurata	0	-46	0.13					
#	Non fessurata	0	-35	0.13					
#	Non fessurata	0	-42	0.13					
#	Non fessurata	0	-53	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	26	26.55	24.4
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	1133	-1786	-3365.0	1.88
2	1041	-1610	-3340.2	2.08
3	1133	-1826	-3365.0	1.84
4	1041	-1650	-3340.2	2.02
5	1133	-1846	-3365.0	1.82
6	1041	-1669	-3340.2	2.00
7	1133	-1805	-3365.0	1.86
8	1041	-1629	-3340.2	2.05
9	1041	-1590	-3340.2	2.10
10	1041	-1657	-3340.2	2.02
11	1041	-1689	-3340.2	1.98
12	1041	-1622	-3340.2	2.06
13	1133	-1786	-3365.0	1.88
14	672	-904	-3237.7	3.58
15	1133	-1826	-3365.0	1.84
16	672	-944	-3237.7	3.43
17	1133	-1846	-3365.0	1.82
18	672	-963	-3237.7	3.36
19	1133	-1805	-3365.0	1.86
20	672	-923	-3237.7	3.51
21	672	-884	-3237.7	3.66
22	672	-951	-3237.7	3.40
23	672	-983	-3237.7	3.29
24	672	-916	-3237.7	3.54
25	1133	-1781	-3365.0	1.89
26	1041	-1605	-3340.2	2.08
27	1133	-1821	-3365.0	1.85
28	1041	-1645	-3340.2	2.03
29	1133	-1840	-3365.0	1.83
30	1041	-1664	-3340.2	2.01
31	1133	-1800	-3365.0	1.87
32	1041	-1624	-3340.2	2.06
33	1041	-1585	-3340.2	2.11
34	1041	-1652	-3340.2	2.02
35	1041	-1684	-3340.2	1.98
36	1041	-1617	-3340.2	2.07
37	1133	-1781	-3365.0	1.89
38	672	-899	-3237.7	3.60
39	1133	-1821	-3365.0	1.85
40	672	-939	-3237.7	3.45

41	1133	-1840	-3365.0	1.83
42	672	-958	-3237.7	3.38
43	1133	-1800	-3365.0	1.87
44	672	-918	-3237.7	3.53
45	672	-879	-3237.7	3.68
46	672	-946	-3237.7	3.42
47	672	-978	-3237.7	3.31
48	672	-911	-3237.7	3.55
49	485	-719	-3183.7	4.43
50	485	-652	-3183.7	4.88
51	485	-590	-3183.7	5.40
52	485	-657	-3183.7	4.85
53	1059	-2201	-3345.1	1.52
54	982	-1942	-3324.1	1.71
55	1059	-2241	-3345.1	1.49
56	982	-1982	-3324.1	1.68
57	1059	-2260	-3345.1	1.48
58	982	-2001	-3324.1	1.66
59	1059	-2220	-3345.1	1.51
60	982	-1961	-3324.1	1.70
61	982	-1922	-3324.1	1.73
62	982	-1989	-3324.1	1.67
63	982	-2021	-3324.1	1.65
64	982	-1954	-3324.1	1.70
65	1059	-2201	-3345.1	1.52
66	672	-904	-3237.7	3.58
67	1059	-2241	-3345.1	1.49
68	672	-944	-3237.7	3.43
69	1059	-2260	-3345.1	1.48
70	672	-963	-3237.7	3.36
71	1059	-2220	-3345.1	1.51
72	672	-923	-3237.7	3.51
73	672	-884	-3237.7	3.66
74	672	-951	-3237.7	3.40
75	672	-983	-3237.7	3.29
76	672	-916	-3237.7	3.54
77	1059	-2196	-3345.1	1.52
78	982	-1936	-3324.1	1.72
79	1059	-2236	-3345.1	1.50
80	982	-1977	-3324.1	1.68
81	1059	-2255	-3345.1	1.48
82	982	-1996	-3324.1	1.67
83	1059	-2215	-3345.1	1.51
84	982	-1956	-3324.1	1.70
85	982	-1917	-3324.1	1.73
86	982	-1984	-3324.1	1.68

87	982	-2016	-3324.1	1.65
88	982	-1949	-3324.1	1.71
89	1059	-2196	-3345.1	1.52
90	672	-899	-3237.7	3.60
91	1059	-2236	-3345.1	1.50
92	672	-939	-3237.7	3.45
93	1059	-2255	-3345.1	1.48
94	672	-958	-3237.7	3.38
95	1059	-2215	-3345.1	1.51
96	672	-918	-3237.7	3.53
97	672	-879	-3237.7	3.68
98	672	-946	-3237.7	3.42
99	672	-978	-3237.7	3.31
100	672	-911	-3237.7	3.55
101	485	-719	-3183.7	4.43
102	485	-652	-3183.7	4.88
103	485	-590	-3183.7	5.40
104	485	-657	-3183.7	4.85
105	1207	-1371	-3384.7	2.47
106	1100	-1278	-3356.1	2.63
107	1207	-1412	-3384.7	2.40
108	1100	-1318	-3356.1	2.55
109	1207	-1431	-3384.7	2.37
110	1100	-1337	-3356.1	2.51
111	1207	-1391	-3384.7	2.43
112	1100	-1297	-3356.1	2.59
113	1100	-1258	-3356.1	2.67
114	1100	-1325	-3356.1	2.53
115	1100	-1357	-3356.1	2.47
116	1100	-1290	-3356.1	2.60
117	1207	-1371	-3384.7	2.47
118	731	-572	-3254.5	5.69
119	1207	-1412	-3384.7	2.40
120	731	-612	-3254.5	5.32
121	1207	-1431	-3384.7	2.37
122	731	-631	-3254.5	5.16
123	1207	-1391	-3384.7	2.43
124	731	-591	-3254.5	5.51
125	731	-552	-3254.5	5.89
126	731	-619	-3254.5	5.26
127	731	-651	-3254.5	5.00
128	731	-584	-3254.5	5.57
129	1207	-1366	-3384.7	2.48
130	1100	-1273	-3356.1	2.64
131	1207	-1406	-3384.7	2.41
132	1100	-1313	-3356.1	2.56

133	1207	-1426	-3384.7	2.37
134	1100	-1332	-3356.1	2.52
135	1207	-1385	-3384.7	2.44
136	1100	-1292	-3356.1	2.60
137	1100	-1253	-3356.1	2.68
138	1100	-1320	-3356.1	2.54
139	1100	-1352	-3356.1	2.48
140	1100	-1285	-3356.1	2.61
141	1207	-1366	-3384.7	2.48
142	731	-567	-3254.5	5.74
143	1207	-1406	-3384.7	2.41
144	731	-607	-3254.5	5.36
145	1207	-1426	-3384.7	2.37
146	731	-626	-3254.5	5.20
147	1207	-1385	-3384.7	2.44
148	731	-586	-3254.5	5.55
149	731	-547	-3254.5	5.95
150	731	-614	-3254.5	5.30
151	731	-646	-3254.5	5.04
152	731	-579	-3254.5	5.62
153	485	-719	-3183.7	4.43
154	485	-652	-3183.7	4.88
155	485	-590	-3183.7	5.40
156	485	-657	-3183.7	4.85
157	829	-1760	-3281.9	1.86
158	797	-1589	-3273.2	2.06
159	829	-1800	-3281.9	1.82
160	797	-1629	-3273.2	2.01
161	829	-1819	-3281.9	1.80
162	797	-1648	-3273.2	1.99
163	829	-1779	-3281.9	1.84
164	797	-1608	-3273.2	2.04
165	797	-1569	-3273.2	2.09
166	797	-1636	-3273.2	2.00
167	797	-1668	-3273.2	1.96
168	797	-1601	-3273.2	2.04
169	829	-1760	-3281.9	1.86
170	857	-1257	-3289.6	2.62
171	829	-1800	-3281.9	1.82
172	857	-1297	-3289.6	2.54
173	829	-1819	-3281.9	1.80
174	857	-1316	-3289.6	2.50
175	829	-1779	-3281.9	1.84
176	857	-1276	-3289.6	2.58
177	857	-1237	-3289.6	2.66
178	857	-1304	-3289.6	2.52

179	857	-1336	-3289.6	2.46
180	857	-1269	-3289.6	2.59
181	829	-1755	-3281.9	1.87
182	797	-1583	-3273.2	2.07
183	829	-1795	-3281.9	1.83
184	797	-1624	-3273.2	2.02
185	829	-1814	-3281.9	1.81
186	797	-1643	-3273.2	1.99
187	829	-1774	-3281.9	1.85
188	797	-1603	-3273.2	2.04
189	797	-1564	-3273.2	2.09
190	797	-1631	-3273.2	2.01
191	797	-1663	-3273.2	1.97
192	797	-1596	-3273.2	2.05
193	829	-1755	-3281.9	1.87
194	857	-1252	-3289.6	2.63
195	829	-1795	-3281.9	1.83
196	857	-1292	-3289.6	2.55
197	829	-1814	-3281.9	1.81
198	857	-1311	-3289.6	2.51
199	829	-1774	-3281.9	1.85
200	857	-1271	-3289.6	2.59
201	857	-1232	-3289.6	2.67
202	857	-1299	-3289.6	2.53
203	857	-1331	-3289.6	2.47
204	857	-1264	-3289.6	2.60
205	485	-719	-3183.7	4.43
206	485	-652	-3183.7	4.88
207	485	-590	-3183.7	5.40
208	485	-657	-3183.7	4.85
209	977	-930	-3322.8	3.57
210	916	-925	-3306.0	3.57
211	977	-970	-3322.8	3.42
212	916	-965	-3306.0	3.43
213	977	-990	-3322.8	3.36
214	916	-984	-3306.0	3.36
215	977	-949	-3322.8	3.50
216	916	-944	-3306.0	3.50
217	916	-905	-3306.0	3.65
218	916	-972	-3306.0	3.40
219	916	-1004	-3306.0	3.29
220	916	-937	-3306.0	3.53
221	977	-930	-3322.8	3.57
222	916	-925	-3306.0	3.57
223	977	-970	-3322.8	3.42
224	916	-965	-3306.0	3.43

225	977	-990	-3322.8	3.36
226	916	-984	-3306.0	3.36
227	977	-949	-3322.8	3.50
228	916	-944	-3306.0	3.50
229	916	-905	-3306.0	3.65
230	916	-972	-3306.0	3.40
231	916	-1004	-3306.0	3.29
232	916	-937	-3306.0	3.53
233	977	-925	-3322.8	3.59
234	916	-920	-3306.0	3.59
235	977	-965	-3322.8	3.44
236	916	-960	-3306.0	3.44
237	977	-984	-3322.8	3.38
238	916	-979	-3306.0	3.38
239	977	-944	-3322.8	3.52
240	916	-939	-3306.0	3.52
241	916	-900	-3306.0	3.67
242	916	-967	-3306.0	3.42
243	916	-999	-3306.0	3.31
244	916	-932	-3306.0	3.55
245	977	-925	-3322.8	3.59
246	916	-920	-3306.0	3.59
247	977	-965	-3322.8	3.44
248	916	-960	-3306.0	3.44
249	977	-984	-3322.8	3.38
250	916	-979	-3306.0	3.38
251	977	-944	-3322.8	3.52
252	916	-939	-3306.0	3.52
253	916	-900	-3306.0	3.67
254	916	-967	-3306.0	3.42
255	916	-999	-3306.0	3.31
256	916	-932	-3306.0	3.55
257	485	-719	-3183.7	4.43
258	485	-652	-3183.7	4.88
259	485	-590	-3183.7	5.40
260	485	-657	-3183.7	4.85
261	485	-1242	-3183.6	2.56
262	485	-1265	-3183.6	2.52
263	505	-1128	-3189.6	2.83
264	505	-1150	-3189.6	2.77
265	485	-1275	-3183.6	2.50
266	485	-1253	-3183.6	2.54
267	608	-401	-3219.4	8.04
268	608	-423	-3219.4	7.61
269	505	-1161	-3189.6	2.75
270	505	-1138	-3189.6	2.80

271	628	-286	-3225.2	11.27
272	628	-309	-3225.2	10.45
273	608	-434	-3219.4	7.42
274	608	-411	-3219.4	7.83
275	628	-319	-3225.2	10.10
276	628	-297	-3225.2	10.86
277	469	-1226	-3179.0	2.59
278	469	-1249	-3179.0	2.55
279	489	-1112	-3185.0	2.86
280	489	-1134	-3185.0	2.81
281	469	-1259	-3179.0	2.52
282	469	-1237	-3179.0	2.57
283	592	-385	-3214.8	8.36
284	592	-407	-3214.8	7.90
285	489	-1145	-3185.0	2.78
286	489	-1123	-3185.0	2.84
287	612	-270	-3220.7	11.91
288	612	-293	-3220.7	11.01
289	592	-418	-3214.8	7.70
290	592	-395	-3214.8	8.13
291	612	-303	-3220.7	10.62
292	612	-281	-3220.7	11.46
293	546	-958	-3201.5	3.34
294	546	-980	-3201.5	3.27
295	567	-843	-3207.4	3.80
296	567	-866	-3207.4	3.70
297	546	-991	-3201.5	3.23
298	546	-968	-3201.5	3.31
299	583	-705	-3212.2	4.55
300	583	-728	-3212.2	4.41
301	567	-876	-3207.4	3.66
302	567	-854	-3207.4	3.76
303	603	-591	-3218.2	5.45
304	603	-613	-3218.2	5.25
305	583	-738	-3212.2	4.35
306	583	-716	-3212.2	4.49
307	603	-624	-3218.2	5.16
308	603	-602	-3218.2	5.35
309	493	-905	-3186.2	3.52
310	493	-927	-3186.2	3.44
311	514	-790	-3192.1	4.04
312	514	-813	-3192.1	3.93
313	493	-938	-3186.2	3.40
314	493	-916	-3186.2	3.48
315	530	-652	-3196.9	4.90
316	530	-675	-3196.9	4.74



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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	54 di 95

317	514	-823	-3192.1	3.88
318	514	-801	-3192.1	3.98
319	551	-538	-3202.8	5.95
320	551	-560	-3202.8	5.72
321	530	-685	-3196.9	4.66
322	530	-663	-3196.9	4.82
323	551	-571	-3202.8	5.61
324	551	-549	-3202.8	5.84

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	841.5	1049.0			3860.3	1383.0	1383.0	1.643

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-111	-82	0.13	#####	100	227	####	0.091	0.155	Verificato
2	Fessurata	-114	-83	0.13	#####	100	227	####	0.095	0.161	Verificato
3	Fessurata	-115	-83	0.13	#####	100	227	####	0.097	0.165	Verificato
4	Fessurata	-113	-83	0.13	#####	100	227	####	0.094	0.159	Verificato
5	Non fessurata	0	-44	0.13							
6	Non fessurata	0	-46	0.13							
7	Non fessurata	0	-48	0.13							
8	Non fessurata	0	-45	0.13							
9	Fessurata	-108	-82	0.13	#####	100	227	####	0.087	0.149	Verificato
#	Fessurata	-111	-82	0.13	#####	100	227	####	0.091	0.155	Verificato
#	Fessurata	-113	-83	0.13	#####	100	227	####	0.093	0.159	Verificato
#	Fessurata	-110	-82	0.13	#####	100	227	####	0.090	0.153	Verificato
#	Non fessurata	0	-41	0.13							
#	Non fessurata	0	-44	0.13							
#	Non fessurata	0	-45	0.13							
#	Non fessurata	0	-43	0.13							
#	Non fessurata	0	-59	0.13							
#	Non fessurata	0	-62	0.13							
#	Fessurata	-64	-76	0.13	#####	100	223	####	0.028	0.048	Verificato
#	Non fessurata	0	-61	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-59	0.13							
#	Non fessurata	0	-61	0.13							
#	Non fessurata	0	-58	0.13							
#	Fessurata	-77	-81	0.13	#####	100	226	####	0.040	0.068	Verificato
#	Fessurata	-80	-81	0.13	#####	100	226	####	0.044	0.074	Verificato
#	Fessurata	-82	-81	0.13	#####	100	226	####	0.046	0.079	Verificato
#	Fessurata	-79	-81	0.13	#####	100	226	####	0.042	0.072	Verificato
#	Non fessurata	0	-44	0.13							
#	Non fessurata	0	-46	0.13							
#	Non fessurata	0	-48	0.13							
#	Non fessurata	0	-45	0.13							
#	Fessurata	-75	-80	0.13	#####	100	226	####	0.035	0.060	Verificato
#	Fessurata	-77	-81	0.13	#####	100	226	####	0.039	0.067	Verificato
#	Fessurata	-79	-81	0.13	#####	100	226	####	0.042	0.072	Verificato
#	Fessurata	-76	-81	0.13	#####	100	226	####	0.038	0.065	Verificato
#	Non fessurata	0	-41	0.13							
#	Non fessurata	0	-44	0.13							
#	Non fessurata	0	-45	0.13							
#	Non fessurata	0	-43	0.13							
#	Non fessurata	0	-52	0.13							
#	Non fessurata	0	-54	0.13							

SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica
Relazione di calcolo sottopasso a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	57 di 95

#	Non fessurata	0	-56	0.13							
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-49	0.13							
#	Non fessurata	0	-51	0.13							
#	Non fessurata	0	-53	0.13							
#	Non fessurata	0	-51	0.13							
#	Fessurata	-111	-82	0.13	#####	100	227	####	0.091	0.155	Verificato
#	Fessurata	-114	-83	0.13	#####	100	227	####	0.095	0.161	Verificato
#	Fessurata	-115	-83	0.13	#####	100	227	####	0.097	0.165	Verificato
#	Fessurata	-113	-83	0.13	#####	100	227	####	0.094	0.159	Verificato
#	Fessurata	-108	-82	0.13	#####	100	227	####	0.087	0.149	Verificato
#	Fessurata	-111	-82	0.13	#####	100	227	####	0.091	0.155	Verificato
#	Fessurata	-113	-83	0.13	#####	100	227	####	0.093	0.159	Verificato
#	Fessurata	-110	-82	0.13	#####	100	227	####	0.090	0.153	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	495	-1213	-3127.4	2.58
2	450	-1088	-3109.5	2.86
3	469	-1075	-3116.8	2.90
4	424	-950	-3098.9	3.26
5	477	-1155	-3120.4	2.70
6	433	-1030	-3102.5	3.01
7	504	-1293	-3131.0	2.42
8	459	-1168	-3113.1	2.67
9	456	-1107	-3111.8	2.81
10	412	-877	-3094.2	3.53
11	427	-1010	-3100.2	3.07
12	471	-1241	-3117.9	2.51
13	495	-1213	-3127.4	2.58
14	273	-587	-3036.8	5.18
15	469	-1075	-3116.8	2.90
16	247	-448	-3026.0	6.75
17	477	-1155	-3120.4	2.70
18	256	-529	-3029.7	5.73
19	504	-1293	-3131.0	2.42
20	282	-667	-3040.5	4.56
21	279	-606	-3039.2	5.02
22	235	-376	-3021.2	8.04
23	250	-509	-3027.3	5.94
24	294	-740	-3045.3	4.12
25	496	-1218	-3128.0	2.57
26	452	-1093	-3110.1	2.85
27	470	-1080	-3117.4	2.89
28	426	-955	-3099.5	3.25
29	479	-1160	-3121.0	2.69
30	435	-1035	-3103.1	3.00
31	505	-1298	-3131.6	2.41
32	461	-1173	-3113.7	2.65
33	458	-1112	-3112.4	2.80
34	414	-882	-3094.8	3.51
35	429	-1015	-3100.8	3.05
36	473	-1246	-3118.4	2.50
37	496	-1218	-3128.0	2.57
38	275	-592	-3037.4	5.13
39	470	-1080	-3117.4	2.89
40	248	-453	-3026.6	6.68
41	479	-1160	-3121.0	2.69
42	257	-534	-3030.3	5.68

43	505	-1298	-3131.6	2.41
44	284	-672	-3041.1	4.53
45	280	-611	-3039.8	4.98
46	237	-381	-3021.8	7.94
47	252	-514	-3027.9	5.89
48	295	-744	-3045.9	4.09
49	157	-333	-2988.6	8.99
50	201	-563	-3006.9	5.34
51	195	-459	-3004.4	6.54
52	151	-229	-2986.0	13.05
53	378	-748	-3079.9	4.12
54	357	-716	-3071.3	4.29
55	352	-610	-3069.1	5.03
56	331	-578	-3060.5	5.30
57	361	-690	-3072.8	4.45
58	340	-658	-3064.2	4.66
59	387	-828	-3083.6	3.72
60	366	-796	-3075.0	3.86
61	363	-735	-3073.6	4.18
62	319	-505	-3055.7	6.05
63	334	-639	-3061.8	4.79
64	378	-869	-3079.8	3.55
65	378	-748	-3079.9	4.12
66	273	-587	-3036.8	5.18
67	352	-610	-3069.1	5.03
68	247	-448	-3026.0	6.75
69	361	-690	-3072.8	4.45
70	256	-529	-3029.7	5.73
71	387	-828	-3083.6	3.72
72	282	-667	-3040.5	4.56
73	279	-606	-3039.2	5.02
74	235	-376	-3021.2	8.04
75	250	-509	-3027.3	5.94
76	294	-740	-3045.3	4.12
77	379	-753	-3080.5	4.09
78	358	-721	-3071.9	4.26
79	353	-615	-3069.7	4.99
80	332	-583	-3061.1	5.25
81	362	-695	-3073.4	4.42
82	341	-663	-3064.8	4.62
83	388	-833	-3084.2	3.70
84	367	-801	-3075.6	3.84
85	364	-740	-3074.3	4.15
86	320	-510	-3056.3	5.99
87	335	-644	-3062.4	4.76
88	379	-874	-3080.4	3.53

89	379	-753	-3080.5	4.09
90	275	-592	-3037.4	5.13
91	353	-615	-3069.7	4.99
92	248	-453	-3026.6	6.68
93	362	-695	-3073.4	4.42
94	257	-534	-3030.3	5.68
95	388	-833	-3084.2	3.70
96	284	-672	-3041.1	4.53
97	280	-611	-3039.8	4.98
98	237	-381	-3021.8	7.94
99	252	-514	-3027.9	5.89
100	295	-744	-3045.9	4.09
101	157	-333	-2988.6	8.99
102	201	-563	-3006.9	5.34
103	195	-459	-3004.4	6.54
104	151	-229	-2986.0	13.05
105	612	-1678	-3173.7	1.89
106	544	-1460	-3147.3	2.16
107	585	-1540	-3163.7	2.05
108	518	-1321	-3136.7	2.37
109	594	-1620	-3167.2	1.96
110	527	-1402	-3140.3	2.24
111	621	-1758	-3177.1	1.81
112	553	-1540	-3150.9	2.05
113	550	-1479	-3149.6	2.13
114	506	-1249	-3131.9	2.51
115	521	-1382	-3138.0	2.27
116	565	-1613	-3155.6	1.96
117	612	-1678	-3173.7	1.89
118	367	-958	-3075.3	3.21
119	585	-1540	-3163.7	2.05
120	341	-820	-3064.5	3.74
121	594	-1620	-3167.2	1.96
122	349	-900	-3068.2	3.41
123	621	-1758	-3177.1	1.81
124	376	-1039	-3079.0	2.96
125	372	-978	-3077.7	3.15
126	329	-748	-3059.7	4.09
127	344	-881	-3065.9	3.48
128	387	-1111	-3083.9	2.77
129	613	-1683	-3174.3	1.89
130	545	-1465	-3147.9	2.15
131	587	-1545	-3164.3	2.05
132	519	-1326	-3137.3	2.37
133	596	-1625	-3167.8	1.95
134	528	-1407	-3140.9	2.23

135	622	-1763	-3177.7	1.80
136	554	-1545	-3151.5	2.04
137	551	-1484	-3150.2	2.12
138	507	-1254	-3132.5	2.50
139	522	-1387	-3138.6	2.26
140	566	-1618	-3156.2	1.95
141	613	-1683	-3174.3	1.89
142	368	-963	-3075.9	3.19
143	587	-1545	-3164.3	2.05
144	342	-825	-3065.1	3.71
145	596	-1625	-3167.8	1.95
146	351	-905	-3068.8	3.39
147	622	-1763	-3177.7	1.80
148	377	-1044	-3079.6	2.95
149	374	-983	-3078.3	3.13
150	330	-753	-3060.3	4.07
151	345	-886	-3066.5	3.46
152	389	-1116	-3084.5	2.76
153	157	-333	-2988.6	8.99
154	201	-563	-3006.9	5.34
155	195	-459	-3004.4	6.54
156	151	-229	-2986.0	13.05
157	267	-435	-3034.3	6.98
158	268	-465	-3034.8	6.52
159	241	-297	-3023.5	10.19
160	242	-327	-3024.0	9.24
161	250	-377	-3027.2	8.03
162	251	-407	-3027.7	7.43
163	276	-515	-3038.0	5.90
164	277	-545	-3038.5	5.57
165	274	-485	-3037.1	6.27
166	230	-254	-3019.2	11.87
167	245	-388	-3025.3	7.80
168	289	-618	-3043.3	4.92
169	267	-435	-3034.3	6.98
170	362	-837	-3073.3	3.67
171	241	-297	-3023.5	10.19
172	336	-699	-3062.5	4.38
173	250	-377	-3027.2	8.03
174	345	-779	-3066.2	3.94
175	276	-515	-3038.0	5.90
176	371	-917	-3077.0	3.35
177	368	-856	-3075.7	3.59
178	324	-626	-3057.7	4.88
179	339	-760	-3063.8	4.03
180	382	-990	-3081.8	3.11

181	269	-440	-3034.9	6.90
182	270	-470	-3035.4	6.45
183	242	-302	-3024.1	10.02
184	244	-332	-3024.6	9.11
185	251	-382	-3027.8	7.93
186	253	-412	-3028.3	7.35
187	278	-520	-3038.6	5.84
188	279	-550	-3039.1	5.52
189	276	-490	-3037.8	6.20
190	232	-259	-3019.8	11.64
191	247	-393	-3025.9	7.70
192	290	-623	-3043.9	4.88
193	269	-440	-3034.9	6.90
194	363	-842	-3073.9	3.65
195	242	-302	-3024.1	10.02
196	337	-704	-3063.1	4.35
197	251	-382	-3027.8	7.93
198	346	-784	-3066.8	3.91
199	278	-520	-3038.6	5.84
200	372	-922	-3077.6	3.34
201	369	-861	-3076.3	3.57
202	325	-631	-3058.3	4.84
203	340	-765	-3064.4	4.01
204	384	-995	-3082.4	3.10
205	157	-333	-2988.6	8.99
206	201	-563	-3006.9	5.34
207	195	-459	-3004.4	6.54
208	151	-229	-2986.0	13.05
209	501	-1365	-3129.9	2.29
210	455	-1209	-3111.5	2.57
211	475	-1227	-3119.3	2.54
212	429	-1071	-3100.9	2.90
213	484	-1307	-3122.9	2.39
214	438	-1151	-3104.5	2.70
215	510	-1445	-3133.5	2.17
216	464	-1289	-3115.1	2.42
217	461	-1228	-3113.8	2.53
218	417	-998	-3096.2	3.10
219	432	-1132	-3102.2	2.74
220	476	-1362	-3119.8	2.29
221	501	-1365	-3129.9	2.29
222	455	-1209	-3111.5	2.57
223	475	-1227	-3119.3	2.54
224	429	-1071	-3100.9	2.90
225	484	-1307	-3122.9	2.39
226	438	-1151	-3104.5	2.70

227	510	-1445	-3133.5	2.17
228	464	-1289	-3115.1	2.42
229	461	-1228	-3113.8	2.53
230	417	-998	-3096.2	3.10
231	432	-1132	-3102.2	2.74
232	476	-1362	-3119.8	2.29
233	502	-1370	-3130.5	2.29
234	457	-1214	-3112.1	2.56
235	476	-1232	-3119.9	2.53
236	431	-1076	-3101.5	2.88
237	485	-1312	-3123.5	2.38
238	440	-1156	-3105.1	2.69
239	511	-1450	-3134.1	2.16
240	466	-1294	-3115.7	2.41
241	463	-1233	-3114.4	2.53
242	419	-1003	-3096.8	3.09
243	434	-1137	-3102.8	2.73
244	477	-1367	-3120.4	2.28
245	502	-1370	-3130.5	2.29
246	457	-1214	-3112.1	2.56
247	476	-1232	-3119.9	2.53
248	431	-1076	-3101.5	2.88
249	485	-1312	-3123.5	2.38
250	440	-1156	-3105.1	2.69
251	511	-1450	-3134.1	2.16
252	466	-1294	-3115.7	2.41
253	463	-1233	-3114.4	2.53
254	419	-1003	-3096.8	3.09
255	434	-1137	-3102.8	2.73
256	477	-1367	-3120.4	2.28
257	157	-333	-2988.6	8.99
258	201	-563	-3006.9	5.34
259	195	-459	-3004.4	6.54
260	151	-229	-2986.0	13.05
261	210	-94	-3010.8	31.93
262	195	-18	-3004.7	171.16
263	242	-223	-3024.1	13.59
264	228	-146	-3018.1	20.70
265	200	-62	-3006.8	48.43
266	215	-139	-3012.8	21.70
267	303	-867	-3049.3	3.52
268	289	-790	-3043.3	3.85
269	233	-190	-3020.1	15.87
270	247	-267	-3026.1	11.33
271	336	-995	-3062.5	3.08
272	321	-919	-3056.5	3.33

273	294	-835	-3045.3	3.65
274	308	-912	-3051.3	3.35
275	326	-963	-3058.6	3.18
276	341	-1040	-3064.6	2.95
277	209	-77	-3010.5	39.21
278	195	0	-3004.3	66467.89
279	241	-205	-3023.7	14.75
280	227	-128	-3017.7	23.52
281	200	-45	-3006.4	67.44
282	214	-121	-3012.5	24.83
283	303	-850	-3048.9	3.59
284	288	-773	-3042.9	3.94
285	232	-173	-3019.8	17.47
286	246	-250	-3025.8	12.12
287	335	-978	-3062.2	3.13
288	320	-901	-3056.2	3.39
289	293	-817	-3045.0	3.73
290	308	-894	-3051.0	3.41
291	325	-946	-3058.3	3.23
292	340	-1022	-3064.3	3.00
293	204	-369	-3008.2	8.15
294	189	-293	-3002.1	10.26
295	236	-498	-3021.5	6.07
296	222	-421	-3015.5	7.17
297	194	-337	-3004.2	8.91
298	209	-414	-3010.3	7.27
299	232	-601	-3019.8	5.02
300	217	-524	-3013.8	5.75
301	227	-465	-3017.6	6.49
302	241	-542	-3023.6	5.58
303	264	-729	-3033.1	4.16
304	250	-653	-3027.1	4.64
305	222	-569	-3015.9	5.30
306	237	-646	-3021.9	4.68
307	255	-697	-3029.1	4.34
308	269	-774	-3035.1	3.92
309	201	-311	-3007.1	9.67
310	187	-234	-3001.0	12.82
311	234	-439	-3020.5	6.88
312	219	-362	-3014.5	8.32
313	192	-279	-3003.1	10.78
314	206	-355	-3009.2	8.47
315	229	-543	-3018.7	5.56
316	215	-466	-3012.8	6.46
317	224	-407	-3016.5	7.41
318	239	-484	-3022.5	6.25



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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	66 di 95

319	262	-671	-3032.0	4.52
320	247	-594	-3026.0	5.09
321	220	-511	-3014.8	5.90
322	234	-587	-3020.8	5.14
323	252	-639	-3028.1	4.74
324	267	-716	-3034.1	4.24

 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 a spinta</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0900001	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 _{dy}	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	-874.8	606.5			3767.9	1383.0	1383.0	1.581

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	-38	0.13						
2	Non fessurata	0	-26	0.13						
3	Non fessurata	0	-33	0.13						
4	Non fessurata	0	-45	0.13						
5	Non fessurata	0	-36	0.13						
6	Non fessurata	0	-24	0.13						
7	Non fessurata	0	-31	0.13						
8	Non fessurata	0	-43	0.13						
9	Non fessurata	0	-41	0.13						
#	Non fessurata	0	-29	0.13						
#	Non fessurata	0	-36	0.13						
#	Non fessurata	0	-48	0.13						
#	Non fessurata	0	-39	0.13						
#	Non fessurata	0	-27	0.13						
#	Non fessurata	0	-35	0.13						
#	Non fessurata	0	-46	0.13						
#	Fessurata	-99	-97	0.13	#####	100	239	####	0.047	0.081
#	Fessurata	-87	-96	0.13	#####	100	239	####	0.042	0.071
#	Fessurata	-94	-97	0.13	#####	100	239	####	0.045	0.077
#	Fessurata	-106	-98	0.13	#####	100	239	####	0.051	0.086
#	Fessurata	-102	-97	0.13	#####	100	239	####	0.049	0.083
#	Fessurata	-90	-97	0.13	#####	100	239	####	0.043	0.073
#	Fessurata	-97	-97	0.13	#####	100	239	####	0.047	0.079
#	Fessurata	-109	-98	0.13	#####	100	239	####	0.052	0.089
#	Non fessurata	0	-37	0.13						
#	Non fessurata	0	-25	0.13						
#	Non fessurata	0	-32	0.13						
#	Non fessurata	0	-44	0.13						
#	Non fessurata	0	-36	0.13						
#	Non fessurata	0	-24	0.13						
#	Non fessurata	0	-31	0.13						
#	Non fessurata	0	-43	0.13						
#	Non fessurata	0	-40	0.13						
#	Non fessurata	0	-28	0.13						
#	Non fessurata	0	-35	0.13						
#	Non fessurata	0	-47	0.13						
#	Non fessurata	0	-39	0.13						
#	Non fessurata	0	-27	0.13						
#	Non fessurata	0	-35	0.13						
#	Non fessurata	0	-46	0.13						
#	Non fessurata	0	-68	0.13						
#	Non fessurata	0	-56	0.13						
#	Non fessurata	0	-63	0.13						
#	Non fessurata	0	-75	0.13						
#	Non fessurata	0	-71	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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	69 di 95

#	Non fessurata	0	-59	0.13
#	Non fessurata	0	-66	0.13
#	Non fessurata	0	-78	0.13
#	Non fessurata	0	-38	0.13
#	Non fessurata	0	-26	0.13
#	Non fessurata	0	-33	0.13
#	Non fessurata	0	-45	0.13
#	Non fessurata	0	-41	0.13
#	Non fessurata	0	-29	0.13
#	Non fessurata	0	-36	0.13
#	Non fessurata	0	-48	0.13

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>70 di 95</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	70 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	70 di 95								

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	425	1457	3099.3	2.13
2	395	1292	3086.8	2.39
3	399	1595	3088.6	1.94
4	368	1431	3076.0	2.15
5	408	1515	3092.3	2.04
6	377	1350	3079.7	2.28
7	434	1377	3102.9	2.25
8	404	1212	3090.5	2.55
9	400	1273	3089.2	2.43
10	357	1503	3071.2	2.04
11	372	1370	3077.4	2.25
12	415	1139	3095.4	2.72
13	425	1457	3099.3	2.13
14	273	633	3036.8	4.80
15	399	1595	3088.6	1.94
16	247	771	3026.0	3.92
17	408	1515	3092.3	2.04
18	256	691	3029.7	4.38
19	434	1377	3102.9	2.25
20	282	553	3040.5	5.50
21	279	614	3039.2	4.95
22	235	844	3021.2	3.58
23	250	710	3027.3	4.26
24	294	480	3045.3	6.34
25	426	1452	3099.9	2.13
26	396	1287	3087.5	2.40
27	400	1590	3089.2	1.94
28	370	1426	3076.7	2.16
29	409	1510	3092.9	2.05
30	379	1345	3080.3	2.29
31	435	1372	3103.5	2.26
32	405	1207	3091.1	2.56
33	402	1268	3089.8	2.44
34	358	1498	3071.8	2.05
35	373	1365	3078.0	2.26
36	417	1134	3096.0	2.73
37	426	1452	3099.9	2.13
38	275	628	3037.4	4.84
39	400	1590	3089.2	1.94
40	248	766	3026.6	3.95
41	409	1510	3092.9	2.05

42	257	686	3030.3	4.42
43	435	1372	3103.5	2.26
44	284	548	3041.1	5.55
45	280	609	3039.8	4.99
46	237	839	3021.8	3.60
47	252	705	3027.9	4.29
48	295	475	3045.9	6.41
49	157	535	2988.6	5.59
50	201	304	3006.9	9.88
51	195	408	3004.4	7.36
52	151	638	2986.0	4.68
53	425	1457	3099.2	2.13
54	395	1292	3086.8	2.39
55	399	1595	3088.5	1.94
56	368	1431	3076.0	2.15
57	408	1515	3092.2	2.04
58	377	1350	3079.7	2.28
59	434	1377	3102.9	2.25
60	404	1212	3090.5	2.55
61	400	1273	3089.2	2.43
62	357	1503	3071.2	2.04
63	372	1370	3077.4	2.25
64	415	1140	3095.3	2.72
65	425	1457	3099.2	2.13
66	273	633	3036.8	4.80
67	399	1595	3088.5	1.94
68	247	771	3026.0	3.92
69	408	1515	3092.2	2.04
70	256	691	3029.7	4.38
71	434	1377	3102.9	2.25
72	282	553	3040.5	5.50
73	279	614	3039.2	4.95
74	235	844	3021.2	3.58
75	250	710	3027.3	4.26
76	294	480	3045.3	6.34
77	426	1452	3099.8	2.13
78	396	1287	3087.4	2.40
79	400	1590	3089.2	1.94
80	370	1426	3076.6	2.16
81	409	1510	3092.9	2.05
82	379	1345	3080.3	2.29
83	435	1372	3103.5	2.26
84	405	1207	3091.1	2.56
85	402	1268	3089.8	2.44
86	358	1498	3071.8	2.05
87	373	1365	3078.0	2.26

88	417	1135	3095.9	2.73
89	426	1452	3099.8	2.13
90	275	628	3037.4	4.84
91	400	1590	3089.2	1.94
92	248	766	3026.6	3.95
93	409	1510	3092.9	2.05
94	257	686	3030.3	4.42
95	435	1372	3103.5	2.26
96	284	548	3041.1	5.55
97	280	609	3039.8	4.99
98	237	839	3021.8	3.60
99	252	705	3027.9	4.29
100	295	475	3045.9	6.41
101	157	535	2988.6	5.59
102	201	304	3006.9	9.88
103	195	408	3004.4	7.36
104	151	638	2986.0	4.68
105	425	1457	3099.3	2.13
106	395	1292	3086.9	2.39
107	399	1595	3088.6	1.94
108	368	1430	3076.0	2.15
109	408	1515	3092.3	2.04
110	377	1350	3079.7	2.28
111	434	1377	3102.9	2.25
112	404	1212	3090.5	2.55
113	400	1273	3089.2	2.43
114	357	1503	3071.2	2.04
115	372	1370	3077.4	2.25
116	415	1139	3095.4	2.72
117	425	1457	3099.3	2.13
118	273	633	3036.8	4.80
119	399	1595	3088.6	1.94
120	247	771	3026.0	3.92
121	408	1515	3092.3	2.04
122	256	691	3029.7	4.38
123	434	1377	3102.9	2.25
124	282	553	3040.5	5.50
125	279	614	3039.2	4.95
126	235	844	3021.2	3.58
127	250	710	3027.3	4.26
128	294	480	3045.3	6.34
129	427	1452	3099.9	2.13
130	396	1287	3087.5	2.40
131	400	1590	3089.2	1.94
132	370	1425	3076.7	2.16
133	409	1510	3092.9	2.05

134	379	1345	3080.4	2.29
135	435	1372	3103.5	2.26
136	405	1207	3091.2	2.56
137	402	1268	3089.8	2.44
138	358	1498	3071.8	2.05
139	373	1365	3078.0	2.26
140	417	1134	3096.0	2.73
141	427	1452	3099.9	2.13
142	275	628	3037.4	4.84
143	400	1590	3089.2	1.94
144	248	766	3026.6	3.95
145	409	1510	3092.9	2.05
146	257	686	3030.3	4.42
147	435	1372	3103.5	2.26
148	284	548	3041.1	5.55
149	280	609	3039.8	4.99
150	237	839	3021.8	3.60
151	252	705	3028.0	4.29
152	295	475	3045.9	6.41
153	157	535	2988.6	5.59
154	201	304	3006.9	9.88
155	195	408	3004.4	7.36
156	151	638	2986.0	4.68
157	349	1045	3068.1	2.94
158	334	963	3061.8	3.18
159	323	1183	3057.3	2.58
160	308	1101	3051.0	2.77
161	332	1103	3061.0	2.77
162	317	1021	3054.7	2.99
163	358	965	3071.8	3.18
164	343	883	3065.5	3.47
165	340	943	3064.2	3.25
166	296	1174	3046.2	2.60
167	311	1040	3052.3	2.93
168	355	810	3070.3	3.79
169	349	1045	3068.1	2.94
170	334	963	3061.8	3.18
171	323	1183	3057.3	2.58
172	308	1101	3051.0	2.77
173	332	1103	3061.0	2.77
174	317	1021	3054.7	2.99
175	358	965	3071.8	3.18
176	343	883	3065.5	3.47
177	340	943	3064.2	3.25
178	296	1174	3046.2	2.60
179	311	1040	3052.3	2.93

180	355	810	3070.3	3.79
181	351	1040	3068.7	2.95
182	335	958	3062.4	3.20
183	324	1178	3057.9	2.59
184	309	1096	3051.6	2.78
185	333	1098	3061.6	2.79
186	318	1016	3055.3	3.01
187	360	960	3072.4	3.20
188	344	878	3066.1	3.49
189	341	939	3064.8	3.27
190	297	1169	3046.8	2.61
191	312	1035	3052.9	2.95
192	356	805	3070.9	3.82
193	351	1040	3068.7	2.95
194	335	958	3062.4	3.20
195	324	1178	3057.9	2.59
196	309	1096	3051.6	2.78
197	333	1098	3061.6	2.79
198	318	1016	3055.3	3.01
199	360	960	3072.4	3.20
200	344	878	3066.1	3.49
201	341	938	3064.8	3.27
202	297	1169	3046.8	2.61
203	312	1035	3053.0	2.95
204	356	805	3070.9	3.82
205	157	535	2988.6	5.59
206	201	304	3006.9	9.88
207	195	408	3004.4	7.36
208	151	638	2986.0	4.68
209	349	1045	3068.1	2.94
210	334	963	3061.8	3.18
211	323	1183	3057.3	2.58
212	308	1101	3051.0	2.77
213	332	1103	3061.0	2.78
214	317	1021	3054.7	2.99
215	358	965	3071.8	3.18
216	343	883	3065.5	3.47
217	340	943	3064.2	3.25
218	296	1174	3046.2	2.60
219	311	1040	3052.4	2.94
220	355	810	3070.3	3.79
221	349	1045	3068.1	2.94
222	334	963	3061.8	3.18
223	323	1183	3057.3	2.58
224	308	1101	3051.0	2.77
225	332	1103	3061.0	2.78

226	317	1021	3054.7	2.99
227	358	965	3071.8	3.18
228	343	883	3065.5	3.47
229	340	943	3064.2	3.25
230	296	1174	3046.2	2.60
231	311	1040	3052.4	2.94
232	355	810	3070.3	3.79
233	351	1040	3068.7	2.95
234	335	958	3062.4	3.20
235	324	1178	3057.9	2.60
236	309	1096	3051.6	2.78
237	333	1098	3061.6	2.79
238	318	1016	3055.3	3.01
239	360	960	3072.4	3.20
240	344	878	3066.1	3.49
241	341	938	3064.8	3.27
242	298	1169	3046.8	2.61
243	312	1035	3053.0	2.95
244	356	805	3071.0	3.82
245	351	1040	3068.7	2.95
246	335	958	3062.4	3.20
247	324	1178	3057.9	2.60
248	309	1096	3051.6	2.78
249	333	1098	3061.6	2.79
250	318	1016	3055.3	3.01
251	360	960	3072.4	3.20
252	344	878	3066.1	3.49
253	341	938	3064.8	3.27
254	298	1169	3046.8	2.61
255	312	1035	3053.0	2.95
256	356	805	3071.0	3.82
257	157	535	2988.6	5.59
258	201	304	3006.9	9.88
259	195	408	3004.4	7.36
260	151	638	2986.0	4.68
261	263	545	3032.7	5.57
262	249	621	3026.7	4.87
263	263	545	3032.7	5.57
264	249	621	3026.7	4.87
265	254	577	3028.7	5.25
266	268	500	3034.7	6.07
267	263	544	3032.7	5.57
268	249	621	3026.7	4.87
269	254	577	3028.8	5.25
270	268	500	3034.7	6.07
271	263	544	3032.7	5.57

272	249	621	3026.7	4.87
273	254	577	3028.8	5.25
274	268	500	3034.8	6.07
275	254	577	3028.8	5.25
276	268	500	3034.8	6.07
277	262	518	3032.3	5.85
278	248	595	3026.4	5.09
279	262	518	3032.4	5.85
280	248	595	3026.4	5.09
281	253	550	3028.4	5.50
282	267	474	3034.4	6.41
283	262	518	3032.4	5.86
284	248	595	3026.4	5.09
285	253	550	3028.4	5.50
286	267	474	3034.4	6.41
287	262	518	3032.4	5.86
288	248	595	3026.4	5.09
289	253	550	3028.4	5.51
290	267	473	3034.4	6.41
291	253	550	3028.4	5.51
292	267	473	3034.4	6.41
293	225	591	3016.8	5.10
294	210	668	3010.8	4.51
295	225	591	3016.8	5.10
296	210	668	3010.8	4.51
297	215	624	3012.8	4.83
298	229	547	3018.8	5.52
299	225	591	3016.8	5.10
300	210	668	3010.8	4.51
301	215	624	3012.8	4.83
302	229	547	3018.8	5.52
303	225	591	3016.8	5.10
304	210	668	3010.8	4.51
305	215	624	3012.8	4.83
306	230	547	3018.8	5.52
307	215	624	3012.8	4.83
308	230	547	3018.8	5.52
309	222	503	3015.6	5.99
310	207	580	3009.6	5.19
311	222	503	3015.6	6.00
312	207	580	3009.6	5.19
313	212	535	3011.7	5.63
314	227	458	3017.7	6.58
315	222	503	3015.6	6.00
316	207	580	3009.6	5.19
317	212	535	3011.7	5.63



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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	78 di 95

318	227	458	3017.7	6.58
319	222	503	3015.6	6.00
320	207	580	3009.6	5.19
321	212	535	3011.7	5.63
322	227	458	3017.7	6.58
323	212	535	3011.7	5.63
324	227	458	3017.7	6.58



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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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	
SH18	70.3	247.8	0.2	517.6				7.362

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-113	-100	0.13	#####	100	239	####	0.082	0.140	Verificato
2	Fessurata	-127	-101	0.13	#####	100	239	####	0.104	0.176	Verificato
3	Fessurata	-119	-101	0.13	#####	100	239	####	0.092	0.156	Verificato
4	Fessurata	-105	-100	0.13	#####	100	239	####	0.070	0.118	Verificato
5	Non fessurata	0	-54	0.13							
6	Non fessurata	0	-68	0.13							
7	Non fessurata	0	-60	0.13							
8	Non fessurata	0	-47	0.13							
9	Fessurata	-109	-100	0.13	#####	100	239	####	0.076	0.129	Verificato
#	Fessurata	-123	-101	0.13	#####	100	239	####	0.098	0.166	Verificato
#	Fessurata	-115	-100	0.13	#####	100	239	####	0.086	0.146	Verificato
#	Fessurata	-101	-99	0.13	#####	100	239	####	0.063	0.108	Verificato
#	Non fessurata	0	-51	0.13							
#	Non fessurata	0	-64	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-43	0.13							
#	Fessurata	-113	-100	0.13	#####	100	239	####	0.082	0.140	Verificato
#	Fessurata	-127	-101	0.13	#####	100	239	####	0.104	0.176	Verificato
#	Fessurata	-119	-101	0.13	#####	100	239	####	0.092	0.156	Verificato
#	Fessurata	-105	-100	0.13	#####	100	239	####	0.070	0.118	Verificato
#	Fessurata	-109	-100	0.13	#####	100	239	####	0.076	0.129	Verificato
#	Fessurata	-123	-101	0.13	#####	100	239	####	0.098	0.166	Verificato
#	Fessurata	-115	-100	0.13	#####	100	239	####	0.086	0.146	Verificato
#	Fessurata	-101	-99	0.13	#####	100	239	####	0.063	0.108	Verificato
#	Fessurata	-84	-99	0.13	#####	100	239	####	0.040	0.068	Verificato
#	Fessurata	-98	-101	0.13	#####	100	239	####	0.055	0.093	Verificato
#	Fessurata	-90	-100	0.13	#####	100	239	####	0.043	0.073	Verificato
#	Non fessurata	0	-76	0.13							
#	Non fessurata	0	-54	0.13							
#	Non fessurata	0	-68	0.13							
#	Non fessurata	0	-60	0.13							
#	Non fessurata	0	-47	0.13							
#	Non fessurata	0	-80	0.13							
#	Fessurata	-94	-100	0.13	#####	100	239	####	0.048	0.081	Verificato
#	Fessurata	-86	-100	0.13	#####	100	239	####	0.041	0.070	Verificato
#	Non fessurata	0	-72	0.13							
#	Non fessurata	0	-51	0.13							
#	Non fessurata	0	-64	0.13							
#	Non fessurata	0	-57	0.13							
#	Non fessurata	0	-43	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 a spinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	81 di 95

#	Fessurata	-84	-99	0.13	#####	100	239	####	0.040	0.068	Verificato
#	Fessurata	-98	-101	0.13	#####	100	239	####	0.055	0.093	Verificato
#	Fessurata	-90	-100	0.13	#####	100	239	####	0.043	0.073	Verificato
#	Non fessurata	0	-76	0.13							
#	Non fessurata	0	-80	0.13							
#	Fessurata	-94	-100	0.13	#####	100	239	####	0.048	0.081	Verificato
#	Fessurata	-86	-100	0.13	#####	100	239	####	0.041	0.070	Verificato
#	Non fessurata	0	-72	0.13							
#	Fessurata	-113	-100	0.13	#####	100	239	####	0.082	0.140	Verificato
#	Fessurata	-127	-101	0.13	#####	100	239	####	0.104	0.176	Verificato
#	Fessurata	-119	-101	0.13	#####	100	239	####	0.092	0.156	Verificato
#	Fessurata	-105	-100	0.13	#####	100	239	####	0.070	0.118	Verificato
#	Fessurata	-109	-100	0.13	#####	100	239	####	0.076	0.129	Verificato
#	Fessurata	-123	-101	0.13	#####	100	239	####	0.098	0.166	Verificato
#	Fessurata	-115	-100	0.13	#####	100	239	####	0.086	0.146	Verificato
#	Fessurata	-101	-99	0.13	#####	100	239	####	0.063	0.108	Verificato

9.8 RIEPILOGO VERIFICHE

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

01_SW2 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1874	-	1.711
	Taglio	G3_1_57	0	-	963	1.436
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1463	-	1.997
	Taglio	SH1	0	-	335	2.788
3	Presso-flessione	G3_1_83	1011	-1853	-	1.792
	Taglio	G3_1_83	1022	0	-552	1.132
4	Presso-flessione	G3_1_83	622	-1763	-	1.802
	Taglio	G3_1_53	606	0	-875	1.581
5	Presso-flessione	G3_1_3	468	1553	-	2.007
	Taglio	G3_0.5_3	358	-	74	7.194
6	Presso-flessione	G3_1_5	1106	-1928	-	1.742
	Taglio	G3_1_3	1095	-	743	1.861

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1874	-	1.711
	Taglio	G3_1_57	0	-	963	1.436
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1493	-	1.957
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	1.739
3	Presso-flessione	G3_1_83	965	-1543	-	2.142
	Taglio	G3_1_83	975	0	-454	1.364
4	Presso-flessione	G3_1_83	524	-1438	-	2.183
	Taglio	G3_1_53	508	0	-828	1.670
5	Presso-flessione	G3_1_3	370	1586	-	1.940
	Taglio	G3_1_3	370	-	121	4.433
6	Presso-flessione	G3_1_5	1106	-1928	-	1.742
	Taglio	G3_1_3	1095	-	743	1.861

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1736	-	1.847
	Taglio	G3_1_57	0	-	898	1.541
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1388	-	2.106
	Taglio	SH1	0	-	335	2.837
3	Presso-flessione	G3_1_83	925	-1801	-	1.827
	Taglio	G3_1_83	935	0	-497	1.234
4	Presso-flessione	G3_1_83	546	-1710	-	1.841
	Taglio	G3_1_53	530	0	-821	1.684
5	Presso-flessione	G3_1_3	399	1595	-	1.936
	Taglio	SH18	248	-	70	7.362
6	Presso-flessione	G3_1_5	1028	-1796	-	1.858
	Taglio	G3_1_3	1018	-	663	2.086

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1724	-	1.860
	Taglio	G3_1_57	0	-	862	1.604
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1381	-	2.116
	Taglio	SH1	0	-	335	2.799
3	Presso-flessione	G3_1_83	867	-1720	-	1.900
	Taglio	G3_1_83	877	0	-488	1.240
4	Presso-flessione	G3_1_83	536	-1643	-	1.914
	Taglio	G3_1_53	521	0	-762	1.814
5	Presso-flessione	G3_1_3	390	1496	-	2.062
	Taglio	G3_1_55	390	-	-123	4.367
6	Presso-flessione	G3_1_5	969	-1774	-	1.871
	Taglio	G3_1_3	959	-	672	2.058

	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 a spinta</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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>86 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	86 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L = lunghezza del concio di scatolare

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

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

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</p>												
<p>SL09 – Nuovo sottovia viale della Repubblica <i>Relazione di calcolo sottopasso a spinta</i></p>	<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>CLSL0900001</td> <td>A</td> <td>87 di 95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	87 di 95
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0900001	A	87 di 95								

Et = modulo elastico del terreno

Ac = area dell'elemento in cls

At = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di Et si considerano le seguenti ipotesi:

Et1 = terreno a contatto con la soletta di fondazione = 750 MPa

Et2 = terreno a contatto con la soletta di copertura = 300 MPa

Et3 = 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

t₀ = 1 età del cls all'inizio della contrazione

t₁ = 18000 età finale del cls (18000 giorni = 50 anni)

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ϵ_{CS_m}	5.2E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	0.55832	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	44760	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.		55.85731387	

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/m ²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	19.8	[kN/m ²]
	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/m ²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	99.0	[kN/m ²]
	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