

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

SL04 - Prolungamento sottovia via della Stazione km 13+346,71

Relazione di calcolo sottopasso

SCALA:

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

N M 0 Z 2 0 D 2 6 C L S L 0 4 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. 25172 Sez. A

File: NM0Z20D26CLSL0400001A

n. Elab.:

INDICE

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



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0400001</td> <td>A</td> <td>3 di 93</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	3 di 93
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	3 di 93								

9.7 VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore_ Mezzeria70

 9.7.1 Presso-Flessione70

 9.7.2 Taglio.....79

 9.7.3 Fessurazione80

9.8 RIEPILOGO VERIFICHE.....82

10 VERIFICHE LONGITUDINALI 86

11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO..... 90

 11.1Tratto nuovo sottopasso91

 11.2Tratto di imbocco92

 11.3Verifica sollevamento in fase di esercizio93

1 PREMESSA

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

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



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

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dell’opera principale SL04 – *Prolungamento sottovia via Della Stazione* al km 13+346,71.

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	11.50	m
Altezza totale	Htot	6.52	m
Spessore soletta superiore	ss	1.00	m
Spessore piedritti	sp	1.00	m
Spessore soletta inferiore	sf	1.10	m
Luce libera	Lint	9.50	m
Altezza libera	Hint	4.42	m

Tabella 1

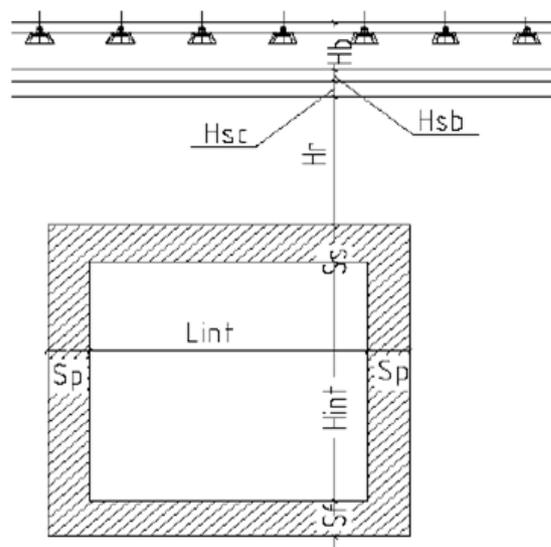


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	6 di 93

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.77	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.15	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												
SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0400001</td> <td>A</td> <td>7 di 93</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	7 di 93
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	7 di 93								

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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	8 di 93

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
ν Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
$\alpha\Delta T$	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
$\alpha\chi\chi$	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma\chi$	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	15.8667	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.29092	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\sigma\tau$	2.30522	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
$\sigma\chi$ limite	12.6	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
$\sigma\chi$ limite	16.8	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

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

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

6 MODELLO DI CALCOLO

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

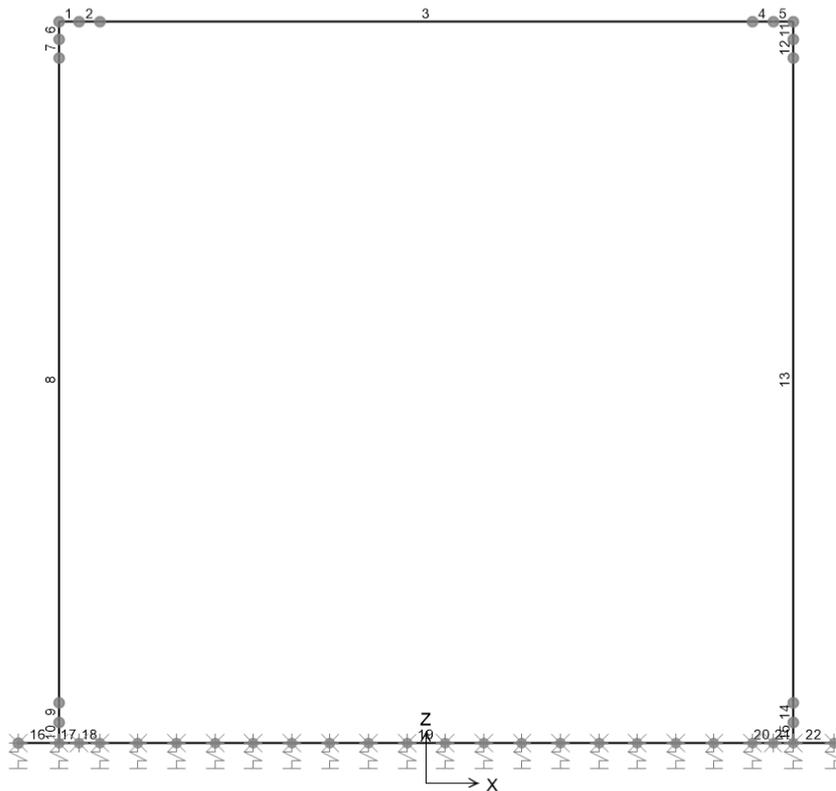


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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

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

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

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

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	TIPO DI TERRENO
9	PNNMOZU05	da 0 a 3m	S
		da 3m a 6m	Sg
		da 6m a 18m	S
		da 18m a 30m	Sg

γ_{sat} [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	ϕ' [°]		ϕ' [°]	ϕ' [°]	E'_{op} [MPa]		V_s [m/s]		categoria terreno	G_0 [MPa]	
		max	min			laboratorio	scelto	max	min		max	min
20	17	23	23		23	5	5	151	151	C	47	47
20	17	30	30		30	13	13	145	145		44	44
20	17	30	27		27	22	11	277	237		159	116
20	17	30	30		30	40	17	241	196		120	80

Tabella 6

La falda è situata a quota 89.24 m s.l.m., si veda l'ultimo capitolo per la verifica al sollevamento del fondo scavo.

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

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

dove:

- B è la larghezza della fondazione;
- b è 30 cm;
- k_1 è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/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	15792.82	kN/m3
valore limite di mezzeria	kMEZZ	7896.408	kN/m3

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando un peso in volume del c.a. pari a $\gamma_{cls} = 25$ kN/m³.

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	25	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	25	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)		18.11	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	6.52	m
Peso di Volume Efficace	γ	10	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	k_0	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	14.08	kN/m ²
Pressione in asse sol. inf.	P0	47.41	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	0.37	0.0925
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.15	0.15
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.50	0.5
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.99	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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0400001	REV. A

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

7.4.2 Disposizione dei convogli

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

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

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

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

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

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

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

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

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

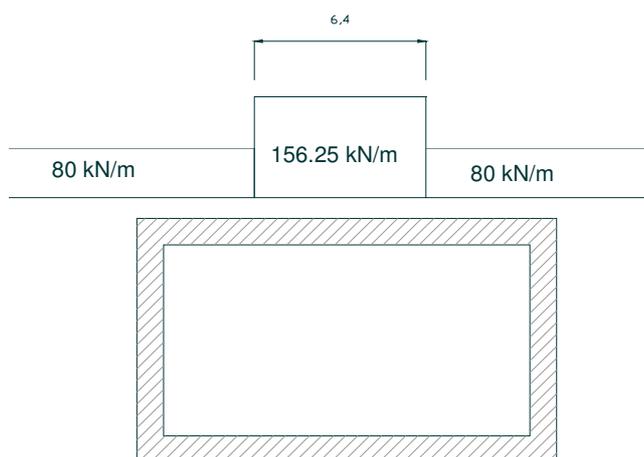


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

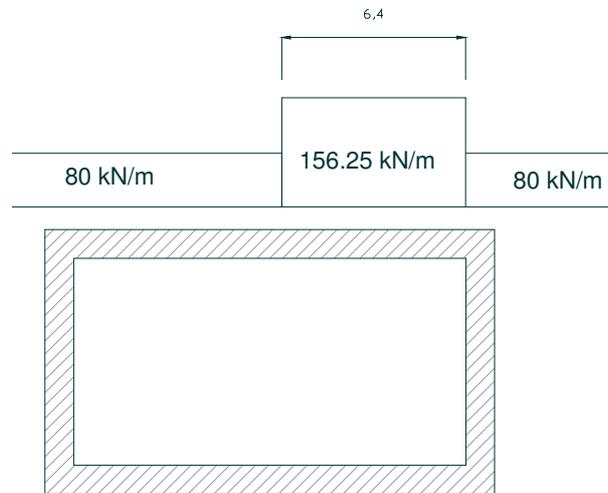


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

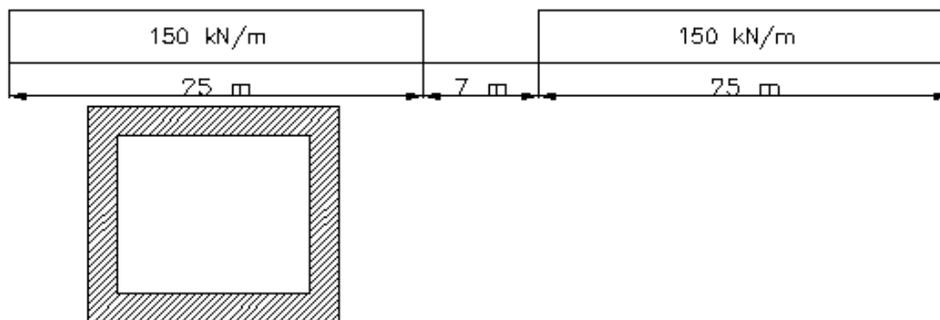


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

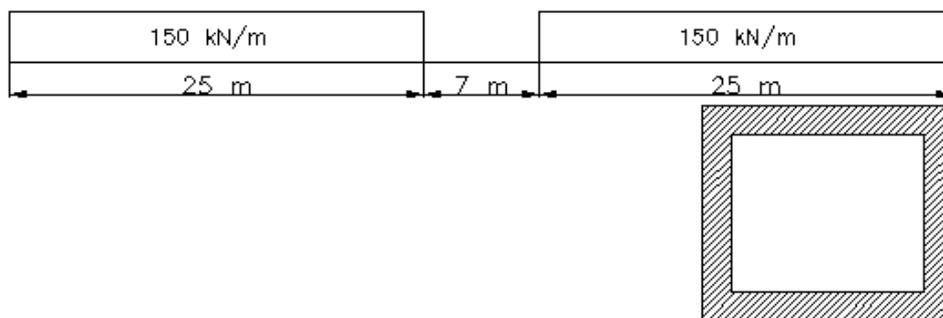


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	9.29	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.34	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	2.375	m
	L2	4.75	m
	L3	7.125	m

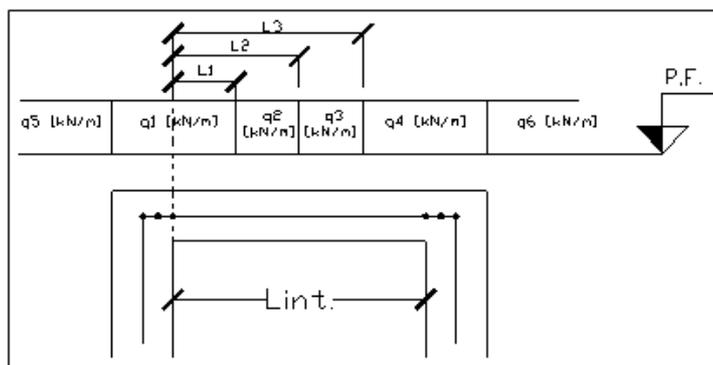


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	50.42	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	50.42	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	50.42	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	50.42	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					
	SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0400001	REV. A

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.99	m
q5 ad estradosso soletta	q5	50.25	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	50.25	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	30.62	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	30.62	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	11.73	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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0400001	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	0.071	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.619	
<i>CATEGORIA SOTTOSUOLO</i>		C	
<i>CATEGORIA TOPOGRAFICA</i>		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
$amax = Ss \times ST \times ag$	amax	0.1065	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	0.1065	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0.2xq1$		53.19	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		53.19	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		53.19	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		53.19	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		5.7	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		5.7	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		5.7	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		5.7	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Lateral</i>			
G1		25	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Lateral</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		2.7	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	Kv	0.05325	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		53.19	kN/m
G1+G2+0.2xq2		53.19	kN/m
G1+G2+0.2xq3		53.19	kN/m
G1+G2+0.2xq4		53.19	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.8	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.8	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.8	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.8	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	6.52	m
Peso di Volume	γ	20	kN/m ³
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.1065	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	ΔSE	90.55	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	20.49	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	2000	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000191	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.000236	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-5.9	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0400001</td> <td>A</td> <td>21 di 93</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	21 di 93
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	21 di 93								

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 Idraulica 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												
SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0400001</td> <td>A</td> <td>24 di 93</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	24 di 93
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	24 di 93								

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.

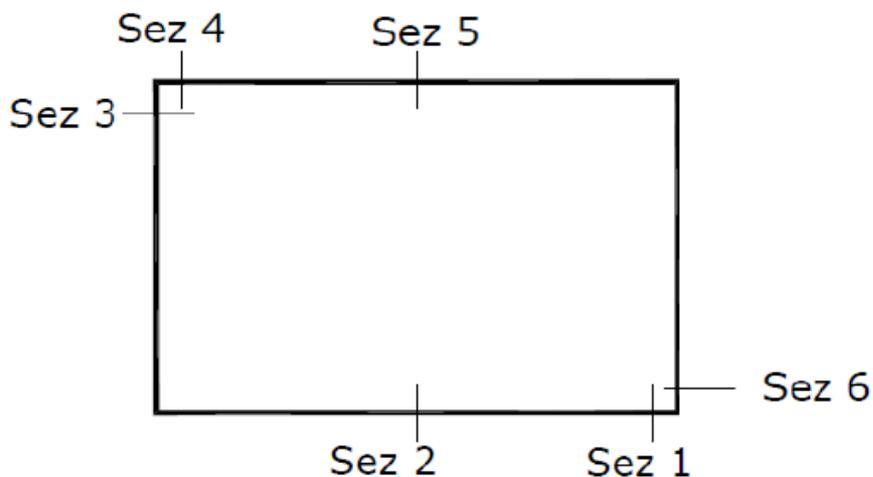


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 <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					
	SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0400001	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 · fcd);	
αc	coefficiente maggiorativo pari a	1
		1 + σcp/fcd
		1,25
		2,5(1 - σcp/fcd)
		per membraure non compresse
		per 0 ≤ σcp < 0,25 fcd
		per 0,25 fcd ≤ σcp ≤ 0,5 fcd
		per 0,5 fcd < σcp < fcd

VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$k_2 = 0,4$$

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

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

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

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

Secondo quanto riportato nell'istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari l'ampiezza massima delle fessure deve essere inferiore a w₁ = 0.20mm.

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]
5	32	40.21	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	1289	2303.6	1.79
2	0	137	2303.6	16.76

9.2.2 Taglio

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

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

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

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

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	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	747.4	0.0			3641.4	1387.1	1383.0	1.850

9.2.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-110	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.055	0.094	Verificato
2	Fessurata	-116	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.061	0.104	Verificato
3	Fessurata	-118	-125	0.125	378236	100	251	0.0003	0.066	0.113	Verificato
4	Fessurata	-113	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.057	0.096	Verificato
5	Non fessurata	0	-45	0.125							
6	Non fessurata	0	-51	0.125							
7	Non fessurata	0	-53	0.125							
8	Non fessurata	0	-47	0.125							
9	Fessurata	-105	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.053	0.089	Verificato
10	Fessurata	-110	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.056	0.094	Verificato
11	Fessurata	-113	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.057	0.097	Verificato
12	Fessurata	-107	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.054	0.092	Verificato
13	Non fessurata	0	-39	0.125							
14	Non fessurata	0	-45	0.125							
15	Non fessurata	0	-48	0.125							
16	Non fessurata	0	-42	0.125							
17	Non fessurata	0	-58	0.125							
18	Non fessurata	0	-64	0.125							
19	Non fessurata	0	-66	0.125							
20	Non fessurata	0	-61	0.125							
21	Non fessurata	0	-53	0.125							
22	Non fessurata	0	-58	0.125							
23	Non fessurata	0	-61	0.125							
24	Non fessurata	0	-55	0.125							
25	Non fessurata	0	-77	0.125							
26	Non fessurata	0	-83	0.125							
27	Non fessurata	0	-86	0.125							
28	Non fessurata	0	-80	0.125							
29	Non fessurata	0	-45	0.125							
30	Non fessurata	0	-51	0.125							
31	Non fessurata	0	-53	0.125							
32	Non fessurata	0	-47	0.125							
33	Non fessurata	0	-72	0.125							
34	Non fessurata	0	-78	0.125							
35	Non fessurata	0	-80	0.125							
36	Non fessurata	0	-75	0.125							
37	Non fessurata	0	-39	0.125							
38	Non fessurata	0	-45	0.125							
39	Non fessurata	0	-48	0.125							
40	Non fessurata	0	-42	0.125							
41	Non fessurata	0	-51	0.125							
42	Non fessurata	0	-57	0.125							



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	30 di 93

43	Non fessurata	0	-60	0.125							
44	Non fessurata	0	-54	0.125							
45	Non fessurata	0	-46	0.125							
46	Non fessurata	0	-52	0.125							
47	Non fessurata	0	-54	0.125							
48	Non fessurata	0	-49	0.125							
49	Fessurata	-110	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.055	0.094	Verificato
50	Fessurata	-116	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.061	0.104	Verificato
51	Fessurata	-118	-125	0.125	378236	100	251	0.0003	0.066	0.113	Verificato
52	Fessurata	-113	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.057	0.096	Verificato
53	Fessurata	-105	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.053	0.089	Verificato
54	Fessurata	-110	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.056	0.094	Verificato
55	Fessurata	-113	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.057	0.097	Verificato
56	Fessurata	-107	-125	0.125	378236	100	251	0.0002	0.054	0.092	Verificato

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.3.1 Presso-Flessione

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

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

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-322	-1972.7	6.13
2	0	-1066	-1972.7	1.85

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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	32 di 93

Nome Combinazione	V _{E_d}	N _{E_d}	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_5	159.6	0.0	0.0	334.7				2.097

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Fessurata	-140	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.077	0.132
2	Fessurata	-134	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.066	0.112
3	Fessurata	-131	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.064	0.108
4	Fessurata	-137	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.123
5	Non fessurata	0	-83	0.125						
6	Non fessurata	0	-77	0.125						
7	Non fessurata	0	-74	0.125						
8	Non fessurata	0	-81	0.125						
9	Fessurata	-145	-146	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.150
10	Fessurata	-139	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.077	0.130
11	Fessurata	-137	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.122
12	Fessurata	-143	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.083	0.141
13	Non fessurata	0	-89	0.125						
14	Non fessurata	0	-83	0.125						
15	Non fessurata	0	-80	0.125						
16	Non fessurata	0	-86	0.125						
17	Fessurata	-140	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.077	0.132
18	Fessurata	-134	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.066	0.112
19	Fessurata	-131	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.064	0.108
20	Fessurata	-137	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.123
21	Fessurata	-145	-146	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.150
22	Fessurata	-139	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.077	0.130
23	Fessurata	-137	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.122
24	Fessurata	-143	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.083	0.141
25	Non fessurata	0	-111	0.125						
26	Non fessurata	0	-105	0.125						
27	Non fessurata	0	-103	0.125						
28	Non fessurata	0	-109	0.125						
29	Non fessurata	0	-83	0.125						
30	Non fessurata	0	-77	0.125						
31	Non fessurata	0	-74	0.125						
32	Non fessurata	0	-81	0.125						
33	Non fessurata	0	-117	0.125						
34	Non fessurata	0	-111	0.125						
35	Non fessurata	0	-108	0.125						
36	Non fessurata	0	-114	0.125						
37	Non fessurata	0	-89	0.125						
38	Non fessurata	0	-83	0.125						
39	Non fessurata	0	-80	0.125						
40	Non fessurata	0	-86	0.125						
41	Non fessurata	0	-111	0.125						



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	34 di 93

42	Non fessurata	0	-105	0.125						
43	Non fessurata	0	-103	0.125						
44	Non fessurata	0	-109	0.125						
45	Non fessurata	0	-117	0.125						
46	Non fessurata	0	-111	0.125						
47	Non fessurata	0	-108	0.125						
48	Non fessurata	0	-114	0.125						
49	Fessurata	-140	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.077	0.132
50	Fessurata	-134	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.066	0.112
51	Fessurata	-131	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.064	0.108
52	Fessurata	-137	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.123
53	Fessurata	-145	-146	0.125	273000	100	243	0.0004	0.088	0.150
54	Fessurata	-139	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.077	0.130
55	Fessurata	-137	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.072	0.122
56	Fessurata	-143	-146	0.125	273000	100	243	0.0003	0.083	0.141

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	100

9.4.1 Presso-Flessione

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	719	-856	-2050.0	2.396
2	644	-761	-2020.8	2.655
3	719	-744	-2050.0	2.756
4	644	-649	-2020.8	3.112
5	719	-804	-2050.0	2.550
6	644	-710	-2020.8	2.848
7	719	-916	-2050.0	2.238
8	644	-821	-2020.8	2.460
9	644	-778	-2020.8	2.596
10	644	-592	-2020.8	3.414

11	644	-692	-2020.8	2.919
12	644	-879	-2020.8	2.299
13	719	-856	-2050.0	2.396
14	342	-383	-1902.1	4.965
15	719	-744	-2050.0	2.756
16	342	-271	-1902.1	7.012
17	719	-804	-2050.0	2.550
18	342	-332	-1902.1	5.737
19	719	-916	-2050.0	2.238
20	342	-443	-1902.1	4.290
21	342	-400	-1902.1	4.751
22	342	-214	-1902.1	8.894
23	342	-314	-1902.1	6.051
24	342	-501	-1902.1	3.798
25	719	-860	-2050.0	2.383
26	644	-766	-2020.8	2.639
27	719	-748	-2050.0	2.740
28	644	-654	-2020.8	3.091
29	719	-809	-2050.0	2.535
30	644	-714	-2020.8	2.830
31	719	-920	-2050.0	2.227
32	644	-826	-2020.8	2.447
33	644	-783	-2020.8	2.581
34	644	-596	-2020.8	3.388
35	644	-697	-2020.8	2.900
36	644	-883	-2020.8	2.288
37	719	-860	-2050.0	2.383
38	342	-388	-1902.1	4.907
39	719	-748	-2050.0	2.740
40	342	-276	-1902.1	6.897
41	719	-809	-2050.0	2.535
42	342	-336	-1902.1	5.660
43	719	-920	-2050.0	2.227
44	342	-448	-1902.1	4.246
45	342	-405	-1902.1	4.698
46	342	-218	-1902.1	8.710
47	342	-319	-1902.1	5.966
48	342	-505	-1902.1	3.764
49	242	-201	-1862.1	9.264
50	242	-387	-1862.1	4.806
51	242	-314	-1862.1	5.929
52	242	-128	-1862.1	14.593
53	672	-632	-2031.8	3.213
54	606	-583	-2006.2	3.444
55	672	-520	-2031.8	3.904
56	606	-471	-2006.2	4.263

57	672	-581	-2031.8	3.499
58	606	-531	-2006.2	3.779
59	672	-693	-2031.8	2.933
60	606	-643	-2006.2	3.121
61	606	-600	-2006.2	3.345
62	606	-413	-2006.2	4.855
63	606	-514	-2006.2	3.905
64	606	-700	-2006.2	2.865
65	672	-632	-2031.8	3.213
66	342	-383	-1902.1	4.965
67	672	-520	-2031.8	3.904
68	342	-271	-1902.1	7.012
69	672	-581	-2031.8	3.499
70	342	-332	-1902.1	5.737
71	672	-693	-2031.8	2.933
72	342	-443	-1902.1	4.290
73	342	-400	-1902.1	4.751
74	342	-214	-1902.1	8.894
75	342	-314	-1902.1	6.051
76	342	-501	-1902.1	3.798
77	672	-637	-2031.8	3.190
78	606	-587	-2006.2	3.417
79	672	-525	-2031.8	3.870
80	606	-475	-2006.2	4.222
81	672	-585	-2031.8	3.472
82	606	-535	-2006.2	3.747
83	672	-697	-2031.8	2.914
84	606	-647	-2006.2	3.099
85	606	-604	-2006.2	3.320
86	606	-418	-2006.2	4.802
87	606	-518	-2006.2	3.871
88	606	-705	-2006.2	2.847
89	672	-637	-2031.8	3.190
90	342	-388	-1902.1	4.907
91	672	-525	-2031.8	3.870
92	342	-276	-1902.1	6.897
93	672	-585	-2031.8	3.472
94	342	-336	-1902.1	5.660
95	672	-697	-2031.8	2.914
96	342	-448	-1902.1	4.246
97	342	-405	-1902.1	4.698
98	342	-218	-1902.1	8.710
99	342	-319	-1902.1	5.966
100	342	-505	-1902.1	3.764
101	242	-201	-1862.1	9.264
102	242	-387	-1862.1	4.806

103	242	-314	-1862.1	5.929
104	242	-128	-1862.1	14.593
105	766	-1079	-2068.2	1.917
106	681	-940	-2035.3	2.166
107	766	-967	-2068.2	2.139
108	681	-828	-2035.3	2.458
109	766	-1027	-2068.2	2.013
110	681	-888	-2035.3	2.292
111	766	-1139	-2068.2	1.816
112	681	-1000	-2035.3	2.035
113	681	-957	-2035.3	2.127
114	681	-770	-2035.3	2.642
115	681	-871	-2035.3	2.337
116	681	-1057	-2035.3	1.925
117	766	-1079	-2068.2	1.917
118	379	-562	-1917.0	3.412
119	766	-967	-2068.2	2.139
120	379	-450	-1917.0	4.261
121	766	-1027	-2068.2	2.013
122	379	-510	-1917.0	3.758
123	766	-1139	-2068.2	1.816
124	379	-622	-1917.0	3.082
125	379	-579	-1917.0	3.311
126	379	-392	-1917.0	4.884
127	379	-493	-1917.0	3.889
128	379	-679	-1917.0	2.821
129	766	-1083	-2068.2	1.909
130	681	-944	-2035.3	2.155
131	766	-972	-2068.2	2.129
132	681	-832	-2035.3	2.445
133	766	-1032	-2068.2	2.004
134	681	-893	-2035.3	2.280
135	766	-1144	-2068.2	1.808
136	681	-1005	-2035.3	2.026
137	681	-961	-2035.3	2.117
138	681	-775	-2035.3	2.626
139	681	-875	-2035.3	2.325
140	681	-1062	-2035.3	1.917
141	766	-1083	-2068.2	1.909
142	379	-566	-1917.0	3.385
143	766	-972	-2068.2	2.129
144	379	-454	-1917.0	4.219
145	766	-1032	-2068.2	2.004
146	379	-515	-1917.0	3.725
147	766	-1144	-2068.2	1.808
148	379	-627	-1917.0	3.060

149	379	-583	-1917.0	3.285
150	379	-397	-1917.0	4.829
151	379	-497	-1917.0	3.854
152	379	-684	-1917.0	2.803
153	242	-201	-1862.1	9.264
154	242	-387	-1862.1	4.806
155	242	-314	-1862.1	5.929
156	242	-128	-1862.1	14.593
157	484	-396	-1958.1	4.943
158	455	-394	-1946.9	4.947
159	484	-284	-1958.1	6.889
160	455	-282	-1946.9	6.913
161	484	-345	-1958.1	5.684
162	455	-342	-1946.9	5.694
163	484	-456	-1958.1	4.290
164	455	-454	-1946.9	4.290
165	455	-411	-1946.9	4.740
166	455	-224	-1946.9	8.681
167	455	-325	-1946.9	5.996
168	455	-511	-1946.9	3.809
169	484	-396	-1958.1	4.943
170	493	-572	-1961.7	3.429
171	484	-284	-1958.1	6.889
172	493	-460	-1961.7	4.262
173	484	-345	-1958.1	5.684
174	493	-521	-1961.7	3.769
175	484	-456	-1958.1	4.290
176	493	-632	-1961.7	3.102
177	493	-589	-1961.7	3.329
178	493	-403	-1961.7	4.869
179	493	-503	-1961.7	3.897
180	493	-690	-1961.7	2.844
181	484	-401	-1958.1	4.887
182	455	-398	-1946.9	4.891
183	484	-289	-1958.1	6.781
184	455	-286	-1946.9	6.804
185	484	-349	-1958.1	5.610
186	455	-346	-1946.9	5.620
187	484	-461	-1958.1	4.248
188	455	-458	-1946.9	4.248
189	455	-415	-1946.9	4.689
190	455	-229	-1946.9	8.510
191	455	-329	-1946.9	5.914
192	455	-516	-1946.9	3.775
193	484	-401	-1958.1	4.887
194	493	-577	-1961.7	3.402

195	484	-289	-1958.1	6.781
196	493	-465	-1961.7	4.221
197	484	-349	-1958.1	5.610
198	493	-525	-1961.7	3.736
199	484	-461	-1958.1	4.248
200	493	-637	-1961.7	3.080
201	493	-594	-1961.7	3.303
202	493	-407	-1961.7	4.815
203	493	-508	-1961.7	3.863
204	493	-694	-1961.7	2.825
205	242	-201	-1862.1	9.264
206	242	-387	-1862.1	4.806
207	242	-314	-1862.1	5.929
208	242	-128	-1862.1	14.593
209	577	-843	-1995.0	2.368
210	530	-751	-1976.5	2.633
211	577	-731	-1995.0	2.730
212	530	-639	-1976.5	3.094
213	577	-791	-1995.0	2.522
214	530	-699	-1976.5	2.827
215	577	-903	-1995.0	2.209
216	530	-811	-1976.5	2.437
217	530	-768	-1976.5	2.574
218	530	-581	-1976.5	3.399
219	530	-682	-1976.5	2.898
220	530	-868	-1976.5	2.276
221	577	-843	-1995.0	2.368
222	530	-751	-1976.5	2.633
223	577	-731	-1995.0	2.730
224	530	-639	-1976.5	3.094
225	577	-791	-1995.0	2.522
226	530	-699	-1976.5	2.827
227	577	-903	-1995.0	2.209
228	530	-811	-1976.5	2.437
229	530	-768	-1976.5	2.574
230	530	-581	-1976.5	3.399
231	530	-682	-1976.5	2.898
232	530	-868	-1976.5	2.276
233	577	-847	-1995.0	2.355
234	530	-755	-1976.5	2.617
235	577	-735	-1995.0	2.713
236	530	-643	-1976.5	3.072
237	577	-796	-1995.0	2.508
238	530	-704	-1976.5	2.809
239	577	-907	-1995.0	2.198
240	530	-816	-1976.5	2.423

241	530	-772	-1976.5	2.559
242	530	-586	-1976.5	3.373
243	530	-686	-1976.5	2.879
244	530	-873	-1976.5	2.264
245	577	-847	-1995.0	2.355
246	530	-755	-1976.5	2.617
247	577	-735	-1995.0	2.713
248	530	-643	-1976.5	3.072
249	577	-796	-1995.0	2.508
250	530	-704	-1976.5	2.809
251	577	-907	-1995.0	2.198
252	530	-816	-1976.5	2.423
253	530	-772	-1976.5	2.559
254	530	-586	-1976.5	3.373
255	530	-686	-1976.5	2.879
256	530	-873	-1976.5	2.264
257	242	-201	-1862.1	9.264
258	242	-387	-1862.1	4.806
259	242	-314	-1862.1	5.929
260	242	-128	-1862.1	14.593
261	262	-176	-1870.1	10.637
262	262	-114	-1870.1	16.455
263	275	-237	-1875.2	7.899
264	275	-175	-1875.2	10.701
265	262	-147	-1870.1	12.710
266	262	-209	-1870.1	8.935
267	322	-477	-1894.4	3.969
268	322	-415	-1894.4	4.563
269	275	-209	-1875.2	8.984
270	275	-271	-1875.2	6.923
271	335	-539	-1899.6	3.525
272	335	-477	-1899.6	3.984
273	322	-449	-1894.4	4.222
274	322	-511	-1894.4	3.708
275	335	-510	-1899.6	3.723
276	335	-572	-1899.6	3.318
277	252	-165	-1866.2	11.285
278	252	-103	-1866.2	18.082
279	265	-227	-1871.4	8.245
280	265	-165	-1871.4	11.355
281	252	-137	-1866.2	13.652
282	252	-199	-1866.2	9.385
283	313	-467	-1890.6	4.049
284	313	-405	-1890.6	4.671
285	265	-198	-1871.4	9.438
286	265	-260	-1871.4	7.185

287	326	-528	-1895.7	3.587
288	326	-466	-1895.7	4.065
289	313	-438	-1890.6	4.314
290	313	-500	-1890.6	3.778
291	326	-500	-1895.7	3.793
292	326	-562	-1895.7	3.373
293	294	-292	-1883.0	6.440
294	294	-230	-1883.0	8.178
295	307	-354	-1888.2	5.334
296	307	-292	-1888.2	6.470
297	294	-264	-1883.0	7.140
298	294	-326	-1883.0	5.778
299	312	-383	-1890.3	4.937
300	312	-321	-1890.3	5.894
301	307	-325	-1888.2	5.804
302	307	-387	-1888.2	4.873
303	325	-444	-1895.5	4.265
304	325	-382	-1895.5	4.958
305	312	-354	-1890.3	5.337
306	312	-416	-1890.3	4.540
307	325	-416	-1895.5	4.559
308	325	-478	-1895.5	3.966
309	262	-258	-1870.3	7.259
310	262	-195	-1870.3	9.568
311	275	-319	-1875.4	5.875
312	275	-257	-1875.4	7.295
313	262	-229	-1870.3	8.168
314	262	-291	-1870.3	6.424
315	280	-348	-1877.6	5.394
316	280	-286	-1877.6	6.566
317	275	-291	-1875.4	6.455
318	275	-353	-1875.4	5.317
319	293	-410	-1882.7	4.596
320	293	-348	-1882.7	5.417
321	280	-319	-1877.6	5.878
322	280	-382	-1877.6	4.920
323	293	-381	-1882.7	4.941
324	293	-443	-1882.7	4.248

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	100	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	26	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	26	mm
Diametro ferro ortogonale	ϕ_{ferro} ortogonale	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	385	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	831	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	V _{E_d}	N _{E_d}	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_83	-349.4	774.6			3456.0	625.7	625.7	1.791

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	-52	0.125						
2	Non fessurata	0	-36	0.125						
3	Non fessurata	0	-45	0.125						
4	Non fessurata	0	-60	0.125						
5	Non fessurata	0	-35	0.125						
6	Non fessurata	0	-20	0.125						
7	Non fessurata	0	-28	0.125						
8	Non fessurata	0	-44	0.125						
9	Non fessurata	0	-56	0.125						
10	Non fessurata	0	-41	0.125						
11	Non fessurata	0	-49	0.125						
12	Non fessurata	0	-65	0.125						
13	Non fessurata	0	-39	0.125						
14	Non fessurata	0	-24	0.125						
15	Non fessurata	0	-33	0.125						
16	Non fessurata	0	-48	0.125						
17	Fessurata	-97	-113	0.125	273000	100	243	0.0002	0.047	0.080
18	Non fessurata	0	-82	0.125						
19	Non fessurata	0	-91	0.125						
20	Fessurata	-106	-115	0.125	273000	100	243	0.0002	0.054	0.092
21	Fessurata	-102	-114	0.125	273000	100	243	0.0002	0.050	0.084
22	Non fessurata	0	-86	0.125						
23	Fessurata	-95	-113	0.125	273000	100	243	0.0002	0.046	0.078
24	Fessurata	-111	-115	0.125	273000	100	243	0.0003	0.062	0.105
25	Non fessurata	0	-43	0.125						
26	Non fessurata	0	-28	0.125						
27	Non fessurata	0	-37	0.125						
28	Non fessurata	0	-52	0.125						
29	Non fessurata	0	-35	0.125						
30	Non fessurata	0	-20	0.125						
31	Non fessurata	0	-28	0.125						
32	Non fessurata	0	-44	0.125						
33	Non fessurata	0	-48	0.125						
34	Non fessurata	0	-32	0.125						
35	Non fessurata	0	-41	0.125						
36	Non fessurata	0	-57	0.125						
37	Non fessurata	0	-39	0.125						
38	Non fessurata	0	-24	0.125						
39	Non fessurata	0	-33	0.125						
40	Non fessurata	0	-48	0.125						
41	Non fessurata	0	-66	0.125						
42	Non fessurata	0	-50	0.125						
43	Non fessurata	0	-59	0.125						
44	Non fessurata	0	-75	0.125						
45	Non fessurata	0	-71	0.125						



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	45 di 93

46	Non fessurata	0	-55	0.125
47	Non fessurata	0	-64	0.125
48	Non fessurata	0	-80	0.125
49	Non fessurata	0	-52	0.125
50	Non fessurata	0	-36	0.125
51	Non fessurata	0	-45	0.125
52	Non fessurata	0	-60	0.125
53	Non fessurata	0	-56	0.125
54	Non fessurata	0	-41	0.125
55	Non fessurata	0	-49	0.125
56	Non fessurata	0	-65	0.125

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0400001	REV. A

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>100</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 [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

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	32	40.21	9.4
5	26	26.55	12.7
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	899	-1018	-2396.9	2.35
2	821	-913	-2370.1	2.60
3	899	-1060	-2396.9	2.26
4	821	-955	-2370.1	2.48
5	899	-1083	-2396.9	2.21
6	821	-979	-2370.1	2.42
7	899	-1042	-2396.9	2.30
8	821	-937	-2370.1	2.53
9	821	-891	-2370.1	2.66
10	821	-960	-2370.1	2.47
11	821	-1000	-2370.1	2.37
12	821	-931	-2370.1	2.54
13	899	-1018	-2396.9	2.35
14	509	-494	-2261.0	4.58
15	899	-1060	-2396.9	2.26
16	509	-535	-2261.0	4.22
17	899	-1083	-2396.9	2.21
18	509	-559	-2261.0	4.04
19	899	-1042	-2396.9	2.30
20	509	-518	-2261.0	4.37
21	509	-472	-2261.0	4.79
22	509	-541	-2261.0	4.18
23	509	-581	-2261.0	3.89
24	509	-512	-2261.0	4.42
25	899	-1012	-2396.9	2.37
26	821	-908	-2370.1	2.61
27	899	-1054	-2396.9	2.27
28	821	-949	-2370.1	2.50
29	899	-1078	-2396.9	2.22
30	821	-973	-2370.1	2.44
31	899	-1036	-2396.9	2.31
32	821	-931	-2370.1	2.54
33	821	-886	-2370.1	2.68
34	821	-955	-2370.1	2.48
35	821	-995	-2370.1	2.38
36	821	-926	-2370.1	2.56
37	899	-1012	-2396.9	2.37
38	509	-488	-2261.0	4.63
39	899	-1054	-2396.9	2.27
40	509	-530	-2261.0	4.27

41	899	-1078	-2396.9	2.22
42	509	-553	-2261.0	4.09
43	899	-1036	-2396.9	2.31
44	509	-512	-2261.0	4.42
45	509	-466	-2261.0	4.85
46	509	-535	-2261.0	4.22
47	509	-575	-2261.0	3.93
48	509	-506	-2261.0	4.47
49	365	-436	-2209.9	5.07
50	365	-367	-2209.9	6.02
51	365	-293	-2209.9	7.54
52	365	-362	-2209.9	6.11
53	849	-1265	-2379.9	1.88
54	781	-1111	-2356.3	2.12
55	849	-1306	-2379.9	1.82
56	781	-1152	-2356.3	2.05
57	849	-1330	-2379.9	1.79
58	781	-1176	-2356.3	2.00
59	849	-1289	-2379.9	1.85
60	781	-1134	-2356.3	2.08
61	781	-1089	-2356.3	2.16
62	781	-1158	-2356.3	2.04
63	781	-1198	-2356.3	1.97
64	781	-1129	-2356.3	2.09
65	849	-1265	-2379.9	1.88
66	509	-494	-2261.0	4.58
67	849	-1306	-2379.9	1.82
68	509	-535	-2261.0	4.22
69	849	-1330	-2379.9	1.79
70	509	-559	-2261.0	4.04
71	849	-1289	-2379.9	1.85
72	509	-518	-2261.0	4.37
73	509	-472	-2261.0	4.79
74	509	-541	-2261.0	4.18
75	509	-581	-2261.0	3.89
76	509	-512	-2261.0	4.42
77	849	-1259	-2379.9	1.89
78	781	-1105	-2356.3	2.13
79	849	-1300	-2379.9	1.83
80	781	-1146	-2356.3	2.06
81	849	-1324	-2379.9	1.80
82	781	-1170	-2356.3	2.01
83	849	-1283	-2379.9	1.86
84	781	-1129	-2356.3	2.09
85	781	-1083	-2356.3	2.18
86	781	-1152	-2356.3	2.05

87	781	-1192	-2356.3	1.98
88	781	-1123	-2356.3	2.10
89	849	-1259	-2379.9	1.89
90	509	-488	-2261.0	4.63
91	849	-1300	-2379.9	1.83
92	509	-530	-2261.0	4.27
93	849	-1324	-2379.9	1.80
94	509	-553	-2261.0	4.09
95	849	-1283	-2379.9	1.86
96	509	-512	-2261.0	4.42
97	509	-466	-2261.0	4.85
98	509	-535	-2261.0	4.22
99	509	-575	-2261.0	3.93
100	509	-506	-2261.0	4.47
101	365	-436	-2209.9	5.07
102	365	-367	-2209.9	6.02
103	365	-293	-2209.9	7.54
104	365	-362	-2209.9	6.11
105	949	-771	-2413.8	3.13
106	861	-716	-2383.9	3.33
107	949	-813	-2413.8	2.97
108	861	-757	-2383.9	3.15
109	949	-837	-2413.8	2.88
110	861	-781	-2383.9	3.05
111	949	-795	-2413.8	3.03
112	861	-740	-2383.9	3.22
113	861	-694	-2383.9	3.43
114	861	-763	-2383.9	3.12
115	861	-803	-2383.9	2.97
116	861	-734	-2383.9	3.25
117	949	-771	-2413.8	3.13
118	549	-297	-2275.1	7.67
119	949	-813	-2413.8	2.97
120	549	-338	-2275.1	6.73
121	949	-837	-2413.8	2.88
122	549	-362	-2275.1	6.29
123	949	-795	-2413.8	3.03
124	549	-320	-2275.1	7.10
125	549	-275	-2275.1	8.28
126	549	-344	-2275.1	6.62
127	549	-384	-2275.1	5.93
128	549	-315	-2275.1	7.23
129	949	-766	-2413.8	3.15
130	861	-710	-2383.9	3.36
131	949	-807	-2413.8	2.99
132	861	-752	-2383.9	3.17

133	949	-831	-2413.8	2.90
134	861	-776	-2383.9	3.07
135	949	-790	-2413.8	3.06
136	861	-734	-2383.9	3.25
137	861	-688	-2383.9	3.46
138	861	-757	-2383.9	3.15
139	861	-797	-2383.9	2.99
140	861	-728	-2383.9	3.27
141	949	-766	-2413.8	3.15
142	549	-291	-2275.1	7.82
143	949	-807	-2413.8	2.99
144	549	-332	-2275.1	6.85
145	949	-831	-2413.8	2.90
146	549	-356	-2275.1	6.39
147	949	-790	-2413.8	3.06
148	549	-315	-2275.1	7.23
149	549	-269	-2275.1	8.46
150	549	-338	-2275.1	6.73
151	549	-378	-2275.1	6.02
152	549	-309	-2275.1	7.36
153	365	-436	-2209.9	5.07
154	365	-367	-2209.9	6.02
155	365	-293	-2209.9	7.54
156	365	-362	-2209.9	6.11
157	654	-1003	-2312.3	2.31
158	625	-901	-2302.0	2.56
159	654	-1044	-2312.3	2.21
160	625	-942	-2302.0	2.44
161	654	-1068	-2312.3	2.17
162	625	-966	-2302.0	2.38
163	654	-1027	-2312.3	2.25
164	625	-925	-2302.0	2.49
165	625	-879	-2302.0	2.62
166	625	-948	-2302.0	2.43
167	625	-988	-2302.0	2.33
168	625	-919	-2302.0	2.51
169	654	-1003	-2312.3	2.31
170	665	-704	-2316.1	3.29
171	654	-1044	-2312.3	2.21
172	665	-745	-2316.1	3.11
173	654	-1068	-2312.3	2.17
174	665	-769	-2316.1	3.01
175	654	-1027	-2312.3	2.25
176	665	-727	-2316.1	3.18
177	665	-682	-2316.1	3.40
178	665	-751	-2316.1	3.08

179	665	-791	-2316.1	2.93
180	665	-722	-2316.1	3.21
181	654	-997	-2312.3	2.32
182	625	-895	-2302.0	2.57
183	654	-1038	-2312.3	2.23
184	625	-937	-2302.0	2.46
185	654	-1062	-2312.3	2.18
186	625	-960	-2302.0	2.40
187	654	-1021	-2312.3	2.27
188	625	-919	-2302.0	2.50
189	625	-873	-2302.0	2.64
190	625	-942	-2302.0	2.44
191	625	-982	-2302.0	2.34
192	625	-913	-2302.0	2.52
193	654	-997	-2312.3	2.32
194	665	-698	-2316.1	3.32
195	654	-1038	-2312.3	2.23
196	665	-739	-2316.1	3.13
197	654	-1062	-2312.3	2.18
198	665	-763	-2316.1	3.03
199	654	-1021	-2312.3	2.27
200	665	-722	-2316.1	3.21
201	665	-676	-2316.1	3.43
202	665	-745	-2316.1	3.11
203	665	-785	-2316.1	2.95
204	665	-716	-2316.1	3.24
205	365	-436	-2209.9	5.07
206	365	-367	-2209.9	6.02
207	365	-293	-2209.9	7.54
208	365	-362	-2209.9	6.11
209	754	-509	-2346.8	4.61
210	705	-506	-2329.9	4.60
211	754	-551	-2346.8	4.26
212	705	-548	-2329.9	4.25
213	754	-575	-2346.8	4.08
214	705	-572	-2329.9	4.08
215	754	-533	-2346.8	4.40
216	705	-530	-2329.9	4.39
217	705	-484	-2329.9	4.81
218	705	-553	-2329.9	4.21
219	705	-593	-2329.9	3.93
220	705	-524	-2329.9	4.44
221	754	-509	-2346.8	4.61
222	705	-506	-2329.9	4.60
223	754	-551	-2346.8	4.26
224	705	-548	-2329.9	4.25

225	754	-575	-2346.8	4.08
226	705	-572	-2329.9	4.08
227	754	-533	-2346.8	4.40
228	705	-530	-2329.9	4.39
229	705	-484	-2329.9	4.81
230	705	-553	-2329.9	4.21
231	705	-593	-2329.9	3.93
232	705	-524	-2329.9	4.44
233	754	-504	-2346.8	4.66
234	705	-501	-2329.9	4.65
235	754	-545	-2346.8	4.31
236	705	-542	-2329.9	4.30
237	754	-569	-2346.8	4.12
238	705	-566	-2329.9	4.12
239	754	-528	-2346.8	4.45
240	705	-524	-2329.9	4.44
241	705	-479	-2329.9	4.87
242	705	-548	-2329.9	4.25
243	705	-588	-2329.9	3.96
244	705	-519	-2329.9	4.49
245	754	-504	-2346.8	4.66
246	705	-501	-2329.9	4.65
247	754	-545	-2346.8	4.31
248	705	-542	-2329.9	4.30
249	754	-569	-2346.8	4.12
250	705	-566	-2329.9	4.12
251	754	-528	-2346.8	4.45
252	705	-524	-2329.9	4.44
253	705	-479	-2329.9	4.87
254	705	-548	-2329.9	4.25
255	705	-588	-2329.9	3.96
256	705	-519	-2329.9	4.49
257	365	-436	-2209.9	5.07
258	365	-367	-2209.9	6.02
259	365	-293	-2209.9	7.54
260	365	-362	-2209.9	6.11
261	386	-626	-2217.4	3.54
262	386	-649	-2217.4	3.42
263	400	-558	-2222.4	3.98
264	400	-581	-2222.4	3.83
265	386	-662	-2217.4	3.35
266	386	-639	-2217.4	3.47
267	448	-261	-2239.5	8.58
268	448	-284	-2239.5	7.89
269	400	-594	-2222.4	3.74
270	400	-571	-2222.4	3.89

271	462	-193	-2244.4	11.64
272	462	-216	-2244.4	10.40
273	448	-297	-2239.5	7.53
274	448	-274	-2239.5	8.17
275	462	-229	-2244.4	9.79
276	462	-206	-2244.4	10.89
277	377	-619	-2213.9	3.58
278	377	-642	-2213.9	3.45
279	390	-551	-2218.8	4.03
280	390	-574	-2218.8	3.87
281	377	-655	-2213.9	3.38
282	377	-632	-2213.9	3.50
283	438	-254	-2236.0	8.81
284	438	-277	-2236.0	8.08
285	390	-587	-2218.8	3.78
286	390	-564	-2218.8	3.93
287	452	-186	-2240.9	12.07
288	452	-209	-2240.9	10.74
289	438	-290	-2236.0	7.71
290	438	-267	-2236.0	8.38
291	452	-222	-2240.9	10.10
292	452	-199	-2240.9	11.26
293	419	-504	-2229.2	4.43
294	419	-527	-2229.2	4.23
295	433	-436	-2234.2	5.13
296	433	-459	-2234.2	4.87
297	419	-540	-2229.2	4.13
298	419	-517	-2229.2	4.31
299	438	-394	-2235.9	5.67
300	438	-417	-2235.9	5.36
301	433	-472	-2234.2	4.73
302	433	-449	-2234.2	4.98
303	451	-326	-2240.8	6.87
304	451	-349	-2240.8	6.42
305	438	-430	-2235.9	5.19
306	438	-407	-2235.9	5.49
307	451	-362	-2240.8	6.18
308	451	-339	-2240.8	6.60
309	387	-480	-2217.6	4.62
310	387	-503	-2217.6	4.41
311	400	-412	-2222.5	5.40
312	400	-435	-2222.5	5.11
313	387	-516	-2217.6	4.30
314	387	-493	-2217.6	4.50
315	405	-370	-2224.2	6.01
316	405	-393	-2224.2	5.66



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	54 di 93

317	400	-448	-2222.5	4.96
318	400	-425	-2222.5	5.23
319	419	-302	-2229.1	7.38
320	419	-325	-2229.1	6.86
321	405	-406	-2224.2	5.47
322	405	-383	-2224.2	5.80
323	419	-338	-2229.1	6.59
324	419	-315	-2229.1	7.07

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	100	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	828	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	535.6	839.9			3458.3	1247.4	1247.4	2.329

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-95	-99	0.125	299594	100	243	0.0002	0.054	0.091	Verificato
2	Fessurata	-100	-99	0.125	301059	100	243	0.0002	0.061	0.103	Verificato
3	Fessurata	-103	-100	0.125	302148	100	243	0.0003	0.066	0.112	Verificato
4	Fessurata	-99	-99	0.125	300758	100	243	0.0002	0.059	0.101	Verificato
5	Non fessurata	0	-34	0.125							
6	Non fessurata	0	-38	0.125							
7	Non fessurata	0	-41	0.125							
8	Non fessurata	0	-37	0.125							
9	Fessurata	-91	-98	0.125	297740	100	242	0.0002	0.045	0.077	Verificato
10	Fessurata	-95	-99	0.125	299330	100	243	0.0002	0.052	0.089	Verificato
11	Fessurata	-98	-99	0.125	300508	100	243	0.0002	0.058	0.099	Verificato
12	Fessurata	-94	-99	0.125	299004	100	243	0.0002	0.051	0.087	Verificato
13	Non fessurata	0	-29	0.125							
14	Non fessurata	0	-33	0.125							
15	Non fessurata	0	-37	0.125							
16	Non fessurata	0	-33	0.125							
17	Non fessurata	0	-46	0.125							
18	Non fessurata	0	-50	0.125							
19	Non fessurata	0	-54	0.125							
20	Non fessurata	0	-50	0.125							
21	Non fessurata	0	-42	0.125							
22	Non fessurata	0	-46	0.125							
23	Non fessurata	0	-49	0.125							
24	Non fessurata	0	-45	0.125							
25	Non fessurata	0	-65	0.125							
26	Non fessurata	0	-69	0.125							
27	Non fessurata	0	-72	0.125							
28	Non fessurata	0	-68	0.125							
29	Non fessurata	0	-34	0.125							
30	Non fessurata	0	-38	0.125							
31	Non fessurata	0	-41	0.125							
32	Non fessurata	0	-37	0.125							
33	Non fessurata	0	-60	0.125							
34	Non fessurata	0	-64	0.125							
35	Non fessurata	0	-67	0.125							
36	Non fessurata	0	-63	0.125							
37	Non fessurata	0	-29	0.125							
38	Non fessurata	0	-33	0.125							
39	Non fessurata	0	-37	0.125							
40	Non fessurata	0	-33	0.125							
41	Non fessurata	0	-40	0.125							
42	Non fessurata	0	-44	0.125							

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	57 di 93

43	Non fessurata	0	-48	0.125							
44	Non fessurata	0	-43	0.125							
45	Non fessurata	0	-36	0.125							
46	Non fessurata	0	-40	0.125							
47	Non fessurata	0	-43	0.125							
48	Non fessurata	0	-39	0.125							
49	Fessurata	-95	-99	0.125	299594	100	243	0.0002	0.054	0.091	Verificato
50	Fessurata	-100	-99	0.125	301059	100	243	0.0002	0.061	0.103	Verificato
51	Fessurata	-103	-100	0.125	302148	100	243	0.0003	0.066	0.112	Verificato
52	Fessurata	-99	-99	0.125	300758	100	243	0.0002	0.059	0.101	Verificato
53	Fessurata	-91	-98	0.125	297740	100	242	0.0002	0.045	0.077	Verificato
54	Fessurata	-95	-99	0.125	299330	100	243	0.0002	0.052	0.089	Verificato
55	Fessurata	-98	-99	0.125	300508	100	243	0.0002	0.058	0.099	Verificato
56	Fessurata	-94	-99	0.125	299004	100	243	0.0002	0.051	0.087	Verificato

9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	100

9.6.1 Presso-Flessione

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

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	26	26.55	9.1
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	303	-760	-1886.4	2.48
2	278	-678	-1876.7	2.77
3	272	-641	-1874.0	2.92
4	247	-558	-1864.3	3.34
5	279	-703	-1877.0	2.67
6	255	-620	-1867.2	3.01
7	310	-823	-1889.4	2.30
8	286	-740	-1879.6	2.54
9	286	-697	-1879.8	2.70
10	234	-498	-1859.2	3.74
11	247	-601	-1864.1	3.10
12	298	-800	-1884.7	2.35
13	303	-760	-1886.4	2.48
14	181	-347	-1837.8	5.29
15	272	-641	-1874.0	2.92
16	150	-227	-1825.4	8.02
17	279	-703	-1877.0	2.67
18	157	-290	-1828.4	6.31
19	310	-823	-1889.4	2.30
20	188	-409	-1840.8	4.50
21	189	-366	-1841.0	5.03
22	137	-167	-1820.3	10.91
23	149	-270	-1825.2	6.75
24	201	-470	-1845.9	3.93
25	305	-765	-1887.2	2.47
26	280	-683	-1877.5	2.75
27	274	-646	-1874.9	2.90
28	249	-563	-1865.1	3.31
29	281	-708	-1877.8	2.65
30	257	-625	-1868.1	2.99
31	312	-828	-1890.2	2.28
32	288	-745	-1880.5	2.52
33	288	-702	-1880.7	2.68
34	236	-503	-1860.0	3.70
35	249	-606	-1864.9	3.08
36	300	-805	-1885.6	2.34
37	305	-765	-1887.2	2.47
38	183	-352	-1838.7	5.22
39	274	-646	-1874.9	2.90
40	152	-233	-1826.3	7.85
41	281	-708	-1877.8	2.65
42	159	-295	-1829.2	6.21

43	312	-828	-1890.2	2.28
44	190	-414	-1841.6	4.45
45	191	-371	-1841.8	4.96
46	139	-172	-1821.2	10.59
47	151	-275	-1826.1	6.63
48	203	-475	-1846.7	3.89
49	88	-166	-1800.6	10.87
50	140	-365	-1821.3	4.99
51	140	-292	-1821.4	6.25
52	88	-92	-1800.6	19.52
53	222	-526	-1854.4	3.53
54	214	-490	-1851.1	3.78
55	191	-406	-1842.0	4.54
56	183	-370	-1838.7	4.96
57	199	-468	-1844.9	3.94
58	190	-433	-1841.6	4.26
59	230	-588	-1857.3	3.16
60	221	-552	-1854.0	3.36
61	222	-509	-1854.2	3.64
62	170	-310	-1833.6	5.92
63	183	-413	-1838.5	4.45
64	234	-613	-1859.1	3.03
65	222	-526	-1854.4	3.53
66	181	-347	-1837.8	5.29
67	191	-406	-1842.0	4.54
68	150	-227	-1825.4	8.02
69	199	-468	-1844.9	3.94
70	157	-290	-1828.4	6.31
71	230	-588	-1857.3	3.16
72	188	-409	-1840.8	4.50
73	189	-366	-1841.0	5.03
74	137	-167	-1820.3	10.91
75	149	-270	-1825.2	6.75
76	201	-470	-1845.9	3.93
77	224	-531	-1855.2	3.49
78	216	-495	-1851.9	3.74
79	193	-411	-1842.8	4.48
80	185	-375	-1839.5	4.90
81	201	-473	-1845.8	3.90
82	192	-438	-1842.5	4.21
83	232	-593	-1858.2	3.13
84	223	-557	-1854.8	3.33
85	224	-514	-1855.1	3.61
86	172	-315	-1834.4	5.83
87	185	-418	-1839.3	4.40
88	236	-618	-1859.9	3.01

89	224	-531	-1855.2	3.49
90	183	-352	-1838.7	5.22
91	193	-411	-1842.8	4.48
92	152	-233	-1826.3	7.85
93	201	-473	-1845.8	3.90
94	159	-295	-1829.2	6.21
95	232	-593	-1858.2	3.13
96	190	-414	-1841.6	4.45
97	191	-371	-1841.8	4.96
98	139	-172	-1821.2	10.59
99	151	-275	-1826.1	6.63
100	203	-475	-1846.7	3.89
101	88	-166	-1800.6	10.87
102	140	-365	-1821.3	4.99
103	140	-292	-1821.4	6.25
104	88	-92	-1800.6	19.52
105	383	-995	-1918.3	1.93
106	342	-865	-1902.3	2.20
107	352	-875	-1906.1	2.18
108	311	-746	-1889.9	2.53
109	359	-937	-1909.0	2.04
110	319	-808	-1892.9	2.34
111	390	-1057	-1921.2	1.82
112	350	-928	-1905.3	2.05
113	350	-885	-1905.5	2.15
114	299	-685	-1884.8	2.75
115	311	-789	-1889.7	2.40
116	362	-988	-1910.3	1.93
117	383	-995	-1918.3	1.93
118	245	-535	-1863.4	3.48
119	352	-875	-1906.1	2.18
120	214	-415	-1851.1	4.46
121	359	-937	-1909.0	2.04
122	221	-477	-1854.0	3.88
123	390	-1057	-1921.2	1.82
124	252	-597	-1866.4	3.13
125	253	-554	-1866.6	3.37
126	201	-355	-1845.9	5.21
127	213	-458	-1850.8	4.04
128	265	-657	-1871.5	2.85
129	385	-1000	-1919.1	1.92
130	344	-870	-1903.1	2.19
131	354	-880	-1906.9	2.17
132	313	-751	-1890.8	2.52
133	361	-942	-1909.8	2.03
134	321	-813	-1893.7	2.33

135	392	-1062	-1922.0	1.81
136	352	-933	-1906.1	2.04
137	352	-890	-1906.3	2.14
138	301	-690	-1885.6	2.73
139	313	-794	-1890.5	2.38
140	365	-993	-1911.1	1.92
141	385	-1000	-1919.1	1.92
142	247	-540	-1864.3	3.45
143	354	-880	-1906.9	2.17
144	216	-420	-1851.9	4.41
145	361	-942	-1909.8	2.03
146	223	-482	-1854.8	3.85
147	392	-1062	-1922.0	1.81
148	254	-602	-1867.2	3.10
149	255	-559	-1867.4	3.34
150	203	-360	-1846.8	5.14
151	216	-463	-1851.7	4.00
152	267	-663	-1872.3	2.83
153	88	-166	-1800.6	10.87
154	140	-365	-1821.3	4.99
155	140	-292	-1821.4	6.25
156	88	-92	-1800.6	19.52
157	162	-319	-1830.1	5.73
158	165	-325	-1831.6	5.64
159	131	-200	-1817.7	9.11
160	134	-205	-1819.3	8.87
161	138	-262	-1820.7	6.96
162	142	-267	-1822.2	6.82
163	169	-381	-1833.0	4.81
164	173	-387	-1834.6	4.74
165	173	-344	-1834.8	5.33
166	122	-145	-1814.2	12.55
167	134	-248	-1819.0	7.33
168	186	-447	-1839.7	4.11
169	162	-319	-1830.1	5.73
170	230	-512	-1857.3	3.62
171	131	-200	-1817.7	9.11
172	199	-393	-1844.9	4.70
173	138	-262	-1820.7	6.96
174	206	-455	-1847.8	4.06
175	169	-381	-1833.0	4.81
176	237	-575	-1860.2	3.24
177	237	-532	-1860.4	3.50
178	186	-332	-1839.8	5.54
179	198	-436	-1844.7	4.23
180	250	-635	-1865.3	2.94

181	164	-324	-1830.9	5.65
182	167	-330	-1832.5	5.56
183	133	-205	-1818.5	8.89
184	136	-210	-1820.1	8.66
185	140	-267	-1821.5	6.83
186	144	-272	-1823.0	6.70
187	171	-386	-1833.9	4.75
188	175	-392	-1835.4	4.68
189	175	-349	-1835.6	5.26
190	124	-150	-1815.0	12.14
191	136	-253	-1819.9	7.19
192	188	-452	-1840.5	4.07
193	164	-324	-1830.9	5.65
194	232	-517	-1858.1	3.59
195	133	-205	-1818.5	8.89
196	201	-398	-1845.7	4.64
197	140	-267	-1821.5	6.83
198	208	-460	-1848.6	4.02
199	171	-386	-1833.9	4.75
200	239	-580	-1861.0	3.21
201	239	-537	-1861.2	3.47
202	188	-337	-1840.6	5.46
203	200	-441	-1845.5	4.19
204	252	-640	-1866.1	2.92
205	88	-166	-1800.6	10.87
206	140	-365	-1821.3	4.99
207	140	-292	-1821.4	6.25
208	88	-92	-1800.6	19.52
209	322	-788	-1894.1	2.40
210	294	-700	-1882.9	2.69
211	291	-669	-1881.8	2.81
212	263	-580	-1870.5	3.22
213	298	-731	-1884.7	2.58
214	270	-643	-1873.4	2.92
215	329	-850	-1897.1	2.23
216	301	-762	-1885.8	2.47
217	302	-719	-1886.0	2.62
218	250	-520	-1865.4	3.59
219	262	-623	-1870.3	3.00
220	314	-823	-1890.9	2.30
221	322	-788	-1894.1	2.40
222	294	-700	-1882.9	2.69
223	291	-669	-1881.8	2.81
224	263	-580	-1870.5	3.22
225	298	-731	-1884.7	2.58
226	270	-643	-1873.4	2.92

227	329	-850	-1897.1	2.23
228	301	-762	-1885.8	2.47
229	302	-719	-1886.0	2.62
230	250	-520	-1865.4	3.59
231	262	-623	-1870.3	3.00
232	314	-823	-1890.9	2.30
233	324	-793	-1895.0	2.39
234	296	-705	-1883.7	2.67
235	293	-674	-1882.6	2.79
236	265	-585	-1871.3	3.20
237	300	-736	-1885.5	2.56
238	272	-648	-1874.3	2.89
239	331	-855	-1897.9	2.22
240	303	-767	-1886.6	2.46
241	304	-724	-1886.9	2.61
242	252	-525	-1866.2	3.56
243	264	-628	-1871.1	2.98
244	316	-828	-1891.7	2.29
245	324	-793	-1895.0	2.39
246	296	-705	-1883.7	2.67
247	293	-674	-1882.6	2.79
248	265	-585	-1871.3	3.20
249	300	-736	-1885.5	2.56
250	272	-648	-1874.3	2.89
251	331	-855	-1897.9	2.22
252	303	-767	-1886.6	2.46
253	304	-724	-1886.9	2.61
254	252	-525	-1866.2	3.56
255	264	-628	-1871.1	2.98
256	316	-828	-1891.7	2.29
257	88	-166	-1800.6	10.87
258	140	-365	-1821.3	4.99
259	140	-292	-1821.4	6.25
260	88	-92	-1800.6	19.52
261	132	-145	-1818.3	12.58
262	115	-78	-1811.4	23.20
263	154	-209	-1827.1	8.73
264	137	-143	-1820.3	12.75
265	119	-113	-1813.1	16.10
266	136	-179	-1819.9	10.16
267	188	-449	-1840.7	4.10
268	171	-382	-1833.8	4.79
269	141	-177	-1821.9	10.28
270	158	-244	-1828.8	7.50
271	210	-514	-1849.5	3.60
272	193	-447	-1842.7	4.12

273	175	-417	-1835.4	4.40
274	192	-483	-1842.3	3.81
275	197	-482	-1844.3	3.83
276	214	-548	-1851.2	3.38
277	131	-136	-1818.0	13.38
278	114	-69	-1811.1	26.08
279	153	-201	-1826.9	9.11
280	136	-134	-1820.0	13.57
281	118	-104	-1812.8	17.44
282	135	-170	-1819.7	10.68
283	187	-440	-1840.4	4.18
284	170	-374	-1833.5	4.90
285	140	-169	-1821.6	10.80
286	158	-235	-1828.5	7.78
287	210	-505	-1849.3	3.66
288	192	-439	-1842.4	4.20
289	174	-408	-1835.2	4.49
290	191	-475	-1842.1	3.88
291	196	-473	-1844.0	3.90
292	214	-540	-1850.9	3.43
293	133	-256	-1818.8	7.12
294	116	-189	-1811.9	9.58
295	155	-320	-1827.6	5.71
296	138	-254	-1820.8	7.17
297	120	-224	-1813.6	8.11
298	137	-290	-1820.4	6.28
299	150	-347	-1825.5	5.26
300	133	-280	-1818.7	6.49
301	142	-288	-1822.4	6.32
302	159	-355	-1829.3	5.16
303	172	-412	-1834.4	4.46
304	155	-345	-1827.5	5.30
305	137	-315	-1820.3	5.78
306	154	-381	-1827.2	4.79
307	159	-380	-1829.1	4.82
308	176	-446	-1836.0	4.12
309	131	-227	-1817.9	8.02
310	114	-160	-1811.0	11.30
311	153	-291	-1826.7	6.27
312	136	-225	-1819.9	8.09
313	118	-195	-1812.7	9.31
314	135	-261	-1819.5	6.97
315	148	-318	-1824.6	5.74
316	131	-252	-1817.7	7.23
317	140	-259	-1821.5	7.02
318	157	-326	-1828.4	5.61



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	66 di 93

319	170	-383	-1833.5	4.79
320	153	-316	-1826.6	5.78
321	135	-286	-1819.4	6.36
322	152	-353	-1826.3	5.18
323	157	-351	-1828.2	5.21
324	174	-417	-1835.1	4.40

9.6.2 Taglio

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

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	100	cm
Copriferro Superiore	cs	50	mm
Copriferro Inferiore	ci	50	mm
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	26	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	831	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	-670.8	378.6			3373.7	1251.5	1251.5	1.866

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	-44	0.125						
2	Non fessurata	0	-27	0.125						
3	Non fessurata	0	-37	0.125						
4	Non fessurata	0	-53	0.125						
5	Non fessurata	0	-33	0.125						
6	Non fessurata	0	-16	0.125						
7	Non fessurata	0	-25	0.125						
8	Non fessurata	0	-42	0.125						
9	Non fessurata	0	-49	0.125						
10	Non fessurata	0	-32	0.125						
11	Non fessurata	0	-41	0.125						
12	Non fessurata	0	-58	0.125						
13	Non fessurata	0	-38	0.125						
14	Non fessurata	0	-21	0.125						
15	Non fessurata	0	-30	0.125						
16	Non fessurata	0	-47	0.125						
17	Non fessurata	0	-94	0.125						
18	Non fessurata	0	-77	0.125						
19	Non fessurata	0	-86	0.125						
20	Non fessurata	0	-103	0.125						
21	Non fessurata	0	-98	0.125						
22	Non fessurata	0	-82	0.125						
23	Non fessurata	0	-91	0.125						
24	Fessurata	-108	-124	0.125	273000	100	243	0.0002	0.052	0.089
25	Non fessurata	0	-38	0.125						
26	Non fessurata	0	-22	0.125						
27	Non fessurata	0	-31	0.125						
28	Non fessurata	0	-48	0.125						
29	Non fessurata	0	-33	0.125						
30	Non fessurata	0	-16	0.125						
31	Non fessurata	0	-25	0.125						
32	Non fessurata	0	-42	0.125						
33	Non fessurata	0	-43	0.125						
34	Non fessurata	0	-27	0.125						
35	Non fessurata	0	-36	0.125						
36	Non fessurata	0	-52	0.125						
37	Non fessurata	0	-38	0.125						
38	Non fessurata	0	-21	0.125						
39	Non fessurata	0	-30	0.125						
40	Non fessurata	0	-47	0.125						
41	Non fessurata	0	-63	0.125						
42	Non fessurata	0	-47	0.125						
43	Non fessurata	0	-56	0.125						
44	Non fessurata	0	-72	0.125						
45	Non fessurata	0	-68	0.125						



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	69 di 93

46	Non fessurata	0	-51	0.125
47	Non fessurata	0	-61	0.125
48	Non fessurata	0	-77	0.125
49	Non fessurata	0	-44	0.125
50	Non fessurata	0	-27	0.125
51	Non fessurata	0	-37	0.125
52	Non fessurata	0	-53	0.125
53	Non fessurata	0	-49	0.125
54	Non fessurata	0	-32	0.125
55	Non fessurata	0	-41	0.125
56	Non fessurata	0	-58	0.125

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>100</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]	[cm ²]	[cm]
5	26	26.55	9.1
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	M_u	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	303	982	1886.4	1.92
2	278	868	1876.7	2.16
3	272	1102	1874.0	1.70
4	247	988	1864.3	1.89
5	279	1040	1877.0	1.81
6	255	926	1867.2	2.02
7	310	920	1889.4	2.05
8	286	806	1879.6	2.33
9	286	849	1879.8	2.21
10	234	1049	1859.2	1.77
11	247	945	1864.1	1.97
12	298	746	1884.7	2.53
13	303	982	1886.4	1.92
14	181	414	1837.8	4.44
15	272	1102	1874.0	1.70
16	150	534	1825.4	3.42
17	279	1040	1877.0	1.81
18	157	472	1828.4	3.87
19	310	920	1889.4	2.05
20	188	352	1840.8	5.23
21	189	395	1841.0	4.66
22	137	595	1820.3	3.06
23	149	491	1825.2	3.72
24	201	292	1845.9	6.33
25	305	977	1887.2	1.93
26	280	863	1877.5	2.17
27	274	1097	1874.9	1.71
28	249	983	1865.1	1.90
29	281	1035	1877.8	1.82
30	257	921	1868.1	2.03
31	312	915	1890.2	2.07
32	288	801	1880.5	2.35
33	288	844	1880.7	2.23
34	236	1044	1860.0	1.78
35	249	940	1864.9	1.98
36	300	741	1885.6	2.55
37	305	977	1887.2	1.93
38	183	409	1838.7	4.49
39	274	1097	1874.9	1.71
40	152	529	1826.3	3.45
41	281	1035	1877.8	1.82

42	159	467	1829.2	3.92
43	312	915	1890.2	2.07
44	190	347	1841.6	5.30
45	191	390	1841.8	4.72
46	139	590	1821.2	3.09
47	151	486	1826.1	3.76
48	203	287	1846.7	6.44
49	88	373	1800.6	4.82
50	140	174	1821.3	10.48
51	140	247	1821.4	7.37
52	88	447	1800.6	4.03
53	303	982	1886.4	1.92
54	278	868	1876.7	2.16
55	272	1102	1874.0	1.70
56	247	988	1864.3	1.89
57	279	1040	1877.0	1.81
58	255	926	1867.2	2.02
59	310	920	1889.4	2.05
60	286	806	1879.6	2.33
61	286	849	1879.8	2.21
62	234	1049	1859.2	1.77
63	247	945	1864.1	1.97
64	298	746	1884.7	2.53
65	303	982	1886.4	1.92
66	181	414	1837.8	4.44
67	272	1102	1874.0	1.70
68	150	534	1825.4	3.42
69	279	1040	1877.0	1.81
70	157	472	1828.4	3.87
71	310	920	1889.4	2.05
72	188	352	1840.8	5.23
73	189	395	1841.0	4.66
74	137	595	1820.3	3.06
75	149	491	1825.2	3.72
76	201	292	1845.9	6.33
77	305	977	1887.2	1.93
78	280	863	1877.5	2.17
79	274	1097	1874.9	1.71
80	249	983	1865.1	1.90
81	281	1035	1877.8	1.82
82	257	921	1868.1	2.03
83	312	915	1890.2	2.07
84	288	801	1880.5	2.35
85	288	844	1880.7	2.23
86	236	1044	1860.0	1.78
87	249	940	1864.9	1.98

88	300	741	1885.6	2.55
89	305	977	1887.2	1.93
90	183	409	1838.7	4.49
91	274	1097	1874.9	1.71
92	152	529	1826.3	3.45
93	281	1035	1877.8	1.82
94	159	467	1829.2	3.92
95	312	915	1890.2	2.07
96	190	347	1841.6	5.30
97	191	390	1841.8	4.72
98	139	590	1821.2	3.09
99	151	486	1826.1	3.76
100	203	287	1846.7	6.44
101	88	373	1800.6	4.82
102	140	174	1821.3	10.48
103	140	247	1821.4	7.37
104	88	447	1800.6	4.03
105	303	982	1886.4	1.92
106	278	868	1876.7	2.16
107	272	1102	1874.0	1.70
108	247	988	1864.3	1.89
109	279	1040	1877.0	1.81
110	255	926	1867.2	2.02
111	310	920	1889.4	2.05
112	286	806	1879.6	2.33
113	286	849	1879.8	2.21
114	234	1049	1859.2	1.77
115	247	945	1864.1	1.97
116	298	746	1884.7	2.53
117	303	982	1886.4	1.92
118	181	414	1837.8	4.44
119	272	1102	1874.0	1.70
120	150	534	1825.4	3.42
121	279	1040	1877.0	1.81
122	157	472	1828.4	3.87
123	310	920	1889.4	2.05
124	188	352	1840.8	5.23
125	189	395	1841.0	4.66
126	137	595	1820.3	3.06
127	149	491	1825.2	3.72
128	201	292	1845.9	6.33
129	305	977	1887.2	1.93
130	280	863	1877.5	2.17
131	274	1097	1874.9	1.71
132	249	983	1865.1	1.90
133	281	1035	1877.8	1.82

134	257	921	1868.1	2.03
135	312	915	1890.2	2.07
136	288	801	1880.5	2.35
137	288	844	1880.7	2.23
138	236	1044	1860.0	1.78
139	249	940	1864.9	1.98
140	300	741	1885.6	2.55
141	305	977	1887.2	1.93
142	183	409	1838.7	4.49
143	274	1097	1874.9	1.71
144	152	529	1826.3	3.45
145	281	1035	1877.8	1.82
146	159	467	1829.2	3.92
147	312	915	1890.2	2.07
148	190	347	1841.6	5.30
149	191	390	1841.8	4.72
150	139	590	1821.2	3.09
151	151	486	1826.1	3.76
152	203	287	1846.7	6.44
153	88	373	1800.6	4.82
154	140	174	1821.3	10.48
155	140	247	1821.4	7.37
156	88	447	1800.6	4.03
157	242	698	1862.1	2.67
158	230	641	1857.3	2.90
159	211	818	1849.7	2.26
160	199	761	1844.9	2.42
161	218	756	1852.7	2.45
162	206	699	1847.8	2.64
163	249	636	1865.1	2.93
164	237	579	1860.2	3.21
165	237	622	1860.4	2.99
166	186	822	1839.8	2.24
167	198	718	1844.7	2.57
168	250	519	1865.3	3.60
169	242	698	1862.1	2.67
170	230	641	1857.3	2.90
171	211	818	1849.7	2.26
172	199	761	1844.9	2.42
173	218	756	1852.7	2.45
174	206	699	1847.8	2.64
175	249	636	1865.1	2.93
176	237	579	1860.2	3.21
177	237	622	1860.4	2.99
178	186	822	1839.8	2.24
179	198	718	1844.7	2.57

180	250	519	1865.3	3.60
181	244	693	1862.9	2.69
182	232	636	1858.1	2.92
183	213	813	1850.6	2.28
184	201	756	1845.7	2.44
185	220	751	1853.5	2.47
186	208	694	1848.6	2.66
187	251	631	1865.9	2.96
188	239	574	1861.0	3.24
189	239	617	1861.2	3.02
190	188	817	1840.6	2.25
191	200	713	1845.5	2.59
192	252	514	1866.1	3.63
193	244	693	1862.9	2.69
194	232	636	1858.1	2.92
195	213	813	1850.6	2.28
196	201	756	1845.7	2.44
197	220	751	1853.5	2.47
198	208	694	1848.6	2.66
199	251	631	1865.9	2.96
200	239	574	1861.0	3.24
201	239	617	1861.2	3.02
202	188	817	1840.6	2.25
203	200	713	1845.5	2.59
204	252	514	1866.1	3.63
205	88	373	1800.6	4.82
206	140	174	1821.3	10.48
207	140	247	1821.4	7.37
208	88	447	1800.6	4.03
209	242	698	1862.1	2.67
210	230	641	1857.3	2.90
211	211	818	1849.7	2.26
212	199	761	1844.9	2.42
213	218	756	1852.7	2.45
214	206	699	1847.8	2.64
215	249	636	1865.1	2.93
216	237	579	1860.2	3.21
217	237	622	1860.4	2.99
218	186	822	1839.8	2.24
219	198	718	1844.7	2.57
220	250	519	1865.3	3.60
221	242	698	1862.1	2.67
222	230	641	1857.3	2.90
223	211	818	1849.7	2.26
224	199	761	1844.9	2.42
225	218	756	1852.7	2.45

226	206	699	1847.8	2.64
227	249	636	1865.1	2.93
228	237	579	1860.2	3.21
229	237	622	1860.4	2.99
230	186	822	1839.8	2.24
231	198	718	1844.7	2.57
232	250	519	1865.3	3.60
233	244	693	1862.9	2.69
234	232	636	1858.1	2.92
235	213	813	1850.6	2.28
236	201	756	1845.7	2.44
237	220	751	1853.5	2.47
238	208	694	1848.6	2.66
239	251	631	1865.9	2.96
240	239	574	1861.0	3.24
241	239	617	1861.2	3.02
242	188	817	1840.6	2.25
243	200	713	1845.5	2.59
244	252	514	1866.1	3.63
245	244	693	1862.9	2.69
246	232	636	1858.1	2.92
247	213	813	1850.6	2.28
248	201	756	1845.7	2.44
249	220	751	1853.5	2.47
250	208	694	1848.6	2.66
251	251	631	1865.9	2.96
252	239	574	1861.0	3.24
253	239	617	1861.2	3.02
254	188	817	1840.6	2.25
255	200	713	1845.5	2.59
256	252	514	1866.1	3.63
257	88	373	1800.6	4.82
258	140	174	1821.3	10.48
259	140	247	1821.4	7.37
260	88	447	1800.6	4.03
261	171	356	1833.9	5.15
262	154	422	1827.0	4.33
263	171	356	1833.9	5.15
264	154	422	1827.0	4.33
265	158	388	1828.7	4.72
266	175	321	1835.5	5.71
267	171	356	1833.9	5.15
268	154	422	1827.0	4.33
269	158	388	1828.7	4.72
270	175	321	1835.5	5.71
271	171	356	1833.9	5.15

272	154	422	1827.0	4.33
273	158	388	1828.7	4.72
274	175	321	1835.5	5.71
275	158	388	1828.7	4.72
276	175	321	1835.5	5.71
277	170	343	1833.6	5.35
278	153	409	1826.8	4.46
279	170	343	1833.6	5.35
280	153	409	1826.8	4.46
281	157	375	1828.4	4.88
282	175	308	1835.3	5.95
283	170	343	1833.6	5.35
284	153	409	1826.8	4.46
285	157	375	1828.4	4.88
286	175	308	1835.3	5.95
287	170	343	1833.6	5.35
288	153	409	1826.8	4.46
289	157	375	1828.4	4.88
290	175	308	1835.3	5.95
291	157	375	1828.4	4.88
292	175	308	1835.3	5.95
293	153	377	1826.6	4.85
294	136	443	1819.7	4.11
295	153	377	1826.6	4.85
296	136	443	1819.7	4.11
297	140	409	1821.3	4.46
298	157	342	1828.2	5.35
299	153	377	1826.6	4.85
300	136	443	1819.7	4.11
301	140	409	1821.3	4.46
302	157	342	1828.2	5.35
303	153	377	1826.6	4.85
304	136	443	1819.7	4.11
305	140	409	1821.3	4.46
306	157	342	1828.2	5.35
307	140	409	1821.3	4.46
308	157	342	1828.2	5.35
309	150	334	1825.7	5.47
310	133	400	1818.8	4.55
311	150	334	1825.7	5.47
312	133	400	1818.8	4.55
313	137	366	1820.4	4.98
314	155	299	1827.3	6.11
315	150	334	1825.7	5.47
316	133	400	1818.8	4.55
317	137	366	1820.4	4.98



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	78 di 93

318	155	299	1827.3	6.11
319	150	334	1825.7	5.47
320	133	400	1818.8	4.55
321	137	366	1820.4	4.98
322	155	299	1827.3	6.11
323	137	366	1820.4	4.98
324	155	299	1827.3	6.11



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	79 di 93

9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

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_0.5_3	46.9	210.7	0.2	428.3				9.129

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-126	-128	0.125	273000	100	243	0.0003	0.074	0.126	Verificato
2	Fessurata	-146	-130	0.125	273000	100	243	0.0004	0.108	0.183	Verificato
3	Fessurata	-136	-129	0.125	273000	100	243	0.0004	0.091	0.155	Verificato
4	Fessurata	-116	-127	0.125	273000	100	243	0.0002	0.057	0.096	Verificato
5	Non fessurata	0	-59	0.125							
6	Non fessurata	0	-80	0.125							
7	Non fessurata	0	-70	0.125							
8	Non fessurata	0	-49	0.125							
9	Fessurata	-119	-127	0.125	273000	100	243	0.0003	0.063	0.107	Verificato
10	Fessurata	-140	-129	0.125	273000	100	243	0.0004	0.097	0.165	Verificato
11	Fessurata	-130	-128	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136	Verificato
12	Fessurata	-109	-126	0.125	273000	100	243	0.0002	0.053	0.090	Verificato
13	Non fessurata	0	-53	0.125							
14	Non fessurata	0	-73	0.125							
15	Non fessurata	0	-63	0.125							
16	Non fessurata	0	-43	0.125							
17	Fessurata	-126	-128	0.125	273000	100	243	0.0003	0.074	0.126	Verificato
18	Fessurata	-146	-130	0.125	273000	100	243	0.0004	0.108	0.183	Verificato
19	Fessurata	-136	-129	0.125	273000	100	243	0.0004	0.091	0.155	Verificato
20	Fessurata	-116	-127	0.125	273000	100	243	0.0002	0.057	0.096	Verificato
21	Fessurata	-119	-127	0.125	273000	100	243	0.0003	0.063	0.107	Verificato
22	Fessurata	-140	-129	0.125	273000	100	243	0.0004	0.097	0.165	Verificato
23	Fessurata	-130	-128	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136	Verificato
24	Fessurata	-109	-126	0.125	273000	100	243	0.0002	0.053	0.090	Verificato
25	Non fessurata	0	-93	0.125							
26	Fessurata	-113	-129	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.093	Verificato
27	Non fessurata	0	-103	0.125							
28	Non fessurata	0	-83	0.125							
29	Non fessurata	0	-59	0.125							
30	Non fessurata	0	-80	0.125							
31	Non fessurata	0	-70	0.125							
32	Non fessurata	0	-49	0.125							
33	Non fessurata	0	-86	0.125							
34	Non fessurata	0	-106	0.125							
35	Non fessurata	0	-96	0.125							
36	Non fessurata	0	-76	0.125							
37	Non fessurata	0	-53	0.125							
38	Non fessurata	0	-73	0.125							
39	Non fessurata	0	-63	0.125							
40	Non fessurata	0	-43	0.125							



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

SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	81 di 93

41	Non fessurata	0	-93	0.125							
42	Fessurata	-113	-129	0.125	273000	100	243	0.0002	0.055	0.093	Verificato
43	Non fessurata	0	-103	0.125							
44	Non fessurata	0	-83	0.125							
45	Non fessurata	0	-86	0.125							
46	Non fessurata	0	-106	0.125							
47	Non fessurata	0	-96	0.125							
48	Non fessurata	0	-76	0.125							
49	Fessurata	-126	-128	0.125	273000	100	243	0.0003	0.074	0.126	Verificato
50	Fessurata	-146	-130	0.125	273000	100	243	0.0004	0.108	0.183	Verificato
51	Fessurata	-136	-129	0.125	273000	100	243	0.0004	0.091	0.155	Verificato
52	Fessurata	-116	-127	0.125	273000	100	243	0.0002	0.057	0.096	Verificato
53	Fessurata	-119	-127	0.125	273000	100	243	0.0003	0.063	0.107	Verificato
54	Fessurata	-140	-129	0.125	273000	100	243	0.0004	0.097	0.165	Verificato
55	Fessurata	-130	-128	0.125	273000	100	243	0.0003	0.080	0.136	Verificato
56	Fessurata	-109	-126	0.125	273000	100	243	0.0002	0.053	0.090	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	1086	-	2.122
	Taglio	G3_1_57	0	-	744	1.860
2	Presso-flessione	G1_25	0	-1045	-	1.888
	Taglio	G3_1_5	0	-	335	3.472
3	Presso-flessione	G3_1_83	812	-1140	-	1.830
	Taglio	G3_1_83	820	0	-383	1.636
4	Presso-flessione	G3_1_83	443	-1063	-	1.827
	Taglio	G3_1_53	429	0	-686	1.823
5	Presso-flessione	G1_3	317	1048	-	1.805
	Taglio	G3_0.5_3	234	-	50	8.671
6	Presso-flessione	G3_1_5	879	-1140	-	2.097
	Taglio	G3_1_3	870	-	465	2.681

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_5	0	1289	-	1.787
	Taglio	G3_1_57	0	-	747	1.850
2	Pressoflessione	G1_25	0	-1066	-	1.850
	Taglio	G3_1_5	0	-	335	2.097
3	Pressoflessione	G3_1_83	782	-982	-	2.112
	Taglio	G3_1_83	790	0	-312	2.004
4	Pressoflessione	G3_1_83	373	-895	-	2.138
	Taglio	G3_1_53	359	0	-656	1.907
5	Pressoflessione	G1_3	247	1065	-	1.751
	Taglio	G3_1_3	247	-	80	5.420
6	Pressoflessione	G3_1_5	849	-1330	-	1.789
	Taglio	G3_1_3	840	-	536	2.329

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1016	-	2.268
	Taglio	G3_1_57	0	-	710	1.949
2	Presso-flessione	G1_25	0	-1020	-	1.935
	Taglio	G3_1_5	0	-	335	3.700
3	Presso-flessione	G3_1_83	766	-1144	-	1.808
	Taglio	G3_1_83	775	0	-349	1.791
4	Presso-flessione	G3_1_83	392	-1062	-	1.810
	Taglio	G3_1_53	379	0	-671	1.866
5	Presso-flessione	G1_3	272	1102	-	1.701
	Taglio	G3_0.5_3	211	-	47	9.129
6	Presso-flessione	G3_1_5	839	-1078	-	2.205
	Taglio	G3_1_3	830	-	406	3.072

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1008	-	2.284
	Taglio	G3_1_57	0	-	686	2.017
2	Presso-flessione	G1_25	0	-1017	-	1.940
	Taglio	G3_1_5	0	-	335	3.412
3	Presso-flessione	G3_1_83	725	-1109	-	1.851
	Taglio	G3_1_83	733	0	-345	1.815
4	Presso-flessione	G3_1_83	387	-1036	-	1.853
	Taglio	G3_1_53	374	0	-630	1.988
5	Presso-flessione	G1_3	267	1075	-	1.742
	Taglio	G3_1_55	267	-	-69	6.319
6	Presso-flessione	G3_1_5	798	-1066	-	2.216
	Taglio	G3_1_3	789	-	411	3.036

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0400001</td> <td>A</td> <td>86 di 93</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	86 di 93
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	86 di 93								

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 mezzera 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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL04 - Prolungamento Sottovia via Della Stazione <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">FASE-ENTE</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0400001</td> <td>A</td> <td>87 di 93</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	87 di 93
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0400001	A	87 di 93								

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

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

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ϵ_{CS_m}	5.3E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	0.57338	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	11000	mm
Altezza elemento equivalente	H	1033.33	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	36040	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.67	
Grado di impedimento	Kr	0.86162	
Moltiplicatore Kr	m	0.00979	
Tensione di lavoro assunta	σ_{S_L}	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 12 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		74.2572796	

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 4.00m.

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	=	89.24	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	86.33	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	4.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	82.33	[m]
	Δh_w	=	6.91	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	69.10	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	88	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	76.0	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	79.2	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.04	
				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]
1 - Vasca	6.00

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

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 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	=	89.24	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	84.53	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	6.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	78.53	[m]
	Δh_w	=	10.71	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	107.10	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	132	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	117.8	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	118.8	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.01	
				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	=	11.50	[m]
quota falda	q_w	=	89.24	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	86.33	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	2.91	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	334.65	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	824.75	[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	$V_{inst,d}$	=	368.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	742.3	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	2.02	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 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	=	0.7	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	14.42	[m]
quota falda	q_w	=	89.24	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	84.53	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	4.71	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	679.18	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	672.75	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	201.88	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	747.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	787.2	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.05	
				verificato