

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE

OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL02 - Prolungamento sottovia poderale km 8+806,23

Relazione di calcolo sottopasso

SCALA:

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

N M 0 Z 1 0 D 2 6 C L S L 0 2 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 	2018

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

File: NM0Z10D26CLSL0200001A

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
7.10	RITIRO	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
9.7	VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore_ Mezzeria.....	70



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	3 di 91

9.7.1 Presso-Flessione	70
9.7.2 Taglio.....	79
9.7.3 Fessurazione	80
9.8 RIEPILOGO VERIFICHE.....	82
10 VERIFICHE LONGITUDINALI	86
11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO.....	90
11.1 Tratto di nuovo Scatolare.....	90
11.2 Verifica sollevamento in fase di esercizio	91

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.

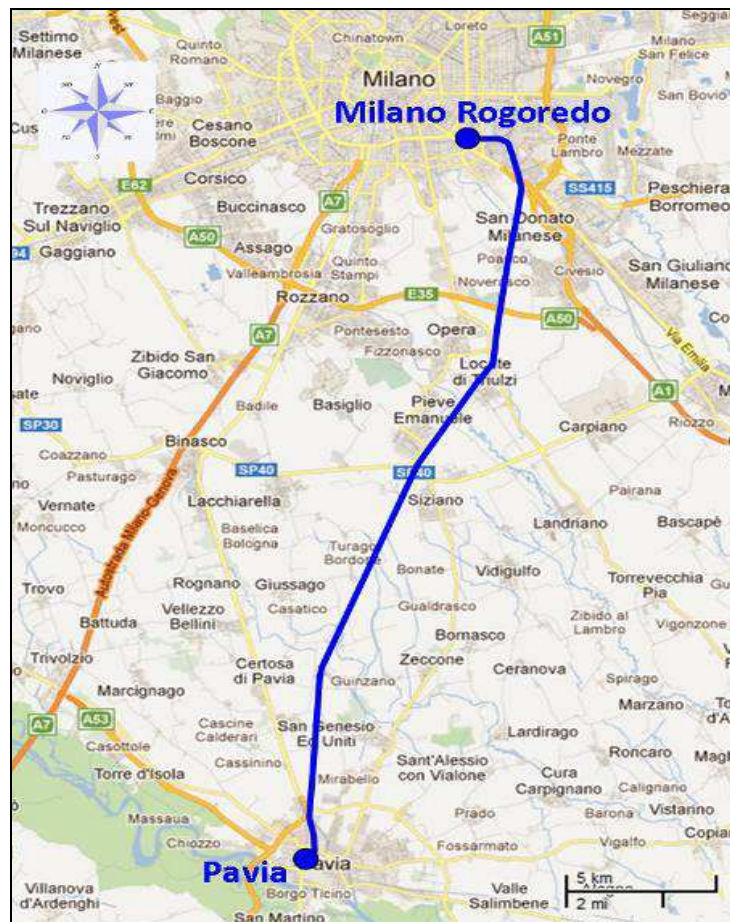


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell'opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dell'opera principale SL02 – *Prolungamento sottovia Poderale al km 8+806.21*.

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	5.00	m
Altezza totale	Htot	4.95	m
Spessore soletta superiore	ss	0.45	m
Spessore piedritti	sp	0.50	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.50	m
Luce libera	Lint	4.00	m
Altezza libera	Hint	4.00	m

Tabella 1

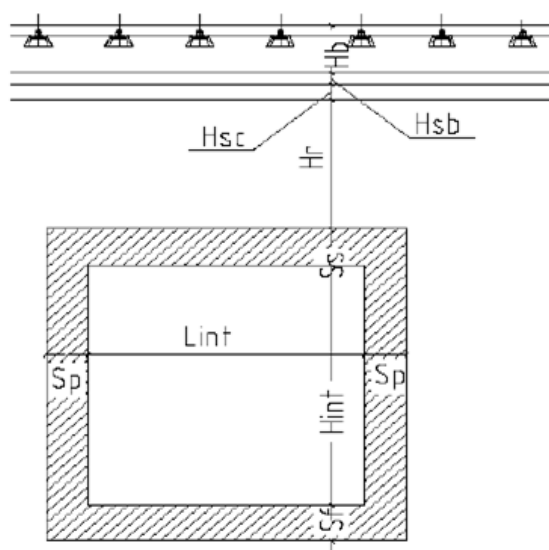


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	6 di 91

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	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 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0200001</td> <td>A</td> <td>7 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	7 di 91
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	7 di 91								

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

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

Riferimenti STI:

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



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	8 di 91

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.

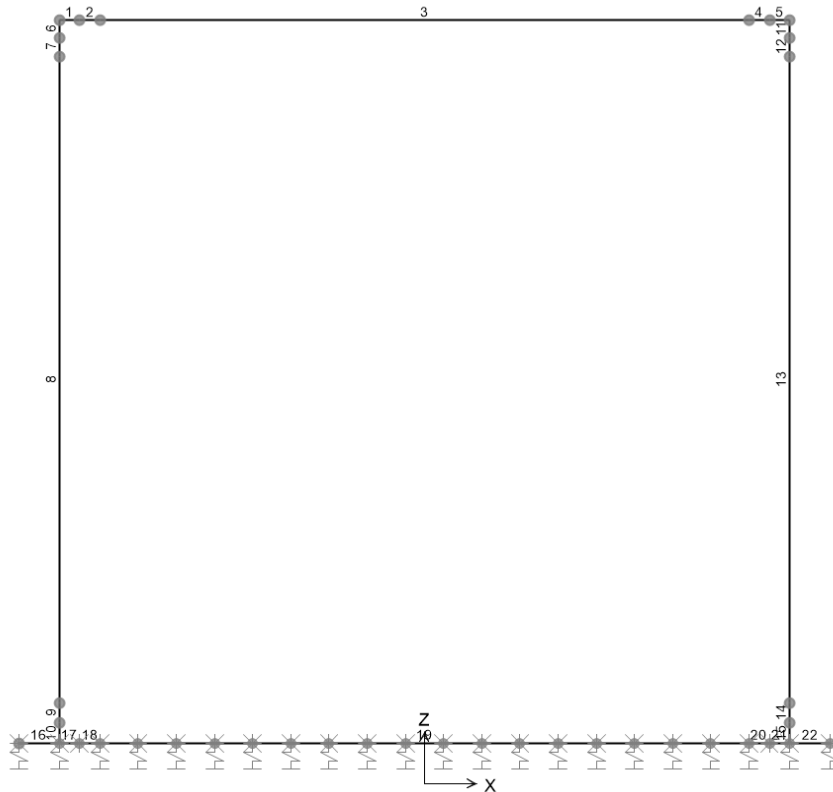


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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 fornitaci.

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

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

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
19	15	30	21	30	29	54	3	363	140	C	257	39

Tabella 6

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0200001</td> <td>A</td> <td>11 di 91</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	11 di 91
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	11 di 91								

La falda è situata a quota 93.20 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	16854	kN/m3
valore limite di mezzera	kMEZZ	8427	kN/m3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0200001	REV. A

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 PESO PROPRIO

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

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	11.25	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	12.5	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	12.5	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)		17.75	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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0200001	REV. A

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	29	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	4.95	m
Peso di Volume Efficace	γ	9	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	k_0	0.51519	
Pressione in asse sol. sup.	PH	10.19	kN/m ²
Pressione in asse sol. inf.	P0	30.94	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	0.35	0.0875
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	0.23	0.225
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.43	m

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0200001</td> <td>A</td> <td>14 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	14 di 91
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	14 di 91								

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 .

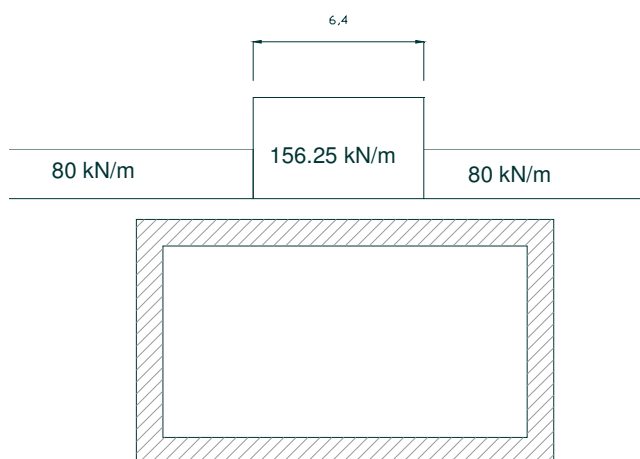


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

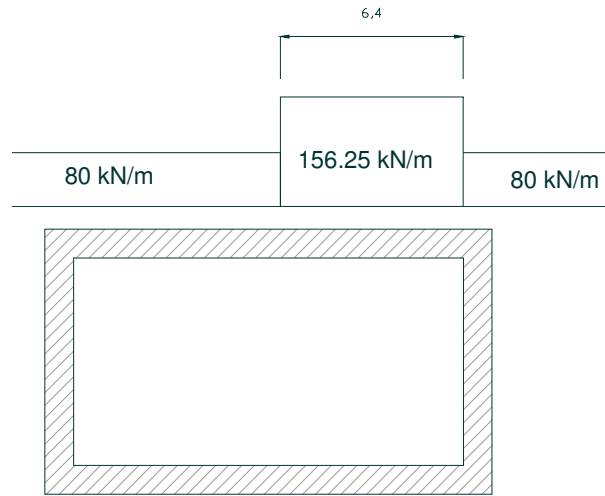


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

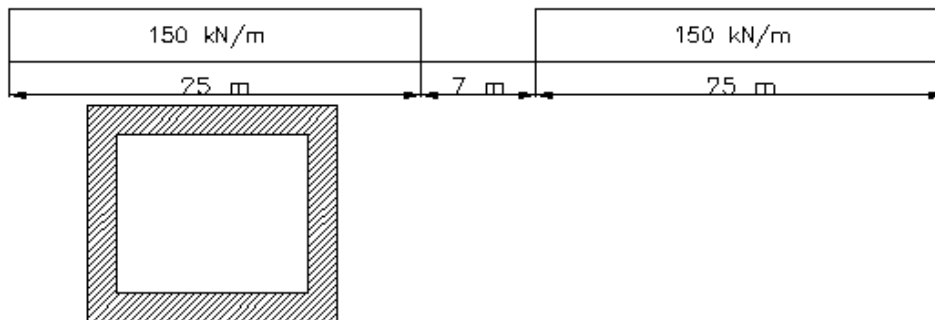


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

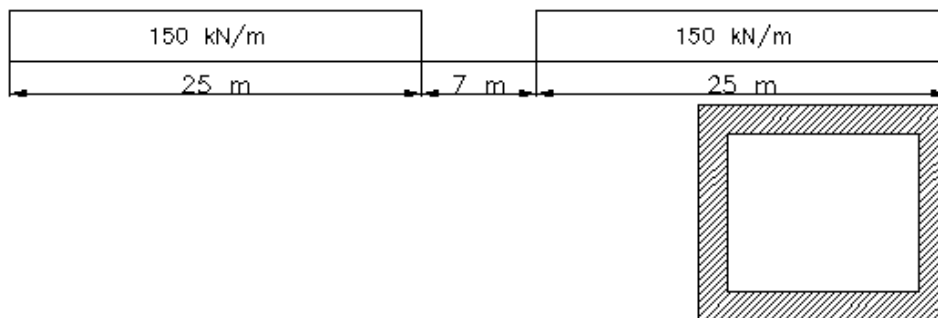


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	5.83	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.35	
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	1	m
	L2	2	m
	L3	3	m

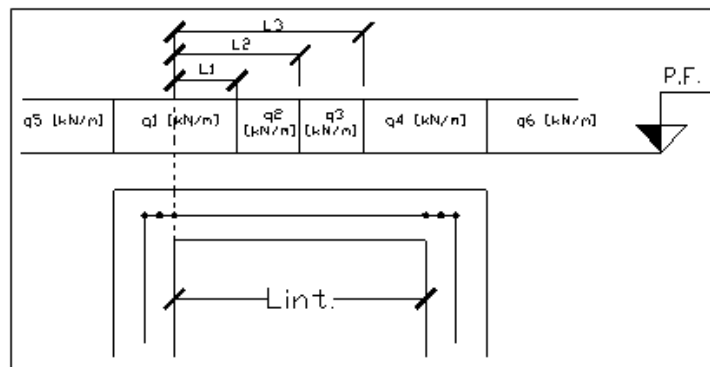



Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	59.12	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	59.12	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	59.12	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	59.12	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 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0200001	REV. A

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.98	m
q5 ad estradosso soletta	q5	50.42	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	50.42	kN/m2
Spinta su piedritto sx	q05_sx	25.98	kN/m2
Spinta su piedritto dx	q06_dx	25.98	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	11.76	kN/m2

7.8 VARIAZIONI TERMICHE

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


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

7.9 AZIONI SISMICHE

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

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0200001	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	2.625	
<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>			
$G1+G2+0.2xq1$		40.82	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		40.82	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		40.82	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		40.82	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		4.3	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		4.3	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		4.3	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		4.3	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Laterali</i>			
G1		12.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		1.3	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		40.82	kN/m
G1+G2+0.2xq2		40.82	kN/m
G1+G2+0.2xq3		40.82	kN/m
G1+G2+0.2xq4		40.82	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.2	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.2	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.2	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.2	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	4.95	m
Peso di Volume	γ	19	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	49.58	kN
Pressione Equivalente Uniforme: DSE / H		12.40	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	900	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000216	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.000261	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-6.3	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0200001</td> <td>A</td> <td>21 di 91</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	21 di 91
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	21 di 91								

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁷⁾	0,20 ⁽⁷⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

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


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

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

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

Le combinazioni di carico sono riportate negli allegati.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0200001</td> <td>A</td> <td>24 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	24 di 91
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	24 di 91								

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.

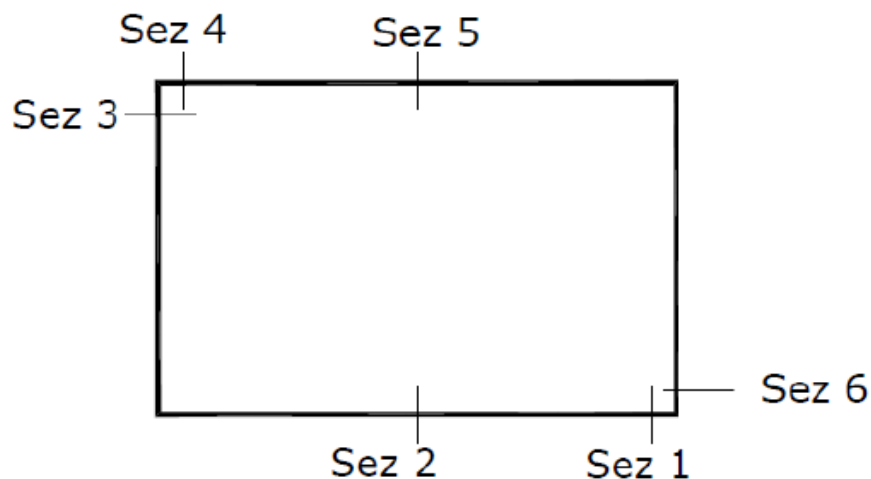



Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0200001	REV. A

VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

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

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

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

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

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

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

ϵ_{cu1}	ϵ_{cu2}
0.200%	0.350%

Acciaio:

ϵ_{ys}	ϵ_{us}	α_s	ϵ_{ud}
0.196%	1.000%	1	1.000%

VERIFICHE ALLO SLU: Taglio

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

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

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

con

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

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

e dove

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$k_2 = 0,4$$

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

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

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

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

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

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

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

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	50

Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	24	22.62	9
5	24	22.62	9
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	24	22.62	9
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	385	631.3	1.64
2	0	16	631.3	38.34

9.2.2 Taglio

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

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	50	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	24	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	24	
Diametro ferro ortogonale	$\emptyset_{ferro\ ortogonale}$	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	382	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	scp	VRd _c	VRcd _y	VRsd _y	VRd _y	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_5	312.6	0.0			1513.7	574.9	574.9	1.839

9.2.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-126	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
2	Fessurata	-129	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
3	Fessurata	-129	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
4	Fessurata	-126	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
5	Non fessurata	0	-38	0.13							
6	Non fessurata	0	-41	0.13							
7	Non fessurata	0	-41	0.13							
8	Non fessurata	0	-38	0.13							
9	Fessurata	-124	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
10	Fessurata	-127	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
11	Fessurata	-127	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
12	Fessurata	-124	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
13	Non fessurata	0	-36	0.13							
14	Non fessurata	0	-39	0.13							
15	Non fessurata	0	-39	0.13							
16	Non fessurata	0	-36	0.13							
17	Non fessurata	0	-60	0.13							
18	Non fessurata	0	-62	0.13							
19	Non fessurata	0	-63	0.13							
20	Non fessurata	0	-60	0.13							
21	Non fessurata	0	-57	0.13							
22	Non fessurata	0	-60	0.13							
23	Non fessurata	0	-60	0.13							
24	Non fessurata	0	-57	0.13							
25	Fessurata	-82	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
26	Fessurata	-85	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
27	Fessurata	-85	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
28	Fessurata	-82	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
29	Non fessurata	0	-38	0.13							
30	Non fessurata	0	-41	0.13							
31	Non fessurata	0	-41	0.13							
32	Non fessurata	0	-38	0.13							
33	Fessurata	-80	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
34	Fessurata	-83	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
35	Fessurata	-83	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
36	Fessurata	-80	-94	0.13	###	100	220	###	###	###	Verificato
37	Non fessurata	0	-36	0.13							
38	Non fessurata	0	-39	0.13							
39	Non fessurata	0	-39	0.13							
40	Non fessurata	0	-36	0.13							
41	Non fessurata	0	-49	0.13							
42	Non fessurata	0	-52	0.13							




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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	30 di 91

43	Non fessurata	0	-52	0.13							
44	Non fessurata	0	-49	0.13							
45	Non fessurata	0	-47	0.13							
46	Non fessurata	0	-50	0.13							
47	Non fessurata	0	-50	0.13							
48	Non fessurata	0	-47	0.13							
49	Fessurata	-126	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato
50	Fessurata	-129	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato
51	Fessurata	-129	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato
52	Fessurata	-126	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato
53	Fessurata	-124	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato
54	Fessurata	-127	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato
55	Fessurata	-127	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato
56	Fessurata	-124	-94	0.13	### #	100	220	### #	### #	### #	Verificato

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0200001	REV. A

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	50

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	24	22.62	8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	18	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	24	22.62	8
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	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-27	-349.7	13.16
2	0	-170	-349.7	2.06

9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	32 di 91

Nome Combinazione	V _{E_d} y	N _{E_d}	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_1	73.0	0.0	0.0	200.1				2.742

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-122	0.13						
2	Non fessurata	0	-117	0.13						
3	Non fessurata	0	-116	0.13						
4	Non fessurata	0	-122	0.13						
5	Non fessurata	0	-42	0.13						
6	Non fessurata	0	-37	0.13						
7	Non fessurata	0	-37	0.13						
8	Non fessurata	0	-42	0.13						
9	Non fessurata	0	-126	0.13						
10	Non fessurata	0	-120	0.13						
11	Non fessurata	0	-120	0.13						
12	Non fessurata	0	-126	0.13						
13	Non fessurata	0	-46	0.13						
14	Non fessurata	0	-41	0.13						
15	Non fessurata	0	-41	0.13						
16	Non fessurata	0	-46	0.13						
17	Non fessurata	0	-122	0.13						
18	Non fessurata	0	-117	0.13						
19	Non fessurata	0	-116	0.13						
20	Non fessurata	0	-122	0.13						
21	Non fessurata	0	-126	0.13						
22	Non fessurata	0	-120	0.13						
23	Non fessurata	0	-120	0.13						
24	Non fessurata	0	-126	0.13						
25	Non fessurata	0	-82	0.13						
26	Non fessurata	0	-77	0.13						
27	Non fessurata	0	-76	0.13						
28	Non fessurata	0	-82	0.13						
29	Non fessurata	0	-42	0.13						
30	Non fessurata	0	-37	0.13						
31	Non fessurata	0	-37	0.13						
32	Non fessurata	0	-42	0.13						
33	Non fessurata	0	-86	0.13						
34	Non fessurata	0	-81	0.13						
35	Non fessurata	0	-80	0.13						
36	Non fessurata	0	-86	0.13						
37	Non fessurata	0	-46	0.13						
38	Non fessurata	0	-41	0.13						
39	Non fessurata	0	-41	0.13						
40	Non fessurata	0	-46	0.13						
41	Non fessurata	0	-82	0.13						



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	34 di 91

42	Non fessurata	0	-77	0.13						
43	Non fessurata	0	-76	0.13						
44	Non fessurata	0	-82	0.13						
45	Non fessurata	0	-86	0.13						
46	Non fessurata	0	-81	0.13						
47	Non fessurata	0	-80	0.13						
48	Non fessurata	0	-86	0.13						
49	Non fessurata	0	-122	0.13						
50	Non fessurata	0	-117	0.13						
51	Non fessurata	0	-116	0.13						
52	Non fessurata	0	-122	0.13						
53	Non fessurata	0	-126	0.13						
54	Non fessurata	0	-120	0.13						
55	Non fessurata	0	-120	0.13						
56	Non fessurata	0	-126	0.13						

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	50

9.4.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	24	22.62	9
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	24	22.62	9
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	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	317	-170	-397.0	2.336
2	274	-149	-389.9	2.610
3	317	-150	-397.0	2.638
4	274	-130	-389.9	2.999
5	317	-164	-397.0	2.419
6	274	-144	-389.9	2.715
7	317	-184	-397.0	2.163
8	274	-163	-389.9	2.392
9	274	-151	-389.9	2.576
10	274	-119	-389.9	3.277

11	274	-142	-389.9	2.752
12	274	-174	-389.9	2.241
13	317	-170	-397.0	2.336
14	103	-67	-361.2	5.364
15	317	-150	-397.0	2.638
16	103	-48	-361.2	7.537
17	317	-164	-397.0	2.419
18	103	-62	-361.2	5.871
19	317	-184	-397.0	2.163
20	103	-81	-361.2	4.463
21	103	-69	-361.2	5.214
22	103	-37	-361.2	9.783
23	103	-60	-361.2	6.061
24	103	-92	-361.2	3.929
25	317	-170	-397.0	2.329
26	274	-150	-389.9	2.600
27	317	-151	-397.0	2.628
28	274	-131	-389.9	2.987
29	317	-165	-397.0	2.411
30	274	-144	-389.9	2.705
31	317	-184	-397.0	2.157
32	274	-164	-389.9	2.384
33	274	-152	-389.9	2.567
34	274	-120	-389.9	3.262
35	274	-142	-389.9	2.742
36	274	-175	-389.9	2.234
37	317	-170	-397.0	2.329
38	103	-68	-361.2	5.321
39	317	-151	-397.0	2.628
40	103	-48	-361.2	7.452
41	317	-165	-397.0	2.411
42	103	-62	-361.2	5.819
43	317	-184	-397.0	2.157
44	103	-81	-361.2	4.433
45	103	-70	-361.2	5.174
46	103	-37	-361.2	9.641
47	103	-60	-361.2	6.007
48	103	-92	-361.2	3.906
49	71	-38	-355.9	9.374
50	71	-70	-355.9	5.061
51	71	-51	-355.9	6.992
52	71	-19	-355.9	19.183
53	276	-82	-390.1	4.771
54	241	-79	-384.3	4.873
55	276	-62	-390.1	6.256
56	241	-59	-384.3	6.463

57	276	-76	-390.1	5.136
58	241	-73	-384.3	5.260
59	276	-95	-390.1	4.091
60	241	-92	-384.3	4.156
61	241	-81	-384.3	4.756
62	241	-48	-384.3	7.930
63	241	-71	-384.3	5.403
64	241	-103	-384.3	3.714
65	276	-82	-390.1	4.771
66	103	-67	-361.2	5.364
67	276	-62	-390.1	6.256
68	103	-48	-361.2	7.537
69	276	-76	-390.1	5.136
70	103	-62	-361.2	5.871
71	276	-95	-390.1	4.091
72	103	-81	-361.2	4.463
73	103	-69	-361.2	5.214
74	103	-37	-361.2	9.783
75	103	-60	-361.2	6.061
76	103	-92	-361.2	3.929
77	276	-82	-390.1	4.740
78	241	-79	-384.3	4.839
79	276	-63	-390.1	6.202
80	241	-60	-384.3	6.405
81	276	-76	-390.1	5.100
82	241	-74	-384.3	5.221
83	276	-96	-390.1	4.068
84	241	-93	-384.3	4.132
85	241	-81	-384.3	4.724
86	241	-49	-384.3	7.843
87	241	-72	-384.3	5.363
88	241	-104	-384.3	3.695
89	276	-82	-390.1	4.740
90	103	-68	-361.2	5.321
91	276	-63	-390.1	6.202
92	103	-48	-361.2	7.452
93	276	-76	-390.1	5.100
94	103	-62	-361.2	5.819
95	276	-96	-390.1	4.068
96	103	-81	-361.2	4.433
97	103	-70	-361.2	5.174
98	103	-37	-361.2	9.641
99	103	-60	-361.2	6.007
100	103	-92	-361.2	3.906
101	71	-38	-355.9	9.374
102	71	-70	-355.9	5.061

103	71	-51	-355.9	6.992
104	71	-19	-355.9	19.183
105	358	-258	-403.9	1.565
106	307	-220	-395.4	1.798
107	358	-239	-403.9	1.692
108	307	-200	-395.4	1.972
109	358	-252	-403.9	1.601
110	307	-214	-395.4	1.847
111	358	-272	-403.9	1.487
112	307	-234	-395.4	1.693
113	307	-222	-395.4	1.782
114	307	-189	-395.4	2.086
115	307	-212	-395.4	1.863
116	307	-245	-395.4	1.617
117	358	-258	-403.9	1.565
118	136	-138	-366.7	2.660
119	358	-239	-403.9	1.692
120	136	-118	-366.7	3.096
121	358	-252	-403.9	1.601
122	136	-132	-366.7	2.777
123	358	-272	-403.9	1.487
124	136	-151	-366.7	2.421
125	136	-140	-366.7	2.623
126	136	-107	-366.7	3.413
127	136	-130	-366.7	2.819
128	136	-162	-366.7	2.257
129	358	-259	-403.9	1.562
130	307	-220	-395.4	1.793
131	358	-239	-403.9	1.688
132	307	-201	-395.4	1.967
133	358	-253	-403.9	1.598
134	307	-215	-395.4	1.842
135	358	-272	-403.9	1.484
136	307	-234	-395.4	1.689
137	307	-222	-395.4	1.778
138	307	-190	-395.4	2.080
139	307	-213	-395.4	1.859
140	307	-245	-395.4	1.613
141	358	-259	-403.9	1.562
142	136	-138	-366.7	2.650
143	358	-239	-403.9	1.688
144	136	-119	-366.7	3.082
145	358	-253	-403.9	1.598
146	136	-133	-366.7	2.766
147	358	-272	-403.9	1.484
148	136	-152	-366.7	2.413

149	136	-140	-366.7	2.613
150	136	-108	-366.7	3.396
151	136	-131	-366.7	2.807
152	136	-163	-366.7	2.250
153	71	-38	-355.9	9.374
154	71	-70	-355.9	5.061
155	71	-51	-355.9	6.992
156	71	-19	-355.9	19.183
157	168	-30	-372.2	12.213
158	155	-38	-370.0	9.776
159	168	-11	-372.2	33.635
160	155	-18	-370.0	20.068
161	168	-25	-372.2	15.090
162	155	-32	-370.0	11.549
163	168	-44	-372.2	8.445
164	155	-51	-370.0	7.192
165	155	-40	-370.0	9.300
166	155	-7	-370.0	49.769
167	155	-30	-370.0	12.292
168	155	-62	-370.0	5.925
169	168	-30	-372.2	12.213
170	188	-108	-375.5	3.466
171	168	-11	-372.2	33.635
172	188	-89	-375.5	4.222
173	168	-25	-372.2	15.090
174	188	-103	-375.5	3.662
175	168	-44	-372.2	8.445
176	188	-122	-375.5	3.079
177	188	-110	-375.5	3.405
178	188	-78	-375.5	4.818
179	188	-101	-375.5	3.732
180	188	-133	-375.5	2.824
181	168	-31	-372.2	12.000
182	155	-38	-370.0	9.638
183	168	-12	-372.2	32.064
184	155	-19	-370.0	19.495
185	168	-25	-372.2	14.766
186	155	-33	-370.0	11.357
187	168	-45	-372.2	8.342
188	155	-52	-370.0	7.117
189	155	-40	-370.0	9.175
190	155	-8	-370.0	46.386
191	155	-31	-370.0	12.075
192	155	-63	-370.0	5.874
193	168	-31	-372.2	12.000
194	188	-109	-375.5	3.448

195	168	-12	-372.2	32.064
196	188	-89	-375.5	4.196
197	168	-25	-372.2	14.766
198	188	-103	-375.5	3.643
199	168	-45	-372.2	8.342
200	188	-123	-375.5	3.066
201	188	-111	-375.5	3.388
202	188	-78	-375.5	4.784
203	188	-101	-375.5	3.712
204	188	-134	-375.5	2.813
205	71	-38	-355.9	9.374
206	71	-70	-355.9	5.061
207	71	-51	-355.9	6.992
208	71	-19	-355.9	19.183
209	251	-207	-386.0	1.867
210	221	-179	-381.1	2.130
211	251	-187	-386.0	2.060
212	221	-159	-381.1	2.390
213	251	-201	-386.0	1.921
214	221	-173	-381.1	2.202
215	251	-220	-386.0	1.752
216	221	-192	-381.1	1.980
217	221	-181	-381.1	2.108
218	221	-148	-381.1	2.567
219	221	-171	-381.1	2.227
220	221	-203	-381.1	1.873
221	251	-207	-386.0	1.867
222	221	-179	-381.1	2.130
223	251	-187	-386.0	2.060
224	221	-159	-381.1	2.390
225	251	-201	-386.0	1.921
226	221	-173	-381.1	2.202
227	251	-220	-386.0	1.752
228	221	-192	-381.1	1.980
229	221	-181	-381.1	2.108
230	221	-148	-381.1	2.567
231	221	-171	-381.1	2.227
232	221	-203	-381.1	1.873
233	251	-207	-386.0	1.862
234	221	-179	-381.1	2.124
235	251	-188	-386.0	2.054
236	221	-160	-381.1	2.382
237	251	-201	-386.0	1.916
238	221	-174	-381.1	2.195
239	251	-221	-386.0	1.747
240	221	-193	-381.1	1.974

241	221	-181	-381.1	2.101
242	221	-149	-381.1	2.557
243	221	-172	-381.1	2.220
244	221	-204	-381.1	1.868
245	251	-207	-386.0	1.862
246	221	-179	-381.1	2.124
247	251	-188	-386.0	2.054
248	221	-160	-381.1	2.382
249	251	-201	-386.0	1.916
250	221	-174	-381.1	2.195
251	251	-221	-386.0	1.747
252	221	-193	-381.1	1.974
253	221	-181	-381.1	2.101
254	221	-149	-381.1	2.557
255	221	-172	-381.1	2.220
256	221	-204	-381.1	1.868
257	71	-38	-355.9	9.374
258	71	-70	-355.9	5.061
259	71	-51	-355.9	6.992
260	71	-19	-355.9	19.183
261	74	-3	-356.3	130.067
262	74	8	-356.3	44.297
263	85	-27	-358.2	13.240
264	85	-16	-358.2	22.014
265	74	0	-356.3	729.683
266	74	-10	-356.3	34.610
267	120	-103	-364.0	3.528
268	120	-92	-364.0	3.939
269	85	-24	-358.2	15.034
270	85	-35	-358.2	10.350
271	131	-127	-365.9	2.870
272	131	-117	-365.9	3.135
273	120	-100	-364.0	3.642
274	120	-111	-364.0	3.287
275	131	-124	-365.9	2.945
276	131	-135	-365.9	2.709
277	70	-1	-355.8	248.572
278	70	9	-355.8	38.042
279	82	-26	-357.7	13.892
280	82	-15	-357.7	23.903
281	70	2	-355.8	198.017
282	70	-9	-355.8	39.588
283	116	-102	-363.5	3.568
284	116	-91	-363.5	3.990
285	82	-23	-357.7	15.883
286	82	-33	-357.7	10.740

287	128	-126	-365.4	2.895
288	128	-115	-365.4	3.166
289	116	-99	-363.5	3.684
290	116	-109	-363.5	3.321
291	128	-123	-365.4	2.971
292	128	-134	-365.4	2.732
293	94	-38	-359.6	9.572
294	94	-27	-359.6	13.426
295	105	-62	-361.6	5.842
296	105	-51	-361.6	7.075
297	94	-34	-359.6	10.472
298	94	-45	-359.6	7.970
299	107	-68	-361.9	5.346
300	107	-57	-361.9	6.359
301	105	-59	-361.6	6.164
302	105	-69	-361.6	5.207
303	119	-92	-363.9	3.954
304	119	-81	-363.9	4.479
305	107	-64	-361.9	5.614
306	107	-75	-361.9	4.809
307	119	-89	-363.9	4.098
308	119	-100	-363.9	3.654
309	83	-33	-357.8	10.774
310	83	-22	-357.8	15.955
311	94	-58	-359.7	6.253
312	94	-47	-359.7	7.696
313	83	-30	-357.8	11.934
314	83	-41	-357.8	8.778
315	96	-63	-360.1	5.685
316	96	-53	-360.1	6.852
317	94	-54	-359.7	6.625
318	94	-65	-359.7	5.527
319	108	-88	-362.0	4.130
320	108	-77	-362.0	4.709
321	96	-60	-360.1	5.991
322	96	-71	-360.1	5.079
323	108	-84	-362.0	4.288
324	108	-95	-362.0	3.802

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	50	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	24	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	24	
Diametro ferro ortogonale	\emptyset_{ferro} ortogonale	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	382	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	σ_{cp}	$V_{Rd,c}$	$V_{Rcd,y}$	$V_{Rsd,y}$	$V_{Rd,y}$	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_83	-227.0	360.2	0.7	245.9				1.083

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	-19	0.13						
2	Non fessurata	0	-7	0.13						
3	Non fessurata	0	-15	0.13						
4	Non fessurata	0	-29	0.13						
5	Non fessurata	0	-31	0.13						
6	Non fessurata	0	-16	0.13						
7	Non fessurata	0	-26	0.13						
8	Non fessurata	0	-41	0.13						
9	Non fessurata	0	-22	0.13						
10	Non fessurata	0	-9	0.13						
11	Non fessurata	0	-18	0.13						
12	Non fessurata	0	-32	0.13						
13	Non fessurata	0	-34	0.13						
14	Non fessurata	0	-19	0.13						
15	Non fessurata	0	-29	0.13						
16	Non fessurata	0	-44	0.13						
17	Fessurata	-119	-137	0.13	####	200	286	####	###	###
18	Non fessurata	0	-104	0.13						
19	Fessurata	-115	-136	0.13	####	200	286	####	###	###
20	Fessurata	-130	-139	0.13	####	200	287	####	###	###
21	Fessurata	-122	-137	0.13	####	200	286	####	###	###
22	Non fessurata	0	-107	0.13						
23	Fessurata	-118	-137	0.13	####	200	286	####	###	###
24	Fessurata	-133	-139	0.13	####	200	287	####	###	###
25	Non fessurata	0	-24	0.13						
26	Non fessurata	0	-11	0.13						
27	Non fessurata	0	-20	0.13						
28	Non fessurata	0	-35	0.13						
29	Non fessurata	0	-31	0.13						
30	Non fessurata	0	-16	0.13						
31	Non fessurata	0	-26	0.13						
32	Non fessurata	0	-41	0.13						
33	Non fessurata	0	-27	0.13						
34	Non fessurata	0	-13	0.13						
35	Non fessurata	0	-23	0.13						
36	Non fessurata	0	-38	0.13						
37	Non fessurata	0	-34	0.13						
38	Non fessurata	0	-19	0.13						
39	Non fessurata	0	-29	0.13						
40	Non fessurata	0	-44	0.13						
41	Non fessurata	0	-75	0.13						
42	Non fessurata	0	-60	0.13						
43	Non fessurata	0	-70	0.13						
44	Non fessurata	0	-85	0.13						
45	Non fessurata	0	-78	0.13						




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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	45 di 91

46	Non fessurata	0	-63	0.13
47	Non fessurata	0	-73	0.13
48	Non fessurata	0	-89	0.13
49	Non fessurata	0	-19	0.13
50	Non fessurata	0	-7	0.13
51	Non fessurata	0	-15	0.13
52	Non fessurata	0	-29	0.13
53	Non fessurata	0	-22	0.13
54	Non fessurata	0	-9	0.13
55	Non fessurata	0	-18	0.13
56	Non fessurata	0	-32	0.13

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0200001	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>50</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	24	22.62	9
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	24	22.62	9
5	24	22.62	0
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	353	-287	-686.3	2.39
2	317	-250	-680.9	2.73
3	353	-293	-686.3	2.34
4	317	-256	-680.9	2.66
5	353	-294	-686.3	2.34
6	317	-257	-680.9	2.65
7	353	-287	-686.3	2.39
8	317	-250	-680.9	2.72
9	317	-247	-680.9	2.75
10	317	-258	-680.9	2.64
11	317	-259	-680.9	2.63
12	317	-249	-680.9	2.74
13	353	-287	-686.3	2.39
14	174	-102	-658.8	6.46
15	353	-293	-686.3	2.34
16	174	-108	-658.8	6.09
17	353	-294	-686.3	2.34
18	174	-109	-658.8	6.05
19	353	-287	-686.3	2.39
20	174	-103	-658.8	6.42
21	174	-100	-658.8	6.62
22	174	-110	-658.8	5.98
23	174	-111	-658.8	5.92
24	174	-101	-658.8	6.54
25	353	-286	-686.3	2.40
26	317	-249	-680.9	2.73
27	353	-292	-686.3	2.35
28	317	-255	-680.9	2.67
29	353	-293	-686.3	2.34
30	317	-256	-680.9	2.66
31	353	-287	-686.3	2.39
32	317	-250	-680.9	2.73
33	317	-247	-680.9	2.76
34	317	-257	-680.9	2.65
35	317	-258	-680.9	2.64
36	317	-248	-680.9	2.75
37	353	-286	-686.3	2.40
38	174	-101	-658.8	6.51
39	353	-292	-686.3	2.35
40	174	-108	-658.8	6.12

41	353	-293	-686.3	2.34
42	174	-108	-658.8	6.08
43	353	-287	-686.3	2.39
44	174	-102	-658.8	6.46
45	174	-99	-658.8	6.66
46	174	-109	-658.8	6.02
47	174	-111	-658.8	5.95
48	174	-100	-658.8	6.58
49	124	-80	-650.9	8.16
50	124	-69	-650.9	9.40
51	124	-64	-650.9	10.15
52	124	-75	-650.9	8.72
53	312	-379	-680.1	1.79
54	284	-324	-675.8	2.09
55	312	-385	-680.1	1.76
56	284	-330	-675.8	2.05
57	312	-386	-680.1	1.76
58	284	-331	-675.8	2.04
59	312	-380	-680.1	1.79
60	284	-324	-675.8	2.08
61	284	-321	-675.8	2.10
62	284	-332	-675.8	2.04
63	284	-333	-675.8	2.03
64	284	-323	-675.8	2.10
65	312	-379	-680.1	1.79
66	174	-102	-658.8	6.46
67	312	-385	-680.1	1.76
68	174	-108	-658.8	6.09
69	312	-386	-680.1	1.76
70	174	-109	-658.8	6.05
71	312	-380	-680.1	1.79
72	174	-103	-658.8	6.42
73	174	-100	-658.8	6.62
74	174	-110	-658.8	5.98
75	174	-111	-658.8	5.92
76	174	-101	-658.8	6.54
77	312	-379	-680.1	1.80
78	284	-323	-675.8	2.09
79	312	-385	-680.1	1.77
80	284	-329	-675.8	2.05
81	312	-386	-680.1	1.76
82	284	-330	-675.8	2.05
83	312	-379	-680.1	1.79
84	284	-324	-675.8	2.09
85	284	-321	-675.8	2.11
86	284	-331	-675.8	2.04

87	284	-332	-675.8	2.03
88	284	-322	-675.8	2.10
89	312	-379	-680.1	1.80
90	174	-101	-658.8	6.51
91	312	-385	-680.1	1.77
92	174	-108	-658.8	6.12
93	312	-386	-680.1	1.76
94	174	-108	-658.8	6.08
95	312	-379	-680.1	1.79
96	174	-102	-658.8	6.46
97	174	-99	-658.8	6.66
98	174	-109	-658.8	6.02
99	174	-111	-658.8	5.95
100	174	-100	-658.8	6.58
101	124	-80	-650.9	8.16
102	124	-69	-650.9	9.40
103	124	-64	-650.9	10.15
104	124	-75	-650.9	8.72
105	395	-194	-692.6	3.57
106	351	-176	-685.9	3.91
107	395	-200	-692.6	3.46
108	351	-182	-685.9	3.77
109	395	-201	-692.6	3.44
110	351	-183	-685.9	3.76
111	395	-195	-692.6	3.56
112	351	-176	-685.9	3.89
113	351	-173	-685.9	3.96
114	351	-184	-685.9	3.73
115	351	-185	-685.9	3.71
116	351	-174	-685.9	3.93
117	395	-194	-692.6	3.57
118	207	-28	-663.9	23.83
119	395	-200	-692.6	3.46
120	207	-34	-663.9	19.42
121	395	-201	-692.6	3.44
122	207	-35	-663.9	19.02
123	395	-195	-692.6	3.56
124	207	-29	-663.9	23.23
125	207	-26	-663.9	26.02
126	207	-36	-663.9	18.42
127	207	-37	-663.9	17.83
128	207	-27	-663.9	24.86
129	395	-193	-692.6	3.58
130	351	-175	-685.9	3.92
131	395	-200	-692.6	3.47
132	351	-181	-685.9	3.78

133	395	-200	-692.6	3.46
134	351	-182	-685.9	3.77
135	395	-194	-692.6	3.57
136	351	-176	-685.9	3.90
137	351	-173	-685.9	3.97
138	351	-183	-685.9	3.75
139	351	-184	-685.9	3.72
140	351	-174	-685.9	3.95
141	395	-193	-692.6	3.58
142	207	-27	-663.9	24.40
143	395	-200	-692.6	3.47
144	207	-34	-663.9	19.80
145	395	-200	-692.6	3.46
146	207	-34	-663.9	19.39
147	395	-194	-692.6	3.57
148	207	-28	-663.9	23.78
149	207	-25	-663.9	26.71
150	207	-35	-663.9	18.76
151	207	-37	-663.9	18.15
152	207	-26	-663.9	25.48
153	124	-80	-650.9	8.16
154	124	-69	-650.9	9.40
155	124	-64	-650.9	10.15
156	124	-75	-650.9	8.72
157	222	-287	-666.2	2.32
158	213	-250	-664.8	2.66
159	222	-293	-666.2	2.27
160	213	-256	-664.8	2.59
161	222	-294	-666.2	2.27
162	213	-257	-664.8	2.59
163	222	-288	-666.2	2.32
164	213	-251	-664.8	2.65
165	213	-248	-664.8	2.69
166	213	-258	-664.8	2.58
167	213	-259	-664.8	2.56
168	213	-249	-664.8	2.67
169	222	-287	-666.2	2.32
170	246	-176	-669.9	3.81
171	222	-293	-666.2	2.27
172	246	-182	-669.9	3.68
173	222	-294	-666.2	2.27
174	246	-183	-669.9	3.66
175	222	-288	-666.2	2.32
176	246	-177	-669.9	3.80
177	246	-173	-669.9	3.86
178	246	-184	-669.9	3.64

179	246	-185	-669.9	3.62
180	246	-175	-669.9	3.84
181	222	-286	-666.2	2.33
182	213	-249	-664.8	2.67
183	222	-292	-666.2	2.28
184	213	-256	-664.8	2.60
185	222	-293	-666.2	2.27
186	213	-256	-664.8	2.59
187	222	-287	-666.2	2.32
188	213	-250	-664.8	2.66
189	213	-247	-664.8	2.69
190	213	-257	-664.8	2.58
191	213	-259	-664.8	2.57
192	213	-248	-664.8	2.68
193	222	-286	-666.2	2.33
194	246	-175	-669.9	3.82
195	222	-292	-666.2	2.28
196	246	-181	-669.9	3.69
197	222	-293	-666.2	2.27
198	246	-182	-669.9	3.68
199	222	-287	-666.2	2.32
200	246	-176	-669.9	3.81
201	246	-173	-669.9	3.88
202	246	-183	-669.9	3.65
203	246	-185	-669.9	3.63
204	246	-174	-669.9	3.85
205	124	-80	-650.9	8.16
206	124	-69	-650.9	9.40
207	124	-64	-650.9	10.15
208	124	-75	-650.9	8.72
209	305	-102	-679.0	6.68
210	279	-102	-675.0	6.63
211	305	-108	-679.0	6.29
212	279	-108	-675.0	6.25
213	305	-109	-679.0	6.25
214	279	-109	-675.0	6.21
215	305	-102	-679.0	6.63
216	279	-102	-675.0	6.59
217	279	-99	-675.0	6.79
218	279	-110	-675.0	6.14
219	279	-111	-675.0	6.07
220	279	-101	-675.0	6.71
221	305	-102	-679.0	6.68
222	279	-102	-675.0	6.63
223	305	-108	-679.0	6.29
224	279	-108	-675.0	6.25

225	305	-109	-679.0	6.25
226	279	-109	-675.0	6.21
227	305	-102	-679.0	6.63
228	279	-102	-675.0	6.59
229	279	-99	-675.0	6.79
230	279	-110	-675.0	6.14
231	279	-111	-675.0	6.07
232	279	-101	-675.0	6.71
233	305	-101	-679.0	6.72
234	279	-101	-675.0	6.68
235	305	-107	-679.0	6.33
236	279	-107	-675.0	6.28
237	305	-108	-679.0	6.28
238	279	-108	-675.0	6.24
239	305	-102	-679.0	6.67
240	279	-102	-675.0	6.63
241	279	-99	-675.0	6.84
242	279	-109	-675.0	6.18
243	279	-110	-675.0	6.11
244	279	-100	-675.0	6.75
245	305	-101	-679.0	6.72
246	279	-101	-675.0	6.68
247	305	-107	-679.0	6.33
248	279	-107	-675.0	6.28
249	305	-108	-679.0	6.28
250	279	-108	-675.0	6.24
251	305	-102	-679.0	6.67
252	279	-102	-675.0	6.63
253	279	-99	-675.0	6.84
254	279	-109	-675.0	6.18
255	279	-110	-675.0	6.11
256	279	-100	-675.0	6.75
257	124	-80	-650.9	8.16
258	124	-69	-650.9	9.40
259	124	-64	-650.9	10.15
260	124	-75	-650.9	8.72
261	122	-177	-650.5	3.67
262	122	-181	-650.5	3.59
263	133	-152	-652.3	4.29
264	133	-155	-652.3	4.20
265	122	-181	-650.5	3.59
266	122	-178	-650.5	3.66
267	168	-43	-657.7	15.14
268	168	-47	-657.7	14.01
269	133	-156	-652.3	4.19
270	133	-152	-652.3	4.28

271	179	-18	-659.5	36.85
272	179	-21	-659.5	30.81
273	168	-47	-657.7	13.89
274	168	-44	-657.7	15.01
275	179	-22	-659.5	30.25
276	179	-18	-659.5	36.05
277	119	-177	-650.0	3.68
278	119	-180	-650.0	3.61
279	130	-151	-651.8	4.31
280	130	-155	-651.8	4.22
281	119	-181	-650.0	3.60
282	119	-177	-650.0	3.67
283	164	-43	-657.2	15.43
284	164	-46	-657.2	14.25
285	130	-155	-651.8	4.20
286	130	-152	-651.8	4.30
287	176	-17	-659.0	38.63
288	176	-21	-659.0	32.04
289	164	-47	-657.2	14.13
290	164	-43	-657.2	15.29
291	176	-21	-659.0	31.43
292	176	-17	-659.0	37.75
293	142	-129	-653.7	5.07
294	142	-132	-653.7	4.94
295	153	-103	-655.5	6.34
296	153	-107	-655.5	6.13
297	142	-133	-653.7	4.92
298	142	-129	-653.7	5.06
299	155	-89	-655.8	7.40
300	155	-92	-655.8	7.11
301	153	-107	-655.5	6.11
302	153	-104	-655.5	6.32
303	167	-63	-657.6	10.41
304	167	-67	-657.6	9.87
305	155	-93	-655.8	7.08
306	155	-89	-655.8	7.36
307	167	-67	-657.6	9.81
308	167	-64	-657.6	10.35
309	131	-126	-652.0	5.17
310	131	-130	-652.0	5.03
311	142	-101	-653.7	6.50
312	142	-104	-653.7	6.28
313	131	-130	-652.0	5.01
314	131	-127	-652.0	5.15
315	145	-86	-654.1	7.62
316	145	-89	-654.1	7.32



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	54 di 91

317	142	-104	-653.7	6.26
318	142	-101	-653.7	6.47
319	156	-60	-655.9	10.87
320	156	-64	-655.9	10.27
321	145	-90	-654.1	7.28
322	145	-86	-654.1	7.58
323	156	-64	-655.9	10.21
324	156	-61	-655.9	10.80

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	50	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	24	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	24	
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	382	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	333.8	309.9			1572.8	574.9	574.9	1.722

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-159	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
2	Fessurata	-163	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
3	Fessurata	-164	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
4	Fessurata	-160	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
5	Non fessurata	0	-35	0.13							
6	Non fessurata	0	-39	0.13							
7	Non fessurata	0	-39	0.13							
8	Non fessurata	0	-36	0.13							
9	Fessurata	-156	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
10	Fessurata	-160	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
11	Fessurata	-161	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
12	Fessurata	-157	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
13	Non fessurata	0	-32	0.13							
14	Non fessurata	0	-36	0.13							
15	Non fessurata	0	-36	0.13							
16	Non fessurata	0	-33	0.13							
17	Non fessurata	0	-61	0.13							
18	Non fessurata	0	-64	0.13							
19	Non fessurata	0	-65	0.13							
20	Non fessurata	0	-62	0.13							
21	Non fessurata	0	-58	0.13							
22	Non fessurata	0	-61	0.13							
23	Non fessurata	0	-62	0.13							
24	Non fessurata	0	-59	0.13							
25	Non fessurata	0	-97	0.13							
26	Non fessurata	0	-101	0.13							
27	Non fessurata	0	-101	0.13							
28	Non fessurata	0	-98	0.13							
29	Non fessurata	0	-35	0.13							
30	Non fessurata	0	-39	0.13							
31	Non fessurata	0	-39	0.13							
32	Non fessurata	0	-36	0.13							
33	Non fessurata	0	-94	0.13							
34	Non fessurata	0	-98	0.13							
35	Non fessurata	0	-98	0.13							
36	Non fessurata	0	-95	0.13							
37	Non fessurata	0	-32	0.13							
38	Non fessurata	0	-36	0.13							
39	Non fessurata	0	-36	0.13							
40	Non fessurata	0	-33	0.13							
41	Non fessurata	0	-48	0.13							
42	Non fessurata	0	-52	0.13							



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	57 di 91

43	Non fessurata	0	-52	0.13							
44	Non fessurata	0	-49	0.13							
45	Non fessurata	0	-45	0.13							
46	Non fessurata	0	-49	0.13							
47	Non fessurata	0	-49	0.13							
48	Non fessurata	0	-46	0.13							
49	Fessurata	-159	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
50	Fessurata	-163	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
51	Fessurata	-164	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
52	Fessurata	-160	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
53	Fessurata	-156	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
54	Fessurata	-160	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
55	Fessurata	-161	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato
56	Fessurata	-157	-132	0.13	####	200	78	####	###	###	Verificato

9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	45

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	24	22.62	9
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	24	22.62	9
5	16	10.05	8.6
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	206	-159	-437.5	2.76
2	187	-141	-434.8	3.09
3	200	-139	-436.6	3.15
4	181	-120	-433.9	3.60
5	203	-153	-437.1	2.87
6	184	-134	-434.3	3.23
7	209	-173	-437.9	2.54
8	190	-154	-435.2	2.82
9	188	-143	-434.9	3.05
10	178	-109	-433.5	3.97
11	183	-132	-434.2	3.28
12	193	-166	-435.6	2.63
13	206	-159	-437.5	2.76
14	108	-68	-423.9	6.24
15	200	-139	-436.6	3.15
16	102	-48	-423.0	8.84
17	203	-153	-437.1	2.87
18	105	-62	-423.4	6.85
19	209	-173	-437.9	2.54
20	111	-82	-424.3	5.18
21	109	-70	-424.0	6.06
22	99	-37	-422.6	11.57
23	104	-60	-423.3	7.08
24	114	-93	-424.7	4.55
25	207	-159	-437.5	2.75
26	187	-141	-434.8	3.08
27	201	-139	-436.7	3.14
28	181	-121	-434.0	3.59
29	204	-153	-437.1	2.86
30	184	-135	-434.4	3.22
31	210	-173	-438.0	2.53
32	190	-155	-435.2	2.81
33	188	-143	-434.9	3.04
34	178	-110	-433.5	3.95
35	183	-133	-434.2	3.27
36	193	-166	-435.7	2.62
37	207	-159	-437.5	2.75
38	108	-69	-423.9	6.19
39	201	-139	-436.7	3.14
40	102	-48	-423.0	8.73
41	204	-153	-437.1	2.86
42	105	-62	-423.5	6.79

43	210	-173	-438.0	2.53
44	112	-82	-424.3	5.14
45	109	-71	-424.0	6.01
46	99	-37	-422.6	11.39
47	104	-60	-423.3	7.02
48	115	-94	-424.7	4.53
49	68	-38	-418.2	11.13
50	78	-71	-419.6	5.90
51	74	-51	-419.1	8.17
52	64	-18	-417.7	23.49
53	170	-71	-432.5	6.10
54	158	-70	-430.7	6.13
55	164	-51	-431.6	8.50
56	152	-50	-429.9	8.56
57	167	-65	-432.0	6.67
58	155	-64	-430.3	6.71
59	173	-85	-432.9	5.10
60	161	-84	-431.2	5.12
61	159	-72	-430.9	5.96
62	149	-39	-429.5	11.05
63	154	-62	-430.2	6.93
64	164	-96	-431.6	4.51
65	170	-71	-432.5	6.10
66	108	-68	-423.9	6.24
67	164	-51	-431.6	8.50
68	102	-48	-423.0	8.84
69	167	-65	-432.0	6.67
70	105	-62	-423.4	6.85
71	173	-85	-432.9	5.10
72	111	-82	-424.3	5.18
73	109	-70	-424.0	6.06
74	99	-37	-422.6	11.57
75	104	-60	-423.3	7.08
76	114	-93	-424.7	4.55
77	170	-71	-432.5	6.05
78	158	-71	-430.8	6.08
79	164	-51	-431.7	8.40
80	152	-51	-429.9	8.47
81	167	-65	-432.1	6.62
82	155	-65	-430.4	6.65
83	173	-85	-432.9	5.07
84	161	-85	-431.2	5.08
85	159	-73	-430.9	5.91
86	149	-39	-429.5	10.89
87	154	-63	-430.2	6.86
88	164	-96	-431.6	4.49

89	170	-71	-432.5	6.05
90	108	-69	-423.9	6.19
91	164	-51	-431.7	8.40
92	102	-48	-423.0	8.73
93	167	-65	-432.1	6.62
94	105	-62	-423.5	6.79
95	173	-85	-432.9	5.07
96	112	-82	-424.3	5.14
97	109	-71	-424.0	6.01
98	99	-37	-422.6	11.39
99	104	-60	-423.3	7.02
100	115	-94	-424.7	4.53
101	68	-38	-418.2	11.13
102	78	-71	-419.6	5.90
103	74	-51	-419.1	8.17
104	64	-18	-417.7	23.49
105	243	-246	-442.5	1.80
106	216	-211	-438.8	2.08
107	237	-226	-441.7	1.95
108	210	-191	-437.9	2.30
109	240	-240	-442.1	1.84
110	213	-205	-438.4	2.14
111	246	-260	-442.9	1.70
112	219	-225	-439.2	1.95
113	217	-213	-438.9	2.06
114	207	-179	-437.5	2.44
115	212	-203	-438.2	2.16
116	222	-236	-439.6	1.86
117	243	-246	-442.5	1.80
118	137	-138	-427.9	3.10
119	237	-226	-441.7	1.95
120	131	-118	-427.1	3.62
121	240	-240	-442.1	1.84
122	134	-132	-427.5	3.24
123	246	-260	-442.9	1.70
124	140	-152	-428.3	2.82
125	138	-140	-428.0	3.05
126	128	-107	-426.6	4.00
127	133	-130	-427.3	3.29
128	143	-163	-428.7	2.62
129	243	-247	-442.5	1.79
130	216	-211	-438.8	2.08
131	237	-227	-441.7	1.95
132	210	-191	-438.0	2.29
133	240	-241	-442.1	1.84
134	213	-205	-438.4	2.14

135	246	-261	-443.0	1.70
136	219	-225	-439.2	1.95
137	217	-213	-439.0	2.06
138	207	-180	-437.6	2.43
139	212	-203	-438.3	2.16
140	222	-237	-439.7	1.86
141	243	-247	-442.5	1.79
142	137	-139	-427.9	3.08
143	237	-227	-441.7	1.95
144	131	-119	-427.1	3.60
145	240	-241	-442.1	1.84
146	134	-133	-427.5	3.22
147	246	-261	-443.0	1.70
148	141	-153	-428.4	2.81
149	138	-141	-428.1	3.04
150	128	-107	-426.7	3.98
151	133	-131	-427.4	3.27
152	144	-164	-428.8	2.61
153	68	-38	-418.2	11.13
154	78	-71	-419.6	5.90
155	74	-51	-419.1	8.17
156	64	-18	-417.7	23.49
157	121	-26	-425.7	16.67
158	118	-34	-425.3	12.50
159	115	-5	-424.8	78.02
160	112	-14	-424.4	30.47
161	118	-19	-425.2	21.93
162	115	-28	-424.9	15.24
163	124	-39	-426.1	10.79
164	122	-48	-425.7	8.88
165	119	-36	-425.4	11.79
166	109	-3	-424.0	164.06
167	114	-26	-424.7	16.45
168	125	-59	-426.1	7.19
169	121	-26	-425.7	16.67
170	147	-104	-429.3	4.12
171	115	-5	-424.8	78.02
172	141	-84	-428.5	5.09
173	118	-19	-425.2	21.93
174	144	-98	-428.9	4.37
175	124	-39	-426.1	10.79
176	151	-118	-429.7	3.64
177	148	-106	-429.5	4.04
178	138	-73	-428.1	5.88
179	143	-96	-428.8	4.46
180	154	-130	-430.2	3.32

181	121	-26	-425.7	16.30
182	119	-35	-425.3	12.29
183	115	-6	-424.8	70.58
184	113	-15	-424.5	29.27
185	118	-20	-425.3	21.31
186	116	-28	-424.9	14.94
187	124	-40	-426.1	10.64
188	122	-49	-425.8	8.77
189	120	-37	-425.5	11.61
190	110	-3	-424.1	134.26
191	115	-26	-424.8	16.09
192	125	-60	-426.2	7.12
193	121	-26	-425.7	16.30
194	148	-105	-429.4	4.10
195	115	-6	-424.8	70.58
196	142	-85	-428.5	5.06
197	118	-20	-425.3	21.31
198	145	-99	-428.9	4.35
199	124	-40	-426.1	10.64
200	151	-119	-429.8	3.62
201	149	-107	-429.5	4.02
202	139	-73	-428.1	5.83
203	144	-97	-428.8	4.44
204	154	-130	-430.2	3.31
205	68	-38	-418.2	11.13
206	78	-71	-419.6	5.90
207	74	-51	-419.1	8.17
208	64	-18	-417.7	23.49
209	194	-201	-435.7	2.17
210	176	-174	-433.3	2.48
211	187	-181	-434.9	2.40
212	170	-154	-432.5	2.80
213	190	-195	-435.3	2.23
214	173	-168	-432.9	2.57
215	197	-215	-436.1	2.03
216	180	-188	-433.8	2.30
217	177	-177	-433.5	2.46
218	167	-143	-432.1	3.02
219	172	-166	-432.8	2.60
220	183	-200	-434.2	2.17
221	194	-201	-435.7	2.17
222	176	-174	-433.3	2.48
223	187	-181	-434.9	2.40
224	170	-154	-432.5	2.80
225	190	-195	-435.3	2.23
226	173	-168	-432.9	2.57

227	197	-215	-436.1	2.03
228	180	-188	-433.8	2.30
229	177	-177	-433.5	2.46
230	167	-143	-432.1	3.02
231	172	-166	-432.8	2.60
232	183	-200	-434.2	2.17
233	194	-202	-435.8	2.16
234	177	-175	-433.4	2.48
235	188	-182	-434.9	2.40
236	171	-155	-432.5	2.79
237	191	-196	-435.3	2.23
238	174	-169	-433.0	2.56
239	197	-216	-436.2	2.02
240	180	-189	-433.8	2.30
241	178	-177	-433.5	2.45
242	168	-144	-432.1	3.01
243	173	-167	-432.8	2.59
244	183	-200	-434.2	2.17
245	194	-202	-435.8	2.16
246	177	-175	-433.4	2.48
247	188	-182	-434.9	2.40
248	171	-155	-432.5	2.79
249	191	-196	-435.3	2.23
250	174	-169	-433.0	2.56
251	197	-216	-436.2	2.02
252	180	-189	-433.8	2.30
253	178	-177	-433.5	2.45
254	168	-144	-432.1	3.01
255	173	-167	-432.8	2.59
256	183	-200	-434.2	2.17
257	68	-38	-418.2	11.13
258	78	-71	-419.6	5.90
259	74	-51	-419.1	8.17
260	64	-18	-417.7	23.49
261	86	-4	-420.7	101.49
262	82	7	-311.8	44.44
263	96	-28	-422.1	14.88
264	92	-17	-421.6	24.52
265	84	-1	-420.5	577.33
266	87	-12	-420.9	35.40
267	104	-102	-423.3	4.16
268	101	-90	-422.8	4.67
269	94	-25	-421.9	16.91
270	97	-36	-422.3	11.70
271	114	-126	-424.7	3.37
272	111	-115	-424.2	3.70

273	102	-98	-423.1	4.31
274	106	-109	-423.5	3.87
275	112	-122	-424.5	3.47
276	116	-134	-424.9	3.18
277	86	-3	-420.7	133.95
278	82	8	-311.8	38.87
279	96	-27	-422.1	15.43
280	92	-16	-421.6	26.04
281	84	0	-312.1	1128.16
282	87	-11	-420.9	38.67
283	104	-101	-423.3	4.21
284	101	-89	-422.8	4.73
285	94	-24	-421.9	17.62
286	97	-35	-422.3	12.03
287	114	-125	-424.7	3.40
288	111	-114	-424.2	3.73
289	102	-97	-423.0	4.35
290	106	-108	-423.5	3.91
291	112	-121	-424.4	3.50
292	116	-133	-424.9	3.20
293	83	-37	-420.3	11.50
294	79	-25	-419.8	16.54
295	93	-61	-421.7	6.94
296	89	-50	-421.2	8.49
297	81	-33	-420.1	12.68
298	84	-44	-420.5	9.49
299	88	-66	-421.1	6.40
300	85	-55	-420.6	7.70
301	91	-57	-421.5	7.35
302	94	-69	-421.9	6.16
303	98	-90	-422.5	4.69
304	95	-79	-422.0	5.35
305	87	-62	-420.8	6.75
306	90	-74	-421.3	5.73
307	97	-87	-422.2	4.88
308	100	-98	-422.7	4.32
309	82	-33	-420.2	12.66
310	79	-22	-419.8	19.05
311	92	-57	-421.6	7.34
312	89	-46	-421.2	9.11
313	81	-30	-420.0	14.10
314	84	-41	-420.5	10.27
315	88	-62	-421.0	6.74
316	85	-51	-420.6	8.20
317	91	-54	-421.4	7.80
318	94	-65	-421.9	6.47



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	66 di 91

319	98	-87	-422.4	4.87
320	95	-76	-422.0	5.59
321	86	-59	-420.8	7.13
322	90	-70	-421.3	6.00
323	96	-83	-422.2	5.07
324	100	-94	-422.7	4.48

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	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	24	
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		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	340	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _y	NE _d	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_53	-296.4	240.5			1394.9	512.5	512.5	1.729

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	-14	0.13						
2	Non fessurata	0	-3	0.13						
3	Non fessurata	0	-11	0.13						
4	Non fessurata	0	-23	0.13						
5	Non fessurata	0	-27	0.13						
6	Non fessurata	0	-14	0.13						
7	Non fessurata	0	-23	0.13						
8	Non fessurata	0	-36	0.13						
9	Non fessurata	0	-17	0.13						
10	Non fessurata	0	-5	0.13						
11	Non fessurata	0	-13	0.13						
12	Non fessurata	0	-26	0.13						
13	Non fessurata	0	-30	0.13						
14	Non fessurata	0	-17	0.13						
15	Non fessurata	0	-26	0.13						
16	Non fessurata	0	-38	0.13						
17	Fessurata	-99	-102	0.13	####	200	245	####	###	###
18	Fessurata	-86	-101	0.13	####	200	245	####	###	###
19	Fessurata	-95	-102	0.13	####	200	245	####	###	###
20	Fessurata	-108	-103	0.13	####	200	245	####	###	###
21	Fessurata	-102	-103	0.13	####	200	245	####	###	###
22	Fessurata	-89	-101	0.13	####	200	245	####	###	###
23	Fessurata	-98	-102	0.13	####	200	245	####	###	###
24	Fessurata	-110	-103	0.13	####	200	245	####	###	###
25	Non fessurata	0	-21	0.13						
26	Non fessurata	0	-8	0.13						
27	Non fessurata	0	-17	0.13						
28	Non fessurata	0	-29	0.13						
29	Non fessurata	0	-27	0.13						
30	Non fessurata	0	-14	0.13						
31	Non fessurata	0	-23	0.13						
32	Non fessurata	0	-36	0.13						
33	Non fessurata	0	-23	0.13						
34	Non fessurata	0	-11	0.13						
35	Non fessurata	0	-19	0.13						
36	Non fessurata	0	-32	0.13						
37	Non fessurata	0	-30	0.13						
38	Non fessurata	0	-17	0.13						
39	Non fessurata	0	-26	0.13						
40	Non fessurata	0	-38	0.13						
41	Non fessurata	0	-63	0.13						
42	Non fessurata	0	-50	0.13						
43	Non fessurata	0	-59	0.13						
44	Non fessurata	0	-72	0.13						
45	Non fessurata	0	-65	0.13						



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	69 di 91

46	Non fessurata	0	-53	0.13
47	Non fessurata	0	-62	0.13
48	Non fessurata	0	-74	0.13
49	Non fessurata	0	-14	0.13
50	Non fessurata	0	-3	0.13
51	Non fessurata	0	-11	0.13
52	Non fessurata	0	-23	0.13
53	Non fessurata	0	-17	0.13
54	Non fessurata	0	-5	0.13
55	Non fessurata	0	-13	0.13
56	Non fessurata	0	-26	0.13

9.7 VERIFICA SEZIONE 5: SOLETTA SUPERIORE_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
100	45

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	24	22.62	9
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	24	22.62	9
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	177	156	325.0	2.08
2	163	130	323.0	2.48
3	171	176	324.1	1.84
4	157	150	322.1	2.14
5	174	162	324.5	2.00
6	160	136	322.6	2.37
7	180	142	325.4	2.29
8	166	116	323.4	2.78
9	164	128	323.1	2.52
10	154	162	321.7	1.99
11	159	138	322.4	2.33
12	169	105	323.9	3.09
13	177	156	325.0	2.08
14	108	26	315.1	11.92
15	171	176	324.1	1.84
16	102	47	314.3	6.75
17	174	162	324.5	2.00
18	105	33	314.7	9.65
19	180	142	325.4	2.29
20	111	13	315.6	25.24
21	109	24	315.3	12.92
22	99	58	313.8	5.42
23	104	35	314.6	9.08
24	114	1	316.0	272.52
25	177	156	325.0	2.09
26	164	130	323.0	2.49
27	171	176	324.1	1.85
28	158	150	322.2	2.15
29	174	162	324.6	2.01
30	161	136	322.6	2.38
31	180	142	325.4	2.30
32	167	116	323.5	2.80
33	165	128	323.2	2.53
34	154	161	321.7	2.00
35	160	138	322.5	2.34
36	170	104	323.9	3.10
37	177	156	325.0	2.09
38	108	26	315.2	12.18
39	171	176	324.1	1.85
40	102	46	314.3	6.84
41	174	162	324.6	2.01

42	105	32	314.8	9.83
43	180	142	325.4	2.30
44	112	12	315.6	26.46
45	109	24	315.3	13.24
46	99	57	313.9	5.48
47	104	34	314.6	9.23
48	115	1	316.1	539.80
49	68	28	309.4	11.09
50	78	-6	310.8	55.63
51	74	14	310.3	21.85
52	64	48	308.9	6.48
53	177	156	325.0	2.08
54	163	130	323.0	2.48
55	171	176	324.1	1.84
56	157	150	322.1	2.14
57	174	162	324.5	2.00
58	160	136	322.6	2.37
59	180	142	325.4	2.29
60	166	116	323.4	2.78
61	164	128	323.1	2.52
62	154	162	321.7	1.99
63	159	138	322.4	2.33
64	169	105	323.9	3.09
65	177	156	325.0	2.08
66	108	26	315.1	11.92
67	171	176	324.1	1.84
68	102	47	314.3	6.75
69	174	162	324.5	2.00
70	105	33	314.7	9.65
71	180	142	325.4	2.29
72	111	13	315.6	25.24
73	109	24	315.3	12.92
74	99	58	313.8	5.42
75	104	35	314.6	9.08
76	114	1	316.0	272.52
77	177	156	325.0	2.09
78	164	130	323.0	2.49
79	171	176	324.1	1.85
80	158	150	322.2	2.15
81	174	162	324.6	2.01
82	161	136	322.6	2.38
83	180	142	325.4	2.30
84	167	116	323.5	2.80
85	165	128	323.2	2.53
86	154	161	321.7	2.00
87	160	138	322.5	2.34

88	170	104	323.9	3.10
89	177	156	325.0	2.09
90	108	26	315.2	12.18
91	171	176	324.1	1.85
92	102	46	314.3	6.84
93	174	162	324.6	2.01
94	105	32	314.8	9.83
95	180	142	325.4	2.30
96	112	12	315.6	26.46
97	109	24	315.3	13.24
98	99	57	313.9	5.48
99	104	34	314.6	9.23
100	115	1	316.1	539.80
101	68	28	309.4	11.09
102	78	-6	310.8	55.63
103	74	14	310.3	21.85
104	64	48	308.9	6.48
105	177	156	325.0	2.08
106	163	130	323.0	2.48
107	171	176	324.1	1.84
108	157	150	322.1	2.14
109	174	162	324.5	2.00
110	160	136	322.6	2.37
111	180	142	325.4	2.29
112	166	116	323.4	2.78
113	164	128	323.1	2.52
114	154	162	321.7	1.99
115	159	138	322.4	2.33
116	169	105	323.9	3.09
117	177	156	325.0	2.08
118	108	26	315.1	11.92
119	171	176	324.1	1.84
120	102	47	314.3	6.75
121	174	162	324.5	2.00
122	105	33	314.7	9.65
123	180	142	325.4	2.29
124	111	13	315.6	25.24
125	109	24	315.3	12.92
126	99	58	313.8	5.42
127	104	35	314.6	9.08
128	114	1	316.0	272.52
129	177	156	325.0	2.09
130	164	130	323.0	2.49
131	171	176	324.1	1.85
132	158	150	322.2	2.15
133	174	162	324.6	2.01

134	161	136	322.6	2.38
135	180	142	325.4	2.30
136	167	116	323.5	2.80
137	165	128	323.2	2.53
138	154	161	321.7	2.00
139	160	138	322.5	2.34
140	170	104	323.9	3.10
141	177	156	325.0	2.09
142	108	26	315.2	12.18
143	171	176	324.1	1.85
144	102	46	314.3	6.84
145	174	162	324.6	2.01
146	105	32	314.8	9.83
147	180	142	325.4	2.30
148	112	12	315.6	26.46
149	109	24	315.3	13.24
150	99	57	313.9	5.48
151	104	34	314.6	9.23
152	115	1	316.1	539.80
153	68	28	309.4	11.09
154	78	-6	310.8	55.63
155	74	14	310.3	21.85
156	64	48	308.9	6.48
157	143	91	320.1	3.51
158	136	78	319.1	4.07
159	137	111	319.2	2.87
160	130	98	318.2	3.23
161	140	97	319.6	3.28
162	133	84	318.6	3.77
163	146	77	320.5	4.14
164	139	64	319.5	4.96
165	137	76	319.2	4.19
166	127	110	317.8	2.90
167	132	87	318.5	3.68
168	142	53	319.9	6.03
169	143	91	320.1	3.51
170	136	78	319.1	4.07
171	137	111	319.2	2.87
172	130	98	318.2	3.23
173	140	97	319.6	3.28
174	133	84	318.6	3.77
175	146	77	320.5	4.14
176	139	64	319.5	4.96
177	137	76	319.2	4.19
178	127	110	317.8	2.90
179	132	87	318.5	3.68

180	142	53	319.9	6.03
181	143	91	320.1	3.53
182	136	78	319.1	4.10
183	137	111	319.2	2.88
184	130	98	318.3	3.25
185	140	97	319.7	3.30
186	133	84	318.7	3.80
187	146	77	320.5	4.17
188	139	64	319.6	5.01
189	137	76	319.3	4.22
190	127	109	317.8	2.91
191	132	86	318.5	3.71
192	142	52	320.0	6.10
193	143	91	320.1	3.53
194	136	78	319.1	4.10
195	137	111	319.2	2.88
196	130	98	318.3	3.25
197	140	97	319.7	3.30
198	133	84	318.7	3.80
199	146	77	320.5	4.17
200	139	64	319.6	5.01
201	137	76	319.3	4.22
202	127	109	317.8	2.91
203	132	86	318.5	3.71
204	142	52	320.0	6.10
205	68	28	309.4	11.09
206	78	-6	310.8	55.63
207	74	14	310.3	21.85
208	64	48	308.9	6.48
209	143	91	320.1	3.51
210	136	78	319.1	4.07
211	137	111	319.2	2.87
212	130	98	318.2	3.23
213	140	97	319.6	3.28
214	133	84	318.6	3.77
215	146	77	320.5	4.14
216	139	64	319.5	4.96
217	137	76	319.2	4.19
218	127	110	317.8	2.90
219	132	87	318.5	3.68
220	142	53	319.9	6.03
221	143	91	320.1	3.51
222	136	78	319.1	4.07
223	137	111	319.2	2.87
224	130	98	318.2	3.23
225	140	97	319.6	3.28

226	133	84	318.6	3.77
227	146	77	320.5	4.14
228	139	64	319.5	4.96
229	137	76	319.2	4.19
230	127	110	317.8	2.90
231	132	87	318.5	3.68
232	142	53	319.9	6.03
233	143	91	320.1	3.53
234	136	78	319.1	4.10
235	137	111	319.2	2.88
236	130	98	318.3	3.25
237	140	97	319.7	3.30
238	133	84	318.7	3.80
239	146	77	320.5	4.17
240	139	64	319.6	5.01
241	137	76	319.3	4.22
242	127	109	317.8	2.91
243	132	86	318.5	3.71
244	142	52	320.0	6.10
245	143	91	320.1	3.53
246	136	78	319.1	4.10
247	137	111	319.2	2.88
248	130	98	318.3	3.25
249	140	97	319.7	3.30
250	133	84	318.7	3.80
251	146	77	320.5	4.17
252	139	64	319.6	5.01
253	137	76	319.3	4.22
254	127	109	317.8	2.91
255	132	86	318.5	3.71
256	142	52	320.0	6.10
257	68	28	309.4	11.09
258	78	-6	310.8	55.63
259	74	14	310.3	21.85
260	64	48	308.9	6.48
261	96	32	313.4	9.68
262	93	44	312.9	7.18
263	96	32	313.4	9.68
264	93	44	312.9	7.18
265	94	36	313.1	8.75
266	98	25	313.6	12.73
267	96	32	313.4	9.68
268	93	44	312.9	7.18
269	94	36	313.1	8.75
270	98	25	313.6	12.73
271	96	32	313.4	9.68

272	93	44	312.9	7.18
273	94	36	313.1	8.75
274	98	25	313.6	12.73
275	94	36	313.1	8.75
276	98	25	313.6	12.73
277	96	30	313.4	10.32
278	92	42	312.9	7.53
279	96	30	313.4	10.32
280	92	42	312.9	7.53
281	94	34	313.1	9.27
282	97	23	313.6	13.86
283	96	30	313.4	10.32
284	92	42	312.9	7.53
285	94	34	313.1	9.27
286	97	23	313.6	13.86
287	96	30	313.4	10.32
288	92	42	312.9	7.53
289	94	34	313.1	9.27
290	97	23	313.6	13.86
291	94	34	313.1	9.27
292	97	23	313.6	13.86
293	87	38	312.1	8.29
294	83	49	311.6	6.38
295	87	38	312.1	8.29
296	83	49	311.6	6.38
297	85	41	311.8	7.59
298	88	30	312.3	10.45
299	87	38	312.1	8.29
300	83	49	311.6	6.38
301	85	41	311.8	7.59
302	88	30	312.3	10.45
303	87	38	312.1	8.29
304	83	49	311.6	6.38
305	85	41	311.8	7.59
306	88	30	312.3	10.45
307	85	41	311.8	7.59
308	88	30	312.3	10.45
309	86	31	312.0	10.10
310	83	42	311.5	7.41
311	86	31	312.0	10.10
312	83	42	311.5	7.41
313	84	34	311.8	9.08
314	88	23	312.2	13.48
315	86	31	312.0	10.10
316	83	42	311.5	7.41
317	84	34	311.8	9.08



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	78 di 91

318	88	23	312.2	13.48
319	86	31	312.0	10.10
320	83	42	311.5	7.41
321	84	34	311.8	9.08
322	88	23	312.2	13.48
323	84	34	311.8	9.08
324	88	23	312.2	13.48

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_1_3	44.5	171.0	0.4	208.9				4.694

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Non fessurata	0	-145	0.13							
2	Fessurata	-173	-185	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
3	Fessurata	-154	-183	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
4	Non fessurata	0	-126	0.13							
5	Non fessurata	0	-18	0.13							
6	Non fessurata	0	-44	0.13							
7	Non fessurata	0	-26	0.13							
8	Non fessurata	0	-2	0.13							
9	Non fessurata	0	-139	0.13							
10	Fessurata	-166	-184	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
11	Non fessurata	0	-148	0.13							
12	Non fessurata	0	-120	0.13							
13	Non fessurata	0	-12	0.13							
14	Non fessurata	0	-38	0.13							
15	Non fessurata	0	-20	0.13							
16	Non fessurata	0	0	0.13							
17	Non fessurata	0	-145	0.13							
18	Fessurata	-173	-185	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
19	Fessurata	-154	-183	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
20	Non fessurata	0	-126	0.13							
21	Non fessurata	0	-139	0.13							
22	Fessurata	-166	-184	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
23	Non fessurata	0	-148	0.13							
24	Non fessurata	0	-120	0.13							
25	Non fessurata	0	-81	0.13							
26	Non fessurata	0	-108	0.13							
27	Non fessurata	0	-90	0.13							
28	Non fessurata	0	-62	0.13							
29	Non fessurata	0	-18	0.13							
30	Non fessurata	0	-44	0.13							
31	Non fessurata	0	-26	0.13							
32	Non fessurata	0	-2	0.13							
33	Non fessurata	0	-75	0.13							
34	Non fessurata	0	-102	0.13							
35	Non fessurata	0	-83	0.13							
36	Non fessurata	0	-56	0.13							
37	Non fessurata	0	-12	0.13							
38	Non fessurata	0	-38	0.13							
39	Non fessurata	0	-20	0.13							
40	Non fessurata	0	0	0.13							



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

SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	81 di 91

41	Non fessurata	0	-81	0.13							
42	Non fessurata	0	-108	0.13							
43	Non fessurata	0	-90	0.13							
44	Non fessurata	0	-62	0.13							
45	Non fessurata	0	-75	0.13							
46	Non fessurata	0	-102	0.13							
47	Non fessurata	0	-83	0.13							
48	Non fessurata	0	-56	0.13							
49	Non fessurata	0	-145	0.13							
50	Fessurata	-173	-185	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
51	Fessurata	-154	-183	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
52	Non fessurata	0	-126	0.13							
53	Non fessurata	0	-139	0.13							
54	Fessurata	-166	-184	0.13	####	200	301	####	###	###	Verificato
55	Non fessurata	0	-148	0.13							
56	Non fessurata	0	-120	0.13							

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	278	-	2.271
	Taglio	G3_1_5	0	-	303	1.899
2	Presso-flessione	G1_25	0	-142	-	2.471
	Taglio	G3_1_1	0	-	200	3.122
3	Presso-flessione	G3_1_83	358	-272	-	1.484
	Taglio	G3_1_83	360	0	-227	1.083
4	Presso-flessione	G3_1_83	246	-261	-	1.697
	Taglio	G3_1_53	240	0	-296	1.729
5	Presso-flessione	G1_3	200	149	-	2.197
	Taglio	G3_0.5_3	151	-	41	4.998
6	Presso-flessione	G3_1_5	347	-280	-	2.447
	Taglio	G3_1_3	345	-	288	1.994

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	385	-	1.639
	Taglio	G3_1_5	0	-	313	1.839
2	Presso-flessione	G1_25	0	-157	-	2.226
	Taglio	G3_1_1	0	-	200	1.396
3	Presso-flessione	G3_1_83	323	-186	-	2.142
	Taglio	G3_1_83	325	0	-182	1.330
4	Presso-flessione	G3_1_83	201	-174	-	2.511
	Taglio	G3_1_53	195	0	-261	1.962
5	Presso-flessione	G1_3	155	162	-	1.990
	Taglio	G3_1_3	155	-	76	2.705
6	Presso-flessione	G3_1_5	312	-386	-	1.761
	Taglio	G3_1_3	310	-	334	1.722

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	267	-	2.364
	Taglio	G3_1_5	0	-	326	1.763
2	Presso-flessione	G1_25	0	-170	-	2.057
	Taglio	G3_1_1	0	-	200	3.311
3	Presso-flessione	G3_1_83	387	-274	-	1.491
	Taglio	G3_1_83	389	0	-201	1.242
4	Presso-flessione	G3_1_83	215	-257	-	1.704
	Taglio	G3_1_53	209	0	-319	1.606
5	Presso-flessione	G1_3	171	176	-	1.839
	Taglio	G3_0.5_3	137	-	39	5.254
6	Presso-flessione	G3_1_5	381	-275	-	2.512
	Taglio	G3_1_3	379	-	259	2.218

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	287	-	2.203
	Taglio	G3_1_5	0	-	328	1.754
2	Presso-flessione	G1_25	0	-170	-	2.057
	Taglio	G3_1_1	0	-	200	2.742
3	Presso-flessione	G3_1_83	382	-262	-	1.557
	Taglio	G3_1_83	383	0	-200	1.247
4	Presso-flessione	G3_1_83	215	-246	-	1.787
	Taglio	G3_1_53	209	0	-313	1.635
5	Presso-flessione	G1_3	171	176	-	1.839
	Taglio	G3_1_3	171	-	45	4.694
6	Presso-flessione	G3_1_5	375	-294	-	2.349
	Taglio	G3_1_3	373	-	272	2.110

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
SL02 - Prolungamento Sottovia Poderalè <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0200001</td> <td>A</td> <td>86 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	86 di 91
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	86 di 91								

10 VERIFICHE LONGITUDINALI

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

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

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

$k=0.8$ per $h \leq 30\text{cm}$, 0.5 per $h \geq 80\text{cm}$ coefficiente che tiene conto degli effetti di tensione autoequilibrata 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 1 – MILANO ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
SL02 - Prolungamento Sottovia Poderale <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>10</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0200001</td> <td>A</td> <td>87 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	87 di 91
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLSL0200001	A	87 di 91								

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

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

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

RH = 75% umidità relativa ambientale

$h_0 = 2A_c/u$ [mm] Spessore fittizio

A_c = area del cls che si ritira

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

$$\varepsilon_{cs_m}(t_1, t_0) = (\varepsilon_{sf} \cdot A_{sf} + \varepsilon_p \cdot A_{sp} + \varepsilon_s \cdot A_s) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$$

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Valutazione del ritiro		Fondazione	Piedritti	Solettone
Area c.l.s. che ritira	A_c [mmq]	2700000	2000000	2250000
Per. a contatto con atmosfera	u [mm]	4000	4000	4000
Spessore Fittizio	h_0 [mm]	1350.000	1000	1125.000
Età c.l.s. inizio ritiro essiccamento	t_1 [gg]	18000	18000	18000
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t_0 [gg]	1	1	1
Fattore di maturazione	β_{rh}	0.896	0.896	0.896
Fattore di resistenza	$\varepsilon_s(f_{cm})$	1	1	1
Coefficiente nominale di ritiro	ε_{cr0}	0.000214	0.000214	0.000214
Coefficiente di sviluppo nel tempo	$\beta_s(t_1, t_0)$	0.000192	0.000192	0.000192
Deformazione di ritiro del c.l.s.	$\varepsilon_{cs}(t_1, t_0)$	0.46912	0.58276	0.53752

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ϵ_{CS_m}	0.0001	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	1.08209	MPa
Modulo terreno fondazione	E_{t1}	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	E_{t2}	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	E_{t3}	10	MPa
Modulo terreno medio	E_t	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	12750	mm
Altezza elemento equivalente	H	483.333	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	19900	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
Grado di impedimento	Kr	0.94363	
Moltiplicatore Kr	m	0.02391	
Tensione di lavoro assunta	σ_{S_L}	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 12 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		26.33545693	

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 DI NUOVO SCATOLARE

Al di sotto del nuovo scatolare si prevede un tappo di fondo in jet grouting dello spessore di 3.00m. Nel seguito si riporta la verifica del sollevamento del fondo dello scavo dello scatolare.

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO				
Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti.				
Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.				
Peso specifico jet grouting	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	93.20	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	91.18	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	3.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	88.18	[m]
	Δh_w	=	5.02	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	50.20	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	66	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	55.2	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	59.4	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.08	
				verificato

11.2 VERIFICA SOLLEVAMENTO IN FASE DI ESERCIZIO

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

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - SOTTOPASSO				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente all'intradosso della struttura ed il peso della struttura sovrastante (e, se del caso, anche dei permanenti non strutturali).				
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	=	5.00	[m]
quota falda	q_w	=	93.20	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	91.18	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	2.02	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	101.00	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	218.75	[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	$V_{inst,d}$	=	111.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	196.9	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.77	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - muri				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente all'intradosso della struttura ed il peso della struttura sovrastante (e, se del caso, anche dei permanenti non strutturali).				
Peso specifico struttura in c.a.	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	=	0.3	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	5.00	[m]
quota falda	q_w	=	93.20	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	91.18	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	2.02	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	101.00	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	115.00	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	30.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	111.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	130.5	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.17	
				verificato