

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

048017070 – 048017094 (048017070 fronteggiato)

SL07 - Prolungamento sottovia SP27 km 22+354,38

Relazione di calcolo sottopasso

SCALA:

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

N M 0 Z 2 0 D 2 6 C L S L 0 7 0 0 0 0 1 A

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

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

File: NM0Z20D26CLSL0700001A

n. Elab.:

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0700001</td> <td>A</td> <td>2 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	2 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	2 di 92								

INDICE

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



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	3 di 92

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

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.

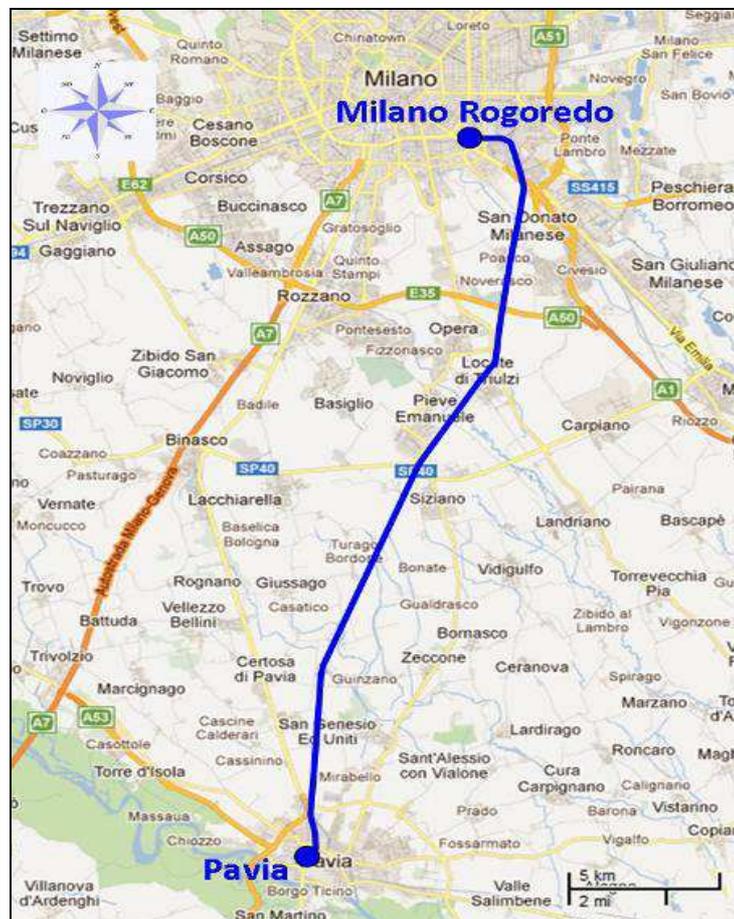


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dell’opera principale SL07 – *Prolungamento sottovia SP27* al km 22+354,38.

2 DESCRIZIONE

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

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	14.50	m
Altezza totale	Htot	8.10	m
Spessore soletta superiore	ss	1.10	m
Spessore piedritti	sp	1.10	m
Spessore soletta inferiore	sf	1.10	m
Luce libera	Lint	12.30	m
Altezza libera	Hint	5.90	m

Tabella 1

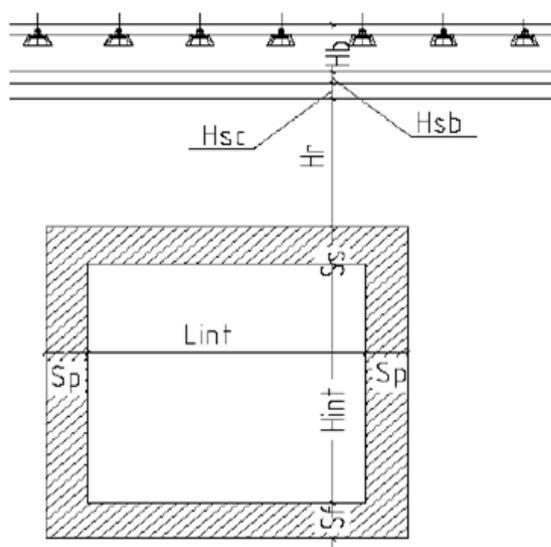


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Si è tenuto conto della nuova zonazione sismica emanata tramite il D.M. 14.1.2008.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità ϕ dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente=spessore piedritto/cos ϕ). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	6 di 92

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.05	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0700001</td> <td>A</td> <td>7 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	7 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	7 di 92								

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

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

Riferimenti STI:

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



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	8 di 92

4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

Calcestruzzo			
Classe	C28/35		Classe di Resistenza
fck	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	35		Resistenza cubica caratteristica
fcm	36	MPa	Resistenza cilindrica media
fctm	2.76626	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctk	1.93638	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fcfm	3.31951	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32308.2	MPa	Modulo Elastico
V Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
$\alpha\Delta T$	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
$\alpha\chi\chi$	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma\chi$	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	15.8667	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.29092	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\sigma\tau$	2.30522	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
$\sigma\chi$ limite	12.6	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
$\sigma\chi$ limite	16.8	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

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

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

6 MODELLO DI CALCOLO

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

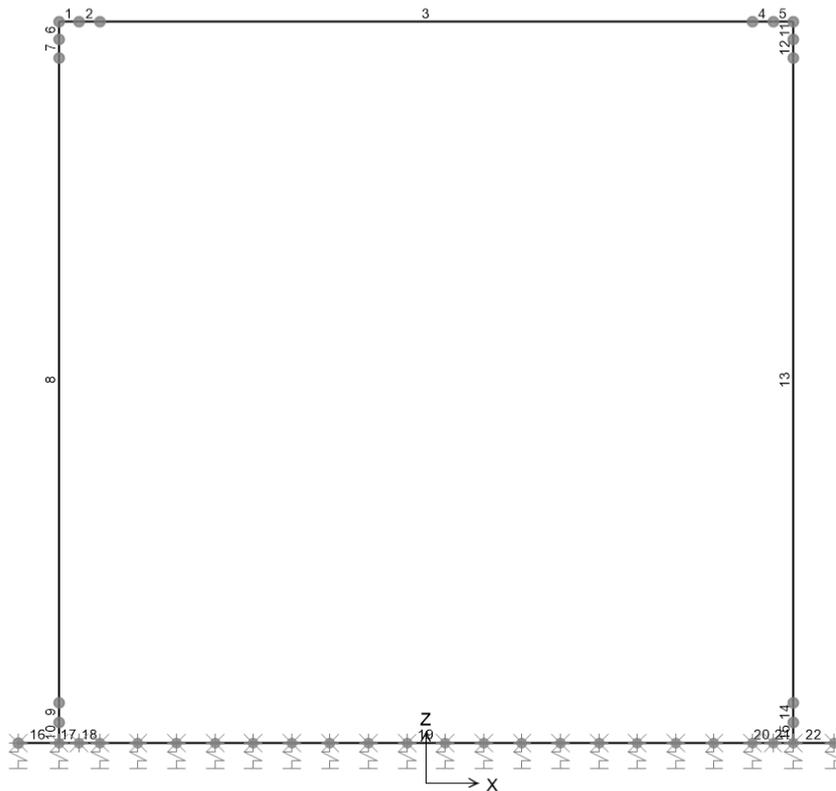


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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

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

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

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

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO
14	SCMP21005	da 0 a 30m	S

γ_{sat} [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	$\phi' [^\circ]$		$\phi' [^\circ]$	$\phi' [^\circ]$	E'_{op} [MPa]		V_s [m/s]		categoria	G_0 [MPa]	
		max	min			laboratorio	scelto	max	min		max	min
18	13	30	30		30	57	22	369	195	C	252	70

Tabella 6

La falda è situata a quota 79.68 m s.l.m., si veda l'ultimo capitolo per la verifica al sollevamento del fondo scavo.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0700001</td> <td>A</td> <td>11 di 92</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	11 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	11 di 92								

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	15627.11	kN/m3
valore limite di mezzera	kMEZZ	7813.555	kN/m3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	REV. A

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 PESO PROPRIO

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

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

Tabella 8

7.2 PERMANENTI PORTATI

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

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	γ	18	kN/m ³
Sub Ballast	γ	20	kN/m ³
Ricoprimento	γ	20	kN/m ³
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	γ	25	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		15.75	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

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	30	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	0.00	m
Peso di Volume	γ	18	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	k_0	0.5	
Pressione in asse sol. sup.	PH	12.83	kN/m ²
Pressione in asse sol. inf.	P0	75.83	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	0.05	0.05
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.55	0.55
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.88	m

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	REV. A

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

7.4.2 Disposizione dei convogli

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

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

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

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

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

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

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

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

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

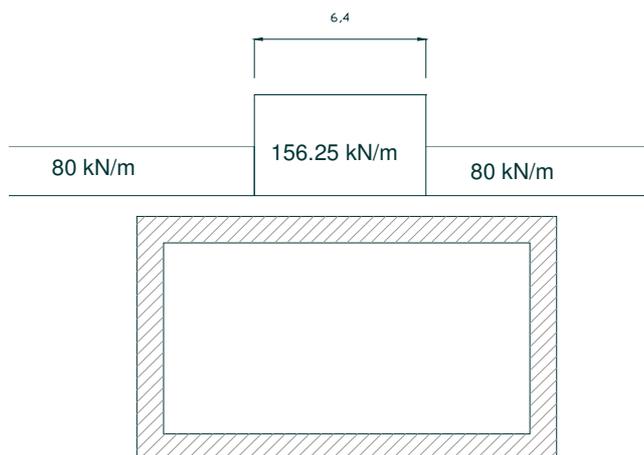


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

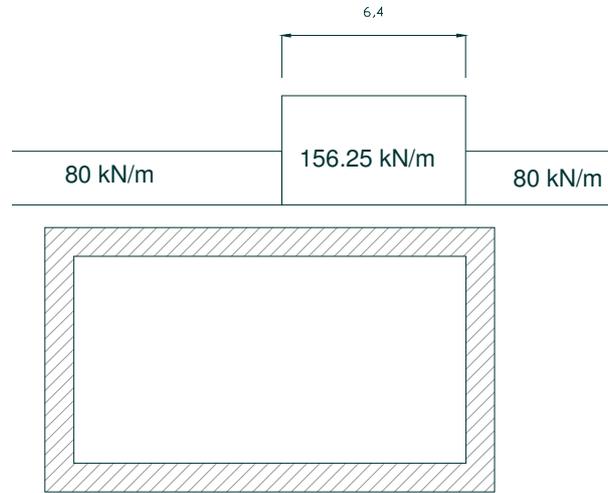


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

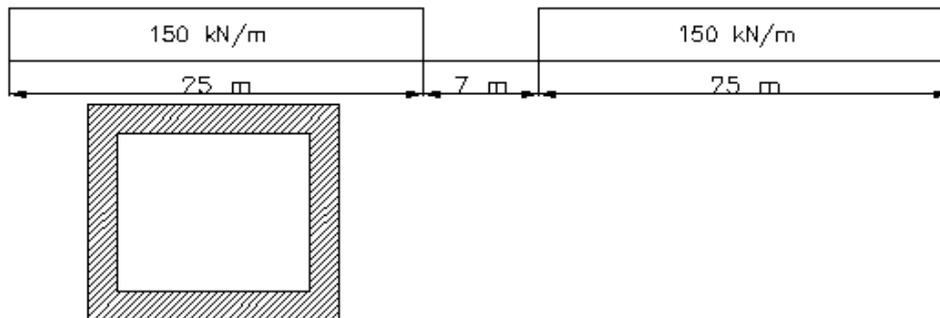


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

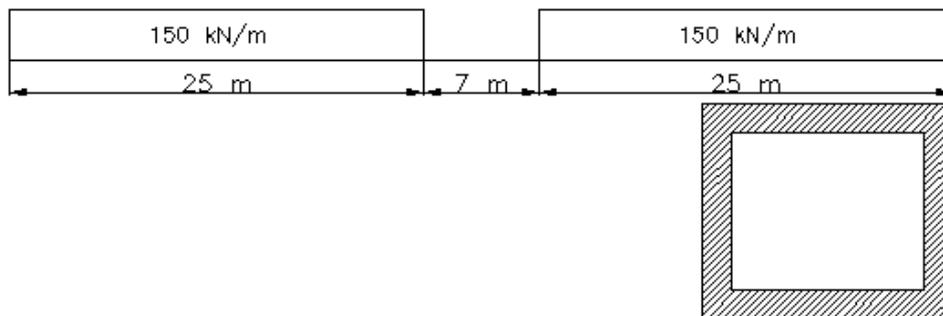


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

Nella successiva tabella e figura si indica, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, la discretizzazione del carico sul modello di calcolo.

Carico Variabile su solettone superiore			
Coefficiente di Adattamento	α	1	
Luce caratteristica	L_f	11.87	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.26	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	3.075	m
	L2	6.15	m
	L3	9.225	m

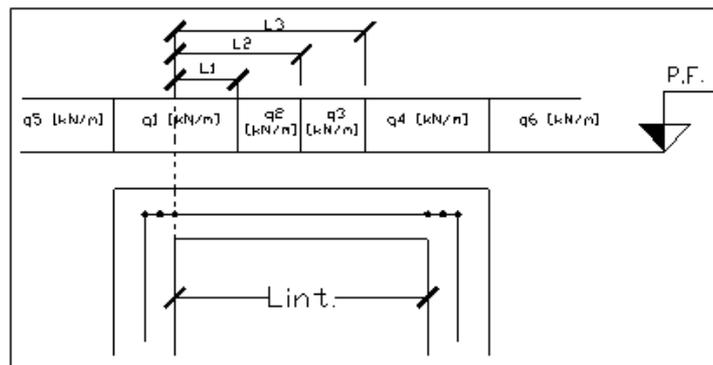


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	48.62	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	48.62	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	48.62	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	48.62	kN/m

A favore di sicurezza si trascura la presenza del carico accidentale stradale sulla soletta inferiore.

7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI

Per il generico treno di carico è stata considerata la spinta sulle pareti sinistra/destra dovuta alla presenza del sovraccarico stesso. La spinta è congruente con il modello di carico assunto sul solettone superiore. Nella successiva tabella si riporta, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, l'intensità della spinta, avente diagramma rettangolare.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	REV. A

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.78	m
q5 ad estradosso soletta	q5	54.05	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	54.05	kN/m2
Spinta su piedritto sx	q05_sx	27.03	kN/m2
Spinta su piedritto dx	q06_dx	27.03	kN/m2

7.6 SERPEGGIO

L'azione indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata, applicata alla sommità della rotaia perpendicolare all'asse del binario. Il valore caratteristico di questa forza è pari a $Q_{sk}=100$ KN.

L'adozione di un modello piano di analisi, ottenuto considerando una striscia unitaria parallela alla rotaia, giustifica l'aver trascurato tale sollecitazione poiché ortogonale all'asse del binario.

7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA

Come prescritto si considera, per ogni treno, l'azione più gravosa tra avviamento e frenatura ripartita sulla larghezza di diffusione trasversale al piano medio della soletta superiore.

Frenatura su soletta sup. Analysis Case: FREN			
Frenatura /Avviamento	ql_b/a, k	35	kN/m
Fren. /Avv. Distribuita trasv.	qdist.l_b/a, k	12.61	kN/m2

7.8 VARIAZIONI TERMICHE

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

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

7.9 AZIONI SISMICHE

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	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	0.084	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.548	
CATEGORIA SOTTOSUOLO		C	
CATEGORIA TOPOGRAFICA		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
amax = SS x ST x ag	amax	0.126	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	0.126	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0.2xq1$		52.97	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		52.97	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		52.97	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		52.97	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		6.7	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		6.7	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		6.7	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		6.7	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Laterali</i>			
G1		27.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		3.5	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	Kv	0.063	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		52.97	kN/m
G1+G2+0.2xq2		52.97	kN/m
G1+G2+0.2xq3		52.97	kN/m
G1+G2+0.2xq4		52.97	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		3.3	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		3.3	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		3.3	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		3.3	kN/m

Per completare l'azione sismica si definisce l'incremento di spinta delle terre sotto sisma. Questa è stata definita applicando la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$$

Tale risultante è stata assunta come distribuita sull'altezza del piedritto e agente su uno solo dei due piedritti.

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	Htot	8.10	m
Peso di Volume	γ	18	kN/m ³
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.126	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	ΔSE	148.80	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	25.22	kN/m ²

7.10 RITIRO

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

Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	t_s	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t_0	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	h_0	2200	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000186	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.000231	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-5.8	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0700001</td> <td>A</td> <td>21 di 92</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	21 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	21 di 92								

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

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

Le combinazioni di carico sono riportate negli allegati.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0700001</td> <td>A</td> <td>24 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	24 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	24 di 92								

9 VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE

9.1 CRITERI DI VERIFICA

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

COPRIFERRI ADOTTATO

$c=5.0$ cm

STAZIONI DI VERIFICA

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

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

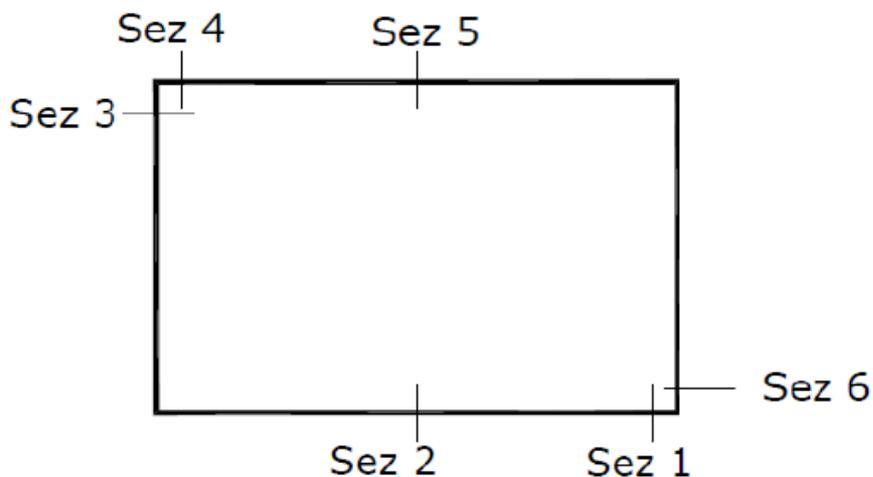


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	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:

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$k_2 = 0,4$$

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

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

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

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

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

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	REV. A

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	110

Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm2]	copriferro [cm]
10	26	53.09	9.1
5	32	40.21	27.1
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

Armatura sup A's

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm2]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

9.2.1 Presso-Flessione

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	1969	2609.9	1.33
2	0	151	2609.9	17.24

9.2.2 Taglio

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

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

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

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

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	scp	VRd _c	VRcd _y	VRsd _y	VRd _y	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_57	937.2	0.0			3652.1	1387.1	1387.1	1.480

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	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.091	0.155	Verificato
2	Fessurata	-130	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.098	0.167	Verificato
3	Fessurata	-132	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.101	0.172	Verificato
4	Fessurata	-127	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.094	0.160	Verificato
5	Non fessurata	0	-59	0.125							
6	Non fessurata	0	-63	0.125							
7	Non fessurata	0	-65	0.125							
8	Non fessurata	0	-60	0.125							
9	Fessurata	-122	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.085	0.144	Verificato
10	Fessurata	-126	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.092	0.157	Verificato
11	Fessurata	-128	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.095	0.161	Verificato
12	Fessurata	-123	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.087	0.149	Verificato
13	Non fessurata	0	-55	0.125							
14	Non fessurata	0	-59	0.125							
15	Non fessurata	0	-61	0.125							
16	Non fessurata	0	-56	0.125							
17	Non fessurata	0	-54	0.125							
18	Non fessurata	0	-58	0.125							
19	Non fessurata	0	-60	0.125							
20	Non fessurata	0	-55	0.125							
21	Non fessurata	0	-50	0.125							
22	Non fessurata	0	-54	0.125							
23	Non fessurata	0	-56	0.125							
24	Non fessurata	0	-51	0.125							
25	Fessurata	-92	-109	0.125	365896	100	232	0.0002	0.043	0.073	Verificato
26	Fessurata	-97	-109	0.125	365896	100	232	0.0002	0.045	0.077	Verificato
27	Fessurata	-99	-109	0.125	365896	100	232	0.0002	0.046	0.078	Verificato
28	Fessurata	-94	-109	0.125	365896	100	232	0.0002	0.044	0.074	Verificato
29	Non fessurata	0	-59	0.125							
30	Non fessurata	0	-63	0.125							
31	Non fessurata	0	-65	0.125							
32	Non fessurata	0	-60	0.125							
33	Non fessurata	0	-88	0.125							
34	Fessurata	-93	-109	0.125	365896	100	232	0.0002	0.043	0.073	Verificato
35	Fessurata	-95	-109	0.125	365896	100	232	0.0002	0.044	0.075	Verificato
36	Non fessurata	0	-90	0.125							
37	Non fessurata	0	-55	0.125							
38	Non fessurata	0	-59	0.125							
39	Non fessurata	0	-61	0.125							
40	Non fessurata	0	-56	0.125							
41	Non fessurata	0	-56	0.125							
42	Non fessurata	0	-61	0.125							



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	30 di 92

43	Non fessurata	0	-63	0.125							
44	Non fessurata	0	-58	0.125							
45	Non fessurata	0	-52	0.125							
46	Non fessurata	0	-57	0.125							
47	Non fessurata	0	-58	0.125							
48	Non fessurata	0	-54	0.125							
49	Fessurata	-126	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.091	0.155	Verificato
50	Fessurata	-130	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.098	0.167	Verificato
51	Fessurata	-132	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.101	0.172	Verificato
52	Fessurata	-127	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.094	0.160	Verificato
53	Fessurata	-122	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.085	0.144	Verificato
54	Fessurata	-126	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.092	0.157	Verificato
55	Fessurata	-128	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.095	0.161	Verificato
56	Fessurata	-123	-109	0.125	365896	100	232	0.0004	0.087	0.149	Verificato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	REV. A

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	110

9.3.1 Presso-Flessione

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

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-492	-2922.6	5.94
2	0	-1446	-2922.6	2.02

9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	32 di 92

Nome Combinazione	V _{E_d}	N _{E_d}	σ_{cp}	V _{R_d,c}	V _{R_{cd},y}	V _{R_{sd},y}	V _{R_d,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_1	168.9	0.0	0.0	334.7				1.982

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Fessurata	-128	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.100	0.169
2	Fessurata	-124	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.094	0.160
3	Fessurata	-123	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.092	0.157
4	Fessurata	-126	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.098	0.166
5	Non fessurata	0	-77	0.125						
6	Non fessurata	0	-74	0.125						
7	Non fessurata	0	-73	0.125						
8	Non fessurata	0	-76	0.125						
9	Fessurata	-131	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.104	0.177
10	Fessurata	-127	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.099	0.168
11	Fessurata	-126	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.097	0.165
12	Fessurata	-129	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.102	0.174
13	Non fessurata	0	-80	0.125						
14	Non fessurata	0	-77	0.125						
15	Non fessurata	0	-76	0.125						
16	Non fessurata	0	-79	0.125						
17	Fessurata	-128	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.100	0.169
18	Fessurata	-124	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.094	0.160
19	Fessurata	-123	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.092	0.157
20	Fessurata	-126	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.098	0.166
21	Fessurata	-131	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.104	0.177
22	Fessurata	-127	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.099	0.168
23	Fessurata	-126	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.097	0.165
24	Fessurata	-129	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.102	0.174
25	Fessurata	-103	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.056	0.096
26	Fessurata	-99	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.050	0.085
27	Fessurata	-98	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.048	0.082
28	Fessurata	-101	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.054	0.092
29	Non fessurata	0	-77	0.125						
30	Non fessurata	0	-74	0.125						
31	Non fessurata	0	-73	0.125						
32	Non fessurata	0	-76	0.125						
33	Fessurata	-105	-106	0.125	318000	100	239	0.0003	0.062	0.105
34	Fessurata	-102	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.056	0.095
35	Fessurata	-101	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.053	0.091
36	Fessurata	-104	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.060	0.101
37	Non fessurata	0	-80	0.125						
38	Non fessurata	0	-77	0.125						
39	Non fessurata	0	-76	0.125						
40	Non fessurata	0	-79	0.125						
41	Fessurata	-103	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.056	0.096



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	34 di 92

42	Fessurata	-99	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.050	0.085
43	Fessurata	-98	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.048	0.082
44	Fessurata	-101	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.054	0.092
45	Fessurata	-105	-106	0.125	318000	100	239	0.0003	0.062	0.105
46	Fessurata	-102	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.056	0.095
47	Fessurata	-101	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.053	0.091
48	Fessurata	-104	-106	0.125	318000	100	239	0.0002	0.060	0.101
49	Fessurata	-128	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.100	0.169
50	Fessurata	-124	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.094	0.160
51	Fessurata	-123	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.092	0.157
52	Fessurata	-126	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.098	0.166
53	Fessurata	-131	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.104	0.177
54	Fessurata	-127	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.099	0.168
55	Fessurata	-126	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.097	0.165
56	Fessurata	-129	-106	0.125	318000	100	239	0.0004	0.102	0.174

9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.4.1 Presso-Flessione

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

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	941	-1342	-3295.6	2.455
2	839	-1199	-3258.5	2.719
3	941	-1210	-3295.6	2.723
4	839	-1066	-3258.5	3.055
5	941	-1288	-3295.6	2.558
6	839	-1145	-3258.5	2.847
7	941	-1421	-3295.6	2.320
8	839	-1277	-3258.5	2.552
9	839	-1217	-3258.5	2.678
10	839	-996	-3258.5	3.270

11	839	-1127	-3258.5	2.893
12	839	-1347	-3258.5	2.419
13	941	-1342	-3295.6	2.455
14	430	-623	-3101.4	4.975
15	941	-1210	-3295.6	2.723
16	430	-491	-3101.4	6.314
17	941	-1288	-3295.6	2.558
18	430	-569	-3101.4	5.448
19	941	-1421	-3295.6	2.320
20	430	-701	-3101.4	4.421
21	430	-641	-3101.4	4.835
22	430	-421	-3101.4	7.364
23	430	-551	-3101.4	5.626
24	430	-772	-3101.4	4.020
25	941	-1347	-3295.6	2.446
26	839	-1203	-3258.5	2.708
27	941	-1215	-3295.6	2.713
28	839	-1071	-3258.5	3.042
29	941	-1293	-3295.6	2.549
30	839	-1149	-3258.5	2.835
31	941	-1425	-3295.6	2.312
32	839	-1281	-3258.5	2.543
33	839	-1221	-3258.5	2.668
34	839	-1001	-3258.5	3.255
35	839	-1131	-3258.5	2.881
36	839	-1351	-3258.5	2.411
37	941	-1347	-3295.6	2.446
38	430	-628	-3101.4	4.938
39	941	-1215	-3295.6	2.713
40	430	-496	-3101.4	6.255
41	941	-1293	-3295.6	2.549
42	430	-574	-3101.4	5.404
43	941	-1425	-3295.6	2.312
44	430	-706	-3101.4	4.392
45	430	-646	-3101.4	4.801
46	430	-426	-3101.4	7.284
47	430	-556	-3101.4	5.579
48	430	-776	-3101.4	3.996
49	306	-369	-3050.3	8.260
50	306	-590	-3050.3	5.174
51	306	-487	-3050.3	6.260
52	306	-267	-3050.3	11.423
53	869	-897	-3269.6	3.644
54	782	-843	-3237.4	3.842
55	869	-765	-3269.6	4.273
56	782	-710	-3237.4	4.557

57	869	-843	-3269.6	3.877
58	782	-788	-3237.4	4.106
59	869	-975	-3269.6	3.352
60	782	-921	-3237.4	3.516
61	782	-861	-3237.4	3.762
62	782	-640	-3237.4	5.056
63	782	-770	-3237.4	4.202
64	782	-991	-3237.4	3.268
65	869	-897	-3269.6	3.644
66	430	-623	-3101.4	4.975
67	869	-765	-3269.6	4.273
68	430	-491	-3101.4	6.314
69	869	-843	-3269.6	3.877
70	430	-569	-3101.4	5.448
71	869	-975	-3269.6	3.352
72	430	-701	-3101.4	4.421
73	430	-641	-3101.4	4.835
74	430	-421	-3101.4	7.364
75	430	-551	-3101.4	5.626
76	430	-772	-3101.4	4.020
77	869	-902	-3269.6	3.625
78	782	-847	-3237.4	3.821
79	869	-770	-3269.6	4.247
80	782	-715	-3237.4	4.527
81	869	-848	-3269.6	3.856
82	782	-793	-3237.4	4.082
83	869	-980	-3269.6	3.336
84	782	-925	-3237.4	3.499
85	782	-865	-3237.4	3.742
86	782	-645	-3237.4	5.019
87	782	-775	-3237.4	4.177
88	782	-995	-3237.4	3.252
89	869	-902	-3269.6	3.625
90	430	-628	-3101.4	4.938
91	869	-770	-3269.6	4.247
92	430	-496	-3101.4	6.255
93	869	-848	-3269.6	3.856
94	430	-574	-3101.4	5.404
95	869	-980	-3269.6	3.336
96	430	-706	-3101.4	4.392
97	430	-646	-3101.4	4.801
98	430	-426	-3101.4	7.284
99	430	-556	-3101.4	5.579
100	430	-776	-3101.4	3.996
101	306	-369	-3050.3	8.260
102	306	-590	-3050.3	5.174

103	306	-487	-3050.3	6.260
104	306	-267	-3050.3	11.423
105	1013	-1788	-3321.3	1.858
106	897	-1555	-3279.6	2.109
107	1013	-1655	-3321.3	2.006
108	897	-1423	-3279.6	2.305
109	1013	-1733	-3321.3	1.916
110	897	-1501	-3279.6	2.185
111	1013	-1866	-3321.3	1.780
112	897	-1633	-3279.6	2.009
113	897	-1573	-3279.6	2.085
114	897	-1352	-3279.6	2.425
115	897	-1483	-3279.6	2.212
116	897	-1703	-3279.6	1.926
117	1013	-1788	-3321.3	1.858
118	488	-979	-3124.6	3.190
119	1013	-1655	-3321.3	2.006
120	488	-847	-3124.6	3.668
121	1013	-1733	-3321.3	1.916
122	488	-925	-3124.6	3.377
123	1013	-1866	-3321.3	1.780
124	488	-1057	-3124.6	2.955
125	488	-997	-3124.6	3.133
126	488	-777	-3124.6	4.020
127	488	-907	-3124.6	3.444
128	488	-1128	-3124.6	2.771
129	1013	-1792	-3321.3	1.853
130	897	-1559	-3279.6	2.103
131	1013	-1660	-3321.3	2.001
132	897	-1427	-3279.6	2.298
133	1013	-1738	-3321.3	1.911
134	897	-1505	-3279.6	2.179
135	1013	-1870	-3321.3	1.776
136	897	-1637	-3279.6	2.003
137	897	-1577	-3279.6	2.079
138	897	-1357	-3279.6	2.417
139	897	-1487	-3279.6	2.205
140	897	-1708	-3279.6	1.921
141	1013	-1792	-3321.3	1.853
142	488	-984	-3124.6	3.175
143	1013	-1660	-3321.3	2.001
144	488	-852	-3124.6	3.668
145	1013	-1738	-3321.3	1.911
146	488	-930	-3124.6	3.360
147	1013	-1870	-3321.3	1.776
148	488	-1062	-3124.6	2.942

149	488	-1002	-3124.6	3.118
150	488	-782	-3124.6	3.996
151	488	-912	-3124.6	3.426
152	488	-1132	-3124.6	2.760
153	306	-369	-3050.3	8.260
154	306	-590	-3050.3	5.174
155	306	-487	-3050.3	6.260
156	306	-267	-3050.3	11.423
157	614	-538	-3174.6	5.903
158	577	-555	-3160.6	5.695
159	614	-406	-3174.6	7.826
160	577	-423	-3160.6	7.476
161	614	-484	-3174.6	6.563
162	577	-501	-3160.6	6.310
163	614	-616	-3174.6	5.154
164	577	-633	-3160.6	4.993
165	577	-573	-3160.6	5.516
166	577	-353	-3160.6	8.961
167	577	-483	-3160.6	6.546
168	577	-703	-3160.6	4.495
169	614	-538	-3174.6	5.903
170	635	-911	-3182.4	3.493
171	614	-406	-3174.6	7.826
172	635	-779	-3182.4	4.086
173	614	-484	-3174.6	6.563
174	635	-857	-3182.4	3.714
175	614	-616	-3174.6	5.154
176	635	-989	-3182.4	3.218
177	635	-929	-3182.4	3.426
178	635	-709	-3182.4	4.490
179	635	-839	-3182.4	3.794
180	635	-1059	-3182.4	3.005
181	614	-542	-3174.6	5.852
182	577	-560	-3160.6	5.648
183	614	-410	-3174.6	7.737
184	577	-427	-3160.6	7.394
185	614	-488	-3174.6	6.500
186	577	-505	-3160.6	6.252
187	614	-621	-3174.6	5.116
188	577	-638	-3160.6	4.957
189	577	-578	-3160.6	5.472
190	577	-357	-3160.6	8.845
191	577	-487	-3160.6	6.484
192	577	-708	-3160.6	4.466
193	614	-542	-3174.6	5.852
194	635	-916	-3182.4	3.476

195	614	-410	-3174.6	7.737
196	635	-783	-3182.4	4.062
197	614	-488	-3174.6	6.500
198	635	-862	-3182.4	3.694
199	614	-621	-3174.6	5.116
200	635	-994	-3182.4	3.203
201	635	-934	-3182.4	3.409
202	635	-713	-3182.4	4.461
203	635	-844	-3182.4	3.773
204	635	-1064	-3182.4	2.992
205	306	-369	-3050.3	8.260
206	306	-590	-3050.3	5.174
207	306	-487	-3050.3	6.260
208	306	-267	-3050.3	11.423
209	758	-1428	-3228.6	2.261
210	692	-1267	-3204.1	2.529
211	758	-1296	-3228.6	2.492
212	692	-1135	-3204.1	2.823
213	758	-1374	-3228.6	2.350
214	692	-1213	-3204.1	2.641
215	758	-1506	-3228.6	2.144
216	692	-1345	-3204.1	2.382
217	692	-1285	-3204.1	2.493
218	692	-1065	-3204.1	3.009
219	692	-1195	-3204.1	2.681
220	692	-1415	-3204.1	2.264
221	758	-1428	-3228.6	2.261
222	692	-1267	-3204.1	2.529
223	758	-1296	-3228.6	2.492
224	692	-1135	-3204.1	2.823
225	758	-1374	-3228.6	2.350
226	692	-1213	-3204.1	2.641
227	758	-1506	-3228.6	2.144
228	692	-1345	-3204.1	2.382
229	692	-1285	-3204.1	2.493
230	692	-1065	-3204.1	3.009
231	692	-1195	-3204.1	2.681
232	692	-1415	-3204.1	2.264
233	758	-1433	-3228.6	2.254
234	692	-1272	-3204.1	2.519
235	758	-1300	-3228.6	2.483
236	692	-1140	-3204.1	2.812
237	758	-1379	-3228.6	2.342
238	692	-1218	-3204.1	2.631
239	758	-1511	-3228.6	2.137
240	692	-1350	-3204.1	2.374

241	692	-1290	-3204.1	2.484
242	692	-1069	-3204.1	2.996
243	692	-1200	-3204.1	2.671
244	692	-1420	-3204.1	2.257
245	758	-1433	-3228.6	2.254
246	692	-1272	-3204.1	2.519
247	758	-1300	-3228.6	2.483
248	692	-1140	-3204.1	2.812
249	758	-1379	-3228.6	2.342
250	692	-1218	-3204.1	2.631
251	758	-1511	-3228.6	2.137
252	692	-1350	-3204.1	2.374
253	692	-1290	-3204.1	2.484
254	692	-1069	-3204.1	2.996
255	692	-1200	-3204.1	2.671
256	692	-1420	-3204.1	2.257
257	306	-369	-3050.3	8.260
258	306	-590	-3050.3	5.174
259	306	-487	-3050.3	6.260
260	306	-267	-3050.3	11.423
261	323	-184	-3057.3	16.601
262	323	-111	-3057.3	27.606
263	343	-307	-3065.5	9.987
264	343	-234	-3065.5	13.127
265	323	-154	-3057.3	19.837
266	323	-228	-3057.3	13.436
267	425	-837	-3099.1	3.705
268	425	-763	-3099.1	4.061
269	343	-277	-3065.5	11.070
270	343	-350	-3065.5	8.750
271	445	-959	-3107.1	3.239
272	445	-886	-3107.1	3.507
273	425	-806	-3099.1	3.843
274	425	-880	-3099.1	3.522
275	445	-929	-3107.1	3.344
276	445	-1003	-3107.1	3.099
277	308	-164	-3051.3	18.569
278	308	-91	-3051.3	33.567
279	328	-287	-3059.5	10.656
280	328	-214	-3059.5	14.318
281	308	-134	-3051.3	22.724
282	308	-208	-3051.3	14.691
283	410	-817	-3093.3	3.788
284	410	-743	-3093.3	4.162
285	328	-257	-3059.5	11.902
286	328	-330	-3059.5	9.258

287	430	-939	-3101.3	3.301
288	430	-866	-3101.3	3.581
289	410	-787	-3093.3	3.932
290	410	-860	-3093.3	3.597
291	430	-909	-3101.3	3.410
292	430	-983	-3101.3	3.155
293	376	-432	-3079.0	7.129
294	376	-358	-3079.0	8.589
295	395	-555	-3087.1	5.566
296	395	-481	-3087.1	6.415
297	376	-402	-3079.0	7.662
298	376	-475	-3079.0	6.479
299	406	-628	-3091.5	4.926
300	406	-554	-3091.5	5.579
301	395	-525	-3087.1	5.885
302	395	-598	-3087.1	5.162
303	426	-750	-3099.6	4.131
304	426	-677	-3099.6	4.579
305	406	-598	-3091.5	5.174
306	406	-671	-3091.5	4.608
307	426	-720	-3099.6	4.303
308	426	-794	-3099.6	3.905
309	327	-366	-3059.0	8.364
310	327	-292	-3059.0	10.465
311	347	-489	-3067.2	6.279
312	347	-415	-3067.2	7.389
313	327	-336	-3059.0	9.113
314	327	-409	-3059.0	7.477
315	358	-561	-3071.6	5.471
316	358	-488	-3071.6	6.294
317	347	-458	-3067.2	6.690
318	347	-532	-3067.2	5.767
319	377	-684	-3079.8	4.501
320	377	-611	-3079.8	5.042
321	358	-531	-3071.6	5.780
322	358	-605	-3071.6	5.079
323	377	-654	-3079.8	4.708
324	377	-728	-3079.8	4.233

9.4.2 Taglio

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

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

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	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		
$n^{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	918	mm
f'_{cd}	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_83	-424.9	1023.4	0.9	625.4				1.472

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	-48	0.125						
2	Non fessurata	0	-37	0.125						
3	Non fessurata	0	-44	0.125						
4	Non fessurata	0	-55	0.125						
5	Non fessurata	0	-40	0.125						
6	Non fessurata	0	-29	0.125						
7	Non fessurata	0	-36	0.125						
8	Non fessurata	0	-47	0.125						
9	Non fessurata	0	-51	0.125						
10	Non fessurata	0	-40	0.125						
11	Non fessurata	0	-47	0.125						
12	Non fessurata	0	-58	0.125						
13	Non fessurata	0	-43	0.125						
14	Non fessurata	0	-32	0.125						
15	Non fessurata	0	-39	0.125						
16	Non fessurata	0	-50	0.125						
17	Fessurata	-106	-92	0.125	318000	200	259	0.0003	0.085	0.145
18	Fessurata	-94	-91	0.125	318000	200	259	0.0003	0.066	0.111
19	Fessurata	-101	-92	0.125	318000	200	259	0.0003	0.077	0.132
20	Fessurata	-113	-93	0.125	318000	200	259	0.0004	0.097	0.164
21	Fessurata	-109	-93	0.125	318000	200	259	0.0003	0.090	0.153
22	Fessurata	-97	-91	0.125	318000	200	259	0.0003	0.071	0.120
23	Fessurata	-104	-92	0.125	318000	200	259	0.0003	0.082	0.140
24	Fessurata	-116	-93	0.125	318000	200	259	0.0004	0.101	0.172
25	Non fessurata	0	-44	0.125						
26	Non fessurata	0	-33	0.125						
27	Non fessurata	0	-40	0.125						
28	Non fessurata	0	-51	0.125						
29	Non fessurata	0	-40	0.125						
30	Non fessurata	0	-29	0.125						
31	Non fessurata	0	-36	0.125						
32	Non fessurata	0	-47	0.125						
33	Non fessurata	0	-47	0.125						
34	Non fessurata	0	-36	0.125						
35	Non fessurata	0	-43	0.125						
36	Non fessurata	0	-54	0.125						
37	Non fessurata	0	-43	0.125						
38	Non fessurata	0	-32	0.125						
39	Non fessurata	0	-39	0.125						
40	Non fessurata	0	-50	0.125						
41	Non fessurata	0	-73	0.125						
42	Non fessurata	0	-62	0.125						
43	Non fessurata	0	-69	0.125						
44	Fessurata	-80	-92	0.125	318000	200	259	0.0002	0.041	0.070
45	Non fessurata	0	-76	0.125						



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	45 di 92

46	Non fessurata	0	-64	0.125						
47	Non fessurata	0	-71	0.125						
48	Fessurata	-83	-93	0.125	318000	200	259	0.0002	0.043	0.073
49	Non fessurata	0	-48	0.125						
50	Non fessurata	0	-37	0.125						
51	Non fessurata	0	-44	0.125						
52	Non fessurata	0	-55	0.125						
53	Non fessurata	0	-51	0.125						
54	Non fessurata	0	-40	0.125						
55	Non fessurata	0	-47	0.125						
56	Non fessurata	0	-58	0.125						

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	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>110</i>

9.5.1 Presso-Flessione

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

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

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
5	32	40.21	9.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	1145	-1570	-2929.3	1.87
2	1050	-1405	-2891.7	2.06
3	1145	-1610	-2929.3	1.82
4	1050	-1446	-2891.7	2.00
5	1145	-1631	-2929.3	1.80
6	1050	-1466	-2891.7	1.97
7	1145	-1590	-2929.3	1.84
8	1050	-1425	-2891.7	2.03
9	1050	-1385	-2891.7	2.09
10	1050	-1453	-2891.7	1.99
11	1050	-1486	-2891.7	1.95
12	1050	-1419	-2891.7	2.04
13	1145	-1570	-2929.3	1.87
14	670	-748	-2735.4	3.66
15	1145	-1610	-2929.3	1.82
16	670	-788	-2735.4	3.47
17	1145	-1631	-2929.3	1.80
18	670	-809	-2735.4	3.38
19	1145	-1590	-2929.3	1.84
20	670	-768	-2735.4	3.56
21	670	-728	-2735.4	3.76
22	670	-795	-2735.4	3.44
23	670	-829	-2735.4	3.30
24	670	-761	-2735.4	3.59
25	1145	-1564	-2929.3	1.87
26	1050	-1400	-2891.7	2.07
27	1145	-1605	-2929.3	1.82
28	1050	-1441	-2891.7	2.01
29	1145	-1625	-2929.3	1.80
30	1050	-1461	-2891.7	1.98
31	1145	-1585	-2929.3	1.85
32	1050	-1420	-2891.7	2.04
33	1050	-1380	-2891.7	2.10
34	1050	-1448	-2891.7	2.00
35	1050	-1481	-2891.7	1.95
36	1050	-1413	-2891.7	2.05
37	1145	-1564	-2929.3	1.87
38	670	-743	-2735.4	3.68
39	1145	-1605	-2929.3	1.82
40	670	-783	-2735.4	3.49

41	1145	-1625	-2929.3	1.80
42	670	-803	-2735.4	3.40
43	1145	-1585	-2929.3	1.85
44	670	-763	-2735.4	3.59
45	670	-722	-2735.4	3.79
46	670	-790	-2735.4	3.46
47	670	-824	-2735.4	3.32
48	670	-756	-2735.4	3.62
49	483	-618	-2656.8	4.30
50	483	-551	-2656.8	4.83
51	483	-486	-2656.8	5.47
52	483	-554	-2656.8	4.80
53	1073	-1980	-2901.1	1.47
54	992	-1734	-2868.5	1.65
55	1073	-2021	-2901.1	1.44
56	992	-1774	-2868.5	1.62
57	1073	-2041	-2901.1	1.42
58	992	-1794	-2868.5	1.60
59	1073	-2000	-2901.1	1.45
60	992	-1754	-2868.5	1.64
61	992	-1713	-2868.5	1.67
62	992	-1781	-2868.5	1.61
63	992	-1815	-2868.5	1.58
64	992	-1747	-2868.5	1.64
65	1073	-1980	-2901.1	1.47
66	670	-748	-2735.4	3.66
67	1073	-2021	-2901.1	1.44
68	670	-788	-2735.4	3.47
69	1073	-2041	-2901.1	1.42
70	670	-809	-2735.4	3.38
71	1073	-2000	-2901.1	1.45
72	670	-768	-2735.4	3.56
73	670	-728	-2735.4	3.76
74	670	-795	-2735.4	3.44
75	670	-829	-2735.4	3.30
76	670	-761	-2735.4	3.59
77	1073	-1975	-2901.1	1.47
78	992	-1728	-2868.5	1.66
79	1073	-2015	-2901.1	1.44
80	992	-1769	-2868.5	1.62
81	1073	-2036	-2901.1	1.43
82	992	-1789	-2868.5	1.60
83	1073	-1995	-2901.1	1.45
84	992	-1748	-2868.5	1.64
85	992	-1708	-2868.5	1.68
86	992	-1776	-2868.5	1.62

87	992	-1809	-2868.5	1.59
88	992	-1742	-2868.5	1.65
89	1073	-1975	-2901.1	1.47
90	670	-743	-2735.4	3.68
91	1073	-2015	-2901.1	1.44
92	670	-783	-2735.4	3.49
93	1073	-2036	-2901.1	1.43
94	670	-803	-2735.4	3.40
95	1073	-1995	-2901.1	1.45
96	670	-763	-2735.4	3.59
97	670	-722	-2735.4	3.79
98	670	-790	-2735.4	3.46
99	670	-824	-2735.4	3.32
100	670	-756	-2735.4	3.62
101	483	-618	-2656.8	4.30
102	483	-551	-2656.8	4.83
103	483	-486	-2656.8	5.47
104	483	-554	-2656.8	4.80
105	1217	-1159	-2956.3	2.55
106	1107	-1077	-2914.9	2.71
107	1217	-1200	-2956.3	2.46
108	1107	-1118	-2914.9	2.61
109	1217	-1220	-2956.3	2.42
110	1107	-1138	-2914.9	2.56
111	1217	-1180	-2956.3	2.51
112	1107	-1097	-2914.9	2.66
113	1107	-1057	-2914.9	2.76
114	1107	-1125	-2914.9	2.59
115	1107	-1158	-2914.9	2.52
116	1107	-1090	-2914.9	2.67
117	1217	-1159	-2956.3	2.55
118	727	-420	-2759.6	6.58
119	1217	-1200	-2956.3	2.46
120	727	-460	-2759.6	6.00
121	1217	-1220	-2956.3	2.42
122	727	-480	-2759.6	5.74
123	1217	-1180	-2956.3	2.51
124	727	-440	-2759.6	6.28
125	727	-399	-2759.6	6.91
126	727	-467	-2759.6	5.91
127	727	-501	-2759.6	5.51
128	727	-433	-2759.6	6.38
129	1217	-1154	-2956.3	2.56
130	1107	-1072	-2914.9	2.72
131	1217	-1195	-2956.3	2.47
132	1107	-1113	-2914.9	2.62

133	1217	-1215	-2956.3	2.43
134	1107	-1133	-2914.9	2.57
135	1217	-1174	-2956.3	2.52
136	1107	-1092	-2914.9	2.67
137	1107	-1052	-2914.9	2.77
138	1107	-1119	-2914.9	2.60
139	1107	-1153	-2914.9	2.53
140	1107	-1085	-2914.9	2.69
141	1217	-1154	-2956.3	2.56
142	727	-414	-2759.6	6.66
143	1217	-1195	-2956.3	2.47
144	727	-455	-2759.6	6.07
145	1217	-1215	-2956.3	2.43
146	727	-475	-2759.6	5.81
147	1217	-1174	-2956.3	2.52
148	727	-434	-2759.6	6.35
149	727	-394	-2759.6	7.00
150	727	-462	-2759.6	5.98
151	727	-495	-2759.6	5.57
152	727	-428	-2759.6	6.45
153	483	-618	-2656.8	4.30
154	483	-551	-2656.8	4.83
155	483	-486	-2656.8	5.47
156	483	-554	-2656.8	4.80
157	835	-1569	-2804.2	1.79
158	802	-1405	-2790.6	1.99
159	835	-1610	-2804.2	1.74
160	802	-1445	-2790.6	1.93
161	835	-1630	-2804.2	1.72
162	802	-1466	-2790.6	1.90
163	835	-1589	-2804.2	1.76
164	802	-1425	-2790.6	1.96
165	802	-1385	-2790.6	2.02
166	802	-1452	-2790.6	1.92
167	802	-1486	-2790.6	1.88
168	802	-1418	-2790.6	1.97
169	835	-1569	-2804.2	1.79
170	860	-1077	-2814.3	2.61
171	835	-1610	-2804.2	1.74
172	860	-1117	-2814.3	2.52
173	835	-1630	-2804.2	1.72
174	860	-1137	-2814.3	2.47
175	835	-1589	-2804.2	1.76
176	860	-1097	-2814.3	2.57
177	860	-1056	-2814.3	2.66
178	860	-1124	-2814.3	2.50

179	860	-1158	-2814.3	2.43
180	860	-1090	-2814.3	2.58
181	835	-1564	-2804.2	1.79
182	802	-1400	-2790.6	1.99
183	835	-1605	-2804.2	1.75
184	802	-1440	-2790.6	1.94
185	835	-1625	-2804.2	1.73
186	802	-1460	-2790.6	1.91
187	835	-1584	-2804.2	1.77
188	802	-1420	-2790.6	1.97
189	802	-1379	-2790.6	2.02
190	802	-1447	-2790.6	1.93
191	802	-1481	-2790.6	1.88
192	802	-1413	-2790.6	1.98
193	835	-1564	-2804.2	1.79
194	860	-1071	-2814.3	2.63
195	835	-1605	-2804.2	1.75
196	860	-1112	-2814.3	2.53
197	835	-1625	-2804.2	1.73
198	860	-1132	-2814.3	2.49
199	835	-1584	-2804.2	1.77
200	860	-1091	-2814.3	2.58
201	860	-1051	-2814.3	2.68
202	860	-1119	-2814.3	2.52
203	860	-1152	-2814.3	2.44
204	860	-1085	-2814.3	2.59
205	483	-618	-2656.8	4.30
206	483	-551	-2656.8	4.83
207	483	-486	-2656.8	5.47
208	483	-554	-2656.8	4.80
209	979	-748	-2863.2	3.83
210	917	-748	-2838.0	3.79
211	979	-789	-2863.2	3.63
212	917	-789	-2838.0	3.60
213	979	-809	-2863.2	3.54
214	917	-809	-2838.0	3.51
215	979	-769	-2863.2	3.73
216	917	-768	-2838.0	3.69
217	917	-728	-2838.0	3.90
218	917	-796	-2838.0	3.57
219	917	-829	-2838.0	3.42
220	917	-762	-2838.0	3.73
221	979	-748	-2863.2	3.83
222	917	-748	-2838.0	3.79
223	979	-789	-2863.2	3.63
224	917	-789	-2838.0	3.60

225	979	-809	-2863.2	3.54
226	917	-809	-2838.0	3.51
227	979	-769	-2863.2	3.73
228	917	-768	-2838.0	3.69
229	917	-728	-2838.0	3.90
230	917	-796	-2838.0	3.57
231	917	-829	-2838.0	3.42
232	917	-762	-2838.0	3.73
233	979	-743	-2863.2	3.85
234	917	-743	-2838.0	3.82
235	979	-784	-2863.2	3.65
236	917	-784	-2838.0	3.62
237	979	-804	-2863.2	3.56
238	917	-804	-2838.0	3.53
239	979	-763	-2863.2	3.75
240	917	-763	-2838.0	3.72
241	917	-723	-2838.0	3.93
242	917	-791	-2838.0	3.59
243	917	-824	-2838.0	3.44
244	917	-756	-2838.0	3.75
245	979	-743	-2863.2	3.85
246	917	-743	-2838.0	3.82
247	979	-784	-2863.2	3.65
248	917	-784	-2838.0	3.62
249	979	-804	-2863.2	3.56
250	917	-804	-2838.0	3.53
251	979	-763	-2863.2	3.75
252	917	-763	-2838.0	3.72
253	917	-723	-2838.0	3.93
254	917	-791	-2838.0	3.59
255	917	-824	-2838.0	3.44
256	917	-756	-2838.0	3.75
257	483	-618	-2656.8	4.30
258	483	-551	-2656.8	4.83
259	483	-486	-2656.8	5.47
260	483	-554	-2656.8	4.80
261	495	-1055	-2661.9	2.52
262	495	-1077	-2661.9	2.47
263	515	-942	-2670.4	2.84
264	515	-964	-2670.4	2.77
265	495	-1089	-2661.9	2.45
266	495	-1066	-2661.9	2.50
267	597	-357	-2704.9	7.58
268	597	-379	-2704.9	7.13
269	515	-975	-2670.4	2.74
270	515	-953	-2670.4	2.80

271	617	-243	-2713.3	11.15
272	617	-266	-2713.3	10.20
273	597	-390	-2704.9	6.93
274	597	-368	-2704.9	7.35
275	617	-277	-2713.3	9.79
276	617	-255	-2713.3	10.66
277	481	-1040	-2655.7	2.55
278	481	-1062	-2655.7	2.50
279	501	-927	-2664.2	2.88
280	501	-949	-2664.2	2.81
281	481	-1074	-2655.7	2.47
282	481	-1051	-2655.7	2.53
283	583	-342	-2698.9	7.90
284	583	-364	-2698.9	7.41
285	501	-960	-2664.2	2.77
286	501	-938	-2664.2	2.84
287	602	-228	-2707.2	11.85
288	602	-251	-2707.2	10.79
289	583	-375	-2698.9	7.19
290	583	-353	-2698.9	7.65
291	602	-262	-2707.2	10.33
292	602	-240	-2707.2	11.30
293	548	-822	-2684.3	3.27
294	548	-844	-2684.3	3.18
295	568	-709	-2692.6	3.80
296	568	-731	-2692.6	3.68
297	548	-856	-2684.3	3.14
298	548	-833	-2684.3	3.22
299	578	-612	-2697.1	4.40
300	578	-635	-2697.1	4.25
301	568	-742	-2692.6	3.63
302	568	-720	-2692.6	3.74
303	598	-499	-2705.4	5.42
304	598	-522	-2705.4	5.18
305	578	-646	-2697.1	4.17
306	578	-624	-2697.1	4.33
307	598	-533	-2705.4	5.08
308	598	-510	-2705.4	5.30
309	500	-772	-2663.7	3.45
310	500	-794	-2663.7	3.35
311	519	-659	-2672.2	4.06
312	519	-681	-2672.2	3.92
313	500	-806	-2663.7	3.31
314	500	-783	-2663.7	3.40
315	530	-562	-2676.8	4.76
316	530	-585	-2676.8	4.58



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	54 di 92

317	519	-692	-2672.2	3.86
318	519	-670	-2672.2	3.99
319	550	-449	-2685.1	5.98
320	550	-472	-2685.1	5.69
321	530	-596	-2676.8	4.49
322	530	-573	-2676.8	4.67
323	550	-483	-2685.1	5.56
324	550	-460	-2685.1	5.83

9.5.2 Taglio

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

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

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	385	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	921	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	579.7	1062.7			3874.5	693.5	693.5	1.196

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-118	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.090	0.154	Verificato
2	Fessurata	-122	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.096	0.163	Verificato
3	Fessurata	-124	-104	0.125	318000	100	247	0.0004	0.100	0.170	Verificato
4	Fessurata	-121	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.094	0.160	Verificato
5	Non fessurata	0	-51	0.125							
6	Non fessurata	0	-55	0.125							
7	Non fessurata	0	-57	0.125							
8	Non fessurata	0	-54	0.125							
9	Fessurata	-114	-102	0.125	318000	100	247	0.0003	0.084	0.143	Verificato
#	Fessurata	-118	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.090	0.153	Verificato
#	Fessurata	-120	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.094	0.159	Verificato
#	Fessurata	-117	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.088	0.150	Verificato
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Non fessurata	0	-51	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Non fessurata	0	-50	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Non fessurata	0	-50	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Non fessurata	0	-49	0.125							
#	Non fessurata	0	-43	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Non fessurata	0	-49	0.125							
#	Non fessurata	0	-46	0.125							
#	Fessurata	-85	-100	0.125	318000	100	247	0.0002	0.042	0.071	Verificato
#	Fessurata	-88	-101	0.125	318000	100	247	0.0002	0.044	0.074	Verificato
#	Fessurata	-91	-102	0.125	318000	100	247	0.0002	0.045	0.076	Verificato
#	Fessurata	-87	-101	0.125	318000	100	247	0.0002	0.043	0.073	Verificato
#	Non fessurata	0	-51	0.125							
#	Non fessurata	0	-55	0.125							
#	Non fessurata	0	-57	0.125							
#	Non fessurata	0	-54	0.125							
#	Non fessurata	0	-81	0.125							
#	Fessurata	-84	-100	0.125	318000	100	247	0.0002	0.042	0.071	Verificato
#	Fessurata	-87	-101	0.125	318000	100	247	0.0002	0.043	0.073	Verificato
#	Non fessurata	0	-83	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Non fessurata	0	-51	0.125							
#	Non fessurata	0	-53	0.125							
#	Non fessurata	0	-50	0.125							
#	Non fessurata	0	-49	0.125							
#	Non fessurata	0	-52	0.125							

#	Non fessurata	0	-55	0.125							
#	Non fessurata	0	-51	0.125							
#	Non fessurata	0	-45	0.125							
#	Non fessurata	0	-49	0.125							
#	Non fessurata	0	-51	0.125							
#	Non fessurata	0	-47	0.125							
#	Fessurata	-118	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.090	0.154	Verificato
#	Fessurata	-122	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.096	0.163	Verificato
#	Fessurata	-124	-104	0.125	318000	100	247	0.0004	0.100	0.170	Verificato
#	Fessurata	-121	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.094	0.160	Verificato
#	Fessurata	-114	-102	0.125	318000	100	247	0.0003	0.084	0.143	Verificato
#	Fessurata	-118	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.090	0.153	Verificato
#	Fessurata	-120	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.094	0.159	Verificato
#	Fessurata	-117	-103	0.125	318000	100	247	0.0004	0.088	0.150	Verificato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	REV. A

9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	110

9.6.1 Presso-Flessione

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

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

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN=cost
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	346	-1196	-2128.7	1.78
2	309	-1068	-2112.3	1.98
3	319	-1057	-2116.7	2.00
4	283	-929	-2100.3	2.26
5	328	-1137	-2120.8	1.86
6	292	-1009	-2104.3	2.08
7	355	-1277	-2132.8	1.67
8	318	-1149	-2116.3	1.84
9	315	-1088	-2115.0	1.94
10	271	-855	-2094.9	2.45
11	286	-990	-2101.6	2.12
12	330	-1222	-2121.7	1.74
13	346	-1196	-2128.7	1.78
14	163	-557	-2046.5	3.68
15	319	-1057	-2116.7	2.00
16	136	-417	-2034.4	4.88
17	328	-1137	-2120.8	1.86
18	145	-498	-2038.5	4.10
19	355	-1277	-2132.8	1.67
20	172	-637	-2050.5	3.22
21	169	-576	-2049.2	3.56
22	124	-344	-2029.0	5.90
23	139	-478	-2035.8	4.26
24	184	-710	-2055.9	2.89
25	348	-1201	-2129.4	1.77
26	311	-1073	-2113.0	1.97
27	321	-1062	-2117.4	1.99
28	284	-934	-2101.0	2.25
29	330	-1142	-2121.4	1.86
30	293	-1014	-2105.0	2.08
31	357	-1282	-2133.5	1.66
32	320	-1154	-2117.0	1.83
33	317	-1093	-2115.6	1.94
34	272	-860	-2095.6	2.44
35	287	-995	-2102.3	2.11
36	332	-1227	-2122.4	1.73
37	348	-1201	-2129.4	1.77
38	164	-562	-2047.2	3.65
39	321	-1062	-2117.4	1.99
40	137	-422	-2035.1	4.82
41	330	-1142	-2121.4	1.86
42	146	-503	-2039.2	4.06

43	357	-1282	-2133.5	1.66
44	173	-642	-2051.2	3.19
45	170	-581	-2049.9	3.53
46	125	-349	-2029.7	5.82
47	140	-483	-2036.5	4.22
48	185	-716	-2056.6	2.87
49	83	-313	-2010.3	6.43
50	127	-545	-2030.5	3.72
51	122	-441	-2027.9	4.59
52	77	-209	-2007.6	9.61
53	228	-734	-2076.0	2.83
54	215	-699	-2070.1	2.96
55	202	-595	-2064.0	3.47
56	189	-559	-2058.1	3.68
57	211	-675	-2068.0	3.06
58	198	-640	-2062.1	3.22
59	237	-815	-2080.1	2.55
60	224	-779	-2074.2	2.66
61	221	-718	-2072.8	2.88
62	177	-486	-2052.8	4.22
63	192	-620	-2059.5	3.32
64	236	-853	-2079.5	2.44
65	228	-734	-2076.0	2.83
66	163	-557	-2046.5	3.68
67	202	-595	-2064.0	3.47
68	136	-417	-2034.4	4.88
69	211	-675	-2068.0	3.06
70	145	-498	-2038.5	4.10
71	237	-815	-2080.1	2.55
72	172	-637	-2050.5	3.22
73	169	-576	-2049.2	3.56
74	124	-344	-2029.0	5.90
75	139	-478	-2035.8	4.26
76	184	-710	-2055.9	2.89
77	230	-739	-2076.7	2.81
78	217	-704	-2070.8	2.94
79	203	-600	-2064.7	3.44
80	190	-564	-2058.8	3.65
81	212	-680	-2068.7	3.04
82	199	-645	-2062.8	3.20
83	239	-820	-2080.7	2.54
84	226	-784	-2074.8	2.64
85	223	-724	-2073.5	2.87
86	178	-491	-2053.4	4.18
87	193	-625	-2060.2	3.29
88	238	-858	-2080.2	2.43

89	230	-739	-2076.7	2.81
90	164	-562	-2047.2	3.65
91	203	-600	-2064.7	3.44
92	137	-422	-2035.1	4.82
93	212	-680	-2068.7	3.04
94	146	-503	-2039.2	4.06
95	239	-820	-2080.7	2.54
96	173	-642	-2051.2	3.19
97	170	-581	-2049.9	3.53
98	125	-349	-2029.7	5.82
99	140	-483	-2036.5	4.22
100	185	-716	-2056.6	2.87
101	83	-313	-2010.3	6.43
102	127	-545	-2030.5	3.72
103	122	-441	-2027.9	4.59
104	77	-209	-2007.6	9.61
105	464	-1658	-2181.1	1.32
106	403	-1438	-2154.5	1.50
107	437	-1518	-2169.3	1.43
108	377	-1298	-2142.4	1.65
109	446	-1599	-2173.2	1.36
110	386	-1379	-2146.5	1.56
111	473	-1739	-2185.1	1.26
112	412	-1518	-2158.5	1.42
113	409	-1457	-2157.1	1.48
114	365	-1225	-2137.1	1.74
115	380	-1359	-2143.8	1.58
116	424	-1592	-2163.8	1.36
117	464	-1658	-2181.1	1.32
118	257	-926	-2088.7	2.26
119	437	-1518	-2169.3	1.43
120	230	-786	-2076.7	2.64
121	446	-1599	-2173.2	1.36
122	239	-867	-2080.7	2.40
123	473	-1739	-2185.1	1.26
124	266	-1007	-2092.7	2.08
125	263	-946	-2091.3	2.21
126	218	-713	-2071.3	2.90
127	233	-847	-2078.0	2.45
128	278	-1080	-2098.1	1.94
129	465	-1663	-2181.8	1.31
130	405	-1443	-2155.2	1.49
131	438	-1524	-2169.9	1.42
132	378	-1303	-2143.1	1.64
133	447	-1604	-2173.9	1.36
134	387	-1384	-2147.2	1.55

135	474	-1744	-2185.8	1.25
136	414	-1523	-2159.2	1.42
137	411	-1462	-2157.8	1.48
138	366	-1230	-2137.8	1.74
139	381	-1364	-2144.5	1.57
140	426	-1597	-2164.4	1.36
141	465	-1663	-2181.8	1.31
142	258	-931	-2089.4	2.24
143	438	-1524	-2169.9	1.42
144	231	-792	-2077.3	2.62
145	447	-1604	-2173.9	1.36
146	240	-872	-2081.4	2.39
147	474	-1744	-2185.8	1.25
148	267	-1012	-2093.4	2.07
149	264	-951	-2092.0	2.20
150	220	-718	-2072.0	2.89
151	234	-852	-2078.7	2.44
152	279	-1085	-2098.7	1.93
153	83	-313	-2010.3	6.43
154	127	-545	-2030.5	3.72
155	122	-441	-2027.9	4.59
156	77	-209	-2007.6	9.61
157	137	-415	-2034.8	4.91
158	142	-443	-2037.2	4.60
159	110	-275	-2022.7	7.35
160	115	-303	-2025.0	6.67
161	119	-356	-2026.7	5.70
162	124	-384	-2029.1	5.28
163	146	-495	-2038.9	4.12
164	151	-524	-2041.3	3.90
165	148	-463	-2039.9	4.41
166	103	-230	-2019.6	8.78
167	118	-364	-2026.4	5.56
168	163	-597	-2046.6	3.43
169	137	-415	-2034.8	4.91
170	236	-812	-2079.4	2.56
171	110	-275	-2022.7	7.35
172	209	-673	-2067.4	3.07
173	119	-356	-2026.7	5.70
174	218	-753	-2071.4	2.75
175	146	-495	-2038.9	4.12
176	245	-893	-2083.4	2.33
177	242	-832	-2082.1	2.50
178	197	-600	-2062.0	3.44
179	212	-734	-2068.7	2.82
180	257	-966	-2088.8	2.16

181	138	-420	-2035.5	4.85
182	144	-448	-2037.9	4.55
183	112	-280	-2023.4	7.22
184	117	-309	-2025.7	6.57
185	121	-361	-2027.4	5.62
186	126	-389	-2029.8	5.22
187	147	-500	-2039.6	4.08
188	152	-529	-2042.0	3.86
189	149	-468	-2040.6	4.36
190	105	-235	-2020.3	8.59
191	120	-369	-2027.1	5.49
192	164	-602	-2047.3	3.40
193	138	-420	-2035.5	4.85
194	238	-817	-2080.1	2.54
195	112	-280	-2023.4	7.22
196	211	-678	-2068.1	3.05
197	121	-361	-2027.4	5.62
198	220	-758	-2072.1	2.73
199	147	-500	-2039.6	4.08
200	247	-898	-2084.1	2.32
201	243	-837	-2082.7	2.49
202	199	-605	-2062.7	3.41
203	214	-739	-2069.4	2.80
204	258	-971	-2089.5	2.15
205	83	-313	-2010.3	6.43
206	127	-545	-2030.5	3.72
207	122	-441	-2027.9	4.59
208	77	-209	-2007.6	9.61
209	372	-1338	-2140.3	1.60
210	330	-1182	-2121.6	1.80
211	345	-1199	-2128.3	1.78
212	303	-1042	-2109.6	2.02
213	354	-1279	-2132.3	1.67
214	312	-1123	-2113.6	1.88
215	381	-1419	-2144.4	1.51
216	339	-1262	-2125.6	1.68
217	336	-1202	-2124.2	1.77
218	291	-969	-2104.2	2.17
219	306	-1103	-2110.9	1.91
220	351	-1336	-2131.0	1.60
221	372	-1338	-2140.3	1.60
222	330	-1182	-2121.6	1.80
223	345	-1199	-2128.3	1.78
224	303	-1042	-2109.6	2.02
225	354	-1279	-2132.3	1.67
226	312	-1123	-2113.6	1.88

227	381	-1419	-2144.4	1.51
228	339	-1262	-2125.6	1.68
229	336	-1202	-2124.2	1.77
230	291	-969	-2104.2	2.17
231	306	-1103	-2110.9	1.91
232	351	-1336	-2131.0	1.60
233	373	-1343	-2141.0	1.59
234	332	-1187	-2122.3	1.79
235	347	-1204	-2129.0	1.77
236	305	-1047	-2110.2	2.01
237	356	-1284	-2133.0	1.66
238	314	-1128	-2114.3	1.87
239	382	-1424	-2145.1	1.51
240	341	-1267	-2126.3	1.68
241	338	-1207	-2124.9	1.76
242	293	-974	-2104.9	2.16
243	308	-1108	-2111.6	1.91
244	352	-1341	-2131.6	1.59
245	373	-1343	-2141.0	1.59
246	332	-1187	-2122.3	1.79
247	347	-1204	-2129.0	1.77
248	305	-1047	-2110.2	2.01
249	356	-1284	-2133.0	1.66
250	314	-1128	-2114.3	1.87
251	382	-1424	-2145.1	1.51
252	341	-1267	-2126.3	1.68
253	338	-1207	-2124.9	1.76
254	293	-974	-2104.9	2.16
255	308	-1108	-2111.6	1.91
256	352	-1341	-2131.6	1.59
257	83	-313	-2010.3	6.43
258	127	-545	-2030.5	3.72
259	122	-441	-2027.9	4.59
260	77	-209	-2007.6	9.61
261	122	-131	-2028.0	15.44
262	107	-54	-2021.3	37.57
263	154	-259	-2042.7	7.90
264	139	-181	-2036.0	11.24
265	112	-99	-2023.5	20.53
266	127	-176	-2030.3	11.53
267	208	-786	-2066.7	2.63
268	193	-708	-2060.0	2.91
269	144	-226	-2038.2	9.02
270	159	-303	-2045.0	6.74
271	240	-913	-2081.2	2.28
272	225	-835	-2074.5	2.48

273	198	-753	-2062.2	2.74
274	213	-830	-2068.9	2.49
275	230	-880	-2076.8	2.36
276	245	-958	-2083.5	2.18
277	121	-115	-2027.7	17.70
278	106	-37	-2020.9	54.53
279	153	-242	-2042.4	8.44
280	139	-164	-2035.6	12.38
281	111	-82	-2023.2	24.73
282	126	-159	-2029.9	12.74
283	207	-769	-2066.3	2.69
284	192	-691	-2059.7	2.98
285	144	-209	-2037.9	9.74
286	158	-287	-2044.6	7.13
287	239	-896	-2080.9	2.32
288	224	-819	-2074.2	2.53
289	197	-736	-2061.9	2.80
290	212	-814	-2068.6	2.54
291	229	-863	-2076.4	2.40
292	244	-941	-2083.1	2.21
293	122	-368	-2028.2	5.51
294	107	-290	-2021.4	6.96
295	155	-495	-2042.9	4.12
296	140	-418	-2036.2	4.87
297	112	-335	-2023.7	6.04
298	127	-413	-2030.5	4.92
299	148	-564	-2039.9	3.62
300	133	-487	-2033.1	4.18
301	145	-463	-2038.4	4.41
302	160	-540	-2045.1	3.79
303	180	-692	-2054.4	2.97
304	165	-614	-2047.8	3.33
305	138	-532	-2035.4	3.83
306	153	-609	-2042.1	3.35
307	170	-659	-2050.0	3.11
308	185	-736	-2056.7	2.79
309	120	-312	-2027.1	6.49
310	105	-235	-2020.3	8.61
311	152	-440	-2041.8	4.64
312	137	-362	-2035.0	5.62
313	110	-279	-2022.6	7.24
314	125	-357	-2029.3	5.69
315	145	-508	-2038.8	4.01
316	131	-431	-2032.0	4.72
317	142	-407	-2037.3	5.01
318	157	-484	-2044.0	4.22



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	66 di 92

319	178	-636	-2053.3	3.23
320	163	-558	-2046.7	3.67
321	136	-476	-2034.3	4.28
322	150	-553	-2041.0	3.69
323	168	-603	-2048.9	3.40
324	183	-681	-2055.6	3.02

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0700001	REV. A

9.6.2 Taglio

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

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

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

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

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	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	-879.0	458.5			3748.1	1387.1	1387.1	1.578

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	-61	0.125						
2	Non fessurata	0	-43	0.125						
3	Non fessurata	0	-54	0.125						
4	Non fessurata	0	-71	0.125						
5	Non fessurata	0	-56	0.125						
6	Non fessurata	0	-38	0.125						
7	Non fessurata	0	-48	0.125						
8	Non fessurata	0	-66	0.125						
9	Non fessurata	0	-65	0.125						
10	Non fessurata	0	-48	0.125						
11	Non fessurata	0	-58	0.125						
12	Non fessurata	0	-76	0.125						
13	Non fessurata	0	-60	0.125						
14	Non fessurata	0	-42	0.125						
15	Non fessurata	0	-53	0.125						
16	Non fessurata	0	-71	0.125						
17	Fessurata	-151	-135	0.125	273000	200	263	0.0003	0.079	0.135
18	Fessurata	-133	-135	0.125	273000	200	263	0.0003	0.070	0.119
19	Fessurata	-144	-135	0.125	273000	200	263	0.0003	0.076	0.129
20	Fessurata	-162	-136	0.125	273000	200	263	0.0003	0.085	0.145
21	Fessurata	-156	-135	0.125	273000	200	263	0.0003	0.082	0.139
22	Fessurata	-138	-135	0.125	273000	200	263	0.0003	0.073	0.123
23	Fessurata	-149	-135	0.125	273000	200	263	0.0003	0.078	0.133
24	Fessurata	-166	-136	0.125	273000	200	263	0.0003	0.087	0.149
25	Non fessurata	0	-58	0.125						
26	Non fessurata	0	-41	0.125						
27	Non fessurata	0	-51	0.125						
28	Non fessurata	0	-69	0.125						
29	Non fessurata	0	-56	0.125						
30	Non fessurata	0	-38	0.125						
31	Non fessurata	0	-48	0.125						
32	Non fessurata	0	-66	0.125						
33	Non fessurata	0	-63	0.125						
34	Non fessurata	0	-45	0.125						
35	Non fessurata	0	-56	0.125						
36	Non fessurata	0	-73	0.125						
37	Non fessurata	0	-60	0.125						
38	Non fessurata	0	-42	0.125						
39	Non fessurata	0	-53	0.125						
40	Non fessurata	0	-71	0.125						
41	Non fessurata	0	-103	0.125						
42	Non fessurata	0	-86	0.125						
43	Non fessurata	0	-96	0.125						
44	Fessurata	-114	-136	0.125	273000	200	263	0.0002	0.060	0.102
45	Non fessurata	0	-108	0.125						



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	69 di 92

46	Non fessurata	0	-90	0.125						
47	Non fessurata	0	-101	0.125						
48	Fessurata	-119	-136	0.125	273000	200	263	0.0002	0.062	0.106
49	Non fessurata	0	-61	0.125						
50	Non fessurata	0	-43	0.125						
51	Non fessurata	0	-54	0.125						
52	Non fessurata	0	-71	0.125						
53	Non fessurata	0	-65	0.125						
54	Non fessurata	0	-48	0.125						
55	Non fessurata	0	-58	0.125						
56	Non fessurata	0	-76	0.125						

9.7 VERIFICA SEZIONE 5: SOLETTA SUPERIORE_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.7.1 Presso-Flessione

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

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

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	M_u	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	293	1545	3044.9	1.97
2	267	1376	3034.2	2.21
3	266	1685	3033.9	1.80
4	240	1515	3023.2	2.00
5	275	1604	3037.6	1.89
6	249	1435	3026.9	2.11
7	302	1465	3048.6	2.08
8	276	1295	3037.9	2.35
9	273	1356	3036.6	2.24
10	228	1589	3018.2	1.90
11	243	1454	3024.4	2.08
12	288	1222	3042.8	2.49
13	293	1545	3044.9	1.97
14	163	697	2990.9	4.29
15	266	1685	3033.9	1.80
16	136	837	2979.6	3.56
17	275	1604	3037.6	1.89
18	145	756	2983.4	3.94
19	302	1465	3048.6	2.08
20	172	617	2994.7	4.86
21	169	678	2993.4	4.42
22	124	910	2974.6	3.27
23	139	776	2980.9	3.84
24	184	543	2999.7	5.52
25	294	1540	3045.5	1.98
26	268	1371	3034.8	2.21
27	268	1680	3034.5	1.81
28	242	1510	3023.8	2.00
29	277	1599	3038.2	1.90
30	251	1430	3027.5	2.12
31	303	1460	3049.2	2.09
32	277	1290	3038.5	2.36
33	274	1351	3037.3	2.25
34	230	1583	3018.9	1.91
35	245	1449	3025.0	2.09
36	289	1217	3043.4	2.50
37	294	1540	3045.5	1.98
38	164	692	2991.5	4.32
39	268	1680	3034.5	1.81
40	137	832	2980.3	3.58
41	277	1599	3038.2	1.90

42	146	751	2984.1	3.97
43	303	1460	3049.2	2.09
44	173	612	2995.3	4.90
45	170	673	2994.0	4.45
46	125	905	2975.3	3.29
47	140	771	2981.6	3.87
48	185	538	3000.3	5.57
49	83	580	2957.3	5.10
50	127	347	2976.1	8.57
51	122	451	2973.6	6.59
52	77	684	2954.9	4.32
53	293	1545	3044.9	1.97
54	267	1376	3034.2	2.21
55	266	1685	3033.9	1.80
56	240	1515	3023.1	2.00
57	275	1604	3037.6	1.89
58	249	1435	3026.8	2.11
59	302	1465	3048.6	2.08
60	276	1295	3037.9	2.35
61	273	1356	3036.6	2.24
62	228	1589	3018.2	1.90
63	243	1454	3024.4	2.08
64	288	1222	3042.8	2.49
65	293	1545	3044.9	1.97
66	163	697	2990.9	4.29
67	266	1685	3033.9	1.80
68	136	837	2979.6	3.56
69	275	1604	3037.6	1.89
70	145	756	2983.4	3.94
71	302	1465	3048.6	2.08
72	172	617	2994.7	4.86
73	169	678	2993.4	4.42
74	124	910	2974.6	3.27
75	139	776	2980.9	3.84
76	184	543	2999.7	5.52
77	294	1540	3045.5	1.98
78	268	1371	3034.8	2.21
79	268	1680	3034.5	1.81
80	242	1510	3023.8	2.00
81	277	1599	3038.2	1.90
82	251	1430	3027.5	2.12
83	303	1460	3049.2	2.09
84	277	1290	3038.5	2.36
85	274	1351	3037.3	2.25
86	230	1584	3018.9	1.91
87	245	1449	3025.0	2.09

88	289	1217	3043.4	2.50
89	294	1540	3045.5	1.98
90	164	692	2991.5	4.32
91	268	1680	3034.5	1.81
92	137	832	2980.3	3.58
93	277	1599	3038.2	1.90
94	146	751	2984.1	3.97
95	303	1460	3049.2	2.09
96	173	612	2995.3	4.90
97	170	673	2994.0	4.45
98	125	905	2975.3	3.29
99	140	771	2981.6	3.87
100	185	538	3000.3	5.57
101	83	580	2957.3	5.10
102	127	347	2976.1	8.57
103	122	451	2973.6	6.59
104	77	684	2954.9	4.32
105	293	1545	3044.9	1.97
106	267	1376	3034.2	2.21
107	266	1685	3033.9	1.80
108	240	1515	3023.2	2.00
109	275	1604	3037.6	1.89
110	249	1435	3026.9	2.11
111	302	1465	3048.6	2.08
112	276	1295	3037.9	2.35
113	273	1356	3036.6	2.24
114	228	1588	3018.3	1.90
115	243	1454	3024.4	2.08
116	288	1222	3042.8	2.49
117	293	1545	3044.9	1.97
118	163	697	2990.9	4.29
119	266	1685	3033.9	1.80
120	136	837	2979.7	3.56
121	275	1604	3037.6	1.89
122	145	756	2983.4	3.95
123	302	1465	3048.6	2.08
124	172	617	2994.7	4.86
125	169	678	2993.4	4.42
126	124	910	2974.6	3.27
127	139	776	2980.9	3.84
128	184	543	2999.7	5.52
129	294	1540	3045.6	1.98
130	268	1371	3034.8	2.21
131	268	1680	3034.5	1.81
132	242	1510	3023.8	2.00
133	277	1599	3038.2	1.90

134	251	1430	3027.5	2.12
135	303	1460	3049.3	2.09
136	277	1290	3038.5	2.36
137	274	1351	3037.3	2.25
138	230	1583	3018.9	1.91
139	245	1449	3025.0	2.09
140	289	1217	3043.4	2.50
141	294	1540	3045.6	1.98
142	164	692	2991.6	4.32
143	268	1680	3034.5	1.81
144	137	832	2980.3	3.58
145	277	1599	3038.2	1.90
146	146	751	2984.1	3.97
147	303	1460	3049.3	2.09
148	173	612	2995.3	4.90
149	170	673	2994.0	4.45
150	125	905	2975.3	3.29
151	140	771	2981.6	3.87
152	185	538	3000.3	5.57
153	83	580	2957.3	5.10
154	127	347	2976.1	8.57
155	122	451	2973.6	6.59
156	77	684	2954.9	4.32
157	228	1121	3018.1	2.69
158	215	1037	3012.7	2.91
159	201	1261	3007.0	2.38
160	188	1176	3001.5	2.55
161	210	1180	3010.8	2.55
162	197	1096	3005.3	2.74
163	237	1041	3021.8	2.90
164	224	956	3016.4	3.16
165	221	1017	3015.2	2.96
166	176	1249	2996.5	2.40
167	191	1115	3002.8	2.69
168	236	883	3021.3	3.42
169	228	1121	3018.1	2.69
170	215	1037	3012.7	2.91
171	201	1261	3007.0	2.38
172	188	1176	3001.5	2.55
173	210	1180	3010.8	2.55
174	197	1095	3005.3	2.74
175	237	1041	3021.8	2.90
176	224	956	3016.4	3.16
177	221	1017	3015.2	2.97
178	176	1249	2996.5	2.40
179	191	1115	3002.8	2.69

180	236	883	3021.4	3.42
181	229	1116	3018.7	2.70
182	216	1032	3013.4	2.92
183	202	1256	3007.6	2.39
184	189	1171	3002.2	2.56
185	211	1175	3011.4	2.56
186	198	1090	3005.9	2.76
187	238	1036	3022.4	2.92
188	225	951	3017.1	3.17
189	222	1012	3015.8	2.98
190	178	1244	2997.2	2.41
191	193	1110	3003.4	2.71
192	237	878	3022.0	3.44
193	229	1116	3018.7	2.70
194	216	1031	3013.4	2.92
195	202	1256	3007.6	2.39
196	189	1171	3002.2	2.56
197	211	1175	3011.4	2.56
198	198	1090	3005.9	2.76
199	238	1036	3022.4	2.92
200	225	951	3017.1	3.17
201	222	1012	3015.8	2.98
202	178	1244	2997.2	2.41
203	193	1110	3003.5	2.71
204	237	878	3022.0	3.44
205	83	580	2957.3	5.10
206	127	347	2976.1	8.57
207	122	451	2973.6	6.59
208	77	684	2954.9	4.32
209	228	1121	3018.1	2.69
210	215	1036	3012.8	2.91
211	201	1261	3007.0	2.39
212	188	1176	3001.5	2.55
213	210	1180	3010.8	2.55
214	197	1095	3005.3	2.74
215	237	1041	3021.8	2.90
216	224	956	3016.5	3.16
217	221	1017	3015.2	2.97
218	176	1249	2996.5	2.40
219	191	1115	3002.8	2.69
220	236	883	3021.4	3.42
221	228	1121	3018.1	2.69
222	215	1036	3012.8	2.91
223	201	1261	3007.0	2.39
224	188	1176	3001.5	2.55
225	210	1180	3010.8	2.55

226	197	1095	3005.3	2.74
227	237	1041	3021.8	2.90
228	224	956	3016.5	3.16
229	221	1017	3015.2	2.97
230	176	1249	2996.5	2.40
231	191	1115	3002.8	2.69
232	236	883	3021.4	3.42
233	229	1116	3018.7	2.70
234	216	1031	3013.4	2.92
235	203	1256	3007.7	2.40
236	190	1171	3002.2	2.56
237	212	1175	3011.4	2.56
238	199	1090	3006.0	2.76
239	238	1036	3022.4	2.92
240	225	951	3017.1	3.17
241	222	1012	3015.8	2.98
242	178	1244	2997.2	2.41
243	193	1110	3003.5	2.71
244	237	877	3022.0	3.44
245	229	1116	3018.7	2.70
246	216	1031	3013.4	2.92
247	203	1256	3007.7	2.40
248	190	1171	3002.2	2.56
249	212	1175	3011.4	2.56
250	199	1090	3006.0	2.76
251	238	1036	3022.4	2.92
252	225	951	3017.1	3.17
253	222	1012	3015.8	2.98
254	178	1244	2997.2	2.41
255	193	1110	3003.5	2.71
256	237	877	3022.0	3.44
257	83	580	2957.3	5.10
258	127	347	2976.1	8.57
259	122	451	2973.6	6.59
260	77	684	2954.9	4.32
261	174	597	2995.5	5.02
262	159	674	2989.2	4.43
263	174	597	2995.5	5.02
264	159	674	2989.2	4.43
265	164	629	2991.3	4.75
266	179	552	2997.6	5.43
267	174	596	2995.5	5.02
268	159	674	2989.3	4.44
269	164	629	2991.3	4.75
270	179	552	2997.6	5.43
271	174	596	2995.5	5.02

272	159	674	2989.3	4.44
273	164	629	2991.4	4.75
274	179	552	2997.6	5.43
275	164	629	2991.4	4.76
276	179	552	2997.6	5.43
277	173	572	2995.2	5.24
278	158	649	2988.9	4.60
279	173	572	2995.2	5.24
280	158	649	2988.9	4.60
281	163	605	2991.0	4.95
282	178	527	2997.3	5.69
283	173	572	2995.2	5.24
284	158	649	2988.9	4.60
285	163	605	2991.0	4.95
286	178	527	2997.3	5.69
287	173	572	2995.2	5.24
288	158	649	2988.9	4.60
289	163	604	2991.0	4.95
290	178	527	2997.3	5.69
291	163	604	2991.0	4.95
292	178	527	2997.3	5.69
293	144	637	2983.1	4.68
294	129	715	2976.8	4.17
295	144	637	2983.1	4.68
296	129	715	2976.8	4.17
297	134	670	2978.9	4.45
298	149	592	2985.2	5.04
299	144	637	2983.1	4.68
300	129	715	2976.8	4.17
301	134	670	2978.9	4.45
302	149	592	2985.2	5.04
303	144	637	2983.1	4.68
304	129	714	2976.8	4.17
305	134	670	2978.9	4.45
306	149	592	2985.2	5.04
307	134	670	2978.9	4.45
308	149	592	2985.2	5.04
309	141	555	2981.9	5.37
310	126	632	2975.7	4.71
311	141	555	2981.9	5.37
312	126	632	2975.7	4.71
313	131	588	2977.8	5.07
314	146	510	2984.0	5.85
315	141	555	2982.0	5.37
316	126	632	2975.7	4.71
317	131	588	2977.8	5.07



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	78 di 92

318	146	510	2984.0	5.85
319	141	555	2982.0	5.37
320	126	632	2975.7	4.71
321	131	588	2977.8	5.07
322	146	510	2984.0	5.85
323	131	588	2977.8	5.07
324	146	510	2984.1	5.85



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

SL07 - Prolungamento Sottovia SP27
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	79 di 92

9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE _d y	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd} _y	VR _{sd} _y	VR _d _y	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_0.5_3	67.8	201.0	0.2	511.1				7.543

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-122	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.095	0.161	Verificato
2	Fessurata	-136	-103	0.125	318000	100	239	0.0005	0.116	0.198	Verificato
3	Fessurata	-128	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.104	0.177	Verificato
4	Fessurata	-114	-101	0.125	318000	100	239	0.0003	0.082	0.140	Verificato
5	Non fessurata	0	-65	0.125							
6	Non fessurata	0	-79	0.125							
7	Non fessurata	0	-71	0.125							
8	Non fessurata	0	-57	0.125							
9	Fessurata	-118	-101	0.125	318000	100	239	0.0004	0.089	0.151	Verificato
10	Fessurata	-132	-102	0.125	318000	100	239	0.0005	0.110	0.187	Verificato
11	Fessurata	-124	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.098	0.167	Verificato
12	Fessurata	-110	-101	0.125	318000	100	239	0.0003	0.076	0.129	Verificato
13	Non fessurata	0	-61	0.125							
14	Non fessurata	0	-75	0.125							
15	Non fessurata	0	-67	0.125							
16	Non fessurata	0	-53	0.125							
17	Fessurata	-122	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.095	0.161	Verificato
18	Fessurata	-136	-103	0.125	318000	100	239	0.0005	0.116	0.197	Verificato
19	Fessurata	-128	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.104	0.177	Verificato
20	Fessurata	-114	-101	0.125	318000	100	239	0.0003	0.082	0.140	Verificato
21	Fessurata	-118	-101	0.125	318000	100	239	0.0004	0.089	0.151	Verificato
22	Fessurata	-132	-102	0.125	318000	100	239	0.0005	0.110	0.187	Verificato
23	Fessurata	-124	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.098	0.167	Verificato
24	Fessurata	-110	-101	0.125	318000	100	239	0.0003	0.076	0.129	Verificato
25	Fessurata	-93	-102	0.125	318000	100	239	0.0002	0.045	0.077	Verificato
26	Fessurata	-107	-103	0.125	318000	100	239	0.0003	0.069	0.118	Verificato
27	Fessurata	-99	-102	0.125	318000	100	239	0.0002	0.056	0.095	Verificato
28	Fessurata	-85	-101	0.125	318000	100	239	0.0002	0.041	0.070	Verificato
29	Non fessurata	0	-65	0.125							
30	Non fessurata	0	-79	0.125							
31	Non fessurata	0	-71	0.125							
32	Non fessurata	0	-57	0.125							
33	Fessurata	-89	-101	0.125	318000	100	239	0.0002	0.043	0.073	Verificato
34	Fessurata	-103	-103	0.125	318000	100	239	0.0003	0.063	0.107	Verificato
35	Fessurata	-95	-102	0.125	318000	100	239	0.0002	0.049	0.083	Verificato
36	Non fessurata	0	-81	0.125							
37	Non fessurata	0	-61	0.125							
38	Non fessurata	0	-75	0.125							
39	Non fessurata	0	-67	0.125							
40	Non fessurata	0	-53	0.125							

41	Fessurata	-93	-102	0.125	318000	100	239	0.0002	0.045	0.077	Verificato
42	Fessurata	-107	-103	0.125	318000	100	239	0.0003	0.069	0.118	Verificato
43	Fessurata	-99	-102	0.125	318000	100	239	0.0002	0.056	0.095	Verificato
44	Fessurata	-85	-101	0.125	318000	100	239	0.0002	0.041	0.070	Verificato
45	Fessurata	-89	-101	0.125	318000	100	239	0.0002	0.043	0.073	Verificato
46	Fessurata	-103	-103	0.125	318000	100	239	0.0003	0.063	0.107	Verificato
47	Fessurata	-95	-102	0.125	318000	100	239	0.0002	0.049	0.083	Verificato
48	Non fessurata	0	-81	0.125							
49	Fessurata	-122	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.095	0.161	Verificato
50	Fessurata	-136	-103	0.125	318000	100	239	0.0005	0.116	0.198	Verificato
51	Fessurata	-128	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.104	0.177	Verificato
52	Fessurata	-114	-101	0.125	318000	100	239	0.0003	0.082	0.140	Verificato
53	Fessurata	-118	-101	0.125	318000	100	239	0.0004	0.089	0.151	Verificato
54	Fessurata	-132	-102	0.125	318000	100	239	0.0005	0.110	0.187	Verificato
55	Fessurata	-124	-102	0.125	318000	100	239	0.0004	0.098	0.167	Verificato
56	Fessurata	-110	-101	0.125	318000	100	239	0.0003	0.076	0.129	Verificato

9.8 RIEPILOGO VERIFICHE

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

01_SW2 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1691	-	1.543
	Taglio	G3_1_57	0	-	938	1.479
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1424	-	2.053
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	3.297
3	Presso-flessione	G3_1_83	1013	-1870	-	1.776
	Taglio	G3_1_83	1023	0	-425	1.472
4	Presso-flessione	G3_1_83	474	-1744	-	1.254
	Taglio	G3_1_53	459	0	-879	1.578
5	Presso-flessione	G3_1_3	319	1652	-	1.849
	Taglio	G3_0.5_3	228	-	72	7.163
6	Presso-flessione	G3_1_5	1109	-1779	-	1.639
	Taglio	G3_1_3	1099	-	501	1.384

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1969	-	1.326
	Taglio	G3_1_57	0	-	937	1.480
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1446	-	2.021
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	1.982
3	Presso-flessione	G3_1_83	977	-1625	-	2.036
	Taglio	G3_1_83	987	0	-346	1.792
4	Presso-flessione	G3_1_83	396	-1487	-	1.447
	Taglio	G3_1_53	380	0	-843	1.645
5	Presso-flessione	G3_1_3	241	1678	-	1.802
	Taglio	G3_1_3	241	-	108	4.788
6	Presso-flessione	G3_1_5	1073	-2041	-	1.422
	Taglio	G3_1_3	1063	-	580	1.196

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1555	-	1.678
	Taglio	G3_1_57	0	-	870	1.595
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1336	-	2.187
	Taglio	SH1	0	-	335	3.419
3	Presso-flessione	G3_1_83	924	-1815	-	1.812
	Taglio	G3_1_83	934	0	-382	1.605
4	Presso-flessione	G3_1_83	414	-1692	-	1.276
	Taglio	G3_1_53	399	0	-822	1.688
5	Presso-flessione	G3_1_3	266	1685	-	1.801
	Taglio	G3_0.5_3	201	-	68	7.543
6	Presso-flessione	G3_1_5	1028	-1645	-	1.752
	Taglio	G3_1_3	1018	-	433	1.601

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	1542	-	1.692
	Taglio	G3_1_57	0	-	833	1.665
2	Presso-flessione	G3_1_77	0	-1330	-	2.197
	Taglio	G3_1_1	0	-	335	3.120
3	Presso-flessione	G3_1_83	864	-1728	-	1.891
	Taglio	G3_1_83	874	0	-372	1.626
4	Presso-flessione	G3_1_83	404	-1619	-	1.331
	Taglio	G3_1_53	389	0	-762	1.820
5	Presso-flessione	G3_1_3	256	1575	-	1.924
	Taglio	G3_1_55	256	-	-124	4.174
6	Presso-flessione	G3_1_5	968	-1623	-	1.762
	Taglio	G3_1_3	958	-	443	1.564

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0700001</td> <td>A</td> <td>86 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	86 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	86 di 92								

10 VERIFICHE LONGITUDINALI

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

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

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L = lunghezza del concio di scatolare

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
SL07 - Prolungamento Sottovia SP27 <i>Relazione di calcolo sottopasso</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">FASE-ENTE</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0700001</td> <td>A</td> <td>87 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	87 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0700001	A	87 di 92								

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

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

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ϵ_{CS_m}	5.2E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	0.55956	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	12200	mm
Altezza elemento equivalente	H	1100	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	45200	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.65	
Grado di impedimento	Kr	0.86711	
Moltiplicatore Kr	m	0.01019	
Tensione di lavoro assunta	σ_{S_L}	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 12 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		70.29932471	

La scelta del diametro della armatura longitudinale tiene conto anche del contenuto minimo richiesto in questa direzione.

11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO

Per la verifica di stabilità al sollevamento si sono utilizzati i coefficienti parziali delle azioni indicati nella Tab. 6.2.III del D.M. 14/01/08, di seguito riportati per comodità:

Tabella 6.2.III – *Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.*

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

11.1 TRATTO NUOVO SOTTOPASSO

Al di sotto del nuovo sottopasso si prevede un tappo di fondo in jet grouting dello spessore di 1.50m.

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	=	79.68	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	78.62	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	1.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	77.12	[m]
	Δh_w	=	2.56	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	25.60	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	33	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	28.2	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	29.7	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.05	
				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				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	14.50	[m]
quota falda	q_w	=	79.68	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	78.62	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	1.06	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	153.70	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	1122.00	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	169.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	1009.8	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	5.97	
				verificato