

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

FERMATE

Fermata VILLAMAGGIORE

Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

SCALA:

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


N M 0 Z 2 0 D 2 6 C L F V 0 3 0 B 0 0 1 A

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

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

File: NM0Z20D26CLFV030B001A

n. Elab.:

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento 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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>2 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	2 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	2 di 89								

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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	3 di 89

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	REV. A	FOGLIO 4 di 89

1 PREMESSA

Il progetto di potenziamento della linea Milano-Genova prevede – tra gli altri – l'intervento di quadruplicamento della tratta Milano Rogoredo - Pavia per un'estesa di 28,6 km, che soddisfa l'obiettivo funzionale di consentire la completa separazione dei traffici suburbani e regionali da quelli interregionali, di lunga percorrenza e merci.

L'intervento è suddiviso in due fasi funzionali:

1. quadruplicamento della tratta da MI Rogoredo a Pieve Emanuele (da km 0+700 a km 11+985 per un'estesa complessiva circa 11 km), che prevede seguenti principali interventi:
 - realizzazione della nuova coppia di binari del quadruplicamento, in affiancamento, con interventi di velocizzazione anche degli attuali
 - realizzazione delle nuove comunicazioni in uscita dalla stazione di MI Rogoredo
 - trasformazione della fermata di Pieve E. in stazione
 - realizzazione della nuova SSE Pieve Emanuele
 - trasformazione della stazione di Certosa di Pavia in fermata e contestuale realizzazione di un nuovo Posto di Movimento a Turago
 - adeguamento delle opere esistenti (sottovia)
 - realizzazione di un nuovo apparato ACCM per entrambe le linee
2. quadruplicamento della tratta da Pieve Emanuele a Pavia , (da km 11+241 a km 28+401 per un'estesa complessiva circa 17 km), che prevede seguenti principali interventi:
 - realizzazione della nuova coppia di binari del quadruplicamento, in affiancamento
 - realizzazione nuovo PRG di Pavia
 - modifica alla stazione di Pieve E.
 - modifica alla fermata di Villamaggiore
 - modifica ed estensione dell'apparato ACCM per entrambe le linee.

La programmazione regionale prevede che, a valle dell'attivazione del quadruplicamento della prima fase funzionale venga attestato un servizio suburbano nella stazione di Pieve Emanuele, l'attuale servizio S2 che attualmente termina a Milano Rogoredo, tale da determinare un servizio cadenzato ogni 30 minuti attestato nella stazione di Pieve Emanuele ed uno con il medesimo cadenzamento che si attesta a Pavia.

A valle dell'attivazione del quadruplicamento della seconda fase funzionale, si prevede invece un sostanziale incremento di traffico relativo alle componenti di lunga percorrenza e merci, conseguente anche agli sviluppi del Terzo Valico, con un raddoppio dell'offerta attuale sulla linea.

La realizzazione dell'intervento consente quindi la gestione ottimale dei volumi di traffico incrementati sulla direttrice, grazie alla specializzazione delle due linee rispetto alle componenti di traffico presenti, con una capacità residua a disposizione per ulteriori incrementi futuri.

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del sottopasso in prolungamento della *fermata di Villamaggiore*.

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	4.04	m
Altezza totale	Htot	4.02	m
Spessore soletta superiore	ss	0.40	m
Spessore piedritti	sp	0.50	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.60	m
Luce libera	Lint	3.04	m
Altezza libera	Hint	3.02	m

Tabella 1

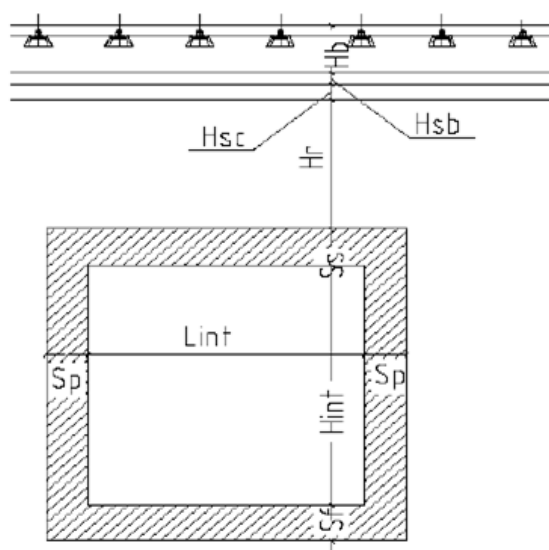


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	6 di 89

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.86	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.15	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento 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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>7 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	7 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	7 di 89								

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


FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	8 di 89

4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	REV. A

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nei calcoli sono riportate nelle successive tabelle.

Calcestruzzo			
Classe	C30/37		Classe di Resistenza
fck	30	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	37		Resistenza cubica caratteristica
fcm	38	MPa	Resistenza cilindrica media
fctm	2.89647	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctk	2.02753	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fcfm	3.47576	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32836.6	MPa	Modulo Elastico
ν Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
$\alpha\Delta T$	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
$\alpha\chi\chi$	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma\chi$	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	17	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.35169	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\sigma\tau$	2.41372	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
$\sigma\chi$ limite	13.5	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
$\sigma\chi$ limite	18	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.

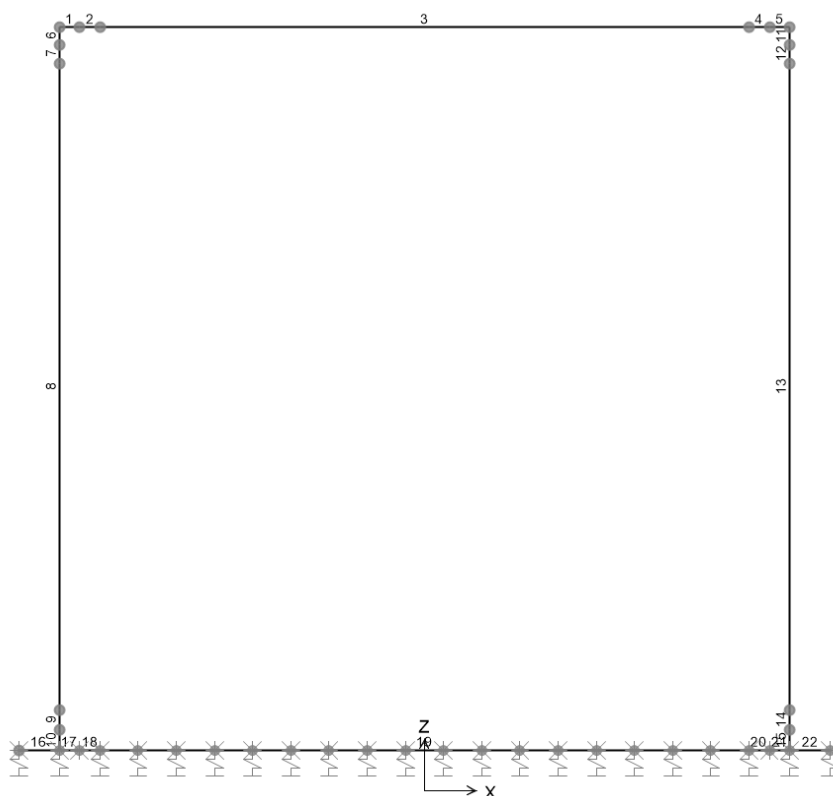


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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

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

Tabella 6

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento 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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>11 di 89</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	11 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	11 di 89								

La falda è situata a quota 89.26 m s.l.m.

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

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


dove:

- B è la larghezza della fondazione;
- b è 30 cm;
- k₁ è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/cm³).

La rigidezza 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	17310.44	kN/m3
valore limite di mezzeria	kMEZZ	8655.218	kN/m3

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	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.	10	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	12.5	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	15	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)		19.73	kN/m

Tabella 9

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

Tabella 10

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	REV. A

7.3 SPINTA DEL TERRENO

Una volta definito se la spinta sia prodotta dal rilevato ferroviario o dal terreno in sito non scavato (nel caso di scatolare completamente interrato) il calcolo della spinta è stato eseguito a partire dal coefficiente di spinta a riposo calcolato con la formula $K_0 = 1 - \sin \phi'$ dove ϕ' è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

Si assume una distribuzione lineare per l'andamento delle pressioni a tergo della parete. Nella successiva figura si riportano le caratteristiche meccaniche del terreno che costituisce il rinterro nonché il valore della pressione sul solettone superiore e inferiore.

N.B. in tale caso si assume che a spingere sia il terreno in sito.

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	ϕ	23	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	0.00	m
Peso di Volume	γ	20	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	k_0	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	14.46	kN/m ²
Pressione in asse sol. inf.	P0	57.35	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	0.50	0.125
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.15	0.15
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.20	0.2
Larghezza della Traversina		Bo	2.30	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.35	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					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	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 .

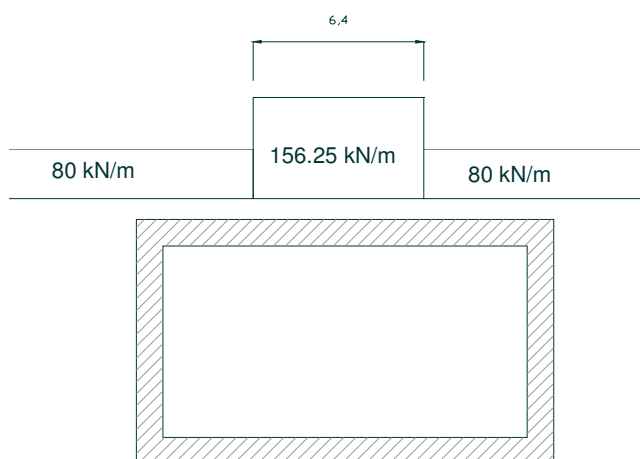


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

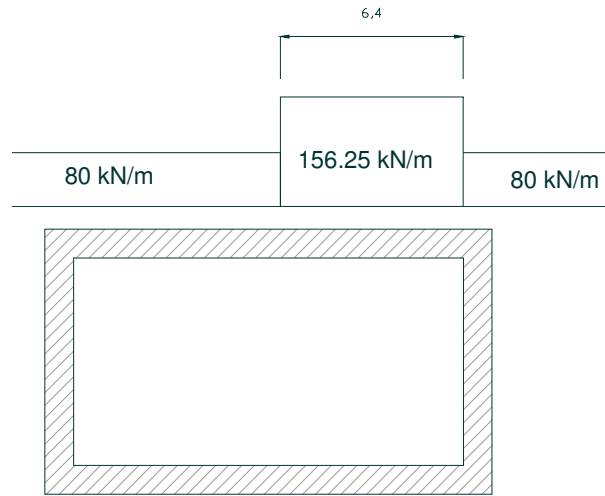


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

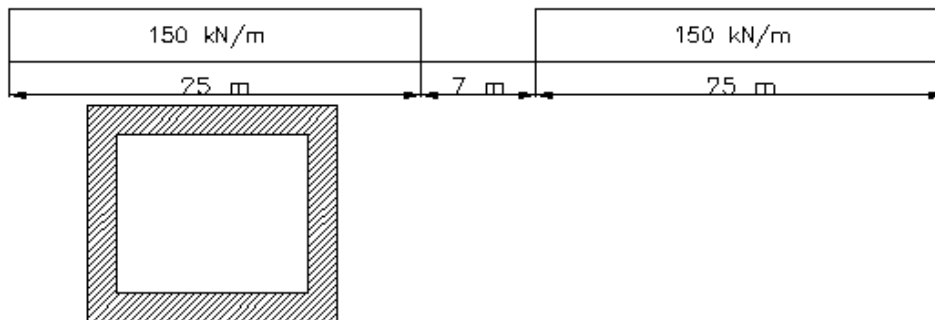


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

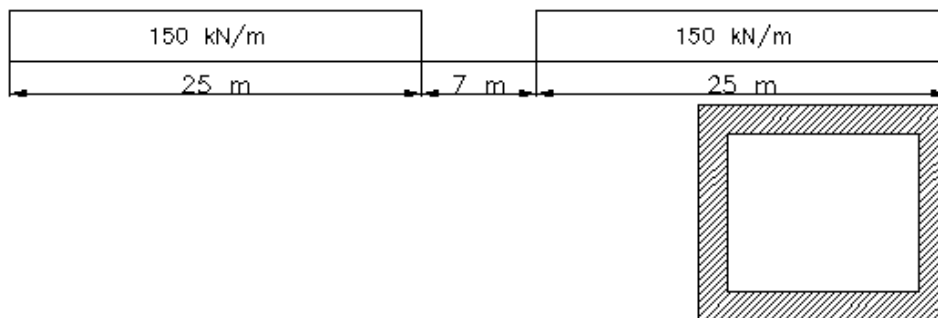


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	4.58	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.34	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	0.76	m
	L2	1.52	m
	L3	2.28	m

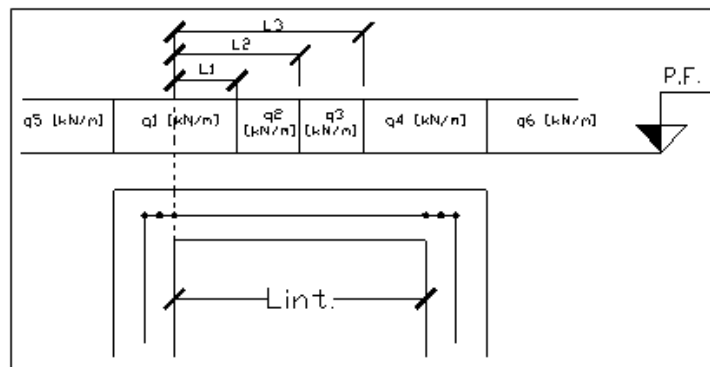



Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	60.18	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	60.18	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	60.18	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	60.18	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					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	REV. A

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.95	m
q5 ad estradosso soletta	q5	50.85	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	50.85	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	30.98	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	30.98	kN/m2

7.6 SERPEGGIO

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

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

7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA

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

Frenatura su soletta sup. Analysis Case: FREN			
Frenatura /Avviamento	ql_b/a, k	35	kN/m
Fren. /Avv. Distribuita trasv.	qdist.l_b/a, k	11.86	kN/m2

7.8 VARIAZIONI TERMICHE

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


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

7.9 AZIONI SISMICHE

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

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	REV. A

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

Carichi Sismici			
Vita Nominale dell'opera	VN	75	anni
Coefficiente D'uso	Cu	1.5	
Periodo di riferimento	VR	112.5	anni
Probabilità di Superamento Evento	PVR	10	
Periodo di Ritorno	TR	1068	anni
Acc. orizzontale di picco al sito	ag	0.071	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.619	
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	0.1065	g

Gli effetti della azione sismica sono stati calcolati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali: $G1+G2+0,2xQki$.

Potendo assegnare un carico variabile da traffico non uniforme sul traverso, anche l'azione sismica manterrà tale disuniformità. Di seguito si riportano le azioni sismiche orizzontali e verticali applicate su traverso e piedritti.

Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H		
Coefficiente Sismico Orizzontale	Kh	0.1065
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>		
G1+G2+0.2xq1	41.77	kN/m
G1+G2+0.2xq2	41.77	kN/m
G1+G2+0.2xq3	41.77	kN/m
G1+G2+0.2xq4	41.77	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>		
qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kh	4.4	kN/m
qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kh	4.4	kN/m
qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kh	4.4	kN/m
qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kh	4.4	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Laterali</i>		
G1	12.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</i>		
q'sh = (G1) x Kh	1.3	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	Kv	0.05325	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		41.77	kN/m
G1+G2+0.2xq2		41.77	kN/m
G1+G2+0.2xq3		41.77	kN/m
G1+G2+0.2xq4		41.77	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.2	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.2	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.2	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.2	kN/m

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

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


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

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	Htot	4.02	m
Peso di Volume	γ	20	kN/m ³
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.1065	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	ΔSE	34.42	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	11.40	kN/m ²

7.10 RITIRO

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

Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	t_s	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t_0	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	h_0	800	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon_{\chi\delta}(t)$	0.000212	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon_{\chi\alpha}(t)$	5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.000262	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-6.5	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento 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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>21 di 89</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	21 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	21 di 89								

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

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

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


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

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

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

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

Le combinazioni di carico sono riportate negli allegati.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento 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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>24 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	24 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	24 di 89								

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.

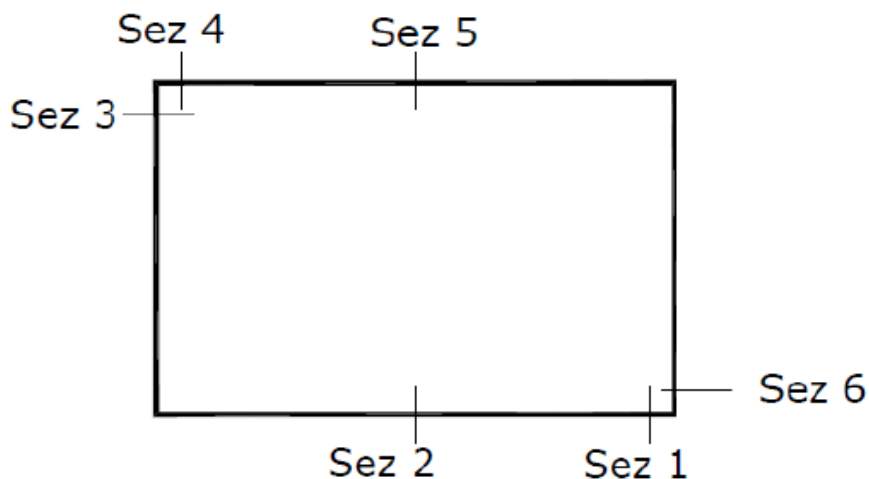



Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 <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					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	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

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

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

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.

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	60

Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.3
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

Armatura sup A's

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	16	10.05	8.1
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	306	316.6	1.03
2	0	-17	316.6	18.27

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	60	cm
Copriferro Superiore	cs	45	mm
Copriferro Inferiore	ci	45	mm
Diametro armatura tesa sup.	\varnothing_{sup}	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	\varnothing_{inf}	20	
Diametro ferro ortogonale	$\varnothing_{ferro\ ortogonale}$	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\varnothing_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	40	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	2.5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	480	mm
f 'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd_y}	VR _{sd_y}	VR _{d_y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_5	310.8	0.0			2031.1	361.3	360.0	1.158

9.2.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Non fessurata	0	-191	0.125							
2	Non fessurata	0	-202	0.125							
3	Non fessurata	0	-206	0.125							
4	Non fessurata	0	-195	0.125							
5	Non fessurata	0	-41	0.125							
6	Non fessurata	0	-52	0.125							
7	Non fessurata	0	-56	0.125							
8	Non fessurata	0	-45	0.125							
9	Non fessurata	0	-180	0.125							
10	Non fessurata	0	-191	0.125							
11	Non fessurata	0	-195	0.125							
12	Non fessurata	0	-184	0.125							
13	Non fessurata	0	-30	0.125							
14	Non fessurata	0	-41	0.125							
15	Non fessurata	0	-45	0.125							
16	Non fessurata	0	-34	0.125							
17	Non fessurata	0	-62	0.125							
18	Non fessurata	0	-73	0.125							
19	Non fessurata	0	-77	0.125							
20	Non fessurata	0	-66	0.125							
21	Non fessurata	0	-51	0.125							
22	Non fessurata	0	-62	0.125							
23	Non fessurata	0	-66	0.125							
24	Non fessurata	0	-55	0.125							
25	Non fessurata	0	-116	0.125							
26	Non fessurata	0	-127	0.125							
27	Non fessurata	0	-131	0.125							
28	Non fessurata	0	-120	0.125							
29	Non fessurata	0	-41	0.125							
30	Non fessurata	0	-52	0.125							
31	Non fessurata	0	-56	0.125							
32	Non fessurata	0	-45	0.125							
33	Non fessurata	0	-105	0.125							
34	Non fessurata	0	-116	0.125							
35	Non fessurata	0	-120	0.125							
36	Non fessurata	0	-109	0.125							
37	Non fessurata	0	-30	0.125							
38	Non fessurata	0	-41	0.125							
39	Non fessurata	0	-45	0.125							
40	Non fessurata	0	-34	0.125							
41	Non fessurata	0	-51	0.125							
42	Non fessurata	0	-62	0.125							




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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	30 di 89

43	Non fessurata	0	-67	0.125							
44	Non fessurata	0	-56	0.125							
45	Non fessurata	0	-40	0.125							
46	Non fessurata	0	-51	0.125							
47	Non fessurata	0	-56	0.125							
48	Non fessurata	0	-45	0.125							
49	Non fessurata	0	-191	0.125							
50	Non fessurata	0	-202	0.125							
51	Non fessurata	0	-206	0.125							
52	Non fessurata	0	-195	0.125							
53	Non fessurata	0	-180	0.125							
54	Non fessurata	0	-191	0.125							
55	Non fessurata	0	-195	0.125							
56	Non fessurata	0	-184	0.125							

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	REV. A

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	60

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	20	15.71	8.3
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	20	15.71	8.3
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-24	-318.2	13.15
2	0	-201	-318.2	1.58

9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.



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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	32 di 89

Nome Combinazione	V _{E_y}	N _{E_d}	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_1	51.8	0.0	0.0	208.7				4.025

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-162	0.125						
2	Non fessurata	0	-152	0.125						
3	Non fessurata	0	-148	0.125						
4	Non fessurata	0	-158	0.125						
5	Non fessurata	0	-61	0.125						
6	Non fessurata	0	-50	0.125						
7	Non fessurata	0	-46	0.125						
8	Non fessurata	0	-57	0.125						
9	Non fessurata	0	-173	0.125						
10	Non fessurata	0	-162	0.125						
11	Non fessurata	0	-158	0.125						
12	Non fessurata	0	-169	0.125						
13	Non fessurata	0	-71	0.125						
14	Non fessurata	0	-61	0.125						
15	Non fessurata	0	-57	0.125						
16	Non fessurata	0	-67	0.125						
17	Non fessurata	0	-162	0.125						
18	Non fessurata	0	-152	0.125						
19	Non fessurata	0	-148	0.125						
20	Non fessurata	0	-158	0.125						
21	Non fessurata	0	-173	0.125						
22	Non fessurata	0	-162	0.125						
23	Non fessurata	0	-158	0.125						
24	Non fessurata	0	-169	0.125						
25	Non fessurata	0	-111	0.125						
26	Non fessurata	0	-101	0.125						
27	Non fessurata	0	-97	0.125						
28	Non fessurata	0	-107	0.125						
29	Non fessurata	0	-61	0.125						
30	Non fessurata	0	-50	0.125						
31	Non fessurata	0	-46	0.125						
32	Non fessurata	0	-57	0.125						
33	Non fessurata	0	-122	0.125						
34	Non fessurata	0	-111	0.125						
35	Non fessurata	0	-107	0.125						
36	Non fessurata	0	-118	0.125						
37	Non fessurata	0	-71	0.125						
38	Non fessurata	0	-61	0.125						
39	Non fessurata	0	-57	0.125						
40	Non fessurata	0	-67	0.125						
41	Non fessurata	0	-111	0.125						



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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	34 di 89

42	Non fessurata	0	-101	0.125						
43	Non fessurata	0	-97	0.125						
44	Non fessurata	0	-107	0.125						
45	Non fessurata	0	-122	0.125						
46	Non fessurata	0	-111	0.125						
47	Non fessurata	0	-107	0.125						
48	Non fessurata	0	-118	0.125						
49	Non fessurata	0	-162	0.125						
50	Non fessurata	0	-152	0.125						
51	Non fessurata	0	-148	0.125						
52	Non fessurata	0	-158	0.125						
53	Non fessurata	0	-173	0.125						
54	Non fessurata	0	-162	0.125						
55	Non fessurata	0	-158	0.125						
56	Non fessurata	0	-169	0.125						

9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	50

9.4.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.3
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	20	15.71	8.3
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	371	-187	-322.4	1.728
2	317	-160	-313.0	1.955
3	371	-158	-322.4	2.040
4	317	-132	-313.0	2.379
5	371	-176	-322.4	1.835
6	317	-149	-313.0	2.097
7	371	-204	-322.4	1.578
8	317	-178	-313.0	1.760
9	317	-164	-313.0	1.912
10	317	-116	-313.0	2.695

11	317	-146	-313.0	2.149
12	317	-193	-313.0	1.620
13	371	-187	-322.4	1.728
14	103	-54	-275.0	5.085
15	371	-158	-322.4	2.040
16	103	-26	-275.0	10.764
17	371	-176	-322.4	1.835
18	103	-43	-275.0	6.355
19	371	-204	-322.4	1.578
20	103	-72	-275.0	3.830
21	103	-58	-275.0	4.768
22	103	-10	-275.0	27.143
23	103	-40	-275.0	6.932
24	103	-87	-275.0	3.153
25	371	-188	-322.4	1.719
26	317	-161	-313.0	1.943
27	371	-159	-322.4	2.027
28	317	-133	-313.0	2.361
29	371	-177	-322.4	1.824
30	317	-150	-313.0	2.082
31	371	-205	-322.4	1.570
32	317	-179	-313.0	1.750
33	317	-165	-313.0	1.900
34	317	-117	-313.0	2.671
35	317	-147	-313.0	2.133
36	317	-194	-313.0	1.611
37	371	-188	-322.4	1.719
38	103	-55	-275.0	4.989
39	371	-159	-322.4	2.027
40	103	-27	-275.0	10.343
41	371	-177	-322.4	1.824
42	103	-44	-275.0	6.206
43	371	-205	-322.4	1.570
44	103	-73	-275.0	3.775
45	103	-59	-275.0	4.683
46	103	-11	-275.0	24.615
47	103	-41	-275.0	6.755
48	103	-88	-275.0	3.116
49	72	-23	-269.5	11.765
50	72	-70	-269.5	3.825
51	72	-47	-269.5	5.715
52	72	0	-269.5	683.906
53	340	-119	-316.9	2.664
54	292	-106	-308.6	2.911
55	340	-90	-316.9	3.504
56	292	-77	-308.6	3.983

57	340	-108	-316.9	2.930
58	292	-95	-308.6	3.242
59	340	-137	-316.9	2.318
60	292	-124	-308.6	2.494
61	292	-110	-308.6	2.816
62	292	-62	-308.6	4.973
63	292	-92	-308.6	3.369
64	292	-139	-308.6	2.218
65	340	-119	-316.9	2.664
66	103	-54	-275.0	5.085
67	340	-90	-316.9	3.504
68	103	-26	-275.0	10.764
69	340	-108	-316.9	2.930
70	103	-43	-275.0	6.355
71	340	-137	-316.9	2.318
72	103	-72	-275.0	3.830
73	103	-58	-275.0	4.768
74	103	-10	-275.0	27.143
75	103	-40	-275.0	6.932
76	103	-87	-275.0	3.153
77	340	-120	-316.9	2.641
78	292	-107	-308.6	2.883
79	340	-91	-316.9	3.464
80	292	-79	-308.6	3.930
81	340	-109	-316.9	2.902
82	292	-96	-308.6	3.207
83	340	-138	-316.9	2.301
84	292	-125	-308.6	2.473
85	292	-111	-308.6	2.789
86	292	-63	-308.6	4.891
87	292	-93	-308.6	3.331
88	292	-140	-308.6	2.201
89	340	-120	-316.9	2.641
90	103	-55	-275.0	4.989
91	340	-91	-316.9	3.464
92	103	-27	-275.0	10.343
93	340	-109	-316.9	2.902
94	103	-44	-275.0	6.206
95	340	-138	-316.9	2.301
96	103	-73	-275.0	3.775
97	103	-59	-275.0	4.683
98	103	-11	-275.0	24.615
99	103	-41	-275.0	6.755
100	103	-88	-275.0	3.116
101	72	-23	-269.5	11.765
102	72	-70	-269.5	3.825


103	72	-47	-269.5	5.715
104	72	0	-269.5	683.906
105	402	-254	-327.9	1.290
106	342	-214	-317.4	1.482
107	402	-226	-327.9	1.453
108	342	-186	-317.4	1.710
109	402	-243	-327.9	1.348
110	342	-203	-317.4	1.561
111	402	-272	-327.9	1.206
112	342	-232	-317.4	1.369
113	342	-218	-317.4	1.458
114	342	-170	-317.4	1.865
115	342	-200	-317.4	1.589
116	342	-247	-317.4	1.284
117	402	-254	-327.9	1.290
118	128	-108	-279.4	2.584
119	402	-226	-327.9	1.453
120	128	-80	-279.4	3.510
121	402	-243	-327.9	1.348
122	128	-97	-279.4	2.871
123	402	-272	-327.9	1.206
124	128	-126	-279.4	2.220
125	128	-112	-279.4	2.501
126	128	-64	-279.4	4.353
127	128	-94	-279.4	2.981
128	128	-141	-279.4	1.978
129	402	-255	-327.9	1.285
130	342	-215	-317.4	1.475
131	402	-227	-327.9	1.447
132	342	-187	-317.4	1.700
133	402	-244	-327.9	1.342
134	342	-204	-317.4	1.553
135	402	-273	-327.9	1.202
136	342	-233	-317.4	1.363
137	342	-219	-317.4	1.451
138	342	-171	-317.4	1.854
139	342	-201	-317.4	1.581
140	342	-248	-317.4	1.278
141	402	-255	-327.9	1.285
142	128	-109	-279.4	2.559
143	402	-227	-327.9	1.447
144	128	-81	-279.4	3.465
145	402	-244	-327.9	1.342
146	128	-98	-279.4	2.840
147	402	-273	-327.9	1.202
148	128	-127	-279.4	2.202

149	128	-113	-279.4	2.478
150	128	-65	-279.4	4.283
151	128	-95	-279.4	2.948
152	128	-142	-279.4	1.963
153	72	-23	-269.5	11.765
154	72	-70	-269.5	3.825
155	72	-47	-269.5	5.715
156	72	0	-269.5	683.906
157	206	-53	-293.3	5.561
158	185	-53	-289.6	5.464
159	206	-24	-293.3	12.114
160	185	-24	-289.6	11.832
161	206	-42	-293.3	6.994
162	185	-42	-289.6	6.863
163	206	-70	-293.3	4.162
164	185	-71	-289.6	4.095
165	185	-57	-289.6	5.116
166	185	-9	-289.6	31.965
167	185	-39	-289.6	7.503
168	185	-86	-289.6	3.362
169	206	-53	-293.3	5.561
170	210	-107	-294.0	2.746
171	206	-24	-293.3	12.114
172	210	-79	-294.0	3.744
173	206	-42	-293.3	6.994
174	210	-96	-294.0	3.054
175	206	-70	-293.3	4.162
176	210	-125	-294.0	2.356
177	210	-111	-294.0	2.657
178	210	-63	-294.0	4.658
179	210	-93	-294.0	3.173
180	210	-140	-294.0	2.097
181	206	-54	-293.3	5.453
182	185	-54	-289.6	5.359
183	206	-25	-293.3	11.614
184	185	-26	-289.6	11.350
185	206	-43	-293.3	6.824
186	185	-43	-289.6	6.698
187	206	-71	-293.3	4.102
188	185	-72	-289.6	4.035
189	185	-58	-289.6	5.024
190	185	-10	-289.6	28.672
191	185	-40	-289.6	7.306
192	185	-87	-289.6	3.322
193	206	-54	-293.3	5.453
194	210	-108	-294.0	2.720

195	206	-25	-293.3	11.614
196	210	-80	-294.0	3.695
197	206	-43	-293.3	6.824
198	210	-97	-294.0	3.022
199	206	-71	-293.3	4.102
200	210	-126	-294.0	2.337
201	210	-112	-294.0	2.632
202	210	-64	-294.0	4.582
203	210	-94	-294.0	3.138
204	210	-141	-294.0	2.082
205	72	-23	-269.5	11.765
206	72	-70	-269.5	3.825
207	72	-47	-269.5	5.715
208	72	0	-269.5	683.906
209	268	-188	-304.3	1.619
210	235	-161	-298.4	1.852
211	268	-159	-304.3	1.909
212	235	-133	-298.4	2.251
213	268	-177	-304.3	1.718
214	235	-150	-298.4	1.985
215	268	-206	-304.3	1.480
216	235	-179	-298.4	1.669
217	235	-165	-298.4	1.812
218	235	-117	-298.4	2.547
219	235	-147	-298.4	2.034
220	235	-194	-298.4	1.536
221	268	-188	-304.3	1.619
222	235	-161	-298.4	1.852
223	268	-159	-304.3	1.909
224	235	-133	-298.4	2.251
225	268	-177	-304.3	1.718
226	235	-150	-298.4	1.985
227	268	-206	-304.3	1.480
228	235	-179	-298.4	1.669
229	235	-165	-298.4	1.812
230	235	-117	-298.4	2.547
231	235	-147	-298.4	2.034
232	235	-194	-298.4	1.536
233	268	-189	-304.3	1.610
234	235	-162	-298.4	1.840
235	268	-160	-304.3	1.897
236	235	-134	-298.4	2.233
237	268	-178	-304.3	1.708
238	235	-151	-298.4	1.972
239	268	-207	-304.3	1.472
240	235	-180	-298.4	1.659

241	235	-166	-298.4	1.800
242	235	-118	-298.4	2.524
243	235	-148	-298.4	2.020
244	235	-195	-298.4	1.528
245	268	-189	-304.3	1.610
246	235	-162	-298.4	1.840
247	268	-160	-304.3	1.897
248	235	-134	-298.4	2.233
249	268	-178	-304.3	1.708
250	235	-151	-298.4	1.972
251	268	-207	-304.3	1.472
252	235	-180	-298.4	1.659
253	235	-166	-298.4	1.800
254	235	-118	-298.4	2.524
255	235	-148	-298.4	2.020
256	235	-195	-298.4	1.528
257	72	-23	-269.5	11.765
258	72	-70	-269.5	3.825
259	72	-47	-269.5	5.715
260	72	0	-269.5	683.906
261	91	-18	-272.9	15.216
262	91	-2	-272.9	130.692
263	100	-37	-274.5	7.503
264	100	-21	-274.5	13.238
265	91	-12	-272.9	22.868
266	91	-28	-272.9	9.824
267	121	-85	-278.2	3.277
268	121	-69	-278.2	4.029
269	100	-31	-274.5	8.976
270	100	-46	-274.5	5.912
271	130	-104	-279.8	2.702
272	130	-88	-279.8	3.190
273	121	-79	-278.2	3.526
274	121	-95	-278.2	2.936
275	130	-98	-279.8	2.868
276	130	-113	-279.8	2.467
277	88	-16	-272.3	16.754
278	88	0	-272.3	671.858
279	96	-35	-273.8	7.847
280	96	-19	-273.8	14.376
281	88	-10	-272.3	26.562
282	88	-26	-272.3	10.433
283	118	-83	-277.6	3.336
284	118	-67	-277.6	4.120
285	96	-29	-273.8	9.477
286	96	-45	-273.8	6.120

287	126	-102	-279.2	2.740
288	126	-86	-279.2	3.245
289	118	-77	-277.6	3.595
290	118	-93	-277.6	2.983
291	126	-96	-279.2	2.912
292	126	-112	-279.2	2.499
293	106	-43	-275.5	6.407
294	106	-27	-275.5	10.145
295	114	-62	-277.0	4.494
296	114	-46	-277.0	6.049
297	106	-37	-275.5	7.446
298	106	-53	-275.5	5.213
299	115	-63	-277.1	4.392
300	115	-47	-277.1	5.865
301	114	-56	-277.0	4.979
302	114	-71	-277.0	3.875
303	123	-82	-278.6	3.409
304	123	-66	-278.6	4.229
305	115	-57	-277.1	4.853
306	115	-73	-277.1	3.799
307	123	-76	-278.6	3.679
308	123	-92	-278.6	3.042
309	94	-37	-273.4	7.313
310	94	-22	-273.4	12.691
311	103	-56	-275.0	4.907
312	103	-40	-275.0	6.842
313	94	-31	-273.4	8.711
314	94	-47	-273.4	5.788
315	103	-57	-275.0	4.784
316	103	-42	-275.0	6.605
317	103	-50	-275.0	5.496
318	103	-66	-275.0	4.174
319	112	-76	-276.6	3.633
320	112	-60	-276.6	4.588
321	103	-51	-275.0	5.342
322	103	-67	-275.0	4.085
323	112	-70	-276.6	3.944
324	112	-86	-276.6	3.217

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	REV. A

9.4.2 Taglio

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

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	50	cm
Copriferro Superiore	cs	45	mm
Copriferro Inferiore	ci	45	mm
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	20	
Diametro ferro ortogonale	\emptyset_{ferro} ortogonale	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	388	mm
f 'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	σ_{cp}	$V_{Rd,c}$	$V_{Rcd,y}$	$V_{Rsd,y}$	$V_{Rd,y}$	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_83	-152.3	404.5	0.8	236.0				1.549

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	-33	0.125						
2	Non fessurata	0	-13	0.125						
3	Non fessurata	0	-25	0.125						
4	Non fessurata	0	-47	0.125						
5	Non fessurata	0	-22	0.125						
6	Non fessurata	0	-2	0.125						
7	Non fessurata	0	-14	0.125						
8	Non fessurata	0	-37	0.125						
9	Non fessurata	0	-39	0.125						
10	Non fessurata	0	-18	0.125						
11	Non fessurata	0	-31	0.125						
12	Non fessurata	0	-53	0.125						
13	Non fessurata	0	-28	0.125						
14	Non fessurata	0	-6	0.125						
15	Non fessurata	0	-20	0.125						
16	Non fessurata	0	-43	0.125						
17	Non fessurata	0	-111	0.125						
18	Non fessurata	0	-88	0.125						
19	Non fessurata	0	-103	0.125						
20	Non fessurata	0	-127	0.125						
21	Non fessurata	0	-118	0.125						
22	Non fessurata	0	-94	0.125						
23	Non fessurata	0	-109	0.125						
24	Non fessurata	0	-133	0.125						
25	Non fessurata	0	-27	0.125						
26	Non fessurata	0	-8	0.125						
27	Non fessurata	0	-20	0.125						
28	Non fessurata	0	-42	0.125						
29	Non fessurata	0	-22	0.125						
30	Non fessurata	0	-2	0.125						
31	Non fessurata	0	-14	0.125						
32	Non fessurata	0	-37	0.125						
33	Non fessurata	0	-33	0.125						
34	Non fessurata	0	-12	0.125						
35	Non fessurata	0	-25	0.125						
36	Non fessurata	0	-48	0.125						
37	Non fessurata	0	-28	0.125						
38	Non fessurata	0	-6	0.125						
39	Non fessurata	0	-20	0.125						
40	Non fessurata	0	-43	0.125						
41	Non fessurata	0	-67	0.125						
42	Non fessurata	0	-43	0.125						
43	Non fessurata	0	-58	0.125						
44	Non fessurata	0	-82	0.125						
45	Non fessurata	0	-73	0.125						




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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	45 di 89

46	Non fessurata	0	-49	0.125
47	Non fessurata	0	-64	0.125
48	Non fessurata	0	-88	0.125
49	Non fessurata	0	-33	0.125
50	Non fessurata	0	-13	0.125
51	Non fessurata	0	-25	0.125
52	Non fessurata	0	-47	0.125
53	Non fessurata	0	-39	0.125
54	Non fessurata	0	-18	0.125
55	Non fessurata	0	-31	0.125
56	Non fessurata	0	-53	0.125

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA</p>												
<p>FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i></p>	<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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>46 di 89</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	46 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	46 di 89								

9.5 VERIFICA SEZIONE 6: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.5.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf A_s			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.3
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	20	15.71	8.3
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{-cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	380	-218	#NOME?	#NOME?
2	338	-187	#NOME?	#NOME?
3	380	-229	#NOME?	#NOME?
4	338	-198	#NOME?	#NOME?
5	380	-234	#NOME?	#NOME?
6	338	-203	#NOME?	#NOME?
7	380	-223	#NOME?	#NOME?
8	338	-192	#NOME?	#NOME?
9	338	-182	#NOME?	#NOME?
10	338	-200	#NOME?	#NOME?
11	338	-208	#NOME?	#NOME?
12	338	-191	#NOME?	#NOME?
13	380	-218	#NOME?	#NOME?
14	169	-64	#NOME?	#NOME?
15	380	-229	#NOME?	#NOME?
16	169	-74	#NOME?	#NOME?
17	380	-234	#NOME?	#NOME?
18	169	-79	#NOME?	#NOME?
19	380	-223	#NOME?	#NOME?
20	169	-69	#NOME?	#NOME?
21	169	-58	#NOME?	#NOME?
22	169	-76	#NOME?	#NOME?
23	169	-85	#NOME?	#NOME?
24	169	-67	#NOME?	#NOME?
25	380	-217	#NOME?	#NOME?
26	338	-186	#NOME?	#NOME?
27	380	-227	#NOME?	#NOME?
28	338	-196	#NOME?	#NOME?
29	380	-232	#NOME?	#NOME?
30	338	-201	#NOME?	#NOME?
31	380	-222	#NOME?	#NOME?
32	338	-191	#NOME?	#NOME?
33	338	-181	#NOME?	#NOME?
34	338	-198	#NOME?	#NOME?
35	338	-207	#NOME?	#NOME?
36	338	-189	#NOME?	#NOME?
37	380	-217	#NOME?	#NOME?
38	169	-62	#NOME?	#NOME?
39	380	-227	#NOME?	#NOME?
40	169	-73	#NOME?	#NOME?

41	380	-232	#NOME?	#NOME?
42	169	-78	#NOME?	#NOME?
43	380	-222	#NOME?	#NOME?
44	169	-67	#NOME?	#NOME?
45	169	-57	#NOME?	#NOME?
46	169	-74	#NOME?	#NOME?
47	169	-83	#NOME?	#NOME?
48	169	-66	#NOME?	#NOME?
49	121	-66	#NOME?	#NOME?
50	121	-49	#NOME?	#NOME?
51	121	-31	#NOME?	#NOME?
52	121	-49	#NOME?	#NOME?
53	347	-302	#NOME?	#NOME?
54	312	-255	#NOME?	#NOME?
55	347	-313	#NOME?	#NOME?
56	312	-265	#NOME?	#NOME?
57	347	-318	#NOME?	#NOME?
58	312	-270	#NOME?	#NOME?
59	347	-308	#NOME?	#NOME?
60	312	-260	#NOME?	#NOME?
61	312	-249	#NOME?	#NOME?
62	312	-267	#NOME?	#NOME?
63	312	-276	#NOME?	#NOME?
64	312	-258	#NOME?	#NOME?
65	347	-302	#NOME?	#NOME?
66	169	-64	#NOME?	#NOME?
67	347	-313	#NOME?	#NOME?
68	169	-74	#NOME?	#NOME?
69	347	-318	#NOME?	#NOME?
70	169	-79	#NOME?	#NOME?
71	347	-308	#NOME?	#NOME?
72	169	-69	#NOME?	#NOME?
73	169	-58	#NOME?	#NOME?
74	169	-76	#NOME?	#NOME?
75	169	-85	#NOME?	#NOME?
76	169	-67	#NOME?	#NOME?
77	347	-301	#NOME?	#NOME?
78	312	-253	#NOME?	#NOME?
79	347	-311	#NOME?	#NOME?
80	312	-264	#NOME?	#NOME?
81	347	-317	#NOME?	#NOME?
82	312	-269	#NOME?	#NOME?
83	347	-306	#NOME?	#NOME?
84	312	-258	#NOME?	#NOME?
85	312	-248	#NOME?	#NOME?
86	312	-265	#NOME?	#NOME?

87	312	-274	#NOME?	#NOME?
88	312	-257	#NOME?	#NOME?
89	347	-301	#NOME?	#NOME?
90	169	-62	#NOME?	#NOME?
91	347	-311	#NOME?	#NOME?
92	169	-73	#NOME?	#NOME?
93	347	-317	#NOME?	#NOME?
94	169	-78	#NOME?	#NOME?
95	347	-306	#NOME?	#NOME?
96	169	-67	#NOME?	#NOME?
97	169	-57	#NOME?	#NOME?
98	169	-74	#NOME?	#NOME?
99	169	-83	#NOME?	#NOME?
100	169	-66	#NOME?	#NOME?
101	121	-66	#NOME?	#NOME?
102	121	-49	#NOME?	#NOME?
103	121	-31	#NOME?	#NOME?
104	121	-49	#NOME?	#NOME?
105	414	-134	#NOME?	#NOME?
106	365	-120	#NOME?	#NOME?
107	414	-144	#NOME?	#NOME?
108	365	-130	#NOME?	#NOME?
109	414	-150	#NOME?	#NOME?
110	365	-136	#NOME?	#NOME?
111	414	-139	#NOME?	#NOME?
112	365	-125	#NOME?	#NOME?
113	365	-115	#NOME?	#NOME?
114	365	-132	#NOME?	#NOME?
115	365	-141	#NOME?	#NOME?
116	365	-123	#NOME?	#NOME?
117	414	-134	#NOME?	#NOME?
118	195	4	#NOME?	#NOME?
119	414	-144	#NOME?	#NOME?
120	195	-7	#NOME?	#NOME?
121	414	-150	#NOME?	#NOME?
122	195	-12	#NOME?	#NOME?
123	414	-139	#NOME?	#NOME?
124	195	-1	#NOME?	#NOME?
125	195	9	#NOME?	#NOME?
126	195	-9	#NOME?	#NOME?
127	195	-17	#NOME?	#NOME?
128	195	0	#NOME?	#NOME?
129	414	-132	#NOME?	#NOME?
130	365	-118	#NOME?	#NOME?
131	414	-143	#NOME?	#NOME?
132	365	-129	#NOME?	#NOME?

133	414	-148	#NOME?	#NOME?
134	365	-134	#NOME?	#NOME?
135	414	-138	#NOME?	#NOME?
136	365	-124	#NOME?	#NOME?
137	365	-113	#NOME?	#NOME?
138	365	-131	#NOME?	#NOME?
139	365	-139	#NOME?	#NOME?
140	365	-122	#NOME?	#NOME?
141	414	-132	#NOME?	#NOME?
142	195	5	#NOME?	#NOME?
143	414	-143	#NOME?	#NOME?
144	195	-5	#NOME?	#NOME?
145	414	-148	#NOME?	#NOME?
146	195	-10	#NOME?	#NOME?
147	414	-138	#NOME?	#NOME?
148	195	0	#NOME?	#NOME?
149	195	11	#NOME?	#NOME?
150	195	-7	#NOME?	#NOME?
151	195	-16	#NOME?	#NOME?
152	195	2	#NOME?	#NOME?
153	121	-66	#NOME?	#NOME?
154	121	-49	#NOME?	#NOME?
155	121	-31	#NOME?	#NOME?
156	121	-49	#NOME?	#NOME?
157	242	-225	#NOME?	#NOME?
158	227	-193	#NOME?	#NOME?
159	242	-236	#NOME?	#NOME?
160	227	-203	#NOME?	#NOME?
161	242	-241	#NOME?	#NOME?
162	227	-209	#NOME?	#NOME?
163	242	-230	#NOME?	#NOME?
164	227	-198	#NOME?	#NOME?
165	227	-188	#NOME?	#NOME?
166	227	-205	#NOME?	#NOME?
167	227	-214	#NOME?	#NOME?
168	227	-196	#NOME?	#NOME?
169	242	-225	#NOME?	#NOME?
170	254	-125	#NOME?	#NOME?
171	242	-236	#NOME?	#NOME?
172	254	-136	#NOME?	#NOME?
173	242	-241	#NOME?	#NOME?
174	254	-141	#NOME?	#NOME?
175	242	-230	#NOME?	#NOME?
176	254	-131	#NOME?	#NOME?
177	254	-120	#NOME?	#NOME?
178	254	-138	#NOME?	#NOME?

179	254	-146	#NOME?	#NOME?
180	254	-129	#NOME?	#NOME?
181	242	-224	#NOME?	#NOME?
182	227	-191	#NOME?	#NOME?
183	242	-234	#NOME?	#NOME?
184	227	-202	#NOME?	#NOME?
185	242	-239	#NOME?	#NOME?
186	227	-207	#NOME?	#NOME?
187	242	-229	#NOME?	#NOME?
188	227	-197	#NOME?	#NOME?
189	227	-186	#NOME?	#NOME?
190	227	-204	#NOME?	#NOME?
191	227	-212	#NOME?	#NOME?
192	227	-195	#NOME?	#NOME?
193	242	-224	#NOME?	#NOME?
194	254	-124	#NOME?	#NOME?
195	242	-234	#NOME?	#NOME?
196	254	-134	#NOME?	#NOME?
197	242	-239	#NOME?	#NOME?
198	254	-140	#NOME?	#NOME?
199	242	-229	#NOME?	#NOME?
200	254	-129	#NOME?	#NOME?
201	254	-119	#NOME?	#NOME?
202	254	-136	#NOME?	#NOME?
203	254	-145	#NOME?	#NOME?
204	254	-127	#NOME?	#NOME?
205	121	-66	#NOME?	#NOME?
206	121	-49	#NOME?	#NOME?
207	121	-31	#NOME?	#NOME?
208	121	-49	#NOME?	#NOME?
209	308	-57	#NOME?	#NOME?
210	280	-58	#NOME?	#NOME?
211	308	-67	#NOME?	#NOME?
212	280	-69	#NOME?	#NOME?
213	308	-72	#NOME?	#NOME?
214	280	-74	#NOME?	#NOME?
215	308	-62	#NOME?	#NOME?
216	280	-63	#NOME?	#NOME?
217	280	-53	#NOME?	#NOME?
218	280	-70	#NOME?	#NOME?
219	280	-79	#NOME?	#NOME?
220	280	-61	#NOME?	#NOME?
221	308	-57	#NOME?	#NOME?
222	280	-58	#NOME?	#NOME?
223	308	-67	#NOME?	#NOME?
224	280	-69	#NOME?	#NOME?

225	308	-72	#NOME?	#NOME?
226	280	-74	#NOME?	#NOME?
227	308	-62	#NOME?	#NOME?
228	280	-63	#NOME?	#NOME?
229	280	-53	#NOME?	#NOME?
230	280	-70	#NOME?	#NOME?
231	280	-79	#NOME?	#NOME?
232	280	-61	#NOME?	#NOME?
233	308	-55	#NOME?	#NOME?
234	280	-57	#NOME?	#NOME?
235	308	-66	#NOME?	#NOME?
236	280	-67	#NOME?	#NOME?
237	308	-71	#NOME?	#NOME?
238	280	-72	#NOME?	#NOME?
239	308	-60	#NOME?	#NOME?
240	280	-62	#NOME?	#NOME?
241	280	-51	#NOME?	#NOME?
242	280	-69	#NOME?	#NOME?
243	280	-78	#NOME?	#NOME?
244	280	-60	#NOME?	#NOME?
245	308	-55	#NOME?	#NOME?
246	280	-57	#NOME?	#NOME?
247	308	-66	#NOME?	#NOME?
248	280	-67	#NOME?	#NOME?
249	308	-71	#NOME?	#NOME?
250	280	-72	#NOME?	#NOME?
251	308	-60	#NOME?	#NOME?
252	280	-62	#NOME?	#NOME?
253	280	-51	#NOME?	#NOME?
254	280	-69	#NOME?	#NOME?
255	280	-78	#NOME?	#NOME?
256	280	-60	#NOME?	#NOME?
257	121	-66	#NOME?	#NOME?
258	121	-49	#NOME?	#NOME?
259	121	-31	#NOME?	#NOME?
260	121	-49	#NOME?	#NOME?
261	132	-119	#NOME?	#NOME?
262	132	-125	#NOME?	#NOME?
263	142	-96	#NOME?	#NOME?
264	142	-102	#NOME?	#NOME?
265	132	-128	#NOME?	#NOME?
266	132	-122	#NOME?	#NOME?
267	162	-29	#NOME?	#NOME?
268	162	-35	#NOME?	#NOME?
269	142	-105	#NOME?	#NOME?
270	142	-99	#NOME?	#NOME?

271	171	-6	#NOME?	#NOME?
272	171	-12	#NOME?	#NOME?
273	162	-38	#NOME?	#NOME?
274	162	-32	#NOME?	#NOME?
275	171	-15	#NOME?	#NOME?
276	171	-9	#NOME?	#NOME?
277	129	-118	#NOME?	#NOME?
278	129	-124	#NOME?	#NOME?
279	138	-95	#NOME?	#NOME?
280	138	-101	#NOME?	#NOME?
281	129	-127	#NOME?	#NOME?
282	129	-121	#NOME?	#NOME?
283	158	-28	#NOME?	#NOME?
284	158	-34	#NOME?	#NOME?
285	138	-104	#NOME?	#NOME?
286	138	-98	#NOME?	#NOME?
287	167	-5	#NOME?	#NOME?
288	167	-11	#NOME?	#NOME?
289	158	-37	#NOME?	#NOME?
290	158	-31	#NOME?	#NOME?
291	167	-14	#NOME?	#NOME?
292	167	-8	#NOME?	#NOME?
293	147	-88	#NOME?	#NOME?
294	147	-94	#NOME?	#NOME?
295	156	-65	#NOME?	#NOME?
296	156	-71	#NOME?	#NOME?
297	147	-97	#NOME?	#NOME?
298	147	-91	#NOME?	#NOME?
299	155	-61	#NOME?	#NOME?
300	155	-67	#NOME?	#NOME?
301	156	-74	#NOME?	#NOME?
302	156	-68	#NOME?	#NOME?
303	164	-38	#NOME?	#NOME?
304	164	-44	#NOME?	#NOME?
305	155	-70	#NOME?	#NOME?
306	155	-64	#NOME?	#NOME?
307	164	-47	#NOME?	#NOME?
308	164	-41	#NOME?	#NOME?
309	135	-85	#NOME?	#NOME?
310	135	-91	#NOME?	#NOME?
311	145	-62	#NOME?	#NOME?
312	145	-68	#NOME?	#NOME?
313	135	-94	#NOME?	#NOME?
314	135	-88	#NOME?	#NOME?
315	144	-58	#NOME?	#NOME?
316	144	-64	#NOME?	#NOME?



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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	54 di 89

317	145	-70	#NOME?	#NOME?
318	145	-65	#NOME?	#NOME?
319	153	-35	#NOME?	#NOME?
320	153	-41	#NOME?	#NOME?
321	144	-67	#NOME?	#NOME?
322	144	-61	#NOME?	#NOME?
323	153	-43	#NOME?	#NOME?
324	153	-38	#NOME?	#NOME?

9.5.2 Taglio

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

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	50	cm
Copriferro Superiore	cs	45	mm
Copriferro Inferiore	ci	45	mm
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	20	
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	40	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	2.5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	388	mm
f 'cd	8.5	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	220.4	344.4			1715.4	292.2	292.2	1.326

9.5.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-148	0.125						
2	Non fessurata	0	-156	0.125						
3	Non fessurata	0	-161	0.125						
4	Non fessurata	0	-153	0.125						
5	Non fessurata	0	-18	0.125						
6	Non fessurata	0	-25	0.125						
7	Non fessurata	0	-30	0.125						
8	Non fessurata	0	-23	0.125						
9	Non fessurata	0	-139	0.125						
10	Non fessurata	0	-147	0.125						
11	Non fessurata	0	-152	0.125						
12	Non fessurata	0	-144	0.125						
13	Non fessurata	0	-10	0.125						
14	Non fessurata	0	-17	0.125						
15	Non fessurata	0	-21	0.125						
16	Non fessurata	0	-15	0.125						
17	Non fessurata	0	-29	0.125						
18	Non fessurata	0	-36	0.125						
19	Non fessurata	0	-40	0.125						
20	Non fessurata	0	-34	0.125						
21	Non fessurata	0	-22	0.125						
22	Non fessurata	0	-28	0.125						
23	Non fessurata	0	-32	0.125						
24	Non fessurata	0	-26	0.125						
25	Non fessurata	0	-82	0.125						
26	Non fessurata	0	-90	0.125						
27	Non fessurata	0	-95	0.125						
28	Non fessurata	0	-87	0.125						
29	Non fessurata	0	-18	0.125						
30	Non fessurata	0	-25	0.125						
31	Non fessurata	0	-30	0.125						
32	Non fessurata	0	-23	0.125						
33	Non fessurata	0	-73	0.125						
34	Non fessurata	0	-81	0.125						
35	Non fessurata	0	-86	0.125						
36	Non fessurata	0	-78	0.125						
37	Non fessurata	0	-10	0.125						
38	Non fessurata	0	-17	0.125						
39	Non fessurata	0	-21	0.125						
40	Non fessurata	0	-15	0.125						
41	Non fessurata	0	-24	0.125						
42	Non fessurata	0	-30	0.125						

43	Non fessurata	0	-35	0.125
44	Non fessurata	0	-28	0.125
45	Non fessurata	0	-16	0.125
46	Non fessurata	0	-22	0.125
47	Non fessurata	0	-27	0.125
48	Non fessurata	0	-20	0.125
49	Non fessurata	0	-148	0.125
50	Non fessurata	0	-156	0.125
51	Non fessurata	0	-161	0.125
52	Non fessurata	0	-153	0.125
53	Non fessurata	0	-139	0.125
54	Non fessurata	0	-147	0.125
55	Non fessurata	0	-152	0.125
56	Non fessurata	0	-144	0.125

9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	40

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	20	15.71	8.3
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	20	15.71	8.3
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN=cost
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	124	-157	-211.1	1.35
2	110	-135	-209.4	1.55
3	112	-127	-209.6	1.65
4	98	-105	-207.9	1.98
5	116	-145	-210.0	1.45
6	102	-123	-208.3	1.69
7	127	-175	-211.6	1.21
8	114	-153	-209.9	1.37
9	113	-139	-209.7	1.51
10	93	-89	-207.2	2.33
11	100	-119	-208.0	1.75
12	119	-169	-210.5	1.24
13	124	-157	-211.1	1.35
14	57	-48	-202.6	4.25
15	112	-127	-209.6	1.65
16	45	-18	-201.0	11.37
17	116	-145	-210.0	1.45
18	49	-36	-201.5	5.62
19	127	-175	-211.6	1.21
20	61	-66	-203.1	3.08
21	60	-52	-202.9	3.93
22	40	-2	-200.4	124.06
23	46	-32	-201.2	6.30
24	66	-82	-203.7	2.49
25	124	-158	-211.2	1.34
26	111	-136	-209.5	1.54
27	113	-128	-209.7	1.64
28	99	-106	-208.0	1.96
29	116	-146	-210.1	1.44
30	103	-124	-208.4	1.68
31	128	-176	-211.7	1.20
32	115	-154	-210.0	1.36
33	114	-140	-209.8	1.50
34	94	-90	-207.3	2.30
35	100	-120	-208.1	1.73
36	120	-170	-210.6	1.24
37	124	-158	-211.2	1.34
38	58	-49	-202.7	4.15
39	113	-128	-209.7	1.64
40	46	-19	-201.1	10.68
41	116	-146	-210.1	1.44
42	50	-37	-201.6	5.45

43	128	-176	-211.7	1.20
44	62	-67	-203.2	3.03
45	61	-53	-203.0	3.85
46	41	-3	-200.5	72.82
47	47	-33	-201.3	6.08
48	67	-83	-203.8	2.45
49	27	-17	-198.7	11.81
50	47	-67	-201.2	3.01
51	45	-43	-201.0	4.64
52	25	7	-198.5	29.66
53	86	-88	-206.3	2.34
54	81	-80	-205.6	2.57
55	74	-58	-204.8	3.52
56	69	-50	-204.0	4.08
57	78	-76	-205.3	2.69
58	72	-68	-204.5	3.00
59	90	-106	-206.8	1.94
60	84	-98	-206.1	2.10
61	83	-84	-205.9	2.45
62	63	-34	-203.4	5.98
63	70	-64	-204.2	3.17
64	90	-114	-206.7	1.81
65	86	-88	-206.3	2.34
66	57	-48	-202.6	4.25
67	74	-58	-204.8	3.52
68	45	-18	-201.0	11.37
69	78	-76	-205.3	2.69
70	49	-36	-201.5	5.62
71	90	-106	-206.8	1.94
72	61	-66	-203.1	3.08
73	60	-52	-202.9	3.93
74	40	-2	-200.4	124.06
75	46	-32	-201.2	6.30
76	66	-82	-203.7	2.49
77	87	-89	-206.4	2.31
78	81	-81	-205.7	2.53
79	75	-59	-204.9	3.46
80	69	-51	-204.1	3.99
81	79	-77	-205.4	2.65
82	73	-69	-204.6	2.95
83	91	-108	-206.9	1.92
84	85	-99	-206.2	2.07
85	84	-85	-206.0	2.42
86	64	-35	-203.5	5.79
87	70	-65	-204.3	3.12
88	90	-115	-206.8	1.79

89	87	-89	-206.4	2.31
90	58	-49	-202.7	4.15
91	75	-59	-204.9	3.46
92	46	-19	-201.1	10.68
93	79	-77	-205.4	2.65
94	50	-37	-201.6	5.45
95	91	-108	-206.9	1.92
96	62	-67	-203.2	3.03
97	61	-53	-203.0	3.85
98	41	-3	-200.5	72.82
99	47	-33	-201.3	6.08
100	67	-83	-203.8	2.45
101	27	-17	-198.7	11.81
102	47	-67	-201.2	3.01
103	45	-43	-201.0	4.64
104	25	7	-198.5	29.66
105	161	-225	-215.8	0.96
106	140	-190	-213.2	1.12
107	149	-195	-214.3	1.10
108	128	-160	-211.7	1.33
109	153	-213	-214.8	1.01
110	132	-178	-212.1	1.19
111	165	-243	-216.3	0.89
112	144	-208	-213.7	1.03
113	143	-194	-213.5	1.10
114	123	-144	-211.0	1.47
115	129	-174	-211.8	1.22
116	149	-224	-214.3	0.96
117	161	-225	-215.8	0.96
118	87	-103	-206.4	2.01
119	149	-195	-214.3	1.10
120	75	-73	-204.9	2.83
121	153	-213	-214.8	1.01
122	79	-91	-205.3	2.26
123	165	-243	-216.3	0.89
124	91	-121	-206.9	1.71
125	90	-106	-206.7	1.94
126	70	-56	-204.2	3.62
127	76	-87	-205.0	2.36
128	96	-137	-207.5	1.52
129	162	-226	-215.9	0.95
130	141	-191	-213.3	1.12
131	150	-196	-214.4	1.09
132	129	-161	-211.8	1.32
133	154	-215	-214.9	1.00
134	133	-179	-212.2	1.19

135	166	-245	-216.4	0.88
136	145	-209	-213.8	1.02
137	144	-195	-213.6	1.10
138	124	-145	-211.1	1.46
139	130	-175	-211.9	1.21
140	150	-225	-214.4	0.95
141	162	-226	-215.9	0.95
142	88	-104	-206.5	1.99
143	150	-196	-214.4	1.09
144	76	-74	-205.0	2.78
145	154	-215	-214.9	1.00
146	80	-92	-205.4	2.24
147	166	-245	-216.4	0.88
148	91	-122	-207.0	1.70
149	90	-108	-206.8	1.92
150	70	-58	-204.3	3.55
151	77	-88	-205.1	2.33
152	97	-138	-207.6	1.51
153	27	-17	-198.7	11.81
154	47	-67	-201.2	3.01
155	45	-43	-201.0	4.64
156	25	7	-198.5	29.66
157	53	-34	-202.1	6.00
158	54	-36	-202.2	5.54
159	41	-4	-200.5	54.78
160	42	-6	-200.6	31.03
161	45	-22	-201.0	9.20
162	46	-25	-201.1	8.15
163	57	-52	-202.6	3.90
164	58	-55	-202.7	3.71
165	57	-40	-202.5	5.01
166	37	10	-200.0	20.82
167	43	-21	-200.8	9.69
168	63	-71	-203.3	2.87
169	53	-34	-202.1	6.00
170	84	-91	-206.0	2.26
171	41	-4	-200.5	54.78
172	72	-61	-204.5	3.34
173	45	-22	-201.0	9.20
174	76	-79	-204.9	2.58
175	57	-52	-202.6	3.90
176	88	-110	-206.5	1.89
177	86	-95	-206.3	2.17
178	67	-45	-203.8	4.51
179	73	-76	-204.6	2.71
180	93	-126	-207.1	1.65

181	54	-35	-202.2	5.81
182	55	-38	-202.3	5.38
183	42	-5	-200.6	41.81
184	43	-8	-200.7	26.40
185	46	-23	-201.1	8.74
186	47	-26	-201.2	7.80
187	58	-53	-202.7	3.82
188	58	-56	-202.8	3.63
189	57	-42	-202.6	4.88
190	37	8	-200.1	23.62
191	44	-22	-200.9	9.19
192	64	-72	-203.4	2.83
193	54	-35	-202.2	5.81
194	84	-92	-206.1	2.23
195	42	-5	-200.6	41.81
196	73	-62	-204.6	3.28
197	46	-23	-201.1	8.74
198	76	-81	-205.0	2.54
199	58	-53	-202.7	3.82
200	88	-111	-206.6	1.87
201	87	-96	-206.4	2.14
202	67	-46	-203.9	4.40
203	74	-77	-204.7	2.67
204	94	-127	-207.2	1.64
205	27	-17	-198.7	11.81
206	47	-67	-201.2	3.01
207	45	-43	-201.0	4.64
208	25	7	-198.5	29.66
209	128	-171	-211.6	1.24
210	114	-146	-209.8	1.44
211	116	-141	-210.1	1.49
212	102	-116	-208.3	1.79
213	120	-159	-210.5	1.33
214	105	-134	-208.7	1.55
215	131	-189	-212.1	1.12
216	117	-164	-210.3	1.28
217	116	-150	-210.1	1.40
218	96	-100	-207.6	2.08
219	103	-130	-208.4	1.60
220	123	-180	-210.9	1.17
221	128	-171	-211.6	1.24
222	114	-146	-209.8	1.44
223	116	-141	-210.1	1.49
224	102	-116	-208.3	1.79
225	120	-159	-210.5	1.33
226	105	-134	-208.7	1.55

227	131	-189	-212.1	1.12
228	117	-164	-210.3	1.28
229	116	-150	-210.1	1.40
230	96	-100	-207.6	2.08
231	103	-130	-208.4	1.60
232	123	-180	-210.9	1.17
233	128	-172	-211.7	1.23
234	114	-147	-209.9	1.43
235	116	-142	-210.2	1.48
236	102	-117	-208.4	1.78
237	120	-160	-210.6	1.32
238	106	-135	-208.8	1.54
239	132	-190	-212.2	1.12
240	118	-165	-210.4	1.27
241	117	-151	-210.2	1.39
242	97	-101	-207.7	2.05
243	103	-131	-208.5	1.59
244	123	-182	-211.0	1.16
245	128	-172	-211.7	1.23
246	114	-147	-209.9	1.43
247	116	-142	-210.2	1.48
248	102	-117	-208.4	1.78
249	120	-160	-210.6	1.32
250	106	-135	-208.8	1.54
251	132	-190	-212.2	1.12
252	118	-165	-210.4	1.27
253	117	-151	-210.2	1.39
254	97	-101	-207.7	2.05
255	103	-131	-208.5	1.59
256	123	-182	-211.0	1.16
257	27	-17	-198.7	11.81
258	47	-67	-201.2	3.01
259	45	-43	-201.0	4.64
260	25	7	-198.5	29.66
261	45	-12	-201.0	17.12
262	38	5	-200.1	40.53
263	55	-31	-202.3	6.60
264	48	-14	-201.4	14.43
265	40	-5	-200.4	38.73
266	47	-22	-201.2	9.21
267	64	-78	-203.4	2.62
268	57	-61	-202.6	3.33
269	50	-24	-201.7	8.38
270	57	-41	-202.6	4.97
271	74	-96	-204.7	2.12
272	67	-80	-203.9	2.56

273	59	-71	-202.9	2.86
274	66	-88	-203.7	2.32
275	70	-90	-204.2	2.27
276	76	-107	-205.0	1.92
277	44	-10	-200.9	19.28
278	38	6	-200.1	31.98
279	55	-29	-202.3	6.90
280	48	-13	-201.4	15.93
281	40	-4	-200.4	51.96
282	46	-21	-201.2	9.80
283	64	-76	-203.4	2.67
284	57	-60	-202.6	3.40
285	50	-23	-201.7	8.86
286	57	-39	-202.5	5.14
287	74	-95	-204.7	2.15
288	67	-78	-203.9	2.60
289	59	-70	-202.8	2.91
290	66	-86	-203.7	2.36
291	69	-89	-204.1	2.30
292	76	-105	-205.0	1.95
293	45	-35	-201.0	5.72
294	38	-18	-200.1	10.82
295	55	-54	-202.3	3.74
296	48	-37	-201.5	5.39
297	40	-29	-200.4	7.01
298	47	-45	-201.3	4.44
299	51	-55	-201.7	3.67
300	44	-38	-200.9	5.25
301	51	-48	-201.7	4.25
302	57	-64	-202.6	3.16
303	61	-74	-203.1	2.75
304	54	-57	-202.2	3.54
305	46	-48	-201.2	4.16
306	53	-65	-202.0	3.11
307	56	-67	-202.5	3.01
308	63	-84	-203.3	2.42
309	44	-31	-200.9	6.53
310	38	-14	-200.1	14.19
311	54	-50	-202.2	4.07
312	48	-33	-201.4	6.10
313	40	-24	-200.3	8.27
314	46	-41	-201.2	4.92
315	50	-51	-201.7	3.99
316	43	-34	-200.8	5.93
317	50	-43	-201.7	4.68
318	57	-60	-202.5	3.39




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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	66 di 89

319	60	-69	-203.0	2.92
320	54	-53	-202.1	3.83
321	45	-44	-201.1	4.57
322	52	-61	-201.9	3.33
323	56	-63	-202.4	3.22
324	62	-80	-203.2	2.56

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
	FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento sottopasso</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLFV030B001	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	40	cm
Copriferro Superiore	cs	45	mm
Copriferro Inferiore	ci	45	mm
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	20	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	
$z = 0.9d$	298	mm
f 'cd	8.5	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	-320.0	158.4			1295.6	448.8	448.8	1.402

9.6.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-34	0.125						
2	Non fessurata	0	-4	0.125						
3	Non fessurata	0	-22	0.125						
4	Non fessurata	0	-53	0.125						
5	Non fessurata	0	-27	0.125						
6	Non fessurata	0	0	0.125						
7	Non fessurata	0	-16	0.125						
8	Non fessurata	0	-47	0.125						
9	Non fessurata	0	-42	0.125						
10	Non fessurata	0	-12	0.125						
11	Non fessurata	0	-31	0.125						
12	Non fessurata	0	-62	0.125						
13	Non fessurata	0	-36	0.125						
14	Non fessurata	0	-5	0.125						
15	Non fessurata	0	-24	0.125						
16	Non fessurata	0	-55	0.125						
17	Non fessurata	0	-141	0.125						
18	Non fessurata	0	-110	0.125						
19	Non fessurata	0	-129	0.125						
20	Non fessurata	0	-161	0.125						
21	Non fessurata	0	-149	0.125						
22	Non fessurata	0	-118	0.125						
23	Non fessurata	0	-138	0.125						
24	Non fessurata	0	-169	0.125						
25	Non fessurata	0	-31	0.125						
26	Non fessurata	0	-1	0.125						
27	Non fessurata	0	-19	0.125						
28	Non fessurata	0	-50	0.125						
29	Non fessurata	0	-27	0.125						
30	Non fessurata	0	0	0.125						
31	Non fessurata	0	-16	0.125						
32	Non fessurata	0	-47	0.125						
33	Non fessurata	0	-39	0.125						
34	Non fessurata	0	-8	0.125						
35	Non fessurata	0	-27	0.125						
36	Non fessurata	0	-59	0.125						
37	Non fessurata	0	-36	0.125						
38	Non fessurata	0	-5	0.125						
39	Non fessurata	0	-24	0.125						
40	Non fessurata	0	-55	0.125						
41	Non fessurata	0	-84	0.125						
42	Non fessurata	0	-53	0.125						
43	Non fessurata	0	-72	0.125						
44	Non fessurata	0	-104	0.125						
45	Non fessurata	0	-92	0.125						



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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	69 di 89

46	Non fessurata	0	-61	0.125
47	Non fessurata	0	-81	0.125
48	Non fessurata	0	-112	0.125
49	Non fessurata	0	-34	0.125
50	Non fessurata	0	-4	0.125
51	Non fessurata	0	-22	0.125
52	Non fessurata	0	-53	0.125
53	Non fessurata	0	-42	0.125
54	Non fessurata	0	-12	0.125
55	Non fessurata	0	-31	0.125
56	Non fessurata	0	-62	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>
100	40

9.7.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	22	19.01	8.4
0	16	0.00	8.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.3
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	124	184	242.2	1.31
2	110	157	240.5	1.53
3	112	214	240.7	1.12
4	98	187	239.0	1.28
5	116	196	241.1	1.23
6	102	169	239.5	1.42
7	127	166	242.7	1.46
8	114	139	241.0	1.73
9	113	153	240.8	1.57
10	93	203	238.3	1.17
11	100	173	239.1	1.38
12	119	123	241.6	1.97
13	124	184	242.2	1.31
14	57	48	233.8	4.83
15	112	214	240.7	1.12
16	45	78	232.2	2.96
17	116	196	241.1	1.23
18	49	60	232.7	3.86
19	127	166	242.7	1.46
20	61	30	234.2	7.75
21	60	44	234.1	5.26
22	40	95	231.6	2.45
23	46	64	232.4	3.62
24	66	14	234.9	16.61
25	124	183	242.3	1.32
26	111	156	240.6	1.54
27	113	213	240.8	1.13
28	99	186	239.1	1.29
29	116	195	241.2	1.24
30	103	168	239.6	1.43
31	128	165	242.7	1.47
32	115	138	241.1	1.75
33	114	152	240.9	1.58
34	94	202	238.4	1.18
35	100	172	239.2	1.39
36	120	122	241.7	1.99
37	124	183	242.3	1.32
38	58	47	233.9	4.95
39	113	213	240.8	1.13
40	46	77	232.3	3.01
41	116	195	241.2	1.24

42	50	59	232.8	3.94
43	128	165	242.7	1.47
44	62	29	234.3	8.06
45	61	43	234.2	5.40
46	41	93	231.7	2.48
47	47	63	232.5	3.69
48	67	13	235.0	18.07
49	27	50	229.9	4.57
50	47	0	232.4	892.27
51	45	24	232.2	9.77
52	25	74	229.7	3.11
53	124	184	242.2	1.31
54	110	157	240.5	1.53
55	112	214	240.7	1.12
56	98	187	239.0	1.28
57	116	196	241.1	1.23
58	102	169	239.5	1.42
59	127	166	242.7	1.46
60	114	139	241.0	1.73
61	113	153	240.8	1.57
62	93	203	238.3	1.17
63	100	173	239.1	1.38
64	119	123	241.6	1.97
65	124	184	242.2	1.31
66	57	48	233.8	4.83
67	112	214	240.7	1.12
68	45	78	232.2	2.96
69	116	196	241.1	1.23
70	49	60	232.7	3.86
71	127	166	242.7	1.46
72	61	30	234.2	7.75
73	60	44	234.1	5.26
74	40	95	231.6	2.45
75	46	64	232.4	3.62
76	66	14	234.9	16.61
77	124	183	242.3	1.32
78	111	156	240.6	1.54
79	113	213	240.8	1.13
80	99	186	239.1	1.29
81	116	195	241.2	1.24
82	103	168	239.6	1.43
83	128	165	242.7	1.47
84	115	138	241.1	1.75
85	114	152	240.9	1.58
86	94	202	238.4	1.18
87	100	172	239.2	1.39

88	120	122	241.7	1.99
89	124	183	242.3	1.32
90	58	47	233.9	4.95
91	113	213	240.8	1.13
92	46	77	232.3	3.01
93	116	195	241.2	1.24
94	50	59	232.8	3.94
95	128	165	242.7	1.47
96	62	29	234.3	8.06
97	61	43	234.2	5.40
98	41	93	231.7	2.48
99	47	63	232.5	3.69
100	67	13	235.0	18.07
101	27	50	229.9	4.57
102	47	0	232.4	892.27
103	45	24	232.2	9.77
104	25	74	229.7	3.11
105	124	184	242.2	1.31
106	110	157	240.5	1.53
107	112	214	240.7	1.12
108	98	187	239.0	1.28
109	116	196	241.1	1.23
110	102	169	239.5	1.42
111	127	166	242.7	1.46
112	114	139	241.0	1.73
113	113	153	240.8	1.57
114	93	203	238.3	1.17
115	100	173	239.1	1.38
116	119	123	241.6	1.97
117	124	184	242.2	1.31
118	57	48	233.8	4.83
119	112	214	240.7	1.12
120	45	78	232.2	2.96
121	116	196	241.1	1.23
122	49	60	232.7	3.86
123	127	166	242.7	1.46
124	61	30	234.2	7.75
125	60	44	234.1	5.26
126	40	95	231.6	2.45
127	46	64	232.4	3.62
128	66	14	234.9	16.61
129	124	183	242.3	1.32
130	111	156	240.6	1.54
131	113	213	240.8	1.13
132	99	186	239.1	1.29
133	116	195	241.2	1.24

134	103	168	239.6	1.43
135	128	165	242.7	1.47
136	115	138	241.1	1.75
137	114	152	240.9	1.58
138	94	202	238.4	1.18
139	100	172	239.2	1.39
140	120	122	241.7	1.99
141	124	183	242.3	1.32
142	58	47	233.9	4.95
143	113	213	240.8	1.13
144	46	77	232.3	3.01
145	116	195	241.2	1.24
146	50	59	232.8	3.94
147	128	165	242.7	1.47
148	62	29	234.3	8.06
149	61	43	234.2	5.40
150	41	93	231.7	2.48
151	47	63	232.5	3.69
152	67	13	235.0	18.07
153	27	50	229.9	4.57
154	47	0	232.4	892.27
155	45	24	232.2	9.77
156	25	74	229.7	3.11
157	90	116	238.0	2.05
158	84	103	237.1	2.31
159	78	146	236.5	1.62
160	72	133	235.6	1.77
161	82	128	236.9	1.85
162	76	115	236.1	2.06
163	94	98	238.5	2.43
164	88	85	237.6	2.81
165	86	99	237.5	2.40
166	67	149	235.0	1.58
167	73	119	235.8	1.99
168	93	68	238.3	3.48
169	90	116	238.0	2.05
170	84	103	237.1	2.31
171	78	146	236.5	1.62
172	72	133	235.6	1.77
173	82	128	236.9	1.85
174	76	115	236.1	2.06
175	94	98	238.5	2.43
176	88	85	237.6	2.81
177	86	99	237.5	2.40
178	67	149	235.0	1.58
179	73	119	235.8	1.99

180	93	68	238.3	3.48
181	91	115	238.1	2.07
182	84	102	237.2	2.33
183	79	145	236.6	1.63
184	73	132	235.7	1.79
185	83	127	237.0	1.87
186	76	113	236.2	2.08
187	95	97	238.5	2.46
188	88	83	237.7	2.85
189	87	98	237.6	2.43
190	67	148	235.1	1.59
191	74	117	235.9	2.01
192	94	67	238.4	3.54
193	91	115	238.1	2.07
194	84	102	237.2	2.33
195	79	145	236.6	1.63
196	73	132	235.7	1.79
197	83	127	237.0	1.87
198	76	113	236.2	2.08
199	95	97	238.5	2.46
200	88	83	237.7	2.85
201	87	98	237.6	2.43
202	67	148	235.1	1.59
203	74	117	235.9	2.01
204	94	67	238.4	3.54
205	27	50	229.9	4.57
206	47	0	232.4	892.27
207	45	24	232.2	9.77
208	25	74	229.7	3.11
209	90	116	238.0	2.05
210	84	103	237.1	2.31
211	78	146	236.5	1.62
212	72	133	235.6	1.77
213	82	128	236.9	1.85
214	76	115	236.1	2.06
215	94	98	238.5	2.43
216	88	85	237.6	2.81
217	86	99	237.5	2.40
218	67	149	235.0	1.58
219	73	119	235.8	1.99
220	93	68	238.3	3.48
221	90	116	238.0	2.05
222	84	103	237.1	2.31
223	78	146	236.5	1.62
224	72	133	235.6	1.77
225	82	128	236.9	1.85

226	76	115	236.1	2.06
227	94	98	238.5	2.43
228	88	85	237.6	2.81
229	86	99	237.5	2.40
230	67	149	235.0	1.58
231	73	119	235.8	1.99
232	93	68	238.3	3.48
233	91	115	238.1	2.07
234	84	102	237.2	2.33
235	79	145	236.6	1.63
236	73	132	235.7	1.79
237	83	127	237.0	1.87
238	76	113	236.2	2.08
239	95	97	238.5	2.46
240	88	83	237.7	2.85
241	87	98	237.6	2.43
242	67	148	235.1	1.59
243	74	117	235.9	2.01
244	94	67	238.4	3.54
245	91	115	238.1	2.07
246	84	102	237.2	2.33
247	79	145	236.6	1.63
248	73	132	235.7	1.79
249	83	127	237.0	1.87
250	76	113	236.2	2.08
251	95	97	238.5	2.46
252	88	83	237.7	2.85
253	87	98	237.6	2.43
254	67	148	235.1	1.59
255	74	117	235.9	2.01
256	94	67	238.4	3.54
257	27	50	229.9	4.57
258	47	0	232.4	892.27
259	45	24	232.2	9.77
260	25	74	229.7	3.11
261	59	48	234.0	4.84
262	53	65	233.2	3.59
263	59	48	234.0	4.84
264	53	65	233.2	3.59
265	55	55	233.5	4.25
266	61	38	234.3	6.12
267	59	48	234.0	4.84
268	53	65	233.2	3.59
269	55	55	233.5	4.25
270	61	38	234.3	6.12
271	59	48	234.0	4.84

272	53	65	233.2	3.59
273	55	55	233.5	4.25
274	61	38	234.3	6.12
275	55	55	233.5	4.25
276	61	38	234.3	6.12
277	59	47	234.0	5.03
278	52	63	233.2	3.69
279	59	47	234.0	5.03
280	52	63	233.2	3.69
281	55	53	233.4	4.40
282	61	36	234.3	6.44
283	59	47	234.0	5.03
284	52	63	233.2	3.69
285	55	53	233.4	4.40
286	61	36	234.3	6.44
287	59	47	234.0	5.03
288	52	63	233.2	3.69
289	55	53	233.4	4.40
290	61	36	234.3	6.44
291	55	53	233.4	4.40
292	61	36	234.3	6.44
293	53	52	233.2	4.51
294	46	68	232.4	3.40
295	53	52	233.2	4.51
296	46	68	232.4	3.40
297	48	58	232.7	3.99
298	55	42	233.5	5.62
299	53	52	233.2	4.51
300	46	68	232.4	3.40
301	48	58	232.7	3.99
302	55	42	233.5	5.62
303	53	52	233.2	4.51
304	46	68	232.4	3.40
305	48	58	232.7	3.99
306	55	42	233.5	5.62
307	48	58	232.7	3.99
308	55	42	233.5	5.62
309	52	45	233.1	5.13
310	46	62	232.3	3.74
311	52	45	233.1	5.13
312	46	62	232.3	3.74
313	48	52	232.6	4.47
314	54	35	233.4	6.60
315	52	45	233.1	5.13
316	46	62	232.3	3.74
317	48	52	232.6	4.47



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

FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE
Relazione di calcolo prolungamento sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	78 di 89

318	54	35	233.4	6.60
319	52	45	233.1	5.13
320	46	62	232.3	3.74
321	48	52	232.6	4.47
322	54	35	233.4	6.60
323	48	52	232.6	4.47
324	54	35	233.4	6.60

9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE _d	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd,v}	VR _{sd,v}	VR _{d,v}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_0.5_3	31.1	78.4	0.2	180.5				5.795

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Non fessurata	0	-137	0.125							
2	Fessurata	-167	-186	0.125	184256	200	293	0.0003	0.098	0.167	Verificato
3	Non fessurata	0	-150	0.125							
4	Non fessurata	0	-119	0.125							
5	Non fessurata	0	-40	0.125							
6	Non fessurata	0	-71	0.125							
7	Non fessurata	0	-53	0.125							
8	Non fessurata	0	-23	0.125							
9	Non fessurata	0	-128	0.125							
10	Fessurata	-158	-184	0.125	183728	200	292	0.0003	0.093	0.157	Verificato
11	Non fessurata	0	-140	0.125							
12	Non fessurata	0	-110	0.125							
13	Non fessurata	0	-31	0.125							
14	Non fessurata	0	-62	0.125							
15	Non fessurata	0	-44	0.125							
16	Non fessurata	0	-14	0.125							
17	Non fessurata	0	-137	0.125							
18	Fessurata	-167	-186	0.125	184256	200	293	0.0003	0.098	0.167	Verificato
19	Non fessurata	0	-150	0.125							
20	Non fessurata	0	-119	0.125							
21	Non fessurata	0	-128	0.125							
22	Fessurata	-158	-184	0.125	183728	200	292	0.0003	0.093	0.157	Verificato
23	Non fessurata	0	-140	0.125							
24	Non fessurata	0	-110	0.125							
25	Non fessurata	0	-89	0.125							
26	Non fessurata	0	-119	0.125							
27	Non fessurata	0	-101	0.125							
28	Non fessurata	0	-71	0.125							
29	Non fessurata	0	-40	0.125							
30	Non fessurata	0	-71	0.125							
31	Non fessurata	0	-53	0.125							
32	Non fessurata	0	-23	0.125							
33	Non fessurata	0	-80	0.125							
34	Non fessurata	0	-110	0.125							
35	Non fessurata	0	-92	0.125							
36	Non fessurata	0	-62	0.125							
37	Non fessurata	0	-31	0.125							
38	Non fessurata	0	-62	0.125							
39	Non fessurata	0	-44	0.125							
40	Non fessurata	0	-14	0.125							

41	Non fessurata	0	-89	0.125							
42	Non fessurata	0	-119	0.125							
43	Non fessurata	0	-101	0.125							
44	Non fessurata	0	-71	0.125							
45	Non fessurata	0	-80	0.125							
46	Non fessurata	0	-110	0.125							
47	Non fessurata	0	-92	0.125							
48	Non fessurata	0	-62	0.125							
49	Non fessurata	0	-137	0.125							
50	Fessurata	-167	-186	0.125	184256	200	293	0.0003	0.098	0.167	Verificato
51	Non fessurata	0	-150	0.125							
52	Non fessurata	0	-119	0.125							
53	Non fessurata	0	-128	0.125							
54	Fessurata	-158	-184	0.125	183728	200	292	0.0003	0.093	0.157	Verificato
55	Non fessurata	0	-140	0.125							
56	Non fessurata	0	-110	0.125							

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	231	-	1.373
	Taglio	G3_1_5	0	-	302	1.193
2	Presso-flessione	G1_25	0	-176	-	1.805
	Taglio	G3_1_1	0	-	209	3.795
3	Presso-flessione	G3_1_83	370	-262	-	1.535
	Taglio	G3_1_83	372	0	-173	1.494
4	Presso-flessione	G3_1_83	192	-240	-	1.214
	Taglio	G3_1_53	185	0	-295	1.978
5	Presso-flessione	G1_3	136	192	-	1.690
	Taglio	G3_0.5_3	91	-	33	6.268
6	Presso-flessione	G3_1_5	370	-244	-	1.647
	Taglio	G3_1_3	367	-	181	1.985

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	306	-	1.034
	Taglio	G3_1_5	0	-	311	1.158
2	Presso-flessione	G1_25	0	-185	-	1.716
	Taglio	G3_1_1	0	-	209	1.960
3	Presso-flessione	G3_1_83	347	-208	-	1.908
	Taglio	G3_1_83	350	0	-134	1.907
4	Presso-flessione	G3_1_83	153	-184	-	1.541
	Taglio	G3_1_53	146	0	-273	2.141
5	Presso-flessione	G1_3	97	198	-	1.607
	Taglio	G3_1_3	97	-	56	3.739
6	Presso-flessione	G3_1_5	347	-318	-	1.248
	Taglio	G3_1_3	344	-	220	1.634

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	226	-	1.400
	Taglio	G3_1_5	0	-	326	1.103
2	Presso-flessione	G1_25	0	-201	-	1.581
	Taglio	G3_1_1	0	-	209	4.025
3	Presso-flessione	G3_1_83	402	-273	-	1.500
	Taglio	G3_1_83	405	0	-152	1.723
4	Presso-flessione	G3_1_83	166	-245	-	1.170
	Taglio	G3_1_53	158	0	-320	1.826
5	Presso-flessione	G1_3	112	214	-	1.496
	Taglio	G3_0.5_3	78	-	31	6.597
6	Presso-flessione	G3_1_5	406	-246	-	1.667
	Taglio	G3_1_3	403	-	156	2.305

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	239	-	1.325
	Taglio	G3_1_5	0	-	328	1.099
2	Presso-flessione	G1_25	0	-201	-	1.581
	Taglio	G3_1_1	0	-	209	3.503
3	Presso-flessione	G3_1_83	399	-265	-	1.541
	Taglio	G3_1_83	401	0	-151	1.737
4	Presso-flessione	G3_1_83	166	-237	-	1.207
	Taglio	G3_1_53	158	0	-317	1.846
5	Presso-flessione	G1_3	112	214	-	1.496
	Taglio	G3_1_3	112	-	35	6.075
6	Presso-flessione	G3_1_5	403	-258	-	1.587
	Taglio	G3_1_3	400	-	167	2.161

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento 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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>86 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	86 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	86 di 89								

10 VERIFICHE LONGITUDINALI

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

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

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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


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

L = lunghezza del concio di scatolare

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

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 –QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA												
FV03 – Fermata VILLAMAGGIORE <i>Relazione di calcolo prolungamento 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>CLFV030B001</td> <td>A</td> <td>87 di 89</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	87 di 89
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLFV030B001	A	87 di 89								

Et = modulo elastico del terreno

Ac = area dell'elemento in cls

At = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di Et si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

Et3 = terreno a contatto con i piedritti = 525 MPa

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

t₀ = 1 età del cls all'inizio della contrazione

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

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ϵ_{CS_m}	9.2E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	1.00285	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	15000	mm
Altezza elemento equivalente	H	500	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	16120	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
Grado di impedimento	Kr	0.95038	
Moltiplicatore Kr	m	0.02668	
Tensione di lavoro assunta	σ_{S_L}	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 14 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		33.31257095	

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