

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47I09000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

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

IDRAULICA DI SEDE - GENERALE

Relazione di calcolo tombini ferroviari 2.5x2

SCALA:

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

N M 0 Z 2 0 D 2 6 C L R I 0 0 0 3 0 0 3 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

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

File: NM0Z20D26CLRI0003003A

n. Elab.:

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	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
7.10	RITIRO	19
8	COMBINAZIONI DI CARICO	21
9	VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE	24
9.1	CRITERI DI VERIFICA	24
9.2	VERIFICA SEZIONE 1: Soletta Inferiore_Nodo Piedritto	27
9.2.1	Presso-Flessione	27
9.2.2	Taglio	27
9.2.3	Fessurazione	29
9.3	VERIFICA SEZIONE 2: Soletta Inferiore_Mezzeria	31
9.3.1	Presso-Flessione	31
9.3.2	Taglio	31
9.3.3	Fessurazione	33
9.4	VERIFICA SEZIONE 3: Piedritto_Nodo Soletta Superiore	35
9.4.1	Presso-Flessione	35
9.4.2	Taglio	43
9.4.3	Fessurazione	44
9.5	VERIFICA SEZIONE 6: Piedritto_Nodo Soletta Inferiore	46
9.5.1	Presso-Flessione	46
9.5.2	Taglio	55

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	3 di 89

9.5.3 Fessurazione.....	56
9.6 VERIFICA SEZIONE 4: Soletta Superiore_ Nodo Piedritto.....	58
9.6.1 Presso-Flessione.....	58
9.6.2 Taglio.....	67
9.6.3 Fessurazione.....	68
9.7 VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore_ Mezzeria	70
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

1 PREMESSA

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

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

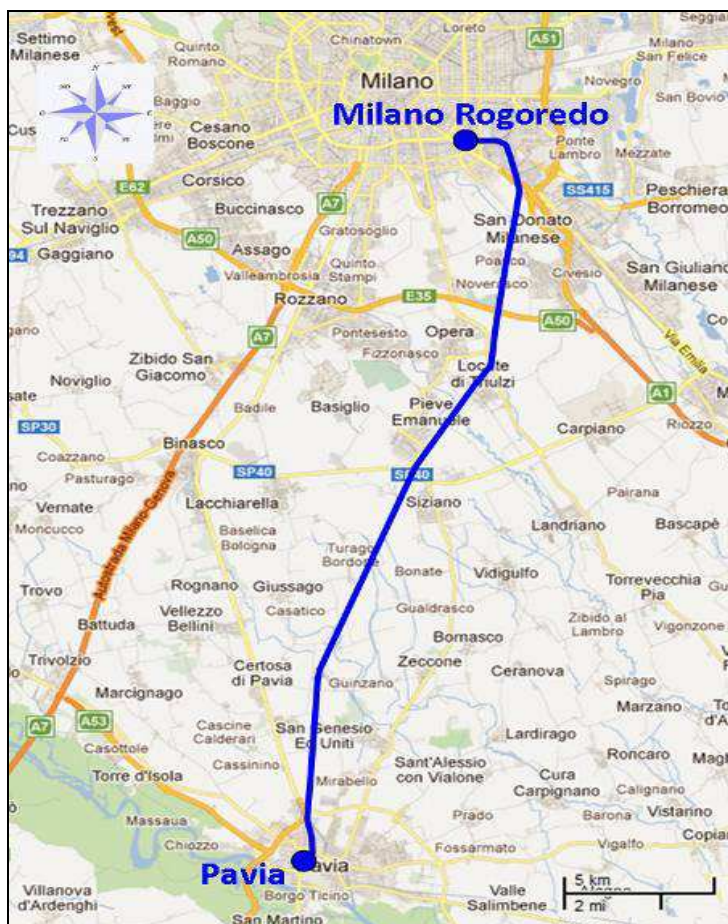


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell'opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei tombini di geometria 2.5x2.0x0.3m. Tale calcolo è da riferimento anche per i tombini di geometria 2.0x1.5, 2.0x2.0 e 2.5x1.5.

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:

I tombini saranno calcolati nell'ipotesi di minimo ricoprimento (pacchetto da 80cm), situazione che determina la condizione di carico più gravosa.

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	3.10	m
Altezza totale	Htot	2.60	m
Spessore soletta superiore	ss	0.30	m
Spessore piedritti	sp	0.30	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.30	m
Luce libera	Lint	2.50	m
Altezza libera	Hint	2.00	m

Tabella 1

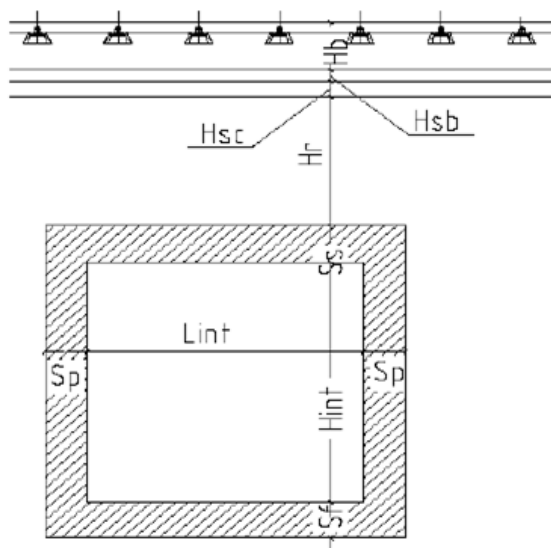


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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

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

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità $\varnothing$ 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 $\varnothing$). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	6 di 89

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.80	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 QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 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;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: "Manuale di progettazione delle opere civili" del 22/12/2017.
- RFI DTC 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 QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 8 di 89

4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

Calcestruzzo			
Classe	C28/35		Classe di Resistenza
fck	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	35		Resistenza cubica caratteristica
fc _m	36	MPa	Resistenza cilindrica media
fct _m	2.76626	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fct _k	1.93638	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fc _{fm}	3.31951	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
E _{cm}	32308.2	MPa	Modulo Elastico
n Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
a _{DT}	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
acc	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
gc	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	15.8667	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.29092	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
st	2.30522	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
SC limite	12.6	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
SC limite	16.8	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Acciaio Armature_B450C			
f _{ynom.}	450	MPa	Tensione nominale di snervamento a trazione
f _{tnom.}	451	MPa	Tensione nominale di rottura a trazione
f _{yk}	450	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
E _{cm}	206000	MPa	Modulo Elastico
gs	1.15		coeff. parziale di sicurezza
f _{yd}	391.304	MPa	Resistenza di calcolo
SS 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.

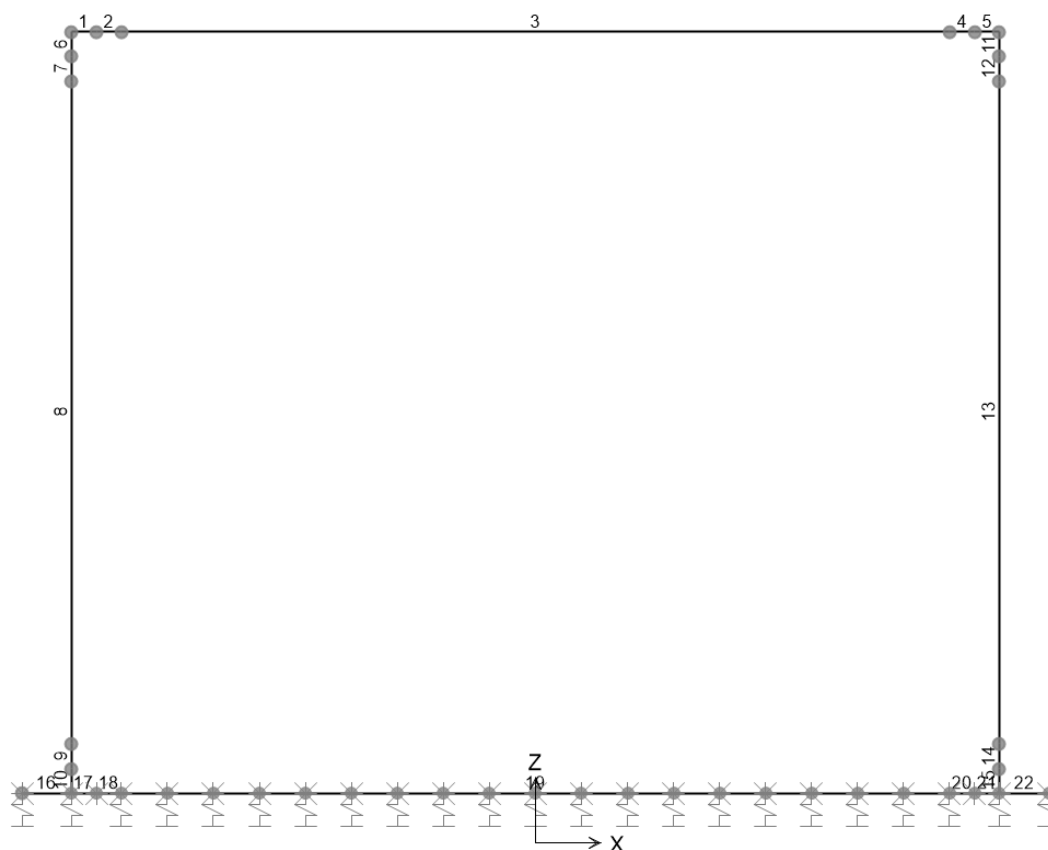


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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.

Cautelativamente, nei calcoli che seguono, si sono assunti i valori minimi di resistenza del terreno, riportati nella seguente tabella:

γ_{sat} [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	ϕ' [°]		ϕ' [°]	ϕ' [°]	E'_{op} [MPa]		V_s [m/s]		categoria terreno	G_0 [MPa]	
		max	min			max	min	max	min		max	min
19	15	30	24	23	23	46	6	347	137	C	235	37

Tabella 6

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	11 di 89

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

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

dove:

-B è la larghezza della fondazione;

-b è 30 cm;

- k_1 è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/cm³).

La 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	18000	kN/m3
valore limite di mezzera	kMEZZ	9000	kN/m3

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	12 di 89

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 $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$.

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	7.5	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	7.5	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	7.5	kN/m

Tabella 8

7.2 PERMANENTI PORTATI

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

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	g	18	kN/m3
Sub Ballast	g	20	kN/m3
Ricoprimento	g	20	kN/m3
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	g	25	kN/m3
Permanenti totali (striscia di 1m)		30.75	kN/m

Tabella 9

Permanente Portato soletta inf. Analysis Case: PERM			
Riempimento	g	25	kN/m3
Massetto	g	15	kN/m3
Pavimento	g	20	kN/m3
0	g	0	kN/m3
Permanenti totali (striscia di 1m)		0.00	kN/m

Tabella 10

7.3 SPINTA DEL TERRENO

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

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

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

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	f	23	°
Q.ta falda in esercizio	zw	2.60	m
Peso di Volume Efficace	g	9	kN/m3
Coeff. Di spinta a riposo	ko	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	19.56	kN/m2
Pressione in asse sol. inf.	P0	32.17	kN/m2

7.4 CARICHI MOBILI

7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico

Considerando una diffusione 4:1 nel ballast e 1:1 nel sub ballast, super compattato, rinterro e all'interno del c.l.s., si è ottenuta, arrivando fino all'asse della soletta superiore, la seguente larghezza di diffusione trasversale.

DIFFUSIONE TRASVERSALE SU SOLETTONE SUP.				
	Ripartizione	Diffus.	h [m]	Larg. Diff.
Ballast+Armamento	1/4	0.25	0.35	0.0875
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.80	0.8
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.15	0.15
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	4.00	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" $L_{\square}$ si fa riferimento al Caso 5 della tabella 1.4.2.5.3-1 delle istruzioni. Si ipotizza uno standard manutentivo normale inoltre in funzione dell'altezza di ricoprimento il coefficiente di incremento dinamico è stato opportunamente ridotto.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 14 di 89

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 $\square$.

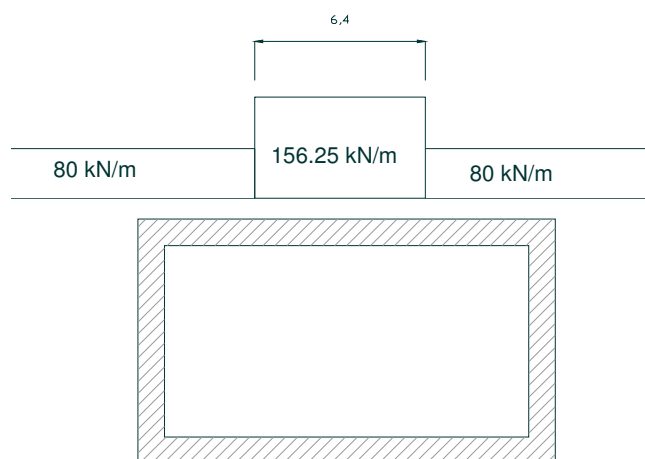


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

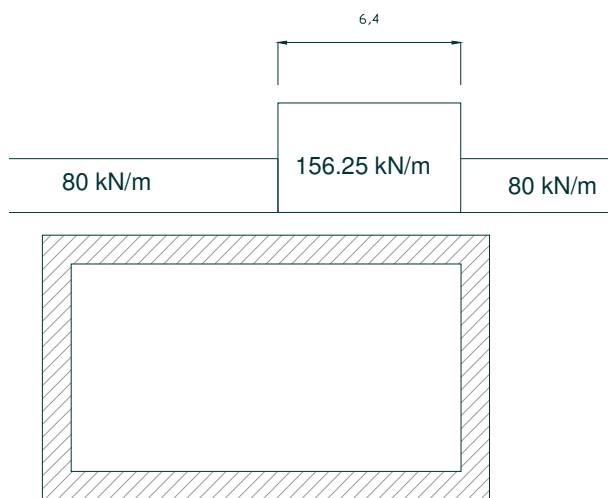


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

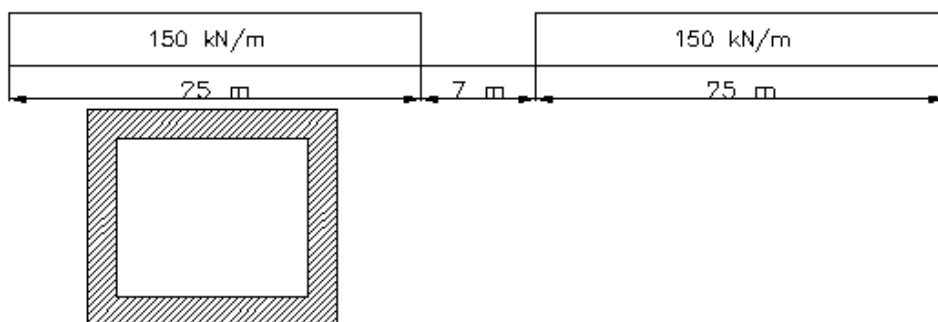


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

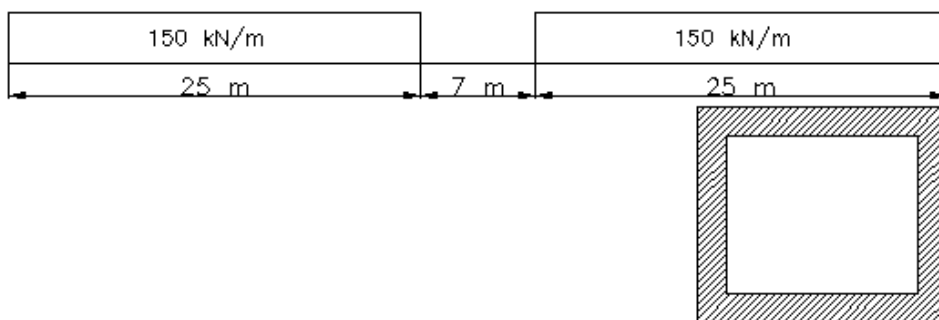


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	a	1	
Luce caratteristica	Lf	3.21	m
Coefficiente dinamico	F	1.29	
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	0.625	m
	L2	1.25	m
	L3	1.875	m

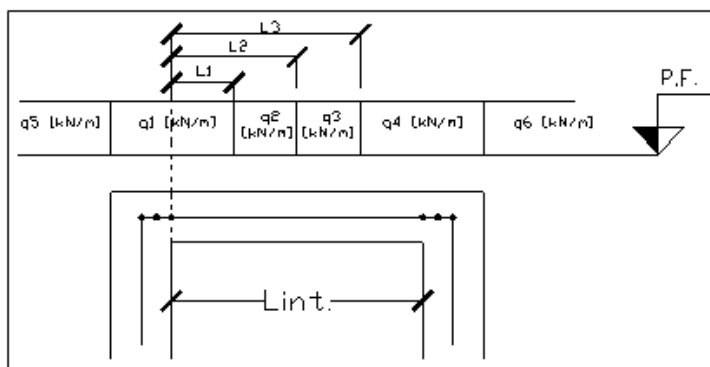


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	48.38	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	48.38	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	48.38	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	48.38	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.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	17 di 89

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	4.00	m
q5 ad estradosso soletta	q5	37.50	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	37.50	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	22.85	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	22.85	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	q1_b/a, k	35	kN/m
Fren. /Avv. Distribuita trasv.	qdist.l_b/a, k	8.75	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	DTunif	+/- 0	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	DTgrad	+/- 0	°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 a_g .

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 18 di 89

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	0.069	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.637	
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	0.1035	g

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

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	0.1035	
Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto			
$G1+G2+0.2xq_1$		47.92	kN/m
$G1+G2+0.2xq_2$		47.92	kN/m
$G1+G2+0.2xq_3$		47.92	kN/m
$G1+G2+0.2xq_4$		47.92	kN/m
Forze Inerziali applicate al Trasverso			
$q_{sh1} = (G1+G2+0.2xq_1) \times Kh$		5.0	kN/m
$q_{sh2} = (G1+G2+0.2xq_2) \times Kh$		5.0	kN/m
$q_{sh3} = (G1+G2+0.2xq_3) \times Kh$		5.0	kN/m
$q_{sh4} = (G1+G2+0.2xq_4) \times Kh$		5.0	kN/m
Massa Distribuita sui Piedritti Lateralì			
G1		7.5	kN/m
Forze Inerziali applicate ai Piedritti Lateralì			
$q'sh = (G1) \times Kh$		0.8	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	K_v	0.05175	
<i>Massa Distribuita sul Trasversario per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		47.92	kN/m
G1+G2+0.2xq2		47.92	kN/m
G1+G2+0.2xq3		47.92	kN/m
G1+G2+0.2xq4		47.92	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x K_v		2.5	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x K_v		2.5	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x K_v		2.5	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x K_v		2.5	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:

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

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	H _{tot}	2.60	m
Peso di Volume	g	19	kN/m ³
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.1035	g
$DSE = (a_{max}/g) \times g \times H^2$	DSE	13.29	kN
Pressione Equivalente Uniforme: DSE / H		6.65	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	ts	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t0	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.	h0	600	mm
Def. per ritiro da essiccamento	ecd(t)	0.000221	
Def. per ritiro autogeno	eca(t)	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	es(t,t0)	0.000266	
Var. Termica equivalente al ritiro	DTritiro	-6.3	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	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

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

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.

<i>Riepilogo Analysis Case Considerati</i>		
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	

I coefficienti di combinazione dei singoli carichi sono riportati nell'allegato A.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	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.

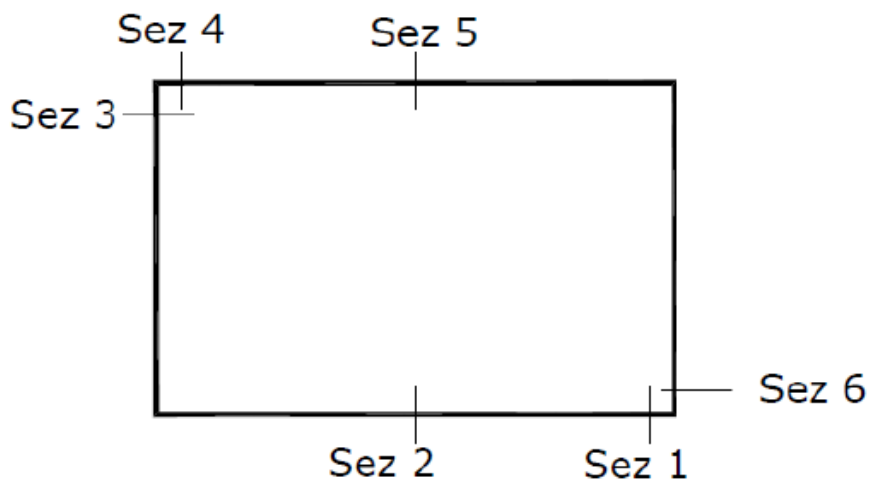


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	25 di 89

VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

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

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

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

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

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

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

ϵ_{cu1}	ϵ_{cu2}
0.200%	0.350%

Acciaio:

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

VERIFICHE ALLO SLU: Taglio

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

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

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

con

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

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

e dove

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 26 di 89

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:

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0.5$$

$$k_2 = 0.4$$

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

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.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m Relazione di calcolo	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 27 di 89

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	30

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm2]	copriferro [cm]
5	20	15.71	8.4
2.5	20	7.85	8.4
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm2]	copriferro [cm]
5	16	10.05	8.2
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	88	174.6	1.99
2	0	-6	174.6	30.71

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	30	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\varnothing_{sup}$	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\varnothing_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\varnothing_{ferro\ ortogonale}$	12	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\varnothing_{st.}$	12	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	q	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	565	mm ²
ctg q	1	
ctg a	0	
z = 0.9d	207	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	VR _{cd_y}	VR _{sd_y}	VR _{d_y}	C.S.y,min
	KN	KN	KN	KN	KN	
G3_1_57	175.618	0	813.96	229	227	1.292

9.2.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-105	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.045	0.077	Verificato
2	Fessurata	-110	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.053	0.090	Verificato
3	Fessurata	-111	-116	0.125	104725	100	216	0.0003	0.054	0.092	Verificato
4	Fessurata	-106	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.046	0.078	Verificato
5	Non fessurata	0	-30	0.125							
6	Non fessurata	0	-35	0.125							
7	Non fessurata	0	-36	0.125							
8	Non fessurata	0	-31	0.125							
9	Fessurata	-101	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.044	0.074	Verificato
10	Fessurata	-106	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.046	0.078	Verificato
11	Fessurata	-107	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.047	0.080	Verificato
12	Fessurata	-102	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.044	0.075	Verificato
13	Non fessurata	0	-26	0.125							
14	Non fessurata	0	-31	0.125							
15	Non fessurata	0	-32	0.125							
16	Non fessurata	0	-27	0.125							
17	Non fessurata	0	-16	0.125							
18	Non fessurata	0	-21	0.125							
19	Non fessurata	0	-22	0.125							
20	Non fessurata	0	-17	0.125							
21	Non fessurata	0	-12	0.125							
22	Non fessurata	0	-17	0.125							
23	Non fessurata	0	-18	0.125							
24	Non fessurata	0	-13	0.125							
25	Non fessurata	0	-68	0.125							
26	Non fessurata	0	-72	0.125							
27	Non fessurata	0	-73	0.125							
28	Non fessurata	0	-68	0.125							
29	Non fessurata	0	-30	0.125							
30	Non fessurata	0	-35	0.125							
31	Non fessurata	0	-36	0.125							
32	Non fessurata	0	-31	0.125							
33	Non fessurata	0	-64	0.125							
34	Non fessurata	0	-69	0.125							
35	Non fessurata	0	-69	0.125							
36	Non fessurata	0	-64	0.125							
37	Non fessurata	0	-26	0.125							
38	Non fessurata	0	-31	0.125							
39	Non fessurata	0	-32	0.125							
40	Non fessurata	0	-27	0.125							
41	Non fessurata	0	-23	0.125							

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	30 di 89

42	Non fessurata	0	-28	0.125							
43	Non fessurata	0	-29	0.125							
44	Non fessurata	0	-24	0.125							
45	Non fessurata	0	-19	0.125							
46	Non fessurata	0	-24	0.125							
47	Non fessurata	0	-25	0.125							
48	Non fessurata	0	-20	0.125							
49	Fessurata	-105	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.045	0.077	Verificato
50	Fessurata	-110	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.053	0.090	Verificato
51	Fessurata	-111	-116	0.125	104725	100	216	0.0003	0.054	0.092	Verificato
52	Fessurata	-106	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.046	0.078	Verificato
53	Fessurata	-101	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.044	0.074	Verificato
54	Fessurata	-106	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.046	0.078	Verificato
55	Fessurata	-107	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.047	0.080	Verificato
56	Fessurata	-102	-116	0.125	104725	100	216	0.0002	0.044	0.075	Verificato

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 31 di 89

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
100	30

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	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	16	10.05	8.2
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	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<u>N</u>	<u>M</u>	<u>Mu</u>	<u>CN_{=cost}</u>
	<i>[KN]</i>	<i>[KN m]</i>	<i>[KN m]</i>	
1	0	-8	-130.0	17.03
2	0	-69	-130.0	1.89

9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	32 di 89

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	
<i>G3_1_5</i>	<i>65.805</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>114.4342</i>	<i>1.739</i>

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srn	esm	wn	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm2]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Fessurata	-135	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.070	0.119
2	Fessurata	-129	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.067	0.113
3	Fessurata	-128	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.066	0.112
4	Fessurata	-134	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.118
5	Non fessurata	0	-39	0.125						
6	Non fessurata	0	-33	0.125						
7	Non fessurata	0	-32	0.125						
8	Non fessurata	0	-38	0.125						
9	Fessurata	-140	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.075	0.128
10	Fessurata	-134	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.118
11	Fessurata	-133	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.117
12	Fessurata	-139	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.074	0.125
13	Non fessurata	0	-44	0.125						
14	Non fessurata	0	-38	0.125						
15	Non fessurata	0	-37	0.125						
16	Non fessurata	0	-43	0.125						
17	Fessurata	-135	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.070	0.119
18	Fessurata	-129	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.067	0.113
19	Fessurata	-128	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.066	0.112
20	Fessurata	-134	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.118
21	Fessurata	-140	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.075	0.128
22	Fessurata	-134	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.118
23	Fessurata	-133	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.117
24	Fessurata	-139	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.074	0.125
25	Non fessurata	0	-87	0.125						
26	Non fessurata	0	-81	0.125						
27	Non fessurata	0	-80	0.125						
28	Non fessurata	0	-86	0.125						
29	Non fessurata	0	-39	0.125						
30	Non fessurata	0	-33	0.125						
31	Non fessurata	0	-32	0.125						
32	Non fessurata	0	-38	0.125						
33	Non fessurata	0	-92	0.125						
34	Non fessurata	0	-86	0.125						
35	Non fessurata	0	-85	0.125						
36	Non fessurata	0	-91	0.125						
37	Non fessurata	0	-44	0.125						
38	Non fessurata	0	-38	0.125						
39	Non fessurata	0	-37	0.125						
40	Non fessurata	0	-43	0.125						
41	Non fessurata	0	-87	0.125						

42	Non fessurata	0	-81	0.125						
43	Non fessurata	0	-80	0.125						
44	Non fessurata	0	-86	0.125						
45	Non fessurata	0	-92	0.125						
46	Non fessurata	0	-86	0.125						
47	Non fessurata	0	-85	0.125						
48	Non fessurata	0	-91	0.125						
49	Fessurata	-135	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.070	0.119
50	Fessurata	-129	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.067	0.113
51	Fessurata	-128	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.066	0.112
52	Fessurata	-134	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.118
53	Fessurata	-140	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.075	0.128
54	Fessurata	-134	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.118
55	Fessurata	-133	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.069	0.117
56	Fessurata	-139	-151	0.125	109854	200	258	0.0003	0.074	0.125

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	35 di 89

9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
100	30

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]	[cm2]	[cm]
5	16	10.05	8.2
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]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
2.5	16	5.03	8.2
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<u>N</u>	<u>M</u>	<u>Mu</u>	<u>CN_{=cost}</u>
	<i>[KN]</i>	<i>[KN m]</i>	<i>[KN m]</i>	
1	225	-62	-176.1	2.831
2	189	-53	-173.4	3.276
3	225	-54	-176.1	3.278
4	189	-44	-173.4	3.903
5	225	-59	-176.1	2.979
6	189	-50	-173.4	3.480
7	225	-68	-176.1	2.604
8	189	-58	-173.4	2.973
9	189	-54	-173.4	3.213

Tombini 2.5 x 2.0 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	36 di 89

10	189	-40	-173.4	4.357
11	189	-49	-173.4	3.553
12	189	-63	-173.4	2.754
13	225	-62	-176.1	2.831
14	49	-16	-162.5	10.265
15	225	-54	-176.1	3.278
16	49	-7	-162.5	22.162
17	225	-59	-176.1	2.979
18	49	-13	-162.5	12.764
19	225	-68	-176.1	2.604
20	49	-21	-162.5	7.655
21	49	-17	-162.5	9.637
22	49	-3	-162.5	60.172
23	49	-12	-162.5	13.891
24	49	-26	-162.5	6.284
25	225	-62	-176.1	2.817
26	189	-53	-173.4	3.258
27	225	-54	-176.1	3.261
28	189	-45	-173.4	3.877
29	225	-59	-176.1	2.964
30	189	-50	-173.4	3.460
31	225	-68	-176.1	2.593
32	189	-59	-173.4	2.958
33	189	-54	-173.4	3.196
34	189	-40	-173.4	4.326
35	189	-49	-173.4	3.533
36	189	-63	-173.4	2.741
37	225	-62	-176.1	2.817
38	49	-16	-162.5	10.081
39	225	-54	-176.1	3.261
40	49	-8	-162.5	21.320
41	225	-59	-176.1	2.964
42	49	-13	-162.5	12.481
43	225	-68	-176.1	2.593
44	49	-22	-162.5	7.552
45	49	-17	-162.5	9.474
46	49	-3	-162.5	54.352
47	49	-12	-162.5	13.556
48	49	-26	-162.5	6.214
49	34	-7	-161.3	24.469
50	34	-21	-161.3	7.772
51	34	-13	-161.3	11.955
52	34	1	-103.6	154.475
53	201	-32	-174.3	5.511
54	171	-28	-171.9	6.040
55	201	-23	-174.3	7.536

56	171	-20	-171.9	8.611
57	201	-29	-174.3	6.109
58	171	-25	-171.9	6.778
59	201	-37	-174.3	4.707
60	171	-34	-171.9	5.077
61	171	-29	-171.9	5.829
62	171	-15	-171.9	11.212
63	171	-24	-171.9	7.066
64	171	-38	-171.9	4.466
65	201	-32	-174.3	5.511
66	49	-16	-162.5	10.265
67	201	-23	-174.3	7.536
68	49	-7	-162.5	22.162
69	201	-29	-174.3	6.109
70	49	-13	-162.5	12.764
71	201	-37	-174.3	4.707
72	49	-21	-162.5	7.655
73	49	-17	-162.5	9.637
74	49	-3	-162.5	60.172
75	49	-12	-162.5	13.891
76	49	-26	-162.5	6.284
77	201	-32	-174.3	5.461
78	171	-29	-171.9	5.980
79	201	-23	-174.3	7.443
80	171	-20	-171.9	8.488
81	201	-29	-174.3	6.048
82	171	-26	-171.9	6.702
83	201	-37	-174.3	4.671
84	171	-34	-171.9	5.034
85	171	-30	-171.9	5.772
86	171	-16	-171.9	11.004
87	171	-25	-171.9	6.983
88	171	-39	-171.9	4.433
89	201	-32	-174.3	5.461
90	49	-16	-162.5	10.081
91	201	-23	-174.3	7.443
92	49	-8	-162.5	21.320
93	201	-29	-174.3	6.048
94	49	-13	-162.5	12.481
95	201	-37	-174.3	4.671
96	49	-22	-162.5	7.552
97	49	-17	-162.5	9.474
98	49	-3	-162.5	54.352
99	49	-12	-162.5	13.556
100	49	-26	-162.5	6.214
101	34	-7	-161.3	24.469

Tombini 2.5 x 2.0 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	38 di 89

102	34	-21	-161.3	7.772
103	34	-13	-161.3	11.955
104	34	1	-103.6	154.475
105	248	-93	-177.8	1.917
106	208	-77	-174.8	2.259
107	248	-84	-177.8	2.110
108	208	-69	-174.8	2.538
109	248	-90	-177.8	1.983
110	208	-74	-174.8	2.353
111	248	-98	-177.8	1.811
112	208	-83	-174.8	2.112
113	208	-78	-174.8	2.229
114	208	-64	-174.8	2.721
115	208	-73	-174.8	2.386
116	208	-87	-174.8	2.000
117	248	-93	-177.8	1.917
118	68	-40	-164.0	4.070
119	248	-84	-177.8	2.110
120	68	-32	-164.0	5.158
121	248	-90	-177.8	1.983
122	68	-37	-164.0	4.409
123	248	-98	-177.8	1.811
124	68	-46	-164.0	3.589
125	68	-41	-164.0	3.968
126	68	-27	-164.0	6.038
127	68	-36	-164.0	4.535
128	68	-50	-164.0	3.259
129	248	-93	-177.8	1.911
130	208	-78	-174.8	2.251
131	248	-85	-177.8	2.103
132	208	-69	-174.8	2.527
133	248	-90	-177.8	1.977
134	208	-75	-174.8	2.344
135	248	-98	-177.8	1.806
136	208	-83	-174.8	2.104
137	208	-79	-174.8	2.221
138	208	-65	-174.8	2.708
139	208	-74	-174.8	2.377
140	208	-88	-174.8	1.993
141	248	-93	-177.8	1.911
142	68	-41	-164.0	4.041
143	248	-85	-177.8	2.103
144	68	-32	-164.0	5.111
145	248	-90	-177.8	1.977
146	68	-37	-164.0	4.375
147	248	-98	-177.8	1.806

Tombini 2.5 x 2.0 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	39 di 89

148	68	-46	-164.0	3.566
149	68	-42	-164.0	3.941
150	68	-27	-164.0	5.974
151	68	-36	-164.0	4.499
152	68	-51	-164.0	3.240
153	34	-7	-161.3	24.469
154	34	-21	-161.3	7.772
155	34	-13	-161.3	11.955
156	34	1	-103.6	154.475
157	114	-8	-167.5	19.845
158	101	-10	-166.5	16.787
159	114	0	-109.5	1956.010
160	101	-1	-166.5	117.123
161	114	-5	-167.5	31.355
162	101	-7	-166.5	24.415
163	114	-14	-167.5	12.104
164	101	-15	-166.5	10.871
165	101	-11	-166.5	15.204
166	101	3	-108.6	33.819
167	101	-6	-166.5	28.773
168	101	-20	-166.5	8.347
169	114	-8	-167.5	19.845
170	119	-34	-168.0	4.886
171	114	0	-109.5	1956.010
172	119	-26	-168.0	6.491
173	114	-5	-167.5	31.355
174	119	-31	-168.0	5.370
175	114	-14	-167.5	12.104
176	119	-40	-168.0	4.223
177	119	-35	-168.0	4.744
178	119	-21	-168.0	7.906
179	119	-30	-168.0	5.554
180	119	-44	-168.0	3.783
181	114	-9	-167.5	19.187
182	101	-10	-166.5	16.312
183	114	0	-167.5	718.069
184	101	-2	-166.5	97.326
185	114	-6	-167.5	29.745
186	101	-7	-166.5	23.422
187	114	-14	-167.5	11.856
188	101	-16	-166.5	10.670
189	101	-11	-166.5	14.813
190	101	3	-108.6	37.169
191	101	-6	-166.5	27.404
192	101	-20	-166.5	8.228
193	114	-9	-167.5	19.187

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	40 di 89

194	119	-35	-168.0	4.845
195	114	0	-167.5	718.069
196	119	-26	-168.0	6.419
197	114	-6	-167.5	29.745
198	119	-32	-168.0	5.321
199	114	-14	-167.5	11.856
200	119	-40	-168.0	4.193
201	119	-36	-168.0	4.705
202	119	-22	-168.0	7.800
203	119	-31	-168.0	5.501
204	119	-45	-168.0	3.758
205	34	-7	-161.3	24.469
206	34	-21	-161.3	7.772
207	34	-13	-161.3	11.955
208	34	1	-103.6	154.475
209	160	-70	-171.1	2.459
210	138	-59	-169.4	2.880
211	160	-61	-171.1	2.801
212	138	-50	-169.4	3.366
213	160	-66	-171.1	2.574
214	138	-56	-169.4	3.040
215	160	-75	-171.1	2.282
216	138	-64	-169.4	2.638
217	138	-60	-169.4	2.830
218	138	-46	-169.4	3.707
219	138	-55	-169.4	3.097
220	138	-69	-169.4	2.460
221	160	-70	-171.1	2.459
222	138	-59	-169.4	2.880
223	160	-61	-171.1	2.801
224	138	-50	-169.4	3.366
225	160	-66	-171.1	2.574
226	138	-56	-169.4	3.040
227	160	-75	-171.1	2.282
228	138	-64	-169.4	2.638
229	138	-60	-169.4	2.830
230	138	-46	-169.4	3.707
231	138	-55	-169.4	3.097
232	138	-69	-169.4	2.460
233	160	-70	-171.1	2.449
234	138	-59	-169.4	2.866
235	160	-61	-171.1	2.788
236	138	-51	-169.4	3.347
237	160	-67	-171.1	2.563
238	138	-56	-169.4	3.024
239	160	-75	-171.1	2.273

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

Tombini 2.5 x 2.0 m

Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

FASE-ENTE

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NM0Z

20

D 26

CLRI0003003

A

41 di 89

240	138	-65	-169.4	2.626
241	138	-60	-169.4	2.816
242	138	-46	-169.4	3.684
243	138	-55	-169.4	3.081
244	138	-69	-169.4	2.450
245	160	-70	-171.1	2.449
246	138	-59	-169.4	2.866
247	160	-61	-171.1	2.788
248	138	-51	-169.4	3.347
249	160	-67	-171.1	2.563
250	138	-56	-169.4	3.024
251	160	-75	-171.1	2.273
252	138	-65	-169.4	2.626
253	138	-60	-169.4	2.816
254	138	-46	-169.4	3.684
255	138	-55	-169.4	3.081
256	138	-69	-169.4	2.450
257	34	-7	-161.3	24.469
258	34	-21	-161.3	7.772
259	34	-13	-161.3	11.955
260	34	1	-103.6	154.475
261	48	-4	-162.4	45.407
262	48	1	-104.6	91.360
263	54	-12	-162.9	13.563
264	54	-7	-162.9	22.347
265	48	-2	-162.4	87.560
266	48	-7	-162.4	24.695
267	64	-25	-163.7	6.420
268	64	-21	-163.7	7.879
269	54	-10	-162.9	15.832
270	54	-15	-162.9	10.852
271	70	-34	-164.2	4.839
272	70	-29	-164.2	5.621
273	64	-24	-163.7	6.885
274	64	-28	-163.7	5.744
275	70	-32	-164.2	5.097
276	70	-37	-164.2	4.446
277	46	-3	-162.2	51.477
278	46	2	-104.5	66.556
279	52	-12	-162.7	14.047
280	52	-7	-162.7	23.708
281	46	-1	-162.2	113.460
282	46	-6	-162.2	26.376
283	62	-25	-163.5	6.523
284	62	-20	-163.5	8.036
285	52	-10	-162.7	16.499

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	42 di 89

286	52	-15	-162.7	11.158
287	69	-34	-164.0	4.896
288	69	-29	-164.0	5.699
289	62	-23	-163.5	7.004
290	62	-28	-163.5	5.826
291	69	-32	-164.0	5.161
292	69	-37	-164.0	4.493
293	55	-11	-163.0	14.197
294	55	-7	-163.0	24.111
295	62	-20	-163.5	8.210
296	62	-15	-163.5	10.761
297	55	-10	-163.0	16.701
298	55	-14	-163.0	11.256
299	60	-18	-163.4	9.048
300	60	-13	-163.4	12.251
301	62	-18	-163.5	8.987
302	62	-23	-163.5	7.135
303	67	-26	-163.9	6.187
304	67	-22	-163.9	7.528
305	60	-16	-163.4	10.002
306	60	-21	-163.4	7.759
307	67	-25	-163.9	6.617
308	67	-29	-163.9	5.557
309	49	-10	-162.5	16.145
310	49	-5	-162.5	30.405
311	56	-18	-163.0	8.812
312	56	-14	-163.0	11.831
313	49	-8	-162.5	19.476
314	49	-13	-162.5	12.439
315	54	-17	-162.9	9.789
316	54	-12	-162.9	13.666
317	56	-17	-163.0	9.716
318	56	-21	-163.0	7.583
319	61	-25	-163.4	6.517
320	61	-20	-163.4	8.028
321	54	-15	-162.9	10.919
322	54	-20	-162.9	8.294
323	61	-23	-163.4	6.997
324	61	-28	-163.4	5.821

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 43 di 89

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	30	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\emptyset_{sup}$	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\emptyset_{inf}$	16	
Diametro ferro ortogonale	$\emptyset_{ferro}$ ortogonale	12	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	q	0	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	0	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm ²
ctg q	#DIV/0!	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	207	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd_y}	VR _{sd_y}	VR _{d_y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_83	-114.33	248.601	0.82867	171.7881				1.503

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	44 di 89

9.4.3 Fessurazione

	<i>Formazione fessure</i>	<i>ss [MPa]</i>	<i>ssr [MPa]</i>	<i>k3 [-]</i>	<i>Aeff [mm2]</i>	<i>s [mm]</i>	<i>srm [mm]</i>	<i>esm [-]</i>	<i>wm [mm]</i>	<i>wd [mm]</i>
1	Non fessurata	0	-14	0.125						
2	Non fessurata	0	-3	0.125						
3	Non fessurata	0	-10	0.125						
4	Non fessurata	0	-23	0.125						
5	Non fessurata	0	-14	0.125						
6	Non fessurata	0	-1	0.125						
7	Non fessurata	0	-9	0.125						
8	Non fessurata	0	-24	0.125						
9	Non fessurata	0	-17	0.125						
10	Non fessurata	0	-5	0.125						
11	Non fessurata	0	-13	0.125						
12	Non fessurata	0	-26	0.125						
13	Non fessurata	0	-18	0.125						
14	Non fessurata	0	-4	0.125						
15	Non fessurata	0	-13	0.125						
16	Non fessurata	0	-28	0.125						
17	Fessurata	-91	-101	0.125	96775	200	235	0.0002	0.043	0.073
18	Non fessurata	0	-76	0.125						
19	Fessurata	-86	-100	0.125	96318	200	235	0.0002	0.040	0.068
20	Fessurata	-100	-103	0.125	97504	200	236	0.0002	0.055	0.094
21	Fessurata	-94	-102	0.125	97070	200	235	0.0002	0.046	0.078
22	Non fessurata	0	-80	0.125						
23	Fessurata	-89	-101	0.125	96642	200	235	0.0002	0.042	0.071
24	Fessurata	-104	-104	0.125	97755	200	236	0.0003	0.061	0.104
25	Non fessurata	0	-14	0.125						
26	Non fessurata	0	-2	0.125						
27	Non fessurata	0	-9	0.125						
28	Non fessurata	0	-23	0.125						
29	Non fessurata	0	-14	0.125						
30	Non fessurata	0	-1	0.125						
31	Non fessurata	0	-9	0.125						
32	Non fessurata	0	-24	0.125						
33	Non fessurata	0	-17	0.125						
34	Non fessurata	0	-4	0.125						
35	Non fessurata	0	-13	0.125						
36	Non fessurata	0	-27	0.125						
37	Non fessurata	0	-18	0.125						
38	Non fessurata	0	-4	0.125						
39	Non fessurata	0	-13	0.125						
40	Non fessurata	0	-28	0.125						
41	Non fessurata	0	-53	0.125						
42	Non fessurata	0	-38	0.125						
43	Non fessurata	0	-47	0.125						
44	Non fessurata	0	-62	0.125						

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	45 di 89

45	Non fessurata	0	-56	0.125
46	Non fessurata	0	-42	0.125
47	Non fessurata	0	-51	0.125
48	Non fessurata	0	-66	0.125
49	Non fessurata	0	-14	0.125
50	Non fessurata	0	-3	0.125
51	Non fessurata	0	-10	0.125
52	Non fessurata	0	-23	0.125
53	Non fessurata	0	-17	0.125
54	Non fessurata	0	-5	0.125
55	Non fessurata	0	-13	0.125
56	Non fessurata	0	-26	0.125

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 46 di 89

9.5 VERIFICA SEZIONE 6: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

$$\begin{array}{cc} B & H \\ [cm] & [cm] \\ 100 & 30 \end{array}$$

9.5.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	16	10.05	8.2
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]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
2.5	16	5.03	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<u>N</u>	<u>M</u>	<u>Mu</u>	<u>CN_{=cost}</u>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	202	-93	-174.4	1.88
2	176	-78	-172.3	2.20
3	202	-95	-174.4	1.83
4	176	-81	-172.3	2.13
5	202	-96	-174.4	1.82
6	176	-82	-172.3	2.11
7	202	-93	-174.4	1.87
8	176	-79	-172.3	2.18
9	176	-77	-172.3	2.23
10	176	-82	-172.3	2.11
11	176	-83	-172.3	2.09
12	176	-78	-172.3	2.20
13	202	-93	-174.4	1.88
14	71	-22	-164.2	7.62
15	202	-95	-174.4	1.83
16	71	-24	-164.2	6.81
17	202	-96	-174.4	1.82
18	71	-25	-164.2	6.65
19	202	-93	-174.4	1.87
20	71	-22	-164.2	7.42
21	71	-21	-164.2	8.01
22	71	-25	-164.2	6.64
23	71	-26	-164.2	6.38
24	71	-21	-164.2	7.64
25	202	-92	-174.4	1.89
26	176	-78	-172.3	2.21
27	202	-95	-174.4	1.84
28	176	-81	-172.3	2.14
29	202	-96	-174.4	1.83
30	176	-81	-172.3	2.12
31	202	-93	-174.4	1.88
32	176	-79	-172.3	2.19
33	176	-77	-172.3	2.24
34	176	-81	-172.3	2.12
35	176	-82	-172.3	2.09
36	176	-78	-172.3	2.21
37	202	-92	-174.4	1.89
38	71	-21	-164.2	7.73
39	202	-95	-174.4	1.84
40	71	-24	-164.2	6.90

41	202	-96	-174.4	1.83
42	71	-24	-164.2	6.73
43	202	-93	-174.4	1.88
44	71	-22	-164.2	7.52
45	71	-20	-164.2	8.13
46	71	-24	-164.2	6.72
47	71	-25	-164.2	6.45
48	71	-21	-164.2	7.75
49	50	-19	-162.6	8.49
50	50	-15	-162.6	10.91
51	50	-12	-162.6	13.37
52	50	-16	-162.6	9.91
53	178	-123	-172.5	1.40
54	156	-103	-170.8	1.66
55	178	-126	-172.5	1.37
56	156	-106	-170.8	1.62
57	178	-127	-172.5	1.36
58	156	-106	-170.8	1.61
59	178	-124	-172.5	1.39
60	156	-104	-170.8	1.65
61	156	-102	-170.8	1.67
62	156	-106	-170.8	1.61
63	156	-107	-170.8	1.59
64	156	-103	-170.8	1.66
65	178	-123	-172.5	1.40
66	71	-22	-164.2	7.62
67	178	-126	-172.5	1.37
68	71	-24	-164.2	6.81
69	178	-127	-172.5	1.36
70	71	-25	-164.2	6.65
71	178	-124	-172.5	1.39
72	71	-22	-164.2	7.42
73	71	-21	-164.2	8.01
74	71	-25	-164.2	6.64
75	71	-26	-164.2	6.38
76	71	-21	-164.2	7.64
77	178	-123	-172.5	1.40
78	156	-103	-170.8	1.66
79	178	-126	-172.5	1.37
80	156	-105	-170.8	1.62
81	178	-126	-172.5	1.37
82	156	-106	-170.8	1.61
83	178	-124	-172.5	1.39
84	156	-103	-170.8	1.65
85	156	-102	-170.8	1.68
86	156	-106	-170.8	1.61

87	156	-107	-170.8	1.60
88	156	-103	-170.8	1.66
89	178	-123	-172.5	1.40
90	71	-21	-164.2	7.73
91	178	-126	-172.5	1.37
92	71	-24	-164.2	6.90
93	178	-126	-172.5	1.37
94	71	-24	-164.2	6.73
95	178	-124	-172.5	1.39
96	71	-22	-164.2	7.52
97	71	-20	-164.2	8.13
98	71	-24	-164.2	6.72
99	71	-25	-164.2	6.45
100	71	-21	-164.2	7.75
101	50	-19	-162.6	8.49
102	50	-15	-162.6	10.91
103	50	-12	-162.6	13.37
104	50	-16	-162.6	9.91
105	227	-62	-176.2	2.85
106	196	-54	-173.9	3.23
107	227	-64	-176.2	2.74
108	196	-56	-173.9	3.08
109	227	-65	-176.2	2.71
110	196	-57	-173.9	3.05
111	227	-62	-176.2	2.82
112	196	-54	-173.9	3.20
113	196	-53	-173.9	3.30
114	196	-57	-173.9	3.05
115	196	-58	-173.9	3.00
116	196	-54	-173.9	3.23
117	227	-62	-176.2	2.85
118	91	3	-107.8	34.88
119	227	-64	-176.2	2.74
120	91	1	-107.8	198.44
121	227	-65	-176.2	2.71
122	91	0	-165.8	3243.72
123	227	-62	-176.2	2.82
124	91	2	-107.8	43.19
125	91	4	-107.8	26.05
126	91	0	-165.8	1539.04
127	91	-1	-165.8	150.88
128	91	3	-107.8	34.25
129	227	-62	-176.2	2.86
130	196	-54	-173.9	3.25
131	227	-64	-176.2	2.75
132	196	-56	-173.9	3.10

Tombini 2.5 x 2.0 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	50 di 89

133	227	-65	-176.2	2.72
134	196	-57	-173.9	3.07
135	227	-62	-176.2	2.83
136	196	-54	-173.9	3.21
137	196	-52	-173.9	3.31
138	196	-57	-173.9	3.07
139	196	-58	-173.9	3.01
140	196	-53	-173.9	3.25
141	227	-62	-176.2	2.86
142	91	3	-107.8	31.86
143	227	-64	-176.2	2.75
144	91	1	-107.8	128.88
145	227	-65	-176.2	2.72
146	91	0	-107.8	445.22
147	227	-62	-176.2	2.83
148	91	3	-107.8	38.65
149	91	4	-107.8	24.33
150	91	0	-107.8	581.30
151	91	-1	-165.8	205.83
152	91	3	-107.8	31.33
153	50	-19	-162.6	8.49
154	50	-15	-162.6	10.91
155	50	-12	-162.6	13.37
156	50	-16	-162.6	9.91
157	112	-88	-167.4	1.90
158	104	-75	-166.8	2.23
159	112	-90	-167.4	1.85
160	104	-77	-166.8	2.16
161	112	-91	-167.4	1.84
162	104	-78	-166.8	2.14
163	112	-89	-167.4	1.89
164	104	-75	-166.8	2.22
165	104	-74	-166.8	2.27
166	104	-78	-166.8	2.14
167	104	-79	-166.8	2.12
168	104	-75	-166.8	2.24
169	112	-88	-167.4	1.90
170	123	-50	-168.3	3.37
171	112	-90	-167.4	1.85
172	123	-53	-168.3	3.20
173	112	-91	-167.4	1.84
174	123	-53	-168.3	3.17
175	112	-89	-167.4	1.89
176	123	-51	-168.3	3.33
177	123	-49	-168.3	3.44
178	123	-53	-168.3	3.16

179	123	-54	-168.3	3.11
180	123	-50	-168.3	3.37
181	112	-88	-167.4	1.91
182	104	-74	-166.8	2.24
183	112	-90	-167.4	1.86
184	104	-77	-166.8	2.17
185	112	-91	-167.4	1.84
186	104	-77	-166.8	2.15
187	112	-88	-167.4	1.90
188	104	-75	-166.8	2.23
189	104	-73	-166.8	2.28
190	104	-78	-166.8	2.15
191	104	-79	-166.8	2.12
192	104	-74	-166.8	2.24
193	112	-88	-167.4	1.91
194	123	-50	-168.3	3.39
195	112	-90	-167.4	1.86
196	123	-52	-168.3	3.22
197	112	-91	-167.4	1.84
198	123	-53	-168.3	3.18
199	112	-88	-167.4	1.90
200	123	-50	-168.3	3.35
201	123	-49	-168.3	3.46
202	123	-53	-168.3	3.18
203	123	-54	-168.3	3.12
204	123	-50	-168.3	3.39
205	50	-19	-162.6	8.49
206	50	-15	-162.6	10.91
207	50	-12	-162.6	13.37
208	50	-16	-162.6	9.91
209	161	-26	-171.2	6.51
210	143	-25	-169.8	6.70
211	161	-29	-171.2	5.93
212	143	-28	-169.8	6.09
213	161	-29	-171.2	5.81
214	143	-29	-169.8	5.96
215	161	-27	-171.2	6.36
216	143	-26	-169.8	6.54
217	143	-24	-169.8	6.99
218	143	-29	-169.8	5.95
219	143	-30	-169.8	5.75
220	143	-25	-169.8	6.71
221	161	-26	-171.2	6.51
222	143	-25	-169.8	6.70
223	161	-29	-171.2	5.93
224	143	-28	-169.8	6.09

225	161	-29	-171.2	5.81
226	143	-29	-169.8	5.96
227	161	-27	-171.2	6.36
228	143	-26	-169.8	6.54
229	143	-24	-169.8	6.99
230	143	-29	-169.8	5.95
231	143	-30	-169.8	5.75
232	143	-25	-169.8	6.71
233	161	-26	-171.2	6.58
234	143	-25	-169.8	6.77
235	161	-29	-171.2	5.99
236	143	-28	-169.8	6.15
237	161	-29	-171.2	5.87
238	143	-28	-169.8	6.02
239	161	-27	-171.2	6.43
240	143	-26	-169.8	6.62
241	143	-24	-169.8	7.07
242	143	-28	-169.8	6.01
243	143	-29	-169.8	5.80
244	143	-25	-169.8	6.79
245	161	-26	-171.2	6.58
246	143	-25	-169.8	6.77
247	161	-29	-171.2	5.99
248	143	-28	-169.8	6.15
249	161	-29	-171.2	5.87
250	143	-28	-169.8	6.02
251	161	-27	-171.2	6.43
252	143	-26	-169.8	6.62
253	143	-24	-169.8	7.07
254	143	-28	-169.8	6.01
255	143	-29	-169.8	5.80
256	143	-25	-169.8	6.79
257	50	-19	-162.6	8.49
258	50	-15	-162.6	10.91
259	50	-12	-162.6	13.37
260	50	-16	-162.6	9.91
261	58	-40	-163.2	4.04
262	58	-42	-163.2	3.90
263	65	-32	-163.7	5.13
264	65	-33	-163.7	4.91
265	58	-42	-163.2	3.87
266	58	-41	-163.2	4.00
267	74	-17	-164.4	9.89
268	74	-18	-164.4	9.11
269	65	-34	-163.7	4.86
270	65	-32	-163.7	5.08

Tombini 2.5 x 2.0 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	53 di 89

271	80	-8	-164.9	20.29
272	80	-10	-164.9	17.28
273	74	-18	-164.4	8.95
274	74	-17	-164.4	9.70
275	80	-10	-164.9	16.70
276	80	-8	-164.9	19.50
277	56	-40	-163.0	4.07
278	56	-42	-163.0	3.93
279	63	-32	-163.6	5.18
280	63	-33	-163.6	4.95
281	56	-42	-163.0	3.90
282	56	-40	-163.0	4.03
283	72	-16	-164.3	10.08
284	72	-18	-164.3	9.27
285	63	-33	-163.6	4.90
286	63	-32	-163.6	5.12
287	79	-8	-164.8	21.11
288	79	-9	-164.8	17.87
289	72	-18	-164.3	9.10
290	72	-17	-164.3	9.88
291	79	-10	-164.8	17.25
292	79	-8	-164.8	20.25
293	65	-32	-163.8	5.09
294	65	-34	-163.8	4.87
295	72	-24	-164.3	6.93
296	72	-25	-164.3	6.54
297	65	-34	-163.8	4.83
298	65	-33	-163.8	5.04
299	70	-25	-164.1	6.55
300	70	-26	-164.1	6.20
301	72	-25	-164.3	6.46
302	72	-24	-164.3	6.84
303	77	-17	-164.7	9.95
304	77	-18	-164.7	9.16
305	70	-27	-164.1	6.13
306	70	-25	-164.1	6.47
307	77	-18	-164.7	9.00
308	77	-17	-164.7	9.75
309	59	-31	-163.3	5.25
310	59	-33	-163.3	5.02
311	66	-23	-163.8	7.24
312	66	-24	-163.8	6.82
313	59	-33	-163.3	4.97
314	59	-31	-163.3	5.19
315	64	-24	-163.7	6.83
316	64	-25	-163.7	6.45

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	54 di 89

317	66	-24	-163.8	6.73
318	66	-23	-163.8	7.14
319	71	-15	-164.2	10.61
320	71	-17	-164.2	9.72
321	64	-26	-163.7	6.36
322	64	-24	-163.7	6.73
323	71	-17	-164.2	9.53
324	71	-16	-164.2	10.39

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 55 di 89

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	30	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\emptyset_{sup}$	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\emptyset_{inf}$	16	
Diametro ferro ortogonale	$\emptyset_{ferro}$ ortogonale	12	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\emptyset_{st.}$	12	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	q	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	565	mm ²
ctg q	1	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	207	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd_y}	VR _{sd_y}	VR _{d_y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_3	166.559	176.74			851.5877	229	229	1.374

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-192	-159	0.13	98829	200	72	####	###	###	Verificato
2	Fessurata	-197	-159	0.13	98969	200	72	####	###	###	Verificato
3	Fessurata	-199	-159	0.13	99017	200	72	####	###	###	Verificato
4	Fessurata	-194	-159	0.13	98879	200	72	####	###	###	Verificato
5	Non fessurata	0	-28	0.13							
6	Non fessurata	0	-33	0.13							
7	Non fessurata	0	-35	0.13							
8	Non fessurata	0	-30	0.13							
9	Fessurata	-187	-158	0.13	98690	200	72	####	###	###	Verificato
10	Fessurata	-192	-159	0.13	98836	200	72	####	###	###	Verificato
11	Fessurata	-194	-159	0.13	98886	200	72	####	###	###	Verificato
12	Fessurata	-189	-158	0.13	98742	200	72	####	###	###	Verificato
13	Non fessurata	0	-23	0.13							
14	Non fessurata	0	-28	0.13							
15	Non fessurata	0	-30	0.13							
16	Non fessurata	0	-25	0.13							
17	Non fessurata	0	-72	0.13							
18	Non fessurata	0	-77	0.13							
19	Non fessurata	0	-79	0.13							
20	Non fessurata	0	-74	0.13							
21	Non fessurata	0	-67	0.13							
22	Non fessurata	0	-72	0.13							
23	Non fessurata	0	-74	0.13							
24	Non fessurata	0	-69	0.13							
25	Non fessurata	0	-110	0.13							
26	Non fessurata	0	-115	0.13							
27	Non fessurata	0	-117	0.13							
28	Non fessurata	0	-112	0.13							
29	Non fessurata	0	-28	0.13							
30	Non fessurata	0	-33	0.13							
31	Non fessurata	0	-35	0.13							
32	Non fessurata	0	-30	0.13							
33	Non fessurata	0	-105	0.13							
34	Non fessurata	0	-110	0.13							
35	Non fessurata	0	-112	0.13							
36	Non fessurata	0	-107	0.13							
37	Non fessurata	0	-23	0.13							
38	Non fessurata	0	-28	0.13							
39	Non fessurata	0	-30	0.13							
40	Non fessurata	0	-25	0.13							
41	Non fessurata	0	-50	0.13							

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	57 di 89

42	Non fessurata	0	-55	0.13							
43	Non fessurata	0	-57	0.13							
44	Non fessurata	0	-52	0.13							
45	Non fessurata	0	-45	0.13							
46	Non fessurata	0	-50	0.13							
47	Non fessurata	0	-52	0.13							
48	Non fessurata	0	-47	0.13							
49	Fessurata	-192	-159	0.13	98829	200	72	####	###	###	Verificato
50	Fessurata	-197	-159	0.13	98969	200	72	####	###	###	Verificato
51	Fessurata	-199	-159	0.13	99017	200	72	####	###	###	Verificato
52	Fessurata	-194	-159	0.13	98879	200	72	####	###	###	Verificato
53	Fessurata	-187	-158	0.13	98690	200	72	####	###	###	Verificato
54	Fessurata	-192	-159	0.13	98836	200	72	####	###	###	Verificato
55	Fessurata	-194	-159	0.13	98886	200	72	####	###	###	Verificato
56	Fessurata	-189	-158	0.13	98742	200	72	####	###	###	Verificato

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 58 di 89

9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
<i>100</i>	<i>30</i>

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]	[cm2]	[cm]
5	16	10.05	8.2
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]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
5	16	10.05	8.2
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	103	-55	-194.7	3.54
2	90	-47	-193.8	4.11
3	98	-46	-194.3	4.21
4	85	-38	-193.4	5.06
5	100	-52	-194.5	3.76
6	87	-44	-193.5	4.42
7	105	-61	-194.9	3.22
8	93	-53	-193.9	3.68
9	91	-48	-193.8	4.02
10	83	-33	-193.2	5.79
11	86	-43	-193.5	4.53
12	95	-57	-194.1	3.38
13	103	-55	-194.7	3.54
14	39	-15	-189.9	12.40
15	98	-46	-194.3	4.21
16	34	-6	-189.5	29.46
17	100	-52	-194.5	3.76
18	36	-12	-189.7	15.81
19	105	-61	-194.9	3.22
20	41	-21	-190.0	9.10
21	40	-16	-190.0	11.57
22	31	-2	-189.3	117.23
23	35	-11	-189.6	17.41
24	44	-26	-190.2	7.40
25	103	-55	-194.7	3.52
26	91	-47	-193.8	4.09
27	98	-46	-194.3	4.18
28	85	-39	-193.4	5.02
29	101	-52	-194.5	3.74
30	88	-44	-193.6	4.39
31	106	-61	-194.9	3.20
32	93	-53	-193.9	3.66
33	92	-49	-193.8	4.00
34	83	-34	-193.2	5.73
35	87	-43	-193.5	4.50
36	95	-58	-194.1	3.36
37	103	-55	-194.7	3.52
38	39	-16	-189.9	12.15
39	98	-46	-194.3	4.18
40	34	-7	-189.5	28.11
41	101	-52	-194.5	3.74
42	36	-12	-189.7	15.41

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	60 di 89

43	106	-61	-194.9	3.20
44	41	-21	-190.1	8.97
45	40	-17	-190.0	11.36
46	32	-2	-189.3	98.38
47	35	-11	-189.6	16.93
48	44	-26	-190.3	7.32
49	22	-6	-188.6	32.15
50	30	-21	-189.2	9.15
51	28	-13	-189.1	14.27
52	20	2	-103.3	66.52
53	79	-24	-192.9	8.00
54	71	-22	-192.3	8.60
55	74	-15	-192.6	12.63
56	66	-13	-191.9	14.24
57	77	-21	-192.7	9.26
58	68	-19	-192.1	10.08
59	82	-30	-193.1	6.50
60	74	-28	-192.5	6.89
61	72	-23	-192.4	8.20
62	64	-9	-191.8	22.12
63	68	-18	-192.0	10.70
64	76	-33	-192.7	5.88
65	79	-24	-192.9	8.00
66	39	-15	-189.9	12.40
67	74	-15	-192.6	12.63
68	34	-6	-189.5	29.46
69	77	-21	-192.7	9.26
70	36	-12	-189.7	15.81
71	82	-30	-193.1	6.50
72	41	-21	-190.0	9.10
73	40	-16	-190.0	11.57
74	31	-2	-189.3	117.23
75	35	-11	-189.6	17.41
76	44	-26	-190.2	7.40
77	80	-24	-193.0	7.90
78	72	-23	-192.3	8.48
79	75	-16	-192.6	12.38
80	67	-14	-192.0	13.92
81	77	-21	-192.7	9.12
82	69	-19	-192.1	9.92
83	82	-30	-193.1	6.44
84	74	-28	-192.5	6.82
85	73	-24	-192.4	8.09
86	64	-9	-191.8	21.36
87	68	-18	-192.1	10.52
88	76	-33	-192.7	5.83

89	80	-24	-193.0	7.90
90	39	-16	-189.9	12.15
91	75	-16	-192.6	12.38
92	34	-7	-189.5	28.11
93	77	-21	-192.7	9.12
94	36	-12	-189.7	15.41
95	82	-30	-193.1	6.44
96	41	-21	-190.1	8.97
97	40	-17	-190.0	11.36
98	32	-2	-189.3	98.38
99	35	-11	-189.6	16.93
100	44	-26	-190.3	7.32
101	22	-6	-188.6	32.15
102	30	-21	-189.2	9.15
103	28	-13	-189.1	14.27
104	20	2	-103.3	66.52
105	127	-86	-196.5	2.29
106	109	-72	-195.2	2.72
107	122	-77	-196.1	2.54
108	104	-63	-194.8	3.10
109	124	-83	-196.3	2.38
110	106	-68	-194.9	2.85
111	129	-92	-196.6	2.15
112	112	-77	-195.3	2.52
113	110	-73	-195.2	2.68
114	102	-58	-194.6	3.35
115	105	-67	-194.9	2.89
116	114	-82	-195.5	2.38
117	127	-86	-196.5	2.29
118	58	-40	-191.3	4.78
119	122	-77	-196.1	2.54
120	53	-31	-190.9	6.13
121	124	-83	-196.3	2.38
122	55	-37	-191.1	5.20
123	129	-92	-196.6	2.15
124	60	-46	-191.5	4.20
125	59	-41	-191.4	4.65
126	50	-26	-190.7	7.24
127	54	-36	-191.0	5.36
128	63	-50	-191.7	3.80
129	127	-86	-196.5	2.28
130	110	-72	-195.2	2.71
131	122	-77	-196.1	2.54
132	104	-63	-194.8	3.08
133	124	-83	-196.3	2.37
134	107	-69	-195.0	2.83

135	129	-92	-196.7	2.14
136	112	-78	-195.4	2.51
137	111	-73	-195.3	2.67
138	102	-58	-194.6	3.33
139	106	-68	-194.9	2.88
140	114	-83	-195.5	2.37
141	127	-86	-196.5	2.28
142	58	-40	-191.3	4.74
143	122	-77	-196.1	2.54
144	53	-31	-190.9	6.07
145	124	-83	-196.3	2.37
146	55	-37	-191.1	5.16
147	129	-92	-196.7	2.14
148	60	-46	-191.5	4.17
149	59	-41	-191.4	4.62
150	51	-27	-190.8	7.16
151	54	-36	-191.0	5.32
152	63	-51	-191.7	3.78
153	22	-6	-188.6	32.15
154	30	-21	-189.2	9.15
155	28	-13	-189.1	14.27
156	20	2	-103.3	66.52
157	47	-4	-190.5	44.61
158	46	-6	-190.4	29.38
159	42	5	-105.0	22.77
160	41	2	-104.9	43.64
161	44	-1	-190.3	199.43
162	43	-3	-190.2	60.12
163	50	-10	-190.7	19.38
164	48	-12	-190.6	15.82
165	47	-8	-190.5	25.11
166	38	7	-104.7	14.50
167	42	-2	-190.1	92.40
168	50	-17	-190.7	11.31
169	47	-4	-190.5	44.61
170	65	-31	-191.8	6.15
171	42	5	-105.0	22.77
172	60	-22	-191.4	8.58
173	44	-1	-190.3	199.43
174	62	-28	-191.6	6.87
175	50	-10	-190.7	19.38
176	67	-37	-192.0	5.22
177	66	-32	-191.9	5.94
178	57	-18	-191.2	10.93
179	61	-27	-191.5	7.15
180	69	-42	-192.2	4.62

181	48	-5	-190.5	41.60
182	46	-7	-190.4	28.05
183	43	4	-105.0	24.41
184	41	2	-104.9	50.10
185	45	-1	-190.3	150.59
186	43	-3	-190.2	54.77
187	50	-10	-190.7	18.79
188	48	-12	-190.6	15.42
189	47	-8	-190.5	24.13
190	38	7	-104.7	15.15
191	42	-2	-190.1	80.32
192	51	-17	-190.8	11.11
193	48	-5	-190.5	41.60
194	65	-32	-191.8	6.09
195	43	4	-105.0	24.41
196	60	-23	-191.5	8.46
197	45	-1	-190.3	150.59
198	62	-28	-191.6	6.80
199	50	-10	-190.7	18.79
200	67	-37	-192.0	5.18
201	66	-33	-191.9	5.88
202	57	-18	-191.3	10.74
203	61	-27	-191.5	7.07
204	70	-42	-192.2	4.59
205	22	-6	-188.6	32.15
206	30	-21	-189.2	9.15
207	28	-13	-189.1	14.27
208	20	2	-103.3	66.52
209	95	-66	-194.1	2.94
210	84	-56	-193.2	3.46
211	90	-57	-193.7	3.39
212	78	-47	-192.9	4.10
213	92	-63	-193.9	3.09
214	81	-53	-193.0	3.67
215	97	-72	-194.2	2.71
216	86	-61	-193.4	3.15
217	85	-57	-193.3	3.39
218	76	-42	-192.7	4.56
219	80	-52	-193.0	3.75
220	88	-66	-193.6	2.92
221	95	-66	-194.1	2.94
222	84	-56	-193.2	3.46
223	90	-57	-193.7	3.39
224	78	-47	-192.9	4.10
225	92	-63	-193.9	3.09
226	81	-53	-193.0	3.67

227	97	-72	-194.2	2.71
228	86	-61	-193.4	3.15
229	85	-57	-193.3	3.39
230	76	-42	-192.7	4.56
231	80	-52	-193.0	3.75
232	88	-66	-193.6	2.92
233	95	-66	-194.1	2.92
234	84	-56	-193.3	3.44
235	90	-58	-193.7	3.37
236	79	-47	-192.9	4.07
237	92	-63	-193.9	3.07
238	81	-53	-193.1	3.65
239	97	-72	-194.3	2.70
240	86	-62	-193.4	3.13
241	85	-57	-193.3	3.37
242	76	-43	-192.7	4.53
243	80	-52	-193.0	3.72
244	89	-67	-193.6	2.91
245	95	-66	-194.1	2.92
246	84	-56	-193.3	3.44
247	90	-58	-193.7	3.37
248	79	-47	-192.9	4.07
249	92	-63	-193.9	3.07
250	81	-53	-193.1	3.65
251	97	-72	-194.3	2.70
252	86	-62	-193.4	3.13
253	85	-57	-193.3	3.37
254	76	-43	-192.7	4.53
255	80	-52	-193.0	3.72
256	89	-67	-193.6	2.91
257	22	-6	-188.6	32.15
258	30	-21	-189.2	9.15
259	28	-13	-189.1	14.27
260	20	2	-103.3	66.52
261	31	-3	-189.3	73.38
262	28	2	-104.0	44.13
263	38	-11	-189.8	17.09
264	35	-6	-189.6	30.73
265	29	-1	-189.2	256.82
266	32	-6	-189.4	33.39
267	41	-24	-190.1	7.82
268	39	-19	-189.8	9.81
269	36	-9	-189.6	20.48
270	39	-14	-189.9	13.37
271	48	-33	-190.6	5.81
272	45	-28	-190.3	6.83

273	40	-22	-189.9	8.46
274	43	-27	-190.2	6.94
275	46	-31	-190.4	6.15
276	49	-36	-190.6	5.31
277	31	-2	-189.3	83.80
278	28	3	-104.0	38.84
279	37	-11	-189.8	17.60
280	35	-6	-189.5	32.41
281	29	0	-189.1	454.79
282	32	-5	-189.4	35.39
283	41	-24	-190.1	7.93
284	38	-19	-189.8	9.97
285	36	-9	-189.6	21.21
286	39	-14	-189.9	13.68
287	48	-32	-190.6	5.86
288	45	-28	-190.3	6.91
289	40	-22	-189.9	8.58
290	43	-27	-190.2	7.03
291	46	-31	-190.4	6.21
292	49	-36	-190.6	5.36
293	32	-10	-189.3	18.75
294	29	-5	-189.1	36.64
295	39	-19	-189.8	10.19
296	36	-14	-189.6	13.85
297	30	-8	-189.2	22.92
298	33	-13	-189.4	14.36
299	35	-17	-189.6	11.41
300	32	-12	-189.4	16.22
301	37	-17	-189.7	11.31
302	40	-22	-189.9	8.75
303	42	-25	-190.1	7.56
304	39	-20	-189.9	9.40
305	33	-15	-189.5	12.83
306	36	-20	-189.7	9.63
307	40	-23	-190.0	8.16
308	43	-28	-190.2	6.74
309	32	-9	-189.3	20.97
310	29	-4	-189.1	46.20
311	38	-18	-189.8	10.81
312	36	-13	-189.6	15.03
313	30	-7	-189.2	26.33
314	33	-12	-189.4	15.63
315	35	-16	-189.6	12.20
316	32	-11	-189.4	17.85
317	37	-16	-189.7	12.08
318	40	-21	-189.9	9.20

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	66 di 89

319	42	-24	-190.1	7.90
320	39	-19	-189.9	9.92
321	33	-14	-189.5	13.83
322	36	-19	-189.7	10.18
323	40	-22	-189.9	8.55
324	43	-27	-190.2	7.00

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	67 di 89

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	30	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	$\emptyset_{sup}$	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\emptyset_{inf}$	16	
Diametro ferro ortogonale	$\emptyset_{ferro}$ ortogonale	12	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\emptyset_{st.}$	12	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	q	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	565	mm ²
ctg q	1	
ctg a	0	
$z = 0.9d$	207	mm
f'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd_y}	VR _{sd_y}	VR _{d_y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_53	-204.999	125.54			842.7557	229	229	1.116

9.6.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm ²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-6	0.125						
2	Non fessurata	0	1	0.125						
3	Non fessurata	0	-3	0.125						
4	Non fessurata	0	-14	0.125						
5	Non fessurata	0	-11	0.125						
6	Non fessurata	0	0	0.125						
7	Non fessurata	0	-7	0.125						
8	Non fessurata	0	-19	0.125						
9	Non fessurata	0	-9	0.125						
10	Non fessurata	0	0	0.125						
11	Non fessurata	0	-5	0.125						
12	Non fessurata	0	-17	0.125						
13	Non fessurata	0	-14	0.125						
14	Non fessurata	0	-3	0.125						
15	Non fessurata	0	-10	0.125						
16	Non fessurata	0	-22	0.125						
17	Non fessurata	0	-69	0.125						
18	Non fessurata	0	-57	0.125						
19	Non fessurata	0	-65	0.125						
20	Fessurata	-77	-90	0.125	97165	100	203	0.0002	0.031	0.053
21	Non fessurata	0	-72	0.125						
22	Non fessurata	0	-60	0.125						
23	Non fessurata	0	-68	0.125						
24	Fessurata	-80	-91	0.125	97261	100	203	0.0002	0.032	0.055
25	Non fessurata	0	-9	0.125						
26	Non fessurata	0	1	0.125						
27	Non fessurata	0	-5	0.125						
28	Non fessurata	0	-16	0.125						
29	Non fessurata	0	-11	0.125						
30	Non fessurata	0	0	0.125						
31	Non fessurata	0	-7	0.125						
32	Non fessurata	0	-19	0.125						
33	Non fessurata	0	-12	0.125						
34	Non fessurata	0	-1	0.125						
35	Non fessurata	0	-7	0.125						
36	Non fessurata	0	-19	0.125						
37	Non fessurata	0	-14	0.125						
38	Non fessurata	0	-3	0.125						
39	Non fessurata	0	-10	0.125						
40	Non fessurata	0	-22	0.125						
41	Non fessurata	0	-40	0.125						
42	Non fessurata	0	-28	0.125						
43	Non fessurata	0	-36	0.125						
44	Non fessurata	0	-48	0.125						

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	69 di 89

45	Non fessurata	0	-43	0.125
46	Non fessurata	0	-31	0.125
47	Non fessurata	0	-39	0.125
48	Non fessurata	0	-51	0.125
49	Non fessurata	0	-6	0.125
50	Non fessurata	0	1	0.125
51	Non fessurata	0	-3	0.125
52	Non fessurata	0	-14	0.125
53	Non fessurata	0	-9	0.125
54	Non fessurata	0	0	0.125
55	Non fessurata	0	-5	0.125
56	Non fessurata	0	-17	0.125

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 70 di 89

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	30

9.7.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.4
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]	[cm2]	[cm]
5	16	10.05	8.2
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	98	73	137.8	1.88
2	86	61	136.9	2.24
3	93	82	137.4	1.67
4	81	70	136.5	1.95
5	95	77	137.6	1.80
6	84	65	136.7	2.12
7	101	68	138.0	2.04
8	89	56	137.1	2.46
9	87	60	137.0	2.28
10	79	75	136.3	1.82
11	83	66	136.6	2.08
12	91	51	137.3	2.70
13	98	73	137.8	1.88
14	39	13	133.1	10.24
15	93	82	137.4	1.67
16	34	22	132.7	6.06
17	95	77	137.6	1.80
18	36	16	132.9	8.14
19	101	68	138.0	2.04
20	41	7	133.3	17.94
21	40	12	133.2	11.20
22	31	27	132.5	4.96
23	35	17	132.8	7.62
24	44	3	133.5	51.09
25	99	73	137.9	1.89
26	87	61	136.9	2.25
27	93	82	137.5	1.68
28	82	70	136.5	1.96
29	96	76	137.6	1.80
30	84	64	136.7	2.13
31	101	67	138.0	2.05
32	89	55	137.1	2.48
33	88	60	137.0	2.29
34	79	75	136.3	1.83
35	83	65	136.6	2.09
36	91	51	137.3	2.72
37	99	73	137.9	1.89
38	39	13	133.1	10.49
39	93	82	137.5	1.68
40	34	22	132.7	6.15
41	96	76	137.6	1.80

42	36	16	132.9	8.30
43	101	67	138.0	2.05
44	41	7	133.3	18.72
45	40	12	133.2	11.50
46	32	26	132.5	5.02
47	35	17	132.8	7.76
48	44	2	133.5	57.97
49	22	14	131.7	9.64
50	30	-1	102.1	89.58
51	28	6	132.2	21.06
52	20	21	131.5	6.24
53	98	73	137.8	1.88
54	86	61	136.9	2.24
55	93	82	137.4	1.67
56	81	70	136.5	1.95
57	95	77	137.6	1.80
58	84	65	136.7	2.12
59	101	68	138.0	2.04
60	89	56	137.1	2.46
61	87	60	137.0	2.28
62	79	75	136.3	1.82
63	83	66	136.6	2.08
64	91	51	137.3	2.70
65	98	73	137.8	1.88
66	39	13	133.1	10.24
67	93	82	137.4	1.67
68	34	22	132.7	6.06
69	95	77	137.6	1.80
70	36	16	132.9	8.14
71	101	68	138.0	2.04
72	41	7	133.3	17.94
73	40	12	133.2	11.20
74	31	27	132.5	4.96
75	35	17	132.8	7.62
76	44	3	133.5	51.09
77	99	73	137.9	1.89
78	87	61	136.9	2.25
79	93	82	137.5	1.68
80	82	70	136.5	1.96
81	96	76	137.6	1.80
82	84	64	136.7	2.13
83	101	67	138.0	2.05
84	89	55	137.1	2.48
85	88	60	137.0	2.29
86	79	75	136.3	1.83
87	83	65	136.6	2.09

88	91	51	137.3	2.72
89	99	73	137.9	1.89
90	39	13	133.1	10.49
91	93	82	137.5	1.68
92	34	22	132.7	6.15
93	96	76	137.6	1.80
94	36	16	132.9	8.30
95	101	67	138.0	2.05
96	41	7	133.3	18.72
97	40	12	133.2	11.50
98	32	26	132.5	5.02
99	35	17	132.8	7.76
100	44	2	133.5	57.97
101	22	14	131.7	9.64
102	30	-1	102.1	89.58
103	28	6	132.2	21.06
104	20	21	131.5	6.24
105	98	73	137.8	1.88
106	86	61	136.9	2.24
107	93	82	137.4	1.67
108	81	70	136.5	1.95
109	95	77	137.6	1.80
110	84	65	136.7	2.12
111	101	68	138.0	2.04
112	89	56	137.1	2.46
113	87	60	137.0	2.28
114	79	75	136.3	1.82
115	83	66	136.6	2.08
116	91	51	137.3	2.70
117	98	73	137.8	1.88
118	39	13	133.1	10.24
119	93	82	137.4	1.67
120	34	22	132.7	6.06
121	95	77	137.6	1.80
122	36	16	132.9	8.14
123	101	68	138.0	2.04
124	41	7	133.3	17.94
125	40	12	133.2	11.20
126	31	27	132.5	4.96
127	35	17	132.8	7.62
128	44	3	133.5	51.09
129	99	73	137.9	1.89
130	87	61	136.9	2.25
131	93	82	137.5	1.68
132	82	70	136.5	1.96
133	96	76	137.6	1.80

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	74 di 89

134	84	64	136.7	2.13
135	101	67	138.0	2.05
136	89	55	137.1	2.48
137	88	60	137.0	2.29
138	79	75	136.3	1.83
139	83	65	136.6	2.09
140	91	51	137.3	2.72
141	99	73	137.9	1.89
142	39	13	133.1	10.49
143	93	82	137.5	1.68
144	34	22	132.7	6.15
145	96	76	137.6	1.80
146	36	16	132.9	8.30
147	101	67	138.0	2.05
148	41	7	133.3	18.72
149	40	12	133.2	11.50
150	32	26	132.5	5.02
151	35	17	132.8	7.76
152	44	2	133.5	57.97
153	22	14	131.7	9.64
154	30	-1	102.1	89.58
155	28	6	132.2	21.06
156	20	21	131.5	6.24
157	69	43	135.5	3.14
158	63	37	135.0	3.64
159	64	52	135.1	2.60
160	58	46	134.6	2.93
161	66	46	135.2	2.91
162	60	40	134.8	3.33
163	71	38	135.6	3.61
164	65	32	135.2	4.29
165	64	36	135.1	3.75
166	55	51	134.4	2.65
167	59	42	134.7	3.24
168	67	27	135.4	5.07
169	69	43	135.5	3.14
170	63	37	135.0	3.64
171	64	52	135.1	2.60
172	58	46	134.6	2.93
173	66	46	135.2	2.91
174	60	40	134.8	3.33
175	71	38	135.6	3.61
176	65	32	135.2	4.29
177	64	36	135.1	3.75
178	55	51	134.4	2.65
179	59	42	134.7	3.24

180	67	27	135.4	5.07
181	69	43	135.5	3.16
182	63	37	135.0	3.67
183	64	52	135.1	2.61
184	58	46	134.6	2.95
185	66	46	135.3	2.93
186	60	40	134.8	3.36
187	71	37	135.7	3.64
188	65	31	135.2	4.33
189	64	36	135.1	3.79
190	55	50	134.4	2.66
191	59	41	134.7	3.27
192	68	26	135.4	5.13
193	69	43	135.5	3.16
194	63	37	135.0	3.67
195	64	52	135.1	2.61
196	58	46	134.6	2.95
197	66	46	135.3	2.93
198	60	40	134.8	3.36
199	71	37	135.7	3.64
200	65	31	135.2	4.33
201	64	36	135.1	3.79
202	55	50	134.4	2.66
203	59	41	134.7	3.27
204	68	26	135.4	5.13
205	22	14	131.7	9.64
206	30	-1	102.1	89.58
207	28	6	132.2	21.06
208	20	21	131.5	6.24
209	69	43	135.5	3.14
210	63	37	135.0	3.64
211	64	52	135.1	2.60
212	58	46	134.6	2.93
213	66	46	135.2	2.91
214	60	40	134.8	3.33
215	71	38	135.6	3.61
216	65	32	135.2	4.29
217	64	36	135.1	3.75
218	55	51	134.4	2.65
219	59	42	134.7	3.24
220	67	27	135.4	5.07
221	69	43	135.5	3.14
222	63	37	135.0	3.64
223	64	52	135.1	2.60
224	58	46	134.6	2.93
225	66	46	135.2	2.91

Tombini 2.5 x 2.0 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	76 di 89

226	60	40	134.8	3.33
227	71	38	135.6	3.61
228	65	32	135.2	4.29
229	64	36	135.1	3.75
230	55	51	134.4	2.65
231	59	42	134.7	3.24
232	67	27	135.4	5.07
233	69	43	135.5	3.16
234	63	37	135.0	3.67
235	64	52	135.1	2.61
236	58	46	134.6	2.95
237	66	46	135.3	2.93
238	60	40	134.8	3.36
239	71	37	135.7	3.64
240	65	31	135.2	4.33
241	64	36	135.1	3.79
242	55	50	134.4	2.66
243	59	41	134.7	3.27
244	68	26	135.4	5.13
245	69	43	135.5	3.16
246	63	37	135.0	3.67
247	64	52	135.1	2.61
248	58	46	134.6	2.95
249	66	46	135.3	2.93
250	60	40	134.8	3.36
251	71	37	135.7	3.64
252	65	31	135.2	4.33
253	64	36	135.1	3.79
254	55	50	134.4	2.66
255	59	41	134.7	3.27
256	68	26	135.4	5.13
257	22	14	131.7	9.64
258	30	-1	102.1	89.58
259	28	6	132.2	21.06
260	20	21	131.5	6.24
261	39	16	133.1	8.24
262	36	21	132.8	6.30
263	39	16	133.1	8.24
264	36	21	132.8	6.30
265	37	18	132.9	7.39
266	40	13	133.2	10.21
267	39	16	133.1	8.24
268	36	21	132.8	6.30
269	37	18	132.9	7.39
270	40	13	133.2	10.21
271	39	16	133.1	8.24

Tombini 2.5 x 2.0 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	77 di 89

272	36	21	132.8	6.30
273	37	18	132.9	7.39
274	40	13	133.2	10.21
275	37	18	132.9	7.39
276	40	13	133.2	10.21
277	39	15	133.1	8.62
278	36	20	132.8	6.52
279	39	15	133.1	8.62
280	36	20	132.8	6.52
281	37	17	132.9	7.70
282	40	12	133.2	10.79
283	39	15	133.1	8.62
284	36	20	132.8	6.52
285	37	17	132.9	7.70
286	40	12	133.2	10.79
287	39	15	133.1	8.62
288	36	20	132.8	6.52
289	37	17	132.9	7.70
290	40	12	133.2	10.79
291	37	17	132.9	7.70
292	40	12	133.2	10.79
293	36	17	132.9	7.62
294	33	22	132.6	5.93
295	36	17	132.9	7.62
296	33	22	132.6	5.93
297	35	19	132.7	6.89
298	37	14	133.0	9.28
299	36	17	132.9	7.62
300	33	22	132.6	5.93
301	35	19	132.7	6.89
302	37	14	133.0	9.28
303	36	17	132.9	7.62
304	33	22	132.6	5.93
305	35	19	132.7	6.89
306	37	14	133.0	9.28
307	35	19	132.7	6.89
308	37	14	133.0	9.28
309	36	15	132.9	8.82
310	33	20	132.6	6.63
311	36	15	132.9	8.82
312	33	20	132.6	6.63
313	34	17	132.7	7.85
314	37	12	133.0	11.11
315	36	15	132.9	8.82
316	33	20	132.6	6.63
317	34	17	132.7	7.85

Tombini 2.5 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	78 di 89

318	37	12	133.0	11.11
319	36	15	132.9	8.82
320	33	20	132.6	6.63
321	34	17	132.7	7.85
322	37	12	133.0	11.11
323	34	17	132.7	7.85
324	37	12	133.0	11.11

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003003	A	79 di 89

9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd_y}	VR _{sd_y}	VR _{d_y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_3	35.48	93.211	0.310703	140.3057				3.955

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-122	-138	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
2	Fessurata	-143	-141	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
3	Fessurata	-130	-139	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
4	Non fessurata	0	-109	0.13							
5	Non fessurata	0	-23	0.13							
6	Non fessurata	0	-44	0.13							
7	Non fessurata	0	-31	0.13							
8	Non fessurata	0	-10	0.13							
9	Fessurata	-117	-137	0.13	### #	200	255	### #	###	###	Verificato
10	Fessurata	-138	-140	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
11	Fessurata	-125	-139	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
12	Non fessurata	0	-104	0.13							
13	Non fessurata	0	-17	0.13							
14	Non fessurata	0	-38	0.13							
15	Non fessurata	0	-25	0.13							
16	Non fessurata	0	-5	0.13							
17	Fessurata	-122	-138	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
18	Fessurata	-143	-141	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
19	Fessurata	-130	-139	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
20	Non fessurata	0	-109	0.13							
21	Fessurata	-117	-137	0.13	### #	200	255	### #	###	###	Verificato
22	Fessurata	-138	-140	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
23	Fessurata	-125	-139	0.13	### #	200	256	### #	###	###	Verificato
24	Non fessurata	0	-104	0.13							
25	Non fessurata	0	-73	0.13							
26	Non fessurata	0	-94	0.13							
27	Non fessurata	0	-81	0.13							
28	Non fessurata	0	-60	0.13							
29	Non fessurata	0	-23	0.13							
30	Non fessurata	0	-44	0.13							
31	Non fessurata	0	-31	0.13							
32	Non fessurata	0	-10	0.13							
33	Non fessurata	0	-67	0.13							
34	Non fessurata	0	-88	0.13							
35	Non fessurata	0	-75	0.13							
36	Non fessurata	0	-54	0.13							
37	Non fessurata	0	-17	0.13							
38	Non fessurata	0	-38	0.13							
39	Non fessurata	0	-25	0.13							
40	Non fessurata	0	-5	0.13							

41	Non fessurata	0	-73	0.13							
42	Non fessurata	0	-94	0.13							
43	Non fessurata	0	-81	0.13							
44	Non fessurata	0	-60	0.13							
45	Non fessurata	0	-67	0.13							
46	Non fessurata	0	-88	0.13							
47	Non fessurata	0	-75	0.13							
48	Non fessurata	0	-54	0.13							
49	Fessurata	-122	-138	0.13	####	200	256	####	###	###	Verificato
50	Fessurata	-143	-141	0.13	####	200	256	####	###	###	Verificato
51	Fessurata	-130	-139	0.13	####	200	256	####	###	###	Verificato
52	Non fessurata	0	-109	0.13							
53	Fessurata	-117	-137	0.13	####	200	255	####	###	###	Verificato
54	Fessurata	-138	-140	0.13	####	200	256	####	###	###	Verificato
55	Fessurata	-125	-139	0.13	####	200	256	####	###	###	Verificato
56	Non fessurata	0	-104	0.13							

9.8 RIEPILOGO VERIFICHE

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

01_SW2 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	88	-	1.990
	Taglio	G3_1_57	0	-	176	1.292
2	Presso-flessione	G1_25	0	-60	-	2.167
	Taglio	G3_1_5	0	-	114	2.707
3	Presso-flessione	G3_1_83	227	-95	-	1.846
	Taglio	G3_1_83	228	0	-118	1.430
4	Presso-flessione	G3_1_83	134	-90	-	2.182
	Taglio	G3_1_53	130	0	-188	1.214
5	Presso-flessione	G1_3	101	72	-	1.913
	Taglio	G3_0.5_3	68	-	25	5.554
6	Presso-flessione	G3_1_5	199	-90	-	1.927
	Taglio	G3_1_3	198	-	134	1.702

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	125	-	1.397
	Taglio	G3_1_57	0	-	179	1.266
2	Presso-flessione	G1_25	0	-65	-	2.008
	Taglio	G3_1_5	0	-	114	1.323
3	Presso-flessione	G3_1_83	205	-63	-	2.784
	Taglio	G3_1_83	206	0	-86	1.933
4	Presso-flessione	G3_1_83	102	-57	-	3.427
	Taglio	G3_1_53	98	0	-167	1.373
5	Presso-flessione	G1_3	69	77	-	1.763
	Taglio	G3_1_3	69	-	46	2.960
6	Presso-flessione	G3_1_5	178	-127	-	1.362
	Taglio	G3_1_3	177	-	167	1.374

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	88	-	1.976
	Taglio	G3_1_57	0	-	193	1.178
2	Presso-flessione	G1_25	0	-68	-	1.906
	Taglio	G3_1_5	0	-	114	2.786
3	Presso-flessione	G3_1_83	248	-98	-	1.806
	Taglio	G3_1_83	249	0	-114	1.503
4	Presso-flessione	G3_1_83	129	-92	-	2.142
	Taglio	G3_1_53	126	0	-205	1.116
5	Presso-flessione	G1_3	98	81	-	1.692
	Taglio	G3_0.5_3	66	-	23	5.883
6	Presso-flessione	G3_1_5	223	-92	-	1.904
	Taglio	G3_1_3	222	-	129	1.768

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_5	0	111	-	1.570
	Taglio	G3_1_57	0	-	195	1.165
2	Presso-flessione	G1_25	0	-69	-	1.886
	Taglio	G3_1_5	0	-	114	1.739
3	Presso-flessione	G3_1_83	236	-81	-	2.175
	Taglio	G3_1_83	236	0	-106	1.600
4	Presso-flessione	G3_1_83	125	-75	-	2.618
	Taglio	G3_1_53	121	0	-193	1.187
5	Presso-flessione	G1_3	93	82	-	1.673
	Taglio	G3_1_3	93	-	35	3.955
6	Presso-flessione	G3_1_5	211	-114	-	1.536
	Taglio	G3_1_3	210	-	158	1.453

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	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 mezzera della sezione trasversale stessa.

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

$$N_{tr} = k_c \times k \times \sigma_{tr} \times A_c$$

azione normale di trazione dovuta alle σ_r di ritiro

$$\sigma_s$$

massima tensione ammessa nell'armatura

$$A_c$$

area della sezione di cls che si ritira

$$\sigma_{tr} = \sigma_r \times E_c / 3$$

tensione di trazione indotta dal ritiro

$$k_c = 1.0$$

coefficiente di distribuzione delle tensioni nella sezione

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

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

$$K_r = [(L/H-2)/(L/H+1)]^{h/H}$$

grado di impedimento

$$m = 1/(1+A_c/A_t \cdot E_c/E_t)$$

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 QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Tombini 2.5 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003003	REV. A	FOGLIO 87 di 89

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

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

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

$$\sigma_{cs}(t_1, t_0) = \sigma_{cr0} \cdot \sigma_s(t_1 - t_0) \quad \text{deformazione di ritiro del cls}$$

$$\sigma_{cr0} = \sigma_s(f_{cm}) \cdot \sigma_{RH} \quad \text{coefficiente nominale di ritiro}$$

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

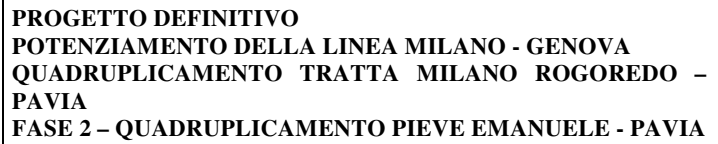
$$\sigma_s(f_{cm}) = [160 + \sigma_{sc} \cdot (90 - f_{cm})] \cdot 10^{-6} \quad \text{fattore che tiene conto della } R_{ck}$$

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

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

$$t_0 = 1 \quad \text{età del cls all'inizio della contrazione}$$

$$t_1 = 18000 \quad \text{età finale del cls (18000 giorni = 50 anni)}$$



COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003003	A	88 di 89

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ecs _m	0.00013	
Tensione per ritiro impedito	str	1.43068	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	40000	mm
Altezza elemento equivalente	H	300	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	11400	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
Grado di impedimento	Kr	0.98877	
Moltiplicatore Kr	m	0.11017	
Tensione di lavoro assunta	ss _L	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m	1+1Ø 12 / 20		
Verifica	OK		
coefficiente di sicurezza C.S.	6.646554266		

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