

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 1 – QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO – PIEVE EMANUELE IDRAULICA DI SEDE - GENERALE

Relazione di calcolo portali 4x2.5

SCALA:

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

N M 0 Z 1 0 D 2 6 C L R I 0 0 0 3 0 0 6 A

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

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

File: NM0Z10D26CLRI0003006A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4	ALLEGATI.....	8
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
6	MODELLO DI CALCOLO.....	11
7	ANALISI DEI CARICHI.....	12
	7.1 PESO PROPRIO.....	12
	7.2 PERMANENTI PORTATI.....	12
	7.3 SPINTA DEL TERRENO	13
	7.4 CARICHI MOBILI.....	13
	7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico.....	13
	7.4.2 Disposizione dei convogli.....	14
	7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI.....	16
	7.6 SERPEGGIO.....	17
	7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA	17
	7.8 VARIAZIONI TERMICHE.....	17
	7.9 AZIONI SISMICHE	17
	7.10RITIRO	19
8	COMBINAZIONI DI CARICO	21
9	VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE	24
	9.1 CRITERI DI VERIFICA	24
	9.2 VERIFICA SEZIONE 1: Piedritto_ Nodo Soletta Superiore	27
	9.2.1 Presso-Flessione	27
	9.2.2 Taglio.....	35
	9.2.3 Fessurazione	36
	9.3 VERIFICA SEZIONE 4: Piedritto_ Nodo Soletta Inferiore.....	38
	9.3.1 Presso-Flessione	38
	9.3.2 Taglio.....	47
	9.3.3 Fessurazione	48
	9.4 VERIFICA SEZIONE 2: Soletta Superiore_ Nodo Piedritto	50
	9.4.1 Presso-Flessione	50
	9.4.2 Taglio.....	59
	9.4.3 Fessurazione	60
	9.5 VERIFICA SEZIONE 4: Soletta Superiore_ Mezzeria.....	62
	9.5.1 Presso-Flessione	62
	9.5.2 Taglio.....	71



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

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	3 di 92

9.5.3 Fessurazione	72
9.6 RIEPILOGO VERIFICHE.....	74
10 VERIFICHE LONGITUDINALI	78
11 VERIFICA DEI MICROPALI	82
11.1 CRITERI DI VERIFICA	83
11.1.1 Carico limite verticale.....	84
11.2 VERIFICHE GEOTECNICHE.....	87
11.2.1 Micropalo soggetto a compressione	87
11.2.2 Micropalo soggetto a trazione	89
11.3 VERIFICHE STRUTTURALI	91

1 PREMESSA

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

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

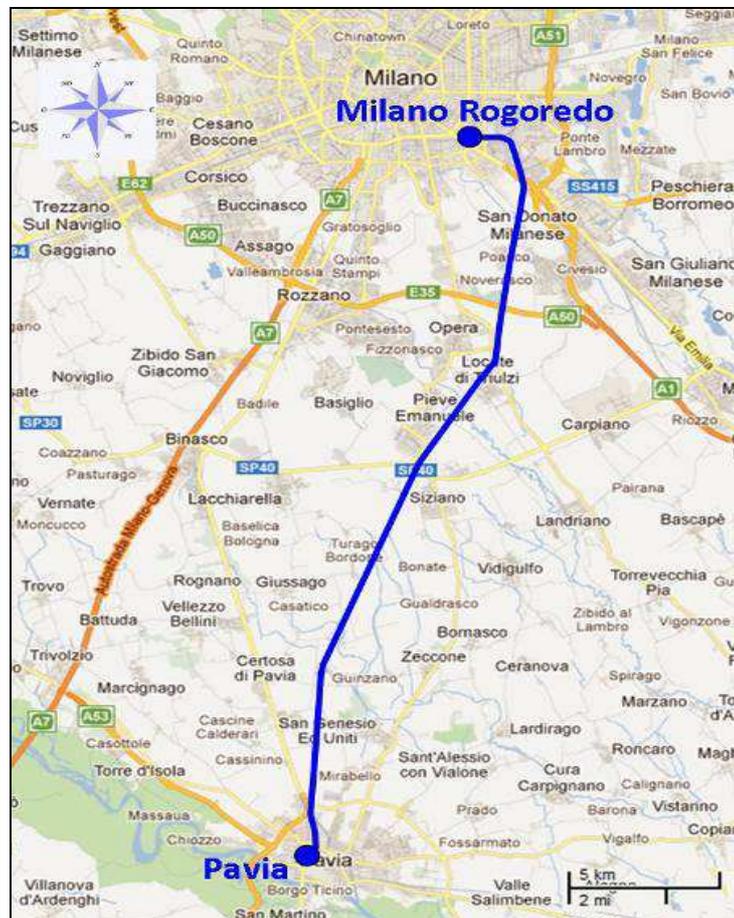


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei portali di geometria 4.0 x 2.5 m.

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 portali 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	4.90	m
Altezza totale	Htot	3.45	m
Spessore soletta superiore	ss	0.45	m
Spessore piedritti	sp	0.45	m
Luce libera	Lint	4.00	m
Altezza libera	Hint	2.50	m

Tabella 1

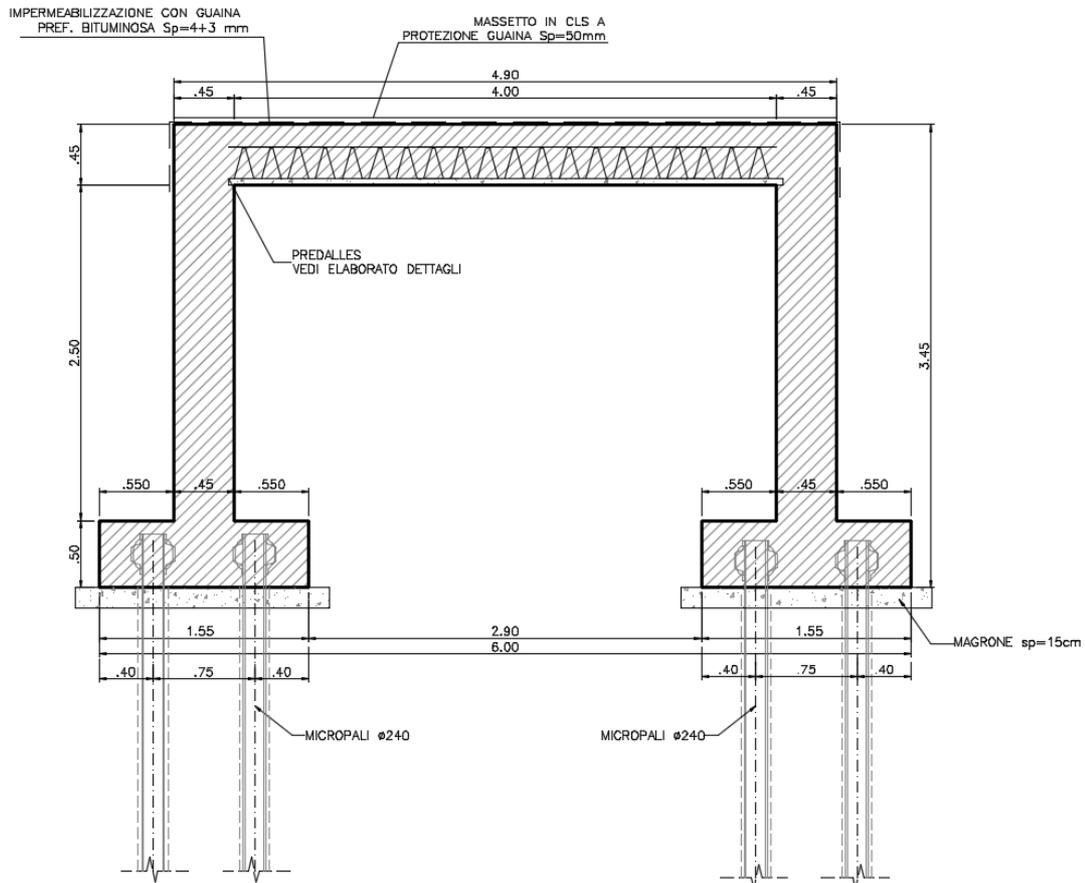


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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.

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003006</td> <td>A</td> <td>7 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	7 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	7 di 92								

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

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

Riferimenti STI:

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



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

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	8 di 92

4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati per la realizzazione delle opere in esame sono riportate nelle successive tabelle.

Calcestruzzo			
Classe	C30/37		Classe di Resistenza
fck	30	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	37		Resistenza cubica caratteristica
fcm	38	MPa	Resistenza cilindrica media
fctm	2.89647	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctk	2.02753	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fcfm	3.47576	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32836.6	MPa	Modulo Elastico
n Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
aDT	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	17	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.35169	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
st	2.41372	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
sc limite	13.5	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
sc limite	18	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

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

ACCIAIO PER MICROPALI			
S275	<i>come da UNI EN 10025-2</i>		
$f_{tk} =$	tensione caratteristica di rottura (sp.<40mm)	430	MPa
$f_{yk} =$	tensione caratteristica di snervamento (sp.<40mm)	275	MPa
$n =$	coefficiente di Poisson	0.3	
$a =$	coefficiente di espansione termica lineare	12×10^{-6}	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
$r =$	densità	7850	kg/m^3
$E_s =$	modulo elastico	210000	MPa
<i>Tensioni di progetto</i>			
$f_{yd} =$	resistenza di progetto per spessori fino a 40 mm	261.9	MPa
$f_{yd} =$	resistenza di progetto per spessori oltre a 40 mm	242.9	MPa

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

6 MODELLO DI CALCOLO

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

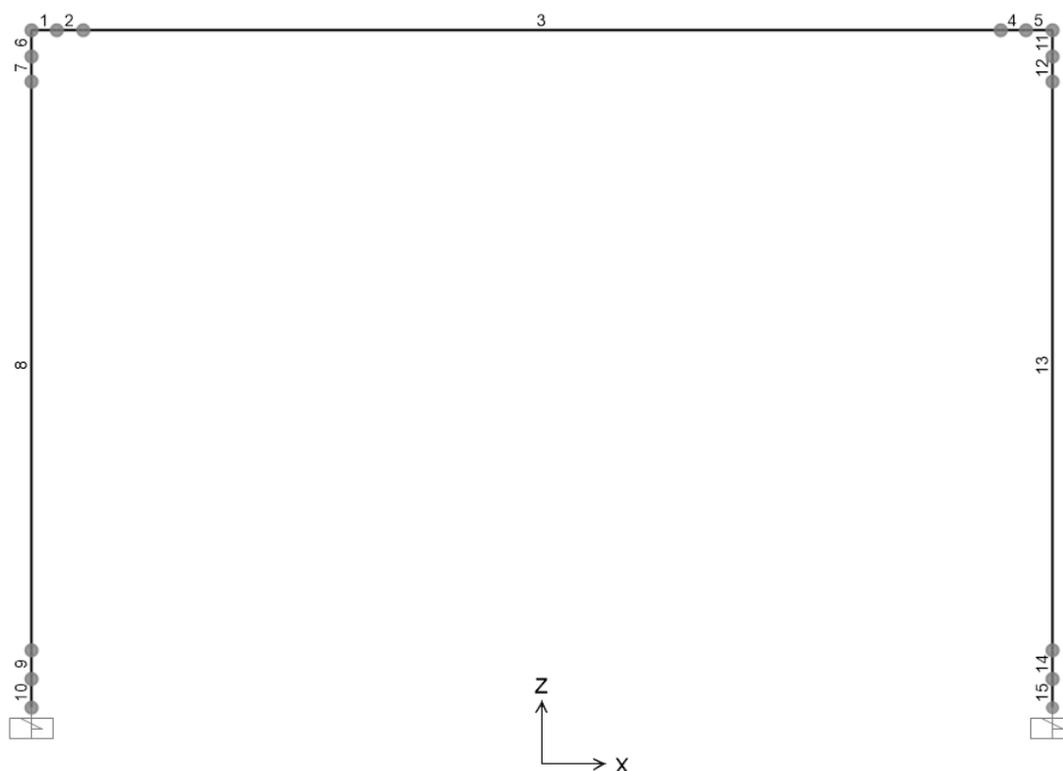


Figura 6-1 - Modello di calcolo

Per ottenere le sollecitazioni sulla struttura è stato realizzato un modello agli e.f. incastrando i portali alla base (testa micropali).

Le caratteristiche geometriche delle membrature resistenti e le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzate nella modellazione sono riportate nel paragrafo 2.

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' [°] laboratorio	ϕ' [°] scelto	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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 PESO PROPRIO

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

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	11.25	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	11.25	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/m ³
Sub Ballast	g	20	kN/m ³
Ricoprimento	g	20	kN/m ³
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	g	25	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		14.75	kN/m

Tabella 9

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

7.3 SPINTA DEL TERRENO

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

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

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

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	f	23	°
Q.ta falda in esercizio	zw	3.45	m
Peso di Volume Efficace	g	9	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	ko	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	10.22	kN/m ²
Pressione in asse sol. inf.	P0	26.53	kN/m ²

7.4 CARICHI MOBILI

7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico

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

DIFFUSIONE TRASVERSALE SU SOLETTONE SUP.				
	Ripartizione	Diffus.	h [m]	Larg. Diff.
Ballast+Armamento	1/4	0.25	0.35	0.0875
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.00	0
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.23	0.225
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.13	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_0 si fa riferimento al Caso 5 della tabella 1.4.2.5.3-1 delle istruzioni. Si ipotizza uno

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003006</td> <td>A</td> <td>14 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	14 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	14 di 92								

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

7.4.2 Disposizione dei convogli

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

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

Tale carico è disposto su 6.4m (vedere schema seguente).
 Per le zone non interessate dal locomotore è stato considerato un carico pari a:

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

Per il treno di carico SW2 si considerano due carichi distribuiti:
 $q_{SW2} = 150 \text{ kN/m}$

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

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

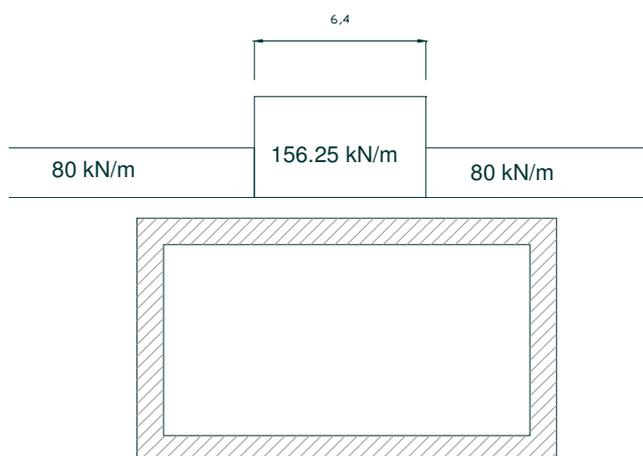


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

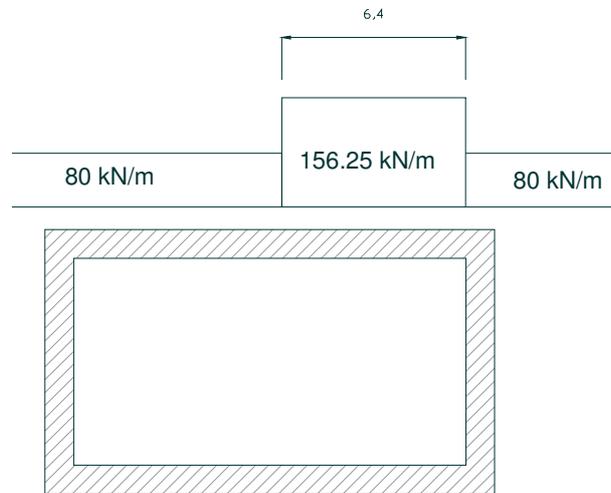


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

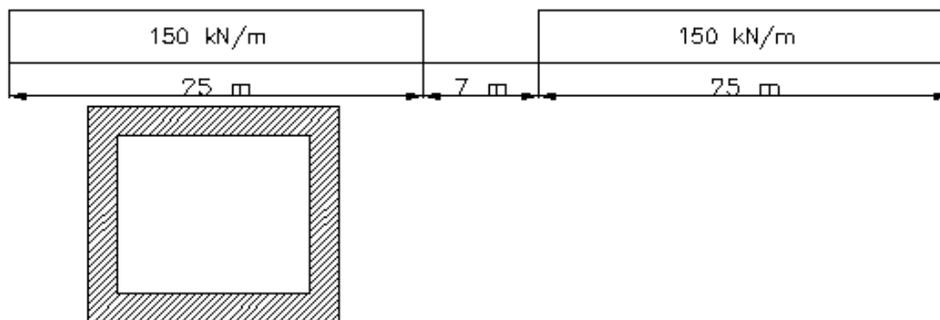


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

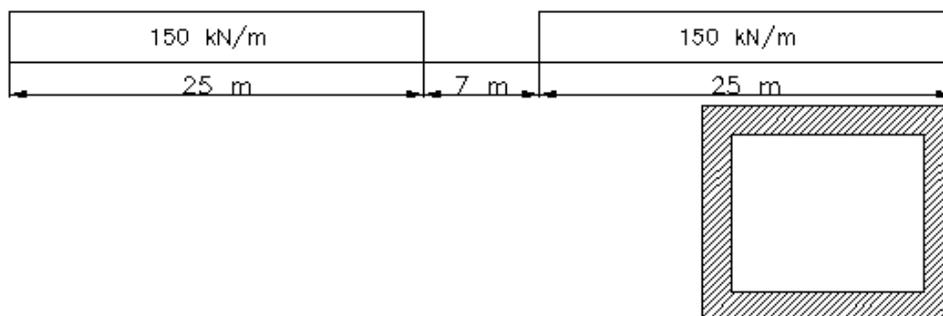


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	4.51	m
Coefficiente dinamico	F	1.35	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	1	m
	L2	2	m
	L3	3	m

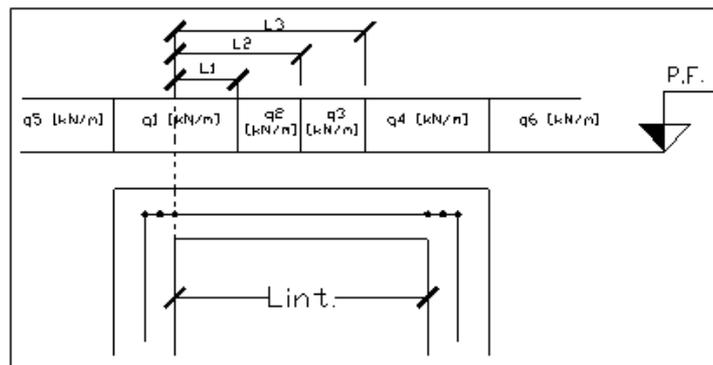


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	64.80	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	64.80	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	64.80	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	64.80	kN/m

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

7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.68	m
q5 ad estradosso soletta	q5	56.07	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	56.07	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	34.16	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	34.16	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	13.08	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	+/- 15	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	DTgrad	+/- 5	°C

7.9 AZIONI SISMICHE

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

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

Carichi Sismici			
Vita Nominale dell'opera	VN	75	anni
Coefficiente D'uso	Cu	1.5	
Periodo di riferimento	VR	112.5	anni
Probabilità di Superamento Evento	PVR	10	
Periodo di Ritorno	TR	1068	anni
Acc. orizzontale di picco al sito	ag	0.069	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.637	
<i>CATEGORIA SOTTOSUOLO</i>		C	
<i>CATEGORIA TOPOGRAFICA</i>		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
$amax = Ss \times ST \times ag$	amax	0.1035	g

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

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

Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H			
Coefficiente Sismico Orizzontale	Kh	0.1035	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0,2xq1$		38.96	kN/m
$G1+G2+0,2xq2$		38.96	kN/m
$G1+G2+0,2xq3$		38.96	kN/m
$G1+G2+0,2xq4$		38.96	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0,2xq1) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0,2xq2) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0,2xq3) \times Kh$		4.0	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0,2xq4) \times Kh$		4.0	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Lateral</i>			
G1		11.25	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Lateral</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		1.2	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	Kv	0.05175	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq2		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq3		38.96	kN/m
G1+G2+0.2xq4		38.96	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.0	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.0	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.0	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.0	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:

$$\square SE = (amax/g) \times \square \times H^2$$

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	Htot	3.45	m
Peso di Volume	g	19	kN/m ³
amax = SS x ST x ag	amax	0.1035	g
DSE = (amax/g) x g x H ²	DSE	23.41	kN
Pressione Equivalente Uniforme: DSE / H		9.36	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	900	mm
Def. per ritiro da essiccamento	ecd(t)	0.00021	
Def. per ritiro autogeno	eca(t)	5E-05	
Deformazione da Ritiro	es(t,t0)	0.00026	
Var. Termica equivalente al ritiro	DTritiro	-6.5	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">FASE-ENTE</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NM0Z</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">D 26</td> <td style="text-align: center;">CLR10003006</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">21 di 92</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLR10003006	A	21 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLR10003006	A	21 di 92								

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

<i>Riepilogo Analisis 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 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003006</td> <td>A</td> <td>24 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	24 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	24 di 92								

9 VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE

9.1 CRITERI DI VERIFICA

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

COPRIFERRO ADOTTATO

$c=5.0$ cm

STAZIONI DI VERIFICA

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

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

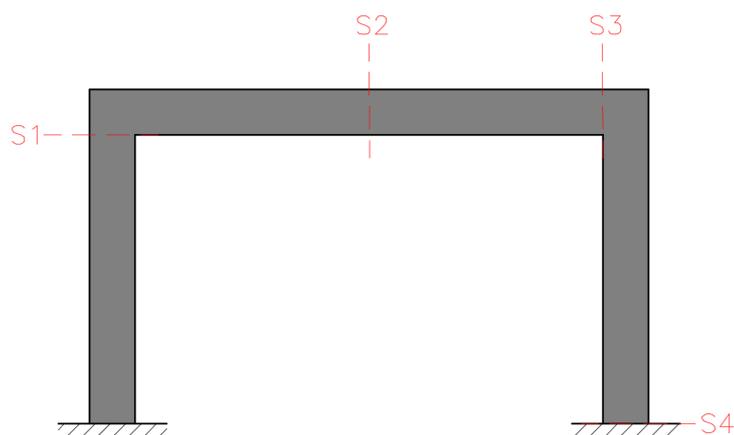


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

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

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

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

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

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

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

\square_{cu1}	\square_{cu2}
0.200%	0.350%

Acciaio:

\square_{ys}	\square_{us}	\square_s	\square_{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 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

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

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

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

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

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

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

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

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

VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

$$\beta_1=1$$

$$\beta_2=0.5$$

$$k_2=0.4$$

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

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

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

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

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

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

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

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.2.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	24	22.62	9
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	353	-170	-353.1	2.076
2	301	-145	-345.5	2.379
3	353	-147	-353.1	2.396
4	301	-122	-345.5	2.821
5	353	-159	-353.1	2.214
6	301	-135	-345.5	2.568
7	353	-182	-353.1	1.938
8	301	-157	-345.5	2.197
9	301	-149	-345.5	2.323

10	301	-111	-345.5	3.115
11	301	-131	-345.5	2.638
12	301	-169	-345.5	2.046
13	353	-170	-353.1	2.076
14	90	-46	-314.9	6.902
15	353	-147	-353.1	2.396
16	90	-23	-314.9	13.744
17	353	-159	-353.1	2.214
18	90	-35	-314.9	9.005
19	353	-182	-353.1	1.938
20	90	-58	-314.9	5.460
21	90	-49	-314.9	6.404
22	90	-11	-314.9	27.814
23	90	-31	-314.9	10.024
24	90	-69	-314.9	4.546
25	353	-171	-353.1	2.063
26	301	-146	-345.5	2.363
27	353	-148	-353.1	2.379
28	301	-124	-345.5	2.797
29	353	-160	-353.1	2.200
30	301	-136	-345.5	2.548
31	353	-183	-353.1	1.927
32	301	-158	-345.5	2.183
33	301	-150	-345.5	2.307
34	301	-112	-345.5	3.087
35	301	-132	-345.5	2.617
36	301	-170	-345.5	2.034
37	353	-171	-353.1	2.063
38	90	-47	-314.9	6.750
39	353	-148	-353.1	2.379
40	90	-24	-314.9	13.155
41	353	-160	-353.1	2.200
42	90	-36	-314.9	8.749
43	353	-183	-353.1	1.927
44	90	-59	-314.9	5.364
45	90	-50	-314.9	6.273
46	90	-12	-314.9	25.503
47	90	-32	-314.9	9.707
48	90	-70	-314.9	4.480
49	62	-17	-310.9	18.049
50	62	-55	-310.9	5.645
51	62	-41	-310.9	7.557
52	62	-3	-310.9	94.543
53	330	-123	-349.8	2.837
54	282	-108	-342.8	3.182
55	330	-101	-349.8	3.478

56	282	-85	-342.8	4.031
57	330	-113	-349.8	3.105
58	282	-97	-342.8	3.531
59	330	-135	-349.8	2.584
60	282	-120	-342.8	2.861
61	282	-111	-342.8	3.080
62	282	-73	-342.8	4.667
63	282	-94	-342.8	3.665
64	282	-131	-342.8	2.609
65	330	-123	-349.8	2.837
66	90	-46	-314.9	6.902
67	330	-101	-349.8	3.478
68	90	-23	-314.9	13.744
69	330	-113	-349.8	3.105
70	90	-35	-314.9	9.005
71	330	-135	-349.8	2.584
72	90	-58	-314.9	5.460
73	90	-49	-314.9	6.404
74	90	-11	-314.9	27.814
75	90	-31	-314.9	10.024
76	90	-69	-314.9	4.546
77	330	-124	-349.8	2.814
78	282	-109	-342.8	3.152
79	330	-102	-349.8	3.442
80	282	-86	-342.8	3.983
81	330	-114	-349.8	3.077
82	282	-98	-342.8	3.494
83	330	-136	-349.8	2.565
84	282	-121	-342.8	2.837
85	282	-112	-342.8	3.052
86	282	-74	-342.8	4.603
87	282	-95	-342.8	3.625
88	282	-132	-342.8	2.589
89	330	-124	-349.8	2.814
90	90	-47	-314.9	6.750
91	330	-102	-349.8	3.442
92	90	-24	-314.9	13.155
93	330	-114	-349.8	3.077
94	90	-36	-314.9	8.749
95	330	-136	-349.8	2.565
96	90	-59	-314.9	5.364
97	90	-50	-314.9	6.273
98	90	-12	-314.9	25.503
99	90	-32	-314.9	9.707
100	90	-70	-314.9	4.480
101	62	-17	-310.9	18.049

102	62	-55	-310.9	5.645
103	62	-41	-310.9	7.557
104	62	-3	-310.9	94.543
105	377	-217	-356.4	1.643
106	319	-183	-348.2	1.906
107	377	-194	-356.4	1.835
108	319	-160	-348.2	2.177
109	377	-206	-356.4	1.728
110	319	-172	-348.2	2.024
111	377	-229	-356.4	1.557
112	319	-195	-348.2	1.788
113	319	-186	-348.2	1.870
114	319	-148	-348.2	2.347
115	319	-168	-348.2	2.067
116	319	-206	-348.2	1.688
117	377	-217	-356.4	1.643
118	108	-83	-317.6	3.823
119	377	-194	-356.4	1.835
120	108	-60	-317.6	5.262
121	377	-206	-356.4	1.728
122	108	-72	-317.6	4.386
123	377	-229	-356.4	1.557
124	108	-95	-317.6	3.339
125	108	-87	-317.6	3.666
126	108	-49	-317.6	6.512
127	108	-69	-317.6	4.612
128	108	-107	-317.6	2.976
129	377	-218	-356.4	1.635
130	319	-184	-348.2	1.896
131	377	-195	-356.4	1.826
132	319	-161	-348.2	2.163
133	377	-207	-356.4	1.719
134	319	-173	-348.2	2.012
135	377	-230	-356.4	1.550
136	319	-196	-348.2	1.779
137	319	-187	-348.2	1.860
138	319	-149	-348.2	2.331
139	319	-169	-348.2	2.055
140	319	-207	-348.2	1.679
141	377	-218	-356.4	1.635
142	108	-84	-317.6	3.777
143	377	-195	-356.4	1.826
144	108	-61	-317.6	5.174
145	377	-207	-356.4	1.719
146	108	-73	-317.6	4.325
147	377	-230	-356.4	1.550

148	108	-96	-317.6	3.303
149	108	-88	-317.6	3.624
150	108	-50	-317.6	6.378
151	108	-70	-317.6	4.544
152	108	-108	-317.6	2.948
153	62	-17	-310.9	18.049
154	62	-55	-310.9	5.645
155	62	-41	-310.9	7.557
156	62	-3	-310.9	94.543
157	198	-61	-330.7	5.417
158	177	-58	-327.6	5.651
159	198	-38	-330.7	8.627
160	177	-35	-327.6	9.293
161	198	-50	-330.7	6.563
162	177	-47	-327.6	6.924
163	198	-73	-330.7	4.524
164	177	-70	-327.6	4.678
165	177	-62	-327.6	5.325
166	177	-24	-327.6	13.844
167	177	-44	-327.6	7.486
168	177	-82	-327.6	4.014
169	198	-61	-330.7	5.417
170	195	-95	-330.3	3.461
171	198	-38	-330.7	8.627
172	195	-73	-330.3	4.543
173	198	-50	-330.7	6.563
174	195	-85	-330.3	3.897
175	198	-73	-330.7	4.524
176	195	-107	-330.3	3.073
177	195	-99	-330.3	3.337
178	195	-61	-330.3	5.404
179	195	-81	-330.3	4.067
180	195	-119	-330.3	2.774
181	198	-62	-330.7	5.328
182	177	-59	-327.6	5.553
183	198	-39	-330.7	8.402
184	177	-36	-327.6	9.030
185	198	-51	-330.7	6.432
186	177	-48	-327.6	6.777
187	198	-74	-330.7	4.461
188	177	-71	-327.6	4.611
189	177	-63	-327.6	5.238
190	177	-25	-327.6	13.269
191	177	-45	-327.6	7.315
192	177	-83	-327.6	3.964
193	198	-62	-330.7	5.328

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	32 di 92

194	195	-96	-330.3	3.425
195	198	-39	-330.7	8.402
196	195	-74	-330.3	4.479
197	198	-51	-330.7	6.432
198	195	-86	-330.3	3.850
199	198	-74	-330.7	4.461
200	195	-108	-330.3	3.044
201	195	-100	-330.3	3.303
202	195	-62	-330.3	5.315
203	195	-82	-330.3	4.016
204	195	-120	-330.3	2.750
205	62	-17	-310.9	18.049
206	62	-55	-310.9	5.645
207	62	-41	-310.9	7.557
208	62	-3	-310.9	94.543
209	245	-155	-337.5	2.182
210	214	-133	-333.0	2.506
211	245	-132	-337.5	2.557
212	214	-110	-333.0	3.023
213	245	-144	-337.5	2.343
214	214	-122	-333.0	2.724
215	245	-167	-337.5	2.024
216	214	-145	-333.0	2.297
217	214	-136	-333.0	2.441
218	214	-99	-333.0	3.378
219	214	-119	-333.0	2.806
220	214	-157	-333.0	2.127
221	245	-155	-337.5	2.182
222	214	-133	-333.0	2.506
223	245	-132	-337.5	2.557
224	214	-110	-333.0	3.023
225	245	-144	-337.5	2.343
226	214	-122	-333.0	2.724
227	245	-167	-337.5	2.024
228	214	-145	-333.0	2.297
229	214	-136	-333.0	2.441
230	214	-99	-333.0	3.378
231	214	-119	-333.0	2.806
232	214	-157	-333.0	2.127
233	245	-156	-337.5	2.167
234	214	-134	-333.0	2.487
235	245	-133	-337.5	2.537
236	214	-111	-333.0	2.995
237	245	-145	-337.5	2.326
238	214	-123	-333.0	2.702
239	245	-168	-337.5	2.011

240	214	-146	-333.0	2.281
241	214	-137	-333.0	2.422
242	214	-100	-333.0	3.343
243	214	-120	-333.0	2.782
244	214	-158	-333.0	2.113
245	245	-156	-337.5	2.167
246	214	-134	-333.0	2.487
247	245	-133	-337.5	2.537
248	214	-111	-333.0	2.995
249	245	-145	-337.5	2.326
250	214	-123	-333.0	2.702
251	245	-168	-337.5	2.011
252	214	-146	-333.0	2.281
253	214	-137	-333.0	2.422
254	214	-100	-333.0	3.343
255	214	-120	-333.0	2.782
256	214	-158	-333.0	2.113
257	62	-17	-310.9	18.049
258	62	-55	-310.9	5.645
259	62	-41	-310.9	7.557
260	62	-3	-310.9	94.543
261	89	-29	-314.7	10.831
262	89	-16	-314.7	19.144
263	95	-42	-315.7	7.521
264	95	-29	-315.7	10.754
265	89	-23	-314.7	13.602
266	89	-36	-314.7	8.802
267	106	-65	-317.3	4.899
268	106	-52	-317.3	6.084
269	95	-36	-315.7	8.756
270	95	-49	-315.7	6.486
271	112	-78	-318.2	4.096
272	112	-65	-318.2	4.891
273	106	-59	-317.3	5.392
274	106	-71	-317.3	4.440
275	112	-72	-318.2	4.434
276	112	-84	-318.2	3.771
277	85	-28	-314.3	11.378
278	85	-15	-314.3	20.948
279	92	-41	-315.2	7.776
280	92	-28	-315.2	11.291
281	85	-22	-314.3	14.482
282	85	-34	-314.3	9.158
283	103	-63	-316.8	5.003
284	103	-51	-316.8	6.248
285	92	-35	-315.2	9.106

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	34 di 92

286	92	-47	-315.2	6.674
287	109	-76	-317.7	4.168
288	109	-64	-317.7	4.994
289	103	-57	-316.8	5.519
290	103	-70	-316.8	4.524
291	109	-70	-317.7	4.519
292	109	-83	-317.7	3.831
293	98	-43	-316.2	7.344
294	98	-30	-316.2	10.388
295	105	-56	-317.1	5.666
296	105	-43	-317.1	7.315
297	98	-37	-316.2	8.514
298	98	-50	-316.2	6.355
299	103	-54	-316.9	5.895
300	103	-41	-316.9	7.702
301	105	-50	-317.1	6.336
302	105	-63	-317.1	5.060
303	110	-67	-317.8	4.767
304	110	-54	-317.8	5.879
305	103	-48	-316.9	6.624
306	103	-60	-316.9	5.241
307	110	-61	-317.8	5.231
308	110	-73	-317.8	4.332
309	88	-38	-314.6	8.223
310	88	-26	-314.6	12.270
311	94	-51	-315.6	6.166
312	94	-39	-315.6	8.184
313	88	-32	-314.6	9.729
314	88	-45	-314.6	6.998
315	93	-49	-315.4	6.440
316	93	-36	-315.4	8.676
317	94	-45	-315.6	6.973
318	94	-58	-315.6	5.453
319	99	-62	-316.3	5.111
320	99	-49	-316.3	6.420
321	93	-43	-315.4	7.326
322	93	-56	-315.4	5.665
323	99	-56	-316.3	5.652
324	99	-69	-316.3	4.612

9.2.2 Taglio

La sezione non richiede armatura a taglio.

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\varnothing_{sup}	24	mm
Diametro armatura tesa inf.	\varnothing_{inf}	20	
Diametro ferro ortogonale	\varnothing_{ferro} ortogonale	1.4	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\varnothing_{st.}$	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	
$z = 0.9d$	348	mm
f 'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{d,y}	VR _{sd,y}	VR _{d,y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_83	-208.016	378.446	0.840991	245.8211				1.182

9.2.3 Fessurazione

	<i>Formazione fessure</i>	<i>ss</i> [MPa]	<i>ssr</i> [MPa]	<i>k3</i> [-]	<i>Aeff</i> [mm ²]	<i>s</i> [mm]	<i>srm</i> [mm]	<i>esm</i> [-]	<i>wm</i> [mm]	<i>wd</i> [mm]
1	Non fessurata	0	-49	0.13						
2	Non fessurata	0	-30	0.13						
3	Non fessurata	0	-41	0.13						
4	Non fessurata	0	-59	0.13						
5	Non fessurata	0	-22	0.13						
6	Non fessurata	0	-4	0.13						
7	Non fessurata	0	-14	0.13						
8	Non fessurata	0	-33	0.13						
9	Non fessurata	0	-54	0.13						
10	Non fessurata	0	-36	0.13						
11	Non fessurata	0	-46	0.13						
12	Non fessurata	0	-65	0.13						
13	Non fessurata	0	-28	0.13						
14	Non fessurata	0	-9	0.13						
15	Non fessurata	0	-20	0.13						
16	Non fessurata	0	-39	0.13						
17	Fessurata	-107	-127	0.13	####	200	274	####	###	###
18	Non fessurata	0	-87	0.13						
19	Non fessurata	0	-98	0.13						
20	Fessurata	-117	-129	0.13	####	200	275	####	###	###
21	Fessurata	-113	-128	0.13	####	200	275	####	###	###
22	Non fessurata	0	-93	0.13						
23	Non fessurata	0	-104	0.13						
24	Fessurata	-123	-130	0.13	####	200	275	####	###	###
25	Non fessurata	0	-35	0.13						
26	Non fessurata	0	-17	0.13						
27	Non fessurata	0	-27	0.13						
28	Non fessurata	0	-46	0.13						
29	Non fessurata	0	-22	0.13						
30	Non fessurata	0	-4	0.13						
31	Non fessurata	0	-14	0.13						
32	Non fessurata	0	-33	0.13						
33	Non fessurata	0	-41	0.13						
34	Non fessurata	0	-23	0.13						
35	Non fessurata	0	-33	0.13						
36	Non fessurata	0	-52	0.13						
37	Non fessurata	0	-28	0.13						
38	Non fessurata	0	-9	0.13						
39	Non fessurata	0	-20	0.13						
40	Non fessurata	0	-39	0.13						
41	Non fessurata	0	-64	0.13						
42	Non fessurata	0	-45	0.13						
43	Non fessurata	0	-56	0.13						
44	Non fessurata	0	-75	0.13						



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO -
PAVIA
FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE
EMANUELE

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	37 di 92

45	Non fessurata	0	-70	0.13
46	Non fessurata	0	-51	0.13
47	Non fessurata	0	-62	0.13
48	Non fessurata	0	-81	0.13
49	Non fessurata	0	-49	0.13
50	Non fessurata	0	-30	0.13
51	Non fessurata	0	-41	0.13
52	Non fessurata	0	-59	0.13
53	Non fessurata	0	-54	0.13
54	Non fessurata	0	-36	0.13
55	Non fessurata	0	-46	0.13
56	Non fessurata	0	-65	0.13

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</p>												
<p>Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003006</td> <td>A</td> <td>38 di 92</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	38 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	38 di 92								

9.3 VERIFICA SEZIONE 4: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

$$\begin{array}{cc} B & H \\ [cm] & [cm] \\ 100 & 45 \end{array}$$

9.3.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	345	-82	-276.8	3.37
2	302	-71	-270.5	3.80
3	345	-104	-276.8	2.66
4	302	-93	-270.5	2.91
5	345	-111	-276.8	2.50
6	302	-100	-270.5	2.71
7	345	-89	-276.8	3.11
8	302	-78	-270.5	3.47
9	302	-61	-270.5	4.40
10	302	-98	-270.5	2.76
11	302	-110	-270.5	2.47
12	302	-73	-270.5	3.71
13	345	-82	-276.8	3.37
14	131	-27	-245.1	8.99
15	345	-104	-276.8	2.66
16	131	-49	-245.1	4.98
17	345	-111	-276.8	2.50
18	131	-56	-245.1	4.37
19	345	-89	-276.8	3.11
20	131	-34	-245.1	7.17
21	131	-18	-245.1	13.87
22	131	-54	-245.1	4.52
23	131	-66	-245.1	3.73
24	131	-29	-245.1	8.40
25	345	-79	-276.8	3.49
26	302	-68	-270.5	3.96
27	345	-101	-276.8	2.74
28	302	-90	-270.5	3.00
29	345	-108	-276.8	2.56
30	302	-97	-270.5	2.78
31	345	-86	-276.8	3.21
32	302	-75	-270.5	3.60
33	302	-59	-270.5	4.61
34	302	-95	-270.5	2.84
35	302	-107	-270.5	2.53
36	302	-70	-270.5	3.85
37	345	-79	-276.8	3.49
38	131	-25	-245.1	10.00
39	345	-101	-276.8	2.74
40	131	-46	-245.1	5.28

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	40 di 92

41	345	-108	-276.8	2.56
42	131	-53	-245.1	4.60
43	345	-86	-276.8	3.21
44	131	-31	-245.1	7.80
45	131	-15	-245.1	16.46
46	131	-51	-245.1	4.76
47	131	-63	-245.1	3.89
48	131	-26	-245.1	9.28
49	93	-57	-239.5	4.21
50	93	-20	-239.5	11.81
51	93	8	-239.5	30.30
52	93	-29	-239.5	8.36
53	321	-160	-273.2	1.71
54	283	-133	-267.6	2.01
55	321	-182	-273.2	1.50
56	283	-155	-267.6	1.73
57	321	-188	-273.2	1.45
58	283	-162	-267.6	1.65
59	321	-167	-273.2	1.64
60	283	-140	-267.6	1.91
61	283	-124	-267.6	2.17
62	283	-160	-267.6	1.67
63	283	-172	-267.6	1.56
64	283	-135	-267.6	1.98
65	321	-160	-273.2	1.71
66	131	-27	-245.1	8.99
67	321	-182	-273.2	1.50
68	131	-49	-245.1	4.98
69	321	-188	-273.2	1.45
70	131	-56	-245.1	4.37
71	321	-167	-273.2	1.64
72	131	-34	-245.1	7.17
73	131	-18	-245.1	13.87
74	131	-54	-245.1	4.52
75	131	-66	-245.1	3.73
76	131	-29	-245.1	8.40
77	321	-157	-273.2	1.74
78	283	-130	-267.6	2.05
79	321	-179	-273.2	1.53
80	283	-152	-267.6	1.76
81	321	-186	-273.2	1.47
82	283	-159	-267.6	1.68
83	321	-164	-273.2	1.67
84	283	-137	-267.6	1.95
85	283	-121	-267.6	2.22
86	283	-157	-267.6	1.70

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	41 di 92

87	283	-169	-267.6	1.58
88	283	-132	-267.6	2.02
89	321	-157	-273.2	1.74
90	131	-25	-245.1	10.00
91	321	-179	-273.2	1.53
92	131	-46	-245.1	5.28
93	321	-186	-273.2	1.47
94	131	-53	-245.1	4.60
95	321	-164	-273.2	1.67
96	131	-31	-245.1	7.80
97	131	-15	-245.1	16.46
98	131	-51	-245.1	4.76
99	131	-63	-245.1	3.89
100	131	-26	-245.1	9.28
101	93	-57	-239.5	4.21
102	93	-20	-239.5	11.81
103	93	8	-239.5	30.30
104	93	-29	-239.5	8.36
105	370	-4	-280.5	62.69
106	322	-9	-273.4	30.26
107	370	-26	-280.5	10.62
108	322	-31	-273.4	8.83
109	370	-33	-280.5	8.42
110	322	-38	-273.4	7.22
111	370	-11	-280.5	24.64
112	322	-16	-273.4	17.15
113	322	1	-273.4	472.92
114	322	-36	-273.4	7.60
115	322	-47	-273.4	5.76
116	322	-11	-273.4	25.00
117	370	-4	-280.5	62.69
118	151	35	-248.1	7.13
119	370	-26	-280.5	10.62
120	151	13	-248.1	19.30
121	370	-33	-280.5	8.42
122	151	6	-248.1	41.71
123	370	-11	-280.5	24.64
124	151	28	-248.1	8.90
125	151	44	-248.1	5.59
126	151	8	-248.1	31.61
127	151	-4	-248.1	67.65
128	151	33	-248.1	7.54
129	370	-2	-280.5	165.28
130	322	-6	-273.4	43.69
131	370	-24	-280.5	11.87
132	322	-28	-273.4	9.70

133	370	-31	-280.5	9.18
134	322	-35	-273.4	7.79
135	370	-9	-280.5	32.59
136	322	-13	-273.4	20.77
137	322	3	-273.4	81.49
138	322	-33	-273.4	8.24
139	322	-45	-273.4	6.12
140	322	-8	-273.4	33.51
141	370	-2	-280.5	165.28
142	151	38	-248.1	6.60
143	370	-24	-280.5	11.87
144	151	16	-248.1	15.87
145	370	-31	-280.5	9.18
146	151	9	-248.1	28.43
147	370	-9	-280.5	32.59
148	151	31	-248.1	8.09
149	151	47	-248.1	5.26
150	151	11	-248.1	23.34
151	151	-1	-248.1	278.82
152	151	36	-248.1	6.96
153	93	-57	-239.5	4.21
154	93	-20	-239.5	11.81
155	93	8	-239.5	30.30
156	93	-29	-239.5	8.36
157	214	-132	-257.4	1.95
158	197	-111	-254.9	2.29
159	214	-154	-257.4	1.67
160	197	-133	-254.9	1.91
161	214	-161	-257.4	1.60
162	197	-140	-254.9	1.82
163	214	-139	-257.4	1.85
164	197	-118	-254.9	2.16
165	197	-102	-254.9	2.51
166	197	-138	-254.9	1.84
167	197	-150	-254.9	1.70
168	197	-113	-254.9	2.25
169	214	-132	-257.4	1.95
170	217	-49	-257.8	5.24
171	214	-154	-257.4	1.67
172	217	-71	-257.8	3.63
173	214	-161	-257.4	1.60
174	217	-78	-257.8	3.30
175	214	-139	-257.4	1.85
176	217	-56	-257.8	4.60
177	217	-40	-257.8	6.51
178	217	-76	-257.8	3.39

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	43 di 92

179	217	-88	-257.8	2.94
180	217	-51	-257.8	5.05
181	214	-129	-257.4	1.99
182	197	-108	-254.9	2.35
183	214	-151	-257.4	1.70
184	197	-130	-254.9	1.95
185	214	-158	-257.4	1.63
186	197	-137	-254.9	1.86
187	214	-136	-257.4	1.89
188	197	-115	-254.9	2.21
189	197	-99	-254.9	2.58
190	197	-135	-254.9	1.88
191	197	-147	-254.9	1.73
192	197	-110	-254.9	2.31
193	214	-129	-257.4	1.99
194	217	-46	-257.8	5.56
195	214	-151	-257.4	1.70
196	217	-68	-257.8	3.77
197	214	-158	-257.4	1.63
198	217	-75	-257.8	3.43
199	214	-136	-257.4	1.89
200	217	-53	-257.8	4.84
201	217	-37	-257.8	7.01
202	217	-73	-257.8	3.51
203	217	-85	-257.8	3.04
204	217	-48	-257.8	5.34
205	93	-57	-239.5	4.21
206	93	-20	-239.5	11.81
207	93	8	-239.5	30.30
208	93	-29	-239.5	8.36
209	263	23	-264.7	11.55
210	237	13	-260.8	20.25
211	263	1	-264.7	269.09
212	237	-9	-260.8	28.80
213	263	-6	-264.7	44.66
214	237	-16	-260.8	16.33
215	263	16	-264.7	16.54
216	237	6	-260.8	43.70
217	237	22	-260.8	11.59
218	237	-14	-260.8	18.54
219	237	-26	-260.8	10.19
220	237	11	-260.8	23.76
221	263	23	-264.7	11.55
222	237	13	-260.8	20.25
223	263	1	-264.7	269.09
224	237	-9	-260.8	28.80

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	44 di 92

225	263	-6	-264.7	44.66
226	237	-16	-260.8	16.33
227	263	16	-264.7	16.54
228	237	6	-260.8	43.70
229	237	22	-260.8	11.59
230	237	-14	-260.8	18.54
231	237	-26	-260.8	10.19
232	237	11	-260.8	23.76
233	263	26	-264.7	10.30
234	237	16	-260.8	16.66
235	263	4	-264.7	70.37
236	237	-6	-260.8	41.53
237	263	-3	-264.7	84.06
238	237	-13	-260.8	19.77
239	263	19	-264.7	14.09
240	237	9	-260.8	29.82
241	237	25	-260.8	10.32
242	237	-11	-260.8	23.11
243	237	-23	-260.8	11.44
244	237	14	-260.8	18.96
245	263	26	-264.7	10.30
246	237	16	-260.8	16.66
247	263	4	-264.7	70.37
248	237	-6	-260.8	41.53
249	263	-3	-264.7	84.06
250	237	-13	-260.8	19.77
251	263	19	-264.7	14.09
252	237	9	-260.8	29.82
253	237	25	-260.8	10.32
254	237	-11	-260.8	23.11
255	237	-23	-260.8	11.44
256	237	14	-260.8	18.96
257	93	-57	-239.5	4.21
258	93	-20	-239.5	11.81
259	93	8	-239.5	30.30
260	93	-29	-239.5	8.36
261	112	-63	-242.3	3.83
262	112	-75	-242.3	3.21
263	119	-42	-243.3	5.82
264	119	-54	-243.3	4.50
265	112	-79	-242.3	3.06
266	112	-67	-242.3	3.61
267	129	4	-244.8	68.57
268	129	-9	-244.8	28.42
269	119	-58	-243.3	4.21
270	119	-46	-243.3	5.33

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	45 di 92

271	136	25	-245.8	9.84
272	136	13	-245.8	19.22
273	129	-12	-244.8	19.66
274	129	0	-244.8	912.82
275	136	9	-245.8	27.47
276	136	21	-245.8	11.63
277	110	-64	-241.9	3.79
278	110	-76	-241.9	3.18
279	116	-42	-242.9	5.72
280	116	-55	-242.9	4.45
281	110	-80	-241.9	3.03
282	110	-68	-241.9	3.57
283	126	3	-244.4	82.06
284	126	-9	-244.4	26.54
285	116	-58	-242.9	4.16
286	116	-46	-242.9	5.25
287	133	24	-245.4	10.06
288	133	12	-245.4	20.12
289	126	-13	-244.4	18.73
290	126	-1	-244.4	284.03
291	133	8	-245.4	29.36
292	133	21	-245.4	11.95
293	122	-37	-243.7	6.67
294	122	-49	-243.7	5.00
295	129	-15	-244.7	16.17
296	129	-27	-244.7	8.96
297	122	-53	-243.7	4.64
298	122	-40	-243.7	6.04
299	127	-16	-244.5	14.82
300	127	-29	-244.5	8.52
301	129	-31	-244.7	7.85
302	129	-19	-244.7	12.90
303	134	5	-245.5	50.02
304	134	-7	-245.5	33.73
305	127	-33	-244.5	7.52
306	127	-20	-244.5	12.02
307	134	-11	-245.5	22.08
308	134	1	-245.5	229.63
309	112	-39	-242.2	6.29
310	112	-51	-242.2	4.78
311	119	-17	-243.3	14.22
312	119	-29	-243.3	8.30
313	112	-55	-242.2	4.44
314	112	-42	-242.2	5.72
315	117	-18	-243.0	13.16
316	117	-31	-243.0	7.93



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

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	46 di 92

317	119	-33	-243.3	7.34
318	119	-21	-243.3	11.61
319	124	3	-244.0	83.18
320	124	-9	-244.0	26.38
321	117	-34	-243.0	7.04
322	117	-22	-243.0	10.89
323	124	-13	-244.0	18.64
324	124	-1	-244.0	269.62

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

9.3.2 Taglio

La sezione non richiede armatura a taglio.

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	45	cm
Copriferro Superiore	c	40	mm
Copriferro Inferiore		40	
Diametro armatura tesa sup.	\varnothing_{sup}	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	\varnothing_{inf}	20	
Diametro ferro ortogonale	\varnothing_{ferro} ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\varnothing_{st.}$	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	$(AsW/s)_{min.}$	1500	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	
$z = 0.9d$	347	mm
f'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{d,y}	NE _d	sep	VR _{d,c}	VR _{d,y}	VR _{s,d,y}	VR _{d,y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_3	187.612	318.704	0.708231	215.2916				1.148

9.3.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-95	0.13						
2	Non fessurata	0	-121	0.13						
3	Non fessurata	0	-130	0.13						
4	Non fessurata	0	-104	0.13						
5	Non fessurata	0	-4	0.13						
6	Non fessurata	0	-25	0.13						
7	Non fessurata	0	-34	0.13						
8	Non fessurata	0	-10	0.13						
9	Non fessurata	0	-70	0.13						
10	Non fessurata	0	-95	0.13						
11	Non fessurata	0	-105	0.13						
12	Non fessurata	0	-79	0.13						
13	Non fessurata	0	3	0.13						
14	Non fessurata	0	-4	0.13						
15	Non fessurata	0	-11	0.13						
16	Non fessurata	0	1	0.13						
17	Non fessurata	0	7	0.13						
18	Non fessurata	0	3	0.13						
19	Non fessurata	0	2	0.13						
20	Non fessurata	0	5	0.13						
21	Non fessurata	0	4	0.13						
22	Non fessurata	0	7	0.13						
23	Non fessurata	0	5	0.13						
24	Non fessurata	0	5	0.13						
25	Non fessurata	0	-47	0.13						
26	Non fessurata	0	-73	0.13						
27	Non fessurata	0	-82	0.13						
28	Non fessurata	0	-56	0.13						
29	Non fessurata	0	-4	0.13						
30	Non fessurata	0	-25	0.13						
31	Non fessurata	0	-34	0.13						
32	Non fessurata	0	-10	0.13						
33	Non fessurata	0	-24	0.13						
34	Non fessurata	0	-48	0.13						
35	Non fessurata	0	-57	0.13						
36	Non fessurata	0	-32	0.13						
37	Non fessurata	0	3	0.13						
38	Non fessurata	0	-4	0.13						
39	Non fessurata	0	-11	0.13						
40	Non fessurata	0	1	0.13						
41	Non fessurata	0	3	0.13						

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	49 di 92

42	Non fessurata	0	-3	0.13
43	Non fessurata	0	-8	0.13
44	Non fessurata	0	2	0.13
45	Non fessurata	0	3	0.13
46	Non fessurata	0	3	0.13
47	Non fessurata	0	2	0.13
48	Non fessurata	0	5	0.13
49	Non fessurata	0	-95	0.13
50	Non fessurata	0	-121	0.13
51	Non fessurata	0	-130	0.13
52	Non fessurata	0	-104	0.13
53	Non fessurata	0	-70	0.13
54	Non fessurata	0	-95	0.13
55	Non fessurata	0	-105	0.13
56	Non fessurata	0	-79	0.13

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

9.4 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	45

9.4.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	185	-156	-253.1	1.62
2	162	-134	-249.7	1.87
3	169	-131	-250.7	1.91
4	146	-109	-247.3	2.27
5	171	-144	-251.0	1.75
6	148	-121	-247.6	2.04
7	187	-168	-253.4	1.51
8	164	-146	-250.0	1.71
9	167	-138	-250.5	1.82
10	140	-97	-246.4	2.55
11	143	-117	-246.9	2.11
12	170	-158	-250.9	1.59
13	185	-156	-253.1	1.62
14	71	-44	-236.1	5.35
15	169	-131	-250.7	1.91
16	54	-20	-233.7	11.95
17	171	-144	-251.0	1.75
18	56	-32	-234.0	7.35
19	187	-168	-253.4	1.51
20	73	-56	-236.4	4.19
21	76	-48	-236.8	4.91
22	48	-7	-232.8	31.96
23	52	-28	-233.2	8.41
24	79	-69	-237.3	3.46
25	187	-157	-253.3	1.61
26	164	-135	-249.9	1.86
27	170	-133	-250.9	1.89
28	147	-110	-247.5	2.25
29	172	-145	-251.2	1.73
30	149	-122	-247.8	2.02
31	188	-169	-253.6	1.50
32	166	-147	-250.2	1.70
33	168	-139	-250.7	1.81
34	141	-98	-246.6	2.52
35	144	-118	-247.1	2.09
36	172	-159	-251.1	1.58
37	187	-157	-253.3	1.61
38	72	-45	-236.3	5.22
39	170	-133	-250.9	1.89
40	56	-21	-233.9	11.28
41	172	-145	-251.2	1.73
42	58	-33	-234.2	7.09

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	52 di 92

43	188	-169	-253.6	1.50
44	74	-58	-236.6	4.11
45	77	-49	-237.0	4.80
46	50	-8	-233.0	27.52
47	53	-29	-233.4	8.07
48	80	-70	-237.5	3.40
49	28	-14	-229.8	16.64
50	55	-55	-233.8	4.27
51	61	-41	-234.6	5.67
52	33	0	-230.6	506.71
53	147	-107	-247.5	2.32
54	132	-94	-245.2	2.60
55	131	-82	-245.1	2.98
56	116	-70	-242.8	3.48
57	133	-94	-245.4	2.60
58	118	-82	-243.1	2.97
59	149	-119	-247.8	2.08
60	134	-107	-245.5	2.31
61	137	-98	-246.0	2.50
62	110	-57	-241.9	4.21
63	113	-78	-242.4	3.11
64	140	-119	-246.4	2.07
65	147	-107	-247.5	2.32
66	71	-44	-236.1	5.35
67	131	-82	-245.1	2.98
68	54	-20	-233.7	11.95
69	133	-94	-245.4	2.60
70	56	-32	-234.0	7.35
71	149	-119	-247.8	2.08
72	73	-56	-236.4	4.19
73	76	-48	-236.8	4.91
74	48	-7	-232.8	31.96
75	52	-28	-233.2	8.41
76	79	-69	-237.3	3.46
77	149	-108	-247.7	2.29
78	133	-95	-245.4	2.57
79	132	-83	-245.3	2.94
80	117	-71	-243.0	3.43
81	134	-96	-245.6	2.57
82	119	-83	-243.3	2.93
83	151	-120	-248.0	2.06
84	135	-108	-245.7	2.28
85	138	-100	-246.2	2.47
86	111	-59	-242.1	4.13
87	114	-79	-242.6	3.07
88	141	-120	-246.6	2.06

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	53 di 92

89	149	-108	-247.7	2.29
90	72	-45	-236.3	5.22
91	132	-83	-245.3	2.94
92	56	-21	-233.9	11.28
93	134	-96	-245.6	2.57
94	58	-33	-234.2	7.09
95	151	-120	-248.0	2.06
96	74	-58	-236.6	4.11
97	77	-49	-237.0	4.80
98	50	-8	-233.0	27.52
99	53	-29	-233.4	8.07
100	80	-70	-237.5	3.40
101	28	-14	-229.8	16.64
102	55	-55	-233.8	4.27
103	61	-41	-234.6	5.67
104	33	0	-230.6	506.71
105	223	-205	-258.7	1.26
106	192	-173	-254.2	1.47
107	207	-180	-256.3	1.42
108	176	-148	-251.8	1.70
109	208	-193	-256.6	1.33
110	178	-161	-252.1	1.57
111	225	-217	-259.0	1.19
112	194	-185	-254.5	1.37
113	197	-177	-254.9	1.44
114	170	-136	-250.9	1.84
115	173	-156	-251.4	1.61
116	200	-197	-255.4	1.29
117	223	-205	-258.7	1.26
118	101	-83	-240.6	2.88
119	207	-180	-256.3	1.42
120	85	-59	-238.2	4.05
121	208	-193	-256.6	1.33
122	87	-71	-238.5	3.35
123	225	-217	-259.0	1.19
124	103	-96	-240.9	2.52
125	106	-88	-241.3	2.76
126	79	-47	-237.3	5.09
127	82	-67	-237.7	3.55
128	109	-108	-241.8	2.24
129	224	-206	-258.9	1.26
130	194	-174	-254.4	1.46
131	208	-182	-256.5	1.41
132	178	-149	-252.0	1.69
133	210	-194	-256.8	1.32
134	179	-162	-252.3	1.56

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	54 di 92

135	226	-218	-259.2	1.19
136	196	-186	-254.7	1.37
137	199	-178	-255.1	1.43
138	172	-137	-251.1	1.83
139	175	-158	-251.6	1.60
140	202	-199	-255.6	1.29
141	224	-206	-258.9	1.26
142	102	-85	-240.8	2.85
143	208	-182	-256.5	1.41
144	86	-60	-238.4	3.97
145	210	-194	-256.8	1.32
146	88	-72	-238.7	3.30
147	226	-218	-259.2	1.19
148	104	-97	-241.1	2.49
149	107	-89	-241.5	2.72
150	80	-48	-237.5	4.97
151	83	-68	-238.0	3.49
152	110	-109	-242.0	2.22
153	28	-14	-229.8	16.64
154	55	-55	-233.8	4.27
155	61	-41	-234.6	5.67
156	33	0	-230.6	506.71
157	90	-51	-239.0	4.70
158	86	-50	-238.4	4.81
159	74	-26	-236.6	8.99
160	70	-25	-236.0	9.45
161	76	-39	-236.8	6.14
162	72	-37	-236.3	6.34
163	92	-63	-239.3	3.79
164	88	-62	-238.7	3.86
165	91	-54	-239.1	4.46
166	64	-13	-235.1	18.51
167	67	-33	-235.6	7.11
168	94	-74	-239.6	3.24
169	90	-51	-239.0	4.70
170	117	-89	-242.9	2.73
171	74	-26	-236.6	8.99
172	100	-64	-240.5	3.74
173	76	-39	-236.8	6.14
174	102	-77	-240.8	3.15
175	92	-63	-239.3	3.79
176	118	-101	-243.2	2.41
177	121	-93	-243.6	2.62
178	94	-52	-239.6	4.61
179	97	-72	-240.1	3.31
180	124	-113	-244.1	2.15

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	55 di 92

181	92	-52	-239.2	4.60
182	88	-51	-238.6	4.71
183	75	-28	-236.8	8.61
184	71	-26	-236.2	9.03
185	77	-40	-237.1	5.96
186	73	-38	-236.5	6.15
187	93	-64	-239.5	3.72
188	90	-63	-238.9	3.79
189	92	-55	-239.3	4.37
190	65	-14	-235.3	16.95
191	68	-34	-235.8	6.87
192	96	-75	-239.8	3.19
193	92	-52	-239.2	4.60
194	118	-90	-243.1	2.70
195	75	-28	-236.8	8.61
196	102	-65	-240.7	3.68
197	77	-40	-237.1	5.96
198	103	-78	-241.0	3.10
199	93	-64	-239.5	3.72
200	120	-102	-243.4	2.38
201	123	-94	-243.9	2.59
202	96	-53	-239.8	4.51
203	99	-74	-240.3	3.26
204	126	-115	-244.3	2.13
205	28	-14	-229.8	16.64
206	55	-55	-233.8	4.27
207	61	-41	-234.6	5.67
208	33	0	-230.6	506.71
209	166	-149	-250.3	1.68
210	147	-128	-247.4	1.93
211	149	-125	-247.8	1.99
212	130	-104	-245.0	2.37
213	151	-137	-248.1	1.81
214	132	-116	-245.3	2.12
215	168	-161	-250.5	1.55
216	149	-140	-247.7	1.76
217	152	-132	-248.1	1.88
218	124	-91	-244.1	2.67
219	128	-112	-244.6	2.19
220	155	-153	-248.6	1.63
221	166	-149	-250.3	1.68
222	147	-128	-247.4	1.93
223	149	-125	-247.8	1.99
224	130	-104	-245.0	2.37
225	151	-137	-248.1	1.81
226	132	-116	-245.3	2.12

227	168	-161	-250.5	1.55
228	149	-140	-247.7	1.76
229	152	-132	-248.1	1.88
230	124	-91	-244.1	2.67
231	128	-112	-244.6	2.19
232	155	-153	-248.6	1.63
233	167	-150	-250.5	1.67
234	148	-129	-247.6	1.92
235	151	-126	-248.0	1.97
236	132	-105	-245.2	2.34
237	153	-138	-248.3	1.80
238	134	-117	-245.5	2.10
239	169	-163	-250.7	1.54
240	150	-142	-247.9	1.75
241	153	-133	-248.4	1.86
242	126	-92	-244.3	2.64
243	129	-113	-244.8	2.17
244	156	-154	-248.8	1.62
245	167	-150	-250.5	1.67
246	148	-129	-247.6	1.92
247	151	-126	-248.0	1.97
248	132	-105	-245.2	2.34
249	153	-138	-248.3	1.80
250	134	-117	-245.5	2.10
251	169	-163	-250.7	1.54
252	150	-142	-247.9	1.75
253	153	-133	-248.4	1.86
254	126	-92	-244.3	2.64
255	129	-113	-244.8	2.17
256	156	-154	-248.8	1.62
257	28	-14	-229.8	16.64
258	55	-55	-233.8	4.27
259	61	-41	-234.6	5.67
260	33	0	-230.6	506.71
261	60	-26	-234.5	8.86
262	51	-13	-233.2	18.15
263	71	-40	-236.1	5.90
264	62	-26	-234.7	8.89
265	52	-20	-233.4	11.87
266	61	-33	-234.7	7.05
267	78	-63	-237.2	3.77
268	69	-49	-235.9	4.79
269	63	-33	-234.9	7.07
270	72	-47	-236.3	5.04
271	89	-76	-238.8	3.12
272	79	-63	-237.4	3.78

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	57 di 92

273	70	-56	-236.0	4.21
274	79	-70	-237.4	3.41
275	81	-70	-237.6	3.41
276	90	-83	-238.9	2.87
277	60	-25	-234.4	9.29
278	50	-12	-233.1	20.09
279	70	-39	-236.0	6.08
280	61	-25	-234.6	9.33
281	52	-18	-233.2	12.66
282	61	-32	-234.6	7.32
283	77	-62	-237.1	3.85
284	68	-48	-235.7	4.91
285	62	-32	-234.8	7.34
286	71	-46	-236.1	5.18
287	88	-75	-238.7	3.17
288	79	-62	-237.3	3.86
289	69	-55	-235.9	4.30
290	78	-68	-237.3	3.47
291	80	-68	-237.5	3.47
292	89	-82	-238.8	2.91
293	63	-40	-235.0	5.87
294	54	-26	-233.7	8.84
295	74	-54	-236.6	4.41
296	65	-40	-235.2	5.88
297	55	-33	-233.8	7.03
298	64	-47	-235.2	5.02
299	69	-51	-235.8	4.63
300	60	-37	-234.5	6.28
301	66	-47	-235.4	5.03
302	75	-60	-236.7	3.92
303	79	-65	-237.4	3.68
304	70	-51	-236.0	4.64
305	61	-44	-234.6	5.31
306	70	-58	-236.0	4.08
307	71	-58	-236.2	4.09
308	80	-71	-237.5	3.33
309	61	-36	-234.6	6.53
310	52	-22	-233.3	10.47
311	71	-49	-236.2	4.77
312	62	-36	-234.8	6.55
313	53	-29	-233.5	8.02
314	62	-43	-234.8	5.49
315	66	-47	-235.4	5.03
316	57	-33	-234.1	7.05
317	63	-43	-235.0	5.51
318	72	-56	-236.4	4.20



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

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	58 di 92

319	77	-60	-237.0	3.92
320	68	-47	-235.6	5.04
321	58	-40	-234.2	5.85
322	67	-54	-235.6	4.39
323	69	-54	-235.8	4.40
324	78	-67	-237.2	3.53

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

9.4.2 Taglio

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

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

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	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	
$z = 0.9d$	338	mm
f'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sep	VR _{d,c}	VR _{cd,y}	VR _{sd,y}	VR _{d,y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
<i>G3_1_53</i>	<i>-313.207</i>	<i>220.903</i>			<i>1479.73</i>	<i>374</i>	<i>374</i>	<i>1.194</i>

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	-61	0.13						
2	Non fessurata	0	-33	0.13						
3	Non fessurata	0	-48	0.13						
4	Non fessurata	0	-76	0.13						
5	Non fessurata	0	-31	0.13						
6	Non fessurata	0	-3	0.13						
7	Non fessurata	0	-18	0.13						
8	Non fessurata	0	-47	0.13						
9	Non fessurata	0	-70	0.13						
10	Non fessurata	0	-42	0.13						
11	Non fessurata	0	-57	0.13						
12	Non fessurata	0	-86	0.13						
13	Non fessurata	0	-40	0.13						
14	Non fessurata	0	-12	0.13						
15	Non fessurata	0	-27	0.13						
16	Non fessurata	0	-56	0.13						
17	Non fessurata	0	-149	0.13						
18	Non fessurata	0	-120	0.13						
19	Non fessurata	0	-136	0.13						
20	Fessurata	-164	-189	0.13	#####	200	300	#####	###	###
21	Fessurata	-158	-187	0.13	#####	200	300	#####	###	###
22	Non fessurata	0	-130	0.13						
23	Non fessurata	0	-145	0.13						
24	Fessurata	-174	-189	0.13	#####	200	300	#####	###	###
25	Non fessurata	0	-46	0.13						
26	Non fessurata	0	-18	0.13						
27	Non fessurata	0	-33	0.13						
28	Non fessurata	0	-61	0.13						
29	Non fessurata	0	-31	0.13						
30	Non fessurata	0	-3	0.13						
31	Non fessurata	0	-18	0.13						
32	Non fessurata	0	-47	0.13						
33	Non fessurata	0	-55	0.13						
34	Non fessurata	0	-27	0.13						
35	Non fessurata	0	-42	0.13						
36	Non fessurata	0	-71	0.13						
37	Non fessurata	0	-40	0.13						
38	Non fessurata	0	-12	0.13						
39	Non fessurata	0	-27	0.13						
40	Non fessurata	0	-56	0.13						
41	Non fessurata	0	-90	0.13						
42	Non fessurata	0	-61	0.13						
43	Non fessurata	0	-77	0.13						
44	Non fessurata	0	-105	0.13						



PROGETTO DEFINITIVO
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA
QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO -
PAVIA
FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE
EMANUELE

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	61 di 92

45	Non fessurata	0	-99	0.13
46	Non fessurata	0	-71	0.13
47	Non fessurata	0	-86	0.13
48	Non fessurata	0	-115	0.13
49	Non fessurata	0	-61	0.13
50	Non fessurata	0	-33	0.13
51	Non fessurata	0	-48	0.13
52	Non fessurata	0	-76	0.13
53	Non fessurata	0	-70	0.13
54	Non fessurata	0	-42	0.13
55	Non fessurata	0	-57	0.13
56	Non fessurata	0	-86	0.13

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

9.5 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

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

9.5.1 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	24	22.62	9
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	185	168	328.8	1.96
2	162	142	325.5	2.29
3	169	192	326.4	1.70
4	146	166	323.1	1.94
5	171	180	326.7	1.82
6	148	154	323.4	2.10
7	187	155	329.1	2.12
8	164	130	325.8	2.51
9	167	138	326.2	2.37
10	140	179	322.2	1.80
11	143	158	322.7	2.04
12	170	117	326.6	2.78
13	185	168	328.8	1.96
14	71	39	312.1	7.97
15	169	192	326.4	1.70
16	54	64	309.8	4.86
17	171	180	326.7	1.82
18	56	51	310.0	6.03
19	187	155	329.1	2.12
20	73	27	312.4	11.62
21	76	35	312.9	8.92
22	48	76	308.9	4.07
23	52	56	309.3	5.57
24	79	15	313.3	21.44
25	187	166	329.0	1.98
26	164	141	325.7	2.31
27	170	191	326.6	1.71
28	147	165	323.3	1.96
29	172	179	326.9	1.83
30	149	153	323.6	2.12
31	188	154	329.3	2.14
32	166	128	326.0	2.54
33	168	137	326.4	2.39
34	141	178	322.4	1.82
35	144	157	322.9	2.06
36	172	116	326.8	2.81
37	187	166	329.0	1.98
38	72	38	312.4	8.23
39	170	191	326.6	1.71
40	56	63	310.0	4.96
41	172	179	326.9	1.83

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	64 di 92

42	58	50	310.2	6.17
43	188	154	329.3	2.14
44	74	26	312.6	12.16
45	77	34	313.1	9.24
46	50	75	309.1	4.13
47	53	54	309.5	5.70
48	80	13	313.5	23.34
49	28	44	305.9	6.92
50	55	3	309.9	94.09
51	61	17	310.7	18.66
52	33	58	306.7	5.33
53	185	168	328.8	1.96
54	162	142	325.5	2.29
55	169	192	326.4	1.70
56	146	166	323.1	1.94
57	171	180	326.7	1.82
58	148	154	323.4	2.10
59	187	155	329.1	2.12
60	164	130	325.8	2.51
61	167	138	326.2	2.37
62	140	179	322.2	1.80
63	143	158	322.7	2.04
64	170	117	326.6	2.78
65	185	168	328.8	1.96
66	71	39	312.1	7.97
67	169	192	326.4	1.70
68	54	64	309.8	4.86
69	171	180	326.7	1.82
70	56	51	310.0	6.03
71	187	155	329.1	2.12
72	73	27	312.4	11.62
73	76	35	312.9	8.92
74	48	76	308.9	4.07
75	52	56	309.3	5.57
76	79	15	313.3	21.44
77	187	166	329.0	1.98
78	164	141	325.7	2.31
79	170	191	326.6	1.71
80	147	165	323.3	1.96
81	172	179	326.9	1.83
82	149	153	323.6	2.12
83	188	154	329.3	2.14
84	166	128	326.0	2.54
85	168	137	326.4	2.39
86	141	178	322.4	1.82
87	144	157	322.9	2.06

88	172	116	326.8	2.81
89	187	166	329.0	1.98
90	72	38	312.4	8.23
91	170	191	326.6	1.71
92	56	63	310.0	4.96
93	172	179	326.9	1.83
94	58	50	310.2	6.17
95	188	154	329.3	2.14
96	74	26	312.6	12.16
97	77	34	313.1	9.24
98	50	75	309.1	4.13
99	53	54	309.5	5.70
100	80	13	313.5	23.34
101	28	44	305.9	6.92
102	55	3	309.9	94.09
103	61	17	310.7	18.66
104	33	58	306.7	5.33
105	185	168	328.8	1.96
106	162	142	325.5	2.29
107	169	192	326.4	1.70
108	146	166	323.1	1.94
109	171	180	326.7	1.82
110	148	154	323.4	2.10
111	187	155	329.1	2.12
112	164	130	325.8	2.51
113	167	138	326.2	2.37
114	140	179	322.2	1.80
115	143	158	322.7	2.04
116	170	117	326.6	2.78
117	185	168	328.8	1.96
118	71	39	312.1	7.97
119	169	192	326.4	1.70
120	54	64	309.8	4.86
121	171	180	326.7	1.82
122	56	51	310.0	6.03
123	187	155	329.1	2.12
124	73	27	312.4	11.62
125	76	35	312.9	8.92
126	48	76	308.9	4.07
127	52	56	309.3	5.57
128	79	15	313.3	21.44
129	187	166	329.0	1.98
130	164	141	325.7	2.31
131	170	191	326.6	1.71
132	147	165	323.3	1.96
133	172	179	326.9	1.83

134	149	153	323.6	2.12
135	188	154	329.3	2.14
136	166	128	326.0	2.54
137	168	137	326.4	2.39
138	141	178	322.4	1.82
139	144	157	322.9	2.06
140	172	116	326.8	2.81
141	187	166	329.0	1.98
142	72	38	312.4	8.23
143	170	191	326.6	1.71
144	56	63	310.0	4.96
145	172	179	326.9	1.83
146	58	50	310.2	6.17
147	188	154	329.3	2.14
148	74	26	312.6	12.16
149	77	34	313.1	9.24
150	50	75	309.1	4.13
151	53	54	309.5	5.70
152	80	13	313.5	23.34
153	28	44	305.9	6.92
154	55	3	309.9	94.09
155	61	17	310.7	18.66
156	33	58	306.7	5.33
157	128	103	320.5	3.10
158	117	91	318.8	3.52
159	112	128	318.1	2.49
160	100	115	316.4	2.75
161	114	116	318.4	2.75
162	102	103	316.7	3.08
163	130	91	320.8	3.52
164	118	78	319.1	4.08
165	121	86	319.5	3.70
166	94	127	315.6	2.48
167	97	107	316.0	2.96
168	124	66	320.0	4.85
169	128	103	320.5	3.10
170	117	91	318.8	3.52
171	112	128	318.1	2.49
172	100	115	316.4	2.75
173	114	116	318.4	2.75
174	102	103	316.7	3.08
175	130	91	320.8	3.52
176	118	78	319.1	4.08
177	121	86	319.5	3.70
178	94	127	315.6	2.48
179	97	107	316.0	2.96

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	67 di 92

180	124	66	320.0	4.85
181	129	102	320.7	3.14
182	118	89	319.0	3.57
183	113	127	318.3	2.51
184	102	114	316.6	2.78
185	115	114	318.6	2.78
186	103	102	316.9	3.12
187	131	90	321.0	3.57
188	120	77	319.3	4.14
189	123	85	319.7	3.75
190	96	126	315.8	2.50
191	99	106	316.2	2.99
192	126	65	320.2	4.94
193	129	102	320.7	3.14
194	118	89	319.0	3.57
195	113	127	318.3	2.51
196	102	114	316.6	2.78
197	115	114	318.6	2.78
198	103	102	316.9	3.12
199	131	90	321.0	3.57
200	120	77	319.3	4.14
201	123	85	319.7	3.75
202	96	126	315.8	2.50
203	99	106	316.2	2.99
204	126	65	320.2	4.94
205	28	44	305.9	6.92
206	55	3	309.9	94.09
207	61	17	310.7	18.66
208	33	58	306.7	5.33
209	128	103	320.5	3.10
210	117	91	318.8	3.52
211	112	128	318.1	2.49
212	100	115	316.4	2.75
213	114	116	318.4	2.75
214	102	103	316.7	3.08
215	130	91	320.8	3.52
216	118	78	319.1	4.08
217	121	86	319.5	3.70
218	94	127	315.6	2.48
219	97	107	316.0	2.96
220	124	66	320.0	4.85
221	128	103	320.5	3.10
222	117	91	318.8	3.52
223	112	128	318.1	2.49
224	100	115	316.4	2.75
225	114	116	318.4	2.75

226	102	103	316.7	3.08
227	130	91	320.8	3.52
228	118	78	319.1	4.08
229	121	86	319.5	3.70
230	94	127	315.6	2.48
231	97	107	316.0	2.96
232	124	66	320.0	4.85
233	129	102	320.7	3.14
234	118	89	319.0	3.57
235	113	127	318.3	2.51
236	102	114	316.6	2.78
237	115	114	318.6	2.78
238	103	102	316.9	3.12
239	131	90	321.0	3.57
240	120	77	319.3	4.14
241	123	85	319.7	3.75
242	96	126	315.8	2.50
243	99	106	316.2	2.99
244	126	65	320.2	4.94
245	129	102	320.7	3.14
246	118	89	319.0	3.57
247	113	127	318.3	2.51
248	102	114	316.6	2.78
249	115	114	318.6	2.78
250	103	102	316.9	3.12
251	131	90	321.0	3.57
252	120	77	319.3	4.14
253	123	85	319.7	3.75
254	96	126	315.8	2.50
255	99	106	316.2	2.99
256	126	65	320.2	4.94
257	28	44	305.9	6.92
258	55	3	309.9	94.09
259	61	17	310.7	18.66
260	33	58	306.7	5.33
261	74	41	312.7	7.61
262	65	55	311.4	5.69
263	74	41	312.7	7.61
264	65	55	311.4	5.69
265	66	48	311.5	6.50
266	75	34	312.8	9.12
267	74	41	312.7	7.61
268	65	55	311.4	5.69
269	66	48	311.5	6.50
270	75	34	312.8	9.12
271	74	41	312.7	7.61

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	69 di 92

272	65	55	311.4	5.69
273	66	48	311.5	6.50
274	75	34	312.8	9.12
275	66	48	311.5	6.50
276	75	34	312.8	9.12
277	74	40	312.6	7.91
278	65	53	311.2	5.85
279	74	40	312.6	7.91
280	65	53	311.2	5.85
281	66	46	311.4	6.72
282	75	33	312.7	9.56
283	74	40	312.6	7.91
284	65	53	311.2	5.85
285	66	46	311.4	6.72
286	75	33	312.7	9.56
287	74	40	312.6	7.91
288	65	53	311.2	5.85
289	66	46	311.4	6.72
290	75	33	312.7	9.56
291	66	46	311.4	6.72
292	75	33	312.7	9.56
293	71	44	312.2	7.17
294	62	57	310.9	5.44
295	71	44	312.2	7.17
296	62	57	310.9	5.44
297	63	50	311.1	6.17
298	72	37	312.4	8.50
299	71	44	312.2	7.17
300	62	57	310.9	5.44
301	63	50	311.1	6.17
302	72	37	312.4	8.50
303	71	44	312.2	7.17
304	62	57	310.9	5.44
305	63	50	311.1	6.17
306	72	37	312.4	8.50
307	63	50	311.1	6.17
308	72	37	312.4	8.50
309	69	38	311.9	8.15
310	60	52	310.5	5.98
311	69	38	311.9	8.15
312	60	52	310.5	5.98
313	61	45	310.7	6.89
314	70	31	312.0	9.92
315	69	38	311.9	8.15
316	60	52	310.5	5.98
317	61	45	310.7	6.89



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

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	70 di 92

318	70	31	312.0	9.92
319	69	38	311.9	8.15
320	60	52	310.5	5.98
321	61	45	310.7	6.89
322	70	31	312.0	9.92
323	61	45	310.7	6.89
324	70	31	312.0	9.92

9.5.2 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	
<i>G3_1_3</i>	<i>27.2</i>	<i>168.818</i>	<i>0.375151</i>	<i>213.008</i>				<i>7.831</i>

9.5.3 Fessurazione

	<i>Formazione</i>	<i>ss</i>	<i>ssr</i>	<i>k3</i>	<i>Aeff</i>	<i>s</i>	<i>srm</i>	<i>esm</i>	<i>wm</i>	<i>wd</i>	
	<i>fessure</i>	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Non fessurata	0	-115	0.13							
2	Fessurata	-140	-146	0.13	#####	200	280	#####	###	###	Verificato
3	Fessurata	-128	-144	0.13	#####	200	279	#####	###	###	Verificato
4	Non fessurata	0	-103	0.13							
5	Non fessurata	0	-30	0.13							
6	Non fessurata	0	-55	0.13							
7	Non fessurata	0	-43	0.13							
8	Non fessurata	0	-18	0.13							
9	Non fessurata	0	-105	0.13							
10	Fessurata	-130	-144	0.13	#####	200	279	#####	###	###	Verificato
11	Non fessurata	0	-118	0.13							
12	Non fessurata	0	-93	0.13							
13	Non fessurata	0	-20	0.13							
14	Non fessurata	0	-45	0.13							
15	Non fessurata	0	-33	0.13							
16	Non fessurata	0	-9	0.13							
17	Non fessurata	0	-115	0.13							
18	Fessurata	-140	-146	0.13	#####	200	280	#####	###	###	Verificato
19	Fessurata	-128	-144	0.13	#####	200	279	#####	###	###	Verificato
20	Non fessurata	0	-103	0.13							
21	Non fessurata	0	-105	0.13							
22	Fessurata	-130	-144	0.13	#####	200	279	#####	###	###	Verificato
23	Non fessurata	0	-118	0.13							
24	Non fessurata	0	-93	0.13							
25	Non fessurata	0	-72	0.13							
26	Non fessurata	0	-97	0.13							
27	Non fessurata	0	-86	0.13							
28	Non fessurata	0	-60	0.13							
29	Non fessurata	0	-30	0.13							
30	Non fessurata	0	-55	0.13							
31	Non fessurata	0	-43	0.13							
32	Non fessurata	0	-18	0.13							
33	Non fessurata	0	-62	0.13							
34	Non fessurata	0	-88	0.13							
35	Non fessurata	0	-76	0.13							
36	Non fessurata	0	-51	0.13							
37	Non fessurata	0	-20	0.13							
38	Non fessurata	0	-45	0.13							
39	Non fessurata	0	-33	0.13							
40	Non fessurata	0	-9	0.13							



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

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	73 di 92

41	Non fessurata	0	-72	0.13							
42	Non fessurata	0	-97	0.13							
43	Non fessurata	0	-86	0.13							
44	Non fessurata	0	-60	0.13							
45	Non fessurata	0	-62	0.13							
46	Non fessurata	0	-88	0.13							
47	Non fessurata	0	-76	0.13							
48	Non fessurata	0	-51	0.13							
49	Non fessurata	0	-115	0.13							
50	Fessurata	-140	-146	0.13	####	200	280	####	###	###	Verificato
51	Fessurata	-128	-144	0.13	####	200	279	####	###	###	Verificato
52	Non fessurata	0	-103	0.13							
53	Non fessurata	0	-105	0.13							
54	Fessurata	-130	-144	0.13	####	200	279	####	###	###	Verificato
55	Non fessurata	0	-118	0.13							
56	Non fessurata	0	-93	0.13							

9.6 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_83	345	-218	-	1.611
	Taglio	G3_1_83	346	0	-217	1.114
2	Presso-flessione	G3_1_83	241	-211	-	1.242
	Taglio	G3_1_53	236	0	-287	1.302
3	Presso-flessione	G1_3	182	172	-	1.904
	Taglio	G3_0.5_3	118	-	25	8.378
4	Presso-flessione	G3_0.5_5	222	-130	-	1.982
	Taglio	G3_0.5_3	220	-	142	1.423

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_83	328	-182	-	1.921
	Taglio	G3_1_83	330	0	-181	1.322
2	Pressoflessione	G3_1_83	205	-172	-	1.490
	Taglio	G3_1_53	200	0	-271	1.380
3	Pressoflessione	G1_3	146	177	-	1.827
	Taglio	G3_1_3	146	-	41	5.140
4	Pressoflessione	G3_1_5	321	-188	-	1.449
	Taglio	G3_1_3	319	-	188	1.148

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_83	377	-230	-	1.550
	Taglio	G3_1_83	378	0	-208	1.182
2	Pressoflessione	G3_1_83	226	-218	-	1.186
	Taglio	G3_1_53	221	0	-313	1.194
3	Pressoflessione	G1_3	169	192	-	1.699
	Taglio	G3_1_3	169	-	27	7.831
4	Pressoflessione	G3_0.5_5	240	-117	-	2.235
	Taglio	G3_0.5_10	216	-	123	1.641

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_83	373	-222	-	1.606
	Taglio	G3_1_83	375	0	-205	1.195
2	Pressoflessione	G3_1_83	226	-210	-	1.233
	Taglio	G3_1_53	221	0	-309	1.210
3	Pressoflessione	G1_3	169	192	-	1.699
	Taglio	G3_1_3	169	-	27	7.831
4	Pressoflessione	G3_0.5_5	238	-127	-	2.059
	Taglio	G3_0.5_3	236	-	134	1.531

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003006</td> <td>A</td> <td>78 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	78 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	78 di 92								

10 VERIFICHE LONGITUDINALI

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

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

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

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

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 autoequilibrate non uniforme

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

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

grado di impedimento

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">FASE-ENTE</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003006</td> <td>A</td> <td>79 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	79 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	79 di 92								

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

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

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

$RH = 75\%$

umidità relativa ambientale

 $h_0 = 2A_c/u$ [mm]

Spessore fittizio

 A_c = area del cls che si ritira

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

$$\epsilon_{cs_m}(t_1, t_0) = (\epsilon_{sf} * A_{sf} + \epsilon_p * A_{sp} + \epsilon_s * A_s) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$$

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Valutazione del ritiro		Fondazione	Piedritti	Solettone
Area c.l.s. che ritira	A_c [mmq]	2650000	1125000	2205000
Per. a contatto con atmosfera	u [mm]	4000	2500	4000
Spessore Fittizio	h_0 [mm]	1325.000	900	1102.500
Età c.l.s. inizio ritiro essiccamento	t_1 [gg]	18000	18000	18000
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t_0 [gg]	1	1	1
Fattore di maturazione	brh	0.896	0.896	0.896
Fattore di resistenza	$es(fcm)$	1	1	1
Coefficiente nominale di ritiro	ecr_0	0.000212	0.000212	0.000212
Coefficiente di sviluppo nel tempo	$bs(t_1, t_0)$	0.000190	0.000190	0.000190
Deformazione di ritiro del c.l.s.	$ecs(t_1, t_0)$	0.47598	0.62317	0.54525

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ecs _m	0.0001	
Tensione per ritiro impedito	str	1.10041	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	15000	mm
Altezza elemento equivalente	H	466.667	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	16700	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
Grado di impedimento	Kr	0.95367	
Moltiplicatore Kr	m	0.02853	
Tensione di lavoro assunta	ss _L	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m	1+1Ø 12 / 20		
Verifica	OK		
coefficiente di sicurezza C.S.	22.24198412		

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

11 VERIFICA DEI MICROPALI

I micropali hanno un diametro di perforazione di 240 mm e l'armatura è costituita da un tubo $\varnothing 168.3$ di spessore 12 mm in acciaio S275; la lunghezza del singolo palo è di 12 m.

I micropali saranno eseguiti con iniezioni ripetute e controllate con tubo a valvole e doppio otturatore (*IRS, iniezione ripetuta e selettiva*), con iniezione di prima fase per la formazione della guaina e successive iniezioni selettive ad alta pressione affinché il calcestruzzo primario si rompa e si formino le sbulbature. Si prevede che il tratto iniettato di micropalo (bulbo di fondazione) raggiunga la superficie del terreno.

Nella figura successiva è mostrata la disposizione in pianta dei micropali.

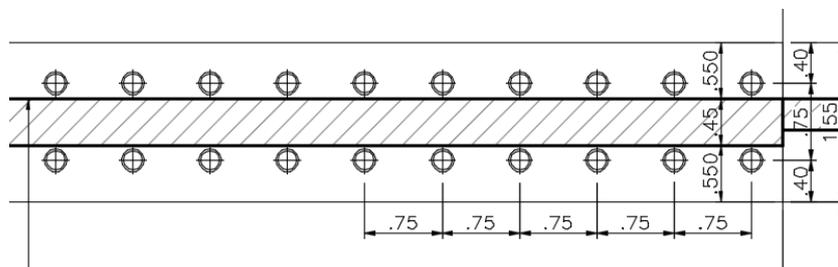


Figura 11-1: Disposizione dei micropali in pianta

Dalle sollecitazioni agenti nella sezione d'incastro, si sono determinate le azioni agenti in testa ai micropali nel modo seguente:

numero file trasversali	nt	=	2		
interasse longitudinale	ix	=	0.75	[m]	
interasse trasversale	iy	=	0.75	[m]	
Sollecitazioni in fondazione	Comb.		M	N	T
	[nome]		[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Combo Mmax	G3_1_97		47.2	-151.0	37.1
Combo Mmin	G3_1_5		-188.5	-320.6	202.4
Combo Nmax	G1_49		-56.8	-93.2	72.6
Combo Nmin	G3_1_53		-4.5	-369.9	95.0
Sforzi sui micropali	Comb.		Nmax	Nmin	T
	[nome]		[kN]	[kN]	[kN]
Combo Mmax	G3_1_97		-9.5	-103.8	13.9
Combo Mmin	G3_1_5		-308.7	68.3	75.9
Combo Nmax	G1_49		-91.8	21.9	27.2
Combo Nmin	G3_1_53		-143.2	-134.3	35.6

Seguono le verifiche del micropalo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A

11.1 CRITERI DI VERIFICA

Il DM 14.01.2008 indica che le verifiche di sicurezza devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite, quando pertinenti:

SLU di tipo geotecnico (GEO):

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- stabilità globale;

SLU di tipo strutturale (STR):

- raggiungimento della resistenza dei pali;
- raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Le verifiche agli stati limite sono effettuate secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3), con l'accortezza di non portare in conto del coefficiente γ_r nelle verifiche finalizzate al dimensionamento strutturale.

Di seguito si riportano i coefficienti parziali di sicurezza:

Tabella 11-1: Coefficienti parziali per le azioni (tab. 6.2.I D.M. 14.01.08)

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 11-2: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (tab. 6.2.II D.M. 14.01.08)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_r	1,0	1,0

Tabella 11-3: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche (tab. 6.4.II D.M. 14.01.08)

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">FASE-ENTE</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NM0Z</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">D 26</td> <td style="text-align: center;">CLRI0003006</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">84 di 92</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	84 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	84 di 92								

Il valore della resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata con metodi di calcolo analitici, applicando alle resistenze calcolate i fattori di correlazione ξ che dipendono dal numero di verticali indagate e riportati nella tabella 6.4.IV del D.M. 14.01.2008.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Nel calcolo si considera cautelativamente un fattore di correlazione pari a 1,70 corrispondente a n.1 verticale di indagine.

11.1.1 Carico limite verticale

I micropali trasferiscono il carico essenzialmente per attrito laterale: in primo luogo l'area ridotta della punta non permette di considerarla come elemento portante; in secondo luogo per mobilitarne la portata bisognerebbe avere un cedimento significativamente maggiore di quello che tipicamente si manifesta nel micropalo. L'area laterale è molto maggiore e la relativa portata viene mobilitata per cedimenti molto ridotti.

Per questi motivi nei calcoli che seguono sarà trascurata la resistenza alla punta del micropalo.

Pertanto, il carico limite del micropalo si può esprimere:

$$Q_{lim} = \pi \cdot d_s \cdot L_s \cdot s$$

Nella quale d_s è il diametro e L_s la lunghezza della zona iniettata; s è la resistenza tangenziale all'interfaccia fra zona iniettata e terreno.

Per la stima del diametro d_s e della resistenza tangenziale s , si fa riferimento al metodo proposto da Bustamante e Doix (1985) per i micropali iniettati in pressione.

A seconda della tipologia di iniezione (*IGU* o *IRS*), gli autori forniscono un coefficiente α maggiorativo del diametro di perforazione adottato, che è possibile ricavare, in funzione della litologia del terreno, attraverso abachi forniti dagli stessi autori (Tabella 11-4). Così operando, è possibile ottenere il valore del diametro del bulbo attraverso l'espressione $d_s = \alpha \cdot d$, in cui d è il diametro della perforazione.

Tabella 11-4: Valore del coefficiente α (Bustamante e Doix)

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	1,5 V_s
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 V_s
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 V_s
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V_s
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V_s
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 V_s
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2) V_s ; IGU: 1,5 V_s
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2 V_s ; IGU: 1,5 V_s
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3) V_s ; IGU: (1,5-2) V_s
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2) V_s per strati compatti
Calcari marnosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6) V_s o più per strati fratturati
Calcari alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1-1,5) V_s per strati poco fratturati 2 V_s o più per strati fratturati

Il valore della resistenza tangenziale s all'interfaccia fra tratto iniettato e terreno dipendono sia dalla natura e dalle caratteristiche del terreno, sia dalla tecnologia di iniezione, e sono forniti dai diagrammi di Bustamante e Doix.

La curva a cui fare riferimento dipende dal tipo di iniezione secondo quanto riportato in

Tabella 11-5: Indicazioni per la scelta del valore di s

Terreno	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

I micropali saranno eseguiti con iniezioni ripetute e controllate con tubo a valvole e doppio otturatore (*IRS, iniezione ripetuta e selettiva*), con bulbo di fondazione pari all'intera lunghezza di micropalo. Nei calcoli i primi 5 m di micropalo sono stati considerati del tipo IGU come raccomandato dalla letteratura tecnica sull'argomento.

Data la tecnologia di iniezione utilizzata ed il tipo di terreno attraversato, le cui principali caratteristiche sono riportate al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, la curva a cui si è fatto riferimento è quella indicata con SG2 per i primi 5 m dalla superficie e ad SG1 per profondità oltre i 5m.

Cautelativamente, si assume il valore minimo del numero di colpi ottenuti dalle indagini in sito (SPT) condotte sul sottosuolo interessato, pari a $N_{spt} = 18$.

Dall'abaco si ricava una s limite pari a 0.10 MPa per i primi 5 m e 0.15 MPa per il restante tratto di fondazione iniettato.

Abaco per il calcolo di s per sabbie e ghiaie

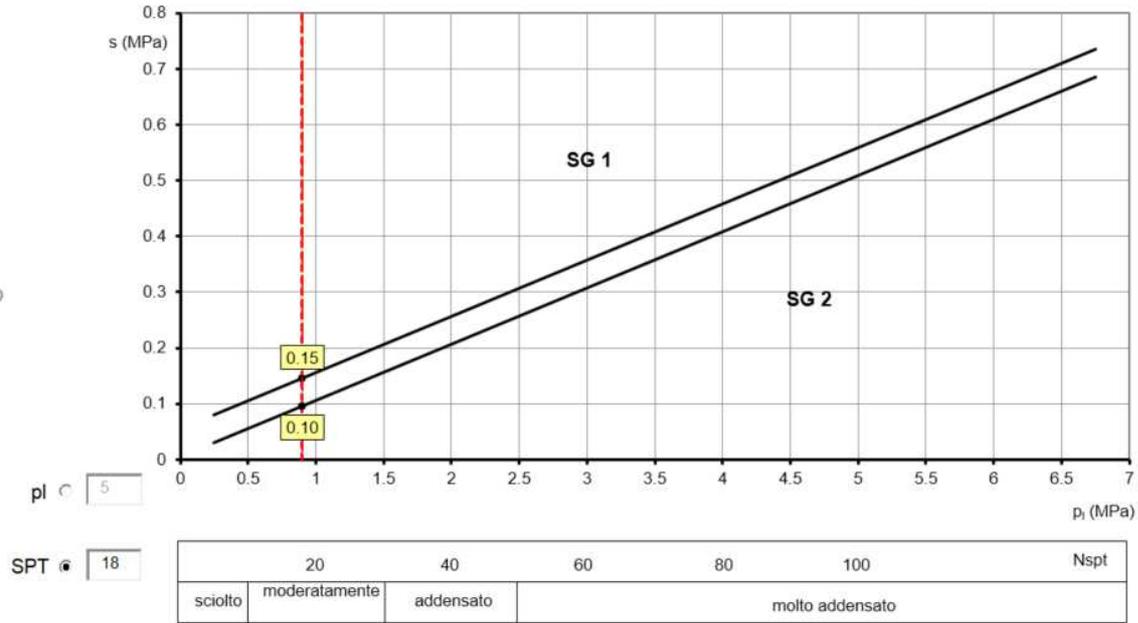


Figura 11-2: Determinazione della resistenza tangenziale (Bustamante e Doix)

11.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

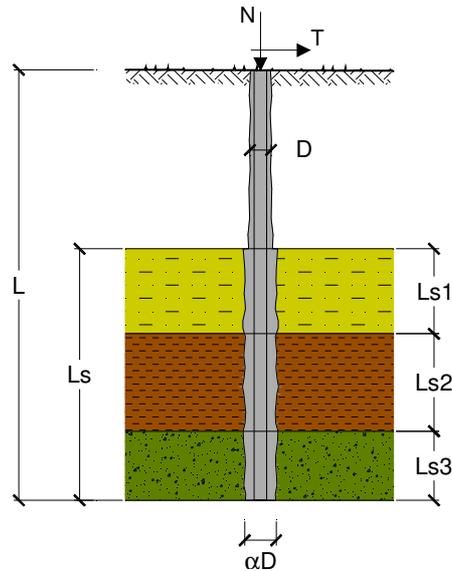
11.2.1 Micropalo soggetto a compressione

OPERA: Portali 4.0x2.5

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	308.70	0.00	308.70
T (kN)	75.90	0.00	75.90



coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ_s	$\gamma_{s\text{traz}}$
		γ_G	γ_Q		
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.00	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	DM88	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.24 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 12.00 (m)

Armatura:

<input type="radio"/> IPE	<input type="radio"/> INP	<input type="radio"/> HEA	<input type="radio"/> HEB	<input type="radio"/> HEM	<input checked="" type="radio"/> Tubi	<input type="radio"/> ALTRO
IPE 180	INP 160	HEA 300	HEB 160	HEM 200	$\emptyset 168,3 \times 12,0$	

$\emptyset 168,3 \times 12,0$

Portali 4.0 x 2.5 m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	88 di 92

 Area dell'armatura (Aarm): 5892 (mm²)

 Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 1.810E+07 (mm⁴)

 Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 215 088 (mm³)

 Tipo di acciaio

 Tensione di snervamento dell'acciaio (fy): 275 (N/mm²)

 Coefficiente Parziale Acciaio γ_M : 1.05

 Tensione ammissibile dell'acciaio (σ_{lim}): 262 (N/mm²)

 Modulo di elasticità dell'acciaio (E_{arm}): 210 000 (N/mm²)

Coefficiente di Reazione Laterale:

 Coeff. di Winkler (k): 15.0 (MN/m³)

CAPACITA' PORTANTE ESTERNA
Capacità portante di fusto

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * l_{s_i}$$

Tipo di Terreno	Spessore l_{s_i} (m)	α (-)	$Ds_i = \alpha * D$ (m)	S_i media (MPa)	S_i minima (MPa)	S_i calcolo (MPa)	Qs_i (kN)
S	5.00	1.10	0.26	0.100	0.100	0.051	212.12
S	7.00	1.40	0.34	0.150	0.150	0.077	566.93
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00

 $Ls = 12.00$ (m) $QI = 779.05$ (kN)

Capacità portante di punta $Qp = \%Punta * QI$ (consigliato 10-15%)

 $\% Punta = 0\%$ $Qp = 0.00$ (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + QI$$

 $Qlim = 779.05$ (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

 $Fs = 2.52$
CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

 Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.(β) ($\beta = k * D_{arm}$): 2.52 (N/mm²)

$$Pk = 2 * (\beta * E_{arm} * J_{arm})^{0.5} \quad \eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

 $Pk = 6195.30$ (MN) $\eta = 20.07$

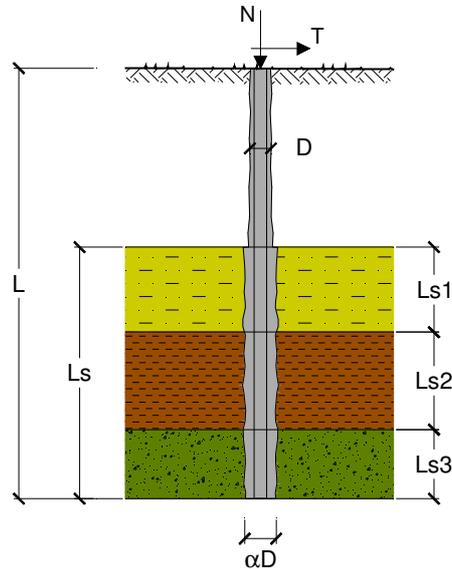
11.2.2 Micropalo soggetto a trazione

OPERA: Portali 4.0x2.5

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	-68.30	0.00	-68.30
T (kN)	75.90	0.00	75.90



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_s	$\gamma_{s\text{traz}}$
SUD	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.00	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	DM88	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): **0.24 (m)**

Lunghezza del micropalo (L): **12.00 (m)**

Armatura:

<input type="radio"/> IPE	<input type="radio"/> INP	<input type="radio"/> HEA	<input type="radio"/> HEB	<input type="radio"/> HEM	<input checked="" type="radio"/> Tubi	<input type="radio"/> ALTRO
IPE 180	INP 160	HEA 300	HEB 160	HEM 200	ø168,3 x 12,0	

ø168,3 x 12,0

Portali 4.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	90 di 92

Area dell'armatura (Aarm): 5892 (mm²)

Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 1.810E+07 (mm⁴)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 215 088 (mm³)

Tipo di acciaio

Tensione di snervamento dell'acciaio (fy): 275 (N/mm²)

Coefficiente Parziale Acciaio γ_M : 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ_{lim}): 262 (N/mm²)

Modulo di elasticità dell'acciaio (Earm): 210 000 (N/mm²)

Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (k): 15.0 (MN/m³)

CAPACITA' PORTANTE ESTERNA

Capacità portante di fusto

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * l_{s_i}$$

Tipo di Terreno	Spessore l_{s_i} (m)	α (-)	$Ds_i = \alpha * D$ (m)	S_i media (MPa)	S_i minima (MPa)	S_i calcolo (MPa)	Qs_i (kN)
S	5.00	1.10	0.26	0.100	0.100	0.047	195.15
S	7.00	1.40	0.34	0.150	0.150	0.071	521.58
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00

$Ls = 12.00$ (m) $QI = 716.73$ (kN)

Capacità portante di punta $Qp = \%Punta * QI$ (consigliato 10-15%)

$\% Punta = 0\%$ $Qp = 0.00$ (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + QI$$

$Qlim = 716.73$ (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$Fs = 10.49$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.(β) ($\beta = k * D_{arm}$): 2.52 (N/mm²)

$Pk = 2 * (\beta * Earm * Jarm)^{0.5}$ $\eta = Pk / N$ (consigliato $\eta > 10$)

$Pk = 6195.30$ (MN) $\eta = --$

11.3 VERIFICHE STRUTTURALI

Segue la verifica strutturale del tubo di armatura.

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 0.698 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 54.40 \quad (kN \cdot m)$$

Si fa riferimento a quanto prescritto in EC3. Si premette che per tutti i tubi commerciali comunemente impiegati per l'armatura dei micropali si può assumere che la sezione sia di classe 1 ovvero che valga:

$$D/t \leq 50 \times \square^2$$

dove:

$$\square = \sqrt{(235 \text{MPa}/f_y)}$$

f_y = tensione di snervamento;

D = diametro del tubo;

t = spessore del tubo.

Ciò premesso si definiscono “momento plastico per sola flessione”, e “taglio plastico” le seguenti quantità:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times (f_y / \square_{mo})$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \times (f_y/\sqrt{3}) \times (1/\square_{mo})$$

dove:

$$W_{pl} = \text{modulo di resistenza plastico} = 4/3 (R^3 - r^3)$$

R = raggio esterno del tubo

r = raggio interno del tubo = D/2-t

f_y = tensione di snervamento

\square_{M0} = coefficiente di sicurezza sul materiale = 1.05

A = area della sezione del tubo

$$A_v = 2 \cdot A/\pi$$

Nel caso in questione, essendo i micropali armati con tubo di diametro 168.3mm e spessore 12 mm si ha:

$$W_{pl} = 293 \, 733 \text{mm}^3$$

$$A_v = 3751 \text{mm}^2$$

Pertanto, le azioni resistenti di ogni micropalo risultano:

$$M_{pl,Rd} = 76.9 \text{ kNm}$$

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 4.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003006</td> <td>A</td> <td>92 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	92 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003006	A	92 di 92								

$$V_{pl,Rd} = 567.2 \text{ kN}$$

Le verifiche risultano soddisfatte.