

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 8x2

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 8 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: NM0Z10D26CLRI0003008A

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
	9.5.3 Fessurazione	72
	9.6 RIEPILOGO VERIFICHE.....	74
10	VERIFICHE LONGITUDINALI	78



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	3 di 92

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.

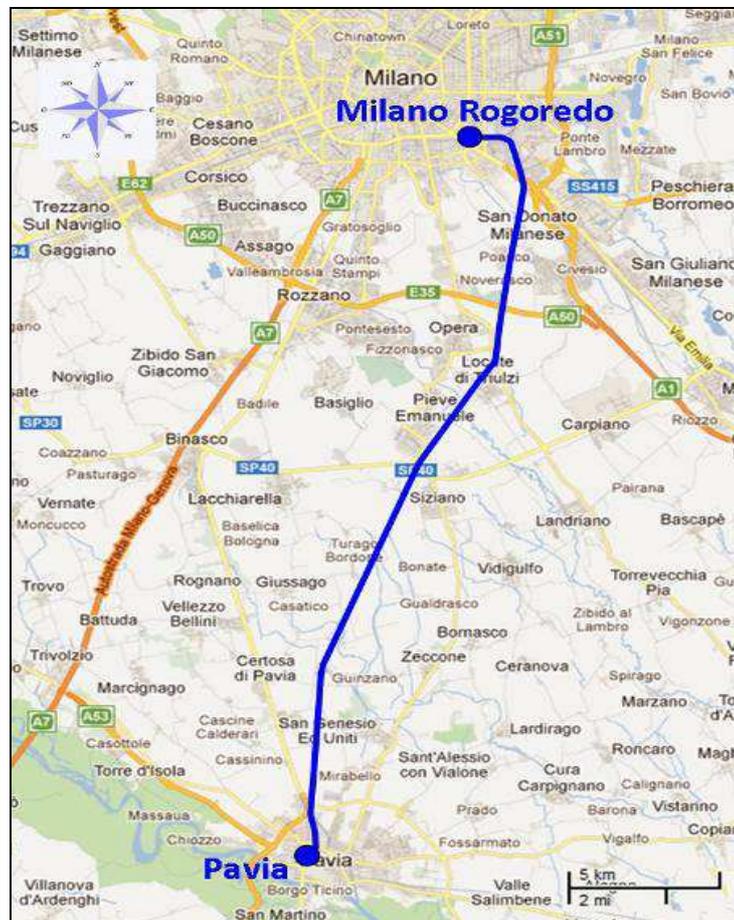


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell’opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei portali di geometria 8.0 x 2.0 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	9.60	m
Altezza totale	Htot	3.60	m
Spessore soletta superiore	ss	0.80	m
Spessore piedritti	sp	0.80	m
Luce libera	Lint	8.00	m
Altezza libera	Hint	2.00	m

Tabella 1

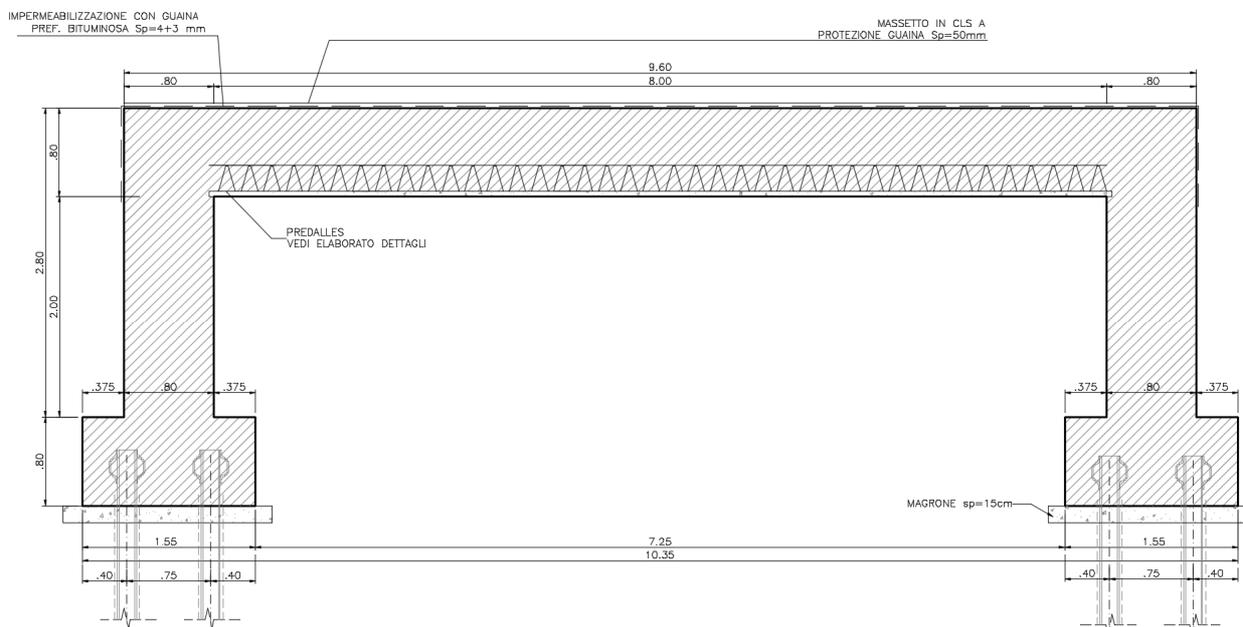


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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

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

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità ϕ dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE-ENTE</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26</td> <td>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>6 di 92</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	6 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	6 di 92								

piedritti valutati lungo lo “spessore corrente” (spessore corrente=spessore piedritto/cosφ). 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 8.0 x 2.0 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>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>7 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	7 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	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;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: "Manuale di progettazione delle opere civili" del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 8.0 x 2.0 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>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>8 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	8 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	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
v Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
$\alpha\Delta T$	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
$\alpha\chi\chi$	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma\chi$	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	17	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.35169	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\sigma\tau$	2.41372	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
$\sigma\chi$ limite	13.5	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
$\sigma\chi$ limite	18	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

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



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	10 di 92

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.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

6 MODELLO DI CALCOLO

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

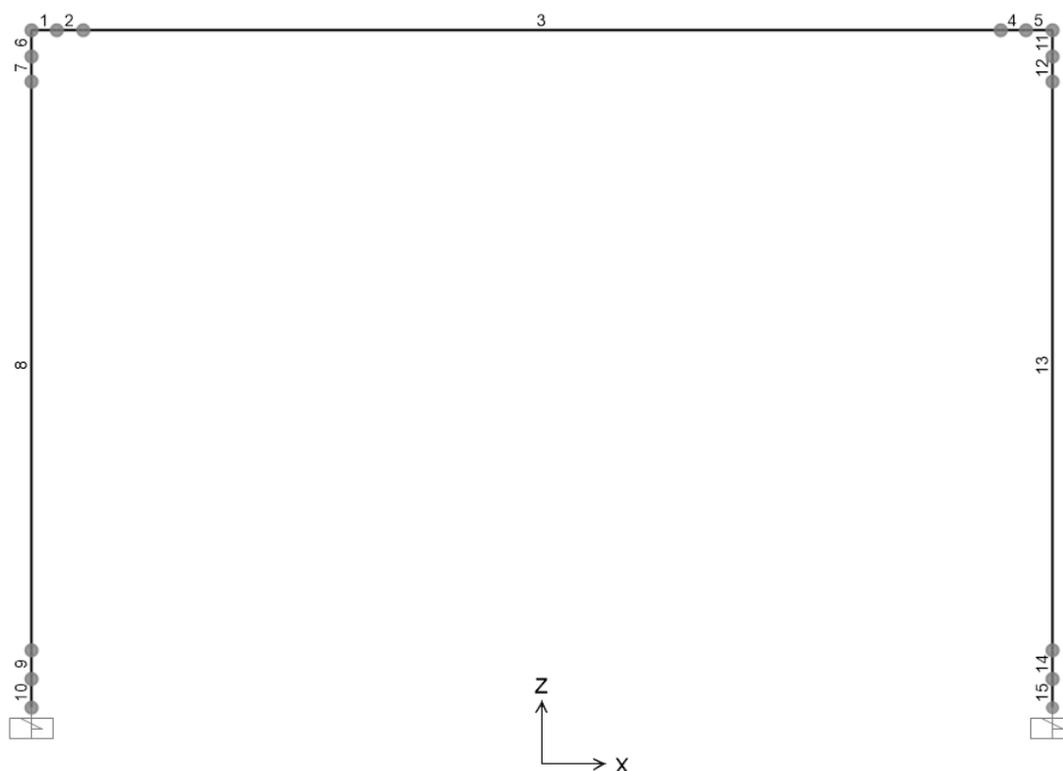


Figura 6-1 - Modello di calcolo

Per ottenere le sollecitazioni sulla struttura è stato realizzato un modello agli e.f. incastrandoli 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]	$\phi' [^\circ]$		$\phi' [^\circ]$ scelto	E'_{op} [MPa]		V_s [m/s]		categoria terreno	G_0 [MPa]		
		max	min		laboratorio	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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 PESO PROPRIO

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

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	20	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	20	kN/m

Tabella 8

7.2 PERMANENTI PORTATI

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

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	γ	18	kN/m ³
Sub Ballast	γ	20	kN/m ³
Ricoprimento	γ	20	kN/m ³
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	γ	25	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

7.3 SPINTA DEL TERRENO

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

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

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

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	ϕ	23	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	3.60	m
Peso di Volume Efficace	γ	9	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	k_0	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	11.18	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	0.40	0.4
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.48	m

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

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

7.4.2 Disposizione dei convogli

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

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

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

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

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

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

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

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

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

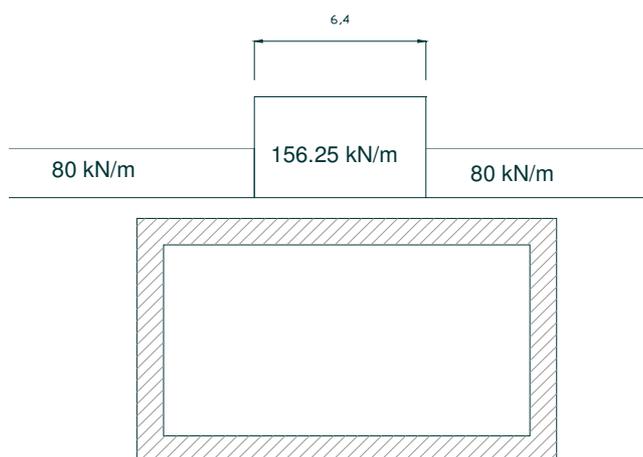


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

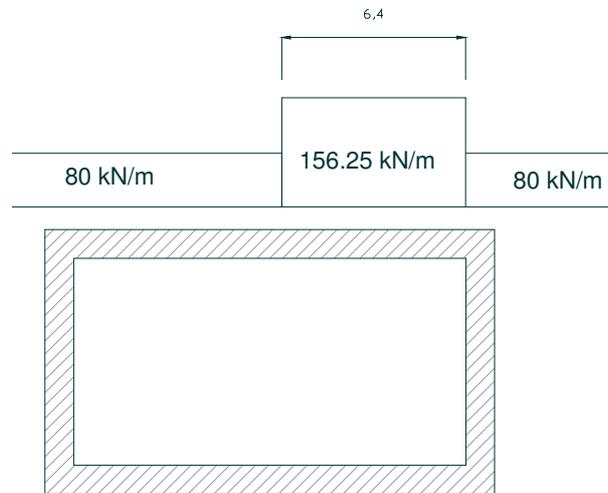


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

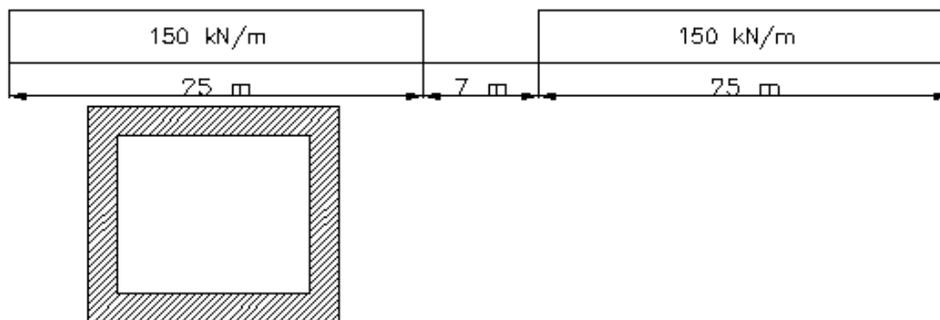


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

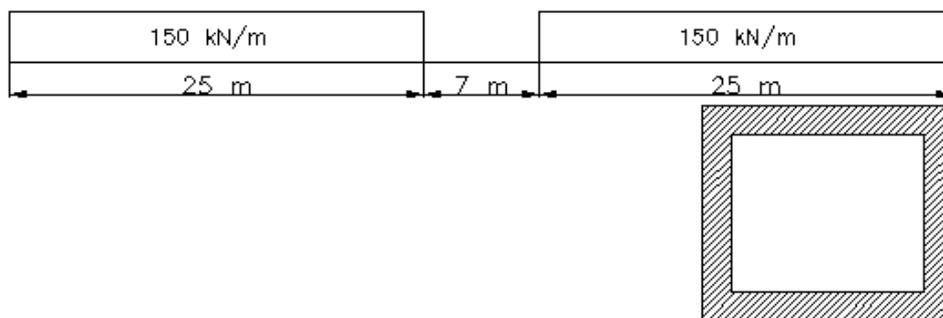


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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

Carico Variabile su solettone superiore			
Coefficiente di Adattamento	α	1	
Luce caratteristica	L_f	6.24	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.35	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	2	m
	L2	4	m
	L3	6	m

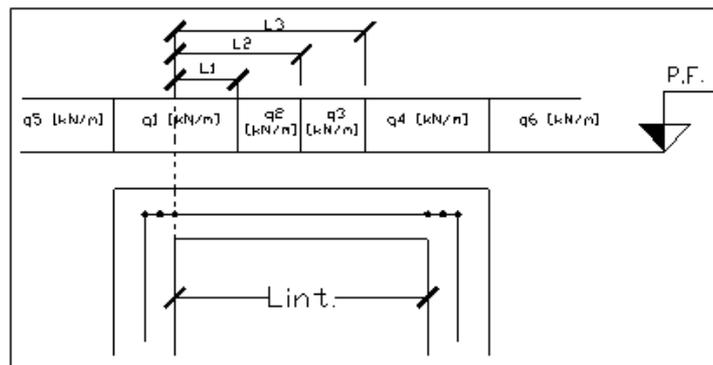


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	58.27	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	58.27	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	58.27	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	58.27	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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	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	q05_sx	34.16	kN/m2
Spinta su piedritto dx	q06_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	ql_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	ΔT_{unif}	+/- 15	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	ΔT_{grad}	+/- 5	°C

7.9 AZIONI SISMICHE

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	Portali 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	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	
CATEGORIA SOTTOSUOLO		C	
CATEGORIA TOPOGRAFICA		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
amax = SS x ST x ag	amax	0.1035	g

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

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>			
$G1+G2+0.2xq1$		46.40	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		46.40	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		46.40	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		46.40	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		4.8	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		4.8	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		4.8	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		4.8	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Laterali</i>			
G1		20	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		2.1	kN/m

 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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

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		46.40	kN/m
G1+G2+0.2xq2		46.40	kN/m
G1+G2+0.2xq3		46.40	kN/m
G1+G2+0.2xq4		46.40	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.4	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.4	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.4	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.4	kN/m

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

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

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

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	Htot	3.60	m
Peso di Volume	γ	19	kN/m ³
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.1035	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	ΔSE	25.49	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	12.74	kN/m ²

7.10 RITIRO

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

Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	t_s	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t_0	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	h_0	1600	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000195	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t_0)$	0.000245	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-6.3	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 8.0 x 2.0 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;">NMOZ</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">D 26</td> <td style="text-align: center;">CLRI0003008</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	NMOZ	10	D 26	CLRI0003008	A	21 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOZ	10	D 26	CLRI0003008	A	21 di 92								

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

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

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 8.0 x 2.0 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>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>24 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	24 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	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.

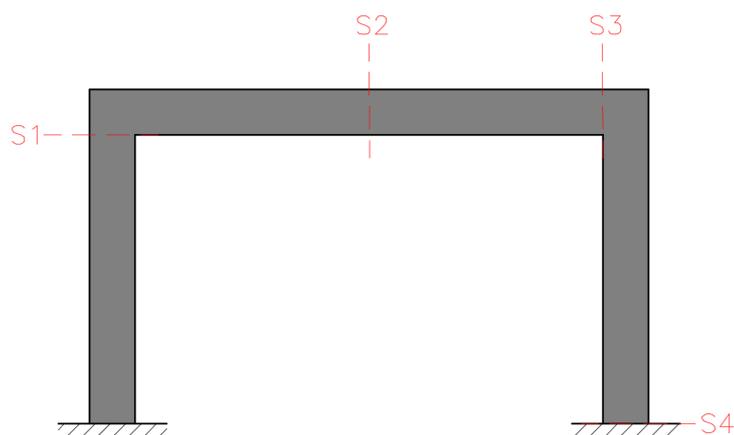


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

 <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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

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

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

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

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

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

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

ϵ_{cu1}	ϵ_{cu2}
0.200%	0.350%

Acciaio:

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

VERIFICHE ALLO SLU: Taglio

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

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

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

con

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

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

e dove

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

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

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

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</p>												
<p>Portali 8.0 x 2.0 m Relazione di calcolo</p>	<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>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>26 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	26 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	26 di 92								

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	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;">1</td> <td>per membrature non compresse</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$</td> <td>per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td>per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$</td> <td>per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$</td> </tr> </table>	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 $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$
1	per membrature non compresse									
$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$									
1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$									
$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$									

VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

$$\beta_1=1$$

$$\beta_2=0.5$$

$$k_2=0.4$$

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

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

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

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

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

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

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

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	80

9.2.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf <i>A_s</i>			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	24	22.62	9
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup <i>A'_s</i>			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	24	22.62	9
5	16	10.05	8.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	M_u	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	620	-673	-1053.2	1.564
2	542	-585	-1029.1	1.760
3	620	-589	-1053.2	1.787
4	542	-501	-1029.1	2.055
5	620	-624	-1053.2	1.688
6	542	-536	-1029.1	1.921
7	620	-708	-1053.2	1.488
8	542	-620	-1029.1	1.661
9	542	-601	-1029.1	1.712

10	542	-461	-1029.1	2.231
11	542	-519	-1029.1	1.982
12	542	-659	-1029.1	1.562
13	620	-673	-1053.2	1.564
14	230	-231	-932.0	4.033
15	620	-589	-1053.2	1.787
16	230	-147	-932.0	6.330
17	620	-624	-1053.2	1.688
18	230	-182	-932.0	5.121
19	620	-708	-1053.2	1.488
20	230	-266	-932.0	3.506
21	230	-247	-932.0	3.766
22	230	-108	-932.0	8.653
23	230	-166	-932.0	5.627
24	230	-305	-932.0	3.052
25	620	-678	-1053.2	1.554
26	542	-589	-1029.1	1.746
27	620	-594	-1053.2	1.773
28	542	-505	-1029.1	2.036
29	620	-629	-1053.2	1.675
30	542	-540	-1029.1	1.905
31	620	-713	-1053.2	1.478
32	542	-624	-1029.1	1.649
33	542	-606	-1029.1	1.699
34	542	-466	-1029.1	2.209
35	542	-524	-1029.1	1.964
36	542	-664	-1029.1	1.551
37	620	-678	-1053.2	1.554
38	230	-236	-932.0	3.954
39	620	-594	-1053.2	1.773
40	230	-152	-932.0	6.139
41	620	-629	-1053.2	1.675
42	230	-187	-932.0	4.995
43	620	-713	-1053.2	1.478
44	230	-270	-932.0	3.446
45	230	-252	-932.0	3.698
46	230	-112	-932.0	8.300
47	230	-170	-932.0	5.476
48	230	-310	-932.0	3.007
49	163	-97	-910.7	9.358
50	163	-237	-910.7	3.841
51	163	-207	-910.7	4.407
52	163	-67	-910.7	13.612
53	602	-612	-1047.7	1.711
54	528	-536	-1024.8	1.912
55	602	-528	-1047.7	1.983

56	528	-452	-1024.8	2.266
57	602	-563	-1047.7	1.860
58	528	-487	-1024.8	2.105
59	602	-647	-1047.7	1.619
60	528	-571	-1024.8	1.795
61	528	-552	-1024.8	1.855
62	528	-413	-1024.8	2.484
63	528	-471	-1024.8	2.178
64	528	-610	-1024.8	1.679
65	602	-612	-1047.7	1.711
66	230	-231	-932.0	4.033
67	602	-528	-1047.7	1.983
68	230	-147	-932.0	6.330
69	602	-563	-1047.7	1.860
70	230	-182	-932.0	5.121
71	602	-647	-1047.7	1.619
72	230	-266	-932.0	3.506
73	230	-247	-932.0	3.766
74	230	-108	-932.0	8.653
75	230	-166	-932.0	5.627
76	230	-305	-932.0	3.052
77	602	-617	-1047.7	1.699
78	528	-541	-1024.8	1.896
79	602	-533	-1047.7	1.966
80	528	-457	-1024.8	2.244
81	602	-568	-1047.7	1.845
82	528	-491	-1024.8	2.085
83	602	-652	-1047.7	1.608
84	528	-575	-1024.8	1.781
85	528	-557	-1024.8	1.840
86	528	-417	-1024.8	2.456
87	528	-475	-1024.8	2.157
88	528	-615	-1024.8	1.667
89	602	-617	-1047.7	1.699
90	230	-236	-932.0	3.954
91	602	-533	-1047.7	1.966
92	230	-152	-932.0	6.139
93	602	-568	-1047.7	1.845
94	230	-187	-932.0	4.995
95	602	-652	-1047.7	1.608
96	230	-270	-932.0	3.446
97	230	-252	-932.0	3.698
98	230	-112	-932.0	8.300
99	230	-170	-932.0	5.476
100	230	-310	-932.0	3.007
101	163	-97	-910.7	9.358

102	163	-237	-910.7	3.841
103	163	-207	-910.7	4.407
104	163	-67	-910.7	13.612
105	637	-734	-1058.6	1.442
106	556	-634	-1033.5	1.631
107	637	-650	-1058.6	1.628
108	556	-550	-1033.5	1.880
109	637	-685	-1058.6	1.545
110	556	-584	-1033.5	1.768
111	637	-769	-1058.6	1.377
112	556	-668	-1033.5	1.547
113	556	-650	-1033.5	1.590
114	556	-510	-1033.5	2.026
115	556	-568	-1033.5	1.819
116	556	-708	-1033.5	1.460
117	637	-734	-1058.6	1.442
118	245	-280	-936.5	3.346
119	637	-650	-1058.6	1.628
120	245	-196	-936.5	4.778
121	637	-685	-1058.6	1.545
122	245	-231	-936.5	4.058
123	637	-769	-1058.6	1.377
124	245	-315	-936.5	2.977
125	245	-296	-936.5	3.161
126	245	-156	-936.5	5.985
127	245	-214	-936.5	4.368
128	245	-354	-936.5	2.644
129	637	-739	-1058.6	1.433
130	556	-638	-1033.5	1.620
131	637	-655	-1058.6	1.617
132	556	-554	-1033.5	1.865
133	637	-690	-1058.6	1.535
134	556	-589	-1033.5	1.755
135	637	-773	-1058.6	1.369
136	556	-673	-1033.5	1.536
137	556	-654	-1033.5	1.579
138	556	-515	-1033.5	2.008
139	556	-573	-1033.5	1.805
140	556	-712	-1033.5	1.451
141	637	-739	-1058.6	1.433
142	245	-284	-936.5	3.292
143	637	-655	-1058.6	1.617
144	245	-201	-936.5	4.669
145	637	-690	-1058.6	1.535
146	245	-235	-936.5	3.979
147	637	-773	-1058.6	1.369

148	245	-319	-936.5	2.934
149	245	-301	-936.5	3.113
150	245	-161	-936.5	5.815
151	245	-219	-936.5	4.277
152	245	-359	-936.5	2.611
153	163	-97	-910.7	9.358
154	163	-237	-910.7	3.841
155	163	-207	-910.7	4.407
156	163	-67	-910.7	13.612
157	407	-391	-987.3	2.524
158	372	-359	-976.3	2.718
159	407	-307	-987.3	3.212
160	372	-275	-976.3	3.546
161	407	-342	-987.3	2.886
162	372	-310	-976.3	3.149
163	407	-426	-987.3	2.318
164	372	-394	-976.3	2.478
165	372	-376	-976.3	2.600
166	372	-236	-976.3	4.141
167	372	-294	-976.3	3.324
168	372	-433	-976.3	2.252
169	407	-391	-987.3	2.524
170	386	-408	-980.7	2.404
171	407	-307	-987.3	3.212
172	386	-324	-980.7	3.026
173	407	-342	-987.3	2.886
174	386	-359	-980.7	2.733
175	407	-426	-987.3	2.318
176	386	-443	-980.7	2.215
177	386	-424	-980.7	2.311
178	386	-285	-980.7	3.447
179	386	-342	-980.7	2.864
180	386	-482	-980.7	2.034
181	407	-396	-987.3	2.495
182	372	-364	-976.3	2.684
183	407	-312	-987.3	3.165
184	372	-280	-976.3	3.488
185	407	-347	-987.3	2.848
186	372	-315	-976.3	3.103
187	407	-431	-987.3	2.293
188	372	-399	-976.3	2.450
189	372	-380	-976.3	2.568
190	372	-240	-976.3	4.062
191	372	-298	-976.3	3.273
192	372	-438	-976.3	2.229
193	407	-396	-987.3	2.495

194	386	-413	-980.7	2.377
195	407	-312	-987.3	3.165
196	386	-329	-980.7	2.984
197	407	-347	-987.3	2.848
198	386	-363	-980.7	2.699
199	407	-431	-987.3	2.293
200	386	-447	-980.7	2.193
201	386	-429	-980.7	2.287
202	386	-289	-980.7	3.392
203	386	-347	-980.7	2.826
204	386	-487	-980.7	2.015
205	163	-97	-910.7	9.358
206	163	-237	-910.7	3.841
207	163	-207	-910.7	4.407
208	163	-67	-910.7	13.612
209	443	-513	-998.4	1.946
210	400	-457	-985.1	2.157
211	443	-429	-998.4	2.326
212	400	-373	-985.1	2.642
213	443	-464	-998.4	2.152
214	400	-408	-985.1	2.417
215	443	-548	-998.4	1.822
216	400	-491	-985.1	2.005
217	400	-473	-985.1	2.082
218	400	-333	-985.1	2.956
219	400	-391	-985.1	2.518
220	400	-531	-985.1	1.855
221	443	-513	-998.4	1.946
222	400	-457	-985.1	2.157
223	443	-429	-998.4	2.326
224	400	-373	-985.1	2.642
225	443	-464	-998.4	2.152
226	400	-408	-985.1	2.417
227	443	-548	-998.4	1.822
228	400	-491	-985.1	2.005
229	400	-473	-985.1	2.082
230	400	-333	-985.1	2.956
231	400	-391	-985.1	2.518
232	400	-531	-985.1	1.855
233	443	-518	-998.4	1.929
234	400	-461	-985.1	2.136
235	443	-434	-998.4	2.301
236	400	-377	-985.1	2.610
237	443	-469	-998.4	2.131
238	400	-412	-985.1	2.390
239	443	-552	-998.4	1.807

240	400	-496	-985.1	1.986
241	400	-478	-985.1	2.062
242	400	-338	-985.1	2.916
243	400	-396	-985.1	2.489
244	400	-536	-985.1	1.839
245	443	-518	-998.4	1.929
246	400	-461	-985.1	2.136
247	443	-434	-998.4	2.301
248	400	-377	-985.1	2.610
249	443	-469	-998.4	2.131
250	400	-412	-985.1	2.390
251	443	-552	-998.4	1.807
252	400	-496	-985.1	1.986
253	400	-478	-985.1	2.062
254	400	-338	-985.1	2.916
255	400	-396	-985.1	2.489
256	400	-536	-985.1	1.839
257	163	-97	-910.7	9.358
258	163	-237	-910.7	3.841
259	163	-207	-910.7	4.407
260	163	-67	-910.7	13.612
261	211	-212	-925.9	4.374
262	211	-165	-925.9	5.609
263	216	-228	-927.4	4.059
264	216	-182	-927.4	5.099
265	211	-184	-925.9	5.022
266	211	-231	-925.9	4.009
267	224	-258	-929.9	3.607
268	224	-211	-929.9	4.402
269	216	-201	-927.4	4.610
270	216	-248	-927.4	3.743
271	229	-275	-931.5	3.392
272	229	-228	-931.5	4.084
273	224	-231	-929.9	4.034
274	224	-277	-929.9	3.356
275	229	-247	-931.5	3.766
276	229	-294	-931.5	3.169
277	204	-205	-923.7	4.515
278	204	-158	-923.7	5.846
279	209	-221	-925.3	4.179
280	209	-175	-925.3	5.293
281	204	-177	-923.7	5.210
282	204	-224	-923.7	4.126
283	217	-251	-927.8	3.700
284	217	-204	-927.8	4.544
285	209	-194	-925.3	4.766

286	209	-241	-925.3	3.844
287	222	-268	-929.3	3.473
288	222	-221	-929.3	4.205
289	217	-223	-927.8	4.152
290	217	-270	-927.8	3.436
291	222	-240	-929.3	3.868
292	222	-287	-929.3	3.240
293	224	-237	-929.8	3.930
294	224	-190	-929.8	4.893
295	228	-253	-931.4	3.675
296	228	-207	-931.4	4.503
297	224	-209	-929.8	4.442
298	224	-256	-929.8	3.634
299	227	-250	-931.0	3.717
300	227	-204	-931.0	4.567
301	228	-226	-931.4	4.119
302	228	-273	-931.4	3.415
303	232	-267	-932.6	3.489
304	232	-221	-932.6	4.226
305	227	-223	-931.0	4.172
306	227	-270	-931.0	3.451
307	232	-240	-932.6	3.886
308	232	-287	-932.6	3.254
309	201	-213	-922.6	4.331
310	201	-166	-922.6	5.544
311	206	-230	-924.2	4.021
312	206	-183	-924.2	5.044
313	201	-186	-922.6	4.968
314	201	-232	-922.6	3.971
315	205	-227	-923.8	4.072
316	205	-180	-923.8	5.125
317	206	-203	-924.2	4.563
318	206	-249	-924.2	3.710
319	209	-244	-925.4	3.798
320	209	-197	-925.4	4.695
321	205	-200	-923.8	4.629
322	205	-246	-923.8	3.753
323	209	-216	-925.4	4.276
324	209	-263	-925.4	3.519

 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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

9.2.2 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	80	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	16	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	24	
Diametro ferro ortogonale	\emptyset_{ferro} ortogonale	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	655	mm
f 'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_77	-515.711	642.69			2916.191	987	987	1.914

9.2.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-106	0.13						
2	Non fessurata	0	-86	0.13						
3	Non fessurata	0	-100	0.13						
4	Non fessurata	0	-120	0.13						
5	Non fessurata	0	-44	0.13						
6	Non fessurata	0	-24	0.13						
7	Non fessurata	0	-37	0.13						
8	Non fessurata	0	-57	0.13						
9	Non fessurata	0	-111	0.13						
10	Non fessurata	0	-91	0.13						
11	Non fessurata	0	-104	0.13						
12	Fessurata	-124	-147	0.13	####	200	282	####	###	###
13	Non fessurata	0	-48	0.13						
14	Non fessurata	0	-29	0.13						
15	Non fessurata	0	-42	0.13						
16	Non fessurata	0	-62	0.13						
17	Fessurata	-126	-146	0.13	####	200	282	####	###	###
18	Non fessurata	0	-107	0.13						
19	Non fessurata	0	-120	0.13						
20	Fessurata	-140	-149	0.13	####	200	282	####	###	###
21	Fessurata	-131	-147	0.13	####	200	282	####	###	###
22	Non fessurata	0	-111	0.13						
23	Fessurata	-124	-146	0.13	####	200	282	####	###	###
24	Fessurata	-144	-149	0.13	####	200	282	####	###	###
25	Non fessurata	0	-75	0.13						
26	Non fessurata	0	-55	0.13						
27	Non fessurata	0	-69	0.13						
28	Non fessurata	0	-88	0.13						
29	Non fessurata	0	-44	0.13						
30	Non fessurata	0	-24	0.13						
31	Non fessurata	0	-37	0.13						
32	Non fessurata	0	-57	0.13						
33	Non fessurata	0	-80	0.13						
34	Non fessurata	0	-60	0.13						
35	Non fessurata	0	-73	0.13						
36	Non fessurata	0	-93	0.13						
37	Non fessurata	0	-48	0.13						
38	Non fessurata	0	-29	0.13						
39	Non fessurata	0	-42	0.13						
40	Non fessurata	0	-62	0.13						
41	Non fessurata	0	-85	0.13						
42	Non fessurata	0	-65	0.13						
43	Non fessurata	0	-79	0.13						
44	Non fessurata	0	-98	0.13						



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	37 di 92

45	Non fessurata	0	-90	0.13						
46	Non fessurata	0	-70	0.13						
47	Non fessurata	0	-83	0.13						
48	Non fessurata	0	-103	0.13						
49	Non fessurata	0	-106	0.13						
50	Non fessurata	0	-86	0.13						
51	Non fessurata	0	-100	0.13						
52	Non fessurata	0	-120	0.13						
53	Non fessurata	0	-111	0.13						
54	Non fessurata	0	-91	0.13						
55	Non fessurata	0	-104	0.13						
56	Fessurata	-124	-147	0.13	####	200	282	####	###	###

 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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

9.3 VERIFICA SEZIONE 4: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

$$\begin{array}{cc}
 \mathbf{B} & \mathbf{H} \\
 [\mathbf{cm}] & [\mathbf{cm}] \\
 100 & 80
 \end{array}$$

9.3.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf A_s			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	24	22.62	9
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

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

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	694	49	-832.0	16.85
2	614	44	-806.9	18.48
3	694	-115	-832.0	7.21
4	614	-121	-806.9	6.66
5	694	-244	-832.0	3.41
6	614	-249	-806.9	3.24
7	694	-79	-832.0	10.55
8	614	-85	-806.9	9.55
9	614	141	-806.9	5.71
10	614	-133	-806.9	6.05
11	614	-347	-806.9	2.33
12	614	-72	-806.9	11.16
13	694	49	-832.0	16.85
14	295	21	-706.3	33.84
15	694	-115	-832.0	7.21
16	295	-144	-706.3	4.91
17	694	-244	-832.0	3.41
18	295	-272	-706.3	2.59
19	694	-79	-832.0	10.55
20	295	-107	-706.3	6.58
21	295	119	-706.3	5.96
22	295	-156	-706.3	4.52
23	295	-370	-706.3	1.91
24	295	-95	-706.3	7.42
25	694	77	-832.0	10.84
26	614	71	-806.9	11.36
27	694	-88	-832.0	9.44
28	614	-94	-806.9	8.60
29	694	-216	-832.0	3.85
30	614	-222	-806.9	3.63
31	694	-51	-832.0	16.16
32	614	-57	-806.9	14.11
33	614	169	-806.9	4.78
34	614	-106	-806.9	7.61
35	614	-320	-806.9	2.52
36	614	-45	-806.9	17.94
37	694	77	-832.0	10.84
38	295	48	-706.3	14.65
39	694	-88	-832.0	9.44
40	295	-117	-706.3	6.06

41	694	-216	-832.0	3.85
42	295	-245	-706.3	2.88
43	694	-51	-832.0	16.16
44	295	-80	-706.3	8.83
45	295	146	-706.3	4.84
46	295	-129	-706.3	5.48
47	295	-343	-706.3	2.06
48	295	-68	-706.3	10.42
49	211	-380	-679.5	1.79
50	211	-105	-679.5	6.47
51	211	273	-679.5	2.49
52	211	-2	-679.5	358.56
53	675	-105	-826.1	7.90
54	599	-79	-802.2	10.10
55	675	-269	-826.1	3.07
56	599	-244	-802.2	3.28
57	675	-398	-826.1	2.08
58	599	-373	-802.2	2.15
59	675	-233	-826.1	3.55
60	599	-208	-802.2	3.86
61	599	18	-802.2	44.00
62	599	-257	-802.2	3.13
63	599	-470	-802.2	1.71
64	599	-195	-802.2	4.10
65	675	-105	-826.1	7.90
66	295	21	-706.3	33.84
67	675	-269	-826.1	3.07
68	295	-144	-706.3	4.91
69	675	-398	-826.1	2.08
70	295	-272	-706.3	2.59
71	675	-233	-826.1	3.55
72	295	-107	-706.3	6.58
73	295	119	-706.3	5.96
74	295	-156	-706.3	4.52
75	295	-370	-706.3	1.91
76	295	-95	-706.3	7.42
77	675	-77	-826.1	10.70
78	599	-52	-802.2	15.40
79	675	-242	-826.1	3.41
80	599	-217	-802.2	3.70
81	675	-370	-826.1	2.23
82	599	-345	-802.2	2.32
83	675	-205	-826.1	4.02
84	599	-180	-802.2	4.45
85	599	46	-802.2	17.60
86	599	-229	-802.2	3.50

87	599	-443	-802.2	1.81
88	599	-168	-802.2	4.77
89	675	-77	-826.1	10.70
90	295	48	-706.3	14.65
91	675	-242	-826.1	3.41
92	295	-117	-706.3	6.06
93	675	-370	-826.1	2.23
94	295	-245	-706.3	2.88
95	675	-205	-826.1	4.02
96	295	-80	-706.3	8.83
97	295	146	-706.3	4.84
98	295	-129	-706.3	5.48
99	295	-343	-706.3	2.06
100	295	-68	-706.3	10.42
101	211	-380	-679.5	1.79
102	211	-105	-679.5	6.47
103	211	273	-679.5	2.49
104	211	-2	-679.5	358.56
105	712	203	-837.9	4.12
106	629	167	-811.7	4.87
107	712	38	-837.9	21.80
108	629	2	-811.7	415.36
109	712	-90	-837.9	9.33
110	629	-126	-811.7	6.43
111	712	75	-837.9	11.16
112	629	39	-811.7	21.03
113	629	264	-811.7	3.07
114	629	-10	-811.7	79.12
115	629	-224	-811.7	3.62
116	629	51	-811.7	15.98
117	712	203	-837.9	4.12
118	310	144	-711.0	4.94
119	712	38	-837.9	21.80
120	310	-21	-711.0	34.11
121	712	-90	-837.9	9.33
122	310	-149	-711.0	4.77
123	712	75	-837.9	11.16
124	310	16	-711.0	45.02
125	310	242	-711.0	2.94
126	310	-33	-711.0	21.51
127	310	-247	-711.0	2.88
128	310	28	-711.0	25.39
129	712	231	-837.9	3.63
130	629	194	-811.7	4.18
131	712	66	-837.9	12.74
132	629	29	-811.7	27.70

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	42 di 92

133	712	-62	-837.9	13.42
134	629	-99	-811.7	8.21
135	712	102	-837.9	8.18
136	629	66	-811.7	12.31
137	629	292	-811.7	2.78
138	629	17	-811.7	47.49
139	629	-197	-811.7	4.13
140	629	78	-811.7	10.39
141	712	231	-837.9	3.63
142	310	171	-711.0	4.15
143	712	66	-837.9	12.74
144	310	7	-711.0	109.30
145	712	-62	-837.9	13.42
146	310	-122	-711.0	5.84
147	712	102	-837.9	8.18
148	310	43	-711.0	16.48
149	310	269	-711.0	2.64
150	310	-6	-711.0	124.57
151	310	-219	-711.0	3.24
152	310	55	-711.0	12.84
153	211	-380	-679.5	1.79
154	211	-105	-679.5	6.47
155	211	273	-679.5	2.49
156	211	-2	-679.5	358.56
157	476	-119	-763.4	6.43
158	440	-91	-752.0	8.28
159	476	-284	-763.4	2.69
160	440	-256	-752.0	2.94
161	476	-412	-763.4	1.85
162	440	-384	-752.0	1.96
163	476	-247	-763.4	3.09
164	440	-219	-752.0	3.43
165	440	7	-752.0	110.09
166	440	-268	-752.0	2.81
167	440	-482	-752.0	1.56
168	440	-207	-752.0	3.64
169	476	-119	-763.4	6.43
170	455	32	-756.8	23.45
171	476	-284	-763.4	2.69
172	455	-133	-756.8	5.71
173	476	-412	-763.4	1.85
174	455	-261	-756.8	2.90
175	476	-247	-763.4	3.09
176	455	-96	-756.8	7.89
177	455	130	-756.8	5.82
178	455	-145	-756.8	5.23

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	43 di 92

179	455	-358	-756.8	2.11
180	455	-84	-756.8	9.04
181	476	-91	-763.4	8.35
182	440	-64	-752.0	11.84
183	476	-256	-763.4	2.98
184	440	-228	-752.0	3.29
185	476	-384	-763.4	1.99
186	440	-357	-752.0	2.11
187	476	-220	-763.4	3.48
188	440	-192	-752.0	3.92
189	440	34	-752.0	22.00
190	440	-241	-752.0	3.13
191	440	-454	-752.0	1.66
192	440	-179	-752.0	4.19
193	476	-91	-763.4	8.35
194	455	60	-756.8	12.69
195	476	-256	-763.4	2.98
196	455	-105	-756.8	7.19
197	476	-384	-763.4	1.99
198	455	-233	-756.8	3.24
199	476	-220	-763.4	3.48
200	455	-69	-756.8	11.03
201	455	157	-756.8	4.81
202	455	-117	-756.8	6.44
203	455	-331	-756.8	2.29
204	455	-56	-756.8	13.42
205	211	-380	-679.5	1.79
206	211	-105	-679.5	6.47
207	211	273	-679.5	2.49
208	211	-2	-679.5	358.56
209	513	189	-775.2	4.10
210	470	155	-761.5	4.90
211	513	24	-775.2	32.05
212	470	-9	-761.5	80.62
213	513	-104	-775.2	7.45
214	470	-138	-761.5	5.53
215	513	61	-775.2	12.75
216	470	27	-761.5	28.00
217	470	253	-761.5	3.01
218	470	-22	-761.5	35.16
219	470	-235	-761.5	3.24
220	470	39	-761.5	19.32
221	513	189	-775.2	4.10
222	470	155	-761.5	4.90
223	513	24	-775.2	32.05
224	470	-9	-761.5	80.62

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	44 di 92

225	513	-104	-775.2	7.45
226	470	-138	-761.5	5.53
227	513	61	-775.2	12.75
228	470	27	-761.5	28.00
229	470	253	-761.5	3.01
230	470	-22	-761.5	35.16
231	470	-235	-761.5	3.24
232	470	39	-761.5	19.32
233	513	216	-775.2	3.58
234	470	183	-761.5	4.17
235	513	52	-775.2	15.04
236	470	18	-761.5	42.53
237	513	-77	-775.2	10.11
238	470	-110	-761.5	6.90
239	513	88	-775.2	8.79
240	470	55	-761.5	13.96
241	470	280	-761.5	2.72
242	470	6	-761.5	133.77
243	470	-208	-761.5	3.66
244	470	67	-761.5	11.41
245	513	216	-775.2	3.58
246	470	183	-761.5	4.17
247	513	52	-775.2	15.04
248	470	18	-761.5	42.53
249	513	-77	-775.2	10.11
250	470	-110	-761.5	6.90
251	513	88	-775.2	8.79
252	470	55	-761.5	13.96
253	470	280	-761.5	2.72
254	470	6	-761.5	133.77
255	470	-208	-761.5	3.66
256	470	67	-761.5	11.41
257	211	-380	-679.5	1.79
258	211	-105	-679.5	6.47
259	211	273	-679.5	2.49
260	211	-2	-679.5	358.56
261	260	29	-695.1	23.83
262	260	-62	-695.1	11.14
263	265	72	-696.8	9.73
264	265	-20	-696.8	34.92
265	260	-134	-695.1	5.20
266	260	-42	-695.1	16.53
267	273	150	-699.2	4.66
268	273	59	-699.2	11.95
269	265	-91	-696.8	7.64
270	265	0	-696.8	1723.88

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	45 di 92

271	278	193	-700.9	3.64
272	278	101	-700.9	6.94
273	273	-13	-699.2	55.00
274	273	79	-699.2	8.87
275	278	30	-700.9	23.56
276	278	121	-700.9	5.78
277	253	27	-692.9	25.63
278	253	-65	-692.9	10.74
279	258	69	-694.6	9.99
280	258	-22	-694.6	31.45
281	253	-136	-692.9	5.10
282	253	-44	-692.9	15.68
283	266	148	-697.0	4.71
284	266	56	-697.0	12.36
285	258	-93	-694.6	7.44
286	258	-2	-694.6	401.39
287	271	190	-698.7	3.67
288	271	99	-698.7	7.07
289	266	-15	-697.0	46.95
290	266	77	-697.0	9.08
291	271	28	-698.7	25.31
292	271	119	-698.7	5.86
293	273	77	-699.1	9.09
294	273	-15	-699.1	47.65
295	278	119	-700.8	5.87
296	278	28	-700.8	25.22
297	273	-86	-699.1	8.14
298	273	6	-699.1	123.00
299	277	113	-700.4	6.19
300	277	22	-700.4	32.42
301	278	-43	-700.8	16.13
302	278	48	-700.8	14.56
303	282	156	-702.0	4.51
304	282	64	-702.0	10.96
305	277	-50	-700.4	14.11
306	277	42	-700.4	16.69
307	282	-7	-702.0	98.00
308	282	84	-702.0	8.32
309	250	70	-691.8	9.91
310	250	-22	-691.8	31.75
311	255	112	-693.5	6.18
312	255	21	-693.5	33.55
313	250	-93	-691.8	7.44
314	250	-1	-691.8	483.28
315	254	106	-693.1	6.53
316	254	14	-693.1	47.83



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	46 di 92

317	255	-51	-693.5	13.72
318	255	41	-693.5	16.90
319	259	149	-694.7	4.68
320	259	57	-694.7	12.20
321	254	-57	-693.1	12.22
322	254	35	-693.1	19.89
323	259	-14	-694.7	48.65
324	259	77	-694.7	8.99

 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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	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	80	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	24	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	24	
Diametro ferro ortogonale	\emptyset_{ferro} ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\emptyset_{st.}$	0	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	0	
Passo Staffe	s	0	cm
Inclinazione del puntone	θ	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 θ	#DIV/0!	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	652	mm
f 'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd,y}	VR _{sd,y}	VR _{d,y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_85	-272.817	623.634	0.779543	354.9681				1.301

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-2	0.13						
2	Non fessurata	0	-45	0.13						
3	Non fessurata	0	-95	0.13						
4	Non fessurata	0	-35	0.13						
5	Non fessurata	0	2	0.13						
6	Non fessurata	0	-34	0.13						
7	Non fessurata	0	-87	0.13						
8	Non fessurata	0	-24	0.13						
9	Non fessurata	0	4	0.13						
10	Non fessurata	0	2	0.13						
11	Non fessurata	0	-21	0.13						
12	Non fessurata	0	3	0.13						
13	Non fessurata	0	-34	0.13						
14	Non fessurata	0	2	0.13						
15	Non fessurata	0	-9	0.13						
16	Non fessurata	0	1	0.13						
17	Non fessurata	0	1	0.13						
18	Non fessurata	0	5	0.13						
19	Non fessurata	0	-8	0.13						
20	Non fessurata	0	6	0.13						
21	Non fessurata	0	-45	0.13						
22	Non fessurata	0	-3	0.13						
23	Non fessurata	0	6	0.13						
24	Non fessurata	0	-7	0.13						
25	Non fessurata	0	1	0.13						
26	Non fessurata	0	-39	0.13						
27	Non fessurata	0	-91	0.13						
28	Non fessurata	0	-30	0.13						
29	Non fessurata	0	2	0.13						
30	Non fessurata	0	-34	0.13						
31	Non fessurata	0	-87	0.13						
32	Non fessurata	0	-24	0.13						
33	Non fessurata	0	-4	0.13						
34	Non fessurata	0	3	0.13						
35	Non fessurata	0	-15	0.13						
36	Non fessurata	0	5	0.13						
37	Non fessurata	0	-34	0.13						
38	Non fessurata	0	2	0.13						
39	Non fessurata	0	-9	0.13						
40	Non fessurata	0	1	0.13						
41	Non fessurata	0	3	0.13						

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	49 di 92

42	Non fessurata	0	-3	0.13
43	Non fessurata	0	-41	0.13
44	Non fessurata	0	0	0.13
45	Non fessurata	0	-40	0.13
46	Non fessurata	0	0	0.13
47	Non fessurata	0	3	0.13
48	Non fessurata	0	-2	0.13
49	Non fessurata	0	-2	0.13
50	Non fessurata	0	-45	0.13
51	Non fessurata	0	-95	0.13
52	Non fessurata	0	-35	0.13
53	Non fessurata	0	4	0.13
54	Non fessurata	0	2	0.13
55	Non fessurata	0	-21	0.13
56	Non fessurata	0	3	0.13

 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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

9.4 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	80

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
5	20	15.71	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	458	-647	-975.5	1.51
2	401	-562	-957.6	1.70
3	354	-542	-943.1	1.74
4	297	-457	-925.1	2.02
5	315	-569	-930.9	1.64
6	258	-484	-912.8	1.89
7	419	-674	-963.3	1.43
8	362	-589	-945.4	1.61
9	448	-588	-972.5	1.65
10	276	-413	-918.3	2.22
11	211	-458	-897.8	1.96
12	384	-633	-952.2	1.51
13	458	-647	-975.5	1.51
14	172	-222	-885.6	3.99
15	354	-542	-943.1	1.74
16	69	-117	-852.7	7.28
17	315	-569	-930.9	1.64
18	30	-144	-840.2	5.83
19	419	-674	-963.3	1.43
20	134	-249	-873.3	3.51
21	220	-248	-900.7	3.64
22	47	-73	-845.8	11.54
23	-18	-118	-825.0	6.98
24	155	-293	-880.1	3.01
25	471	-654	-979.7	1.50
26	414	-569	-961.8	1.69
27	368	-549	-947.2	1.72
28	311	-464	-929.3	2.00
29	329	-576	-935.0	1.62
30	272	-491	-917.0	1.87
31	432	-681	-967.5	1.42
32	375	-596	-949.6	1.59
33	462	-595	-976.7	1.64
34	289	-421	-922.5	2.19
35	224	-466	-902.0	1.94
36	397	-640	-956.4	1.49
37	471	-654	-979.7	1.50
38	186	-229	-889.8	3.89
39	368	-549	-947.2	1.72
40	82	-124	-856.9	6.89
41	329	-576	-935.0	1.62
42	43	-151	-844.5	5.58

43	432	-681	-967.5	1.42
44	147	-256	-877.5	3.43
45	233	-255	-904.9	3.55
46	61	-81	-850.0	10.55
47	-4	-125	-829.3	6.61
48	168	-300	-884.3	2.95
49	-73	-52	-807.4	15.58
50	100	-226	-862.6	3.81
51	245	-225	-908.5	4.04
52	72	-50	-853.7	16.95
53	383	-572	-952.0	1.66
54	341	-502	-938.8	1.87
55	279	-468	-919.4	1.97
56	237	-398	-906.1	2.28
57	240	-495	-907.1	1.83
58	198	-424	-893.8	2.11
59	344	-599	-939.8	1.57
60	302	-529	-926.6	1.75
61	388	-528	-953.7	1.81
62	216	-354	-899.3	2.54
63	151	-399	-878.7	2.20
64	323	-573	-933.4	1.63
65	383	-572	-952.0	1.66
66	172	-222	-885.6	3.99
67	279	-468	-919.4	1.97
68	69	-117	-852.7	7.28
69	240	-495	-907.1	1.83
70	30	-144	-840.2	5.83
71	344	-599	-939.8	1.57
72	134	-249	-873.3	3.51
73	220	-248	-900.7	3.64
74	47	-73	-845.8	11.54
75	-18	-118	-825.0	6.98
76	155	-293	-880.1	3.01
77	396	-579	-956.2	1.65
78	354	-509	-943.0	1.85
79	293	-475	-923.6	1.94
80	250	-405	-910.3	2.25
81	254	-502	-911.3	1.82
82	212	-432	-898.0	2.08
83	357	-606	-944.0	1.56
84	315	-536	-930.8	1.74
85	402	-535	-957.9	1.79
86	229	-361	-903.5	2.50
87	164	-406	-882.9	2.18
88	337	-580	-937.5	1.62

89	396	-579	-956.2	1.65
90	186	-229	-889.8	3.89
91	293	-475	-923.6	1.94
92	82	-124	-856.9	6.89
93	254	-502	-911.3	1.82
94	43	-151	-844.5	5.58
95	357	-606	-944.0	1.56
96	147	-256	-877.5	3.43
97	233	-255	-904.9	3.55
98	61	-81	-850.0	10.55
99	-4	-125	-829.3	6.61
100	168	-300	-884.3	2.95
101	-73	-52	-807.4	15.58
102	100	-226	-862.6	3.81
103	245	-225	-908.5	4.04
104	72	-50	-853.7	16.95
105	533	-721	-998.9	1.38
106	461	-621	-976.4	1.57
107	430	-617	-966.6	1.57
108	357	-517	-944.0	1.83
109	391	-644	-954.4	1.48
110	318	-544	-931.8	1.71
111	494	-748	-986.8	1.32
112	422	-648	-964.3	1.49
113	509	-647	-991.3	1.53
114	336	-473	-937.3	1.98
115	271	-518	-916.8	1.77
116	444	-692	-971.0	1.40
117	533	-721	-998.9	1.38
118	233	-281	-904.7	3.22
119	430	-617	-966.6	1.57
120	129	-177	-871.8	4.93
121	391	-644	-954.4	1.48
122	90	-204	-859.4	4.22
123	494	-748	-986.8	1.32
124	194	-308	-892.3	2.89
125	280	-307	-919.7	2.99
126	107	-133	-865.0	6.51
127	42	-178	-844.2	4.75
128	215	-352	-899.1	2.55
129	546	-729	-1003.0	1.38
130	474	-629	-980.6	1.56
131	443	-624	-970.8	1.56
132	371	-524	-948.2	1.81
133	404	-651	-958.6	1.47
134	332	-551	-936.0	1.70

135	508	-756	-991.0	1.31
136	435	-656	-968.4	1.48
137	522	-655	-995.4	1.52
138	349	-480	-941.4	1.96
139	284	-525	-921.0	1.75
140	457	-699	-975.2	1.39
141	546	-729	-1003.0	1.38
142	246	-289	-908.9	3.15
143	443	-624	-970.8	1.56
144	142	-184	-876.0	4.76
145	404	-651	-958.6	1.47
146	103	-211	-863.7	4.09
147	508	-756	-991.0	1.31
148	207	-316	-896.5	2.84
149	293	-314	-923.9	2.94
150	121	-140	-869.2	6.20
151	56	-185	-848.5	4.58
152	228	-359	-903.4	2.51
153	-73	-52	-807.4	15.58
154	100	-226	-862.6	3.81
155	245	-225	-908.5	4.04
156	72	-50	-853.7	16.95
157	240	-360	-907.0	2.52
158	227	-332	-902.8	2.72
159	136	-255	-874.2	3.43
160	123	-228	-869.9	3.82
161	98	-282	-861.8	3.06
162	84	-254	-857.5	3.37
163	201	-387	-894.7	2.31
164	188	-359	-890.4	2.48
165	274	-358	-917.8	2.56
166	101	-184	-863.1	4.70
167	36	-229	-842.3	3.68
168	209	-403	-897.3	2.23
169	240	-360	-907.0	2.52
170	287	-392	-921.8	2.35
171	136	-255	-874.2	3.43
172	183	-287	-889.0	3.10
173	98	-282	-861.8	3.06
174	144	-314	-876.6	2.79
175	201	-387	-894.7	2.31
176	248	-419	-909.5	2.17
177	334	-418	-936.8	2.24
178	161	-243	-882.1	3.63
179	97	-288	-861.5	2.99
180	269	-463	-916.3	1.98

181	253	-367	-911.3	2.48
182	240	-339	-907.0	2.67
183	150	-262	-878.4	3.35
184	136	-235	-874.1	3.72
185	111	-289	-866.1	2.99
186	97	-262	-861.8	3.29
187	214	-394	-898.9	2.28
188	201	-366	-894.6	2.44
189	287	-365	-922.0	2.52
190	115	-191	-867.3	4.54
191	50	-236	-846.6	3.59
192	222	-410	-901.5	2.20
193	253	-367	-911.3	2.48
194	300	-399	-926.0	2.32
195	150	-262	-878.4	3.35
196	196	-294	-893.2	3.03
197	111	-289	-866.1	2.99
198	157	-321	-880.8	2.74
199	214	-394	-898.9	2.28
200	261	-426	-913.7	2.15
201	348	-425	-940.9	2.21
202	175	-251	-886.4	3.54
203	110	-295	-865.8	2.93
204	283	-470	-920.5	1.96
205	-73	-52	-807.4	15.58
206	100	-226	-862.6	3.81
207	245	-225	-908.5	4.04
208	72	-50	-853.7	16.95
209	390	-509	-954.3	1.88
210	347	-451	-940.7	2.08
211	287	-404	-921.8	2.28
212	243	-347	-908.0	2.62
213	248	-431	-909.5	2.11
214	204	-374	-895.7	2.40
215	351	-536	-942.1	1.76
216	308	-478	-928.5	1.94
217	394	-477	-955.6	2.00
218	222	-303	-901.2	2.97
219	157	-348	-880.6	2.53
220	329	-522	-935.3	1.79
221	390	-509	-954.3	1.88
222	347	-451	-940.7	2.08
223	287	-404	-921.8	2.28
224	243	-347	-908.0	2.62
225	248	-431	-909.5	2.11
226	204	-374	-895.7	2.40

227	351	-536	-942.1	1.76
228	308	-478	-928.5	1.94
229	394	-477	-955.6	2.00
230	222	-303	-901.2	2.97
231	157	-348	-880.6	2.53
232	329	-522	-935.3	1.79
233	404	-516	-958.5	1.86
234	360	-459	-944.9	2.06
235	300	-411	-926.0	2.25
236	256	-354	-912.2	2.58
237	261	-438	-913.7	2.08
238	218	-381	-899.9	2.36
239	365	-543	-946.3	1.74
240	321	-486	-932.7	1.92
241	408	-485	-959.7	1.98
242	235	-310	-905.4	2.92
243	170	-355	-884.8	2.49
244	343	-529	-939.4	1.77
245	404	-516	-958.5	1.86
246	360	-459	-944.9	2.06
247	300	-411	-926.0	2.25
248	256	-354	-912.2	2.58
249	261	-438	-913.7	2.08
250	218	-381	-899.9	2.36
251	365	-543	-946.3	1.74
252	321	-486	-932.7	1.92
253	408	-485	-959.7	1.98
254	235	-310	-905.4	2.92
255	170	-355	-884.8	2.49
256	343	-529	-939.4	1.77
257	-73	-52	-807.4	15.58
258	100	-226	-862.6	3.81
259	245	-225	-908.5	4.04
260	72	-50	-853.7	16.95
261	183	-207	-889.0	4.30
262	126	-149	-870.8	5.85
263	204	-227	-895.6	3.94
264	146	-169	-877.3	5.18
265	104	-164	-863.9	5.28
266	162	-222	-882.2	3.98
267	224	-261	-901.8	3.46
268	166	-203	-883.6	4.36
269	125	-184	-870.5	4.72
270	182	-242	-888.7	3.67
271	244	-281	-908.4	3.23
272	187	-223	-890.2	3.99

273	144	-217	-876.7	4.03
274	202	-276	-895.0	3.25
275	165	-238	-883.3	3.71
276	223	-296	-901.5	3.04
277	179	-200	-887.8	4.44
278	122	-142	-869.5	6.12
279	200	-221	-894.4	4.05
280	142	-163	-876.1	5.39
281	100	-157	-862.6	5.49
282	158	-215	-880.9	4.09
283	220	-254	-900.6	3.55
284	162	-196	-882.4	4.51
285	121	-178	-869.2	4.89
286	178	-236	-887.5	3.77
287	240	-274	-907.2	3.31
288	183	-216	-888.9	4.11
289	141	-211	-875.5	4.15
290	198	-269	-893.8	3.32
291	161	-231	-882.1	3.81
292	219	-289	-900.3	3.11
293	197	-233	-893.4	3.83
294	139	-175	-875.2	5.00
295	218	-254	-900.0	3.55
296	160	-196	-881.7	4.51
297	118	-190	-868.3	4.57
298	175	-248	-886.5	3.57
299	209	-249	-897.2	3.60
300	152	-191	-879.0	4.60
301	139	-211	-874.9	4.15
302	196	-269	-893.1	3.32
303	230	-270	-903.8	3.35
304	172	-212	-885.6	4.18
305	130	-206	-872.1	4.23
306	188	-264	-890.4	3.37
307	151	-227	-878.7	3.88
308	208	-285	-897.0	3.15
309	184	-211	-889.3	4.22
310	127	-153	-871.1	5.71
311	205	-231	-895.9	3.87
312	147	-173	-877.6	5.07
313	105	-168	-864.2	5.15
314	163	-226	-882.5	3.91
315	196	-227	-893.2	3.94
316	139	-169	-874.9	5.18
317	126	-188	-870.8	4.63
318	183	-246	-889.0	3.61



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	58 di 92

319	217	-247	-899.7	3.64
320	159	-189	-881.5	4.65
321	117	-184	-868.1	4.72
322	175	-242	-886.3	3.66
323	138	-204	-874.6	4.28
324	195	-262	-892.9	3.40

 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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	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	80	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	20	
Diametro ferro ortogonale	\emptyset_{ferro} ortogonale	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	653	mm
f 'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_1_53	-563.733	529.56			2885.08	984	984	1.746

9.4.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-106	0.13						
2	Non fessurata	0	-81	0.13						
3	Non fessurata	0	-94	0.13						
4	Non fessurata	0	-119	0.13						
5	Non fessurata	0	-45	0.13						
6	Non fessurata	0	-20	0.13						
7	Non fessurata	0	-33	0.13						
8	Non fessurata	0	-58	0.13						
9	Non fessurata	0	-115	0.13						
10	Non fessurata	0	-90	0.13						
11	Non fessurata	0	-102	0.13						
12	Non fessurata	0	-127	0.13						
13	Non fessurata	0	-54	0.13						
14	Non fessurata	0	-29	0.13						
15	Non fessurata	0	-41	0.13						
16	Non fessurata	0	-66	0.13						
17	Non fessurata	0	-134	0.13						
18	Non fessurata	0	-109	0.13						
19	Non fessurata	0	-121	0.13						
20	Fessurata	-146	-167	0.13	####	200	93	####	###	###
21	Fessurata	-142	-161	0.13	####	200	93	####	###	###
22	Non fessurata	0	-118	0.13						
23	Non fessurata	0	-130	0.13						
24	Fessurata	-155	-164	0.13	####	200	93	####	###	###
25	Non fessurata	0	-76	0.13						
26	Non fessurata	0	-51	0.13						
27	Non fessurata	0	-63	0.13						
28	Non fessurata	0	-88	0.13						
29	Non fessurata	0	-45	0.13						
30	Non fessurata	0	-20	0.13						
31	Non fessurata	0	-33	0.13						
32	Non fessurata	0	-58	0.13						
33	Non fessurata	0	-84	0.13						
34	Non fessurata	0	-59	0.13						
35	Non fessurata	0	-72	0.13						
36	Non fessurata	0	-97	0.13						
37	Non fessurata	0	-54	0.13						
38	Non fessurata	0	-29	0.13						
39	Non fessurata	0	-41	0.13						
40	Non fessurata	0	-66	0.13						
41	Non fessurata	0	-89	0.13						
42	Non fessurata	0	-65	0.13						
43	Non fessurata	0	-77	0.13						
44	Non fessurata	0	-102	0.13						



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	61 di 92

45	Non fessurata	0	-98	0.13
46	Non fessurata	0	-73	0.13
47	Non fessurata	0	-86	0.13
48	Non fessurata	0	-111	0.13
49	Non fessurata	0	-106	0.13
50	Non fessurata	0	-81	0.13
51	Non fessurata	0	-94	0.13
52	Non fessurata	0	-119	0.13
53	Non fessurata	0	-115	0.13
54	Non fessurata	0	-90	0.13
55	Non fessurata	0	-102	0.13
56	Non fessurata	0	-127	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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	REV. A

9.5 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	80

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
5	24	22.62	9
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	M_u	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	458	617	1304.8	2.12
2	401	536	1287.7	2.40
3	354	721	1273.8	1.77
4	297	640	1256.8	1.96
5	315	694	1262.2	1.82
6	258	613	1245.0	2.03
7	419	590	1293.2	2.19
8	362	509	1276.1	2.51
9	448	510	1301.9	2.55
10	276	684	1250.3	1.83
11	211	639	1230.6	1.92
12	384	465	1282.5	2.76
13	458	617	1304.8	2.12
14	172	212	1218.9	5.76
15	354	721	1273.8	1.77
16	69	316	1187.2	3.76
17	315	694	1262.2	1.82
18	30	289	1175.2	4.06
19	419	590	1293.2	2.19
20	134	185	1207.1	6.54
21	220	186	1233.3	6.64
22	47	360	1180.6	3.28
23	-18	315	1160.6	3.68
24	155	141	1213.6	8.62
25	471	610	1308.7	2.15
26	414	529	1291.7	2.44
27	368	714	1277.8	1.79
28	311	633	1260.7	1.99
29	329	687	1266.2	1.84
30	272	606	1249.0	2.06
31	432	583	1297.1	2.23
32	375	502	1280.1	2.55
33	462	503	1305.9	2.60
34	289	677	1254.3	1.85
35	224	632	1234.6	1.95
36	397	458	1286.5	2.81
37	471	610	1308.7	2.15
38	186	204	1223.0	5.99
39	368	714	1277.8	1.79
40	82	309	1191.3	3.86
41	329	687	1266.2	1.84

42	43	282	1179.3	4.18
43	432	583	1297.1	2.23
44	147	177	1211.1	6.83
45	233	178	1237.4	6.93
46	61	353	1184.7	3.36
47	-4	308	1164.7	3.78
48	168	134	1217.7	9.12
49	-73	255	1143.6	4.49
50	100	80	1196.8	14.89
51	245	82	1240.9	15.16
52	72	256	1188.2	4.64
53	458	617	1304.8	2.12
54	401	536	1287.7	2.40
55	354	721	1273.8	1.77
56	297	640	1256.8	1.96
57	315	694	1262.2	1.82
58	258	613	1245.0	2.03
59	419	590	1293.2	2.19
60	362	509	1276.1	2.51
61	448	510	1301.9	2.55
62	276	684	1250.3	1.83
63	211	639	1230.6	1.92
64	384	465	1282.5	2.76
65	458	617	1304.8	2.12
66	172	212	1218.9	5.76
67	354	721	1273.8	1.77
68	69	316	1187.2	3.76
69	315	694	1262.2	1.82
70	30	289	1175.2	4.06
71	419	590	1293.2	2.19
72	134	185	1207.1	6.54
73	220	186	1233.3	6.64
74	47	360	1180.6	3.28
75	-18	315	1160.6	3.68
76	155	141	1213.6	8.62
77	471	610	1308.7	2.15
78	414	529	1291.7	2.44
79	368	714	1277.8	1.79
80	311	633	1260.7	1.99
81	329	687	1266.2	1.84
82	272	606	1249.0	2.06
83	432	583	1297.1	2.23
84	375	502	1280.1	2.55
85	462	503	1305.9	2.60
86	289	677	1254.3	1.85
87	224	632	1234.6	1.95

88	397	458	1286.5	2.81
89	471	610	1308.7	2.15
90	186	204	1223.0	5.99
91	368	714	1277.8	1.79
92	82	309	1191.3	3.86
93	329	687	1266.2	1.84
94	43	282	1179.3	4.18
95	432	583	1297.1	2.23
96	147	177	1211.1	6.83
97	233	178	1237.4	6.93
98	61	353	1184.7	3.36
99	-4	308	1164.7	3.78
100	168	134	1217.7	9.12
101	-73	255	1143.6	4.49
102	100	80	1196.8	14.89
103	245	82	1240.9	15.16
104	72	256	1188.2	4.64
105	458	617	1304.8	2.12
106	401	536	1287.7	2.40
107	354	721	1273.8	1.77
108	297	640	1256.8	1.96
109	315	694	1262.2	1.82
110	258	613	1245.0	2.03
111	419	590	1293.2	2.19
112	362	509	1276.1	2.51
113	448	510	1301.9	2.55
114	276	684	1250.3	1.83
115	211	639	1230.6	1.92
116	384	465	1282.5	2.76
117	458	617	1304.8	2.12
118	172	212	1218.9	5.76
119	354	721	1273.8	1.77
120	69	316	1187.2	3.76
121	315	694	1262.2	1.82
122	30	289	1175.2	4.06
123	419	590	1293.2	2.19
124	134	185	1207.1	6.54
125	220	186	1233.3	6.64
126	47	360	1180.6	3.28
127	-18	315	1160.6	3.68
128	155	141	1213.6	8.62
129	471	610	1308.7	2.15
130	414	529	1291.7	2.44
131	368	714	1277.8	1.79
132	311	633	1260.7	1.99
133	329	687	1266.2	1.84

134	272	606	1249.0	2.06
135	432	583	1297.1	2.23
136	375	502	1280.1	2.55
137	462	503	1305.9	2.60
138	289	677	1254.3	1.85
139	224	632	1234.6	1.95
140	397	458	1286.5	2.81
141	471	610	1308.7	2.15
142	186	204	1223.0	5.99
143	368	714	1277.8	1.79
144	82	309	1191.3	3.86
145	329	687	1266.2	1.84
146	43	282	1179.3	4.18
147	432	583	1297.1	2.23
148	147	177	1211.1	6.83
149	233	178	1237.4	6.93
150	61	353	1184.7	3.36
151	-4	308	1164.7	3.78
152	168	134	1217.7	9.12
153	-73	255	1143.6	4.49
154	100	80	1196.8	14.89
155	245	82	1240.9	15.16
156	72	256	1188.2	4.64
157	315	414	1262.1	3.05
158	287	374	1253.6	3.35
159	212	519	1230.8	2.37
160	183	478	1222.1	2.56
161	173	492	1219.0	2.48
162	144	451	1210.3	2.68
163	276	387	1250.4	3.23
164	248	347	1241.8	3.58
165	334	348	1267.8	3.65
166	161	522	1215.6	2.33
167	97	477	1195.8	2.51
168	269	303	1248.3	4.12
169	315	414	1262.1	3.05
170	287	374	1253.6	3.35
171	212	519	1230.8	2.37
172	183	478	1222.1	2.56
173	173	492	1219.0	2.48
174	144	451	1210.3	2.68
175	276	387	1250.4	3.23
176	248	347	1241.8	3.58
177	334	348	1267.8	3.65
178	161	522	1215.6	2.33
179	97	477	1195.8	2.51

180	269	303	1248.3	4.12
181	329	407	1266.1	3.11
182	300	366	1257.6	3.43
183	225	512	1234.8	2.41
184	196	471	1226.2	2.60
185	186	485	1223.0	2.52
186	157	444	1214.3	2.73
187	290	380	1254.5	3.30
188	261	339	1245.8	3.67
189	348	341	1271.8	3.73
190	175	515	1219.6	2.37
191	110	470	1199.9	2.55
192	283	296	1252.3	4.24
193	329	407	1266.1	3.11
194	300	366	1257.6	3.43
195	225	512	1234.8	2.41
196	196	471	1226.2	2.60
197	186	485	1223.0	2.52
198	157	444	1214.3	2.73
199	290	380	1254.5	3.30
200	261	339	1245.8	3.67
201	348	341	1271.8	3.73
202	175	515	1219.6	2.37
203	110	470	1199.9	2.55
204	283	296	1252.3	4.24
205	-73	255	1143.6	4.49
206	100	80	1196.8	14.89
207	245	82	1240.9	15.16
208	72	256	1188.2	4.64
209	315	414	1262.1	3.05
210	287	374	1253.6	3.35
211	212	519	1230.8	2.37
212	183	478	1222.1	2.56
213	173	492	1219.0	2.48
214	144	451	1210.3	2.68
215	276	387	1250.4	3.23
216	248	347	1241.8	3.58
217	334	348	1267.8	3.65
218	161	522	1215.6	2.33
219	97	477	1195.8	2.51
220	269	303	1248.3	4.12
221	315	414	1262.1	3.05
222	287	374	1253.6	3.35
223	212	519	1230.8	2.37
224	183	478	1222.1	2.56
225	173	492	1219.0	2.48

226	144	451	1210.3	2.68
227	276	387	1250.4	3.23
228	248	347	1241.8	3.58
229	334	348	1267.8	3.65
230	161	522	1215.6	2.33
231	97	477	1195.8	2.51
232	269	303	1248.3	4.12
233	329	407	1266.1	3.11
234	300	366	1257.6	3.43
235	225	512	1234.8	2.41
236	196	471	1226.2	2.60
237	186	485	1223.0	2.52
238	157	444	1214.3	2.73
239	290	380	1254.5	3.30
240	261	339	1245.8	3.67
241	348	341	1271.8	3.73
242	175	515	1219.6	2.37
243	110	470	1199.9	2.55
244	283	296	1252.3	4.24
245	329	407	1266.1	3.11
246	300	366	1257.6	3.43
247	225	512	1234.8	2.41
248	196	471	1226.2	2.60
249	186	485	1223.0	2.52
250	157	444	1214.3	2.73
251	290	380	1254.5	3.30
252	261	339	1245.8	3.67
253	348	341	1271.8	3.73
254	175	515	1219.6	2.37
255	110	470	1199.9	2.55
256	283	296	1252.3	4.24
257	-73	255	1143.6	4.49
258	100	80	1196.8	14.89
259	245	82	1240.9	15.16
260	72	256	1188.2	4.64
261	214	184	1231.5	6.71
262	156	242	1214.0	5.02
263	214	184	1231.5	6.71
264	156	242	1214.0	5.02
265	135	227	1207.4	5.33
266	192	169	1224.9	7.27
267	214	184	1231.5	6.71
268	156	242	1214.0	5.02
269	135	227	1207.4	5.33
270	192	169	1224.9	7.27
271	214	184	1231.5	6.71

272	156	242	1214.0	5.02
273	135	227	1207.4	5.33
274	192	169	1224.9	7.27
275	135	227	1207.4	5.33
276	192	169	1224.9	7.27
277	210	177	1230.3	6.94
278	152	235	1212.8	5.15
279	210	177	1230.3	6.94
280	152	235	1212.8	5.15
281	131	220	1206.2	5.48
282	188	162	1223.7	7.54
283	210	177	1230.3	6.94
284	152	235	1212.8	5.15
285	131	220	1206.2	5.48
286	188	162	1223.7	7.54
287	210	177	1230.3	6.94
288	152	235	1212.8	5.15
289	131	220	1206.2	5.48
290	188	162	1223.7	7.54
291	131	220	1206.2	5.48
292	188	162	1223.7	7.54
293	213	191	1231.4	6.44
294	156	249	1213.9	4.87
295	213	191	1231.4	6.44
296	156	249	1213.9	4.87
297	134	234	1207.3	5.15
298	192	176	1224.8	6.95
299	213	191	1231.4	6.44
300	156	249	1213.9	4.87
301	134	234	1207.3	5.15
302	192	176	1224.8	6.95
303	213	191	1231.4	6.44
304	156	249	1213.9	4.87
305	134	234	1207.3	5.15
306	192	176	1224.8	6.95
307	134	234	1207.3	5.15
308	192	176	1224.8	6.95
309	201	170	1227.5	7.22
310	143	228	1210.0	5.30
311	201	170	1227.5	7.22
312	143	228	1210.0	5.30
313	121	213	1203.4	5.64
314	179	155	1220.9	7.87
315	201	170	1227.5	7.22
316	143	228	1210.0	5.30
317	121	213	1203.4	5.64



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	70 di 92

318	179	155	1220.9	7.87
319	201	170	1227.5	7.22
320	143	228	1210.0	5.30
321	121	213	1203.4	5.64
322	179	155	1220.9	7.87
323	121	213	1203.4	5.64
324	179	155	1220.9	7.87

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	
G3_0.5_5	17.756	172.662	0.215828	364.0078				20.501

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-106	-120	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
2	Fessurata	-137	-126	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
3	Fessurata	-134	-127	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
4	Fessurata	-102	-121	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
5	Non fessurata	0	-44	0.13							
6	Non fessurata	0	-76	0.13							
7	Non fessurata	0	-72	0.13							
8	Non fessurata	0	-40	0.13							
9	Non fessurata	0	-87	0.13							
10	Fessurata	-118	-121	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
11	Fessurata	-114	-122	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
12	Non fessurata	0	-83	0.13							
13	Non fessurata	0	-25	0.13							
14	Non fessurata	0	-56	0.13							
15	Non fessurata	0	-52	0.13							
16	Non fessurata	0	-21	0.13							
17	Fessurata	-106	-120	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
18	Fessurata	-137	-126	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
19	Fessurata	-134	-127	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
20	Fessurata	-102	-121	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
21	Non fessurata	0	-87	0.13							
22	Fessurata	-118	-121	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
23	Fessurata	-114	-122	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
24	Non fessurata	0	-83	0.13							
25	Non fessurata	0	-75	0.13							
26	Non fessurata	0	-106	0.13							
27	Non fessurata	0	-103	0.13							
28	Non fessurata	0	-71	0.13							
29	Non fessurata	0	-44	0.13							
30	Non fessurata	0	-76	0.13							
31	Non fessurata	0	-72	0.13							
32	Non fessurata	0	-40	0.13							
33	Non fessurata	0	-56	0.13							
34	Non fessurata	0	-87	0.13							
35	Non fessurata	0	-83	0.13							
36	Non fessurata	0	-52	0.13							
37	Non fessurata	0	-25	0.13							
38	Non fessurata	0	-56	0.13							
39	Non fessurata	0	-52	0.13							
40	Non fessurata	0	-21	0.13							



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

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	73 di 92

41	Non fessurata	0	-75	0.13							
42	Non fessurata	0	-106	0.13							
43	Non fessurata	0	-103	0.13							
44	Non fessurata	0	-71	0.13							
45	Non fessurata	0	-56	0.13							
46	Non fessurata	0	-87	0.13							
47	Non fessurata	0	-83	0.13							
48	Non fessurata	0	-52	0.13							
49	Fessurata	-106	-120	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
50	Fessurata	-137	-126	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
51	Fessurata	-134	-127	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
52	Fessurata	-102	-121	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
53	Non fessurata	0	-87	0.13							
54	Fessurata	-118	-121	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
55	Fessurata	-114	-122	0.13	####	200	264	####	###	###	Verificato
56	Non fessurata	0	-83	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	655	-737	-	1.443
	Taglio	G3_1_77	660	0	-514	1.920
2	Presso-flessione	G3_1_83	522	-721	-	1.380
	Taglio	G3_1_53	543	0	-553	1.779
3	Presso-flessione	G1_3	364	675	-	1.891
	Taglio	G3_0.5_5	177	-	19	19.364
4	Presso-flessione	G3_0.5_11	442	-456	-	1.650
	Taglio	G3_1_85	629	-	-302	1.176

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Pressoflessione	G3_1_83	648	-712	-	1.492
	Taglio	G3_1_77	653	0	-477	2.069
2	Pressoflessione	G3_1_83	485	-690	-	1.426
	Taglio	G3_1_53	506	0	-546	1.802
3	Pressoflessione	G1_3	327	676	-	1.871
	Taglio	G3_1_5	288	-	26	14.628
4	Pressoflessione	G3_0.5_11	440	-482	-	1.561
	Taglio	G3_1_85	624	-	-273	1.301

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_83	637	-773	-	1.369
	Taglio	G3_1_77	643	0	-516	1.914
2	Presso-flessione	G3_1_83	508	-756	-	1.312
	Taglio	G3_1_53	530	0	-564	1.746
3	Presso-flessione	G1_3	354	721	-	1.766
	Taglio	G3_0.5_5	173	-	18	20.501
4	Presso-flessione	G3_0.5_11	437	-439	-	1.711
	Taglio	G3_1_85	615	-	-337	1.051

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_83	608	-756	-	1.388
	Taglio	G3_1_77	613	0	-511	1.931
2	Presso-flessione	G3_1_83	503	-743	-	1.331
	Taglio	G3_1_53	525	0	-534	1.843
3	Presso-flessione	G1_3	350	715	-	1.779
	Taglio	G3_1_57	311	-	-26	14.690
4	Presso-flessione	G3_0.5_11	425	-436	-	1.713
	Taglio	G3_1_85	592	-	-333	1.053

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 8.0 x 2.0 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>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>78 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	78 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	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 mezzeria della sezione trasversale stessa.

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L = lunghezza del concio di scatolare

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

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 8.0 x 2.0 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>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>79 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	79 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	79 di 92								

Et = modulo elastico del terreno

Ac = area dell'elemento in cls

At = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di Et si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

Et3 = terreno a contatto con i piedritti = 525 MPa

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

$t_0 = 1$ 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]	8000000	1600000	7680000
Per. a contatto con atmosfera	u [mm]	8000	2000	8000
Spessore Fittizio	h_0 [mm]	2000.000	1600	1920.000
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	t_1 [gg]	18000	18000	18000
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t_0 [gg]	1	1	1
Fattore di maturazione	β_{rh}	0.896	0.896	0.896
Fattore di resistenza	$\epsilon_s(f_{cm})$	1	1	1
Coefficiente nominale di ritiro	ϵ_{cr0}	0.000212	0.000212	0.000212
Coefficiente di sviluppo nel tempo	$\beta_s(t_1, t_0)$	0.000190	0.000190	0.000190
Deformazione di ritiro del c.l.s.	$\epsilon_{cs}(t_1, t_0)$	0.33752	0.40900	0.34989

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ecs_m	6.6E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	0.72701	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	20000	mm
Altezza elemento equivalente	H	800	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	26400	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.74	
Grado di impedimento	Kr	0.94054	
Moltiplicatore Kr	m	0.02233	
Tensione di lavoro assunta	ss_L	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 14 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		37.48072195	

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 15 mm in acciaio S275; la lunghezza del singolo palo è di 15 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.

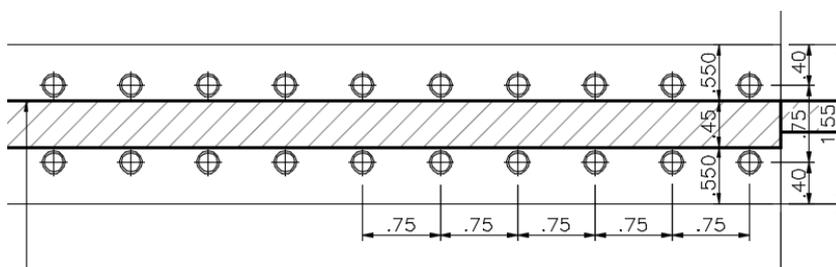


Figura 11-1: Disposizione dei micropali in pianta

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_85		291.8	-629.0	-248.7
Combo Mmin	G3_0_5_11		-481.6	-439.5	191.7
Combo Nmax	G1_49		-379.7	-210.8	169.3
Combo Nmin	G3_1_53		203.3	-712.5	-228.0
Sforzi sui micropali	Comb.		Nmax	Nmin	T
	[nome]		[kN]	[kN]	[kN]
Combo Mmax	G3_1_85		56.0	-527.7	-93.3
Combo Mmin	G3_0_5_11		-646.4	316.8	71.9
Combo Nmax	G1_49		-458.7	300.6	63.5
Combo Nmin	G3_1_53		-63.9	-470.5	-85.5

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 8.0 x 2.0 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 10	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003008	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)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	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 8.0 x 2.0 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;">CLRI0003008</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	CLRI0003008	A	84 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	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

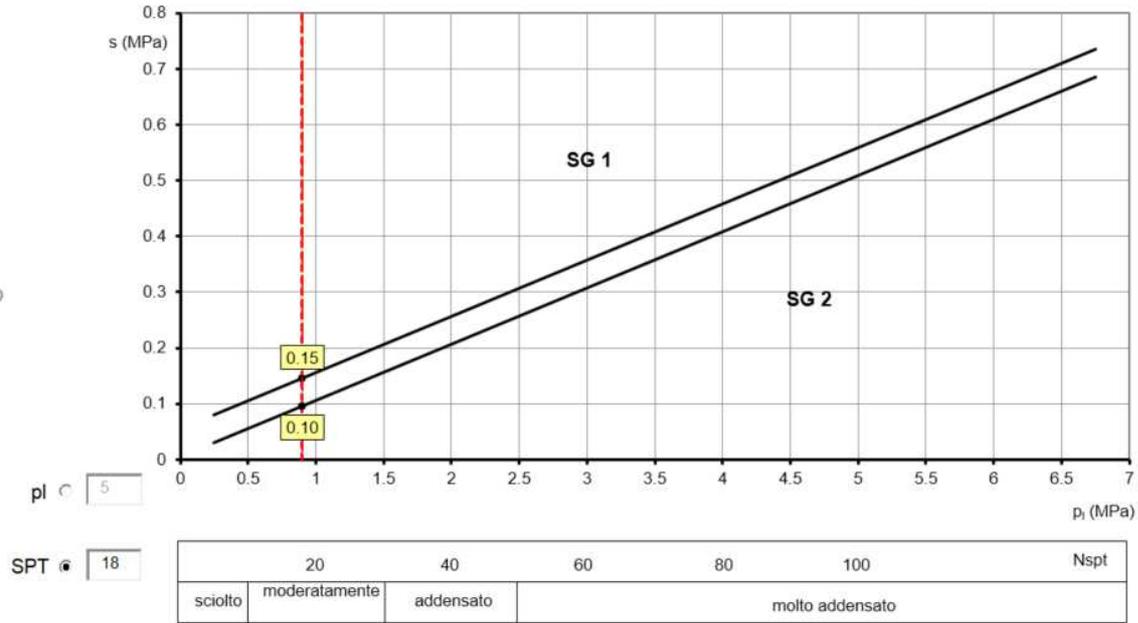


Figura 11-2: Determinazione della resistenza tangenziale (Bustamante e Doix)

11.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

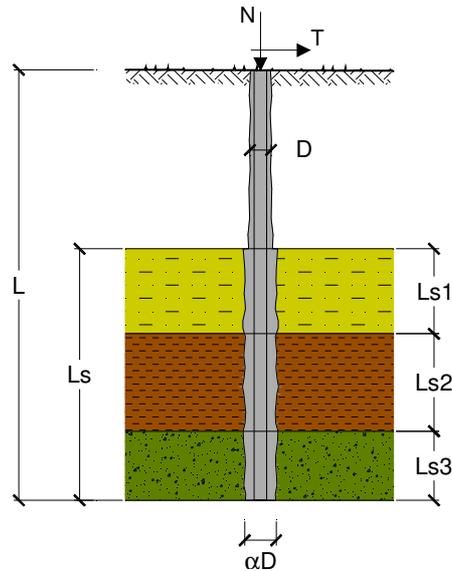
11.2.1 Micropalo soggetto a compressione

OPERA: Portali 8.0x2.0

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	646.40	0.00	646.40
T (kN)	71.90	0.00	71.90



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): 15.00 (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 15,0	

ø168,3 x 15,0

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	88 di 92

Area dell'armatura (Aarm): 7224 (mm²)

Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 2.142E+07 (mm⁴)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 254 602 (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

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * ls_i$$

Tipo di Terreno	Spessore ls_i (m)	α (-)	$Ds_i = \alpha * D$ (m)	S_i media (MPa)	S_i minima (MPa)	S_i calcolo (MPa)	Qsi (kN)
S	5.00	1.10	0.26	0.100	0.100	0.051	212.12
S	10.00	1.40	0.34	0.150	0.150	0.077	809.90
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00

$Ls = 15.00$ (m) $QI = 1022.02$ (kN)

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

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

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + QI$$

$Qlim = 1022.02$ (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

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

$Fs = 1.58$

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)

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

$Pk = 6740.39$ (MN) $\eta = 10.43$

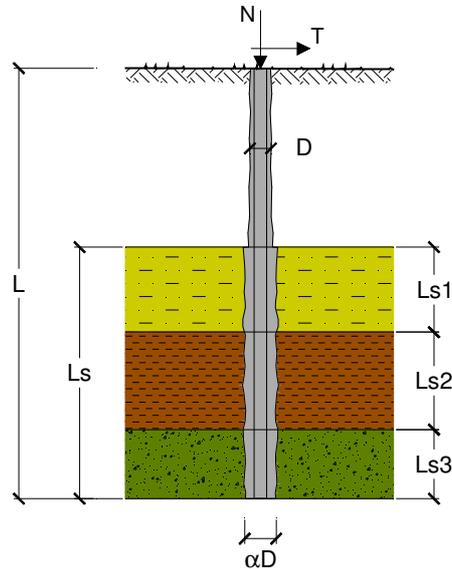
11.2.2 Micropalo soggetto a trazione

OPERA: Portali 8.0x2.0

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	-316.80	0.00	-316.80
T (kN)	71.90	0.00	71.90



coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo		permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_s	$\gamma_{s\text{traz}}$
SUD	A1+M1+R1	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): **15.00 (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 15,0	

ø168,3 x 15,0

Portali 8.0 x 2.0 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	90 di 92

Area dell'armatura (Aarm): 7224 (mm²)

Momento di inerzia della sezione di armatura (Jarm): 2.142E+07 (mm⁴)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 254 602 (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

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * ls_i$$

Tipo di Terreno	Spessore ls_i (m)	α (-)	$Ds_i = \alpha * D$ (m)	S_i media (MPa)	S_i minima (MPa)	S_i calcolo (MPa)	Qsi (kN)
S	5.00	1.10	0.26	0.100	0.100	0.047	195.15
S	10.00	1.40	0.34	0.150	0.150	0.071	745.11
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00

$Ls = 15.00$ (m) $QI = 940.26$ (kN)

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

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

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + QI$$

$Qlim = 940.26$ (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

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

$Fs = 2.97$

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)

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

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

$$b = 0.669 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 53.76 \quad (kN \cdot m)$$

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:

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

dove:

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

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:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times (f_y / \gamma_{m0})$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \times (f_y / \sqrt{3}) \times (1/\gamma_{m0})$$

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

γ_{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:

$$W_{pl} = 353\,638 \text{ mm}^3$$

$$A_v = 4599 \text{ mm}^2$$

Pertanto, le azioni resistenti di ogni micropalo risultano:

$$M_{pl,Rd} = 92.6 \text{ kNm}$$

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 1 - QUADRUPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE												
Portali 8.0 x 2.0 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>CLRI0003008</td> <td>A</td> <td>92 di 92</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	92 di 92
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	10	D 26	CLRI0003008	A	92 di 92								

$$V_{pl,Rd} = 695.4 \text{ kN}$$

Le verifiche risultano soddisfatte.