

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47I09000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

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

IDRAULICA DI SEDE - GENERALE

Relazione di calcolo portali 6x2.5

SCALA:

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

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

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

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

File: NM0Z20D26CLRI0003006A

n. Elab.:

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 2 di 92

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4	ALLEGATI	8
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	9
6	MODELLO DI CALCOLO	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
7.10	RITIRO	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 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	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.

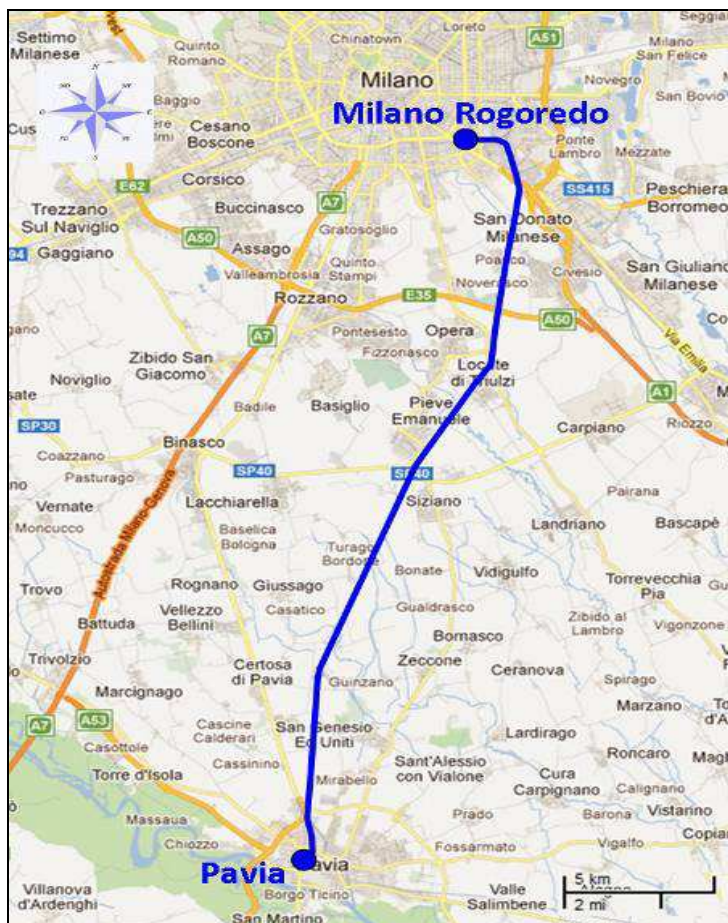


Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell'opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei portali di geometria 6.0 x 2.5 m. A tale calcolo fanno riferimento anche i portali 6.0 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	7.20	m
Altezza totale	Htot	3.70	m
Spessore soletta superiore	ss	0.60	m
Spessore piedritti	sp	0.60	m
Luce libera	Lint	6.00	m
Altezza libera	Hint	2.50	m

Tabella 1

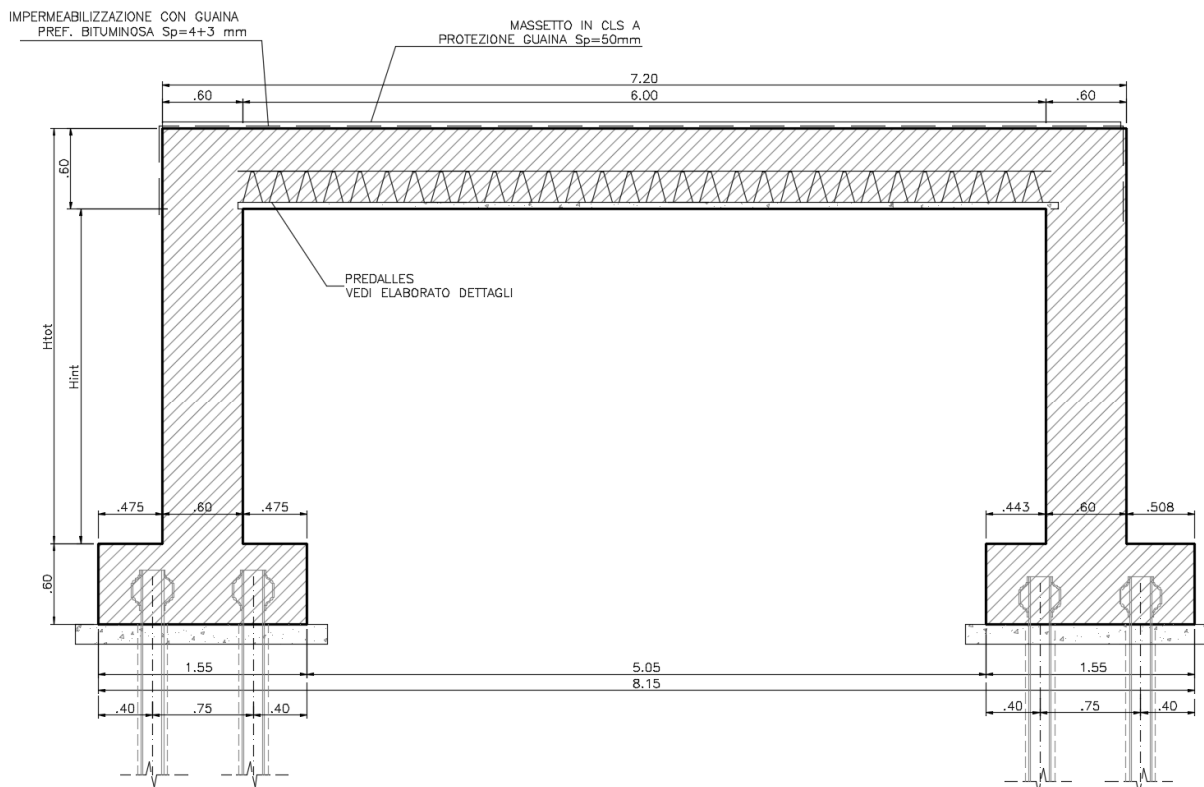


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003006	A	6 di 92

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

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

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 QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 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 QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 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%)
fcm	3.47576	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32836.6	MPa	Modulo Elastico
ν Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
$\alpha \Delta T$	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
α_{xx}	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
γ	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	17	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.35169	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
σ_t	2.41372	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
σ_{limite}	13.5	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
σ_{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
γ_σ	1.15		coeff. parziale di sicurezza
fyd	391.304	MPa	Resistenza di calcolo
σ_{limite}	360	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 11 di 92

6 MODELLO DI CALCOLO

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

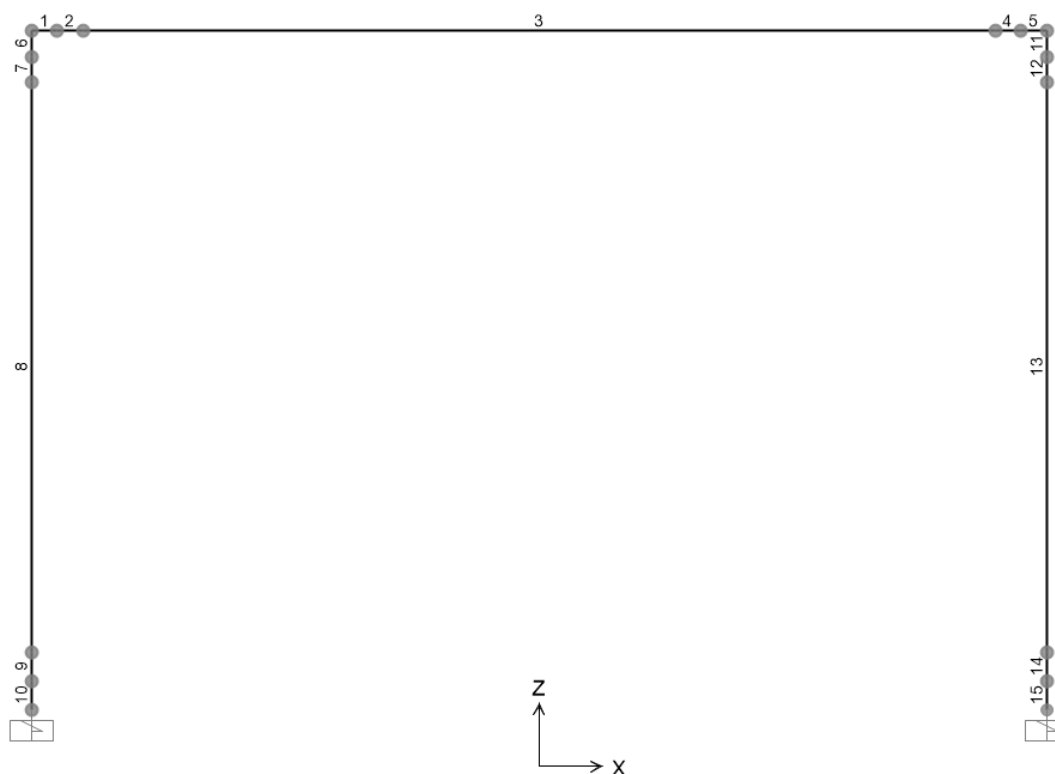


Figura 6-1 - Modello di calcolo

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

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

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

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

Tabella 6

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003006	A	12 di 92

7 ANALISI DEI CARICHI

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

7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando un peso in volume del c.a. pari a $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$.

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	15	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	15	kN/m

Tabella 8

7.2 PERMANENTI PORTATI

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

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	γ	18	kN/m ³
Sub Ballast	γ	20	kN/m ³
Ricoprimento	γ	20	kN/m ³
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	γ	25	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		14.75	kN/m

Tabella 9

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003006	A	13 di 92

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	3.70	m
Peso di Volume Efficace	γ	9	kN/m3
Coeff. Di spinta a riposo	k_0	0.609269	
Pressione in asse sol. sup.	PH	10.63	kN/m2
Pressione in asse sol. inf.	P0	27.63	kN/m2

7.4 CARICHI MOBILI

7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico

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

DIFFUSIONE TRASVERSALE SU SOLETTONE SUP.				
	Ripartizione	Diffus.	h [m]	Larg. Diff.
Ballast+Armamento	1/4	0.25	0.35	0.0875
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.00	0
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.30	0.3
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.28	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 standard manutentivo normale

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 14 di 92

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 .

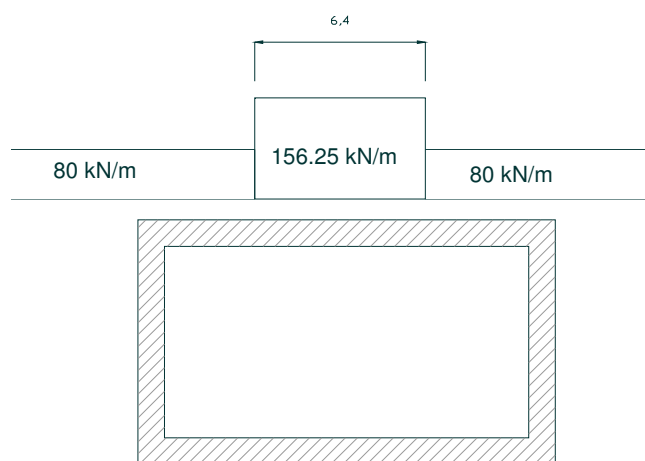


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

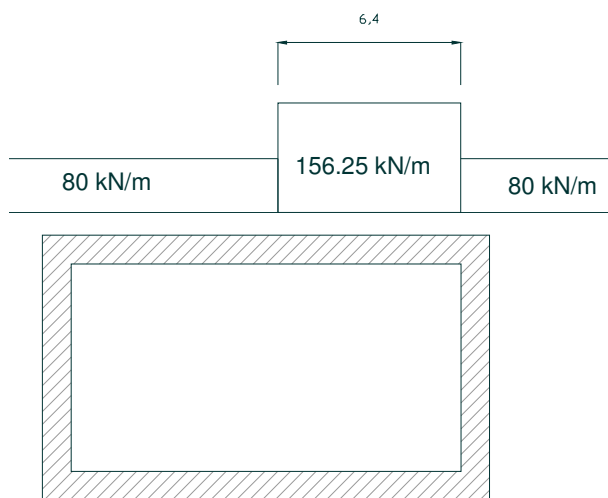


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

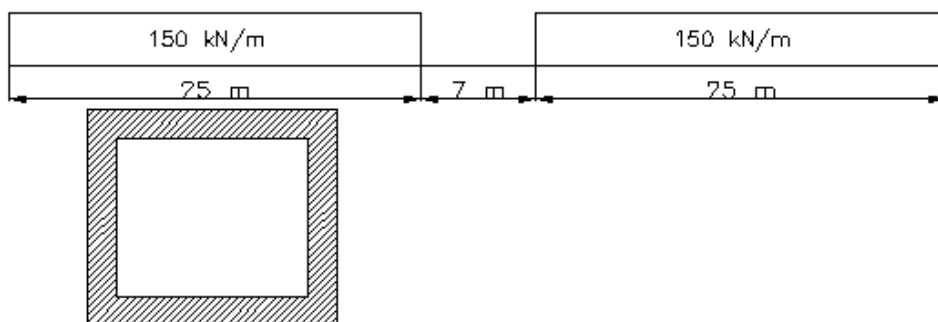


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

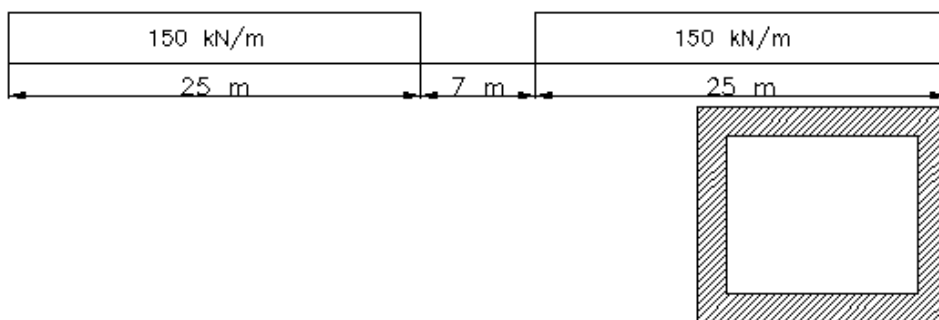


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

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	5.55	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	1.5	m
	L2	3	m
	L3	4.5	m

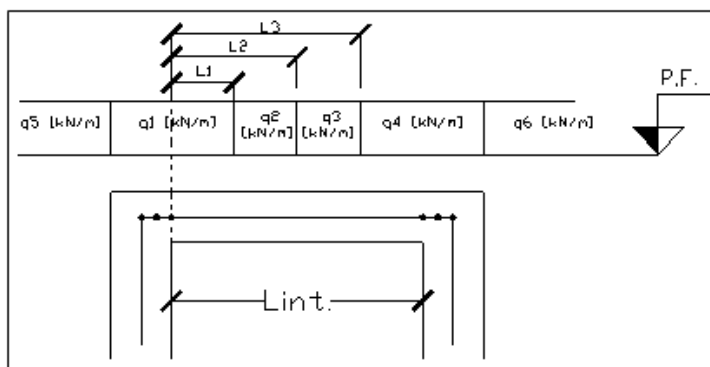


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	61.83	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	61.83	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	61.83	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	61.83	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.

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.68	m
q5 ad estradosso soletta	q5	56.07	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	56.07	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	34.16	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	34.16	kN/m2

7.6 SERPEGGIO

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

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

7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA

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

Frenatura su soletta sup. Analysis Case: FREN			
Frenatura /Avviamento	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 a_g .

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003006	A	18 di 92

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

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

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

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

Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H			
Coefficiente Sismico Orizzontale	Kh	0.1035	
Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto			
G1+G2+0.2xq1	42.12	kN/m	
G1+G2+0.2xq2	42.12	kN/m	
G1+G2+0.2xq3	42.12	kN/m	
G1+G2+0.2xq4	42.12	kN/m	
Forze Inerziali applicate al Trasverso			
qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kh	4.4	kN/m	
qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kh	4.4	kN/m	
qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kh	4.4	kN/m	
qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kh	4.4	kN/m	
Massa Distribuita sui Piedritti Lateral			
G1	15	kN/m	
Forze Inerziali applicate ai Piedritti Lateral			
q'sh = (G1) x Kh	1.6	kN/m	

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	Kv	0.05175	
<i>Massa Distribuita sul Trasversario per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		42.12	kN/m
G1+G2+0.2xq2		42.12	kN/m
G1+G2+0.2xq3		42.12	kN/m
G1+G2+0.2xq4		42.12	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.2	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.2	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.2	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.2	kN/m

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

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

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

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	Htot	3.70	m
Peso di Volume	γ	19	kN/m3
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.1035	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	ΔSE	26.92	kN
Pressione Equivalente Uniforme: DSE / H		10.77	kN/m2

7.10 RITIRO

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

Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	ts	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t0	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	h0	1200	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000204	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t0)$	0.000254	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-6.4	°C

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

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 Idraulica in caso di falda	SPIDRAUL	
Ritiro	RITIRO	P
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1A	Qtraffico
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1B	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto sx	Q1AKOSX	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto dx	Q1AKODX	
Frenatura	FREN	
Variazione termica uniforme su solettone sup.	TEMP	Qtemp.
Gradiente termico su solettone sup.,inf. e su piedritti	TEMPFARF	
Incremento spinta sotto sisma su piedritto sx	DSe_sx	E
Incremento spinta sotto sisma su piedritto dx	DSe_dx	
Componente orizzontale azione sismica	Sis_H	
Componente verticale azione sismica	Sis_V	

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 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.

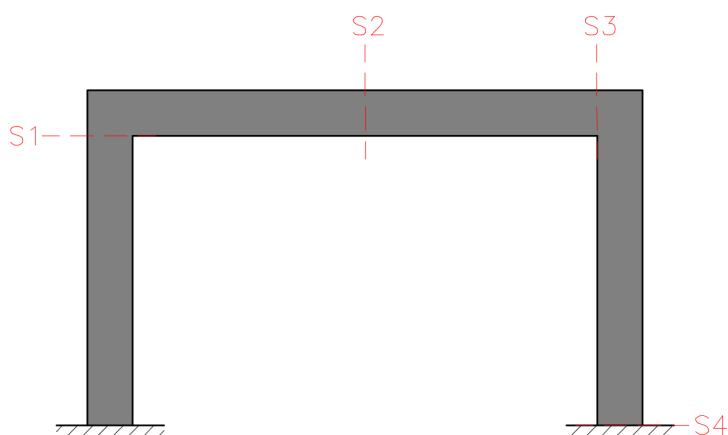


Figura 9-1 - Sezioni di verifica

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	25 di 92

VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

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

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

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

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

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

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

ϵ_{cu1}	ϵ_{cu2}
0.200%	0.350%

Acciaio:

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

VERIFICHE ALLO SLU: Taglio

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

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

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

con

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

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

e dove

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 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	1
		per membrane non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$
		per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25
		per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$
		per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

$$\beta_1=1$$

$$\beta_2=0.5$$

$$k_2=0.4$$

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

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

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

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

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

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

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 27 di 92

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	60

9.2.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	24	22.62	7.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	24	22.62	7.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	519	-384	-566.9	1.476
2	445	-330	-549.9	1.668
3	519	-340	-566.9	1.670
4	445	-285	-549.9	1.928
5	519	-360	-566.9	1.573
6	445	-306	-549.9	1.797
7	519	-405	-566.9	1.400
8	445	-351	-549.9	1.569
9	445	-338	-549.9	1.629

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	28 di 92

10	445	-263	-549.9	2.088
11	445	-298	-549.9	1.844
12	445	-372	-549.9	1.477
13	519	-384	-566.9	1.476
14	150	-112	-481.2	4.295
15	519	-340	-566.9	1.670
16	150	-67	-481.2	7.129
17	519	-360	-566.9	1.573
18	150	-88	-481.2	5.445
19	519	-405	-566.9	1.400
20	150	-133	-481.2	3.620
21	150	-120	-481.2	4.012
22	150	-46	-481.2	10.533
23	150	-80	-481.2	5.978
24	150	-155	-481.2	3.110
25	519	-386	-566.9	1.467
26	445	-332	-549.9	1.657
27	519	-342	-566.9	1.659
28	445	-287	-549.9	1.913
29	519	-363	-566.9	1.563
30	445	-308	-549.9	1.784
31	519	-407	-566.9	1.392
32	445	-353	-549.9	1.559
33	445	-340	-549.9	1.618
34	445	-266	-549.9	2.071
35	445	-300	-549.9	1.831
36	445	-375	-549.9	1.468
37	519	-386	-566.9	1.467
38	150	-114	-481.2	4.211
39	519	-342	-566.9	1.659
40	150	-70	-481.2	6.900
41	519	-363	-566.9	1.563
42	150	-91	-481.2	5.310
43	519	-407	-566.9	1.392
44	150	-135	-481.2	3.560
45	150	-122	-481.2	3.939
46	150	-48	-481.2	10.040
47	150	-83	-481.2	5.816
48	150	-157	-481.2	3.065
49	105	-47	-470.8	10.098
50	105	-121	-470.8	3.895
51	105	-100	-470.8	4.731
52	105	-25	-470.8	18.624
53	497	-321	-561.8	1.752
54	428	-279	-545.8	1.957
55	497	-276	-561.8	2.035

56	428	-234	-545.8	2.328
57	497	-297	-561.8	1.892
58	428	-255	-545.8	2.138
59	497	-342	-561.8	1.645
60	428	-300	-545.8	1.820
61	428	-287	-545.8	1.903
62	428	-213	-545.8	2.567
63	428	-247	-545.8	2.206
64	428	-322	-545.8	1.697
65	497	-321	-561.8	1.752
66	150	-112	-481.2	4.295
67	497	-276	-561.8	2.035
68	150	-67	-481.2	7.129
69	497	-297	-561.8	1.892
70	150	-88	-481.2	5.445
71	497	-342	-561.8	1.645
72	150	-133	-481.2	3.620
73	150	-120	-481.2	4.012
74	150	-46	-481.2	10.533
75	150	-80	-481.2	5.978
76	150	-155	-481.2	3.110
77	497	-323	-561.8	1.740
78	428	-281	-545.8	1.941
79	497	-278	-561.8	2.018
80	428	-237	-545.8	2.306
81	497	-299	-561.8	1.877
82	428	-258	-545.8	2.119
83	497	-344	-561.8	1.634
84	428	-302	-545.8	1.807
85	428	-289	-545.8	1.888
86	428	-215	-545.8	2.540
87	428	-250	-545.8	2.186
88	428	-324	-545.8	1.685
89	497	-323	-561.8	1.740
90	150	-114	-481.2	4.211
91	497	-278	-561.8	2.018
92	150	-70	-481.2	6.900
93	497	-299	-561.8	1.877
94	150	-91	-481.2	5.310
95	497	-344	-561.8	1.634
96	150	-135	-481.2	3.560
97	150	-122	-481.2	3.939
98	150	-48	-481.2	10.040
99	150	-83	-481.2	5.816
100	150	-157	-481.2	3.065
101	105	-47	-470.8	10.098

102	105	-121	-470.8	3.895
103	105	-100	-470.8	4.731
104	105	-25	-470.8	18.624
105	541	-448	-572.0	1.278
106	463	-380	-554.0	1.456
107	541	-403	-572.0	1.419
108	463	-336	-554.0	1.649
109	541	-424	-572.0	1.349
110	463	-357	-554.0	1.553
111	541	-468	-572.0	1.221
112	463	-401	-554.0	1.380
113	463	-388	-554.0	1.427
114	463	-314	-554.0	1.764
115	463	-349	-554.0	1.588
116	463	-423	-554.0	1.309
117	541	-448	-572.0	1.278
118	167	-163	-485.3	2.982
119	541	-403	-572.0	1.419
120	167	-118	-485.3	4.105
121	541	-424	-572.0	1.349
122	167	-139	-485.3	3.489
123	541	-468	-572.0	1.221
124	167	-184	-485.3	2.643
125	167	-171	-485.3	2.844
126	167	-96	-485.3	5.033
127	167	-131	-485.3	3.698
128	167	-205	-485.3	2.362
129	541	-450	-572.0	1.272
130	463	-383	-554.0	1.448
131	541	-405	-572.0	1.412
132	463	-338	-554.0	1.638
133	541	-426	-572.0	1.342
134	463	-359	-554.0	1.543
135	541	-471	-572.0	1.215
136	463	-404	-554.0	1.373
137	463	-391	-554.0	1.418
138	463	-316	-554.0	1.751
139	463	-351	-554.0	1.578
140	463	-425	-554.0	1.302
141	541	-450	-572.0	1.272
142	167	-165	-485.3	2.941
143	541	-405	-572.0	1.412
144	167	-120	-485.3	4.028
145	541	-426	-572.0	1.342
146	167	-141	-485.3	3.433
147	541	-471	-572.0	1.215

148	167	-186	-485.3	2.611
149	167	-173	-485.3	2.807
150	167	-99	-485.3	4.919
151	167	-133	-485.3	3.636
152	167	-208	-485.3	2.337
153	105	-47	-470.8	10.098
154	105	-121	-470.8	3.895
155	105	-100	-470.8	4.731
156	105	-25	-470.8	18.624
157	312	-185	-519.1	2.811
158	280	-170	-511.5	3.007
159	312	-140	-519.1	3.705
160	280	-126	-511.5	4.073
161	312	-161	-519.1	3.224
162	280	-146	-511.5	3.492
163	312	-206	-519.1	2.525
164	280	-191	-511.5	2.678
165	280	-178	-511.5	2.873
166	280	-104	-511.5	4.929
167	280	-139	-511.5	3.691
168	280	-213	-511.5	2.404
169	312	-185	-519.1	2.811
170	297	-221	-515.6	2.335
171	312	-140	-519.1	3.705
172	297	-176	-515.6	2.924
173	312	-161	-519.1	3.224
174	297	-197	-515.6	2.615
175	312	-206	-519.1	2.525
176	297	-242	-515.6	2.133
177	297	-229	-515.6	2.254
178	297	-155	-515.6	3.337
179	297	-189	-515.6	2.724
180	297	-264	-515.6	1.956
181	312	-187	-519.1	2.777
182	280	-172	-511.5	2.968
183	312	-142	-519.1	3.646
184	280	-128	-511.5	4.002
185	312	-163	-519.1	3.180
186	280	-149	-511.5	3.440
187	312	-208	-519.1	2.498
188	280	-193	-511.5	2.647
189	280	-180	-511.5	2.838
190	280	-106	-511.5	4.825
191	280	-141	-511.5	3.632
192	280	-215	-511.5	2.378
193	312	-187	-519.1	2.777

194	297	-223	-515.6	2.311
195	312	-142	-519.1	3.646
196	297	-179	-515.6	2.888
197	312	-163	-519.1	3.180
198	297	-199	-515.6	2.585
199	312	-208	-519.1	2.498
200	297	-244	-515.6	2.113
201	297	-231	-515.6	2.232
202	297	-157	-515.6	3.289
203	297	-192	-515.6	2.692
204	297	-266	-515.6	1.940
205	105	-47	-470.8	10.098
206	105	-121	-470.8	3.895
207	105	-100	-470.8	4.731
208	105	-25	-470.8	18.624
209	357	-312	-529.3	1.699
210	315	-272	-519.8	1.914
211	357	-267	-529.3	1.983
212	315	-227	-519.8	2.289
213	357	-288	-529.3	1.839
214	315	-248	-519.8	2.096
215	357	-332	-529.3	1.593
216	315	-292	-519.8	1.777
217	315	-279	-519.8	1.860
218	315	-205	-519.8	2.532
219	315	-240	-519.8	2.165
220	315	-314	-519.8	1.654
221	357	-312	-529.3	1.699
222	315	-272	-519.8	1.914
223	357	-267	-529.3	1.983
224	315	-227	-519.8	2.289
225	357	-288	-529.3	1.839
226	315	-248	-519.8	2.096
227	357	-332	-529.3	1.593
228	315	-292	-519.8	1.777
229	315	-279	-519.8	1.860
230	315	-205	-519.8	2.532
231	315	-240	-519.8	2.165
232	315	-314	-519.8	1.654
233	357	-314	-529.3	1.687
234	315	-274	-519.8	1.898
235	357	-269	-529.3	1.966
236	315	-229	-519.8	2.267
237	357	-290	-529.3	1.825
238	315	-250	-519.8	2.077
239	357	-335	-529.3	1.582

240	315	-295	-519.8	1.763
241	315	-282	-519.8	1.845
242	315	-207	-519.8	2.505
243	315	-242	-519.8	2.145
244	315	-317	-519.8	1.642
245	357	-314	-529.3	1.687
246	315	-274	-519.8	1.898
247	357	-269	-529.3	1.966
248	315	-229	-519.8	2.267
249	357	-290	-529.3	1.825
250	315	-250	-519.8	2.077
251	357	-335	-529.3	1.582
252	315	-295	-519.8	1.763
253	315	-282	-519.8	1.845
254	315	-207	-519.8	2.505
255	315	-242	-519.8	2.145
256	315	-317	-519.8	1.642
257	105	-47	-470.8	10.098
258	105	-121	-470.8	3.895
259	105	-100	-470.8	4.731
260	105	-25	-470.8	18.624
261	147	-93	-480.7	5.185
262	147	-68	-480.7	7.073
263	153	-110	-482.1	4.375
264	153	-85	-482.1	5.641
265	147	-80	-480.7	6.041
266	147	-104	-480.7	4.608
267	163	-141	-484.5	3.437
268	163	-116	-484.5	4.169
269	153	-97	-482.1	4.967
270	153	-122	-482.1	3.958
271	170	-158	-485.9	3.067
272	170	-134	-485.9	3.634
273	163	-128	-484.5	3.791
274	163	-153	-484.5	3.176
275	170	-145	-485.9	3.344
276	170	-170	-485.9	2.857
277	142	-89	-479.5	5.382
278	142	-64	-479.5	7.452
279	148	-107	-480.9	4.512
280	148	-82	-480.9	5.876
281	142	-76	-479.5	6.313
282	142	-101	-479.5	4.762
283	158	-137	-483.3	3.519
284	158	-113	-483.3	4.293
285	148	-93	-480.9	5.147

286	148	-118	-480.9	4.069
287	165	-155	-484.7	3.131
288	165	-130	-484.7	3.726
289	158	-124	-483.3	3.892
290	158	-149	-483.3	3.245
291	165	-142	-484.7	3.421
292	165	-166	-484.7	2.912
293	159	-114	-483.3	4.244
294	159	-89	-483.3	5.422
295	165	-131	-484.7	3.689
296	165	-107	-484.7	4.546
297	159	-101	-483.3	4.797
298	159	-125	-483.3	3.851
299	163	-128	-484.5	3.774
300	163	-104	-484.5	4.675
301	165	-118	-484.7	4.100
302	165	-143	-484.7	3.390
303	170	-146	-485.9	3.331
304	170	-121	-485.9	4.012
305	163	-115	-484.5	4.205
306	163	-140	-484.5	3.461
307	170	-133	-485.9	3.661
308	170	-157	-485.9	3.086
309	142	-102	-479.5	4.707
310	142	-77	-479.5	6.218
311	148	-119	-480.9	4.029
312	148	-95	-480.9	5.083
313	142	-89	-479.5	5.405
314	142	-113	-479.5	4.226
315	147	-116	-480.6	4.132
316	147	-92	-480.6	5.248
317	148	-106	-480.9	4.528
318	148	-131	-480.9	3.672
319	153	-134	-482.1	3.602
320	153	-109	-482.1	4.419
321	147	-103	-480.6	4.658
322	147	-128	-480.6	3.757
323	153	-121	-482.1	3.994
324	153	-145	-482.1	3.315

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLR10003006	A	35 di 92

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	60	cm
Copriferro Superiore	c	45	mm
Copriferro Inferiore		45	
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	$\emptyset_{st.}$	12	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	565	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	476	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	-328.789	544.529			2131.446	526	526	1.601

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	-100	0.13						
2	Non fessurata	0	-77	0.13						
3	Non fessurata	0	-90	0.13						
4	Non fessurata	0	-113	0.13						
5	Non fessurata	0	-40	0.13						
6	Non fessurata	0	-17	0.13						
7	Non fessurata	0	-29	0.13						
8	Non fessurata	0	-53	0.13						
9	Non fessurata	0	-108	0.13						
10	Non fessurata	0	-84	0.13						
11	Non fessurata	0	-97	0.13						
12	Non fessurata	0	-121	0.13						
13	Non fessurata	0	-48	0.13						
14	Non fessurata	0	-24	0.13						
15	Non fessurata	0	-37	0.13						
16	Non fessurata	0	-61	0.13						
17	Fessurata	-150	-157	0.13	####	200	266	####	###	###
18	Non fessurata	0	-126	0.13						
19	Fessurata	-139	-155	0.13	####	200	266	####	###	###
20	Fessurata	-163	-159	0.13	####	200	267	####	###	###
21	Fessurata	-157	-159	0.13	####	200	267	####	###	###
22	Fessurata	-133	-154	0.13	####	200	265	####	###	###
23	Fessurata	-146	-157	0.13	####	200	266	####	###	###
24	Fessurata	-170	-161	0.13	####	200	268	####	###	###
25	Non fessurata	0	-70	0.13						
26	Non fessurata	0	-47	0.13						
27	Non fessurata	0	-60	0.13						
28	Non fessurata	0	-83	0.13						
29	Non fessurata	0	-40	0.13						
30	Non fessurata	0	-17	0.13						
31	Non fessurata	0	-29	0.13						
32	Non fessurata	0	-53	0.13						
33	Non fessurata	0	-78	0.13						
34	Non fessurata	0	-54	0.13						
35	Non fessurata	0	-67	0.13						
36	Non fessurata	0	-91	0.13						
37	Non fessurata	0	-48	0.13						
38	Non fessurata	0	-24	0.13						
39	Non fessurata	0	-37	0.13						
40	Non fessurata	0	-61	0.13						
41	Non fessurata	0	-95	0.13						
42	Non fessurata	0	-71	0.13						
43	Non fessurata	0	-84	0.13						
44	Non fessurata	0	-108	0.13						

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	37 di 92

45	Non fessurata	0	-103	0.13
46	Non fessurata	0	-79	0.13
47	Non fessurata	0	-92	0.13
48	Non fessurata	0	-116	0.13
49	Non fessurata	0	-100	0.13
50	Non fessurata	0	-77	0.13
51	Non fessurata	0	-90	0.13
52	Non fessurata	0	-113	0.13
53	Non fessurata	0	-108	0.13
54	Non fessurata	0	-84	0.13
55	Non fessurata	0	-97	0.13
56	Non fessurata	0	-121	0.13

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 38 di 92

9.3 VERIFICA SEZIONE 4: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

$$\begin{array}{cc} B & H \\ [cm] & [cm] \\ 100 & 60 \end{array}$$

9.3.1 Presso-Flessione

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

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	6.9
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	20	15.71	6.9
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	517	-27	-443.4	16.52
2	455	-23	-428.7	18.40
3	517	-83	-443.4	5.32
4	455	-80	-428.7	5.37
5	517	-113	-443.4	3.91
6	455	-110	-428.7	3.90
7	517	-57	-443.4	7.79
8	455	-53	-428.7	8.04
9	455	6	-428.7	76.96
10	455	-89	-428.7	4.83
11	455	-139	-428.7	3.09
12	455	-45	-428.7	9.63
13	517	-27	-443.4	16.52
14	206	-9	-369.8	40.33
15	517	-83	-443.4	5.32
16	206	-66	-369.8	5.63
17	517	-113	-443.4	3.91
18	206	-96	-369.8	3.86
19	517	-57	-443.4	7.79
20	206	-39	-369.8	9.43
21	206	20	-369.8	18.77
22	206	-75	-369.8	4.96
23	206	-125	-369.8	2.97
24	206	-30	-369.8	12.18
25	517	-19	-443.4	23.81
26	455	-15	-428.7	28.41
27	517	-75	-443.4	5.90
28	455	-72	-428.7	5.98
29	517	-105	-443.4	4.21
30	455	-102	-428.7	4.21
31	517	-49	-443.4	9.11
32	455	-45	-428.7	9.50
33	455	14	-428.7	31.10
34	455	-81	-428.7	5.32
35	455	-131	-428.7	3.28
36	455	-36	-428.7	11.81
37	517	-19	-443.4	23.81
38	206	-1	-369.8	385.90
39	517	-75	-443.4	5.90
40	206	-58	-369.8	6.43

41	517	-105	-443.4	4.21
42	206	-88	-369.8	4.22
43	517	-49	-443.4	9.11
44	206	-31	-369.8	11.93
45	206	28	-369.8	13.25
46	206	-66	-369.8	5.57
47	206	-116	-369.8	3.18
48	206	-22	-369.8	16.69
49	147	-122	-355.7	2.92
50	147	-28	-355.7	12.86
51	147	72	-355.7	4.96
52	147	-23	-355.7	15.73
53	494	-151	-437.8	2.90
54	436	-122	-424.3	3.46
55	494	-207	-437.8	2.11
56	436	-179	-424.3	2.37
57	494	-237	-437.8	1.84
58	436	-209	-424.3	2.03
59	494	-181	-437.8	2.42
60	436	-153	-424.3	2.78
61	436	-94	-424.3	4.53
62	436	-188	-424.3	2.26
63	436	-238	-424.3	1.78
64	436	-144	-424.3	2.95
65	494	-151	-437.8	2.90
66	206	-9	-369.8	40.33
67	494	-207	-437.8	2.11
68	206	-66	-369.8	5.63
69	494	-237	-437.8	1.84
70	206	-96	-369.8	3.86
71	494	-181	-437.8	2.42
72	206	-39	-369.8	9.43
73	206	20	-369.8	18.77
74	206	-75	-369.8	4.96
75	206	-125	-369.8	2.97
76	206	-30	-369.8	12.18
77	494	-143	-437.8	3.07
78	436	-114	-424.3	3.71
79	494	-199	-437.8	2.20
80	436	-171	-424.3	2.48
81	494	-229	-437.8	1.91
82	436	-201	-424.3	2.11
83	494	-173	-437.8	2.54
84	436	-144	-424.3	2.94
85	436	-85	-424.3	4.97
86	436	-180	-424.3	2.36

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	41 di 92

87	436	-230	-424.3	1.85
88	436	-135	-424.3	3.13
89	494	-143	-437.8	3.07
90	206	-1	-369.8	385.90
91	494	-199	-437.8	2.20
92	206	-58	-369.8	6.43
93	494	-229	-437.8	1.91
94	206	-88	-369.8	4.22
95	494	-173	-437.8	2.54
96	206	-31	-369.8	11.93
97	206	28	-369.8	13.25
98	206	-66	-369.8	5.57
99	206	-116	-369.8	3.18
100	206	-22	-369.8	16.69
101	147	-122	-355.7	2.92
102	147	-28	-355.7	12.86
103	147	72	-355.7	4.96
104	147	-23	-355.7	15.73
105	541	97	-448.9	4.62
106	474	76	-433.1	5.71
107	541	41	-448.9	11.07
108	474	19	-433.1	22.45
109	541	11	-448.9	42.70
110	474	-11	-433.1	40.29
111	541	67	-448.9	6.69
112	474	46	-433.1	9.45
113	474	105	-433.1	4.14
114	474	10	-433.1	41.45
115	474	-40	-433.1	10.93
116	474	55	-433.1	7.92
117	541	97	-448.9	4.62
118	225	90	-374.3	4.16
119	541	41	-448.9	11.07
120	225	33	-374.3	11.20
121	541	11	-448.9	42.70
122	225	3	-374.3	110.67
123	541	67	-448.9	6.69
124	225	60	-374.3	6.24
125	225	119	-374.3	3.15
126	225	25	-374.3	15.23
127	225	-25	-374.3	14.68
128	225	69	-374.3	5.44
129	541	105	-448.9	4.26
130	474	84	-433.1	5.15
131	541	49	-448.9	9.20
132	474	28	-433.1	15.75

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003006	A	42 di 92

133	541	19	-448.9	23.97
134	474	-3	-433.1	170.77
135	541	75	-448.9	5.96
136	474	54	-433.1	8.01
137	474	113	-433.1	3.83
138	474	19	-433.1	23.21
139	474	-31	-433.1	13.79
140	474	63	-433.1	6.89
141	541	105	-448.9	4.26
142	225	98	-374.3	3.81
143	541	49	-448.9	9.20
144	225	42	-374.3	8.99
145	541	19	-448.9	23.97
146	225	12	-374.3	32.28
147	541	75	-448.9	5.96
148	225	68	-374.3	5.49
149	225	127	-374.3	2.95
150	225	33	-374.3	11.41
151	225	-17	-374.3	21.66
152	225	77	-374.3	4.86
153	147	-122	-355.7	2.92
154	147	-28	-355.7	12.86
155	147	72	-355.7	4.96
156	147	-23	-355.7	15.73
157	338	-142	-401.2	2.83
158	312	-115	-394.9	3.42
159	338	-199	-401.2	2.02
160	312	-172	-394.9	2.30
161	338	-229	-401.2	1.75
162	312	-202	-394.9	1.95
163	338	-172	-401.2	2.33
164	312	-145	-394.9	2.71
165	312	-87	-394.9	4.56
166	312	-181	-394.9	2.18
167	312	-231	-394.9	1.71
168	312	-137	-394.9	2.89
169	338	-142	-401.2	2.83
170	331	-16	-399.4	24.60
171	338	-199	-401.2	2.02
172	331	-73	-399.4	5.48
173	338	-229	-401.2	1.75
174	331	-103	-399.4	3.88
175	338	-172	-401.2	2.33
176	331	-46	-399.4	8.63
177	331	13	-399.4	31.60
178	331	-82	-399.4	4.89

179	331	-132	-399.4	3.03
180	331	-37	-399.4	10.67
181	338	-134	-401.2	3.00
182	312	-107	-394.9	3.68
183	338	-190	-401.2	2.11
184	312	-164	-394.9	2.41
185	338	-220	-401.2	1.82
186	312	-194	-394.9	2.04
187	338	-164	-401.2	2.45
188	312	-137	-394.9	2.88
189	312	-78	-394.9	5.04
190	312	-173	-394.9	2.29
191	312	-223	-394.9	1.77
192	312	-128	-394.9	3.08
193	338	-134	-401.2	3.00
194	331	-8	-399.4	49.77
195	338	-190	-401.2	2.11
196	331	-65	-399.4	6.18
197	338	-220	-401.2	1.82
198	331	-95	-399.4	4.22
199	338	-164	-401.2	2.45
200	331	-38	-399.4	10.49
201	331	21	-399.4	19.15
202	331	-73	-399.4	5.44
203	331	-124	-399.4	3.23
204	331	-29	-399.4	13.67
205	147	-122	-355.7	2.92
206	147	-28	-355.7	12.86
207	147	72	-355.7	4.96
208	147	-23	-355.7	15.73
209	385	106	-412.3	3.89
210	349	83	-403.8	4.87
211	385	49	-412.3	8.35
212	349	26	-403.8	15.32
213	385	19	-412.3	21.31
214	349	-4	-403.8	109.62
215	385	76	-412.3	5.43
216	349	53	-403.8	7.63
217	349	112	-403.8	3.61
218	349	18	-403.8	23.06
219	349	-33	-403.8	12.40
220	349	62	-403.8	6.54
221	385	106	-412.3	3.89
222	349	83	-403.8	4.87
223	385	49	-412.3	8.35
224	349	26	-403.8	15.32

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLRI0003006	A	44 di 92

225	385	19	-412.3	21.31
226	349	-4	-403.8	109.62
227	385	76	-412.3	5.43
228	349	53	-403.8	7.63
229	349	112	-403.8	3.61
230	349	18	-403.8	23.06
231	349	-33	-403.8	12.40
232	349	62	-403.8	6.54
233	385	114	-412.3	3.61
234	349	91	-403.8	4.43
235	385	58	-412.3	7.16
236	349	35	-403.8	11.68
237	385	28	-412.3	14.96
238	349	5	-403.8	89.15
239	385	84	-412.3	4.90
240	349	61	-403.8	6.61
241	349	120	-403.8	3.36
242	349	26	-403.8	15.70
243	349	-24	-403.8	16.59
244	349	70	-403.8	5.77
245	385	114	-412.3	3.61
246	349	91	-403.8	4.43
247	385	58	-412.3	7.16
248	349	35	-403.8	11.68
249	385	28	-412.3	14.96
250	349	5	-403.8	89.15
251	385	84	-412.3	4.90
252	349	61	-403.8	6.61
253	349	120	-403.8	3.36
254	349	26	-403.8	15.70
255	349	-24	-403.8	16.59
256	349	70	-403.8	5.77
257	147	-122	-355.7	2.92
258	147	-28	-355.7	12.86
259	147	72	-355.7	4.96
260	147	-23	-355.7	15.73
261	181	-51	-363.9	7.20
262	181	-82	-363.9	4.44
263	187	-16	-365.4	22.37
264	187	-48	-365.4	7.65
265	181	-99	-363.9	3.69
266	181	-67	-363.9	5.41
267	197	51	-367.6	7.26
268	197	19	-367.6	19.14
269	187	-64	-365.4	5.67
270	187	-33	-365.4	11.06

271	203	85	-369.1	4.35
272	203	53	-369.1	6.91
273	197	3	-367.6	146.34
274	197	34	-367.6	10.83
275	203	37	-369.1	10.06
276	203	68	-369.1	5.42
277	176	-52	-362.7	6.98
278	176	-83	-362.7	4.35
279	183	-18	-364.3	20.54
280	183	-49	-364.3	7.41
281	176	-100	-362.7	3.63
282	176	-69	-362.7	5.29
283	192	49	-366.5	7.44
284	192	18	-366.5	20.59
285	183	-66	-364.3	5.53
286	183	-34	-364.3	10.58
287	199	83	-368.0	4.41
288	199	52	-368.0	7.08
289	192	1	-366.5	330.68
290	192	33	-366.5	11.26
291	199	35	-368.0	10.42
292	199	67	-368.0	5.51
293	192	-10	-366.5	35.87
294	192	-42	-366.5	8.80
295	198	24	-368.0	15.35
296	198	-7	-368.0	49.39
297	192	-58	-366.5	6.28
298	192	-27	-366.5	13.62
299	197	20	-367.6	18.26
300	197	-11	-367.6	32.53
301	198	-24	-368.0	15.24
302	198	7	-368.0	50.48
303	203	54	-369.1	6.79
304	203	23	-369.1	16.12
305	197	-28	-367.6	13.13
306	197	3	-367.6	106.77
307	203	6	-369.1	59.45
308	203	38	-369.1	9.81
309	176	-15	-362.7	24.35
310	176	-46	-362.7	7.83
311	183	19	-364.3	18.87
312	183	-12	-364.3	30.03
313	176	-63	-362.7	5.76
314	176	-32	-362.7	11.48
315	181	15	-363.9	23.54
316	181	-16	-363.9	22.77

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	46 di 92

317	183	-29	-364.3	12.64
318	183	3	-364.3	139.49
319	188	50	-365.4	7.36
320	188	18	-365.4	20.05
321	181	-33	-363.9	11.14
322	181	-1	-363.9	294.37
323	188	2	-365.4	238.86
324	188	33	-365.4	11.09

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 47 di 92

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	60	cm
Copriferro Superiore	c	45	mm
Copriferro Inferiore		45	
Diametro armatura tesa sup.	$\emptyset_{sup}$	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	$\emptyset_{inf}$	20	
Diametro ferro ortogonale	$\emptyset_{ferro}$ ortogonale	14	mm

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

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	#DIV/0!	1/m
Asw	0	mm ²
ctg θ	#DIV/0!	
ctg α	0	
z = 0.9d	478	mm
f'cd	8.5	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _d	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_11	150.018	308.848	0.514747	249.6715				1.664

9.3.3 Fessurazione

	Formazione fessure	ss [MPa]	ssr [MPa]	k3 [-]	Aeff [mm²]	s [mm]	srm [mm]	esm [-]	wm [mm]	wd [mm]
1	Non fessurata	0	-19	0.13						
2	Non fessurata	0	-45	0.13						
3	Non fessurata	0	-62	0.13						
4	Non fessurata	0	-34	0.13						
5	Non fessurata	0	2	0.13						
6	Non fessurata	0	-12	0.13						
7	Non fessurata	0	-27	0.13						
8	Non fessurata	0	-3	0.13						
9	Non fessurata	0	0	0.13						
10	Non fessurata	0	-16	0.13						
11	Non fessurata	0	-31	0.13						
12	Non fessurata	0	-8	0.13						
13	Non fessurata	0	-5	0.13						
14	Non fessurata	0	3	0.13						
15	Non fessurata	0	-1	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	6	0.13						
20	Non fessurata	0	3	0.13						
21	Non fessurata	0	-19	0.13						
22	Non fessurata	0	-2	0.13						
23	Non fessurata	0	2	0.13						
24	Non fessurata	0	-7	0.13						
25	Non fessurata	0	-5	0.13						
26	Non fessurata	0	-28	0.13						
27	Non fessurata	0	-45	0.13						
28	Non fessurata	0	-17	0.13						
29	Non fessurata	0	2	0.13						
30	Non fessurata	0	-12	0.13						
31	Non fessurata	0	-27	0.13						
32	Non fessurata	0	-3	0.13						
33	Non fessurata	0	4	0.13						
34	Non fessurata	0	-3	0.13						
35	Non fessurata	0	-14	0.13						
36	Non fessurata	0	1	0.13						
37	Non fessurata	0	-5	0.13						
38	Non fessurata	0	3	0.13						
39	Non fessurata	0	-1	0.13						
40	Non fessurata	0	1	0.13						
41	Non fessurata	0	2	0.13						

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	49 di 92

42	Non fessurata	0	3	0.13
43	Non fessurata	0	-1	0.13
44	Non fessurata	0	5	0.13
45	Non fessurata	0	-12	0.13
46	Non fessurata	0	1	0.13
47	Non fessurata	0	5	0.13
48	Non fessurata	0	-2	0.13
49	Non fessurata	0	-19	0.13
50	Non fessurata	0	-45	0.13
51	Non fessurata	0	-62	0.13
52	Non fessurata	0	-34	0.13
53	Non fessurata	0	0	0.13
54	Non fessurata	0	-16	0.13
55	Non fessurata	0	-31	0.13
56	Non fessurata	0	-8	0.13

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 50 di 92

9.4 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	60

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]	[cm2]	[cm]
5	24	22.62	7.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	24	22.62	7.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	290	-358	-509.5	1.42
2	254	-308	-501.3	1.63
3	254	-308	-501.3	1.63
4	218	-258	-493.0	1.91
5	251	-329	-500.5	1.52
6	215	-279	-492.3	1.77
7	287	-379	-508.8	1.34
8	251	-329	-500.5	1.52
9	267	-318	-504.3	1.59
10	207	-235	-490.5	2.09
11	202	-269	-489.3	1.82
12	262	-352	-503.0	1.43
13	290	-358	-509.5	1.42
14	109	-107	-468.0	4.37
15	254	-308	-501.3	1.63
16	73	-57	-459.8	8.04
17	251	-329	-500.5	1.52
18	70	-78	-459.0	5.92
19	287	-379	-508.8	1.34
20	106	-128	-467.3	3.66
21	122	-117	-471.1	4.03
22	62	-34	-457.2	13.57
23	56	-68	-456.0	6.74
24	117	-151	-469.8	3.11
25	294	-361	-510.4	1.41
26	258	-311	-502.1	1.61
27	258	-311	-502.1	1.61
28	222	-261	-493.9	1.89
29	255	-332	-501.4	1.51
30	218	-281	-493.1	1.75
31	291	-382	-509.7	1.34
32	255	-331	-501.4	1.51
33	271	-321	-505.1	1.57
34	211	-238	-491.4	2.07
35	205	-272	-490.1	1.81
36	266	-355	-503.9	1.42
37	294	-361	-510.4	1.41
38	113	-110	-468.9	4.27
39	258	-311	-502.1	1.61
40	77	-60	-460.6	7.68
41	255	-332	-501.4	1.51
42	73	-80	-459.9	5.72

43	291	-382	-509.7	1.34
44	109	-130	-468.2	3.59
45	126	-120	-471.9	3.94
46	66	-37	-458.1	12.55
47	60	-70	-456.8	6.48
48	120	-154	-470.7	3.06
49	21	-35	-447.9	12.83
50	81	-118	-461.7	3.91
51	109	-101	-468.1	4.63
52	49	-18	-454.3	25.61
53	234	-289	-496.7	1.72
54	209	-252	-491.0	1.95
55	198	-239	-488.4	2.05
56	173	-202	-482.7	2.39
57	195	-259	-487.7	1.88
58	170	-223	-481.9	2.16
59	231	-309	-495.9	1.60
60	206	-273	-490.2	1.80
61	222	-262	-494.0	1.88
62	162	-179	-480.2	2.68
63	156	-213	-478.9	2.25
64	217	-296	-492.7	1.66
65	234	-289	-496.7	1.72
66	109	-107	-468.0	4.37
67	198	-239	-488.4	2.05
68	73	-57	-459.8	8.04
69	195	-259	-487.7	1.88
70	70	-78	-459.0	5.92
71	231	-309	-495.9	1.60
72	106	-128	-467.3	3.66
73	122	-117	-471.1	4.03
74	62	-34	-457.2	13.57
75	56	-68	-456.0	6.74
76	117	-151	-469.8	3.11
77	238	-291	-497.5	1.71
78	213	-255	-491.8	1.93
79	202	-241	-489.3	2.03
80	177	-205	-483.5	2.36
81	198	-262	-488.5	1.87
82	173	-226	-482.8	2.14
83	234	-312	-496.8	1.59
84	209	-276	-491.1	1.78
85	226	-265	-494.8	1.87
86	166	-182	-481.0	2.65
87	160	-216	-479.8	2.22
88	220	-299	-493.6	1.65

89	238	-291	-497.5	1.71
90	113	-110	-468.9	4.27
91	202	-241	-489.3	2.03
92	77	-60	-460.6	7.68
93	198	-262	-488.5	1.87
94	73	-80	-459.9	5.72
95	234	-312	-496.8	1.59
96	109	-130	-468.2	3.59
97	126	-120	-471.9	3.94
98	66	-37	-458.1	12.55
99	60	-70	-456.8	6.48
100	120	-154	-470.7	3.06
101	21	-35	-447.9	12.83
102	81	-118	-461.7	3.91
103	109	-101	-468.1	4.63
104	49	-18	-454.3	25.61
105	347	-428	-522.4	1.22
106	299	-364	-511.6	1.41
107	311	-378	-514.2	1.36
108	263	-314	-503.3	1.60
109	307	-399	-513.4	1.29
110	260	-334	-502.6	1.50
111	343	-449	-521.7	1.16
112	296	-384	-510.8	1.33
113	312	-374	-514.6	1.38
114	252	-291	-500.8	1.72
115	247	-325	-499.6	1.54
116	307	-408	-513.3	1.26
117	347	-428	-522.4	1.22
118	154	-163	-478.4	2.94
119	311	-378	-514.2	1.36
120	118	-113	-470.1	4.16
121	307	-399	-513.4	1.29
122	115	-133	-469.4	3.52
123	343	-449	-521.7	1.16
124	151	-183	-477.6	2.61
125	167	-173	-481.4	2.79
126	107	-90	-467.6	5.22
127	102	-124	-466.3	3.78
128	162	-207	-480.1	2.32
129	350	-431	-523.3	1.21
130	303	-367	-512.4	1.40
131	314	-381	-515.0	1.35
132	267	-317	-504.2	1.59
133	311	-401	-514.3	1.28
134	264	-337	-503.4	1.49

135	347	-451	-522.5	1.16
136	300	-387	-511.7	1.32
137	316	-377	-515.4	1.37
138	256	-293	-501.7	1.71
139	250	-327	-500.4	1.53
140	311	-411	-514.2	1.25
141	350	-431	-523.3	1.21
142	158	-166	-479.2	2.89
143	314	-381	-515.0	1.35
144	122	-116	-471.0	4.07
145	311	-401	-514.3	1.28
146	118	-136	-470.2	3.45
147	347	-451	-522.5	1.16
148	155	-186	-478.5	2.57
149	171	-176	-482.2	2.75
150	111	-92	-468.4	5.07
151	105	-126	-467.2	3.70
152	165	-210	-481.0	2.30
153	21	-35	-447.9	12.83
154	81	-118	-461.7	3.91
155	109	-101	-468.1	4.63
156	49	-18	-454.3	25.61
157	143	-163	-475.9	2.92
158	136	-152	-474.4	3.12
159	107	-113	-467.6	4.14
160	100	-102	-466.1	4.58
161	104	-133	-466.9	3.50
162	97	-122	-465.3	3.81
163	140	-183	-475.2	2.59
164	133	-172	-473.6	2.75
165	150	-162	-477.4	2.95
166	89	-78	-463.5	5.91
167	84	-112	-462.3	4.11
168	144	-196	-476.1	2.43
169	143	-163	-475.9	2.92
170	182	-208	-484.7	2.33
171	107	-113	-467.6	4.14
172	145	-158	-476.4	3.02
173	104	-133	-466.9	3.50
174	142	-178	-475.7	2.67
175	140	-183	-475.2	2.59
176	178	-228	-483.9	2.12
177	195	-217	-487.7	2.24
178	134	-134	-473.9	3.53
179	129	-168	-472.6	2.81
180	189	-251	-486.4	1.93

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	55 di 92

181	147	-166	-476.8	2.88
182	140	-155	-475.2	3.07
183	111	-116	-468.5	4.04
184	104	-105	-466.9	4.46
185	108	-136	-467.7	3.43
186	101	-125	-466.2	3.73
187	144	-186	-476.0	2.56
188	137	-175	-474.5	2.71
189	153	-164	-478.2	2.91
190	93	-81	-464.4	5.72
191	88	-115	-463.2	4.02
192	148	-198	-477.0	2.40
193	147	-166	-476.8	2.88
194	185	-210	-485.5	2.31
195	111	-116	-468.5	4.04
196	149	-160	-477.3	2.97
197	108	-136	-467.7	3.43
198	146	-181	-476.5	2.63
199	144	-186	-476.0	2.56
200	182	-231	-484.8	2.10
201	198	-220	-488.5	2.22
202	138	-137	-474.8	3.47
203	133	-171	-473.5	2.77
204	193	-254	-487.3	1.92
205	21	-35	-447.9	12.83
206	81	-118	-461.7	3.91
207	109	-101	-468.1	4.63
208	49	-18	-454.3	25.61
209	256	-303	-501.7	1.66
210	227	-263	-495.0	1.88
211	220	-253	-493.4	1.95
212	191	-213	-486.7	2.28
213	217	-273	-492.7	1.81
214	187	-234	-486.0	2.08
215	253	-323	-501.0	1.55
216	223	-284	-494.2	1.74
217	240	-273	-498.0	1.82
218	180	-190	-484.2	2.55
219	174	-224	-483.0	2.16
220	234	-307	-496.7	1.62
221	256	-303	-501.7	1.66
222	227	-263	-495.0	1.88
223	220	-253	-493.4	1.95
224	191	-213	-486.7	2.28
225	217	-273	-492.7	1.81
226	187	-234	-486.0	2.08

227	253	-323	-501.0	1.55
228	223	-284	-494.2	1.74
229	240	-273	-498.0	1.82
230	180	-190	-484.2	2.55
231	174	-224	-483.0	2.16
232	234	-307	-496.7	1.62
233	260	-305	-502.6	1.65
234	230	-266	-495.8	1.86
235	224	-255	-494.3	1.94
236	194	-216	-487.6	2.25
237	220	-276	-493.6	1.79
238	191	-237	-486.8	2.06
239	256	-326	-501.8	1.54
240	227	-287	-495.1	1.73
241	243	-276	-498.8	1.81
242	183	-193	-485.1	2.52
243	178	-227	-483.8	2.13
244	238	-310	-497.6	1.60
245	260	-305	-502.6	1.65
246	230	-266	-495.8	1.86
247	224	-255	-494.3	1.94
248	194	-216	-487.6	2.25
249	220	-276	-493.6	1.79
250	191	-237	-486.8	2.06
251	256	-326	-501.8	1.54
252	227	-287	-495.1	1.73
253	243	-276	-498.8	1.81
254	183	-193	-485.1	2.52
255	178	-227	-483.8	2.13
256	238	-310	-497.6	1.60
257	21	-35	-447.9	12.83
258	81	-118	-461.7	3.91
259	109	-101	-468.1	4.63
260	49	-18	-454.3	25.61
261	98	-86	-465.5	5.39
262	78	-59	-460.9	7.86
263	113	-106	-469.1	4.44
264	93	-78	-464.5	5.96
265	76	-70	-460.5	6.58
266	96	-98	-465.1	4.76
267	127	-138	-472.1	3.43
268	106	-110	-467.5	4.25
269	92	-89	-464.0	5.20
270	112	-117	-468.6	4.01
271	142	-157	-475.6	3.03
272	122	-129	-471.0	3.65

273	105	-121	-467.0	3.85
274	125	-149	-471.7	3.16
275	120	-141	-470.6	3.35
276	140	-168	-475.2	2.82
277	96	-83	-465.1	5.59
278	76	-55	-460.5	8.31
279	112	-102	-468.6	4.58
280	92	-75	-464.0	6.22
281	74	-67	-460.1	6.90
282	94	-94	-464.7	4.92
283	125	-134	-471.7	3.51
284	105	-107	-467.0	4.38
285	90	-86	-463.6	5.39
286	110	-114	-468.2	4.12
287	140	-154	-475.2	3.09
288	120	-126	-470.6	3.74
289	103	-118	-466.6	3.96
290	123	-146	-471.2	3.23
291	118	-137	-470.2	3.43
292	138	-165	-474.8	2.88
293	105	-108	-467.2	4.34
294	85	-80	-462.6	5.79
295	121	-127	-470.8	3.71
296	101	-99	-466.2	4.70
297	84	-91	-462.2	5.07
298	104	-119	-466.8	3.92
299	114	-123	-469.2	3.81
300	94	-95	-464.6	4.88
301	99	-110	-465.8	4.22
302	119	-138	-470.4	3.40
303	130	-142	-472.8	3.32
304	109	-115	-468.2	4.09
305	92	-107	-464.2	4.35
306	112	-134	-468.8	3.49
307	108	-126	-467.7	3.72
308	128	-154	-472.3	3.08
309	99	-97	-465.8	4.82
310	79	-69	-461.2	6.69
311	115	-116	-469.4	4.05
312	95	-88	-464.8	5.27
313	77	-80	-460.8	5.74
314	98	-108	-465.4	4.31
315	108	-112	-467.8	4.17
316	88	-84	-463.2	5.49
317	93	-100	-464.4	4.67
318	113	-127	-469.0	3.68

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	58 di 92

319	123	-131	-471.4	3.59
320	103	-104	-466.8	4.51
321	86	-96	-462.8	4.84
322	106	-123	-467.4	3.79
323	102	-115	-466.3	4.06
324	122	-143	-471.0	3.30

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 59 di 92

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	60	cm
Copriferro Superiore	c	45	mm
Copriferro Inferiore		45	
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	$\emptyset_{st.}$	12	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	565	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	476	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	-457.465	344.028			2091.672	526	526	1.150

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	-96	0.13						
2	Non fessurata	0	-70	0.13						
3	Non fessurata	0	-83	0.13						
4	Non fessurata	0	-108	0.13						
5	Non fessurata	0	-40	0.13						
6	Non fessurata	0	-14	0.13						
7	Non fessurata	0	-27	0.13						
8	Non fessurata	0	-53	0.13						
9	Non fessurata	0	-105	0.13						
10	Non fessurata	0	-79	0.13						
11	Non fessurata	0	-92	0.13						
12	Non fessurata	0	-118	0.13						
13	Non fessurata	0	-49	0.13						
14	Non fessurata	0	-23	0.13						
15	Non fessurata	0	-36	0.13						
16	Non fessurata	0	-62	0.13						
17	Fessurata	-151	-169	0.13	####	200	-150	####	###	###
18	Non fessurata	0	-125	0.13						
19	Non fessurata	0	-138	0.13						
20	Fessurata	-164	-171	0.13	####	200	-149	####	###	###
21	Fessurata	-160	-168	0.13	####	200	-150	####	###	###
22	Non fessurata	0	-135	0.13						
23	Fessurata	-148	-169	0.13	####	200	-149	####	###	###
24	Fessurata	-173	-170	0.13	####	200	-149	####	###	###
25	Non fessurata	0	-68	0.13						
26	Non fessurata	0	-42	0.13						
27	Non fessurata	0	-55	0.13						
28	Non fessurata	0	-81	0.13						
29	Non fessurata	0	-40	0.13						
30	Non fessurata	0	-14	0.13						
31	Non fessurata	0	-27	0.13						
32	Non fessurata	0	-53	0.13						
33	Non fessurata	0	-77	0.13						
34	Non fessurata	0	-51	0.13						
35	Non fessurata	0	-64	0.13						
36	Non fessurata	0	-90	0.13						
37	Non fessurata	0	-49	0.13						
38	Non fessurata	0	-23	0.13						
39	Non fessurata	0	-36	0.13						
40	Non fessurata	0	-62	0.13						
41	Non fessurata	0	-95	0.13						
42	Non fessurata	0	-70	0.13						
43	Non fessurata	0	-83	0.13						
44	Non fessurata	0	-108	0.13						

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	61 di 92

45	Non fessurata	0	-105	0.13
46	Non fessurata	0	-79	0.13
47	Non fessurata	0	-92	0.13
48	Non fessurata	0	-118	0.13
49	Non fessurata	0	-96	0.13
50	Non fessurata	0	-70	0.13
51	Non fessurata	0	-83	0.13
52	Non fessurata	0	-108	0.13
53	Non fessurata	0	-105	0.13
54	Non fessurata	0	-79	0.13
55	Non fessurata	0	-92	0.13
56	Non fessurata	0	-118	0.13

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 62 di 92

9.5 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
100	60

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	7.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm2]	[cm]
5	24	22.62	7.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	290	362	509.5	1.41
2	254	310	501.3	1.62
3	254	411	501.3	1.22
4	218	360	493.0	1.37
5	251	391	500.5	1.28
6	215	339	492.3	1.45
7	287	341	508.8	1.49
8	251	289	500.5	1.73
9	267	300	504.3	1.68
10	207	383	490.5	1.28
11	202	349	489.3	1.40
12	262	266	503.0	1.89
13	290	362	509.5	1.41
14	109	103	468.0	4.54
15	254	411	501.3	1.22
16	73	153	459.8	3.00
17	251	391	500.5	1.28
18	70	133	459.0	3.46
19	287	341	508.8	1.49
20	106	83	467.3	5.65
21	122	93	471.1	5.05
22	62	177	457.2	2.59
23	56	143	456.0	3.20
24	117	59	469.8	7.93
25	294	359	510.4	1.42
26	258	307	502.1	1.64
27	258	409	502.1	1.23
28	222	357	493.9	1.38
29	255	388	501.4	1.29
30	218	337	493.1	1.46
31	291	338	509.7	1.51
32	255	287	501.4	1.75
33	271	297	505.1	1.70
34	211	380	491.4	1.29
35	205	346	490.1	1.41
36	266	263	503.9	1.91
37	294	359	510.4	1.42
38	113	100	468.9	4.67
39	258	409	502.1	1.23
40	77	150	460.6	3.07
41	255	388	501.4	1.29

42	73	130	459.9	3.54
43	291	338	509.7	1.51
44	109	80	468.2	5.86
45	126	90	471.9	5.22
46	66	174	458.1	2.64
47	60	140	456.8	3.27
48	120	56	470.7	8.34
49	21	113	447.9	3.97
50	81	29	461.7	15.69
51	109	47	468.1	10.05
52	49	130	454.3	3.50
53	290	362	509.5	1.41
54	254	310	501.3	1.62
55	254	411	501.3	1.22
56	218	360	493.0	1.37
57	251	391	500.5	1.28
58	215	339	492.3	1.45
59	287	341	508.8	1.49
60	251	289	500.5	1.73
61	267	300	504.3	1.68
62	207	383	490.5	1.28
63	202	349	489.3	1.40
64	262	266	503.0	1.89
65	290	362	509.5	1.41
66	109	103	468.0	4.54
67	254	411	501.3	1.22
68	73	153	459.8	3.00
69	251	391	500.5	1.28
70	70	133	459.0	3.46
71	287	341	508.8	1.49
72	106	83	467.3	5.65
73	122	93	471.1	5.05
74	62	177	457.2	2.59
75	56	143	456.0	3.20
76	117	59	469.8	7.93
77	294	359	510.4	1.42
78	258	307	502.1	1.64
79	258	409	502.1	1.23
80	222	357	493.9	1.38
81	255	388	501.4	1.29
82	218	337	493.1	1.46
83	291	338	509.7	1.51
84	255	287	501.4	1.75
85	271	297	505.1	1.70
86	211	380	491.4	1.29
87	205	346	490.1	1.41

88	266	263	503.9	1.91
89	294	359	510.4	1.42
90	113	100	468.9	4.67
91	258	409	502.1	1.23
92	77	150	460.6	3.07
93	255	388	501.4	1.29
94	73	130	459.9	3.54
95	291	338	509.7	1.51
96	109	80	468.2	5.86
97	126	90	471.9	5.22
98	66	174	458.1	2.64
99	60	140	456.8	3.27
100	120	56	470.7	8.34
101	21	113	447.9	3.97
102	81	29	461.7	15.69
103	109	47	468.1	10.05
104	49	130	454.3	3.50
105	290	362	509.5	1.41
106	254	310	501.3	1.62
107	254	411	501.3	1.22
108	218	360	493.0	1.37
109	251	391	500.5	1.28
110	215	339	492.3	1.45
111	287	341	508.8	1.49
112	251	289	500.5	1.73
113	267	300	504.3	1.68
114	207	383	490.5	1.28
115	202	349	489.3	1.40
116	262	266	503.0	1.89
117	290	362	509.5	1.41
118	109	103	468.0	4.54
119	254	411	501.3	1.22
120	73	153	459.8	3.00
121	251	391	500.5	1.28
122	70	133	459.0	3.46
123	287	341	508.8	1.49
124	106	83	467.3	5.65
125	122	93	471.1	5.05
126	62	177	457.2	2.59
127	56	143	456.0	3.20
128	117	59	469.8	7.93
129	294	359	510.4	1.42
130	258	307	502.1	1.64
131	258	409	502.1	1.23
132	222	357	493.9	1.38
133	255	388	501.4	1.29

134	218	337	493.1	1.46
135	291	338	509.7	1.51
136	255	287	501.4	1.75
137	271	297	505.1	1.70
138	211	380	491.4	1.29
139	205	346	490.1	1.41
140	266	263	503.9	1.91
141	294	359	510.4	1.42
142	113	100	468.9	4.67
143	258	409	502.1	1.23
144	77	150	460.6	3.07
145	255	388	501.4	1.29
146	73	130	459.9	3.54
147	291	338	509.7	1.51
148	109	80	468.2	5.86
149	126	90	471.9	5.22
150	66	174	458.1	2.64
151	60	140	456.8	3.27
152	120	56	470.7	8.34
153	21	113	447.9	3.97
154	81	29	461.7	15.69
155	109	47	468.1	10.05
156	49	130	454.3	3.50
157	200	232	488.8	2.10
158	182	206	484.7	2.35
159	164	282	480.6	1.70
160	145	256	476.4	1.86
161	160	262	479.8	1.83
162	142	236	475.7	2.02
163	196	212	488.1	2.30
164	178	186	483.9	2.60
165	195	197	487.7	2.48
166	134	280	473.9	1.69
167	129	246	472.6	1.92
168	189	163	486.4	2.99
169	200	232	488.8	2.10
170	182	206	484.7	2.35
171	164	282	480.6	1.70
172	145	256	476.4	1.86
173	160	262	479.8	1.83
174	142	236	475.7	2.02
175	196	212	488.1	2.30
176	178	186	483.9	2.60
177	195	197	487.7	2.48
178	134	280	473.9	1.69
179	129	246	472.6	1.92

180	189	163	486.4	2.99
181	203	230	489.7	2.13
182	185	204	485.5	2.38
183	167	279	481.4	1.72
184	149	254	477.3	1.88
185	164	259	480.7	1.86
186	146	233	476.5	2.04
187	200	209	488.9	2.34
188	182	183	484.8	2.64
189	198	194	488.5	2.52
190	138	277	474.8	1.71
191	133	243	473.5	1.95
192	193	160	487.3	3.05
193	203	230	489.7	2.13
194	185	204	485.5	2.38
195	167	279	481.4	1.72
196	149	254	477.3	1.88
197	164	259	480.7	1.86
198	146	233	476.5	2.04
199	200	209	488.9	2.34
200	182	183	484.8	2.64
201	198	194	488.5	2.52
202	138	277	474.8	1.71
203	133	243	473.5	1.95
204	193	160	487.3	3.05
205	21	113	447.9	3.97
206	81	29	461.7	15.69
207	109	47	468.1	10.05
208	49	130	454.3	3.50
209	200	232	488.8	2.10
210	182	206	484.7	2.35
211	164	282	480.6	1.70
212	145	256	476.4	1.86
213	160	262	479.8	1.83
214	142	236	475.7	2.02
215	196	212	488.1	2.30
216	178	186	483.9	2.60
217	195	197	487.7	2.48
218	134	280	473.9	1.69
219	129	246	472.6	1.92
220	189	163	486.4	2.99
221	200	232	488.8	2.10
222	182	206	484.7	2.35
223	164	282	480.6	1.70
224	145	256	476.4	1.86
225	160	262	479.8	1.83

226	142	236	475.7	2.02
227	196	212	488.1	2.30
228	178	186	483.9	2.60
229	195	197	487.7	2.48
230	134	280	473.9	1.69
231	129	246	472.6	1.92
232	189	163	486.4	2.99
233	203	230	489.7	2.13
234	185	204	485.5	2.38
235	167	279	481.4	1.72
236	149	254	477.3	1.88
237	164	259	480.7	1.86
238	146	233	476.5	2.04
239	200	209	488.9	2.34
240	182	183	484.8	2.64
241	198	194	488.5	2.52
242	138	277	474.8	1.71
243	133	243	473.5	1.95
244	193	160	487.3	3.05
245	203	230	489.7	2.13
246	185	204	485.5	2.38
247	167	279	481.4	1.72
248	149	254	477.3	1.88
249	164	259	480.7	1.86
250	146	233	476.5	2.04
251	200	209	488.9	2.34
252	182	183	484.8	2.64
253	198	194	488.5	2.52
254	138	277	474.8	1.71
255	133	243	473.5	1.95
256	193	160	487.3	3.05
257	21	113	447.9	3.97
258	81	29	461.7	15.69
259	109	47	468.1	10.05
260	49	130	454.3	3.50
261	120	100	470.6	4.72
262	100	127	466.0	3.66
263	120	100	470.6	4.72
264	100	127	466.0	3.66
265	98	116	465.5	4.01
266	118	88	470.2	5.33
267	120	100	470.6	4.72
268	100	127	466.0	3.66
269	98	116	465.5	4.01
270	118	88	470.2	5.33
271	120	100	470.6	4.72

272	100	127	466.0	3.66
273	98	116	465.5	4.01
274	118	88	470.2	5.33
275	98	116	465.5	4.01
276	118	88	470.2	5.33
277	118	96	470.2	4.89
278	98	124	465.5	3.76
279	118	96	470.2	4.89
280	98	124	465.5	3.76
281	96	113	465.1	4.13
282	116	85	469.7	5.54
283	118	96	470.2	4.89
284	98	124	465.5	3.76
285	96	113	465.1	4.13
286	116	85	469.7	5.54
287	118	96	470.2	4.89
288	98	124	465.5	3.76
289	96	113	465.1	4.13
290	116	85	469.7	5.54
291	96	113	465.1	4.13
292	116	85	469.7	5.54
293	117	104	470.0	4.51
294	97	132	465.4	3.53
295	117	104	470.0	4.51
296	97	132	465.4	3.53
297	96	121	465.0	3.85
298	116	93	469.6	5.05
299	117	104	470.0	4.51
300	97	132	465.4	3.53
301	96	121	465.0	3.85
302	116	93	469.6	5.05
303	117	104	470.0	4.51
304	97	132	465.4	3.53
305	96	121	465.0	3.85
306	116	93	469.6	5.05
307	96	121	465.0	3.85
308	116	93	469.6	5.05
309	111	93	468.6	5.06
310	91	120	464.0	3.85
311	111	93	468.6	5.06
312	91	120	464.0	3.85
313	90	109	463.6	4.25
314	110	81	468.2	5.76
315	111	93	468.6	5.06
316	91	120	464.0	3.85
317	90	109	463.6	4.25

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	70 di 92

318	110	81	468.2	5.76
319	111	93	468.6	5.06
320	91	120	464.0	3.85
321	90	109	463.6	4.25
322	110	81	468.2	5.76
323	90	109	463.6	4.25
324	110	81	468.2	5.76

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 71 di 92

9.5.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd y}	VR _{sd y}	VR _{d y}	C.S.y,min
	KN	KN	MPa	N	KN	KN	KN	
G3_0.5_5	22.146	160.299	0.267165	251.3049				11.348

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-168	-174	0.13	####	200	282	####	###	###	Verificato
2	Fessurata	-204	-180	0.13	####	200	284	####	###	###	Verificato
3	Fessurata	-192	-179	0.13	####	200	284	####	###	###	Verificato
4	Fessurata	-156	-173	0.13	####	200	282	####	###	###	Verificato
5	Non fessurata	0	-56	0.13							
6	Non fessurata	0	-92	0.13							
7	Non fessurata	0	-80	0.13							
8	Non fessurata	0	-43	0.13							
9	Fessurata	-151	-171	0.13	####	200	281	####	###	###	Verificato
10	Fessurata	-187	-177	0.13	####	200	283	####	###	###	Verificato
11	Fessurata	-175	-176	0.13	####	200	283	####	###	###	Verificato
12	Non fessurata	0	-139	0.13							
13	Non fessurata	0	-39	0.13							
14	Non fessurata	0	-75	0.13							
15	Non fessurata	0	-63	0.13							
16	Non fessurata	0	-27	0.13							
17	Fessurata	-168	-174	0.13	####	200	282	####	###	###	Verificato
18	Fessurata	-204	-180	0.13	####	200	284	####	###	###	Verificato
19	Fessurata	-192	-179	0.13	####	200	284	####	###	###	Verificato
20	Fessurata	-156	-173	0.13	####	200	282	####	###	###	Verificato
21	Fessurata	-151	-171	0.13	####	200	281	####	###	###	Verificato
22	Fessurata	-187	-177	0.13	####	200	283	####	###	###	Verificato
23	Fessurata	-175	-176	0.13	####	200	283	####	###	###	Verificato
24	Non fessurata	0	-139	0.13							
25	Non fessurata	0	-112	0.13							
26	Non fessurata	0	-148	0.13							
27	Non fessurata	0	-136	0.13							
28	Non fessurata	0	-100	0.13							
29	Non fessurata	0	-56	0.13							
30	Non fessurata	0	-92	0.13							
31	Non fessurata	0	-80	0.13							
32	Non fessurata	0	-43	0.13							
33	Non fessurata	0	-95	0.13							
34	Non fessurata	0	-131	0.13							
35	Non fessurata	0	-119	0.13							
36	Non fessurata	0	-83	0.13							
37	Non fessurata	0	-39	0.13							
38	Non fessurata	0	-75	0.13							
39	Non fessurata	0	-63	0.13							
40	Non fessurata	0	-27	0.13							

41	Non fessurata	0	-112	0.13							
42	Non fessurata	0	-148	0.13							
43	Non fessurata	0	-136	0.13							
44	Non fessurata	0	-100	0.13							
45	Non fessurata	0	-95	0.13							
46	Non fessurata	0	-131	0.13							
47	Non fessurata	0	-119	0.13							
48	Non fessurata	0	-83	0.13							
49	Fessurata	-168	-174	0.13	####	200	282	####	###	###	Verificato
50	Fessurata	-204	-180	0.13	####	200	284	####	###	###	Verificato
51	Fessurata	-192	-179	0.13	####	200	284	####	###	###	Verificato
52	Fessurata	-156	-173	0.13	####	200	282	####	###	###	Verificato
53	Fessurata	-151	-171	0.13	####	200	281	####	###	###	Verificato
54	Fessurata	-187	-177	0.13	####	200	283	####	###	###	Verificato
55	Fessurata	-175	-176	0.13	####	200	283	####	###	###	Verificato
56	Non fessurata	0	-139	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	496	-440	-	1.276
	Taglio	G3_1_77	499	0	-335	1.573
2	Presso-flessione	G3_1_83	365	-427	-	1.245
	Taglio	G3_1_53	362	0	-420	1.254
3	Presso-flessione	G1_3	268	375	-	1.356
	Taglio	G3_0.5_5	167	-	23	10.739
4	Presso-flessione	G3_0.5_11	317	-202	-	1.956
	Taglio	G3_0.5_11	313	-	135	1.858

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_83	484	-404	-	1.383
	Taglio	G3_1_77	487	0	-296	1.776
2	Presso-flessione	G3_1_83	327	-387	-	1.350
	Taglio	G3_1_53	323	0	-408	1.290
3	Presso-flessione	G1_3	230	379	-	1.320
	Taglio	G3_1_5	227	-	35	7.412
4	Presso-flessione	G3_0.5_11	312	-231	-	1.710
	Taglio	G3_0.5_11	309	-	150	1.664

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_83	541	-471	-	1.215
	Taglio	G3_1_77	545	0	-329	1.601
2	Presso-flessione	G3_1_83	347	-451	-	1.168
	Taglio	G3_1_53	344	0	-457	1.150
3	Presso-flessione	G1_3	254	411	-	1.229
	Taglio	G3_0.5_5	160	-	22	11.348
4	Presso-flessione	G3_0.5_11	336	-184	-	2.177
	Taglio	G3_0.5_11	333	-	112	2.260

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_83	541	-471	-	1.215
	Taglio	G3_1_77	545	0	-329	1.601
2	Presso-flessione	G3_1_83	347	-451	-	1.168
	Taglio	G3_1_53	344	0	-457	1.150
3	Presso-flessione	G1_3	254	411	-	1.229
	Taglio	G3_0.5_5	160	-	22	11.348
4	Presso-flessione	G3_0.5_11	336	-184	-	2.177
	Taglio	G3_0.5_11	333	-	112	2.260

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	78 di 92

10 VERIFICHE LONGITUDINALI

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

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

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

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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 QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 79 di 92

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

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

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

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

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

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ecs_m	8.5E-05	
Tensione per ritiro impedito	σ_{tp}	0.92968	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	15000	mm
Altezza elemento equivalente	H	600	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	21800	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
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.	36.14905062		

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 Ø168.3 di spessore 12 mm in acciaio S275; la lunghezza del singolo palo è di 12 m.

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

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

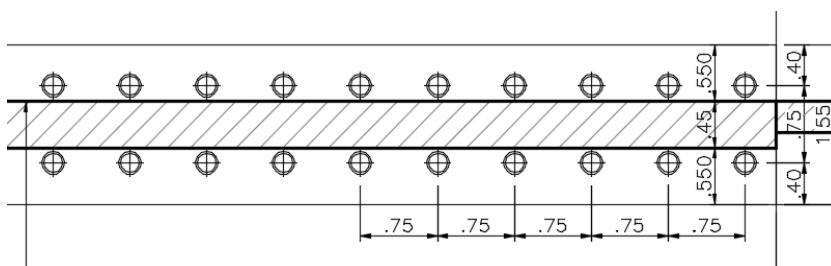


Figura 11-1: Disposizione dei micropali in pianta

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

numero file trasversali	nt	=	2		
interasse longitudinale	ix	=	0.75	[m]	
interasse trasversale	iy	=	0.75	[m]	
Sollecitazioni in fondazione	Comb.		M	N	T
	[nome]		[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Combo Mmax	G3_1_97		127.1	-225.0	-14.0
Combo Mmin	G3_1_11		-238.0	-436.3	167.5
Combo Nmax	G1_49		-122.0	-146.9	89.7
Combo Nmin	G3_1_53		97.1	-540.9	-7.2
Sforzi sui micropali	Comb.		Nmax	Nmin	T
	[nome]		[kN]	[kN]	[kN]
Combo Mmax	G3_1_97		42.7	-211.5	-5.3
Combo Mmin	G3_1_11		-401.6	74.3	62.8
Combo Nmax	G1_49		-177.0	66.9	33.6
Combo Nmin	G3_1_53		-105.7	-300.0	-2.7

Seguono le verifiche del micropalo.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 83 di 92

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	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{nk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_t	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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 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.

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	86 di 92

Abaco per il calcolo di s per sabbie e ghiaie

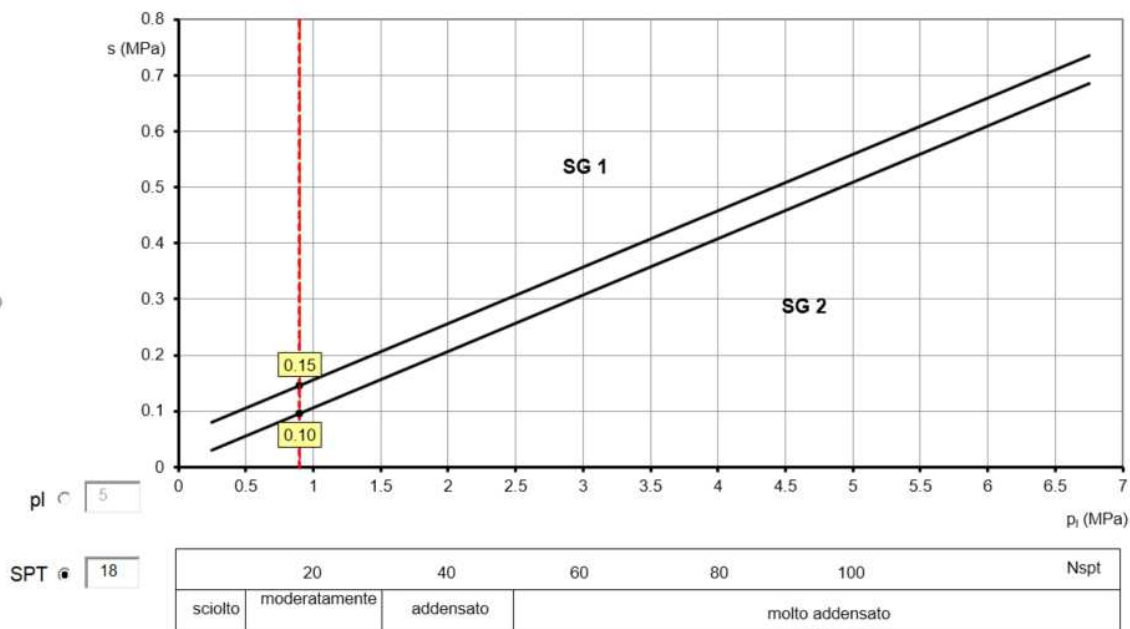


Figura 11-2: Determinazione della resistenza tangenziale (Bustamante e Doix)

11.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

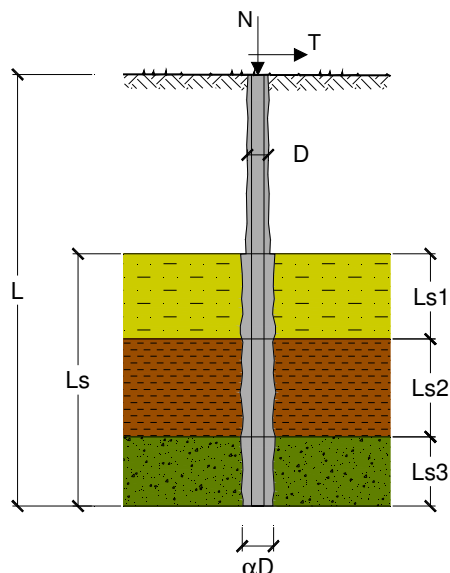
11.2.1 Micropalo soggetto a compressione

OPERA: Portali 6.0x2.5

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	401.60	0.00	401.60
T (kN)	62.80	0.00	62.80



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

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

Caratteristiche del micropalo:

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

Lunghezza del micropalo (L): 12.00 (m)

Armatura:

☐ IPE	☐ INP	☐ HEA	☐ HEB	☐ HEM	☒ Tubi	☐ ALTRO
IPE 180	INP 160	HEA 300	HEB 160	HEM 200	ø168,3 x 12,0	

ø168,3 x 12,0

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	88 di 92

 Area dell'armatura (A_{arm}): 5892 (mm²)

 Momento di inerzia della sezione di armatura (J_{arm}): 1.810E+07 (mm⁴)

 Modulo di resistenza della sezione di armatura (W_{arm}): 215 088 (mm³)

Tipo di acciaio

S 275 (Fe 430)

 Tensione di snervamento dell'acciaio (f_y): 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

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

Tipo di Terreno	Spessore ls_i (m)	α (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (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	7.00	1.40	0.34	0.150	0.150	0.077	566.93
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00

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

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

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

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + QI$$

 $Qlim = 779.05$ (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

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

 $Fs = 1.94$
CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

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

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot Earm \cdot Jarm)^{0.5}$$

 $Pk = 6195.30$ (MN)

$$\eta = Pk / N$$
 (consigliato η > 10)

 $\eta = 15.43$

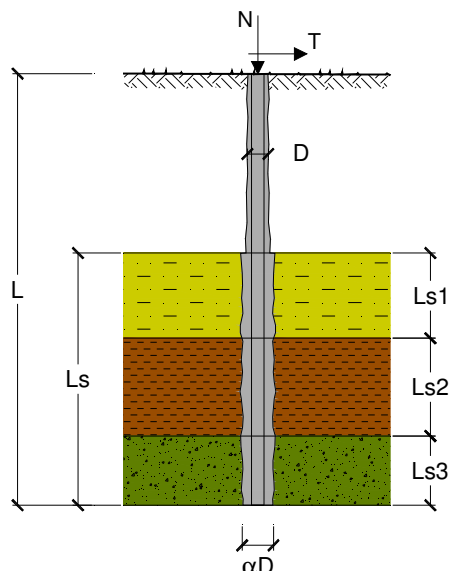
11.2.2 Micropalo soggetto a trazione

OPERA: Portali 6.0x2.5

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	-74.30	0.00	-74.30
T (kN)	62.80	0.00	62.80



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti γ_g	variabili γ_q	γ_s	$\gamma_{s \text{ traz}}$
SLS	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.
ζ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ζ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Caratteristiche del micropalo:

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

Lunghezza del micropalo (L): 12.00 (m)

Armatura:

☐ IPE	☐ INP	☐ HEA	☐ HEB	☐ HEM	☒ Tubi	☐ ALTRO
IPE 180	INP 160	HEA 300	HEB 160	HEM 200	ø168,3 x 12,0	

ø168,3 x 12,0

Portali 6.0 x 2.5 m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	90 di 92

 Area dell'armatura (A_{arm}): 5892 (mm²)

 Momento di inerzia della sezione di armatura (J_{arm}): 1.810E+07 (mm⁴)

 Modulo di resistenza della sezione di armatura (W_{arm}): 215 088 (mm³)

Tipo di acciaio

S 275 (Fe 430) ▼

 Tensione di snervamento dell'acciaio (f_y): 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

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

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

 L_s = 12.00 (m) QI = 716.73 (kN)

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot QI \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

 % Punta 0% Q_p = 0.00 (kN)

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Q_{lim} = Qb + QI$$

 Q_{lim} = 716.73 (kN)

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Fs = Q_{lim} / N \quad (Fs > 1)$$

 F_s = 9.65

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLRI0003006	A	91 di 92

11.3 VERIFICHE STRUTTURALI

Segue la verifica strutturale del tubo di armatura.

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

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

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

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

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

Momento Massimo (M):

$$M = 45.01 \quad (kN \cdot m)$$

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:

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

dove:

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

f_y = tensione di snervamento;

D = diametro del tubo;

t = spessore del tubo.

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

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

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

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:

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

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

Pertanto, le azioni resistenti di ogni micropalo risultano:

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

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO – PAVIA FASE 2 – QUADRUPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA					
Portali 6.0 x 2.5 m <i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLRI0003006	REV. A	FOGLIO 92 di 92

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

Le verifiche risultano soddisfatte.