

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**PONTI E VIADOTTI**

**VIADOTTO FIBBIO DAL km 7+657,67 AL km 10+036,67**

**PILE**

**Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P18 e P19**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio <b>Iricav Due</b> inq. Paolo Carmona  Data:			
Ing. Giovanni MALAYENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503  Data:				

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 2	E	I 2	CL	V I 0 1 0 4	0 0 9	B	- - - p - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing. Alberto LEVORATO 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Giu.2021	M. Proietti	Giu.2021	G. Grimaldi	Giu.2021	
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0100001A	E.d.in	Ott.2022	M. Proietti	Ott.2022	G. Grimaldi	Ott.2022	

CIG. 8377957CD1

CUP: J41E91000000009

File: IN1712E12CLVI0104009B

Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLVI0104009</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1 Normative.....	4
2.2 Elaborati di riferimento .....	4
3. MATERIALI .....	5
3.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino.....	5
3.2 Calcestruzzo per fondazione.....	5
3.3 Acciaio per barre di armature .....	6
3.4 Stati limite.....	7
3.4.1 <i>Stati limite ultimi</i> .....	7
3.4.2 <i>Stati limite d'esercizio</i> .....	7
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	10
5.1 Modelli di analisi e verifica.....	13
5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura .....	13
6. ANALISI DEI CARICHI.....	14
6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2) .....	14
6.2 Carichi da traffico verticali (Q1) .....	17
6.3 Effetti dinamici.....	18
6.4 Disposizione treni di carico.....	19
6.5 Carichi da traffico orizzontali .....	23
6.5.1 <i>Forza centrifuga (Q4)</i> .....	23
6.5.2 <i>Serpeggio</i> .....	25
6.5.3 <i>Frenatura ed avviamento (Q3)</i> .....	26
6.5.4 <i>Forza d'attrito (Q8)</i> .....	28
6.6 Azione del Vento (Q5).....	29
6.7 Azione termica (Q7) .....	39
6.8 Azione Sismica (E).....	40
6.8.1 <i>Inquadramento Sismico</i> .....	40
6.8.2 <i>Definizione della domanda sismica</i> .....	41
6.8.3 <i>Calcolo dell'azione Sismica</i> .....	46
6.8.4 <i>Check analisi statica</i> .....	47
6.8.5 <i>Analisi statica equivalente</i> .....	48

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

7. CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	50
7.1 Caratteristiche di sollecitazioni .....	55
7.1.1 <i>Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3</i> .....	55
7.1.2 <i>Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	58
7.1.3 <i>Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	61
8. VERIFICHE STRUTTURALI .....	65
9. FUSTO PILA .....	65
9.1 Modello locale per ritiro differenziale .....	66
9.2 Verifica a presso flessione .....	66
9.3 Verifica a taglio.....	83
9.4 Verifica minimi di armatura.....	88
9.5 Verifica deformabilità.....	91
9.6 Determinazione spostamenti.....	91
10. PULVINO .....	94
11. PLINTO DI FONDAZIONE .....	96
11.1 Geometria del plinto e della palificata .....	96
11.2 Modellazione strutturale .....	97
11.3 Azioni di progetto .....	99
11.3.1 <i>Reazioni dei pali</i> .....	99
11.3.2 <i>Peso proprio plinto di fondazione</i> .....	100
11.3.3 <i>Peso terreno di ricoprimento</i> .....	100
11.4 Risultati di analisi .....	101
11.5 Dimensionamento e verifica delle armature .....	105
11.5.1 <i>Dimensionamento delle armature</i> .....	105
11.5.2 <i>Verifica a flessione</i> .....	106
11.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	116
11.5.4 <i>Verifica a taglio-punzonamento</i> .....	119
12. VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008) .....	120

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 1. Premessa

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento degli elementi in elevazione del *Viadotto Fibbio – VI01*, che si inserisce nell'ambito della progettazione esecutiva del collegamento ferroviario della linea AV/AC Verona-Padova.

Tale relazione si ritiene valida per tutte le pile di altezza compresa tra 4.0-5.35m e 4.5-5.85m, con fondazione 12.0m x 8.0m x 2.0m su 6 pali, con altezza del terreno di ricoprimento di circa 1.0m e sulle quali afferiscono un impalcato in c.a.p. di L=25.0m e uno a travi incorporate di L=22.0m (P18-P19). Si prende a riferimento la pila P19 per tutte le verifiche esplicitate nella presente relazione (H=4.5/5.85 m), ad eccezione della verifica a taglio del fusto pila, nella quale si fa riferimento anche alla pila di altezza minima P18 (H=4.0/5.35 m).

La presente relazione ha per oggetto il calcolo dello stato di sollecitazione e le verifiche dei vari elementi costituenti la pila, secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.).

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 2. Normativa e documenti di riferimento

### 2.1 Normative

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni».*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- [5] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- [6] *Eurocodice UNI EN 1991-1-4 – Azioni sulle strutture – azioni in generale – azioni del vento*
- [7] *Eurocodice UNI EN 1992-1-1 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – regole generali e regole per gli edifici*

### 2.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

Inoltre, si richiamano le relazioni:

- IN1710EI2CLVI0004001, Studio degli effetti locali sulle pile
- IN1712EI2CLVI0100001, Interazione treno binario struttura – Relazione di calcolo
- IN1712EI2CLVI0104021, Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni
- IN1712EI2RBVI01A0001, Relazione geotecnica
- IN1712EI2RBVI01B0001, Relazione geotecnica
- IN1712EI2RBVI01C0001, Relazione geotecnica
- IN1712EI2RBVI01D0001, Relazione geotecnica

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### 3. Materiali

#### 3.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino

##### Classe C32/40

Rck =	40,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	32,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
fcm = fck +8 =	40,00	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
acc =	0,85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
γM =	1,50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
fcd = acc fck/γM =	18,13	MPa	Resistenza di progetto
fctm = 0,3 fck <sup>(2/3)</sup> =	3,03	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fcm = 1,2 fctm =	3,68	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
fctk = 0,7 fctm =	2,12	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
σc = 0,55 fck =	17,60	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
σc = 0,40 fck =	12,80	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
Ecm = 22000 (fcm/10) <sup>(0,3)</sup> =	33643,00	MPa	Modulo elastico di progetto
ν =	0,20		Coefficiente di Poisson
Gc = Ecm / (2(1+ ν)) =	14018,00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Classe di esposizione =	XC4+XF1		
c =	5,00	cm	Copriferro minimo
w =	0,20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.4 [3])

#### 3.2 Calcestruzzo per fondazione

##### Classe C25/30

Rck =	30,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	25,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
fcm = fck +8 =	33,00	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
acc =	0,85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
γM =	1,50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
fcd = acc fck/γM =	14,17	MPa	Resistenza di progetto

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE						
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 50%;">Codifica</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLVI0104009</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0104009
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0104009					

$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2,56	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3,08	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1,80	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	13,75	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	10,00	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)}$ =	31476,00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13115,00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Classe di esposizione =	XC2		
$c =$	4,00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0,20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.4 [3])

### 3.3 Acciaio per barre di armature

#### B450C

$f_{yk} \geq$	450,00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540,00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_{k \geq}$	1,15		
$(f_t/f_y)_{k <}$	1,35		
$\gamma_s =$	1,15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391,30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000,00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337,50	MPa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### 3.4 Stati limite

#### 3.4.1 Stati limite ultimi

In coerenza con quanto prescritto nel capitolo 2.6.1 e 2.5.3 delle NTC2008, gli stati limiti ultimi si traducono nel confrontare in modo diretto la domanda amplificata con la capacità decrementata. Coefficienti amplificativi e deamplificativi variano in funzione della tipologia di sollecitazione e di concomitanza, traducendosi in:

$$A_{Ed} \leq A_{Rd}$$

#### 3.4.2 Stati limite d'esercizio

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio, il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

##### 3.4.2.1 Verifica tensionale

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", ovvero:

##### tensione massima di compressione del calcestruzzo

- per combinazione caratteristica (rara):  $0.55 f_{ck}$  = 17,6 MPa
- per combinazione quasi permanente:  $0.40 f_{ck}$  = 12,8 MPa
- per spessori minori di 5cm tali valori devono essere decrementati del 30%.

##### tensione massima di trazione dell'acciaio

- per combinazione caratteristica (rara):  $0.75 f_{yk}$  = 337,5 MPa

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### 3.4.2.2 Verifica fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]. In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportata nel prospetto seguente:

*Tabella 1 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali*

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wk	Stato limite	wk
A	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
C	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

*Tabella 2 - Descrizione delle condizioni ambientali*

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

- $w_1 = 0.2$  mm
- $w_2 = 0.3$  mm
- $w_3 = 0.4$  mm

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- Combinazione Caratteristica (Rara)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

#### 4. Caratterizzazione geotecnica

Per la caratterizzazione geotecnica della Tratta si fa riferimento agli elaborati specialistici di riferimento.

#### 5. Descrizione dell'opera

Il *Viadotto Fibbio – VI01*, a doppio binario con intervallata 4.5 m, si estende dal km 7+657.67 al km 10+036.67 della *Tratta Verona-Padova* per uno sviluppo complessivo di 2379.0 m ed è costituito da 91 campate di cui:

- Tre campate di luce pari a 22.0m, con impalcato a travi incorporate;
- Tre campate di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-clc a 4 travi;
- Una campata di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-clc a 6 travi;
- L'ultima campata ad arco, non oggetto della presente relazione;
- Le restanti di luce pari a 25.0m, con impalcato in c.a.p. con quattro travi a cassoncino;

Le pile, in c.a., presentano un fusto a sezione rettangolare smussata cava costante su tutta l'altezza di dimensioni esterne pari a 3.60m x 9.40m.

Il pulvino presenta un'altezza variabile a seconda se appartenete alle pile di transizione o alle pile tipologiche, con dimensioni esterne medesime alla pila e pieno; in questo caso ha un'altezza di 1.5m lato impalcato in c.a.p. e di 2.85m lato impalcato travi incorporate. Su esso sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo gli schemi sotto riportati.

I plinti presentano una pianta rettangolare di dimensioni variabili in relazione alla tipologia di impalcato che afferisce alla pila. In particolare, in questa relazione sono analizzati i plinti di dimensioni pari a 12.0m x 8.0m e di spessore 2.0m. Le fondazioni previste sono su pali (6 pali  $\Phi$ 1500).

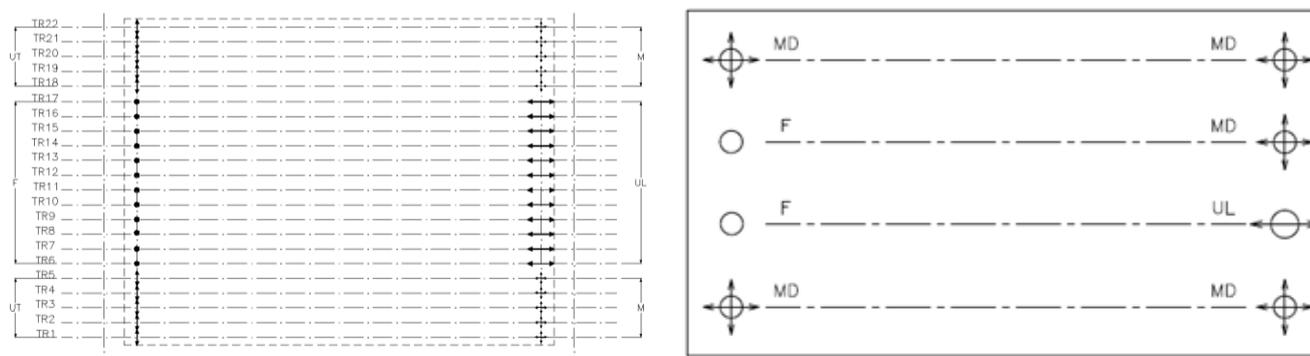


Figura 1 - Schema appoggi

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

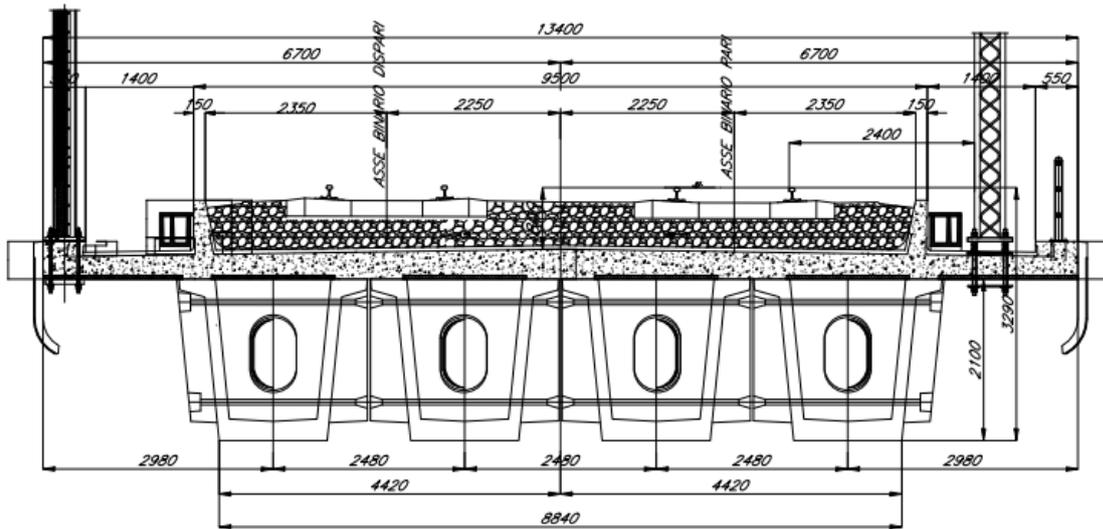


Figura 2 - Sezione impalcato c.a.p.

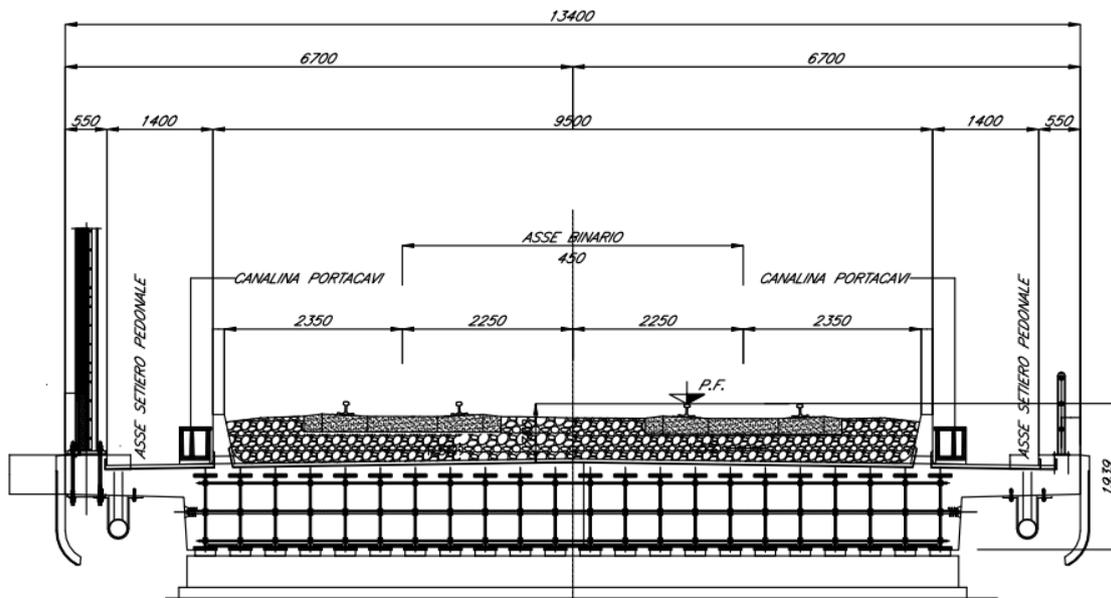


Figura 3 - Sezione impalcato travi incorporate

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104009

B

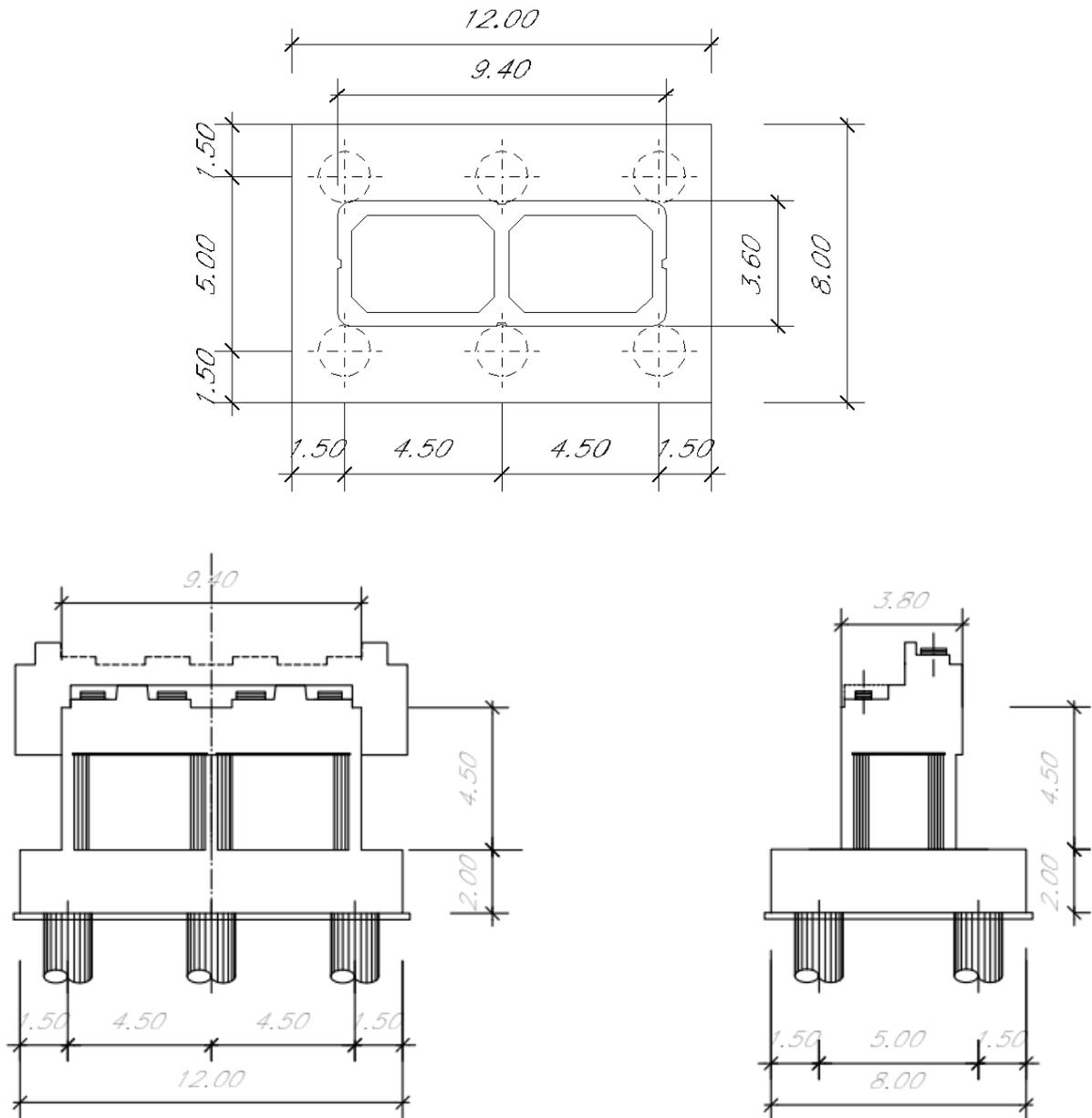


Figura 4 - Pianta e sezioni pila

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 5.1 Modelli di analisi e verifica

Le sollecitazioni di verifica della pila sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio, alle quali sono state combinate le azioni determinate dalle azioni indotte dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Il modello a mensola della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali fusto pila e plinto. Per l'analisi e la verifica del plinto di fondazione, è stato realizzato un modello agli elementi finiti, descritto al paragrafo 11.

## 5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Y parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
  
- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA				
	Progetto	Lotto	Codifica						
	IN17	12	EI2CLVI0104009						B

## 6. Analisi dei carichi

I dati di seguito riportati fanno riferimento alla pila di altezza massima.

### 6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2)

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

DATI DI LINEA			
velocità massima della linea	V	<b>300</b>	km/h
raggio di curvatura	R	<b>2700</b>	m
numero di binari		<b>doppio</b>	

IMPALCATO		SX		DX	
altezza cassoncino sezione in appoggio	$h_1$	<b>2.10</b>	m	<b>1.00</b>	m
altezza cassoncino sezione in mezzeria	$h_2$	<b>2.10</b>	m	<b>1.00</b>	m
spessore soletta	s	<b>0.35</b>	m	<b>0.10</b>	m
estradosso impalcato sull'appoggio	$H_1$	<b>2.45</b>	m	<b>1.10</b>	m
altezza totale impalcato in mezzeria	$H_2$	<b>2.45</b>		<b>1.10</b>	m
spessore ballast	$h_b$	<b>0.80</b>	m	<b>0.80</b>	m
altezza PF da estradosso trave	$h_{PF}$	<b>1.20</b>	m	<b>0.93</b>	m
lunghezza travata	L	<b>25.00</b>	m	<b>22.00</b>	m
luce appoggi travata	$L_a$	<b>22.80</b>	m	<b>19.80</b>	m
larghezza totale impalcato	B	<b>13.40</b>	m	<b>13.40</b>	m
peso permanente strutturale	$G_1$	<b>6340</b>	kN	<b>8287</b>	kN
peso permanenti non strutturali	$G_2$	<b>5390</b>	kN	<b>4106</b>	kN

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0104009				B

Altezze dal intradosso del cassoncino					
baricentro sezione cassone+soletta	Gb1	1.600	m	0.600	m
baricentro del ballast	Gb2	2.850	m	1.500	m
altezza al piano del ferro	H	3.30	m	1.93	m
baricentro treno	Gb3	5.10	m	3.73	m

I requisiti idraulici impongono un getto di riempimento di magrone fino all'altezza di piena con  $T_r > 200$  anni, questo è stato tenuto in conto nella progettazione esclusivamente come massa aggiunta. Per tener conto di baggioli e ritegni, è incrementato del 10% la massa del pulvino.

PILA					
altezza pila (estradosso fond-estradosso pulvino)	Hp	5.20	m		
tipologia di sezione		rettangolare			
larghezza trasversale pila	b	9.40	m		
larghezza longitudinale pila	d	3.60	m		
raggio angolo esterno	r	0.40	m		
area della sezione	A	11.45	m <sup>2</sup>		
inerzia sezione direzione trasversale	I11	103.81	m <sup>4</sup>		
inerzia sezione direzione longitudinale	I22	22.26	m <sup>4</sup>		
modulo elastico cls pila	Ec	33346	MPa		
eventuale abbattimento del modulo	%	50			
modulo di calcolo	E	16673	MPa		
calcestruzzo	fck	32	MPa		
massa pila	mp	859	kN		

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

<b>PULVINO</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>9.40</b>	m
larghezza in direzione longitudinale	d	<b>3.80</b>	m
altezza pulvino	h	<b>2.20</b>	m
massa pulvino	mp	<b>1965</b>	kN

<b>FONDAZIONE</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>12.00</b>	m
larghezza in direzione longitudinale	d	<b>8.00</b>	m
altezza della fondazione	h	<b>2.00</b>	m
area della fondazione	Af	<b>96.00</b>	m <sup>2</sup>
pali di fondazione	Φ	<b>1.50</b>	m
numero di pali	n.	<b>6</b>	

<b>Ulteriori distanze e bracci</b>			
distanza asse pila/ asse appoggi per momento long.	$i_l$	<b>1.10</b>	
altezza baggioli e apparecchi d'appoggio	$h_B$	<b>0.50</b>	
interasse tra i binari (se singolo 0)	$i_b$	<b>4.50</b>	m
dist. tra interasse del singolo binario e asse pila	a	<b>2.25</b>	m

Si riassumono gli scarichi ai diversi livelli di analisi, come azione globale desunta dalla campata di destra e di sinistra, alla pila in esame:

	N [kN]	Mlong [kN m]
scarichi estradosso Pila - G1	7314	1071
scarichi estradosso Pila - G2	4748	706
scarichi estradosso Fondazione - G1	10137	1071
scarichi estradosso Fondazione - G2	4748	706
scarichi intradosso Fondazione - G1	16123	1071
scarichi intradosso Fondazione - G2	4748	706

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

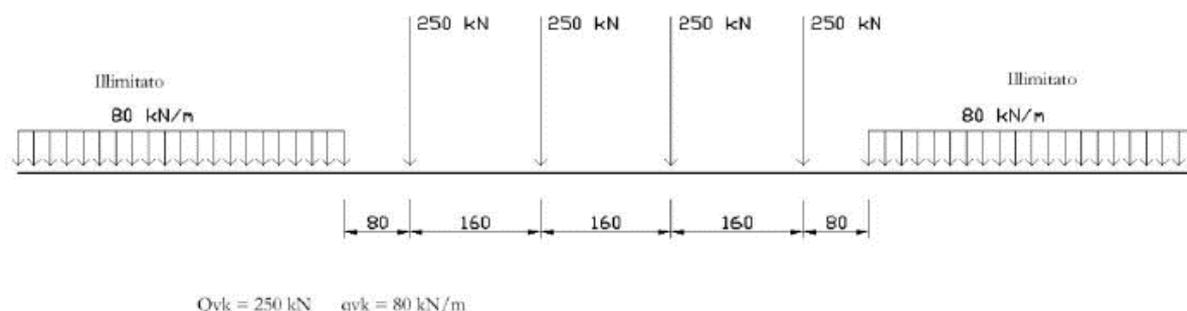
Lo scarico G1 a intradosso fondazione tiene conto del peso del plinto di fondazione e del peso del terreno di ricoprimento al di sopra di esso, di spessore pari a 1 m.

## 6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2. Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

### ➤ Modello di carico LM71

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.3.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

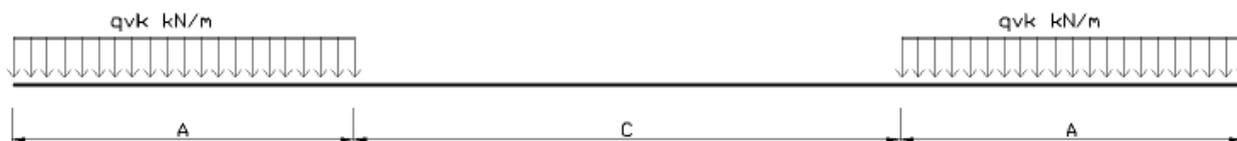
Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

### ➤ Modello di carico SW/2

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.3.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009
			B



### SW/0

Carico distribuito	Qvk	133	KN/m
Lunghezza	A	15	m
Lunghezza	C	5.3	m

### SW/2

Carico distribuito	Qvk	150	KN/m
Lunghezza	A	25	m
Lunghezza	C	7	m

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario. Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM/71	1.10
SW/0	1.10
SW/2	1.00

## 6.3 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 6.4 Disposizione treni di carico

La disposizione dei treni di carico è stata individuata per ottenere le seguenti massime sollecitazioni:

- Sforzo Assiale: il convoglio è localizzato sostanzialmente al di sopra della pila in esame
- Momento Longitudinale: il convoglio è localizzato sulla campata di luce maggiore, più o meno centrato a seconda dei rapporti di lunghezza del treno di carico e della campata.
- Momento Trasversale: è fornito dallo stesso schema di posizionamento del massimo sforzo assiale, ma considerando un solo binario carico.

Questi schemi di base sono stati accoppiati nel caso di doppio binario, ottenendo le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

	N [kN]	Mlong [kN/m]	Mtrasv [kN/m]
COMBO N	<b>5859</b>	227	1406
COMBO ML	3637	<b>2840</b>	1098
COMBO MT	3112	36	<b>7312</b>

Si riportano i medesimi schemi graficamente per un caso rappresentativo:

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

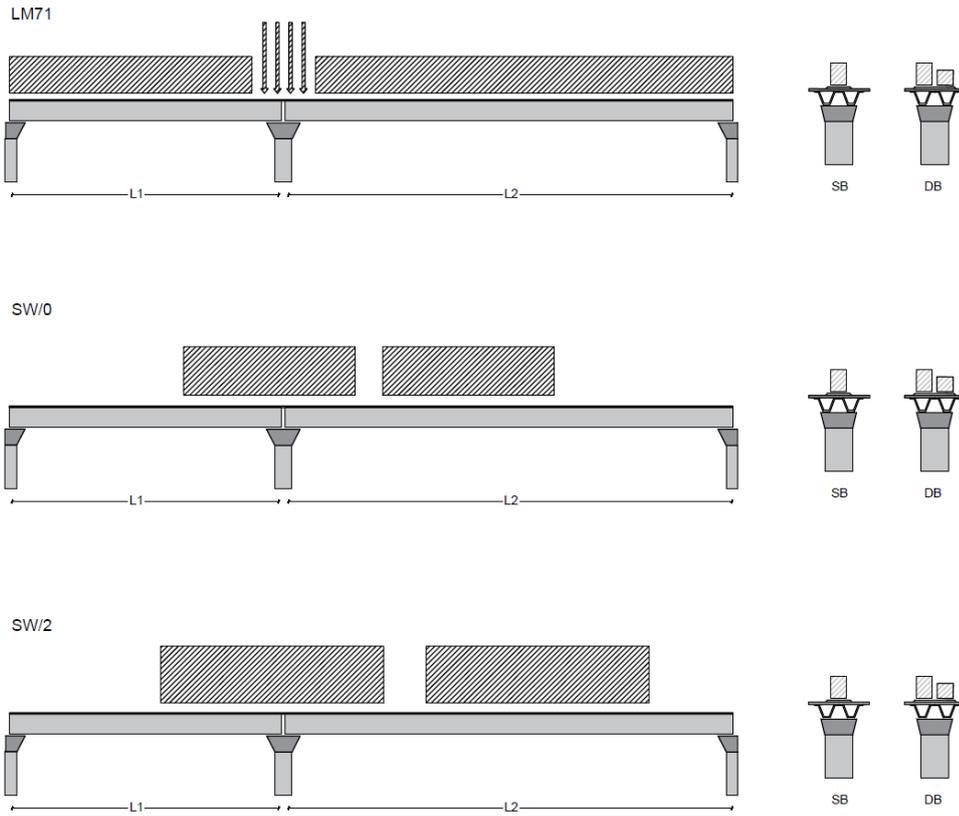


Figura 5- Posizione treni di carico - massimo sforzo assiale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104009

B

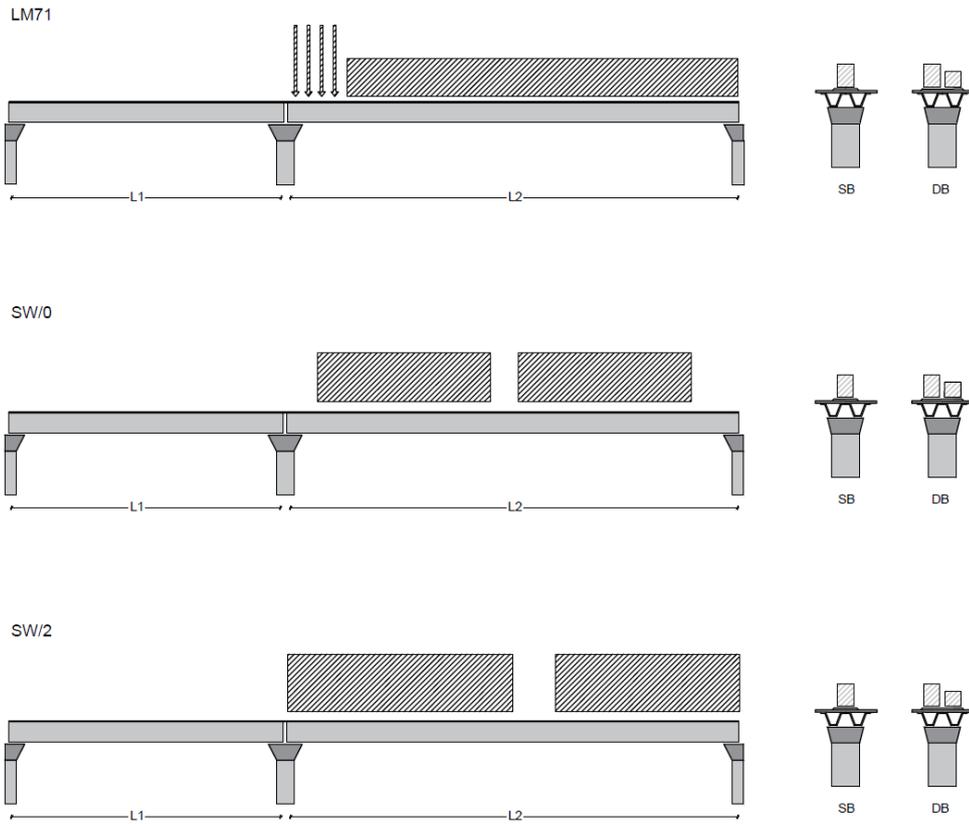


Figura 6- Posizione treni di carico – massimo momento longitudinale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104009

B

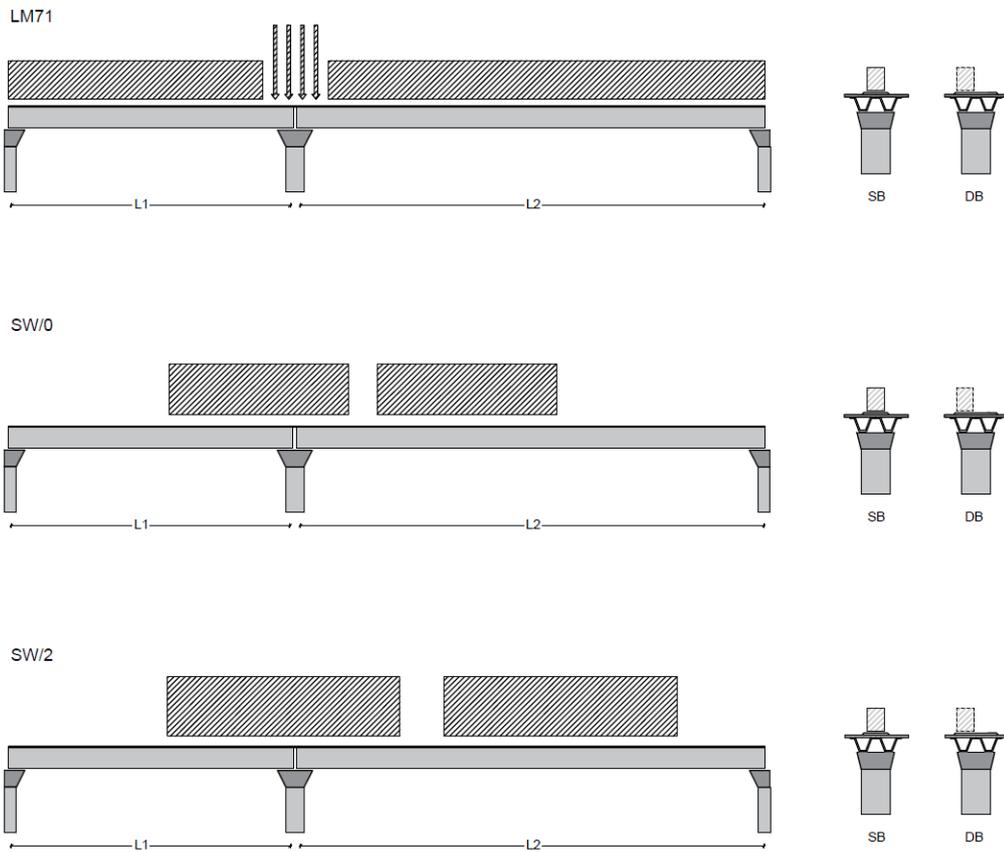


Figura 7- Posizione treni di carico – massimo momento trasversale

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 6.5 Carichi da traffico orizzontali

### 6.5.1 Forza centrifuga (Q4)

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = V^2 \cdot f \cdot (\alpha \cdot Q_{vk}) / (127 \cdot R)$$

- dove
- V    velocità di progetto espressa in km/h
  - $Q_{vk}$     valore caratteristico dei carichi verticali
  - R    raggio di curvatura in m
  - f    fattore di riduzione (rif. §2.5.1.4.3.1 [3])

raggio di curvatura	R	2700	m
velocità massima compatibile con il tracciato della linea	Vmax	300	km/h
		<b>SX</b>	
lunghezza di influenza della parte curva del binario	Lf	22.8	m
fattore di riduzione funzione della Lf e della V	f	0.48	

Per il modello di carico LM71 e per velocità di progetto superiori a 120 km/h, si considerano i seguenti 2 casi:

- a) modello di carico LM71 e forza centrifuga per  $V = 120$  km/h e  $f = 1$ ;
- b) modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

La forza centrifuga non deve essere incrementata dei coefficienti dinamici.

Valore di $\alpha$	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	$\alpha$	f		
SW/2	$\geq 100$	100	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	$\Phi \times 1 \times SW/2$
	$< 100$	V	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	
LM71 e SW/0	$> 120$	V	1	f	$1 \times f \times (LM71'' + SW/0)$	$\Phi \times 1 \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$
		120	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$	$\Phi \times \alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$
	$\leq 120$	V	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$	

Tab. 2.5.1.4.3.1-1 - Parametri per determinazione della forza centrifuga

**LM71 caso a**

velocità massima

Vmax 120

fattore di riduzione funzione della Lf e della V

f 1.00

coefficiente di adattamento

a 1.10

valore caratteristico dei carichi verticali

Qvk 250.0 kN x asse

valore caratteristico dei carichi verticali

qvk 80.0 kN/m

valore caratteristico della forza centrifuga

Qtk 11.5 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 3.7 kN/m

**LM71 caso b**

velocità massima compatibile con il tracciato della linea

Vmax 300

fattore di riduzione funzione della Lf e della V

f 0.48

coefficiente di adattamento

a 1.0

valore caratteristico dei carichi verticali

Qvk 250.0 kN x asse

valore caratteristico dei carichi verticali

qvk 80.0 kN/m

valore caratteristico della forza centrifuga

Qtk 31.6 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 10.1 kN/m

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009 B

Per quanto riguarda il modello di carico SW/2 si deve assumere: una velocità  $V$  non superiore a 100 km/h, un valore di  $f$  pari ad 1 ed il valore di  $a$  pari a 1:

<b>SW/2</b>			
velocità massima compatibile con il tracciato della linea	$V_{max}$	100	
fattore di riduzione funzione della $L_f$ e della $V$	$f$	1.00	
coefficiente di adattamento	$a$	1.00	
valore caratteristico dei carichi verticali	$q_{vk}$	150.00	kN/m
valore caratteristico della forza centrifuga	$q_{tk}$	4.37	kN/m

Riassumendo:

	$Q_{tk\ sx}$	$q_{tk\ sx}$	$Q_{tk\ dx}$	$q_{tk\ dx}$	$F\ testa\ Pila$	$Mom\ Trasv$
	$KN$	$KN/m$	$KN$	$KN/m$	$KN$	$KN/m$
Fcen_LM/71_1	46.2	3.7	46.2	3.7	109	607
Fcen_LM/71_2	126.5	10.1	132.0	10.6	317	1760
Fcen_SW/2_1	0.0	4.4	0.0	4.4	103	571

### 6.5.2 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si schematizza come una forza concentrata agente orizzontalmente perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica. Essa si applicherà sia in rettilineo che in curva.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

viadotto a binario combinazione treni	<b>doppio</b> <b>LM/71 + SW/2</b>		
valore caratteristico della forza coefficiente di adattamento coefficiente di adattamento	Qsk a a2	100 1.1 1	kN  
Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali			
altezza baggioli e apparecchi d'appoggio altezza impalcato + soletta armamento incremento altezza rotaia + alta	0.5 m 2.45 m 0.8 m 0.1 m		
valore caratteristico della Forza valore caratteristico Momento Tra	Fsk Msk	<b>210</b> <b>808.5</b>	kN kN/m

Tale forza rappresenta l'azione complessiva in testa alla pila di riferimento.

### 6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- avviamento:  $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71, SW/2
- frenatura:  $Q_{lb,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71
- $Q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m}$  per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per  $\alpha$  e non devono essere moltiplicati per  $\Phi$ . Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

Nei sotto paragrafi che seguono si riportano i risultati delle reazioni vincolari per le diverse disposizioni di carico considerate e descritte precedentemente nel §6.4.

numero di binari combinazione treni posizionamento vincoli fissi	<b>doppio</b> <b>LM/71 + SW/2</b> <b>caso peggiore</b>		
estradosso pulvino sommità binario	H	<b>0.5</b>	m
lunghezza del binario	L	<b>25</b>	m

#### FRENATURA

LM/71			
coefficiente di adattamento	a	<b>1.1</b>	
lunghezza del binario	L	<b>25</b>	m
valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>550</b>	kN
SW/0			
coefficiente di adattamento	a	<b>1.1</b>	
lunghezza del binario	L	<b>19.7</b>	m
valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>433.4</b>	kN
SW/2			
coefficiente di adattamento	a	<b>1</b>	
lunghezza del binario	L	<b>25</b>	
valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>875</b>	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## AVVIAMENTO

LM/71 valore caratteristico della forza	Q <sub>la,k</sub>	<b>908</b>	kN
SW/0 valore caratteristico della forza	Q <sub>la,k</sub>	<b>715</b>	kN
SW/2 valore caratteristico della forza	Q <sub>la,k</sub>	<b>825</b>	kN

Si rimanda alla “*Relazione interazione treno binario struttura*” per l’analisi di interazione binario-struttura. Le variazioni in termini di sollecitazioni longitudinali non risultano significative e, di conseguenza, non verranno portate in conto nella presente relazione.

### 6.5.4 Forza d’attrito (Q8)

Le forze parassitarie dei vincoli si esplicano in corrispondenza degli apparecchi d’appoggio mobili per traslazione relativa impalcato-apparecchi d’appoggio. Essendo funzione del carico verticale, la sua definizione è associata ai coefficienti moltiplicativi delle combinazioni  $\gamma$  e  $\psi$  dei carichi da peso proprio strutturali e non, e dei carichi verticali da traffico. Si riporta per questo motivo un esempio di forza d’attrito “caratteristica” solo come esempio di calcolo, in quanto il calcolo è stato eseguito a valle della combinazione di carico.

Per la valutazione delle coazioni generate è stato considerato un coefficiente d’attrito  $f$  pari a 0,04. Con riferimento a quanto riportato nel §2.5.1.6.3 [3] la forza agente sulle pile per impalcato a travate isostatiche, facendo riferimento all’apparecchio d’appoggio maggiormente caricato tra i due presenti sulla pila, si considera pari a:

$$F_a = f (0,2 \cdot V_G + V_Q)$$

dove  $V_G$  reazione verticale massima associata ai carichi permanenti  
 $V_Q$  reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

altezza baggioli e apparecchi d'appoggio	h	0.5	m
lunghezza del binario	L	25	m
reazione verticale massima associata ai carichi permanenti	Vg1	7314	kN
reazione verticale massima associata ai carichi permanenti	Vg2	4748	KN
reazione verticale massima associata ai carichi mobili	Vq	7517	kN
coefficiente d'attrito (da assum. In relazione alle cart. App.)	f	0.04	
forza d'attrito trasmessa alla pila	Fa	397.2	kN
momento longitudinale in testa pila	M	198.6	kN/m

## 6.6 Azione del Vento (Q5)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici. Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua, convenzionalmente alta 4m dal piano del ferro rappresentante il convoglio. L'altezza effettiva è valutata sia in funzione della presenza o meno del convoglio sia in funzione dell'altezza delle barriere antirumore, convenzionalmente alte 5m.

La valutazione è stata svolta in coerenza con i capitoli 3.3, 5.1.3.7 delle NTC2008 e dei 8.1, 8.2, 8.3 e 8.4 del Eurocodice 1991-1-4.

Non essendo ritenuta la necessità di un'analisi dinamica, per la valutazione della risposta sotto azione del vento, è possibile utilizzare il metodo semplificato che permette di esprimere  $F_w$  con la seguente espressione:

$$F_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref,x}$$

dove:

$v_b$  indica la velocità di base del vento

$C$  indica il fattore del carico del vento.  $C = c_e \times c_{f,x}$  dove  $c_e$  è il fattore di esposizione e  $c_{f,x}$  coefficienti di forza

$A_{ref,x}$  indica l'area di riferimento

$\rho$  indica la densità dell'aria

Di seguito si riportano le assunzioni principali per la scrittura di tale forza, a partire dai contributi del fattore del carico del vento  $c_e \times c_{f,x}$  e del coefficiente di esposizione sulla base della classe d'esposizione e l'altezza  $z$  del punto considerato. Altezza posta pari alla massima quota del complesso impalcato, barriere antirumore, sagoma del treno. A tal proposito il §2.5.1.4.4.2 [3] impone di considerare il treno come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4,00 m sul p.f.. L'azione del vento dovrà comunque considerarsi agente sulle b.a. presenti considerando la loro altezza effettiva se disponibile oppure un'altezza convenzionale di 4,00 m misurati dall'estradosso della soletta qualora le b.a. non siano previste al momento della redazione del progetto.

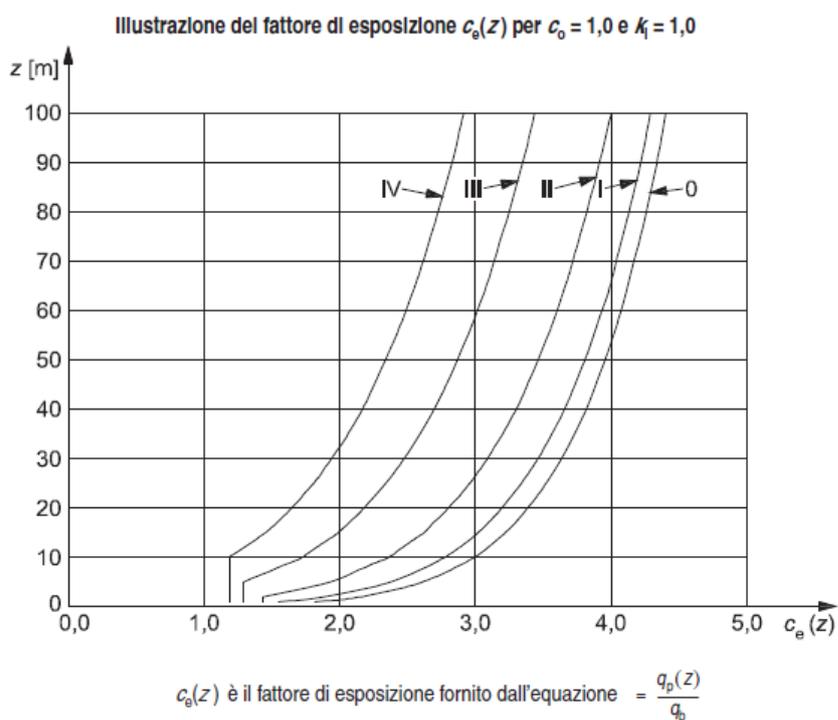


Figura 8 -fattore di esposizione - Eurocodice 1991-1-4

#### Illustrazione del fattore di forza $c_{f,x,0}$

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

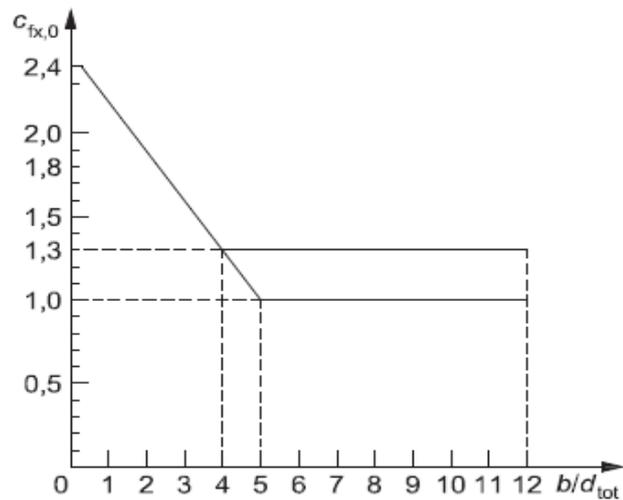


Figura 9 - Fattore di forza trasversale - Eurocodice 1991-1-4

$$c_{f,x} = c_{fx,0}$$

dove:

$c_{fx,0}$  indica il coefficiente di forza relativo all'impalcato in assenza di flusso di estremità libera

- a) Fase di costruzione, parapetti aperti (aperti più del 50%) e barriere di sicurezza aperte
- b) Parapetti solidi, barriere antirumore, barriere di sicurezza solide o traffico
- 1 Tipo di ponte
- 2 Travi reticolari separatamente

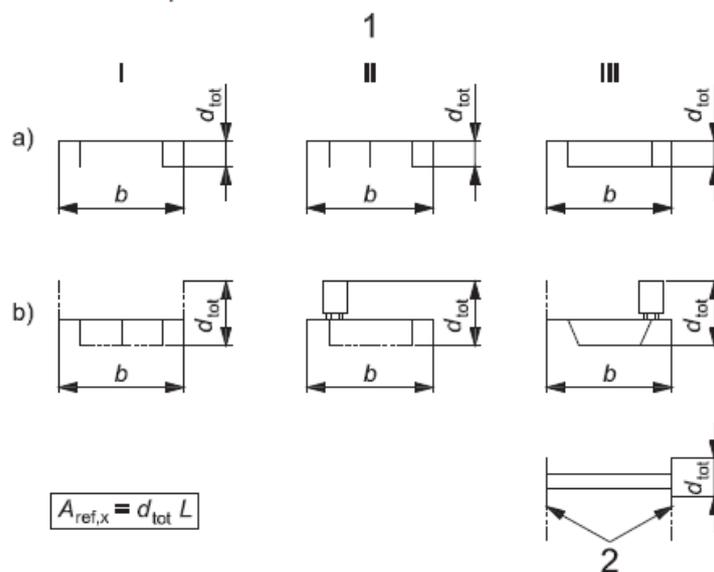


Figura 10 - Area effettiva - Eurocodice 1991-1-4

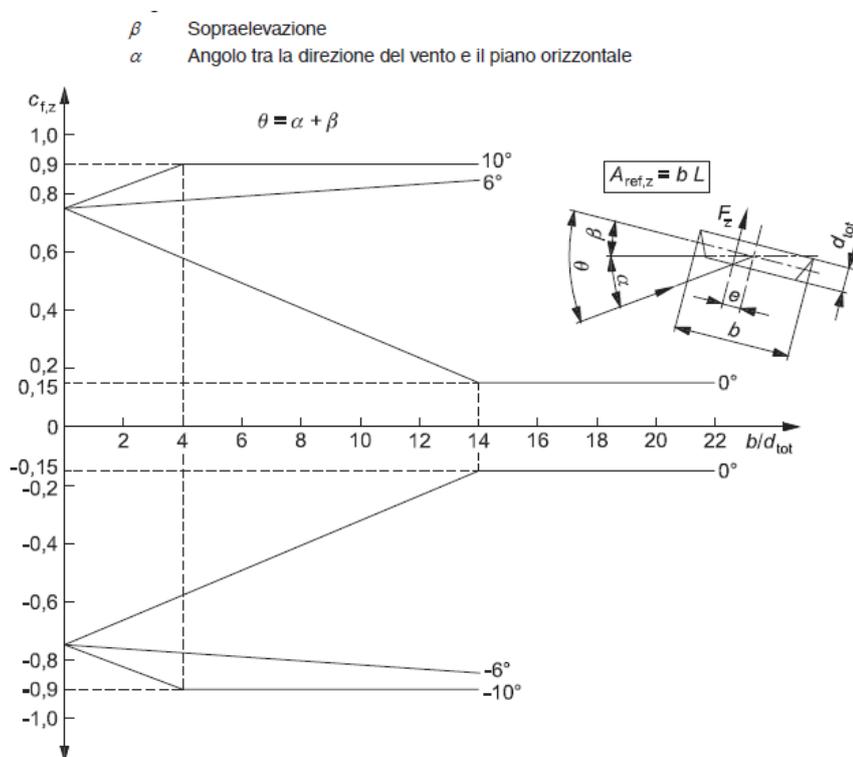


Figura 11 - coefficiente di forza verticale - Eurocodice 1991-1-4

L'azione longitudinale del vento se non espressamente richiesta può essere trascurata. In generale, le forze spiranti da direzioni diverse non agiscono simultaneamente. Nel caso di azione verticale, essendo prodotta da un ampio ventaglio di direzioni è possibile combinarla con altri venti se il contributo aggiunto è sfavorevole.

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

- a) Struttura verticale per esempio edifici, ecc.  
 b) Oscillatore parallelo, per esempio strutture orizzontali come travi, ecc.  
 c) Strutture puntuali per esempio insegne, ecc.  
 1) Vento

$$z_s = 0,6 \times h \geq z_{\min} \quad z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min} \quad z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min}$$

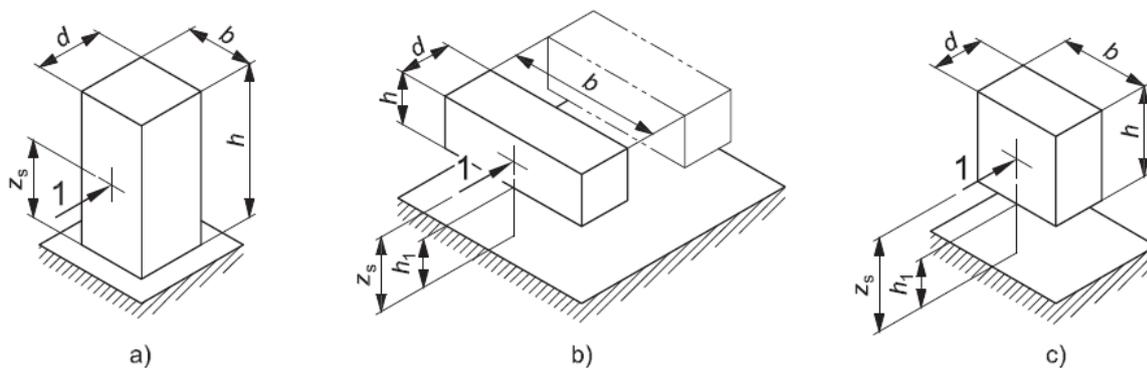


Figura 12 - Altezza di riferimento - Eurocodice 1991-1-4

tab. 3.3.I

Zona

**1**

tab.3.3.II

Categoria

**II**

tab. 3.3.III

Classe rug

**D**

velocità di base di riferimento s.l.m.

Vbo

**25**

m/s

parametro di quota

ao

**1000**

m

altitudine sul livello del mare

as

**150**

m

parametro adimensionale

ks

**0.4**

coefficiente di altitudine

ca

**1**

velocità di base di riferimento

Vb

**25**

m/s

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

tempo di ritorno azione del vento	Tr	150	anni
coefficiente di ritorno	cr	1.06	
velocità di riferimento	Vr	26.5	m/s
fattore di terreno	Kr	0.19	
lunghezza di rugosità	zo	0.05	m
altezza minima	zmin	4	m

### 6.6.1.1 Impalcato

#### ponete carico

altezza pila	z1	5.20	m
altezza baggioli e app. d'appoggio	z2	0.50	m
altezza all'intradosso	zint	5.7	m
altezza di riferimento	z	9.0	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.29	
densità dell'aria convenzionale	ro	1.25	kg/m <sup>3</sup>
pressione statica di riferimento	qr	439.8	n/m <sup>2</sup>
pressione statica di picco	qpicco	1005.5	n/m <sup>2</sup>
larghezza impalcato	d	13.4	m
altezza impalcato+soletta	z3	1.82	m
armamento	z4	0.80	m
altezza treno	z5a	4	m
altezza barriera	z5b	4	m
altezza di impatto treno o barriera	htot	6.62	m
	d/h	2.02	
coefficiente di forza trasversale	cfx	1.84	
coefficiente di forza trasversale	cfz	0.9	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009 B

forza trasversale	fx	<b>16.5</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fx	<b>388.8</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>1481.0</b>	kN/m
forza verticale	fz	<b>33.5</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fz	<b>787.3</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>2637.3</b>	kN/m

<b>ponte scarico</b>			
altezza di impatto treno o barriere	htot	<b>5.82</b>	m
rapporto geometrico	d/h	<b>2.30</b>	
coefficiente di forza trasversale	cfx	<b>1.77</b>	
coefficiente di forza trasversale	cfz	<b>0.90</b>	
forza trasversale	fx	<b>14.5</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fx	<b>341.8</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>1165.3</b>	kN/m
forza verticale	fz	<b>33.5</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fz	<b>787.3</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>2637.3</b>	kN/m

### 6.6.1.2 Pila

Nel caso di pila con sezione rettangolare, il coefficiente di forma della pila e l'area di riferimento per il calcolo della risultante si determinano in base alle indicazioni del §7.2 della UNI EN1991-1-4. A tal proposito si riconduce il coefficiente di forma  $c_p$  al coefficiente di forza  $c_f$ .

Il coefficiente di forza  $c_f$  si determina mediante l'espressione:

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$$

- dove
- $c_{f,0}$  è il coefficiente di forma in assenza di effetto di estremità;
  - $\psi_r$  è il fattore riduttivo per sezioni con spigoli arrotondati;
  - $\psi_\lambda$  è il fattore di effetto di estremità, posto cautelativamente pari a 1.

I valori di  $c_{f,0}$  e  $\psi_r$  si determinano in funzione del rapporto tra le dimensioni in sezione dell'elemento investito, secondo gli abachi riportati nella figura seguente.

Coefficienti di forza  $c_{f,0}$  con sezioni rettangolari a spigoli vivi in assenza di flusso di estremità libera

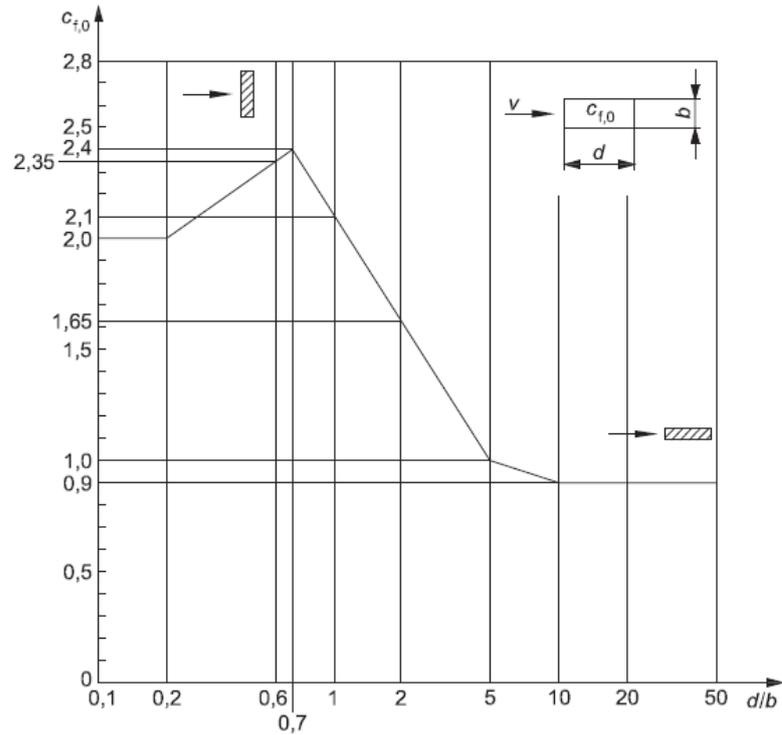


Figura 13 - Correlazione tra dimensioni in sezione dell'elemento e il coefficiente di forma  $c_{f,0}$  (figura 7.23 EC1-4)

Fattore di riduzione  $\psi_r$  per sezioni quadrate con spigoli arrotondati

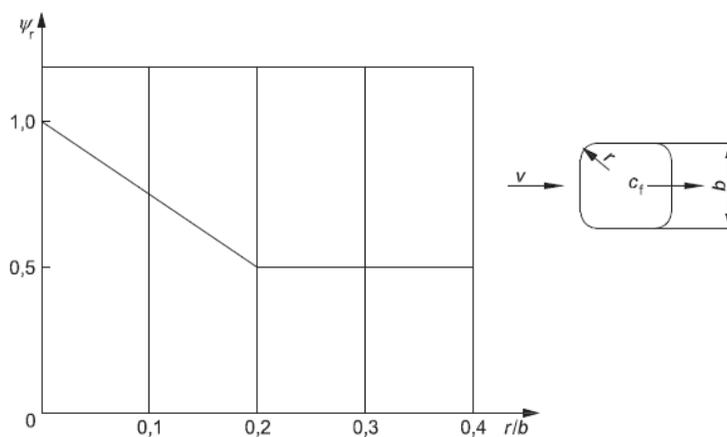


Figura 14 - correlazione tra il raggio di arrotondamento dello spigolo e il fattore riduttivo  $\psi_r$  (figura 7.24 EC1-4)



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

Coefficiente di forza  $c_{f,0}$  per cilindri circolari in assenza di effetti di estremità libera in corrispondenza di diversi valori della rugosità equivalente  $k/b$

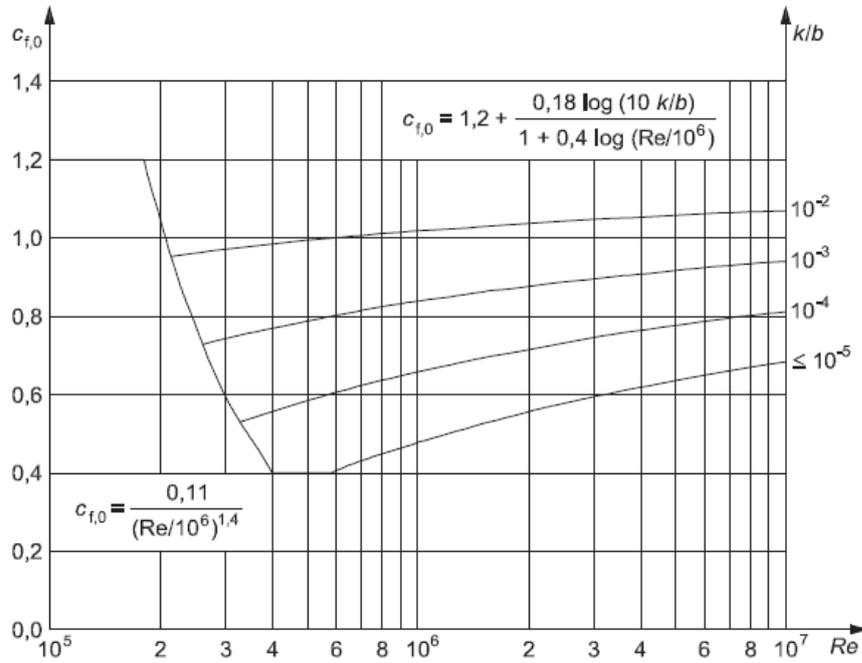


Figura 15 - Fattori di forza pila - Eurocodice 1991-1-4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

**direzione trasversale**

altezza di riferimento	z	5.2	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	1.95	
densità dell'aria convenzionale	ro	1.25	kg/m <sup>3</sup>
pressione statica di riferimento	qr	439.8	n/m <sup>2</sup>
pressione statica di picco	qpicco	858.6	n/m <sup>2</sup>
		0.86	Kpa
tipologia di sezione		rettangolare	
larghezza trasversale pila	b	9.4	m
larghezza longitudinale pila	d	3.6	m
raggio della sezione	R	0.40	m
rapporto geometrico	b/d	2.61	
rapporto geometrico	r/b	0.11	
coefficiente di forza trasversale sez. ret.	cf,0	1.46	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.72	
viscosità cinematica dell'aria	v	1.50E-05	m/s
numero di Reynolds	Re	1.62E+06	
materiale pila		cls ruvido	
rugosità equivalente	k	1	mm
rapporto	k/b	2.50E-03	
coefficiente di forza trasversale sez. circ.	cf,0	0.93	
rapporto geometrico	l/b	1.44	
snellezza effettiva	$\lambda$	70.00	
rapporto di solidità	$\phi$	1	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
forza trasversale	f tras	9.0	kN/m
forza equivalente totale	F tras	46.8	kN
altezza di applicazione sulla pila	h tra	2.6	m

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

<b>direzione longitudinale</b>			
tipologia di sezione		<b>rettangolare</b>	
larghezza trasversale pila	b	9.4	m
larghezza longitudinale pila	d	3.6	m
raggio della sezione	R	0.4	m
rapporto geometrico	b/d	0.38	
rapporto geometrico	r/b	0.04	
coefficiente di forza long. sez.ret	cf,0	2.21	
coefficiente di forza trasversale sez.circ.	cf,0	0.93	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
rapporto geometrico	l/b	0.55	
snellezza effettiva	$\lambda$	70.00	
rapporto di solidità	$\phi$	1	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
forza longitudinale	f lon	<b>23.50</b>	kN/m
forza equivalente totale	Flon	<b>122.20</b>	kN
altezza di applicazione sulla pila	h lon	<b>2.62</b>	m

## 6.7 Azione termica (Q7)

Le azioni termiche sono state applicate all'impalcato e alle pile. In particolare, all'impalcato è stata applicata una variazione termica uniforme, al fine di calcolare le escursioni di appoggi e giunti; sono state considerate le seguenti variazioni:

- $DT = \pm 15^\circ\text{C}$  per impalcato in c.a.p. e in c.a.
- $DT = \pm 15^\circ\text{C}$  per impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo e per le travi incorporate

Come previsto nelle NTC2008, la variazione di temperatura è stata incrementata del 50 % per tutte le tipologie di impalcato.

Per le pile cave invece, sono state adottate le seguenti ipotesi:

- Differenza di temperatura tra interno ed esterno pari a  $10^\circ\text{C}$  (con interno più caldo dell'esterno o viceversa, considerando un modulo elastico E non ridotto);
- Ritiro differenziale fusto-fondazione (fusto-pulvino), considerando un plinto (pulvino) parzialmente stagionato, che non ha, quindi, ancora esaurito la relativa deformazione da ritiro.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

Conseguentemente a tale situazione si potrà considerare un valore di ritiro differenziale pari al 50% di quello a lungo termine, considerando un valore convenzionale del modulo di elasticità pari ad 1/3 di quello misurato (tale contributo è stato valutato in modo esplicito);

- Variazione termica uniforme tra fusto, pila e zattera interrata pari a 5 °C (zattera più fredda della pila e viceversa con variazione lineare tra l'estradosso zattera di fondazione ed un'altezza da assumersi, in mancanza di determinazioni più precise, pari a 5 volte lo spessore

## 6.8 Azione Sismica (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

### 6.8.1 Inquadramento Sismico

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale  $V_N$  e la classe d'uso  $C_u$ . Sulla base del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili". I parametri identificativi dell'opera sono:

Vita Nominale	Classe d'Uso	Coeff. D'uso
100	III	1.5

La geo-localizzazione permette di ottenere le coordinate geografiche delle singole opere e individuare puntualmente la domanda sismica secondo gli spettri normativi rappresentativi delle due componenti (orizzontale e verticale), ovvero determinare i singoli parametri indipendenti di riferimento.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

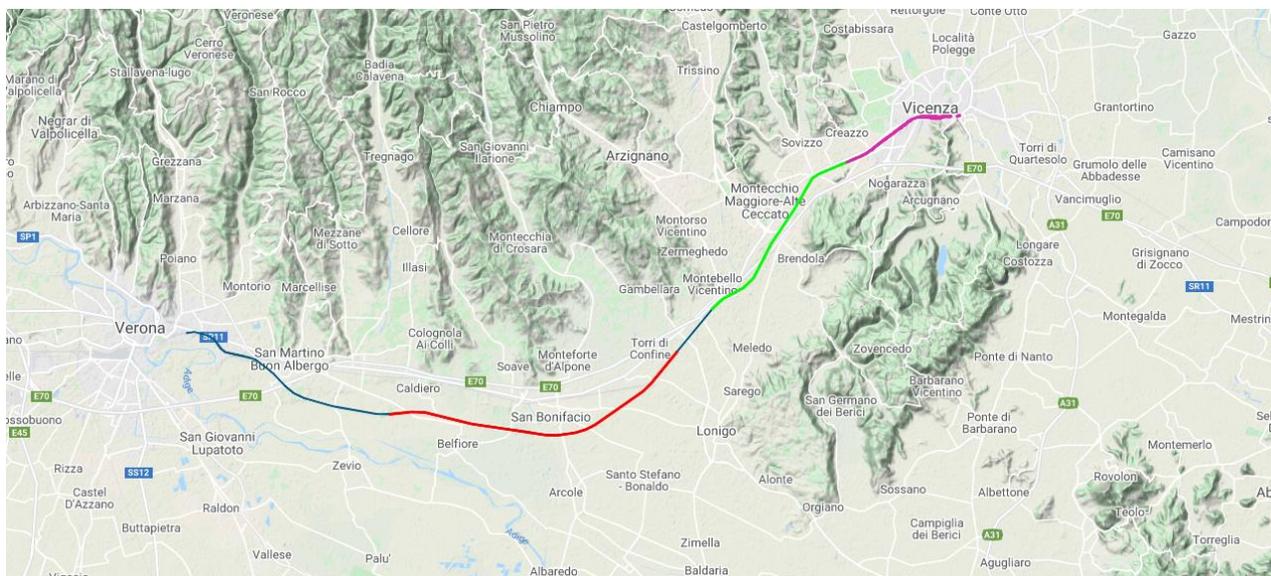


Figura 16 - Individuazione geografica della linea ferroviaria

I parametri indipendenti per le forme spettrali di riferimento hanno una variazione spaziale lungo la linea poco influente; per le seguenti analisi si è fatto riferimento alle seguenti coordinate individuando così la condizione sismica più gravosa fra quelle dell'intera tratta di interesse.

Latitudine                45.40294  
Longitudine              11.11012

### 6.8.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC 2008 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono di tipo C, pianeggianti, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATTITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

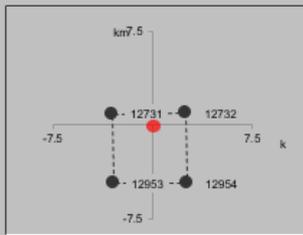
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**



**Controllo sul reticolo**  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3  
 Interpolazione

**Interpolazione**

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 17 - Sito di riferimento secondo "Spettri\_NTC"

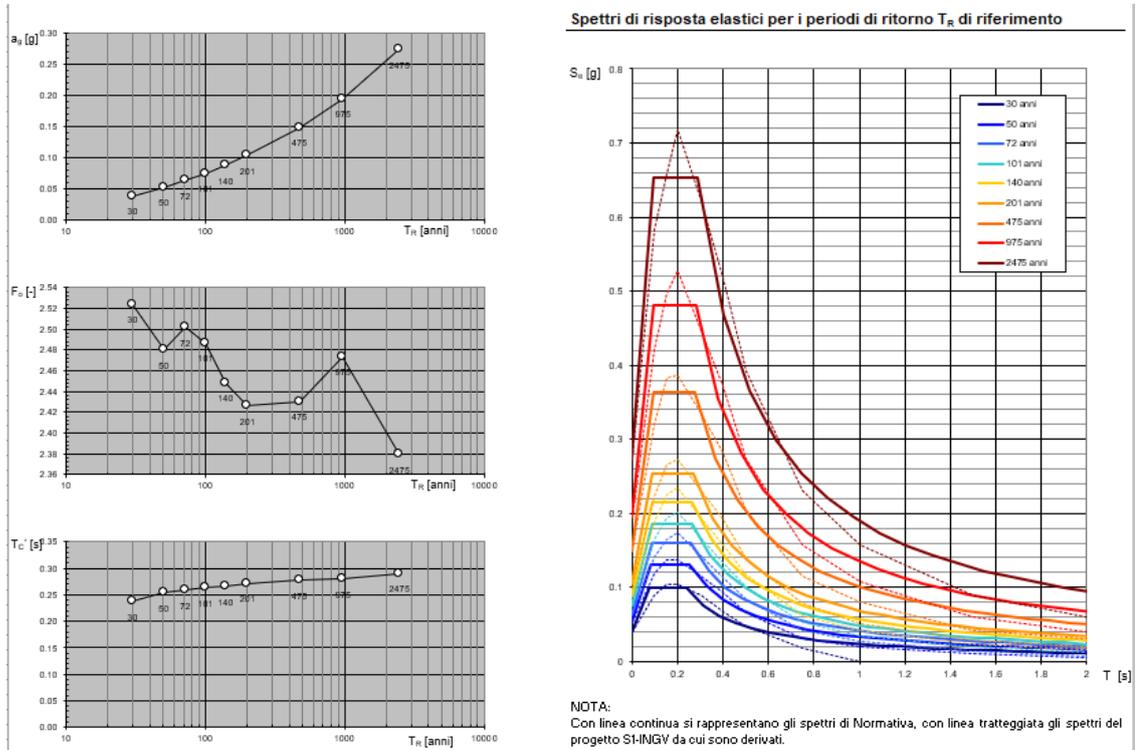


Figura 18 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri\_NTC"

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.039	2.524	0.237
50	0.053	2.480	0.253
72	0.064	2.501	0.259
101	0.075	2.486	0.263
140	0.088	2.448	0.265
201	0.104	2.426	0.271
475	0.149	2.430	0.278
975	0.195	2.474	0.280
2475	0.275	2.379	0.291

La verifica dell'ideoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Figura 19 - Tabella riassuntiva degli stati limite di riferimento del sito in esame



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0104009	B

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

Strategia di progettazione

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

$S_B = 1.373$   $C_C = 1.591$  info

$h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_o = 1.5$  Regol. in altezza  info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore  $q = 1$   $\eta = 1/q = 1.000$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

Spettri di risposta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 20 - Definizione della domanda sismica allo SLV

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.224 g
$F_o$	2.435
$T_c$	0.284 s
$S_s$	1.373
$C_c$	1.591
$S_T$	1.000
$q$	1.500

#### Parametri dipendenti

$S$	1.373
$\eta$	0.667
$T_B$	0.151 s
$T_C$	0.452 s
$T_D$	2.495 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.307
$T_B$	0.151	0.499
$T_C$	0.452	0.499
	0.549	0.410
	0.646	0.349
	0.744	0.303
	0.841	0.268
	0.938	0.240
	1.036	0.218
	1.133	0.199
	1.230	0.183
	1.328	0.170
	1.425	0.158
	1.522	0.148
	1.619	0.139
	1.717	0.131
	1.814	0.124
	1.911	0.118
	2.009	0.112
	2.106	0.107
	2.203	0.102
	2.301	0.098
	2.398	0.094
$T_D$	2.495	0.090
	2.567	0.085
	2.638	0.081
	2.710	0.077
	2.782	0.073
	2.853	0.069
	2.925	0.066
	2.997	0.063
	3.068	0.060
	3.140	0.057
	3.212	0.055
	3.283	0.052
	3.355	0.050
	3.427	0.048
	3.498	0.046
	3.570	0.045
	3.642	0.045
	3.713	0.045
	3.785	0.045
	3.857	0.045
	3.928	0.045
	4.000	0.045

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 21 – Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV  $q=1.5$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### 6.8.3 Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle NTC 2008. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, per il calcolo dei periodi propri della pila e quindi delle sollecitazioni sismiche, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello agli Elementi Finiti monodimensionali (Beam/Frame) mediante il software di calcolo Midas Civil.

Per lo spettro orizzontale è stato applicato un fattore di struttura  $q$  pari a 1.5, confermando l'assunzione di PD ed in linea con quanto previsto dall'EC8.

Per la verifica degli apparecchi di appoggio è stato utilizzato invece lo spettro elastico non ridotto dal coefficiente di comportamento, utilizzando, sempre secondo le regole del manuale di progettazione riportate al paragrafo 2.5.1.8.3.3, uno smorzamento viscoso pari a  $\zeta = 10\%$ .

Infine, per i 'Pali di fondazione', secondo il paragrafo del §2.5.1.8.3.3 del citato manuale RFI, si assume allo SLV sui pali un'azione sismica di progetto pari a quella derivante da un'analisi della struttura condotta adottando un fattore di struttura  $q=1.5$

Nella scrittura delle combinazioni di carico si è distinta la posizione del convoglio per massimizzare le singole sollecitazioni (N,Mx,My,Tx,Ty), identificando tre configurazioni, ovvero tre masse statiche.

Nell'analisi sismica la massa partecipante riferita ai carichi da traffico è stata valutata in maniera distinta per le tre componenti del moto e successivamente messa in combinazione per le tre configurazioni statiche.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

#### 6.8.4 Check analisi statica

<b>Direzione Longitudinale</b>			
massa treno per direzione long	Com Nmax	7274	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1455	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	12393	kN
massa sismica portata sulla pila	Mimp t	13848	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	1/5 Mimp t	2770	kN
massa pila	Mpul	859	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2251	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Long	Mtot long	16099	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

<b>Direzione Trasversale</b>			
massa treno per direzione long	Com Mmax	5859	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1172	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	12062	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	Mimp t	13233	kN
massa pila	Mpul	859	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2251	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Trasv	Mtot tras	15484	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

<b>Direzione Verticale</b>			
massa treno per direzione long	Com Mmax	5859	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1172	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	12062	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	Mimp t	13233	kN
massa pila	Mpul	859	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2251	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Vert	Mtot vert	15484	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

### 6.8.5 Analisi statica equivalente

area della sezione	A	11.5	m <sup>2</sup>
inerzia sezione direzione trasversale	I11	104	m <sup>4</sup>
inerzia sezione direzione longitudinale	I22	22	m <sup>4</sup>
modulo elastico cls pila	Ec	33346	MPa
eventuale abbattimento del modulo	%	50.00	
modulo di calcolo	E	16673	MPa
calcestruzzo	fck	32	MPa
altezza pila est. fondazione - estr. pulvino	H	5.20	m
altezza plinto di fondazione	hf	0.00	m
altezza baggioli ed app. appoggio	hap	0.50	m
altezza equivalente sdof	He	5.70	m
rigidezza flessionale sdof in dir. Trasv	Ktra	9.06E+09	N/m
rigidezza flessionale sdof in dir. Long	Klong	6.01E+09	N/m
rigidezza assiale sdof in dir. Vert	Kvert	4.60E+10	N/m
periodo di vibrare sdof dir. Trasversale	Ttra	0.08	sec
periodo di vibrare sdof dir. Longitudinale	Tlong	0.10	sec
periodo di vibrare sdof dir. Verticale	Tvert	0.04	sec

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

	SLV		SLD	
<b>Tabella Riassuntiva</b>	q=1.5	q=1	q=1	
accelerazione componente trasversale	0.41	0.55	0.25	g
accelerazione componente longitudinale	0.43	0.59	0.28	g
accelerazione componente verticale	0.29	0.29	0.07	g
Sforzo assiale	4436	4436	1159	kN
Taglio Sism testa pila direz. trasversale	6389	8513	3803	kN
Taglio Sism testa pila direz. longitudinale	6951	9560	4432	kN
Momento flessionale trasversale	50650	67489	30153	kN m
Momento flessionale longitudinale	39618	54493	25260	kN m

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 7. Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC 2008, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

		Coefficiente	EQ <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	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

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica					
	IN17	12	E12CLVI0104009					B

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e quindi, alle verifiche strutturali.

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
A1_SLU_gr1_Treno_	1.35	1.5	1.45	0	0.725	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr2_Scarico_	1.35	1.5	0	1.45	0	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr3_Fre/avv_	1.35	1.5	1.45	0	1.45	0.725	0.725	0.9	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr1+vento_	1.35	1.5	1.45	0	0.725	1.45	1.45	0.9	0.9	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr2+vento_	1.35	1.5	0	1.45	0	1.45	1.45	0.9	0.9	0	0	0	1.5
A1_SLU_gr3+vento_	1.35	1.5	1.45	0	1.45	0.725	0.725	0.9	0.9	0	0	0	1.5
A1_SLU_vento_gr1_	1.35	1.5	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5
A1_SLU_vento_gr2_	1.35	1.5	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5
A1_SLU_vento_gr3_	1.35	1.5	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5
A1_SLU_Scalz_gr1_	1.35	1.5	0.87	0	0.435	0.87	0.87	0.54	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_Scalz_gr2_	1.35	1.5	0	0.87	0	0.87	0.87	0.54	0	0	0	0	1.5
A1_SLU_Scalz_gr3_	1.35	1.5	0.87	0	0.87	0.435	0.435	0.54	0	0	0	0	1.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
SLE_rar_gr1_Treno_	1	1	1	0	0.5	1	1	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr2_Scarico_	1	1	0	1	0	1	1	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr3_Fre/avv_	1	1	1	0	1	0.5	0.5	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr4_Centrif_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0	1
SLE_rar_gr1+vento_	1	1	1	0	0.5	1	1	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_gr2+vento_	1	1	0	1	0	1	1	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_gr3+vento_	1	1	1	0	1	0.5	0.5	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_gr4+vento_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr1_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr2_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr3_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
SLE_rar_vento_gr4_	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
SLE_fre_gr1_Treno_	1	1	0.6	0	0.3	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr2_Scarico_	1	1	0	0.6	0	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr3_Fre/avv_	1	1	0.6	0	0.6	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr4_Centrif_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.5	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr1+vento_	1	1	0.6	0	0.3	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr2+vento_	1	1	0	0.6	0	0.6	0.6	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr3+vento_	1	1	0.6	0	0.6	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr4+vento_	1	1	0.6	0	0.6	0.6	0.6	0.5	0	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr1_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr2_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr3_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_vento_gr4_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	1
SLE_fre_gr1_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr2_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr3_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1
SLE_fre_gr4_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scarico	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
SLE_qp_gr1_Treno_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr2_Scarico_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr3_Fre/avv_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr1+vento_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr2+vento_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr3+vento_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_vento_gr1_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_vento_gr2_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_vento_gr3_	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr1_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr2_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1
SLE_qp_gr3_temp	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	1

COMBO	G1	G2	Treno	Treno scari	F_fre	F_cent	F_serp	F_att	Vento	E_long	E_tra	E_ver	Idra
E_103x_	1	1	0.2	0	0	0	0	0.5	0	1	0.3	0.3	1
E_103y_	1	1	0.2	0	0	0	0	0.5	0	0.3	1	0.3	1
E_103z_	1	1	0.2	0	0	0	0	0.5	0	0.3	0.3	1	1

*Nota: nelle combinazioni sismiche gli effetti dei convogli come azioni statiche sono tenute in conto direttamente a monte della combinazione*

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione ed inversione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

## 7.1 Caratteristiche di sollecitazioni

Come precedentemente descritto si è valutata la posizione del singolo convoglio per massimizzare la sollecitazione d'interesse. Questo ha portato alla definizione di tre configurazioni per la progettazione e verifica del pulvino, del fusto pila e della fondazione. Di seguito si riportano le tabelle di tutte le combinazioni di carico, funzione delle suddette configurazioni, per la pila di altezza massima.

### 7.1.1 Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	25490	1721	1224	3695	8317
A1_SLU_gr2_Scarico_2	17613	145	1224	2625	6278
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	25490	3013	612	4341	5178
A1_SLU_gr1+vento_5	26199	1830	1616	3983	12134
A1_SLU_gr2+vento_6	18321	255	1616	2913	10094
A1_SLU_gr3+vento_7	26199	3123	1004	4629	8995
A1_SLU_vento_gr1_9	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_vento_gr2_10	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_vento_gr3_11	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_Scalz_gr1_13	22092	959	735	3182	4990
A1_SLU_Scalz_gr2_14	17366	81	735	2574	3767
A1_SLU_Scalz_gr3_15	22092	1734	367	3570	3107
<hr/>					
SLE_rar_gr1_Treno_1	17920	1090	844	2549	5736
SLE_rar_gr2_Scarico_2	12488	68	844	1844	4329
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	17920	1981	422	2995	3571
SLE_rar_gr1+vento_5	18393	1163	1106	2741	8280
SLE_rar_gr2+vento_6	12960	141	1106	2036	6874
SLE_rar_gr3+vento_7	18393	2054	684	3187	6116

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

SLE_rar_vento_gr1_9	12849	122	436	2097	4241
SLE_rar_vento_gr2_10	12849	122	436	2097	4241
SLE_rar_vento_gr3_11	12849	122	436	2097	4241

SLE_rar_gr4_Centrif_4	15577	1212	507	2519	3441
SLE_rar_gr4+vento_8	16049	1285	768	2711	5986
SLE_rar_vento_gr4_12	12849	122	436	2097	4241

SLE_qp_gr1+vento_33	12062	48	0	1801	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	14564	6050	1638	3071	5371
E_103y_SLV_q=1.5_46	14564	1865	5460	978	17246
E_103z_SLV_q=1.5_47	17669	1865	1638	978	5371
E_103x_SLD_q=1_54	13581	3884	975	1987	3311
E_103y_SLD_q=1_55	13581	1215	3250	653	10381
E_103z_SLD_q=1_56	14392	1215	975	653	3311

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	22269	1605	1224	7425	7870
A1_SLU_gr2_Scarico_58	17613	145	1224	2625	6278
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	22269	2897	612	8072	4731
A1_SLU_gr1+vento_61	22977	1714	1616	7714	11687
A1_SLU_gr2+vento_62	18321	255	1616	2913	10094
A1_SLU_gr3+vento_63	22977	3007	1004	8360	8548
A1_SLU_vento_gr1_65	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_vento_gr2_66	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_vento_gr3_67	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_Scalz_gr1_69	20159	917	735	5434	4722
A1_SLU_Scalz_gr2_70	17366	81	735	2574	3767
A1_SLU_Scalz_gr3_71	20159	1693	367	5822	2839

SLE_rar_gr1_Treno_57	15698	1036	844	5135	5427
SLE_rar_gr2_Scarico_58	12488	68	844	1844	4329
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	15698	1928	422	5581	3263
SLE_rar_gr1+vento_61	16171	1110	1106	5328	7972
SLE_rar_gr2+vento_62	12960	141	1106	2036	6874
SLE_rar_gr3+vento_63	16171	2001	684	5773	5807
SLE_rar_vento_gr1_65	12849	122	436	2097	4241

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

SLE_rar_vento_gr2_66	12849	122	436	2097	4241
SLE_rar_vento_gr3_67	12849	122	436	2097	4241
SLE_rar_gr4_Centrif_60	14244	1180	507	4071	3256
SLE_rar_gr4+vento_64	14716	1253	768	4263	5801
SLE_rar_vento_gr4_68	12849	122	436	2097	4241
SLE_qp_gr1+vento_89	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_101	14120	6042	1638	3589	5309
E_103y_SLV_q=1.5_102	14120	1856	5460	1496	17184
E_103z_SLV_q=1.5_103	17224	1856	1638	1496	5309
E_103x_SLD_q=1_110	13137	3875	975	2505	3249
E_103y_SLD_q=1_111	13137	1206	3250	1171	10319
E_103z_SLD_q=1_112	13948	1206	975	1171	3249

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	21507	1577	1224	3346	16881
A1_SLU_gr2_Scarico_114	17613	145	1224	2625	6278
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	21507	2869	612	3992	13742
A1_SLU_gr1+vento_117	22216	1687	1616	3635	20698
A1_SLU_gr2+vento_118	18321	255	1616	2913	10094
A1_SLU_gr3+vento_119	22216	2979	1004	4281	17559
A1_SLU_vento_gr1_121	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_vento_gr2_122	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_vento_gr3_123	18176	183	653	2986	6362
A1_SLU_Scalz_gr1_125	19702	907	735	2990	10128
A1_SLU_Scalz_gr2_126	17366	81	735	2574	3767
A1_SLU_Scalz_gr3_127	19702	1683	367	3378	8245
SLE_rar_gr1_Treno_113	15173	1024	844	2325	11642
SLE_rar_gr2_Scarico_114	12488	68	844	1844	4329
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	15173	1915	422	2771	9477
SLE_rar_gr1+vento_117	15646	1097	1106	2518	14186
SLE_rar_gr2+vento_118	12960	141	1106	2036	6874
SLE_rar_gr3+vento_119	15646	1988	684	2963	12022
SLE_rar_vento_gr1_121	12849	122	436	2097	4241
SLE_rar_vento_gr2_122	12849	122	436	2097	4241

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA				
		Progetto	Lotto	Codifica					
		IN17	12	EI2CLVI0104009					B

SLE_rar_vento_gr3_123	12849	122	436	2097	4241
SLE_rar_gr4_Centrif_116	13929	1172	507	2385	6985
SLE_rar_gr4+vento_120	14401	1246	768	2577	9530
SLE_rar_vento_gr4_124	12849	122	436	2097	4241
SLE_qp_gr1+vento_145	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	14015	6039	1638	3027	6552
E_103y_SLV_q=1.5_158	14015	1854	5460	934	18427
E_103z_SLV_q=1.5_159	17119	1854	1638	934	6552
E_103x_SLD_q=1_166	13032	3873	975	1944	4492
E_103y_SLD_q=1_167	13032	1204	3250	609	11562
E_103z_SLD_q=1_168	13843	1204	975	609	4492

### 7.1.2 Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	29302	1721	1224	12641	14683
A1_SLU_gr2_Scarico_2	21425	145	1224	3377	12644
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	29302	3013	612	20007	8361
A1_SLU_gr1+vento_5	30011	1830	1616	13501	20539
A1_SLU_gr2+vento_6	22133	255	1616	4237	18500
A1_SLU_gr3+vento_7	30011	3123	1004	20868	14217
A1_SLU_vento_gr1_9	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_vento_gr2_10	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_vento_gr3_11	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_Scalz_gr1_13	25904	959	735	8168	8810
A1_SLU_Scalz_gr2_14	21178	81	735	2998	7587
A1_SLU_Scalz_gr3_15	25904	1734	367	12588	5017
SLE_rar_gr1_Treno_1	20744	1090	844	8216	10126
SLE_rar_gr2_Scarico_2	15311	68	844	2198	8720
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	20744	1981	422	13296	5766
SLE_rar_gr1+vento_5	21216	1163	1106	8789	14030

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

SLE_rar_gr2+vento_6	15783	141	1106	2772	12624
SLE_rar_gr3+vento_7	21216	2054	684	13869	9670
SLE_rar_vento_gr1_9	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_vento_gr2_10	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_vento_gr3_11	15672	122	436	2733	6506

SLE_rar_gr4_Centrif_4	18400	1212	507	8820	6076
SLE_rar_gr4+vento_8	18873	1285	768	9394	9980
SLE_rar_vento_gr4_12	15672	122	436	2733	6506

SLE_qp_gr1+vento_33	14885	48	0	2052	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	17387	7022	1917	41477	15476
E_103y_SLV_q=1.5_46	17387	2157	6389	13744	50932
E_103z_SLV_q=1.5_47	20492	2157	1917	13744	15476
E_103x_SLD_q=1_54	16404	4503	1141	27118	9327
E_103y_SLD_q=1_55	16404	1401	3803	9436	30434
E_103z_SLD_q=1_56	17216	1401	1141	9436	9327

### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	26080	1605	1224	15769	14237
A1_SLU_gr2_Scarico_58	21425	145	1224	3377	12644
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	26080	2897	612	23135	7914
A1_SLU_gr1+vento_61	26789	1714	1616	16629	20092
A1_SLU_gr2+vento_62	22133	255	1616	4237	18500
A1_SLU_gr3+vento_63	26789	3007	1004	23995	13770
A1_SLU_vento_gr1_65	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_vento_gr2_66	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_vento_gr3_67	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_Scalz_gr1_69	23971	917	735	10204	8542
A1_SLU_Scalz_gr2_70	21178	81	735	2998	7587
A1_SLU_Scalz_gr3_71	23971	1693	367	14623	4749

SLE_rar_gr1_Treno_57	18522	1036	844	10525	9818
SLE_rar_gr2_Scarico_58	15311	68	844	2198	8720
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	18522	1928	422	15605	5458
SLE_rar_gr1+vento_61	18994	1110	1106	11098	13722
SLE_rar_gr2+vento_62	15783	141	1106	2772	12624

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

SLE_rar_gr3+vento_63	18994	2001	684	16178	9362
SLE_rar_vento_gr1_65	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_vento_gr2_66	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_vento_gr3_67	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_gr4_Centrif_60	17067	1180	507	10206	5891
SLE_rar_gr4+vento_64	17539	1253	768	10779	9795
SLE_rar_vento_gr4_68	15672	122	436	2733	6506
SLE_qp_gr1+vento_89	14885	48	0	2052	0
E_103x_SLV_q=1.5_101	16943	7013	1917	41995	15415
E_103y_SLV_q=1.5_102	16943	2148	6389	14262	50870
E_103z_SLV_q=1.5_103	20048	2148	1917	14262	15415
E_103x_SLD_q=1_110	15960	4494	1141	27636	9266
E_103y_SLD_q=1_111	15960	1392	3803	9954	30373
E_103z_SLD_q=1_112	16771	1392	1141	9954	9266

<b>CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA</b>					
---	--	--	--	--	--

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	25319	1577	1224	11547	23247
A1_SLU_gr2_Scarico_114	21425	145	1224	3377	12644
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	25319	2869	612	18913	16925
A1_SLU_gr1+vento_117	26027	1687	1616	12408	29103
A1_SLU_gr2+vento_118	22133	255	1616	4237	18500
A1_SLU_gr3+vento_119	26027	2979	1004	19774	22781
A1_SLU_vento_gr1_121	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_vento_gr2_122	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_vento_gr3_123	21988	183	653	3939	9759
A1_SLU_Scalz_gr1_125	23514	907	735	7708	13948
A1_SLU_Scalz_gr2_126	21178	81	735	2998	7587
A1_SLU_Scalz_gr3_127	23514	1683	367	12128	10155
SLE_rar_gr1_Treno_113	17997	1024	844	7649	16033
SLE_rar_gr2_Scarico_114	15311	68	844	2198	8720
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	17997	1915	422	12729	11673
SLE_rar_gr1+vento_117	18469	1097	1106	8223	19936
SLE_rar_gr2+vento_118	15783	141	1106	2772	12624
SLE_rar_gr3+vento_119	18469	1988	684	13303	15576

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA				
			Progetto	Lotto	Codifica				
			IN17	12	EI2CLVI0104009				B

SLE_rar_vento_gr1_121	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_vento_gr2_122	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_vento_gr3_123	15672	122	436	2733	6506
SLE_rar_gr4_Centrif_116	16752	1172	507	8480	9620
SLE_rar_gr4+vento_120	17224	1246	768	9054	13523
SLE_rar_vento_gr4_124	15672	122	436	2733	6506
SLE_qp_gr1+vento_145	14885	48	0	2052	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	16838	7011	1917	41433	16658
E_103y_SLV_q=1.5_158	16838	2146	6389	13700	52113
E_103z_SLV_q=1.5_159	19943	2146	1917	13700	16658
E_103x_SLD_q=1_166	15855	4492	1141	27075	10508
E_103y_SLD_q=1_167	15855	1390	3803	9393	31616
E_103z_SLD_q=1_168	16666	1390	1141	9393	10508

### 7.1.3 Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	37383	1721	1224	16082	17132
A1_SLU_gr2_Scarico_2	29505	145	1224	3666	15093
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	37383	3013	612	26033	9586
A1_SLU_gr1+vento_5	38091	1830	1616	17162	23772
A1_SLU_gr2+vento_6	30214	255	1616	4746	21733
A1_SLU_gr3+vento_7	38091	3123	1004	27113	16225
A1_SLU_vento_gr1_9	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_vento_gr2_10	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_vento_gr3_11	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_Scalz_gr1_13	32384	959	735	10086	10279
A1_SLU_Scalz_gr2_14	27658	81	735	3161	9056
A1_SLU_Scalz_gr3_15	32384	1734	367	16057	5751
SLE_rar_gr1_Treno_1	26729	1090	844	10395	11815
SLE_rar_gr2_Scarico_2	21297	68	844	2335	10409

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	26729	1981	422	17258	6611
SLE_rar_gr1+vento_5	27202	1163	1106	11115	16242
SLE_rar_gr2+vento_6	21769	141	1106	3055	14835
SLE_rar_gr3+vento_7	27202	2054	684	17978	11037
SLE_rar_vento_gr1_9	21658	122	436	2977	7377
SLE_rar_vento_gr2_10	21658	122	436	2977	7377
SLE_rar_vento_gr3_11	21658	122	436	2977	7377

SLE_rar_gr4_Centrif_4	0	0	24386	1212	507
SLE_rar_gr4+vento_8	0	0	24858	1285	768
SLE_rar_vento_gr4_12	0	0	21658	122	436

SLE_qp_gr1+vento_33	20871	48	0	2149	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	23630	8497	2359	56996	19752
E_103y_SLV_q=1.5_46	23630	2599	7864	18500	65184
E_103z_SLV_q=1.5_47	27333	2599	2359	18500	19752
E_103x_SLD_q=1_54	22457	5160	1338	36782	11806
E_103y_SLD_q=1_55	22457	1598	4460	12436	38698
E_103z_SLD_q=1_56	23424	1598	1338	12436	11806

### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	34161	1605	1224	18978	16685
A1_SLU_gr2_Scarico_58	29505	145	1224	3666	15093
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	34161	2897	612	28929	9139
A1_SLU_gr1+vento_61	34869	1714	1616	20058	23325
A1_SLU_gr2+vento_62	30214	255	1616	4746	21733
A1_SLU_gr3+vento_63	34869	3007	1004	30009	15778
A1_SLU_vento_gr1_65	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_vento_gr2_66	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_vento_gr3_67	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_Scalz_gr1_69	30451	917	735	12038	10011
A1_SLU_Scalz_gr2_70	27658	81	735	3161	9056
A1_SLU_Scalz_gr3_71	30451	1693	367	18008	5483

SLE_rar_gr1_Treno_57	24507	1036	844	12598	11507
SLE_rar_gr2_Scarico_58	21297	68	844	2335	10409
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	24507	1928	422	19460	6303

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

SLE_rar_gr1+vento_61	24980	1110	1106	13318	15933
SLE_rar_gr2+vento_62	21769	141	1106	3055	14835
SLE_rar_gr3+vento_63	24980	2001	684	20180	10729
SLE_rar_vento_gr1_65	21658	122	436	2977	7377
SLE_rar_vento_gr2_66	21658	122	436	2977	7377
SLE_rar_vento_gr3_67	21658	122	436	2977	7377

SLE_rar_gr4_Centrif_60	23053	1180	507	12565	6904
SLE_rar_gr4+vento_64	23525	1253	768	13285	11331
SLE_rar_vento_gr4_68	21658	122	436	2977	7377

SLE_qp_gr1+vento_89	20871	48	0	2149	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	23185	8488	2359	57496	19690
E_103y_SLV_q=1.5_102	23185	2590	7864	19000	65122
E_103z_SLV_q=1.5_103	26889	2590	2359	19000	19690
E_103x_SLD_q=1_110	22013	5152	1338	37282	11745
E_103y_SLD_q=1_111	22013	1589	4460	12936	38637
E_103z_SLD_q=1_112	22980	1589	1338	12936	11745

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	33400	1577	1224	14701	25696
A1_SLU_gr2_Scarico_114	29505	145	1224	3666	15093
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	33400	2869	612	24652	18150
A1_SLU_gr1+vento_117	34108	1687	1616	15782	32336
A1_SLU_gr2+vento_118	30214	255	1616	4746	21733
A1_SLU_gr3+vento_119	34108	2979	1004	25733	24789
A1_SLU_vento_gr1_121	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_vento_gr2_122	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_vento_gr3_123	30068	183	653	4305	11066
A1_SLU_Scalz_gr1_125	29994	907	735	9523	15418
A1_SLU_Scalz_gr2_126	27658	81	735	3161	9056
A1_SLU_Scalz_gr3_127	29994	1683	367	15493	10890
SLE_rar_gr1_Treno_113	23982	1024	844	9697	17721
SLE_rar_gr2_Scarico_114	21297	68	844	2335	10409
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	23982	1915	422	16560	12517
SLE_rar_gr1+vento_117	24455	1097	1106	10417	22148

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

SLE_rar_gr2+vento_118	21769	141	1106	3055	14835
SLE_rar_gr3+vento_119	24455	1988	684	17280	16943
SLE_rar_vento_gr1_121	21658	122	436	2977	7377
SLE_rar_vento_gr2_122	21658	122	436	2977	7377
SLE_rar_vento_gr3_123	21658	122	436	2977	7377

SLE_rar_gr4_Centrif_116	22738	1172	507	10825	10633
SLE_rar_gr4+vento_120	23210	1246	768	11545	15059
SLE_rar_vento_gr4_124	21658	122	436	2977	7377

SLE_qp_gr1+vento_145	20871	48	0	2149	0
----------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_157	23080	8486	2359	56930	20933
E_103y_SLV_q=1.5_158	23080	2588	7864	18434	66365
E_103z_SLV_q=1.5_159	26784	2588	2359	18434	20933
E_103x_SLD_q=1_166	21908	5149	1338	36716	12988
E_103y_SLD_q=1_167	21908	1587	4460	12370	39879
E_103z_SLD_q=1_168	22875	1587	1338	12370	12988

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 8. Verifiche strutturali

Le armature di calcolo derivanti dalle verifiche di resistenza e di esercizio soddisfano le quantità minime indicate dalla normativa; si riepilogano i quantitativi per il fusto pila mentre quelli per il plinto di fondazione sono riportati al paragrafo 11.5.

elemento	arm. flessionale	staffe	c.f
fusto	344 $\Phi$ 16 interasse 20 cm <sup>(1)</sup>	$\Phi$ 16/15 <sup>(2)</sup>	7.6 cm

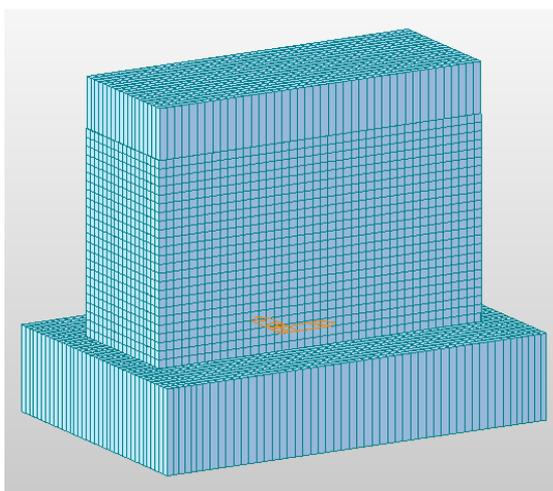
<sup>(1)</sup> è riferito alla corona esterna di armatura mentre, l'interasse della corona interna è funzione dell'allineamento con quella esterna. È comunque rispettato l'iterasse minimo.

<sup>(2)</sup> in direzione longitudinale sono presenti 10 bracci, mentre in direzione trasversale 4 bracci.

Le spille adottate sono disposte nel rispetto della norma vigente.

## 9. Fusto pila

Determinate le sollecitazioni indotte dai carichi statici e delle azioni sismiche è possibile verificare la sezione d'incastro del fusto. A queste sollecitazioni va aggiunta un'ulteriore armatura flessionale e a taglio che assorba un effetto locale indotto dal ritiro differenziale tra il plinto ed il fusto della pila. Questa sollecitazione è stata individuata mediante un modello spaziale della fondazione, nel programma di calcolo Midas Civil.



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale della sezione in oggetto vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

## 9.1 Modello locale per ritiro differenziale

Si richiama la *“Relazione effetti lenti”* per la descrizione del modello, delle analisi effettuate per il ritiro differenziale e del calcolo dell'armatura aggiuntiva. Nel seguito, pertanto, le verifiche a pressoflessione e a taglio sono state effettuate considerando un'armatura ridotta rispetto a quella realmente presente nel fusto della pila, eliminando cioè il quantitativo di acciaio necessario ad offrire una sufficiente resistenza nei confronti delle sollecitazioni indotte dai fenomeni termici e di ritiro differenziale. Questa riduzione è stata tenuta in conto nelle verifiche lasciando invariato il numero di barre d'armatura ed attribuendo loro un diametro equivalente diverso da quello reale.

## 9.2 Verifica a presso flessione

Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

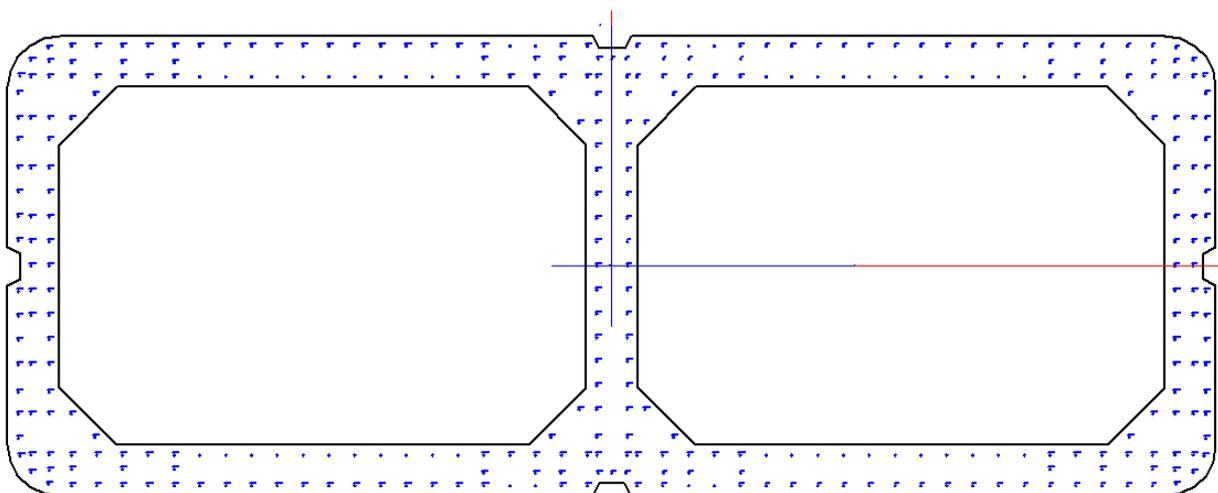


Figura 22 - Sezione implementata in RC-SEC

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0104009</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0104009	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0104009	B						

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: VI01\_P19\_H4.7\_CAP-Inc\_fi14**

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CALCESTRUZZO -**

Classe:	C32/40
Resis. compr. di progetto fcd:	18.1 MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.02 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	17.6 MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	17.6 MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.8 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINI CALCESTRUZZO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-460.0	10.0
2	-470.0	15.0
3	-470.0	140.0
4	-468.0	152.4
5	-462.4	163.5
6	-453.5	172.4
7	-442.4	178.0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

8	-430.0	180.0
9	-15.0	180.0
10	-10.0	170.0
11	10.0	170.0
12	15.0	180.0
13	430.0	180.0
14	442.4	178.0
15	453.5	172.4
16	462.4	163.5
17	468.0	152.4
18	470.0	140.0
19	470.0	15.0
20	460.0	10.0
21	460.0	-10.0
22	470.0	-15.0
23	470.0	-140.0
24	468.0	-152.4
25	462.4	-163.5
26	453.5	-172.4
27	442.4	-178.0
28	430.0	-180.0
29	15.0	-180.0
30	10.0	-170.0
31	-10.0	-170.0
32	-15.0	-180.0
33	-430.0	-180.0
34	-442.4	-178.0
35	-453.5	-172.4
36	-462.4	-163.5
37	-468.0	-152.4
38	-470.0	-140.0
39	-470.0	-15.0
40	-460.0	-10.0

**DOMINIO N° 2**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	385.0	140.0
2	430.0	95.0
3	430.0	-95.0
4	385.0	-140.0
5	65.0	-140.0
6	20.0	-95.0
7	20.0	95.0
8	65.0	140.0

**DOMINIO N° 3**

Forma del Dominio: Poligonale vuoto  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-65.0	140.0
2	-20.0	95.0
3	-20.0	-95.0
4	-65.0	-140.0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

5	-385.0	-140.0
6	-430.0	-95.0
7	-430.0	95.0
8	-385.0	140.0

## DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	452.0	-161.2	14.0
2	438.5	-169.9	14.0
3	460.0	-148.5	14.0
4	-452.0	-161.2	14.0
5	-438.5	-169.9	14.0
6	-460.0	-148.5	14.0
7	452.0	161.2	14.0
8	438.5	169.9	14.0
9	460.0	148.5	14.0
10	461.6	-20.2	14.0
11	461.6	20.2	14.0
12	-461.6	20.2	14.0
13	-461.6	-20.2	14.0
14	20.2	-171.6	14.0
15	-20.2	-171.6	14.0
16	20.2	171.6	14.0
17	-25.4	112.3	14.0
18	-47.4	134.3	14.0
19	-424.6	112.3	14.0
20	-402.6	134.3	14.0
21	-424.6	-112.3	14.0
22	-402.6	-134.3	14.0
23	424.6	112.3	14.0
24	402.6	134.3	14.0
25	25.4	112.3	14.0
26	47.4	134.3	14.0
27	424.6	-112.3	14.0
28	402.6	-134.3	14.0
29	25.4	-112.3	14.0
30	47.4	-134.3	14.0
31	-340.7	-159.1	14.0
32	-380.9	-159.1	14.0
33	-420.3	-159.1	14.0
34	-438.4	-159.9	14.0
35	-438.4	-115.5	14.0
36	-452.0	-115.5	14.0
37	-461.6	-115.6	14.0
38	-438.4	-98.8	14.0
39	-461.6	-98.8	14.0
40	-461.6	-135.0	14.0
41	-438.4	-148.2	14.0
42	-461.6	-39.0	14.0
43	-461.6	-58.0	14.0
44	-461.6	-77.0	14.0
45	-452.0	-148.2	14.0
46	-452.0	-76.8	14.0
47	-451.6	-38.4	14.0
48	-451.6	-19.2	14.0
49	-438.4	-76.8	14.0
50	-438.4	-57.6	14.0

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009 B

51	-438.4	-38.4	14.0
52	-438.4	-19.2	14.0
53	-11.4	-148.4	14.0
54	-25.4	-112.3	14.0
55	-47.4	-134.3	14.0
56	-11.6	-134.0	14.0
57	-11.6	-112.1	14.0
58	-11.6	-93.5	14.0
59	-11.6	-74.8	14.0
60	-11.6	-56.1	14.0
61	-11.6	-37.4	14.0
62	-19.3	-148.4	14.0
63	-39.4	-148.4	14.0
64	-59.5	-148.4	14.0
65	-79.6	-148.4	14.0
66	-99.7	-148.4	14.0
67	-340.7	-148.4	14.0
68	-360.8	-148.4	14.0
69	-380.9	-148.4	14.0
70	-401.0	-148.4	14.0
71	-420.3	-148.4	14.0
72	-39.4	-171.6	14.0
73	-99.7	-171.6	14.0
74	-119.8	-171.6	14.0
75	-139.8	-171.6	14.0
76	-159.9	-171.6	14.0
77	-180.0	-171.6	14.0
78	-200.1	-171.6	14.0
79	-220.2	-171.6	14.0
80	-240.3	-171.6	14.0
81	-260.4	-171.6	14.0
82	-280.5	-171.6	14.0
83	-300.5	-171.6	14.0
84	-320.6	-171.6	14.0
85	-340.7	-171.6	14.0
86	-360.8	-171.6	14.0
87	-380.9	-171.6	14.0
88	-401.0	-171.6	14.0
89	-420.3	-171.6	14.0
90	-99.9	-161.6	14.0
91	-59.9	-161.6	14.0
92	-40.0	-161.6	14.0
93	-11.0	-161.6	14.0
94	-11.6	-18.7	14.0
95	-340.7	159.1	14.0
96	-380.9	159.1	14.0
97	-420.3	159.1	14.0
98	-438.4	159.9	14.0
99	-452.0	161.2	14.0
100	-438.5	169.9	14.0
101	-460.0	148.5	14.0
102	-438.4	115.5	14.0
103	-451.6	115.5	14.0
104	-461.6	115.6	14.0
105	-438.4	98.8	14.0
106	-461.6	98.8	14.0
107	-461.6	135.0	14.0
108	-438.4	148.2	14.0
109	-461.6	39.0	14.0

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009 B

110	-461.6	58.0	14.0
111	-461.6	77.0	14.0
112	-452.0	148.2	14.0
113	-451.6	76.8	14.0
114	-451.6	38.4	14.0
115	-451.6	19.2	14.0
116	-451.6	0.0	14.0
117	-438.4	76.8	14.0
118	-438.4	57.6	14.0
119	-438.4	38.4	14.0
120	-438.4	19.2	14.0
121	-438.4	0.0	14.0
122	-11.4	148.4	14.0
123	-11.6	134.0	14.0
124	-11.6	112.1	14.0
125	-11.6	93.5	14.0
126	-11.6	74.8	14.0
127	-11.6	56.1	14.0
128	-11.6	37.4	14.0
129	-11.6	0.0	14.0
130	-19.3	148.4	14.0
131	-39.4	148.4	14.0
132	-59.5	148.4	14.0
133	-79.6	148.4	14.0
134	-99.7	148.4	14.0
135	-340.7	148.4	14.0
136	-360.8	148.4	14.0
137	-380.9	148.4	14.0
138	-401.0	148.4	14.0
139	-420.3	148.4	14.0
140	-20.2	171.6	14.0
141	-39.4	171.6	14.0
142	-99.7	171.6	14.0
143	-119.8	171.6	14.0
144	-139.8	171.6	14.0
145	-159.9	171.6	14.0
146	-180.0	171.6	14.0
147	-200.1	171.6	14.0
148	-220.2	171.6	14.0
149	-240.3	171.6	14.0
150	-260.4	171.6	14.0
151	-280.5	171.6	14.0
152	-300.5	171.6	14.0
153	-320.6	171.6	14.0
154	-340.7	171.6	14.0
155	-360.8	171.6	14.0
156	-380.9	171.6	14.0
157	-401.0	171.6	14.0
158	-420.3	171.6	14.0
159	-99.9	161.6	14.0
160	-59.9	161.6	14.0
161	-40.0	161.6	14.0
162	-11.0	161.6	14.0
163	-11.6	18.7	14.0
164	340.7	-159.1	14.0
165	380.9	-159.1	14.0
166	420.3	-159.1	14.0
167	438.4	-159.9	14.0
168	438.4	-115.5	14.0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0104009	B

169	451.6	-115.5	14.0
170	461.6	-115.6	14.0
171	438.4	-98.8	14.0
172	461.6	-98.8	14.0
173	461.6	-135.0	14.0
174	438.4	-148.2	14.0
175	461.6	-39.0	14.0
176	461.6	-58.0	14.0
177	461.6	-77.0	14.0
178	452.0	-148.2	14.0
179	451.6	-76.8	14.0
180	451.6	-38.4	14.0
181	451.6	-19.2	14.0
182	438.4	-76.8	14.0
183	438.4	-57.6	14.0
184	438.4	-38.4	14.0
185	438.4	-19.2	14.0
186	11.4	-148.4	14.0
187	11.6	-134.0	14.0
188	11.6	-112.1	14.0
189	11.6	-93.5	14.0
190	11.6	-74.8	14.0
191	11.6	-56.1	14.0
192	11.6	-37.4	14.0
193	19.3	-148.4	14.0
194	39.4	-148.4	14.0
195	59.5	-148.4	14.0
196	79.6	-148.4	14.0
197	99.7	-148.4	14.0
198	340.7	-148.4	14.0
199	360.8	-148.4	14.0
200	380.9	-148.4	14.0
201	401.0	-148.4	14.0
202	420.3	-148.4	14.0
203	39.4	-171.6	14.0
204	99.7	-171.6	14.0
205	119.8	-171.6	14.0
206	139.8	-171.6	14.0
207	159.9	-171.6	14.0
208	180.0	-171.6	14.0
209	200.1	-171.6	14.0
210	220.2	-171.6	14.0
211	240.3	-171.6	14.0
212	260.4	-171.6	14.0
213	280.5	-171.6	14.0
214	300.5	-171.6	14.0
215	320.6	-171.6	14.0
216	340.7	-171.6	14.0
217	360.8	-171.6	14.0
218	380.9	-171.6	14.0
219	401.0	-171.6	14.0
220	420.3	-171.6	14.0
221	99.9	-161.6	14.0
222	59.9	-161.6	14.0
223	40.0	-161.6	14.0
224	11.0	-161.6	14.0
225	0.0	-161.6	14.0
226	11.6	-18.7	14.0
227	340.7	159.1	14.0

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009 B

228	380.9	159.1	14.0
229	420.3	159.1	14.0
230	438.4	159.9	14.0
231	438.4	115.5	14.0
232	451.6	115.5	14.0
233	461.6	115.6	14.0
234	438.4	98.8	14.0
235	461.6	98.8	14.0
236	461.6	135.0	14.0
237	438.4	148.2	14.0
238	461.6	39.0	14.0
239	461.6	58.0	14.0
240	461.6	77.0	14.0
241	452.0	148.2	14.0
242	451.6	76.8	14.0
243	451.6	38.4	14.0
244	451.6	19.2	14.0
245	451.6	0.0	14.0
246	438.4	76.8	14.0
247	438.4	57.6	14.0
248	438.4	38.4	14.0
249	438.4	19.2	14.0
250	438.4	0.0	14.0
251	11.4	148.4	14.0
252	11.6	134.0	14.0
253	11.6	112.1	14.0
254	11.6	93.5	14.0
255	11.6	74.8	14.0
256	11.6	56.1	14.0
257	11.6	37.4	14.0
258	11.6	0.0	14.0
259	19.3	148.4	14.0
260	39.4	148.4	14.0
261	59.5	148.4	14.0
262	79.6	148.4	14.0
263	99.7	148.4	14.0
264	340.7	148.4	14.0
265	360.8	148.4	14.0
266	380.9	148.4	14.0
267	401.0	148.4	14.0
268	420.3	148.4	14.0
269	39.4	171.6	14.0
270	99.7	171.6	14.0
271	119.8	171.6	14.0
272	139.8	171.6	14.0
273	159.9	171.6	14.0
274	180.0	171.6	14.0
275	200.1	171.6	14.0
276	220.2	171.6	14.0
277	240.3	171.6	14.0
278	260.4	171.6	14.0
279	280.5	171.6	14.0
280	300.5	171.6	14.0
281	320.6	171.6	14.0
282	340.7	171.6	14.0
283	360.8	171.6	14.0
284	380.9	171.6	14.0
285	401.0	171.6	14.0
286	420.3	171.6	14.0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

287	99.9	161.6	14.0
288	59.9	161.6	14.0
289	40.0	161.6	14.0
290	11.0	161.6	14.0
291	0.0	161.6	14.0
292	11.6	18.7	14.0

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	135	134	11	14
2	263	264	11	14
3	67	66	11	14
4	197	198	11	14
5	142	141	2	14
6	269	270	2	14
7	73	72	2	14
8	203	204	2	14

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	29302.16	12641.23	14683.40	0.00	0.00
2	21424.72	3377.03	12644.18	0.00	0.00
3	29302.16	20007.41	8361.31	0.00	0.00
4	30010.68	13501.49	20538.97	0.00	0.00
5	22133.25	4237.30	18499.74	0.00	0.00
6	30010.68	20867.67	14216.88	0.00	0.00
7	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
8	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
9	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
10	25904.10	8168.35	8810.04	0.00	0.00
11	21177.64	2997.78	7586.51	0.00	0.00
12	25904.10	12588.05	5016.79	0.00	0.00
13	26080.41	15768.93	14236.51	0.00	0.00
14	21424.72	3377.03	12644.18	0.00	0.00
15	26080.41	23135.11	7914.42	0.00	0.00
16	26788.93	16629.20	20092.08	0.00	0.00
17	22133.25	4237.30	18499.74	0.00	0.00
18	26788.93	23995.38	13769.99	0.00	0.00
19	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
20	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE						
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 50%;">Codifica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0104009</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0104009
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0104009					

21	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
22	23971.05	10203.63	8541.91	0.00	0.00
23	21177.64	2997.78	7586.51	0.00	0.00
24	23971.05	14623.34	4748.65	0.00	0.00
25	25318.97	11547.28	23247.26	0.00	0.00
26	21424.72	3377.03	12644.18	0.00	0.00
27	25318.97	18913.46	16925.17	0.00	0.00
28	26027.49	12407.55	29102.82	0.00	0.00
29	22133.25	4237.30	18499.74	0.00	0.00
30	26027.49	19773.73	22780.73	0.00	0.00
31	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
32	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
33	21987.90	3938.72	9759.28	0.00	0.00
34	23514.19	7708.14	13948.35	0.00	0.00
35	21177.64	2997.78	7586.51	0.00	0.00
36	23514.19	12127.85	10155.10	0.00	0.00
37	17387.46	41476.53	15476.40	0.00	0.00
38	17387.46	13743.79	50931.70	0.00	0.00
39	20492.36	13743.79	15476.40	0.00	0.00
40	16943.08	41994.68	15414.76	0.00	0.00
41	16943.08	14261.94	50870.06	0.00	0.00
42	20047.98	14261.94	15414.76	0.00	0.00
43	16838.06	41432.89	16657.62	0.00	0.00
44	16838.06	13700.14	52112.92	0.00	0.00
45	19942.95	13700.14	16657.62	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

- N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	20743.77	8215.83	10126.48
2	15311.05	2198.33	8720.12
3	20743.77	13295.96	5766.42
4	21216.12	8789.34	14030.19
5	15783.40	2771.84	12623.83
6	21216.12	13869.46	9670.13
7	15672.30	2732.90	6506.19
8	15672.30	2732.90	6506.19
9	15672.30	2732.90	6506.19
10	18521.87	10524.85	9818.28
11	15311.05	2198.33	8720.12
12	18521.87	15604.97	5458.22
13	18994.22	11098.36	13722.00
14	15783.40	2771.84	12623.83
15	18994.22	16178.48	9361.93
16	15672.30	2732.90	6506.19
17	15672.30	2732.90	6506.19
18	15672.30	2732.90	6506.19
19	17996.74	7649.28	16032.59
20	15311.05	2198.33	8720.12
21	17996.74	12729.41	11672.53
22	18469.09	8222.79	19936.30
23	15783.40	2771.84	12623.83

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

24	18469.09	13302.92	15576.24
25	15672.30	2732.90	6506.19
26	15672.30	2732.90	6506.19
27	15672.30	2732.90	6506.19
28	16404.49	27118.32	9327.20
29	16404.49	9436.32	30434.36
30	17215.77	9436.32	9327.20
31	15960.11	27636.47	9265.56
32	15960.11	9954.47	30372.72
33	16771.39	9954.47	9265.56
34	15855.08	27074.67	10508.42
35	15855.08	9392.68	31615.58
36	16666.36	9392.68	10508.42

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

- N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	18400.28	8820.39 (0.00)	6075.89 (0.00)
2	18872.63	9393.90 (0.00)	9979.60 (0.00)
3	15672.30	2732.90 (0.00)	6506.19 (0.00)
4	17067.14	10205.80 (0.00)	5890.97 (0.00)
5	17539.49	10779.31 (0.00)	9794.68 (0.00)
6	15672.30	2732.90 (0.00)	6506.19 (0.00)
7	16752.07	8480.47 (0.00)	9619.55 (0.00)
8	17224.42	9053.97 (0.00)	13523.27 (0.00)
9	15672.30	2732.90 (0.00)	6506.19 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

- N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	14885.05	2052.05 (0.00)	0.00 (0.00)
2	14885.05	2052.05 (0.00)	0.00 (0.00)
3	14885.05	2052.05 (0.00)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO****Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVIO104009</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVIO104009	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVIO104009	B						

Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	29302.16	12641.23	14683.40	29302.21	79521.12	92120.55	6.28	529.5(343.3)
2	S	21424.72	3377.03	12644.18	21424.54	42635.36	162699.59	12.85	529.5(343.3)
3	S	29302.16	20007.41	8361.31	29302.31	82595.50	34036.20	4.12	529.5(343.3)
4	S	30010.68	13501.49	20538.97	30010.88	77457.10	117838.53	5.74	529.5(343.3)
5	S	22133.25	4237.30	18499.74	22133.17	39103.26	168779.17	9.13	529.5(343.3)
6	S	30010.68	20867.67	14216.88	30010.73	82854.27	55941.12	3.96	529.5(343.3)
7	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
8	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
9	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
10	S	25904.10	8168.35	8810.04	25904.32	75115.58	81716.05	9.24	529.5(343.3)
11	S	21177.64	2997.78	7586.51	21177.66	56065.78	141730.55	18.68	529.5(343.3)
12	S	25904.10	12588.05	5016.79	25903.95	77432.83	30713.27	6.15	529.5(343.3)
13	S	26080.41	15768.93	14236.51	26080.30	76167.21	68642.28	4.83	529.5(343.3)
14	S	21424.72	3377.03	12644.18	21424.54	42635.36	162699.59	12.85	529.5(343.3)
15	S	26080.41	23135.11	7914.42	26080.71	77816.38	26545.75	3.36	529.5(343.3)
16	S	26788.93	16629.20	20092.08	26788.98	75778.14	91037.57	4.54	529.5(343.3)
17	S	22133.25	4237.30	18499.74	22133.17	39103.26	168779.17	9.13	529.5(343.3)
18	S	26788.93	23995.38	13769.99	26788.69	78318.82	45443.99	3.27	529.5(343.3)
19	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
20	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
21	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
22	S	23971.05	10203.63	8541.91	23970.89	73253.86	61398.87	7.18	529.5(343.3)
23	S	21177.64	2997.78	7586.51	21177.66	56065.78	141730.55	18.68	529.5(343.3)
24	S	23971.05	14623.34	4748.65	23971.21	74574.79	24519.04	5.11	529.5(343.3)
25	S	25318.97	11547.28	23247.26	25318.73	66813.01	133175.59	5.74	529.5(343.3)
26	S	21424.72	3377.03	12644.18	21424.54	42635.36	162699.59	12.85	529.5(343.3)
27	S	25318.97	18913.46	16925.17	25318.72	75071.25	67016.52	3.96	529.5(343.3)
28	S	26027.49	12407.55	29102.82	26027.25	63184.88	147137.20	5.06	529.5(343.3)
29	S	22133.25	4237.30	18499.74	22133.17	39103.26	168779.17	9.13	529.5(343.3)
30	S	26027.49	19773.73	22780.73	26027.46	74954.71	86589.15	3.80	529.5(343.3)
31	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
32	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
33	S	21987.90	3938.72	9759.28	21988.01	57216.93	142864.72	14.62	529.5(343.3)
34	S	23514.19	7708.14	13948.35	23514.05	66886.51	120745.47	8.66	529.5(343.3)
35	S	21177.64	2997.78	7586.51	21177.66	56065.78	141730.55	18.68	529.5(343.3)
36	S	23514.19	12127.85	10155.10	23514.22	72591.79	60295.80	5.97	529.5(343.3)
37	S	17387.46	41476.53	15476.40	17387.63	64186.52	24269.06	1.55	529.5(343.3)
38	S	17387.46	13743.79	50931.70	17387.34	40826.50	149505.94	2.94	529.5(343.3)
39	S	20492.36	13743.79	15476.40	20492.35	67016.07	76053.88	4.90	529.5(343.3)
40	S	16943.08	41994.68	15414.76	16942.83	63500.80	23256.88	1.51	529.5(343.3)
41	S	16943.08	14261.94	50870.06	16943.02	40972.82	147623.11	2.90	529.5(343.3)
42	S	20047.98	14261.94	15414.76	20048.04	66560.66	71798.46	4.66	529.5(343.3)
43	S	16838.06	41432.89	16657.62	16838.20	63290.24	25122.91	1.52	529.5(343.3)
44	S	16838.06	13700.14	52112.92	16838.33	38728.27	149509.34	2.87	529.5(343.3)
45	S	19942.95	13700.14	16657.62	19942.94	65922.28	79713.63	4.80	529.5(343.3)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	430.0	180.0	0.00309	438.5	169.9	-0.01553	-438.5	-169.9
2	0.00350	453.5	172.4	0.00335	452.0	161.2	-0.01090	-452.0	-161.2
3	0.00350	430.0	180.0	0.00279	420.3	171.6	-0.02691	-420.3	-171.6
4	0.00350	442.4	178.0	0.00324	438.5	169.9	-0.01110	-438.5	-169.9
5	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01119	-452.0	-161.2
6	0.00350	430.0	180.0	0.00292	420.3	171.6	-0.02207	-420.3	-171.6
7	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
8	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
9	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
10	0.00350	430.0	180.0	0.00301	420.3	171.6	-0.01856	-420.3	-171.6
11	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01028	-438.5	-169.9
12	0.00350	430.0	180.0	0.00273	420.3	171.6	-0.02939	-420.3	-171.6
13	0.00350	430.0	180.0	0.00295	420.3	171.6	-0.02109	-420.3	-171.6
14	0.00350	453.5	172.4	0.00335	452.0	161.2	-0.01090	-452.0	-161.2
15	0.00350	430.0	180.0	0.00271	420.3	171.6	-0.03043	-420.3	-171.6
16	0.00350	430.0	180.0	0.00307	420.3	171.6	-0.01649	-420.3	-171.6
17	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01119	-452.0	-161.2
18	0.00350	430.0	180.0	0.00283	420.3	171.6	-0.02556	-420.3	-171.6
19	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
20	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
21	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
22	0.00350	430.0	180.0	0.00289	420.3	171.6	-0.02335	-420.3	-171.6
23	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01028	-438.5	-169.9
24	0.00350	430.0	180.0	0.00266	420.3	171.6	-0.03229	-420.3	-171.6
25	0.00350	442.4	178.0	0.00329	438.5	169.9	-0.01008	-438.5	-169.9
26	0.00350	453.5	172.4	0.00335	452.0	161.2	-0.01090	-452.0	-161.2
27	0.00350	430.0	180.0	0.00293	420.3	171.6	-0.02169	-420.3	-171.6
28	0.00350	442.4	178.0	0.00333	438.5	169.9	-0.00906	-438.5	-169.9
29	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01119	-452.0	-161.2
30	0.00350	430.0	180.0	0.00304	420.3	171.6	-0.01759	-420.3	-171.6
31	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
32	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
33	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01005	-438.5	-169.9
34	0.00350	442.4	178.0	0.00325	438.5	169.9	-0.01178	-438.5	-169.9
35	0.00350	442.4	178.0	0.00332	438.5	169.9	-0.01028	-438.5	-169.9
36	0.00350	430.0	180.0	0.00288	420.3	171.6	-0.02376	-420.3	-171.6
37	0.00350	430.0	180.0	0.00255	420.3	171.6	-0.03702	-420.3	-171.6
38	0.00350	453.5	172.4	0.00333	452.0	161.2	-0.01234	-452.0	-161.2
39	0.00350	430.0	180.0	0.00294	420.3	171.6	-0.02151	-420.3	-171.6
40	0.00350	430.0	180.0	0.00253	420.3	171.6	-0.03778	-420.3	-171.6
41	0.00350	453.5	172.4	0.00333	452.0	161.2	-0.01245	-452.0	-161.2
42	0.00350	430.0	180.0	0.00292	420.3	171.6	-0.02258	-420.3	-171.6
43	0.00350	430.0	180.0	0.00255	420.3	171.6	-0.03710	-420.3	-171.6
44	0.00350	462.4	163.5	0.00333	452.0	161.2	-0.01291	-452.0	-161.2
45	0.00350	430.0	180.0	0.00296	420.3	171.6	-0.02086	-420.3	-171.6



GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA	
			
		Progetto	Lotto
		IN17	12
		Codifica	
		E12CLVI0104009	
		B	

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.71	442.4	178.0	10.6	-438.5	-169.9	---	---
2	S	1.77	453.5	172.4	11.2	-452.0	-161.2	---	---
3	S	2.92	430.0	180.0	7.8	-438.5	-169.9	---	---
4	S	2.95	442.4	178.0	8.3	-438.5	-169.9	---	---
5	S	2.00	453.5	172.4	8.8	-452.0	-161.2	---	---
6	S	3.16	430.0	180.0	5.4	-438.5	-169.9	---	---
7	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
8	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
9	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
10	S	2.69	442.4	178.0	5.6	-438.5	-169.9	---	---
11	S	1.77	453.5	172.4	11.2	-452.0	-161.2	---	---
12	S	2.91	430.0	180.0	2.7	-420.3	-171.6	---	---
13	S	2.93	442.4	178.0	3.3	-438.5	-169.9	---	---
14	S	2.00	453.5	172.4	8.8	-452.0	-161.2	---	---
15	S	3.14	430.0	180.0	0.4	-438.5	-169.9	0	0.0
16	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
17	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
18	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
19	S	2.68	442.4	178.0	4.4	-438.5	-169.9	---	---
20	S	1.77	453.5	172.4	11.2	-452.0	-161.2	---	---
21	S	2.89	442.4	178.0	1.5	-438.5	-169.9	---	---
22	S	2.92	453.5	172.4	2.0	-438.5	-169.9	---	---
23	S	2.00	453.5	172.4	8.8	-452.0	-161.2	---	---
24	S	3.13	442.4	178.0	-0.9	-438.5	-169.9	158	1.5
25	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
26	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
27	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
28	S	4.52	430.0	180.0	-62.1	-420.3	-171.6	22231	138.5
29	S	3.38	453.5	172.4	-11.3	-452.0	-161.2	3312	23.1
30	S	2.48	442.4	178.0	5.5	-438.5	-169.9	---	---
31	S	4.64	430.0	180.0	-74.7	-420.3	-171.6	25516	155.5
32	S	3.42	453.5	172.4	-13.5	-438.5	-169.9	4048	27.7
33	S	2.48	442.4	178.0	4.4	-438.5	-169.9	---	---
34	S	4.64	430.0	180.0	-71.7	-420.3	-171.6	22804	140.1
35	S	3.43	453.5	172.4	-14.2	-452.0	-161.2	4500	30.8
36	S	2.48	442.4	178.0	4.1	-438.5	-169.9	---	---

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= $(e1 + e2)/(2 * e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e <sub>sm</sub> - e <sub>cm</sub>	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
11	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
12	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
13	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
14	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
15	S	0.00000	0.00000	0.000	.0	79	0.00000 (0.00000)	0 0.002 (990.00)	1418062.32	820583.90
16	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
17	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
18	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
19	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
20	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
21	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
22	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
23	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
24	S	-0.00001	0.00000	0.743	14.0	79	0.00000 (0.00000)	632 0.002 (990.00)	378761.30	443487.36
25	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
26	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
27	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
28	S	-0.00032	0.00000	0.833	14.0	77	0.00019 (0.00019)	898 0.167 (990.00)	76333.20	26254.39
29	S	-0.00006	0.00000	0.833	14.0	83	0.00003 (0.00003)	850 0.029 (990.00)	48828.78	157484.35
30	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
31	S	-0.00039	0.00000	0.833	14.0	77	0.00022 (0.00022)	913 0.205 (990.00)	72826.17	24416.12
32	S	-0.00007	0.00000	0.833	14.0	79	0.00004 (0.00004)	849 0.034 (990.00)	45898.13	140042.72
33	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
34	S	-0.00037	0.00000	0.833	14.0	77	0.00021 (0.00021)	908 0.195 (990.00)	70480.93	27355.58
35	S	-0.00007	0.00000	0.833	14.0	83	0.00004 (0.00004)	861 0.037 (990.00)	42118.63	141770.49
36	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.41	430.0	180.0	9.5	-438.5	-169.9	---	---
2	S	2.64	442.4	178.0	7.2	-438.5	-169.9	---	---
3	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
4	S	2.39	430.0	180.0	6.5	-438.5	-169.9	---	---
5	S	2.63	442.4	178.0	4.2	-438.5	-169.9	---	---
6	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---
7	S	2.39	442.4	178.0	5.8	-438.5	-169.9	---	---
8	S	2.62	442.4	178.0	3.4	-438.5	-169.9	---	---
9	S	1.74	442.4	178.0	12.4	-438.5	-169.9	---	---

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA					
				Progetto	Lotto	Codifica			
				IN17	12	EI2CLVI0104009		B	

3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.37	430.0	180.0	16.0	-420.3	-171.6	---	---
2	S	1.37	430.0	180.0	16.0	-420.3	-171.6	---	---
3	S	1.37	430.0	180.0	16.0	-420.3	-171.6	---	---

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### 9.3 Verifica a taglio

La verifica SLU a taglio viene invece effettuata mediante calcolo diretto distintamente per le due direzioni.

In accordo al §7.9.5 delle NTC2008, le sollecitazioni di progetto sono state assunte pari al valore minimo tra:

- Taglio calcolato sulla base della gerarchia delle resistenze;
- Taglio ricavato moltiplicando il valore derivante dall'analisi per il fattore di struttura  $q$  e per un fattore di sicurezza addizionale  $\gamma_{bd1}$  pari a 1.25.

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo le indicazioni del §4.1.2.1.3.2

[1]:

$$V_{Rcd} = \min(V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha$$

in cui

$d$  altezza utile della sezione

$b_w$  larghezza minima della sezione

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale

$s$  interasse tra due armature trasversali consecutive

$\theta$  inclinazione delle bielle di calcestruzzo (posto pari a 45°)

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

$f_{cd}'$  resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5  $f_{cd}$ )

$\alpha_{cv}$  coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione (posto cautelativamente pari a 1)

**P18 (H=4.0/5.35m)****Calcolo del taglio agente – Direzione Longitudinale**

$H_{pila}$	4.70	m	Altezza fusto pila
$M_{Rd,inf\_long}$	<b>63244.31</b>	kNm	Momento resistente della sezione di base della pila
$M_{E,i\_long}$	36295.71	kNm	Momento sollecitante alla base della pila
$\gamma_{Rd}$	1		Fattore di sovraresistenza (§7.9.5.1 NTC2008)
$V_{E,i\_long}$	6694	kN	Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto
$V_{gr,0}$	10041	kN	Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze $V_{gr0}=\min(V_{ed} \gamma_{rd} M_{rd}/M_{ed}; V_{ed} q)$
$V_{E,i\_long}/V_{gr,c}$	0.667	-	
$\gamma_{Rd}$	1.25	-	Fattore di sovraresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008)
$V_{gr,i\_long}$	12552	kN	Sollecitazione di taglio

**Verifiche**

<b>Direzione Longitudinale</b>				
altezza della sezione	h	3600	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	84	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	1000	mm	
altezza utile della sezione	d	3516	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	2925312	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	$\varnothing_{bl}$	16	mm	
diametro delle staffe	$\varnothing_{st}$	13.3	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	nbw	10.0		
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali)	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale	$\vartheta$	39	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	VRsd	14054	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compressive	VRcd	14054	KN	
taglio resistente di calcolo	VRd	14054	KN	
taglio agente sul pannello	VEd	12552	KN	
	C.S.	0.89	<1	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

<b>Direzione Trasversale</b>				
altezza della sezione	h	9400	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	84	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	800	mm	
altezza utile della sezione	d	9316	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	5887712	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	Øbl	16	mm	
diametro delle staffe	Øst	11.2	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	nbw	4.0		
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali)	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale	$\vartheta$	22	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	VRsd	21211	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	VRcd	21211	KN	
taglio resistente di calcolo	VRd	21211	KN	
taglio agente sul pannello	VEd	6221	KN	
	C.S.	0.29	<1	

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0104009				B

### **P19 (H=4.5/5.85m)**

#### Calcolo del taglio agente – Direzione Longitudinale

$H_{pila}$	5.20	m	Altezza fusto pila
$M_{Rd,inf\_long}$	<b>63500.8</b>	kNm	Momento resistente della sezione di base della pila
$M_{E,i\_long}$	41476.53	kNm	Momento sollecitante alla base della pila
$V_{Rd}$	1		Fattore di sovraresistenza (§7.9.5.1 NTC2008)
$V_{E,i\_long}$	7022	kN	Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto
$V_{gr,0}$	10533	kN	Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze $V_{gr0}=\min(V_{ed} \gamma_{rd} M_{rd}/M_{ed}; V_{ed} q)$
$V_{E,i, long}/V_{gr,c}$	0.667	-	
$V_{Rd}$	1.25	-	Fattore di sovraresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008)
$V_{gr,i, long}$	13167	kN	Sollecitazione di taglio

#### Verifiche

<b>Direzione Longitudianle</b>				
altezza della sezione	h	3600	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	84	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	1000	mm	
altezza utile della sezione	d	3516	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	2925312	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	$\varnothing_{bl}$	16	mm	
diametro delle staffe	$\varnothing_{st}$	13.3	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	n <sub>bw</sub>	10.0		
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali)	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale	$\vartheta$	39	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	$V_{Rsd}$	14054	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	$V_{Rcd}$	14054	KN	
taglio resistente di calcolo	$V_{Rd}$	14054	KN	
taglio agente sul pannello	$V_{Ed}$	13167	KN	
	C.S.	0.94	<1	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

<b>Direzione Trasversale</b>				
altezza della sezione	h	9400	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	84	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	800	mm	
altezza utile della sezione	d	9316	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	5887712	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	Øbl	16	mm	
diametro delle staffe	Øst	11.2	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	nbw	4.0		
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali)	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale	$\vartheta$	22	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	VRsd	21211	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	VRcd	21211	KN	
taglio resistente di calcolo	VRd	21211	KN	
taglio agente sul pannello	VEd	6389	KN	
	C.S.	0.30	<1	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 9.4 Verifica minimi di armatura

Secondo quanto prescritto dalle NTC 2008 e dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” i quantitativi minimi di armatura da rispettare sono:

- L'area dell'armatura longitudinale dovrà essere non inferiore allo 0,6% dell'area della sezione effettiva del calcestruzzo. Questa prescrizione non si applica ai tratti di pile che, per motivi idraulici, sono realizzati a sezione piena; per queste, fatte salve le esigenze di calcolo, si manterrà l'armatura corrispondente alla sezione del tratto cavo immediatamente superiore;
- Le barre di armatura longitudinale non dovranno distare fra loro più di 300 mm compatibilmente con i limiti forniti nella Tab. 2.5.2.2.6-1;

Diametro delle barre [mm]	Massimo interasse delle barre [mm]
32	300
24	250
20	200

Tab. 2.5.2.2.6-1 – Diametri e relativi interassi massimi delle barre

- Non è ammesso l'impiego di staffe elicoidali (spiral);
- Non è consentito congiungere tra loro i bracci delle staffe per sovrapposizione. Le staffe devono essere chiuse risvoltando i bracci nel nucleo di calcestruzzo mediante la piegatura dei ferri di 135° verso l'interno e per una lunghezza non inferiore a 10 volte il diametro della staffa;
- Nella zona di spiccato delle pile e in quella di sommità delle pile a telaio, per un tratto di lunghezza non inferiore a 3 metri non è consentito operare alcun tipo di giunzione delle armature verticali; al di fuori di tale tratto è consentito congiungere, in modo graduale, le barre verticali mediante sovrapposizione o altro. In particolare, le giunzioni devono essere effettuate in modo da interessare non più di 1/3 delle barre longitudinali presenti nella generica sezione, sfalsando due riprese di armatura successive di almeno 40 diametri in senso verticale;
- L'interasse delle armature trasversali s non deve essere superiore a 10 volte il diametro delle barre longitudinali, né a 1/5 del diametro del nucleo della sezione interna alle stesse;
- Nelle pile a sezione cava dovranno prevedersi spille di collegamento fra le armature longitudinali in numero di almeno 6 a metro quadro;
- Nel caso in cui il fattore di struttura “q” sia minore o uguale ad 1,5 l'armatura di confinamento delle pile si devono rispettare le limitazioni sulla percentuale meccanica:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

Sezioni rettangolari piene o cave

In entrambe le direzioni parallele ai lati della sezione deve verificarsi che:

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

Dove:

$A_{sw}$  = Area totale delle staffe e/o delle spille in una direzione di confinamento;

$b$  = Dimensione del nucleo di calcestruzzo confinato perpendicolare alla direzione del confinamento, misurata fra i bracci delle armature più esterne;

$s$  = Interasse verticale delle staffe.

$\zeta = 0,07$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) \geq 0,35 g$

$\zeta = 0,05$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) \geq 0,25 g$

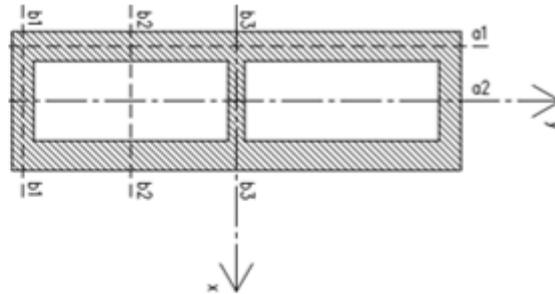
$\zeta = 0,04$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) \geq 0,15 g$

$\zeta = 0,03$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) < 0,15 g$

<b>minimi per armatura flessionale</b>			
numero di ferri longitudinali	n	344	
diametro del ferro longitudinale	fi	16	mm
passo massimo longitudinale	p	20	cm
area dell'armatura longitudinale	As	69165.30386	mm <sup>2</sup>
area di calcestruzzo (non riempito)	Ac	11452700	mm <sup>3</sup>
		0.60%	>0.6%
<b>minimi per armatura trasversale</b>			
diametro minimo armatura a taglio	fi	8	mm
dimensione (diametro) del nucleo	d	4000	mm
interasse massimo staffe	s	160	mm

## Verifica a confinamento

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

Sez. **b1-b1**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

	d	A	n°
sp	10	78.5	8
st	16	200.96	10

A<sub>sw</sub> 2637.6 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.108 \quad \text{ok}$$

b 3500 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **a1-a1**

Confinamento lungo la direzione trasv. del viadotto (direzione y)

	d	A	n°
sp	10	78.5	20
st	16	200.96	10

A<sub>sw</sub> 3579.6 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.057 \quad \text{ok}$$

b 9100 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **b2-b2**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

	d	A	n°
sp	10	78.5	0
st	16	200.96	4

A<sub>sw</sub> 803.84 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.144 \quad \text{ok}$$

b 800 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **a2-a2**

Confinamento lungo la direzione trasv. del viadotto (direzione y)

	d	A	n°
sp	10	78.5	0
st	16	200.96	6

A<sub>sw</sub> 1205.76 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.144 \quad \text{ok}$$

b 1200 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

Sez. **b3-b3**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

	d	A	n°
sp	10	78.5	8
st	16	200.96	8

A<sub>sw</sub> 2235.68 mm<sup>2</sup>

s 150 mm

$$\omega_{wd,r} = 0.092 \quad \text{ok}$$

b 3500 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa

ζ 0.04

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 9.5 Verifica deformabilità

Lo spostamento della singola campata soggetta, convenzionalmente, alle sole azioni di frenatura di 2 modelli di carico LM71, per doppio binario, non vede superare i 5 mm, come prescritto nell'Allegato 3 del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili"

forza massima di frenatura	Ff	1100.0	kN
altezza pila estradosso appoggi	h	5.7	m
rigidezza flessionale longitudinale	J	22.3	m <sup>4</sup>
modulo elastico	E	33345.8	MPa
spostamento in testa pila	D	0.09	mm

## 9.6 Determinazione spostamenti

Per l'identificazione dell'escursione dei giunti tra le testate di due travi adiacenti si richiama il "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" al capitolo 2.5.2.1.5.3 il quale fa riferimento allo spostamento longitudinale  $E_L$  identificabile come il contributo di una dilatazione termica, più un contributo indotto dall'azione sismica sulle fondazioni e sulle pile:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot D_t + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{eg})$$

dove:

- $E_1$ = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- $E_2$ = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;
- $E_3$ = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;
- $k_1$ = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- $k_2$ = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

**spostamento longitudinale indotto dal moto relativo delle pile**

categoria di terreno

**C**

periodo inizio tratto velocità costante

TC

**0.452**

s

periodo tratto a spostamento costante

TD

**2.495**

s

coef. categoria e topografia terreno

S

**1.373**

accelerazione orizzontale max al sito

ag

**0.224**

g

periodo di vibrare longitudinale

T1

**0.10**

sec

fattore di struttura

q

**1.5**

fattore di duttilità in spostamento

 $\mu$ **3.2**

accelerazione di riferimento pila dir. long

ag (T)

**0.43**

g

w

**60.53**

sec

**0.00**

m

spostamento SLV relativo all'analisi spettrale

dEe

**0.0000**

m

spostamento totale relativo

**dEd****0.0037**

m

**spostamento longitudinale indotto dal moto relativo del terreno**

spostamento massimo orizz. del terreno

**dg****0.0850**

m

spostamenti massimi terreno punto i

dji

**0.085**

m

spostamenti massimi terreno punto j

dgi

**0.085**

m

velocità prop. onde di taglio nel terreno

vs

**270**

m/s

distanza tra i-esima tra punto i j (dist. Pile)

x

**25**

m

spostamento massimo rel

dij0

**0.1502**

m

tipologia di moto

**indipendente**

forti discontinuità del terreno

**senza**

distanza

**>20**

terreni

**uguali**

spost. relativo tra due punti dipendenti

di(x)

**0.032**

m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

**spostamento longitudinale relativo alla termica**

variazione termica uniforme	DT	<b>15</b>	°C
coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	<b>1.00E-05</b>	1/°C
dilatazione termica	Dt	<b>0.004</b>	m
dilatazione termica incrementata del 50%	<b>Dt</b>	<b>0.006</b>	m

**spostamento longitudinale finale**

coefficiente non contemporaneità del moto	K1	<b>0.45</b>	
coefficiente controfase pile	k2	<b>0.55</b>	

spostamento longitudinale minimo	EL min	<b>0.13</b>	m
spostamento long di calcolo	EL	<b>0.04</b>	m
spostamento longitudinale	<b>EL</b>	<b>0.131</b>	m

**altri spostamenti longitudinali**

escursione longitudinale giunto	Eg	<b>± 7.5</b>	cm
corsa appoggi mobili	Cap	<b>± 8.2</b>	cm

## 10. Pulvino

Il pulvino presenta un'altezza di 1.5m lato impalcato c.a.p. e un'altezza di 2.85m lato impalcato a travi incorporate, sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni pari a 3.8m x 9.4m rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto.

Su di esso sono disposti gli apparecchi d'appoggio degli impalcati secondo lo schema sotto riportato. Su ogni pulvino sono inoltre presenti un ritegno sismico longitudinale centrale e due trasversali laterali.

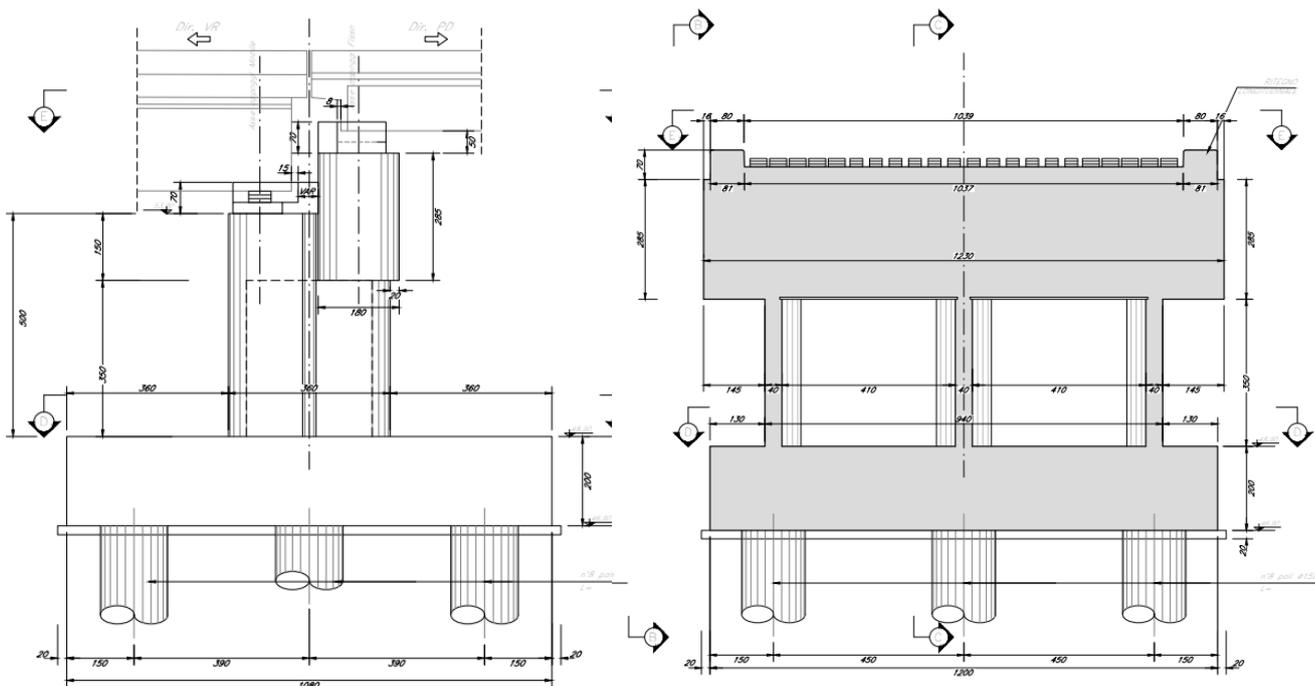


Figura 23 – Sezioni e pianta pulvino

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

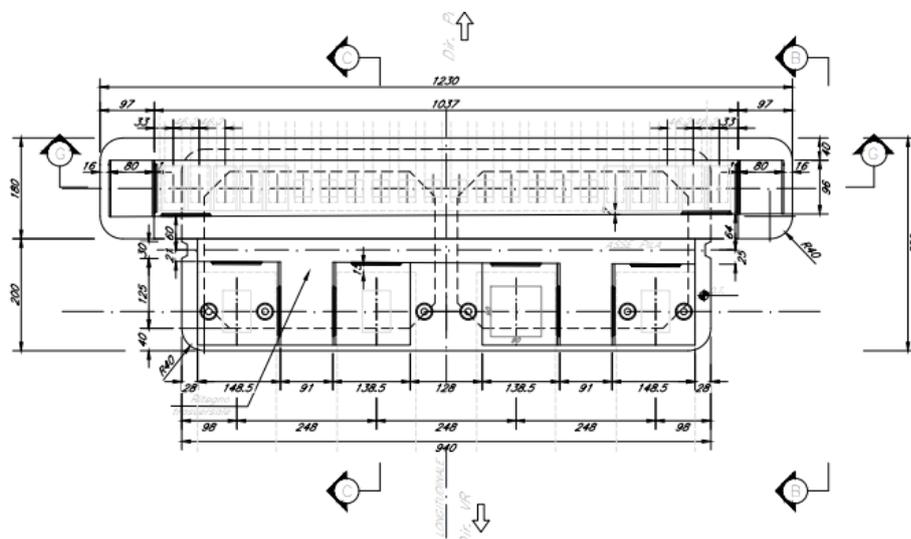


Figura 24 – Sezioni e pianta pulvino

Per la progettazione e verifica delle armature principali e secondarie del pulvino, dei baggioli e dei ritegni si rimanda alla Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni - IN1712EI2CLVI0104021.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 11. Plinto di fondazione

La progettazione del plinto di fondazione vede la determinazione dello stato sollecitativo in funzione dell'interazione tra pali e terreno di fondazione. Le sollecitazioni agenti in testa palo sono state dedotte dalle relazioni geotecniche.

Note le reazioni dei singoli pali, sono state calcolate le sollecitazioni agenti sul plinto mediante un modello spaziale dell'intera struttura di fondazione nel software di calcolo Midas Civil.

### 11.1 Geometria del plinto e della palificata

Nella seguente figura è mostrata la geometria della palificata della tipologia di pila in esame per il viadotto VI01. È inoltre esplicitato il sistema di riferimento e la numerazione dei pali utilizzata nel calcolo.

Si prevedono 6 pali aventi diametro  $D=1500$  mm e lunghezza pari a 37.0m per la pila P18 e pari a 38.0m per la pila P19. Il plinto è caratterizzato da un'altezza di 2.0 m ed ha delle dimensioni in pianta pari a 8.0 m x 12.0 m. Sul plinto di fondazione in esame è previsto un ricoprimento di terreno di spessore pari a 1.0 m. Tra le tipologie di fondazione sopra citate ed analizzate nelle relazioni geotecniche, nei paragrafi che seguono verrà riportato il dimensionamento e la verifica del plinto di fondazione più critico, ovvero quello con pali di lunghezza pari a 38.0m e altezza del fusto pila pari a 4.5/5.85m (pila P19).

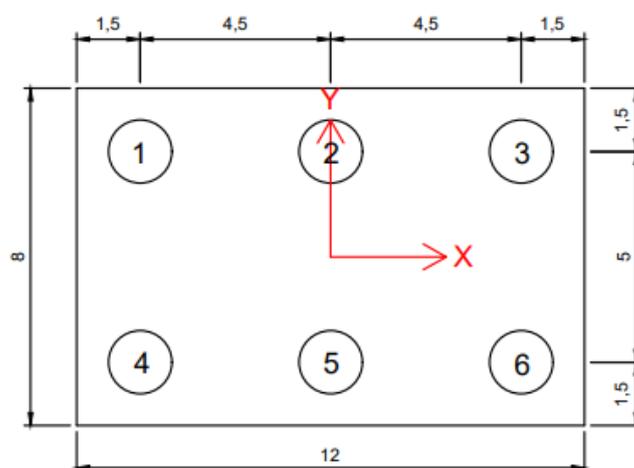


Figura 25 – Geometria del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 11.2 Modellazione strutturale

Per valutare il comportamento del plinto di fondazione è stato realizzato un modello agli elementi finiti, mediante il programma di calcolo Midas Civil.

I vari elementi strutturali presenti nel modello sono stati modellati come di seguito descritto:

- *Plinto di fondazione*: nel suo piano medio mediante elementi “plate-thick” di spessore pari a 2.0 m;
- *Palo di fondazione*: mediante elementi “solid” nel tratto iniziale in prossimità del plinto e mediante un elemento “beam” nel tratto terminale. L'utilizzo di elementi “solid” nella modellazione della parte iniziale dei pali consente infatti di evitare la nascita di forti concentrazioni di tensione nel plinto di fondazione. Favorendo dunque la diffusione delle sollecitazioni provenienti dai pali, si ottiene un comportamento della struttura molto prossimo a quello reale.

Si riporta di seguito una vista tridimensionale, una vista in pianta e un prospetto del modello realizzato.

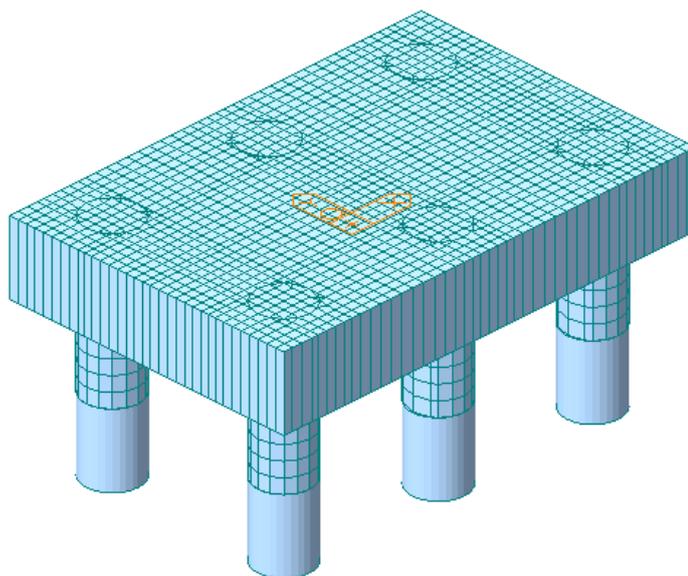


Figura 26 – Vista estrusa del modello agli elementi finiti

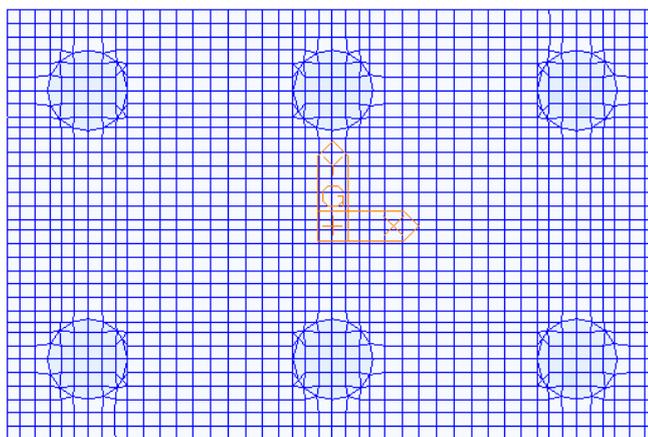


Figura 27 – Pianta del modello agli elementi finiti

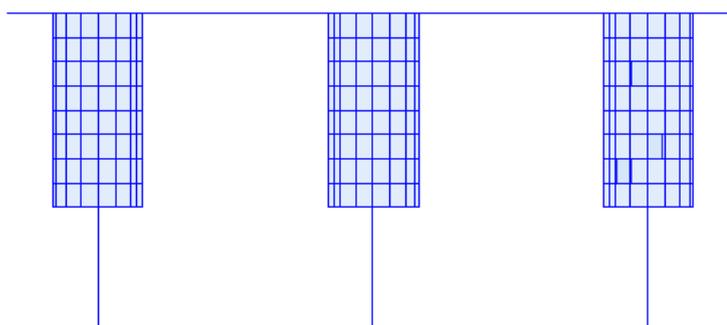


Figura 28 – Prospetto del modello agli elementi finiti

La piastra è vincolata lungo il perimetro della pila cava, cautelativamente con vincoli di incastro perfetto.

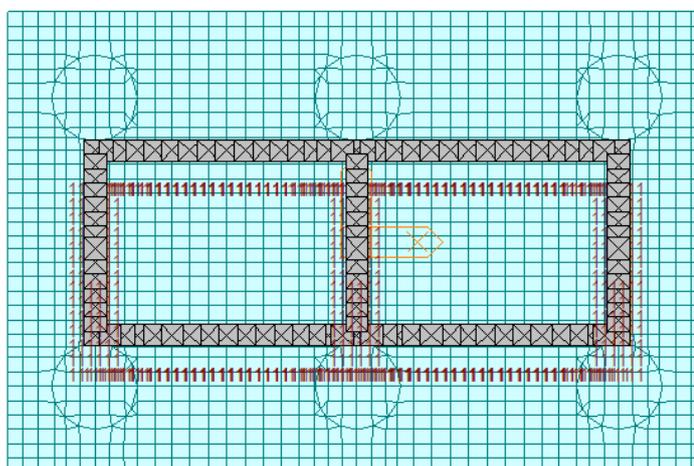


Figura 29 – Sistema di vincoli del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

L'elemento "beam" che schematizza il tratto terminale di ogni singolo palo di fondazione è collegato agli elementi "solid" del tratto superiore mediante una serie di "rigid link".

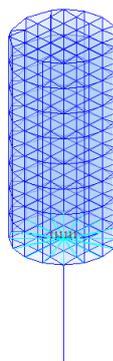


Figura 30 – Sistema di vincoli del palo nel modello agli elementi finiti

Agli elementi "plate" che costituiscono il plinto è stato assegnato un calcestruzzo C25/30, così come ai pali di fondazione.

## 11.3 Azioni di progetto

### 11.3.1 Reazioni dei pali

La progettazione del plinto di fondazione è stata effettuata a partire dalle massime sollecitazioni in testa palo dedotte dalla relazione geotecnica.

Sono state considerate tutte le combinazioni che presentano azioni che:

- presentano il massimo sforzo di compressione sul palo;
- presentano il massimo sforzo di trazione sul palo;
- massimizzano il momento longitudinale;
- massimizzano il momento trasversale;
- massimizzano le deformazioni del plinto.

Le combinazioni agli SLU, SLV, SLE e SLD sono quelle esplicitate nel paragrafo 7.

Tali azioni sono state applicate nel modello di calcolo in termini di reazioni dei pali, mediante delle forze e dei momenti nodali alla base degli elementi beam che schematizzano la parte terminale dei pali stessi.

A titolo di esempio, nella figura che segue sono riportate le forze e momenti nodali della combinazione SLU-Treno 1- Sisma principale in direzione longitudinale.

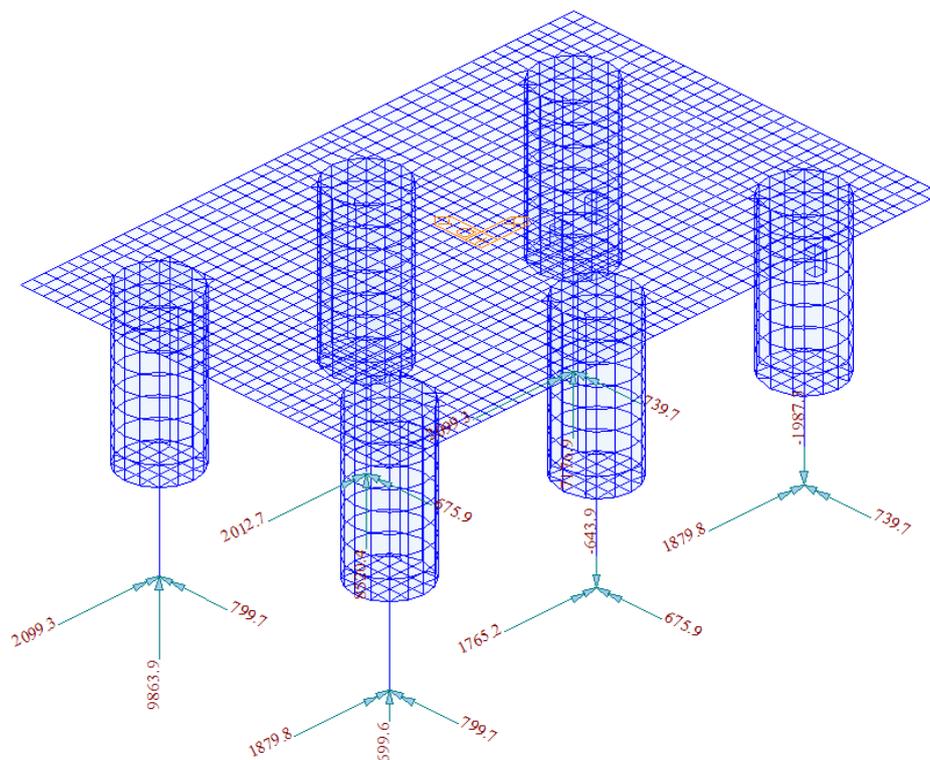


Figura 31 – Applicazione delle reazioni dei pali nel modello agli elementi finiti

### 11.3.2 Peso proprio plinto di fondazione

Il peso proprio del plinto di fondazione è stato valutato assumendo per il calcestruzzo un peso specifico  $\gamma_{\text{cls}}$  pari a 25 kN/m<sup>3</sup>, ed è stato calcolato automaticamente dal programma.

### 11.3.3 Peso terreno di ricoprimento

Il terreno di ricoprimento, caratterizzato da un peso specifico  $\gamma_{\text{terreno}}$  pari a 19 kN/m<sup>3</sup>, è stato applicato come carico uniformemente distribuito sul plinto di fondazione, in tutta la zona esterna all'impronta del fusto pila.

$$P_{\text{terreno}} = \gamma_{\text{terreno}} \cdot h_{\text{rinterreno}} = 19 \cdot 1.0 = 19.0 \text{ kN/m}^2$$

## 11.4 Risultati di analisi

Si riportano a titolo di esempio alcuni dei diagrammi delle sollecitazioni ritenuti più significativi. Le sollecitazioni sono espresse come forze al metro; gli assi locali e la convenzione di lettura degli output degli elementi è riportata a seguire.

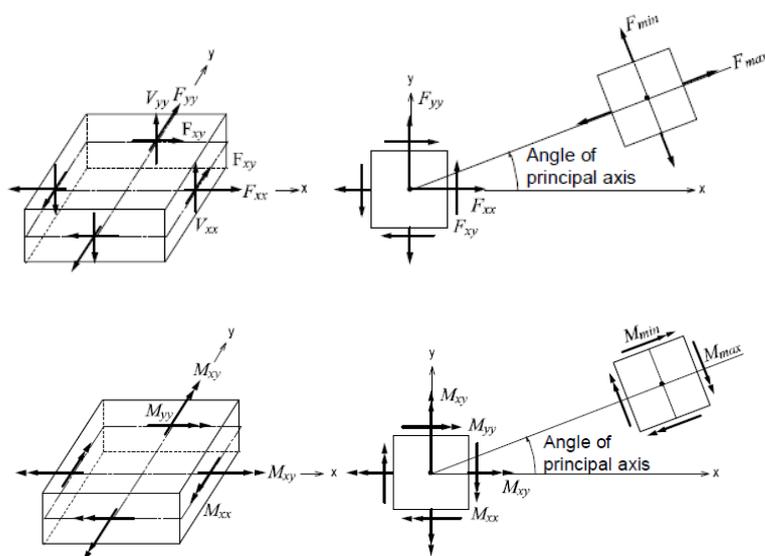


Figura 32 – Posizioni di output delle forze dell'elemento piastra per unità di lunghezza e convenzione del segno

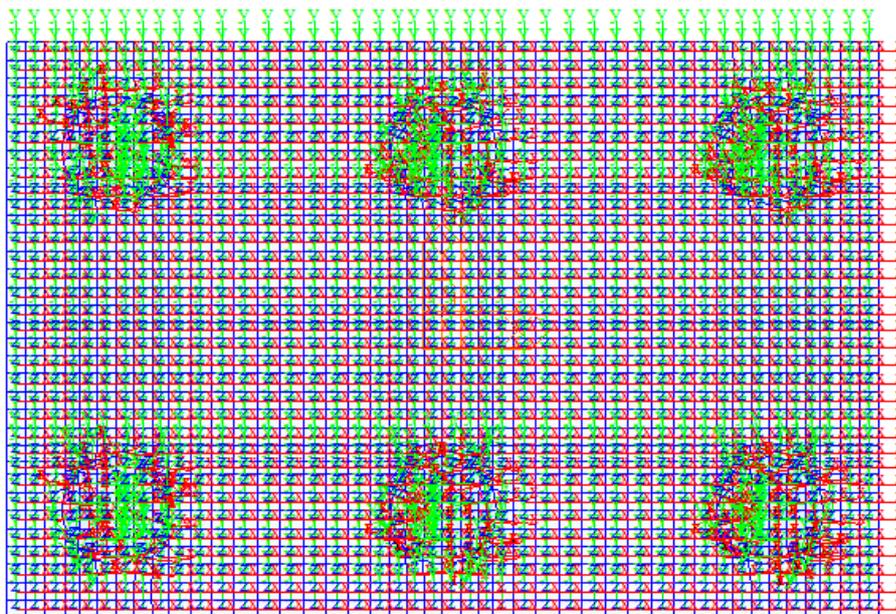


Figura 33 – Assi locali per gli elementi del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

La direzione 1 del Wood Armer Moment coincide con la direzione X del sistema di riferimento riportato nel par. 11.1.

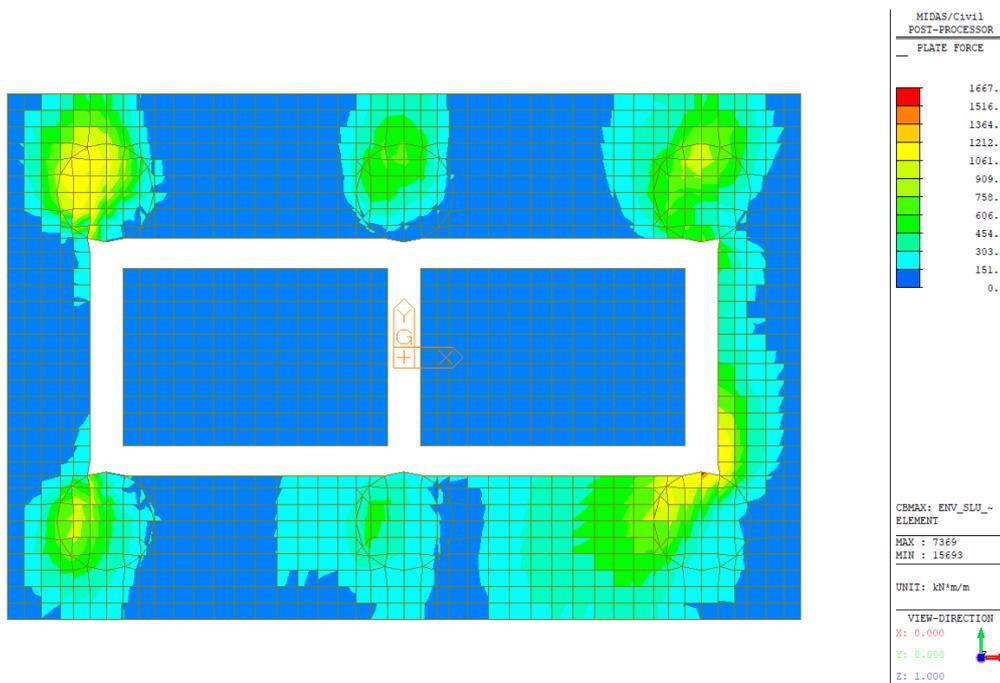


Figura 34 – Wood Armer Moment – Direction1 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

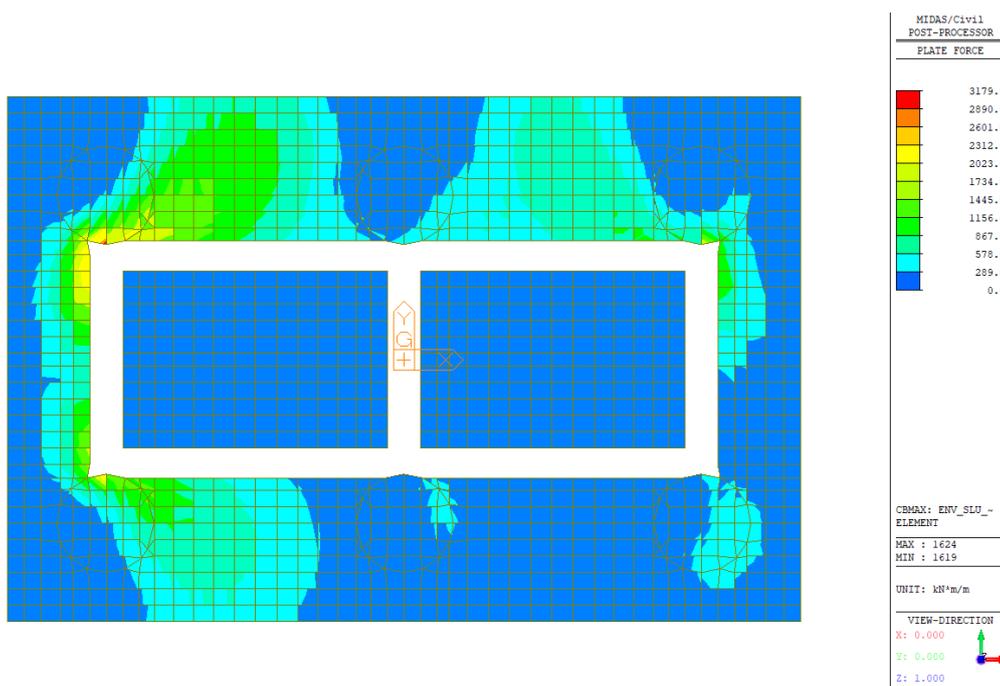


Figura 35 – Wood Armer Moment – Direction1 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

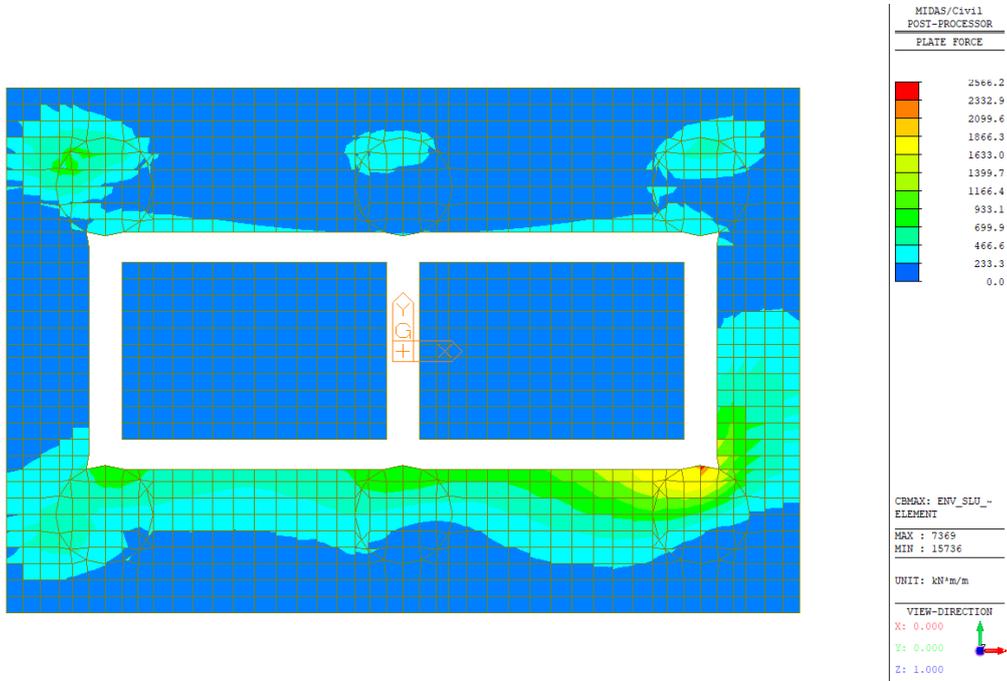


Figura 36 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

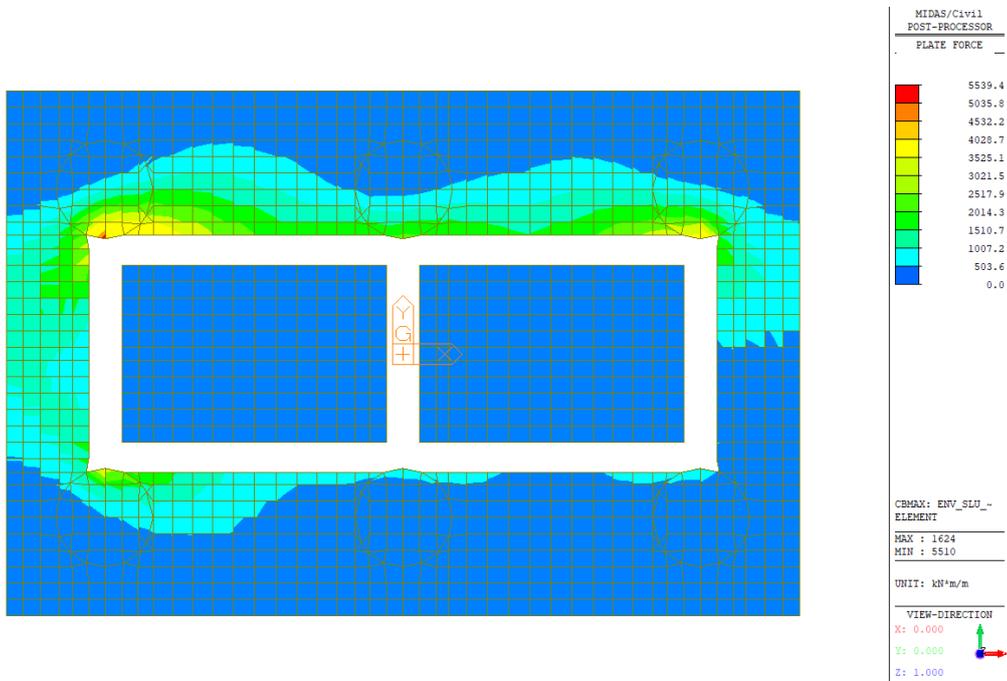


Figura 37 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104009

B

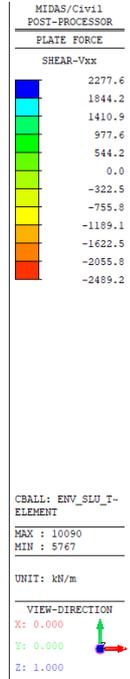
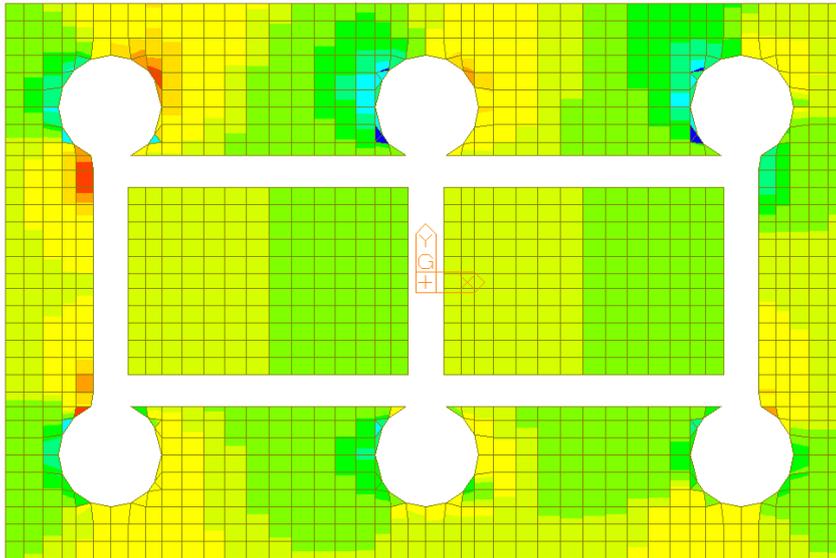


Figura 38 – Vxx, Involuppo SLU/SLV

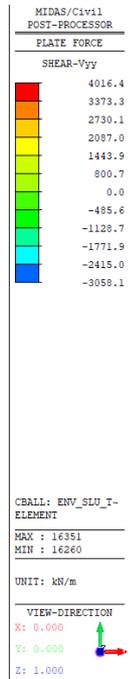
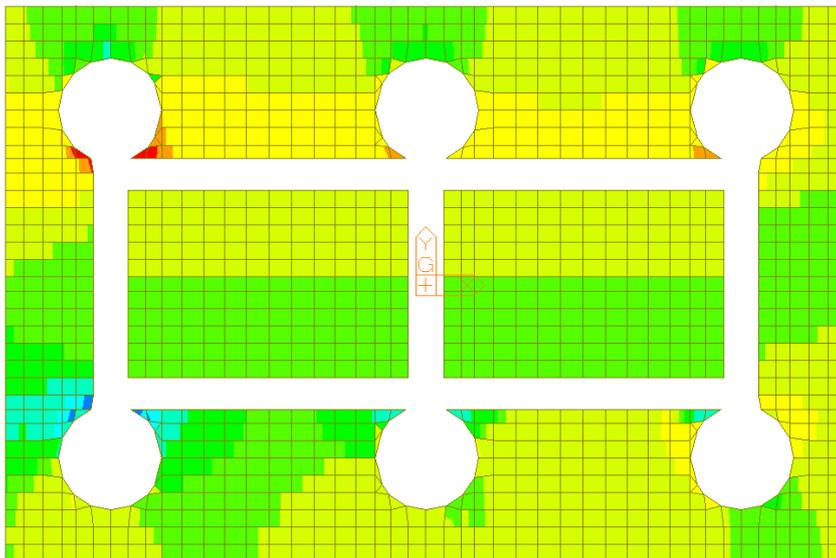


Figura 39 – Vyy, Involuppo SLU/SLV

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 11.5 Dimensionamento e verifica delle armature

### 11.5.1 Dimensionamento delle armature

In funzione delle sollecitazioni precedentemente riportate è stata definita per il plinto la seguente armatura.

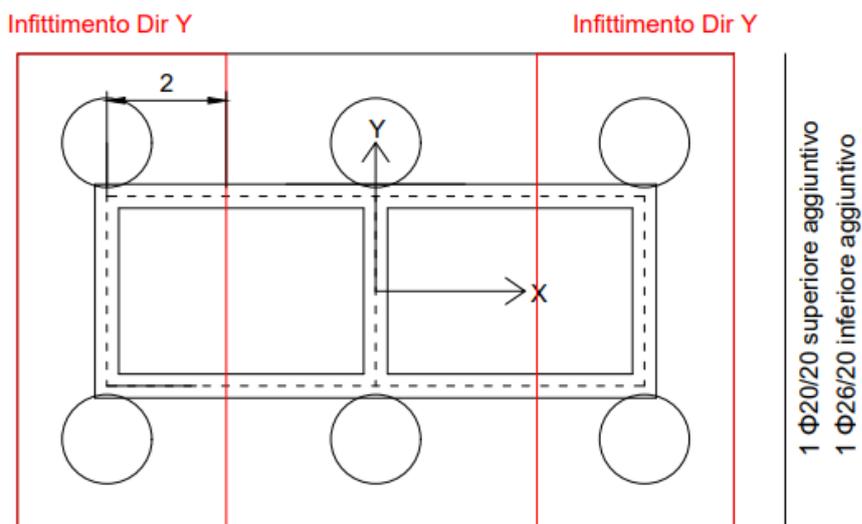
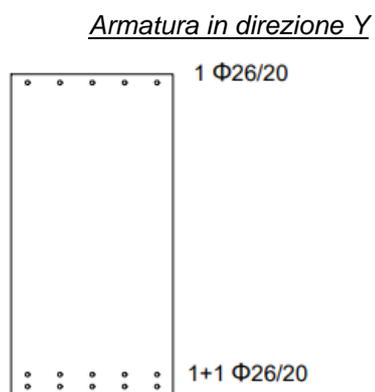
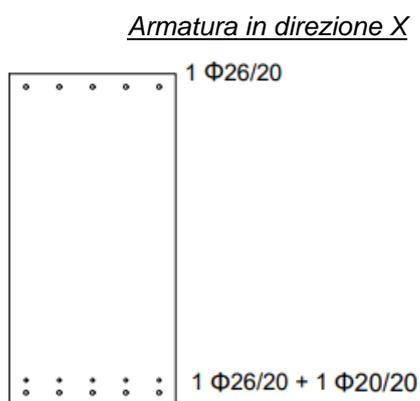


Figura 40 – Zone di infittimento dell'armatura a flessione del plinto

### Maglia base



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### Armatura aggiuntiva

#### Armatura in direzione Y

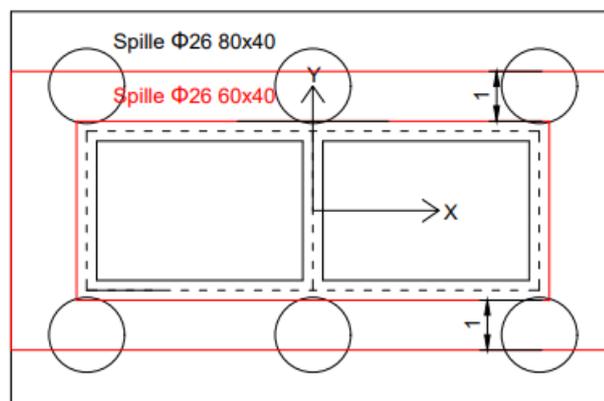
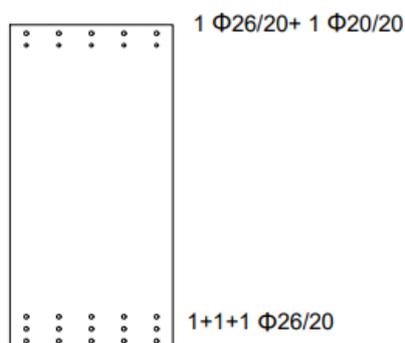


Figura 41 – Armatura a taglio del plinto

#### 11.5.2 Verifica a flessione

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

Sono state considerate due sezioni distinte per il dimensionamento e la verifica delle armature nelle due direzioni X e Y, di altezza pari all'altezza del plinto (2.0 m) e di larghezza pari a 1 m.

Il plinto è stato verificato nei confronti dei momenti massimi derivanti dagli involucri delle combinazioni SLU, SLV, SLE rara, SLE fessurazione, SLE quasi permanente, sia nelle zone di infittimento che nelle zone in cui è presente la sola maglia di base.

Tali sollecitazioni sono riportate nella tabella che segue. Le sollecitazioni massime sono ottenute mediando i valori nell'intorno del picco su una larghezza di circa 1 m.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

	W-A Mom_Top_X (kNm/m)	W-A Mom_Top_Y (kNm/m)	W-A Mom_Bottom_X (kNm/m)	W-A Mom_Bottom_Y (kNm/m)
SLU/SLV	933.2	1768.5	1665.7	3652.1
SLE Rara	605.8	779.1	1100.0	2526.7
SLE Fessurazione	411.7	266.8	646.7	1575.7
SLE Quasi Perm.	277.1	188.1	352.2	862.3

A titolo di esempio, vengono riportati gli output del programma per le due sezioni nelle zone di infittimento e per tutti i casi di carico sopra descritti.

#### Sezione per la verifica delle armature in direzione X

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: VI01\_P19\_DirX

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009 B

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C25/30	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	50.0	100.0
2	50.0	-100.0
3	-50.0	-100.0
4	-50.0	100.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	-84.6	20
2	20.0	-84.6	20
3	0.0	-84.6	20
4	-20.0	-84.6	20
5	-40.0	-84.6	20
6	40.0	92.1	26
7	20.0	92.1	26
8	0.0	92.1	26
9	-20.0	92.1	26
10	-40.0	92.1	26
11	40.0	-92.1	26
12	20.0	-92.1	26
13	0.0	-92.1	26
14	-20.0	-92.1	26
15	-40.0	-92.1	26

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-933.20	0.00
2	0.00	1665.70	0.00

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-605.80	0.00
2	0.00	1100.00	0.00

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0104009	B

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-411.70 (-1904.28)	0.00 (0.00)
2	0.00	646.70 (1940.75)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-277.10 (-1904.28)	0.00 (0.00)
2	0.00	352.20 (1940.75)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-933.20	0.00	-1997.55	2.14	42.3(29.6)
2	S	0.00	1665.70	0.00	3042.46	1.83	42.3(29.6)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.053	50.0	-100.0	0.00079	40.0	-92.1	-0.06231	40.0	92.1
2	0.00350	0.054	50.0	100.0	0.00086	40.0	92.1	-0.06080	40.0	-92.1

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c           Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d               Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000342607	-0.030760719	0.053	0.700
2	0.000000000	0.000334699	-0.029969871	0.054	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max            Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max   Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min            Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min   Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.            Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.            Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.66	50.0	-100.0	-125.6	-40.0	92.1	2000	26.5
2	S	2.66	50.0	100.0	-150.0	-40.0	-92.1	2640	42.3

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.                La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica  
e1                Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2                Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1                = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt                = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2                = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3                = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4                = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø                 Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf                Coprifermo [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm      Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max            Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk                Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess.          Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess.          Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00066	0	0.500	26.0	66	0.00038 (0.00038)	557	0.210 (990.00)	-1904.28	0.00
2	S	-0.00079	0	0.500	23.4	66	0.00045 (0.00045)	473	0.213 (990.00)	1940.75	0.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.13	50.0	-100.0	-85.4	-40.0	92.1	2000	26.5
2	S	1.56	50.0	100.0	-88.2	-40.0	-92.1	2640	42.3

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0104009	B

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00045	0	0.500	26.0	66	0.00026 (0.00026)	557	0.143 (0.20)	-1904.28	0.00
2	S	-0.00046	0	0.500	23.4	66	0.00026 (0.00026)	473	0.125 (0.20)	1940.75	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.76	50.0	-100.0	-57.5	-40.0	92.1	2000	26.5
2	S	0.85	50.0	100.0	-48.0	-40.0	-92.1	2640	42.3

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00030	0	0.500	26.0	66	0.00017 (0.00017)	557	0.096 (990.00)	-1904.28	0.00
2	S	-0.00025	0	0.500	23.4	66	0.00014 (0.00014)	473	0.068 (990.00)	1940.75	0.00

#### Sezione per la verifica delle armature in direzione Y

##### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: VI01\_P19\_DirY

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

##### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa	
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104009

B

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  :

1.00

Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  :

0.50

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	50.0	100.0
2	50.0	-100.0
3	-50.0	-100.0
4	-50.0	100.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	-79.8	26
2	20.0	-79.8	26
3	0.0	-79.8	26
4	-20.0	-79.8	26
5	-40.0	-79.8	26
6	40.0	87.3	20
7	20.0	87.3	20
8	0.0	87.3	20
9	-20.0	87.3	20
10	-40.0	87.3	20
11	40.0	-87.2	26
12	20.0	-87.2	26
13	0.0	-87.2	26
14	-20.0	-87.2	26
15	-40.0	-87.2	26
16	40.0	-94.7	26
17	20.0	-94.7	26
18	0.0	-94.7	26
19	-20.0	-94.7	26
20	-40.0	-94.7	26
21	40.0	94.7	26
22	20.0	94.7	26
23	0.0	94.7	26
24	-20.0	94.7	26
25	-40.0	94.7	26

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-1768.50	0.00
2	0.00	3652.10	0.00

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA		
		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0104009
				B

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-779.10	0.00
2	0.00	2526.70	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-266.80 (-2032.66)	0.00 (0.00)
2	0.00	1575.70 (2120.10)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-188.10 (-2032.66)	0.00 (0.00)
2	0.00	862.30 (2120.10)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-1768.50	0.00	-3222.52	1.82	68.8(29.6)
2	S	0.00	3652.10	0.00	5626.96	1.54	79.6(29.6)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.068	50.0	-100.0	0.00210	40.0	-94.7	-0.04792	40.0	94.7
2	0.00350	0.083	50.0	100.0	0.00235	40.0	94.7	-0.03878	40.0	-94.7

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000264100	-0.022909972	0.068	0.700
2	0.000000000	0.000217144	-0.018214449	0.083	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.64	50.0	-100.0	-104.3	-40.0	94.7	2000	42.3
2	S	4.70	50.0	100.0	-194.7	-40.0	-94.7	3200	79.6

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
				Progetto	Lotto	Codifica	
				IN17	12	EI2CLVI0104009	B

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max			wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00054	0	0.500	23.4	40	0.00031	0.00031	324	0.101	(990.00)	-2032.66	0.00
2	S	-0.00101	0	0.500	26.0	40	0.00062	0.00058	314	0.193	(990.00)	2120.10	0.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.56	50.0	-100.0	-35.7	-40.0	94.7	2000	42.3
2	S	2.93	50.0	100.0	-121.4	-40.0	-94.7	3200	79.6

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max			wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00018	0	0.500	23.4	40	0.00011	0.00011	324	0.035	(0.20)	-2032.66	0.00
2	S	-0.00063	0	0.500	26.0	40	0.00036	0.00036	314	0.114	(0.20)	2120.10	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.40	50.0	-100.0	-25.2	-40.0	94.7	2000	42.3
2	S	1.61	50.0	100.0	-66.5	-40.0	-94.7	3200	79.6

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max			wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00013	0	0.500	23.4	40	0.00008	0.00008	324	0.024	(990.00)	-2032.66	0.00
2	S	-0.00034	0	0.500	26.0	40	0.00020	0.00020	314	0.063	(990.00)	2120.10	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

### 11.5.3 Verifica a taglio

La verifica SLU a taglio viene invece effettuata mediante calcolo diretto distintamente per le due direzioni. Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo le indicazioni del §4.1.2.1.3.2 [1]:

$$V_{Rcd} = \min(V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha$$

in cui:

- d altezza utile della sezione
- $b_w$  larghezza minima della sezione
- $A_{sw}$  area dell'armatura trasversale
- s interasse tra due armature trasversali consecutive
- $\theta$  inclinazione delle bielle di calcestruzzo (posto pari a 45°)
- $\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento
- $f_{cd}'$  resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5  $f_{cd}$ )
- $\alpha_{cv}$  coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione (posto cautelativamente pari a 1)

La verifica è stata effettuata nei confronti del valore massimo di taglio  $V_{Ed,max}$ , per le combinazioni SLU e SLV.

In particolar modo, per ogni elemento plate e per ogni combinazione è stato calcolato il taglio

risultante  $V_{Ed} = \sqrt{V_{xx}^2 + V_{yy}^2}$ , dove  $V_{xx}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse x locale

dell'elemento plate, mentre  $V_{yy}$  è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse y. Il taglio di progetto è ottenuto poi mediando le sollecitazioni nell'intorno del picco su una larghezza di circa 1 m.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

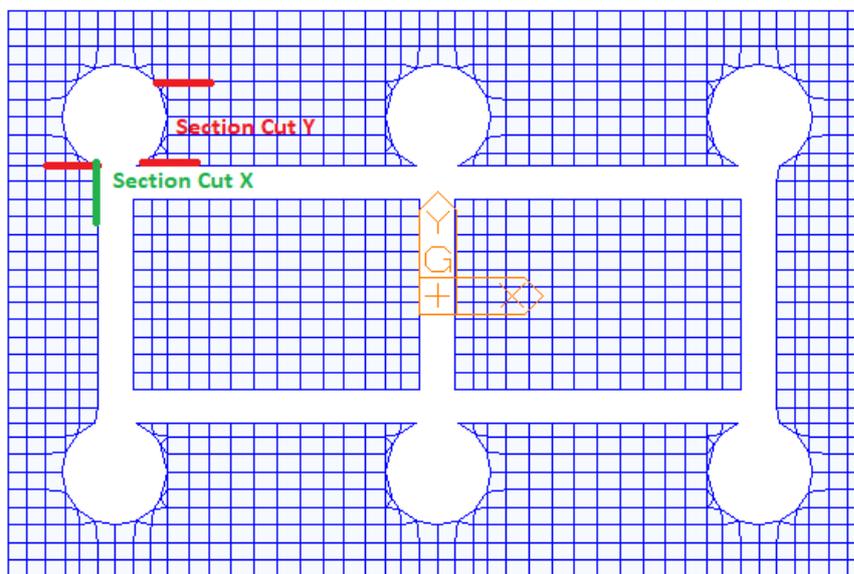


Figura 42 – Section cut considerate per la verifica a taglio

Non sono stati presi in considerazione gli elementi “plate” del plinto di fondazione in corrispondenza dei pali e della pila.

Di seguito viene esplicitata la verifica a taglio per la sezione più gravosa, sulla quale agisce un taglio massimo  $V_{Ed,max} = 3422 \text{ kN/m}$ .

### Caratteristiche materiali

#### CIs

$R_{ck}$	30	$\text{N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	24.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	32.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	14.11	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	2.56	$\text{N/mm}^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctm}$	3.07	$\text{N/mm}^2$	resistenza a trazione media per fessurazione
$E_{cm}$	31447	$\text{N/mm}^2$	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ )
$\nu$	0.2		coefficiente di Poisson

#### Acciaio barre longitudinali

$f_{yk}$	450	$\text{N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{yd}$	391.3	$\text{N/mm}^2$	resistenza di progetto di snervamento

#### Acciaio staffe

$f_{yk}$	450	$\text{N/mm}^2$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{yd}$	391.3	$\text{N/mm}^2$	resistenza di progetto di snervamento

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104009	B

### Calcoli preliminari

$A_{sl}$	2654.6	mm <sup>2</sup>	area dell'armatura longitudinale
$\rho_l$	0.0014		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0014		rapporto considerato nei calcoli
$\sigma_{cp}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media considerata nei calcoli
$n_{bw}$	<b>1.67</b>		numero di bracci degli spilli (in 1 m)
$\varphi_{st}$	<b>26</b>	mm	diametro degli spilli
$s_{st}$	<b>400</b>	mm	passo degli spilli
$A_{sw}$	884.9	mm <sup>2</sup>	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

### Elemento non armato a taglio

k	1.32		
$k_{eff}$	1.32		
$v_{min}$	0.27		
$V_{Rd,1}$	459.58	KN	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	509.13	KN	taglio resistente - valore 2
$V_{Rd}$	509.13	KN	taglio resistente di calcolo

### Elemento armato a taglio

$\alpha$	1.571	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
$\theta$	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
$f'_{cd}$	7.055	N/mm <sup>2</sup>	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$\alpha_c$	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
$N_{Rd}$	28220	KN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
$V_{Rsd}$	3693.4	KN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	4224.1	KN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	3693.4	KN	taglio resistente di calcolo
$V_{Ed}$	<b>3422</b>	kN	Taglio di calcolo
Verifica	ok		
FS	1.08		Coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

#### 11.5.4 Verifica a taglio-punzonamento

Vista la geometria del plinto di fondazione a 6 pali, la verifica a taglio-punzonamento non è necessaria.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104009	B

## 12. Valutazione della accettabilità dei risultati ottenuti (rif.par.10.2 DM 14/01/2008)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (MIDAS).

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851.

I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.

Per lo studio dei plinti di fondazione sono stati sviluppati modelli agli elementi finiti a piastra caricati con tutti i carichi analizzati in modo da ottenere, in base alla distribuzione effettiva delle sollecitazioni, la corretta distribuzione di dettaglio delle armature.

Il confronto tra i risultati del PE con quelli del PD è stato criticamente eseguito al fine di validare i valori ottenuti.