

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 P60 e P61**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due 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 1 7	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: IN1712EI2CLVI0104017B
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea		Cod. origine:

<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>EI2CLVI0104017</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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.....	18
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 EI2CLVI0104017	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.....	86
9.5 Verifica deformabilità.....	89
9.6 Determinazione spostamenti.....	89
10. PULVINO .....	92
11. PLINTO DI FONDAZIONE .....	94
11.1 Geometria del plinto e della palificata .....	94
11.2 Modellazione strutturale .....	95
11.3 Azioni di progetto .....	97
11.3.1 <i>Reazioni dei pali</i> .....	97
11.3.2 <i>Peso proprio plinto di fondazione</i> .....	98
11.3.3 <i>Peso terreno di ricoprimento</i> .....	98
11.4 Risultati di analisi .....	99
11.5 Dimensionamento e verifica delle armature .....	103
11.5.1 <i>Dimensionamento delle armature</i> .....	103
11.5.2 <i>Verifica a flessione</i> .....	104
11.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	114
11.5.4 <i>Verifica a taglio-punzonamento</i> .....	117
12. VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008) .....	122

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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 pari a 6.0-7.35m, con fondazione 12.0m x 12.0m x 2.5m su 9 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 (P60-P61). Si prende a riferimento la pila P60.

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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 EI2CLVI0104017	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>EI2CLVI0104017</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0104017
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0104017					

$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	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 EI2CLVI0104017	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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 EI2CLVI0104017	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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 12.0m e di spessore 2.5m. Le fondazioni previste sono su pali (9 pali  $\Phi$ 1500).

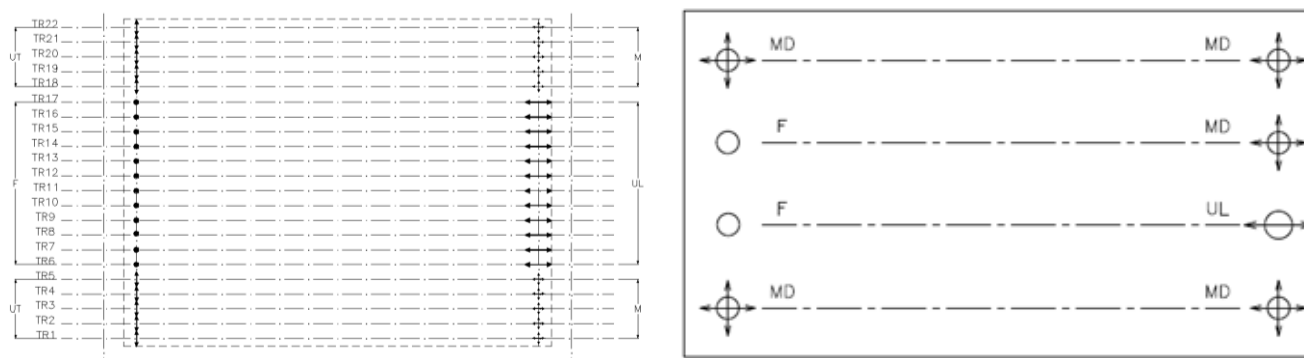


Figura 1 - Schema appoggi

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

B

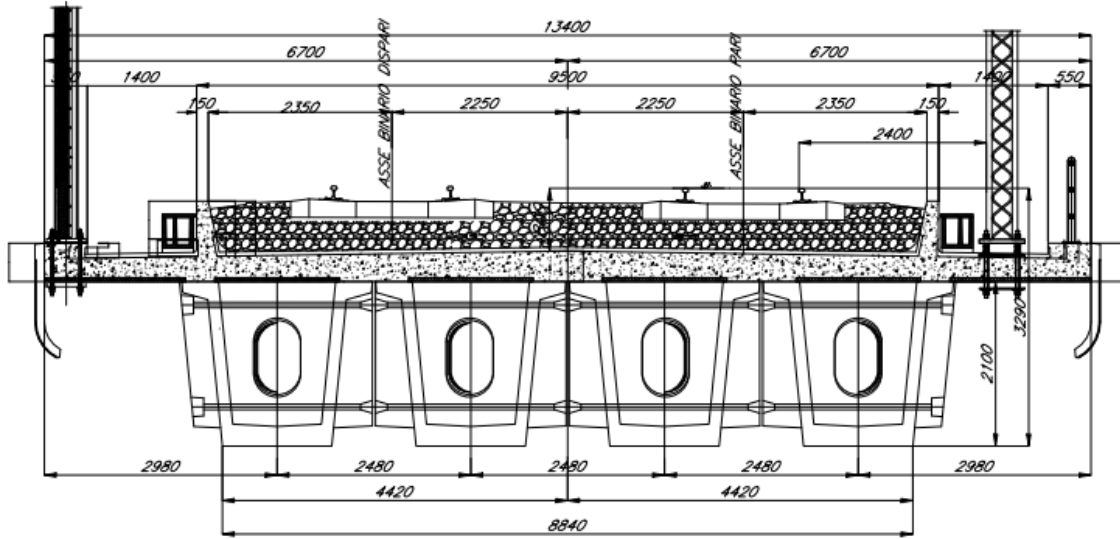


Figura 2 - Sezione impalcato c.a.p.

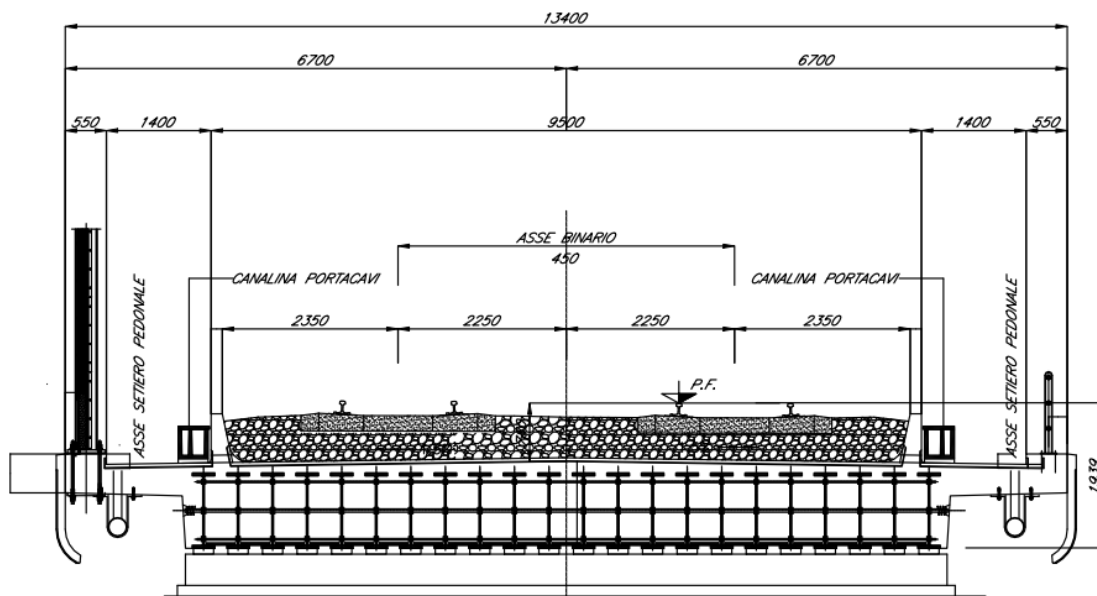


Figura 3 - Sezione impalcato travi incorporate

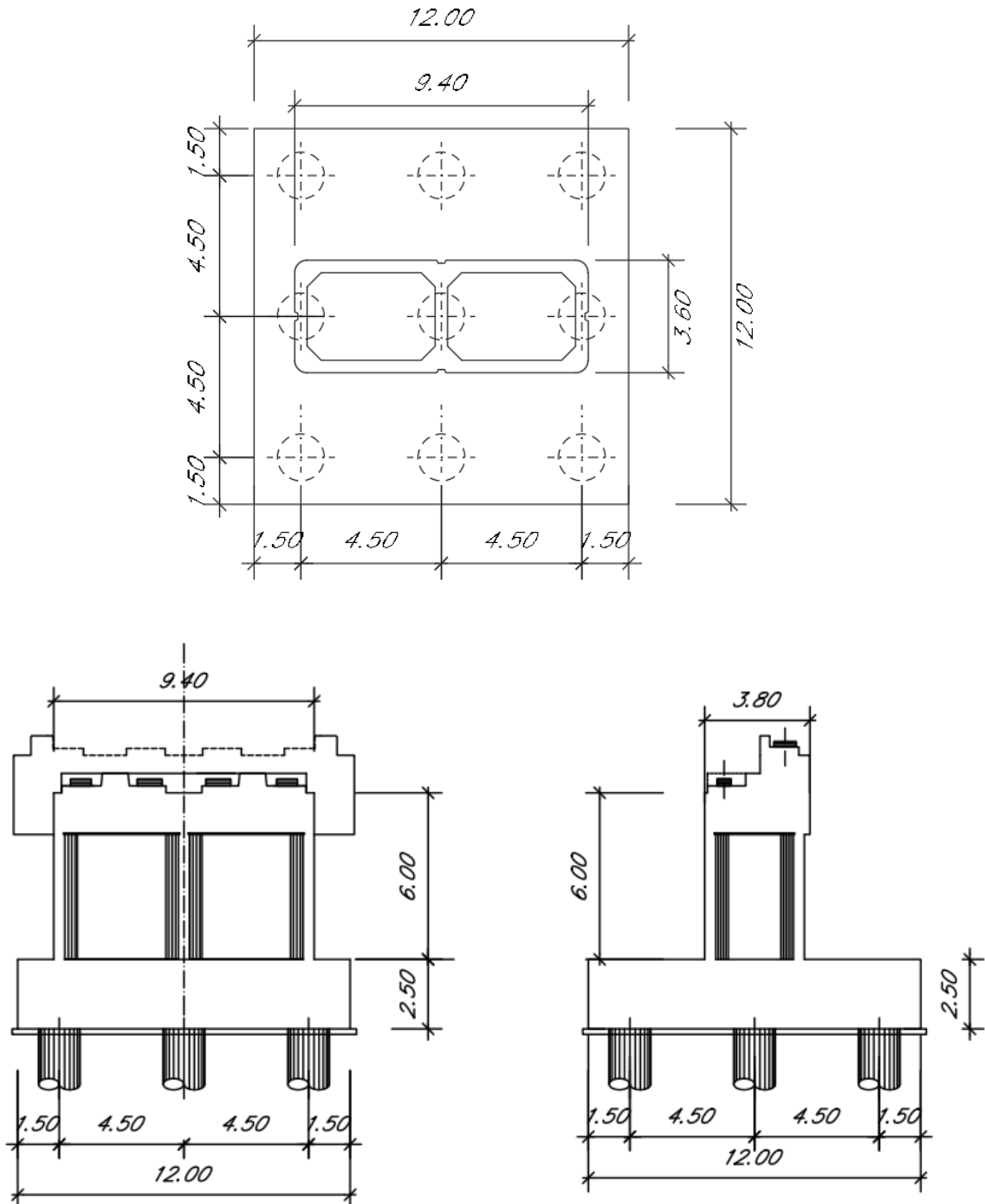


Figura 4 - Pianta e sezioni pila

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

## 6. Analisi dei carichi

### 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 struttrutturali	$G_2$	<b>5390</b>	kN	<b>4106</b>	kN

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



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

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.

<b>PILA</b>			
altezza pila (estradosso fond-estradosso pulvino)	Hp	<b>6.70</b>	m
tipologia di sezione		<b>rettangolare</b>	
larghezza trasversale pila	b	<b>9.40</b>	m
larghezza longitudinale pila	d	<b>3.60</b>	m
raggio angolo esterno	r	<b>0.40</b>	m
area della sezione	A	<b>11.45</b>	m <sup>2</sup>
inerzia sezione direzione trasversale	I11	<b>103.81</b>	m <sup>4</sup>
inerzia sezione direzione longitudinale	I22	<b>22.26</b>	m <sup>4</sup>
modulo elastico cls pila	E <sub>c</sub>	<b>33346</b>	MPa
eventuale abbattimento del modulo	%	<b>50</b>	
modulo di calcolo	E	<b>16673</b>	MPa
calcestruzzo	f <sub>ck</sub>	<b>32</b>	MPa
massa pila	mp	<b>1288</b>	kN

<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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

<b>FONDAZIONE</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>12.00</b>	m
larghezza in direzione longitudinale	d	<b>10.80</b>	m
altezza della fondazione	h	<b>2.00</b>	m
area della fondazione	Af	<b>129.60</b>	m <sup>2</sup>
pali di fondazione	Φ	<b>1.50</b>	m
numero di pali	n.	<b>8</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	10567	1071
scarichi estradosso Fondazione - G2	4748	706
scarichi intradosso Fondazione - G1	18871	1071
scarichi intradosso Fondazione - G2	4748	706

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.

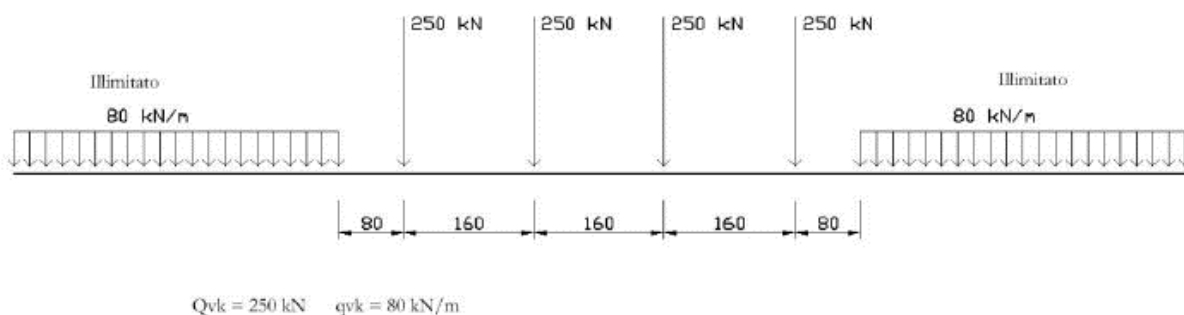
GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

## 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.



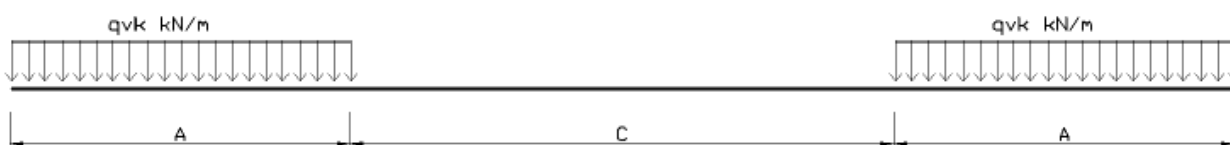
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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:

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

## 6.4 Disposizione treni di carico

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

- 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:

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

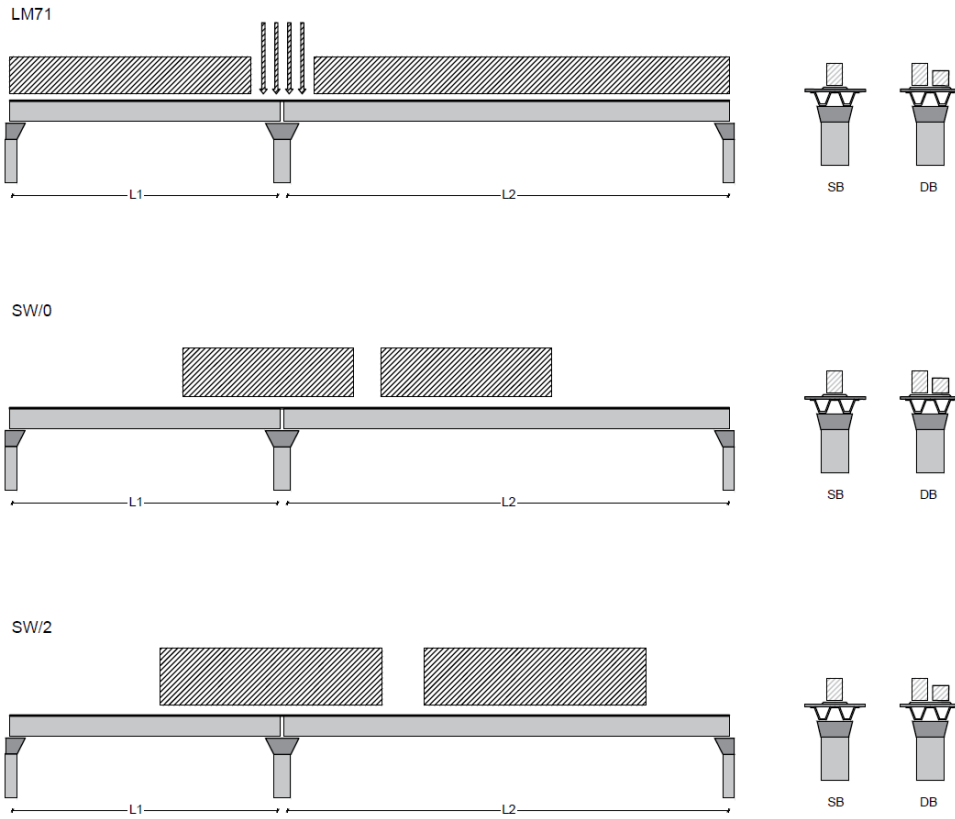


Figura 5- Posizione treni di carico - massimo sforzo assiale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104017

B

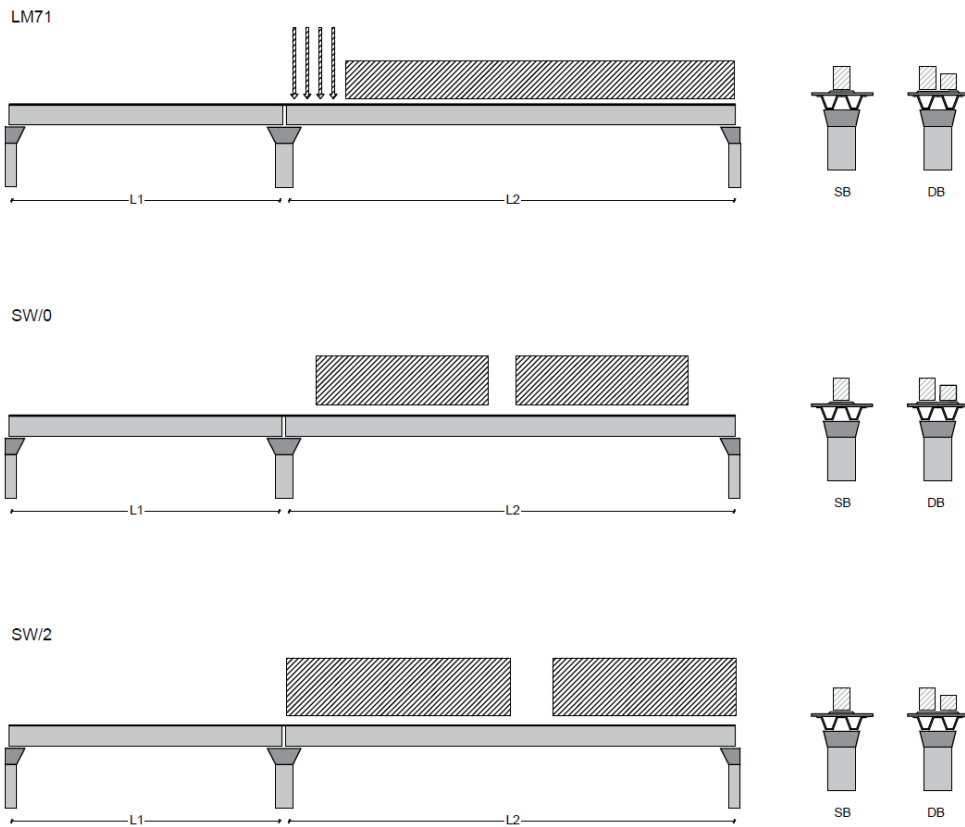


Figura 6- Posizione treni di carico – massimo momento longitudinale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

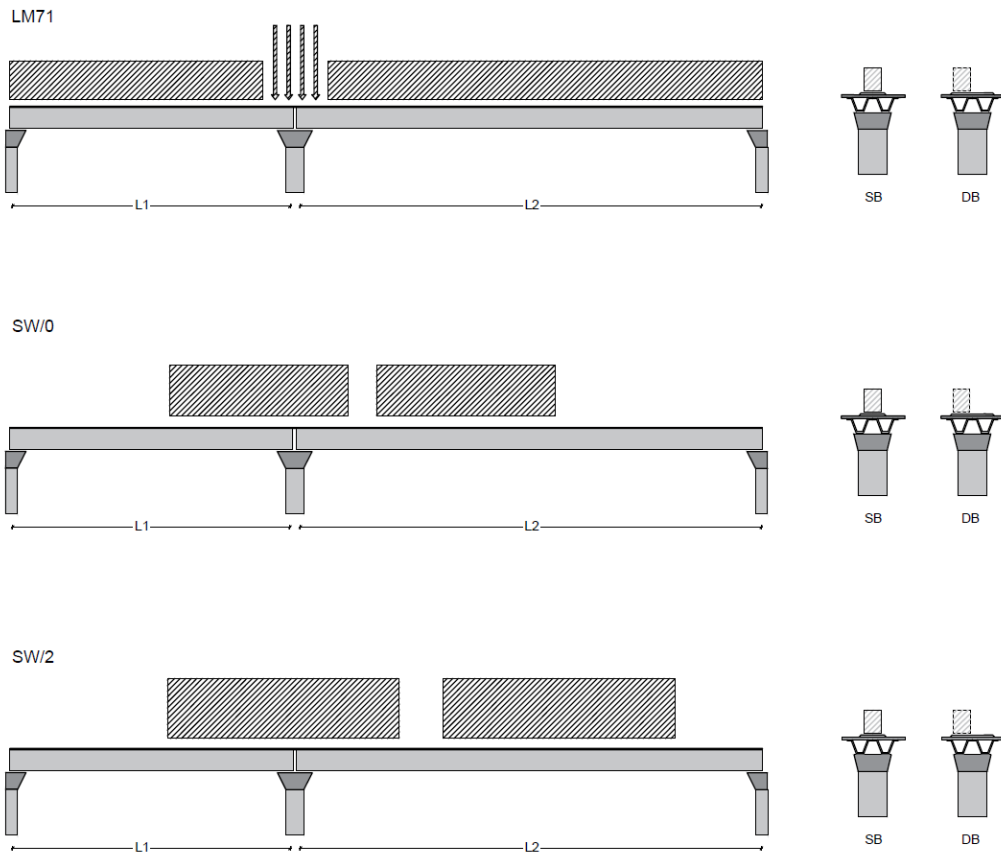


Figura 7- Posizione treni di carico – massimo momento trasversale



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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 EI2CLVI0104017	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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

viadotto a binario combinazione treni	<b>doppio</b> <b>LM/71 + SW/2</b>		
valore caratteristico della forza	Qsk	100	kN
coefficiente di adattamento	a	1.1	
coefficiente di adattamento	a2	1	
Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali			
altezza baggioli e apparecchi d'appoggio		0.5	m
altezza impalcato + soletta		2.45	m
armamento		0.8	m
incremento altezza rotaia + alta		0.1	m
valore caratteristico della Forza	Fsk	210	kN
valore caratteristico Momento Tra	Msk	808.5	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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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	<b>doppio</b>		
combinazione treni	<b>LM/71 + SW/2</b>		
posizionamento vincoli fissi	<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 <sub>la,k</sub>	<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 <sub>la,k</sub>	<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 <sub>la,k</sub>	<b>875</b>	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

## AVVIAMENTO

LM/71 valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>908</b>	kN
SW/0 valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<b>715</b>	kN
SW/2 valore caratteristico della forza	$Q_{la,k}$	<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	EI2CLVI0104017	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.

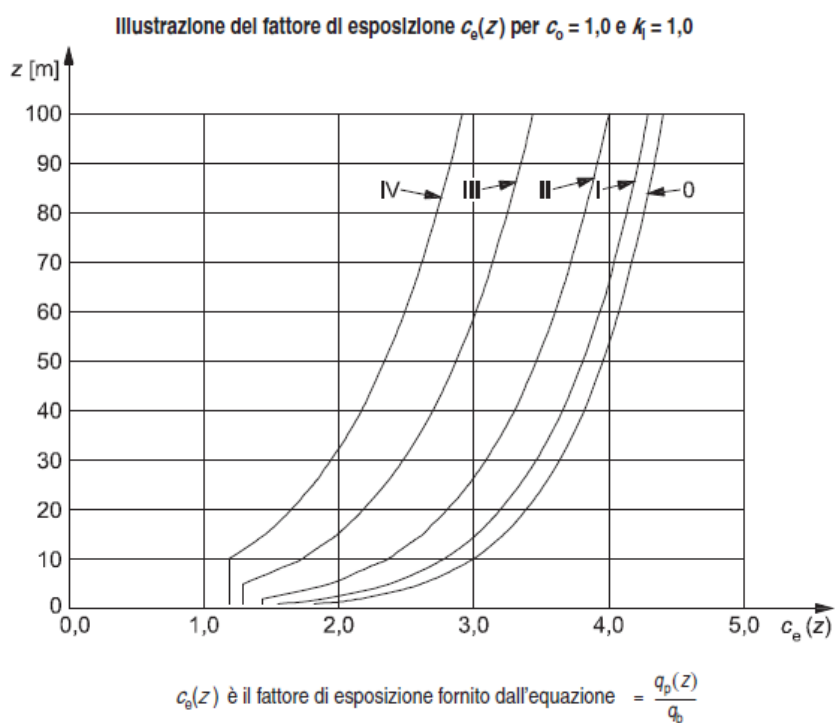


Figura 8 -fattore di esposizione - Eurocodice 1991-1-4

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



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

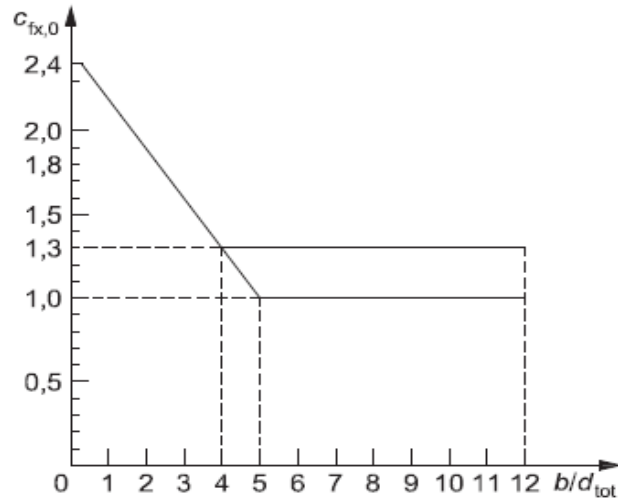


Figura 9 - Fattore di forza trasversale - Eurocodice 1991-1-4

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

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

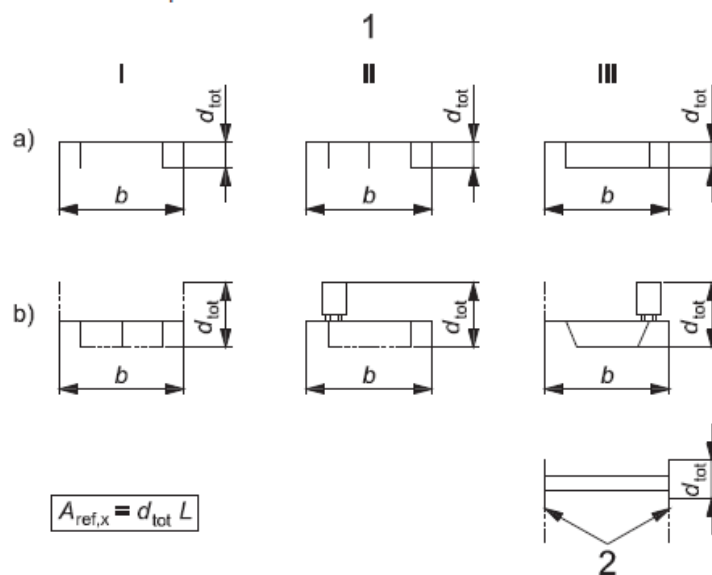


Figura 10 - Area effettiva - Eurocodice 1991-1-4

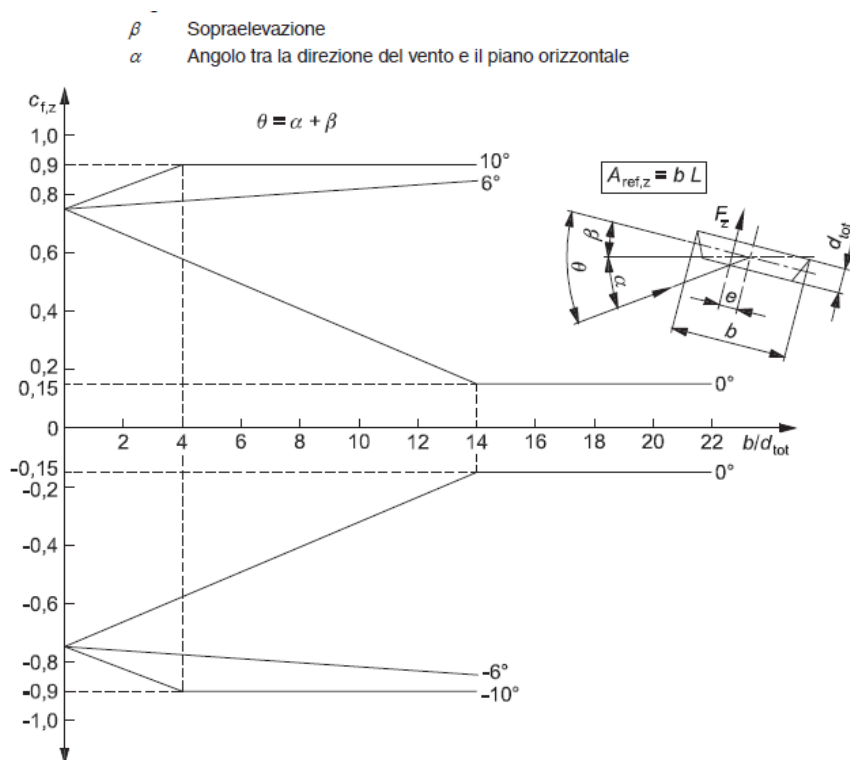


Figura 11 - coefficiente di forza verticale - Eurocodice 1991-1-4

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.

- 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

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

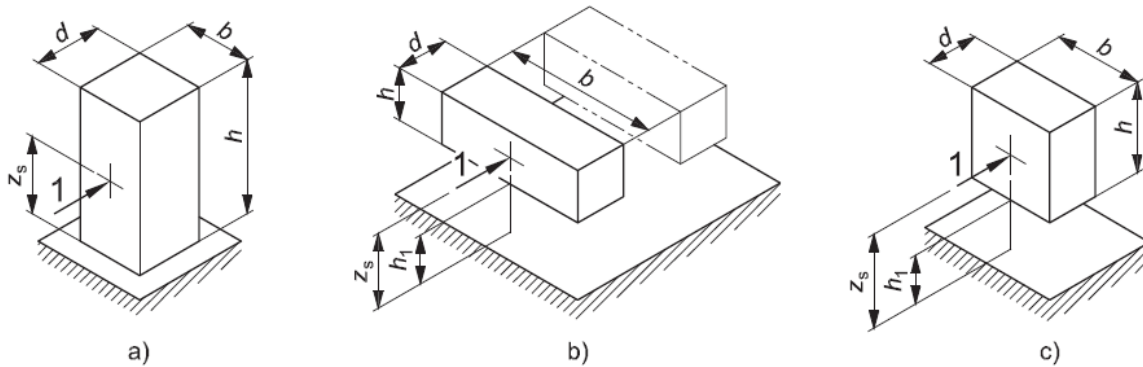


Figura 12 - Altezza di riferimento - Eurocodice 1991-1-4

tab. 3.3.I	Zona	<b>1</b>	
tab.3.3.II	Categoria	<b>II</b>	
tab. 3.3.III	Classe rug	<b>D</b>	
velocità di base di riferimento s.l.m.	Vbo	<b>25</b>	m/s
parametro di quota	ao	<b>1000</b>	m
altitudine sul livello del mare	as	<b>150</b>	m
parametro adimensionale	ks	<b>0.4</b>	
coefficiente di altitudine	ca	<b>1</b>	
velocità di base di riferimento	Vb	<b>25</b>	m/s

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

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	6.70	m
altezza baggioli e app. d'appoggio	z2	0.50	m
altezza all'intradosso	zint	7.2	m
altezza di riferimento	z	10.5	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.38	
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	1048.4	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017
			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

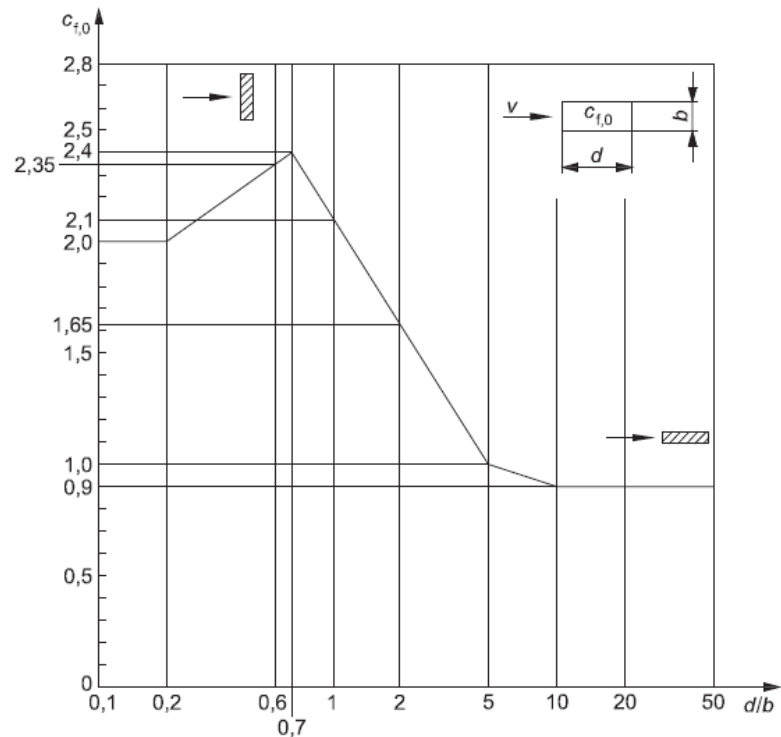


Figura 13 - Correlazione tra dimensioni in sezione dell'elemento e il coefficiente di forma  $c_{f,0}$  (figura 7.23 EC1-4)

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

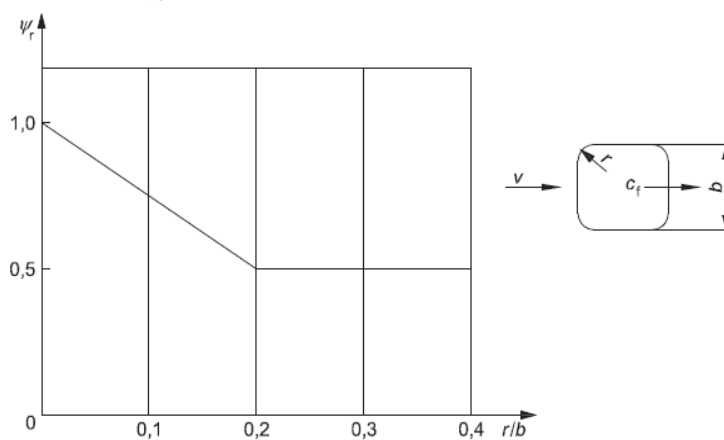


Figura 14 - correlazione tra il raggio di arrotondamento dello spigolo e il fattore riduttivo  $\psi_r$  (figura 7.24 EC1-4)



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	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  $k/b$

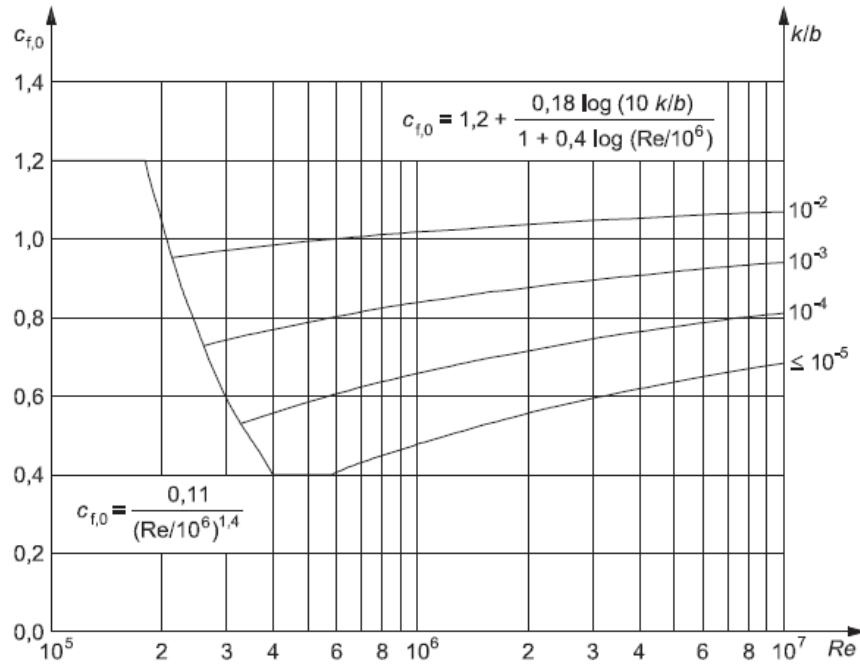


Figura 15 - Fattori di forza pila - Eurocodice 1991-1-4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

B

**direzione trasversale**

altezza di riferimento	z	6.7	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.10	
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	925.1	n/m <sup>2</sup>
		0.93	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	1.69E+06	
materiale pila		cls ruvido	
rugosità equivalente	k	1	mm
rapporto	k/b	2.50E-03	
coefficiente di forza trasversale sez. circ.	cf,0	0.94	
rapporto geometrico	l/b	1.86	
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	60.3	kN
altezza di applicazione sulla pila	h tra	3.4	m



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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	0.94	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
rapporto geometrico	l/b	0.71	
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>157.45</b>	kN
altezza di applicazione sulla pila	h lon	<b>3.43</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:

- $DT = \pm 15^{\circ}C$  per impalcato in c.a.p. e in c.a.
- $DT = \pm 15^{\circ}C$  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  $10^{\circ}C$  (con interno più caldo dell'esterno o viceversa, considerando un modulo elastico E non ridotto);
- Ritiro differenziale fusto-fondazione (fusto-pulvino), considerando un plinto (pulgino) parzialmente stagionato, che non ha, quindi, ancora esaurito la relativa deformazione da ritiro.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

B

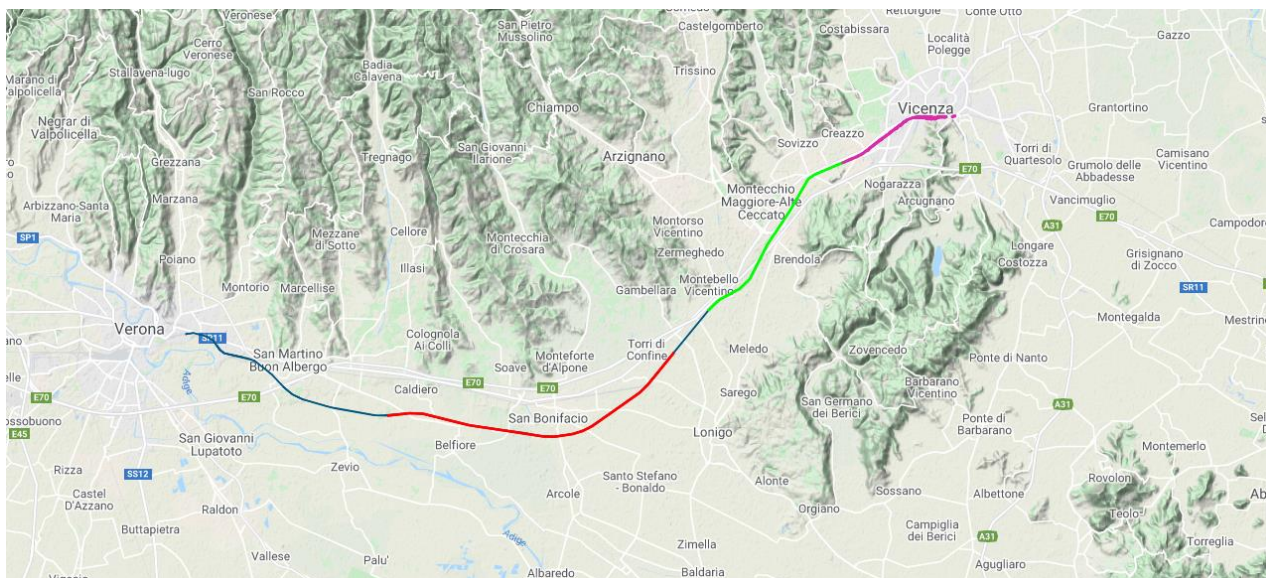


Figura 16 - Individuazione geografica della linea ferroviaria

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



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104017

B

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 11.11012      LATITUDINE: 45.40294

Ricerca per comune

REGIONE: Veneto      PROVINCIA: Verona      COMUNE: Verona

**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: superficie rigata

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"

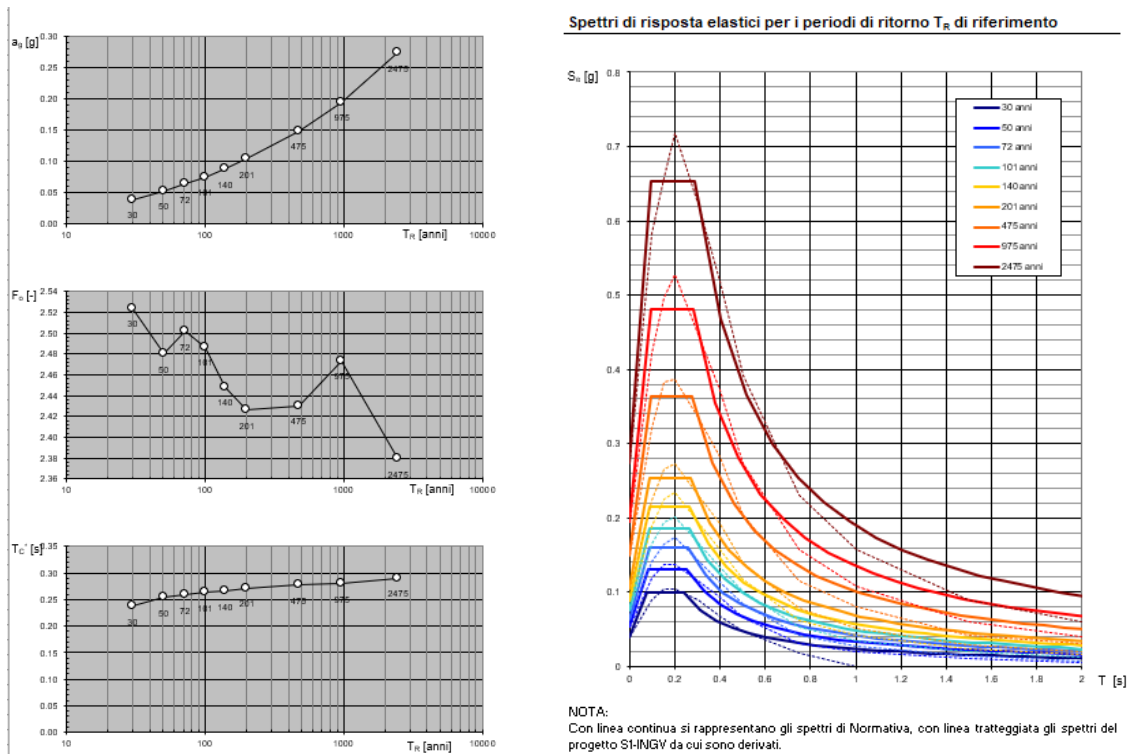


Figura 18 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri\_NTC"

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



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0104017	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 -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

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  $q_o$        Regol. in altezza  info

Compon. verticale

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

Elaborazioni

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

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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 EI2CLVI0104017	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	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	1288	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2394	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Long	Mtot long	16242	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	1288	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2394	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Trasv	Mtot tras	15627	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0104017				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	1288	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2394	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Vert	Mtot vert	15627	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	6.70	m
altezza plinto di fondazione	hf	0.00	m
altezza baggioli ed app. appoggio	hap	0.50	m
altezza equivalente sdof	He	7.20	m
rigidezza flessionale sdof in dir. Trasv	Ktra	5.50E+09	N/m
rigidezza flessionale sdof in dir. Long	Klong	2.98E+09	N/m
rigidezza assiale sdof in dir. Vert	Kvert	3.89E+10	N/m
periodo di vibrare sdof dir. Trasversale	Ttra	0.11	sec
periodo di vibrare sdof dir. Longitudinale	Tlong	0.15	sec
periodo di vibrare sdof dir. Verticale	Tvert	0.04	sec

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

B

	SLV		SLD	
<b>Tabella Riassuntiva</b>	q=1.5	q=1	q=1	
accelerazione componente trasversale	0.44	0.62	0.28	g
accelerazione componente longitudinale	0.49	0.73	0.33	g
accelerazione componente verticale	0.31	0.31	0.08	g
Sforzo assiale	4797	4797	1254	kN
Taglio Sism testa pila direz. trasversale	6897	9625	4302	kN
Taglio Sism testa pila direz. longitudinale	7945	11793	5434	kN
Momento flessionale trasversale	64882	90547	40470	kN m
Momento flessionale longitudinale	57208	84913	39126	kN m

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0104017	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

EI2CLVI0104017

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	EI2CLVI0104017			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 EI2CLVI0104017	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.

### 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	1862	1629	4181	12210
A1_SLU_gr2+vento_6	18321	286	1629	3112	10170
A1_SLU_gr3+vento_7	26199	3155	1016	4827	9071
A1_SLU_vento_gr1_9	18176	236	674	3316	6488
A1_SLU_vento_gr2_10	18176	236	674	3316	6488
A1_SLU_vento_gr3_11	18176	236	674	3316	6488
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	1184	1114	2874	8331
SLE_rar_gr2+vento_6	12960	163	1114	2169	6925
SLE_rar_gr3+vento_7	18393	2075	692	3319	6166
SLE_rar_vento_gr1_9	12849	157	449	2318	4325

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

SLE_rar_vento_gr2_10	12849	157	449	2318	4325
SLE_rar_vento_gr3_11	12849	157	449	2318	4325
SLE_rar_gr4_Centrif_4	15577	1212	507	2519	3441
SLE_rar_gr4+vento_8	16049	1306	776	2844	6037
SLE_rar_vento_gr4_12	12849	157	449	2318	4325
SLE_qp_gr1+vento_33	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_45	14672	6846	1752	3468	5725
E_103y_SLV_q=1.5_46	14672	2104	5840	1097	18427
E_103z_SLV_q=1.5_47	18030	2104	1752	1097	5725
E_103x_SLD_q=1_54	13609	4705	1093	2398	3677
E_103y_SLD_q=1_55	13609	1462	3643	776	11600
E_103z_SLD_q=1_56	14487	1462	1093	776	3677

#### 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	1746	1629	7912	11763
A1_SLU_gr2+vento_62	18321	286	1629	3112	10170
A1_SLU_gr3+vento_63	22977	3039	1016	8558	8624
A1_SLU_vento_gr1_65	18176	236	674	3316	6488
A1_SLU_vento_gr2_66	18176	236	674	3316	6488
A1_SLU_vento_gr3_67	18176	236	674	3316	6488
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	1131	1114	5460	8023
SLE_rar_gr2+vento_62	12960	163	1114	2169	6925
SLE_rar_gr3+vento_63	16171	2022	692	5905	5858
SLE_rar_vento_gr1_65	12849	157	449	2318	4325
SLE_rar_vento_gr2_66	12849	157	449	2318	4325

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

SLE_rar_vento_gr3_67	12849	157	449	2318	4325
SLE_rar_gr4_Centrif_60	14244	1180	507	4071	3256
SLE_rar_gr4+vento_64	14716	1274	776	4395	5852
SLE_rar_vento_gr4_68	12849	157	449	2318	4325
SLE_qp_gr1+vento_89	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_101	14228	6837	1752	3987	5663
E_103y_SLV_q=1.5_102	14228	2095	5840	1616	18365
E_103z_SLV_q=1.5_103	17586	2095	1752	1616	5663
E_103x_SLD_q=1_110	13165	4696	1093	2916	3615
E_103y_SLD_q=1_111	13165	1453	3643	1294	11538
E_103z_SLD_q=1_112	14043	1453	1093	1294	3615

#### 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	1719	1629	3833	20773
A1_SLU_gr2+vento_118	18321	286	1629	3112	10170
A1_SLU_gr3+vento_119	22216	3011	1016	4479	17635
A1_SLU_vento_gr1_121	18176	236	674	3316	6488
A1_SLU_vento_gr2_122	18176	236	674	3316	6488
A1_SLU_vento_gr3_123	18176	236	674	3316	6488
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	1118	1114	2650	14237
SLE_rar_gr2+vento_118	12960	163	1114	2169	6925
SLE_rar_gr3+vento_119	15646	2010	692	3095	12072
SLE_rar_vento_gr1_121	12849	157	449	2318	4325
SLE_rar_vento_gr2_122	12849	157	449	2318	4325
SLE_rar_vento_gr3_123	12849	157	449	2318	4325

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA				
		Progetto	Lotto	Codifica					
		IN17	12	EI2CLVI0104017					B

SLE_rar_gr4_Centrif_116	13929	1172	507	2385	6985
SLE_rar_gr4+vento_120	14401	1267	776	2709	9580
SLE_rar_vento_gr4_124	12849	157	449	2318	4325
SLE_qp_gr1+vento_145	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	14123	6835	1752	3425	6906
E_103y_SLV_q=1.5_158	14123	2093	5840	1054	19608
E_103z_SLV_q=1.5_159	17481	2093	1752	1054	6906
E_103x_SLD_q=1_166	13060	4694	1093	2354	4858
E_103y_SLD_q=1_167	13060	1451	3643	733	12781
E_103z_SLD_q=1_168	13938	1451	1093	733	4858

### 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	29882	1721	1224	15222	16520
A1_SLU_gr2_Scarico_2	22005	145	1224	3594	14481
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	29882	3013	612	24527	9280
A1_SLU_gr1+vento_5	30590	1862	1629	16658	23121
A1_SLU_gr2+vento_6	22713	286	1629	5030	21082
A1_SLU_gr3+vento_7	30590	3155	1016	25963	15881
A1_SLU_vento_gr1_9	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_vento_gr2_10	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_vento_gr3_11	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_Scalz_gr1_13	26484	959	735	9607	9912
A1_SLU_Scalz_gr2_14	21757	81	735	3120	8688
A1_SLU_Scalz_gr3_15	26484	1734	367	15189	5568
SLE_rar_gr1_Treno_1	21173	1090	844	9850	11393
SLE_rar_gr2_Scarico_2	15741	68	844	2301	9987
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	21173	1981	422	16267	6400
SLE_rar_gr1+vento_5	21646	1184	1114	10808	15794
SLE_rar_gr2+vento_6	16213	163	1114	3258	14387

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

SLE_rar_gr3+vento_7	21646	2075	692	17225	10800
SLE_rar_vento_gr1_9	16102	157	449	3373	7334
SLE_rar_vento_gr2_10	16102	157	449	3373	7334
SLE_rar_vento_gr3_11	16102	157	449	3373	7334

SLE_rar_gr4_Centrif_4	18830	1212	507	10638	6836
SLE_rar_gr4+vento_8	19302	1306	776	11595	11236
SLE_rar_vento_gr4_12	16102	157	449	3373	7334

SLE_qp_gr1+vento_33	15315	48	0	2124	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	17925	8017	2069	59066	19746
E_103y_SLV_q=1.5_46	17925	2455	6897	19021	65163
E_103z_SLV_q=1.5_47	21283	2455	2069	19021	19746
E_103x_SLD_q=1_54	16862	5506	1291	40984	12422
E_103y_SLD_q=1_55	16862	1702	4302	13596	40752
E_103z_SLD_q=1_56	17740	1702	1291	13596	12422

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

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	26660	1605	1224	18176	16073
A1_SLU_gr2_Scarico_58	22005	145	1224	3594	14481
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	26660	2897	612	27480	8833
A1_SLU_gr1+vento_61	27369	1746	1629	19612	22674
A1_SLU_gr2+vento_62	22713	286	1629	5030	21082
A1_SLU_gr3+vento_63	27369	3039	1016	28916	15434
A1_SLU_vento_gr1_65	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_vento_gr2_66	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_vento_gr3_67	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_Scalz_gr1_69	24551	917	735	11579	9644
A1_SLU_Scalz_gr2_70	21757	81	735	3120	8688
A1_SLU_Scalz_gr3_71	24551	1693	367	17162	5300

SLE_rar_gr1_Treno_57	18951	1036	844	12079	11085
SLE_rar_gr2_Scarico_58	15741	68	844	2301	9987
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	18951	1928	422	18496	6092
SLE_rar_gr1+vento_61	19424	1131	1114	13037	15486
SLE_rar_gr2+vento_62	16213	163	1114	3258	14387
SLE_rar_gr3+vento_63	19424	2022	692	19454	10492

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

SLE_rar_vento_gr1_65	16102	157	449	3373	7334
SLE_rar_vento_gr2_66	16102	157	449	3373	7334
SLE_rar_vento_gr3_67	16102	157	449	3373	7334

SLE_rar_gr4_Centrif_60	17497	1180	507	11975	6651
SLE_rar_gr4+vento_64	17969	1274	776	12933	11052
SLE_rar_vento_gr4_68	16102	157	449	3373	7334

SLE_qp_gr1+vento_89	15315	48	0	2124	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	17481	8008	2069	59584	19684
E_103y_SLV_q=1.5_102	17481	2446	6897	19539	65102
E_103z_SLV_q=1.5_103	20839	2446	2069	19539	19684
E_103x_SLD_q=1_110	16418	5497	1291	41502	12361
E_103y_SLD_q=1_111	16418	1693	4302	14114	40690
E_103z_SLD_q=1_112	17296	1693	1291	14114	12361

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	25899	1577	1224	13913	25084
A1_SLU_gr2_Scarico_114	22005	145	1224	3594	14481
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	25899	2869	612	23218	17843
A1_SLU_gr1+vento_117	26607	1719	1629	15349	31685
A1_SLU_gr2+vento_118	22713	286	1629	5030	21082
A1_SLU_gr3+vento_119	26607	3011	1016	24654	24444
A1_SLU_vento_gr1_121	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_vento_gr2_122	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_vento_gr3_123	22568	236	674	4898	11002
A1_SLU_Scalz_gr1_125	24094	907	735	9069	15050
A1_SLU_Scalz_gr2_126	21757	81	735	3120	8688
A1_SLU_Scalz_gr3_127	24094	1683	367	14652	10706

SLE_rar_gr1_Treno_113	18426	1024	844	9185	17299
SLE_rar_gr2_Scarico_114	15741	68	844	2301	9987
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	18426	1915	422	15602	12306
SLE_rar_gr1+vento_117	18899	1118	1114	10142	21700
SLE_rar_gr2+vento_118	16213	163	1114	3258	14387
SLE_rar_gr3+vento_119	18899	2010	692	16559	16706
SLE_rar_vento_gr1_121	16102	157	449	3373	7334

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0104017	B

SLE_rar_vento_gr2_122	16102	157	449	3373	7334
SLE_rar_vento_gr3_123	16102	157	449	3373	7334
SLE_rar_gr4_Centrif_116	17182	1172	507	10239	10379
SLE_rar_gr4+vento_120	17654	1267	776	11196	14780
SLE_rar_vento_gr4_124	16102	157	449	3373	7334
SLE_qp_gr1+vento_145	15315	48	0	2124	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	17376	8006	2069	59022	20927
E_103y_SLV_q=1.5_158	17376	2444	6897	18977	66344
E_103z_SLV_q=1.5_159	20734	2444	2069	18977	20927
E_103x_SLD_q=1_166	16313	5495	1291	40940	13604
E_103y_SLD_q=1_167	16313	1691	4302	13552	41933
E_103z_SLD_q=1_168	17191	1691	1291	13552	13604

### 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	41092	1721	1224	18663	18969
A1_SLU_gr2_Scarico_2	33215	145	1224	3883	16929
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	41092	3013	612	30552	10504
A1_SLU_gr1+vento_5	41801	1862	1629	20382	26378
A1_SLU_gr2+vento_6	33923	286	1629	5603	24339
A1_SLU_gr3+vento_7	41801	3155	1016	32272	17913
A1_SLU_vento_gr1_9	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_vento_gr2_10	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_vento_gr3_11	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_Scalz_gr1_13	35232	959	735	11525	11381
A1_SLU_Scalz_gr2_14	30505	81	735	3283	10158
A1_SLU_Scalz_gr3_15	35232	1734	367	18658	6302
SLE_rar_gr1_Treno_1	29477	1090	844	12030	13082
SLE_rar_gr2_Scarico_2	24045	68	844	2437	11675
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	29477	1981	422	20229	7244

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0104017	B

SLE_rar_gr1+vento_5	29950	1184	1114	13176	18021
SLE_rar_gr2+vento_6	24517	163	1114	3583	16615
SLE_rar_gr3+vento_7	29950	2075	692	21376	12184
SLE_rar_vento_gr1_9	24406	157	449	3688	8233
SLE_rar_vento_gr2_10	24406	157	449	3688	8233
SLE_rar_vento_gr3_11	24406	157	449	3688	8233

SLE_rar_gr4_Centrif_4	0	0	27134	1212	507
SLE_rar_gr4+vento_8	0	0	27606	1306	776
SLE_rar_vento_gr4_12	0	0	24406	157	449

SLE_qp_gr1+vento_33	23619	48	0	2221	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	26585	10008	2666	77091	24481
E_103y_SLV_q=1.5_46	26585	3053	8888	24529	80948
E_103z_SLV_q=1.5_47	30774	3053	2666	24529	24481
E_103x_SLD_q=1_54	25259	6393	1557	52883	15270
E_103y_SLD_q=1_55	25259	1968	5189	17266	50242
E_103z_SLD_q=1_56	26353	1968	1557	17266	15270

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	37871	1605	1224	21385	18522
A1_SLU_gr2_Scarico_58	33215	145	1224	3883	16929
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	37871	2897	612	33274	10057
A1_SLU_gr1+vento_61	38579	1746	1629	23104	25931
A1_SLU_gr2+vento_62	33923	286	1629	5603	24339
A1_SLU_gr3+vento_63	38579	3039	1016	34993	17466
A1_SLU_vento_gr1_65	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_vento_gr2_66	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_vento_gr3_67	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_Scalz_gr1_69	33299	917	735	13414	11113
A1_SLU_Scalz_gr2_70	30505	81	735	3283	10158
A1_SLU_Scalz_gr3_71	33299	1693	367	20547	6034

SLE_rar_gr1_Treno_57	27255	1036	844	14152	12774
SLE_rar_gr2_Scarico_58	24045	68	844	2437	11675
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	27255	1928	422	22352	6936
SLE_rar_gr1+vento_61	27728	1131	1114	15299	17713



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

SLE_rar_gr2+vento_62	24517	163	1114	3583	16615
SLE_rar_gr3+vento_63	27728	2022	692	23498	11875
SLE_rar_vento_gr1_65	24406	157	449	3688	8233
SLE_rar_vento_gr2_66	24406	157	449	3688	8233
SLE_rar_vento_gr3_67	24406	157	449	3688	8233

SLE_rar_gr4_Centrif_60	25801	1180	507	14335	7664
SLE_rar_gr4+vento_64	26273	1274	776	15481	12604
SLE_rar_vento_gr4_68	24406	157	449	3688	8233

SLE_qp_gr1+vento_89	23619	48	0	2221	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	26141	9999	2666	77592	24420
E_103y_SLV_q=1.5_102	26141	3044	8888	25029	80886
E_103z_SLV_q=1.5_103	30330	3044	2666	25029	24420
E_103x_SLD_q=1_110	24815	6384	1557	53383	15208
E_103y_SLD_q=1_111	24815	1959	5189	17766	50181
E_103z_SLD_q=1_112	25909	1959	1557	17766	15208

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	37109	1577	1224	17067	27533
A1_SLU_gr2_Scarico_114	33215	145	1224	3883	16929
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	37109	2869	612	28956	19068
A1_SLU_gr1+vento_117	37818	1719	1629	18787	34942
A1_SLU_gr2+vento_118	33923	286	1629	5603	24339
A1_SLU_gr3+vento_119	37818	3011	1016	30676	26477
A1_SLU_vento_gr1_121	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_vento_gr2_122	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_vento_gr3_123	33778	236	674	5371	12349
A1_SLU_Scalz_gr1_125	32842	907	735	10884	16520
A1_SLU_Scalz_gr2_126	30505	81	735	3283	10158
A1_SLU_Scalz_gr3_127	32842	1683	367	18017	11441
SLE_rar_gr1_Treno_113	26730	1024	844	11233	18988
SLE_rar_gr2_Scarico_114	24045	68	844	2437	11675
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	26730	1915	422	19432	13150
SLE_rar_gr1+vento_117	27203	1118	1114	12379	23928
SLE_rar_gr2+vento_118	24517	163	1114	3583	16615

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

SLE_rar_gr3+vento_119	27203	2010	692	20578	18090
SLE_rar_vento_gr1_121	24406	157	449	3688	8233
SLE_rar_vento_gr2_122	24406	157	449	3688	8233
SLE_rar_vento_gr3_123	24406	157	449	3688	8233

SLE_rar_gr4_Centrif_116	25486	1172	507	12583	11393
SLE_rar_gr4+vento_120	25958	1267	776	13729	16332
SLE_rar_vento_gr4_124	24406	157	449	3688	8233

SLE_qp_gr1+vento_145	23619	48	0	2221	0
----------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_157	26036	9997	2666	77026	25662
E_103y_SLV_q=1.5_158	26036	3042	8888	24463	82129
E_103z_SLV_q=1.5_159	30225	3042	2666	24463	25662
E_103x_SLD_q=1_166	24710	6382	1557	52817	16451
E_103y_SLD_q=1_167	24710	1957	5189	17200	51424
E_103z_SLD_q=1_168	25804	1957	1557	17200	16451

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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

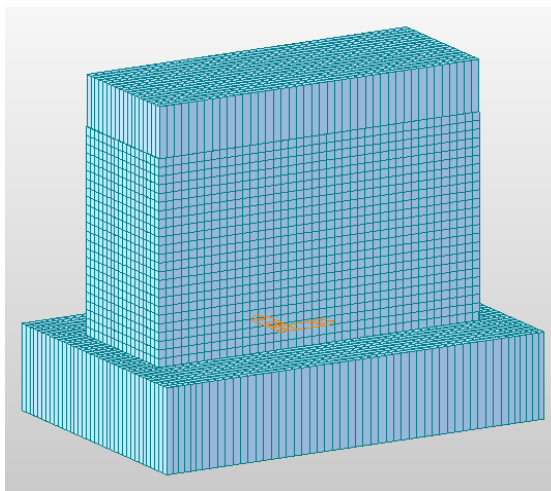
<sup>(1)</sup> è riferito alla corona esterna di armatura mentre, l'interasse della corona interna è funzione dell'allineamento con quella esterna. È comunque rispettato l'iterasse minimo.

<sup>(2)</sup> in direzione longitudinale sono presenti 6 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 EI2CLVI0104017	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.

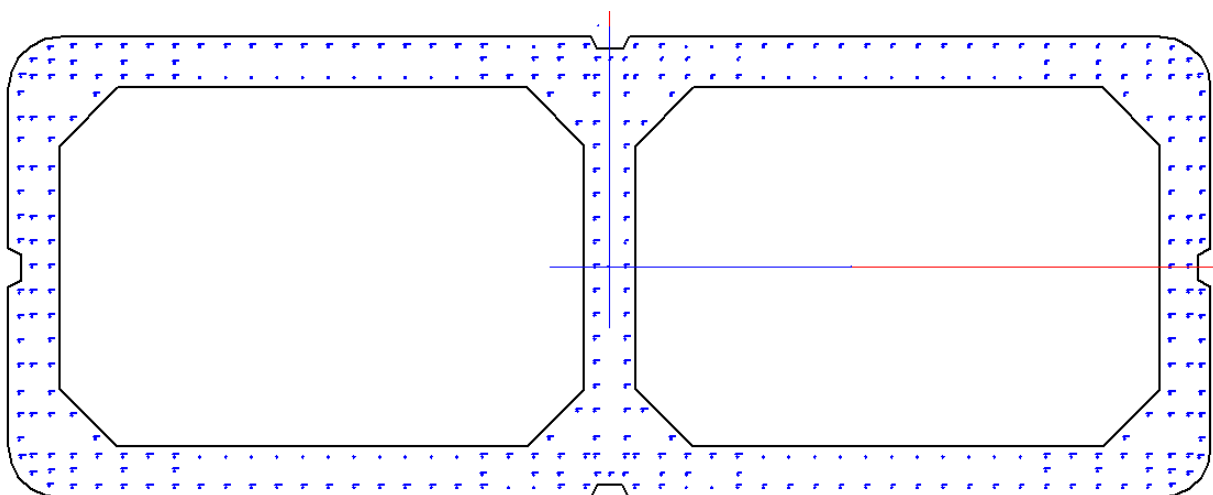


Figura 22 - Sezione implementata in RC-SEC

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: VI01\_P60\_H6\_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 sismicit : 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

EI2CLVI0104017

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

EI2CLVI0104017

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



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0104017	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



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0104017	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	EI2CLVI0104017	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



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	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  <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;">EI2CLVI0104017</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0104017	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0104017	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	29881.95	15221.98	16519.93	0.00	0.00
2	22004.51	3593.94	14480.71	0.00	0.00
3	29881.95	24526.63	9279.58	0.00	0.00
4	30590.48	16658.00	23120.90	0.00	0.00
5	22713.04	5029.96	21081.68	0.00	0.00
6	30590.48	25962.65	15880.54	0.00	0.00
7	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
8	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
9	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
10	26483.90	9606.70	9911.96	0.00	0.00
11	21757.43	3119.92	8688.43	0.00	0.00
12	26483.90	15189.49	5567.75	0.00	0.00
13	26660.20	18175.71	16073.05	0.00	0.00
14	22004.51	3593.94	14480.71	0.00	0.00
15	26660.20	27480.36	8832.69	0.00	0.00
16	27368.72	19611.73	22674.01	0.00	0.00
17	22713.04	5029.96	21081.68	0.00	0.00
18	27368.72	28916.38	15433.66	0.00	0.00
19	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
20	22567.69	4898.31	11001.61	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: 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;">EI2CLVI0104017</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0104017	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0104017	B						

21	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
22	24550.84	11579.36	9643.83	0.00	0.00
23	21757.43	3119.92	8688.43	0.00	0.00
24	24550.84	17162.15	5299.61	0.00	0.00
25	25898.76	13912.94	25083.79	0.00	0.00
26	22004.51	3593.94	14480.71	0.00	0.00
27	25898.76	23217.59	17843.43	0.00	0.00
28	26607.29	15348.96	31684.76	0.00	0.00
29	22713.04	5029.96	21081.68	0.00	0.00
30	26607.29	24653.61	24444.40	0.00	0.00
31	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
32	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
33	22567.69	4898.31	11001.61	0.00	0.00
34	24093.98	9069.07	15050.27	0.00	0.00
35	21757.43	3119.92	8688.43	0.00	0.00
36	24093.98	14651.86	10706.06	0.00	0.00
37	17925.38	59065.89	19745.87	0.00	0.00
38	17925.38	19020.59	65163.27	0.00	0.00
39	21283.30	19020.59	19745.87	0.00	0.00
40	17481.00	59584.04	19684.23	0.00	0.00
41	17481.00	19538.75	65101.63	0.00	0.00
42	20838.92	19538.75	19684.23	0.00	0.00
43	17375.98	59022.24	20927.09	0.00	0.00
44	17375.98	18976.95	66344.49	0.00	0.00
45	20733.90	18976.95	20927.09	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	21173.24	9850.46	11393.06
2	15740.53	2300.51	9986.70
3	21173.24	16267.46	6399.71
4	21645.59	10807.81	15793.70
5	16212.88	3257.85	14387.34
6	21645.59	17224.81	10800.35
7	16101.78	3372.63	7334.41
8	16101.78	3372.63	7334.41
9	16101.78	3372.63	7334.41
10	18951.35	12079.49	11084.86
11	15740.53	2300.51	9986.70
12	18951.35	18496.49	6091.51
13	19423.70	13036.83	15485.50
14	16212.88	3257.85	14387.34
15	19423.70	19453.83	10492.15
16	16101.78	3372.63	7334.41
17	16101.78	3372.63	7334.41
18	16101.78	3372.63	7334.41
19	18426.22	9185.02	17299.17
20	15740.53	2300.51	9986.70
21	18426.22	15602.02	12305.82
22	18898.57	10142.37	21699.81
23	16212.88	3257.85	14387.34

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

24	18898.57	16559.37	16706.46
25	16101.78	3372.63	7334.41
26	16101.78	3372.63	7334.41
27	16101.78	3372.63	7334.41
28	16862.37	40983.98	12422.35
29	16862.37	13596.02	40751.54
30	17739.95	13596.02	12422.35
31	16417.99	41502.14	12360.71
32	16417.99	14114.17	40689.90
33	17295.57	14114.17	12360.71
34	16312.97	40940.34	13603.57
35	16312.97	13552.38	41932.76
36	17190.54	13552.38	13603.57

#### 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	18829.76	10638.04 (0.00)	6835.83 (0.00)
2	19302.11	11595.38 (0.00)	11236.48 (0.00)
3	16101.78	3372.63 (0.00)	7334.41 (0.00)
4	17496.62	11975.45 (0.00)	6650.92 (0.00)
5	17968.97	12932.80 (0.00)	11051.56 (0.00)
6	16101.78	3372.63 (0.00)	7334.41 (0.00)
7	17181.54	10238.77 (0.00)	10379.50 (0.00)
8	17653.89	11196.12 (0.00)	14780.14 (0.00)
9	16101.78	3372.63 (0.00)	7334.41 (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	15314.53	2124.42 (0.00)	0.00 (0.00)
2	15314.53	2124.42 (0.00)	0.00 (0.00)
3	15314.53	2124.42 (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)



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	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  $\geq 1.000$   
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [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	29881.95	15221.98	16519.93	29881.96	80792.31	87285.29	5.29	529.5(343.3)
2	S	22004.51	3593.94	14480.71	22004.59	41007.29	166478.87	11.49	529.5(343.3)
3	S	29881.95	24526.63	9279.58	29881.66	83556.05	31749.04	3.41	529.5(343.3)
4	S	30590.48	16658.00	23120.90	30590.39	79553.86	109691.20	4.76	529.5(343.3)
5	S	22713.04	5029.96	21081.68	22712.92	40763.24	169237.01	8.03	529.5(343.3)
6	S	30590.48	25962.65	15880.54	30590.33	83925.41	51791.87	3.24	529.5(343.3)
7	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
8	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
9	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
10	S	26483.90	9606.70	9911.96	26483.83	76227.28	78384.69	7.92	529.5(343.3)
11	S	21757.43	3119.92	8688.43	21757.29	53905.71	148380.45	17.10	529.5(343.3)
12	S	26483.90	15189.49	5567.75	26484.03	78392.75	28585.15	5.16	529.5(343.3)
13	S	26660.20	18175.71	16073.05	26660.01	77092.43	68143.74	4.24	529.5(343.3)
14	S	22004.51	3593.94	14480.71	22004.59	41007.29	166478.87	11.49	529.5(343.3)
15	S	26660.20	27480.36	8832.69	26660.35	78748.19	25344.67	2.87	529.5(343.3)
16	S	27368.72	19611.73	22674.01	27368.93	76848.18	88776.72	3.92	529.5(343.3)
17	S	22713.04	5029.96	21081.68	22712.92	40763.24	169237.01	8.03	529.5(343.3)
18	S	27368.72	28916.38	15433.66	27368.68	79336.28	42241.65	2.74	529.5(343.3)
19	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
20	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
21	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
22	S	24550.84	11579.36	9643.83	24550.88	74164.12	61291.39	6.38	529.5(343.3)
23	S	21757.43	3119.92	8688.43	21757.29	53905.71	148380.45	17.10	529.5(343.3)
24	S	24550.84	17162.15	5299.61	24550.70	75513.66	23095.83	4.40	529.5(343.3)
25	S	25898.76	13912.94	25083.79	25899.02	69613.60	125887.88	5.02	529.5(343.3)
26	S	22004.51	3593.94	14480.71	22004.59	41007.29	166478.87	11.49	529.5(343.3)
27	S	25898.76	23217.59	17843.43	25898.80	76381.24	58742.34	3.29	529.5(343.3)
28	S	26607.29	15348.96	31684.76	26607.03	67334.43	138577.22	4.38	529.5(343.3)
29	S	22713.04	5029.96	21081.68	22712.92	40763.24	169237.01	8.03	529.5(343.3)
30	S	26607.29	24653.61	24444.40	26607.44	76538.18	76450.32	3.12	529.5(343.3)
31	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
32	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
33	S	22567.69	4898.31	11001.61	22567.93	60505.01	137662.38	12.49	529.5(343.3)
34	S	24093.98	9069.07	15050.27	24094.23	68885.78	114831.61	7.62	529.5(343.3)
35	S	21757.43	3119.92	8688.43	21757.29	53905.71	148380.45	17.10	529.5(343.3)
36	S	24093.98	14651.86	10706.06	24093.95	73783.67	53903.88	5.04	529.5(343.3)
37	S	17925.38	59065.89	19745.87	17925.34	65105.96	21414.20	1.10	529.5(343.3)
38	S	17925.38	19020.59	65163.27	17925.50	43521.04	148571.40	2.28	529.5(343.3)
39	S	21283.30	19020.59	19745.87	21283.39	68516.53	71603.54	3.61	529.5(343.3)
40	S	17481.00	59584.04	19684.23	17481.14	64394.97	21622.54	1.08	529.5(343.3)
41	S	17481.00	19538.75	65101.63	17480.81	43532.54	146817.75	2.25	529.5(343.3)
42	S	20838.92	19538.75	19684.23	20839.13	67999.55	68261.62	3.47	529.5(343.3)
43	S	17375.98	59022.24	20927.09	17376.28	64202.58	22770.38	1.09	529.5(343.3)
44	S	17375.98	18976.95	66344.49	17376.21	42197.30	147965.23	2.23	529.5(343.3)
45	S	20733.90	18976.95	20927.09	20733.86	67520.48	73931.88	3.54	529.5(343.3)

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

ec max

Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	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	0.00307	420.3	171.6	-0.01623	-420.3	-171.6
2	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01096	-452.0	-161.2
3	0.00350	430.0	180.0	0.00279	420.3	171.6	-0.02716	-420.3	-171.6
4	0.00350	430.0	180.0	0.00321	438.5	169.9	-0.01218	-438.5	-169.9
5	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01080	-452.0	-161.2
6	0.00350	430.0	180.0	0.00290	420.3	171.6	-0.02265	-420.3	-171.6
7	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
8	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
9	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
10	0.00350	430.0	180.0	0.00300	420.3	171.6	-0.01902	-420.3	-171.6
11	0.00350	453.5	172.4	0.00333	438.5	169.9	-0.01001	-438.5	-169.9
12	0.00350	430.0	180.0	0.00273	420.3	171.6	-0.02964	-420.3	-171.6
13	0.00350	430.0	180.0	0.00295	420.3	171.6	-0.02097	-420.3	-171.6
14	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01096	-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	0.00306	420.3	171.6	-0.01675	-420.3	-171.6
17	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01080	-452.0	-161.2
18	0.00350	430.0	180.0	0.00282	420.3	171.6	-0.02599	-420.3	-171.6
19	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
20	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
21	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
22	0.00350	430.0	180.0	0.00290	420.3	171.6	-0.02315	-420.3	-171.6
23	0.00350	453.5	172.4	0.00333	438.5	169.9	-0.01001	-438.5	-169.9
24	0.00350	430.0	180.0	0.00266	420.3	171.6	-0.03237	-420.3	-171.6
25	0.00350	442.4	178.0	0.00327	438.5	169.9	-0.01075	-438.5	-169.9
26	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01096	-452.0	-161.2
27	0.00350	430.0	180.0	0.00290	420.3	171.6	-0.02314	-420.3	-171.6
28	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.00946	-438.5	-169.9
29	0.00350	462.4	163.5	0.00335	452.0	161.2	-0.01080	-452.0	-161.2
30	0.00350	430.0	180.0	0.00299	420.3	171.6	-0.01936	-420.3	-171.6
31	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
32	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
33	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.5	169.9	-0.01019	-438.5	-169.9
34	0.00350	442.4	178.0	0.00322	438.5	169.9	-0.01265	-438.5	-169.9
35	0.00350	453.5	172.4	0.00333	438.5	169.9	-0.01001	-438.5	-169.9
36	0.00350	430.0	180.0	0.00285	420.3	171.6	-0.02489	-420.3	-171.6
37	0.00350	430.0	180.0	0.00253	420.3	171.6	-0.03775	-420.3	-171.6
38	0.00350	453.5	172.4	0.00333	452.0	161.2	-0.01175	-452.0	-161.2
39	0.00350	430.0	180.0	0.00293	420.3	171.6	-0.02220	-420.3	-171.6
40	0.00350	430.0	180.0	0.00253	420.3	171.6	-0.03802	-420.3	-171.6
41	0.00350	453.5	172.4	0.00332	452.0	161.2	-0.01188	-452.0	-161.2
42	0.00350	430.0	180.0	0.00290	420.3	171.6	-0.02307	-420.3	-171.6
43	0.00350	430.0	180.0	0.00254	420.3	171.6	-0.03764	-420.3	-171.6
44	0.00350	453.5	172.4	0.00333	452.0	161.2	-0.01211	-452.0	-161.2
45	0.00350	430.0	180.0	0.00293	420.3	171.6	-0.02189	-420.3	-171.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

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	0.00003870	0.000046747	-0.006578381	----	----
2	0.000011745	0.000011467	-0.003805521	----	----
3	0.000001852	0.000082710	-0.012184117	----	----
4	0.000004714	0.000033109	-0.004486646	----	----
5	0.000011666	0.000011186	-0.003723099	----	----
6	0.000002617	0.000068041	-0.009872776	----	----
7	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
8	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
9	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
10	0.000003706	0.000055083	-0.008008708	----	----
11	0.000009061	0.000015855	-0.003342105	----	----
12	0.000001799	0.000089917	-0.013458838	----	----
13	0.000003329	0.000061544	-0.009009367	----	----
14	0.000011745	0.000011467	-0.003805521	----	----
15	0.000001638	0.000092551	-0.013863488	----	----
16	0.000004052	0.000047799	-0.006846154	----	----
17	0.000011666	0.000011186	-0.003723099	----	----
18	0.000002353	0.000078194	-0.011586456	----	----
19	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
20	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
21	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
22	0.000003170	0.000068118	-0.010124314	----	----
23	0.000009061	0.000015855	-0.003342105	----	----
24	0.000001574	0.000098208	-0.014854542	----	----
25	0.000006017	0.000025710	-0.003739110	----	----
26	0.000011745	0.000011467	-0.003805521	----	----
27	0.000003023	0.000068467	-0.010123776	----	----
28	0.000006644	0.000020413	-0.003073398	----	----
29	0.000011666	0.000011186	-0.003723099	----	----
30	0.000003630	0.000056227	-0.008181657	----	----
31	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
32	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
33	0.000007658	0.000019951	-0.003439986	----	----
34	0.000005656	0.000032108	-0.004718567	----	----
35	0.000009061	0.000015855	-0.003342105	----	----
36	0.000002915	0.000073689	-0.011017292	----	----
37	0.000001655	0.000113317	-0.017608474	----	----
38	0.000011699	0.000013954	-0.004210834	----	----
39	0.000003721	0.000064100	-0.009637822	----	----
40	0.000001680	0.000114034	-0.017748502	----	----
41	0.000011741	0.000014221	-0.004275978	----	----
42	0.000003614	0.000066827	-0.010082764	----	----
43	0.000001751	0.000112762	-0.017550172	----	----
44	0.000012158	0.000013785	-0.004389774	----	----
45	0.000003849	0.000062905	-0.009477870	----	----

#### 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 calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max       Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min                Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min       Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0104017	B

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	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.92	442.4	178.0	8.7	-438.5	-169.9	---	---
2	S	1.86	453.5	172.4	10.9	-452.0	-161.2	---	---
3	S	3.21	430.0	180.0	4.7	-420.3	-171.6	---	---
4	S	3.21	442.4	178.0	5.6	-438.5	-169.9	---	---
5	S	2.15	453.5	172.4	7.8	-452.0	-161.2	---	---
6	S	3.49	430.0	180.0	1.7	-438.5	-169.9	---	---
7	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
8	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
9	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
10	S	2.89	442.4	178.0	3.7	-438.5	-169.9	---	---
11	S	1.86	453.5	172.4	10.9	-452.0	-161.2	---	---
12	S	3.18	430.0	180.0	-0.3	-420.3	-171.6	301	3.1
13	S	3.18	442.4	178.0	0.7	-438.5	-169.9	0	0.0
14	S	2.15	453.5	172.4	7.8	-452.0	-161.2	---	---
15	S	3.48	430.0	180.0	-3.7	-438.5	-169.9	582	4.6
16	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
17	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
18	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
19	S	2.88	442.4	178.0	2.5	-438.5	-169.9	---	---
20	S	1.86	453.5	172.4	10.9	-452.0	-161.2	---	---
21	S	3.17	442.4	178.0	-1.5	-438.5	-169.9	309	3.1
22	S	3.17	442.4	178.0	-0.5	-438.5	-169.9	166	1.5
23	S	2.15	453.5	172.4	7.8	-452.0	-161.2	---	---
24	S	3.48	442.4	178.0	-5.2	-438.5	-169.9	997	7.7
25	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
26	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
27	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
28	S	7.19	430.0	180.0	-236.1	-420.3	-171.6	33561	201.7
29	S	4.59	453.5	172.4	-35.4	-438.5	-169.9	7656	49.3
30	S	2.96	442.4	178.0	-0.2	-438.5	-169.9	154	1.5
31	S	7.29	430.0	180.0	-252.1	-420.3	-171.6	33686	201.7
32	S	4.67	453.5	172.4	-39.2	-438.5	-169.9	8318	53.9
33	S	2.96	442.4	178.0	-1.3	-438.5	-169.9	165	1.5
34	S	7.31	430.0	180.0	-248.4	-420.3	-171.6	33549	201.7
35	S	4.69	453.5	172.4	-40.4	-452.0	-161.2	8473	53.9
36	S	2.96	442.4	178.0	-1.6	-438.5	-169.9	145	1.5

#### 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	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [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 = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	EI2CLVI0104017	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	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
11	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
12	S	-0.00001	0.00000	0.566	14.0	77	0.00000 (0.00000)	525	0.000 (990.00)	641290.27	211198.24
13	S	0.00000	0.00000	0.566	14.0	79	0.00000 (0.00000)	0	0.002 (990.00)	8671519.96	10300266.43
14	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
15	S	-0.00002	0.00000	0.833	14.0	79	0.00001 (0.00001)	769	0.009 (990.00)	201907.54	108896.00
16	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
17	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
18	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
19	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
20	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
21	S	-0.00001	0.00000	0.785	14.0	79	0.00000 (0.00000)	644	0.003 (990.00)	310472.07	244879.41
22	S	-0.00001	0.00000	0.694	14.0	79	0.00000 (0.00000)	626	0.001 (990.00)	394388.46	843802.26
23	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
24	S	-0.00003	0.00000	0.833	14.0	79	0.00002 (0.00002)	783	0.012 (990.00)	139017.15	140251.99
25	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
26	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
27	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00 (990.00)	0.00	0.00
28	S	-0.00122	0.00000	0.833	14.0	77	0.00071 (0.00071)	922	0.653 (990.00)	56139.40	17016.00
29	S	-0.00018	0.00000	0.833	14.0	79	0.00011 (0.00011)	886	0.094 (990.00)	32379.47	97051.42
30	S	0.00000	0.00000	0.567	14.0	79	0.00000 (0.00000)	539	0.000 (990.00)	659520.05	602587.29
31	S	-0.00130	0.00000	0.833	14.0	77	0.00076 (0.00076)	924	0.699 (990.00)	55023.45	16387.80
32	S	-0.00020	0.00000	0.833	14.0	79	0.00012 (0.00012)	882	0.104 (990.00)	31822.72	91742.08
33	S	-0.00001	0.00000	0.785	14.0	79	0.00000 (0.00000)	669	0.003 (990.00)	315936.75	276686.66
34	S	-0.00128	0.00000	0.833	14.0	77	0.00075 (0.00075)	922	0.687 (990.00)	53945.61	17924.93
35	S	-0.00021	0.00000	0.833	14.0	83	0.00012 (0.00012)	905	0.110 (990.00)	30139.96	93256.81
36	S	-0.00001	0.00000	0.833	14.0	79	0.00000 (0.00000)	642	0.003 (990.00)	271368.82	272393.83

#### 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	2.61	430.0	180.0	7.6	-438.5	-169.9	---	---
2	S	2.89	442.4	178.0	4.6	-438.5	-169.9	---	---
3	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
4	S	2.59	430.0	180.0	4.7	-438.5	-169.9	---	---
5	S	2.88	442.4	178.0	1.6	-438.5	-169.9	---	---
6	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-438.5	-169.9	---	---
7	S	2.58	442.4	178.0	3.9	-438.5	-169.9	---	---
8	S	2.87	442.4	178.0	0.9	-438.5	-169.9	---	---
9	S	1.86	442.4	178.0	11.8	-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	EI2CLVI0104017		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	1.41	430.0	180.0	16.5	-420.3	-171.6	---	---
2	S	1.41	430.0	180.0	16.5	-420.3	-171.6	---	---
3	S	1.41	430.0	180.0	16.5	-420.3	-171.6	---	---

**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	0.00000	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 EI2CLVI0104017	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)

**P60 (H=6.0-7.35 m)**Calcolo del taglio agente – Direzione Longitudinale

H <sub>pila</sub>	6.70	m	Altezza fusto pila
M <sub>Rd,inf,long</sub>	64394.97	kNm	Momento resistente della sezione di base della pila
M <sub>E,i,long</sub>	59065.89	kNm	Momento sollecitante alla base della pila
V <sub>Rd</sub>	1		Fattore di sovrarresistenza (§7.9.5.1 NTC2008)
V <sub>E,i,long</sub>	8017	kN	Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto
V <sub>gr,0</sub>	8741	kN	Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze V <sub>gr0</sub> =min (V <sub>ed</sub> v <sub>rd</sub> M <sub>rd</sub> /Med; V <sub>ed</sub> q)
V <sub>E,i,long</sub> /V <sub>gr,c</sub>	0.917	-	
V <sub>Rd</sub>	1.00	-	Fattore di sovrarresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008)
V <sub>gr,i,long</sub>	8741	kN	Sollecitazione di taglio

Verifiche

Direzione Longitudinale				
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	Ø <sub>bl</sub>	16	mm	
diametro delle staffe	Ø <sub>st</sub>	11.2	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	nbw	6.0		
inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali)	α	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale	θ	24	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	VR <sub>sd</sub>	10779	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compressive	VR <sub>cd</sub>	10779	KN	
taglio resistente di calcolo	VR <sub>d</sub>	10779	KN	
taglio agente sul pannello	VE <sub>d</sub>	8741	KN	
	C.S.	0.81	<1	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

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	6897	KN	
	C.S.	0.33	<1	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

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  $a_g(\text{SLV}) \geq 0,35 g$

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

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

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

#### **minimi per armatura flessionale**

numero di ferri longitudinali	n	344	
diametro del ferro longitudinale	$f_i$	16	mm
passo massimo longitudinale	p	20	cm
area dell'armatura longitudinale	$A_s$	69165.30386	mm <sup>2</sup>
area di calcestruzzo (non riempito)	$A_c$	11452700	mm <sup>3</sup>
		0.60%	>0.6%

#### **minimi per armatura trasversale**

diametro minimo armatura a taglio	$f_i$	8	mm
dimensione (diametro) del nucleo	d	4000	mm
interasse massimo staffe	s	160	mm

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

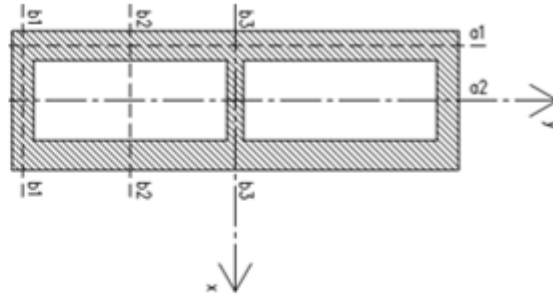
12

EI2CLVI0104017

B

## 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

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

b 3500 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa $\zeta$  0.04Sez. **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

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

b 9100 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa $\zeta$  0.04Sez. **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

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

b 800 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa $\zeta$  0.04Sez. **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

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

b 1200 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa $\zeta$  0.04Sez. **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

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

b 3500 mm

f<sub>yd</sub> 391 Mpaf<sub>cd</sub> 18.13 Mpa $\zeta$  0.04

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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	7.2	m
rigidezza flessionale longitudinale	J	22.3	m <sup>4</sup>
modulo elastico	E	33345.8	MPa
spostamento in testa pila	D	0.18	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

EI2CLVI0104017

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

**0.15**

sec

fattore di struttura

q

**1.5**

fattore di duttilità in spostamento

 $\mu$ **2.5**

accelerazione di riferimento pila dir. long

ag (T)

**0.49**

g

w

**42.45**

sec

**0.00**

m

spostamento SLV relativo all'analisi spettrale

dEe

**0.0000**

m

spostamento totale relativo

**dEd****0.0067**

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

EI2CLVI0104017

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.

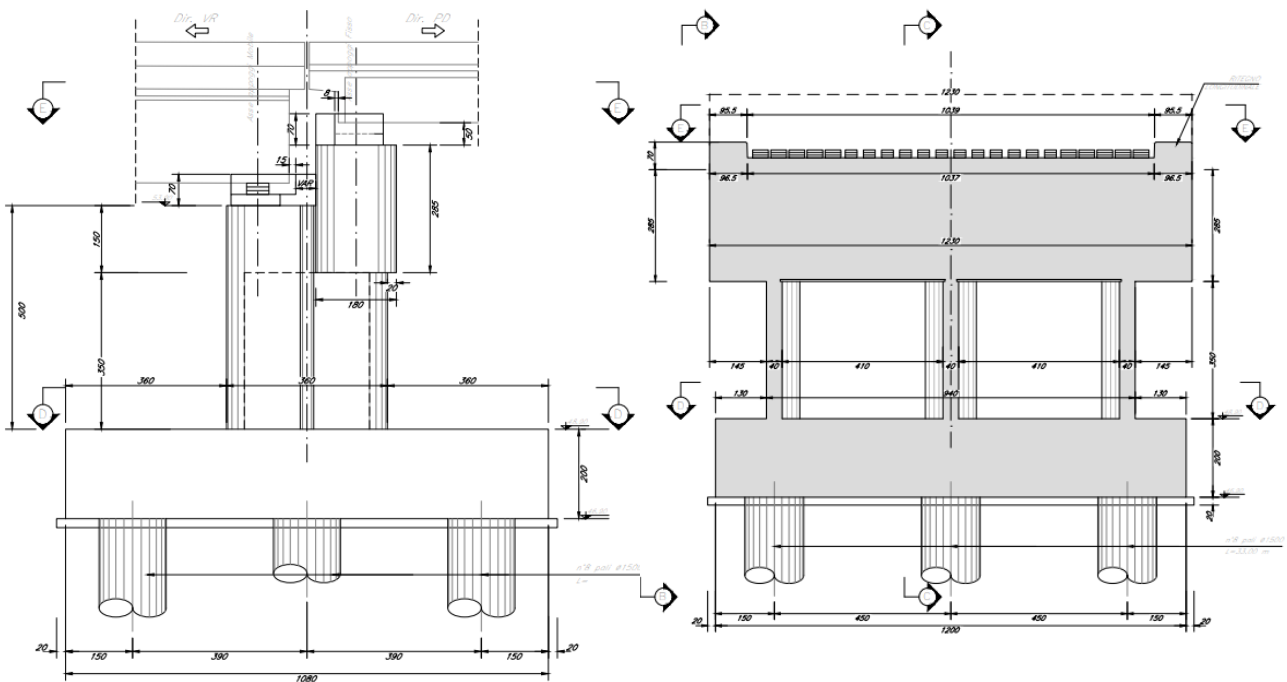


Figura 23 – Sezioni e pianta pulvino

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

B

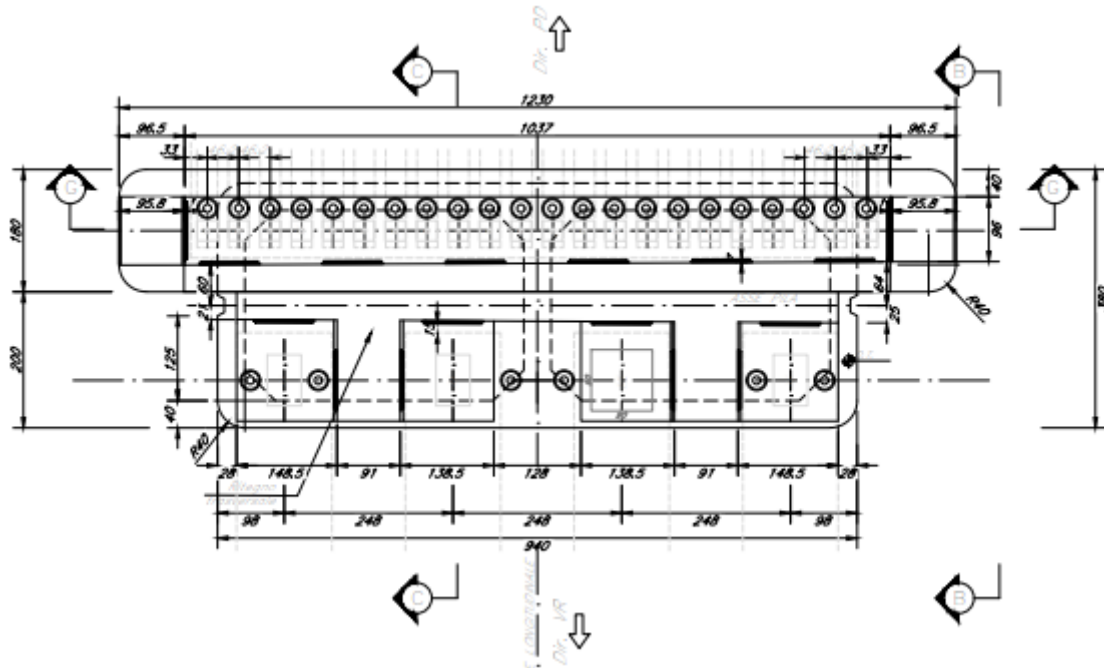


Figura 24 – Sezioni e pianta pulvino

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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 9 pali aventi diametro  $D=1500$  mm e lunghezza pari a 36.0 m. Il plinto è caratterizzato da un'altezza di 2.5 m ed ha delle dimensioni in pianta pari a 12.0 m x 12.0 m. Sul plinto di fondazione in esame è previsto un ricoprimento di terreno di spessore pari a 1.0m.

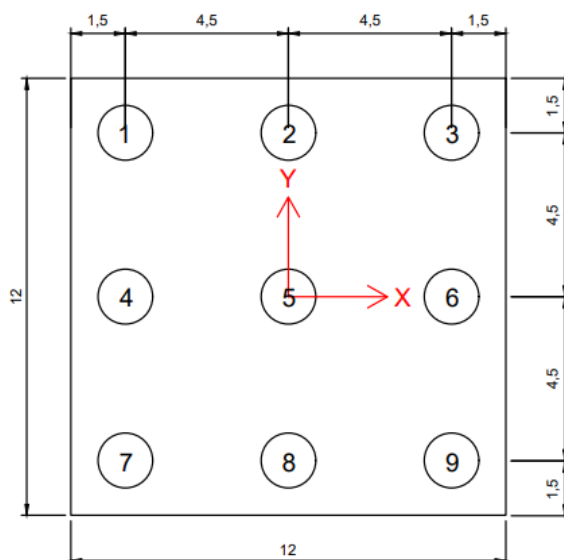


Figura 25 – Geometria del plinto di fondazione



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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 2.5 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.

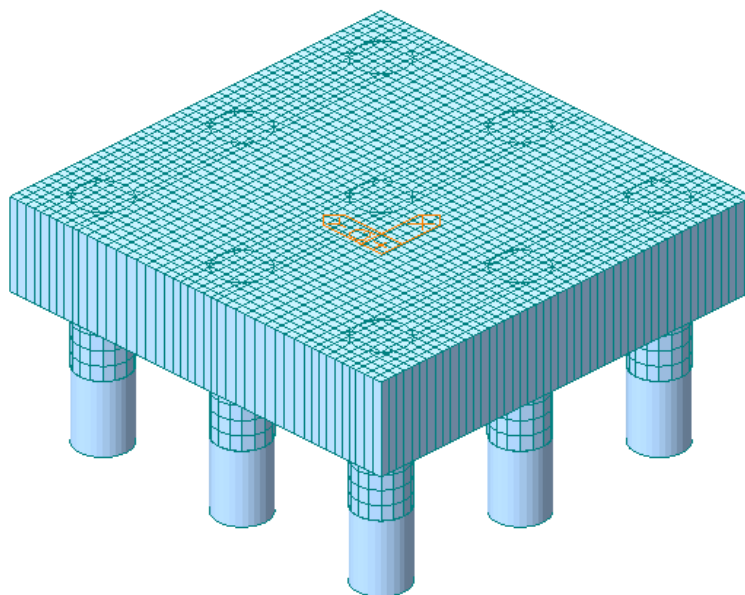


Figura 26 – Vista estrusa del modello agli elementi finiti

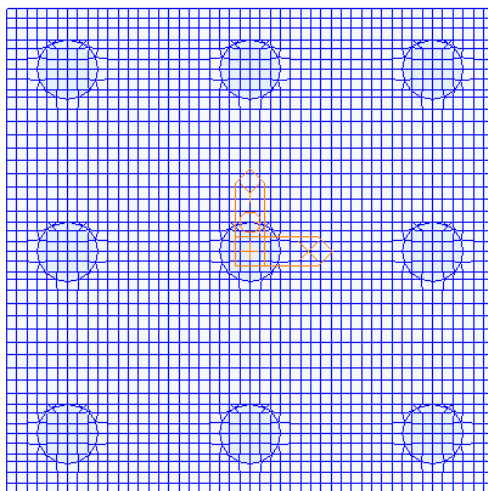


Figura 27 – Pianta del modello agli elementi finiti

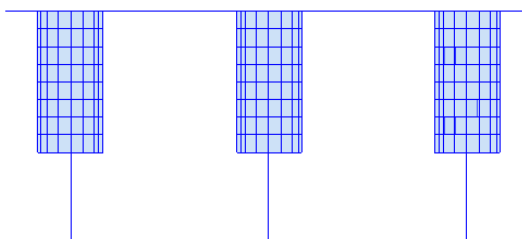


Figura 28 – Prospetto del modello agli elementi finiti

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

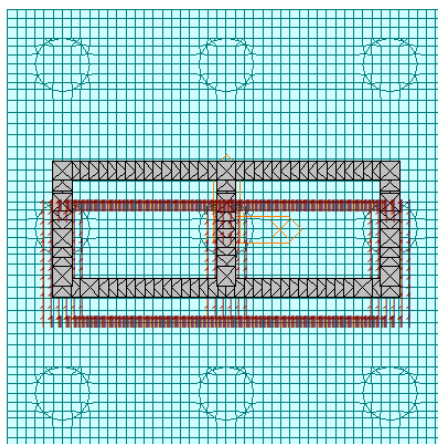


Figura 29 – Sistema di vincoli del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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".

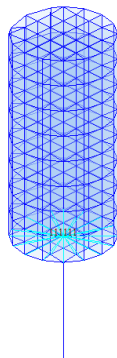


Figura 30 – Sistema di vincoli del palo nel modello agli elementi finiti

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 SLV-Treno 1-Sisma prevalente in direzione trasversale.

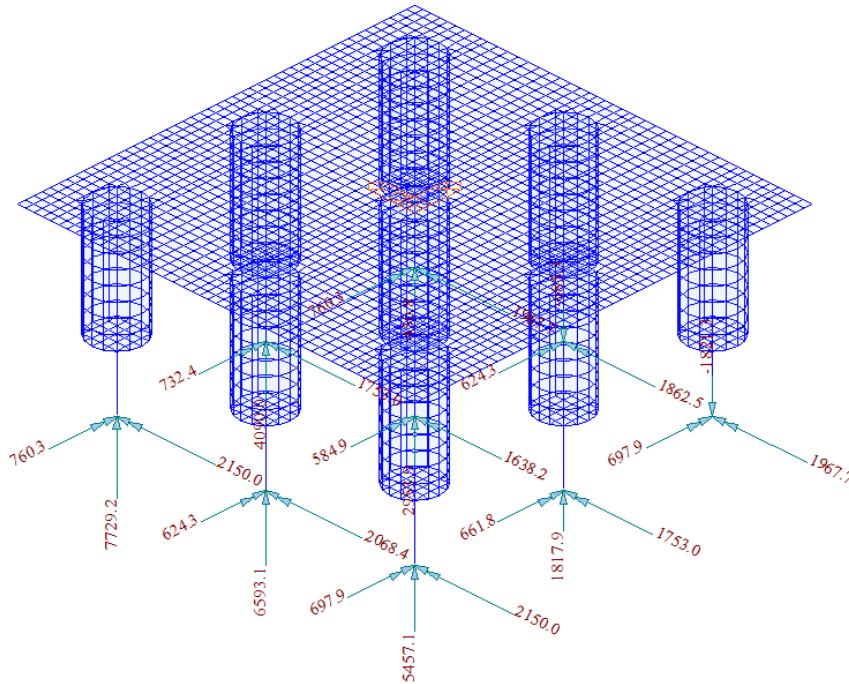


Figura 31 – Applicazione delle reazioni dei pali nel modello agli elementi finiti

### 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.

$$P_{\text{terreno}} = \gamma_{\text{terreno}} \cdot h_{\text{rinterro}} = 19 \cdot 1 = 19.0 \text{ kN/m}^2$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0104017	B

## 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.

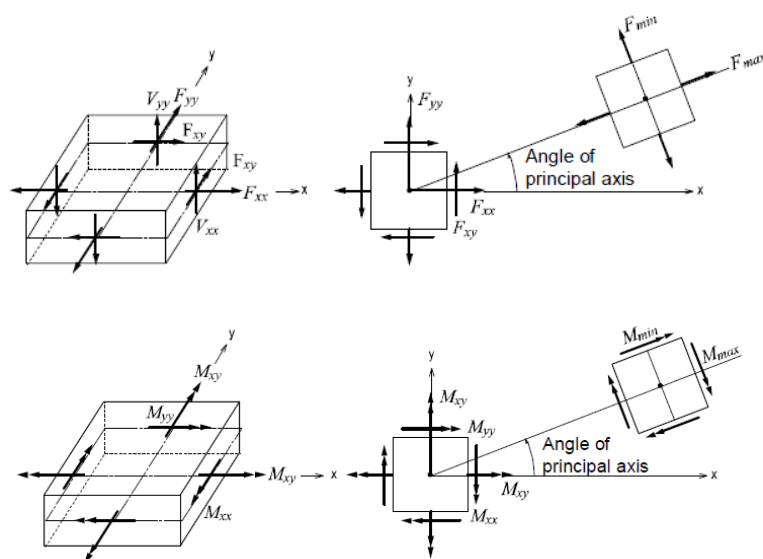


Figura 32 – Posizioni di output delle forze dell'elemento piastra per unità di lunghezza e convenzione del segno

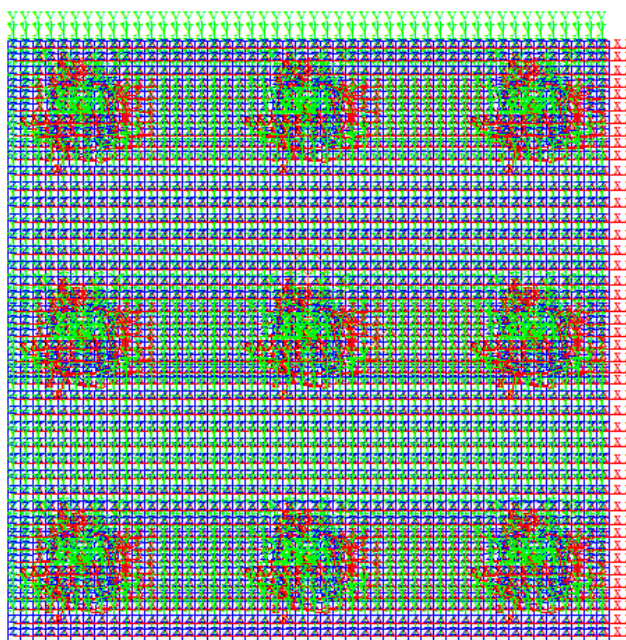


Figura 33 – Assi locali per gli elementi del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

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

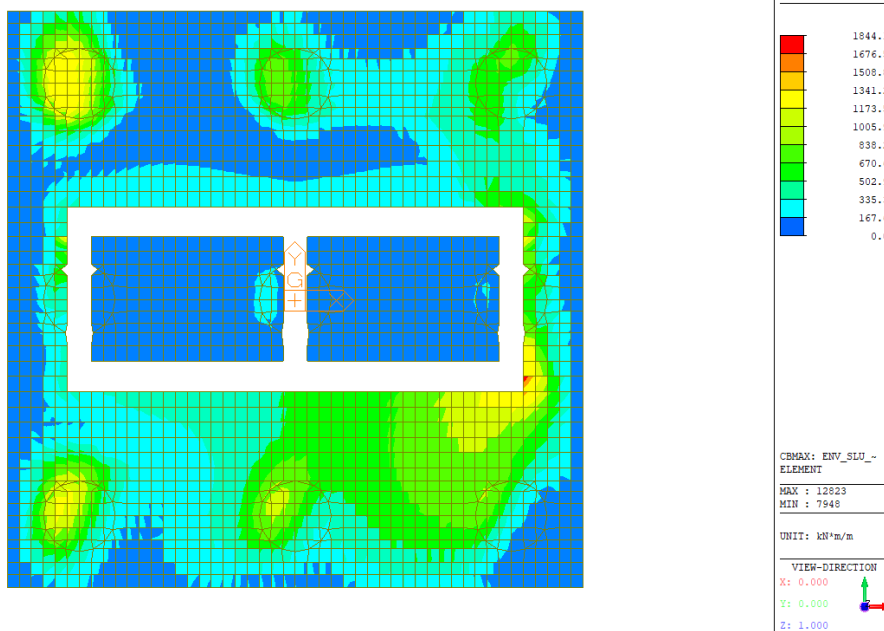


Figura 34 – Wood Armer Moment – Direction1 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

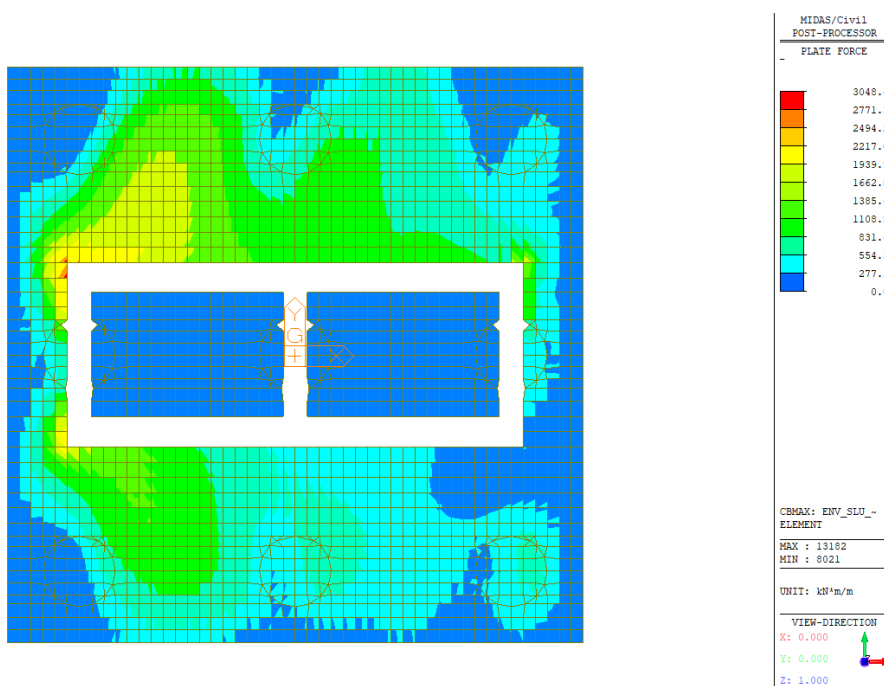


Figura 35 – Wood Armer Moment – Direction1 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

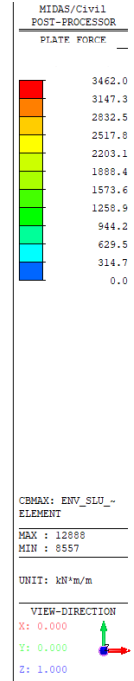
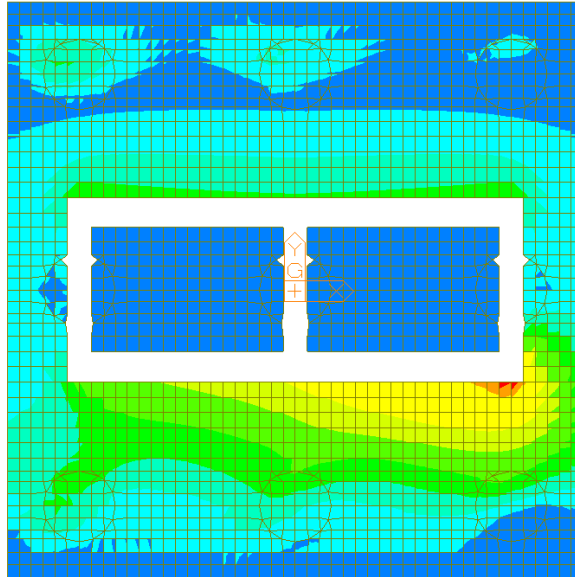


Figura 36 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Top (Involuppo SLU/SLV)

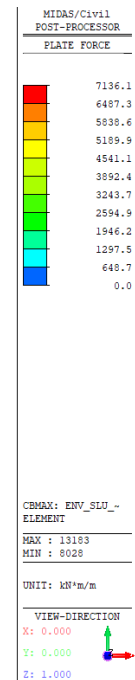
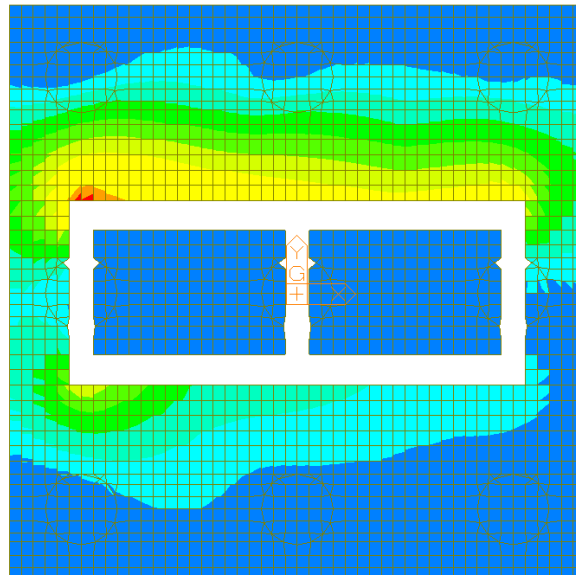


Figura 37 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Bottom (Involuppo SLU/SLV)

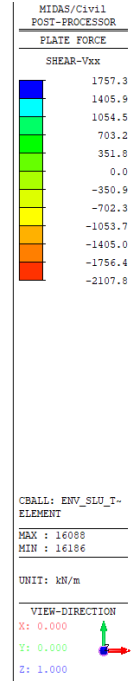
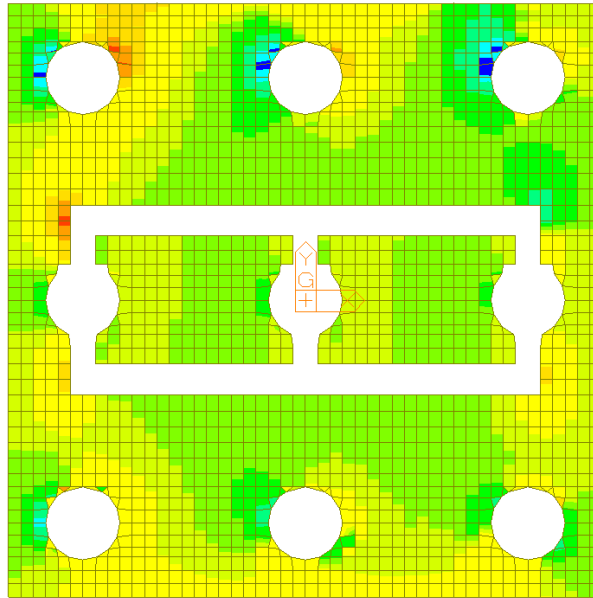


Figura 38 – Vxx, Inviluppo SLU/SLV

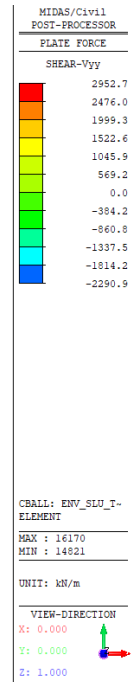
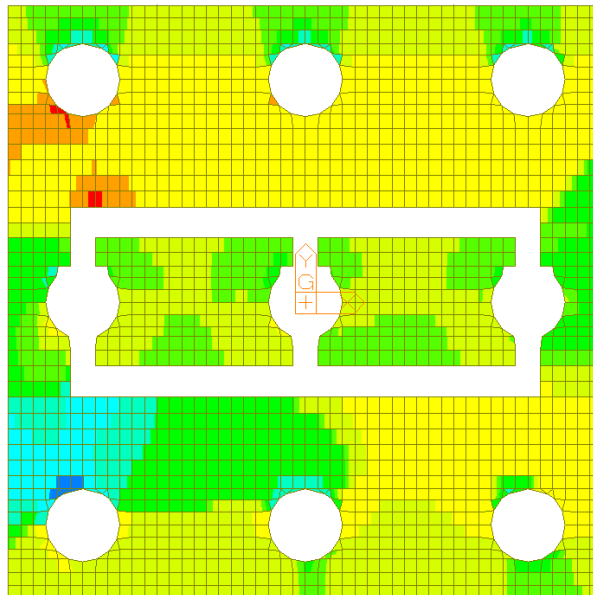


Figura 39 – Vyy, Inviluppo SLU/SLV



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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.

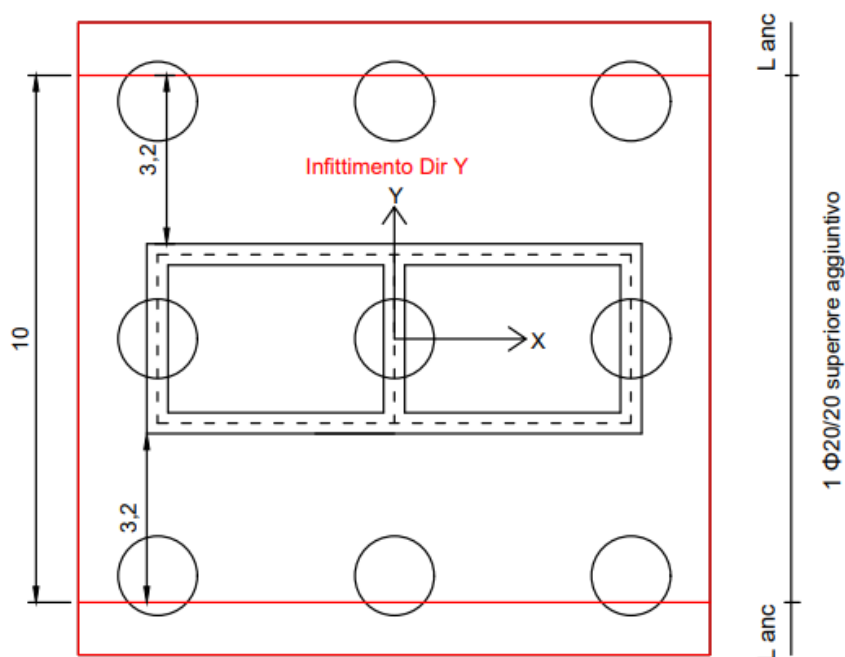
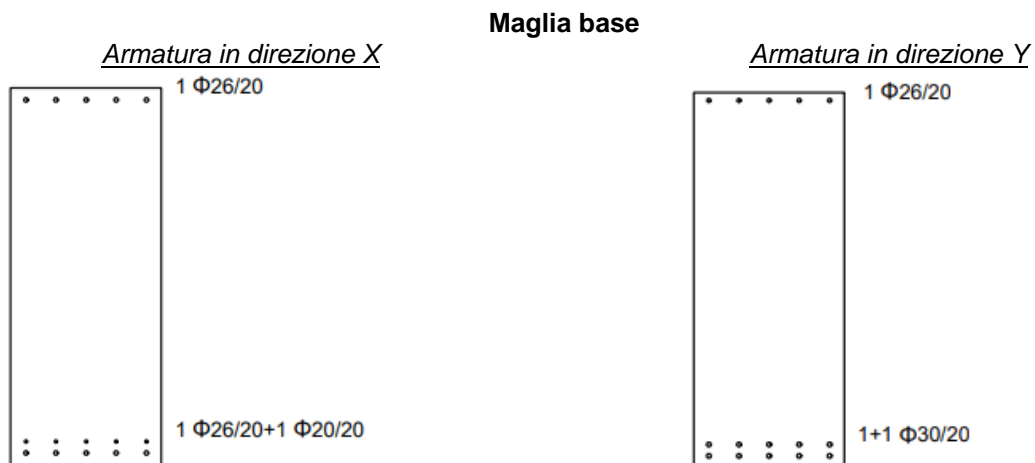


Figura 40: Zone di infittimento dell'armatura a flessione del plinto



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

### Armatura aggiuntiva

#### Armatura in direzione Y

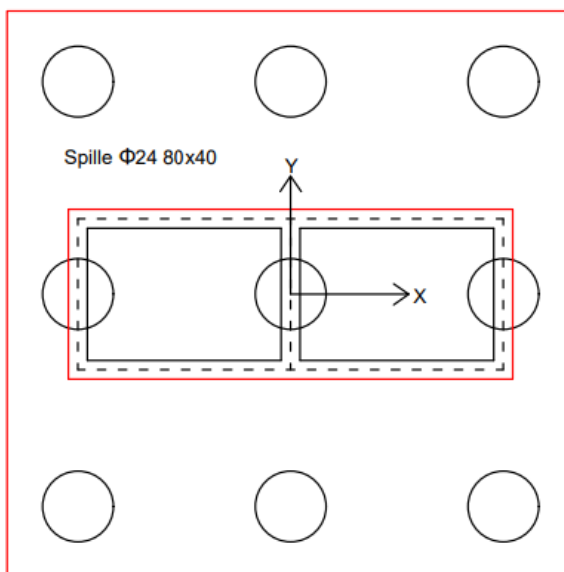
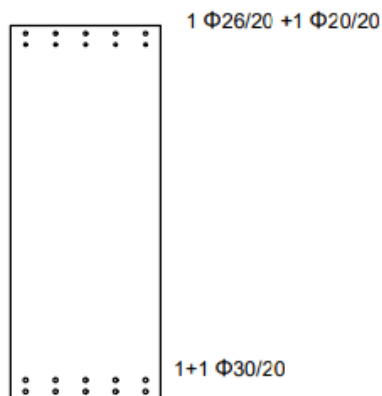


Figura 41 – Armatura a taglio del plinto

#### 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 (2.5 m) e di larghezza pari a 1 m.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

Il plinto è stato verificato nei confronti dei momenti massimi derivanti dagli involuipi 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.

	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	1332.8	2906.4	2246.6	6009.8
SLE Rara	782.6	1505.8	1523.8	4352.5
SLE Fessurazione	462.6	316.0	831.7	2584.5
SLE Quasi Perm.	272.0	189.9	419.3	1418.8

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 GENERICIA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: VI01\_P60\_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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104017

B

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 $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	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	125.0
2	50.0	125.0
3	50.0	-125.0
4	-50.0	-125.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	-109.6	20
2	20.0	-109.6	20
3	0.0	-109.6	20
4	-20.0	-109.6	20
5	-40.0	-109.6	20
6	40.0	117.1	26
7	20.0	117.1	26
8	0.0	117.1	26
9	-20.0	117.1	26
10	-40.0	117.1	26
11	40.0	-117.1	26
12	20.0	-117.1	26
13	0.0	-117.1	26
14	-20.0	-117.1	26
15	-40.0	-117.1	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	-1332.80	0.00
2	0.00	2246.60	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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-782.60	0.00
2	0.00	1523.80	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	-462.60 (-2924.59)	0.00 (0.00)
2	0.00	831.70 (2971.40)	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	-272.00 (-2924.59)	0.00 (0.00)
2	0.00	419.30 (2971.40)	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	-1332.80	0.00	-2509.75	1.88	42.3(37.0)
2	S	0.00	2246.60	0.00	3868.78	1.72	42.3(37.0)

#### 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.)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0104017	B

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	0.00300	0.043	50.0	-125.0	0.00070	40.0	-117.1	-0.06750	40.0	117.1
2	0.00315	0.045	-50.0	125.0	0.00085	40.0	117.1	-0.06750	40.0	-117.1

### 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	-0.000291186	-0.033402071	0.043	0.700
2	0.000000000	0.000291824	-0.033327399	0.045	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	1.50	50.0	-125.0	-128.0	-40.0	117.1	2000	26.5
2	S	2.56	-50.0	125.0	-162.6	-40.0	-117.1	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  $f_{ctm}$   
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 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
wk Massima distanza tra le fessure [mm]  
Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata =  $sr\ max*(e\_sm - e\_cm)$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
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	0.214 (990.00)	-2924.59	0.00
2	S	-0.00085	0	0.500	23.4	66	0.00049 (0.00049)	473	0.231 (990.00)	2971.40	0.00

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

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
				Progetto	Lotto	Codifica	
				IN17	12	EI2CLVI0104017	B

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.89	50.0	-125.0	-75.6	-40.0	117.1	2000	26.5
2	S	1.40	-50.0	125.0	-88.8	-40.0	-117.1	2640	42.3

#### 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	-0.00039	0	0.500	26.0	66	0.00023	(0.00023)	557	0.126 (0.20)	-2924.59	0.00
2	S	-0.00046	0	0.500	23.4	66	0.00027	(0.00027)	473	0.126 (0.20)	2971.40	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	0.52	50.0	-125.0	-44.5	-40.0	117.1	2000	26.5
2	S	0.71	-50.0	125.0	-44.8	-40.0	-117.1	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	-0.00023	0	0.500	26.0	66	0.00013	(0.00013)	557	0.074 (990.00)	-2924.59	0.00
2	S	-0.00023	0	0.500	23.4	66	0.00013	(0.00013)	473	0.063 (990.00)	2971.40	0.00

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

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

NOME FILE SEZIONE: VI01\_P60\_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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

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 $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	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	125.0
2	50.0	125.0
3	50.0	-125.0
4	-50.0	-125.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	-111.7	30
2	20.0	-111.7	30
3	0.0	-111.7	30
4	-20.0	-111.7	30
5	-40.0	-111.7	30
6	40.0	112.3	20
7	20.0	112.3	20
8	0.0	112.3	20
9	-20.0	112.3	20
10	-40.0	112.3	20
11	40.0	-119.5	30
12	20.0	-119.5	30
13	0.0	-119.5	30
14	-20.0	-119.5	30
15	-40.0	-119.5	30
16	40.0	119.7	26
17	20.0	119.7	26
18	0.0	119.7	26
19	-20.0	119.7	26
20	-40.0	119.7	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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

1	0.00	-2906.40	0.00
2	0.00	6009.80	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	-1505.80	0.00
2	0.00	4352.50	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	-316.00 (-3088.18)	0.00 (0.00)
2	0.00	2584.50 (3179.19)	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	-189.90 (-3088.18)	0.00 (0.00)
2	0.00	1418.80 (3179.19)	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	-2906.40	0.00	-3966.56	1.36	77.6(37.0)
2	S	0.00	6009.80	0.00	6491.14	1.08	70.7(37.0)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0104017
				B

### 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	0.00305	0.043	50.0	-125.0	0.00147	40.0	-119.5	-0.06750	40.0	119.7
2	0.00350	0.058	-50.0	125.0	0.00219	40.0	119.7	-0.05706	40.0	-119.5

### 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	-0.000288317	-0.032988434	0.043	0.700
2	0.000000000	0.000247675	-0.027459398	0.058	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	2.22	50.0	-125.0	-157.6	-40.0	119.7	2000	42.3
2	S	5.73	-50.0	125.0	-281.5	-40.0	-119.5	2350	70.7

### 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] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
	Massima distanza tra le fessure [mm]

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>EI2CLVI0104017</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0104017
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0104017					
	B						

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max^*(e_{sm} - e_{cm})$  [(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	-0.00081	0	0.500	23.4	40	0.00047 (0.00047)	324	0.153 (990.00)	-3088.18	0.00
2	S	-0.00145	0	0.500	30.0	40	0.00110 (0.00084)	306	0.337 (990.00)	3179.19	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	0.47	50.0	-125.0	-33.1	-40.0	119.7	2000	42.3
2	S	3.40	-50.0	125.0	-167.1	-40.0	-119.5	2350	70.7

#### 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	-0.00017	0	0.500	23.4	40	0.00010 (0.00010)	324	0.032 (0.20)	-3088.18	0.00
2	S	-0.00086	0	0.500	30.0	40	0.00053 (0.00050)	306	0.162 (0.20)	3179.19	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	0.28	50.0	-125.0	-19.9	-40.0	119.7	2000	42.3
2	S	1.87	-50.0	125.0	-91.7	-40.0	-119.5	2350	70.7

#### 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	-0.00010	0	0.500	23.4	40	0.00006 (0.00006)	324	0.019 (990.00)	-3088.18	0.00
2	S	-0.00047	0	0.500	30.0	40	0.00028 (0.00028)	306	0.084 (990.00)	3179.19	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0104017				B

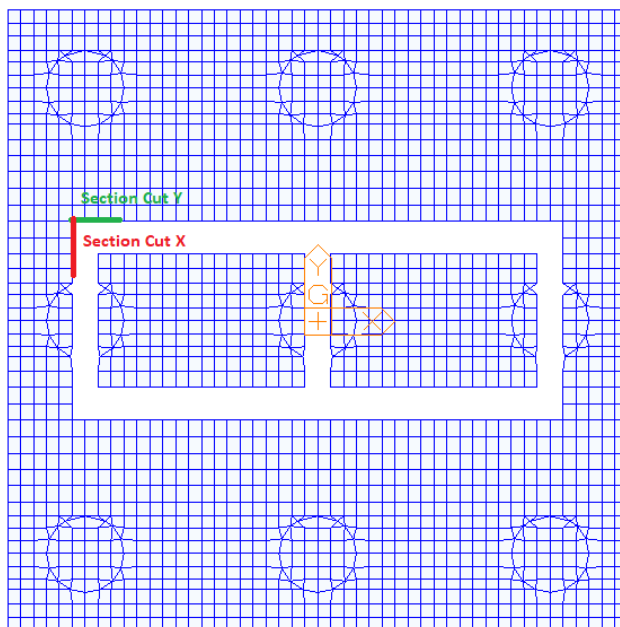


Figura 42 – Section cut considerate per la verifica a taglio

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  $V_{Ed,max} = 2441 \text{ kN/m}$ .

### Caratteristiche materiali

#### Cls

$R_{ck}$	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  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>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLVI0104017</td> <td>B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0104017	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0104017	B						

### Calcoli preliminari

$A_{sl}$	2654.6	mm <sup>2</sup>	area dell'armatura longitudinale
$\rho_l$	0.0011		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0011		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>1.25</b>		numero di bracci degli spilli (in 1 m)
$\varphi_{st}$	<b>24</b>	mm	diametro degli spilli
$S_{st}$	<b>400</b>	mm	passo degli spilli
$A_{sw}$	565.5	mm <sup>2</sup>	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

### Elemento non armato a taglio

$k$	1.29		
$k_{eff}$	1.29		
$v_{min}$	0.26		
$V_{Rd,1}$	522.08	KN	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	616.46	KN	taglio resistente - valore 2
$V_{Rd}$	616.46	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
$N_{Rd}$	35275	KN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
$V_{Rsd}$	2976.4	KN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	5326.8	KN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	2976.4	KN	taglio resistente di calcolo
$V_{Ed}$	<b>2441</b>	kN	Taglio di calcolo
Verifica	ok		
FS	1.22		Coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

#### 11.5.4 Verifica a taglio-punzonamento

Le verifiche a punzonamento sono state condotte secondo le formulazioni dell'Eurocodice 2, par. 6.4. Il punzonamento può essere determinato dalla reazione concentrata del palo agente su un'area relativamente piccola di plinto.

Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche alla faccia del palo e al perimetro di verifica di base  $u_1$ . Si definiscono le seguenti tensioni di taglio di progetto lungo le sezioni di verifica:

- $v_{Rd,c}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra, priva di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata;
- $v_{Rd,cs}$ : è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra dotata di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata.

L'armatura per il taglio-punzonamento non è necessaria se:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

Se  $v_{Ed}$  supera il valore  $v_{Rd,c}$  si deve disporre armatura specifica per il taglio-punzonamento e deve risultare:

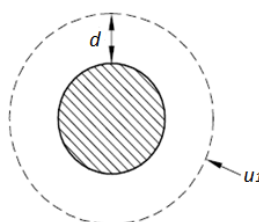
$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

La tensione massima di taglio, nel caso generale di reazione d'appoggio eccentrica rispetto al perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

Dove:

- $d$  è l'altezza utile media della piastra;
- $u_1$  è la lunghezza del perimetro di verifica
- $V_{Ed}$  è il taglio agente
- $\beta$  è un coefficiente assunto pari a 1



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

Secondo quanto riportato al §6.4.2 dell'Eurocodice 2 il perimetro di verifica di base  $u_1$  può generalmente essere collocato a una distanza pari a  $2d$  dall'area caricata. Tuttavia, considerando lo spessore elevato del plinto di fondazione e, a favore di sicurezza, tale perimetro è stato collocato ad una distanza  $d$  dal bordo del palo.

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,c}$  per una piastra priva di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

Dove:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02$ , dove  $\rho_{ly}$  e  $\rho_{lz}$  sono riferiti all'acciaio teso aderente rispettivamente nelle direzioni y e z.
- $\sigma_{cp} = 0$
- $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
- $k_1 = 1$
- $v_{min} = 0.035 k^2 \sqrt{f_{ck}}$

La resistenza di progetto a punzonamento  $v_{Rd,cs}$  per una piastra munita di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

Dove:

- $A_{sw}$  è l'area di armatura a taglio- punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro;
- $s_r$  è il passo dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento;
- $f_{ywd,ef}$  è la resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento, secondo la relazione  $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$ ;
- $\alpha$  è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra (pari a  $90^\circ$  nel caso di armatura verticale).

Inoltre, in adiacenza ai pilastri la resistenza a taglio-punzonamento è limitata a un valore massimo di:



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	B

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

Dove:

- $u_0$  è il perimetro del pilastro;
- $v_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd}$
- $v = 0.6 (1 - f_{ck}/250)$

La verifica è stata condotta in corrispondenza del palo d'angolo più sollecitato (palo 1), per lo sforzo assiale massimo della combinazione SLV - Treno 1 – Sisma Y prevalente:  $V_{Ed} = 7729$  kN.

Tale sforzo assiale massimo è stato poi ridotto a causa dell'effetto favorevole del peso del plinto di fondazione e del terreno di ricoprimento.

#### Caratteristiche materiali

$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. cubica cls
$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. cilindrica cls
$\gamma_c$	1.5		Coefficiente sicurezza cls
$T_{rd}$	0.30	N/mm <sup>2</sup>	Resist. unit. a taglio
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di snervamento acciaio
$\gamma_s$	1.15		Coefficiente di sicurezza acciaio

#### Armatura tesa

$A_{ly}$	34.40	cm <sup>2</sup> /m	Armatura tesa in direzione y (media)
$A_{lx}$	26.55	cm <sup>2</sup> /m	Armatura tesa in direzione x (media)

#### Impronta di carico

a	75	cm	(a = raggio per sezioni circolari)
h	250	cm	Altezza plinto
d	242	cm	Altezza utile
$\beta$	1		Coeff. che tiene conto eccentricità del carico

$u_1$	809.76	cm	Perimetro di verifica di base
$u_0$	471.24	cm	Perimetro dell'area caricata
k	1.29		Coefficiente
$\rho_l$	0.0013		Percentuale di armatura tesa

#### Peso del plinto

$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso specifico cls
$h_{plinto}$	2.5	m	Altezza plinto
A	10.48	m <sup>2</sup>	Area di verifica in corrispondenza del baricentro del plinto
$\Delta V_{sd}$	654.7	kN	Riduzione di taglio dovuta al peso proprio del plinto

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
		Progetto	Lotto
		IN17	12
		Codifica	
		EI2CLVI0104017	B

Peso del rinterro

$\gamma_{terr}$	19	kN/m <sup>3</sup>	Peso specifico terreno
$h_{rint}$	1	m	Altezza rinterro
A	19.12	m <sup>2</sup>	Area di verifica in corrispondenza dell'estradosso del plinto
$\Delta V_{sd}$	363.3	kN	Riduzione di taglio dovuta al peso del rinterro

Tensione massima di taglio

$V_{ed}$	7729	kN	Reazione agli SLU
$V_{ed}$	6711	kN	Taglio applicato (ridotto del peso proprio e del rinterro)
$V_{ed}$	829	kN/m	Taglio applicato per unità di lunghezza
$V_{ed}$	0.34	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio agente

Resistenza a punzonamento offerta dal solo calcestruzzo immediatamente a ridosso del palo

$V_{ed}$	0.59	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio a rifosso del palo
$V_{rdmax}$	3.83	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente massima
Verifica	ok		
FS	6.49		

Resistenza a punz. per unità di lungh. senza armatura a taglio

$V_{Rd,c}$	0.26	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente senza armatura a taglio
$V_{min}$	0.26	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{Rd}$	617.69	kN/m	Taglio resistente per unità di lunghezza
Verifica	no		
FS	0.75		

Resistenza a punz. per unità di lungh. con armatura a taglio

**STAFFE**

$f_{ywd,ef}$	391.30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento
$\alpha$	90.00	°	Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra
	1.57	rad	

$s_r$	400	mm	Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento
$d/s_r$	6.04		

$A_{sw min}$	835.1	mm <sup>2</sup>	Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo le staffe)
--------------	-------	-----------------	---

$\phi$	24		Diametro armatura taglio-punzonamento
n ferri	3.75		Numero di ferri in uno strato
$A_{sw}$	1696.5	mm <sup>2</sup>	Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato

GENERAL CONTRACTOR			ALTA SORVEGLIANZA	
				
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104017	B

### CAVALLOTTI

$f_{ywd,ef}$	391.30	N/mm <sup>2</sup>	<i>Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento</i>
$\alpha$	90.00	°	<i>Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra</i>
	1.57	rad	

$s_r$	<b>1500</b>	mm	<i>Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento</i>
$d/s_r$	1.61		

$A_{sw\ min}$	3131.7	mm <sup>2</sup>	<i>Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo i cavallotti)</i>
---------------	--------	-----------------	---

$\varphi$	<b>24</b>		<i>Diametro armatura taglio-punzonamento</i>
n ferri	<b>2</b>		<i>Numero di ferri in uno strato</i>
$A_{sw}$	904.78	mm <sup>2</sup>	<i>Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato</i>

$V_{Rd,cs}$	0.54	N/mm <sup>2</sup>	<i>Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente</i>
$V_{Ed}$	0.34	N/mm <sup>2</sup>	<i>Tensione di taglio-punzonamento agente</i>
Verifica	ok		
FS	1.58		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104017	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.