

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 ALPONE DAL km 20+220,67 AL km 21+992,67**

**PILE**

**Relazione di calcolo pile e plinto – Pila P32**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona 			
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 5 0 4	0 1 9	B	- - - p - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing. Alberto LEVORATO 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Ott.2021	M. Proietti 	Ott.2021	G. Grimaldi 	Ott.2021	
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0500001A	E.d.in	Sett.2022	M. Proietti 	Sett.2022	G. Grimaldi 	Sett.2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12CLVI0504019B
-----------------	----------------------	-----------------------------



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE È VIETATA

<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>EI2CLVI0504019</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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 Stati limite ultimi .....	7
3.4.2 Stati limite d'esercizio.....	7
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	10
5.1 Modelli di analisi e verifica.....	14
5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura .....	14
6. ANALISI DEI CARICHI.....	15
6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2) .....	15
6.2 Carichi da traffico verticali (Q1) .....	18
6.3 Effetti dinamici.....	19
6.4 Disposizione treni di carico.....	19
6.5 Carichi da traffico orizzontali .....	24
6.5.1 Forza centrifuga (Q4) .....	24
6.5.2 Serpeggio.....	26
6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3).....	27
6.5.4 Forza d'attrito (Q8) .....	29
6.6 Azione del Vento (Q5).....	30
6.7 Azione termica (Q7) .....	40
6.8 Azione Sismica (E).....	41
6.8.1 Inquadramento Sismico.....	41
6.8.2 Definizione della domanda sismica .....	42
6.8.3 Calcolo dell'azione Sismica .....	47
6.8.4 Check analisi statica.....	48
6.8.5 Analisi statica equivalente .....	49

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

7. CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	51
7.1 Caratteristiche di sollecitazioni .....	56
7.1.1 <i>Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3</i> .....	56
7.1.2 <i>Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	60
7.1.3 <i>Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	64
8. VERIFICHE STRUTTURALI .....	69
9. FUSTO PILA .....	69
9.1 Modello locale per ritiro differenziale .....	70
9.2 Verifica a presso flessione .....	70
9.3 Verifica a taglio.....	87
9.4 Verifica minimi di armatura.....	90
9.5 Verifica deformabilità.....	93
9.6 Determinazione spostamenti.....	93
10. PULVINO .....	96
11. PLINTO DI FONDAZIONE .....	98
11.1 Geometria del plinto e della palificata .....	98
11.2 Modellazione strutturale .....	99
11.3 Azioni di progetto .....	101
11.3.1 <i>Reazioni dei pali</i> .....	101
11.3.2 <i>Peso proprio plinto di fondazione</i> .....	102
11.3.3 <i>Peso terreno di ricoprimento</i> .....	102
11.4 Risultati di analisi .....	103
11.5 Dimensionamento e verifica delle armature .....	107
11.5.1 <i>Dimensionamento delle armature</i> .....	107
11.5.2 <i>Verifica a flessione</i> .....	108
11.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	118
11.5.4 <i>Verifica a taglio-punzonamento</i> .....	121
12. VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008) .....	126

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

## 1. Premessa

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento degli elementi in elevazione del *Viadotto Alpone – VI05*, 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 11.0/12.33 m, con fondazione 16.5m x 12.0m x 2.5m su 12 pali, con altezza del terreno di ricoprimento di circa 3.8m e sulle quali afferiscono un impalcato in c.a.p. di L=25.0m e un impalcato a travi incorporate di L=22.0m (P32 del VI05C).

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 EI2CLVI0504019	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
- IN1712EI2CLVI0500001, Interazione treno binario struttura – Relazione di calcolo
- IN1712EI2CLVI0504021, Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni
- IN1712EI2RBVI05A0001, Relazione geotecnica

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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
fctm = 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>EI2CLVI0504019</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0504019
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0504019					
	B						

$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	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 EI2CLVI0504019	B

### 3.4 Stati limite

#### 3.4.1 Stati limite ultimi

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

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

#### 3.4.2 Stati limite d'esercizio

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

##### 3.4.2.1 Verifica tensionale

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

##### tensione massima di compressione del calcestruzzo

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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 EI2CLVI0504019	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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

#### 4. Caratterizzazione geotecnica

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

#### 5. Descrizione dell'opera

Il *Viadotto Alpone – VI05*, a doppio binario con intervallata 4.5 m, si estende dal km 20+220.67 al km 21+992.67 della *Tratta Verona-Padova* per uno sviluppo complessivo di 1772.0 m ed è costituito da 66 campate di cui:

- Due campate di luce pari a 22.0m, con impalcato a travi incorporate;
- Un impalcato di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-cls a 4 travi;
- Due impalcati di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-cls a 6 travi;
- L'ultima campata ad arco, non oggetto della presente relazione;
- Le restanti di luce pari a 25.0 m, 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 esterna variabile a seconda se appartenente 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 16.5m x 12.0m e di spessore 2.5m. Le fondazioni previste sono su pali (12 pali  $\Phi$ 1500).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

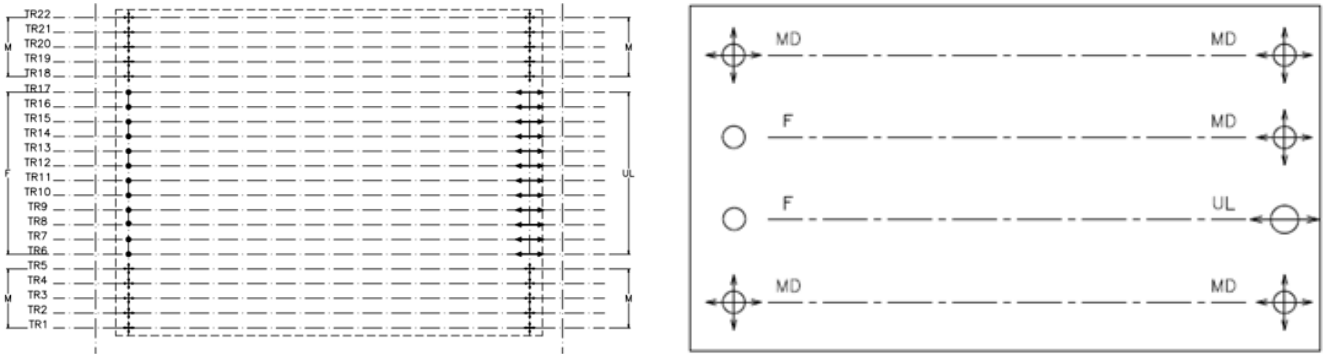


Figura 1 - Schema appoggi

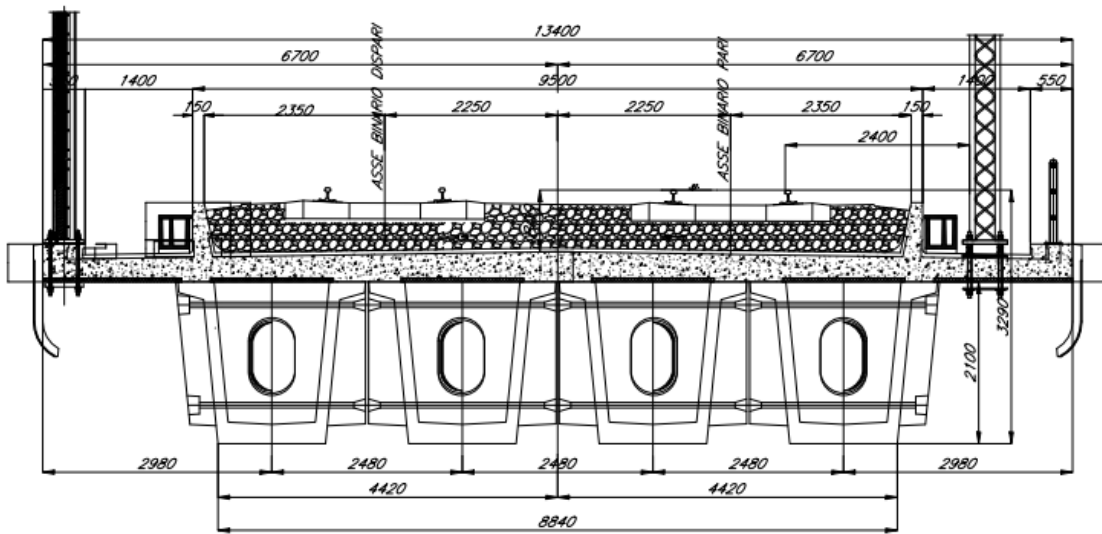


Figura 2 - Sezione impalcato c.a.p.

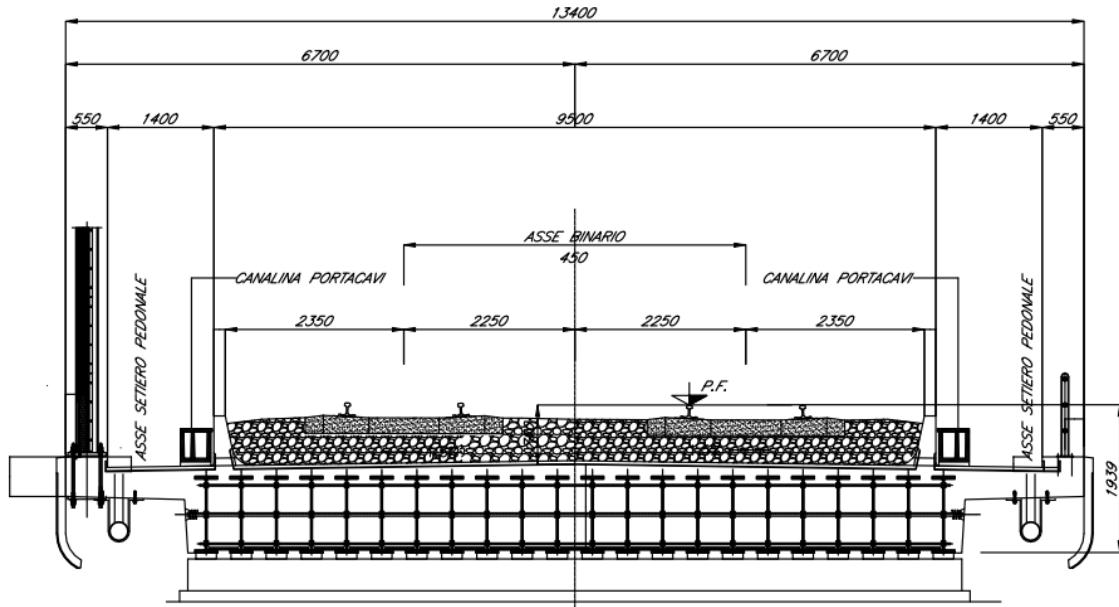
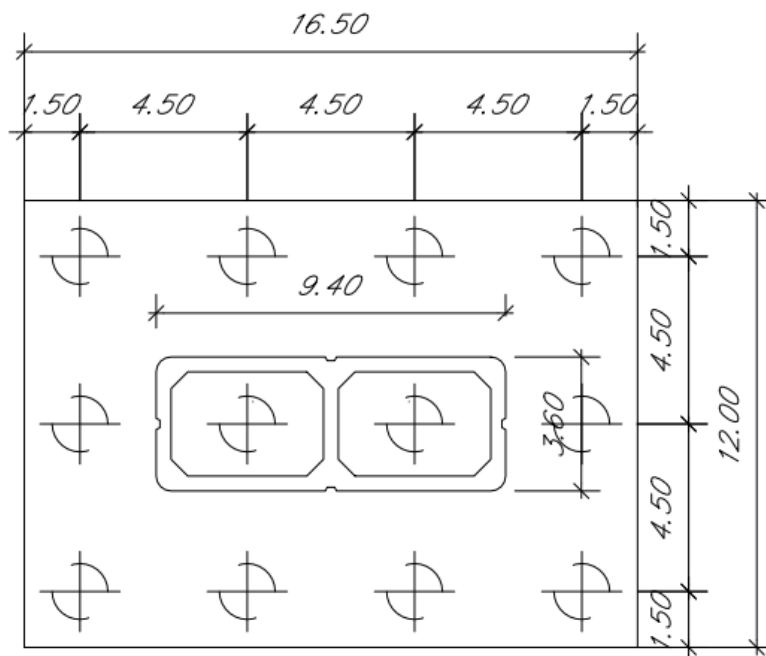


Figura 3 - Sezione impalcato travi incorporate



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0504019

B

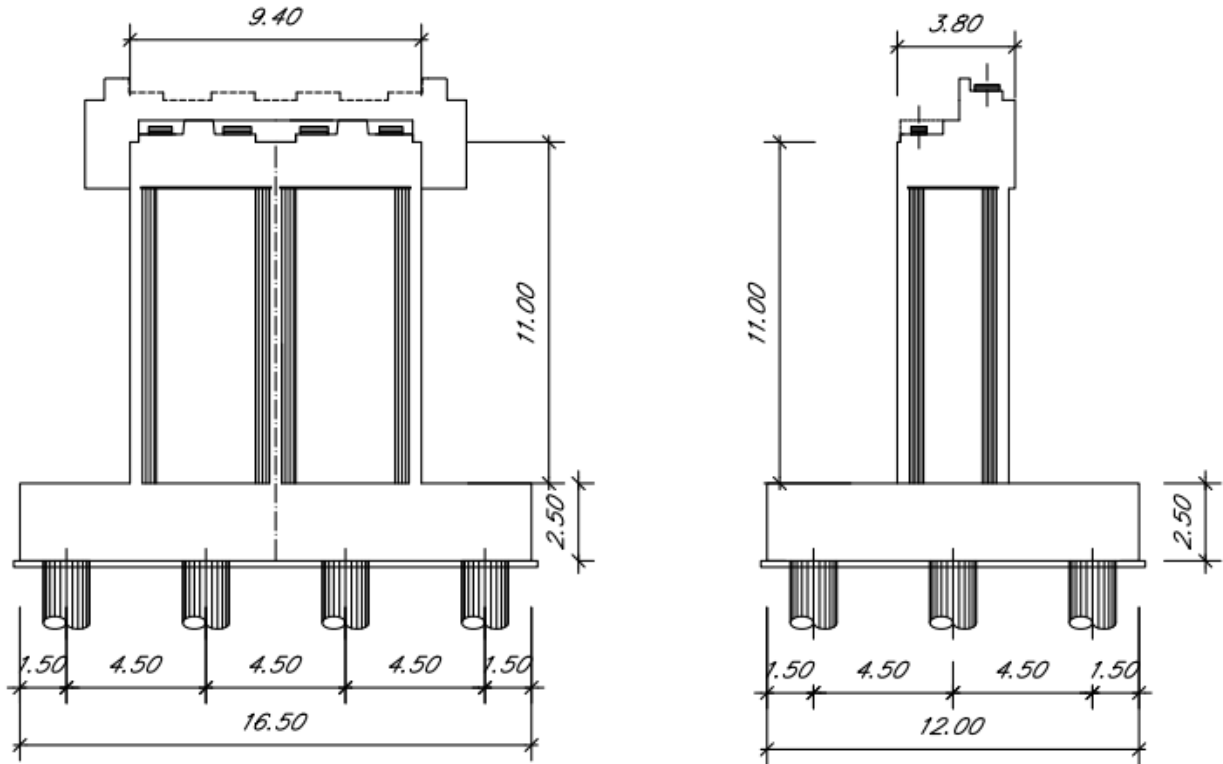


Figura 4 - Pianta e sezioni pila

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

## 5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura

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



GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504019				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 strutturali	$G_2$	<b>5390</b>	kN	<b>4106</b>	kN

Altezze dal intradosso del cassoncino	
baricentro sezione cassone+soletta	$G_{b1}$ <b>1.600</b> m <b>0.600</b> m
baricentro del ballast	$G_{b2}$ <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	$G_{b3}$ <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 EI2CLVI0504019	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>11.70</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>2720</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 IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

<b>FONDAZIONE</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>16.50</b>	m
larghezza in direzione longitudinale	d	<b>12.00</b>	m
altezza della fondazione	h	<b>2.50</b>	m
area della fondazione	Af	<b>198.00</b>	m <sup>2</sup>
pali di fondazione	Φ	<b>1.50</b>	m
numero di pali	n.	<b>12</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	11998	1071
scarichi estradosso Fondazione - G2	4748	706
scarichi intradosso Fondazione - G1	36243	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 3.8 m.

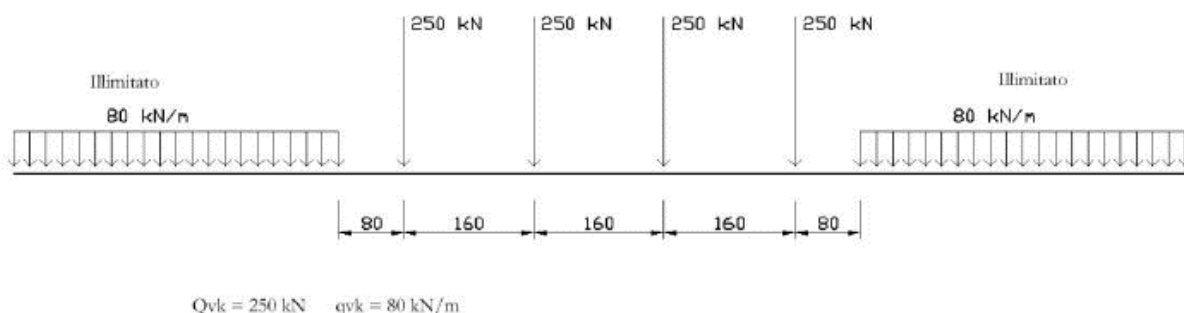
GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

## 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.



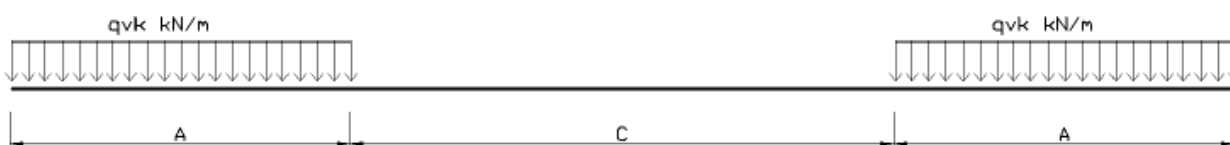
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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 EI2CLVI0504019	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:

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0504019

B

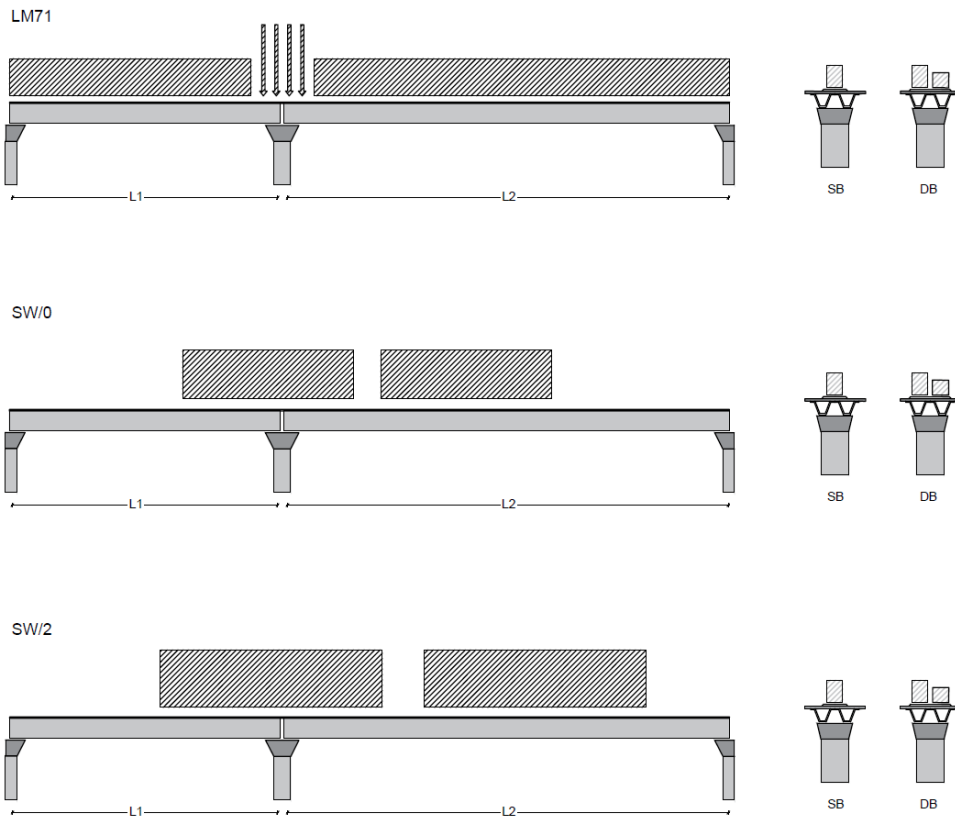


Figura 5- Posizione treni di carico - massimo sforzo assiale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0504019

B

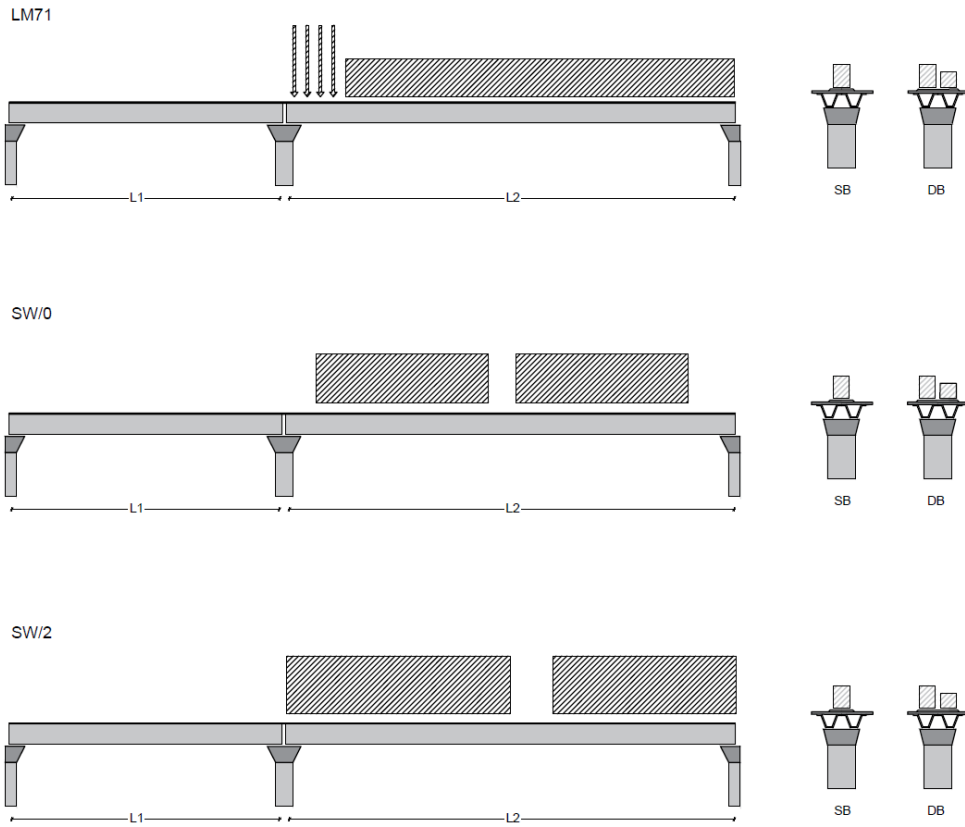


Figura 6- Posizione treni di carico – massimo momento longitudinale



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0504019

B

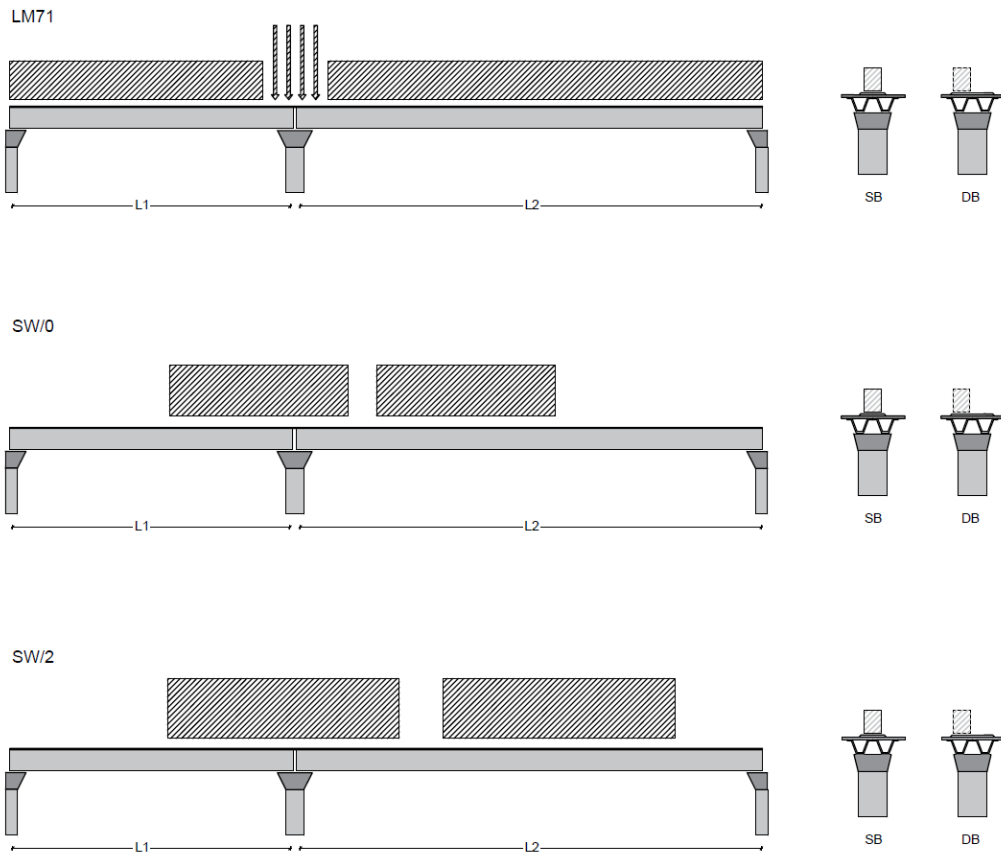


Figura 7- Posizione treni di carico – massimo momento trasversale

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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	V <sub>max</sub>	300	km/h
		<b>SX</b>	
lunghezza di influenza della parte curva del binario	L <sub>f</sub>	22.8	m
fattore di riduzione funzione della L <sub>f</sub> 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 EI2CLVI0504019	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:

	$Q_{tk\ sx}$	$q_{tk\ sx}$	$Q_{tk\ dx}$	$q_{tk\ dx}$	$F\ testa\ Pila$	$Mom\ Trasn$
	$KN$	$KN/m$	$KN$	$KN/m$	$KN$	$KN/m$
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 EI2CLVI0504019	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

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

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

#### FRENATURA

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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	EI2CLVI0504019	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.

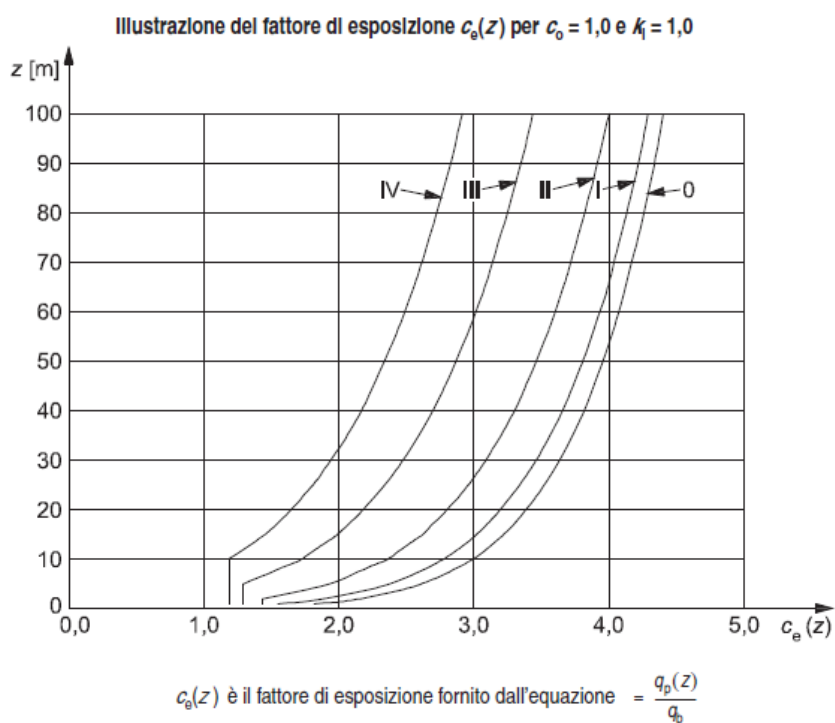


Figura 8 -fattore di esposizione - Eurocodice 1991-1-4

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

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

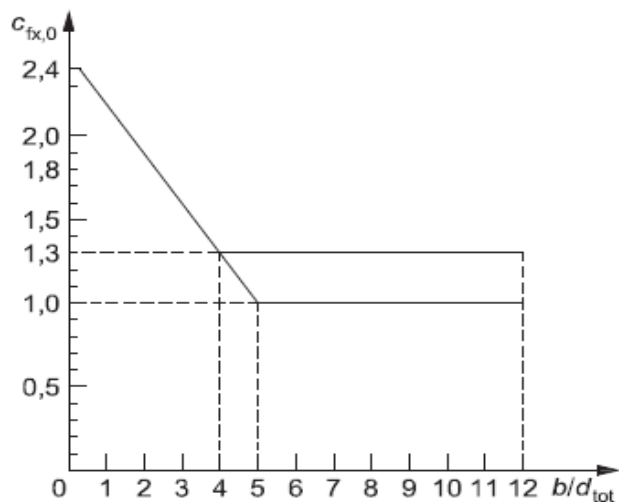


Figura 9 - Fattore di forza trasversale - Eurocodice 1991-1-4

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

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

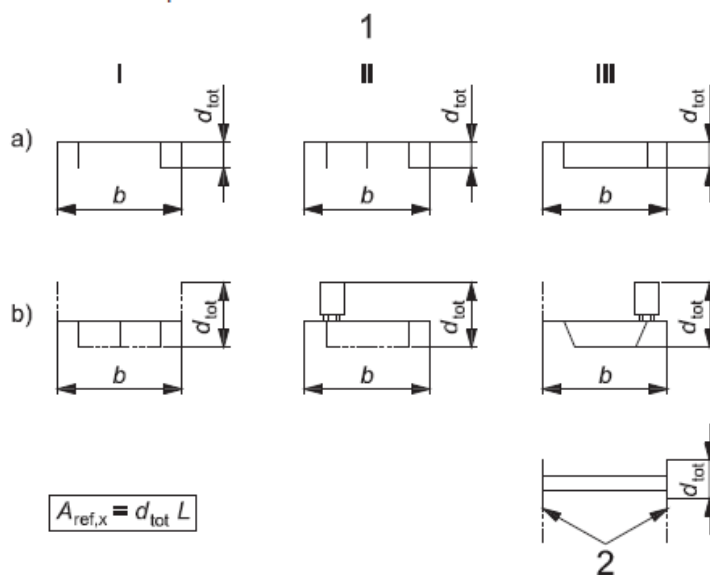


Figura 10 - Area effettiva - Eurocodice 1991-1-4

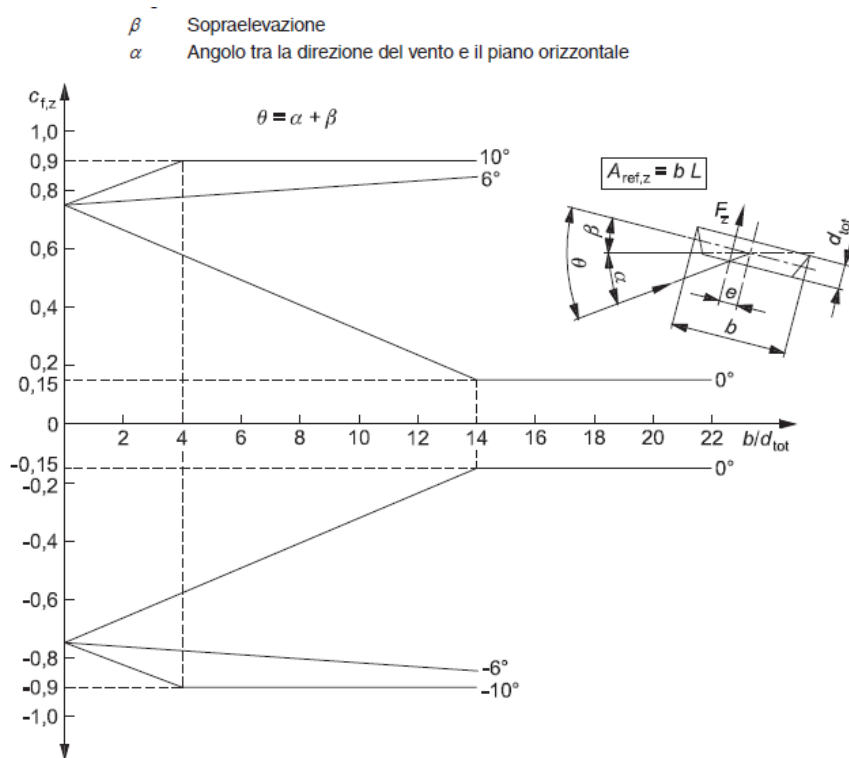


Figura 11 - coefficiente di forza verticale - Eurocodice 1991-1-4

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

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

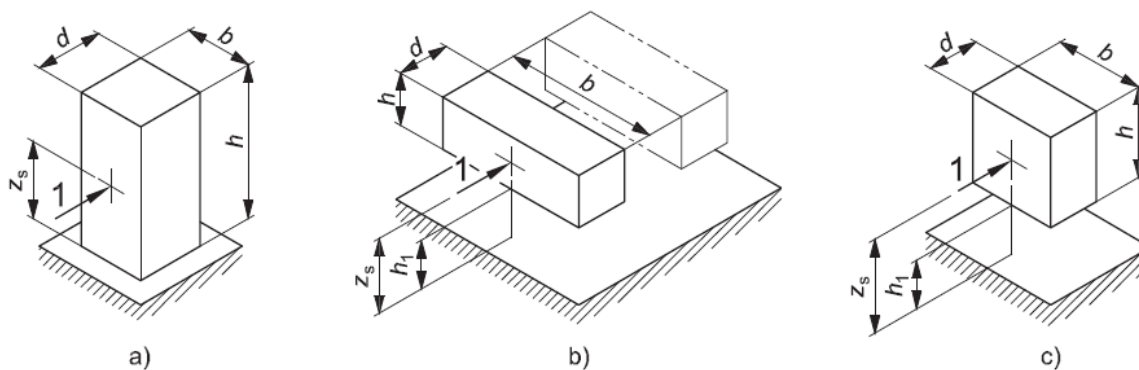


Figura 12 - Altezza di riferimento - Eurocodice 1991-1-4

tab. 3.3.I

Zona **1**

tab.3.3.II

Categoria **II**

tab. 3.3.III

Classe rug **D**

velocità di base di riferimento s.l.m.

V<sub>bo</sub> **25** m/s

parametro di quota

a<sub>o</sub> **1000** m

altitudine sul livello del mare

a<sub>s</sub> **150** m

parametro adimensionale

k<sub>s</sub> **0.4**

coefficiente di altitudine

c<sub>a</sub> **1**

velocità di base di riferimento

V<sub>b</sub> **25** m/s

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

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	11.70	m
altezza baggioli e app. d'appoggio	z2	0.50	m
altezza all'intradosso	zint	12.2	m
altezza di riferimento	z	15.5	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.64	
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	1160.1	n/m <sup>2</sup>
larghezza impalcato	d	13.4	m
altezza impalcato+soletta	z3	1.82	m
armamento	z4	0.80	m
altezza treno	z5a	4	m
altezza barriera	z5b	4	m
altezza di impatto treno o barriera	htot	6.62	m
	d/h	2.02	
coefficiente di forza trasversale	cfx	1.84	
coefficiente di forza trasversale	cfz	0.9	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019
			B

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

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

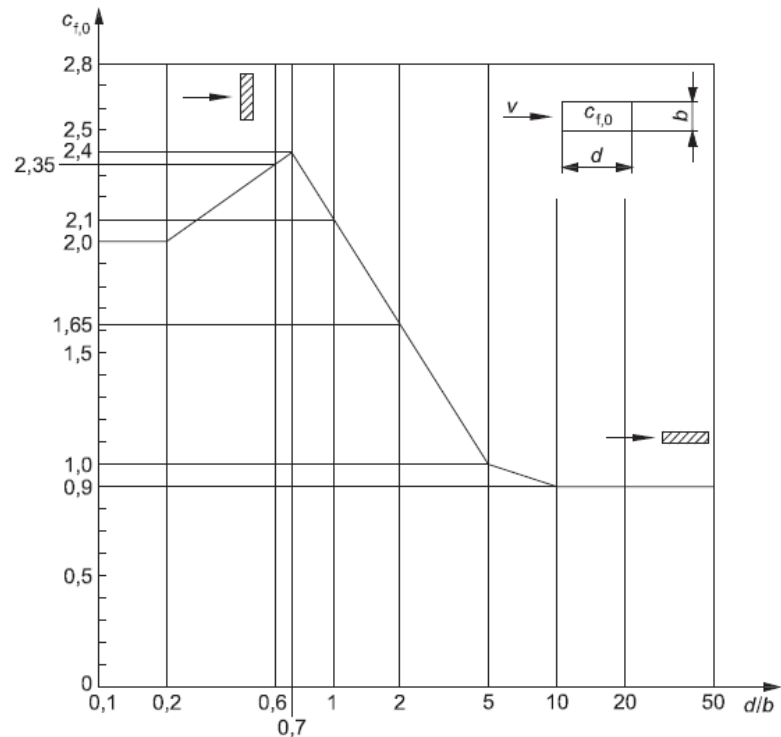


Figura 13 - Correlazione tra dimensioni in sezione dell'elemento e il coefficiente di forma  $c_{fx0}$  (figura 7.23 EC1-4)

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

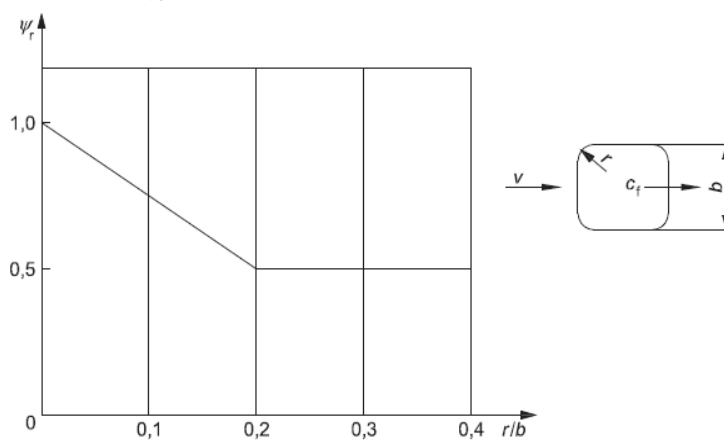


Figura 14 - correlazione tra il raggio di arrotondamento dello spigolo e il fattore riduttivo  $\psi_r$  (figura 7.24 EC1-4)



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	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  $k/b$

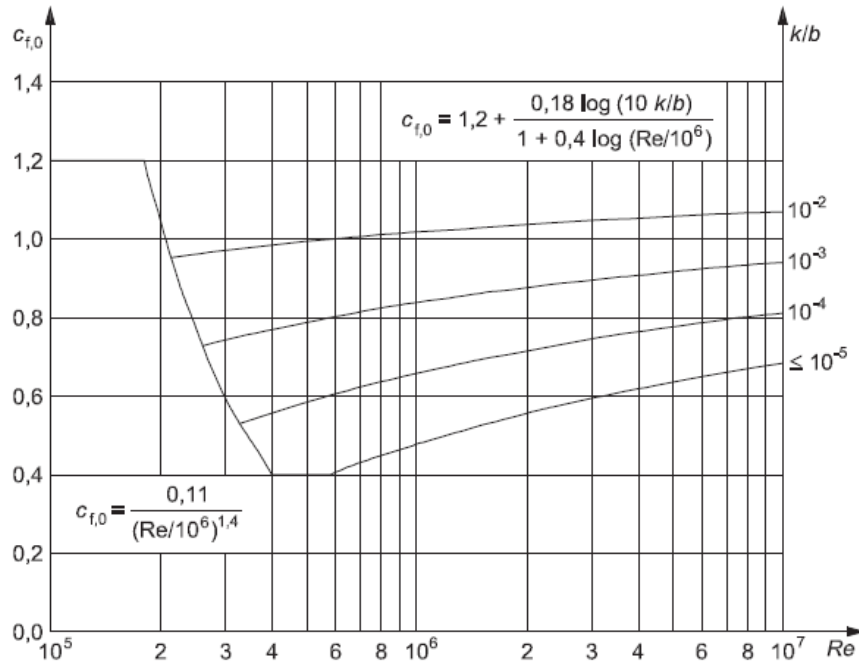


Figura 15 - Fattori di forza pila - Eurocodice 1991-1-4



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

**direzione trasversale**

altezza di riferimento	z	11.7	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.45	
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	1078.7	n/m <sup>2</sup>
		1.08	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	1.87E+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	3.25	
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	105.3	kN
altezza di applicazione sulla pila	h tra	6.2	m

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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	1.24	
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>274.95</b>	kN
altezza di applicazione sulla pila	h lon	<b>6.22</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 impalcati in c.a.p. e in c.a.
- $DT = \pm 15^{\circ}C$  per impalcati 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 EI2CLVI0504019	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

EI2CLVI0504019

B

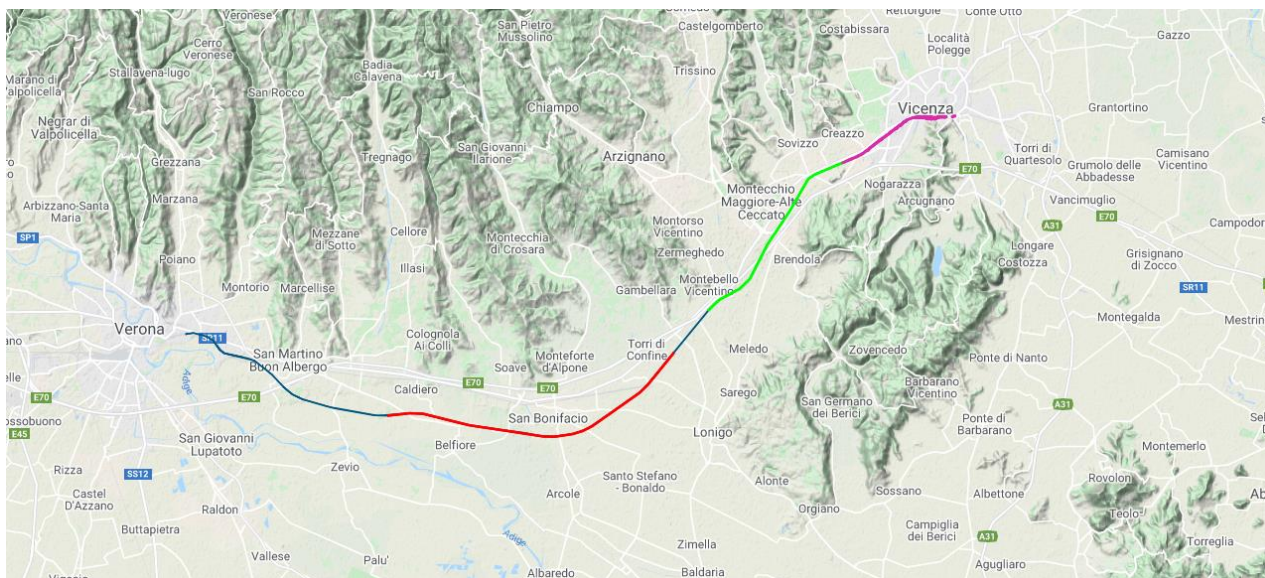


Figura 16 - Individuazione geografica della linea ferroviaria

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

EI2CLVI0504019

B

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

- Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3
- Interpolazione

Interpolazione:

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

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

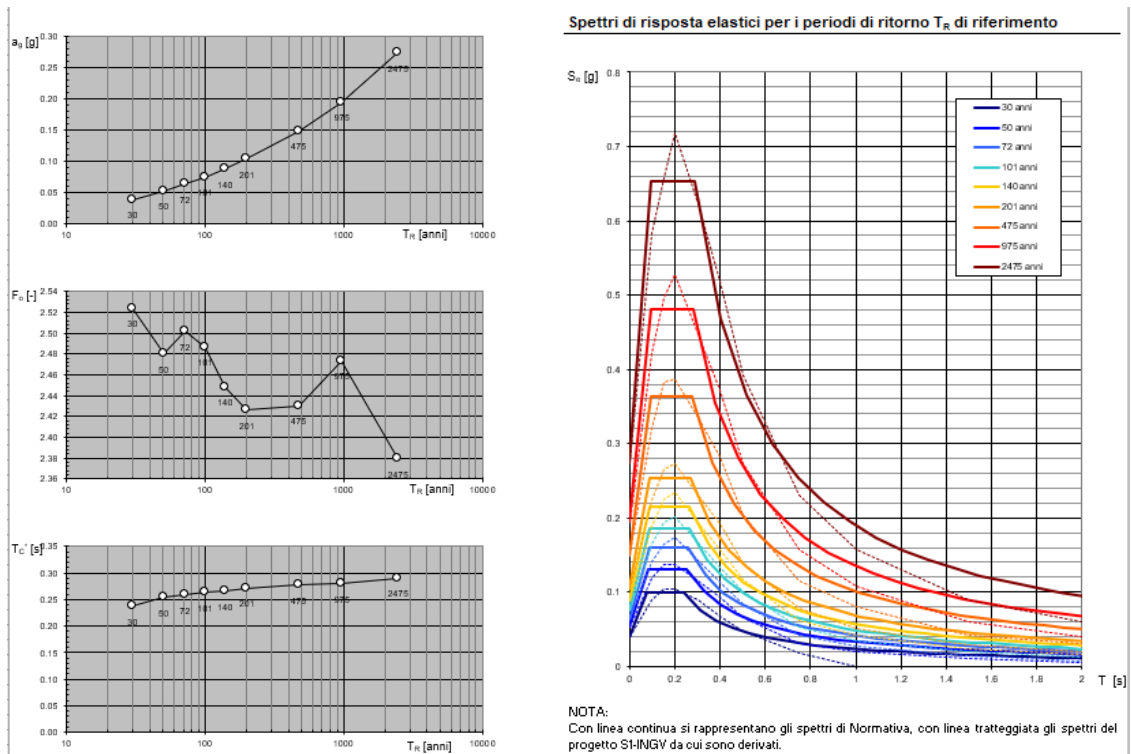


Figura 18 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri\_NTC"

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

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

La verifica dell' 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	EI2CLVI0504019	B

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE {

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

Stati limite ultimi - SLU {

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

Elaborazioni

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

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  $q_o = 1.5$  Regol. in altezza  info

Compon. verticale

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

Elaborazioni

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

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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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	EI2CLVI0504019	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	2720	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2871	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Long	Mtot long	16719	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>NO</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	2720	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2871	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Trasv	Mtot tras	16105	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>NO</b>	

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504019				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	2720	kN
massa pulvino	Mpila	1965	kN
massa efficace pila	Mpe	2871	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Vert	Mtot vert	16105	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	<i>Mep &lt; 1/5 Mimp</i>	<b>NO</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	11.70	m
altezza plinto di fondazione	hf	0.00	m
altezza baggioli ed app. appoggio	hap	0.50	m
altezza equivalente sdof	He	12.20	m
rigidezza flessionale sdof in dir. Trasv	Ktra	1.60E+09	N/m
rigidezza flessionale sdof in dir. Long	Klong	6.13E+08	N/m
rigidezza assiale sdof in dir. Vert	Kvert	2.58E+10	N/m
periodo di vibrare sdof dir. Trasversale	Ttra	0.20	sec
periodo di vibrare sdof dir. Longitudinale	Tlong	0.33	sec
periodo di vibrare sdof dir. Verticale	Tvert	0.05	sec

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

	SLV		SLD	
<b>Tabella Riassuntiva</b>	q=1.5	q=1	q=1	
accelerazione componente trasversale	0.50	0.75	0.33	g
accelerazione componente longitudinale	0.50	0.75	0.33	g
accelerazione componente verticale	0.35	0.35	0.09	g
Sforzo assiale	5604	5604	1465	kN
Taglio Sism testa pila direz. trasversale	8033	12049	5388	kN
Taglio Sism testa pila direz. longitudinale	8339	12509	5594	kN
Momento flessionale trasversale	115205	172807	77279	kN m
Momento flessionale longitudinale	101736	152604	68244	kN m

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

## 7. Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQ <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

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

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504019			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	EI2CLVI0504019	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	EI2CLVI0504019			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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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	1968	1669	5233	12612
A1_SLU_gr2+vento_6	18321	392	1669	4164	10573
A1_SLU_gr3+vento_7	26199	3260	1057	5879	9474
A1_SLU_vento_gr1_9	18176	412	741	5069	7159
A1_SLU_vento_gr2_10	18176	412	741	5069	7159
A1_SLU_vento_gr3_11	18176	412	741	5069	7159
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	1255	1141	3575	8599
SLE_rar_gr2+vento_6	12960	233	1141	2870	7193

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504019	B

SLE\_rar\_gr3+vento\_7

18393

2146

719

4020

6435

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504019	B

SLE_rar_vento_gr1_9	12849	275	494	3486	4773
SLE_rar_vento_gr2_10	12849	275	494	3486	4773
SLE_rar_vento_gr3_11	12849	275	494	3486	4773
SLE_rar_gr4_Centrif_4	15577	1212	507	2519	3441
SLE_rar_gr4+vento_8	16049	1377	803	3545	6305
SLE_rar_vento_gr4_12	12849	275	494	3486	4773
SLE_qp_gr1+vento_33	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_45	14914	6979	1980	3535	6434
E_103y_SLV_q=1.5_46	14914	2144	6600	1117	20789
E_103z_SLV_q=1.5_47	18837	2144	1980	1117	6434
E_103x_SLD_q=1_54	13673	4705	1328	2398	4408
E_103y_SLD_q=1_55	13673	1462	4428	776	14038
E_103z_SLD_q=1_56	14698	1462	1328	776	4408

#### 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	1852	1669	8964	12166
A1_SLU_gr2+vento_62	18321	392	1669	4164	10573
A1_SLU_gr3+vento_63	22977	3144	1057	9610	9027
A1_SLU_vento_gr1_65	18176	412	741	5069	7159
A1_SLU_vento_gr2_66	18176	412	741	5069	7159
A1_SLU_vento_gr3_67	18176	412	741	5069	7159
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	1201	1141	6161	8291
SLE_rar_gr2+vento_62	12960	233	1141	2870	7193
SLE_rar_gr3+vento_63	16171	2093	719	6607	6127
SLE_rar_vento_gr1_65	12849	275	494	3486	4773

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504019	B

SLE_rar_vento_gr2_66	12849	275	494	3486	4773
SLE_rar_vento_gr3_67	12849	275	494	3486	4773
SLE_rar_gr4_Centrif_60	14244	1180	507	4071	3256
SLE_rar_gr4+vento_64	14716	1345	803	5097	6120
SLE_rar_vento_gr4_68	12849	275	494	3486	4773
SLE_qp_gr1+vento_89	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_101	14470	6970	1980	4053	6372
E_103y_SLV_q=1.5_102	14470	2135	6600	1635	20728
E_103z_SLV_q=1.5_103	18393	2135	1980	1635	6372
E_103x_SLD_q=1_110	13228	4696	1328	2916	4347
E_103y_SLD_q=1_111	13228	1453	4428	1294	13976
E_103z_SLD_q=1_112	14254	1453	1328	1294	4347

#### 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	1825	1669	4885	21176
A1_SLU_gr2+vento_118	18321	392	1669	4164	10573
A1_SLU_gr3+vento_119	22216	3117	1057	5531	18037
A1_SLU_vento_gr1_121	18176	412	741	5069	7159
A1_SLU_vento_gr2_122	18176	412	741	5069	7159
A1_SLU_vento_gr3_123	18176	412	741	5069	7159
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	1189	1141	3351	14506
SLE_rar_gr2+vento_118	12960	233	1141	2870	7193
SLE_rar_gr3+vento_119	15646	2080	719	3797	12341
SLE_rar_vento_gr1_121	12849	275	494	3486	4773
SLE_rar_vento_gr2_122	12849	275	494	3486	4773

GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA				
	Progetto	Lotto	Codifica						
	IN17	12	EI2CLVI0504019		B				

SLE_rar_vento_gr3_123	12849	275	494	3486	4773
SLE_rar_gr4_Centrif_116	13929	1172	507	2385	6985
SLE_rar_gr4+vento_120	14401	1337	803	3411	9849
SLE_rar_vento_gr4_124	12849	275	494	3486	4773
SLE_qp_gr1+vento_145	12062	48	0	1801	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	14365	6968	1980	3491	7615
E_103y_SLV_q=1.5_158	14365	2133	6600	1074	21971
E_103z_SLV_q=1.5_159	18288	2133	1980	1074	7615
E_103x_SLD_q=1_166	13123	4694	1328	2354	5589
E_103y_SLD_q=1_167	13123	1451	4428	733	15219
E_103z_SLD_q=1_168	14149	1451	1328	733	5589

### 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	31815	1721	1224	23824	22642
A1_SLU_gr2_Scarico_2	23937	145	1224	4317	20602
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	31815	3013	612	39591	12340
A1_SLU_gr1+vento_5	32523	1968	1669	28258	32140
A1_SLU_gr2+vento_6	24646	392	1669	8751	30101
A1_SLU_gr3+vento_7	32523	3260	1057	44024	21839
A1_SLU_vento_gr1_9	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_vento_gr2_10	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_vento_gr3_11	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_Scalz_gr1_13	28417	959	735	14401	13585
A1_SLU_Scalz_gr2_14	23690	81	735	3527	12361
A1_SLU_Scalz_gr3_15	28417	1734	367	23861	7404
SLE_rar_gr1_Treno_1	22605	1090	844	15299	15615
SLE_rar_gr2_Scarico_2	17172	68	844	2641	14209
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	22605	1981	422	26172	8511
SLE_rar_gr1+vento_5	23077	1255	1141	18255	21947
SLE_rar_gr2+vento_6	17644	233	1141	5597	20541

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

SLE\_rar\_gr3+vento\_7                      23077      2146      719      29128      14843

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

SLE_rar_vento_gr1_9	17533	275	494	6703	10554
SLE_rar_vento_gr2_10	17533	275	494	6703	10554
SLE_rar_vento_gr3_11	17533	275	494	6703	10554

SLE_rar_gr4_Centrif_4	20261	1212	507	16697	9369
SLE_rar_gr4+vento_8	20734	1377	803	19653	15701
SLE_rar_vento_gr4_12	17533	275	494	6703	10554

SLE_qp_gr1+vento_33	16746	48	0	2366	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	19599	8411	2410	103594	34843
E_103y_SLV_q=1.5_46	19599	2573	8033	32379	115486
E_103z_SLV_q=1.5_47	23522	2573	2410	32379	34843
E_103x_SLD_q=1_54	18357	5665	1616	70102	23465
E_103y_SLD_q=1_55	18357	1750	5388	22332	77560
E_103z_SLD_q=1_56	19383	1750	1616	22332	23465

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

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	28593	1605	1224	26198	22195
A1_SLU_gr2_Scarico_58	23937	145	1224	4317	20602
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	28593	2897	612	41965	11894
A1_SLU_gr1+vento_61	29301	1852	1669	30632	31693
A1_SLU_gr2+vento_62	24646	392	1669	8751	30101
A1_SLU_gr3+vento_63	29301	3144	1057	46398	21392
A1_SLU_vento_gr1_65	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_vento_gr2_66	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_vento_gr3_67	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_Scalz_gr1_69	26483	917	735	16165	13317
A1_SLU_Scalz_gr2_70	23690	81	735	3527	12361
A1_SLU_Scalz_gr3_71	26483	1693	367	25625	7136

SLE_rar_gr1_Treno_57	20383	1036	844	17262	15307
SLE_rar_gr2_Scarico_58	17172	68	844	2641	14209
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	20383	1928	422	28135	8202
SLE_rar_gr1+vento_61	20855	1201	1141	20217	21639
SLE_rar_gr2+vento_62	17644	233	1141	5597	20541
SLE_rar_gr3+vento_63	20855	2093	719	31091	14535
SLE_rar_vento_gr1_65	17533	275	494	6703	10554



GENERAL CONTRACTOR					ALTA SORVEGLIANZA				
					Progetto	Lotto	Codifica		
					IN17	12	EI2CLVI0504019		B

SLE_rar_vento_gr2_66	17533	275	494	6703	10554
SLE_rar_vento_gr3_67	17533	275	494	6703	10554

SLE_rar_gr4_Centrif_60	18928	1180	507	17874	9184
SLE_rar_gr4+vento_64	19401	1345	803	20830	15517
SLE_rar_vento_gr4_68	17533	275	494	6703	10554

SLE_qp_gr1+vento_89	16746	48	0	2366	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	19155	8402	2410	104113	34781
E_103y_SLV_q=1.5_102	19155	2565	8033	32897	115424
E_103z_SLV_q=1.5_103	23077	2565	2410	32897	34781
E_103x_SLD_q=1_110	17913	5657	1616	70621	23403
E_103y_SLD_q=1_111	17913	1741	5388	22850	77498
E_103z_SLD_q=1_112	18939	1741	1616	22850	23403

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	27831	1577	1224	21798	31206
A1_SLU_gr2_Scarico_114	23937	145	1224	4317	20602
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	27831	2869	612	37565	20904
A1_SLU_gr1+vento_117	28540	1825	1669	26232	40704
A1_SLU_gr2+vento_118	24646	392	1669	8751	30101
A1_SLU_gr3+vento_119	28540	3117	1057	41998	30403
A1_SLU_vento_gr1_121	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_vento_gr2_122	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_vento_gr3_123	24500	412	741	9894	15831
A1_SLU_Scalz_gr1_125	26027	907	735	13605	18723
A1_SLU_Scalz_gr2_126	23690	81	735	3527	12361
A1_SLU_Scalz_gr3_127	26027	1683	367	23065	12543

SLE_rar_gr1_Treno_113	19858	1024	844	14304	21521
SLE_rar_gr2_Scarico_114	17172	68	844	2641	14209
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	19858	1915	422	25177	14417
SLE_rar_gr1+vento_117	20330	1189	1141	17260	27854
SLE_rar_gr2+vento_118	17644	233	1141	5597	20541
SLE_rar_gr3+vento_119	20330	2080	719	28133	20749
SLE_rar_vento_gr1_121	17533	275	494	6703	10554
SLE_rar_vento_gr2_122	17533	275	494	6703	10554

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA	
					
	Progetto	Lotto	Codifica		
	IN17	12	E12CLVI0504019		B

SLE_rar_vento_gr3_123	17533	275	494	6703	10554
SLE_rar_gr4_Centrif_116	18613	1172	507	16100	12913
SLE_rar_gr4+vento_120	19085	1337	803	19056	19245
SLE_rar_vento_gr4_124	17533	275	494	6703	10554
SLE_qp_gr1+vento_145	16746	48	0	2366	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	19050	8400	2410	103551	36024
E_103y_SLV_q=1.5_158	19050	2562	8033	32336	116667
E_103z_SLV_q=1.5_159	22972	2562	2410	32336	36024
E_103x_SLD_q=1_166	17808	5654	1616	70059	24646
E_103y_SLD_q=1_167	17808	1739	5388	22288	78741
E_103z_SLD_q=1_168	18834	1739	1616	22288	24646

### 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	64545	1721	1224	28126	25703
A1_SLU_gr2_Scarico_2	56667	145	1224	4678	23663
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	64545	3013	612	47123	13871
A1_SLU_gr1+vento_5	65253	1968	1669	33178	36313
A1_SLU_gr2+vento_6	57376	392	1669	9731	34274
A1_SLU_gr3+vento_7	65253	3260	1057	52175	24481
A1_SLU_vento_gr1_9	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_vento_gr2_10	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_vento_gr3_11	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_Scalz_gr1_13	45123	959	735	16798	15422
A1_SLU_Scalz_gr2_14	40396	81	735	3731	14198
A1_SLU_Scalz_gr3_15	45123	1734	367	28197	8323
SLE_rar_gr1_Treno_1	46850	1090	844	18024	17726
SLE_rar_gr2_Scarico_2	41417	68	844	2811	16320
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	46850	1981	422	31125	9566
SLE_rar_gr1+vento_5	47322	1255	1141	21392	24800
SLE_rar_gr2+vento_6	41889	233	1141	6180	23393

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

SLE\_rar\_gr3+vento\_7

47322

2146

719

34493

16640

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

SLE_rar_vento_gr1_9	41778	275	494	7391	11789
SLE_rar_vento_gr2_10	41778	275	494	7391	11789
SLE_rar_vento_gr3_11	41778	275	494	7391	11789

SLE_rar_gr4_Centrif_4	0	0	44506	1212	507
SLE_rar_gr4+vento_8	0	0	44978	1377	803
SLE_rar_vento_gr4_12	0	0	41778	275	494

SLE_qp_gr1+vento_33	40991	48	0	2486	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	44883	12213	3550	129374	42293
E_103y_SLV_q=1.5_46	44883	3714	11835	40239	140320
E_103z_SLV_q=1.5_47	51231	3714	3550	40239	42293
E_103x_SLD_q=1_54	42873	7360	2125	86384	28141
E_103y_SLD_q=1_55	42873	2258	7082	27341	93148
E_103z_SLD_q=1_56	44530	2258	2125	27341	28141

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	61323	1605	1224	30210	25256
A1_SLU_gr2_Scarico_58	56667	145	1224	4678	23663
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	61323	2897	612	49207	13424
A1_SLU_gr1+vento_61	62032	1852	1669	35262	35866
A1_SLU_gr2+vento_62	57376	392	1669	9731	34274
A1_SLU_gr3+vento_63	62032	3144	1057	54259	24034
A1_SLU_vento_gr1_65	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_vento_gr2_66	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_vento_gr3_67	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_Scalz_gr1_69	43190	917	735	18458	15153
A1_SLU_Scalz_gr2_70	40396	81	735	3731	14198
A1_SLU_Scalz_gr3_71	43190	1693	367	29856	8054

SLE_rar_gr1_Treno_57	44628	1036	844	19853	17418
SLE_rar_gr2_Scarico_58	41417	68	844	2811	16320
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	44628	1928	422	32954	9258
SLE_rar_gr1+vento_61	45100	1201	1141	23221	24491
SLE_rar_gr2+vento_62	41889	233	1141	6180	23393
SLE_rar_gr3+vento_63	45100	2093	719	36322	16332
SLE_rar_vento_gr1_65	41778	275	494	7391	11789

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504019	B

SLE_rar_vento_gr2_66	41778	275	494	7391	11789
SLE_rar_vento_gr3_67	41778	275	494	7391	11789

SLE_rar_gr4_Centrif_60	43173	1180	507	20824	10451
SLE_rar_gr4+vento_64	43645	1345	803	24192	17524
SLE_rar_vento_gr4_68	41778	275	494	7391	11789

SLE_qp_gr1+vento_89	40991	48	0	2486	0
---------------------	-------	----	---	------	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	44439	12204	3550	129870	42231
E_103y_SLV_q=1.5_102	44439	3705	11835	40734	140259
E_103z_SLV_q=1.5_103	50787	3705	3550	40734	42231
E_103x_SLD_q=1_110	42428	7351	2125	86880	28080
E_103y_SLD_q=1_111	42428	2249	7082	27837	93087
E_103z_SLD_q=1_112	44086	2249	2125	27837	28080

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	60562	1577	1224	25741	34266
A1_SLU_gr2_Scarico_114	56667	145	1224	4678	23663
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	60562	2869	612	44738	22435
A1_SLU_gr1+vento_117	61270	1825	1669	30794	44877
A1_SLU_gr2+vento_118	57376	392	1669	9731	34274
A1_SLU_gr3+vento_119	61270	3117	1057	49791	33045
A1_SLU_vento_gr1_121	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_vento_gr2_122	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_vento_gr3_123	57231	412	741	10925	17684
A1_SLU_Scalz_gr1_125	42733	907	735	15874	20560
A1_SLU_Scalz_gr2_126	40396	81	735	3731	14198
A1_SLU_Scalz_gr3_127	42733	1683	367	27272	13461

SLE_rar_gr1_Treno_113	44102	1024	844	16864	23632
SLE_rar_gr2_Scarico_114	41417	68	844	2811	16320
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	44102	1915	422	29965	15472
SLE_rar_gr1+vento_117	44575	1189	1141	20232	30706
SLE_rar_gr2+vento_118	41889	233	1141	6180	23393
SLE_rar_gr3+vento_119	44575	2080	719	33333	22546
SLE_rar_vento_gr1_121	41778	275	494	7391	11789
SLE_rar_vento_gr2_122	41778	275	494	7391	11789

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

SLE_rar_vento_gr3_123	41778	275	494	7391	11789
SLE_rar_gr4_Centrif_116	42858	1172	507	19030	14179
SLE_rar_gr4+vento_120	43330	1337	803	22399	21253
SLE_rar_vento_gr4_124	41778	275	494	7391	11789
SLE_qp_gr1+vento_145	40991	48	0	2486	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	44334	12202	3550	129303	43474
E_103y_SLV_q=1.5_158	44334	3703	11835	40167	141502
E_103z_SLV_q=1.5_159	50682	3703	3550	40167	43474
E_103x_SLD_q=1_166	42323	7349	2125	86313	29323
E_103y_SLD_q=1_167	42323	2247	7082	27270	94330
E_103z_SLD_q=1_168	43981	2247	2125	27270	29323

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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	$h < 3\text{m}$ : 344 $\Phi 22$ interasse 20 cm <sup>(1)</sup> $h > 3\text{m}$ : 344 $\Phi 20$ interasse 20 cm <sup>(1)</sup>	$\Phi 14/15$ <sup>(2)</sup> <sup>(3)</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.

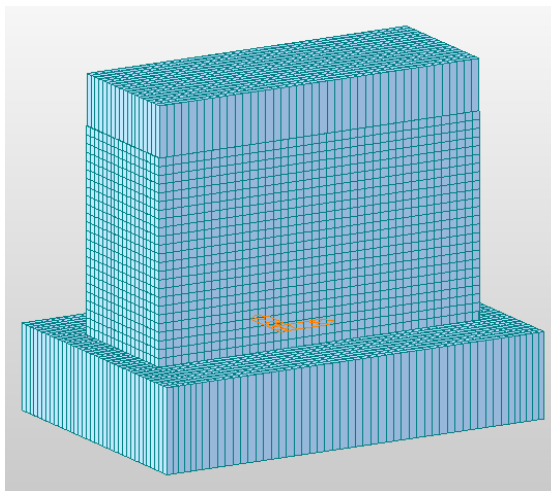
<sup>(2)</sup> in testa e alla base del fusto pila sono presenti  $\Phi 16/15$  in sostituzione dei  $\Phi 14/15$ .

<sup>(3)</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 EI2CLVI0504019	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.

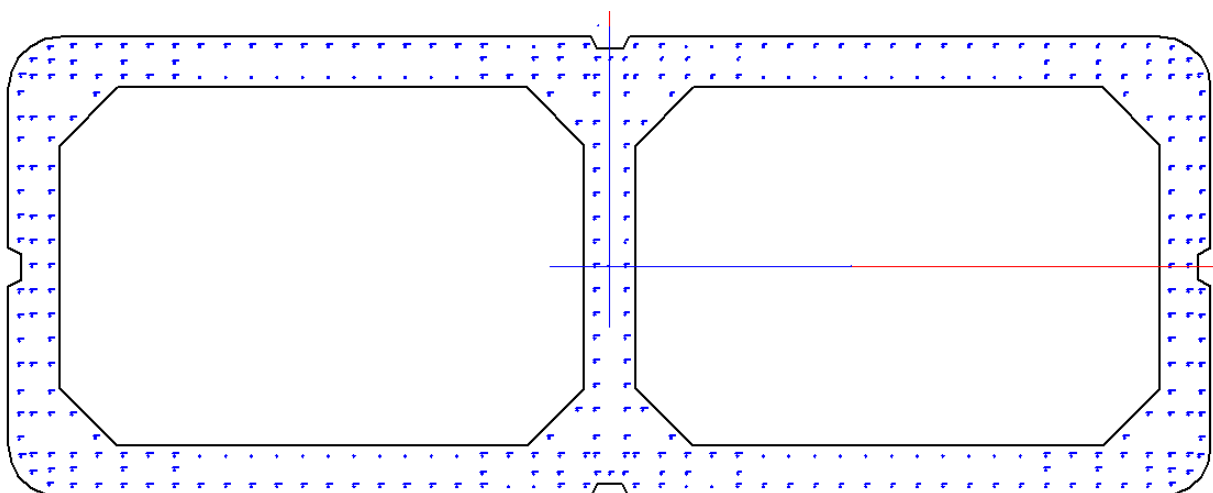


Figura 22 - Sezione implementata in RC-SEC



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: PILA\_11m\_VI05\_fi20.4\_new**

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
8	-430.0	180.0
9	-15.0	180.0
10	-10.0	170.0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

8 -385.0 140.0

## DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	452.5	-160.8	20.4
2	438.4	-169.7	20.4
3	459.7	-148.4	20.4
4	-452.5	-160.8	20.4
5	-438.4	-169.7	20.4
6	-459.7	-148.4	20.4
7	452.5	160.8	20.4
8	438.4	169.7	20.4
9	459.7	148.4	20.4
10	20.4	171.3	20.4
11	-20.4	171.3	20.4
12	-452.5	160.8	20.4
13	-438.4	169.7	20.4
14	-459.7	148.4	20.4
15	461.3	-20.4	20.4
16	461.3	20.4	20.4
17	-461.3	20.4	20.4
18	-461.3	-20.4	20.4
19	20.4	-171.3	20.4
20	-20.4	-171.3	20.4
21	421.3	-116.0	20.4
22	402.8	-134.5	20.4
23	28.7	-116.0	20.4
24	47.2	-134.5	20.4
25	421.3	116.0	20.4
26	402.8	134.5	20.4
27	28.7	116.0	20.4
28	47.2	134.5	20.4
29	-28.7	-116.0	20.4
30	-47.2	-134.5	20.4
31	-421.3	-116.0	20.4
32	-402.8	-134.5	20.4
33	-28.7	116.0	20.4
34	-47.2	134.5	20.4
35	-340.7	-159.1	20.4
36	-380.9	-159.1	20.4
37	-420.3	-159.1	20.4
38	-438.7	-159.9	20.4
39	-438.7	-115.5	20.4
40	-451.3	-115.5	20.4
41	-461.3	-115.6	20.4
42	-438.7	-98.8	20.4
43	-461.3	-98.8	20.4
44	-461.3	-135.0	20.4
45	-438.7	-148.5	20.4
46	-461.3	-39.0	20.4
47	-461.3	-58.0	20.4
48	-461.3	-77.0	20.4
49	-451.3	-148.5	20.4
50	-451.3	-76.8	20.4
51	-451.3	-38.4	20.4
52	-451.3	-19.2	20.4
53	-438.7	-76.8	20.4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0504019	B

54	-438.7	-57.6	20.4
55	-438.7	-38.4	20.4
56	-438.7	-19.2	20.4
57	-11.1	-148.7	20.4
58	-11.3	-134.0	20.4
59	-11.3	-112.1	20.4
60	-11.3	-93.5	20.4
61	-11.3	-74.8	20.4
62	-11.3	-56.1	20.4
63	-11.3	-37.4	20.4
64	-19.3	-148.7	20.4
65	-39.4	-148.7	20.4
66	-59.5	-148.7	20.4
67	-79.6	-148.7	20.4
68	-99.7	-148.7	20.4
69	-340.7	-148.7	20.4
70	-360.8	-148.7	20.4
71	-380.9	-148.7	20.4
72	-401.0	-148.7	20.4
73	-420.3	-148.7	20.4
74	-39.4	-171.3	20.4
75	-99.7	-171.3	20.4
76	-119.8	-171.3	20.4
77	-139.8	-171.3	20.4
78	-159.9	-171.3	20.4
79	-180.0	-171.3	20.4
80	-200.1	-171.3	20.4
81	-220.2	-171.3	20.4
82	-240.3	-171.3	20.4
83	-260.4	-171.3	20.4
84	-280.5	-171.3	20.4
85	-300.5	-171.3	20.4
86	-320.6	-171.3	20.4
87	-340.7	-171.3	20.4
88	-360.8	-171.3	20.4
89	-380.9	-171.3	20.4
90	-401.0	-171.3	20.4
91	-420.3	-171.3	20.4
92	-99.9	-161.3	20.4
93	-59.9	-161.3	20.4
94	-40.0	-161.3	20.4
95	-11.0	-161.3	20.4
96	-11.3	-18.7	20.4
97	-340.7	159.1	20.4
98	-380.9	159.1	20.4
99	-420.3	159.1	20.4
100	-438.7	159.9	20.4
101	-438.7	115.5	20.4
102	-451.3	115.5	20.4
103	-461.3	115.6	20.4
104	-438.7	98.8	20.4
105	-461.3	98.8	20.4
106	-461.3	135.0	20.4
107	-438.7	148.5	20.4
108	-461.3	39.0	20.4
109	-461.3	58.0	20.4
110	-461.3	77.0	20.4
111	-451.3	148.5	20.4
112	-451.3	76.8	20.4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0504019	B

113	-451.3	38.4	20.4
114	-451.3	19.2	20.4
115	-451.3	0.0	20.4
116	-438.7	76.8	20.4
117	-438.7	57.6	20.4
118	-438.7	38.4	20.4
119	-438.7	19.2	20.4
120	-438.7	0.0	20.4
121	-11.1	148.7	20.4
122	-421.3	116.0	20.4
123	-402.8	134.5	20.4
124	-11.3	134.0	20.4
125	-11.3	112.1	20.4
126	-11.3	93.5	20.4
127	-11.3	74.8	20.4
128	-11.3	56.1	20.4
129	-11.3	37.4	20.4
130	-11.3	0.0	20.4
131	-19.3	148.7	20.4
132	-39.4	148.7	20.4
133	-59.5	148.7	20.4
134	-79.6	148.7	20.4
135	-99.7	148.7	20.4
136	-340.7	148.7	20.4
137	-360.8	148.7	20.4
138	-380.9	148.7	20.4
139	-401.0	148.7	20.4
140	-420.3	148.7	20.4
141	-39.4	171.3	20.4
142	-99.7	171.3	20.4
143	-119.8	171.3	20.4
144	-139.8	171.3	20.4
145	-159.9	171.3	20.4
146	-180.0	171.3	20.4
147	-200.1	171.3	20.4
148	-220.2	171.3	20.4
149	-240.3	171.3	20.4
150	-260.4	171.3	20.4
151	-280.5	171.3	20.4
152	-300.5	171.3	20.4
153	-320.6	172.0	20.4
154	-340.7	171.3	20.4
155	-360.8	171.3	20.4
156	-380.9	171.3	20.4
157	-401.0	171.3	20.4
158	-420.3	171.3	20.4
159	-99.9	161.3	20.4
160	-59.9	161.3	20.4
161	-40.0	161.3	20.4
162	-11.0	161.3	20.4
163	-11.3	18.7	20.4
164	340.7	-159.1	20.4
165	380.9	-159.1	20.4
166	420.3	-159.1	20.4
167	438.7	-159.9	20.4
168	438.7	-115.5	20.4
169	451.3	-115.5	20.4
170	461.3	-115.6	20.4
171	438.7	-98.8	20.4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

172	461.3	-98.8	20.4
173	461.3	-135.0	20.4
174	438.7	-148.5	20.4
175	461.3	-39.0	20.4
176	461.3	-58.0	20.4
177	461.3	-77.0	20.4
178	452.0	-148.5	20.4
179	451.3	-76.8	20.4
180	451.3	-38.4	20.4
181	451.3	-19.2	20.4
182	438.7	-76.8	20.4
183	438.7	-57.6	20.4
184	438.7	-38.4	20.4
185	438.7	-19.2	20.4
186	11.1	-148.7	20.4
187	11.3	-134.0	20.4
188	11.3	-112.1	20.4
189	11.3	-93.5	20.4
190	11.3	-74.8	20.4
191	11.3	-56.1	20.4
192	11.3	-37.4	20.4
193	19.3	-148.7	20.4
194	39.4	-148.7	20.4
195	59.5	-148.7	20.4
196	79.6	-148.7	20.4
197	99.7	-148.7	20.4
198	340.7	-148.7	20.4
199	360.8	-148.7	20.4
200	380.9	-148.7	20.4
201	401.0	-148.7	20.4
202	420.3	-148.7	20.4
203	39.4	-171.3	20.4
204	99.7	-171.3	20.4
205	119.8	-171.3	20.4
206	139.8	-171.3	20.4
207	159.9	-171.3	20.4
208	180.0	-171.3	20.4
209	200.1	-171.3	20.4
210	220.2	-171.3	20.4
211	240.3	-171.3	20.4
212	260.4	-171.3	20.4
213	280.5	-171.3	20.4
214	300.5	-171.3	20.4
215	320.6	-171.3	20.4
216	340.7	-171.3	20.4
217	360.8	-171.3	20.4
218	380.9	-171.3	20.4
219	401.0	-171.3	20.4
220	420.3	-171.3	20.4
221	99.9	-161.3	20.4
222	59.9	-161.3	20.4
223	40.0	-161.3	20.4
224	11.0	-161.3	20.4
225	0.0	-161.3	20.4
226	11.3	-18.7	20.4
227	340.7	159.1	20.4
228	380.9	159.1	20.4
229	420.3	159.1	20.4
230	438.7	159.9	20.4

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019 B

231	438.7	115.5	20.4
232	451.3	115.5	20.4
233	461.3	115.6	20.4
234	438.7	98.8	20.4
235	461.3	98.8	20.4
236	461.3	135.0	20.4
237	438.7	148.5	20.4
238	461.3	39.0	20.4
239	461.3	58.0	20.4
240	461.3	77.0	20.4
241	452.0	148.5	20.4
242	451.3	76.8	20.4
243	451.3	38.4	20.4
244	451.3	19.2	20.4
245	451.3	0.0	20.4
246	438.7	76.8	20.4
247	438.7	57.6	20.4
248	438.7	38.4	20.4
249	438.7	19.2	20.4
250	438.7	0.0	20.4
251	11.1	148.7	20.4
252	11.3	134.0	20.4
253	11.3	112.1	20.4
254	11.3	93.5	20.4
255	11.3	74.8	20.4
256	11.3	56.1	20.4
257	11.3	37.4	20.4
258	11.3	0.0	20.4
259	19.3	148.7	20.4
260	39.4	148.7	20.4
261	59.5	148.7	20.4
262	79.6	148.7	20.4
263	99.7	148.7	20.4
264	340.7	148.7	20.4
265	360.8	148.7	20.4
266	380.9	148.7	20.4
267	401.0	148.7	20.4
268	420.3	148.7	20.4
269	39.4	171.3	20.4
270	99.7	171.3	20.4
271	119.8	171.3	20.4
272	139.8	171.3	20.4
273	159.9	171.3	20.4
274	180.0	171.3	20.4
275	200.1	171.3	20.4
276	220.2	171.3	20.4
277	240.3	171.3	20.4
278	260.4	171.3	20.4
279	280.5	171.3	20.4
280	300.5	171.3	20.4
281	320.6	171.3	20.4
282	340.7	171.3	20.4
283	360.8	171.3	20.4
284	380.9	171.3	20.4
285	401.0	171.3	20.4
286	420.3	171.3	20.4
287	99.9	161.3	20.4
288	59.9	161.3	20.4
289	40.0	161.3	20.4

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504019
				B

290	11.0	161.3	20.4
291	0.0	161.3	20.4
292	11.3	18.7	20.4

#### 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	136	135	11	20.4
2	263	264	11	20.4
3	69	68	11	20.4
4	197	198	11	20.4
5	142	141	2	20.4
6	269	270	2	20.4
7	75	74	2	20.4
8	203	204	2	20.4

#### 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	31814.59	23824.50	22641.71	0.00	0.00
2	23937.16	4316.95	20602.49	0.00	0.00
3	31814.59	39590.71	12340.47	0.00	0.00
4	32523.12	28258.16	32140.37	0.00	0.00
5	24645.68	8750.62	30101.15	0.00	0.00
6	32523.12	44024.38	21839.13	0.00	0.00
7	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
8	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
9	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
10	28416.54	14401.22	13585.03	0.00	0.00
11	23690.08	3527.04	12361.49	0.00	0.00
12	28416.54	23860.95	7404.28	0.00	0.00
13	28592.84	26198.31	22194.83	0.00	0.00
14	23937.16	4316.95	20602.49	0.00	0.00
15	28592.84	41964.52	11893.58	0.00	0.00
16	29301.37	30631.98	31693.48	0.00	0.00
17	24645.68	8750.62	30101.15	0.00	0.00
18	29301.37	46398.19	21392.24	0.00	0.00
19	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
20	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
21	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
22	26483.49	16165.11	13316.90	0.00	0.00
23	23690.08	3527.04	12361.49	0.00	0.00



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE						
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 50%;">Codifica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0504019</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0504019
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0504019					

24	26483.49	25624.84	7136.15	0.00	0.00
25	27831.41	21798.49	31205.57	0.00	0.00
26	23937.16	4316.95	20602.49	0.00	0.00
27	27831.41	37564.70	20904.32	0.00	0.00
28	28539.93	26232.15	40704.23	0.00	0.00
29	24645.68	8750.62	30101.15	0.00	0.00
30	28539.93	41998.37	30402.98	0.00	0.00
31	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
32	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
33	24500.33	9894.39	15831.10	0.00	0.00
34	26026.63	13605.47	18723.34	0.00	0.00
35	23690.08	3527.04	12361.49	0.00	0.00
36	26026.63	23065.20	12542.59	0.00	0.00
37	19599.06	103594.48	34842.71	0.00	0.00
38	19599.06	32379.17	115486.07	0.00	0.00
39	23521.86	32379.17	34842.71	0.00	0.00
40	19154.68	104112.63	34781.07	0.00	0.00
41	19154.68	32897.32	115424.43	0.00	0.00
42	23077.48	32897.32	34781.07	0.00	0.00
43	19049.66	103550.83	36023.93	0.00	0.00
44	19049.66	32335.53	116667.29	0.00	0.00
45	22972.46	32335.53	36023.93	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	22604.83	15299.23	15614.98
2	17172.12	2641.10	14208.61
3	22604.83	26172.48	8510.67
4	23077.18	18255.01	21947.41
5	17644.47	5596.88	20541.05
6	23077.18	29128.26	14843.11
7	17533.37	6703.35	10554.06
8	17533.37	6703.35	10554.06
9	17533.37	6703.35	10554.06
10	20382.93	17261.63	15306.78
11	17172.12	2641.10	14208.61
12	20382.93	28134.88	8202.47
13	20855.28	20217.41	21639.22
14	17644.47	5596.88	20541.05
15	20855.28	31090.66	14534.91
16	17533.37	6703.35	10554.06
17	17533.37	6703.35	10554.06
18	17533.37	6703.35	10554.06
19	19857.80	14304.15	21521.08
20	17172.12	2641.10	14208.61
21	19857.80	25177.40	14416.78
22	20330.15	17259.93	27853.52
23	17644.47	5596.88	20541.05
24	20330.15	28133.18	20749.21
25	17533.37	6703.35	10554.06
26	17533.37	6703.35	10554.06

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504019				B

27	17533.37	6703.35	10554.06
28	18357.38	70102.41	23464.91
29	18357.38	22331.55	77560.06
30	19382.93	22331.55	23464.91
31	17913.00	70620.56	23403.27
32	17913.00	22849.70	77498.42
33	18938.55	22849.70	23403.27
34	17807.97	70058.77	24646.13
35	17807.97	22287.91	78741.28
36	18833.52	22287.91	24646.13

#### 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	20261.35	16696.84 (0.00)	9368.99 (0.00)
2	20733.70	19652.62 (159479.01)	15701.42 (127415.42)
3	17533.37	6703.35 (0.00)	10554.06 (0.00)
4	18928.21	17874.28 (361394.13)	9184.07 (185689.66)
5	19400.56	20830.06 (114571.92)	15516.50 (85345.66)
6	17533.37	6703.35 (0.00)	10554.06 (0.00)
7	18613.13	16099.79 (266048.56)	12912.65 (213381.17)
8	19085.48	19055.57 (98086.96)	19245.09 (99062.50)
9	17533.37	6703.35 (0.00)	10554.06 (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	16746.12	2365.65 (0.00)	0.00 (0.00)
2	16746.12	2365.65 (0.00)	0.00 (0.00)
3	16746.12	2365.65 (0.00)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 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  
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.)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

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	31814.59	23824.50	22641.71	31814.81	117326.37	112328.81	4.94	1124.4(343.3)
2	S	23937.16	4316.95	20602.49	23937.00	51837.35	247036.84	11.99	1124.4(343.3)
3	S	31814.59	39590.71	12340.47	31814.36	122644.64	38642.10	3.10	1124.4(343.3)
4	S	32523.12	28258.16	32140.37	32523.10	115331.50	131929.99	4.09	1124.4(343.3)
5	S	24645.68	8750.62	30101.15	24645.58	66357.43	230212.99	7.64	1124.4(343.3)
6	S	32523.12	44024.38	21839.13	32523.02	122708.06	60956.40	2.79	1124.4(343.3)
7	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
8	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
9	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
10	S	28416.54	14401.22	13585.03	28416.64	113206.33	107638.89	7.89	1124.4(343.3)
11	S	23690.08	3527.04	12361.49	23690.07	65543.70	228804.65	18.52	1124.4(343.3)
12	S	28416.54	23860.95	7404.28	28416.81	117684.62	36642.51	4.93	1124.4(343.3)
13	S	28592.84	26198.31	22194.83	28592.72	114577.55	96131.36	4.36	1124.4(343.3)
14	S	23937.16	4316.95	20602.49	23937.00	51837.35	247036.84	11.99	1124.4(343.3)
15	S	28592.84	41964.52	11893.58	28593.13	118061.88	32843.19	2.81	1124.4(343.3)
16	S	29301.37	30631.98	31693.48	29301.25	113183.60	117947.36	3.71	1124.4(343.3)
17	S	24645.68	8750.62	30101.15	24645.58	66357.43	230212.99	7.64	1124.4(343.3)
18	S	29301.37	46398.19	21392.24	29301.60	118276.45	54907.58	2.55	1124.4(343.3)
19	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
20	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
21	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
22	S	26483.49	16165.11	13316.90	26483.38	111935.72	91466.84	6.90	1124.4(343.3)
23	S	23690.08	3527.04	12361.49	23690.07	65543.70	228804.65	18.52	1124.4(343.3)
24	S	26483.49	25624.84	7136.15	26483.30	114934.08	32012.50	4.49	1124.4(343.3)
25	S	27831.41	21798.49	31205.57	27831.39	105425.16	150633.77	4.83	1124.4(343.3)
26	S	23937.16	4316.95	20602.49	23937.00	51837.35	247036.84	11.99	1124.4(343.3)
27	S	27831.41	37564.70	20904.32	27831.25	115619.29	64923.66	3.08	1124.4(343.3)
28	S	28539.93	26232.15	40704.23	28540.09	103790.36	161081.70	3.96	1124.4(343.3)
29	S	24645.68	8750.62	30101.15	24645.58	66357.43	230212.99	7.64	1124.4(343.3)
30	S	28539.93	41998.37	30402.98	28540.13	115515.88	83513.99	2.75	1124.4(343.3)
31	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
32	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
33	S	24500.33	9894.39	15831.10	24500.48	99025.31	158842.05	10.03	1124.4(343.3)
34	S	26026.63	13605.47	18723.34	26026.75	104545.00	143519.19	7.67	1124.4(343.3)
35	S	23690.08	3527.04	12361.49	23690.07	65543.70	228804.65	18.52	1124.4(343.3)
36	S	26026.63	23065.20	12542.59	26026.67	113084.71	62089.79	4.91	1124.4(343.3)
37	S	19599.06	103594.48	34842.71	19598.85	104438.15	35047.71	1.01	1124.4(343.3)
38	S	19599.06	32379.17	115486.07	19599.14	61828.22	222480.35	1.93	1124.4(343.3)
39	S	23521.86	32379.17	34842.71	23521.57	105566.93	113927.36	3.27	1124.4(343.3)
40	S	19154.68	103750.02	34781.07	19154.83	103770.62	34762.71	1.00	1124.4(343.3)
41	S	19154.68	32897.32	115424.43	19154.62	61997.71	220951.77	1.91	1124.4(343.3)
42	S	23077.48	32897.32	34781.07	23077.33	105116.92	112194.55	3.21	1124.4(343.3)
43	S	19049.66	103550.83	36023.93	19049.67	103572.79	35945.54	1.00	1124.4(343.3)
44	S	19049.66	32335.53	116667.29	19049.64	61357.62	221523.66	1.90	1124.4(343.3)
45	S	22972.46	32335.53	36023.93	22972.23	104490.87	116474.57	3.23	1124.4(343.3)

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

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

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	0.00320	438.4	169.7	-0.01113	-438.4	-169.7
2	0.00350	462.4	163.5	0.00338	452.5	160.8	-0.00796	-452.5	-160.8
3	0.00350	430.0	180.0	0.00290	420.3	171.3	-0.02134	-420.3	-171.3
4	0.00350	442.4	178.0	0.00327	438.4	169.7	-0.00926	-438.4	-169.7
5	0.00350	453.5	172.4	0.00337	452.5	160.8	-0.00731	-452.5	-160.8
6	0.00350	430.0	180.0	0.00301	420.3	171.3	-0.01747	-420.3	-171.3
7	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
8	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
9	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
10	0.00350	430.0	180.0	0.00316	438.4	169.7	-0.01248	-438.4	-169.7
11	0.00350	453.5	172.4	0.00337	452.5	160.8	-0.00745	-452.5	-160.8
12	0.00350	430.0	180.0	0.00286	420.3	171.3	-0.02306	-420.3	-171.3
13	0.00350	430.0	180.0	0.00311	420.3	171.3	-0.01386	-420.3	-171.3
14	0.00350	462.4	163.5	0.00338	452.5	160.8	-0.00796	-452.5	-160.8
15	0.00350	430.0	180.0	0.00284	420.3	171.3	-0.02366	-420.3	-171.3
16	0.00350	430.0	180.0	0.00321	438.4	169.7	-0.01113	-438.4	-169.7
17	0.00350	453.5	172.4	0.00337	452.5	160.8	-0.00731	-452.5	-160.8
18	0.00350	430.0	180.0	0.00295	420.3	171.3	-0.01963	-420.3	-171.3
19	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
20	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
21	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
22	0.00350	430.0	180.0	0.00308	420.3	171.3	-0.01511	-420.3	-171.3
23	0.00350	453.5	172.4	0.00337	452.5	160.8	-0.00745	-452.5	-160.8
24	0.00350	430.0	180.0	0.00282	420.3	171.3	-0.02466	-420.3	-171.3
25	0.00350	442.4	178.0	0.00329	438.4	169.7	-0.00864	-438.4	-169.7
26	0.00350	462.4	163.5	0.00338	452.5	160.8	-0.00796	-452.5	-160.8
27	0.00350	430.0	180.0	0.00298	420.3	171.3	-0.01857	-420.3	-171.3
28	0.00350	442.4	178.0	0.00331	438.4	169.7	-0.00795	-438.4	-169.7
29	0.00350	453.5	172.4	0.00337	452.5	160.8	-0.00731	-452.5	-160.8
30	0.00350	430.0	180.0	0.00306	420.3	171.3	-0.01558	-420.3	-171.3
31	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
32	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
33	0.00350	442.4	178.0	0.00330	438.4	169.7	-0.00858	-438.4	-169.7
34	0.00350	442.4	178.0	0.00327	438.4	169.7	-0.00940	-438.4	-169.7
35	0.00350	453.5	172.4	0.00337	452.5	160.8	-0.00745	-452.5	-160.8
36	0.00350	430.0	180.0	0.00295	420.3	171.3	-0.01968	-420.3	-171.3
37	0.00350	430.0	180.0	0.00277	420.3	171.3	-0.02688	-420.3	-171.3
38	0.00350	453.5	172.4	0.00336	452.5	160.8	-0.00814	-452.5	-160.8
39	0.00350	430.0	180.0	0.00315	438.4	169.7	-0.01295	-438.4	-169.7
40	0.00350	430.0	180.0	0.00276	420.3	171.3	-0.02711	-420.3	-171.3
41	0.00350	453.5	172.4	0.00336	452.5	160.8	-0.00820	-452.5	-160.8
42	0.00350	430.0	180.0	0.00314	438.4	169.7	-0.01328	-438.4	-169.7
43	0.00350	430.0	180.0	0.00277	420.3	171.3	-0.02693	-420.3	-171.3
44	0.00350	453.5	172.4	0.00336	452.5	160.8	-0.00824	-452.5	-160.8
45	0.00350	430.0	180.0	0.00316	438.4	169.7	-0.01276	-438.4	-169.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Progetto      Lotto      Codifica IN17            12            EI2CLVI0504019      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	0.00003805	0.000032399	-0.003968000	----	----
2	0.000009296	0.000009123	-0.002289938	----	----
3	0.000001732	0.000066527	-0.009219887	----	----
4	0.000004247	0.000025928	-0.002995036	----	----
5	0.000007985	0.000010726	-0.001970208	----	----
6	0.000002458	0.000053736	-0.007229281	----	----
7	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
8	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
9	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
10	0.000003769	0.000036332	-0.004660530	----	----
11	0.000008120	0.000010795	-0.002043384	----	----
12	0.000001684	0.000071523	-0.010098247	----	----
13	0.000003469	0.000041021	-0.005375338	----	----
14	0.000009296	0.000009123	-0.002289938	----	----
15	0.000001540	0.000073599	-0.010409933	----	----
16	0.000004008	0.000031892	-0.003964100	----	----
17	0.000007985	0.000010726	-0.001970208	----	----
18	0.000002297	0.000060281	-0.008338128	----	----
19	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
20	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
21	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
22	0.000003387	0.000044782	-0.006017201	----	----
23	0.000008120	0.000010795	-0.002043384	----	----
24	0.000001531	0.000076462	-0.010921691	----	----
25	0.000004909	0.000022488	-0.002675239	----	----
26	0.000009296	0.000009123	-0.002289938	----	----
27	0.000002621	0.000056472	-0.007792204	----	----
28	0.000005135	0.000019929	-0.002319885	----	----
29	0.000007985	0.000010726	-0.001970208	----	----
30	0.000003135	0.000046728	-0.006259227	----	----
31	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
32	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
33	0.000005337	0.000021218	-0.002638692	----	----
34	0.000004821	0.000024884	-0.003063030	----	----
35	0.000008120	0.000010795	-0.002043384	----	----
36	0.000002559	0.000059795	-0.008363472	----	----
37	0.000001755	0.000082225	-0.012055031	----	----
38	0.000008769	0.000011089	-0.002388113	----	----
39	0.000004085	0.000036898	-0.004898089	----	----
40	0.000001753	0.000082898	-0.012175375	----	----
41	0.000008789	0.000011212	-0.002418240	----	----
42	0.000004050	0.000037935	-0.005069831	----	----
43	0.000001798	0.000082268	-0.012081547	----	----
44	0.000008860	0.000011135	-0.002437578	----	----
45	0.000004181	0.000036111	-0.004797706	----	----

#### 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)  
Ac eff.      Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

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	3.37	442.4	178.0	2.0	-438.4	-169.7	---	---
2	S	2.02	462.4	163.5	9.1	-452.5	-160.8	---	---
3	S	3.92	430.0	180.0	-6.5	-420.3	-171.3	1671	19.6
4	S	3.86	442.4	178.0	-4.3	-438.4	-169.7	746	9.8
5	S	2.50	453.5	172.4	3.2	-452.5	-160.8	---	---
6	S	4.56	430.0	180.0	-17.8	-438.4	-169.7	5434	65.4
7	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
8	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
9	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
10	S	3.33	442.4	178.0	-2.5	-438.4	-169.7	432	6.5
11	S	2.02	462.4	163.5	9.1	-452.5	-160.8	---	---
12	S	4.06	430.0	180.0	-19.2	-420.3	-171.3	8967	98.1
13	S	3.89	442.4	178.0	-11.0	-438.4	-169.7	3022	39.2
14	S	2.50	453.5	172.4	3.2	-452.5	-160.8	---	---
15	S	4.78	430.0	180.0	-36.1	-438.4	-169.7	12926	130.7
16	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
17	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
18	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
19	S	3.32	442.4	178.0	-3.7	-438.4	-169.7	812	9.8
20	S	2.02	462.4	163.5	9.1	-452.5	-160.8	---	---
21	S	4.02	430.0	180.0	-17.4	-438.4	-169.7	6048	71.9
22	S	3.90	442.4	178.0	-12.6	-438.4	-169.7	3508	45.8
23	S	2.50	453.5	172.4	3.2	-452.5	-160.8	---	---
24	S	4.74	442.4	178.0	-32.9	-438.4	-169.7	9633	101.3
25	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
26	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
27	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
28	S	10.12	430.0	180.0	-319.4	-420.3	-171.3	42918	428.2
29	S	7.89	453.5	172.4	-122.5	-452.5	-160.8	15073	156.9
30	S	4.17	442.4	178.0	-21.3	-438.4	-169.7	6467	71.9
31	S	10.16	430.0	180.0	-327.2	-420.3	-171.3	43035	428.2
32	S	7.98	453.5	172.4	-127.8	-452.5	-160.8	15219	156.9
33	S	4.23	442.4	178.0	-24.2	-438.4	-169.7	7264	81.7
34	S	10.19	430.0	180.0	-325.9	-420.3	-171.3	42870	424.9
35	S	8.01	453.5	172.4	-129.7	-452.5	-160.8	15436	160.2
36	S	4.23	442.4	178.0	-24.5	-438.4	-169.7	7247	81.7

**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 fctm Esito della verifica
e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= (e1 + e2)/(2*e1) [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
3	S	-0.00004	0.00000	0.833	20.4	77	0.00002 (0.00002)	754	0.015 (990.00)	183426.40	59645.92
4	S	-0.00003	0.00000	0.833	20.4	78	0.00001 (0.00001)	706	0.009 (990.00)	168852.28	203005.65
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
6	S	-0.00010	0.00000	0.833	20.4	78	0.00005 (0.00005)	746	0.040 (990.00)	105907.67	53968.18
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
10	S	-0.00002	0.00000	0.833	20.4	78	0.00001 (0.00001)	648	0.005 (990.00)	239798.02	212641.31
11	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
12	S	-0.00011	0.00000	0.833	20.4	77	0.00006 (0.00006)	790	0.046 (990.00)	116781.07	34046.47
13	S	-0.00006	0.00000	0.833	20.4	78	0.00003 (0.00003)	711	0.023 (990.00)	98265.95	105176.61
14	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
15	S	-0.00019	0.00000	0.833	20.4	78	0.00011 (0.00011)	837	0.091 (990.00)	83293.18	38939.63
16	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
17	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
18	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
19	S	-0.00002	0.00000	0.833	20.4	78	0.00001 (0.00001)	745	0.008 (990.00)	154209.45	232013.35
20	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
21	S	-0.00009	0.00000	0.833	20.4	78	0.00005 (0.00005)	752	0.039 (990.00)	97277.14	55701.67
22	S	-0.00007	0.00000	0.833	20.4	78	0.00004 (0.00004)	709	0.027 (990.00)	76197.52	122965.10
23	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
24	S	-0.00017	0.00000	0.833	20.4	78	0.00010 (0.00010)	815	0.080 (990.00)	71920.75	53044.09
25	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
26	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
27	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
28	S	-0.00165	0.00000	0.833	20.4	77	0.00096 (0.00096)	840	0.805 (990.00)	48213.13	16138.06
29	S	-0.00063	0.00000	0.833	20.4	79	0.00037 (0.00037)	822	0.302 (990.00)	22154.35	76944.62
30	S	-0.00011	0.00000	0.833	20.4	78	0.00006 (0.00006)	786	0.050 (990.00)	71110.59	74719.56
31	S	-0.00169	0.00000	0.833	20.4	77	0.00098 (0.00098)	842	0.827 (990.00)	47826.65	15849.49
32	S	-0.00065	0.00000	0.833	20.4	79	0.00038 (0.00038)	828	0.317 (990.00)	22183.57	75239.13
33	S	-0.00013	0.00000	0.833	20.4	78	0.00007 (0.00007)	780	0.057 (990.00)	67909.93	69555.16
34	S	-0.00169	0.00000	0.833	20.4	77	0.00098 (0.00098)	844	0.826 (990.00)	47309.23	16643.02
35	S	-0.00066	0.00000	0.833	20.4	79	0.00039 (0.00039)	824	0.321 (990.00)	21520.35	76029.55
36	S	-0.00013	0.00000	0.833	20.4	78	0.00007 (0.00007)	778	0.057 (990.00)	65300.64	72209.92

#### 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	3.06	430.0	180.0	1.3	-438.4	-169.7	---	---
2	S	3.56	442.4	178.0	-5.3	-438.4	-169.7	1287	16.3
3	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
4	S	3.04	430.0	180.0	-1.3	-438.4	-169.7	223	3.3
5	S	3.59	442.4	178.0	-9.7	-438.4	-169.7	3055	39.2
6	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---
7	S	3.02	442.4	178.0	-2.0	-438.4	-169.7	250	3.3
8	S	3.59	442.4	178.0	-10.5	-438.4	-169.7	3141	39.2
9	S	2.19	442.4	178.0	7.6	-438.4	-169.7	---	---

#### 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	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00003	0.00000	0.833	20.4	78	0.00002 (0.00002)	721	0.011 (0.20)	159479.01	127415.42
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	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%; text-align: center;"> <tr> <td>Progetto</td> <td>Lotto</td> <td>Codifica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLVI0504019</td> <td>B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0504019	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0504019	B						

4	S	-0.00001	0.00000	0.785	20.4	78	0.00000 (0.00000)	637	0.003 (0.20)	361394.13	185689.66
5	S	-0.00005	0.00000	0.833	20.4	78	0.00003 (0.00003)	716	0.021 (0.20)	114571.92	85345.66
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
7	S	-0.00001	0.00000	0.833	20.4	78	0.00001 (0.00001)	708	0.004 (0.20)	266048.56	213381.17
8	S	-0.00006	0.00000	0.833	20.4	78	0.00003 (0.00003)	729	0.023 (0.20)	98086.96	99062.50
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	1.44	-430.0	180.0	16.7	420.3	-171.3	----	----
2	S	1.44	-430.0	180.0	16.7	420.3	-171.3	----	----
3	S	1.44	-430.0	180.0	16.7	420.3	-171.3	----	----

**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	0.00000	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 EI2CLVI0504019	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)

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504019				B

### **P32 (H=11.7 m)**

#### **Calcolo del taglio agente – Direzione Longitudinale**

$H_{pila}$	11.70	m	Altezza fusto pila
$M_{Rd,inf\_long}$	103771	kNm	Momento resistente della sezione di base della pila
$M_{E,i\_long}$	103594.48	kNm	Momento sollecitante alla base della pila
$\gamma_{Rd}$	1		Fattore di sovreresistenza (§7.9.5.1 NTC2008)
$V_{E,i\_long}$	8411	kN	Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto
$V_{gr,0}$	8425	kN	Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze $V_{gr0}=\min(V_{ed} \gamma_{rd} M_{rd}/M_{ed}; V_{ed} q)$
$V_{E,i\_long}/V_{gr,c}$	0.998	-	
$\gamma_{Rd}$	1.00	-	Fattore di sovreresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008)
$V_{gr,i\_long}$	8425	kN	Sollecitazione di taglio

#### **Verifiche**

<b>Direzione Longitudinale</b>				
altezza della sezione	h	3600	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	87	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	1000	mm	
altezza utile della sezione	d	3513	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	2901738	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	$\varnothing_{bl}$	22	mm	
diametro delle staffe	$\varnothing_{st}$	11.2	mm	
passo delle staffe	sst	150.0	mm	
numero di bracci delle staffe	n <sub>bw</sub>	6.0		
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe or	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispe	$\vartheta$	24	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	$V_{Rsd}$	10770	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compress	$V_{Rcd}$	10770	KN	
taglio resistente di calcolo	$V_{Rd}$	10770	KN	
taglio agente sul pannello	$V_{Ed}$	8425	KN	
	C.S.	0.78	<1	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

<b>Direzione Trasversale</b>				
altezza della sezione	h	9400	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	87	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	800	mm	
altezza utile della sezione	d	9313	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	5829938	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	Øbl	22	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	21204	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	VRcd	21204	KN	
taglio resistente di calcolo	VRd	21204	KN	
taglio agente sul pannello	VEd	8033	KN	
	C.S.	0.38	<1	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

## 9.4 Verifica minimi di armatura

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

Sezioni rettangolari piene o cave

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

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

Dove:

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

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

$s$  = Interasse verticale delle staffe.

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

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

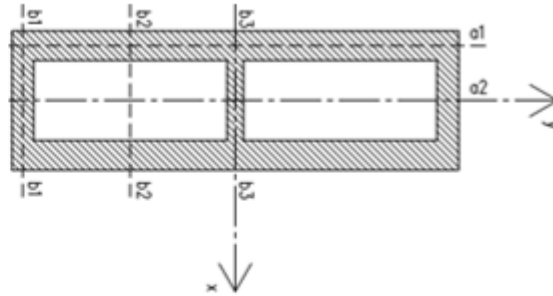
$\zeta = 0,04$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(SLV) \geq 0,15 g$

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

<b>minimi per armatura flessionale</b>			
numero di ferri longitudinali	n	344	
diametro del ferro longitudinale	$f_i$	22	mm
passo massimo longitudinale	p	25	cm
area dell'armatura longitudinale	$A_s$	130765.6526	mm <sup>2</sup>
area di calcestruzzo (non riempito)	$A_c$	11452700	mm <sup>3</sup>
		1.14%	>0.6%
<b>minimi per armatura trasversale</b>			
diametro minimo armatura a taglio	$f_i$	8	mm
dimensione (diametro) del nucleo	d	4000	mm
interasse massimo staffe	s	220	mm

## Verifica a confinamento

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

Sez. **b1-b1**

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

	d	A	n°
sp	10	78.5	8
st	16	200.96	10

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

s 150 mm

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

b 3500 mm

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

ζ 0.04

Sez. **a1-a1**

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

	d	A	n°
sp	10	78.5	20
st	16	200.96	10

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

s 150 mm

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

b 9100 mm

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

ζ 0.04

Sez. **b2-b2**

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

	d	A	n°
sp	10	78.5	0
st	16	200.96	4

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

s 150 mm

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

b 800 mm

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

ζ 0.04

Sez. **a2-a2**

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

	d	A	n°
sp	10	78.5	0
st	16	200.96	6

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

s 150 mm

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

b 1200 mm

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

ζ 0.04

Sez. **b3-b3**

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

	d	A	n°
sp	10	78.5	8
st	16	200.96	8

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

s 150 mm

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

b 3500 mm

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

ζ 0.04

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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	12.2	m
rigidezza flessionale longitudinale	J	22.3	m <sup>4</sup>
modulo elastico	E	33345.8	MPa
spostamento in testa pila	D	0.90	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

EI2CLVI0504019

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

**0.33**

sec

fattore di struttura

q

**1.5**

fattore di duttilità in spostamento

 $\mu$ **1.7**

accelerazione di riferimento pila dir. long

ag (T)

**0.50**

g

w

**18.97**

sec

**0.01**

m

spostamento SLV relativo all'analisi spettrale

dEe

**0.0000**

m

spostamento totale relativo

**dEd****0.0229**

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



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

**spostamento longitudinale relativo alla termica**

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

**spostamento longitudinale finale**

coefficiente non contemporaneità del moto	K1	0.45	
coefficiente controfase pile	k2	0.55	

spostamento longitudinale minimo	EL min	0.13	m
spostamento long di calcolo	EL	0.06	m
spostamento longitudinale	<b>EL</b>	<b>0.131</b>	m

**altri spostamenti longitudinali**

escursione longitudinale giunto	Eg	$\pm 7.5$	cm
corsa appoggi mobili	Cap	$\pm 8.2$	cm

## 10. Pulvino

Il pulvino presenta un'altezza di 1.5m lato impalcato c.a.p. e un'altezza di 2.85m lato impalcato 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.

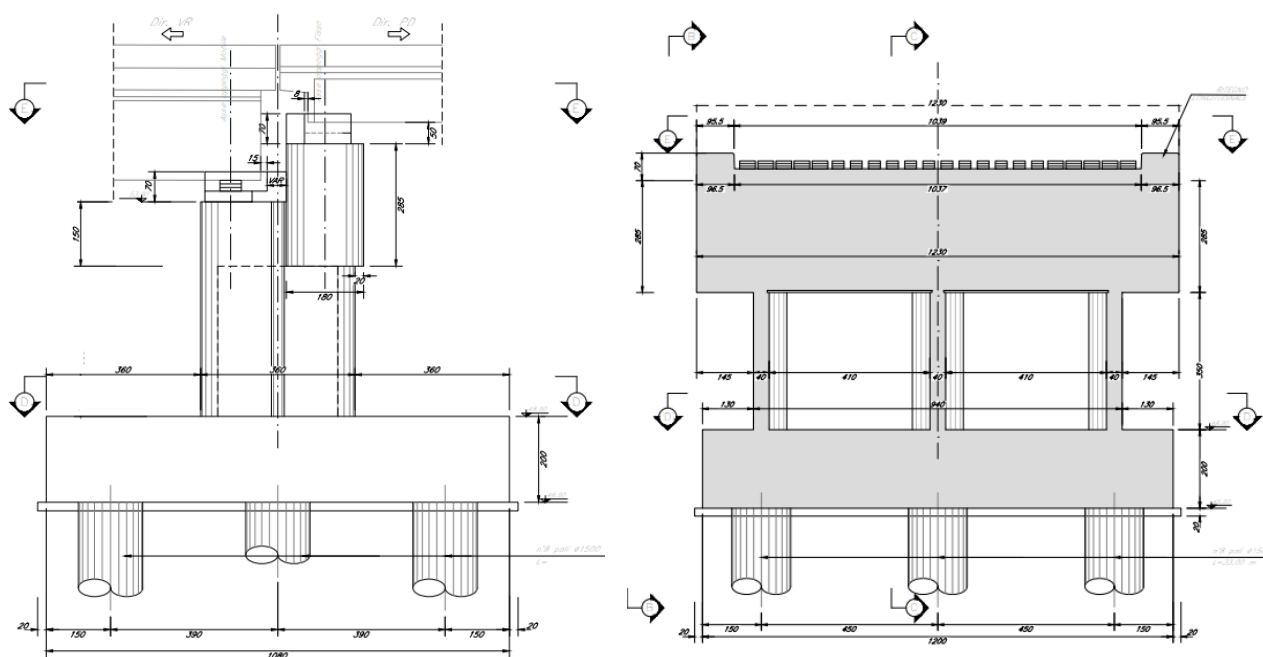


Figura 23 – Sezioni e pianta pulvino

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504019

B

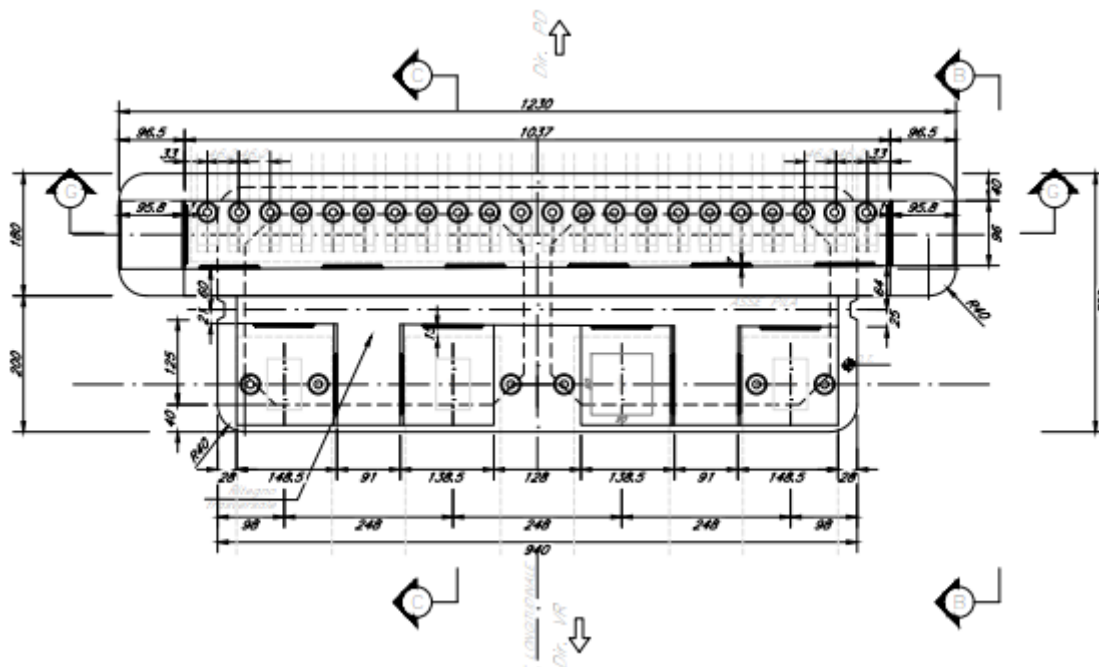


Figura 24 – Sezioni e pianta pulvino

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 - IN1712EI2CLVI0504021.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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 VI05. È inoltre esplicitato il sistema di riferimento e la numerazione dei pali utilizzata nel calcolo.

Si prevedono 12 pali aventi diametro  $D=1500$  mm. Il plinto è caratterizzato da un'altezza di 2.5 m ed ha delle dimensioni in pianta pari a 12.00 m x 16.50 m. Sul plinto di fondazione in esame è previsto un ricoprimento di terreno di spessore pari a circa 3.8 m.

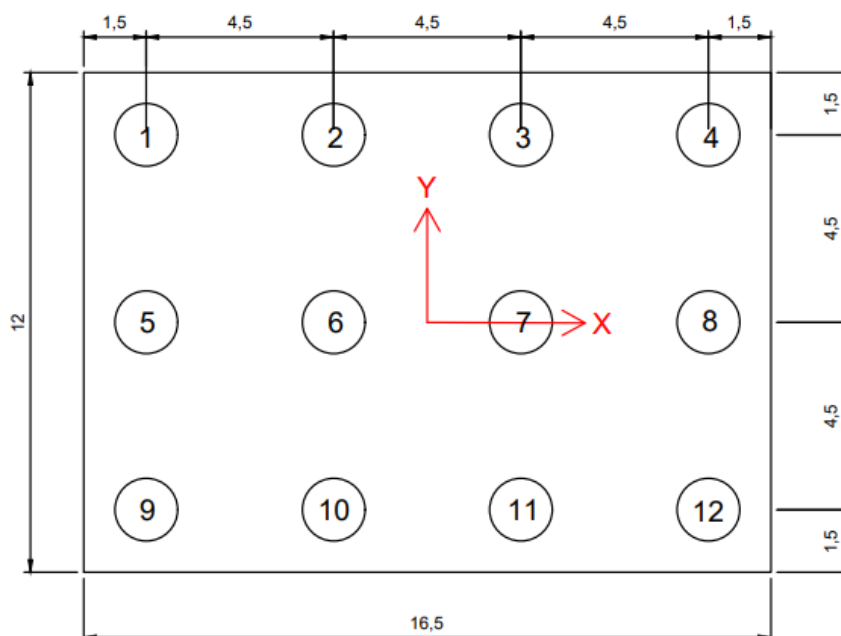


Figura 25 – Geometria del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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.

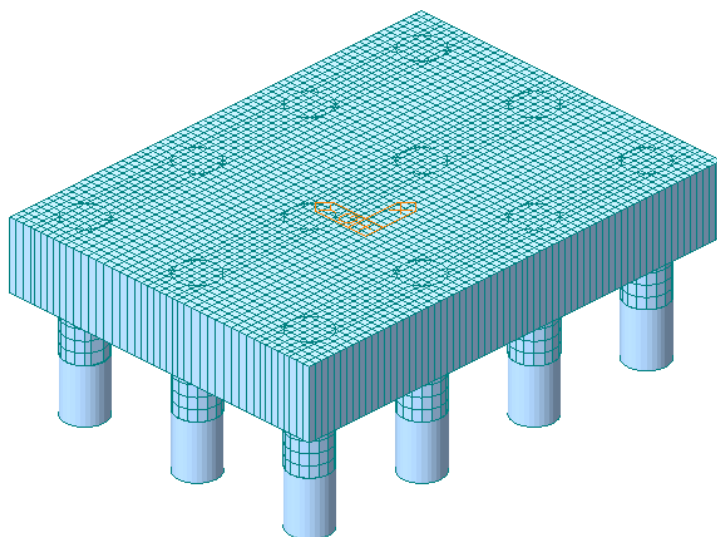


Figura 26 – Vista estrusa del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

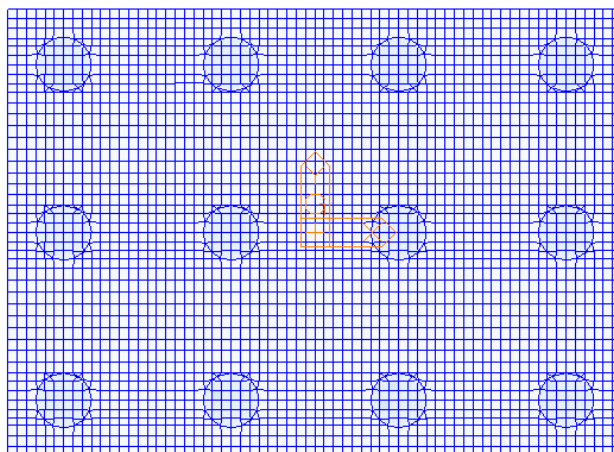


Figura 27 – Pianta del modello agli elementi finiti

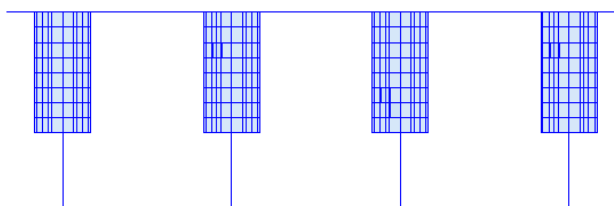


Figura 28 – Prospetto del modello agli elementi finiti

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

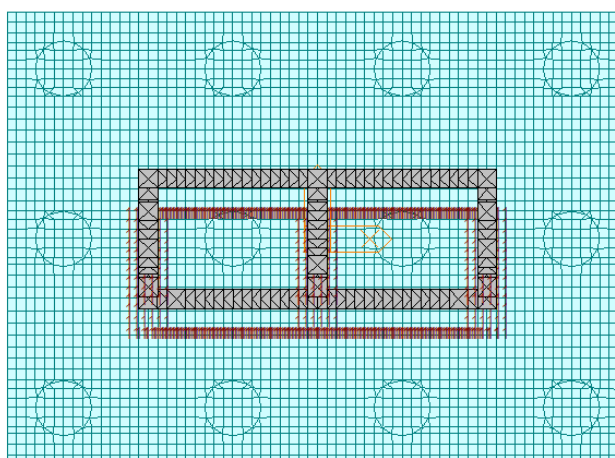


Figura 29 – Sistema di vincoli del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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".

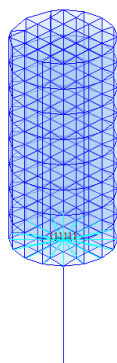


Figura 30 – Sistema di vincoli del palo nel modello agli elementi finiti

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 **Errore**.

**L'origine riferimento non è stata trovata..**

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 longitudinale.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

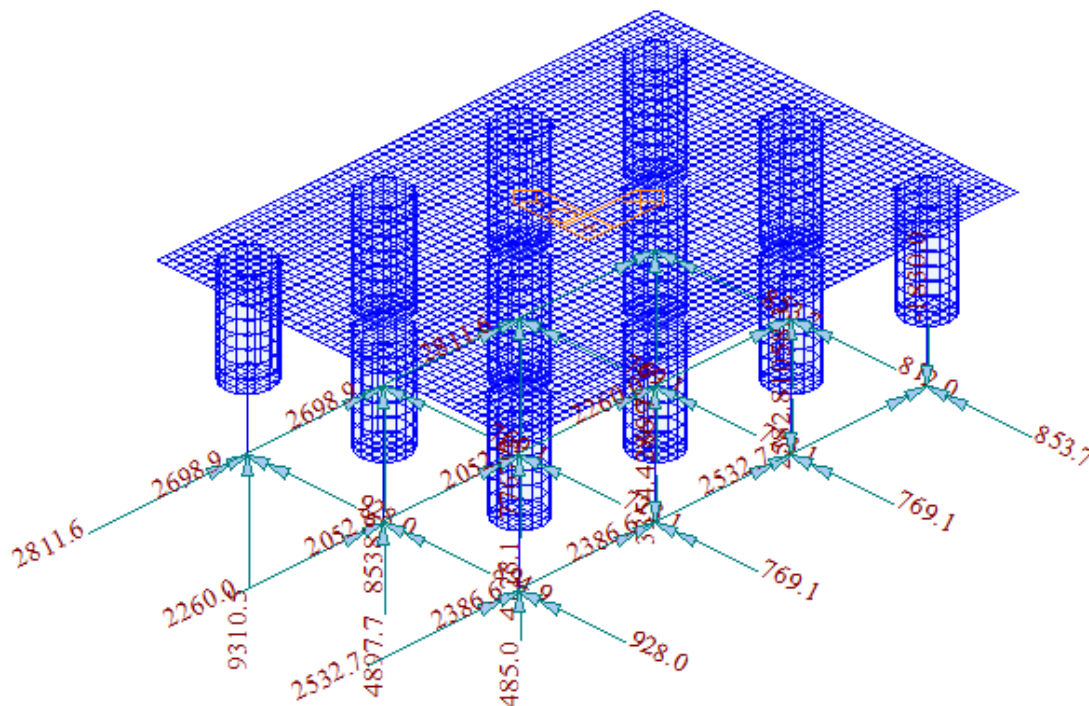


Figura 31 – Applicazione delle reazioni dei pali nel modello agli elementi finiti

### 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  $\gamma_{cls}$  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  $\gamma_{terreno}$  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.

$$P_{terreno} = \gamma_{terreno} \cdot h_{rinterro} = 19 \cdot 3.8 = 72.2 \text{ kN/m}^2$$



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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.

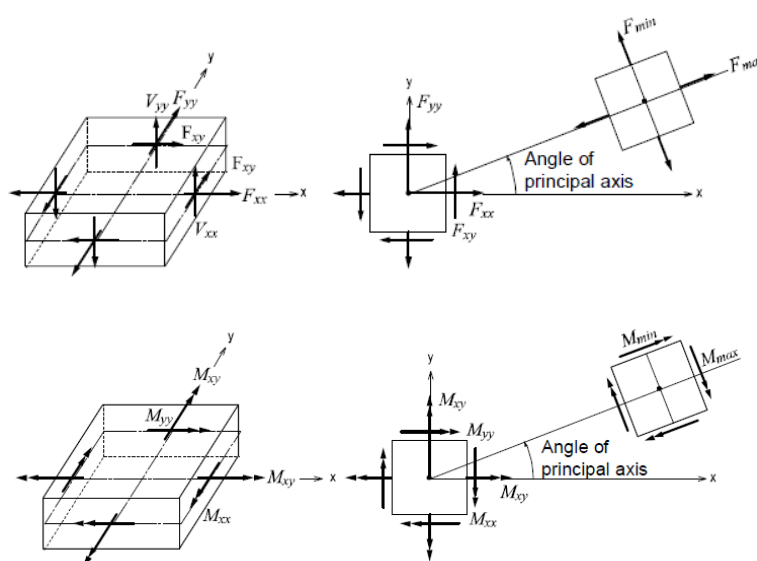


Figura 32 – Posizioni di output delle forze dell'elemento piastra per unità di lunghezza e convenzione del segno

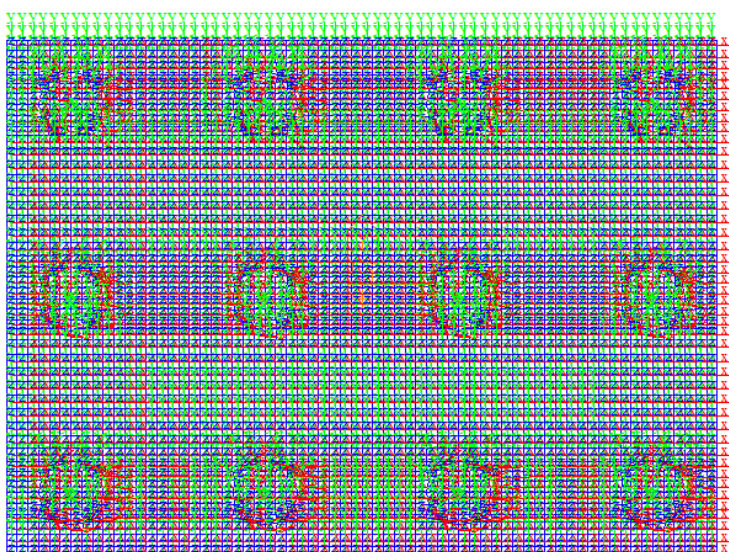


Figura 33 – Assi locali per gli elementi del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

La direzione 1 del Wood Armer Moment coincide con la direzione X del sistema di riferimento riportato nel par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

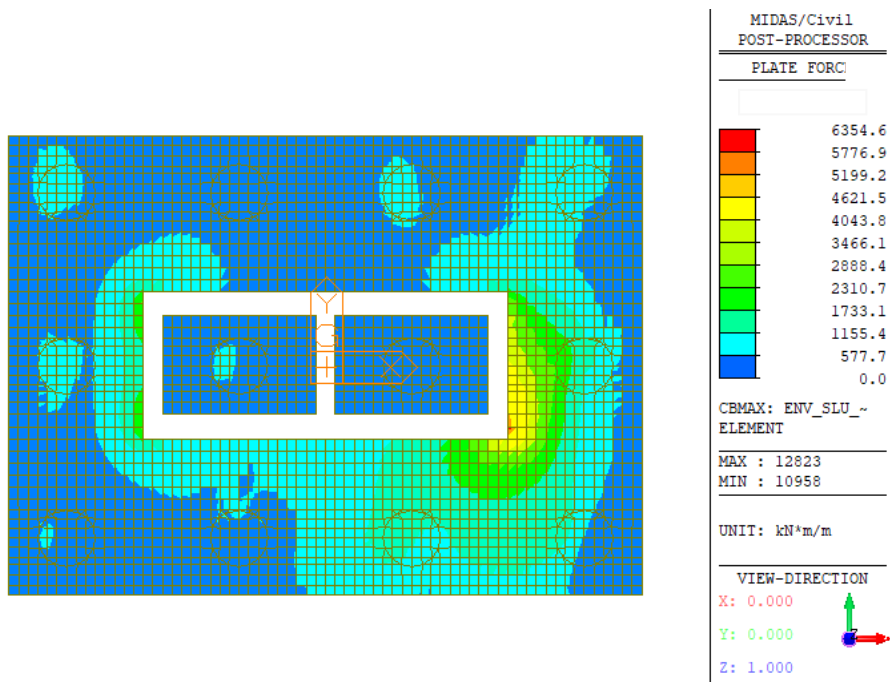


Figura 34 – Wood Armer Moment – Direction1 – Top (Involuppo SLU/SLV)

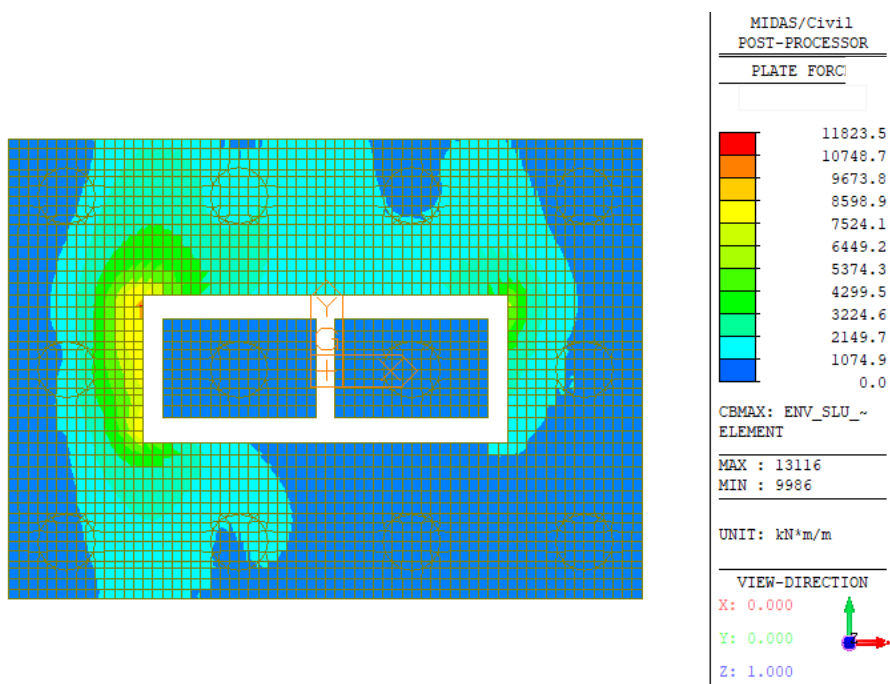


Figura 35 – Wood Armer Moment – Direction1 – Bottom (Involuppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

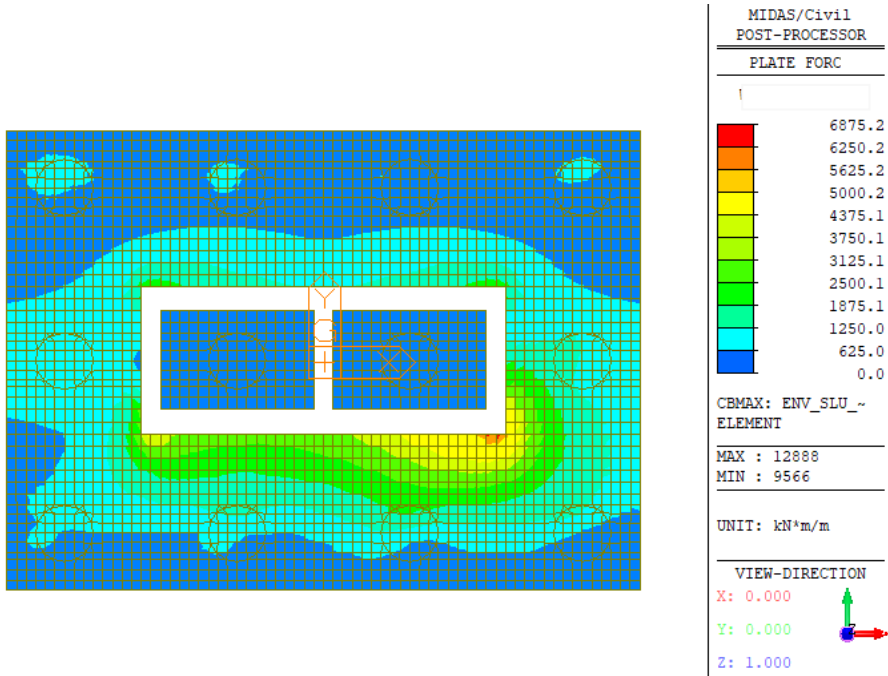


Figura 36 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

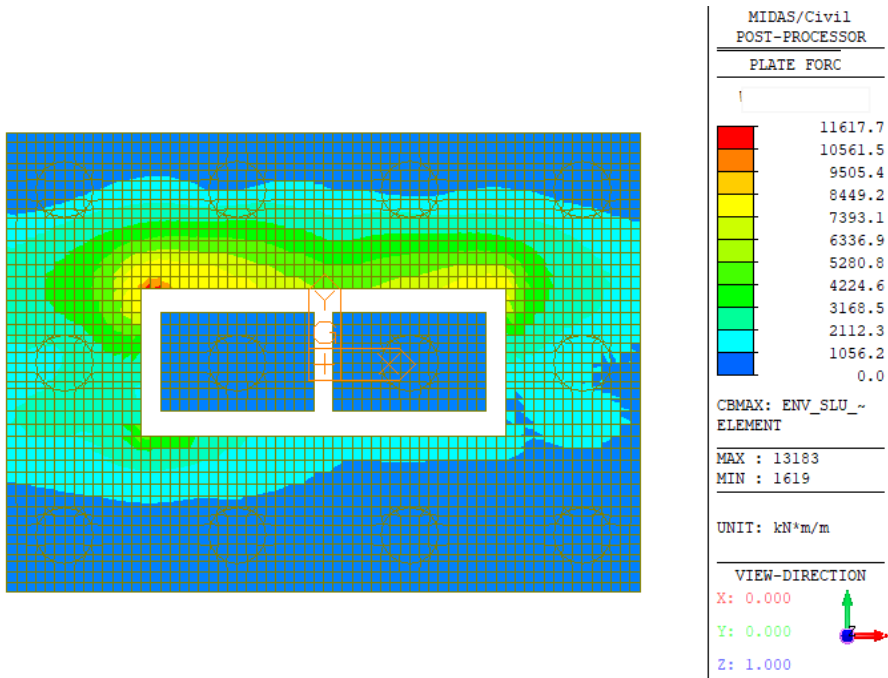


Figura 37 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

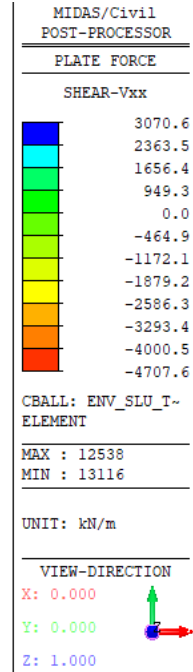
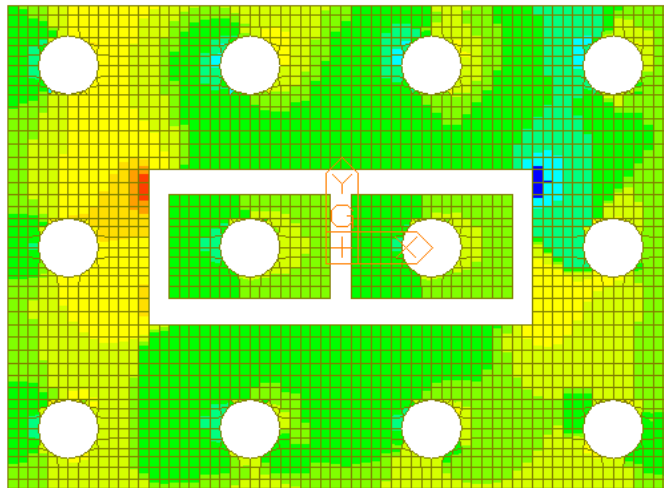


Figura 38 – Vxx, Inviluppo SLU/SLV

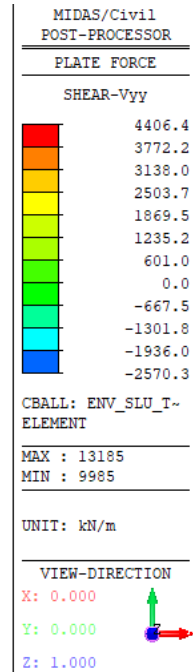
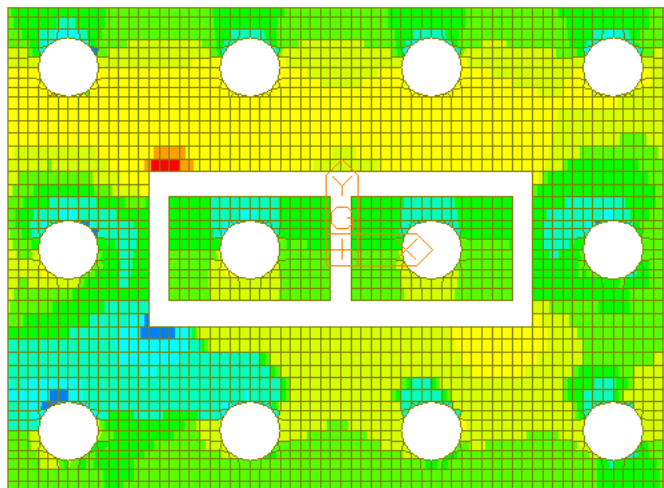


Figura 39 – Vyy, Inviluppo SLU/SLV

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

## 11.5 Dimensionamento e verifica delle armature

### 11.5.1 Dimensionamento delle armature

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

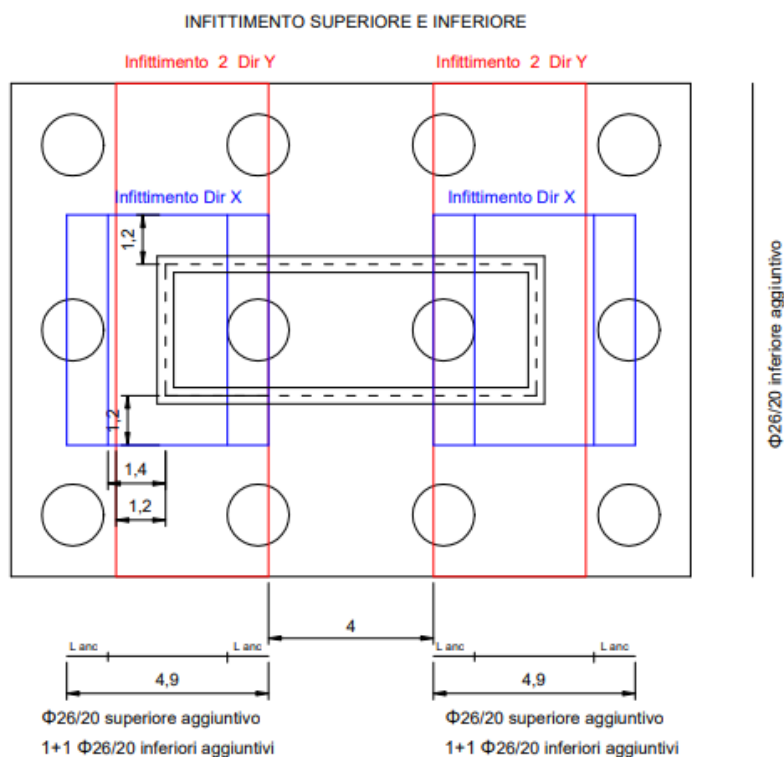
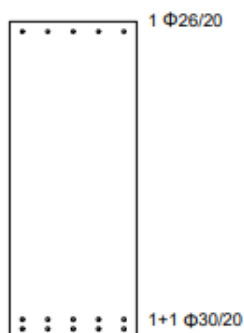


Figura 40 – Zone di infittimento dell'armatura a flessione del plinto

### Maglia base

#### Armatura in direzione X



#### Armatura in direzione Y



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

### Armatura aggiuntiva

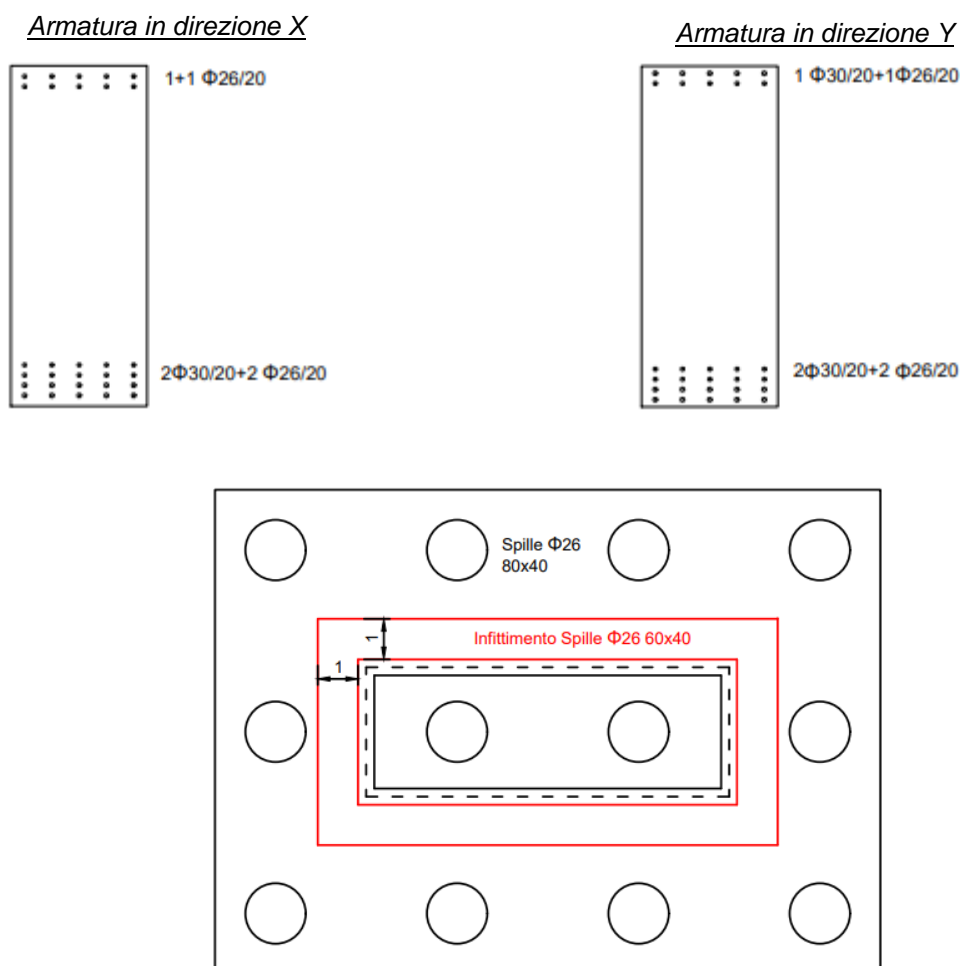


Figura 41 – Armatura a taglio del plinto

#### 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.

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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

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	4641.3	5489.0	9018.0	9507.5
SLE Rara	2433.0	2996.0	6330.2	6632.6
SLE Fessurazione	405.3	358.5	3286.7	3359.4
SLE Quasi Perm.	281.6	271.9	1895.1	1804.9

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

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

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

**NOME FILE SEZIONE: VI05\_P32\_DirX**

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

##### **CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

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



GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
	Progetto	Lotto	Codifica				
	IN17	12	EI2CLVI0504019				B

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	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	-94.8	26
2	20.0	-94.8	26
3	0.0	-94.8	26
4	-20.0	-94.8	26
5	-40.0	-94.8	26
6	40.0	-102.2	26
7	20.0	-102.2	26
8	0.0	-102.2	26
9	-20.0	-102.2	26
10	-40.0	-102.2	26
11	40.0	-109.7	30
12	20.0	-109.7	30
13	0.0	-109.7	30
14	-20.0	-109.7	30
15	-40.0	-109.7	30
16	40.0	109.6	26
17	20.0	109.6	26
18	0.0	109.6	26
19	-20.0	109.6	26
20	-40.0	109.6	26
21	40.0	117.1	26
22	20.0	117.1	26
23	0.0	117.1	26
24	-20.0	117.1	26
25	-40.0	117.1	26
26	40.0	-117.1	30
27	20.0	-117.1	30
28	0.0	-117.1	30
29	-20.0	-117.1	30
30	-40.0	-117.1	30

#### 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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-4541.30	0.00
2	0.00	8918.00	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 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	-2433.00	0.00
2	0.00	6330.20	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	-405.30 (-3205.20)	0.00 (0.00)
2	0.00	3286.70 (3412.62)	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	-281.60 (-3205.20)	0.00 (0.00)
2	0.00	1895.10 (3412.62)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.5 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	-4541.30	0.00	-5092.94	1.12	106.2(37.0)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA	
			
		Progetto	Lotto
		IN17	12
		Codifica	
		E12CLVI0504019	
		B	

2 S 0.00 8918.00 0.00 10702.35 1.20 123.8(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.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.072	50.0	-125.0	0.00192	40.0	-117.1	-0.04485	40.0	117.1
2	0.00350	0.109	-50.0	125.0	0.00245	40.0	117.1	-0.02859	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	-0.000199698	-0.021462257	0.072	0.700
2	0.000000000	0.000132549	-0.013068601	0.109	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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] 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	3.22	50.0	-125.0	-209.3	-40.0	117.1	2900	53.1
2	S	7.13	-50.0	125.0	-258.0	-40.0	-117.1	4500	123.8

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504019
				B

sr max 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	-0.00109	0	0.500	26.0	66	0.00063 (0.00063)	466 0.292 (990.00)	-3205.20	0.00	
2	S	-0.00135	0	0.500	28.1	64	0.00096 (0.00077)	392 0.377 (990.00)	3412.62	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	0.54	50.0	-125.0	-34.9	-40.0	117.1	2900	53.1
2	S	3.70	-50.0	125.0	-133.9	-40.0	-117.1	4500	123.8

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00018	0	0.500	26.0	66	0.00010 (0.00010)	466 0.049 (0.20)	-3205.20	0.00	
2	S	-0.00070	0	0.500	28.1	64	0.00040 (0.00040)	392 0.157 (0.20)	3412.62	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	0.37	50.0	-125.0	-24.2	-40.0	117.1	2900	53.1
2	S	2.13	-50.0	125.0	-77.2	-40.0	-117.1	4500	123.8

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	0.500	26.0	66	0.00007 (0.00007)	466 0.034 (990.00)	-3205.20	0.00	
2	S	-0.00040	0	0.500	28.1	64	0.00023 (0.00023)	392 0.091 (990.00)	3412.62	0.00	

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

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

NOME FILE SEZIONE: VI05\_P32\_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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	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	-97.4	26
2	20.0	-97.4	26
3	0.0	-97.4	26
4	-20.0	-97.4	26
5	-40.0	-97.4	26
6	40.0	-104.8	26
7	20.0	-104.8	26
8	0.0	-104.8	26
9	-20.0	-104.8	26
10	-40.0	-104.8	26
11	40.0	-112.3	30
12	20.0	-112.3	30
13	0.0	-112.3	30
14	-20.0	-112.3	30
15	-40.0	-112.3	30
16	40.0	112.2	26
17	20.0	112.2	26

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA		
		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504019
				B

18	0.0	112.2	26
19	-20.0	112.2	26
20	-40.0	112.2	26
21	40.0	-119.7	30
22	20.0	-119.7	30
23	0.0	-119.7	30
24	-20.0	-119.7	30
25	-40.0	-119.7	30
26	40.0	119.7	30
27	20.0	119.7	30
28	0.0	119.7	30
29	-20.0	119.7	30
30	-40.0	119.7	30

#### 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	-5489.00	0.00
2	0.00	9507.50	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	-2996.00	0.00
2	0.00	6632.60	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	-358.50 (-3287.31)	0.00 (0.00)
2	0.00	3359.40 (3472.81)	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
---------	---	----	----

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
		Progetto	Lotto
		IN17	12
		Codifica	
		EI2CLVI0504019	B

1	0.00	-271.90 (-3287.31)	0.00 (0.00)
2	0.00	1804.90 (3472.81)	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:	4.4 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	-5489.00	0.00	-5938.69	1.08	115.0(37.0)
2	S	0.00	9507.50	0.00	10931.75	1.15	123.8(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.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.068	50.0	-125.0	0.00238	40.0	-119.7	-0.04806	40.0	119.7
2	0.00350	0.094	-50.0	125.0	0.00269	40.0	119.7	-0.03378	40.0	-119.7

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000210714	-0.022839239	0.068	0.700
2	0.000000000	0.000152345	-0.015543160	0.094	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)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

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	3.58	50.0	-125.0	-217.4	-40.0	119.7	2100	61.9
2	S	7.14	-50.0	125.0	-265.3	-40.0	-119.7	3850	123.8

### 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 fctm  
 Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 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	-0.00112	0	0.500	28.1	38	0.00078 (0.00065)	292	0.227 (990.00)	-3287.31	0.00
2	S	-0.00137	0	0.500	28.1	38	0.00104 (0.00080)	278	0.289 (990.00)	3472.81	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	0.43	50.0	-125.0	-26.0	-40.0	119.7	2100	61.9
2	S	3.62	-50.0	125.0	-134.4	-40.0	-119.7	3850	123.8

### 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	-0.00013	0	0.500	28.1	38	0.00008 (0.00008)	292	0.023 (0.20)	-3287.31	0.00
2	S	-0.00069	0	0.500	28.1	38	0.00040 (0.00040)	278	0.112 (0.20)	3472.81	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	0.33	50.0	-125.0	-19.7	-40.0	119.7	2100	61.9
2	S	1.94	-50.0	125.0	-72.2	-40.0	-119.7	3850	123.8

### 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	28.1	38	0.00006 (0.00006)	292	0.017 (990.00)	-3287.31	0.00
2	S	-0.00037	0	0.500	28.1	38	0.00022 (0.00022)	278	0.060 (990.00)	3472.81	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	B

### 11.5.3 Verifica a taglio

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0504019

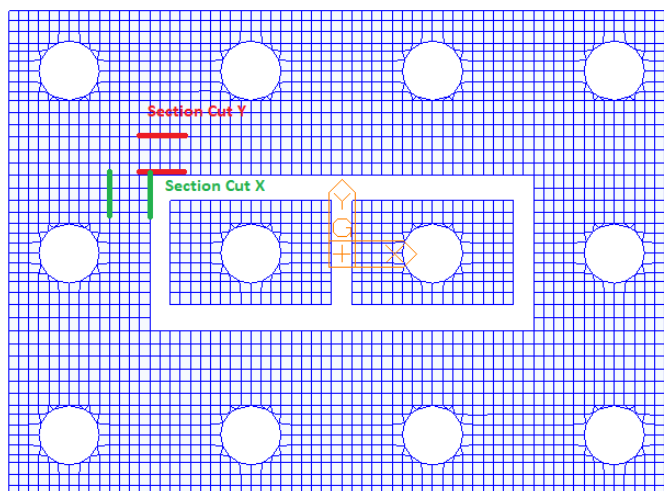


Figura 42 – Section cut considerate per la verifica a taglio

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  $V_{Ed,max} = 4450 \text{ kN/m}$ .

### Caratteristiche materiali

#### CIs

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

#### Acciaio barre longitudinali

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

#### Acciaio staffe

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

GENERAL CONTRACTOR	 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504019	B

### Calcoli preliminari

$A_{sl}$	5309.3	mm <sup>2</sup>	area dell'armatura longitudinale
$\rho_l$	0.0022		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0022		rapporto considerato nei calcoli
$\sigma_{cp}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media considerata nei calcoli
$n_{bw}$	<b>1.67</b>		numero di bracci degli spilli (in 1 m)
$\varphi_{st}$	<b>26</b>	mm	diametro degli spilli
$S_{st}$	<b>400</b>	mm	passo degli spilli
$A_{sw}$	884.9	mm <sup>2</sup>	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

### Elemento non armato a taglio

$k$	1.29		
$k_{eff}$	1.29		
$v_{min}$	0.26		
$V_{Rd,1}$	654.96	KN	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	612.50	KN	taglio resistente - valore 2
$V_{Rd}$	654.96	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		
$V_{Rsd}$	4621.6	KN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	5285.7	KN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	4621.6	KN	taglio resistente di calcolo
$V_{Ed}$	<b>4450</b>	kN	Taglio di calcolo
Verifica	ok		
FS	1.04		Coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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:

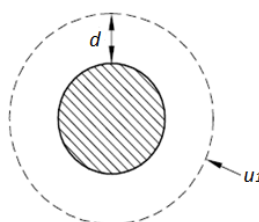
$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

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 EI2CLVI0504019	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 EI2CLVI0504019	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 X prevalente:  $V_{Ed} = 9311$  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

#### Armatatura tesa

$A_{lx}$	48.62	cm <sup>2</sup> /m	Armatatura tesa in direzione x (media)
$A_{ly}$	39.82	cm <sup>2</sup> /m	Armatatura tesa in direzione y (media)

#### Impronta di carico

a	75	cm	(a = raggio per sezioni circolari)
h	250	cm	Altezza plinto
d	241	cm	Altezza utile
$\beta$	1		Coeff. che tiene conto eccentricità del carico

$u_1$	809.31	cm	Perimetro di verifica di base
$u_0$	471.24	cm	Perimetro dell'area caricata
k	1.29		Coefficiente
$\rho_l$	0.0018		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	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504019	B

Peso del rinterro

$\gamma_{terr}$	19	kN/m <sup>3</sup>	Peso specifico terreno
$h_{rint}$	3.8	m	Altezza rinterro
A	19.12	m <sup>2</sup>	Area di verifica in corrispondenza dell'estradosso del plinto
$\Delta V_{sd}$	1380.5	kN	Riduzione di taglio dovuta al peso del rinterro

Tensione massima di taglio

$V_{ed}$	9311	kN	Reazione agli SLU
$V_{ed}$	7275	kN	Taglio applicato (ridotto del peso proprio e del rinterro)
$V_{ed}$	899	kN/m	Taglio applicato per unità di lunghezza
$V_{ed}$	0.37	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di taglio agente

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

$V_{ed}$	0.64	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	5.98		

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>	
$V_{Rd}$	618.25	kN/m	Taglio resistente per unità di lunghezza
Verifica	no		
FS	0.69		

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
$d/s_r$	6.03		

$A_{sw\ min}$	995.1	mm <sup>2</sup>	Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo le staffe)
---------------	-------	-----------------	---

$\varphi$	26		Diametro armatura taglio-punzonamento
n ferri	3.75		Numero di ferri in uno strato
$A_{sw}$	1991.0	mm <sup>2</sup>	Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato

GENERAL CONTRACTOR			ALTA SORVEGLIANZA	
				
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504019	B

### CAVALLOTTI

$f_{ywd,ef}$	391.30	N/mm <sup>2</sup>
$\alpha$	90.00	°
	1.57	rad

*Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento*

*Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra*

sr	<b>1500</b>	mm
d/sr	1.61	

*Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento*

$A_{sw\ min}$	3731.7	mm <sup>2</sup>
---------------	--------	-----------------

*Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo i cavallotti)*

$\varphi$	<b>24</b>	
n ferri	<b>2</b>	
$A_{sw}$	904.78	mm <sup>2</sup>

*Diametro armatura taglio-punzonamento*

*Numero di ferri in uno strato*

*Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato*

$V_{Rd,cs}$	0.60	N/mm <sup>2</sup>
$V_{Ed}$	0.37	N/mm <sup>2</sup>
Verifica	ok	
FS	1.60	

*Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente*

*Tensione di taglio-punzonamento agente*

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504019	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.