

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 SU RIO GUA' DAL km 33+722,75 AL km 34+800,75**

**PILE**

**Relazione di calcolo pile e plinto – Pile da P1 a P10, P17, da P21 a P25**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona <i>Carmona</i> Data:			
Ing. Giovanni MALAYENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 <i>Malayenda</i> 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 9 0 4	0 0 1	C	- - - p - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing. Alberto LEVORATO <i>Levorato</i>	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Apr.2021	M. Proietti	Apr.2021	G. Grimaldi	Apr.2021	
C	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0900001B	E.d.in	Lug.22	M. Proietti	Lug.22	G. Grimaldi	Lug.22	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2CLVI0904001C
		Cod. origine:



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>EI2CLVI0904001</p>	<p>C</p>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

## 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.....	9
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	9
5.1 Modelli di analisi e verifica.....	12
5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura .....	12
6. ANALISI DEI CARICHI.....	13
6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2) .....	13
6.2 Carichi da traffico verticali (Q1) .....	16
6.3 Effetti dinamici.....	17
6.4 Disposizione treni di carico.....	17
6.5 Carichi da traffico orizzontali .....	22
6.5.1 Forza centrifuga (Q4) .....	22
6.5.2 Serpeggio.....	24
6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3).....	25
6.5.4 Forza d'attrito (Q8) .....	27
6.6 Azione del Vento (Q5).....	28
6.7 Azione termica (Q7) .....	38
6.8 Azione Sismica (E).....	39
6.8.1 Inquadramento Sismico.....	39
6.8.2 Definizione della domanda sismica .....	40
6.8.3 Calcolo dell'azione Sismica .....	45
6.8.4 Check analisi statica.....	46
6.8.5 Analisi statica equivalente .....	47

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLV10904001	C

7. CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	49
7.1 Caratteristiche di sollecitazioni .....	54
7.1.1 <i>Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3</i> .....	54
7.1.2 <i>Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	57
7.1.3 <i>Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> .....	60
8. VERIFICHE STRUTTURALI .....	64
9. FUSTO PILA .....	64
9.1 Modello locale per ritiro differenziale .....	65
9.2 Verifica a presso flessione .....	65
9.3 Verifica a taglio.....	82
9.4 Verifica minimi di armatura.....	87
9.5 Verifica deformabilità.....	90
9.6 Determinazione spostamenti.....	90
10. PULVINO .....	93
11. PLINTO DI FONDAZIONE .....	95
11.1 Geometria del plinto e della palificata .....	95
11.2 Modellazione strutturale .....	96
11.3 Azioni di progetto .....	98
11.3.1 <i>Reazioni dei pali</i> .....	98
11.3.2 <i>Peso proprio plinto di fondazione</i> .....	99
11.3.3 <i>Peso terreno di ricoprimento</i> .....	99
11.4 Risultati di analisi .....	100
11.5 Dimensionamento e verifica delle armature .....	104
11.5.1 <i>Dimensionamento delle armature</i> .....	104
11.5.2 <i>Verifica a flessione</i> .....	105
11.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	115
11.5.4 <i>Verifica a taglio-punzonamento</i> .....	118
12. VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008) .....	122

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 1. Premessa

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento degli elementi in elevazione del *Viadotto Rio Guà- VI09*, 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 del viadotto di altezza compresa tra 8.5m (escluso) e 9.5m, con fondazione 12.0m x 12.0m x 2.5m su 9 pali e sulle quali afferiscono due impalcati in c.a.p. di L=25.0m (P01-P02-P03-P04-P05-P06-P07-P08-P09-P10-P17-P21-P22-P23-P24-P25). Si prende a riferimento la pila di altezza massima P10 per tutte le verifiche esplicitate nella presente relazione (H=9.5m), ad eccezione della verifica a taglio del fusto pila, nella quale si fa riferimento anche alla pila di altezza minima P03 (H=9.0m).

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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 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
- IN1710EI2CLVI0900001, Relazione interazione treno binario struttura
- IN1712EI2CLVI0904012, Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni
- IN1712EI2RBVI09A0001, Relazione geotecnica
- IN1712EI2RBVI09C0001, Relazione geotecnica

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	E12CLVI0904001	C

### 3. Materiali

#### 3.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino

##### Classe C32/40

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

#### 3.2 Calcestruzzo per fondazione

##### Classe C25/30

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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;">E12CLVI0904001</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">C</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	E12CLVI0904001			C
Progetto	Lotto	Codifica								
IN17	12	E12CLVI0904001								
		C								

$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

### 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 "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", ovvero:

##### tensione massima di compressione del calcestruzzo

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

### 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).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

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 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)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

#### 4. Caratterizzazione geotecnica

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

#### 5. Descrizione dell'opera

Il *Viadotto Rio Guà – VI09*, a doppio binario con intervallata 4.2m, si estende dal km 33+722,75 al km 34+800,75 della *Tratta Verona-Padova* per uno sviluppo complessivo di 1078m ed è costituito da 40 campate isostatiche con travi in c.a.p. a cassoncini e una campata realizzata con impalcato ad arco.

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 di 1.50m, con dimensioni esterne medesime alla pila e pieno. Su esso sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo gli schemi sotto riportati.

I plinti presentano una pianta rettangolare di dimensioni variabili in relazione alla tipologia di impalcato che afferisce alla pila. In particolare, in questa relazione sono analizzati i plinti di dimensioni pari a 12.0m x 12.0m e di spessore 2.5m. Le fondazioni previste sono su pali (9 pali  $\Phi 1500$ ).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0904001

C

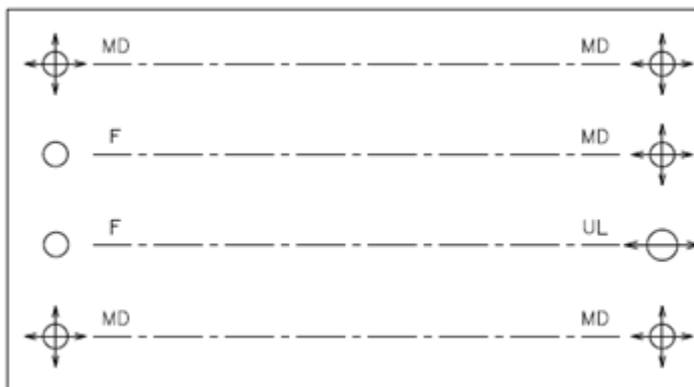


Figura 1 - Schema appoggi

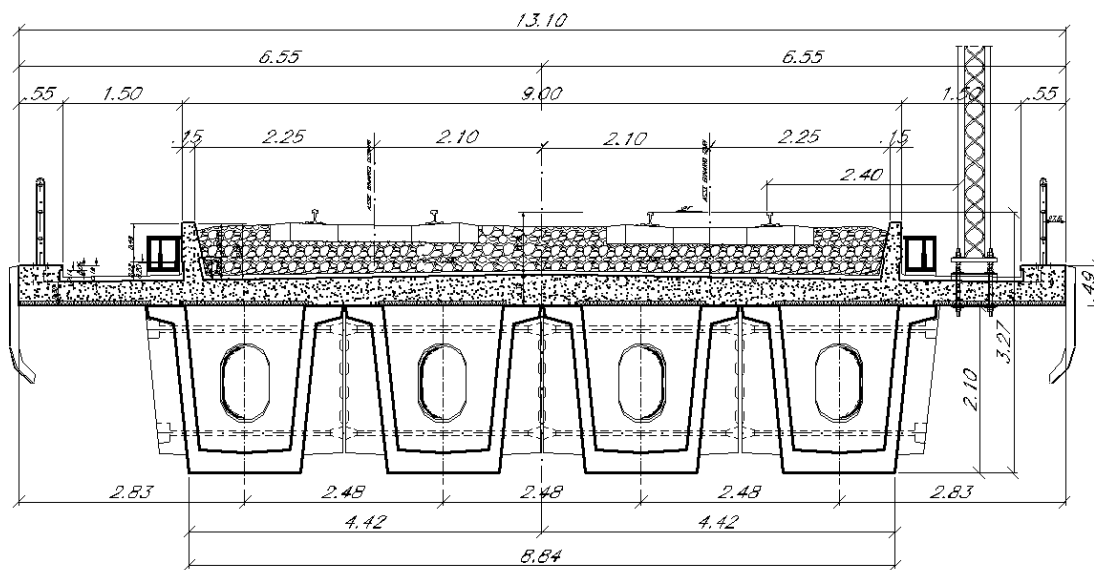


Figura 2 - Sezione impalcato

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0904001

C

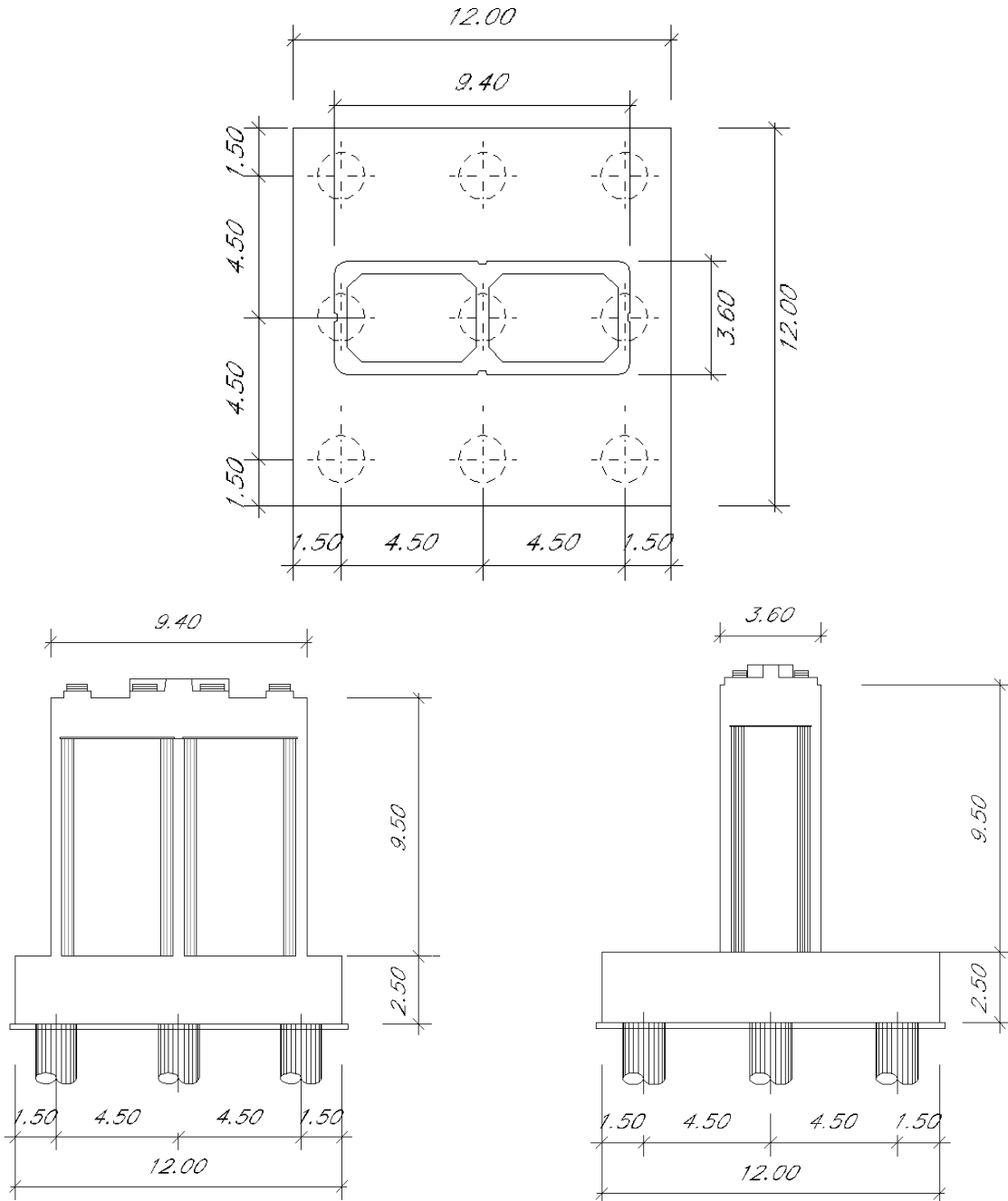


Figura 3 - Pianta e sezioni pila

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 5.1 Modelli di analisi e verifica

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

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

## 5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>EI2CLVI0904001</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0904001
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0904001					
	C						

## 6. Analisi dei carichi

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

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

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

DATI DI LINEA			
velocità massima della linea	V	220	km/h
raggio di curvatura	R	2500	m
numero di binari		doppio	

IMPALCATO		SX	DX
altezza cassoncino sezione in appoggio	$h_1$	2.10	m
altezza cassoncino sezione in mezzeria	$h_2$	2.10	m
spessore soletta	$s$	0.35	m
estradosso impalcato sull'appoggio	$H_1$	2.45	m
altezza totale impalcato in mezzeria	$H_2$	2.45	m
spessore ballast	$h_b$	0.80	m
altezza PF da estradosso trave	$h_{PF}$	1.20	m
lunghezza travata	$L$	25.00	m
luce appoggi travata	$L_a$	22.80	m
larghezza totale impalcato	$B$	13.10	m
peso permanente strutturale	$G_1$	6275	kN
peso permanenti non strutturali	$G_2$	5150	kN

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0904001

C

**Altezze dal intradosso del cassoncino**

baricentro sezione cassone+soletta	Gb1	1.600	m	1.600	m
baricentro del ballast	Gb2	2.850	m	2.850	m
altezza al piano del ferro	H	3.30	m	3.30	m
baricentro treno	Gb3	5.10	m	5.10	m

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

**PILA**

altezza pila (estradosso fond-estradosso pulvino)	Hp	9.50	m
tipologia di sezione		rettangolare	
larghezza trasversale pila	b	9.40	m
larghezza longitudinale pila	d	3.60	m
raggio angolo esterno	r	0.40	m
area della sezione	A	11.45	m <sup>2</sup>
inerzia sezione direzione trasversale	I11	103.81	m <sup>4</sup>
inerzia sezione direzione longitudinale	I22	22.26	m <sup>4</sup>
modulo elastico cls pila	Ec	33346	MPa
eventuale abbattimento del modulo	%	50	
modulo di calcolo	E	16673	MPa
calcestruzzo	fck	32	MPa
massa pila	mp	2291	kN



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>EI2CLVI0904001</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0904001
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0904001					

<b>PULVINO</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>9.40</b>	m
larghezza in direzione longitudinale	d	<b>3.60</b>	m
altezza pulvino	h	<b>1.50</b>	m
massa pulvino	mp	<b>1269</b>	kN

<b>FONDAZIONE</b>			
larghezza in direzione trasversale	b	<b>12.00</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>144.00</b>	m <sup>2</sup>
pali di fondazione	Φ	<b>1.50</b>	m
numero di pali	n.	<b>9</b>	

<b>Ulteriori distanze e bracci</b>			
distanza asse pila/ asse appoggi per momento long.	i <sub>l</sub>	<b>1.10</b>	
altezza baggioli e apparecchi d'appoggio	h <sub>B</sub>	<b>0.50</b>	
interasse tra i binari (se singolo 0)	i <sub>b</sub>	<b>4.20</b>	m
dist. tra interasse del singolo binario e asse pila	a	<b>2.10</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	6275	0
scarichi estradosso Pila - G2	5150	0
scarichi estradosso Fondazione - G1	9835	0
scarichi estradosso Fondazione - G2	5150	0
scarichi intradosso Fondazione - G1	20932	0
scarichi intradosso Fondazione - G2	5150	0

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

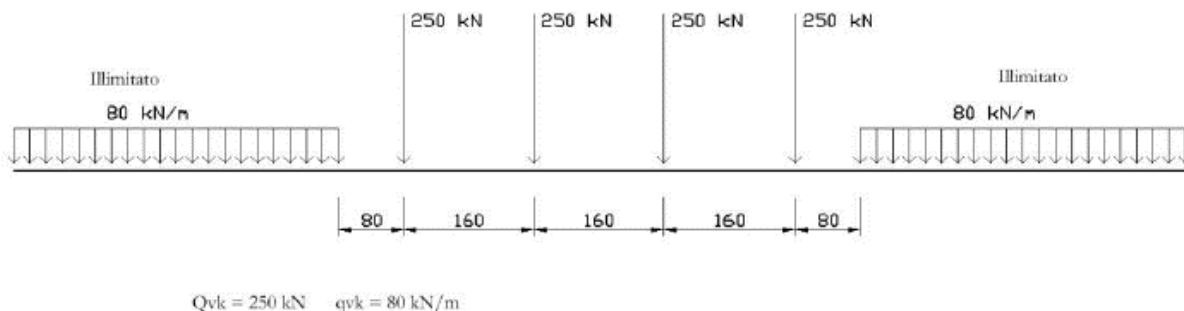
Lo scarico G1 a intradosso fondazione tiene conto del peso del plinto di fondazione e del peso del terreno di ricoprimento al di sopra di esso, di spessore pari a 1 m.

## 6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)

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

### ➤ Modello di carico LM71

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



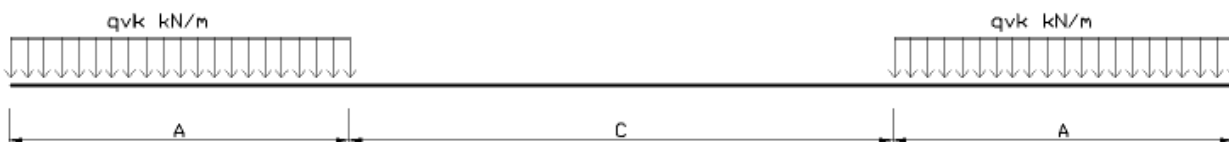
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

### ➤ Modello di carico SW/2

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



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>EI2CLVI0904001</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0904001
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0904001					

### 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 E12CLVI0904001	C

- 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>5992</b>	310	1298
COMBO ML	3529	<b>2759</b>	1090
COMBO MT	3162	206	<b>6957</b>

Si riportano i medesimi schemi graficamente per un caso rappresentativo:

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C
--	------------------	-------------	----------------------------	---

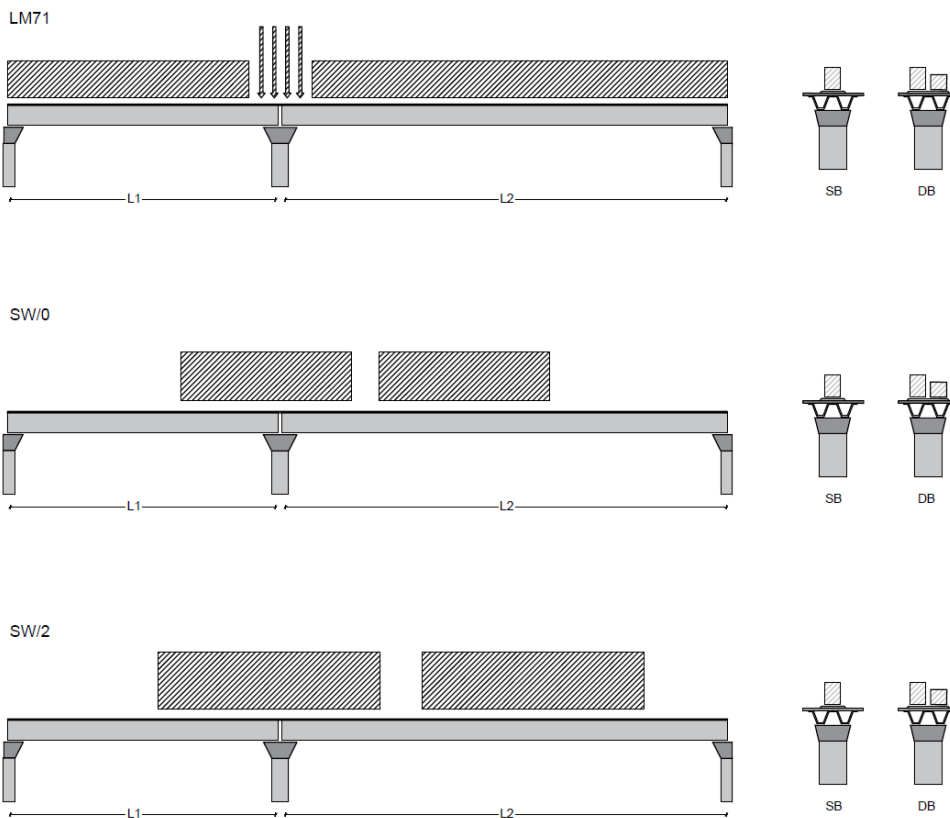


Figura 4- Posizione treni di carico - massimo sforzo assiale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C
--	------------------	-------------	----------------------------	---

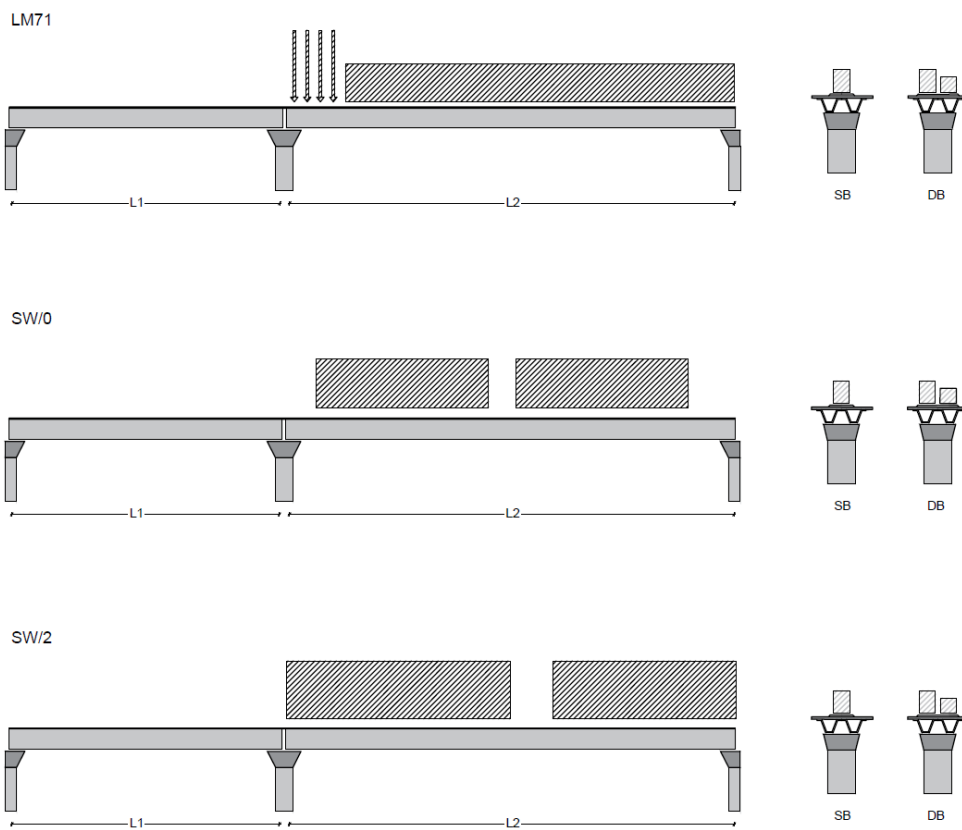


Figura 5- Posizione treni di carico – massimo momento longitudinale

	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C
--	------------------	-------------	----------------------------	---

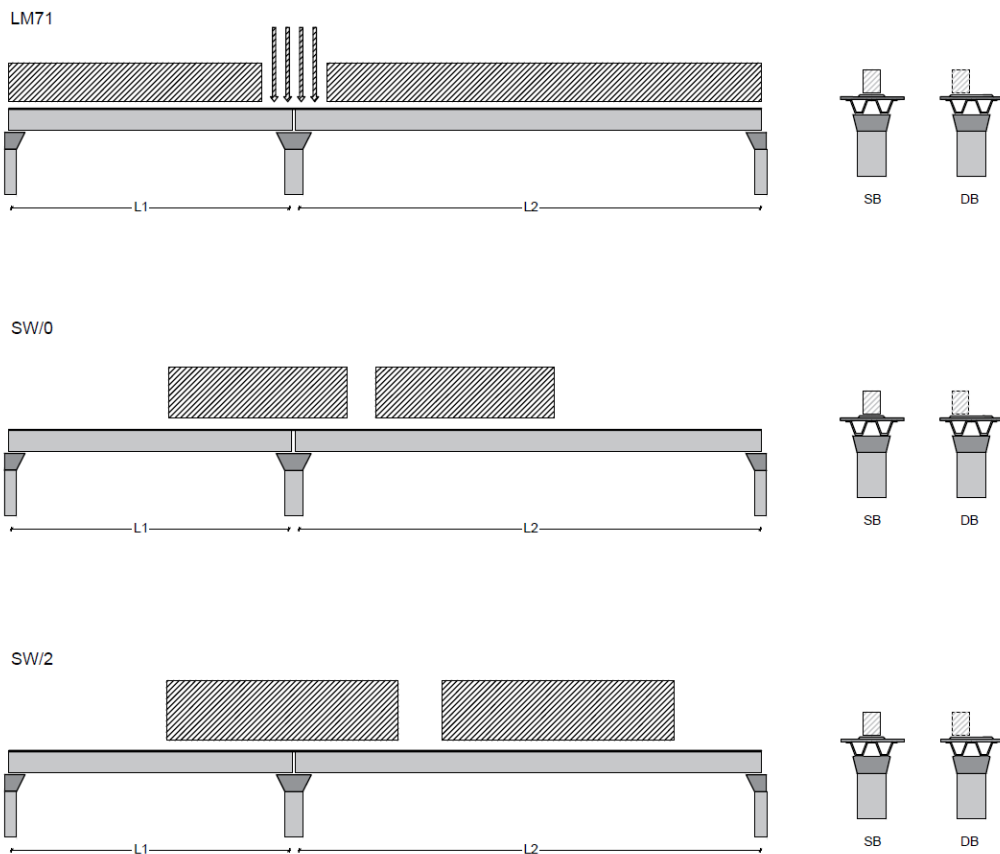


Figura 6- Posizione treni di carico – massimo momento trasversale

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 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	2500	m
velocità massima compatibile con il tracciato della linea	$V_{max}$	220	km/h
		<b>SX</b>	
lunghezza di influenza della parte curva del binario	$L_f$	22.8	m
fattore di riduzione funzione della $L_f$ e della V	f	0.65	

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.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

E12CLVI0904001

C

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 12.5 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 4.0 kN/m

**LM71 caso b**

velocità massima compatibile con il tracciato della linea

Vmax 220

fattore di riduzione funzione della Lf e della V

f 0.65

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 24.7 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 7.9 kN/m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

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	$q_{tk}$ 4.72 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	49.9	4.0	49.9	4.0	124	689
Fcen_LM/71_2	98.9	7.9	98.9	7.9	255	1414
Fcen_SW/2_1	0.0	4.7	0.0	4.7	118	656

### 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 	ALTA SORVEGLIANZA 						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>EI2CLVI0904001</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0904001
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0904001					

viadotto a binario	<b>doppio</b>		
combinazione treni	<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.

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.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12CLVI0904001

C

numero di binari

combinazione treni

posizionamento vincoli fissi

**doppio****LM/71 + SW/2****caso peggiore**

estradosso pulvino sommità binario

H

**0.5**

m

lunghezza del binario

L

**25**

m

**FRENATURA**

LM/71

coefficiente di adattamento

a

**1.1**

lunghezza del binario

L

**25**

m

valore caratteristico della forza

Q<sub>la,k</sub>**550**

kN

SW/0

coefficiente di adattamento

a

**1.1**

lunghezza del binario

L

**19.7**

m

valore caratteristico della forza

Q<sub>la,k</sub>**433.4**

kN

SW/2

coefficiente di adattamento

a

**1**

lunghezza del binario

L

**25**

valore caratteristico della forza

Q<sub>la,k</sub>**875****AVVIAMENTO**

LM/71

valore caratteristico della forza

Q<sub>la,k</sub>**908**

kN

SW/0

valore caratteristico della forza

Q<sub>la,k</sub>**715**

kN

SW/2

valore caratteristico della forza

Q<sub>la,k</sub>**825**

kN

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

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

altezza baggioli e apparecchi d'appoggio	h	0.5	m
lunghezza del binario	L	25	m
reazione verticale massima associata ai carichi permanenti	Vg1	6275	kN
reazione verticale massima associata ai carichi permanenti	Vg2	5150	KN
reazione verticale massima associata ai carichi mobili	Vq	7361	kN
coefficiente d'attrito (da assum. In relazione alle cart. App.)	f	0.04	
forza d'attrito trasmessa alla pila	Fa	385.8	kN
momento longitudinale in testa pila	M	192.9	kN/m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

## 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.

	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C
--	------------------	-------------	----------------------------	---

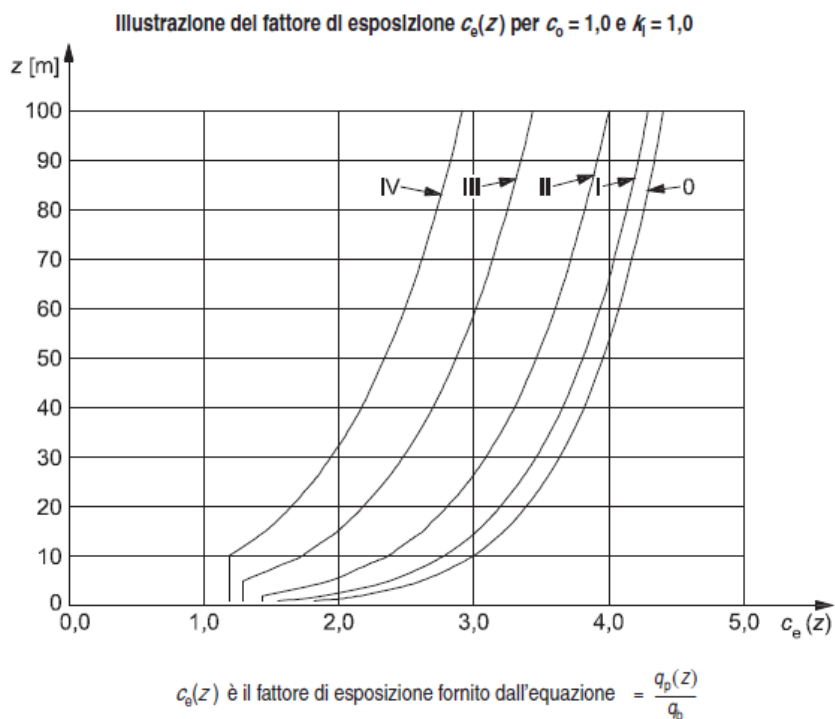


Figura 7 -fattore di esposizione - Eurocodice 1991-1-4

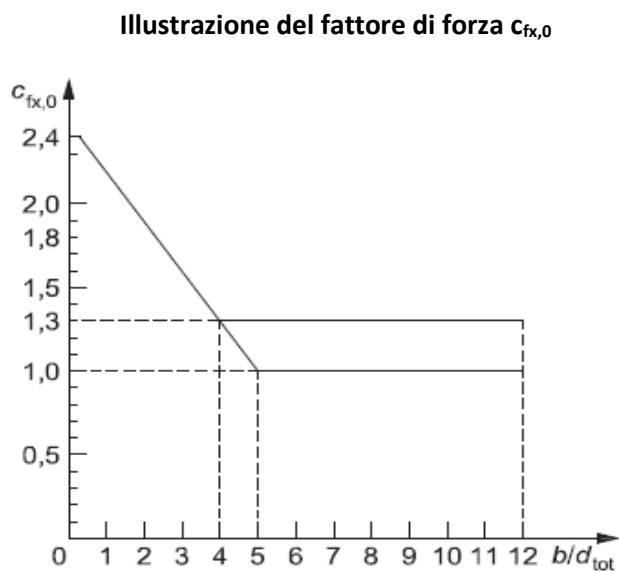


Figura 8 - Fattore di forza trasversale - Eurocodice 1991-1-4

	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C
--	------------------	-------------	----------------------------	---

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

dove:

$c_{f,x,0}$  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

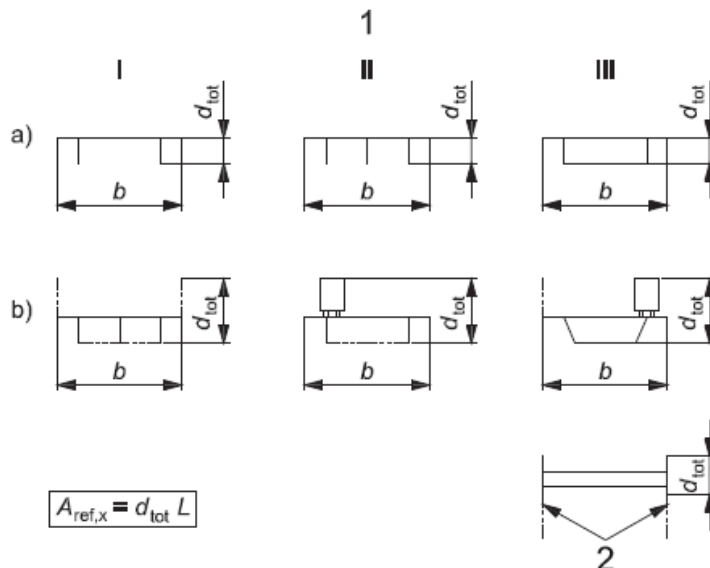


Figura 9 - Area effettiva - Eurocodice 1991-1-4



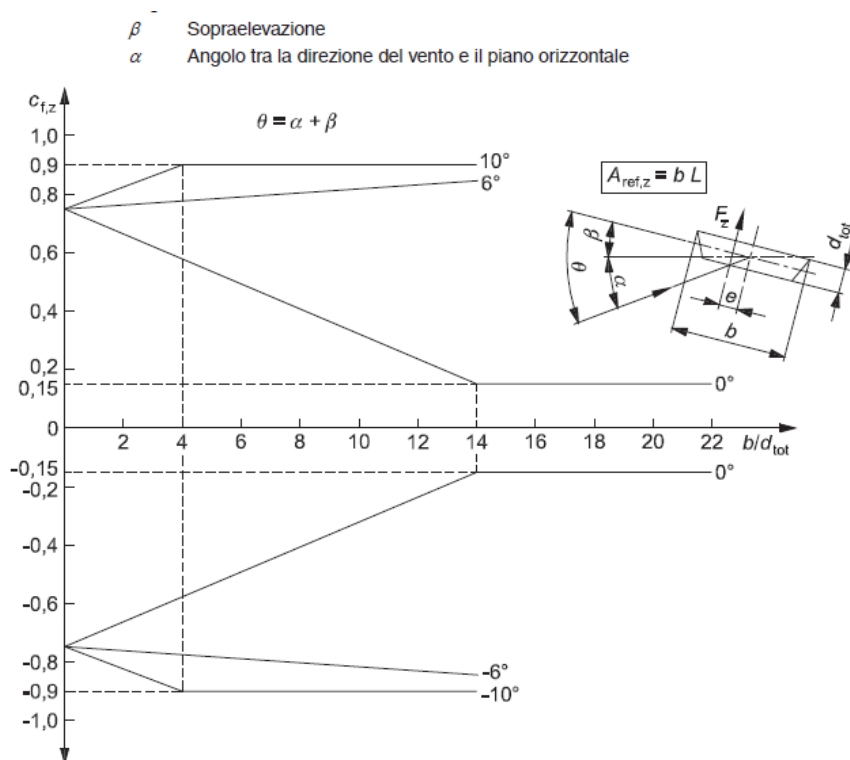


Figura 10 - coefficiente di forza verticale - Eurocodice 1991-1-4

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

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

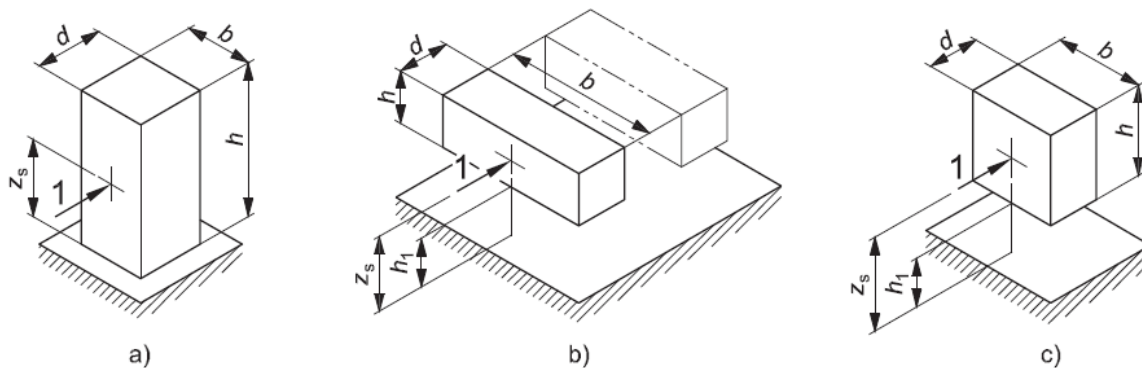


Figura 11 - Altezza di riferimento - Eurocodice 1991-1-4

tab. 3.3.I

Zona **1**

tab.3.3.II

Categoria **II**

tab. 3.3.III

Classe rug **D**

velocità di base di riferimento s.l.m.

Vbo **25** m/s

parametro di quota

ao **1000** m

altitudine sul livello del mare

as **150** m

parametro adimensionale

ks **0.4**

coefficiente di altitudine

ca **1**

velocità di base di riferimento

Vb **25** m/s

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

E12CLVI0904001

C

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	9.50	m
altezza baggioli e app. d'appoggio	z2	0.50	m
altezza all'intradosso	zint	10	m
altezza di riferimento	z	13.6	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.55	
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	1122.4	n/m <sup>2</sup>
larghezza impalcato	d	13.1	m
altezza impalcato+soletta	z3	2.45	m
armamento	z4	0.80	m
altezza treno	z5a	4	m
altezza barriere	z5b	4	m
altezza di impatto treno o barriere	htot	7.25	m
	d/h	1.81	
coefficiente di forza trasversale	cfx	1.90	
coefficiente di forza trasversale	cfz	0.9	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001 C

forza trasversale	fx	<b>18.1</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fx	<b>453.1</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>1869.1</b>	kN/m
forza verticale	fz	<b>32.8</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fz	<b>818.8</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>2681.4</b>	kN/m

<b>ponte scarico</b>			
altezza di impatto treno o barriere	htot	<b>6.45</b>	m
rapporto geometrico	d/h	<b>2.03</b>	
coefficiente di forza trasversale	cfx	<b>1.84</b>	
coefficiente di forza trasversale	cfz	<b>0.90</b>	
forza trasversale	fx	<b>16.1</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fx	<b>403.1</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>1501.6</b>	kN/m
forza verticale	fz	<b>32.8</b>	kN/m
forza equivalente in testa pila	Fz	<b>818.8</b>	kN
momento trasv equivalente in testa pila	Mx	<b>2681.4</b>	kN/m

### 6.6.1.2 Pila

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

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

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

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

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

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

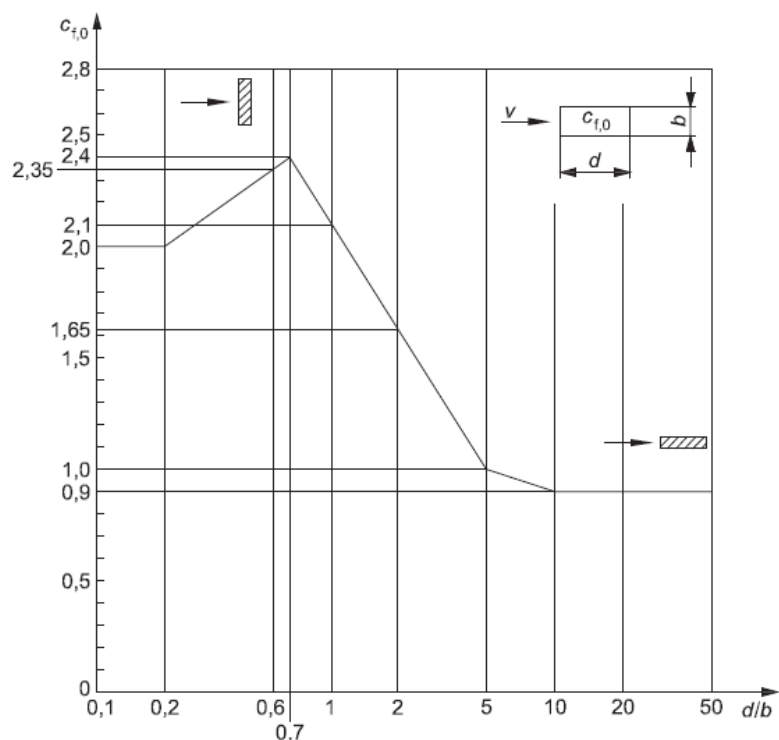


Figura 12 - Correlazione tra dimensioni in sezione dell'elemento e il coefficiente di forma  $c_{f,0}$  (figura 7.23 EC1-4)

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

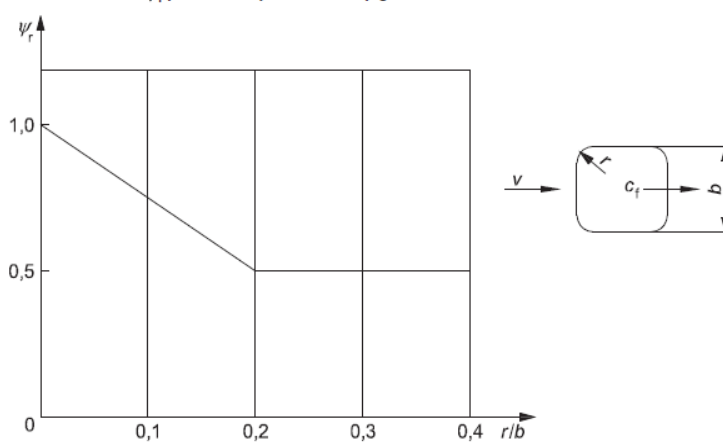


Figura 13 - correlazione tra il raggio di arrotondamento dello spigolo e il fattore riduttivo  $\psi_r$  (figura 7.24 EC1-4)



	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C
--	------------------	-------------	----------------------------	---

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

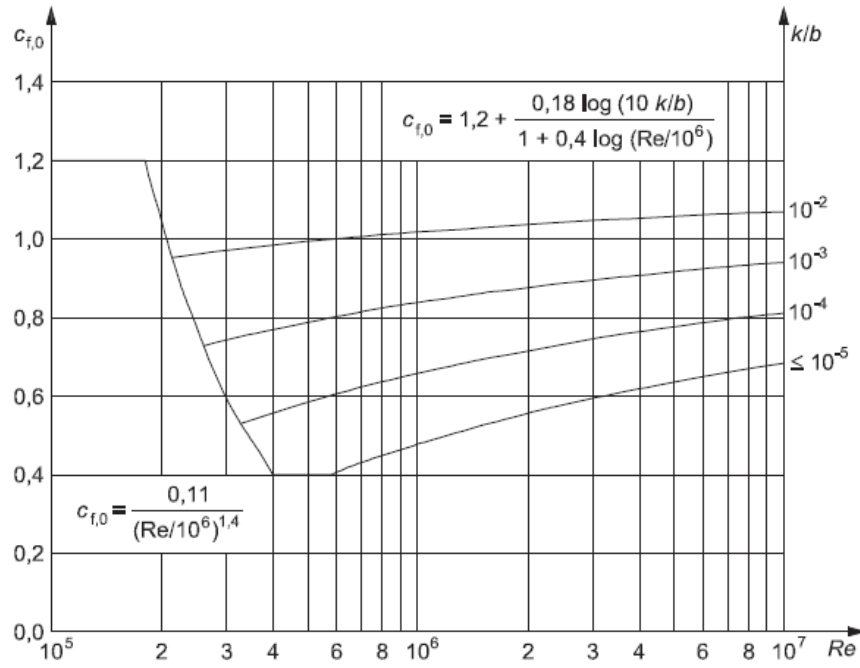


Figura 14 - Fattori di forza pila - Eurocodice 1991-1-4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12CLVI0904001

C

**direzione trasversale**

altezza di riferimento	z	9.5	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.32	
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	1020.2	n/m <sup>2</sup>
		1.02	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	1.81E+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	2.64	
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	85.5	kN
altezza di applicazione sulla pila	h tra	5.0	m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>EI2CLVI0904001</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0904001
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0904001					

<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	1.01	
snellezza effettiva	$\lambda$	70.00	
rapporto di solidità	$\phi$	1	
end-effect factor	$\psi\lambda$	0.89	
forza longitudinale	f lon	23.50	kN/m
forza equivalente totale	Flon	223.25	kN
altezza di applicazione sulla pila	h lon	4.99	m

## 6.7 Azione termica (Q7)

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

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

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

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

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



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

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	EI2CLVI0904001	C

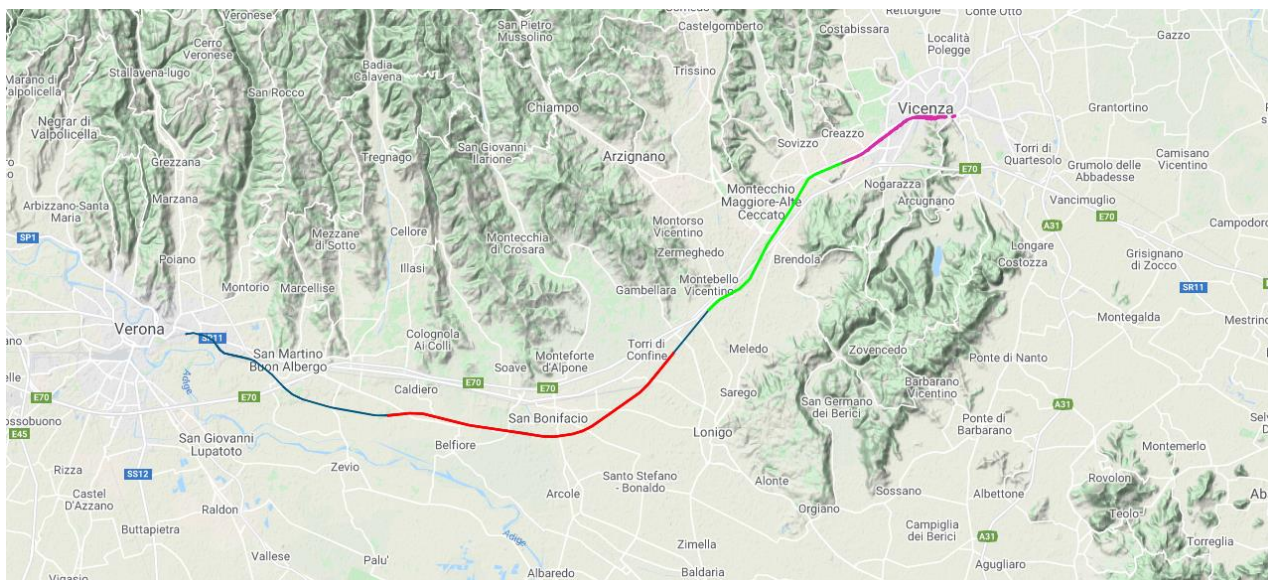


Figura 15 - Individuazione geografica della linea ferroviaria

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 E12CLVI0904001	C

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATTITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

---

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**



**Controllo sul reticolo**

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3

Interpolazione

---

**Interpolazione**

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 16 - Sito di riferimento secondo "Spettri\_NTC"

Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0904001	C

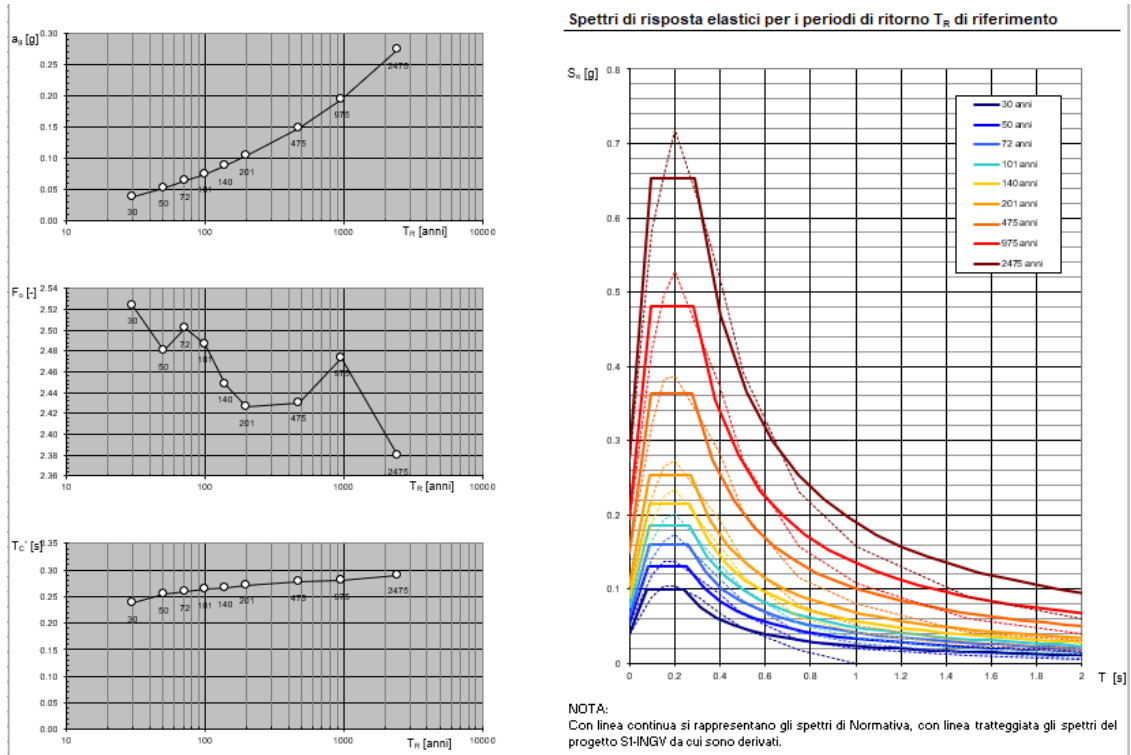


Figura 17 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri\_NTC"

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [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 18 - Tabella riassuntiva degli stati limite di riferimento del sito in esame



	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C
--	------------------	-------------	----------------------------	---

### 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  $q_o$   Regol. in altezza  info

Compon. verticale

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

Elaborazioni

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

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 19 - 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 20 – Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV  $q=1.5$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

### 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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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>EI2CLVI0904001</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2CLVI0904001
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2CLVI0904001					
	C						

#### 6.8.4 Check analisi statica

<b>Direzione Longitudinale</b>			
massa treno per direzione long	Com Nmax	7059	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1412	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	11425	kN
massa sismica portata sulla pila	Mimp t	12837	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	1/5 Mimp t	2567	kN
massa pila	Mpul	2291	kN
massa pulvino	Mpila	1269	kN
massa efficace pila	Mpe	2033	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Long	Mtot long	14869	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

<b>Direzione Trasversale</b>			
massa treno per direzione long	Com Mmax	5992	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1198	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	11425	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	Mimp t	12623	kN
massa pila	Mpul	2291	kN
massa pulvino	Mpila	1269	kN
massa efficace pila	Mpe	2033	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Trasv	Mtot tras	14656	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

<b>Direzione Verticale</b>			
massa treno per direzione long	Com Mmax	5992	kN
massa sismica treno per direzione long	treno	1198	kN
massa impalcato (G1 + G2)	Mimp	11425	kN
1/5 della massa sismica sulla pila	Mimp t	12623	kN
massa pila	Mpul	2291	kN
massa pulvino	Mpila	1269	kN
massa efficace pila	Mpe	2033	kN
massa sismica totale da utilizzare dir. Vert	Mtot vert	14656	kN
<i>verifica requisito di norma</i>	$Mep < 1/5 Mimp$	<b>OK</b>	

### 6.8.5 Analisi statica equivalente

area della sezione	A	11.5	m <sup>2</sup>
inerzia sezione direzione trasversale	I11	104	m <sup>4</sup>
inerzia sezione direzione longitudinale	I22	22	m <sup>4</sup>
modulo elastico cls pila	Ec	33346	MPa
eventuale abbattimento del modulo	%	50.00	
modulo di calcolo	E	16673	MPa
calcestruzzo	fck	32	MPa
altezza pila est. fondazione - estr. pulvino	H	9.50	m
altezza plinto di fondazione	hf	0.00	m
altezza baggioli ed app. appoggio	hap	0.50	m
altezza equivalente sdof	He	10.00	m
rigidezza flessionale sdof in dir. Trasv	Ktra	2.60E+09	N/m
rigidezza flessionale sdof in dir. Long	Klong	1.11E+09	N/m
rigidezza assiale sdof in dir. Vert	Kvert	3.03E+10	N/m
periodo di vibrare sdof dir. Trasversale	Ttra	0.15	sec
periodo di vibrare sdof dir. Longitudinale	Tlong	0.23	sec
periodo di vibrare sdof dir. Verticale	Tvert	0.04	sec

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904001
				C

	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	0.32	0.32	0.08	g
Sforzo assiale	4649	4649	1215	kN
Taglio Sism testa pila direz. trasversale	7310	10965	4904	kN
Taglio Sism testa pila direz. longitudinale	7416	11125	4975	kN
Momento flessionale trasversale	89475	134212	60019	kN m
Momento flessionale longitudinale	74164	111246	49749	kN m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 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  $G_2$ .

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

E12CLVI0904001

C

		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.



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

E12CLVI0904001

C

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

E12CLVI0904001

C

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



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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

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

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

## 7.1 Caratteristiche di sollecitazioni

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

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

<b>CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA</b>					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	24885	1722	1043	1311	7154
A1_SLU_gr2_Scarico_2	16857	140	1043	70	5272
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	24885	3014	522	1957	4518
A1_SLU_gr1+vento_5	25622	1923	1528	2313	11634
A1_SLU_gr2+vento_6	17594	341	1528	1072	9752
A1_SLU_gr3+vento_7	25622	3215	1006	2959	8998
A1_SLU_vento_gr1_9	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_vento_gr2_10	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_vento_gr3_11	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_Scalz_gr1_13	21409	958	626	749	4293
A1_SLU_Scalz_gr2_14	16593	79	626	39	3163
A1_SLU_Scalz_gr3_15	21409	1733	313	1137	2711
<hr/>					
SLE_rar_gr1_Treno_1	17417	1090	719	855	4934
SLE_rar_gr2_Scarico_2	11881	66	719	33	3636
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	17417	1981	360	1301	3116
SLE_rar_gr1+vento_5	17908	1224	1043	1523	7920
SLE_rar_gr2+vento_6	12372	200	1043	701	6622



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_gr3+vento_7	17908	2115	683	1969	6102
SLE_rar_vento_gr1_9	12244	223	539	1113	4977
SLE_rar_vento_gr2_10	12244	223	539	1113	4977
SLE_rar_vento_gr3_11	12244	223	539	1113	4977

SLE_rar_gr4_Centrif_4	15020	1211	432	791	2960
SLE_rar_gr4+vento_8	15512	1345	755	1460	5947
SLE_rar_vento_gr4_12	12244	223	539	1113	4977

SLE_qp_gr1+vento_33	11425	46	0	23	0
---------------------	-------	----	---	----	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	14018	6472	1889	3298	6116
E_103y_SLV_q=1.5_46	14018	1990	6296	1057	19782
E_103z_SLV_q=1.5_47	17273	1990	1889	1057	6116
E_103x_SLD_q=1_54	12988	4365	1267	2244	4188
E_103y_SLD_q=1_55	12988	1358	4223	741	13355
E_103z_SLD_q=1_56	13839	1358	1267	741	4188

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	21314	1593	1043	4797	6853
A1_SLU_gr2_Scarico_58	16857	140	1043	70	5272
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	21314	2885	522	5443	4217
A1_SLU_gr1+vento_61	22051	1794	1528	5799	11332
A1_SLU_gr2+vento_62	17594	341	1528	1072	9752
A1_SLU_gr3+vento_63	22051	3086	1006	6445	8696
A1_SLU_vento_gr1_65	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_vento_gr2_66	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_vento_gr3_67	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_Scalz_gr1_69	19267	912	626	2856	4112
A1_SLU_Scalz_gr2_70	16593	79	626	39	3163
A1_SLU_Scalz_gr3_71	19267	1687	313	3244	2530

SLE_rar_gr1_Treno_57	14954	1031	719	3274	4726
SLE_rar_gr2_Scarico_58	11881	66	719	33	3636
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	14954	1922	360	3720	2908
SLE_rar_gr1+vento_61	15446	1165	1043	3942	7712
SLE_rar_gr2+vento_62	12372	200	1043	701	6622
SLE_rar_gr3+vento_63	15446	2056	683	4388	5894

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_vento_gr1_65	12244	223	539	1113	4977
SLE_rar_vento_gr2_66	12244	223	539	1113	4977
SLE_rar_vento_gr3_67	12244	223	539	1113	4977

SLE_rar_gr4_Centrif_60	13543	1175	432	2243	2836
SLE_rar_gr4+vento_64	14034	1309	755	2911	5822
SLE_rar_vento_gr4_68	12244	223	539	1113	4977

SLE_qp_gr1+vento_89	11425	46	0	23	0
---------------------	-------	----	---	----	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	13526	6462	1889	3783	6075
E_103y_SLV_q=1.5_102	13526	1981	6296	1542	19741
E_103z_SLV_q=1.5_103	16780	1981	1889	1542	6075
E_103x_SLD_q=1_110	12495	4355	1267	2729	4147
E_103y_SLD_q=1_111	12495	1348	4223	1226	13314
E_103z_SLD_q=1_112	13346	1348	1267	1226	4147

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	20782	1574	1043	1085	15361
A1_SLU_gr2_Scarico_114	16857	140	1043	70	5272
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	20782	2866	522	1732	12724
A1_SLU_gr1+vento_117	21519	1775	1528	2088	19840
A1_SLU_gr2+vento_118	17594	341	1528	1072	9752
A1_SLU_gr3+vento_119	21519	3067	1006	2734	17204
A1_SLU_vento_gr1_121	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_vento_gr2_122	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_vento_gr3_123	17424	335	808	1670	7465
A1_SLU_Scalz_gr1_125	18948	905	626	631	9216
A1_SLU_Scalz_gr2_126	16593	79	626	39	3163
A1_SLU_Scalz_gr3_127	18948	1680	313	1019	7635

SLE_rar_gr1_Treno_113	14587	1022	719	717	10593
SLE_rar_gr2_Scarico_114	11881	66	719	33	3636
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	14587	1913	360	1162	8775
SLE_rar_gr1+vento_117	15079	1156	1043	1385	13580
SLE_rar_gr2+vento_118	12372	200	1043	701	6622
SLE_rar_gr3+vento_119	15079	2047	683	1831	11762
SLE_rar_vento_gr1_121	12244	223	539	1113	4977

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_vento_gr2_122	12244	223	539	1113	4977
SLE_rar_vento_gr3_123	12244	223	539	1113	4977
SLE_rar_gr4_Centrif_116	13322	1170	432	708	6356
SLE_rar_gr4+vento_120	13814	1304	755	1377	9342
SLE_rar_vento_gr4_124	12244	223	539	1113	4977
SLE_qp_gr1+vento_145	11425	46	0	23	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	13452	6461	1889	3272	7248
E_103y_SLV_q=1.5_158	13452	1979	6296	1031	20914
E_103z_SLV_q=1.5_159	16707	1979	1889	1031	7248
E_103x_SLD_q=1_166	12422	4353	1267	2218	5320
E_103y_SLD_q=1_167	12422	1347	4223	715	14487
E_103z_SLD_q=1_168	13273	1347	1267	715	5320

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

<b>CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA</b>					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	29690	1722	1043	17667	17065
A1_SLU_gr2_Scarico_2	21663	140	1043	1404	15183
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	29690	3014	522	30590	9474
A1_SLU_gr1+vento_5	30427	1923	1528	20578	26150
A1_SLU_gr2+vento_6	22400	341	1528	4315	24268
A1_SLU_gr3+vento_7	30427	3215	1006	33501	18558
A1_SLU_vento_gr1_9	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_vento_gr2_10	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_vento_gr3_11	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_Scalz_gr1_13	26215	958	626	9850	10239
A1_SLU_Scalz_gr2_14	21398	79	626	785	9110
A1_SLU_Scalz_gr3_15	26215	1733	313	17603	5684
SLE_rar_gr1_Treno_1	20977	1090	719	11209	11769
SLE_rar_gr2_Scarico_2	15441	66	719	658	10471

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	20977	1981	360	20122	6534
SLE_rar_gr1+vento_5	21468	1224	1043	13150	17825
SLE_rar_gr2+vento_6	15932	200	1043	2598	16527
SLE_rar_gr3+vento_7	21468	2115	683	22062	12590
SLE_rar_vento_gr1_9	15803	223	539	3234	10094
SLE_rar_vento_gr2_10	15803	223	539	3234	10094
SLE_rar_vento_gr3_11	15803	223	539	3234	10094

SLE_rar_gr4_Centrif_4	18580	1211	432	12292	7061
SLE_rar_gr4+vento_8	19071	1345	755	14233	13118
SLE_rar_vento_gr4_12	15803	223	539	3234	10094

SLE_qp_gr1+vento_33	14985	46	0	457	0
---------------------	-------	----	---	-----	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	17578	7486	2193	74261	27102
E_103y_SLV_q=1.5_46	17578	2295	7310	22346	89734
E_103z_SLV_q=1.5_47	20832	2295	2193	22346	27102
E_103x_SLD_q=1_54	16548	5045	1471	49846	18265
E_103y_SLD_q=1_55	16548	1562	4904	15022	60279
E_103z_SLD_q=1_56	17398	1562	1471	15022	18265

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	26119	1593	1043	19932	16764
A1_SLU_gr2_Scarico_58	21663	140	1043	1404	15183
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	26119	2885	522	32855	9172
A1_SLU_gr1+vento_61	26856	1794	1528	22843	25848
A1_SLU_gr2+vento_62	22400	341	1528	4315	24268
A1_SLU_gr3+vento_63	26856	3086	1006	35766	18257
A1_SLU_vento_gr1_65	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_vento_gr2_66	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_vento_gr3_67	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_Scalz_gr1_69	24072	912	626	11517	10058
A1_SLU_Scalz_gr2_70	21398	79	626	785	9110
A1_SLU_Scalz_gr3_71	24072	1687	313	19271	5503

SLE_rar_gr1_Treno_57	18514	1031	719	13067	11561
SLE_rar_gr2_Scarico_58	15441	66	719	658	10471
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	18514	1922	360	21979	6326

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_gr1+vento_61	19005	1165	1043	15007	17618
SLE_rar_gr2+vento_62	15932	200	1043	2598	16527
SLE_rar_gr3+vento_63	19005	2056	683	23920	12382
SLE_rar_vento_gr1_65	15803	223	539	3234	10094
SLE_rar_vento_gr2_66	15803	223	539	3234	10094
SLE_rar_vento_gr3_67	15803	223	539	3234	10094

SLE_rar_gr4_Centrif_60	17102	1175	432	13407	6937
SLE_rar_gr4+vento_64	17593	1309	755	15347	12993
SLE_rar_vento_gr4_68	15803	223	539	3234	10094

SLE_qp_gr1+vento_89	14985	46	0	457	0
---------------------	-------	----	---	-----	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	17085	7476	2193	74746	27061
E_103y_SLV_q=1.5_102	17085	2285	7310	22831	89693
E_103z_SLV_q=1.5_103	20340	2285	2193	22831	27061
E_103x_SLD_q=1_110	16055	5035	1471	50331	18224
E_103y_SLD_q=1_111	16055	1552	4904	15506	60237
E_103z_SLD_q=1_112	16906	1552	1471	15506	18224

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	25587	1574	1043	16039	25271
A1_SLU_gr2_Scarico_114	21663	140	1043	1404	15183
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	25587	2866	522	28962	17680
A1_SLU_gr1+vento_117	26324	1775	1528	18949	34356
A1_SLU_gr2+vento_118	22400	341	1528	4315	24268
A1_SLU_gr3+vento_119	26324	3067	1006	31873	26764
A1_SLU_vento_gr1_121	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_vento_gr2_122	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_vento_gr3_123	22230	335	808	4851	15141
A1_SLU_Scalz_gr1_125	23753	905	626	9227	15163
A1_SLU_Scalz_gr2_126	21398	79	626	785	9110
A1_SLU_Scalz_gr3_127	23753	1680	313	16981	10608

SLE_rar_gr1_Treno_113	18147	1022	719	10426	17428
SLE_rar_gr2_Scarico_114	15441	66	719	658	10471
SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	18147	1913	360	19338	12193
SLE_rar_gr1+vento_117	18638	1156	1043	12366	23485

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_gr2+vento_118	15932	200	1043	2598	16527
SLE_rar_gr3+vento_119	18638	2047	683	21279	18249
SLE_rar_vento_gr1_121	15803	223	539	3234	10094
SLE_rar_vento_gr2_122	15803	223	539	3234	10094
SLE_rar_vento_gr3_123	15803	223	539	3234	10094
SLE_rar_gr4_Centrif_116	16882	1170	432	11822	10457
SLE_rar_gr4+vento_120	17373	1304	755	13763	16513
SLE_rar_vento_gr4_124	15803	223	539	3234	10094
SLE_qp_gr1+vento_145	14985	46	0	457	0
E_103x_SLV_q=1.5_157	17012	7475	2193	74235	28234
E_103y_SLV_q=1.5_158	17012	2283	7310	22320	90866
E_103z_SLV_q=1.5_159	20266	2283	2193	22320	28234
E_103x_SLD_q=1_166	15982	5033	1471	49819	19397
E_103y_SLD_q=1_167	15982	1551	4904	14995	61411
E_103z_SLD_q=1_168	16832	1551	1471	14995	19397

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

<b>CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE</b>					
combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_1	44672	1722	1043	21971	19673
A1_SLU_gr2_Scarico_2	36645	140	1043	1755	17791
A1_SLU_gr3_Fre/avv_3	44672	3014	522	38125	10778
A1_SLU_gr1+vento_5	45409	1923	1528	25385	29970
A1_SLU_gr2+vento_6	37381	341	1528	5168	28088
A1_SLU_gr3+vento_7	45409	3215	1006	41539	21074
A1_SLU_vento_gr1_9	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_vento_gr2_10	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_vento_gr3_11	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_Scalz_gr1_13	38365	958	626	12244	11804
A1_SLU_Scalz_gr2_14	33548	79	626	982	10675
A1_SLU_Scalz_gr3_15	38365	1733	313	21937	6467

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_gr1_Treno_1	32074	1090	719	13934	13568
SLE_rar_gr2_Scarico_2	26538	66	719	822	12270
SLE_rar_gr3_Fre/avv_3	32074	1981	360	25075	7433
SLE_rar_gr1+vento_5	32566	1224	1043	16210	20432
SLE_rar_gr2+vento_6	27029	200	1043	3098	19134
SLE_rar_gr3+vento_7	32566	2115	683	27350	14297
SLE_rar_vento_gr1_9	26901	223	539	3792	11440
SLE_rar_vento_gr2_10	26901	223	539	3792	11440
SLE_rar_vento_gr3_11	26901	223	539	3792	11440

SLE_rar_gr4_Centrif_4	0	0	29677	1211	432
SLE_rar_gr4+vento_8	0	0	30169	1345	755
SLE_rar_vento_gr4_12	0	0	26901	223	539

SLE_qp_gr1+vento_33	26082	46	0	571	0
---------------------	-------	----	---	-----	---

E_103x_SLV_q=1.5_45	29151	10252	3023	96433	33622
E_103y_SLV_q=1.5_46	29151	3124	10075	29120	111466
E_103z_SLV_q=1.5_47	33516	3124	3023	29120	33622
E_103x_SLD_q=1_54	27769	6277	1841	63998	22405
E_103y_SLD_q=1_55	27769	1932	6136	19389	74078
E_103z_SLD_q=1_56	28909	1932	1841	19389	22405

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_57	41101	1593	1043	23915	19372
A1_SLU_gr2_Scarico_58	36645	140	1043	1755	17791
A1_SLU_gr3_Fre/avv_59	41101	2885	522	40069	10476
A1_SLU_gr1+vento_61	41838	1794	1528	27328	29668
A1_SLU_gr2+vento_62	37381	341	1528	5168	28088
A1_SLU_gr3+vento_63	41838	3086	1006	43482	20773
A1_SLU_vento_gr1_65	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_vento_gr2_66	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_vento_gr3_67	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_Scalz_gr1_69	36222	912	626	13796	11623
A1_SLU_Scalz_gr2_70	33548	79	626	982	10675
A1_SLU_Scalz_gr3_71	36222	1687	313	23488	6286

SLE_rar_gr1_Treno_57	29612	1031	719	15644	13360
----------------------	-------	------	-----	-------	-------

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

SLE_rar_gr2_Scarico_58	26538	66	719	822	12270
SLE_rar_gr3_Fre/avv_59	29612	1922	360	26784	7225
SLE_rar_gr1+vento_61	30103	1165	1043	17919	20224
SLE_rar_gr2+vento_62	27029	200	1043	3098	19134
SLE_rar_gr3+vento_63	30103	2056	683	29060	14089
SLE_rar_vento_gr1_65	26901	223	539	3792	11440
SLE_rar_vento_gr2_66	26901	223	539	3792	11440
SLE_rar_vento_gr3_67	26901	223	539	3792	11440

SLE_rar_gr4_Centrif_60	28200	1175	432	16345	8016
SLE_rar_gr4+vento_64	28691	1309	755	18620	14880
SLE_rar_vento_gr4_68	26901	223	539	3792	11440

SLE_qp_gr1+vento_89	26082	46	0	571	0
---------------------	-------	----	---	-----	---

E_103x_SLV_q=1.5_101	28659	10242	3023	96893	33580
E_103y_SLV_q=1.5_102	28659	3114	10075	29580	111425
E_103z_SLV_q=1.5_103	33023	3114	3023	29580	33580
E_103x_SLD_q=1_110	27276	6267	1841	64458	22364
E_103y_SLD_q=1_111	27276	1922	6136	19849	74036
E_103z_SLD_q=1_112	28416	1922	1841	19849	22364

#### CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

combinazione	N	Tlong	Ttrasv	Mlong	Mtrasv
A1_SLU_gr1_Treno_113	40569	1574	1043	19974	27879
A1_SLU_gr2_Scarico_114	36645	140	1043	1755	17791
A1_SLU_gr3_Fre/avv_115	40569	2866	522	36127	18984
A1_SLU_gr1+vento_117	41306	1775	1528	23387	38176
A1_SLU_gr2+vento_118	37381	341	1528	5168	28088
A1_SLU_gr3+vento_119	41306	3067	1006	39541	29280
A1_SLU_vento_gr1_121	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_vento_gr2_122	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_vento_gr3_123	37212	335	808	5689	17161
A1_SLU_Scalz_gr1_125	35903	905	626	11489	16728
A1_SLU_Scalz_gr2_126	33548	79	626	982	10675
A1_SLU_Scalz_gr3_127	35903	1680	313	21181	11390

SLE_rar_gr1_Treno_113	29245	1022	719	12981	19227
SLE_rar_gr2_Scarico_114	26538	66	719	822	12270



GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0904001	C

SLE_rar_gr3_Fre/avv_115	29245	1913	360	24121	13092
SLE_rar_gr1+vento_117	29736	1156	1043	15256	26091
SLE_rar_gr2+vento_118	27029	200	1043	3098	19134
SLE_rar_gr3+vento_119	29736	2047	683	26397	19957
SLE_rar_vento_gr1_121	26901	223	539	3792	11440
SLE_rar_vento_gr2_122	26901	223	539	3792	11440
SLE_rar_vento_gr3_123	26901	223	539	3792	11440

SLE_rar_gr4_Centrif_116	27980	1170	432	14747	11536
SLE_rar_gr4+vento_120	28471	1304	755	17022	18401
SLE_rar_vento_gr4_124	26901	223	539	3792	11440

SLE_qp_gr1+vento_145	26082	46	0	571	0
----------------------	-------	----	---	-----	---

E_103x_SLV_q=1.5_157	28585	10240	3023	96378	34754
E_103y_SLV_q=1.5_158	28585	3113	10075	29065	112598
E_103z_SLV_q=1.5_159	32950	3113	3023	29065	34754
E_103x_SLD_q=1_166	27203	6265	1841	63943	23537
E_103y_SLD_q=1_167	27203	1920	6136	19334	75210
E_103z_SLD_q=1_168	28343	1920	1841	19334	23537

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

## 8. Verifiche strutturali

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

elemento	arm. flessionale	staffe	c.f
fusto	344 $\Phi$ 20 interasse 20 cm <sup>(1)</sup>	$\Phi$ 14/15 <sup>(2)</sup>	7.6 cm

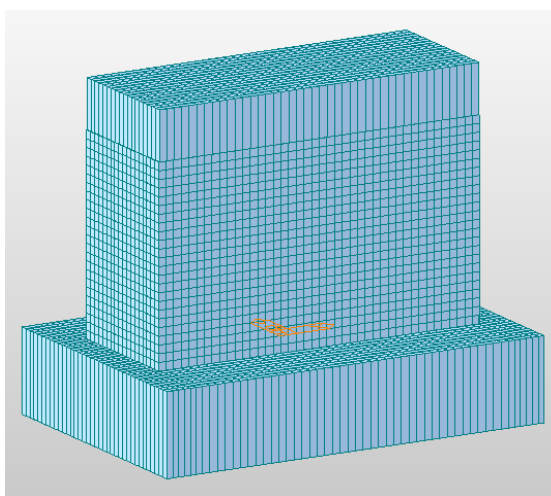
<sup>(1)</sup>è riferito alla corona esterna di armatura mentre, l'interasse della corona interna è funzione dell'allineamento con quella esterna. È comunque rispettato l'iterasse minimo.

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

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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

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.

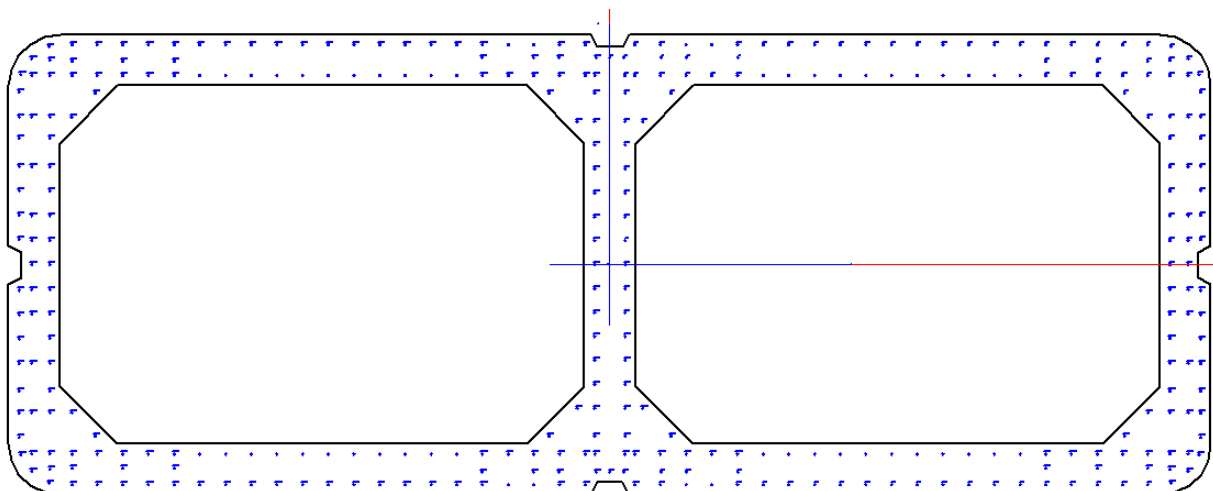


Figura 21 - Sezione implementata in RC-SEC

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0904001

C

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.****NOME SEZIONE: PILA\_9.5m\_VI09A\_fi18.3**

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	112.3	304.4
2	102.3	309.4
3	102.3	434.4
4	104.3	446.8
5	109.9	458.0
6	118.8	466.8
7	129.9	472.5
8	142.3	474.4
9	557.3	474.4
10	562.3	464.4
11	582.3	464.4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0904001

C

12	587.3	474.4
13	1002.3	474.4
14	1014.7	472.5
15	1025.8	466.8
16	1034.7	458.0
17	1040.3	446.8
18	1042.3	434.4
19	1042.3	309.4
20	1032.3	304.4
21	1032.3	284.4
22	1042.3	279.4
23	1042.3	154.4
24	1040.3	142.1
25	1034.7	130.9
26	1025.8	122.1
27	1014.7	116.4
28	1002.3	114.4
29	587.3	114.4
30	582.3	124.4
31	562.3	124.4
32	557.3	114.4
33	142.3	114.4
34	129.9	116.4
35	118.8	122.1
36	109.9	130.9
37	104.3	142.1
38	102.3	154.4
39	102.3	279.4
40	112.3	284.4

**DOMINIO N° 2**

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	957.3	434.4
2	1002.3	389.4
3	1002.3	199.4
4	957.3	154.4
5	637.3	154.4
6	592.3	199.4
7	592.3	389.4
8	637.3	434.4

**DOMINIO N° 3**

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

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	507.3	434.4
2	552.3	389.4
3	552.3	199.4
4	507.3	154.4
5	187.3	154.4
6	142.3	199.4
7	142.3	389.4
8	187.3	434.4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0904001

C

## DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	472.4	443.0	18.3
2	512.8	123.0	18.3
3	492.7	123.0	18.3
4	651.9	123.0	18.3
5	631.8	123.0	18.3
6	651.9	465.8	18.3
7	631.8	465.8	18.3
8	512.8	465.8	18.3
9	492.7	465.8	18.3
10	120.0	133.2	18.3
11	134.0	124.7	18.3
12	112.6	146.2	18.3
13	1024.6	133.2	18.3
14	1010.6	124.7	18.3
15	1032.0	146.2	18.3
16	120.0	455.7	18.3
17	134.0	464.2	18.3
18	112.6	442.7	18.3
19	1024.6	455.7	18.3
20	1010.6	464.2	18.3
21	1032.0	442.7	18.3
22	1033.7	274.1	18.3
23	1033.7	314.8	18.3
24	110.9	314.8	18.3
25	110.9	274.1	18.3
26	552.0	123.0	18.3
27	592.6	123.0	18.3
28	552.0	465.8	18.3
29	993.6	410.3	18.3
30	975.0	428.9	18.3
31	601.0	410.3	18.3
32	619.6	428.9	18.3
33	993.6	178.6	18.3
34	975.0	160.0	18.3
35	601.0	178.6	18.3
36	619.6	160.0	18.3
37	543.6	410.3	18.3
38	525.0	428.9	18.3
39	151.0	410.3	18.3
40	169.6	428.9	18.3
41	543.6	178.6	18.3
42	525.0	160.0	18.3
43	151.0	178.6	18.3
44	169.6	160.0	18.3
45	231.6	135.4	18.3
46	191.4	135.4	18.3
47	152.0	135.4	18.3
48	133.7	134.5	18.3
49	133.7	178.9	18.3
50	120.9	178.9	18.3
51	110.9	178.8	18.3
52	133.7	195.6	18.3
53	110.9	195.6	18.3
54	110.9	159.4	18.3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

55	133.7	146.0	18.3
56	110.9	255.5	18.3
57	110.9	236.5	18.3
58	110.9	217.5	18.3
59	120.9	146.0	18.3
60	120.9	217.7	18.3
61	120.9	256.1	18.3
62	120.9	275.2	18.3
63	133.7	217.7	18.3
64	133.7	236.9	18.3
65	133.7	256.1	18.3
66	133.7	275.2	18.3
67	561.1	145.8	18.3
68	560.9	160.4	18.3
69	560.9	182.3	18.3
70	560.9	201.0	18.3
71	560.9	219.7	18.3
72	560.9	238.4	18.3
73	560.9	257.1	18.3
74	553.0	145.8	18.3
75	532.9	145.8	18.3
76	472.6	145.8	18.3
77	231.6	145.8	18.3
78	211.5	145.8	18.3
79	191.4	145.8	18.3
80	171.3	145.8	18.3
81	152.0	145.8	18.3
82	532.9	123.0	18.3
83	472.6	123.0	18.3
84	452.5	123.0	18.3
85	432.4	123.0	18.3
86	412.4	123.0	18.3
87	392.3	123.0	18.3
88	372.2	123.0	18.3
89	352.1	123.0	18.3
90	332.0	123.0	18.3
91	311.9	123.0	18.3
92	291.8	123.0	18.3
93	271.8	123.0	18.3
94	251.7	123.0	18.3
95	231.6	123.0	18.3
96	211.5	123.0	18.3
97	191.4	123.0	18.3
98	171.3	123.0	18.3
99	152.0	123.0	18.3
100	472.4	133.0	18.3
101	512.4	133.0	18.3
102	532.3	133.0	18.3
103	561.3	133.0	18.3
104	560.9	275.8	18.3
105	231.6	453.5	18.3
106	191.4	453.5	18.3
107	152.0	453.5	18.3
108	133.7	454.4	18.3
109	133.7	409.9	18.3
110	120.9	409.9	18.3
111	110.9	410.1	18.3
112	133.7	393.3	18.3
113	110.9	393.3	18.3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

114	110.9	429.4	18.3
115	133.7	442.8	18.3
116	110.9	333.4	18.3
117	110.9	352.4	18.3
118	110.9	371.4	18.3
119	121.5	442.9	18.3
120	120.9	371.2	18.3
121	120.9	332.8	18.3
122	120.9	313.6	18.3
123	120.9	294.4	18.3
124	133.7	371.2	18.3
125	133.7	352.0	18.3
126	133.7	332.8	18.3
127	133.7	313.6	18.3
128	133.7	294.4	18.3
129	561.1	443.0	18.3
130	560.9	428.5	18.3
131	560.9	406.6	18.3
132	560.9	387.9	18.3
133	560.9	369.2	18.3
134	560.9	350.5	18.3
135	560.9	331.8	18.3
136	560.9	294.4	18.3
137	553.0	443.0	18.3
138	532.9	443.0	18.3
139	512.8	443.0	18.3
140	231.6	443.0	18.3
141	211.5	443.0	18.3
142	191.4	443.0	18.3
143	171.3	443.0	18.3
144	152.0	443.0	18.3
145	532.9	465.8	18.3
146	472.6	465.8	18.3
147	452.5	465.8	18.3
148	432.4	465.8	18.3
149	412.4	465.8	18.3
150	392.3	465.8	18.3
151	372.2	465.8	18.3
152	352.1	465.8	18.3
153	332.0	465.8	18.3
154	311.9	465.8	18.3
155	291.8	465.8	18.3
156	271.8	465.8	18.3
157	251.7	465.8	18.3
158	231.6	465.8	18.3
159	211.5	465.8	18.3
160	191.4	465.8	18.3
161	171.3	465.8	18.3
162	152.0	465.8	18.3
163	472.4	455.8	18.3
164	512.4	455.8	18.3
165	532.3	455.8	18.3
166	561.3	455.8	18.3
167	560.9	313.1	18.3
168	913.0	135.4	18.3
169	953.2	135.4	18.3
170	992.6	135.4	18.3
171	1010.9	134.5	18.3
172	1010.9	178.9	18.3



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

173	1023.7	178.9	18.3
174	1033.7	178.8	18.3
175	1010.9	195.6	18.3
176	1033.7	195.6	18.3
177	1033.7	159.4	18.3
178	1010.9	146.0	18.3
179	1033.7	255.5	18.3
180	1033.7	236.5	18.3
181	1033.7	217.5	18.3
182	1024.3	146.0	18.3
183	1023.7	217.7	18.3
184	1023.7	256.1	18.3
185	1023.7	275.2	18.3
186	1010.9	217.7	18.3
187	1010.9	236.9	18.3
188	1010.9	256.1	18.3
189	1010.9	275.2	18.3
190	583.5	145.8	18.3
191	583.7	160.4	18.3
192	583.7	182.3	18.3
193	583.7	201.0	18.3
194	583.7	219.7	18.3
195	583.7	238.4	18.3
196	583.7	257.1	18.3
197	591.6	145.8	18.3
198	611.7	145.8	18.3
199	672.0	145.8	18.3
200	913.0	145.8	18.3
201	933.1	145.8	18.3
202	953.2	145.8	18.3
203	973.3	145.8	18.3
204	992.6	145.8	18.3
205	611.7	123.0	18.3
206	672.0	123.0	18.3
207	692.1	123.0	18.3
208	712.1	123.0	18.3
209	732.2	123.0	18.3
210	752.3	123.0	18.3
211	772.4	123.0	18.3
212	792.5	123.0	18.3
213	812.6	123.0	18.3
214	832.7	123.0	18.3
215	852.8	123.0	18.3
216	872.8	123.0	18.3
217	892.9	123.0	18.3
218	913.0	123.0	18.3
219	933.1	123.0	18.3
220	953.2	123.0	18.3
221	973.3	123.0	18.3
222	992.6	123.0	18.3
223	672.2	133.0	18.3
224	632.2	133.0	18.3
225	612.3	133.0	18.3
226	583.3	133.0	18.3
227	572.3	133.0	18.3
228	583.7	275.8	18.3
229	913.0	453.5	18.3
230	953.2	453.5	18.3
231	992.6	453.5	18.3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

232	1010.9	454.4	18.3
233	1010.9	409.9	18.3
234	1023.7	409.9	18.3
235	1033.7	410.1	18.3
236	1010.9	393.3	18.3
237	1033.7	393.3	18.3
238	1033.7	429.4	18.3
239	1010.9	442.8	18.3
240	1033.7	333.4	18.3
241	1033.7	352.4	18.3
242	1033.7	371.4	18.3
243	1024.3	442.9	18.3
244	1023.7	371.2	18.3
245	1023.7	332.8	18.3
246	1023.7	313.6	18.3
247	1023.7	294.4	18.3
248	1010.9	371.2	18.3
249	1010.9	352.0	18.3
250	1010.9	332.8	18.3
251	1010.9	313.6	18.3
252	1010.9	294.4	18.3
253	583.5	443.0	18.3
254	583.7	428.5	18.3
255	583.7	406.6	18.3
256	583.7	387.9	18.3
257	583.7	369.2	18.3
258	583.7	350.5	18.3
259	583.7	331.8	18.3
260	583.7	294.4	18.3
261	591.6	443.0	18.3
262	611.7	443.0	18.3
263	672.0	443.0	18.3
264	913.0	443.0	18.3
265	933.1	443.0	18.3
266	953.2	443.0	18.3
267	973.3	443.0	18.3
268	992.6	443.0	18.3
269	592.6	465.8	18.3
270	611.7	465.8	18.3
271	672.0	465.8	18.3
272	692.1	465.8	18.3
273	712.1	465.8	18.3
274	732.2	465.8	18.3
275	752.3	465.8	18.3
276	772.4	465.8	18.3
277	792.5	465.8	18.3
278	812.6	465.8	18.3
279	832.7	465.8	18.3
280	852.8	465.8	18.3
281	872.8	465.8	18.3
282	892.9	465.8	18.3
283	913.0	465.8	18.3
284	933.1	465.8	18.3
285	953.2	465.8	18.3
286	973.3	465.8	18.3
287	992.6	465.8	18.3
288	672.2	455.8	18.3
289	632.2	455.8	18.3
290	612.3	455.8	18.3

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0904001</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0904001	C
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0904001	C						

291	583.3	455.8	18.3
292	572.3	455.8	18.3
293	583.7	313.1	18.3

#### 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	140	1	11	18.3
2	263	264	11	18.3
3	77	76	11	18.3
4	199	200	11	18.3
5	1	139	1	18.3
6	262	263	2	18.3
7	76	75	2	18.3
8	198	199	2	18.3

#### 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	29690.28	17667.11	17065.10	0.00	0.00
2	21662.83	1404.16	15183.02	0.00	0.00
3	29690.28	30590.24	9473.59	0.00	0.00
4	30427.15	20578.01	26149.62	0.00	0.00
5	22399.70	4315.05	24267.54	0.00	0.00
6	30427.15	33501.13	18558.11	0.00	0.00
7	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
8	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
9	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
10	26214.82	9849.57	10239.06	0.00	0.00
11	21398.35	785.37	9109.81	0.00	0.00
12	26214.82	17603.44	5684.16	0.00	0.00
13	26119.25	19931.82	16763.86	0.00	0.00
14	21662.83	1404.16	15183.02	0.00	0.00
15	26119.25	32854.95	9172.35	0.00	0.00
16	26856.13	22842.72	25848.38	0.00	0.00
17	22399.70	4315.05	24267.54	0.00	0.00
18	26856.13	35765.84	18256.87	0.00	0.00
19	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
20	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
21	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
22	24072.20	11516.93	10058.31	0.00	0.00
23	21398.35	785.37	9109.81	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

24	24072.20	19270.81	5503.41	0.00	0.00
25	25587.20	16038.52	25271.27	0.00	0.00
26	21662.83	1404.16	15183.02	0.00	0.00
27	25587.20	28961.64	17679.76	0.00	0.00
28	26324.07	18949.41	34355.79	0.00	0.00
29	22399.70	4315.05	24267.54	0.00	0.00
30	26324.07	31872.54	26764.28	0.00	0.00
31	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
32	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
33	22229.75	4851.49	15140.87	0.00	0.00
34	23752.97	9226.92	15162.76	0.00	0.00
35	21398.35	785.37	9109.81	0.00	0.00
36	23752.97	16980.79	10607.85	0.00	0.00
37	17577.71	74261.19	27102.07	0.00	0.00
38	17577.71	22346.19	89734.49	0.00	0.00
39	20832.10	22346.19	27102.07	0.00	0.00
40	17085.16	74745.96	27060.51	0.00	0.00
41	17085.16	22830.95	89692.94	0.00	0.00
42	20339.54	22830.95	27060.51	0.00	0.00
43	17011.77	74234.64	28233.95	0.00	0.00
44	17011.77	22319.63	90866.37	0.00	0.00
45	20266.16	22319.63	28233.95	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	20976.71	11209.33	11769.04
2	15440.54	657.84	10471.05
3	20976.71	20121.83	6533.51
4	21467.96	13149.92	17825.38
5	15931.79	2598.43	16527.40
6	21467.96	22062.42	12589.86
7	15803.29	3234.32	10093.91
8	15803.29	3234.32	10093.91
9	15803.29	3234.32	10093.91
10	18513.94	13066.73	11561.28
11	15440.54	657.84	10471.05
12	18513.94	21979.23	6325.76
13	19005.19	15007.32	17617.63
14	15931.79	2598.43	16527.40
15	19005.19	23919.82	12382.10
16	15803.29	3234.32	10093.91
17	15803.29	3234.32	10093.91
18	15803.29	3234.32	10093.91
19	18147.00	10425.73	17428.46
20	15440.54	657.84	10471.05
21	18147.00	19338.23	12192.94
22	18638.25	12366.32	23484.81
23	15931.79	2598.43	16527.40
24	18638.25	21278.82	18249.28
25	15803.29	3234.32	10093.91
26	15803.29	3234.32	10093.91

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904001
				C

27	15803.29	3234.32	10093.91
28	16547.51	49845.92	18265.39
29	16547.51	15021.60	60278.89
30	17398.11	15021.60	18265.39
31	16054.96	50330.69	18223.83
32	16054.96	15506.37	60237.34
33	16905.55	15506.37	18223.83
34	15981.57	49819.37	19397.27
35	15981.57	14995.05	61410.78
36	16832.17	14995.05	19397.27

#### 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	18579.84	12292.46 (0.00)	7061.42 (0.00)
2	19071.09	14233.05 (1629164.71)	13117.77 (1501505.86)
3	15803.29	3234.32 (0.00)	10093.91 (0.00)
4	17102.18	13406.90 (0.00)	6936.77 (0.00)
5	17593.43	15347.49 (213709.99)	12993.12 (180925.97)
6	15803.29	3234.32 (0.00)	10093.91 (0.00)
7	16882.02	11822.30 (0.00)	10457.08 (0.00)
8	17373.27	13762.89 (163633.58)	16513.42 (196335.95)
9	15803.29	3234.32 (0.00)	10093.91 (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	14984.54	457.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	14984.54	457.00 (0.00)	0.00 (0.00)
3	14984.54	457.00 (0.00)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

#### 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.)  
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  $\geq 1.000$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLVI0904001</td> <td>C</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0904001	C
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0904001	C						

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	29690.28	17667.11	17065.10	29690.54	102495.66	99817.85	5.82	904.8(343.3)
2	S	21662.83	1404.16	15183.02	21662.87	22172.07	235155.37	15.49	904.8(343.3)
3	S	29690.28	30590.24	9473.59	29690.31	106296.18	33110.19	3.48	904.8(343.3)
4	S	30427.15	20578.01	26149.62	30427.05	100005.62	127085.23	4.86	904.8(343.3)
5	S	22399.70	4315.05	24267.54	22399.72	39664.70	224800.04	9.26	904.8(343.3)
6	S	30427.15	33501.13	18558.11	30427.32	106372.67	59310.36	3.18	904.8(343.3)
7	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
8	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
9	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
10	S	26214.82	9849.57	10239.06	26215.08	97384.99	100364.95	9.84	904.8(343.3)
11	S	21398.35	785.37	9109.81	21398.55	19433.37	235706.28	25.87	904.8(343.3)
12	S	26214.82	17603.44	5684.16	26214.78	101068.63	32353.53	5.74	904.8(343.3)
13	S	26119.25	19931.82	16763.86	26119.51	98619.91	82674.03	4.94	904.8(343.3)
14	S	21662.83	1404.16	15183.02	21662.87	22172.07	235155.37	15.49	904.8(343.3)
15	S	26119.25	32854.95	9172.35	26119.33	101039.48	28246.70	3.08	904.8(343.3)
16	S	26856.13	22842.72	25848.38	26856.39	97244.89	110900.86	4.28	904.8(343.3)
17	S	22399.70	4315.05	24267.54	22399.72	39664.70	224800.04	9.26	904.8(343.3)
18	S	26856.13	35765.84	18256.87	26856.21	101373.58	51631.21	2.83	904.8(343.3)
19	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
20	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
21	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
22	S	24072.20	11516.93	10058.31	24072.43	95547.50	82790.48	8.27	904.8(343.3)
23	S	21398.35	785.37	9109.81	21398.55	19433.37	235706.28	25.87	904.8(343.3)
24	S	24072.20	19270.81	5503.41	24072.37	97931.38	28053.64	5.08	904.8(343.3)
25	S	25587.20	16038.52	25271.27	25587.35	90232.49	142766.11	5.64	904.8(343.3)
26	S	21662.83	1404.16	15183.02	21662.87	22172.07	235155.37	15.49	904.8(343.3)
27	S	25587.20	28961.64	17679.76	25587.37	99046.86	60801.89	3.43	904.8(343.3)
28	S	26324.07	18949.41	34355.79	26324.08	87245.19	158459.66	4.61	904.8(343.3)
29	S	22399.70	4315.05	24267.54	22399.72	39664.70	224800.04	9.26	904.8(343.3)
30	S	26324.07	31872.54	26764.28	26324.11	98907.91	82926.25	3.10	904.8(343.3)
31	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
32	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
33	S	22229.75	4851.49	15140.87	22230.05	63028.15	196249.34	12.96	904.8(343.3)
34	S	23752.97	9226.92	15162.76	23753.07	87298.18	144144.13	9.49	904.8(343.3)
35	S	21398.35	785.37	9109.81	21398.55	19433.37	235706.28	25.87	904.8(343.3)
36	S	23752.97	16980.79	10607.85	23752.70	96275.52	60624.72	5.68	904.8(343.3)
37	S	17577.71	74261.19	27102.07	17577.69	87807.63	32446.49	1.18	904.8(343.3)
38	S	17577.71	22346.19	89734.49	17577.62	49490.79	199658.85	2.22	904.8(343.3)
39	S	20832.10	22346.19	27102.07	20832.18	88675.89	107941.58	3.98	904.8(343.3)
40	S	17085.16	74745.96	27060.51	17084.92	87070.03	31368.55	1.16	904.8(343.3)
41	S	17085.16	22830.95	89692.94	17085.02	50943.06	196342.63	2.19	904.8(343.3)
42	S	20339.54	22830.95	27060.51	20339.43	88200.74	105113.00	3.88	904.8(343.3)
43	S	17011.77	74234.64	28233.95	17011.96	86901.54	33435.58	1.17	904.8(343.3)
44	S	17011.77	22319.63	90866.37	17011.86	49094.21	198266.17	2.18	904.8(343.3)
45	S	20266.16	22319.63	28233.95	20266.26	87583.01	110362.77	3.91	904.8(343.3)

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

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

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	1002.3	474.4	0.00313	1010.6	464.2	-0.01350	134.0	124.7
2	0.00350	1040.3	446.8	0.00335	1032.0	442.7	-0.01207	112.6	146.2
3	0.00350	1002.3	474.4	0.00283	992.6	465.8	-0.02447	152.0	123.0
4	0.00350	1014.7	472.5	0.00325	1010.6	464.2	-0.01008	134.0	124.7
5	0.00350	1034.7	458.0	0.00337	1024.6	455.7	-0.00955	120.0	133.2
6	0.00350	1002.3	474.4	0.00297	992.6	465.8	-0.01947	152.0	123.0
7	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
8	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
9	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
10	0.00350	1002.3	474.4	0.00311	1010.6	464.2	-0.01444	134.0	124.7
11	0.00350	1040.3	446.8	0.00335	1032.0	442.7	-0.01267	112.6	146.2
12	0.00350	1002.3	474.4	0.00279	992.6	465.8	-0.02607	152.0	123.0
13	0.00350	1002.3	474.4	0.00303	992.6	465.8	-0.01719	152.0	123.0
14	0.00350	1040.3	446.8	0.00335	1032.0	442.7	-0.01207	112.6	146.2
15	0.00350	1002.3	474.4	0.00277	992.6	465.8	-0.02691	152.0	123.0
16	0.00350	1002.3	474.4	0.00317	1010.6	464.2	-0.01276	134.0	124.7
17	0.00350	1034.7	458.0	0.00337	1024.6	455.7	-0.00955	120.0	133.2
18	0.00350	1002.3	474.4	0.00290	992.6	465.8	-0.02218	152.0	123.0
19	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
20	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
21	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
22	0.00350	1002.3	474.4	0.00302	992.6	465.8	-0.01785	152.0	123.0
23	0.00350	1040.3	446.8	0.00335	1032.0	442.7	-0.01267	112.6	146.2
24	0.00350	1002.3	474.4	0.00275	992.6	465.8	-0.02786	152.0	123.0
25	0.00350	1014.7	472.5	0.00328	1010.6	464.2	-0.00947	134.0	124.7
26	0.00350	1040.3	446.8	0.00335	1032.0	442.7	-0.01207	112.6	146.2
27	0.00350	1002.3	474.4	0.00293	992.6	465.8	-0.02106	152.0	123.0
28	0.00350	1014.7	472.5	0.00332	1010.6	464.2	-0.00832	134.0	124.7
29	0.00350	1034.7	458.0	0.00337	1024.6	455.7	-0.00955	120.0	133.2
30	0.00350	1002.3	474.4	0.00303	992.6	465.8	-0.01708	152.0	123.0
31	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
32	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
33	0.00350	1025.8	466.8	0.00335	1024.6	455.7	-0.00820	120.0	133.2
34	0.00350	1014.7	472.5	0.00328	1010.6	464.2	-0.00962	134.0	124.7
35	0.00350	1040.3	446.8	0.00335	1032.0	442.7	-0.01267	112.6	146.2
36	0.00350	1002.3	474.4	0.00291	992.6	465.8	-0.02177	152.0	123.0
37	0.00350	1002.3	474.4	0.00270	992.6	465.8	-0.03001	152.0	123.0
38	0.00350	1025.8	466.8	0.00336	1024.6	455.7	-0.00972	120.0	133.2
39	0.00350	1002.3	474.4	0.00311	1010.6	464.2	-0.01474	134.0	124.7
40	0.00350	1002.3	474.4	0.00269	992.6	465.8	-0.03054	152.0	123.0
41	0.00350	1025.8	466.8	0.00336	1024.6	455.7	-0.00970	120.0	133.2
42	0.00350	1002.3	474.4	0.00309	1010.6	464.2	-0.01534	134.0	124.7
43	0.00350	1002.3	474.4	0.00270	992.6	465.8	-0.03006	152.0	123.0
44	0.00350	1025.8	466.8	0.00336	1024.6	455.7	-0.00987	120.0	133.2
45	0.00350	1002.3	474.4	0.00313	1010.6	464.2	-0.01449	134.0	124.7

#### 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.
--------	---	---	---	-----	--------

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

1	0.00003763	0.000039252	-0.018894023	----	----
2	0.000014729	0.000006338	-0.014655510	----	----
3	0.000001645	0.000075621	-0.034026654	----	----
4	0.000004532	0.000027579	-0.014128662	----	----
5	0.000011156	0.000008781	-0.012063930	----	----
6	0.000002560	0.000059181	-0.027143533	----	----
7	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
8	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
9	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
10	0.000003884	0.000041635	-0.020146084	----	----
11	0.000015534	0.000005863	-0.015280654	----	----
12	0.000001672	0.000080099	-0.036178442	----	----
13	0.000003358	0.000050758	-0.023947052	----	----
14	0.000014729	0.000006338	-0.014655510	----	----
15	0.000001510	0.000082898	-0.037344200	----	----
16	0.000004190	0.000036070	-0.017812947	----	----
17	0.000011156	0.000008781	-0.012063930	----	----
18	0.000002365	0.000067365	-0.030831594	----	----
19	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
20	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
21	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
22	0.000003418	0.000052487	-0.024827778	----	----
23	0.000015534	0.000005863	-0.015280654	----	----
24	0.000001540	0.000085509	-0.038613046	----	----
25	0.000005321	0.000023807	-0.013147565	----	----
26	0.000014729	0.000006338	-0.014655510	----	----
27	0.000002693	0.000063363	-0.029260843	----	----
28	0.000005789	0.000019315	-0.011499736	----	----
29	0.000011156	0.000008781	-0.012063930	----	----
30	0.000003360	0.000050448	-0.023802159	----	----
31	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
32	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
33	0.000008356	0.000012396	-0.010858374	----	----
34	0.000005529	0.000023731	-0.013322943	----	----
35	0.000015534	0.000005863	-0.015280654	----	----
36	0.000002728	0.000065325	-0.030227081	----	----
37	0.000001858	0.000090880	-0.041478993	----	----
38	0.000010501	0.000011107	-0.012456558	----	----
39	0.000004380	0.000041283	-0.020476544	----	----
40	0.000001821	0.000092470	-0.042197395	----	----
41	0.000010339	0.000011496	-0.012472378	----	----
42	0.000004301	0.000043172	-0.021293322	----	----
43	0.000001913	0.000090870	-0.041530408	----	----
44	0.000010638	0.000011181	-0.012632041	----	----
45	0.000004508	0.000040242	-0.020110655	----	----

#### 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
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.89	1014.7	472.5	6.5	134.0	124.7	----	----





	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

2	S	1.67	1040.3	446.8	11.3	112.6	146.2	---	---
3	S	3.34	1002.3	474.4	0.2	152.0	123.0	0	0.0
4	S	3.29	1014.7	472.5	1.6	134.0	124.7	---	---
5	S	2.07	1034.7	458.0	6.5	120.0	133.2	---	---
6	S	3.77	1002.3	474.4	-5.4	134.0	124.7	1190	13.2
7	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
8	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
9	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
10	S	2.82	1014.7	472.5	1.8	134.0	124.7	---	---
11	S	1.67	1040.3	446.8	11.3	112.6	146.2	---	---
12	S	3.32	1002.3	474.4	-6.0	152.0	123.0	2279	23.7
13	S	3.24	1014.7	472.5	-3.3	134.0	124.7	666	7.9
14	S	2.07	1034.7	458.0	6.5	120.0	133.2	---	---
15	S	3.86	1002.3	474.4	-15.5	134.0	124.7	5571	55.2
16	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
17	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
18	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
19	S	2.82	1014.7	472.5	0.8	134.0	124.7	---	---
20	S	1.67	1040.3	446.8	11.3	112.6	146.2	---	---
21	S	3.32	1002.3	474.4	-7.0	134.0	124.7	2180	23.7
22	S	3.25	1014.7	472.5	-4.6	134.0	124.7	1282	15.8
23	S	2.07	1034.7	458.0	6.5	120.0	133.2	---	---
24	S	3.86	1014.7	472.5	-16.0	134.0	124.7	5222	52.6
25	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
26	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
27	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
28	S	7.86	1002.3	474.4	-234.6	152.0	123.0	41160	334.0
29	S	6.01	1025.8	466.8	-78.5	120.0	133.2	13803	121.0
30	S	3.17	1014.7	472.5	-6.5	134.0	124.7	1884	21.0
31	S	7.91	1002.3	474.4	-244.5	152.0	123.0	41569	339.3
32	S	6.10	1025.8	466.8	-84.1	120.0	133.2	13986	121.0
33	S	3.19	1014.7	472.5	-8.3	134.0	124.7	2603	28.9
34	S	7.94	1002.3	474.4	-242.7	152.0	123.0	41100	334.0
35	S	6.13	1025.8	466.8	-86.0	120.0	133.2	14170	121.0
36	S	3.20	1014.7	472.5	-8.6	134.0	124.7	2731	28.9

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	0.000	.0	77	0.00000 (0.00000)	0	0.003 (990.00)	1036894.33	336677.11

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	E12CLVI0904001	
					C

4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
6	S	-0.00003	0.00000	0.833	18.3	79	0.00002 (0.00002)	737	0.012 (990.00)	173616.76	99073.93
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
11	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
12	S	-0.00004	0.00000	0.833	18.3	77	0.00002 (0.00002)	761	0.014 (990.00)	175702.76	50568.35
13	S	-0.00002	0.00000	0.833	18.3	79	0.00001 (0.00001)	705	0.007 (990.00)	176029.61	206647.46
14	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
15	S	-0.00008	0.00000	0.833	18.3	79	0.00005 (0.00005)	791	0.037 (990.00)	102764.85	53196.24
16	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
17	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
18	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
19	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
20	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
21	S	-0.00004	0.00000	0.833	18.3	79	0.00002 (0.00002)	745	0.016 (990.00)	135386.48	85362.48
22	S	-0.00003	0.00000	0.833	18.3	79	0.00001 (0.00001)	689	0.010 (990.00)	116945.96	222091.43
23	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (990.00)	0.00	0.00
24	S	-0.00009	0.00000	0.833	18.3	79	0.00005 (0.00005)	782	0.038 (990.00)	84655.71	72602.98
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	-0.00121	0.00000	0.833	18.3	77	0.00070 (0.00070)	900	0.634 (990.00)	50374.55	18459.10
29	S	-0.00040	0.00000	0.833	18.3	79	0.00024 (0.00024)	858	0.202 (990.00)	21704.20	87094.92
30	S	-0.00004	0.00000	0.833	18.3	79	0.00002 (0.00002)	732	0.014 (990.00)	111034.05	135010.93
31	S	-0.00126	0.00000	0.833	18.3	77	0.00073 (0.00073)	897	0.658 (990.00)	49667.20	17983.59
32	S	-0.00043	0.00000	0.833	18.3	79	0.00025 (0.00025)	866	0.218 (990.00)	21673.96	84196.48
33	S	-0.00005	0.00000	0.833	18.3	79	0.00002 (0.00002)	734	0.018 (990.00)	97524.19	114615.11
34	S	-0.00125	0.00000	0.833	18.3	77	0.00073 (0.00073)	899	0.655 (990.00)	48971.56	19067.18
35	S	-0.00044	0.00000	0.833	18.3	79	0.00026 (0.00026)	874	0.225 (990.00)	20806.41	85210.64
36	S	-0.00005	0.00000	0.833	18.3	79	0.00003 (0.00003)	757	0.020 (990.00)	91713.88	118639.08

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.60	1002.3	474.4	5.2	134.0	124.7	---	---
2	S	3.01	1014.7	472.5	0.4	134.0	124.7	0	0.0
3	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
4	S	2.56	1002.3	474.4	2.4	134.0	124.7	---	---
5	S	2.97	1014.7	472.5	-2.6	134.0	124.7	463	5.3
6	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---
7	S	2.56	1014.7	472.5	1.8	134.0	124.7	---	---
8	S	2.98	1014.7	472.5	-3.4	134.0	124.7	737	7.9
9	S	1.85	1025.8	466.8	9.5	120.0	133.2	---	---

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	0.833	18.3	79	0.00003 (0.00003)	0	0.002 (0.20)	1629164.71	15058.86
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
5	S	-0.00002	0.00000	0.834	18.3	79	0.00001 (0.00001)	724	0.006 (0.20)	213709.99	180925.97
6	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	E12CLVI0904001	
					C

8	S	-0.00002	0.00000	0.833	18.3	79	0.00001 (0.00001)	752	0.008 (0.20)	163633.58	196335.95
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	1.20	142.3	474.4	17.1	992.6	123.0	---	---
2	S	1.20	142.3	474.4	17.1	992.6	123.0	---	---
3	S	1.20	142.3	474.4	17.1	992.6	123.0	---	---

**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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

### 9.3 Verifica a taglio

La verifica SLU a taglio viene invece effettuata mediante calcolo diretto distintamente per le due direzioni, considerando sia la pila di altezza massima che quella di altezza minima.

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 aggiuntiva  $\gamma_{bd1}$  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

E12CLVI0904001

C

**P10 (H=9.5m)****Calcolo del taglio agente – Direzione Longitudinale**

$H_{pila}$	9.50	m	Altezza fusto pila
$M_{Rd,inf\_long}$	<b>87070</b>	kNm	Momento resistente della sezione di base della pila
$M_{E,i\_long}$	74261.19	kNm	Momento sollecitante alla base della pila
$\gamma_{Rd}$	1		Fattore di sovraresistenza (§7.9.5.1 NTC2008)
$V_{E,i\_long}$	7486	kN	Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto
$V_{gr,0}$	8777	kN	Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze $V_{gr0} = \min(V_{ed} \gamma_{rd} M_{rd}/M_{ed}; V_{ed} q)$
$V_{E,i\_long}/V_{gr,c}$	0.853	-	
$\gamma_{Rd}$	1.00	-	Fattore di sovraresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008)
$V_{gr,i\_long}$	8777	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'	86	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	1000	mm	
altezza utile della sezione	d	3514	mm	
area della sezione di calcestruzzo	$A_c$	2909592	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	$\varnothing_{bl}$	20	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 ortogonali)	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse della sezione	$\vartheta$	24	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	$V_{Rsd}$	10773	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compressive	$V_{Rcd}$	10773	KN	
taglio resistente di calcolo	$V_{Rd}$	10773	KN	
taglio agente sul pannello	$V_{Ed}$	8777	KN	
	C.S.	0.81	<1	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

<b>Direzione Trasversale</b>				
altezza della sezione	h	9400	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	86	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	800	mm	
altezza utile della sezione	d	9314	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	5849192	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	Øbl	20	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	$\vartheta$	22	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	VRsd	21206	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	VRcd	21206	KN	
taglio resistente di calcolo	VRd	21206	KN	
taglio agente sul pannello	VEd	7310	KN	
	C.S.	0.34	<1	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLVI0904001</td> <td>C</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0904001	C
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0904001	C						

### **P03 (H=9.0m)**

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

$H_{pila}$	9.00	m	Altezza fusto pila
$M_{Rd,inf\_long}$	<b>86861</b>	kNm	Momento resistente della sezione di base della pila
$M_{E,i\_long}$	70326.87	kNm	Momento sollecitante alla base della pila
$\gamma_{Rd}$	1		Fattore di sovraresistenza (§7.9.5.1 NTC2008)
$V_{E,i\_long}$	7462	kN	Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto
$V_{gr,0}$	9217	kN	Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze $V_{gr0}=\min(V_{ed} \gamma_{rd} M_{rd}/M_{ed}; V_{ed} q)$
$V_{E,i\_long}/V_{gr,c}$	0.810	-	
$\gamma_{Rd}$	1.04	-	Fattore di sovraresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008)
$V_{gr,i\_long}$	9544	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'	86	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	1000	mm	
altezza utile della sezione	d	3514	mm	
area della sezione di calcestruzzo	$A_c$	2909592	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	$\varnothing_{bl}$	20	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 ortogonali)	$\alpha$	90	°	
inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse della sezione	$\vartheta$	24	°	
taglio resistente relativo alle armature tese	$V_{Rsd}$	10773	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	$V_{Rcd}$	10773	KN	
taglio resistente di calcolo	$V_{Rd}$	10773	KN	
taglio agente sul pannello	$V_{Ed}$	9544	KN	
	C.S.	0.89	<1	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

<b>Direzione Trasversale</b>				
altezza della sezione	h	9400	mm	
copriferro netto	c netto	60	mm	
copriferro al baricentro dell'armatura long	c'	86	mm	
larghezza dell'anima resistente	bw	800	mm	
altezza utile della sezione	d	9314	mm	
area della sezione di calcestruzzo	Ac	5849192	mm <sup>2</sup>	
diametro delle barre longitudinali	Øbl	20	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	21206	KN	
taglio resistente relativo alle bielle compresse	VRcd	21206	KN	
taglio resistente di calcolo	VRd	21206	KN	
taglio agente sul pannello	VEd	7006	KN	
	C.S.	0.33	<1	



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

## 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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	E12CLVI0904001	C

Sezioni rettangolari piene o cave

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

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

Dove:

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

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

$s$  = Interasse verticale delle staffe.

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

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

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

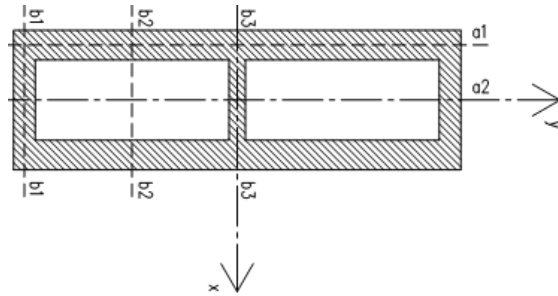
$\zeta = 0,03$  per le zone classificate sismiche con  $a_g(\text{SLV}) < 0,15 g$

<b>minimi per armatura flessionale</b>			
numero di ferri longitudinali	n	344	
diametro del ferro longitudinale	fi	20	mm
passo massimo longitudinale	p	20	cm
area dell'armatura longitudinale	As	108070.7873	mm <sup>2</sup>
area di calcestruzzo (non riempito)	Ac	11452700	mm <sup>3</sup>
		0.94%	>0.6%
<b>minimi per armatura trasversale</b>			
diametro minimo armatura a taglio	fi	8	mm
dimensione (diametro) del nucleo	d	4000	mm
interasse massimo staffe	s	200	mm

Progetto	Lotto	Codifica	
IN17	12	EI2CLVI0904001	C

**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

Asw 2637.6 mm<sup>2</sup>  
 s 150 mm  
 b 3500 mm  
 fyd 391 Mpa  
 fcd 18.13 Mpa  
 ζ 0.04

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

**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

Asw 3579.6 mm<sup>2</sup>  
 s 150 mm  
 b 9100 mm  
 fyd 391 Mpa  
 fcd 18.13 Mpa  
 ζ 0.04

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

**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

Asw 803.84 mm<sup>2</sup>  
 s 150 mm  
 b 800 mm  
 fyd 391 Mpa  
 fcd 18.13 Mpa  
 ζ 0.04

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

**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

Asw 1205.76 mm<sup>2</sup>  
 s 150 mm  
 b 1200 mm  
 fyd 391 Mpa  
 fcd 18.13 Mpa  
 ζ 0.04

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

**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

Asw 2235.68 mm<sup>2</sup>  
 s 150 mm  
 b 3500 mm  
 fyd 391 Mpa  
 fcd 18.13 Mpa  
 ζ 0.04

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

## 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	10.0	m
rigidezza flessionale longitudinale	J	22.3	m <sup>4</sup>
modulo elastico	E	33345.8	MPa
spostamento in testa pila	D	0.49	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

E12CLVI0904001

C

**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

**0.23**

sec

fattore di struttura

q

**1.5**

fattore di duttilità in spostamento

 $\mu$ **2.0**

accelerazione di riferimento pila dir. long

ag (T)

**0.50**

g

w

**27.11**

sec

**0.01**

m

spostamento SLV relativo all'analisi spettrale

dEe

**0.0000**

m

spostamento totale relativo

**dEd****0.0131**

m

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

spostamento massimo orizz. del terreno

**dg****0.0850**

m

spostamenti massimi terreno punto i

dji

**0.085**

m

spostamenti massimi terreno punto j

dgi

**0.085**

m

velocità prop. onde di taglio nel terreno

vs

**270**

m/s

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

x

**25**

m

spostamento massimo rel

dij0

**0.1502**

m

tipologia di moto

**indipendente**

forti discontinuità del terreno

**senza**

distanza

**>20**

terreni

**uguali**

spost. relativo tra due punti dipendenti

di(x)

**0.032**

m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

E12CLVI0904001

C

**spostamento longitudinale relativo alla termica**

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

**spostamento longitudinale finale**

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

spostamento longitudinale minimo	EL min	<b>0.13</b>	m
spostamento long di calcolo	EL	<b>0.05</b>	m
spostamento longitudinale	<b>EL</b>	<b>0.131</b>	m

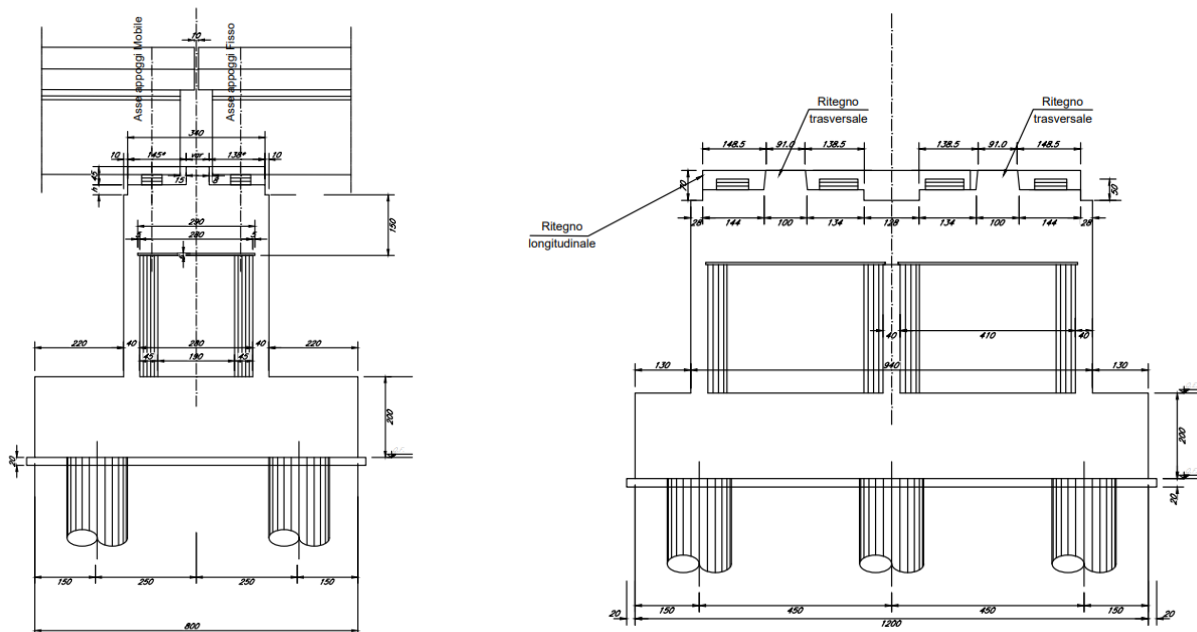
**altri spostamenti longitudinali**

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

## 10. Pulvino

Il pulvino presenta un'altezza di 1.5m, sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni pari a 3.6m x 9.4m rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto.

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



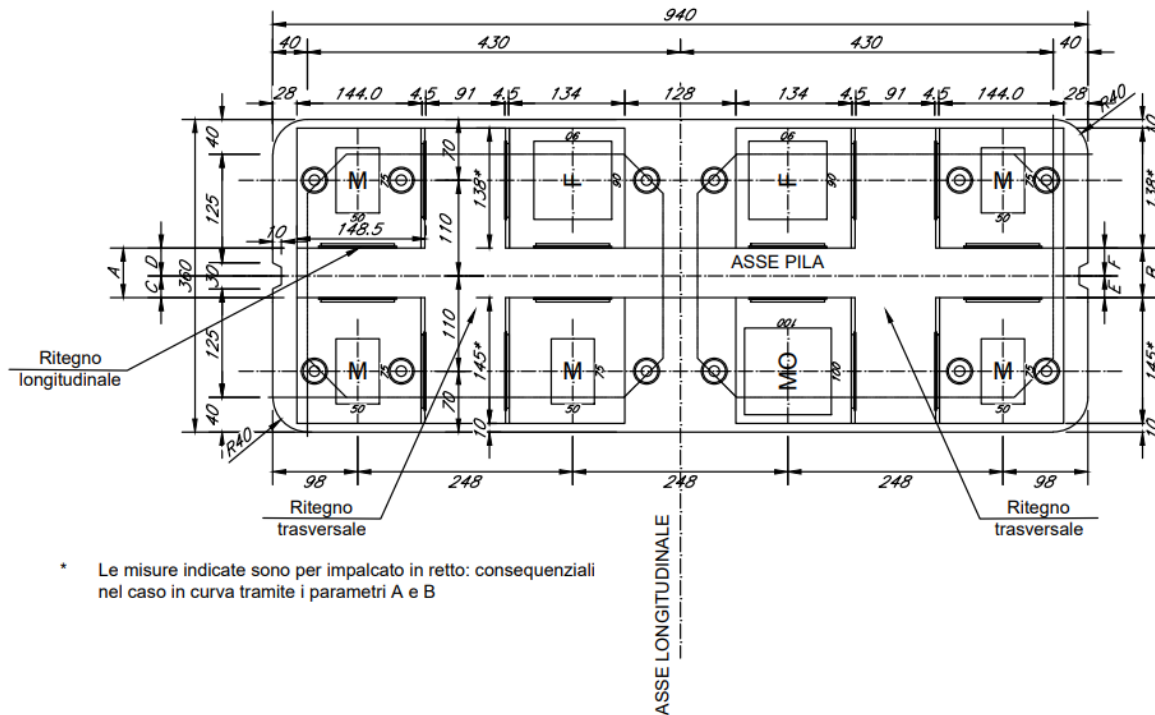


Figura 22 – Sezioni e pianta pulvino

Per la progettazione e verifica delle armature principali e secondarie del pulvino, dei baggioli e dei ritegni si rimanda alla Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni - IN1712E12CLVI0904012.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

## 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 VI09. È inoltre esplicitato il sistema di riferimento e la numerazione dei pali utilizzata nel calcolo.

Si prevedono 9 pali aventi diametro  $D=1500$  mm e lunghezza pari a 36.0 m se ricadono nel modello stratigrafico 1 e 4, o pari a 49.0m se ricadono nel modello 2. Il plinto è caratterizzato da un'altezza di 2.5 m ed ha delle dimensioni in pianta pari a 12.0 m x 12.0 m. Sul plinto di fondazione in esame è previsto un ricoprimento di terreno di spessore pari a 1.0 m.

Tra le tipologie di fondazione sopra citate ed analizzate nelle relazioni geotecniche, nei paragrafi che seguono verrà riportato il dimensionamento e la verifica del plinto di fondazione più critico, ovvero quello con pali di lunghezza pari a 49.0m e altezza del fusto pila pari a 9.5m (pila P10). Nella relazione geotecnica, le reazioni in testa palo di P10 sono state calcolate considerando i carichi della pila di altezza massima ( $h=10.5$ m).

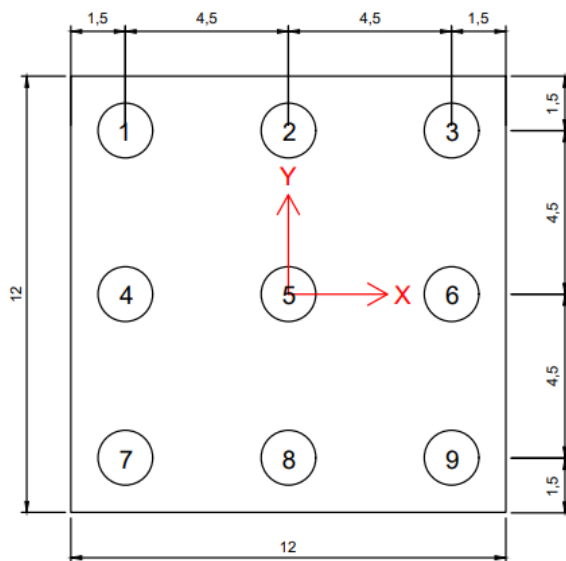


Figura 23 – Geometria del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 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.

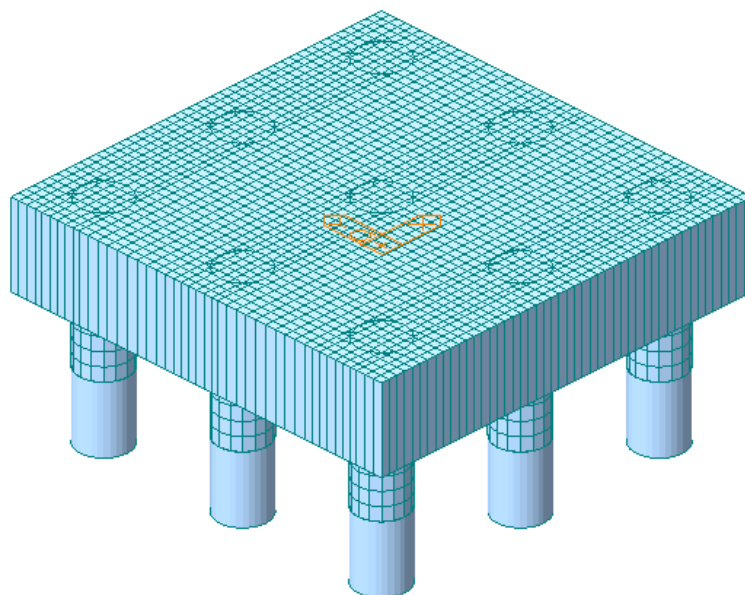


Figura 24 – Vista estrusa del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0904001

C

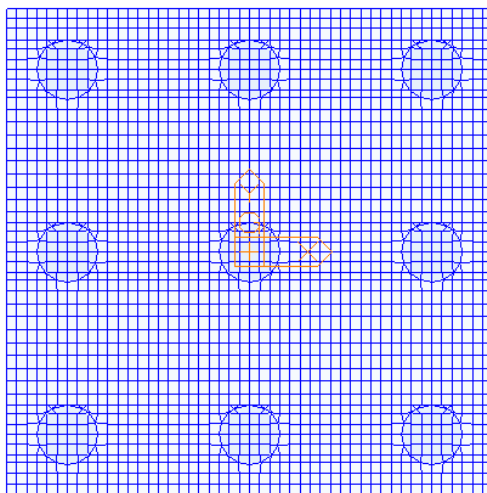


Figura 25 – Pianta del modello agli elementi finiti

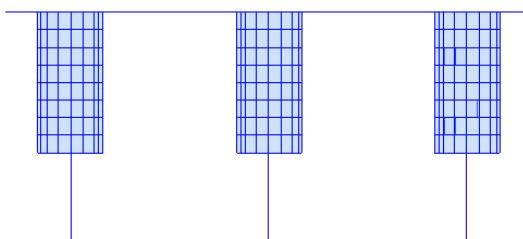


Figura 26 – Prospetto del modello agli elementi finiti

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

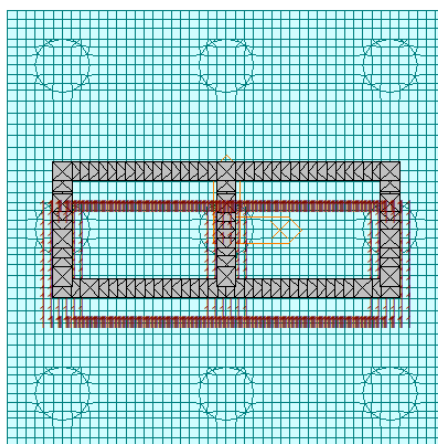


Figura 27 – Sistema di vincoli del modello agli elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

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".

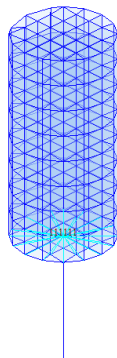


Figura 28 – Sistema di vincoli del palo nel modello agli elementi finiti

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

## 11.3 Azioni di progetto

### 11.3.1 Reazioni dei pali

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

Sono state considerate tutte le combinazioni che presentano azioni che:

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

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

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

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

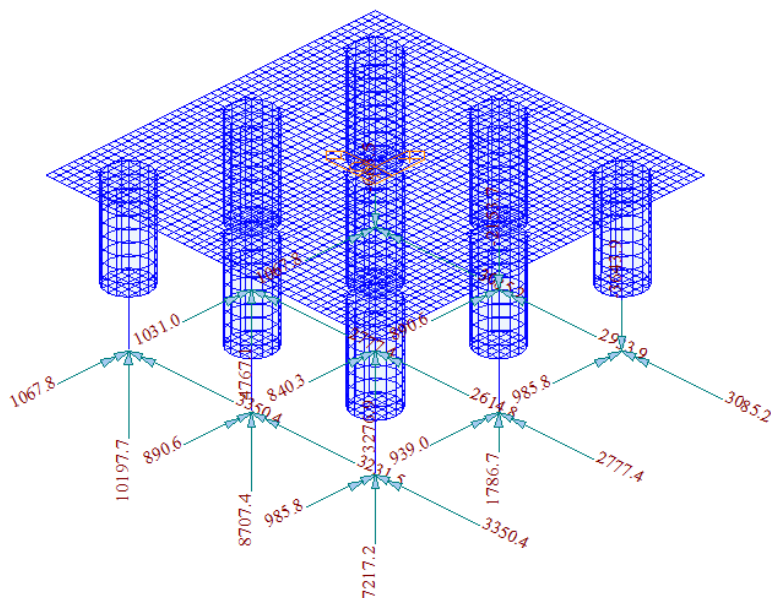


Figura 29 – Applicazione delle reazioni dei pali nel modello agli elementi finiti

### 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.

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

## 11.4 Risultati di analisi

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

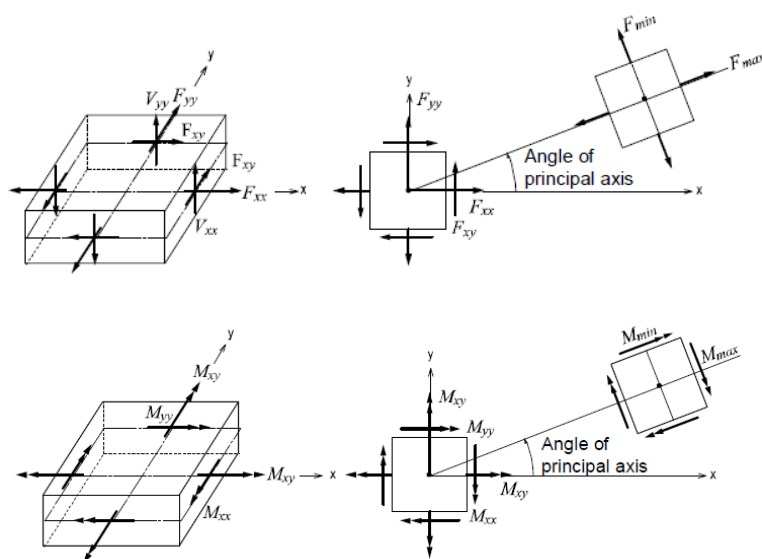


Figura 30 – Posizioni di output delle forze dell'elemento piastra per unità di lunghezza e convenzione del segno

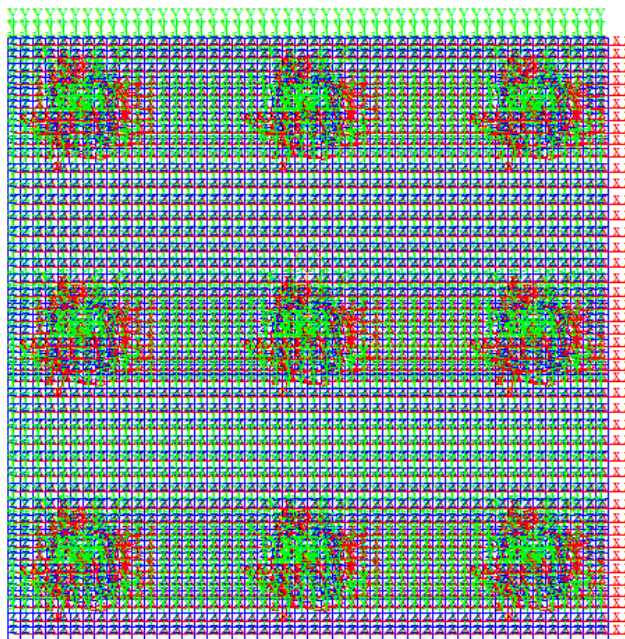


Figura 31 – Assi locali per gli elementi del plinto di fondazione

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

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

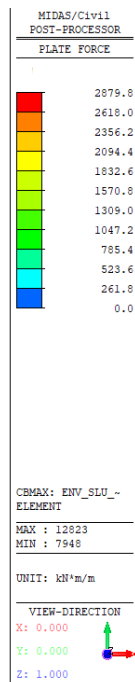
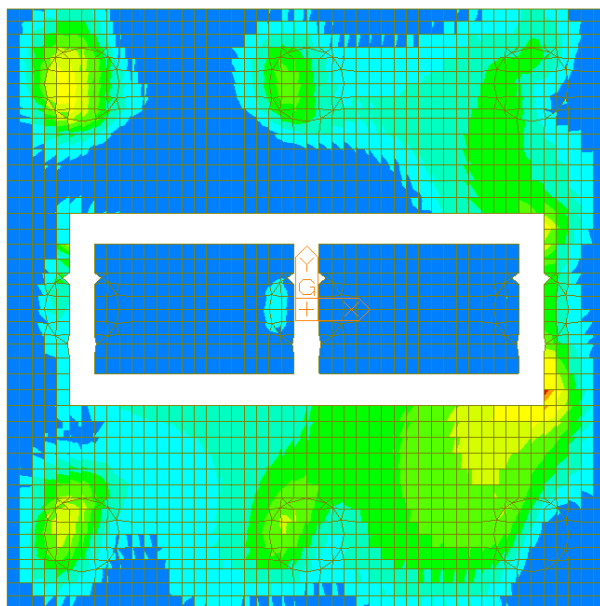


Figura 32 – Wood Armer Moment – Direction1 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

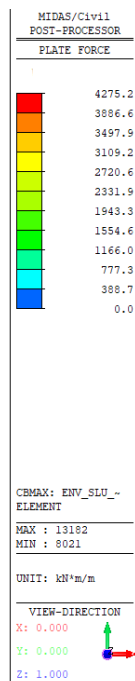
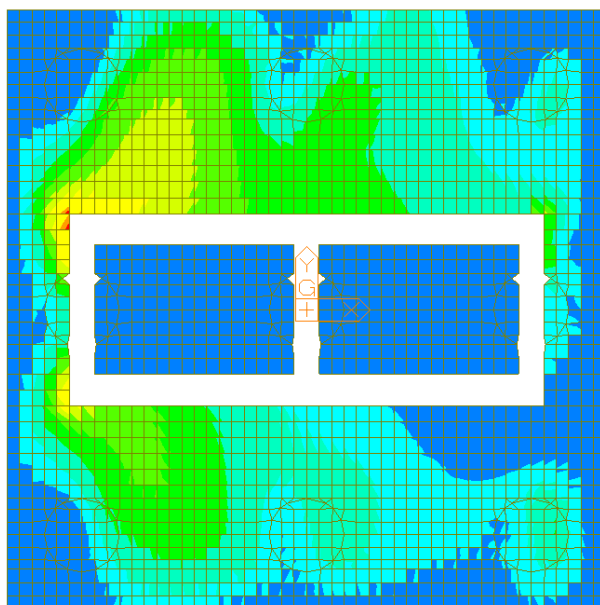


Figura 33 – Wood Armer Moment – Direction1 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

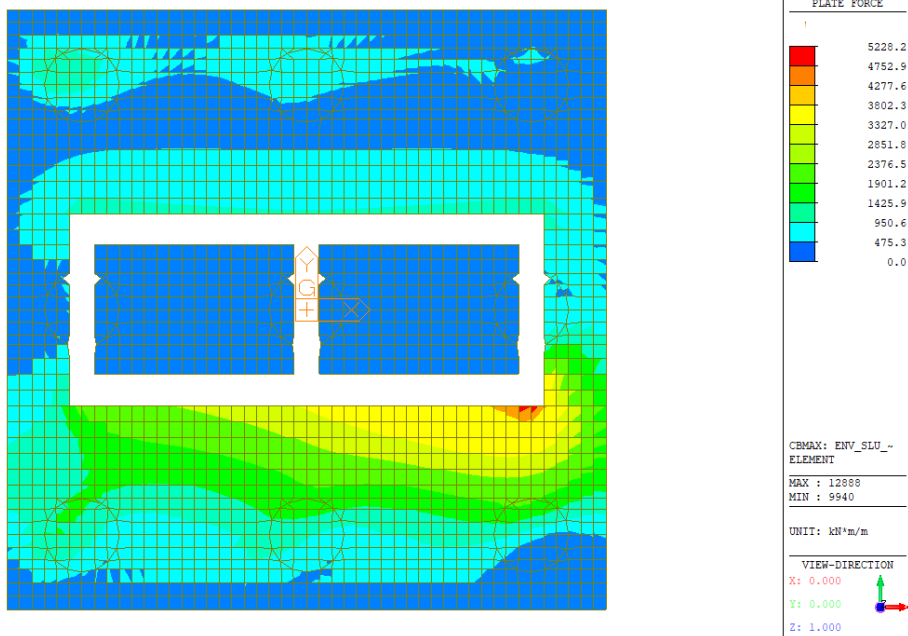


Figura 34 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

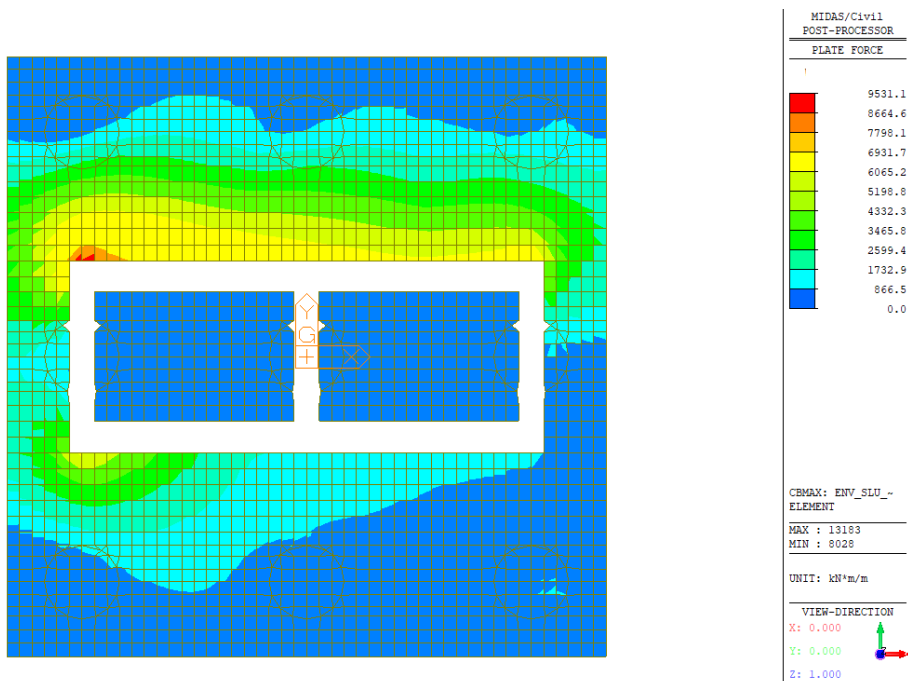


Figura 35 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

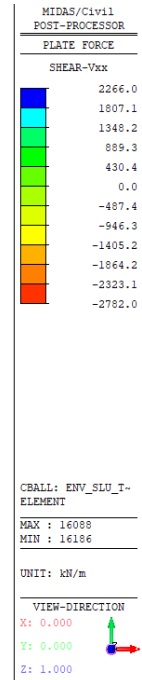
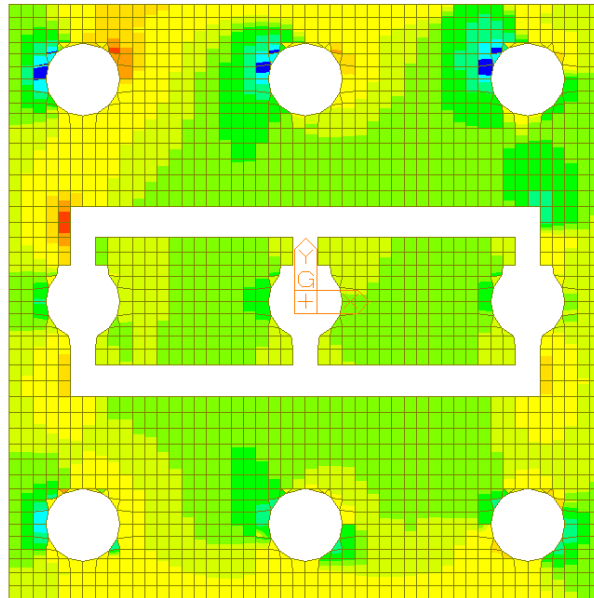


Figura 36 – Vxx, Involuppo SLU/SLV

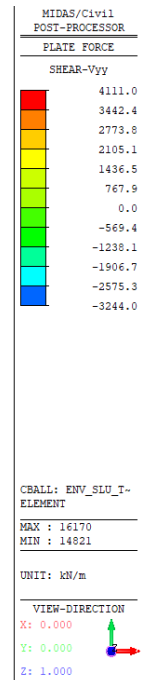
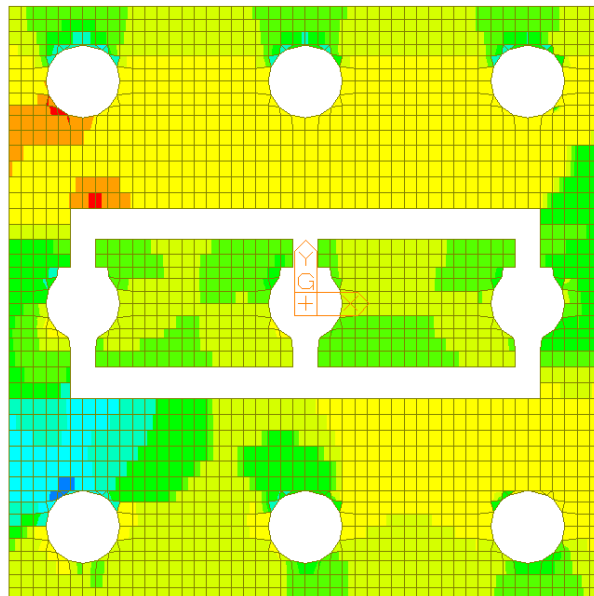


Figura 37 – Vyy, Involuppo SLU/SLV

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 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.

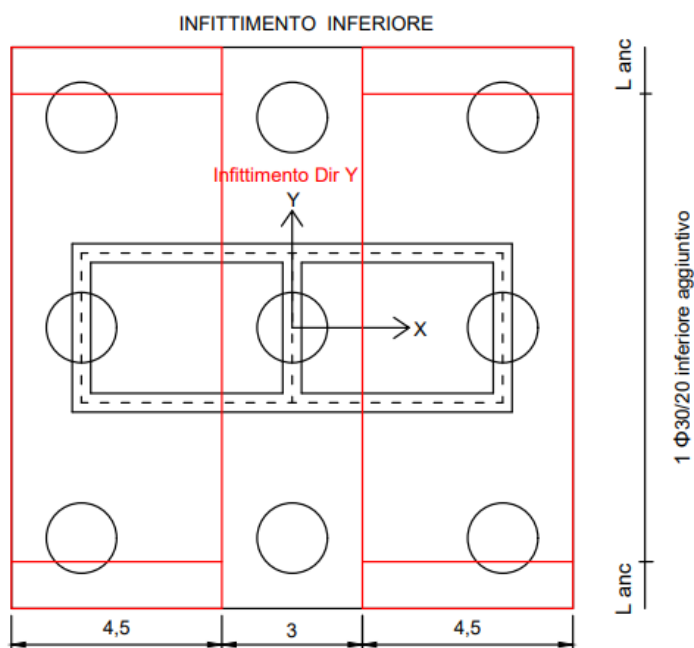
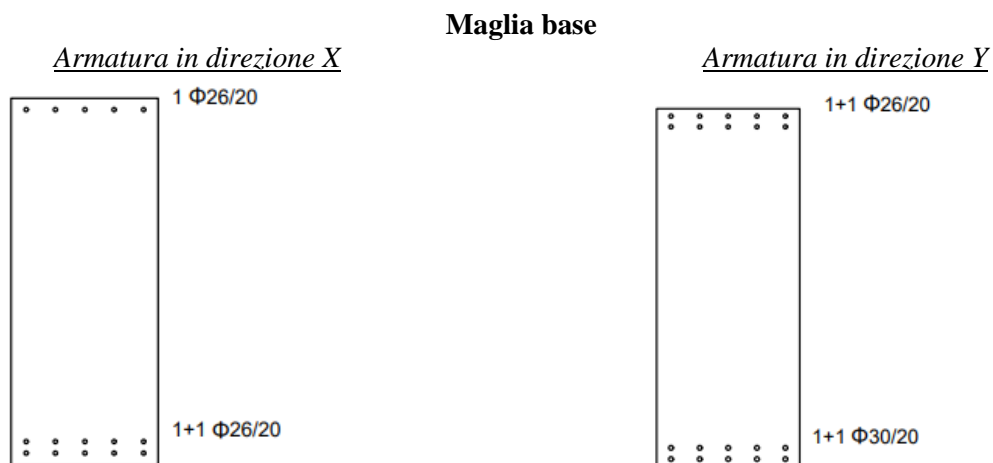


Figura 38: Zone di infittimento dell'armatura a flessione del plinto



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

### Armatura aggiuntiva

#### Armatura in direzione Y

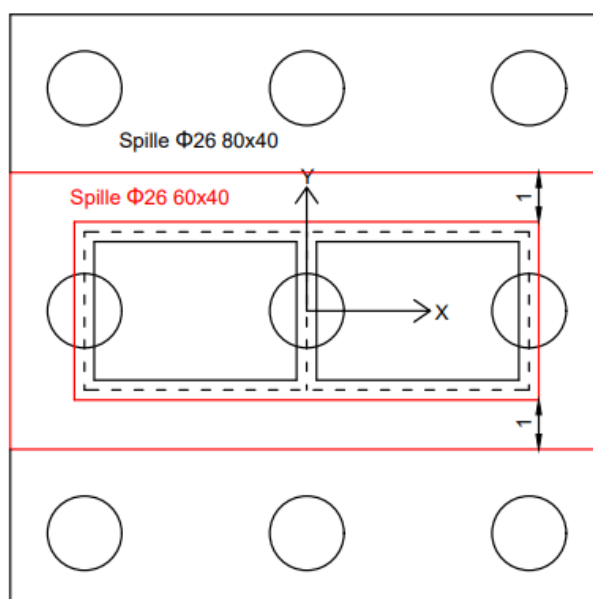
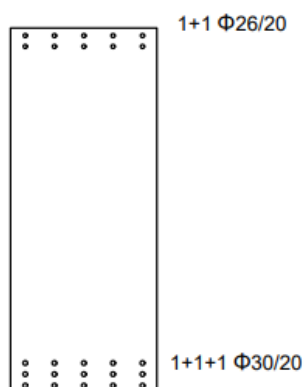


Figura 39 – Armatura a taglio del plinto

#### 11.5.2 Verifica a flessione

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

Sono state considerate due sezioni distinte per il dimensionamento e la verifica delle armature nelle due direzioni X e Y, di altezza pari all'altezza del plinto (2.5 m) e di larghezza pari a 1 m.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

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

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

	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	2093.3	4255.5	3177.2	8024.9
SLE Rara	1166.9	2254.7	2184.1	5676.1
SLE Fessurazione	540.7	366.6	1024.6	3155.2
SLE Quasi Perm.	297.6	204.2	452.1	1559.5

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: VI09\_P10\_DirX**

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

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	-108.9	26
2	20.0	-108.9	26
3	0.0	-108.9	26
4	-20.0	-108.9	26
5	-40.0	-108.9	26
6	40.0	117.1	26
7	20.0	117.1	26
8	0.0	117.1	26
9	-20.0	117.1	26
10	-40.0	117.1	26
11	40.0	-116.7	26
12	20.0	-116.7	26
13	0.0	-116.7	26
14	-20.0	-116.7	26
15	-40.0	-116.7	26

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

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

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-2093.30	0.00
2	0.00	3177.20	0.00

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">E12CLVI0904001</td> <td style="text-align: center;">C</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	E12CLVI0904001	C
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	E12CLVI0904001	C						

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1166.90	0.00
2	0.00	2184.10	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	-540.70 (-2945.94)	0.00 (0.00)
2	0.00	1024.60 (3024.72)	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	-297.60 (-2945.94)	0.00 (0.00)
2	0.00	452.10 (3024.72)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 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	-2093.30	0.00	-2532.41	1.21	53.1(37.0)
2	S	0.00	3177.20	0.00	4815.67	1.52	53.1(37.0)

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE								
	<table border="1"> <tr> <td>Progetto</td> <td>Lotto</td> <td>Codifica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLVI0904001</td> <td>C</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0904001	C
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0904001	C						

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	0.00333	0.047	50.0	-125.0	0.00090	40.0	-116.7	-0.06750	40.0	117.1
2	0.00350	0.051	-50.0	125.0	0.00125	40.0	117.1	-0.06519	40.0	-116.7

### 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	-0.000292576	-0.033239365	0.047	0.700
2	0.000000000	0.000284191	-0.032023841	0.051	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.20	50.0	-125.0	-190.9	-40.0	117.1	1950	26.5
2	S	3.40	-50.0	125.0	-189.3	-40.0	-116.7	3050	53.1

### 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]  
 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	-0.00099	0	0.500	26.0	66	0.00057 (0.00057)	549	0.314 (990.00)	-2945.94	0.00
2	S	-0.00099	0	0.500	26.0	70	0.00057 (0.00057)	492	0.279 (990.00)	3024.72	0.00

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0904001	C

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.02	50.0	-125.0	-88.4	-40.0	117.1	1950	26.5
2	S	1.59	-50.0	125.0	-88.8	-40.0	-116.7	3050	53.1

#### 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	-0.00046	0	0.500	26.0	66	0.00027 (0.00027)	549	0.146 (0.20)	-2945.94	0.00
2	S	-0.00046	0	0.500	26.0	70	0.00027 (0.00027)	492	0.131 (0.20)	3024.72	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	0.56	50.0	-125.0	-48.7	-40.0	117.1	1950	26.5
2	S	0.70	-50.0	125.0	-39.2	-40.0	-116.7	3050	53.1

#### 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	-0.00025	0	0.500	26.0	66	0.00015 (0.00015)	549	0.080 (990.00)	-2945.94	0.00
2	S	-0.00020	0	0.500	26.0	70	0.00012 (0.00012)	492	0.058 (990.00)	3024.72	0.00

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

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

NOME FILE SEZIONE: VI09\_P10\_DirY

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

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	-103.9	30
2	20.0	-103.9	30
3	0.0	-103.9	30
4	-20.0	-103.9	30
5	-40.0	-103.9	30
6	40.0	-111.7	30
7	20.0	-111.7	30
8	0.0	-111.7	30
9	-20.0	-111.7	30
10	-40.0	-111.7	30
11	40.0	112.3	26
12	20.0	112.3	26
13	0.0	112.3	26
14	-20.0	112.3	26
15	-40.0	112.3	26
16	40.0	-119.5	30
17	20.0	-119.5	30
18	0.0	-119.5	30
19	-20.0	-119.5	30
20	-40.0	-119.5	30
21	40.0	119.7	26
22	20.0	119.7	26
23	0.0	119.7	26
24	-20.0	119.7	26
25	-40.0	119.7	26

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001 C

Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-4255.50	0.00
2	0.00	8024.90	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	-2254.70	0.00
2	0.00	5676.10	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	-366.60 (-3208.61)	0.00 (0.00)
2	0.00	3155.20 (3372.57)	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	-204.20 (-3208.61)	0.00 (0.00)
2	0.00	1559.50 (3372.57)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C C

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-4255.50	0.00	-5047.99	1.19	88.4(37.0)
2	S	0.00	8024.90	0.00	9466.28	1.18	106.0(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	0.059	50.0	-125.0	0.00216	40.0	-119.5	-0.05593	40.0	119.7
2	0.00350	0.085	-50.0	125.0	0.00261	40.0	119.7	-0.03756	40.0	-119.5

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000242873	-0.026859140	0.059	0.700
2	0.000000000	0.000167950	-0.017493789	0.085	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.92	50.0	-125.0	-190.7	-40.0	119.7	2250	53.1
2	S	6.48	-50.0	125.0	-258.1	-40.0	-119.5	3300	106.0

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904001	C

Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [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 = $0.6 S_{\text{max}} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\text{ max} * (e_{\text{ sm}} - e_{\text{ cm}})$ [(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	-0.00098	0	0.500	26.0	40	0.00058 (0.00057)	323	0.187 (990.00)	-3208.61	0.00
2	S	-0.00133	0	0.500	30.0	40	0.00100 (0.00077)	295	0.296 (990.00)	3372.57	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.47	50.0	-125.0	-31.0	-40.0	119.7	2250	53.1
2	S	3.60	-50.0	125.0	-143.5	-40.0	-119.5	3300	106.0

#### 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	-0.00016	0	0.500	26.0	40	0.00009 (0.00009)	323	0.030 (0.20)	-3208.61	0.00
2	S	-0.00074	0	0.500	30.0	40	0.00043 (0.00043)	295	0.127 (0.20)	3372.57	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	0.26	50.0	-125.0	-17.3	-40.0	119.7	2250	53.1
2	S	1.78	-50.0	125.0	-70.9	-40.0	-119.5	3300	106.0

#### 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	-0.00009	0	0.500	26.0	40	0.00005 (0.00005)	323	0.017 (990.00)	-3208.61	0.00
2	S	-0.00037	0	0.500	30.0	40	0.00021 (0.00021)	295	0.063 (990.00)	3372.57	0.00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

### 11.5.3 Verifica a taglio

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

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

E12CLVI0904001

C

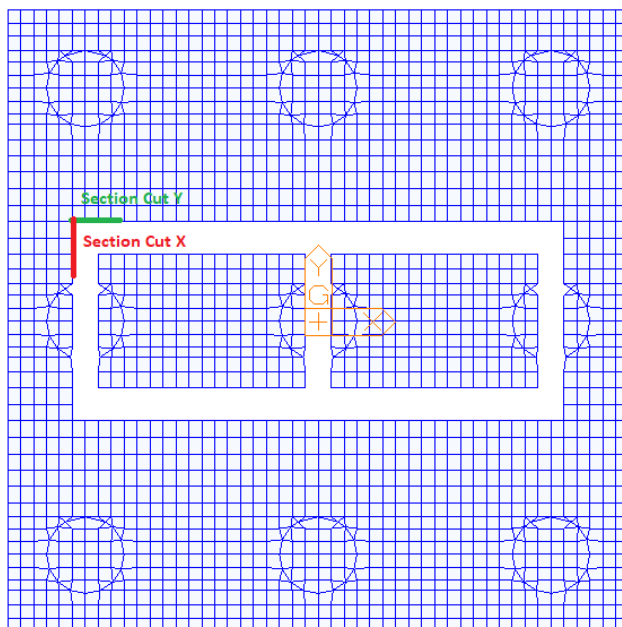


Figura 40 – Section cut considerate per la verifica a taglio

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  $V_{Ed,max} = 3421 \text{ kN/m}$ .

### Caratteristiche materiali

#### Cls

$R_{ck}$	30	$\text{N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	24.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	32.90	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	14.11	$\text{N/mm}^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	2.56	$\text{N/mm}^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctfm}$	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



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

E12CLVI0904001

C

**Calcoli preliminari**

$A_{sl}$	2654.6	mm <sup>2</sup>	area dell'armatura longitudinale
$\rho_l$	0.0011		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0011		rapporto considerato nei calcoli
$\sigma_{cp}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media considerata nei calcoli
$n_{bw}$	<b>1.67</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		
$V_{Rd,1}$	522.08	KN	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	616.46	KN	taglio resistente - valore 2
$V_{Rd}$	616.46	KN	taglio resistente di calcolo

**Elemento armato a taglio**

$\alpha$	1.571	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
$\theta$	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
$f_{cd}$	7.055	N/mm <sup>2</sup>	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$\alpha_c$	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
$N_{Rd}$	35275	KN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
$V_{Rsd}$	4657.6	KN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	5326.8	KN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	4657.6	KN	taglio resistente di calcolo
$V_{Ed}$	<b>3421</b>	kN	Taglio di calcolo
Verifica	ok		
FS	1.36		Coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

#### 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:

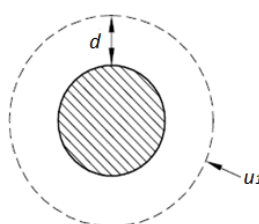
$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904001	C

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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	E12CLVI0904001	C

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

Dove:

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

La verifica è stata condotta in corrispondenza del palo d'angolo più sollecitato (palo 1), per lo sforzo assiale massimo della combinazione SLV - Treno 1 – Sisma Y prevalente:  $V_{Ed} = 10198$  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
$\tau_{rd}$	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

$A_{ly}$	53.09	cm <sup>2</sup> /m	Armatatura tesa in direzione y (media)
$A_{lx}$	26.55	cm <sup>2</sup> /m	Armatatura tesa in direzione x (media)

#### Impronta di carico

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

$u_1$	809.76	cm	Perimetro di verifica di base
$u_0$	471.24	cm	Perimetro dell'area caricata
k	1.29		Coefficiente
$\rho_l$	0.0016		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

#### Peso del rinterro

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001
				C

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

Tensione massima di taglio

$V_{ed}$	10198	kN	<i>Reazione agli SLU</i>
$V_{ed}$	9180	kN	<i>Taglio applicato (ridotto del peso proprio e del rinterro)</i>
$V_{ed}$	1134	kN/m	<i>Taglio applicato per unità di lunghezza</i>
$V_{ed}$	0.47	N/mm <sup>2</sup>	<i>Tensione di taglio agente</i>

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

$V_{ed}$	0.81	N/mm <sup>2</sup>	<i>Tensione di taglio a rifosso del palo</i>
$V_{rdmax}$	3.83	N/mm <sup>2</sup>	<i>Tensione resistente massima</i>
Verifica	ok		
FS	4.74		

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

$V_{Rd,c}$	0.26	N/mm <sup>2</sup>	<i>Tensione resistente senza armatura a taglio</i>
$V_{min}$	0.26	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{Rd}$	617.69	kN/m	<i>Taglio resistente per unità di lunghezza</i>
Verifica	no		
FS	0.54		

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

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

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

$A_{sw\ min}$	1531.7	mm <sup>2</sup>	<i>Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato</i>
---------------	--------	-----------------	--

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

$V_{Rd,cs}$	0.55	N/mm <sup>2</sup>	<i>Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente</i>
$V_{Ed}$	0.47	N/mm <sup>2</sup>	<i>Tensione di taglio-punzonamento agente</i>
Verifica	ok		
FS	1.18		

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0904001	C

## 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.