

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA**

Opere D'Arti Maggiori - Ponti e Viadotti Ferroviari Stradali

IV05-IV07 cavalcaferrovia

Relazione di calcolo pila

SCALA:

-

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

L I 0 2    0 2    D    7 8    C L    I V 0 0 0 5    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	E.Abbasciano	Aprile 2019	G. Giustino 	Aprile 2019	B.M.Bianchi 	Aprile 2019	D. Tiberti Aprile 2019 

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Scania  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Donato Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10076

 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b>  <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b>  <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b>  <b>Opere d’arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b>  <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI02</td> <td>02 D 78</td> <td>CL</td> <td>IV0005 001</td> <td>A</td> <td>2 di 57</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	2 di 57
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	2 di 57								

## INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
3	MATERIALI.....	9
3.1	FONDAZIONI – PALI.....	9
3.2	ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE.....	9
3.3	ACCIAIO B450C.....	10
3.4	VERIFICA S.L.E.....	10
3.4.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	10
3.4.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	11
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	14
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO.....	14
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	15
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D’USO.....	15
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	15
5.3	AZIONI SISMICHE SULLE PILE .....	18
6	VERIFICHE.....	19
6.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	19
6.1.1	<i>Verifiche geotecniche (GEO)</i> .....	19
6.1.2	<i>Verifiche strutturali (STR)</i> .....	19

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI02</td> <td>02 D 78</td> <td>CL</td> <td>IV0005 001</td> <td>A</td> <td>3 di 57</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	3 di 57
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	3 di 57								

7	ANALISI E VERIFICHE PILA.....	21
7.1	GENERALITÀ.....	21
7.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE PILE.....	21
7.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	21
7.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA.....	23
7.5	GEOMETRIA DELLA PILA.....	24
7.6	ANALISI DEI CARICHI.....	25
7.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali (g<sub>1</sub>).....</i>	25
7.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato.....</i>	25
7.6.3	<i>Carichi mobili (Q<sub>1</sub>).....</i>	26
7.6.4	<i>Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione (Q<sub>3</sub>).....</i>	27
7.6.5	<i>Azione centrifuga (Q<sub>4</sub>).....</i>	27
7.6.6	<i>Azione del vento (Q<sub>5</sub>).....</i>	27
7.6.7	<i>Urto da traffico ferroviario.....</i>	27
7.6.8	<i>Attrito (Q<sub>7</sub>).....</i>	27
7.6.9	<i>Inerzie strutturali.....</i>	27
7.6.10	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....</i>	28
7.6.11	<i>Riepilogo risultati.....</i>	28
7.7	SOLLECITAZIONI.....	31
7.7.1	<i>Fusto pila.....</i>	31
7.7.2	<i>Plinto di fondazione.....</i>	32

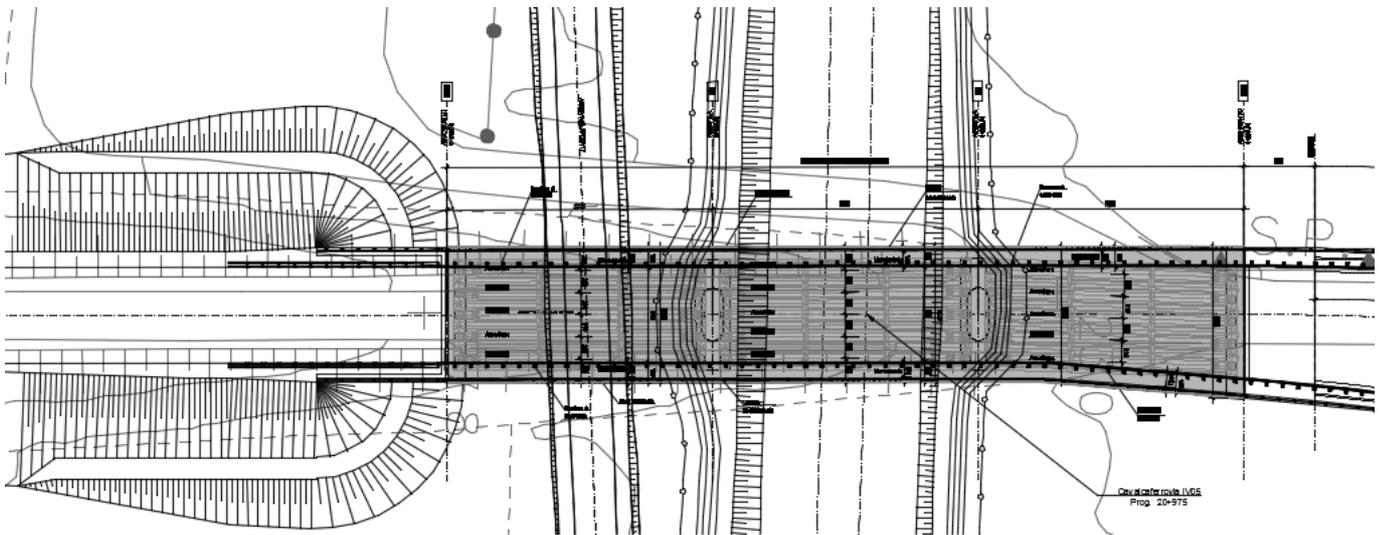
**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	4 di 57

7.8	PALI DI FONDAZIONE.....	34
7.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	35
7.9.1	<i>Fusto pila</i> .....	37
7.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	44
7.9.2.1	Unghia anteriore platea fondazione.....	44
7.9.3	<i>Palo di fondazione L=35.0m</i> .....	47
7.10	VERIFICA DEL PULVINO.....	53
7.11	GIUNTO DI DILATAZIONE.....	55

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici e le verifiche di sicurezza relative alle spalle del cavalcaferrovia IV05, nell’ambito della progettazione definitiva della linea Termoli-Lesina. Le stesse considerazioni vanno estese alle pile dell’IV07.



**Fig. 1 – Stralcio planimetrico – ubicazione opera d’arte**

Il cavalcaferrovia ha uno sviluppo di 75 m ed è composto da tre campate di luce 25m.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, NTC 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e Circolare n .617 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”.

### 1.1 Descrizione della struttura

L’impalcato è caratterizzato da una parte pavimentata larga 9.00 m e da due cordoli laterali da 1.85 m, per una larghezza totale di 12.70 m.

L’impalcato è costituito da cinque travi in c.a.p. con sezione a cassone di altezza pari a 1.40m poste ad interasse di 2.10 m accostate. La soletta in cls è gettata in opera e presenta spessore variabile tra 0.28 e 0.37m.

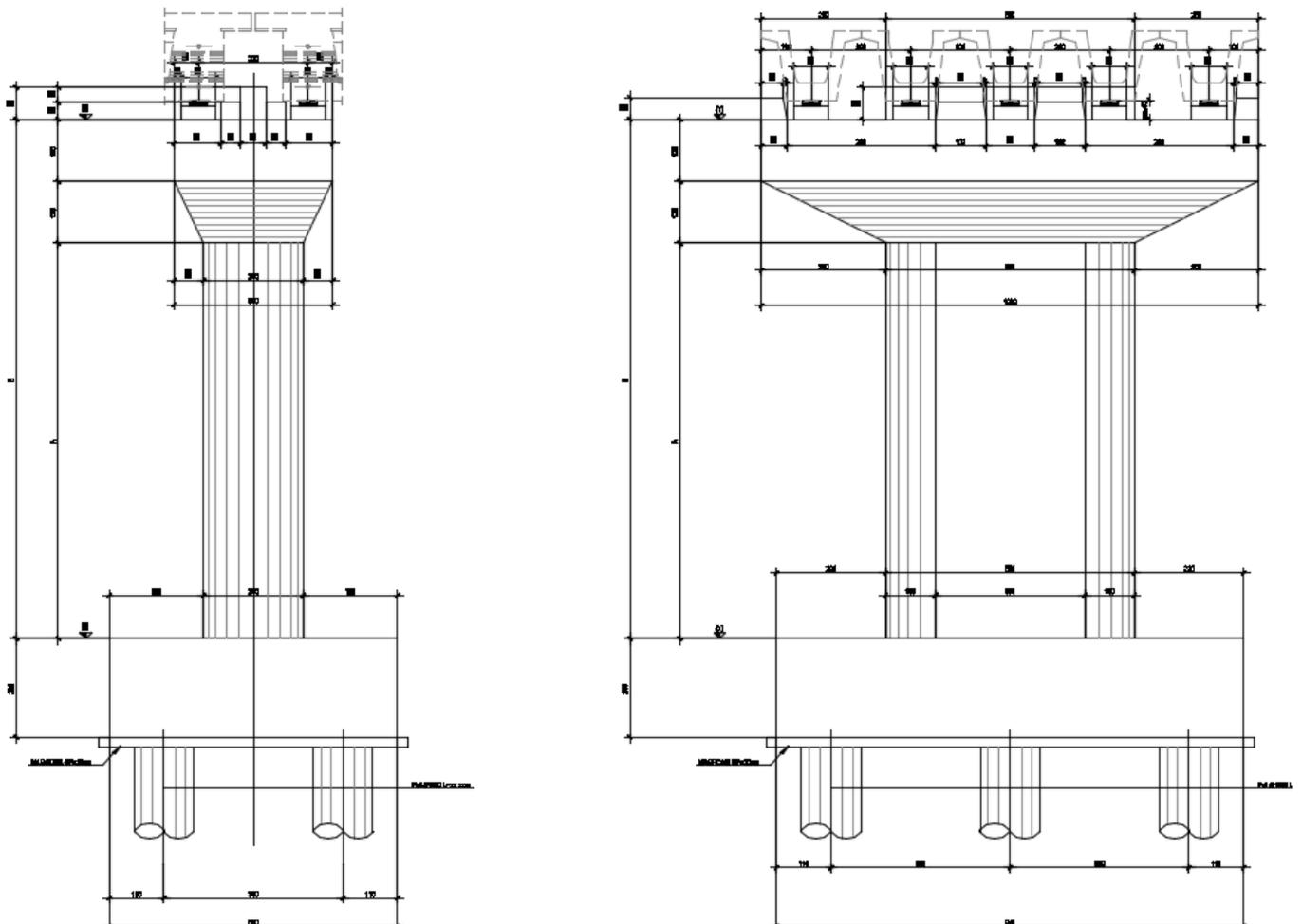
Esso è vincolato alle sottostrutture mediante appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione rivestita con PTFE (Politetrafluoroetilene).

Le sottostrutture sono di tipo tradizionale: in particolare la spalla A poggia su 16 pali di diametro Ø 1200 e la spalla B poggia su 15 pali di diametro Ø 1200; le pile poggiano su 6 pali Ø1200.

Entrambe le spalle presentano un'altezza complessiva del paramento a tergo del terreno di circa 7.00 m per la spalla A e di circa 8.50m per la spalla B, spessore del fusto di 2.20 m; la zattera di fondazione ha spessore 2.00 m.

La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 40 cm per un'altezza di 2.17 m sulla spalla A e di 2.28m sulla spalla B.

Si riportano a seguire le immagini delle carpenteria dell'opera in oggetto, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.



**Fig. 2 – sezioni**

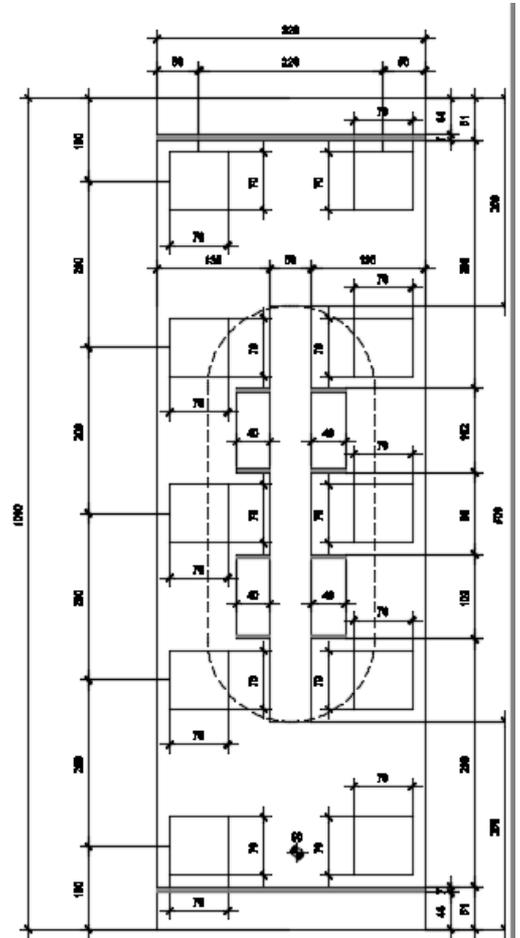
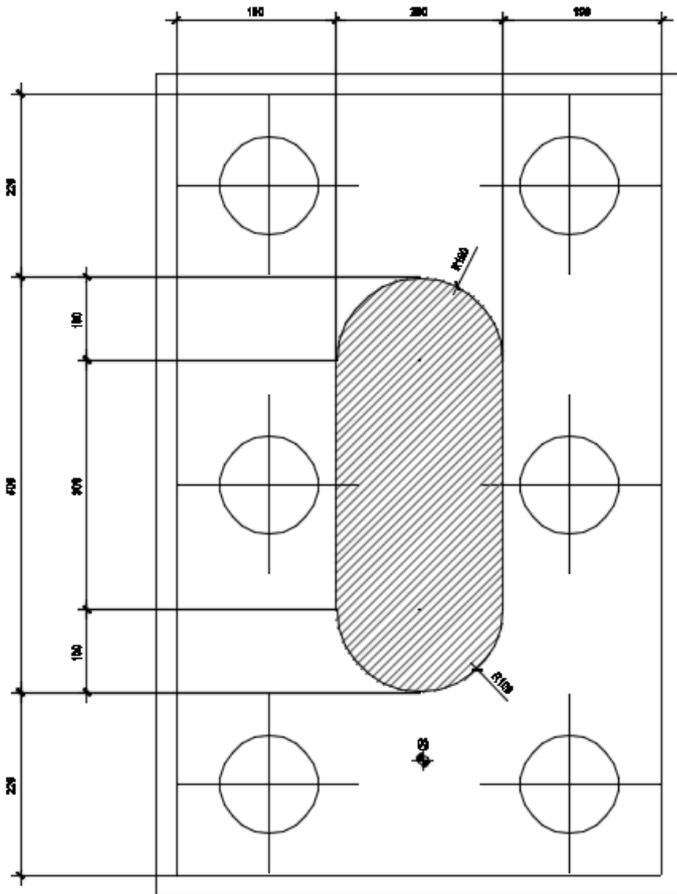


Fig. 3 –piante

	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A	FOGLIO 8 di 57

## 2    **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08;
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Fondazioni – pali

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

**C25/30:**  $f_{ck} \geq 25$  MPa  $R_{ck} \geq 30$  MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2,56	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm <sup>2</sup>

#### 3.2 Elevazione sottostrutture

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4+XS1

**C32/40:**  $f_{ck} \geq 32$  MPa  $R_{ck} \geq 40$  MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
--	----------	-----------	-------------------

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	10 di 57

Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3,10	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm <sup>2</sup>

### 3.3 Acciaio B450C

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa};$
Tensione di progetto:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$
in cui $\gamma_m = 1.15$	$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa};$
Modulo Elastico	$E_s = 210'000 \text{ MPa}.$

### 3.4 Verifica S.L.E.

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

#### 3.4.1 Verifiche alle tensioni

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 "RFI DTC SI MA IFS 001 B del del 22-12-17" - Manuale di Progettazione delle Opere Civili " , ovvero:

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

### Strutture in c.a.

#### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

#### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$

Per il caso in esame risulta in particolare :

### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\max \text{ QP}} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{13.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\max \text{ R}} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{18.26} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

### ACCIAIO

$$\sigma_{s \max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

### 3.4.2 Verifiche a 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]

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato 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	wd	Stato limite	wd
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 4.1.III – 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:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

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).

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b>  <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b>  <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b>  <b>Opere d’arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b>  <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b></p>					
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b></p>	<p>COMMESSA LI02</p>	<p>LOTTO 02 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IV0005 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 13 di 57</p>

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame (**XS1**) 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)      $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 14.1.2008, in accordo a quanto previsto al punto ” C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione” della Circolare n.617/09.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><i>LINEA PESCARA – BARI</i>  <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b>  <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b>  <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b>  <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b></p>					
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b></p>	<p>COMMESSA LI02</p>	<p>LOTTO 02 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IV0005 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 14 di 57</p>

## 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al progetto per la trattazione completa dei parametri geologico e geotecnici.

### 4.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$                       peso di volume naturale

$\varphi' = 35^\circ$                               angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$                               coesione drenata

	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d’arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A	FOGLIO 15 di 57

## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell’opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

### 5.1 Vita nominale e classe d’uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell’opera strutturale ( $V_N$ ), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d’Uso a cui è associato un coefficiente d’uso ( $C_U$ )

Per l’opera in oggetto si considera una vita nominale:  $V_N = 75$  anni (categoria 2: “Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  Km/h”). Riguardo invece la Classe d’Uso, all’ opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d’uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_U = 1.5$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d’uso  $C_U$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l’opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni

### 5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica /  $V_R$ ) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell’azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

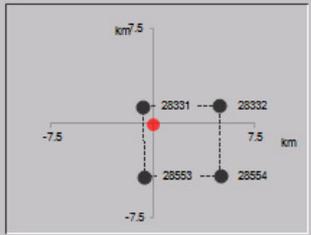
Elaborazioni grafiche

- 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 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

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

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

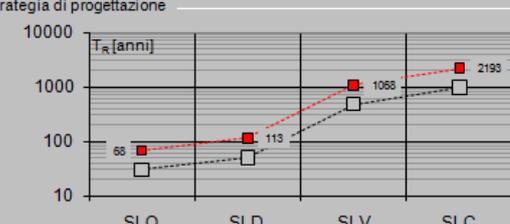
Stati limite ultimi - SLU

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

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- .....□..... Strategia scelta

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.074	2.499	0.307
SLD	113	0.094	2.523	0.319
SLV	1068	0.242	2.452	0.346
SLC	2193	0.315	2.440	0.354

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

- $a_g \rightarrow$  accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;  
 $F_0 \rightarrow$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  
 $T_C^* \rightarrow$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;  
 $S \rightarrow$  coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.242 g
$F_0$	2.452
$T_C^*$	0.346 s
$S_S$	1.345
$C_C$	1.491
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

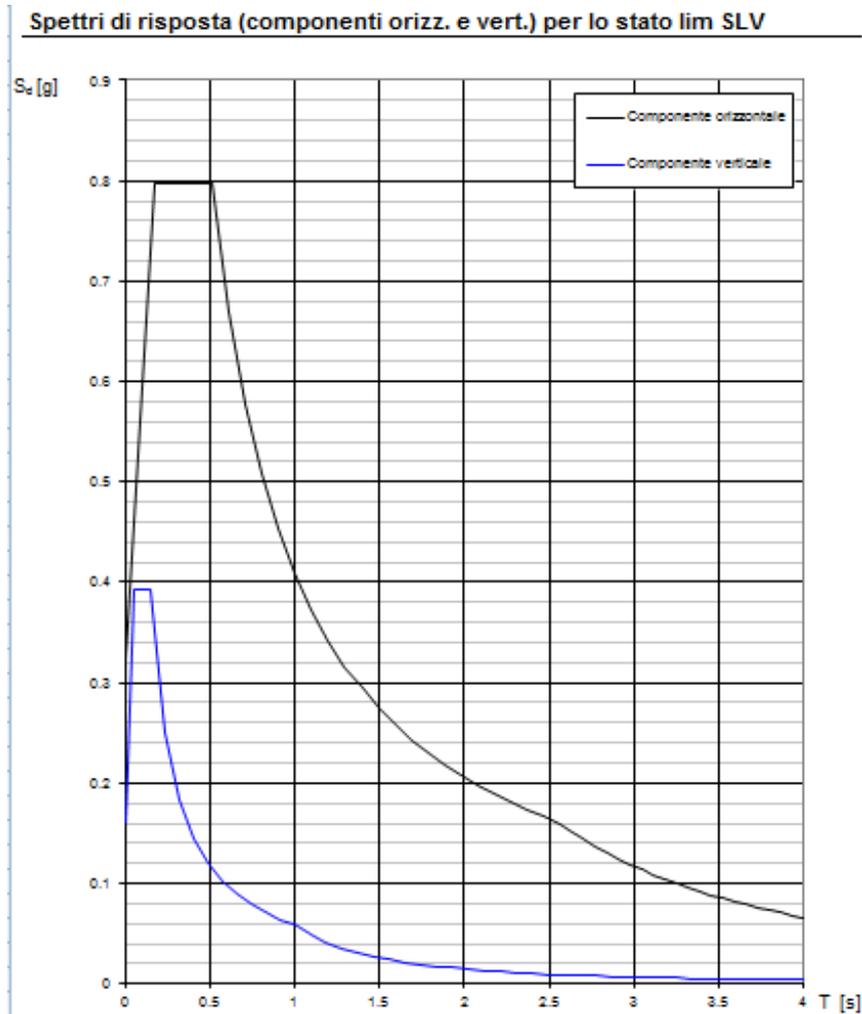
$S$	1.345
$\eta$	1.000
$T_B$	0.172 s
$T_C$	0.515 s
$T_D$	2.567 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

- (NTC-08 Eq. 3.2.5)  
 (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)  
 (NTC-07 Eq. 3.2.8)  
 (NTC-07 Eq. 3.2.7)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	$S_e$ [g]
	0.000	0.325
$T_B$	0.172	0.797
$T_C$	0.515	0.797
	0.613	0.670
	0.711	0.578
	0.808	0.508
	0.906	0.453
	1.004	0.409
	1.101	0.373
	1.199	0.342
	1.297	0.316
	1.394	0.294
	1.492	0.275
	1.590	0.258
	1.687	0.243
	1.785	0.230
	1.883	0.218
	1.980	0.207
	2.078	0.197
	2.176	0.189
	2.274	0.181
	2.371	0.173
	2.469	0.166
$T_D$	2.567	0.160
	2.635	0.152
	2.703	0.144
	2.771	0.137



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudo statico, si eseguirà un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura unitario. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

### 5.3 Azioni sismiche sulle Pile

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle pile si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente secondo quanto indicato nelle NTC 7.3.3.2. Per la verifica sismica della pila si impiegano analisi lineari statiche, in quanto la semplificazione adottata nella modellazione rende questo tipo di analisi semplificata più idonea di una analisi dinamica lineare. In favore di sicurezza, l'azione sismica verrà valutata, in termini di accelerazione, in corrispondenza del plateau.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI02</td> <td>02 D 78</td> <td>CL</td> <td>IV0005 001</td> <td>A</td> <td>19 di 57</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	19 di 57
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	19 di 57								

## 6 VERIFICHE

### 6.1 Verifiche agli stati limite ultimi (slu)

#### 6.1.1 Verifiche geotecniche (GEO)

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al presente progetto.

#### 6.1.2 Verifiche strutturali (STR)

##### ➤ Verifica al taglio

Il metodo semiprobabilistico agli stati limite considera verificata la sezione a taglio se è rispettata la seguente relazione tra sforzi di taglio:

$$V_{Ed} \leq V_R$$

Le NTC e l'EC2 prevedono il confronto del taglio di calcolo  $V_{Ed}$  con una espressione della resistenza a compressione delle bielle d'anima ("taglio compressione"). Per staffe ortogonali all'asse della trave si può scrivere:

$$V_{R,cd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot ctg \varphi / (1 + ctg^2 \varphi)$$

$d$  è l'altezza utile della sezione

$f_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del conglomerato pari a:

$f_{cd} = 0,5 f_{cd}$  nelle NTC e nella bozza dell'Appendice nazionale all'EC2

$f_{cd} = 0,7 (1 - f_{ck} / 250)$  nell'EC2 ( $f_{ck}$  in Mpa)

$b_w$  è la larghezza minima della sezione misurata parallelamente all'asse neutro; rappresenta cioè la minima dimensione resistente della biella compressa dell'ideale traliccio resistente.

##### ➤ Verifica a presso-flessione

Con riferimento alla sezione pressoinflessa rappresentata in Figura 1 assieme ai diagrammi  $\sigma - \epsilon$  dell'acciaio, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Rd} = N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di progetto della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Ed}$  è il valore di progetto della componente flettente dell'azione.

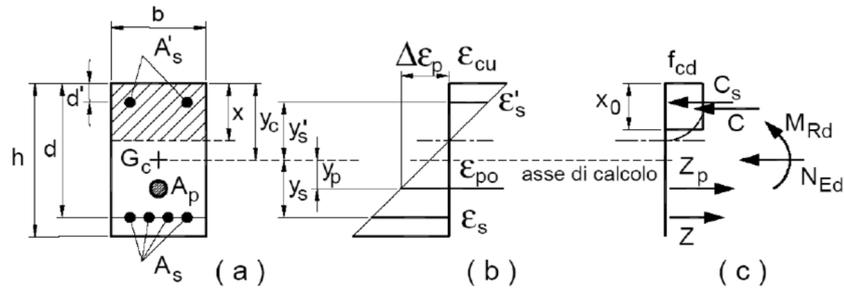
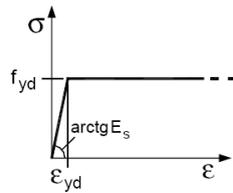


Figura 1 - Sezione presso-inflessa



Per l'acciaio d'armatura il diagramma tensioni-deformazioni è quello riportato nella figura sopra, mentre per il calcestruzzo si è assunto un diagramma rettangolare (stress-block) ottenuto considerando  $x_0 = 0,80 x$ .

	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A	FOGLIO 21 di 57

## 7 ANALISI E VERIFICHE PILA

### 7.1 Generalità

Le pile presentano una configurazione ad unico fusto di spessore 200cm, l'altezza massima del fusto è pari a 10.50m in corrispondenza della pila n°5.

Il pulvino ha dimensioni 10.00x3.20m ed è posto in asse al fusto a sostenere i 5 cassoni in c.a.p..

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 120cm collegate in testa da una platea di spessore 200cm.

Per le verifiche dei singoli elementi della pila (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

### 7.2 Modelli a mensola per la verifica delle pile

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 vanno combinate le azioni determinate dalle spinte del vento e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura.

Per il plinto di fondazione, si è utilizzato un modello tirante-puntone per l'analisi e la verifica dello zoccolo anteriore al muro frontale.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

### 7.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

Si considerano le seguenti condizioni elementari:

- Condizione 1 : Peso proprio elementi strutturali (g1)
- Condizione 2 : Carichi permanenti portati (g2)
- Condizione 3 : Spinta statica (g3)
- Condizione 4 : Carichi mobili (q1+q2)
- Condizione 5 : Forza di frenatura (q3)

	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A	FOGLIO 22 di 57

- Condizione 6 : Vento (q5 )
- Condizione 7 : Sisma longitudinale (q6,L)
- Condizione 8 : Sisma trasversale (q6,T)
- Condizione 9 : Sisma verticale (q6,V)

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

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

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

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

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

**Combinazioni di carico SLU**

Descrizione		Peso proprio	Permanenti	Centrifuga		ced. Vincolari	Ritiro	Var. termiche		Viscosità	C. mobili	Frenatura	Vento	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	atrito vincoli
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		0.00	0.00	1.30					0.86
	C.C. GEO 2	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		1.15	0.00	0.78					0.86
	C.C. GEO 3	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		0.86	1.30	0.78					0.86
	C.C. GEO 4	1.00	1.00	1.30		1.00	1.00	0.60		0.86	0.00	0.78					0.86
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.35	0.00	0.90					1.01
	C.C. SLU 2	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.35	0.00	0.90					1.01
	C.C. SLU 3	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.01	1.50	0.90					1.01
	C.C. SLU 4	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.01	1.50	0.90					1.01
	C.C. SLU 5	1.00	1.00	1.50			1.20	0.72		1.01	0.00	0.90					1.01
	C.C. SLU 6	1.35	1.35	1.50			1.20	0.72		1.01	0.00	0.90					1.01
	C.C. SLU 7	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.00	0.00	1.50					1.01
	C.C. SLU 8	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.00	0.00	1.50					1.01
	C.C. SLU 9	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		0.00	0.00	0.00					1.01
	C.C. SLU 10	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		0.00	0.00	0.00					1.01
	C.C. SLU 11	1.00	1.00	1.00			0.50	0.50		0.20	0.20	0.00					1.01
	C.C. SLU 12	1.00	1.00	1.00			0.50	0.50		0.20	0.20	0.00					1.01
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	1.00	1.00	1.00			1.00	0.72		1.00	1.00	0.60					
	C.C. SLE Frequente	1.00	1.00	0.75			1.00	0.60		0.75	0.75	0.20					
	C.C. SLE Q.P.	1.00	1.00	0.00			1.00	0.50		0.00	0.00	0.00					
SISMA	Sisma X Nmax+	1.00	1.00							0.20				1.00	0.30	0.30	
	Sisma Z Nmax+	1.00	1.00							0.00				0.30	0.30	1.00	
	Sisma Y Nmax+	1.00	1.00							0.00				0.30	1.00	0.30	
	Sisma X Nmax-	1.00	1.00							0.00				1.00	0.30	-0.30	
	Sisma Z Nmax-	1.00	1.00							0.00				0.30	0.30	-1.00	
	Sisma Y Nmax-	1.00	1.00							0.00				0.30	1.00	-0.30	

**7.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura**

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
  
- Lunghezze = m
- Forze = kN

## 7.5 Geometria della pila

Generali		
Peso cls	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	20	kN/m <sup>3</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	8.70	m
Pulvino		
Altezza	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	3.20	m
Lunghezza lungo asse Y	10.00	m
Coordinata X del baricentro	0.00	m
Fusto		
Altezza	6.30	m
Lunghezza lungo asse X	2.00	m
Lunghezza lungo asse Y	5.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	0.00	m
Plinto		
Altezza	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	9.40	m
Lunghezza lungo asse Y	9.40	m
Spessore ricoprimento medio	1.50	m
Sisma		
S <sub>s</sub>	1.366	
a <sub>g</sub>	0.242	
F <sub>0</sub>	2.452	
Coefficiente riduttivo	1.00	
Coefficiente sismico orizzontale (plateau)	0.811	
Coefficiente sismico orizzontale (T=0)	0.331	
Coefficiente per sisma verticale	0.165	
% del carico mobile su impalcato nell'azione sismica	20%	

Tabella 2 – Dati di input

	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

## 7.6 Analisi dei carichi

Per il calcolo delle sollecitazioni globali, si assume un sistema di riferimento in cui la direzione x è longitudinale alla direzione dell'impalcato, la direzione y trasversale ad esso e la direzione z diretta verso l'alto.

Gli apparecchi d'appoggio fissi e mobili presenti sulla pila, sono stati caricati tenendo conto degli scarichi calcolati nell'elaborato relativo alla Relazione di calcolo dell'Impalcato.

Alla luce dello schema strutturale dell'impalcato, le azioni causate da variazioni termiche e da ritiro non sono state considerate.

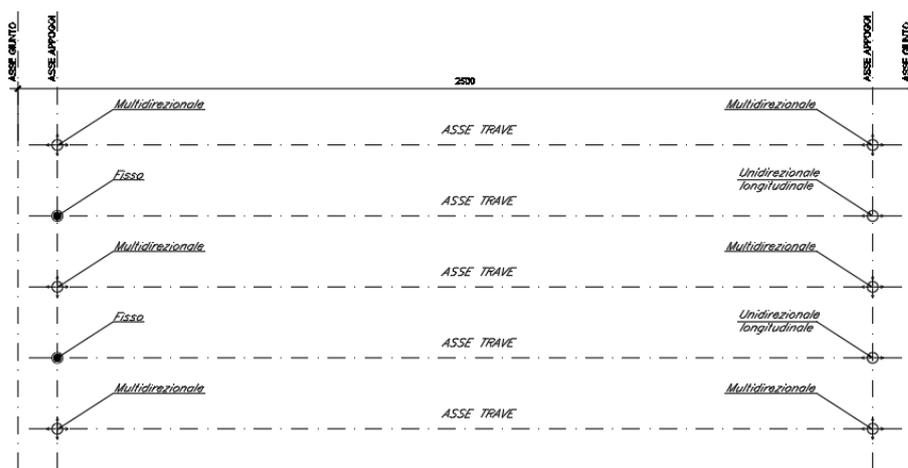
### 7.6.1 Peso proprio elementi strutturali ( $g_1$ )

#### ➤ *Peso proprio strutture*

I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

### 7.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato, a cui si rimanda per le reazioni sugli appoggi derivanti dall'analisi dell'impalcato (vedi schema appoggi campata tipo):



L'impalcato risulta essere appoggiato, per cui gli scarichi dovuti a pesi propri e carichi permanenti risultano simmetrici.

IMPALCATO SX APPOGGI FISSI																			
Appoggio		A			B			C			D			E			biz	Mx	My
Descrizione carico		FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY			
Peso proprio+permanenti	g <sub>1</sub> +g <sub>2</sub>	688			564			559			564			688			0.00	0	0
C. Mobili disposiz. A - Max	q <sub>1a</sub>	440			402			359			316			275			0.00	-874	0
Frenatura	q <sub>3</sub>				211						211						2.10	0	885
Vento a ponte carico	q <sub>5</sub>						74						74				2.05	0	0
Sisma longitudinale	q <sub>6</sub>				2773						2773						1.55	0	8597
Sisma trasversale	q <sub>6</sub>						1387						1387				1.55	0	0
Sisma verticale	q <sub>6</sub>	113			113			113			113			113			0.00	0	0
Attrito dei vincoli	q <sub>7</sub>		34			29			28			26			29		0.00	0	0

IMPALCATO DX APPOGGI MOBILI																			
Appoggio		A			B			C			D			E			biz	Mx	My
Descrizione carico		FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY			
Peso proprio+permanenti	g <sub>1</sub> +g <sub>2</sub>	688			564			559			564			688			0.00	0	0
C. Mobili disposiz. A - Max	q <sub>1a</sub>	440			402			359			316			275			0.00	874	0
Vento a ponte carico	q <sub>5</sub>						74						74				2.05	0	0
Sisma trasversale	q <sub>6</sub>						1387						1387				1.55	0	0
Sisma verticale	q <sub>6</sub>	113			113			113			113			113			0.00	0	0
Attrito dei vincoli	q <sub>7</sub>		34			29			28			26			29		0.00	0	0

### 7.6.3 Carichi mobili (Q1)

Gli scarichi relativi ai carichi mobili verticali, sono stati calcolati nell'elaborato relativo alla Relazione di calcolo dell'Impalcato considerando la tabella seguente.

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Carichi sulla carreggiata							Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
Carichi verticali				Carichi orizzontali		Carichi verticali	
Gruppo di azioni	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q <sub>3</sub>	Forza centrifuga q <sub>4</sub>	Carico uniformemente distribuito	
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m <sup>2</sup>	
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico			
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico		
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>	
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>	
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale					

(\*) Ponti di 3<sup>a</sup> categoria  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A	FOGLIO 27 di 57

#### **7.6.4 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione (Q3)**

Gli scarichi relativi alle azioni da frenatura o di accelerazione, sono stati calcolati nell'elaborato relativo alla Relazione di calcolo dell'Impalcato.

#### **7.6.5 Azione centrifuga (Q4)**

Essendo l'impalcato in un tratto in rettilineo, la forza centrifuga è nulla.

#### **7.6.6 Azione del vento (Q5)**

Gli scarichi relativi alle azioni da vento, sono stati calcolati nell'elaborato relativo alla Relazione di calcolo dell'Impalcato.

Per quanto riguarda le pile, seguendo quanto indicato nel §C3.3.10.4.1 (NTC08) si utilizza un  $CP = 1.4$ , per cui si ha una pressione del vento pari a  $1.6 \text{ kN/m}^2$ . Considerando le due dimensioni della pila, sia lungo la direzione X che lungo la direzione Y, si assegna il carico longitudinale e trasversale del vento.

#### **7.6.7 Urto da traffico ferroviario**

La pila rispetto all'asse binario si trova ad una distanza compresa fra 5 e 15 m, per cui seguendo il § 3.6.3.4 relativo agli urti da traffico ferroviario, si è considerata una forza in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari pari a 2000 kN e in direzione perpendicolare pari a 750 kN.

Tale azione è stata considerata come azione eccezionale.

#### **7.6.8 Attrito (Q7)**

E' stato considerato un coefficiente d'attrito degli apparecchi d'appoggio pari al 3% del carico derivante da pesi propri, permanenti ed accidentali.

#### **7.6.9 Inerzie strutturali**

Si valutano le inerzie legate alla massa degli elementi strutturali con la seguente formula considerando l'ag al plateau.

In fase sismica si considerano agenti i carichi mobili con un coefficiente  $\psi_{2j} = 0,2$ .

 <b>ITOLFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

### 7.6.10 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

$N, M_l, M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l, J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove  $H_l, H_t$

sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

### 7.6.11 Riepilogo risultati

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale  $N$ , forza orizzontale  $T$  e momento ribaltante  $M$ .
- Per i carichi sui pali in termini di  $N_{\max}, N_{\min}, T$  ed  $M$ . Il momento sul singolo palo viene calcolato come  $M = T * \lambda/2$ , essendo  $\lambda$  la lunghezza elastica del palo immerso in un terreno alla Winkler con costante  $k$ .

### SPICCATO FUSTO

#### AZIONI SU PILA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	g1	2000.00	0.00	0.00	0.00		7.55	0.00	0.00
Fusto	g1	1575.00	0.00	0.00			3.15	0.00	0.00
		<b>3575.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Vento fusto/pulvino			141.25	51.50			4.40	226.60	621.50

#### AZIONI SU PILA [kN,m]

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	q6		1621.13		0.00	0.00	7.55	0.00	12239.49
Fusto	q6		1276.64		0.00	0.00	3.15	0.00	4021.40
			<b>2897.76</b>					<b>0.00</b>	<b>16260.90</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	q6			1621.13	0.00	0.00	7.55	12239.49	0.00
Fusto	q6			1276.64	0.00	0.00	3.15	4021.40	0.00
				<b>2897.76</b>				<b>16260.90</b>	<b>0.00</b>

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	q6	330.57			0.00	0.00	7.55	0.00	0.00
Fusto	q6	260.33			0.00	0.00	3.15	0.00	0.00
		<b>590.90</b>						<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**FONDAZIONE**

**AZIONI SULLA PILA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	g1	2000.00			0.00		9.55	0.00	0.00
Fusto	g1	1575.00			0.00		5.15	0.00	0.00
Plinto	g1	4418.00			0.00		1.00	0.00	0.00
		<b>7993.00</b>						<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Vento fusto/pulvino			141.25	51.50			6.40	0.00	904.00
Ricop. Plinto	g3	2350.80			0.00			0.00	0.00

**AZIONI SULLA PILA [kN,m]**

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	q6		1621.13		0.00	0.00	9.55	0.00	15481.74
Fusto	q6		1276.64		0.00	0.00	5.15	0.00	6574.68
Plinto	q6		1460.47		0.00	0.00	1.00	0.00	1460.47
			<b>4358.23</b>						<b>23516.89</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	q6			1621.13	0.00	0.00	9.55	15481.74	0.00
Fusto	q6			1276.64	0.00	0.00	5.15	6574.68	0.00
Plinto	q6			1460.47	0.00	0.00	1.00	1460.47	0.00
				<b>4358.23</b>				<b>23516.89</b>	<b>0.00</b>

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Pulvino	q6	330.57			0.00	0.00	9.55	0.00	0.00
Fusto	q6	260.33			0.00	0.00	5.15	0.00	0.00
Plinto	q6	730.23			0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
		<b>1321.13</b>						<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA AGLI APPOGGI																
	COMB. DI CARICO	Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Nz,B [kN]	Tx,B [kN]	Ty,B [kN]	Nz,C [kN]	Tx,C [kN]	Ty,C [kN]	Nz,D [kN]	Tx,D [kN]	Ty,D [kN]	Nz,E [kN]	Tx,E [kN]	Ty,E [kN]
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	1376	0	0	1128	0	192	1118	0	0	1128	0	192	1376	0	0
	C.C. GEO 2	2388	0	0	2053	0	115	1944	0	0	1855	0	115	2009	0	0
	C.C. GEO 3	2135	0	0	1821	274	115	1737	0	0	1673	274	115	1850	0	0
	C.C. GEO 4	2135	0	0	1821	0	115	1737	0	0	1673	0	115	1850	0	0
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	2564	0	0	2213	0	133	2087	0	0	1981	0	133	2119	0	0
	C.C. SLU 2	3046	0	0	2608	0	133	2479	0	0	2376	0	133	2600	0	0
	C.C. SLU 3	2267	0	0	1942	316	133	1845	0	0	1768	316	133	1933	0	0
	C.C. SLU 4	2749	0	0	2337	316	133	2236	0	0	2163	316	133	2414	0	0
	C.C. SLU 5	2267	0	0	1942	0	133	1845	0	0	1768	0	133	1933	0	0
	C.C. SLU 6	2749	0	0	2337	0	133	2236	0	0	2163	0	133	2414	0	0
	C.C. SLU 7	2256	0	0	1932	0	222	1836	0	0	1760	0	222	1926	0	0
	C.C. SLU 8	2738	0	0	2327	0	222	2227	0	0	2155	0	222	2408	0	0
	C.C. SLU 9	1376	0	0	1128	0	0	1118	0	0	1128	0	0	1376	0	0
	C.C. SLU 10	1858	0	0	1523	0	0	1509	0	0	1523	0	0	1858	0	0
	C.C. SLU 11	1552	0	0	1289	42	0	1262	0	0	1254	42	0	1486	0	0
	C.C. SLU 12	1552	0	0	1289	42	0	1262	0	0	1254	42	0	1486	0	0
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	2256	0	0	1932	211	89	1836	0	0	1760	211	89	1926	0	0
	C.C. SLE Frequente	2036	0	0	1731	158	30	1657	0	0	1602	158	30	1789	0	0
	C.C. SLE Q.P.	1376	0	0	1128	0	0	1118	0	0	1128	0	0	1376	0	0
SISMA	Sisma X Nmax+	1620	0	0	1357	2773	832	1329	0	0	1322	2773	832	1554	0	0
	Sisma Z Nmax+	1444	0	0	1196	832	250	1186	0	0	1196	832	250	1444	0	0
	Sisma Y Nmax+	1396	0	0	1148	832	832	1138	0	0	1148	832	832	1396	0	0
	Sisma X Nmax-	1308	0	0	1060	2773	832	1050	0	0	1060	2773	832	1308	0	0
	Sisma Z Nmax-	1308	0	0	1060	832	250	1050	0	0	1060	832	250	1308	0	0
Sisma Y Nmax-	1356	0	0	1108	832	832	1098	0	0	1108	832	832	1356	0	0	

## 7.7 Sollecitazioni

### 7.7.1 Fusto pila

Le sollecitazioni riportate nella seguente tabella sono state ottenute dal modello di calcolo descritto nei paragrafi precedenti.

		CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL FUSTO				
		COMB. DI CARICO	N <sub>z,A</sub> [kN]	M <sub>yy</sub> [kNm]	M <sub>xx</sub> [kNm]	T <sub>x,A</sub> [kN]
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	9701	808	2719	184	503
	C.C. GEO 2	13823	485	3641	110	323
	C.C. GEO 3	12792	5088	3138	658	323
	C.C. GEO 4	12792	485	3138	110	323
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	14539	559	4241	127	364
	C.C. SLU 2	17935	559	4241	127	382
	C.C. SLU 3	13330	5871	3651	759	364
	C.C. SLU 4	16725	5871	3651	759	382
	C.C. SLU 5	13330	559	3651	127	364
	C.C. SLU 6	16725	559	3651	127	382
	C.C. SLU 7	13285	932	4884	212	573
	C.C. SLU 8	16680	932	4884	212	591
	C.C. SLU 9	9701	0	0	0	52
	C.C. SLU 10	13096	0	0	0	70
	C.C. SLU 11	10418	2958	349	834	52
	C.C. SLU 12	10418	708	6349	84	2052
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	13285	3914	3002	506	260
	C.C. SLE Frequente	12389	2780	1729	344	121
	C.C. SLE Q.P.	9701	0	0	0	52
SISMA	Sisma X Nmax+	10934	43540	22237	8444	2533
	Sisma Z Nmax+	10631	13062	14087	2533	1369
	Sisma Y Nmax+	9980	13062	32609	2533	4562
	Sisma X Nmax-	9184	43540	20855	8444	2533
	Sisma Z Nmax-	8771	13062	13517	2533	1369
	Sisma Y Nmax-	9422	13062	32438	2533	4562

Tabella 3 – Sollecitazioni alla base del fusto

### 7.7.2 Plinto di fondazione

In questo paragrafo si riporta la determinazione delle sollecitazioni in quota testa pali che si ottengono sommando, alle azioni provenienti dall'impalcato, la risultante e il momento risultante dei pesi della struttura. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie.

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

		CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE				
		COMB. DI CARICO	N <sub>z,A</sub> [kN]	T <sub>x,A</sub> [kN]	T <sub>y,A</sub> [kN]	M <sub>xx</sub> [kNm]
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	15094	184	452	9127	1175
	C.C. GEO 2	18583	110	271	12454	705
	C.C. GEO 3	17711	658	271	11287	6624
	C.C. GEO 4	17711	110	271	11287	705
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	19190	127	313	13574	814
	C.C. SLU 2	24473	127	313	15597	814
	C.C. SLU 3	18166	759	313	12205	7643
	C.C. SLU 4	23449	759	313	14228	7643
	C.C. SLU 5	18166	127	313	12205	814
	C.C. SLU 6	23449	127	313	14228	814
	C.C. SLU 7	18128	212	521	13699	1356
	C.C. SLU 8	23411	212	521	15722	1356
	C.C. SLU 9	15094	0	0	5779	0
	C.C. SLU 10	20377	0	0	7802	0
	C.C. SLU 11	15701	834	0	6591	3161
	C.C. SLU 12	15701	84	2000	12591	911
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	18128	506	209	11382	5095
	C.C. SLE Frequente	17369	344	70	9337	3595
	C.C. SLE Q.P.	15094	0	0	5779	0
SISMA	Sisma X Nmax+	17922	9905	2971	21881	80369
	Sisma Z Nmax+	18130	2971	1807	11398	24111
	Sisma Y Nmax+	16968	2971	6022	37993	24111
	Sisma X Nmax-	15734	9905	2971	21531	80369
	Sisma Z Nmax-	14809	2971	1807	11398	24111
	Sisma Y Nmax-	15972	2971	6022	37993	24111

Tabella 4 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

## 7.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni, derivanti dal modello di calcolo, sono comprensive dei coefficienti  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  previsti dalla normativa.

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
C.C. SLU 1	19190	127	313	13574	814	2798	1466	38
C.C. SLU 2	24473	127	313	15597	814	3479	1959	38
C.C. SLU 3	18166	759	313	12205	7643	2937	1100	91
C.C. SLU 4	23449	759	313	14228	7643	3618	1593	91
C.C. SLU 5	18166	127	313	12205	814	2621	1416	38
C.C. SLU 6	23449	127	313	14228	814	3302	1909	38
C.C. SLU 7	18128	212	521	13699	1356	2711	1317	63
C.C. SLU 8	23411	212	521	15722	1356	3392	1811	63
C.C. SLU 9	15094	0	0	5779	0	1945	1410	0
C.C. SLU 10	20377	0	0	7802	0	2625	1903	0
						3618	1100	91

Tabella 5 – SOLLECITAZIONI BARICENTRO PALIFICATA e sollecitazioni massime sul singolo palo C.C.SLU”

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Sisma X Nmax+	17922	9905	2971	21881	80369	6725	-2742	1149
Sisma Z Nmax+	18130	2971	1807	11398	24111	3658	371	386
Sisma Y Nmax+	16968	2971	6022	37993	24111	4761	-990	746
Sisma X Nmax-	15734	9905	2971	21531	80369	6466	-2969	1149
Sisma Z Nmax-	14809	2971	1807	11398	24111	3289	2	386
Sisma Y Nmax-	15972	2971	6022	37993	24111	4650	-1101	746
						6725	-2969	1149

Tabella 6 – SOLLECITAZIONI BARICENTRO PALIFICATA e sollecitazioni massime sul singolo palo C.C.SLV

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
C.C. SLE Rara	18128	506	209	11382	5095	2777	1251	61
C.C. SLE Frequente	17369	344	70	9337	3595	2529	1331	39
C.C. SLE Quasi permanenti	15094	0	0	5779	0	1945	1410	0
						2777	1251	61

Tabella 7 – SOLLECITAZIONI BARICENTRO PALIFICATA e sollecitazioni massime sul singolo palo C.C.SLE

### 7.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

#### CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL FUSTO

			N <sub>z,A</sub> [kN]	T <sub>x,A</sub> [kN]	T <sub>y,A</sub> [kN]	M <sub>xx</sub> [kNm]	M <sub>yy</sub> [kNm]
SLU GEO	N <sub>z,A<sub>max</sub></sub>	C.C. GEO 2	13823	110	323	3641	485
	T <sub>x,A<sub>max</sub></sub>	C.C. GEO 3	12792	658	323	3138	5088
	T <sub>y,A<sub>max</sub></sub>	C.C. GEO 1	9701	184	503	2719	808
	M <sub>xx<sub>max</sub></sub>	C.C. GEO 2	13823	110	323	3641	485
	M <sub>yy<sub>max</sub></sub>	C.C. GEO 3	12792	110	323	3138	5088
SLU STR	N <sub>z,A<sub>max</sub></sub>	C.C. SLU 2	17935	127	382	4241	559
	T <sub>x,A<sub>max</sub></sub>	C.C. SLU 11	10418	834	52	349	2958
	T <sub>y,A<sub>max</sub></sub>	C.C. SLU 12	10418	84	2052	6349	708
	M <sub>xx<sub>max</sub></sub>	C.C. SLU 12	10418	84	52	6349	708
	M <sub>yy<sub>max</sub></sub>	C.C. SLU 3	13330	84	52	3651	5871
SLE		C.C. SLE Rara	13285	3914	3002	506	260
		C.C. SLE Frequente	12389	2780	1729	344	121
		C.C. SLE Q.P.	9701	0	0	0	52
SISMA	N <sub>z,A<sub>max</sub></sub>	Sisma X Nmax+	10934	8444	2533	22237	43540
	T <sub>x,A<sub>max</sub></sub>	Sisma X Nmax+	10934	8444	2533	22237	43540
	T <sub>y,A<sub>max</sub></sub>	Sisma Y Nmax+	9980	2533	4562	32609	13062
	M <sub>xx<sub>max</sub></sub>	Sisma Y Nmax+	9980	2533	2533	32609	13062
	M <sub>yy<sub>max</sub></sub>	Sisma X Nmax+	10934	2533	2533	22237	43540

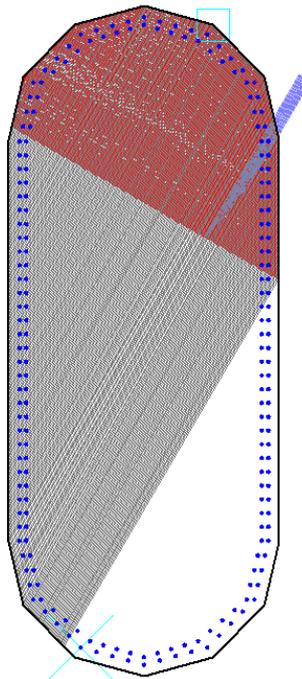
**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	C.C. GEO 2	18583	110	271	12454	705
	Tx,A <sub>max</sub>	C.C. GEO 3	17711	658	271	11287	6624
	Ty,A <sub>max</sub>	C.C. GEO 1	15094	184	452	9127	1175
	Mxx <sub>max</sub>	C.C. GEO 2	18583	110	271	12454	705
	Myy <sub>max</sub>	C.C. GEO 3	17711	110	271	11287	6624
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	C.C. SLU 2	24473	127	313	15597	814
	Tx,A <sub>max</sub>	C.C. SLU 11	15701	834	0	6591	3161
	Ty,A <sub>max</sub>	C.C. SLU 12	15701	84	2000	12591	911
	Mxx <sub>max</sub>	C.C. SLU 8	23411	212	0	15722	1356
	Myy <sub>max</sub>	C.C. SLU 3	18166	212	0	12205	7643
SLE		C.C. SLE Rara	18128	506	209	11382	5095
		C.C. SLE Frequente	17369	344	70	9337	3595
		C.C. SLE Q.P.	15094	0	0	5779	0
SISMA	Nz,A <sub>max</sub>	Sisma Z Nmax+	18130	2971	1807	11398	24111
	Tx,A <sub>max</sub>	Sisma X Nmax+	17922	9905	2971	21881	80369
	Ty,A <sub>max</sub>	Sisma Y Nmax+	16968	2971	6022	37993	24111
	Mxx <sub>max</sub>	Sisma Y Nmax+	16968	2971	2971	37993	24111
	Myy <sub>max</sub>	Sisma X Nmax+	17922	2971	2971	21881	80369

### 7.9.1 Fusto pila

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

*Caratteristiche della sezione :*



*Armatura verticale*

$$A_s = \phi 26/10 + \phi 26/10 \text{ su tutto il perimetro} \quad \text{spille } \phi 14/15 \times 15$$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	38 di 57

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: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-100.0	150.0
2	-89.0	197.0
3	-51.0	236.0
4	0.0	250.0
5	51.0	236.0
6	89.0	197.0
7	100.0	150.0
8	100.0	-150.0
9	89.0	-197.0
10	51.0	-236.0
11	0.0	-250.0
12	-51.0	-236.0
13	-89.0	-197.0
14	-100.0	-150.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-92.0	149.1	26
2	-81.7	193.0	26
3	-46.8	228.9	26
4	0.0	241.7	26
5	46.8	228.9	26
6	81.7	193.0	26
7	92.0	149.1	26
8	92.0	-149.1	26
9	81.7	-193.0	26
10	46.8	-228.9	26
11	0.0	-241.7	26
12	-46.8	-228.9	26
13	-81.7	-193.0	26
14	-92.0	-149.1	26
15	-87.0	-149.0	26
16	87.0	-149.0	26
17	-87.0	149.0	26
18	87.0	149.0	26
19	76.0	193.0	26
20	-76.0	193.0	26
21	-76.0	-193.0	26

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	39 di 57

22	76.0	-193.0	26
23	-40.0	224.0	26
24	40.0	224.0	26
25	-40.0	-224.0	26
26	40.0	-224.0	26
27	0.0	236.0	26
28	0.0	-236.0	26

**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	1	2	3	26
2	2	3	3	26
3	3	4	3	26
4	4	5	3	26
5	5	6	3	26
6	6	7	3	26
7	7	8	28	26
8	8	9	3	26
9	9	10	3	26
10	10	11	3	26
11	11	12	3	26
12	13	14	3	26
13	12	13	3	26
14	1	14	28	26
15	15	17	28	26
16	18	16	28	26
17	17	20	3	26
18	18	19	3	26
19	16	22	3	26
20	15	21	3	26
21	20	23	3	26
22	19	24	3	26
23	22	26	3	26
24	25	21	3	26
25	27	24	3	26
26	27	23	3	26
27	28	26	3	26
28	28	25	3	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	10 mm
Passo staffe:	3.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

**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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	40 di 57

Vy  
Vx

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	17935.00	4241.00	559.00	382.00	127.00
2	10418.00	349.00	2958.00	52.00	834.00
3	10418.00	6349.00	708.00	2052.00	84.00
4	10418.00	6349.00	708.00	52.00	84.00
5	13330.00	3651.00	5871.00	52.00	84.00
6	13285.00	506.00	260.00	3002.00	3914.00
7	12389.00	344.00	121.00	1729.00	2780.00
8	9701.00	0.00	52.00	0.00	0.00
9	10934.00	22237.00	43540.00	2533.00	8444.00
10	10934.00	22237.00	43540.00	2533.00	8444.00
11	9980.00	32609.00	13062.00	4562.00	2533.00
12	9980.00	32609.00	13062.00	2533.00	2533.00
13	10934.00	22237.00	43540.00	2533.00	2533.00

**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	13285.00	506.00	260.00

**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 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	12389.00	344.00 (972.77)	121.00 (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 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	9701.00	0.00 (1082.65)	52.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	41 di 57

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.7	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [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	17935.00	4241.00	559.00	17934.76	106564.01	13751.34	25.121125.6(270.3)	
2	S	10418.00	349.00	2958.00	10417.94	5532.14	46551.20	15.741125.6(270.3)	
3	S	10418.00	6349.00	708.00	10417.83	99092.79	10654.70	15.601125.6(270.3)	
4	S	10418.00	6349.00	708.00	10417.83	99092.79	10654.70	15.601125.6(270.3)	
5	S	13330.00	3651.00	5871.00	13330.01	28673.50	46214.21	7.871125.6(270.3)	
6	S	13285.00	506.00	260.00	13284.86	70231.26	35652.60	138.451125.6(270.3)	
7	S	12389.00	344.00	121.00	12389.22	83065.86	28871.49	241.161125.6(270.3)	
8	S	9701.00	0.00	52.00	9700.89	0.15	46216.28	888.771125.6(270.3)	
9	S	10934.00	22237.00	43540.00	10933.99	22965.36	45381.59	1.041125.6(270.3)	
10	S	10934.00	22237.00	43540.00	10933.99	22965.36	45381.59	1.041125.6(270.3)	
11	S	9980.00	32609.00	13062.00	9980.27	76568.16	30370.61	2.341125.6(270.3)	
12	S	9980.00	32609.00	13062.00	9980.27	76568.16	30370.61	2.341125.6(270.3)	
13	S	10934.00	22237.00	43540.00	10933.99	22965.36	45381.59	1.041125.6(270.3)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	51.0	236.0	0.00329	46.8	228.9	-0.00783	-46.8	-228.9
2	0.00350	100.0	150.0	0.00280	92.0	149.1	-0.01382	-92.0	-149.1
3	0.00350	51.0	236.0	0.00327	46.8	228.9	-0.00943	-46.8	-228.9
4	0.00350	51.0	236.0	0.00327	46.8	228.9	-0.00943	-46.8	-228.9
5	0.00350	100.0	150.0	0.00304	92.0	149.1	-0.00940	-92.0	-149.1
6	0.00350	89.0	197.0	0.00321	81.7	193.0	-0.00737	-81.7	-193.0
7	0.00350	89.0	197.0	0.00324	81.7	193.0	-0.00761	-81.7	-193.0
8	0.00350	100.0	150.0	0.00270	92.0	149.1	-0.01573	-92.0	-149.1
9	0.00350	100.0	150.0	0.00299	92.0	149.1	-0.01055	-92.0	-149.1
10	0.00350	100.0	150.0	0.00299	92.0	149.1	-0.01055	-92.0	-149.1
11	0.00350	89.0	197.0	0.00322	81.7	193.0	-0.00789	-81.7	-193.0
12	0.00350	89.0	197.0	0.00322	81.7	193.0	-0.00789	-81.7	-193.0
13	0.00350	100.0	150.0	0.00299	92.0	149.1	-0.01055	-92.0	-149.1

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	42 di 57

**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	0.000012552	0.000021732	-0.002268934	----	----
2	0.000086910	0.000002102	-0.005506272	----	----
3	0.000011504	0.000025404	-0.003081918	----	----
4	0.000011504	0.000025404	-0.003081918	----	----
5	0.000056242	0.000007031	-0.003178919	----	----
6	0.000032428	0.000013676	-0.002080198	----	----
7	0.000026582	0.000016850	-0.002185325	----	----
8	0.000100181	0.000000000	-0.006518124	----	----
9	0.000063363	0.000006302	-0.003781601	----	----
10	0.000063363	0.000006302	-0.003781601	----	----
11	0.000029570	0.000016254	-0.002333724	----	----
12	0.000029570	0.000016254	-0.002333724	----	----
13	0.000063363	0.000006302	-0.003781601	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                    10 mm  
Passo staffe:                    3.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver                    S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved                    Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                    Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
Vwd                    Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z                    Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
                          Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
                          I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
                          E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                    Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                    Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                    Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
                          Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
                          L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
                          ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	394.31	20169.23	14233.94 310.7	277.9	202.5	2.500	1.106	1.5	52.4(0.0)
2	S	835.01	26317.48	8803.80 185.3	171.9	445.0	2.500	1.061	5.0	52.4(0.0)
3	S	1903.92	20157.79	15994.80 343.9	312.3	187.6	2.500	1.061	6.2	52.4(0.0)
4	S	82.02	20157.79	15994.80 343.9	312.3	187.6	2.500	1.061	0.3	52.4(0.0)
5	S	89.80	26337.75	8669.25 185.7	169.3	445.1	2.500	1.079	0.5	52.4(0.0)
6	S	4772.95	20715.08	9040.19 198.1	176.5	335.8	2.500	1.078	27.6	52.4(0.0)
7	S	3273.69	18250.50	9586.72 211.7	187.2	280.3	2.500	1.073	17.9	52.4(0.0)
8	S	0.00	37945.13	3542.12 185.7	172.9	441.7	1.000	1.057	0.0	52.4(0.0)
9	S	8653.23	26112.06	8733.28 185.6	170.5	443.8	2.500	1.065	51.9	52.4(0.0)
10	S	8653.23	26112.06	8733.28 185.6	170.5	443.8	2.500	1.065	51.9	52.4(0.0)
11	S	4417.24	18246.53	9349.23 205.4	182.5	291.2	2.500	1.059	24.7	52.4(0.0)
12	S	3439.89	18246.53	9349.23 205.4	182.5	291.2	2.500	1.059	19.3	52.4(0.0)
13	S	2771.24	26112.06	8733.28 185.6	170.5	443.8	2.500	1.065	16.6	52.4(0.0)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA <b>LI02</b>	LOTTO <b>02 D 78</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>IV0005 001</b>	REV. <b>A</b>

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.35	89.0	197.0	17.0	-81.7	-193.0	---	---

### 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 di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00046	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	949.77	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.22	89.0	197.0	16.5	-81.7	-193.0	---	---

### 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	-0.00042	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	972.77	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	0.92	100.0	150.0	13.4	-92.0	-138.8	---	---

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00028	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	1082.65	0.00

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

### 7.9.2 Zattera di fondazione

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto.

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 6725 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 7.9.2.1 Unghia anteriore platea fondazione

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di trave a mensola. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo anteriore della pila, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo.

Le sollecitazioni agenti risultano:

$$T = N_{\max} = 6725 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$M = T \cdot b = 6725 \text{ kN} \cdot 3.2 \text{ m} = 21520 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Dove b è la distanza tra il paolo ed il fusto della pila.

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	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
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	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	45 di 57

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-145.0	200.0
2	145.0	200.0
3	145.0	0.0
4	-145.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-137.0	192.0	26
2	137.0	192.0	26
3	137.0	8.0	26
4	-137.0	8.0	26
5	-137.0	13.0	26
6	137.0	13.0	26

**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	3	4	28	26
2	5	6	28	26
3	1	2	28	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 1.7 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**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	0.00	21520.00	0.00	6725.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	46 di 57

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.7	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [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	0.00	21520.00	0.00	0.00	22636.66	0.00	1.05477.8(174.0)	

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	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	-145.0	200.0	0.00201	-137.0	192.0	-0.03233	-137.0	8.0

**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	0.000186636	-0.033827225		

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	10	mm
Passo staffe:	1.7	cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b> <b>Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</b> <b>Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali</b> <b>IV05-IV07 cavalcaferrovia</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PILA</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0005 001	REV. A

Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	6725.00	13062.51	16676.86	192.5  184.5	290.0	2.500	1.000	37.3	92.4(0.0)

### 7.9.3 Palo di fondazione L=35.0m

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

Il momento flettente agente in testa palo viene derivato dal taglio in testa palo nell'ipotesi di elasticità lineare sia per il palo che per il terreno. Risulta

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.35$  (vedi capitolo successivo o relazione geotecnica)

Le verifiche del palo vengono condotte nei riguardi delle condizioni di massimo sforzo normale, con momento flettente associato.

$$N_{\max} = 6725 \text{ kN}$$

$$T = 1149 \text{ kN}$$

$$M = 2701 \text{ kNm}$$

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 120 \text{ cm}$

$$A_s = 30 + 30\phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 35.00\text{m}$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	48 di 57

Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	60.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
$\emptyset$	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	$\emptyset$
1	0.0	0.0	52.0	30	26
2	0.0	0.0	47.0	30	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	14	mm
Passo staffe:	15.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

**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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	49 di 57

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	6725.00	2701.00	0.00	1149.00	0.00
2	-2969.00	2701.00	0.00	1149.00	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	1251.00	144.00	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 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	1331.00	92.00 (0.00)	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 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	1410.00	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.3 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
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)

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	50 di 57

As Totale Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
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	6725.00	2701.00	0.00	6724.92	5474.58	0.00	2.03	318.6(33.9)
2	S	-2969.00	2701.00	0.00	-2968.93	4030.76	0.00	1.49	318.6(33.9)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00305	0.0	52.0	-0.00282	0.0	-52.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00258	0.0	52.0	-0.00940	0.0	-52.0

**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	0.000056455	0.000112711	----	----
2	0.000000000	0.000115208	-0.003412476	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 14 mm  
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1149.00	2439.58	2808.59	93.8  73.5	108.8	2.500	1.250	16.0	39.1(0.0)
2	S	1149.00	2180.18	3363.31	97.3  88.0	101.5	2.500	1.000	13.3	39.1(0.0)

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	51 di 57

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.32	0.0	0.0	4.7	0.0	-52.0	---	---

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

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.17	0.0	0.0	7.9	0.0	-52.0	---	---

**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	0.00000	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	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.88	0.0	0.0	13.1	0.0	-52.0	---	---

**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

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	52 di 57

Capacita' portante palo D=1200 mm-SLU A1+M1+R3:

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
30.00	10190.	2466.	170.	12486.	6101.
30.50	10368.	2477.	172.	12672.	6194.
31.00	10636.	3125.	175.	13585.	6610.
31.50	10919.	3656.	178.	14397.	6982.
32.00	11202.	4110.	181.	15130.	7321.
32.50	11484.	4563.	184.	15864.	7660.
33.00	11767.	5017.	187.	16597.	7998.
33.50	12050.	5470.	189.	17330.	8337.
34.00	12333.	5923.	192.	18064.	8675.
34.50	12615.	6377.	195.	18797.	9014.
35.00	12898.	6560.	198.	19260.	9235.
35.50	13181.	6560.	201.	19540.	9376.
36.00	13464.	6560.	204.	19820.	9518.
36.50	13746.	6560.	206.	20100.	9659.
37.00	14029.	6560.	209.	20379.	9800.
37.50	14312.	6560.	212.	20659.	9942.
38.00	14595.	6560.	215.	20939.	10083.
38.50	14877.	6560.	218.	21219.	10225.
39.00	15160.	6560.	221.	21499.	10366.
39.50	15443.	6560.	223.	21779.	10508.
40.00	15725.	6560.	226.	22059.	10649.
40.50	16008.	6560.	229.	22339.	10790.
41.00	16291.	6560.	232.	22619.	10932.
41.50	16574.	6560.	235.	22899.	11073.
42.00	16856.	6560.	238.	23179.	11215.
42.50	17139.	6560.	240.	23459.	11356.
43.00	17422.	6560.	243.	23738.	11498.

43.50 17705. 6560. 246. 24018. 11639.  
44.00 17987. 6560. 249. 24298. 11780.  
44.50 18270. 6560. 252. 24578. 11922.

-----

### 7.10 Verifica del Pulvino

Si riportano le verifiche del pulvino relativamente alle mensole esterne. Il calcolo viene svolto utilizzando lo schema di calcolo tirante-puntone descritto al §C4.1.2.1.5. Come azione sollecitante verticale (P) viene considerata la massima reazione verticale riscontrata nel modello dell'impalcato, pari a 3308 KN, moltiplicata per due. A questa si aggiunge l'azione dovuta al peso proprio del pulvino stesso, pari ad 416 kN. Non sono invece presenti azioni orizzontali (H) in quanto gli apparecchi di appoggio di estremità non impediscono la traslazione in direzione trasversale. L'armatura resistente è costituita da un doppio strato di  $\phi 20$  passo 20 cm (per complessivi 36 ferri).

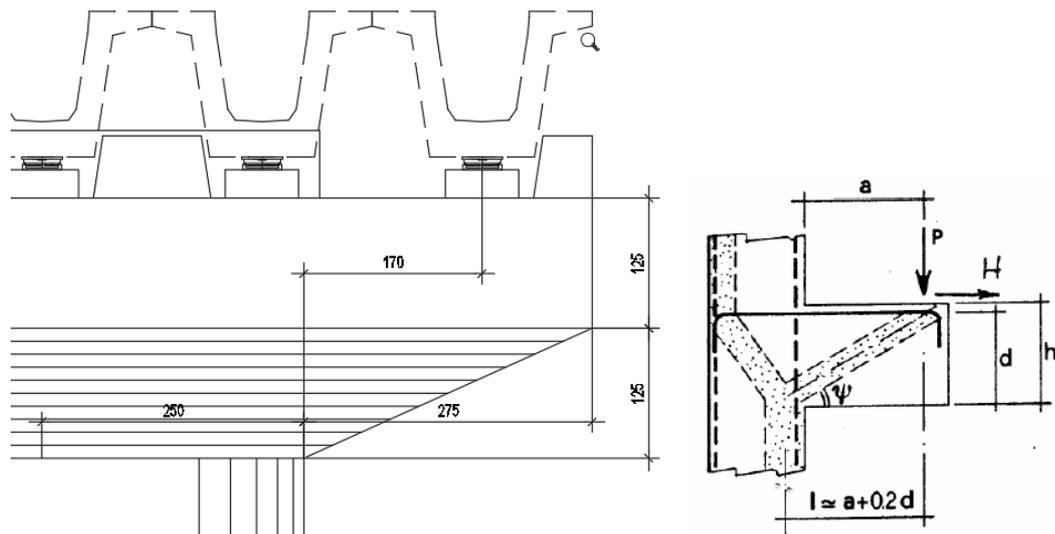


figura 2: Schema di mensola tozza per il pulvino

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	54 di 57

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>3.60</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>3724.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>0.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>1.70</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>2.50</b>	m	spessore mensola
$\bar{\delta}(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.40	m	altezza utile
$l(m) =$	2.18	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	1.01		$\lambda = ctgv \leq l(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sbalzi di piastre (no staffatura)

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>18.1</b>	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	<b>391.0</b>	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
$n^{\circ} R1 =$	<b>2</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>20.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	314.16	$nb\ tot\ 1 =$	72.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	22619.45	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>22619.45</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^{\circ} R2 =$	<b>0</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>26.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 2 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>0.00</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^{\circ} R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

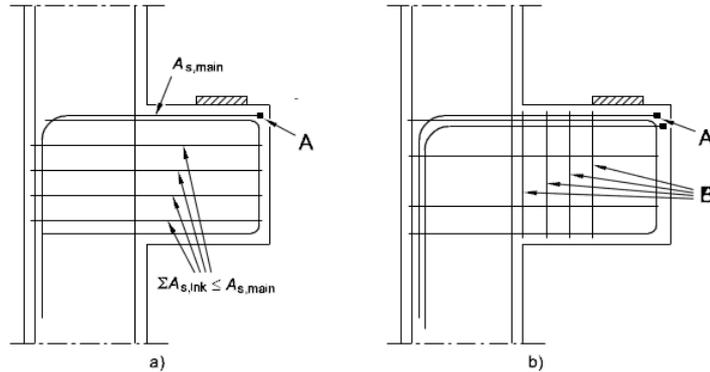
$P_{RC} =$   KN

Si prescrive inoltre l'adozione di un armatura a taglio secondo quanto previsto dal §J.3 dell'UNI-EN 1992-1-1. Il caso in esame ricade nel caso b) indicato nella figura sottostante. Risulta quindi un quantitativo minimo di staffe verticali chiuse pari a  $A_s = 5328\text{ mm}^2$ . Si prescrive quindi di disporre staffe  $\Phi 16$  passo 20 cm (totale 16) su tutto lo sviluppo longitudinale dello sbalzo.

Dettagli costruttivi per mensola

Legenda

- A Dispositivi di ancoraggio o cappi
- B Staffe
- a) Armatura per  $a_c \leq 0,5 h_c$
- b) Armatura per  $a_c > 0,5 h_c$



$$A_{s,ink} \geq k_1 A_{s,main}$$

## 7.11 Giunto di dilatazione

Per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, salvo più accurate determinazioni, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio può essere valutata nella seguente maniera (par.2.5.2.1.5.1 Manuale Di Progettazione Delle Opere Civili Parte II - Sezione 2):

In direzione longitudinale:

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

Ove:

- $E_1 =$  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;
- $d_{Ed} =$  è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento  $d_E$  prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 del DM 14.1.2008 che di seguito si riporta.

*Gli spostamenti  $d_E$  della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV si ottengono moltiplicando per il fattore  $\mu_d$  i valori  $d_{Ee}$  ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:*

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

*Dove :*

$$\mu_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_c$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \times T_c / T_1 \quad \text{se } T_1 < T_c$$

*In ogni caso  $\mu_d \leq 5q - 4$ .*

$d_{eg}$  = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 del DM 14.1.2008 che di seguito si riporta;

*Il valore dello spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo ( $d_g$ ) può ottenersi utilizzando l'espressione seguente:*

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c \cdot T_D$$

**RELAZIONE DI CALCOLO PILA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0005 001	A	57 di 57

$a_g$		0.242	g
$F_0$		2.452	
$S_s$		1.366	
$S_t$		1	
$T_c$		0.515	s
$T_D$		2.567	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.330572	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.81056254	g
Inerzia Pila asse y	$J_{yy}$	2.8	m <sup>4</sup>
Altezza pila	$h_1$	8.8	m
Altezza baricentro impalcato	$h_2$	1.8	m
Altezza totale	$h=h_1+h_2$	10.6	
Rigidezza Pila asse y	$K$	231836432	N/m
Forza agente in fase sismica in dir.x	$F$	8444	kN
Fattore di struttura	$q$	1	
Spostamento testa pila 1	$dEe = F/K$	0.036	m
Spostamento testa pila 2	$dEe = F/K$	0.036	m
$\mu_d$ (par.7.3.3.3 NTC)		1	
Spostamento testa pila 1 (par.7.3.3.3 NTC)	$dE = dEe \cdot \mu_d$	0.036	m
Spostamento testa pila 2 (par.7.3.3.3 NTC)	$dE = dEe \cdot \mu_d$	0.036	m
Spostamento relativo pile (in controfase)	$2 \cdot dE$	0.073	m
$k_1$		0.45	
$k_2$		0.55	
$d_g$ (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.01092545	m
Dilatazione termica	$D_t$	0.008	m
$E_1$	$2 \cdot D_t$	0.016	m
$E_2$	$4 \cdot dE \cdot k_2$	0.160	m
$E_3$	$2 \cdot d_g$	0.022	m
<b>EL</b>	<b><math>k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3)</math></b>	<b>0.089</b>	<b>m</b>