

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

IV07-IV08 cavalcaferrovia

SCALA:

Relazione di calcolo spalla impalcato a 3 cassoncini

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 4    0 0 2    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 Regionale  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Donato Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File: LI0202D78CLIV0004002A.docx

n. Elab.:

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</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>IV0004 002</td> <td>A</td> <td>2 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	2 di 61
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	2 di 61								

## INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	9
3	MATERIALI.....	10
3.1	FONDAZIONI – PALI.....	10
3.2	ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE.....	10
3.3	ACCIAIO B450C.....	11
3.4	VERIFICA S.L.E.....	11
3.4.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	11
3.4.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	12
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	15
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO.....	15
4.2	TERRENO DI FONDAZIONE .....	15
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	16
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D’USO.....	16
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	16
5.3	AZIONI SISMICHE SULLE SPALLE .....	20
5.4	SOVRASPINTA SISMICA DEL TERRENO .....	21
6	VERIFICHE.....	23
6.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	23

6.1.1	Verifiche geotecniche (GEO).....	23
6.1.2	Verifiche strutturali (STR).....	23
7	ANALISI E VERIFICHE SPALLA S1 (LATO APPOGGI FISSI).....	25
7.1	GENERALITÀ.....	25
7.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE.....	25
7.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	26
7.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA.....	27
7.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA.....	28
7.6	ANALISI DEI CARICHI.....	31
7.6.1	Peso proprio elementi strutturali ( $g_1$ ).....	31
7.6.2	Carichi trasmessi dall'impalcato.....	31
7.6.3	Sovraccarico terrapieno.....	31
7.6.4	Spinta statica ( $g_3$ ).....	31
7.6.5	Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche.....	32
7.6.6	Incremento di spinta del terrapieno.....	33
7.6.7	Inerzia terrapieno.....	33
7.6.8	Inerzie strutturali.....	34
7.6.9	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....	34
7.6.10	Riepilogo risultati.....	34
7.7	SOLLECITAZIONI.....	38
7.7.1	Muro paraghiaia.....	38

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	4 di 61

7.7.2	<i>Muro frontale</i> .....	39
7.7.3	<i>Plinto di fondazione</i> .....	40
7.8	PALI DI FONDAZIONE.....	41
7.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	42
7.9.1	<i>Muro frontale</i> .....	48
7.9.2	<i>Zattera di fondazione</i> .....	52
7.9.2.1	Unghia anteriore platea fondazione.....	52
8	PALO DI FONDAZIONE L=26.0M.....	55
8.1	CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE.....	57
8.2	GIUNTO DI DILATAZIONE.....	60

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici e le verifiche di sicurezza relative alle spalle del cavalcaferrovia IV07, nell'ambito della progettazione definitiva della linea Termoli-Lesina. Le stesse considerazioni valgono anche per le spalle dell'IV08.

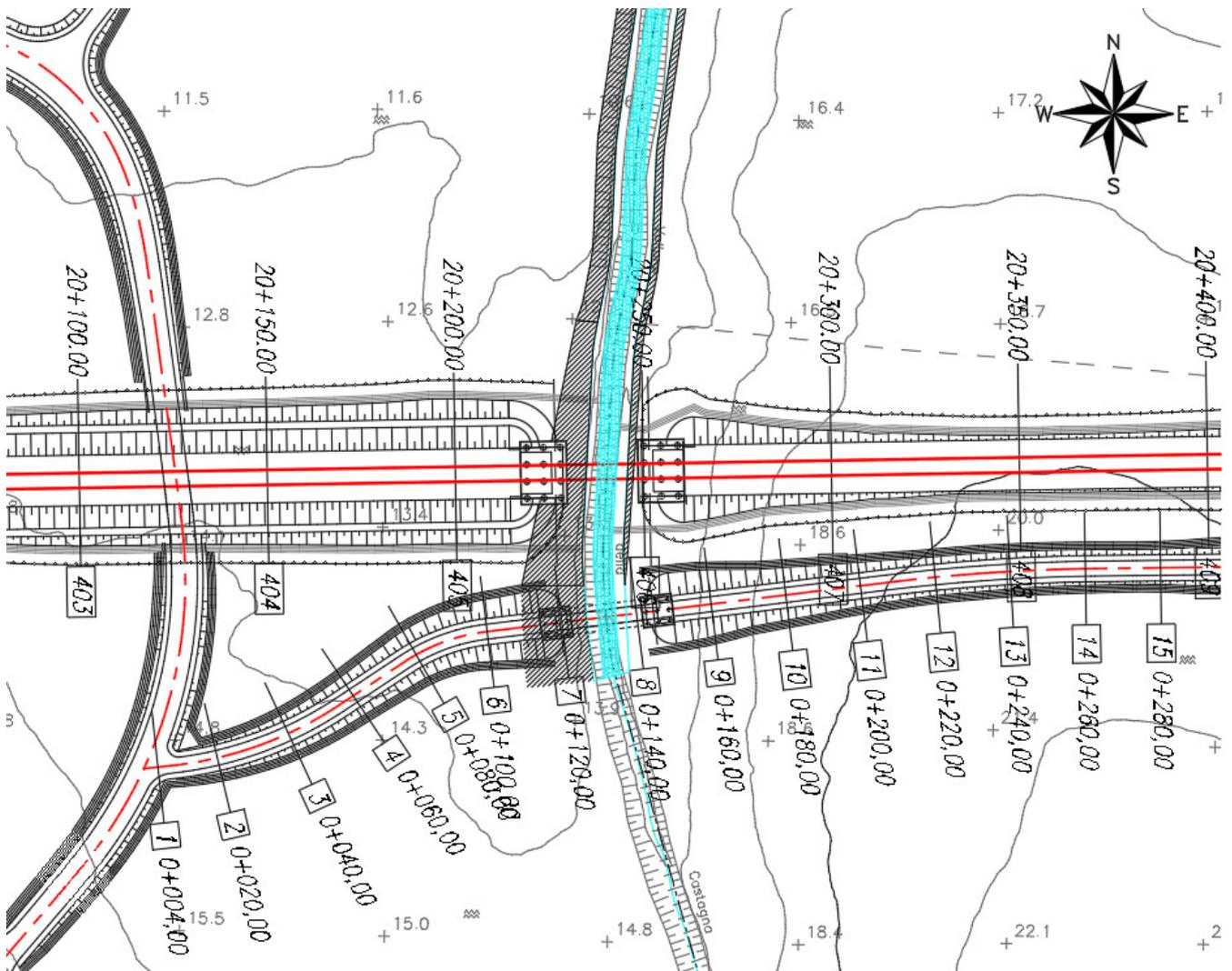


Fig. 1 – Stralcio planimetrico – ubicazione opera d'arte

Il cavalcaferrovia ha uno sviluppo di 25 m (22.60m in asse appoggi) ad unica campata.

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 4.00 m e da due cordoli laterali da 1.50 m, per una larghezza totale di 7.00 m.

L'impalcato è costituito da tre 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 0.25 e 0.30m.

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

Le sottostrutture sono di tipo tradizionale, in particolare le spalle poggiano su 9 pali di diametro Ø1000.

Le spalle presentano un'altezza complessiva del paramento a tergo del terreno di circa 5.25 m identico per entrambe le spalle, spessore del fusto di 3.00 m; la zattera di fondazione ha spessore 1.50 m.

La trave paraghiaia che contiene il terreno immediatamente a ridosso dell'impalcato ha uno spessore di 60 cm per un'altezza di 2.25 m per entrambe le spalle..

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

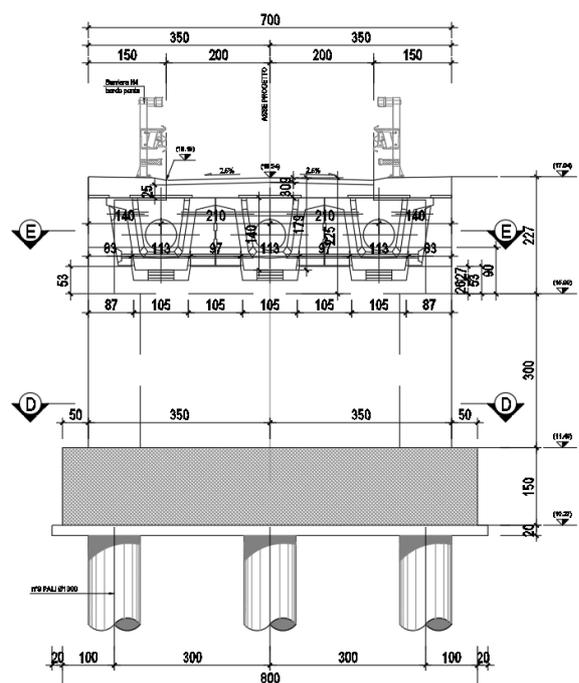
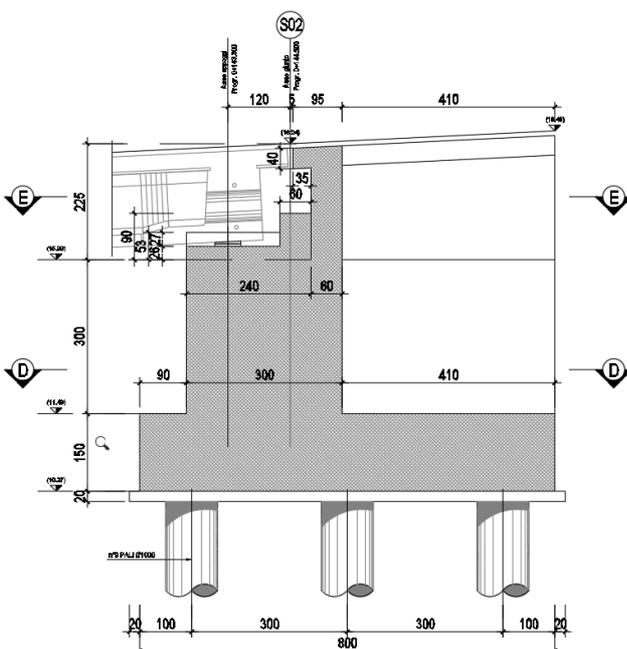


Fig. 2 – Spalla S1 - sezioni

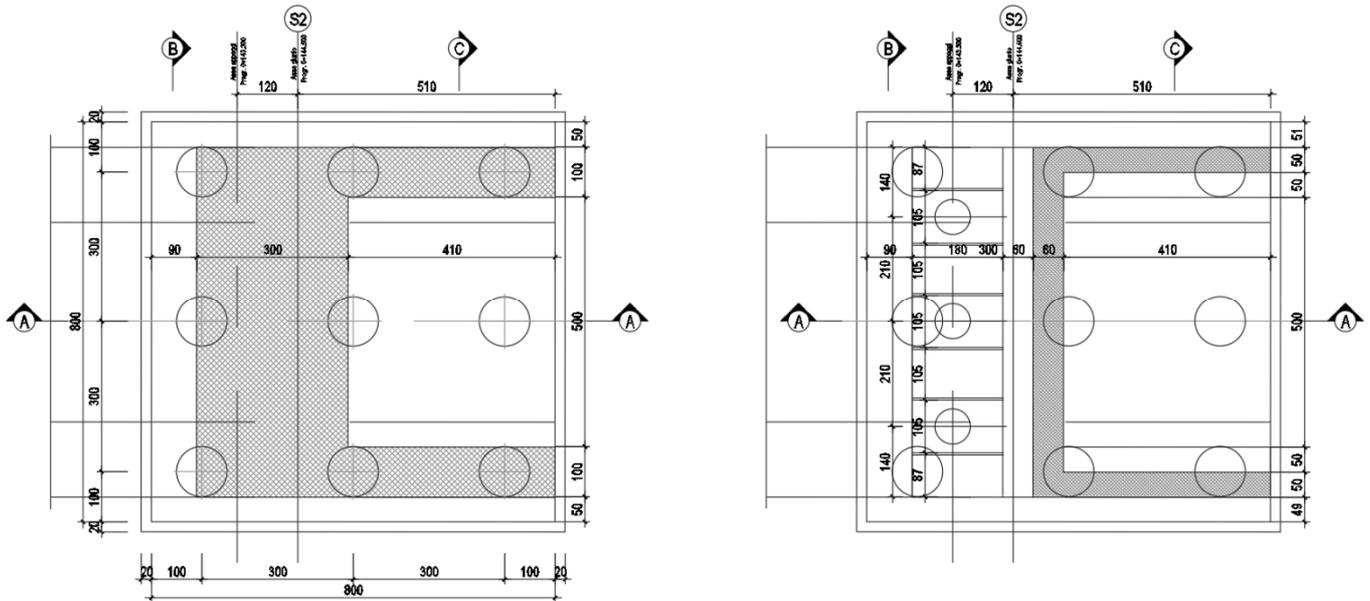


Fig. 3 – Spalla S1 - piante

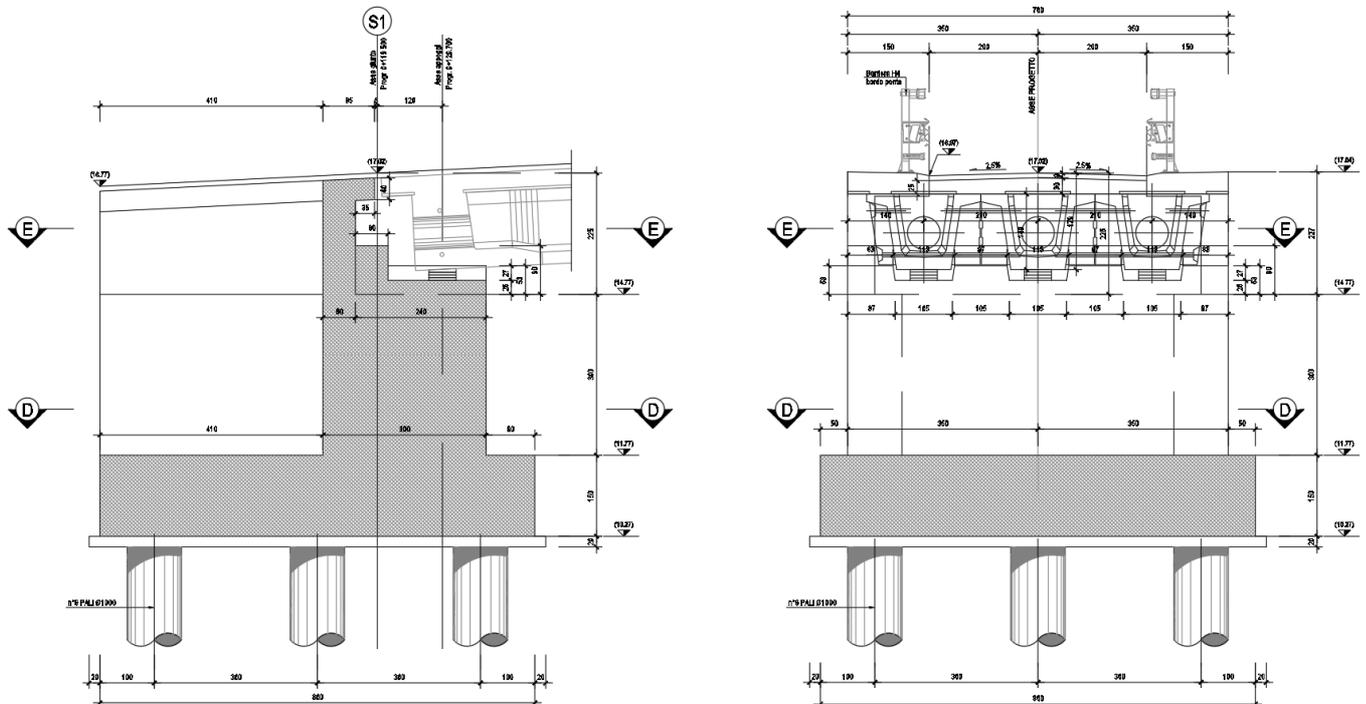
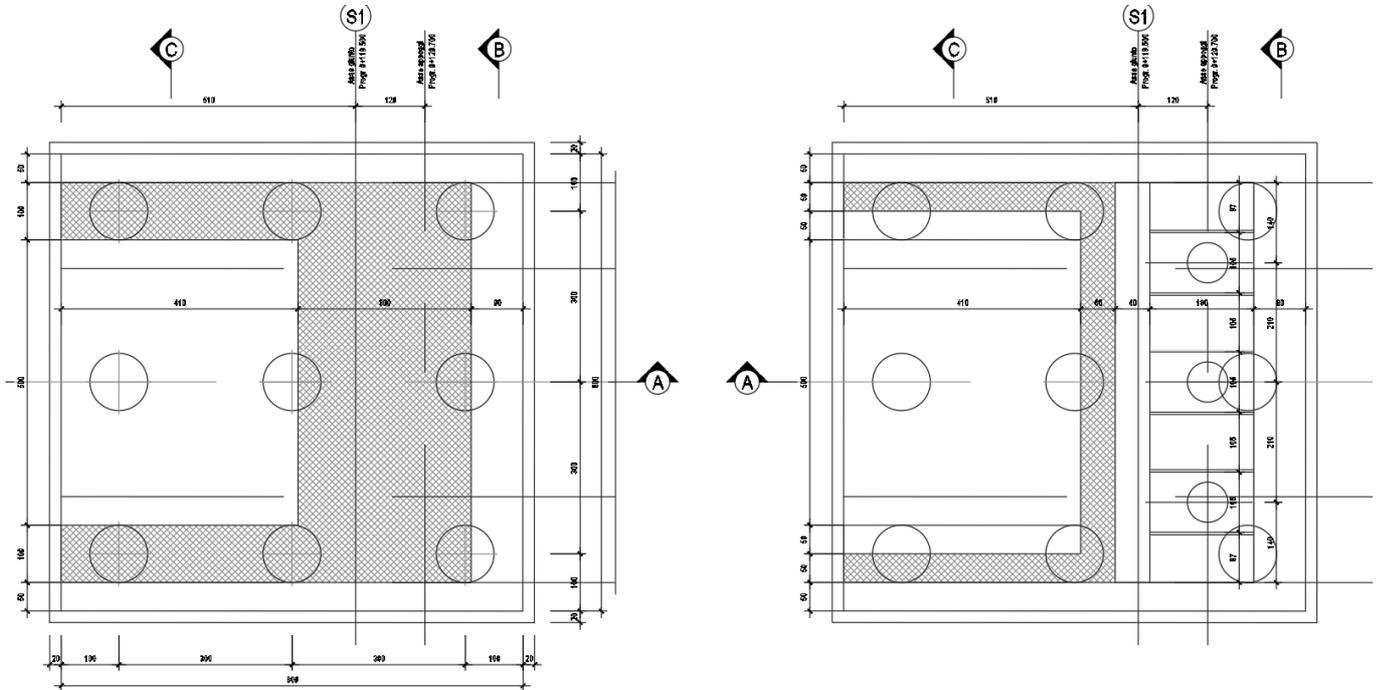


Fig. 4 – Spalla S2 - sezioni

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	8 di 61



**Fig. 5 – Spalla S2 - 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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A	FOGLIO 9 di 61

## 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>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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	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>
--	----------	-----------	-------------------

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</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>IV0004 002</td> <td>A</td> <td>11 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	11 di 61
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	11 di 61								

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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	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).

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</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>IV0004 002</td> <td>A</td> <td>14 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	14 di 61
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	14 di 61								

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.



	<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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A	FOGLIO 16 di 61

## 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 **B**

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: 15.24600    LATITUDINE: 41.90900

Ricerca per comune

REGIONE: Molise    PROVINCIA: Campobasso    COMUNE: Campomarino

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

...a "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, a "Ricerca per coordinate".

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 112.5 info

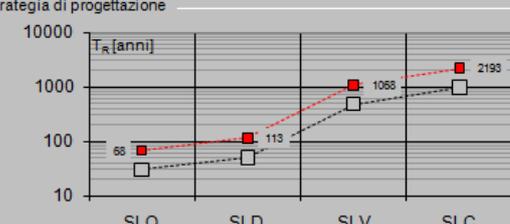
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

Stati limite di esercizio - SLE: SLO -  $P_{VR} = 81\%$  (68), SLD -  $P_{VR} = 63\%$  (113)

Stati limite ultimi - SLU: SLV -  $P_{VR} = 10\%$  (1068), SLC -  $P_{VR} = 5\%$  (2193)

Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO:  
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie  
 ---■--- Strategia scelta

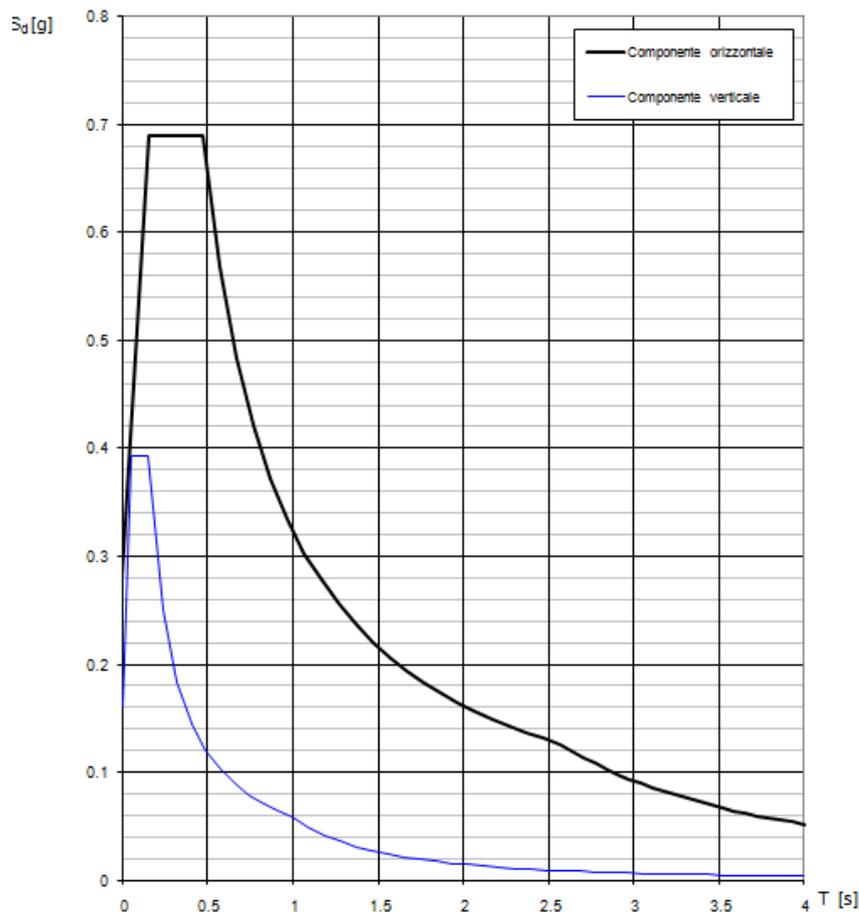
I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per gli stati limite di normativa sono dunque:

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

- $a_g \rightarrow$  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:

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV**



**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	19 di 61

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.242 g
$F_n$	2.452
$T_c^*$	0.346 s
$S_s$	1.163
$C_c$	1.360
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.163
$\eta$	1.000
$T_B$	0.157 s
$T_C$	0.470 s
$T_D$	2.567 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.281
$T_B \leftarrow$	0.157	0.689
$T_C \leftarrow$	0.470	0.689
	0.570	0.568
	0.670	0.484
	0.770	0.421
	0.869	0.373
	0.969	0.334
	1.069	0.303
	1.169	0.277
	1.269	0.255
	1.369	0.237
	1.468	0.221
	1.568	0.207
	1.668	0.194
	1.768	0.183
	1.868	0.173
	1.968	0.165
	2.067	0.157
	2.167	0.149
	2.267	0.143
	2.367	0.137
	2.467	0.131
$T_D \leftarrow$	2.567	0.126
	2.635	0.120
	2.703	0.114
	2.771	0.108
	2.840	0.103
	2.908	0.098
	2.976	0.094
	3.044	0.090
	3.113	0.086
	3.181	0.082
	3.249	0.079
	3.317	0.076
	3.386	0.073
	3.454	0.070
	3.522	0.067
	3.590	0.064
	3.659	0.062
	3.727	0.060
	3.795	0.058
	3.863	0.056
	3.932	0.054
	4.000	0.052

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</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>IV0004 002</td> <td>A</td> <td>20 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	20 di 61
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	20 di 61								

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 Spalle

Per la valutazione dell’azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell’analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale) o  $k_v$  (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticale  $k_v$ , relativi allo stato limite considerato, sono posti pari all’ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo  $T=0$ , per le due componenti orizzontali, mentre per la componente verticale viene considerata un’accelerazione pari alla metà di quella orizzontale.

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</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>IV0004 002</td> <td>A</td> <td>21 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	21 di 61
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	21 di 61								

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidità sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente  $\beta_m$  pari ad 1.0.

Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso alla spalla e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

#### 5.4 Sovrappinta sismica del terreno

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidità relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia valutata con la teoria di Wood ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero:

	<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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A	FOGLIO 22 di 61

$$\Delta S_s = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad H/2.

La spinta totale di progetto Ed esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta a riposo, della spinta sismica e della spinta statica data dal sovraccarico accidentale combinata al 20%.

$$E_d = S_{\text{stat}} + 0.2 \cdot S_q + \Delta S_s$$

Infine, nel caso specifico non essendo presente la falda a tergo dell'opera, la spinta idrostatica è nulla

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidità relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia applicata a metà altezza del muro ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero.

 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b>  <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA</b>  Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA  Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari stradali  <b>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b></p>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A	FOGLIO 23 di 61

## 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

La verifica di resistenza di elementi in c.a. sprovvisti di specifiche armature trasversali resistenti a taglio si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm)

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ )

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione della sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ )

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm)

- 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.

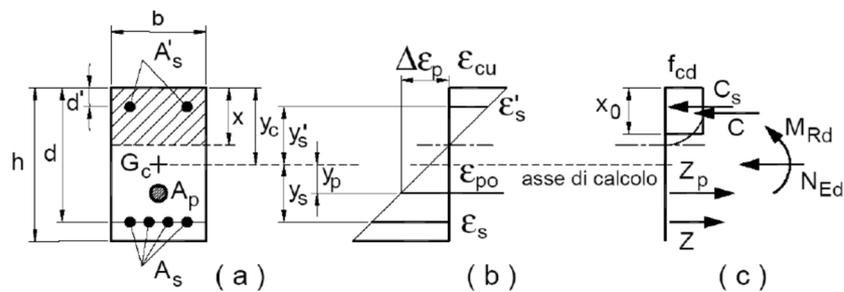
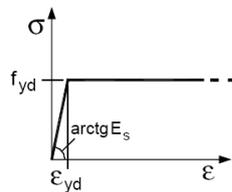


Figura 1 - Sezione presso-inflessa



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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A	FOGLIO 25 di 61

## 7 ANALISI E VERIFICHE SPALLA S1 (LATO APPOGGI FISSI)

### 7.1 Generalità

Le due spalle presentano una configurazione a paramento di spessore 300 cm e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 100 cm. L'altezza delle due spalle (escluso paraghiaia) è identica ed è di circa 3.00 m per entrambe le spalle.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 60 cm ed altezza pari a circa 225cm.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 100cm collegate in testa da una platea di spessore 150cm.

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (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 spalle

Le sollecitazioni di verifica della spalla 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 terreno di riempimento e del sovraccarico in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Tutti i muri sono considerati sconnessi fra loro per la valutazione delle sollecitazioni alla base e quindi le azioni provenienti dall'impalcato sono applicate solamente al muro frontale. Tale schema pur risultando cautelativo, non fornisce sovrastime eccessive nel calcolo dei quantitativi di armatura previsti.

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, quali muro paraghiaia, muro frontale e muri laterali che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

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.

	<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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A	FOGLIO 26 di 61

### 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)
- 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 ponte carico	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	attrito vincoli
<b>AZIONI SLU GEO</b>	<b>C.C. GEO 1</b>	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		0.00	0.00	1.30				0.86
	<b>C.C. GEO 2</b>	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		1.15	0.00	0.78				0.86
	<b>C.C. GEO 3</b>	1.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.60		0.86	1.30	0.78				0.86
	<b>C.C. GEO 4</b>	1.00	1.00	1.30		1.00	1.00	0.60		0.86	0.00	0.78				0.86
<b>AZIONI SLU STR</b>	<b>C.C. SLU 1</b>	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.35	0.00	0.90				1.01
	<b>C.C. SLU 2</b>	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.35	0.00	0.90				1.01
	<b>C.C. SLU 3</b>	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.01	1.50	0.90				1.01
	<b>C.C. SLU 4</b>	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.01	1.50	0.90				1.01
	<b>C.C. SLU 5</b>	1.00	1.00	1.50			1.20	0.72		1.01	0.00	0.90				1.01
	<b>C.C. SLU 6</b>	1.35	1.35	1.50			1.20	0.72		1.01	0.00	0.90				1.01
	<b>C.C. SLU 7</b>	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		1.00	0.00	1.50				1.01
	<b>C.C. SLU 8</b>	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		1.00	0.00	1.50				1.01
	<b>C.C. SLU 9</b>	1.00	1.00	0.00			1.20	0.72		0.00	0.00	0.00				1.01
	<b>C.C. SLU 10</b>	1.35	1.35	0.00			1.20	0.72		0.00	0.00	0.00				1.01
<b>AZIONI SLE</b>	<b>C.C. SLE Rara</b>	1.00	1.00	1.00			1.00	0.72		1.00	1.00	0.60				
	<b>C.C. SLE Frequente</b>	1.00	1.00	0.75			1.00	0.60		0.75	0.75	0.20				
	<b>C.C. SLE Q.P.</b>	1.00	1.00	0.00			1.00	0.50		0.00	0.00	0.00				
<b>SISMA</b>	<b>Sisma X Nmax+</b>	1.00	1.00							0.20			1.00	0.30	0.30	
	<b>Sisma Z Nmax+</b>	1.00	1.00							0.20			0.30	0.30	1.00	
	<b>Sisma Y Nmax+</b>	1.00	1.00							0.20			0.30	1.00	0.30	
	<b>Sisma X Nmax-</b>	1.00	1.00							0.20			1.00	0.30	-0.30	
	<b>Sisma Z Nmax-</b>	1.00	1.00							0.20			0.30	0.30	-1.00	
	<b>Sisma Y Nmax-</b>	1.00	1.00							0.20			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 spalla

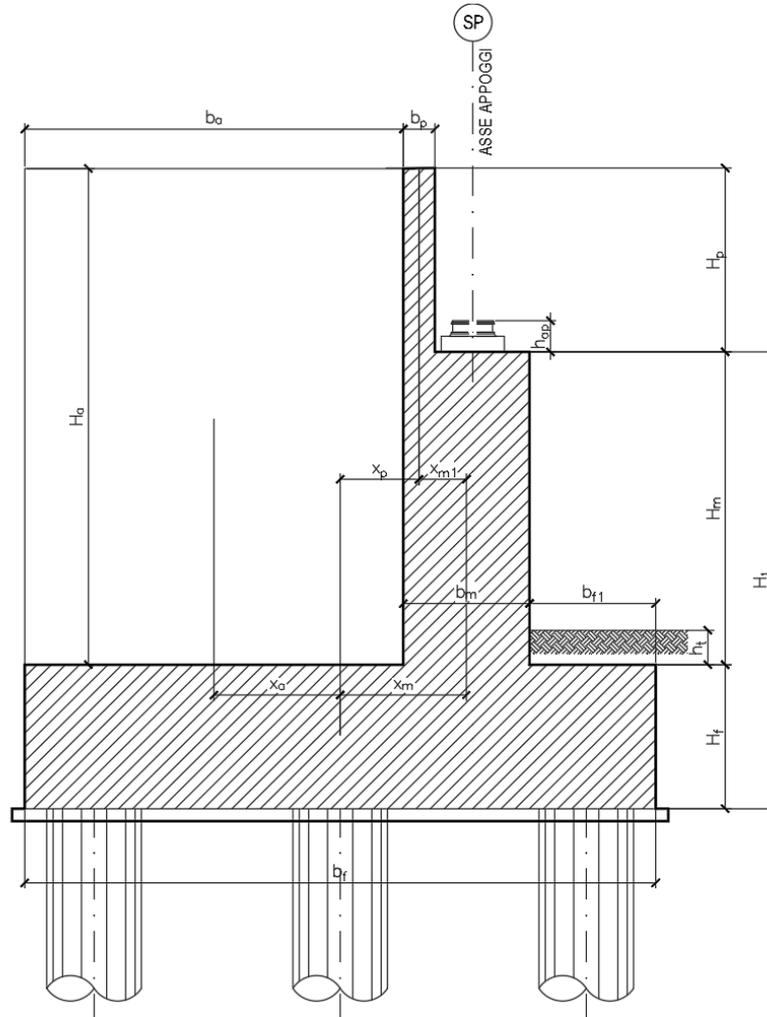
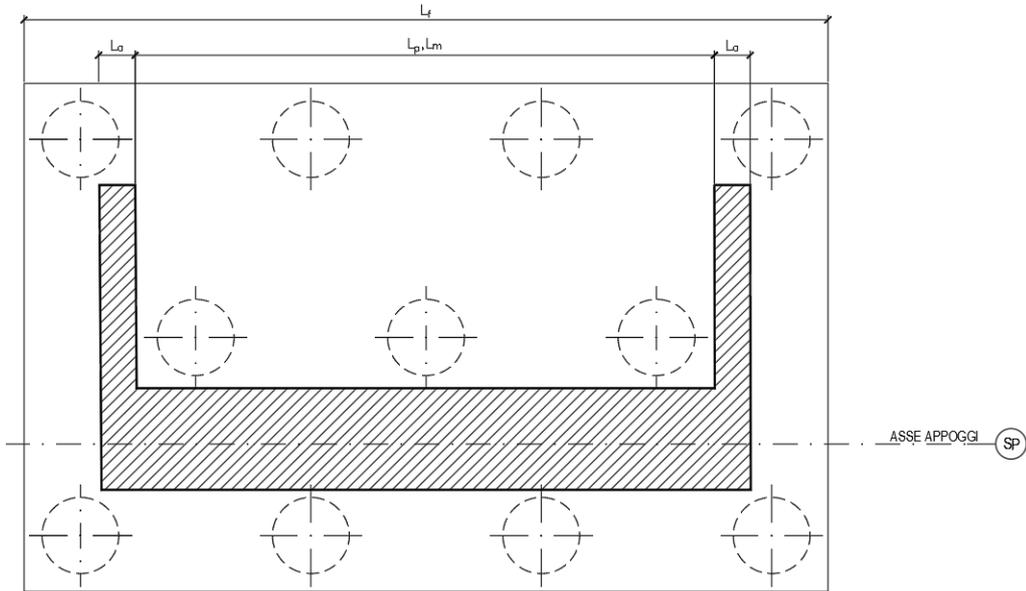


Figura 2 – Significato dei simboli: sezione



**Figura 3 – Significato dei simboli: pianta**

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	20.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	0.30	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	4.80	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	2.25	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.6	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	6.00	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		6.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	0.40	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	3.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	3.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	5.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	1.60	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-1.20	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.70	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	1.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	8.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	8.00	m
Mensola anteriore plinto	$b_{f1}$	0.90	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		2.30	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	5.15	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.00	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	4.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-1.95	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		$K_0 = 0.426$	
Sisma			
$S_s$		1.163	
$a_g$		0.242	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.281	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$		
% carico accidentale su rilevato in fase sismica		20%	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.141	
% del carico mobile su impalcato nell'azione sismica		20%	

Tabella 3 – Dati di input

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A

## 7.6 Analisi dei carichi

### 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 (un appoggio fisso centrale e due appoggi unidirezionali longitudinali ai lati):

Appoggio	Descrizione carico	A			B			C			biz	Mx	My
		FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	FX [kN]	FY [kN]			
	Peso proprio+permanenti $g_{1+g_2}$	617			585			617			0.00	0	0
	C. Mobili disposiz. A - Max $q_{1a}$	429			347			259			0.00	358	0
	Frenatura $q_3$					428					1.95	0	834
	Vento a ponte carico $q_5$						148				2.37	0	0
	Sisma longitudinale $q_6$					570					0.95	0	542
	Sisma trasversale $q_6$						570				0.95	0	0
	Sisma verticale $q_6$	99			92			94			0.00	10	0
	Attrito dei vincoli $q_7$		31			28			26		0.00	0	0

### 7.6.3 \_\_\_ Sovraccarico terrapieno

A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

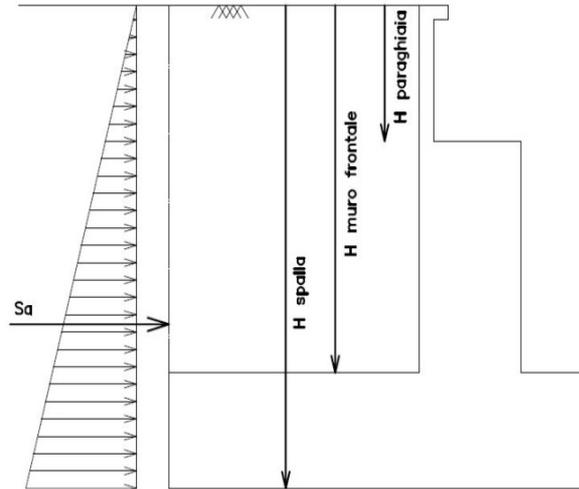
### 7.6.4 \_\_\_ Spinta statica ( $g_3$ )

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta:

$$S_o = 1/2 * \gamma * H^2 * K_o \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l'utilizzo di  $K_o$  è determinato dall'impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume  $K_o = 1 - \sin \phi$  (si rimanda alla tabella 2: dati di input).

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete).



**Fig. 6 Spinta statica terreno di riinterro**

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

<b>Parametri Geotecnici Terreno di riempimento</b>		
<b><math>\gamma</math></b> <b>[kN/m<sup>3</sup>]</b>	<b><math>\varphi'</math></b> <b>[°]</b>	<b><math>c'</math></b> <b>[kPa]</b>
20	35	0

**Tabella 4 – Caratteristiche terreno di riempimento**

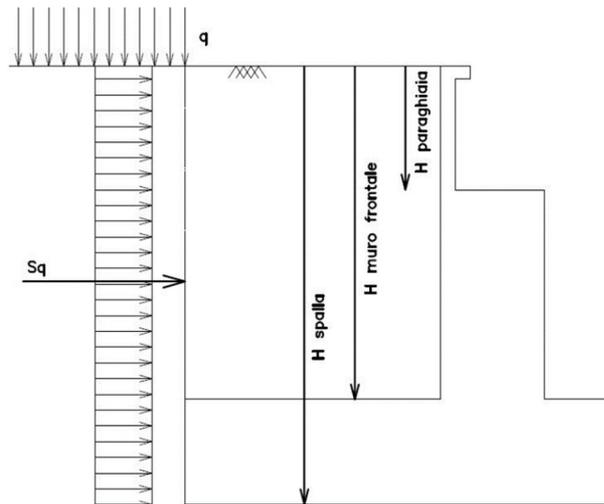
### 7.6.5 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a  $Q = 20.0 \text{ kN/m}^2$  gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico  $Q$  genera una spinta pari a:

$$S_q = Q \cdot H \cdot K_o$$

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a  $H/2$ .



**Fig. 7 : Spinta statica sovraccarico accidentale**

$$S_q = 20 * 0.426 = 8.52 \text{ kN/ m}^2$$

### 7.6.6\_\_\_ Incremento di spinta del terrapieno

L'incremento dinamico della spinta del terrapieno è stata valutata in accordo alla formulazione data da Wood, generalmente impiegata per muri rigidamente vincolati in cui si associa tale incremento alla spinta litostatica valutata con coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ .

L'incremento di spinta è proporzionale all'altezza del fronte di spinta e del coefficiente sismico orizzontale, mentre non dipende dal tipo di terreno, questo perché è una teoria basata sulla propagazione dell'onda sismica in un mezzo elastico isotropo, quindi lontano dalle condizioni di rottura del terreno. Il valore di tale incremento è :

$$\Delta PE = \gamma_s * H_s^2 * k_h$$

Dove:

$\gamma_s$  peso specifico del terreno adottata

$k_h$  coefficiente sismico orizzontale

$H_s$  altezza complessiva del fronte di spinta

### 7.6.7\_\_\_ Inerzia terrapieno

Si valutano le inerzie legate alla massa del terrapieno confinato a tergo:

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</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>IV0004 002</td> <td>A</td> <td>34 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	34 di 61
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	34 di 61								

$F_{i,T} = k_h \cdot W_{terr}$  (si rimanda alle tabelle seguenti "azioni sulla spalla")

### 7.6.8 \_\_\_ Inerzie strutturali

Si valutano le inerzie legate alla massa degli elementi strutturali con la seguente formula:

$$F_i = k_h \cdot W_{str}$$

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

### 7.6.9 \_\_\_ 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.

### 7.6.10 \_\_\_ 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:

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	35 di 61

- 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.

**PARAGHIAIA**
**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	203			0.00	0.00	1.13	0	0
Rinterro	g3		130		0.00	0.00	0.75	0	97
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	2.25	0	405
Sovr. acc. sul rilevato			115		0.00	0.00	1.13	0	130

cond sismica x

Descrizione carico		$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	57	0	0.00	0.00	1.13	0	64
Rinterro	Spinta		130				0.75	0	97
	Inerzia		147				1.13	0	165
	Sovraspinta		-302				1.13	0	-340
Rinterro [totale]			-26					0	-77
Sovr. acc. sul rilevato			23		0.00	0.00	1.13	0	26
<b>Totale generale</b>			<b>54</b>					<b>0</b>	<b>13</b>

cond sismica y

Descrizione carico		$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	57	0.00	0.00	1.13	64	0

cond sismica vert

Descrizione carico		$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	28	0	0	0.00	0.00	1.13	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	36 di 61

**SPICCATO MURO FRONTALE**

**AZIONI SU SPALLA [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]
Paraghiaia	g1	203	0	0	-1.20		4.13	0	-243
Muro frontale	g1	1125	0	0			1.50	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>1328</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-243</b>
Rinterro	g3		823	0			1.75	0	1440
Sovr. acc. sul rilevato			269	0			2.63	0	705

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]
Paraghiaia	q6		57		-1.20	0.00	4.13	0	235
Muro frontale	q6		317		0.00	0.00	1.50	0	475
Rinterro	Spinta		823				1.75	0	1440
	Inerzia		776				2.63	0	2036
	Sovraspinta		-1645				2.63	0	-4319
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>-47</b>					<b>0</b>	<b>-843</b>
Sovr. acc. sul rilevato			54				2.63	0	141
<b>Totale generale</b>			<b>380</b>					<b>0</b>	<b>8</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]
Paraghiaia	q6			57	-1.20	0.00	4.13	235	0
Muro frontale	q6			317	0.00	0.00	1.50	475	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>374</b>				<b>710</b>	<b>0</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]
Paraghiaia	q6	28			-1.20	0.00	4.13	0	-34
Muro frontale	q6	158			0.00	0.00	1.50	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>187</b>						<b>0</b>	<b>-34</b>

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	37 di 61

**FONDAZIONE**

**AZIONI SU SPALLA [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]
Paraghiaia	g1	203			0.40	0.00	5.63	0	81
Muro frontale	g1	1125			1.60	0.00	3.00	0	1800
Plinto	g1	2400			0.00	0.00	0.75	0	0
Muri andatori	g1	1056			-1.95	0.00	4.08	0	-2059
<b>Totale Permanenti</b>		<b>4783</b>						<b>0</b>	<b>-178</b>
Rinterro	g3	2112			-1.95	0.00	4.08	0	-4117
Ricop. Plinto	g3	286			1.95	0.00	2.00	0	558
Sovr. acc. sul rilevato		492			-1.95	0.00	6.75	0	-959
<b>* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni</b>									
Rinterro	g3		1360		-1.95	0.00	2.25	0	3060
Sovr. acc. sul rilevato			345		0.00	0.00	3.38	0	1166

**AZIONI SU SPALLA [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]
Paraghiaia	q <sub>6</sub>		57		0.40	0.00	5.63	0	321
Muro frontale	q <sub>6</sub>		317		1.60	0.00	3.00	0	950
Plinto	q <sub>6</sub>		675		0.00	0.00	0.75	0	507
Muri andatori	q <sub>6</sub>		297		-1.95	0.00	4.08	0	1211
Rinterro	Spinta		1360		-1.95	0.00	2.25	0	3060
	Inerzia		594		-1.95	0.00	2.63	0	1560
	Sovraspinta		1795		-1.95	0.00	3.38	0	6059
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>3750</b>				<b>4.08</b>	<b>0</b>	<b>10679</b>
Sovr. acc. sul rilevato		82.00	69		-1.95		4.08	0	-120
<b>Totale generale</b>			<b>5165</b>						<b>13547</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]
Paraghiaia	q <sub>6</sub>			57	0.40	0.00	5.63	321	0
Muro frontale	q <sub>6</sub>			317	1.60	0.00	3.00	950	0
Plinto	q <sub>6</sub>			675	0.00	0.00	0.75	507	0
Muri andatori	q <sub>6</sub>			297	-1.95	0.00	4.08	1211	0
Rinterro	Spinta			1360	-1.95	0.00	2.22	3015	0
	Inerzia			594	-1.95		2.63	1560	0
	Sovraspinta			246			3.33	819	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>2201</b>				<b>5394</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato		82.00		69	-1.95		6.75	466	-160
<b>Totale generale</b>				<b>3616</b>				<b>8848</b>	<b>-160</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]
Paraghiaia	q <sub>6</sub>	28			0.40	0.00	5.63	0.00	11
Muro frontale	q <sub>6</sub>	158			1.60	0.00	3.00	0.00	253
Plinto	q <sub>6</sub>	338			0.00	0.00	0.75	0.00	0
Muri andatori	q <sub>6</sub>	149			-1.95	0.00	4.08	0.00	-290
Rinterro	q <sub>6</sub>	673			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q <sub>6</sub>	297			1.95	0.00	2.00	0.00	579
<b>Totale generale</b>		<b>1643</b>						<b>0.00</b>	<b>554</b>

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A

## 7.7 Sollecitazioni

### 7.7.1 \_\_\_ Muro paraghiaia

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta a riposo del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta attiva e sismica del rilevato, dalle masse del muro e della mensola. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

		CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA				
		COMB. DI CARICO	Nz,A [kN]	Myy [kNm]	Mxx [kNm]	Tx,A [kN]
AZIONI SLU GEO	C.C. GEO 1	203	97	0	130	0
	C.C. GEO 2	203	246	0	262	0
	C.C. GEO 3	593	735	0	463	0
	C.C. GEO 4	203	209	0	229	0
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	203	272	0	285	0
	C.C. SLU 2	273	306	0	330	0
	C.C. SLU 3	653	836	0	516	0
	C.C. SLU 4	723	870	0	561	0
	C.C. SLU 5	203	228	0	246	0
	C.C. SLU 6	273	262	0	291	0
	C.C. SLU 7	203	227	0	245	0
	C.C. SLU 8	273	261	0	290	0
	C.C. SLU 9	203	97	0	130	0
	C.C. SLU 10	273	131	0	175	0
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	503	632	0	425	0
	C.C. SLE Freq.	428	498	0	351	0
	C.C. SLE Q.P.	203	97	0	130	0
SISMA	Sisma X Nmax+	309	38	19	77	17
	Sisma Z Nmax+	231	30	19	39	17
	Sisma Y Nmax+	211	30	64	39	57
	Sisma X Nmax-	194	38	19	77	17
	Sisma Z Nmax-	174	30	19	39	17
	Sisma Y Nmax-	194	30	64	39	57

Tabella 5 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A

### 7.7.2 \_\_\_ Muro frontale

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

Per la verifica del muro frontale, a quota spiccato, tali azioni possono essere considerate uniformemente distribuite in quanto l'altezza del muro frontale è tale che nell' ipotesi di ripartizione a 45°, tali scarichi si ripartiscono uniformemente alla base del muro

Ai carichi prima riportati, si aggiungono il peso proprio del muro frontale, del muro paragliaia e la spinta del terreno di riempimento.

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni, con riferimento alle combinazioni maggiormente significative.

		CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE				
		COMB. DI CARICO	Nz,A [kN]	Myy [kNm]	Mxx [kNm]	Tx,A [kN]
AZIONI GEO	C.C. GEO 1	3147	2714	635	897	193
	C.C. GEO 2	4338	4359	1204	1206	116
	C.C. GEO 3	4040	6865	998	1684	116
	C.C. GEO 4	4040	3948	998	1128	116
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	4545	4687	1406	1272	133
	C.C. SLU 2	5647	5552	1406	1560	133
	C.C. SLU 3	4196	7571	1164	1823	133
	C.C. SLU 4	5297	8436	1164	2111	133
	C.C. SLU 5	4196	4205	1164	1181	133
	C.C. SLU 6	5297	5069	1164	1469	133
	C.C. SLU 7	4183	4187	1449	1178	222
	C.C. SLU 8	5284	5051	1449	1466	222
	C.C. SLU 9	3147	2757	0	909	0
	C.C. SLU 10	4248	3621	0	1197	0
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	4183	6145	1009	1519	89
	C.C. SLE Frequente	3924	5226	634	1345	30
	C.C. SLE Q.P.	3147	2470	0	823	0
SISMA	Sisma X Nmax+	3496	5303	362	1004	283
	Sisma Z Nmax+	3826	3717	376	339	283
	Sisma Y Nmax+	3496	3601	859	339	944
	Sisma X Nmax-	3212	5204	350	1004	283
	Sisma Z Nmax-	2882	3386	336	339	283
	Sisma Y Nmax-	3212	3502	847	339	944

Tabella 6 – Sollecitazioni alla base del muro frontale

Le sollecitazioni in direzione trasversale risultano trascurabili rispetto a quelle in direzione longitudinale, tenuto anche conto della geometria della sezione del muro frontale.

### 7.7.3 \_\_\_ 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, del terreno interno alla spalla e delle spinte dovute al rilevato rispetto al baricentro del plinto. 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	9000	1434	193	924	3862
	C.C. GEO 2	10757	1831	116	1377	6839
	C.C. GEO 3	10318	2288	116	1172	9846
	C.C. GEO 4	10318	1732	116	1172	6095
AZIONI SLU STR	C.C. SLU 1	11063	1913	133	1606	7418
	C.C. SLU 2	14213	2389	133	1606	8646
	C.C. SLU 3	10547	2438	133	1364	10873
	C.C. SLU 4	13697	2914	133	1364	12101
	C.C. SLU 5	10547	1796	133	1364	6545
	C.C. SLU 6	13697	2272	133	1364	7772
	C.C. SLU 7	10528	1792	222	1782	6512
	C.C. SLU 8	13678	2268	222	1782	7740
	C.C. SLU 9	9000	1447	0	0	3923
	C.C. SLU 10	12150	1923	0	0	5151
AZIONI SLE	C.C. SLE Rara	10528	2133	89	1142	8982
	C.C. SLE Frequente	10146	1940	30	679	7613
	C.C. SLE Q.P.	9000	1360	0	0	3507
SISMA	Sisma X Nmax+	9884	5804	1256	3625	18154
	Sisma Z Nmax+	11234	1790	1256	3639	7223
	Sisma Y Nmax+	9884	1790	4186	11735	6376
	Sisma X Nmax-	8727	5804	1256	3613	17428
	Sisma Z Nmax-	7377	1790	1256	3599	4802
	Sisma Y Nmax-	8727	1790	4186	11723	5650

Tabella 7 – 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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	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.

Tabella 8 – 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
C.C. SLU 1	11063	1913	133	1606	7418	1731	728	213
C.C. SLU 2	14213	2389	133	1606	8646	2149	1010	266
C.C. SLU 3	10547	2438	133	1364	10873	1852	492	271
C.C. SLU 4	13697	2914	133	1364	12101	2270	774	324
C.C. SLU 5	10547	1796	133	1364	6545	1611	733	200
C.C. SLU 6	13697	2272	133	1364	7772	2029	1014	253
C.C. SLU 7	10528	1792	222	1782	6512	1631	709	201
C.C. SLU 8	13678	2268	222	1782	7740	2049	991	253
C.C. SLU 9	9000	1447	0	0	3923	1218	782	161
C.C. SLU 10	12150	1923	0	0	5151	1636	1064	214
						2270	492	324

Tabella 9 – 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
Sisma X Nmax+	9884	5804	1256	3625	18154	2308	-112	660
Sisma Z Nmax+	11234	1790	1256	3639	7223	1852	645	243
Sisma Y Nmax+	9884	1790	4186	11735	6376	2104	92	506
Sisma X Nmax-	8727	5804	1256	3613	17428	2139	-199	660
Sisma Z Nmax-	7377	1790	1256	3599	4802	1286	353	243
Sisma Y Nmax-	8727	1790	4186	11723	5650	1935	5	506
						2308	-199	660

Tabella 10 – 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	10528	2133	89	1142	8982	1732	607	237
C.C. SLE Frequente	10146	1940	30	679	7613	1588	667	216
C.C. SLE Quasi permanenti	9000	1360	0	0	3507	1195	805	151

Tabella 11 – 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 PARAGHIAIA

			$N_{z,A}$ [kN]	$T_{x,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN]	$M_{xx}$ [kNm]	$M_{yy}$ [kNm]
SLU GEO	$N_{z,A_{max}}$	C.C. GEO 3	593	463	0	0	735
	$T_{x,A_{max}}$	C.C. GEO 3	593	463	0	0	735
	$T_{y,A_{max}}$	C.C. GEO 1	203	130	0	0	97
	$M_{xx_{max}}$	C.C. GEO 1	203	130	0	0	97
	$M_{yy_{max}}$	C.C. GEO 3	593	130	0	0	735
SLU STR	$N_{z,A_{max}}$	C.C. SLU 4	723	561	0	0	870
	$T_{x,A_{max}}$	C.C. SLU 4	723	561	0	0	870
	$T_{y,A_{max}}$	C.C. SLU 1	203	285	0	0	272
	$M_{xx_{max}}$	C.C. SLU 1	203	285	0	0	272
	$M_{yy_{max}}$	C.C. SLU 4	723	285	0	0	870
SLE		C.C. SLE Rara	503	425	0	0	632
		C.C. SLE Freq.	428	351	0	0	498
		C.C. SLE Q.P.	203	130	0	0	97
SISMA	$N_{z,A_{max}}$	Sisma X Nmax+	309	77	17	19	38
	$T_{x,A_{max}}$	Sisma X Nmax+	309	77	17	19	38
	$T_{y,A_{max}}$	Sisma Y Nmax+	211	39	57	64	30
	$M_{xx_{max}}$	Sisma Y Nmax+	211	39	17	64	30
	$M_{yy_{max}}$	Sisma X Nmax+	309	39	17	19	38

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

			$N_{z,A}$ [kN]	$T_{x,A}$ [kN]	$T_{y,A}$ [kN]	$M_{xx}$ [kNm]	$M_{yy}$ [kNm]
SLU GEO	$N_{z,A_{max}}$	C.C. GEO 2	4338	1206	116	1204	4359
	$T_{x,A_{max}}$	C.C. GEO 3	4040	1684	116	998	6865
	$T_{y,A_{max}}$	C.C. GEO 1	3147	897	193	635	2714
	$M_{xx_{max}}$	C.C. GEO 2	4338	1206	116	1204	4359
	$M_{yy_{max}}$	C.C. GEO 3	4040	1206	116	998	6865
SLU STR	$N_{z,A_{max}}$	C.C. SLU 2	5647	1560	133	1406	5552
	$T_{x,A_{max}}$	C.C. SLU 4	5297	2111	133	1164	8436
	$T_{y,A_{max}}$	C.C. SLU 7	4183	1178	222	1449	4187
	$M_{xx_{max}}$	C.C. SLU 7	4183	1178	133	1449	4187
	$M_{yy_{max}}$	C.C. SLU 4	5297	1178	133	1164	8436
SLE		C.C. SLE Rara	4183	1519	89	1009	6145
		C.C. SLE Frequente	3924	1345	30	634	5226
		C.C. SLE Q.P.	3147	823	0	0	2470
SISMA	$N_{z,A_{max}}$	Sisma Z Nmax+	3826	339	283	376	3717
	$T_{x,A_{max}}$	Sisma X Nmax+	3496	1004	283	362	5303
	$T_{y,A_{max}}$	Sisma Y Nmax+	3496	339	944	859	3601
	$M_{xx_{max}}$	Sisma Y Nmax+	3496	339	283	859	3601
	$M_{yy_{max}}$	Sisma X Nmax+	3496	339	283	362	5303

**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	10757	1831	116	1377	6839
	Tx,A <sub>max</sub>	C.C. GEO 3	10318	2288	116	1172	9846
	Ty,A <sub>max</sub>	C.C. GEO 1	9000	1434	193	924	3862
	Mxx <sub>max</sub>	C.C. GEO 2	10757	1831	116	1377	6839
	Myy <sub>max</sub>	C.C. GEO 3	10318	1831	116	1172	9846
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	C.C. SLU 2	14213	2389	133	1606	8646
	Tx,A <sub>max</sub>	C.C. SLU 4	13697	2914	133	1364	12101
	Ty,A <sub>max</sub>	C.C. SLU 7	10528	1792	222	1782	6512
	Mxx <sub>max</sub>	C.C. SLU 7	10528	1792	133	1782	6512
	Myy <sub>max</sub>	C.C. SLU 4	13697	1792	133	1364	12101
SLE	Nz,A <sub>max</sub>	C.C. SLE Rara	10528	1142	8982	89	2133
		C.C. SLE Frequente	10146	679	7613	30	1940
		C.C. SLE Q.P.	9000	0	3507	0	1360
SISMA	Nz,A <sub>max</sub>	Sisma Z Nmax+	11234	1790	1256	3639	7223
	Tx,A <sub>max</sub>	Sisma X Nmax+	9884	5804	1256	3625	18154
	Ty,A <sub>max</sub>	Sisma Y Nmax+	9884	1790	4186	11735	6376
	Mxx <sub>max</sub>	Sisma Y Nmax+	9884	1790	1256	11735	6376
	Myy <sub>max</sub>	Sisma X Nmax+	9884	1790	1256	3625	18154

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 60x600 cm

Armatura verticale

$A_s = \phi 16/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 16/20$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 12/20$

$A'_s = \phi 12/20$

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	45 di 61

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	31.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60	daN/cm <sup>2</sup>
	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:	132.80	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>	

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	600.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	60Ø16	(120.6 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	30Ø16	(60.3 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	9.0	cm

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	87000	56100	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	63200

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

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	49800 (125933)

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	9700 (125933)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.3 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 8.2 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
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 in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	87000	-13	236346	2.717	53.3	0.13	0.70	181.0

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	-0.00118	51.0	-0.02300	9.0

#### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	47 di 61

Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm <sup>2</sup> ]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	56100	161094	51.0	600.0	0.0059	0.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la $(C4.1.11)NTC/(7.14)EC2$ )

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	29.7	60.0	0.0	45.7	-1141	51.0	15.2	9135	120.6	9.9

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00071	0.00022	0.50	0.60	0.000342 (0.000342)	485	0.166 (0.20)	125933

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	23.4	60.0	0.0	45.7	-899	51.0	15.2	9135	120.6	9.9

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00056	0.00018	0.50	0.60	0.000270 (0.000270)	485	0.131 (0.20)	125933

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.6	60.0	0.0	45.7	-175	51.0	15.2	9135	120.6	9.9

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00011	0.00003	0.50	0.40	0.000053 (0.000053)	485	0.025 (0.20)	125933

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli  $9\varnothing 8/m^2$

#### 7.9.1 \_\_\_ Muro frontale

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 :*

*Sezione rettangolare 300x500 cm*

*Armatura verticale*

$A_s = \varnothing 26/10$  (lato controterra)

$A'_s = \varnothing 26/10$  (lato esterno)

*Armatura orizzontale*

$A_s = \varnothing 24/20$  (lato controterra)

$A'_s = \varnothing 24/20$  (lato esterno)

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336430	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	31.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60	daN/cm <sup>2</sup>
	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:	132.80	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	49 di 61

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	500.0	cm
Altezza:	300.0	cm
Barre inferiori:	50Ø26	(265.5 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	50Ø26	(265.5 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	9.0	cm

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	843600	211100	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	614500

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	522600 (2652217)

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
---------	---	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	50 di 61

1 0 247000 (2652217)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.7	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
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 in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	843600	18	2965348	3.515	289.0	0.04	0.70	265.5 (260.6)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00266	300.0	0.00049	291.0	-0.06750	9.0

**VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm <sup>2</sup> ]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	211100	416076	291.0	500.0	0.0018	0.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	51 di 61

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> ]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> ]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	13.1	300.0	0.0	244.9	-843	291.0	22.5	11250	265.5	9.8

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00044	0.00010	0.50	0.60	0.000253 (0.000253)	449	0.114 (0.20)	2652217

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.2	300.0	0.0	244.9	-717	291.0	22.5	11250	265.5	9.8

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00037	0.00008	0.50	0.60	0.000215 (0.000215)	449	0.097 (0.20)	2652217

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.3	300.0	0.0	244.9	-339	291.0	22.5	11250	265.5	9.8

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00037	0.00008	0.50	0.60	0.000215 (0.000215)	449	0.097 (0.20)	2652217

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>												
<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</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>IV0004 002</td> <td>A</td> <td>52 di 61</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	52 di 61
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	52 di 61								

### 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 :

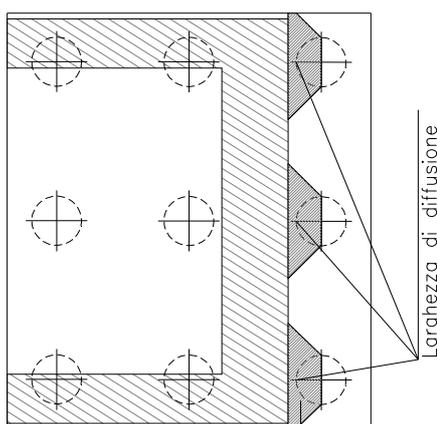
$$N_{\max} = 2300 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 658 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 7.9.2.1 Unghia anteriore platea fondazione

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo anteriore del muro frontale, mediante una diffusione a 45° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a  $0.2 d_p$  (con  $d_p$  altezza utile della sezione del plinto).

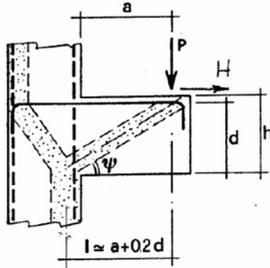
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



**Figura 4 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale**

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 617 del 02-02-09.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



**P,H : Carichi Esterni di Progetto ( $P_{Ed}, H_{Ed}$ )**

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica**

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{l}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d)$$

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{Rc} \geq P_{Rs}$

Il palo è posto in corrispondenza del muro andatore, si considera a favore di sicurezza, la distanza tra asse palo ed asse muro frontale pari a 1.40m per cui risulta

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	54 di 61

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>2.90</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>2308.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>-660.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>1.40</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>1.50</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.10</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>1.40</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>1.68</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.33</b>		$\lambda = ctg\psi \geq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>16.5</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>1</b>	$\phi 1(mm) =$	<b>26.0</b>	$p1(cm) =$	<b>20.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 1 =$	14.5	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	7698.47
<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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 2 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00
<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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$	<b>0.644</b>	rad	$=$	<b>36.87</b>	$^{\circ}$
$P_{RS} =$	<b>2752.6</b>	KN	$P_{RS} > P_{Ed}$ - Verifica Soddisfatta		
$P_{RC} =$	<b>9646.6</b>	KN	$P_{RC} > P_{RS}$ - Verifica Soddisfatta		

 <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>IV07 cavalcaferrovia al km 20+239.60</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0004 002	REV. A

## 8 PALO DI FONDAZIONE L=26.0M

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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 1.98$  (vedi relazione geotecnica generale §9.2)

$$N_{\max} = 2308 \text{ kN} \quad T = 658 \text{ kN} \quad M = 658 * 1.98 = 1303 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = -199 \text{ kN} \quad T = 658 \text{ kN} \quad M = 658 * 1.98 = 1303 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

*Sezione circolare  $\varnothing 100 \text{ cm}$*

$$A_s = 30\phi 26 \quad \text{staffe } \phi 12/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 26.00\text{m}$

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	25.60	daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	56 di 61

Raggio circ.: 50.0 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  
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.0	30	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
Passo staffe: 9.1 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	230800	130300	65800
2	-19900	130300	65800

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.9 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Componente momento flettente assegnato [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	230800	130300	230800	201276	1.54	159.3(23.6)
2	S	-19900	130300	-19896	144357	1.11	159.3(23.6)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	57 di 61

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	0.00197	0.0	50.0	0.00158	0.0	41.0	-0.00196	0.0	-41.0
2	0.00123	0.0	50.0	0.00091	0.0	41.0	-0.00196	0.0	-41.0

**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	0.000043099	-0.000189460	----	----
2	0.000000000	0.000035011	-0.000521031	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	8 mm
Passo staffe:	9.1 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [daN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
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	65800	163940	66250	75.9  61.3	90.7	2.500	1.208	11.0	11.0(0.0)
2	S	65800	144801	70814	76.5  65.5	90.5	2.500	1.000	10.3	11.0(0.0)

**8.1 Calcolo capacità portante**

Dalla relazione geotecnica generale §9.1.8 tab 97 (codice elaborato LI0202D78RBGE0005001B) si ricava la seguente tabelle delle portanze sul palo diamentro 1000 che si allega per facilità di lettura

LINEA FS TERMOLI-RIPALTA IV07

Capacita' portante palo D=1000 mm-SLU A1+M1+R3

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	58 di 61

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Q11	Qb1	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	511.	0.	511.	222.
.50	39.	613.	2.	650.	284.
1.00	86.	715.	4.	796.	351.
1.50	139.	817.	6.	950.	420.
2.00	200.	919.	8.	1111.	494.
2.50	268.	1021.	10.	1279.	571.
3.00	341.	1072.	12.	1401.	628.
3.50	418.	1123.	14.	1527.	688.
4.00	498.	1174.	16.	1657.	749.
4.50	582.	1225.	18.	1790.	812.
5.00	669.	1276.	20.	1926.	877.
5.50	760.	1327.	22.	2066.	943.
6.00	855.	1378.	24.	2210.	1012.
6.50	953.	1429.	26.	2357.	1082.
7.00	1055.	1480.	27.	2508.	1154.
7.50	1160.	1532.	29.	2662.	1228.
8.00	1272.	1583.	31.	2823.	1306.
8.50	1404.	1871.	33.	3242.	1497.
9.00	1544.	2160.	35.	3668.	1691.
9.50	1687.	2449.	37.	4098.	1888.
10.00	1835.	2737.	39.	4533.	2087.
10.50	1986.	3026.	41.	4971.	2288.
11.00	2142.	3315.	43.	5413.	2491.
11.50	2301.	3401.	45.	5657.	2607.
12.00	2465.	3486.	47.	5904.	2726.
12.50	2633.	3572.	49.	6156.	2847.
13.00	2805.	3658.	51.	6412.	2970.
13.50	2981.	3744.	53.	6672.	3096.
14.00	3161.	3830.	55.	6936.	3223.
14.50	3345.	3915.	57.	7204.	3352.
15.00	3533.	4001.	59.	7476.	3483.
15.50	3726.	3959.	61.	7624.	3561.
16.00	3922.	3809.	63.	7669.	3594.
16.50	4123.	3660.	65.	7717.	3630.
17.00	4327.	3510.	67.	7770.	3667.
17.50	4536.	3360.	69.	7827.	3706.
18.00	4748.	3210.	71.	7888.	3748.
18.50	4962.	3001.	73.	7891.	3764.
19.00	5163.	3057.	75.	8146.	3889.
19.50	5365.	3113.	77.	8401.	4014.
20.00	5570.	3169.	79.	8661.	4141.
20.50	5779.	2907.	81.	8606.	4132.
21.00	5992.	2645.	82.	8554.	4124.
21.50	6208.	2383.	84.	8506.	4119.
22.00	6428.	2121.	86.	8462.	4115.
22.50	6651.	1858.	88.	8421.	4113.

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	59 di 61

23.00	6863.	1596.	90.	8369.	4105.
23.50	6987.	1604.	92.	8499.	4170.
24.00	7097.	1612.	94.	8615.	4228.
24.50	7209.	1620.	96.	8733.	4286.
25.00	7323.	1628.	98.	8853.	4346.
25.50	7439.	1636.	100.	8974.	4406.
26.00	7556.	1643.	102.	9097.	4468.
26.50	7675.	1651.	104.	9222.	4530.
27.00	7796.	1659.	106.	9349.	4593.
27.50	7919.	1667.	108.	9478.	4657.
28.00	8045.	1710.	110.	9645.	4738.
28.50	8171.	1753.	112.	9813.	4819.
29.00	8300.	1797.	114.	9982.	4902.
29.50	8430.	1840.	116.	10154.	4985.
30.00	8561.	1883.	118.	10327.	5069.
30.50	8695.	1926.	120.	10502.	5154.
31.00	8831.	1934.	122.	10643.	5225.
31.50	8968.	1942.	124.	10786.	5296.
32.00	9107.	1950.	126.	10931.	5368.
32.50	9248.	1958.	128.	11078.	5442.
33.00	9391.	1965.	130.	11226.	5516.
33.50	9535.	1973.	132.	11377.	5591.
34.00	9681.	1981.	134.	11529.	5667.
34.50	9830.	1989.	135.	11683.	5744.
35.00	9979.	1997.	137.	11839.	5822.
35.50	10131.	2005.	139.	11997.	5901.
36.00	10285.	2013.	141.	12156.	5981.
36.50	10440.	2020.	143.	12317.	6062.
37.00	10597.	2028.	145.	12480.	6143.
37.50	10756.	2036.	147.	12645.	6226.
38.00	10917.	2044.	149.	12812.	6309.
38.50	11080.	2052.	151.	12980.	6394.
39.00	11244.	2060.	153.	13151.	6479.
39.50	11410.	2068.	155.	13323.	6565.
40.00	11578.	2075.	157.	13496.	6652.
40.50	11748.	2083.	159.	13672.	6741.
41.00	11920.	2091.	161.	13850.	6830.
41.50	12093.	2099.	163.	14029.	6920.
42.00	12268.	2107.	165.	14210.	7010.
42.50	12445.	2115.	167.	14393.	7102.
43.00	12624.	2123.	169.	14578.	7195.
43.50	12805.	2130.	171.	14764.	7288.
44.00	12987.	2138.	173.	14953.	7383.
44.50	13171.	2146.	175.	15143.	7478.
45.00	13357.	2154.	177.	15335.	7575.
45.50	13545.	2162.	179.	15528.	7672.
46.00	13734.	2170.	181.	15723.	7770.
46.50	13922.	2178.	183.	15917.	7867.
47.00	14111.	2185.	185.	16112.	7965.
47.50	14299.	2193.	187.	16306.	8063.

$L_p$  = Lunghezza utile del palo  
 $Q_{l1}$  = Portata laterale limite  
 $Q_{b1}$  = Portata di base limite  
 $W_p$  = Peso efficace del palo  
 $Q_u$  = Portata totale limite  
 $Q_d$  = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,l + Q_{b1}/FS,b - W_p$

## 8.2 Giunto di dilatazione

Si calcola il giunto da realizzare sulla spalla mobile:

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.

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV0004 002	A	61 di 61

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:

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

$a_g$		0.242	g
$F_0$		2.452	
$S_s$		1.163	
$S_t$		1	
$T_C$		0.47	s
$T_D$		2.567	s
Accel. massima al suolo	$S \cdot a_{gmax}$	0.281446	g
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 \cdot S \cdot a_{gmax}$	0.69010559	g
Spostamento testa spalla (par.7.3.3.3 NTC)	$d_E = d_{Ee} \cdot \mu_d$	0.000	m
k1		0.45	
k2		0.55	
$d_g$ (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.00848904	m
Dilatazione termica impalcato	$D_t$	0.0075	m
E1	$2 \cdot D_t$	0.015	m
E2	$4 \cdot d_E \cdot k_2$	0.000	m
E3	$2 \cdot d_g$	0.017	m
EL	$k_1 \cdot (E1 + E2 + E3)$	0.014	m