

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'arte maggiore – Ponti e Viadotti Stradali

IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter

Relazione di calcolo Pile

SCALA:

-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	M.Piscitelli	Aprile 2019	G. Giustino <i>G. Giustino</i>	Aprile 2019	B.M.Bianchi <i>B.M.Bianchi</i>	Aprile 2019	D. Tiberti Aprile 2019


ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Geniale
UO Infrastrutture Sud
Prof. Ing. Donato Tiberti
Incarico degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10878

File: .docx

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	6
2.1	SCHEMA STRUTTURALE E DI VINCOLO.....	8
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
4	MATERIALI.....	10
4.1	FONDAZIONI – PALI.....	10
4.2	ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE.....	11
4.3	ACCIAIO B450C.....	11
4.4	CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI.....	12
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	14
5.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO.....	14
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	15
6.1	VITA NOMINALE.....	16
6.2	CLASSE D’USO.....	16
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO.....	17
6.4	VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	17
6.5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO.....	18
6.6	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO E SPETTRO DI PROGETTO.....	19
7	VERIFICHE.....	21
7.1	VERIFICA AGLI SLU: PRESSOFLESSIONE E TAGLIO.....	21
7.1.1	<i>Verifica a pressoflessione.....</i>	<i>21</i>

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 3 di 56

7.1.2	<i>Verifica a taglio</i>	22
7.2	VERIFICA AGLI SLE: LIMITAZIONE DELLE TENSIONI E FESSURAZIONE	23
7.2.1	<i>Verifica di fessurazione</i>	23
7.2.2	<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>	23
8	MODELLO DI CALCOLO	24
8.1	GENERALITÀ	24
8.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	24
8.3	MODELLO DI CALCOLO STATICO E SISMICO	24
8.4	ANALISI DEI CARICHI	26
8.4.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	26
8.4.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato (scarichi sugli appoggi)</i>	26
8.4.3	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	30
8.5	COMBINAZIONI DI CARICO	31
8.5.1	<i>Gruppi di carico</i>	32
8.5.2	<i>Coefficienti parziali e di combinazione</i>	33
8.5.3	<i>Combinazioni agli SLU</i>	34
8.5.4	<i>Combinazioni agli SLE</i>	34
9	ANALISI E VERIFICHE DELLE PILE	35
9.1	SOLLECITAZIONI BASE PILA	35
9.2	VERIFICHE PILE	39
10	ANALISI E VERIFICA DELLE FONDAZIONI.....	44
10.1	SOLLECITAZIONI INTRADOSSO PLINTO	44

10.2	SOLLECITAZIONI NEI PALI	45
10.3	VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE.....	48
10.3.1	<i>Verifiche di capacità portante Palo singolo</i>	<i>50</i>
10.3.2	<i>Verifiche capacità portante Pali Di Gruppo.....</i>	<i>50</i>
10.3.3	<i>Capacità portante laterale dei pali di fondazione</i>	<i>51</i>
10.4	VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI IN FONDAZIONE.....	52
10.5	VERIFICA STRUTTURALE PALI DI FONDAZIONE.....	53
11	APPOGGI E GIUNTI.....	54
11.1	APPOGGI PILE	54
11.2	ESCURSIONE DEI GIUNTI.....	54

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento e verifica delle pile del cavalcavia denominato IV01 "Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter".

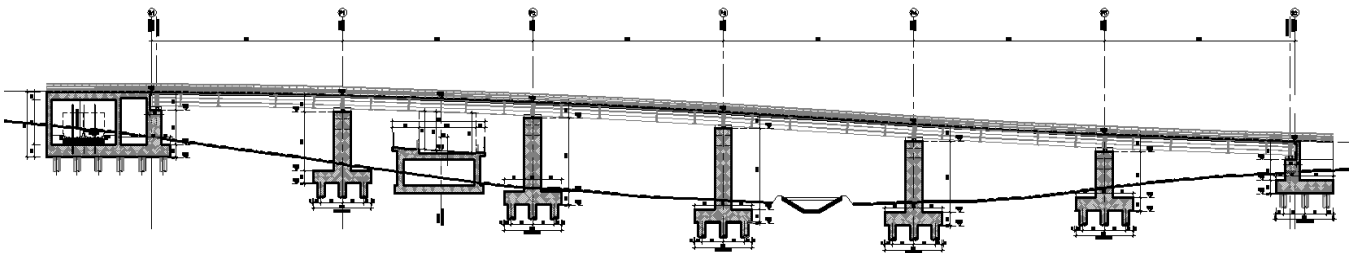



Figura 1 - Profilo longitudinale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 6 di 56

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

L'impalcato è realizzato in carpenteria metallica, e presenta uno schema statico di trave continua su 7 appoggi con 6 campate da 40 m di luce ciascuna per uno sviluppo complessivo di 240 m tra gli assi appoggi delle spalle.

L'asse presenta un andamento planimetrico curvilineo che si accentua tra la pila P4 e la spalla S2, con conseguente allargamento della carreggiata stradale da 8.5 m a 11.9 m.

L'impalcato prevede una struttura mista in acciaio-calcestruzzo costituita da quattro travi metalliche ad interasse (distanza fra i baricentri) variabile da 3.1 m in corrispondenza della spalla S1 a 3.3 m in corrispondenza della spalla S2, realizzate a doppio T. Le travi sono poi collegate mediante controventi superiori e diaframmi verticali.

I diaframmi, posti ad interasse di 5 m, sono a struttura reticolare costituiti da profilati in acciaio.

La soletta in c.a. di spessore variabile con valore medio pari a 300 mm è gettata su predalles di 50 mm di spessore poggiate sulle piattabande superiori delle travi e collegata ad essi mediante connettori tipo 'Nelson'.

La soletta in calcestruzzo armato collaborante con le travi, garantisce, insieme ai traversi, la ripartizione dei carichi tra le travi dell'impalcato in esame. Esso è vincolato alle sottostrutture mediante appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione rivestita con PTFE (Politetrafluoroetilene).

Le sottostrutture consistono in due spalle e 5 pile con fondazioni di tipo profondo su pali.

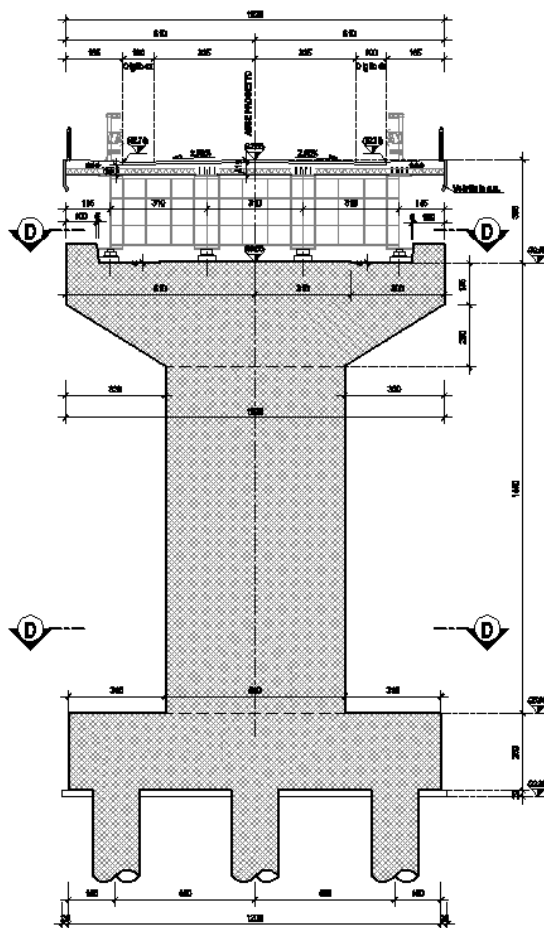
Il presente documento contiene le verifiche strutturali e geotecniche delle Pile.

Le pile in esame sono caratterizzate da una sezione piena a "saponetta" con larghezza pari a 3.50 m in direzione longitudinale e 5.80 m in direzione trasversale. Le fondazioni sono del tipo indiretto, con plinti su pali $\phi 1500$ di dimensione 12.00 x 12.00 e spessore pari a 2.5 m. Gli interassi dei pali sono pari a 4.50 m sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale.

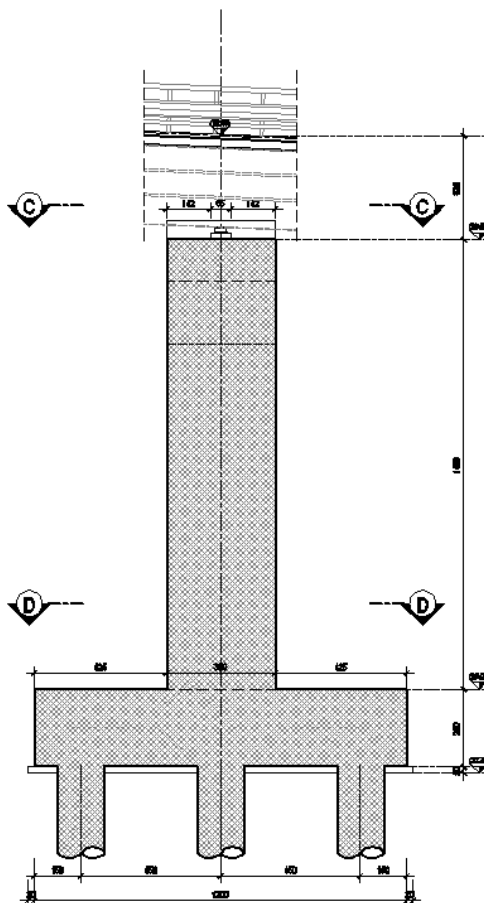
La lunghezza dei pali è pari a 28m.

Di seguito si riportano alcune immagini esplicative delle sottostrutture in esame. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

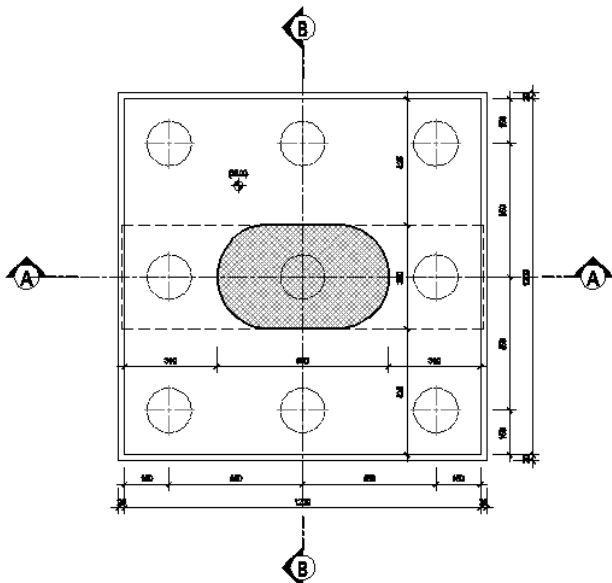
SEZIONE A-A-Scala 1:100



SEZIONE B-B-Scala 1:100



SEZIONE D-D-Scala 1:100



SEZIONE C-C-Scala 1:100

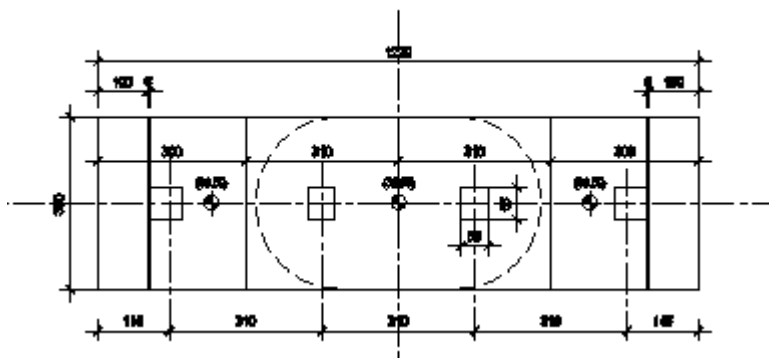
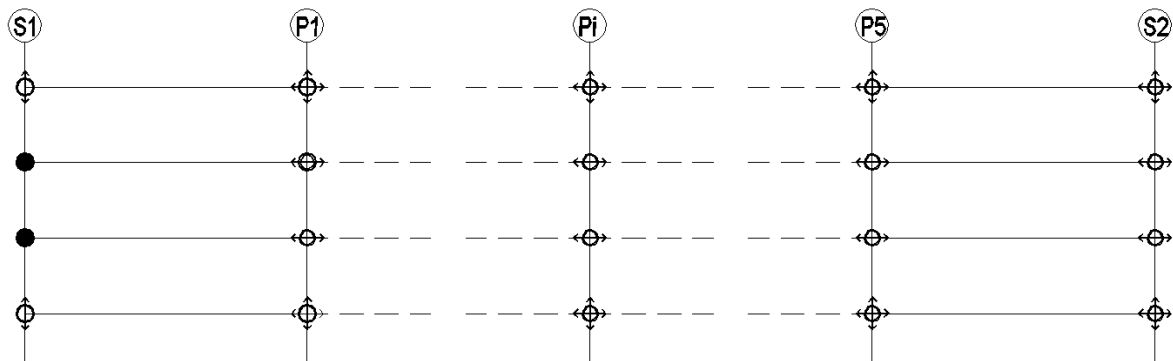


Fig. 1 – Pila Tipo


2.1 Schema strutturale e di vincolo

L'impalcato nel suo complesso si comporta come un sistema di travi, connesse tra loro dai traversi dai controventi inferiori e dalla soletta, con schema statico longitudinale continuo su sei campate.

Lo schema di vincolo prevede:



●	F	Appoggio fisso
⊕	M	Appoggio multidirezionale
⊕	UL	Appoggio monodirezionale longitudinale
⊕	UT	Appoggio monodirezionale longitudinale


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><i>LINEA PESCARA – BARI</i> RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</p>					
<p>Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile</p>	<p>COMMESSA L102</p>	<p>LOTTO 02 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IV010 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 9 di 56</p>

3 **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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</p>					
<p>Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile</p>	<p>COMMESSA LI02</p>	<p>LOTTO 02 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IV010 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 10 di 56</p>

4 MATERIALI

4.1 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}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2,56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm ²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

4.2 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}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

4.3 Acciaio B450C


Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450$ MPa;

Tensione di progetto: $f_{yk} = 450$ MPa;

Tensione di progetto: $f_{yk} = f_{yd} / \gamma_m$

in cui $\gamma_m = 1.15$ $f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3$ MPa;

Modulo Elastico $E_s = 210'000$ MPa.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</p>					
	<p>Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile</p>	<p>COMMESSA</p> <p>L102</p>	<p>LOTTO</p> <p>02 D 78</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>IV010 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

4.4 Classi di esposizione e copriferri

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206-1-2006, si definiscono di seguito le classi di esposizione del calcestruzzo delle diverse parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Pile e spalle: XC4;
- Plinti e pali di fondazione: XC2;

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota: Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricopertura di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettono quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido.	0,50	C 32/40	
5 b			Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.			
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 b			Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti.			
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a	XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
5 b			Permanentemente sommerso.			
			Zone esposte agli spruzzi o alle maree.			
	XS2		Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3		Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battaglia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, in presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di fanghi e vasche di desorbimento. Contentori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 b			Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive.			
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Tori di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	

*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:
- moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione;
- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.
**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

Classi di esposizione secondo norma UNI – EN 206-2006

La determinazione delle classi di resistenza dei conglomerati dei conglomerati, di cui ai successivi paragrafi, sono state inoltre determinate tenendo conto delle classi minime stabilite dalla stessa norma UNI-EN 206-2006, di cui alla successiva tabella:

	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione o attacco	Corrosione da carbonatazione					Corrosione da cloruri						Attacco gelo/disgelo				Ambienti chimici aggressivi		
							Acqua marina			Altri cloruri (diversi dall'acqua di mare)									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Rapporto massimo a/c	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Classe di resistenza minima	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	-	-	-	
Altri requisiti												Aggregati in accordo alla EN 12620 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo				Cemento resistente ai solfati ^{b)}			
a)	Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni dovrebbero essere verificate conformemente ad un metodo di prova appropriato rispetto ad un calcestruzzo per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo per la relativa classe di esposizione.																		
b)	Qualora la presenza di SO ₂ comporti le classi di esposizione XA2 e XA3, è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati. Se il cemento è classificato a moderata o ad alta resistenza ai solfati, il cemento dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA2 (e in classe di esposizione XA1 se applicabile) e il cemento ad alta resistenza, ai solfati dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA3.																		

Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – EN 206-2006

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n°617 del 02-02-09 e delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm


- Pile e spalle: 50 mm
- Plinti di fondazione: 40 mm
- Pali di fondazione: 60 mm

In termini di limiti di apertura delle fessure, alle prescrizioni normative presenti nelle NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 29/12/2016*) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

L'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (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;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

In definitiva, nel caso in esame, si adotta il limite w_1 sia per pile e spalle che per pali e plinti in quanto i primi ricadono in condizioni ambientali aggressive (classe XC4), mentre i secondi sono elementi a permanente contatto con il terreno.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA												
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	<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>IV010 002</td> <td>A</td> <td>14 di 56</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI02	02 D 78	CL	IV010 002	A	14 di 56
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI02	02 D 78	CL	IV010 002	A	14 di 56								

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al progetto per la trattazione completa dei parametri geologico e geotecnici e per la definizione della curva di portanza dei pali.


5.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008 nonché la valutazione delle sollecitazioni di verifica e di dimensionamento dei vari elementi strutturali secondo il criterio della Gerarchia delle Resistenze.

L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria "Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina", che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località tra cui Termoli(CB), Campomarino(CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieuti / Chieuti (FG), Serracapriola- Loc.SS16 (FG).

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell'ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in quattro sottozone simiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell'area che evidenzia un graduale incremento dell'intensità sismica da nord verso sud; nella fattispecie le zone sismiche "omogenee" individuate, sono quelle di seguito elencate:

Tabella 1: Tabella di riepilogo località di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche per il progetto delle opere

Progr. Inizio	Progr. Fine	Località di Riferimento Azioni Sismiche	Zona sismica Locale
0	5.250,00	Campomarino(CB)	S1
5.250,00	10.000,00	Campomarino - Santa Monica (CB)	S2
10.000,00	18.650,00	Marina di Chieuti /Chieuti (FG)	S3
18.650,00	24.200,00	Serracapriola- Loc.SS16 (FG)	S4


Il viadotto stradale oggetto della presente relazione è posto in prossimità della progressiva di tracciato 7+400 e ricade pertanto nella zona sismica S2 nell'ambito sismico individuato come "Campomarino – Santamonica (CB)".

ZONA SISMICA	S2
LATITUDINE	41.94
LONGITUDINE	15.07
COMUNE	Campomarino – Santamonica
PROVINCIA	CAMPOBASSO

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per la zona sismica di riferimento in cui ricade l'opera.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

6.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è 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. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 2 Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V < 250$ km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V \geq 250$ Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾

(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale $V_N = 75$.

6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per la definizione della Classe di uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria esistente si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

Tabella 3 Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione per l'infrastruttura ferroviaria

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [C _U]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Facendo riferimento all'Allegato 5 della specifica alla pagina 151 del "MANUALE DI PROGETTAZIONE DI PONTI E STRUTTURE" - RFI DTC SICS MA IFS 001 B si ricade in classe d'uso tipo **Classe III con coefficiente d'uso C_U=1,5**.

6.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :
 $V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.50 = 112.5$ anni (periodo di riferimento).

6.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = - \frac{C_u \cdot V_s}{\ln(1 - P_{V_s})}$$


da cui si ottiene la seguente Tabella:

Tabella 4 Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato

	STATO LIMITE	probabilità di superamento PVR	Valori in anni del periodo di ritorno T _R
	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	68
SLE	SLD - Stato Limite di Danno	63%	113
	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	1068
SLU	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%	2193

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati si ha:

STATO LIMITE	SLV
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	C
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1
VITA NOMINALE V_N	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO C_U	1.5
VITA DI RIFERIMENTO V_R	112.5

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

6.5 Caratterizzazione sismica del terreno

Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008.

Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle Tab.18 e 19 che sono riportate di seguito:

Tabella 5 Tabella delle espressioni per S_S e C_C

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 6 Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nel caso in esame:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
 CATEGORIA TOPOGRAFICA

C
 T1

6.6 Parametri sismici di calcolo e spettro di progetto

Il calcolo viene eseguito mediante analisi dinamica lineare assumendo un fattore di struttura unitario. Lo spettro di risposta utilizzato in fase di analisi è il seguente:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.168 g
F_0	2.547
T_C	0.367 s
S_s	1.444
C_C	1.462
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.444
η	1.000
T_B	0.179 s
T_C	0.536 s
T_D	2.271 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_C \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

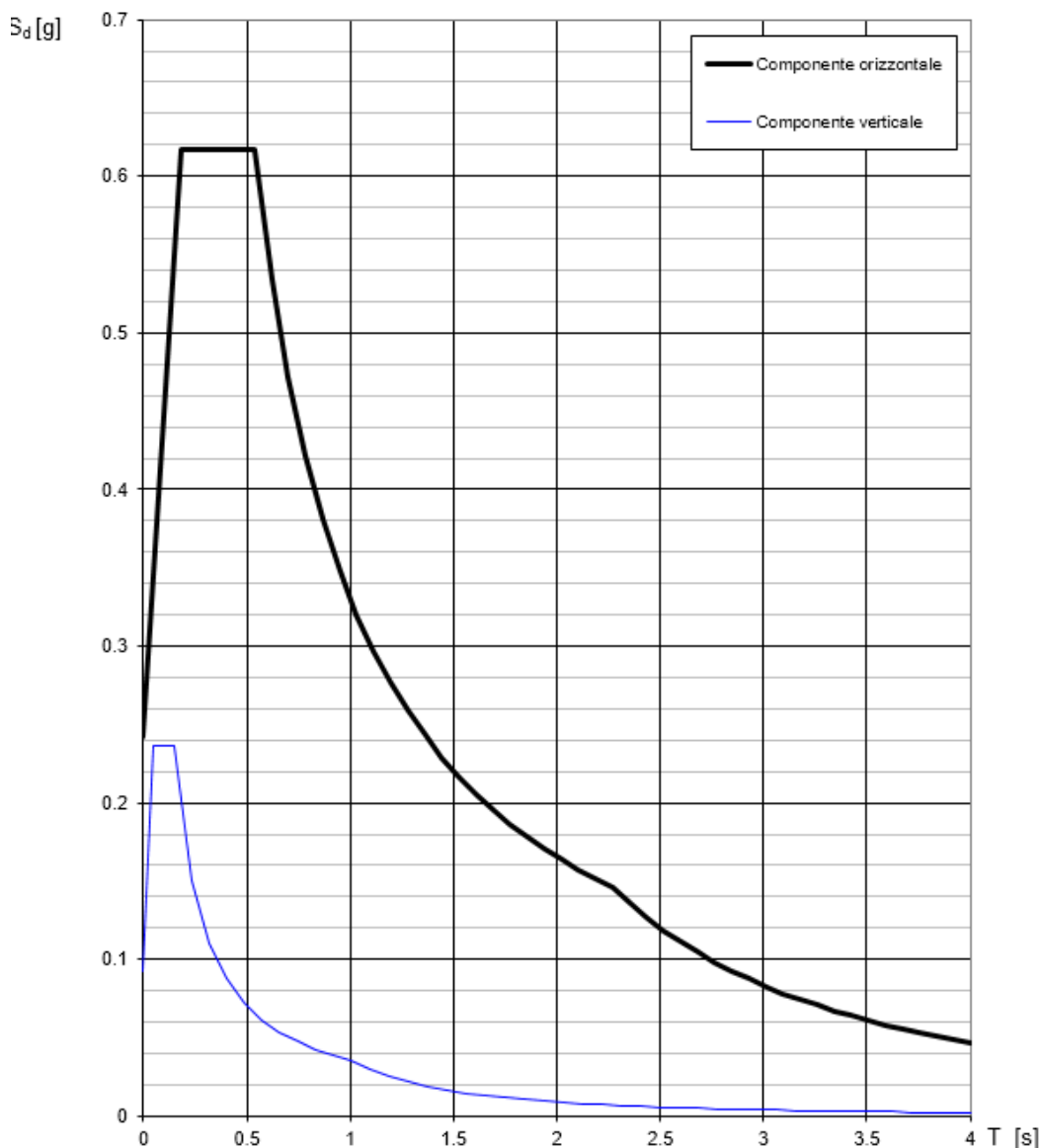
Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.242
T_B	0.179	0.617
T_C	0.536	0.617
	0.619	0.534
	0.701	0.471
	0.784	0.422
	0.867	0.382
	0.949	0.348
	1.032	0.321
	1.114	0.297
	1.197	0.276
	1.280	0.258
	1.362	0.243
	1.445	0.229
	1.527	0.217
	1.610	0.205
	1.693	0.195
	1.775	0.186
	1.858	0.178
	1.940	0.170
	2.023	0.163
	2.106	0.157
	2.188	0.151
T_D	2.271	0.146
	2.353	0.136
	2.436	0.127
	2.518	0.118
	2.600	0.111
	2.683	0.104
	2.765	0.098
	2.847	0.093
	2.930	0.088
	3.012	0.083
	3.094	0.078
	3.177	0.074
	3.259	0.071
	3.341	0.067
	3.424	0.064
	3.506	0.061
	3.588	0.058
	3.671	0.056
	3.753	0.053
	3.835	0.051
	3.918	0.049
	4.000	0.047

Gli spettri di risposta di progetto allo SLV in direzione orizzontale (con $q = 1.0$) e verticale (con $q = 1.0$) sono rappresentati nella figura seguente.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV




Combinazione degli effetti dell'azione sismica

In accordo con il paragrafo 7.3.5. del D.M. 14.01.2008, gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- Sisma in direzione longitudinale "X" $1.0 E_X + 0.3 E_Y + 0.3 E_Z$
- Sisma in direzione trasversale "Y" $0.3 E_X + 1.0 E_Y + 0.3 E_Z$
- Sisma in direzione verticale "Z" $0.3 E_X + 0.3 E_Y + 1.0 E_Z$

Per ciascuna delle precedenti relazioni, gli effetti del sisma sono stati combinati facendo variare opportunamente il segno delle singole sollecitazioni al fine di massimizzare gli sforzi nella struttura.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 21 di 56

7 VERIFICHE

Nelle pagine che seguono si riportano le verifiche strutturali previste dalla Normativa di riferimento allo SLU e allo SLE.

7.1 Verifica agli SLU: Pressoflessione e Taglio

Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (CS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

7.1.1 Verifica a pressoflessione


Le verifiche flessionali allo SLU sono state eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

Per quanto attiene la legge σ - ϵ del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e con $\epsilon_{c2}=0,2\%$ ed $\epsilon_{cu}=0,35\%$.

Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente elastico finito con $\epsilon_{cu}=1,0\%$.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</p>					
<p>Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile</p>	<p>COMMESSA L102</p>	<p>LOTTO 02 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IV010 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 22 di 56</p>

7.1.2 Verifica a taglio


La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

- $V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$, resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio
- $V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \vartheta$, valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento
- $V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \vartheta + \tan \vartheta}$, valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$ con d in mm
- $\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$
- A_{s1} è l'area dell'armatura tesa
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd}$
- N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi
- A_c è l'area della sezione di calcestruzzo
- $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$
- $k_1 = 0,15$
- $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$
- $v = 0,5$ per calcestruzzi fino a C70/85
- $1 \leq \cot \vartheta \leq 2,5$
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio
- s è il passo delle staffe

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 23 di 56

- f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- $v_1 = v$ è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio
- α_{cw} è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

7.2 Verifica agli SLE: Limitazione delle Tensioni e Fessurazione

Il controllo delle tensioni nei materiali viene effettuato supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare.

7.2.1 Verifica di fessurazione

In accordo con quanto riportato al paragrafo 4, si adotta il limite $w_1 = 0.2$ mm per tutti gli elementi strutturali analizzati nella presente relazione.


7.2.2 Verifica delle tensioni di esercizio

In accordo con la normativa ferroviaria, che pone limiti tensionali più severi rispetto a quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008, la massima tensione di compressione del cls deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);
- $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

La massima tensione di trazione dell'acciaio deve rispettare la limitazione:

- $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ per combinazione caratteristica (rara).

	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 24 di 56

8 MODELLO DI CALCOLO

8.1 Generalità

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del MIDAS/CIVIL 2019. Il software è stato impiegato per la modellazione dell'intera opera, finalizzata all'analisi strutturale. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sull'impalcato al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle normative di riferimento riportate nella specifica relazione di calcolo e pertanto non contenute nel presente documento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti sulle sottostrutture necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali riportate nel seguito.

8.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Nell'ambito del presente paragrafo si riporta una descrizione delle caratteristiche dei software utilizzati per l'effettuazione delle analisi e verifiche strutturali esposte ai precedenti paragrafi.

Nello specifico, l'analisi del comportamento globale delle strutture d'impalcato è stato effettuato con l'ausilio del software MIDAS/CIVIL 2019, distribuito in Italia dalla CSPFea (Padova), di cui si possiede regolare licenza, identificata nello specifico da Key Serial Number n° 4192BE703400F0F1 intestata a PROGIN SPA – CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.

Per l'esecuzione di verifiche di sezioni in cemento armato si è invece utilizzato il software PresFle+, prodotto e distribuito dalla Concrete srl (Padova), di cui si possiede regolare licenza, identificata nello specifico da chiave USB n° 4552054, intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.

Infine si è ricorso a fogli di calcolo elettronici auto-prodotti, per l'automatizzazione di ulteriori verifiche effettuate quali elementi in acciaio e/o elementi strutturali secondari.

8.3 Modello di calcolo statico e sismico

Il viadotto è stato modellato con elementi monodimensionali rappresentativi rispettivamente:

- delle travi longitudinali a sezione composta;
- dei traversi reticolari di campata;
- dei traversi pieni di testata.
- dei controventi di piano
- delle pile

Elementi di trave simulanti la soletta sono stati disposti in direzione trasversale per modellare correttamente la ripartizione trasversale dei carichi accidentali.

Gli assi di riferimento sono:

- x = asse longitudinale impalcato
- y = asse trasversale impalcato
- z = asse verticale impalcato

L'origine del modello numerico è stata assunta in corrispondenza della Spalla 1 (spalla sx).

Nelle figure seguenti sono rappresentate alcune viste del modello utilizzato.

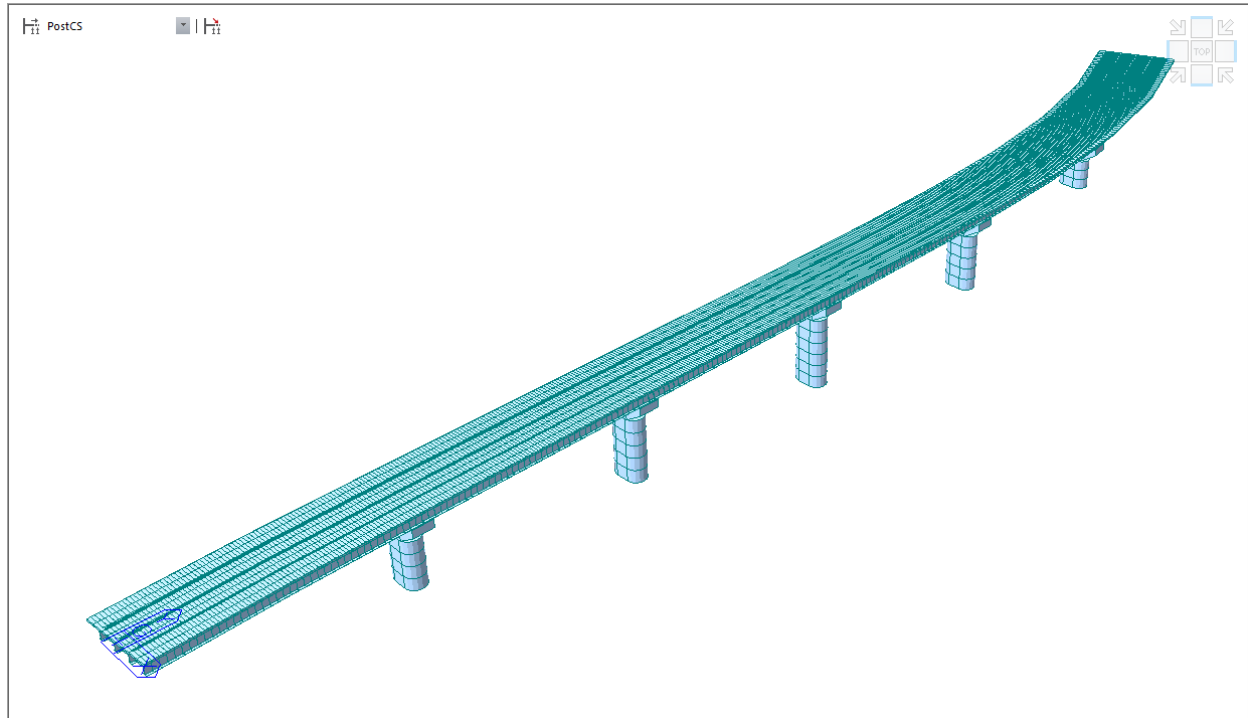


Figura 2 - Modello FEM vista estrusa

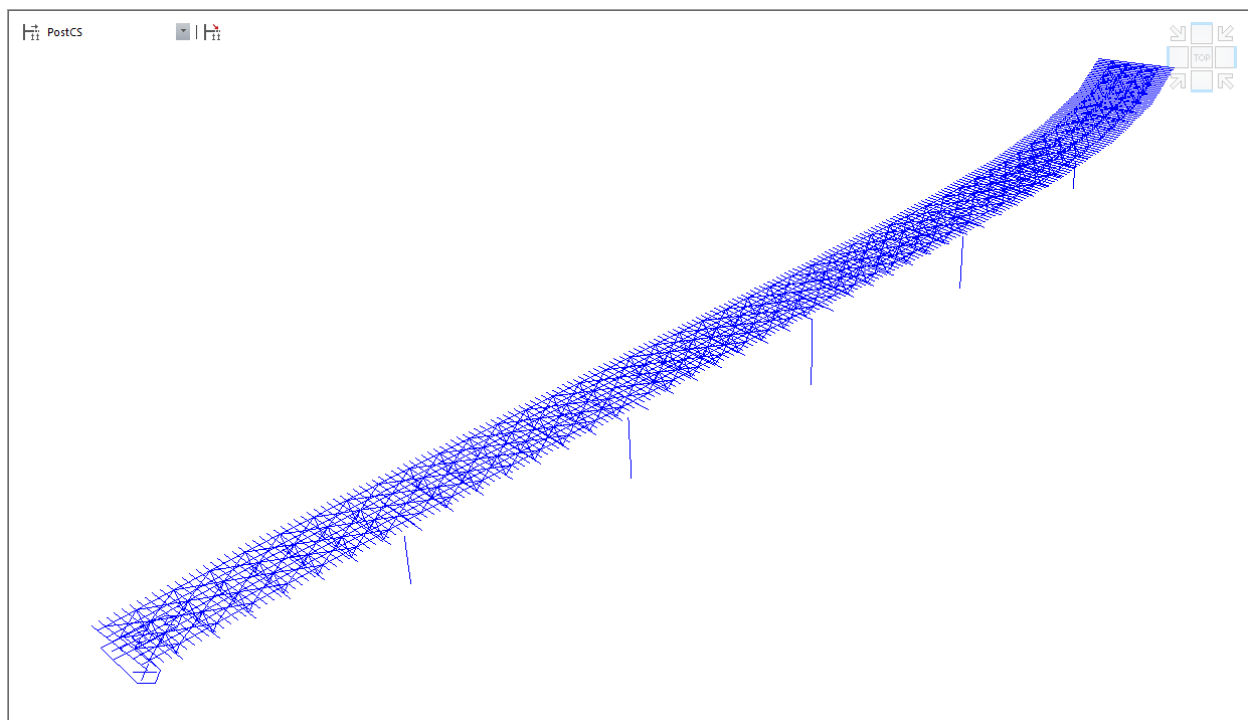



Figura 3 - Modello FEM vista wireframe

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

Nel modello sono utilizzati le seguenti condizioni di vincolo:

- bracci rigidi tra l'asse delle travi e intradosso;
- elastik link tra intradosso trave e pulvini simulanti gli appoggi fissi o scorrevoli in considerazione dello schema di vincolo riportato al paragrafo 2.1;
- elastik link rigidi tra estradosso pulvino e testa pila;
- vincoli fissi (incastrati) alla base delle pile;

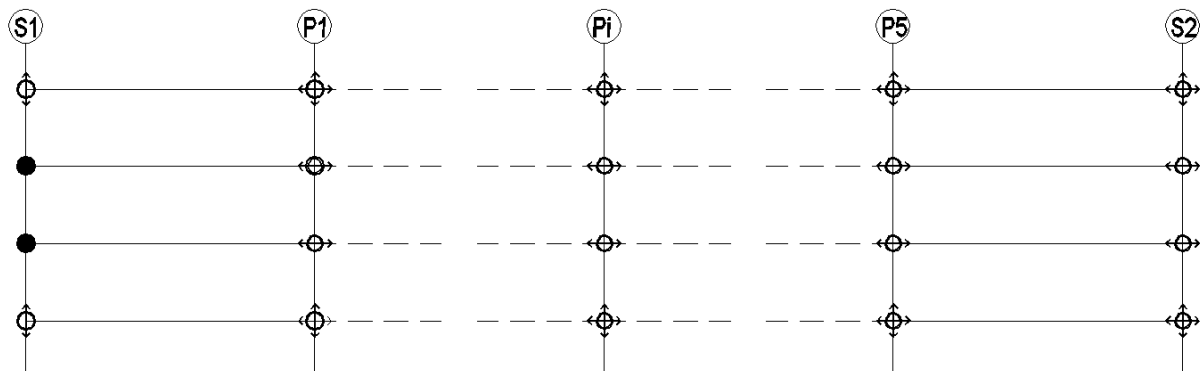
8.4 Analisi dei carichi

8.4.1 Peso proprio elementi strutturali


I pesi degli elementi strutturali sono dedotti utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

8.4.2 Carichi trasmessi dall'impalcato (scarichi sugli appoggi)

Si riportano di seguito gli scarichi sugli appoggi delle pile dedotti dall'analisi dell'impalcato, a cui si rimanda per maggiore comprensione:



● F	Appoggio fisso
⊕ M	Appoggio multidirezionale
⊕ UL	Appoggio monodirezionale longitudinale
⊕ UT	Appoggio monodirezionale longitudinale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

Nelle tabelle seguenti si riportano gli scarichi derivanti dall'impalcato ed applicati a quota testa pila, i valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati agli apparecchi di appoggio di estremità sono indicati con:

- T_L = risultante delle azioni orizzontali dirette lungo l'asse longitudinale dell'impalcato (taglio longitudinale);
- T_T = risultante delle azioni orizzontali dirette lungo l'asse trasversale dell'impalcato (taglio trasversale);
- N = risultante delle azioni verticali (sforzo normale);
- M_T = risultante delle azioni flettenti che provocano flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato (momento trasversale);
- M_L = risultante delle azioni flettenti che provocano flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato (momento longitudinale).

Pila P1

Load	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)
A1_STR.1.max.N(max)	21	0.0	0.0	4946.8	22	0.0	567.8	5010.6	23	0.0	582.5	4602.4	24	0.0	0.0	3977.0
A1_STR.1.max.N(min)	21	0.0	0.0	3527.9	22	0.0	227.5	3199.3	23	0.0	276.4	3072.3	24	0.0	0.0	3129.4
A1_STR.2a.max.N(max)	21	0.0	0.0	4884.4	22	0.0	428.6	4994.4	23	0.0	443.1	4618.3	24	0.0	0.0	4040.1
A1_STR.2a.max.N(min)	21	0.0	0.0	3465.4	22	0.0	88.2	3183.1	23	0.0	137.0	3088.2	24	0.0	0.0	3192.5
A1_STR.2b.max.N(max)	21	0.0	0.0	4929.3	22	0.0	580.8	4990.6	23	0.0	590.7	4581.8	24	0.0	0.0	3954.9
A1_STR.2b.max.N(min)	21	0.0	0.0	3510.4	22	0.0	240.4	3179.3	23	0.0	284.6	3051.7	24	0.0	0.0	3107.4
SLV Z.1	21	0.0	0.0	3573.9	22	0.0	958.4	3299.9	23	0.0	923.2	3288.2	24	0.0	0.0	3630.0
SLV Z.2	21	0.0	0.0	3817.0	22	0.0	2191.4	2955.6	23	0.0	2226.9	3009.3	24	0.0	0.0	3928.9
RARA.1.max.N(max)	21	0.0	0.0	3207.7	22	0.0	346.1	3156.3	23	0.0	371.1	2928.5	24	0.0	0.0	2694.7
RARA.1.max.N(min)	21	0.0	0.0	2657.4	22	0.0	198.3	2406.1	23	0.0	232.4	2312.6	24	0.0	0.0	2376.9
RARA.2a.max.N(max)	21	0.0	0.0	3161.4	22	0.0	243.0	3144.3	23	0.0	267.8	2940.2	24	0.0	0.0	2741.5
RARA.2a.max.N(min)	21	0.0	0.0	2611.2	22	0.0	95.1	2394.1	23	0.0	129.1	2324.4	24	0.0	0.0	2423.6
RARA.2b.max.N(max)	21	0.0	0.0	3194.8	22	0.0	355.8	3141.4	23	0.0	377.2	2913.2	24	0.0	0.0	2678.4
RARA.2b.max.N(min)	21	0.0	0.0	2644.5	22	0.0	207.9	2391.3	23	0.0	238.5	2297.4	24	0.0	0.0	2360.5
FREQUENTE.2a.max.N(max)	21	0.0	0.0	3069.4	22	0.0	28.8	3124.1	23	0.0	47.0	2970.5	24	0.0	0.0	2823.9
FREQUENTE.2a.max.N(min)	21	0.0	0.0	2519.1	22	0.0	-119.0	2373.9	23	0.0	-91.7	2354.7	24	0.0	0.0	2506.0
FREQUENTE.2b.max.N(max)	21	0.0	0.0	3102.7	22	0.0	141.6	3121.2	23	0.0	156.3	2943.4	24	0.0	0.0	2760.8
FREQUENTE.2b.max.N(min)	21	0.0	0.0	2552.4	22	0.0	-6.2	2371.1	23	0.0	17.6	2327.6	24	0.0	0.0	2442.9
QUASI.PERMANENTE	21	0.0	0.0	2421.9	22	0.0	-48.8	2325.7	23	0.0	13.0	2298.0	24	0.0	0.0	2397.0

Pila P2

Load	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)
A1_STR.1.max.N(max)	17	0.0	0.0	4452.6	18	0.0	580.3	4444.0	19	0.0	561.4	4055.2	20	0.0	0.0	3404.7
A1_STR.1.max.N(min)	17	0.0	0.0	2958.6	18	0.0	337.8	2582.1	19	0.0	322.4	2492.0	20	0.0	0.0	2578.8
A1_STR.2a.max.N(max)	17	0.0	0.0	4389.6	18	0.0	444.9	4427.7	19	0.0	425.9	4071.3	20	0.0	0.0	3467.7
A1_STR.2a.max.N(min)	17	0.0	0.0	2895.6	18	0.0	202.4	2565.7	19	0.0	186.8	2508.1	20	0.0	0.0	2641.8
A1_STR.2b.max.N(max)	17	0.0	0.0	4457.9	18	0.0	582.1	4449.9	19	0.0	559.2	4060.8	20	0.0	0.0	3409.3
A1_STR.2b.max.N(min)	17	0.0	0.0	2963.9	18	0.0	339.7	2587.9	19	0.0	320.2	2497.6	20	0.0	0.0	2583.4
SLV Z.1	17	0.0	0.0	2863.2	18	0.0	803.4	2471.3	19	0.0	838.9	2448.3	20	0.0	0.0	2742.5
SLV Z.2	17	0.0	0.0	3342.8	18	0.0	2101.2	2425.0	19	0.0	2137.6	2435.9	20	0.0	0.0	3305.6
RARA.1.max.N(max)	17	0.0	0.0	2832.1	18	0.0	367.9	2736.5	19	0.0	366.7	2524.4	20	0.0	0.0	2275.1
RARA.1.max.N(min)	17	0.0	0.0	2261.4	18	0.0	255.2	1968.8	19	0.0	255.5	1899.4	20	0.0	0.0	1974.7
RARA.2a.max.N(max)	17	0.0	0.0	2785.5	18	0.0	267.6	2724.4	19	0.0	266.3	2536.4	20	0.0	0.0	2321.8
RARA.2a.max.N(min)	17	0.0	0.0	2214.8	18	0.0	154.9	1956.6	19	0.0	155.1	1911.3	20	0.0	0.0	2021.4
RARA.2b.max.N(max)	17	0.0	0.0	2836.0	18	0.0	369.2	2740.8	19	0.0	365.1	2528.6	20	0.0	0.0	2278.5
RARA.2b.max.N(min)	17	0.0	0.0	2265.4	18	0.0	256.5	1973.1	19	0.0	253.9	1903.6	20	0.0	0.0	1978.1
FREQUENTE.2a.max.N(max)	17	0.0	0.0	2692.6	18	0.0	58.5	2703.7	19	0.0	50.7	2567.2	20	0.0	0.0	2405.0
FREQUENTE.2a.max.N(min)	17	0.0	0.0	2121.9	18	0.0	-54.2	1936.0	19	0.0	-60.5	1942.1	20	0.0	0.0	2104.6
FREQUENTE.2b.max.N(max)	17	0.0	0.0	2743.1	18	0.0	160.2	2720.2	19	0.0	149.5	2559.4	20	0.0	0.0	2361.7
FREQUENTE.2b.max.N(min)	17	0.0	0.0	2172.5	18	0.0	47.5	1952.5	19	0.0	38.3	1934.4	20	0.0	0.0	2061.3
QUASI.PERMANENTE	17	0.0	0.0	2080.1	18	0.0	-16.6	1944.9	19	0.0	16.4	1940.1	20	0.0	0.0	2035.7

Pila P3


Load	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)
A1_STR.1.max.N(max)	13	0.0	0.0	4780.7	14	0.0	597.5	4635.1	15	0.0	610.7	4266.5	16	0.0	0.0	3543.7
A1_STR.1.max.N(min)	13	0.0	0.0	3225.0	14	0.0	341.9	2781.2	15	0.0	335.3	2707.7	16	0.0	0.0	2689.1
A1_STR.2a.max.N(max)	13	0.0	0.0	4718.1	14	0.0	462.9	4619.1	15	0.0	475.3	4282.8	16	0.0	0.0	3606.0
A1_STR.2a.max.N(min)	13	0.0	0.0	3162.5	14	0.0	207.2	2765.2	15	0.0	199.9	2724.0	16	0.0	0.0	2751.4
A1_STR.2b.max.N(max)	13	0.0	0.0	4778.8	14	0.0	596.6	4633.6	15	0.0	606.9	4265.6	16	0.0	0.0	3542.6
A1_STR.2b.max.N(min)	13	0.0	0.0	3223.1	14	0.0	341.0	2779.7	15	0.0	331.5	2706.8	16	0.0	0.0	2688.0
SLV Z.1	13	0.0	0.0	2993.2	14	0.0	862.9	2493.5	15	0.0	926.5	2486.9	16	0.0	0.0	2785.2
SLV Z.2	13	0.0	0.0	3586.6	14	0.0	2233.6	2538.9	15	0.0	2297.4	2545.7	16	0.0	0.0	3408.0
RARA.1.max.N(max)	13	0.0	0.0	3057.5	14	0.0	381.3	2880.2	15	0.0	398.1	2683.8	16	0.0	0.0	2380.6
RARA.1.max.N(min)	13	0.0	0.0	2463.8	14	0.0	263.5	2115.9	15	0.0	273.0	2063.0	16	0.0	0.0	2063.8
RARA.2a.max.N(max)	13	0.0	0.0	3011.2	14	0.0	281.6	2868.4	15	0.0	297.8	2695.9	16	0.0	0.0	2426.7
RARA.2a.max.N(min)	13	0.0	0.0	2417.4	14	0.0	163.8	2104.0	15	0.0	172.8	2075.1	16	0.0	0.0	2109.9
RARA.2b.max.N(max)	13	0.0	0.0	3056.1	14	0.0	380.7	2879.1	15	0.0	395.3	2683.1	16	0.0	0.0	2379.8
RARA.2b.max.N(min)	13	0.0	0.0	2462.3	14	0.0	262.8	2114.8	15	0.0	270.2	2062.3	16	0.0	0.0	2063.0
FREQUENTE.2a.max.N(max)	13	0.0	0.0	2916.9	14	0.0	70.3	2847.7	15	0.0	79.3	2727.3	16	0.0	0.0	2510.7
FREQUENTE.2a.max.N(min)	13	0.0	0.0	2323.1	14	0.0	-47.6	2083.4	15	0.0	-45.7	2106.5	16	0.0	0.0	2193.8
FREQUENTE.2b.max.N(max)	13	0.0	0.0	2961.8	14	0.0	169.4	2858.4	15	0.0	176.8	2714.5	16	0.0	0.0	2463.7
FREQUENTE.2b.max.N(min)	13	0.0	0.0	2368.1	14	0.0	51.5	2094.1	15	0.0	51.7	2093.7	16	0.0	0.0	2146.9
QUASI.PERMANENTE	13	0.0	0.0	2270.0	14	0.0	-10.1	2079.9	15	0.0	34.7	2095.8	16	0.0	0.0	2135.6

Pila P4

Load	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)
A1_STR.1.max.N(max)	9	0.0	0.0	5253.9	10	0.0	569.4	4401.2	11	0.0	674.0	4181.4	12	0.0	0.0	3698.2
A1_STR.1.max.N(min)	9	0.0	0.0	3369.8	10	0.0	322.6	2586.2	11	0.0	370.1	2573.1	12	0.0	0.0	2551.4
A1_STR.2a.max.N(max)	9	0.0	0.0	5190.8	10	0.0	435.4	4385.9	11	0.0	539.3	4198.8	12	0.0	0.0	3758.9
A1_STR.2a.max.N(min)	9	0.0	0.0	3306.7	10	0.0	188.6	2570.8	11	0.0	235.4	2590.5	12	0.0	0.0	2612.1
A1_STR.2b.max.N(max)	9	0.0	0.0	5247.3	10	0.0	550.5	4399.3	11	0.0	653.7	4184.7	12	0.0	0.0	3705.0
A1_STR.2b.max.N(min)	9	0.0	0.0	3363.1	10	0.0	303.7	2584.3	11	0.0	349.8	2576.4	12	0.0	0.0	2558.3
SLV Z.1	9	0.0	0.0	3092.9	10	0.0	1146.0	2281.6	11	0.0	1289.4	2391.5	12	0.0	0.0	2739.5
SLV Z.2	9	0.0	0.0	3607.4	10	0.0	2150.8	2329.9	11	0.0	2283.0	2462.6	12	0.0	0.0	3241.2
RARA.1.max.N(max)	9	0.0	0.0	3309.3	10	0.0	352.0	2733.0	11	0.0	429.7	2670.4	12	0.0	0.0	2448.9
RARA.1.max.N(min)	9	0.0	0.0	2577.0	10	0.0	238.7	1970.8	11	0.0	295.1	1967.0	12	0.0	0.0	1983.0
RARA.2a.max.N(max)	9	0.0	0.0	3262.6	10	0.0	252.7	2721.6	11	0.0	329.9	2683.3	12	0.0	0.0	2493.9
RARA.2a.max.N(min)	9	0.0	0.0	2530.3	10	0.0	139.3	1959.4	11	0.0	195.4	1979.9	12	0.0	0.0	2027.9
RARA.2b.max.N(max)	9	0.0	0.0	3304.4	10	0.0	338.0	2731.6	11	0.0	414.6	2672.8	12	0.0	0.0	2454.0
RARA.2b.max.N(min)	9	0.0	0.0	2572.1	10	0.0	224.6	1969.4	11	0.0	280.1	1969.5	12	0.0	0.0	1988.0
FREQUENTE.2a.max.N(max)	9	0.0	0.0	3171.1	10	0.0	46.5	2703.2	11	0.0	117.1	2712.3	12	0.0	0.0	2573.1
FREQUENTE.2a.max.N(min)	9	0.0	0.0	2438.8	10	0.0	-66.9	1941.0	11	0.0	-17.4	2009.0	12	0.0	0.0	2107.2
FREQUENTE.2b.max.N(max)	9	0.0	0.0	3212.9	10	0.0	131.8	2713.2	11	0.0	201.8	2701.9	12	0.0	0.0	2533.2
FREQUENTE.2b.max.N(min)	9	0.0	0.0	2480.6	10	0.0	18.4	1951.0	11	0.0	67.3	1998.5	12	0.0	0.0	2067.3
QUASI.PERMANENTE	9	0.0	0.0	2396.1	10	0.0	-46.0	1952.5	11	0.0	51.5	2023.3	12	0.0	0.0	2078.0

Pila P5

Load	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)	Node	TL (kN)	TT (kN)	N (kN)
A1_STR.1.max.N(max)	5	0.0	0.0	6874.5	6	0.0	509.2	5215.7	7	0.0	699.5	5641.7	8	0.0	0.0	4397.9
A1_STR.1.max.N(min)	5	0.0	0.0	4545.3	6	0.0	285.5	3235.5	7	0.0	285.4	3548.9	8	0.0	0.0	3175.8
A1_STR.2a.max.N(max)	5	0.0	0.0	6807.5	6	0.0	367.3	5201.9	7	0.0	556.0	5661.8	8	0.0	0.0	4459.4
A1_STR.2a.max.N(min)	5	0.0	0.0	4478.3	6	0.0	143.6	3221.7	7	0.0	141.9	3568.9	8	0.0	0.0	3237.4
A1_STR.2b.max.N(max)	5	0.0	0.0	6865.2	6	0.0	485.0	5213.2	7	0.0	673.8	5644.4	8	0.0	0.0	4406.2
A1_STR.2b.max.N(min)	5	0.0	0.0	4536.0	6	0.0	261.4	3233.0	7	0.0	259.7	3551.6	8	0.0	0.0	3184.2
SLV Z.1	5	0.0	0.0	4035.4	6	0.0	1660.9	2676.0	7	0.0	1749.7	3053.4	8	0.0	0.0	3265.4
SLV Z.2	5	0.0	0.0	4378.5	6	0.0	2413.6	2674.1	7	0.0	2498.4	3114.6	8	0.0	0.0	3616.1
RARA.1.max.N(max)	5	0.0	0.0	4362.2	6	0.0	321.6	3267.5	7	0.0	422.2	3532.8	8	0.0	0.0	2904.7
RARA.1.max.N(min)	5	0.0	0.0	3439.8	6	0.0	217.6	2430.9	7	0.0	251.7	2665.9	8	0.0	0.0	2438.3
RARA.2a.max.N(max)	5	0.0	0.0	4312.6	6	0.0	216.4	3257.3	7	0.0	315.9	3547.7	8	0.0	0.0	2950.3
RARA.2a.max.N(min)	5	0.0	0.0	3390.1	6	0.0	112.5	2420.7	7	0.0	145.4	2680.8	8	0.0	0.0	2483.9
RARA.2b.max.N(max)	5	0.0	0.0	4355.3	6	0.0	303.6	3265.6	7	0.0	403.1	3534.8	8	0.0	0.0	2910.9
RARA.2b.max.N(min)	5	0.0	0.0	3432.9	6	0.0	199.7	2429.1	7	0.0	232.7	2667.9	8	0.0	0.0	2444.5
FREQUENTE.2a.max.N(max)	5	0.0	0.0	4216.4	6	0.0	-5.5	3240.7	7	0.0	90.2	3584.3	8	0.0	0.0	3029.7
FREQUENTE.2a.max.N(min)	5	0.0	0.0	3294.0	6	0.0	-109.4	2404.1	7	0.0	-80.3	2717.4	8	0.0	0.0	2563.3
FREQUENTE.2b.max.N(max)	5	0.0	0.0	4259.2	6	0.0	81.7	3249.1	7	0.0	177.4	3571.5	8	0.0	0.0	2990.3
FREQUENTE.2b.max.N(min)	5	0.0	0.0	3336.7	6	0.0	-22.2	2412.5	7	0.0	7.0	2704.6	8	0.0	0.0	2523.9
QUASI.PERMANENTE	5	0.0	0.0	3206.1	6	0.0	-72.3	2385.3	7	0.0	-14.0	2679.7	8	0.0	0.0	2510.3

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA</p>					
<p>Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile</p>	<p>COMMESSA L102</p>	<p>LOTTO 02 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO IV010 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 30 di 56</p>

8.4.3 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 31 di 56

8.5 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC08, si definiscono le seguenti combinazioni di:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite facendo riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale STR ovvero per il raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali.


Come anticipato precedentemente gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \times Q_{ki}$$

Il valore assunto per il coefficiente ψ_{2i} per i carichi mobili è pari a $\psi_{2i} = 0.0$.

Le combinazioni allo stato limite ultimo SLU fanno riferimento in questa relazione al solo gruppo denominato STR poiché le verifiche riguardano solo l'impalcato.

I coefficienti di combinazione γ_G , γ_Q e ψ sono riepilogati nei paragrafi seguenti.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

8.5.1 Gruppi di carico


Nella tabella seguente, in accordo a quanto specificato in tabella 5.1.3.12 del D.M.14/01/2008., sono esplicitati i gruppi di carico considerati per i carichi accidentali da traffico.

Tabella 7 – Valori caratteristici delle azioni da traffico

Gruppo di azioni	<i>Carichi sulla carreggiata</i>				<i>Carichi su marciapiedi e piste ciclabili</i>	
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

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

Coerentemente nel seguito si fa riferimento ai gruppi di azioni da traffico 1, 2a e 2b.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

8.5.2 Coefficienti parziali e di combinazione

Si utilizzano i coefficienti parziali di sicurezza e i coefficienti di combinazione di seguito riportati.


Tabella 8 – Coefficienti parziali di sicurezza agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 9 – Coefficienti di combinazione

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

8.5.3 Combinazioni agli SLU


Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche strutturali dell'impalcato agli SLU.

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5	Q6	Q7	Q8
A1 STR	Gr.1	1.35	1.35	0	1.2	0.72	1.35	0	0	0.9	0	0	0
	Gr.2a	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	1.35	0	0.9	0	0	0
	Gr.2b	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1.35	0.9	0	0	0
	Q5	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1	1.5	0	0	0
SISMA	SLV Z	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	1	0	0
ECCEZIONALE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	1

8.5.4 Combinazioni agli SLE

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche dell'impalcato agli SLE.

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5
RARA	Gr.1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0.6
	Gr.2a	1	1	0	1	0.6	0	1	0	0.6
	Gr.2b	1	1	0	1	0.6	0	0	1	0.6
FREQUENTE	Gr.2a	1	1	0	1	0.5	0	1	0	0
	Gr.2b	1	1	0	1	0.5	0	0	1	0
QUASI PERMANENTE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

9 ANALISI E VERIFICHE DELLE PILE

Di seguito si riportano le sollecitazioni nelle pile e le verifiche di sicurezza a presso-flessione e a taglio effettuate mediante post-processore implementato nel software di calcolo utilizzato.

Come mostrato nel seguito le verifiche delle pile risultano soddisfatte avendo assunto come armatura massima alla base della pila:

- Armatura Longitudinale: 60 Φ 24 lungo il perimetro + registro interno (fuori calcolo) di 60 Φ 20 collegato al registro interno tramite legature.
- Armatura Trasversale: Staffe Φ 14/20.

9.1 Sollecitazioni base Pila

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni a base pila restituite dalle analisi svolte per ciascuna sdelle combinazioni di calcolo esaminate. In particolare si è indicato con:

- $F_x = T_L$ = risultante delle azioni orizzontali dirette lungo l'asse longitudinale dell'impalcato (taglio longitudinale);
- $F_y = T_T$ = risultante delle azioni orizzontali dirette lungo l'asse trasversale dell'impalcato (taglio trasversale);
- $F_z = N$ = risultante delle azioni verticali (sforzo normale);
- $M_x = M_T$ = risultante delle azioni flettenti che provocano flessione nel piano ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato (momento trasversale);
- $M_y = M_L$ = risultante delle azioni flettenti che provocano flessione nel piano parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato (momento longitudinale).

Pila P1

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
A1_STR.1.max.N(max)	2.183509	-846.695	21982.78	11832.54	30.51373	0.000954
A1_STR.1.max.N(min)	2.183509	-846.695	21982.78	11832.54	30.51373	0.000954
A1_STR.2a.max.N(max)	1.479319	-573.632	21983.09	8086.374	20.85289	0.000954
A1_STR.2a.max.N(min)	1.479319	-573.632	21983.09	8086.374	20.85289	0.000954
A1_STR.2b.max.N(max)	2.234328	-866.401	21902.76	12075.94	31.14142	0.000947
A1_STR.2b.max.N(min)	2.234328	-866.401	21902.76	12075.94	31.14142	0.000947
FREQUENTE.2a.max.N(max)	-0.13005	50.42995	16310.07	-429.791	-1.1089	0.000702
FREQUENTE.2a.max.N(min)	-0.13005	50.42995	16310.07	-429.791	-1.1089	0.000702
FREQUENTE.2b.max.N(max)	0.429215	-166.436	16250.57	2525.443	6.512232	0.000697
FREQUENTE.2b.max.N(min)	0.429215	-166.436	16250.57	2525.443	6.512232	0.000697
QUASI.PERMANENTE	-0.09015	34.95809	15808.03	-240.666	-0.62114	0.000662
RARA.1.max.N(max)	1.491379	-578.309	16309.55	8097.181	20.88095	0.000706
RARA.1.max.N(min)	1.491379	-578.309	16309.55	8097.181	20.88095	0.000706
RARA.2a.max.N(max)	0.969756	-376.04	16309.78	5322.241	13.72477	0.000706
RARA.2a.max.N(min)	0.969756	-376.04	16309.78	5322.241	13.72477	0.000706
RARA.2b.max.N(max)	1.529023	-592.906	16250.28	8277.475	21.3459	0.000701
RARA.2b.max.N(min)	1.529023	-592.906	16250.28	8277.475	21.3459	0.000701
SLV Z.1	17.71495	2007.269	19537.42	26027.29	195.1589	0.001301

SLV Z.2	42.61296	4396.869	17974.87	58475.21	467.2877	0.001964
---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Pila P2

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
A1_STR.1.max.N(max)	0.00301	-918.913	21877.23	15631.06	-0.56994	0.236897
A1_STR.1.max.N(min)	0.00301	-918.913	21877.23	15631.06	-0.56994	0.236897
A1_STR.2a.max.N(max)	0.002112	-644.695	21877.08	11007.7	-0.5786	0.236881
A1_STR.2a.max.N(min)	0.002112	-644.695	21877.08	11007.7	-0.5786	0.236881
A1_STR.2b.max.N(max)	0.003013	-919.721	21898.6	15649.95	-0.57079	0.236762
A1_STR.2b.max.N(min)	0.003013	-919.721	21898.6	15649.95	-0.57079	0.236762
FREQUENTE.2a.max.N(max)	0.000003	-0.79869	16193.23	226.2343	-0.44194	0.173314
FREQUENTE.2a.max.N(min)	0.000003	-0.79869	16193.23	226.2343	-0.44194	0.173314
FREQUENTE.2b.max.N(max)	0.00067	-204.522	16209.17	3664.943	-0.43616	0.173226
FREQUENTE.2b.max.N(min)	0.00067	-204.522	16209.17	3664.943	-0.43616	0.173226
QUASI.Permanente	0.000006	-1.82901	15820.14	246.6651	-0.41936	0.163861
RARA.1.max.N(max)	0.002078	-634.306	16192.88	10808.73	-0.42296	0.174392
RARA.1.max.N(min)	0.002078	-634.306	16192.88	10808.73	-0.42296	0.174392
RARA.2a.max.N(max)	0.001412	-431.181	16192.77	7384.015	-0.42938	0.174379
RARA.2a.max.N(min)	0.001412	-431.181	16192.77	7384.015	-0.42938	0.174379
RARA.2b.max.N(max)	0.00208	-634.904	16208.71	10822.72	-0.42359	0.174291
RARA.2b.max.N(min)	0.00208	-634.904	16208.71	10822.72	-0.42359	0.174291
SLV Z.1	2683.94	1915.073	17680.5	32773.56	32782.49	0.193223
SLV Z.2	904.8554	5408.79	17152.15	92265.06	11054.03	0.198261

Pila P3

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
A1_STR.1.max.N(max)	-13	-923	23671	17489	-247	0
A1_STR.1.max.N(min)	-13	-923	23671	17489	-247	0
A1_STR.2a.max.N(max)	-9	-659	23671	12653	-179	0
A1_STR.2a.max.N(min)	-9	-659	23671	12653	-179	0
A1_STR.2b.max.N(max)	-13	-916	23666	17367	-246	0
A1_STR.2b.max.N(min)	-13	-916	23666	17367	-246	0
FREQUENTE.2a.max.N(max)	0	-27	17541	1046	-15	0
FREQUENTE.2a.max.N(min)	0	-27	17541	1046	-15	0
FREQUENTE.2b.max.N(max)	-3	-218	17537	4538	-65	0
FREQUENTE.2b.max.N(min)	-3	-218	17537	4538	-65	0
QUASI.Permanente	0	-22	17131	950	-14	0
RARA.1.max.N(max)	-9	-642	17540	12210	-173	0
RARA.1.max.N(min)	-9	-642	17540	12210	-173	0
RARA.2a.max.N(max)	-6	-446	17540	8628	-122	0
RARA.2a.max.N(min)	-6	-446	17540	8628	-122	0
RARA.2b.max.N(max)	-9	-637	17536	12120	-171	0
RARA.2b.max.N(min)	-9	-637	17536	12120	-171	0
SLV Z.1	2961	2649	18587	49470	39397	0

SLV Z.2	1014	7317	18404	135079	13582	0
---------	------	------	-------	--------	-------	---

Pila P4

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
A1_STR.1.max.N(max)	-76.4641	-951.168	22175.79	17187.05	-1381.67	-0.00033
A1_STR.1.max.N(min)	-76.4641	-951.168	22175.79	17187.05	-1381.67	-0.00033
A1_STR.2a.max.N(max)	-54.9611	-683.684	22175.41	12820.03	-1030.6	-0.00024
A1_STR.2a.max.N(min)	-54.9611	-683.684	22175.41	12820.03	-1030.6	-0.00024
A1_STR.2b.max.N(max)	-73.5472	-914.884	22177.33	16617.37	-1335.87	-0.00032
A1_STR.2b.max.N(min)	-73.5472	-914.884	22177.33	16617.37	-1335.87	-0.00032
FREQUENTE.2a.max.N(max)	-2.89207	-35.9797	16412.46	1958.924	-157.478	-1.7E-05
FREQUENTE.2a.max.N(min)	-2.89207	-35.9797	16412.46	1958.924	-157.478	-1.7E-05
FREQUENTE.2b.max.N(max)	-16.6596	-207.238	16413.88	4771.769	-383.603	-7.7E-05
FREQUENTE.2b.max.N(min)	-16.6596	-207.238	16413.88	4771.769	-383.603	-7.7E-05
QUASI.PERMANENTE	-0.51427	-6.40133	16025.55	1466.843	-117.919	-8E-06
RARA.1.max.N(max)	-52.4371	-652.286	16414.26	11912.56	-957.652	-0.00023
RARA.1.max.N(min)	-52.4371	-652.286	16414.26	11912.56	-957.652	-0.00023
RARA.2a.max.N(max)	-36.5089	-454.151	16413.98	8677.732	-697.604	-0.00016
RARA.2a.max.N(min)	-36.5089	-454.151	16413.98	8677.732	-697.604	-0.00016
RARA.2b.max.N(max)	-50.2764	-625.409	16415.4	11490.58	-923.729	-0.00022
RARA.2b.max.N(min)	-50.2764	-625.409	16415.4	11490.58	-923.729	-0.00022
SLV Z.1	2678.682	2846.065	17284.35	47674.98	32263.31	0.251547
SLV Z.2	1172.447	5801.428	17394.05	97466.44	15726.78	0.091993

Pila P5

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
A1_STR.1.max.N(max)	65.5896	-904.912	22172.13	14132.82	1024.369	0.000522
A1_STR.1.max.N(min)	65.5896	-904.912	22172.13	14132.82	1024.369	0.000522
A1_STR.2a.max.N(max)	44.59002	-615.188	22173.37	10844.01	785.9912	0.000555
A1_STR.2a.max.N(min)	44.59002	-615.188	22173.37	10844.01	785.9912	0.000555
A1_STR.2b.max.N(max)	61.88845	-853.848	22171.49	13576.82	984.069	0.000527
A1_STR.2b.max.N(min)	61.88845	-853.848	22171.49	13576.82	984.069	0.000527
FREQUENTE.2a.max.N(max)	-3.93529	54.296	16455.11	2494.442	180.8015	0.000466
FREQUENTE.2a.max.N(min)	-3.93529	54.296	16455.11	2494.442	180.8015	0.000466
FREQUENTE.2b.max.N(max)	8.878363	-122.489	16453.71	4518.743	327.5258	0.000445
FREQUENTE.2b.max.N(min)	8.878363	-122.489	16453.71	4518.743	327.5258	0.000445
QUASI.PERMANENTE	-6.34199	87.50038	16010.64	2082.048	150.9105	0.000444
RARA.1.max.N(max)	44.5253	-614.296	16450.18	9959.026	721.8457	0.000391
RARA.1.max.N(min)	44.5253	-614.296	16450.18	9959.026	721.8457	0.000391
RARA.2a.max.N(max)	28.97006	-399.687	16451.1	7522.872	545.2696	0.000416
RARA.2a.max.N(min)	28.97006	-399.687	16451.1	7522.872	545.2696	0.000416
RARA.2b.max.N(max)	41.7837	-576.472	16449.7	9547.172	691.9939	0.000395
RARA.2b.max.N(min)	41.7837	-576.472	16449.7	9547.172	691.9939	0.000395
SLV Z.1	324.2938	3750.65	17247.17	42421.79	3610.44	0.034122



LINEA PESCARA – BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA
Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA

Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex
SS16 ter: Relazione di calcolo Pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02 D 78	CL	IV010 002	A	38 di 56

SLV Z.2	497.1243	5500.138	17414.35	62043.5	5405.283	0.053726
---------	----------	----------	----------	---------	----------	----------

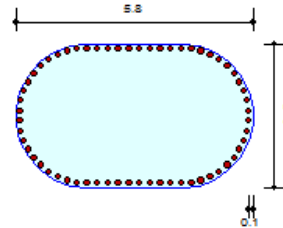
9.2 Verifiche Pile

Pila P1

1. Design Condition

Design Code	Eurocode2-2:05		
Unit System	kN, m		
Member Number	24224		
Material Data	fck = 32000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa		
Column Height	8.15 m		
Section Property	Pila (No : 4)		
Rebar Pattern	Pos 1	Pos 2	Pos 3
Layer 1	10-P24	20-P24	--

Total Rebar Area Ast = 0.02712 m² (Rho_{st} = 0.0015)



2. Applied Loads

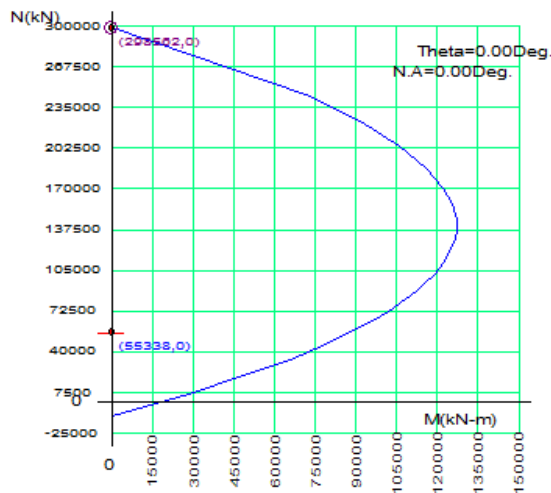
Load Combination 19- AT (1/2) Point

N_{Ed} = 55338.0 kN, M_{Edy} = 0.00000, M_{Edz} = 0.00000, M_{Ed} = 0.00000 kN-m

3. Axial Forces and Moments Resistance Check

Concentric Max. Axial Load	N _{Rdmax} = 3.0e+005 kN	
Axial Load Ratio	N _{Ed} /N _{Rd} = 55338.0 / 3.0e+005	= 0.185 < 1.000 O.K
Moment Ratio	M _{Edy} /M _{Rdy} = 0.00000 / 0.00000	= 0.000 < 1.000 O.K
	M _{Edz} /M _{Rdz} = 0.00000 / 0.00000	= 0.000 < 1.000 O.K
	M _{Ed} /M _{Rd} = 0.00000 / 0.00000	= 0.000 < 1.000 O.K

4. P-M Interaction Diagram



N _{Rd} (kN)	M _{Rd} (kN-m)
298562.38	0.00
224622.10	91972.13
187132.21	115953.77
157697.24	125542.67
135779.06	127165.54
119744.95	124738.48
106998.40	120877.57
95325.86	115838.18
82623.81	108705.49
66956.48	97509.69
46700.97	79026.71
21168.22	48917.30
-10612.17	0.00

5. Shear Force Resistance Check

Applied Shear Resistance	V _{Edy} = 1253.07,	V _{Edz} = 29.6695 kN (Load Combination 23-)
Shear Resistance (Y-Direction)	V _{Rdcy} = 4943.81,	V _{Rdsy} = 1853.96 kN (2.0-P14 @200)
Shear Resistance (Z-Direction)	V _{Rdcz} = 5613.47,	V _{Rdsz} = 1214.24 kN (2.0-P14 @200)
Shear Ratio	V _{Ed} /V _{Rd} = 1253.07 / 4943.81	= 0.253 < 1.000 O.K

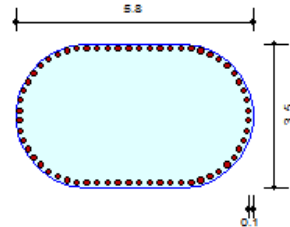
Pila P2

1. Design Condition

Design Code	Eurocode2-2:05
Unit System	kN, m
Member Number	24223
Material Data	$f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height	11.15 m
Section Property	Pila (No : 4)
Rebar Pattern	

	Pos 1	Pos 2	Pos 3
Layer 1	10-P24	20-P24	--

Total Rebar Area $A_{st} = 0.02712 \text{ m}^2$ ($R_{\text{hoist}} = 0.0015$)



2. Applied Loads

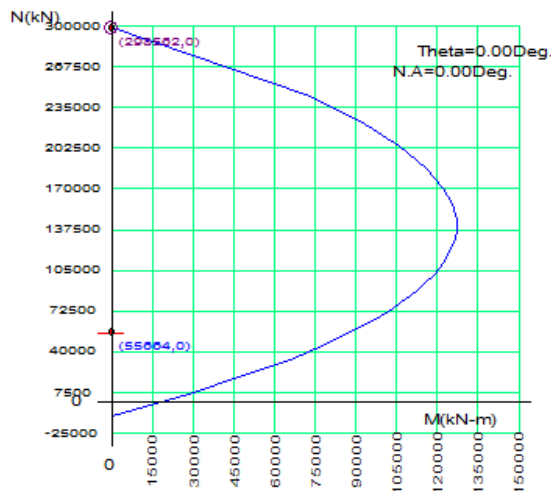
Load Combination 21+ AT (1/2) Point

$N_{Ed} = 55663.8 \text{ kN}$, $M_{Edy} = 0.00000$, $M_{Edz} = 0.00000$, $M_{Ed} = 0.00000 \text{ kN-m}$

3. Axial Forces and Moments Resistance Check

Concentric Max. Axial Load	$N_{Rdmax} = 3.0e+005 \text{ kN}$	
Axial Load Ratio	$N_{Ed}/N_{Rd} = 55663.8 / 3.0e+005$	$= 0.186 < 1.000$ O.K
Moment Ratio	$M_{Edy}/M_{Rdy} = 0.00000 / 0.00000$	$= 0.000 < 1.000$ O.K
	$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.00000 / 0.00000$	$= 0.000 < 1.000$ O.K
	$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.00000 / 0.00000$	$= 0.000 < 1.000$ O.K

4. P-M Interaction Diagram



$N_{Rd}(\text{kN})$	$M_{Rd}(\text{kN-m})$
298562.38	0.00
224622.10	91972.13
187132.21	115953.77
157697.24	125542.67
135779.06	127165.54
119744.95	124738.48
106998.40	120877.57
95325.86	115838.18
82623.81	108705.49
66956.48	97509.69
46700.97	79026.71
21168.22	48917.30
-10612.17	0.00

5. Shear Force Resistance Check

Applied Shear Resistance	$V_{Edy} = 1257.10$	$V_{Edz} = 26.6096 \text{ kN}$ (Load Combination 23-)
Shear Resistance (Y-Direction)	$V_{Rdcy} = 4746.61$	$V_{Rdsy} = 1853.96 \text{ kN}$ (2.0-P14 @200)
Shear Resistance (Z-Direction)	$V_{Rdcz} = 5399.45$	$V_{Rdsz} = 1214.24 \text{ kN}$ (2.0-P14 @200)
Shear Ratio	$V_{Ed}/V_{Rd} = 1257.10 / 4746.61$	$= 0.265 < 1.000$ O.K

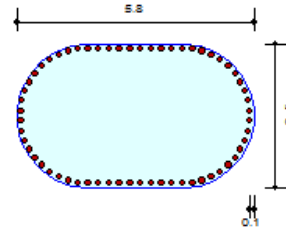
Pila P3

1. Design Condition

Design Code Eurocode2-2:05
 Unit System kN, m
 Member Number 24222
 Material Data $f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Column Height 12.65 m
 Section Property Pila (No : 4)

Rebar Pattern	Pos 1	Pos 2	Pos 3
Layer 1	10-P24	20-P24	--

Total Rebar Area $A_{st} = 0.02712 \text{ m}^2$ ($R_{\text{hoist}} = 0.0015$)



2. Applied Loads

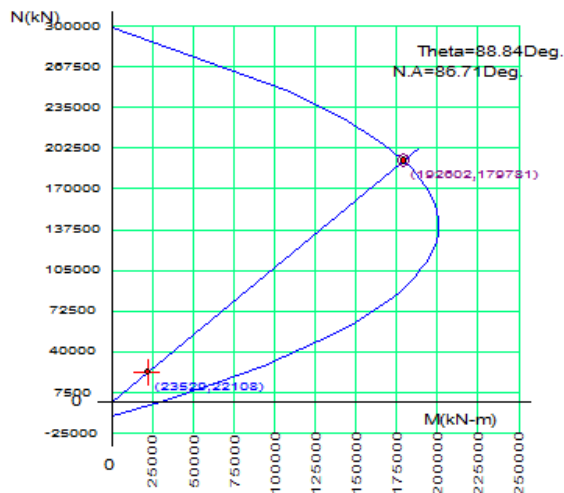
Load Combination 23+ AT (J) Point

$N_{Ed} = 23529.0$ kN, $M_{Edy} = 465.242$, $M_{Edz} = -2.2e+004$, $M_{Ed} = 22107.5$ kN-m

3. Axial Forces and Moments Resistance Check

Concentric Max. Axial Load	$N_{Rdmax} = 3.0e+005$ kN	
Axial Load Ratio	$N_{Ed}/N_{Rd} = 23529.0 / 1.9e+005$	$= 0.122 < 1.000$ O.K
Moment Ratio	$M_{Edy}/M_{Rdy} = 465.242 / 3632.97$	$= 0.128 < 1.000$ O.K
	$M_{Edz}/M_{Rdz} = -2.2e+004 / 1.8e+005$	$= 0.123 < 1.000$ O.K
	$M_{Ed}/M_{Rd} = 22107.5 / 1.8e+005$	$= 0.123 < 1.000$ O.K

4. P-M Interaction Diagram



N_{Rd} (kN)	M_{Rd} (kN-m)
298562.38	0.00
226932.52	142698.14
188041.64	183307.31
158382.24	198583.26
136259.24	201061.59
119845.58	197214.27
106687.90	190801.16
94532.77	182278.83
81123.02	169960.98
64263.25	150188.79
42203.76	117011.68
15006.29	64130.35
-10612.17	0.00

5. Shear Force Resistance Check

Applied Shear Resistance	$V_{Edy} = 1182.81$	$V_{Edz} = 24.9512$ kN (Load Combination 23-)
Shear Resistance (Y-Direction)	$V_{Rdcy} = 4825.08$	$V_{Rdsy} = 1853.96$ kN (2.0-P14 @200)
Shear Resistance (Z-Direction)	$V_{Rdcz} = 5484.62$	$V_{Rdsz} = 1214.24$ kN (2.0-P14 @200)
Shear Ratio	$V_{Ed}/V_{Rd} = 1182.81 / 4825.08$	$= 0.245 < 1.000$ O.K

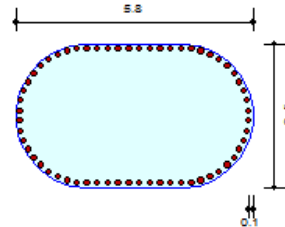
Pila P4

1. Design Condition

Design Code	Eurocode2-2:05
Unit System	kN, m
Member Number	24221
Material Data	$f_{ck} = 32000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height	10.65 m
Section Property	Pila (No : 4)
Rebar Pattern	

	Pos 1	Pos 2	Pos 3
Layer 1	10-P24	20-P24	--

Total Rebar Area $A_{st} = 0.02712 \text{ m}^2$ ($R_{\text{hoist}} = 0.0015$)



2. Applied Loads

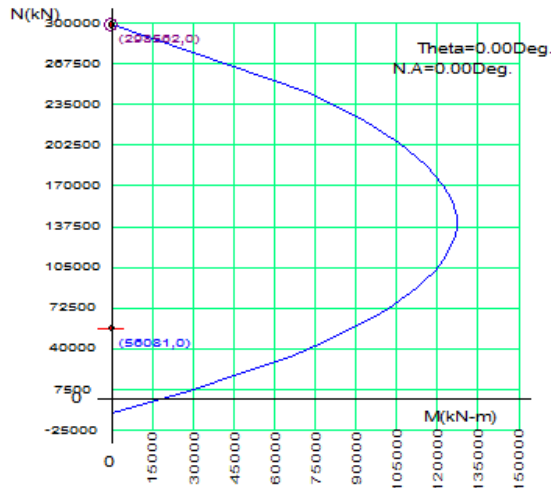
Load Combination 21+ AT (1/2) Point

$N_{Ed} = 56080.9 \text{ kN}$, $M_{Edy} = 0.00000$, $M_{Edz} = 0.00000$, $M_{Ed} = 0.00000 \text{ kN-m}$

3. Axial Forces and Moments Resistance Check

Concentric Max. Axial Load	$N_{Rdmax} = 3.0e+005 \text{ kN}$	
Axial Load Ratio	$N_{Ed}/N_{Rd} = 56080.9 / 3.0e+005$	$= 0.188 < 1.000$ O.K
Moment Ratio	$M_{Edy}/M_{Rdy} = 0.00000 / 0.00000$	$= 0.000 < 1.000$ O.K
	$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.00000 / 0.00000$	$= 0.000 < 1.000$ O.K
	$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.00000 / 0.00000$	$= 0.000 < 1.000$ O.K

4. P-M Interaction Diagram



$N_{Rd}(\text{kN})$	$M_{Rd}(\text{kN-m})$
298562.38	0.00
224622.10	91972.13
187132.21	115953.77
157697.24	125542.67
135779.06	127165.54
119744.95	124738.48
106998.40	120877.57
95325.86	115838.18
82623.81	108705.49
66956.48	97509.69
46700.97	79026.71
21168.22	48917.30
-10612.17	0.00

5. Shear Force Resistance Check

Applied Shear Resistance	$V_{Edy} = 1335.97$	$V_{Edz} = 48.7057 \text{ kN}$ (Load Combination 23-)
Shear Resistance (Y-Direction)	$V_{Rdcy} = 4805.67$	$V_{Rdsy} = 1853.96 \text{ kN}$ (2.0-P14 @200)
Shear Resistance (Z-Direction)	$V_{Rdcz} = 5463.54$	$V_{Rdsz} = 1214.24 \text{ kN}$ (2.0-P14 @200)
Shear Ratio	$V_{Ed}/V_{Rd} = 1335.97 / 4805.67$	$= 0.278 < 1.000$ O.K

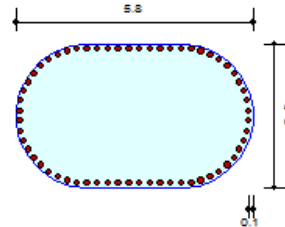
Pila P5

1. Design Condition

Design Code	Eurocode2-2:05
Unit System	kN, m
Member Number	24220
Material Data	f _{ck} = 32000, f _{yk} = 450000, f _{yw} = 450000 KPa
Column Height	5.65 m
Section Property	Pila (No : 4)
Rebar Pattern	

	Pos 1	Pos 2	Pos 3
Layer 1	10-P24	20-P24	--

Total Rebar Area A_{st} = 0.02712 m² (R_{hst} = 0.0015)



2. Applied Loads

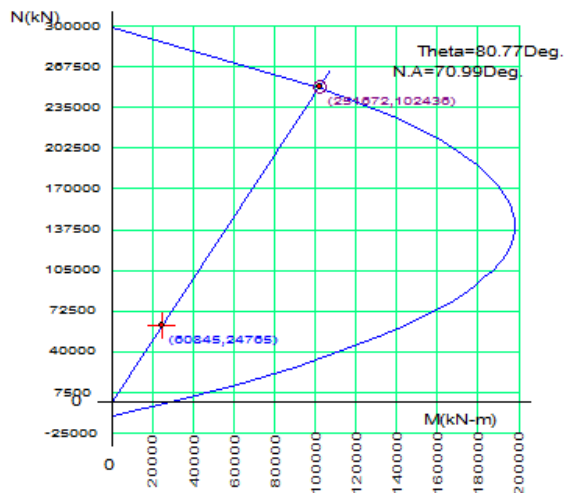
Load Combination 23+ AT (J) Point

N_{Ed} = 60845.0 kN, M_{Edy} = 3819.42, M_{Edz} = -2.4e+004, M_{Ed} = 24765.3 kN-m

3. Axial Forces and Moments Resistance Check

Concentric Max. Axial Load	N _{Rdmax} = 3.0e+005 kN	
Axial Load Ratio	N _{Ed} /N _{Rd} = 60845.0 / 2.5e+005	= 0.242 < 1.000 O.K
Moment Ratio	M _{Edy} /M _{Rdy} = 3819.42 / 16422.7	= 0.233 < 1.000 O.K
	M _{Edz} /M _{Rdz} = -2.4e+004 / 1.0e+005	= 0.242 < 1.000 O.K
	M _{Ed} /M _{Rd} = 24765.3 / 1.0e+005	= 0.242 < 1.000 O.K


4. P-M Interaction Diagram



N _{Rd} (kN)	M _{Rd} (kN-m)
298562.38	0.00
228735.14	138388.41
189384.33	179975.35
158791.07	195945.64
135971.82	198417.06
119026.29	194282.23
105439.50	187469.56
92929.35	178486.86
79279.18	165733.11
62425.93	145741.25
40790.30	113064.09
14303.05	61746.75
-10612.17	0.00

5. Shear Force Resistance Check

Applied Shear Resistance	V _{Edy} = 1364.64,	V _{Edz} = 261.052 kN (Load Combination 23-)
Shear Resistance (Y-Direction)	V _{Rdcy} = 5141.14,	V _{Rdsy} = 1853.96 kN (2.0-P14 @200)
Shear Resistance (Z-Direction)	V _{Rdcz} = 5827.64,	V _{Rdsz} = 1214.24 kN (2.0-P14 @200)
Shear Ratio	V _{Ed} /V _{Rd} = 1364.64 / 5141.14	= 0.265 < 1.000 O.K

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

10 ANALISI E VERIFICA DELLE FONDAZIONI


Nei seguenti paragrafi sono riportate le verifiche strutturali e geotecniche del sistema fondazionale. Per ragioni di sintesi le verifiche nel seguito esposte fanno riferimento alla pila di altezza maggiore, soggetta dunque a sollecitazioni maggiori, ovvero la **pila P03**.

10.1 Sollecitazioni intradosso plinto

Le sollecitazioni ad intradosso plinto sono state ottenute a partire dalle sollecitazioni agenti a base pila derivanti dal modello di calcolo, e riportate al paragrafo 9.1, tenendo conto del peso del plinto di fondazione e dell'eccentricità tra le due sezioni (spessore del plinto). In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'inerzia del plinto.

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
A1_STR.1.max.N(max)	-13.0	-12622.8	23671.4	15181.9	-279.8	0.1
A1_STR.1.max.N(min)	-13.0	-12622.8	23671.4	15181.9	-279.8	0.1
A1_STR.2a.max.N(max)	-9.3	-12358.8	23671.3	11006.2	-202.4	0.1
A1_STR.2a.max.N(min)	-9.3	-12358.8	23671.3	11006.2	-202.4	0.1
A1_STR.2b.max.N(max)	-12.9	-12615.9	23666.0	15077.7	-277.8	0.1
A1_STR.2b.max.N(min)	-12.9	-12615.9	23666.0	15077.7	-277.8	0.1
FREQUENTE.2a.max.N(max)	-0.4	-9027.2	17540.6	977.6	-16.4	0.1
FREQUENTE.2a.max.N(min)	-0.4	-9027.2	17540.6	977.6	-16.4	0.1
FREQUENTE.2b.max.N(max)	-3.1	-9217.7	17536.7	3993.5	-72.3	0.1
FREQUENTE.2b.max.N(min)	-3.1	-9217.7	17536.7	3993.5	-72.3	0.1
QUASI.PERMANENTE	-0.3	-9022.4	17131.0	894.0	-14.9	0.3
RARA.1.max.N(max)	-9.0	-9641.9	17540.5	10604.7	-195.3	0.3
RARA.1.max.N(min)	-9.0	-9641.9	17540.5	10604.7	-195.3	0.3
RARA.2a.max.N(max)	-6.3	-9446.4	17540.4	7511.6	-138.0	0.3
RARA.2a.max.N(min)	-6.3	-9446.4	17540.4	7511.6	-138.0	0.3
RARA.2b.max.N(max)	-9.0	-9636.9	17536.5	10527.5	-193.9	0.3
RARA.2b.max.N(min)	-9.0	-9636.9	17536.5	10527.5	-193.9	0.2
SLV Z.1	5144.7	11648.5	21316.4	58820.8	46800.1	0.3
SLV Z.2	3197.5	16317.0	21133.0	156100.7	16117.0	0.3

Tabella 10 – Sollecitazioni a quota intradosso plinto Pila P03

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 45 di 56

10.2 Sollecitazioni nei pali

Per ricavare le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione è stato considerato un modello di plinto rigido, in cui l'azione assiale nei pali viene valutata assumendo una rotazione rigida del plinto (palo impedito di ruotare in testa), tenendo poi conto, in maniera approssimata mediante la definizione di un apposito coefficiente, degli effetti flessionali sui pali dovuti ai carichi trasmessi dalla spalla, come mostrato nelle immagini riportate alla pagina successiva.

Lo sforzo normale nei pali è quindi calcolato come segue:

$$N_i = \frac{N_{Ed}}{n} \pm \frac{(M_{Ed})d_i}{\sum_i d_i^2}$$

Le azioni di taglio sono suddivise equamente tra i pali, mentre il momento agente a quota testa pali è direttamente proporzionale al taglio mediante un coefficiente α (espresso in metri):

$$M_i(V_{Ed}) = \alpha \frac{V_{Ed}}{n}$$

Il coefficiente α dipende principalmente dalle caratteristiche di rigidezza relative palo-terreno e, generalmente, fornisce un valore delo momento sollecitante conservativo. Fissato il diametro del palo, α dipende quindi dalla rigidezza del terreno. Per l'opera in esame sono quindi definiti i seguenti valori:

D_{palo} [m]	α [m]
1.5	2.32

Si rimanda alla relazione geotecnica per maggiori dettagli relativi al calcolo di tale parametro.

Le azioni derivanti da questo modello sono quindi confrontate con la curve di capacità portante dei pali di fondazione riportata nella relazione geotecnica.

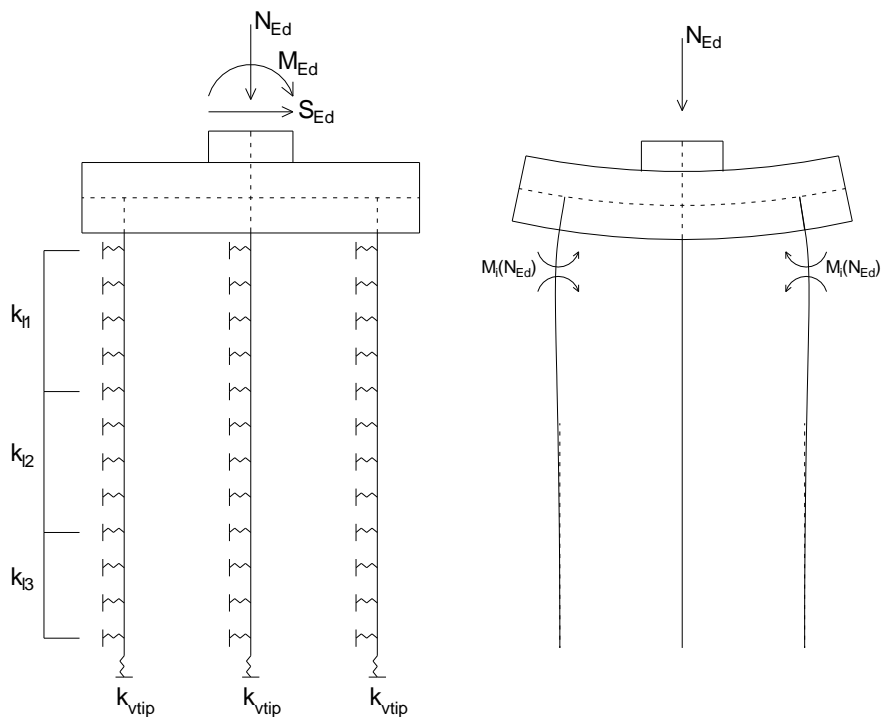


Figura 1 – Modello del plinto su pali ed effetto flessionale su pali dovuto al carico assiale agente sul plinto (a destra)

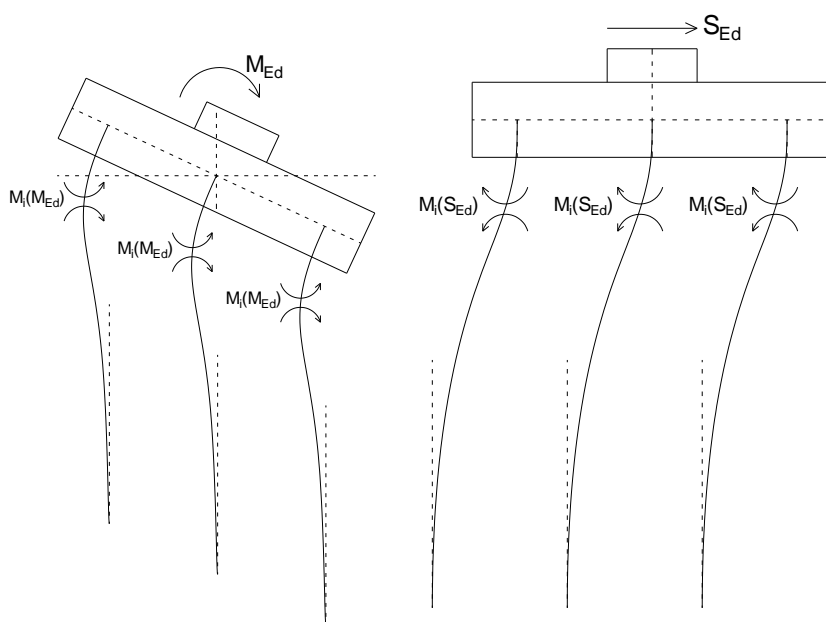



Figura 2 – Effetto flessionale sui pali dovuti al momento flettente (a sinistra) e al taglio (a destra) agenti sul plinto

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

Si riportano nel seguito le coordinate dei pali di fondazione e per ogni combinazione di carico, le sollecitazioni nei pali:

Comb./PileN.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z	-4.50	-4.50	-4.50	0.00	0.00	0.00	4.50	4.50	4.50
y	-4.50	-4.50	-4.50	0.00	0.00	0.00	4.50	4.50	4.50
z²	20.25	20.25	20.25	0.00	0.00	0.00	20.25	20.25	20.25
y²	20.25	20.25	20.25	0.00	0.00	0.00	20.25	20.25	20.25
W_Y	-27.00	-27.00	-27.00	0.00	0.00	0.00	27.00	27.00	27.00
W_Z	-27.00	-27.00	-27.00	0.00	0.00	0.00	27.00	27.00	27.00

Tabella 11 – Numero di pali e coordinate rispetto al baricentro del plinto

Piles Axial Forces for Combinations										
Load	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A1_STR.1.max.N(max)	3164	3164	3164	2630	2630	2630	2096	2096	2096	
A1_STR.1.max.N(min)	3164	3164	3164	2630	2630	2630	2096	2096	2096	
A1_STR.2a.max.N(max)	3293	3293	3293	2630	2630	2630	1968	1968	1968	
A1_STR.2a.max.N(min)	3293	3293	3293	2630	2630	2630	1968	1968	1968	
A1_STR.2b.max.N(max)	3167	3167	3167	2630	2630	2630	2093	2093	2093	
A1_STR.2b.max.N(min)	3167	3167	3167	2630	2630	2630	2093	2093	2093	
FREQUENTE.2a.max.N(max)	2689	2689	2689	1949	1949	1949	1209	1209	1209	
FREQUENTE.2a.max.N(min)	2689	2689	2689	1949	1949	1949	1209	1209	1209	
FREQUENTE.2b.max.N(max)	2596	2596	2596	1949	1949	1949	1301	1301	1301	
FREQUENTE.2b.max.N(min)	2596	2596	2596	1949	1949	1949	1301	1301	1301	
QUASI.PERMANENTE	2646	2646	2646	1903	1903	1903	1161	1161	1161	
RARA.1.max.N(max)	2393	2393	2393	1949	1949	1949	1505	1505	1505	
RARA.1.max.N(min)	2393	2393	2393	1949	1949	1949	1505	1505	1505	
RARA.2a.max.N(max)	2488	2488	2488	1949	1949	1949	1410	1410	1410	
RARA.2a.max.N(min)	2488	2488	2488	1949	1949	1949	1410	1410	1410	
RARA.2b.max.N(max)	2395	2395	2395	1948	1948	1948	1502	1502	1502	
RARA.2b.max.N(min)	2395	2395	2395	1948	1948	1948	1502	1502	1502	
SLV Z.1	-2986	-2986	-2986	2368	2368	2368	7723	7723	7723	
SLV Z.2	-5707	-5707	-5707	2348	2348	2348	10403	10403	10403	

Tabella 12 – Sforzi assiali testa pali Pila P03

Load	N_{min}	N_{max}	V_{max}	αM	M_{max}
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[kNm]
A1_STR.1.max.N(max)	2096.3	3164.0	102.5	2.32	237.9
A1_STR.1.max.N(min)	2096.3	3164.0	102.5	2.32	237.9
A1_STR.2a.max.N(max)	1967.5	3292.7	73.2	2.32	169.8
A1_STR.2a.max.N(min)	1967.5	3292.7	73.2	2.32	169.8
A1_STR.2b.max.N(max)	2092.6	3166.6	101.8	2.32	236.1
A1_STR.2b.max.N(min)	2092.6	3166.6	101.8	2.32	236.1
FREQUENTE.2a.max.N(max)	1208.8	2689.1	3.0	2.32	7.0
FREQUENTE.2a.max.N(min)	1208.8	2689.1	3.0	2.32	7.0
FREQUENTE.2b.max.N(max)	1301.4	2595.6	24.2	2.32	56.1
FREQUENTE.2b.max.N(min)	1301.4	2595.6	24.2	2.32	56.1
QUASI.PERMANENTE	1160.7	2646.2	2.5	2.32	5.8
RARA.1.max.N(max)	1505.2	2392.7	71.3	2.32	165.5
RARA.1.max.N(min)	1505.2	2392.7	71.3	2.32	165.5
RARA.2a.max.N(max)	1409.8	2488.1	49.6	2.32	115.1
RARA.2a.max.N(min)	1409.8	2488.1	49.6	2.32	115.1
RARA.2b.max.N(max)	1502.4	2394.6	70.8	2.32	164.2
RARA.2b.max.N(min)	1502.4	2394.6	70.8	2.32	164.2
SLV Z.1	-2986.4	7723.4	441.4	2.32	1024.1
SLV Z.2	-5707.1	10403.3	820.8	2.32	1904.2

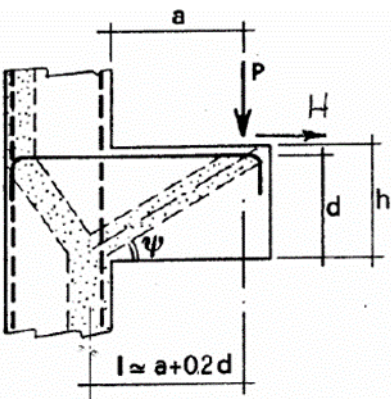
Tabella 13 – Sollecitazione nei pali (N,V,M)_ Pila P03

10.3 Verifica plinto di fondazione

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica per il plinto della pila di altezza maggiore **Pila P03** sottoposto a sollecitazioni maggiori.

La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato (generalmente quello di spigolo).

VERIFICA MENSOLE TOZZE - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE secondo Circ 617-09/ C4.1.2.1.5



P,H : Carichi Esterni di Progetto (P_{ED}, H_{ED})
Pr: Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica

$$P_R = P_{Rs} = \left(A_s f_{yd} - H_{Ed} \right) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d).$$

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

Dati di progetto

L _{diff} (m) =	4.50 m	Lunghezza di diffusione
b(m)=	1.00 m	dimensione trasversale di verifica mensola
N _{Ed} (KN) =	10403.3 KN	Sforzo normale massimo pali
P _{Ed} (KN) =	2312 KN	Carico complessivo VERTICALE diffuso
H _{Ed} (KN) =	0.0 KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	2.75 m	distanza P da incastro
h(m) =	2.50 m	spessore mensola
δ(m) =	0.10 m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m) =	2.40 m	altezza utile
l(m) =	3.23 m	a+0,2d
λ =	1.50	

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente **c**) sbalzi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

Caratteristiche Materiali

f _{cd} =	14.2 MPa	Calcestruzzo
f _{yd} =	391.3 MPa	Acciaio

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo

n° R1=	1 φ1(mm) =	26.0 p1(cm) =	10.0 θ1° =	0.0
Aφ i (mm ²) =	530.93 nb tot 1=	10.0 Aφ TOT (mm ²) =	5309.29 Aφ CAL(mm ²) =	5309.29

Registro tipo **R2**


n° R2=	1 φ2(mm) =	26.0 p2(cm) =	10.0 θ2° =	0.0
Aφ i (mm ²) =	530.93 nb tot 2 =	10.0 Aφ TOT (mm ²) =	5309.29 Aφ CAL(mm ²) =	5309.29

Verifiche di resistenza

Ψ= **0.589** rad = **33.77** °

P_{Rs} = **2778.6** KN PR_s>P_{Ed}- Verifica Soddisfatta

P_{RC} = **4212.4** KN PR_c>PR_s - Verifica Soddisfatta

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

10.3.1 Verifiche di capacità portante Palo singolo

In accordo con le curve di capacità portante ottenute per il viadotto in esame, nelle seguenti tabelle si riporta le lunghezze dei pali utilizzate per le pile del viadotto in esame. In particolari il dimensionamento è stato effettuato per la **pila P03** soggetta a sollecitazioni maggiori. Agli SLE si è verificato che il rapporto tra la resistenza laterale e il carico assiale in combinazione caratteristica risulti maggiore di 1.25, come prescritto dalla normativa ferroviaria.

FONDAZIONE			SFORZI NEI PALI SLU			SFORZI NEI PALI SLE			
D _{pali}	n _{pali}	L _{pali}	Combinazione	N _{min}	Q _{d,c}	Combinazione	N _{min}	Q _{II,k}	Q _{II/Nmin}
[m]	[m]	[m]		[kN]	[kN]		[kN]	[kN]	[kN]
1.5	9	28	SLV Z.2	10403	10773	RARA.2a.max.N(max)	2488	13162	5.29

Tabella 14 – Verifica della portanza verticale dei pali di fondazione

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica.

10.3.2 Verifiche capacità portante Pali Di Gruppo

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito con la seguente relazione:

$$Q_{d,Gruppo} = N \cdot E \cdot Q_{d, \text{singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo ($Q_{d, \text{singolo palo}}$) per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per la pile in esame **Pila P03**:

L _{pali}	R _d = Q _d	PORTANZA PALI DI GRUPPO								
		Dametro	interasse	n. pali x fila	m. n. fila	Φ	E efficienza	N _{max,SLU}	Q _{d Gruppo}	FS
[m]	[kN]	[m]	[m]	[-]	[-]	[°]	[-]	[kN]	[kN]	[-]
28	10773	1.5	4.5	3	3	18.43	0.73	23671	70477	2.98

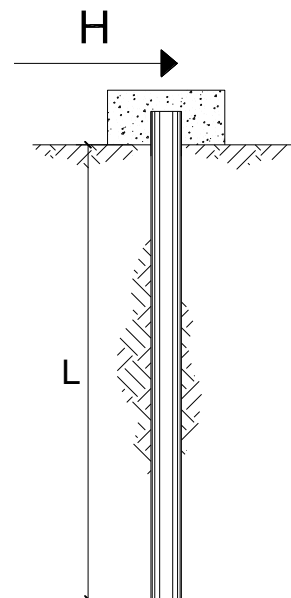
Le verifiche risultano soddisfatte.

10.3.3 Capacità portante laterale dei pali di fondazione

Per i pali di fondazione da realizzare nei terreni non suscettibili ai fenomeni di liquefazione, le verifiche di capacità portante laterale dei pali di fondazione vengono eseguite secondo la consolidata metodologia di Broms (1964) per terreni incoerenti sotto falda attraverso un apposito foglio di calcolo. Per tutti i pali si configura l'ipotesi di palo lungo. Le verifiche, riportate nelle pagine seguenti, risultano soddisfatte assumendo cautelativamente un angolo d'attrito $\varphi=30^\circ$. Le armature in testa al palo utilizzate per il calcolo del momento resistente (M_y) sono riportate al paragrafo delle verifiche strutturali dei pali di fondazione.

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite per la pile in esame **Pila P03**:

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA



TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)


coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_φ	γ_T
			γ_G	γ_Q		
SLS	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.30	1.50	1.25	1.00

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.45
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	25.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	4751.72	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min} =$	30.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d} =$	30.00	(°)	$\varphi'_{min,d} =$	30.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\Phi') / (1 - \sin\Phi')$)	$k_{p_{med}} =$	3.00	(-)	$k_{p_{min}} =$	3.00 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	10.00	(kN/m ³)		
Azione Tagliante (V):	V =	820.8	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 42187.50 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 42187.50 \quad (kN)$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 14252.57 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 14252.57 \quad (kN)$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 2394.54 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 2394.54 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 2394.54 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 2394.54 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1408.55 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 1083.50 \quad (kN)$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 820.80 \quad (kN)$$


$$FS = H_d / F_d = 1.32$$

$$FS \text{ (gruppo)} = 1.06$$

Si fa notare che per tener conto degli effetti di gruppo è stato considerato un coefficiente riduttivo del carico limite pari a 0,8 (coefficiente di gruppo).

10.4 Valutazione dei cedimenti in fondazione

Per la valutazione dei cedimenti in fondazione si rimanda alla relazione geotecnica di calcolo per le fondazioni dei viadotti

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

10.5 Verifica strutturale pali di fondazione


Le verifiche strutturali sono state condotte per il palo più sollecitato della pila più alta **Pila P03**. I pali saranno armati longitudinalmente con un unico strato di 56 ϕ 28 a doppiette. Inoltre si prevede una spirale ϕ 12/10 (2 bracci resistenti). Tale armatura costituisce la prima gabbia di armatura del palo e si estende per 18 metri a partire dalla testa del palo.

Palo	Sezione di verifica	Armatura	
	D [m]	Armatura longitudinale	Taglio
Φ 1500	1.5	2x28 ϕ 28	Spirale ϕ 12/10

PALO - Verifiche allo SLU						
Combinazioni		N	Mlong	Tlong	C.S.	C.S.
		kN	kNm	kN	(NRd, MRd)	(VRd)
Min N	SLV Z.2	-5707.1	1904.2	820.8	2.50	2.1
Max N	SLV Z.2	10403.3	1904.2	820.8	4.74	2.1
Max VL	SLV Z.2	10403.3	1904.2	820.8	4.74	2.1

PALO - Verifiche allo SLE							
Combinazioni		N	Mlong	Tlong	σ_c	σ_s	Wk
		kN	kNm	kN	Mpa	Mpa	mm
RARA	RARA.2a.max.N(max)	1409.8	115.1	49.6	-0.86	-6.10	0.000
	RARA.2a.max.N(max)	2488.1	115.1	49.6	-1.33	-13.20	0.000
FREQ	FREQUENTE.2a.max.N(max)	1208.8	7.0	3.0	-0.54	-7.70	0.000
	FREQUENTE.2a.max.N(max)	2689.1	7.0	3.0	-1.16	-17.50	0.000
QP	QUASI.PERMANENTE	1160.7	5.8	2.5	-0.52	-7.50	0.000
	QUASI.PERMANENTE	2646.2	5.8	2.5	-1.05	-12.60	0.000

Tabella 15 – Verifica dei pali di fondazione

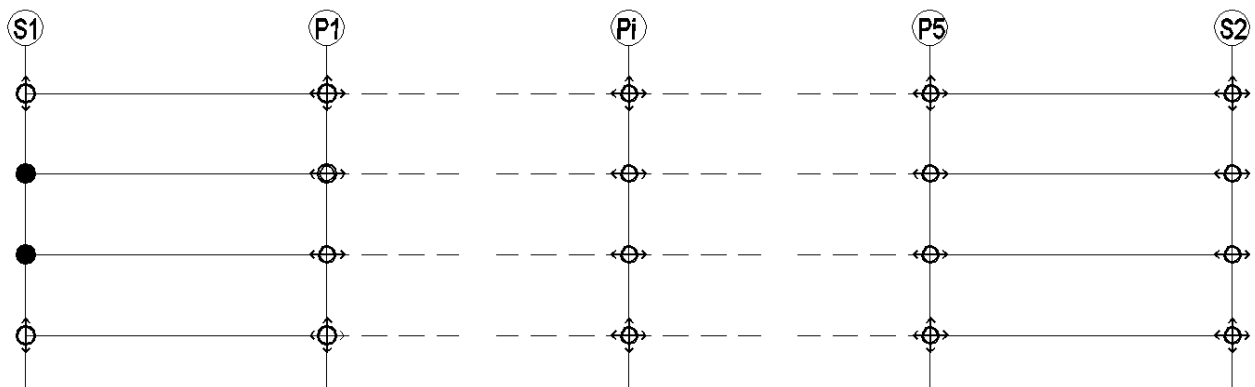
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA LI02	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A





11 APPOGGI E GIUNTI

11.1 Appoggi Pile

Gli apparecchi d'appoggio fissi devono essere dimensionati con il criterio della GR (NTC p.to 7.9.5.4.1). Essi devono quindi essere in grado di trasmettere, mantenendo la piena funzionalità, forze orizzontali tali da produrre, nella o nelle sezioni critiche alla base della pila, un momento flettente pari a: $\gamma_{Rd} M_{Rd}$, dove M_{Rd} è il momento resistente della o delle sezioni critiche. Questa verifica può essere eseguita in modo indipendente per le due direzioni dell'azione sismica. Le forze determinate come sopra possono risultare superiori a quelle che si ottengono dall'analisi ponendo $q = 1$; in tal caso per il progetto degli apparecchi è consentito adottare queste ultime.

Per le tabelle appoggi e giunti si rimanda alla relazione impalcato.



	F	Appoggio fisso
	M	Appoggio multidirezionale
	UL	Appoggio monodirezionale longitudinale
	UT	Appoggio monodirezionale longitudinale


11.2 Escursione dei giunti

In accordo con il p.to 2.5.2.1.5.1 del RFI DTC SICS PS MA IFS 001 B, per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio può essere valutata come segue:

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

dove:

- E_1 è lo spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- E_2 è lo spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
	Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A

- E_3 è lo spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni non collegate;
- $k_1 = 0.45$ è un coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- $k_2 = 0.55$ è un 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 D.M. 14/01/2008: $d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$. dove d_{Ee} è lo spostamento corrispondente al periodo di vibrazione della pila ricavato dallo spettro elastico in termini di spostamento e $\mu_D = q$ per $T_1 \geq T_C$ oppure $\mu_D = 1+(q-1) \cdot T_C/T_1$ per $T_1 < T_C$ e con la limitazione $\mu_D \leq 5q-4$ (q è il fattore di struttura). Nel caso delle spale. Data la loro elevata rigidità si assume $d_{Ee}=0$
- 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 D.M. 14/01/2008. Il valore di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo (d_g) di un punto può calcolarsi secondo l'espressione seguente:

$$d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C T_D$$

dove a_g , S , T_C , T_D sono le grandezze definite al paragrafo 6.6 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** N el caso in esame si suppone in via cautelativa che tale spostamento assoluto coincida con lo spostamento relativo tra due punti, ossia si sta valutando lo spostamento relativo della fondazione in esame rispetto ad un punto fermo.

Di seguito è riportato il calcolo per le sottostrutture in esame:


E1 - Termica				
L_{imp}	α	ΔT	D_t	$E1=2 D_t$
m		°	mm	mm
240.0	0.00001	25.0	60.000	120

E3 - sismica fondaz.	
d_{Eg}	$E_3 = 2 d_{Eg}$
mm	mm
72.4	144.84

E2 - Sismica struttura						ESCURSIONE GIUNTI			
PILA	H_{pila}	T_1	d_{Ed}	k_2	$E_2 = 4 d_{Ed} k_2$	E_L	E_0	E_i	E_L
	m	s	mm		mm	mm	mm	mm	mm
S01	6.80	0.00	0.00	0.55	0.00	119.18	480	144.84	480
P01	11.50	0.57	32.97	0.55	72.54	151.82	480	144.84	480
P02	14.50	0.82	46.95	0.55	103.30	165.66	480	144.84	480
P03	16.00	0.28	8.50	0.55	18.70	127.59	480	144.84	480
P04	14.00	0.77	44.50	0.55	97.91	163.24	480	144.84	480
P05	9.00	0.39	16.71	0.55	36.77	135.72	480	144.84	480
S02	4.00	0.00	0.00	0.55	0.00	119.18	480	144.84	480

Per garantire infine un minimo di escursione in funzione della sismicità del sito, il valore E_L dovrà essere assunto non minore di:

$$\text{Per valori di } a_g(\text{SLV}) < 0.25g : \quad E_L \geq \max (0.10m; 2.3 \cdot L/1000 + 0.073) \quad = \quad E_{L\text{min Non sismica}} \quad 625.0 \quad \text{mm}$$

	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI – LESINA Lotti 2 e 3 – RADDOPPOI TERMOLI-RIPALTA					
Opere d'arte maggiore – IV01 Cavalcavia in viadotto Variante ex SS16 ter: Relazione di calcolo Pile	COMMESSA L102	LOTTO 02 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV010 002	REV. A	FOGLIO 56 di 56

Per valori di $a_g(SLV) \geq 0.25g$: $E_L \geq \max(0.15m; 3.3 \cdot L/1000 + 0.1)$ = $E_{Lmin\ sismica}$ **892.0 mm**
 ove: $L =$ Lunghezza del ponte (m)

Nel caso in esame: Classe zona: **Non Sismica** In definitiva: $E_L =$ **625.0 mm**

Pertanto:

ESCURSIONE DEI GIUNTI (δ_{Giu}) $\delta_{Giu} = \pm E_L/2 + 10mm = \pm$ **322.5 mm**

AMPIEZZA DEI VARCHI (v) $V \geq E_L/2 + V_0 =$ **332.5 mm**

ove: $V_0 = 20\ mm$