

**PROVINCIA DI PARMA**

**PONTE DEI SARTI**

**VERIFICHE DI VULNERABILITA' SISMICA**



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 2/95

# INDICE

	Page
	INDICE 2
1 INTRODUZIONE .....	4
1.1 Caratterizzazione geologica.....	5
1.2 Obiettivo.....	6
1.3 Metodologia.....	6
2 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
2.1 Quadro Normativo Adottato .....	6
3 DESCRIZIONE DEL MANUFATTO ESISTENTE .....	7
3.1 Stato di fatto .....	7
3.2 Analisi storico-critica .....	8
3.3 Sintesi delle vulnerabilità riscontrate.....	9
3.4 Livello di Conoscenza .....	13
3.5 Caratteristiche meccaniche dei materiali .....	15
4 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO .....	19
4.1 Descrizione degli Stati Limite di Progetto.....	19
4.2 Vita Nominale, Classi d'Uso .....	20
4.3 Periodo di Riferimento dell'azione sismica e Probabilità di non superamento.....	21
4.4 Categorie di sottosuolo e condizioni Topografiche.....	22
4.5 Definizione del Fattore di Struttura e Spettri di Progetto.....	25
5 ANALISI NUMERICHE CONDOTTE CON L'AUSILIO DI ENEXSYS.....	28
5.1 Modellazione.....	28
5.1.1 Caratteristiche generali di EnExSys .....	28
5.2 Modello Numerico.....	29
5.2.1 Modellazione geometrica degli elementi esistenti .....	29
5.2.2 Proprietà meccaniche dei materiali.....	31
5.2.3 Simulazione delle condizioni di vincolo esistenti.....	33
5.3 Calcolo delle Azioni .....	36
5.3.1 Azioni permanenti .....	36
5.3.2 Azioni variabili da traffico .....	37
5.3.3 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione: q3.....	37
5.3.4 Azione del vento: q5.....	38
5.3.5 Azioni idrauliche sulle pile: q9.....	40
5.4 Combinazioni e percorsi di carico .....	41
5.5 Metodo di Analisi e Criteri di Verifica .....	44
5.6 Analisi Modale .....	44
6 VERIFICHE DI RESISTENZA.....	47



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 3/95

6.1	Verifiche pile.....	47
6.1.1	Verifiche SLU .....	47
6.1.2	Verifiche per sisma con $T_R = 30$ anni .....	54
6.2	Verifiche SLU travi impalcato.....	60
7	VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E STIMA DELLA VITA UTILE RESIDUA .....	81
8	IPOTESI DI CONSOLIDAMENTO/MIGLIORAMENTO DEL PONTE OVVERO SUA SOSTITUZIONE.....	82
9	CONCLUSIONI .....	86
10	ALLEGATO nr. 1.....	88



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

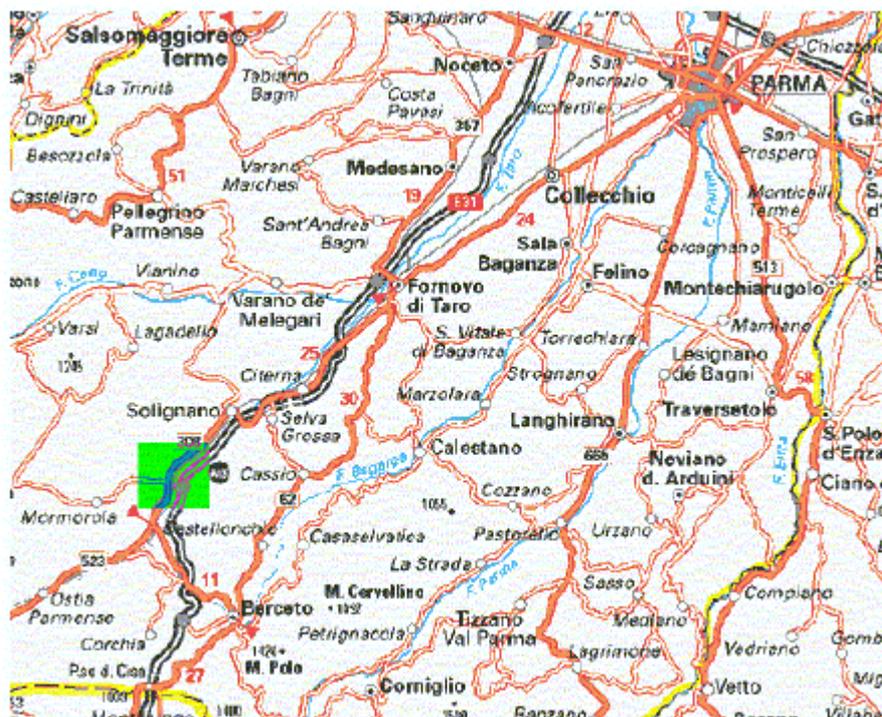
E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 4/95

# 1 INTRODUZIONE

A seguito della Deliberazione della Giunta Regionale 26 luglio 2010 n° 1154 “Istruzioni tecniche per lo svolgimento delle verifiche tecniche di cui all’art. 2, comma 3, dell’OPCM 3274/2003 DEL 20/03/2033” e s.m.i. , riguardanti la prosecuzione della campagna di indagine sul sistema infrastrutturale esistente allo scopo di valutare la capacità di risposta all’evento sismico delle connessioni viarie strategiche (ponti) sul territorio regionale, il sottoscritto professionista ha ricevuto dalla Provincia di Parma l’incarico di effettuare le prescritte verifiche tecniche sul Ponte Stradale denominato “Ponte dei Sarti” costruito per consentire l’attraversamento del fiume Taro da parte della Strada Provinciale SP308R all’altezza del chilometro 19+400 in prossimità della località di Val Mozzola (comune di Borgo val di Taro), località Ca’ di Bada.

Il ponte stradale in esame è sito nel Comune di Borgo Taro (PR) lungo la strada provinciale “SP308 R“di Fondo di Val del Taro” al chilometro 19+400. Tale connessione stradale permette il collegamento tra le località di Val Mozzola e Ghiare situate sulle sponde opposte del fiume Taro.



Mappa di riferimento



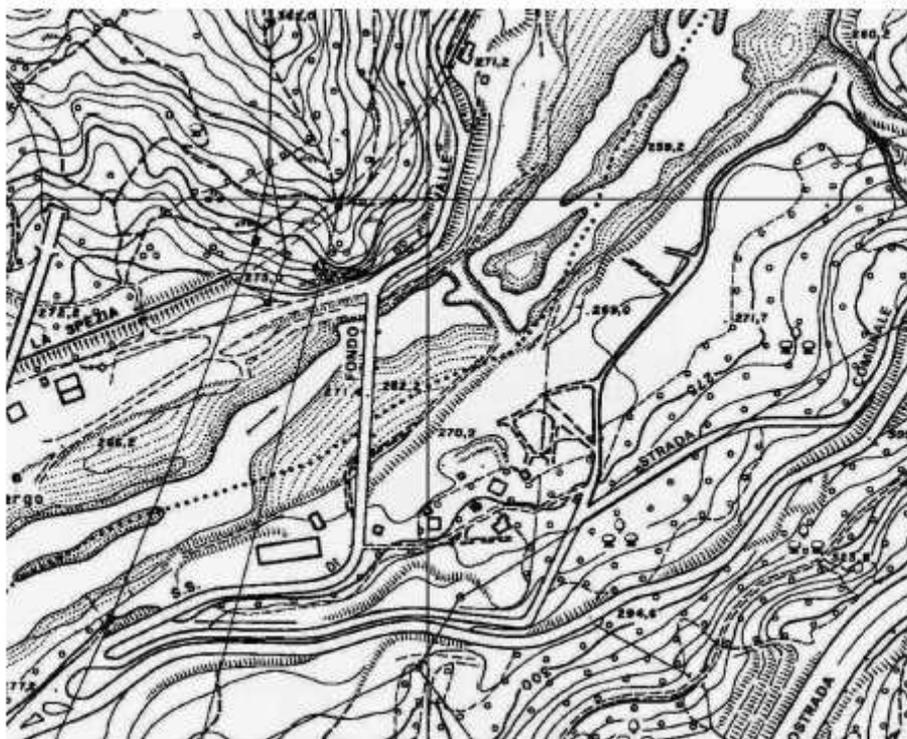
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 5/95



Cartina topografica di riferimento

Facendo riferimento alle norme del D.M. 14/01/2008, il territorio ove sorge il ponte risulta attualmente classificato come zona sismica di tipo 2 caratterizzato, cioè, da un valore atteso per l'accelerazione orizzontale massima ag su suolo di categoria A compreso tra 0,15g e 0,25g.

### 1.1 Caratterizzazione geologica

Sulla base di quanto indicato nella relazione geologica redatta dal Dott. Trivioli nel 2004, è possibile dedurre che il terreno di fondazione è costituito in superficie da depositi alluvionali continentali attuali e recenti, costituiti nei primi 5,50m di profondità dall'attuale p.c. (fondo alveo), per lo più da terreni granulari e semigranulari (ghiaie e ciottoli) e, tra 5,50 e 8,50m circa, da alternanze di terreni coesivi e semicoesivi (argille e limi); a profondità maggiore di 8,50m circa dal p.c. è presente un substrato roccioso, costituito da alternanze irregolari di calcari arenacei, calcari marnosi e marne calcaree e argille, da grigio scuro a nere, in strati da medi a spessi mediamente fratturati e blandamente piegati, appartenenti alla formazione di origine marina del Flysch di M.te Caio (Cretacico). Il passaggio tra i depositi alluvionali superficiali e il substrato roccioso avviene repentinamente con contatto erosivo. All'interno dei depositi alluvionali, sottili livelli limoso-argillosi, presenti nei primi 5,50m di profondità, e sottili livelli granulari, presenti tra 5,50 e 8,50m, non costituiscono motivo di differenziazione del peculiare assetto geomeccanico: granulare-semigranulare in superficie e coesivo-semicoesivo in profondità.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, i terreni di fondazione presenti lungo la verticale appartengono alla categoria E.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 6/95

### 1.2 Obiettivo

Lo scopo del presente studio è quello di fornire un quadro oggettivo per la valutazione della vulnerabilità sismica e della vita utile residua  $V_N$  del ponte in oggetto.

Le analisi di vulnerabilità condotte seguiranno quanto prescritto nella normativa italiana vigente ed in particolare nel capitolo 8 del Testo Unico “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” (DM 2008) e nel paragrafo C8A.8 della relativa circolare esplicativa (circolare del 02 Febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP.).

### 1.3 Metodologia

L’edificio esistente è stato analizzato attraverso la realizzazione di modelli numerici di tipo FEM che simulano le effettive condizioni di esercizio della struttura portante del ponte, costituita da pile, spalle ed impalcato in cemento armato. A tale scopo, è stato utilizzato il software EnExSys, codice di calcolo di accertata affidabilità.

Si è scelto di eseguire la verifica mediante analisi modale con spettro di risposta ridotto del fattore  $q$ .

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1 Quadro Normativo Adottato

**D.M. 14.1.2008:** "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni",  
Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale”, n.29 del 4 febbraio 2008.

**Circolare 2.2.2009, n.617:** "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.1.2008.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 7/95

## 3 DESCRIZIONE DEL MANUFATTO ESISTENTE

### 3.1 Stato di fatto

Il manufatto oggetto di studio è situato lungo la strada Provinciale SP308R “di fondo val di Taro” alla progressiva 19+400 partendo da Fornovo ed è classificabile come ponte di prima categoria, progettato per il transito di tutti i tipi di carico.

L’opera, che si trova in una zona montuosa distante circa 1 km da Ghiare di Berceto, è disposta lungo una direttrice caratterizzata da un’inclinazione di circa 45° rispetto alle due sponde del fiume Taro.

Il ponte presenta una lunghezza complessiva di 194,30 m suddivisi in sette campate di uguale luce; la sezione dell’impalcato è costituita da cinque travi in cemento armato precompresso rese collaboranti da una soletta in c.a. dello spessore di circa 20 cm. La larghezza dell’impalcato è complessivamente pari a 8,80 metri, comprendendo in tale stima anche i cordoli laterali sui quali sono collocate le barriere di protezione al traffico veicolare.

L’impalcato è sostenuto da sei pile, le cui caratteristiche geometriche hanno subito delle modifiche nel corso degli anni a causa di interventi di manutenzione e/o riparazione; infatti il pulvino delle pile presenta una sezione rettangolare in due di esse, mentre in altre quattro presenta una sezione composta, come è riscontrabile nella figura di seguito riportata.





Studio Ingegneria  
str. Ilo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str. Ilo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 8/95



Sagomature differenti sono state assegnate anche ai vari plinti di fondazione, forse in virtù del diverso angolo di incidenza tra l'orientamento delle pile e le linee di flusso della corrente fluviale.

Le sponde dell'alveo, in corrispondenza del ponte, sono state soggette ad una risagomatura, realizzata mediante l'utilizzo di blocchi di pietra successivamente ricoperti da una colata di calcestruzzo.

In prossimità della seconda pila, provenendo da Fornovo, ci sono opere di protezione dall'erosione localizzata, inoltre la parte inferiore delle quattro pile contenute tra le due sponde, è sagomata con rostri di protezione.

### 3.2 Analisi storico-critica

Per esigenze di sintesi e chiarezza espositiva, qui di seguito verranno riportate in tutte le informazioni desunte da ciascuno dei documenti esaminati rispettando l'ordine cronologico di occorrenza.

- 1940-50 (?)** Costruzione del Ponte dei Sarti
- 1960-90 (?)** Opere di manutenzione e ristrutturazione ordinarie
- 2004** Opera di manutenzione straordinaria per il ripristino della capacità portante di una pila. L'intervento, realizzato a cura dello scrivente, mirò principalmente al miglioramento delle condizioni statiche del ponte tramite il rafforzamento della pila n°3. In particolare, si prevede il rinforzo delle fondazioni della pila con inserimento di micropali ed consolidamento della pila stessa mediante la realizzazione di sostegni e setti di collegamento in cemento armato solidali alle vecchie strutture. Si ripristinarono, inoltre, dei giunti strutturali nella soletta d'impalcato grazie all'inserimento di nuovi appoggi al di sotto delle travi portanti di pertinenza della pila stessa. L'intervento terminò con il ripristino



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

#### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 9/95

della soletta strutturale dell'impalcato ed il ripristino del manto d'usura. Il problema principale allora rilevato riguardava lo scalzamento della base fondale della pila ad opera delle correnti d'alveo e la conseguente deformazione impressa al complesso della pila, incluso il significativo abbassamento del piano viario in corrispondenza degli appoggi. Il ripristino sopra descritto ha sanato la problematica rilevata a cura della pila nr. 3 senza tuttavia risolvere completamente, nella sua globalità, il problema dello scalzamento sul complesso delle pile presenti in alveo.

### 3.3 Sintesi delle vulnerabilità riscontrate

Al fine di acquisire la conoscenza della costruzione in esame sono stati effettuati dei sopralluoghi preliminari volti a valutare sia la corrispondenza tra la documentazione resa disponibile e la struttura reale che le attuali condizioni di esercizio del manufatto.

Durante tali sopralluoghi sono state rilevate le seguenti vulnerabilità:

#### ▪ Vulnerabilità legate ad elementi strutturali:

- Faticenza o degrado di singoli elementi o di collegamenti: i sistemi di appoggio risultano essere costituiti da semplici piastre in acciaio, spesso estremamente fatiscenti; inoltre si riscontra un elevato degrado delle testate delle travi di impalcato;





Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 10/95



- Lesioni e/o dissesti: si nota in alcuni casi la complete assenza del giunto tra le travi di impalcato appartenenti a campate consecutive;



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 11/95



- Espulsione od assenza del copriferro;





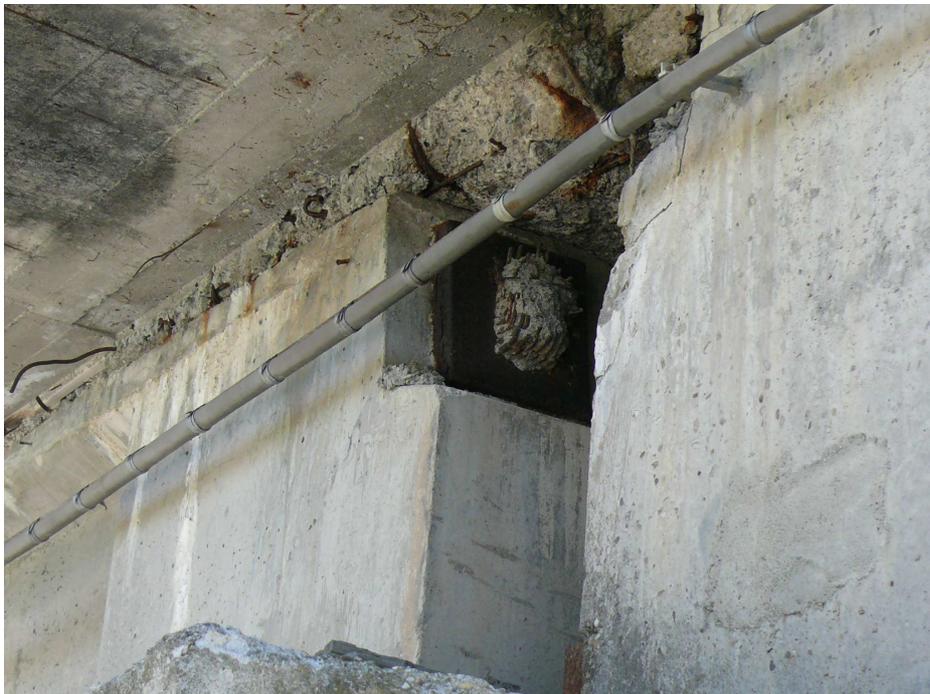
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 12/95



▪ **Vulnerabilità legate alla geometria della struttura:**

- Vulnerabilità dei pilastri terminali delle pile: la conformazione delle pile, costituite generalmente da setti sormontati da pilastri, determina, nella zona di interfaccia, una posizione preferenziale per la formazione della cerniera plastica:



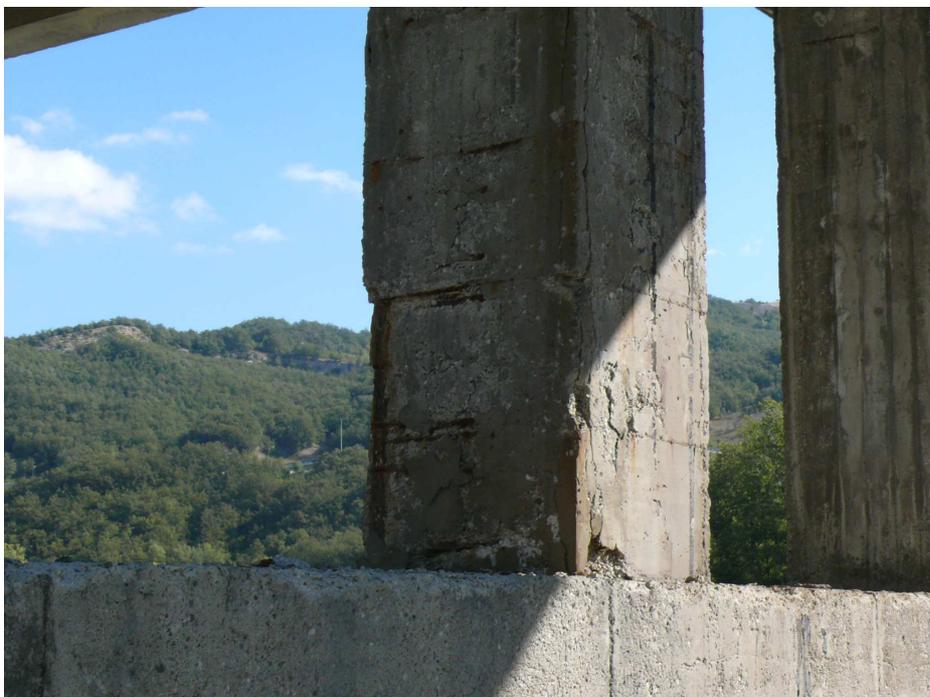
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

#### **STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 13/95



#### ▪ **Vulnerabilità legate ad elementi geotecnici:**

- Scalzamento del terreno di fondazione presente in alveo e possibilità di erosione delle strutture durante gli eventi di piena.

### **3.4 Livello di Conoscenza**

Secondo il DM del 14 Gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” e la sua relativa circolare esplicativa (circolare del 02 Febbraio 2009 n°617/ C.S.LL.PP.), sono tre i possibili livelli di conoscenza:

- LC1: conoscenza limitata;
- LC2: conoscenza adeguata;
- LC3: conoscenza accurata.

Il livello di conoscenza acquisito sulla base delle indagini e degli approfondimenti effettuati, determina il metodo di analisi ed il valore del fattore di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 14/95

Livelli di Conoscenza	Geometria (Carpenterie)	Dettagli Strutturali	Proprietà dei Materiali	Metodi di Analisi	FC
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex novo completo.	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in situ.	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in situ oppure estese prove in situ.	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in situ.	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure <i>esaustive</i> prove in situ	Tutti	1.0

Per le opere da ponte si deve in generale acquisire un livello di conoscenza accurata (LC3), salvo casi eccezionali per i quali, su indicazione della Committenza, è ammesso acquisire un livello di conoscenza (LC2).

La richiesta del livello di conoscenza accurato è giustificata in primo luogo dall'importanza strategica delle opere da ponte, e in secondo luogo in considerazione dell'assenza di elementi non strutturali che limitino l'accessibilità alle strutture.

La definizione dei requisiti quantitativi per il raggiungimento di ogni livello di rilievo e prove è riportata nella seguente tabella. Nel controllo del raggiungimento della percentuale di elementi indagati si può tener conto delle eventuali condizioni di ripetitività.

	Dettagli Costruttivi	Proprietà meccaniche dei materiali	Caratterizzazione geotecnica
<b>Verifiche estese</b>	La quantità e disposizione d'armatura è verificata per almeno il 40% delle pile <b>ma</b> non meno di 3 pile	1 provino di cls e 1 campione di armatura per almeno il 40% delle pile (ma non meno di 3 pile)	Determinazione della stratigrafia e dei parametri meccanici per l'alveo e per il terreno a monte delle spalle
<b>Verifiche esaustive</b>	La quantità e disposizione d'armatura è verificata per almeno il 60% delle pile <b>ma</b> non meno di 4 pile	1 provino di cls e 1 campione di armatura per almeno il 60% delle pile (ma non meno di 4 pile)	Determinazione della stratigrafia e dei parametri meccanici per l'alveo e per il terreno a monte delle spalle

In questo caso, la Committenza ha richiesto il raggiungimento del livello di conoscenza minimo consentito, ovvero LC2.

Sono state, pertanto, eseguite estese verifiche in situ, per la determinazione dei dettagli strutturali, estese prove in situ, per la determinazione delle proprietà dei materiali, ed un rilievo ex novo completo, per la determinazione della carpenteria.

Nella generalità dei casi l'impalcato non è significativamente impegnato nella risposta sismica della struttura. Ne discende che le indagini conoscitive sono da indirizzare in modo prevalente alle sottostrutture (pile e spalle) e alle fondazioni, oltre che ovviamente ai sistemi di vincolo e interconnessione tra gli elementi strutturali (appoggi, giunti, etc...).

Trattandosi di un ponte caratterizzato dalla presenza di 6 pile oltre alle due spalle di estremità, è facile intuire come la percentuale del 40% degli elementi sia raggiunta considerando 2 pile ed 1 spalla.

Per quanto riguarda l'intervento di manutenzione straordinaria per il ripristino della capacità portante della pila 3, sono disponibili tutti i disegni di progetto, nonché i certificati dei materiali utilizzati. In questo caso si dispone, dunque, di una conoscenza accurata (LC3) ed il fattore di confidenza utilizzato sarà FC=1,00.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

#### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 15/95

### 3.5 Caratteristiche meccaniche dei materiali

Per la definizione dei parametri meccanici dei materiali costituenti le strutture, sono stati utilizzati i risultati provenienti dalla campagna di indagini svolta dal Laboratorio Geotecnologico Emiliano nel settembre 2013.

Sono state effettuate le seguenti prove:

- prelievo di n° 12 carote di calcestruzzo da varie parti della struttura, per prove di resistenza meccanica a compressione e per la verifica dello spessore di carbonatazione superficiale;
- prelievo di n° 7 spezzoni di armatura da varie parti della struttura, per verifiche dimensionali e prove di resistenza a trazione e snervamento dell'acciaio;
- indagini non distruttive con pacometro, per il rilevamento della posizione, del numero, della profondità di posa e del diametro delle armature in punti particolari della struttura;
- prove semi-distruttive mediante estrazione di tasselli (pull-out), per stimare le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo in zone non indagate mediante carotaggio.

L'insieme dei punti di indagine, con le relative prove eseguite, è schematizzata nella seguente tabella. Le pile sono individuate mediante numerazione progressiva a partire dalla spalla destra lato Ghiare di Berceto:

n	Punto Indagine	Prova Eseguita			
1	Trave lato monte pila 1-spalla dx	C		PAC	
2	Trave interna lato monte pila 1-spalla dx	C		PAC	
3	Pulvino pila 1	C	F	PAC	
4	Pilastro pila 1	C	F		
5	Pilastro centrale pila 1			PAC	
6	Pilastro bordo pila 2 lato monte	C		PAC	
7	Trave collegamento pila 2	C		PAC	
8	Trave lato monte pile 4-5	C		PAC	
9	Testata trave lato monte pile 4-5		F	PAC	
10	Pulvino pila 5	C	F	PAC	
11	Pilastro bordo pila 5 lato monte	C		PAC	
12	Spallone pila 5	C			
13	Fondazione pila 5	C	F	PAC	
14	Spalla sinistra	C			
15	Spallone pila 6		F	PAC	
16	Soletta impalcato spalla dx-pila 1			PAC	PO
17	1° traverso spalla dx			PAC	

Legenda  
C = carotaggio – compressione – carbonatazione



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 16/95

PAC = prove pacometriche

PO = prova di pull-out

F = estrazione ferri di armatura e prova di trazione

Dallo schiacciamento delle carote di calcestruzzo sono stati ottenuti i seguenti valori di resistenza a compressione:

n	Punto Indagine	Resistenza a compressione (MPa)
1	Trave lato monte pila 1-spalla dx	40,9
2	Trave interna lato monte pila 1-spalla dx	47,5
3	Pulvino pila 1	50,8
4	Pilastro pila 1	38,0
6	Pilastro bordo pila 2 lato monte	38,9
7	Trave collegamento pila 2	47,2
8	Trave lato monte pile 4-5	48,7
10	Pulvino pila 5	35,1
11	Pilastro bordo pila 5 lato monte	40,5
12	Spallone pila 5	37,3
13	Fondazione pila 5	38,5
14	Spalla sinistra	25,5

Poiché il rapporto di snellezza dei provini è pari a 1, le resistenze ottenute sono da considerarsi cubiche. Per la determinazione delle resistenze di calcolo da utilizzare nell'analisi, si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$f_{cm} = R_{cm} \times 0,83$$

$$f_{cd} = f_{cm} / (FC \gamma_c) = f_{cm} / (1,2 \times 1,5)$$

ottenendo le seguenti classi di resistenza:

Elemento strutturale	Resistenza media cubica $R_{cm}$ (MPa)	Resistenza media cilindrica $f_{cm}$ (MPa)	Resistenza di progetto cilindrica $f_{cd}$ (MPa)
Pile	40,8	33,86	18,81
Spalle	25,5	21,17	11,76
Travi di impalcato	45,7	37,93	21,07
Fondazioni	38,5	31,96	17,75

La prova di pull-out realizzata in corrispondenza della soletta di impalcato ha determinato una resistenza del calcestruzzo pari a 27 MPa, che equivale ad una classe C20/25.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 17/95

Nelle analisi si utilizzeranno le seguenti classi di calcestruzzo:

- pile C32/40. Cautelativamente si utilizzerà la stessa classe di calcestruzzo dell'intervento di manutenzione straordinaria: C25/30
- spalle e soletta C20/25
- travi di impalcato C35/45
- fondazioni C28/35. Vista la presenza di una sola prova cautelativamente verrà utilizzata la classe C20/25.

Dalle prove di trazione sulle barre di armatura prelevate sono state ottenute le seguenti tensioni allo snervamento:

n	Punto Indagine	Diametro barra (mm)	Carico di snervamento (MPa)	Tipo di barra
3	Pulvino pila 1	10	380,9	liscia
4	Pilastro pila 1	20	333,1	liscia
9	Testata trave lato monte pile 4-5	-	-	liscia
10	Pulvino pila 5	9	359,9	liscia
13	Fondazione pila 5	14	522,0	aderenza migliorata
15	Spallone pila 6	18	447,1	aderenza migliorata

Per la determinazione delle resistenze di calcolo da utilizzare nell'analisi, si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$f_{yd} = f_{ym} / (FC \gamma_s) = f_{ym} / (1,2 \times 1,15)$$

ottenendo le seguenti classi di resistenza:

Tipo di barra	Tensione media a snervamento $f_{ym}$ (MPa)	Tensione di progetto a snervamento $f_{yd}$ (MPa)	Classe di acciaio
Liscia	357,97	259,40	FeB32K
Aderenza migliorata	484,55	351,12	FeB38K

Nelle analisi, a favore di sicurezza, si utilizzerà la seguente classe di acciaio d'armatura: barre lisce in FeB32K.

Per quanto riguarda l'intervento di manutenzione straordinaria per il ripristino della capacità portante della pila 3, i materiali utilizzati nell'analisi sono:



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 18/95

- calcestruzzo per fondazioni ed elevazioni: C25/30;
- acciaio d'armatura: FeB44K;
- acciaio da carpenteria: F430.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 19/95

## 4 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

### 4.1 Descrizione degli Stati Limite di Progetto

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dal particolare stato limite considerato in fase di verifica, dalla pericolosità sismica del sito di costruzione e dall'importanza pubblica o strategica dell'edificio in oggetto.

#### ▪ Stati limite e relative probabilità di superamento:

Gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni riportano una descrizione esauriente di ciascuno dei quattro stati limite suddividendoli in stati limite di esercizio o stati limite ultimi.

In particolare, gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Mentre gli stati limite ultimi vengono definiti come:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 20/95

In questo caso, le azioni sismiche di progetto, le analisi e le verifiche faranno riferimento allo stato limite ultimo di **salvaguardia della vita (SLV)**.

## 4.2 Vita Nominale, Classi d'Uso

### ▪ Vita nominale $V_N$

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. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I del DM del 14 gennaio 2008.

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Il ponte in oggetto rientra all'interno del tipo di costruzione n.3, ovvero opere di importanza strategica. A tali opere viene assegnata una vita Nominale pari a:  
 $V_N \geq 100 \cdot \text{anni}$ .

### ▪ Classi 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



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

#### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 21/95

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.

Il ponte in oggetto rientra all'interno della Classe d'uso IV.

### 4.3 Periodo di Riferimento dell'azione sismica e Probabilità di non superamento

#### ▪ Periodo di Riferimento per l'Azione Sismica.

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  $C_U$  :

$$V_R = C_U \cdot V_N$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella normativa: (Tab 2.4.II del DM 2008)

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

In questo caso, otterremmo:

$$V_R = C_U \cdot V_N = 2 \cdot 100 \cdot \text{anni} = 200 \cdot \text{anni}$$

#### ▪ Probabilità di superamento $P_{VR}$ :

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 22/95

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Generalmente, quindi, per le analisi di vulnerabilità si farà riferimento ad un evento sismico che presenta una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero un sisma con periodo di ritorno pari a  $T_R = 1898 \cdot \text{anni}$ .

Tuttavia, poiché precedenti studi hanno già dimostrato la totale inadeguatezza della costruzione rispetto a tale evento, si prenderà in considerazione come riferimento anche un evento con periodo di ritorno pari a  $T_R = 30 \cdot \text{anni}$ .

#### 4.4 Categorie di sottosuolo e condizioni Topografiche

##### ▪ Categorie di sottosuolo:

Ai fini della descrizione dell'azione sismica di progetto è basilare definire sia le categorie di sottosuolo che le condizioni topografiche.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

##### ▪ Condizioni topografiche:



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 23/95

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Riferendosi alla *Tabella 3.2.II-Categorie di Sottosuolo* e alla *Tabella 3.2.IV-Categorie Topografiche* presenti nel DM 2008, il suolo di fondazione risulta di tipo E e rientra all'interno della categoria topografica T1.

Sulla base dei parametri appena individuati, vengono ora costruiti gli spettri di risposta elastici in accelerazione ed in spostamento delle componenti orizzontali, secondo quanto prescritto nel capitolo 3.2.3 delle Testo Unico 2008. Lo spettro di risposta elastico  $S_e(T)$  della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

Mentre lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali  $S_{De}(T)$  si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione  $S_e(T)$  mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \cdot \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Nelle figure seguenti vengono riportati i parametri ed i grafici degli spettri elastici in accelerazione così ottenuti per tutti gli stati limite previsti dalla normativa.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

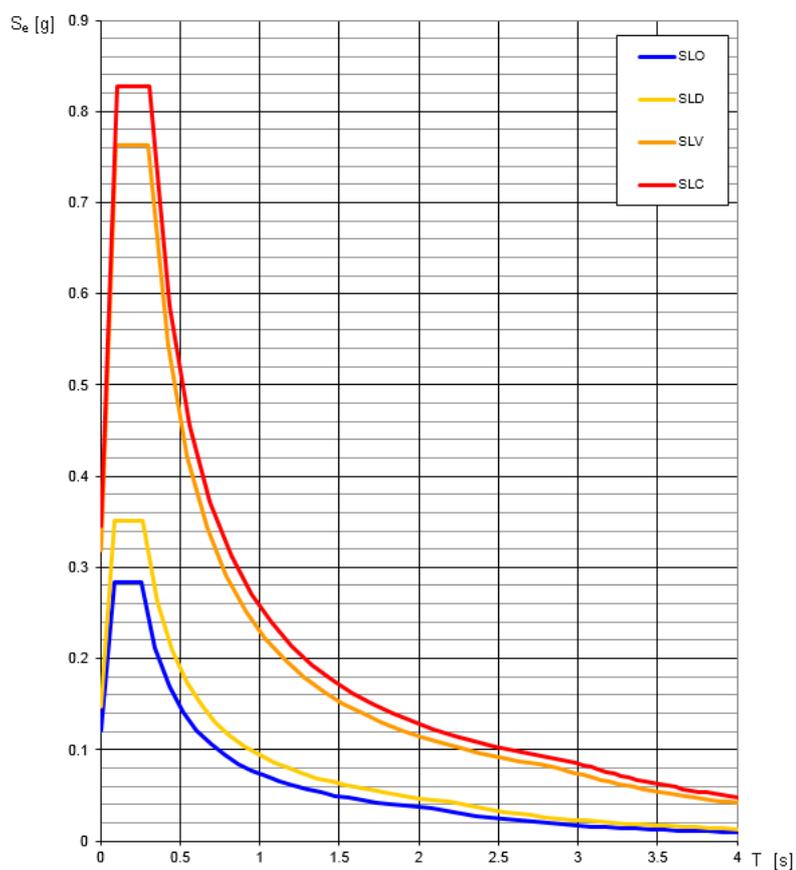
### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 24/95

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0.120	2.354	0.259
SLD	201	0.147	2.389	0.268
SLV	1898	0.319	2.396	0.302
SLC	2475	0.346	2.394	0.310



Come precedentemente illustrato, si fornisce lo spettro elastico di risposta in termini di accelerazione anche per un evento sismico con periodo di ritorno pari a  $T_R = 30 \cdot \text{anni}$ .

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.059	2.422	0.237



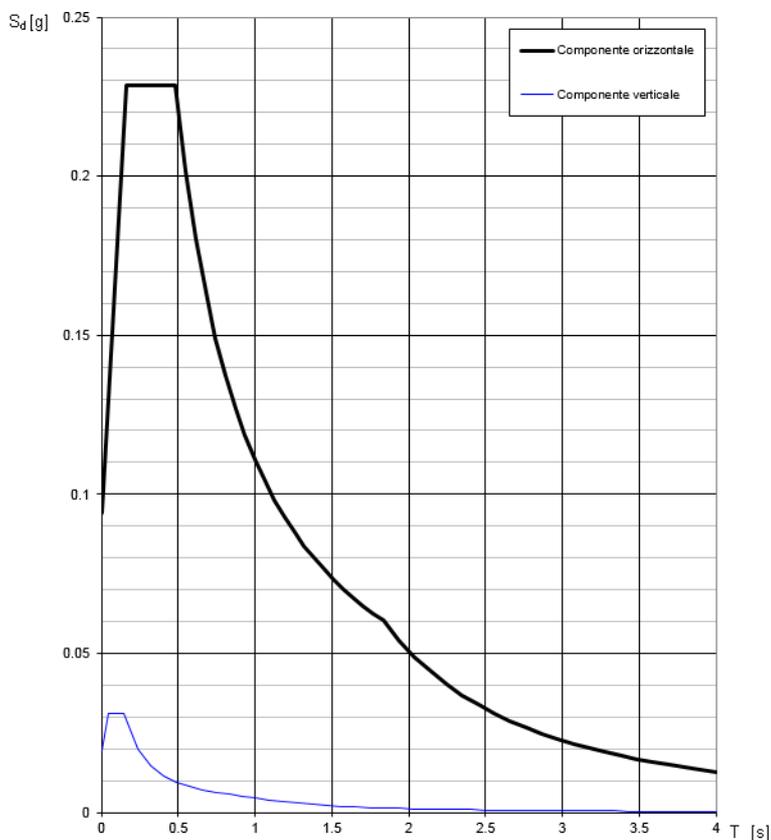
Studio Ingegneria  
str. Ilo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str. Ilo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 25/95



### 4.5 Definizione del Fattore di Struttura e Spettri di Progetto

Si sceglie di eseguire la verifica mediante analisi modale con spettro di risposta ridotto del fattore  $q$ . In questo caso le verifiche saranno di resistenza per tutti i meccanismi/elementi. I valori delle resistenze si calcoleranno come per situazioni non sismiche. Il massimo valore utilizzabile per  $q$  è pari a 1,5.

Nella seguente figura è riportato lo spettro di progetto per SLV.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

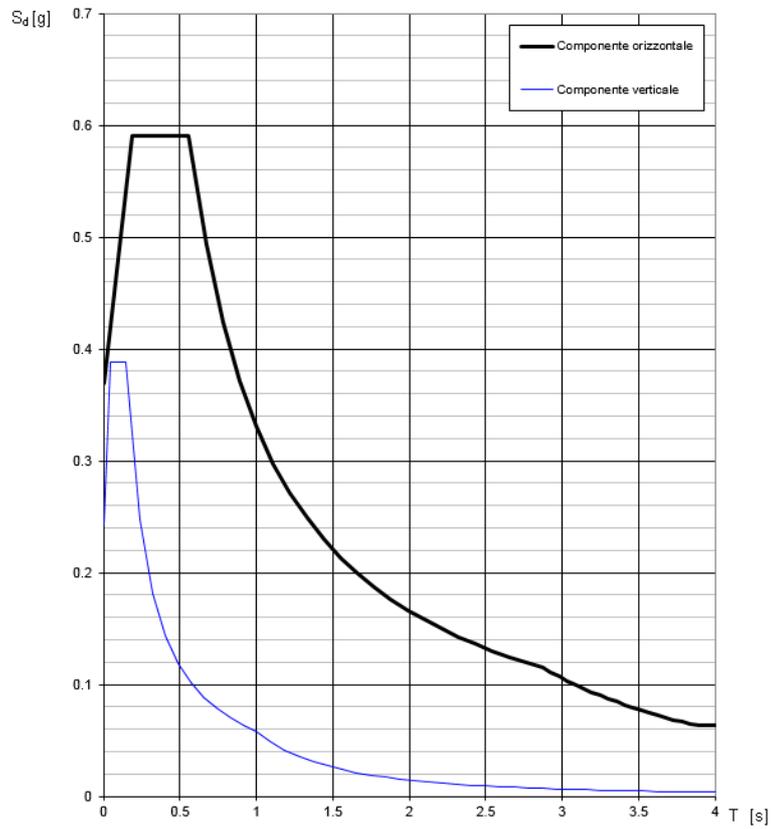
## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 26/95

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



Nella seguente figura è riportato lo spettro di progetto relativo ad un sisma con periodo di ritorno pari a 30 anni.



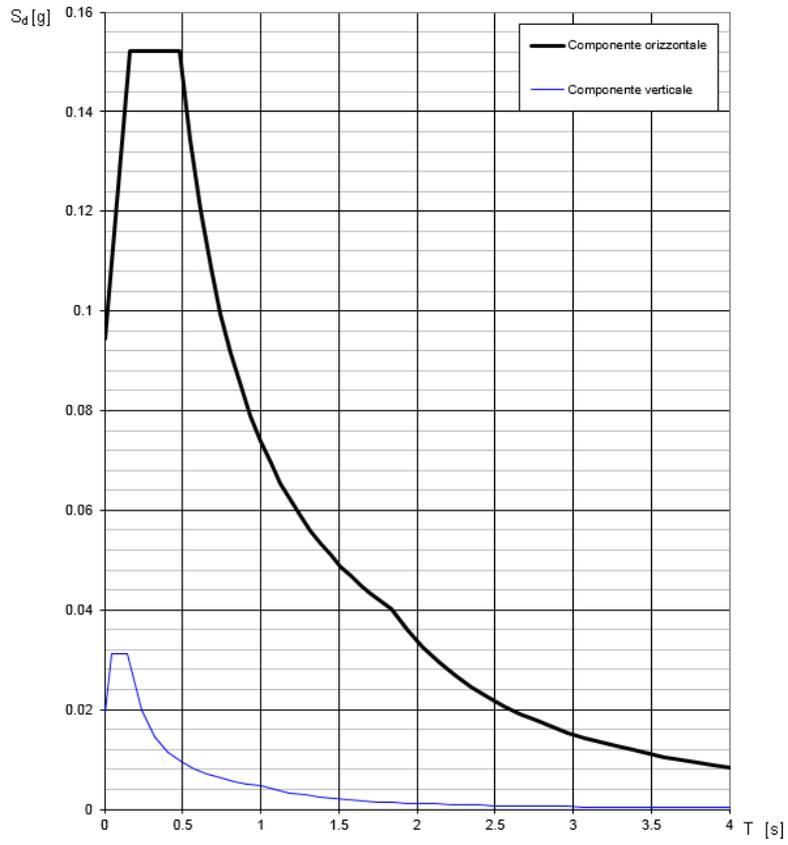
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 27/95





Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 28/95

## 5 ANALISI NUMERICHE CONDOTTE CON L'AUSILIO DI ENEXSYS

### 5.1 Modellazione

Il modello strutturale è stato sviluppato con l'ausilio di un software ad elementi finiti di comprovata affidabilità e sicurezza, EnExSys.

#### 5.1.1 Caratteristiche generali di EnExSys

Le analisi strutturali di tipo lineare e le relative verifiche sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo InForma, applicativo di ausilio al sistema WinStrand realizzato e prodotto dalla società En.Ex.Sys. (Engineering Expert System).

La versione dell'applicativo utilizzata è caratterizzata dal codice 2013-037 regolarmente rilasciata all'utente individuale Dott. Ing. Luca Melegari con Licenza di Prodotto n° 0336MLGRLC, così come è possibile verificare direttamente dalla finestra delle informazioni desunta dal software stesso, qui di seguito riportata. Per maggiori informazioni si prega di riferirsi al sito ufficiale della società En.Ex.Sys. disponibile al URL: [www.enexsys.com](http://www.enexsys.com).



Tutte le verifiche sono state condotte secondo quanto prescritto dal T.U. 2008 mediante l'applicazione del Metodo Semiprobabilistico agli stati limite. Tale metodologia trova



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 29/95

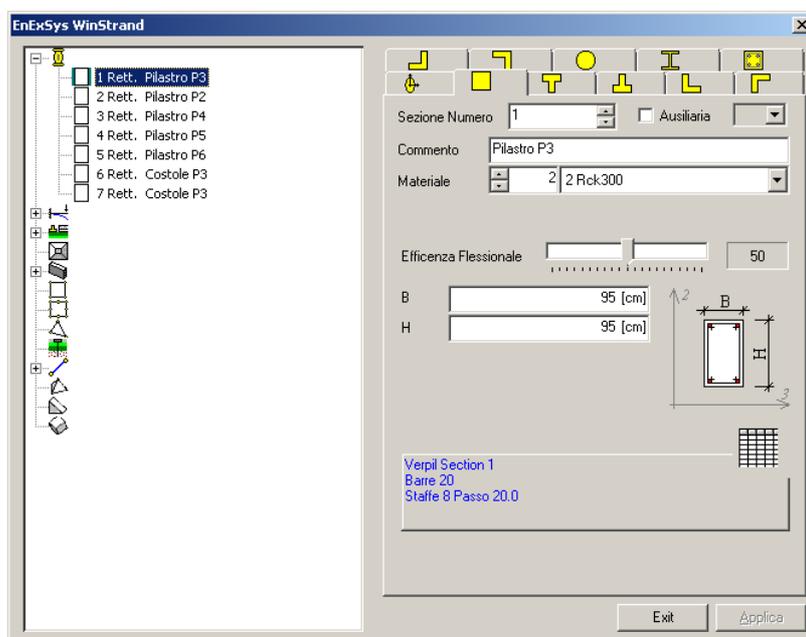
riscontro in tutte le elaborazioni basate sul metodo dell'equilibrio, ed in particolare nei vari programmi agli elementi finiti, come EnExSys, operanti in tale spirito.

## 5.2 Modello Numerico

### 5.2.1 Modellazione geometrica degli elementi esistenti

E' stato realizzato un modello numerico tridimensionale del ponte in esame.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche di ogni elemento reale sono state fedelmente riprodotte attraverso una modellazione dettagliata e approfondita. Infatti, ogni elemento strutturale è stato restituito rispettando le sue specifiche dimensioni lineari e la sua armatura, come si può osservare dalle seguenti finestre di dialogo del programma.





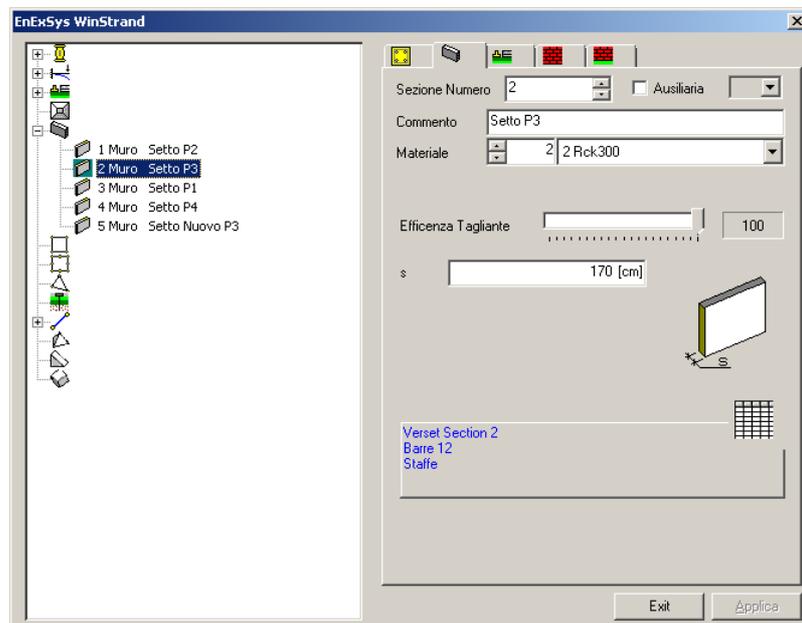
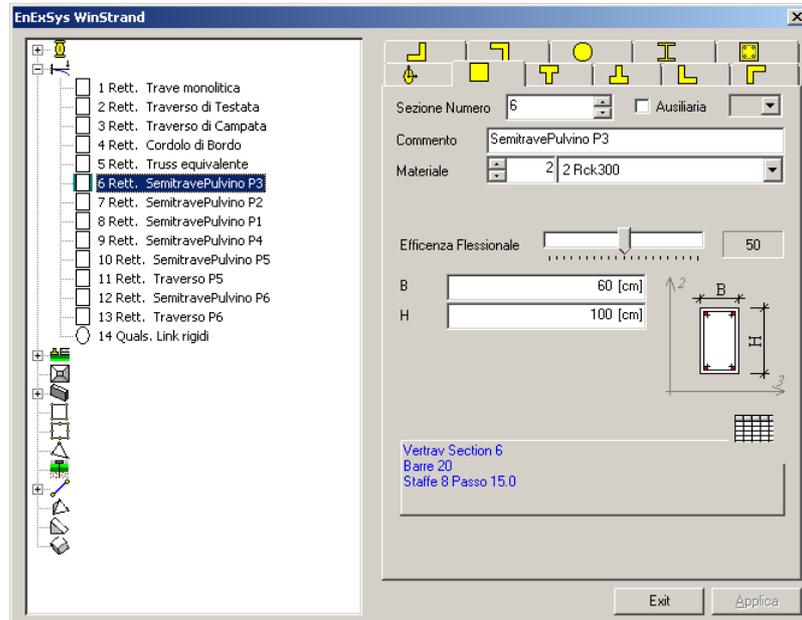
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 30/95



L'analisi deve tener conto della reale rigidità degli elementi del modello, in base al livello di fessurazione di ciascuno per effetto dell'azione sismica. Agli elementi costituenti l'impalcato (travi, traverso, solette), che rimangono generalmente in campo elastico lineare con limitata fessurazione, possono essere attribuite le caratteristiche delle sezioni interamente reagenti. Per le pile, che nella maggior parte dei casi superano in diversa misura lo stato limite di snervamento, la rigidità viene ridotta. Nel caso in esame, per gli elementi costituenti le pile, si utilizza una rigidità pari al 50% di quella della sezione interamente reagente.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 31/95

### 5.2.2 Proprietà meccaniche dei materiali

Un'attenta taratura dei parametri meccanici dei materiali garantisce l'assoluta aderenza del modello all'esempio reale.

Più in specifico, per la modellazione del calcestruzzo e dell'acciaio in fase di verifica, sono state adottate le proprietà meccaniche riassunte nelle seguenti finestre di dialogo:

Caratteristiche Generali  
Calcestruzzo: Rbk 300 Rbk: 300.0 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Identificativo: Verpil

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

fck = Rbk x	0.83	=	249.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Gamma Calcestruzzo	1.5	fck/gamma	166.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
alpha,cc	0.85	fcd	141.1 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Deformazione alla Tensione di Picco  $f_{c, ec1}$  (0.002 = 0.2%)

Deformazione di Compressione Ultima  $\epsilon_{cu}$  (0.0035 = 0.35%)

fctm	25.6 [kg/cm <sup>2</sup> ]	fctk,0.05	17.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza unitaria a Taglio di Rif. $\tau_{au,rd}$	3.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione di aderenza Barre Liscie	12.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione di aderenza Barre Nervate	26.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]		

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

	Combinazioni di Carico	Fattore Parziale di Sicurezza	Tensione Max [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Rare	0.500	124.5
2	Frequenti	0.400	99.6
3	Quasi permanenti	0.400	99.6

OK Annulla Applica

Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo per gli elementi costituenti le pile

Caratteristiche Generali  
Calcestruzzo: Rbk 450 Rbk: 450.0 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Identificativo: Vertrav

Verifiche agli Stati Limite Ultimi

fck = Rbk x	0.83	=	373.5 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Gamma Calcestruzzo	1.5	fck/gamma	249.0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
alpha,cc	0.85	fcd	211.7 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Deformazione alla Tensione di Picco  $f_{c, ec1}$  (0.002 = 0.2%)

Deformazione di Compressione Ultima  $\epsilon_{cu}$  (0.0035 = 0.35%)

fctm	33.5 [kg/cm <sup>2</sup> ]	fctk,0.05	23.5 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza unitaria a Taglio di Rif. $\tau_{au,rd}$	3.9 [kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione di aderenza Barre Liscie	14.7 [kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione di aderenza Barre Nervate	35.2 [kg/cm <sup>2</sup> ]		

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

	Combinazioni di Carico	Fattore Parziale di Sicurezza	Tensione Max [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Rare	0.500	186.8
2	Frequenti	0.400	149.4
3	Quasi permanenti	0.400	149.4

OK Annulla Applica

Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo per le travi di impalcato



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 32/95

**Caratteristiche Generali**

Calcestruzzo: Rbk 250 Rbk: 250.0 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Identificativo: Vertrav

**Verifiche agli Stati Limite Ultimi**

fck = Rbk x 0.83 = 207.5 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Gamma Calcestruzzo 1.5 fck/gamma 138.3 [kg/cm<sup>2</sup>]  
alpha,cc 0.85 fcd 117.6 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Deformazione alla Tensione di Picco  $\epsilon_{c1}$  (0.002 = 0.2%) 0.002  
Deformazione di Compressione Ultima  $\epsilon_{cu}$  (0.0035 = 0.35%) 0.0035  
fctm 22.7 [kg/cm<sup>2</sup>] fctk,0.05 15.9 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Resistenza unitaria a Taglio di Rif.  $\tau_{au,d}$  2.6 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Tensione di aderenza Barre Liscie 10.9 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Tensione di aderenza Barre Nervate 23.8 [kg/cm<sup>2</sup>]

**Verifica agli Stati Limite di Esercizio**

	Combinazioni di Carico	Fattore Parziale di Sicurezza	Tensione Max [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Rare	0.500	103.8
2	Frequenti	0.400	83.0
3	Quasi permanenti	0.400	83.0

OK Annulla Applica

**Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo per la soletta di impalcato**



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 33/95

Caratteristiche Generali  
Acciaio: FeB 32K E: 2.1e+006 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Commento: FeB 32K  
 Barre Liscie  Barre ad Aderenza Migliorata

Verifiche agli Stati Limite Ultimi  
Tensione Caratteristica di Snervamento fyk: 3150 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Fattore Parziale di Sicurezza (Gamma): 1.15  
Resistenza di Calcolo fyd: 2739.1 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Deformazione al Limite Elastico [ eu1 = fyk / E ]: 0.00130438  
Deformazione a rottura di progetto [ eud ]: 0.01

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

	Combinazioni di Carico	Fattore Parziale di Sicurezza	Tensione Max [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Rare	1.000	3150.0
2	Frequenti	1.000	3150.0
3	Quasi permanenti	1.000	3150.0

Verifiche alle Tensioni Ammissibili  
Tensione Ammissibile: 1600 [kg/cm<sup>2</sup>]

OK Annulla Applica

Caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura per tutti gli elementi del ponte

Caratteristiche Generali  
Acciaio: FeB 44K E: 2.1e+006 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Commento: FeB 44K  
 Barre Liscie  Barre ad Aderenza Migliorata

Verifiche agli Stati Limite Ultimi  
Tensione Caratteristica di Snervamento fyk: 4300 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Fattore Parziale di Sicurezza (Gamma): 1.15  
Resistenza di Calcolo fyd: 3739.1 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Deformazione al Limite Elastico [ eu1 = fyk / E ]: 0.00178054  
Deformazione a rottura di progetto [ eud ]: 0.01

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

	Combinazioni di Carico	Fattore Parziale di Sicurezza	Tensione Max [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Rare	1.000	4300.0
2	Frequenti	1.000	4300.0
3	Quasi permanenti	1.000	4300.0

Verifiche alle Tensioni Ammissibili  
Tensione Ammissibile: 2600 [kg/cm<sup>2</sup>]

OK Annulla Applica

Caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura per gli elementi di rinforzo della pila P3

### 5.2.3 Simulazione delle condizioni di vincolo esistenti

Non avendo informazioni sufficienti per modellare le fondazioni delle pile, a tutti nodi di base è stato imposto il vincolo di incastro perfetto, anche se posto a quote differenti. All'impalcato non è stato applicato il vincolo di piano rigido, vista la presenza di giunti tra le campate. Per simulare la rigidità nel piano della soletta, vengono inserite tra le travi in c.a.p. degli elementi di controventamento orizzontale, di sezione 50x20cm.

In corrispondenza delle spalle vengono applicati alle travi dei vincoli di semplice appoggio. I sistemi di appoggio delle travi di impalcato sui pulvini e la continuità strutturale della soletta sugli appoggi vengono schematizzati realizzando un traliccio di aste, incernierate alle estremità, che collega ciascuna trave alle due adiacenti, alla sua corrispondente nella campata successiva ed al pulvino:



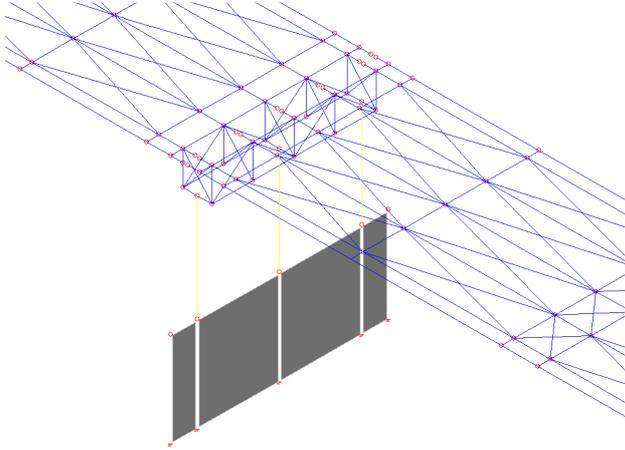
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

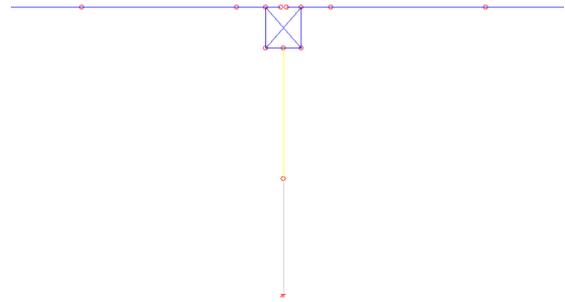
Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

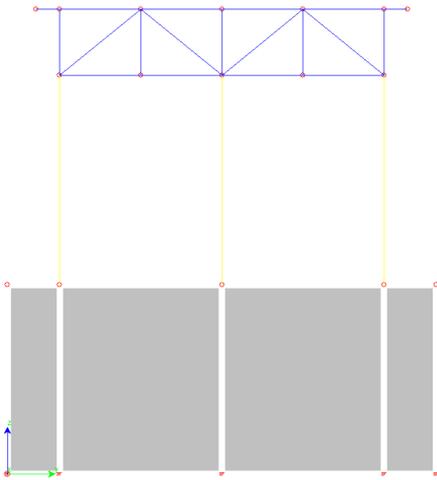
pag. 34/95



Vista assonometrica



Vista nel piano x-z



Vista nel piano y-z

Nelle figure seguenti si riporta il modello strutturale utilizzato per l'analisi.



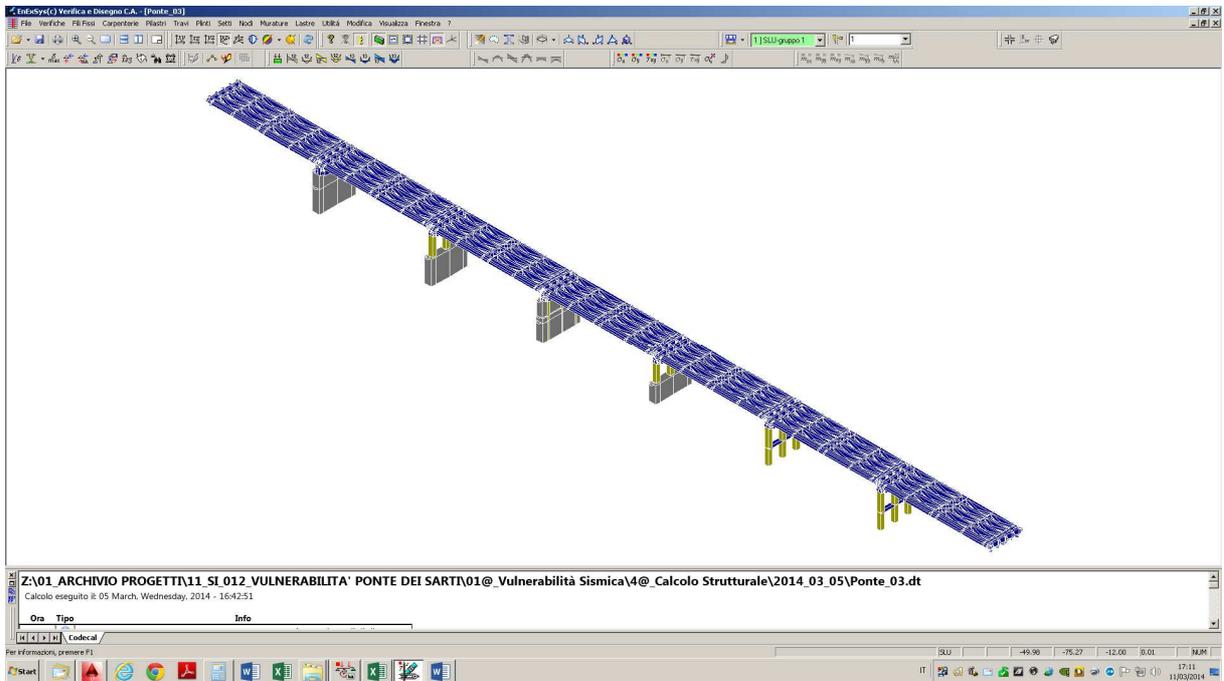
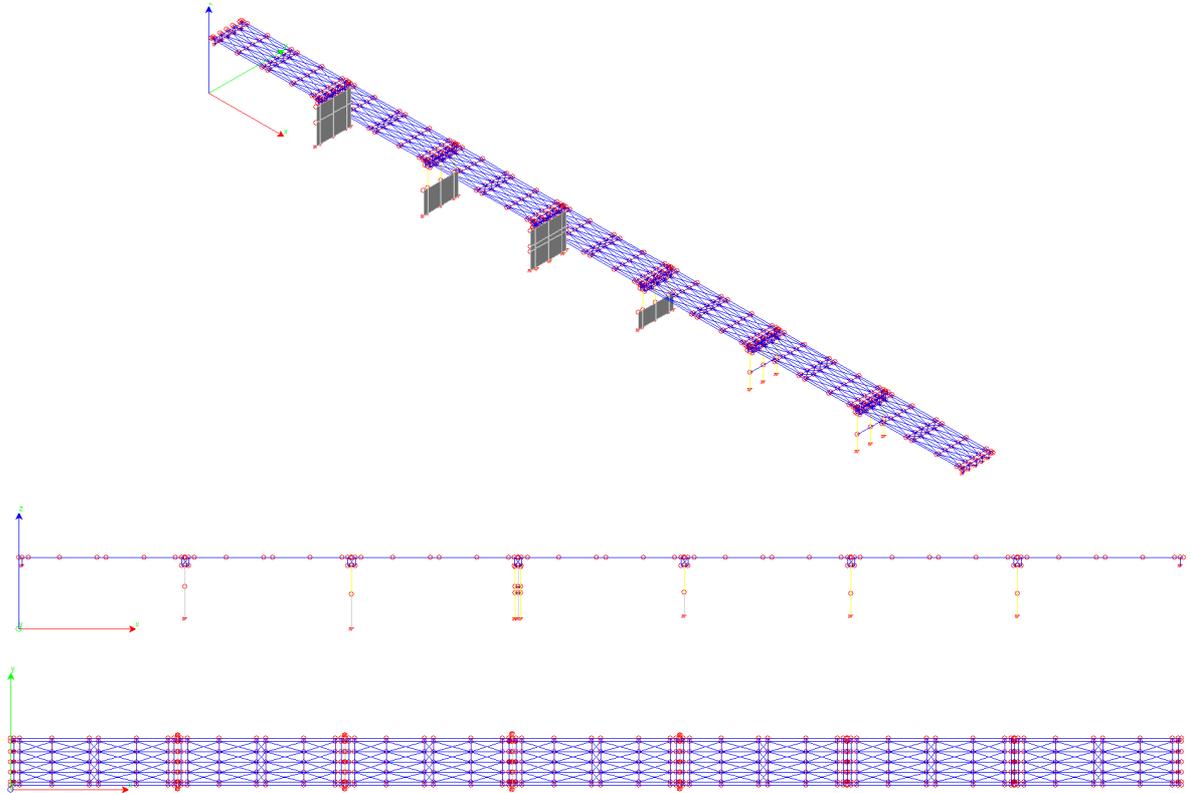
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 35/95





Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 36/95

### 5.3 Calcolo delle Azioni

#### 5.3.1 Azioni permanenti

Sono state analizzate le azioni permanenti dovute all'azione del peso proprio di tutti gli elementi strutturali (categoria g1) ed i carichi permanenti portati (categoria g2).

##### a) *Peso proprio elementi strutturali (categoria g<sub>1</sub>)*

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali edili, possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume indicati nella Tab. 3.1.I delle NTC-08.

In particolare, nel presente progetto sono stati utilizzati i seguenti valori per la determinazione dei pesi propri strutturali:

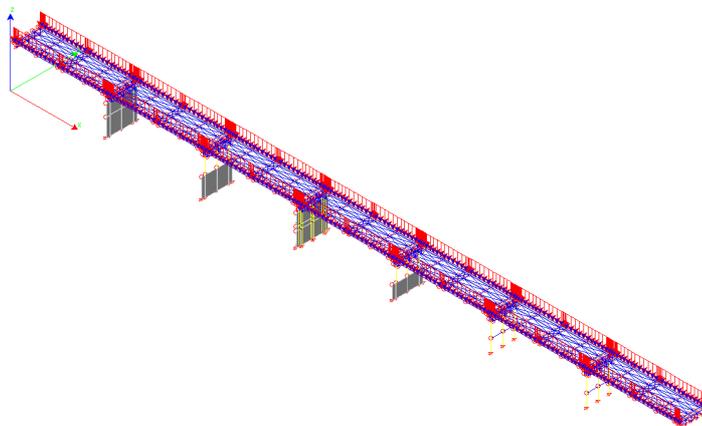
- calcestruzzo ordinario:  $\gamma_{cl}$  = 24,00 kN/m<sup>3</sup>;
- cemento armato:  $\gamma_{c.a.}$  = 25,00 kN/m<sup>3</sup>;
- acciaio:  $\gamma_s$  = 78,50 kN/m<sup>3</sup>;
- acqua:  $\gamma_w$  = 10,00 kN/m<sup>3</sup>;
- terreno naturale:  $\gamma_t$  = 18,00 kN/m<sup>3</sup>.

I pesi propri delle strutture vengono calcolati in automatico dal programma di calcolo a partire dai pesi propri sopra riportati. Il peso proprio della soletta di impalcato è stato applicato come area di carico, gravante solo sulle travi in c.a.p., con valore pari a 500 daN/mq (spessore considerato pari a 20cm).

##### b) *Carichi permanenti portati (categoria g<sub>2</sub>)*

Si considera il peso proprio della pavimentazione stradale, applicato come area di carico gravante solo sulle travi in c.a.p., con valore pari a 300 daN/mq.

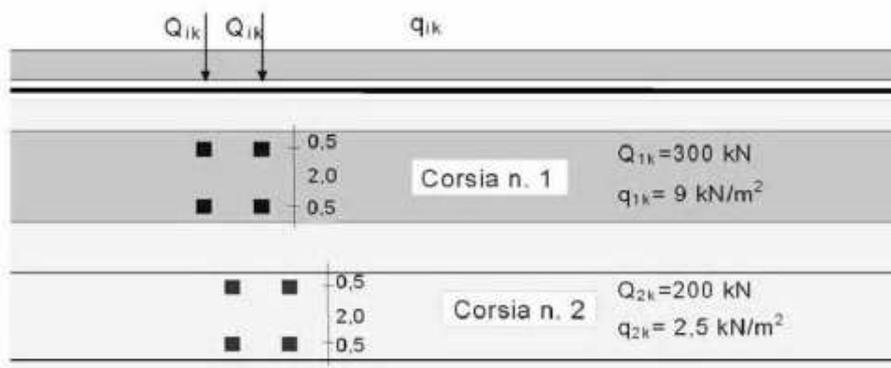
Viene anche applicato un carico lineare sui cordoli laterali, rappresentativo di barriere e sicurvia, pari a 150 daN/m.



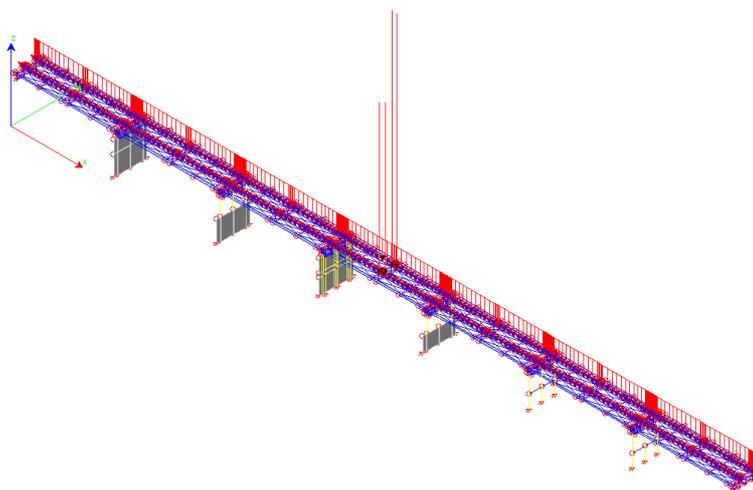
### 5.3.2 Azioni variabili da traffico

In conformità a quanto esposto nel paragrafo 5.1.3.3 delle NTC-08, si definiscono per il ponte in oggetto 2 corsie convenzionali di larghezza pari a 3.00m.

Il ponte viene considerato di 1° Categoria, pertanto lo Schema di Carico 1 utilizzato per le verifiche globali è definito nel modo seguente:



I carichi mobili sopra definiti includono già gli effetti dinamici.



### 5.3.3 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione: $q_3$

In conformità a quanto esposto nel paragrafo 5.1.3.5 delle NTC-08, la forza di frenamento o di accelerazione  $q_3$  è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e, per i ponti di 1° Categoria, è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} w_1 L \leq 900 \text{ kN}$$

Nel caso in esame si ha:

$$q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} w_1 L = 0,6 (2 \times 300) + 0,10 \times 9 \times 3 \times 193,7 = 883 \text{ kN}$$



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

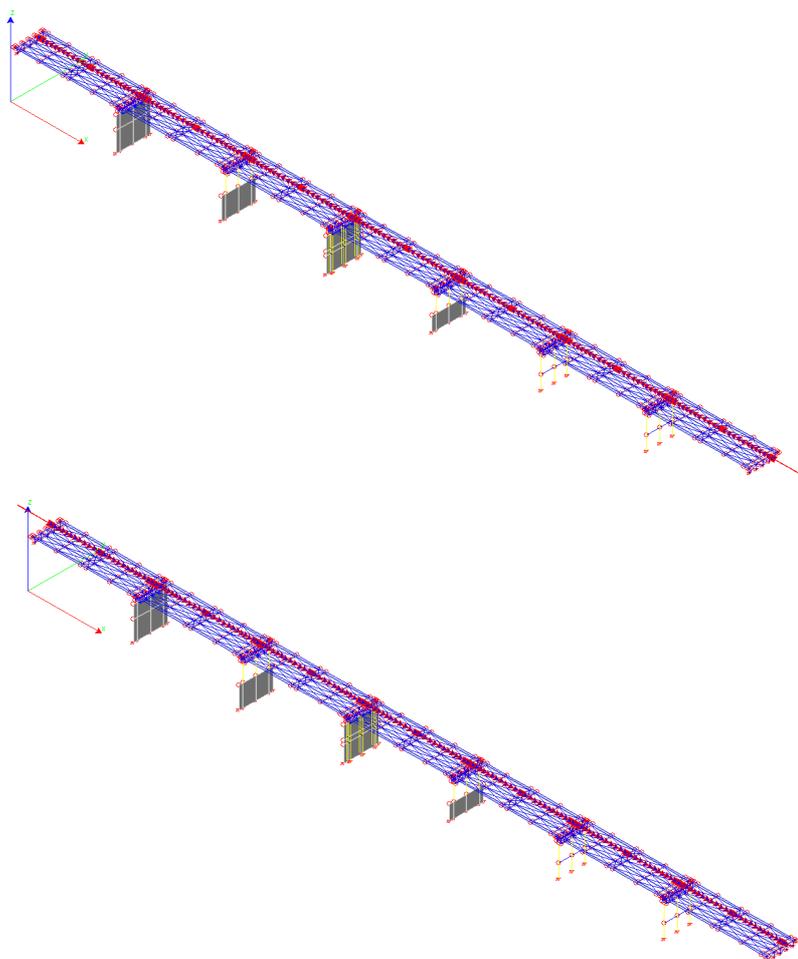
pag. 38/95

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

Pertanto nel modello si inserisce il seguente carico distribuito:

$$q_3/L = 883/193,7 = 4,56 \text{ kN/m}$$

che viene applicato nei due versi della direzione longitudinale.



### 5.3.4 Azione del vento: $q_5$

In conformità a quanto esposto nel paragrafo 5.1.3.7 delle NTC-08, l'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite. La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3m a partire dal piano stradale.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 39/95

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

$q_b$  è la pressione cinetica di riferimento;

$c_e$  è il coefficiente di esposizione;

$c_p$  è il coefficiente di forma;

$c_d$  è il coefficiente dinamico.

### Zona 2 – Emilia Romagna

**$v_b = v_{b,0}$  per  $a_s \leq a_0$**

$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$  per  $a_0 < a_s \leq 1500m$

nel caso in esame:

$$v_{b,0} = 25m/s$$

$$a_0 = 750m$$

$$k_a = 0,015 \text{ 1/s}$$

per  $a_s < 750m$ , si ottiene  $v_b = 25 \text{ m/s}$

$$q_b = 0,5 \rho v_b^2 = 390 \text{ N/m}^2$$

$$c_d = 1$$

categoria di esposizione del sito III,  $z = 10m > z_{min}$

$$c_e = 0,20^2 \ln(10/0,1) [7 + \ln(10/0,1)] = 2,14$$

$$c_p = 1,2$$

Da cui si ottiene una pressione del vento  $p = 100 \text{ kg/mq}$

L'altezza della parete investita dal vento relativa all'impalcato è pari all'altezza della trave sommata a quella della soletta, della pavimentazione e del carico transitante:

$$h = 1,30 + 0,40 + 3,00 = 4,70m$$

Pertanto il carico del vento sul ponte è pari a:

$$q_5 = 100 \times 4,70 = 470 \text{ daN/m}$$

Per le pile si considera mediamente uno spessore di 1,70m, pertanto il carico del vento è pari a:

$$q_5 = 100 \times 1,70 = 170 \text{ daN/m}$$

Nella figura seguente è rappresentato il carico applicato al modello.



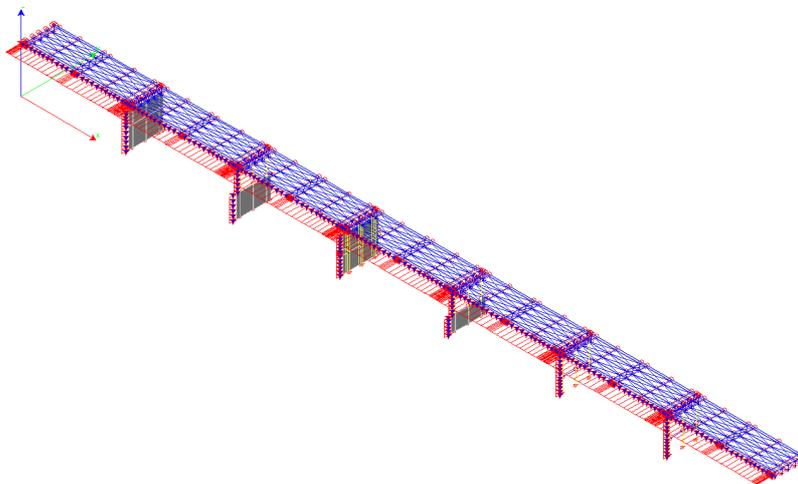
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 40/95



### 5.3.5 Azioni idrauliche sulle pile: q9

In conformità a quanto esposto nel paragrafo 5.1.3.11 delle NTC-08, vengono valutate le azioni idrauliche agenti sulle pile. Non avendo indicazioni sulle quote idrometriche in condizioni normali, nel presente paragrafo sono valutate le spinte relative alle quote idrometriche corrispondenti ad un evento di piena con tempo di ritorno 200 anni. I dati relativi a tale evento sono desunti dal progetto di manutenzione straordinaria del 2004.

La presenza di pile in alveo determina una variazione dell'assetto idrometrico del corso d'acqua. Il rigurgito, che la parziale ostruzione provoca, genera una spinta sulla pila che può essere calcolata con la seguente relazione:

$$R_p = C_D \gamma_w A v^2 / 2g$$

con:

$R_p$  = spinta totale sulla pila, applicata in corrispondenza del baricentro della sezione idraulica

$C_D$  = coefficiente che tiene conto della forma delle pile; per pile di sezione rettangolare assume valore 1,5

$\gamma_w$  = peso specifico dell'acqua (10 kN/m<sup>3</sup>)

$A$  = area della pila investita dalla corrente

$v$  = velocità della corrente durante l'evento di piena (5 m/s)

Nel caso in esame si ottiene, per unità di superficie investita:

$$r_p = 1,5 \times 10 \times (5^2) / 2g = 18,75 \text{ kN/mq}$$

Si riporta nella seguente figura il carico applicato al modello. Come quota di piena è stata assunta un'altezza di 5,40m dall'estradosso della fondazione della pila P3. Si specifica che tali azioni sono trattate come eccezionali, visto il tempo di ritorno assunto.



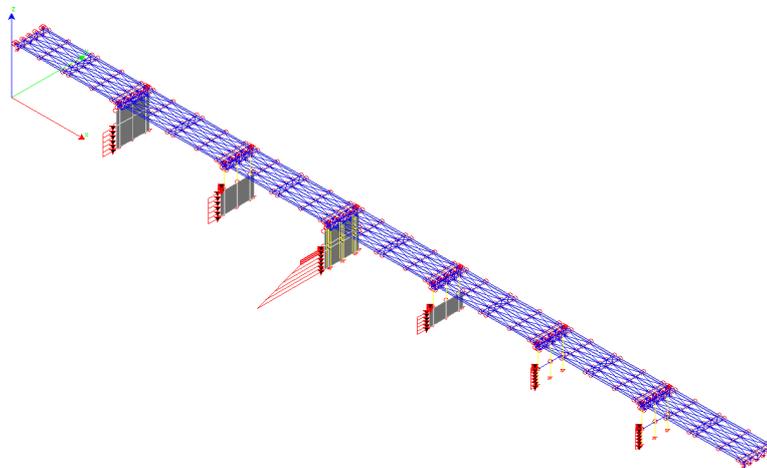
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 41/95



### 5.4 Combinazioni e percorsi di carico

Come prescritto dalle NTC-08, le combinazioni delle azioni utilizzate ai fini delle verifiche degli stati limite sono principalmente cinque, delle quali una impiegata per gli stati limite ultimi (SLU), tre impiegate per gli stati limite di esercizio (SLE) in virtù dei diversi livelli di intensità dell'azione variabile ed una impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi con l'azione sismica. Tuttavia, dovendo svolgere unicamente delle analisi di vulnerabilità, sono state adottate unicamente la combinazione statica fondamentale e quella sismica. In particolare:

- *Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):*  
$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q1} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- *Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:*  
$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

- $G_1$  rappresenta l'azione permanente dovuta al peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  rappresenta l'azione permanente dovuta al peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $P$  rappresenta l'azione permanente dovuta ad azioni di pretensione e precompressione;
- $Q_k$  definisce il valore caratteristico dell'azione variabile corrispondente ad un frattile pari al 95% della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa;
- $E$  rappresenta le azioni sismiche derivanti dai terremoti;



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 42/95

$\psi_{ij}$  sono i coefficienti di combinazione i cui valori sono forniti nella tabella Tab. 5.1.VI del D.M. del 14/01/2008, di seguito riportata.

$\gamma_i$  sono i valori dei coefficienti parziali di sicurezza indicati in Tab. 5.1.V del D.M. del 14/01/2008, di seguito riportata.

**Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	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

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



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 43/95

**Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\Psi_2$ (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 $q_s$	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 $q_s$	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

Nelle figure seguenti vengono riportate tutte le combinazioni ed i percorsi di carico considerati per le analisi strutturali svolte.

Combinazioni SLU Statiche

### Combinazioni Statiche Stati Limite Ultimo

Numero di Combinazioni di carico:

Comentario	Pesi propri strutture	Peso Proprio Soletta c.a.	Pavimentazione stradale	Distributo corsia 1	Distributo corsia 2	Frenatura corsia 1 -	Frenatura corsia 1 +	Q1 corsia 1	Q2 corsia 2	Vento trasversale	Spirita idraulica
1 SLU-gruppo 1	1,35	1,35	1,5	1,35	1,35	0	0	1,35	1,35	0,9	0
2 SLU-gruppo 2a -	1,35	1,35	1,5	1,013	1,013	1,35	0	1,013	1,013	0,9	0
3 SLU-gruppo 2a +	1,35	1,35	1,5	1,013	1,013	0	1,35	1,013	1,013	0,9	0
4 SLU-vento	1,35	1,35	1,5	1,013	1,013	0	0	1,013	1,013	1,5	0
5 Eccezionale Piena	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 44/95

Combinazioni SLV

**Combinazioni Stati Limite Salvaguardia Vita**

Numero di Combinazioni di carico: 4

	Commento	Pesi propri strutture	Peso Proprio Silella c.a.	Pavimentazione stradale	Distributo corsia 1	Distributo corsia 2	Frenatura corsia 1 -	Frenatura corsia 1 +	Q1 corsia 1	Q2 corsia 2	Vento trasversale	Spirita idraulico	Sisma 0	Sisma 90	Sisma 180	Sisma 270
1	Sisma 0 / 90	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.3	0.	0.
2	Sisma 0 / 270	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.3
3	Sisma 90 / 0	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.3	1.	0.	0.
4	Sisma 90 / 180	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.3	0.
5	Sisma 180 / 90	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.3	1.	0.
6	Sisma 180 / 270	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.3
7	Sisma 270 / 0	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.3	0.	0.	1.
8	Sisma 270 / 180	1.	1.	1.	0.2	0.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.3	1.

< Indietro    > Avanti    Annulla

## 5.5 Metodo di Analisi e Criteri di Verifica

Si sceglie di eseguire un'analisi dinamica modale con spettro di risposta ridotto del fattore di struttura  $q$  (assunto pari a 1,5). Le verifiche saranno di resistenza per tutti i meccanismi/elementi: tutti gli elementi strutturali "duttili" devono soddisfare la condizione che le sollecitazioni indotte dall'azione sismica ridotta siano inferiori o uguali alla corrispondente resistenza; tutti gli elementi strutturali "fragili" devono, invece, soddisfare la condizione che le sollecitazioni indotte dall'azione sismica ridotta per  $q=1,5$  siano inferiori o uguali alla corrispondente resistenza.

## 5.6 Analisi Modale

L'analisi modale è un'analisi basata sulle proprietà puramente elastiche della struttura, in grado di predire sia la deformata che il periodo proprio associato ad ogni modo di vibrare. Condotta con l'ausilio del codice di calcolo EnExSys, l'analisi modale permette di determinare il periodo di vibrazione e la percentuale di massa partecipante ad ogni modo di vibrare della struttura. Nella seguente tabella vengono riportati i risultati principali ottenuti dall'analisi modale. In particolare, l'attenzione verrà focalizzata sui quattro modi fondamentali di vibrazione dell'edificio, uno per ciascuna direzione di ingresso del sisma 0.00°, 90.00°, 180.00° e 270.00°.

### Sintesi dei risultati per direzione d'ingresso del sisma.

Direzione d'ingresso	Modo Principale	Periodo	% Massa Modale	% Massa Modale
		[sec]	Modo Principale	Totale
0.00 [°]	8	0.49	72	91
90.00 [°]	9	0.39	30	77
180.00 [°]	8	0.49	72	91
270.00 [°]	9	0.39	30	77



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

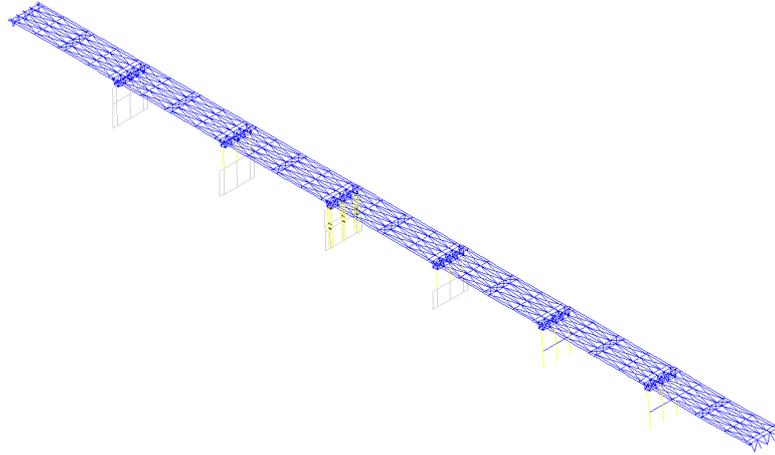
### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

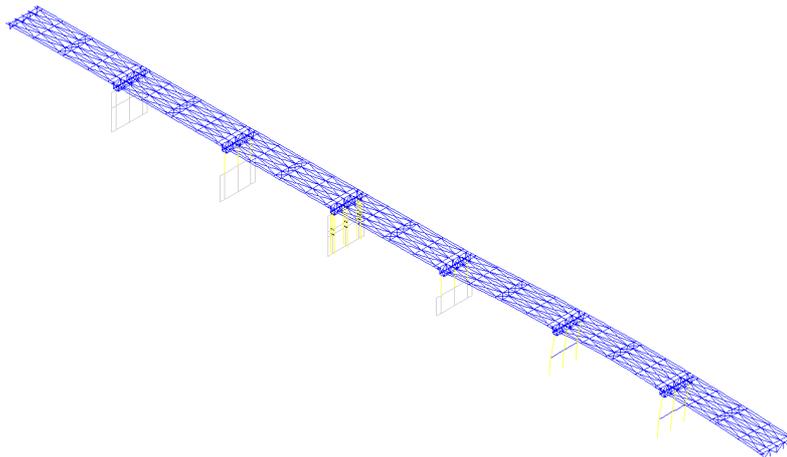
pag. 45/95

### DIREZIONE LONGITUDINALE ANGOLO DI INGRESSO 0.00°



Primo modo fondamentale di vibrazione: Modo Principale 8; Periodo  $T_8=0.49$  sec; Massa Partecipante 72%

### DIREZIONE TRASVERSALE ANGOLO DI INGRESSO 90.00°





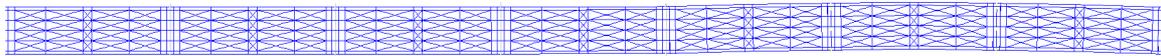
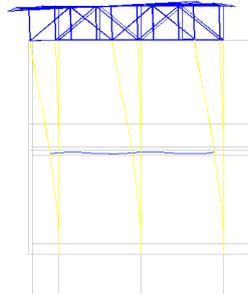
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 46/95



Primo modo fondamentale di vibrazione: Modo Principale 9; Periodo  $T_9=0.39$  sec; Massa Partecipante 30%

Data la simmetria del problema, i moti fondamentali di vibrazione da considerare possono ricondursi a due soltanto:

- **Direzione Longitudinale:** Modo Principale di vibrazione con periodo  $T=0.49$  s e massa partecipante pari al 72%;
- **Direzione Trasversale:** Modo Principale di vibrazione con periodo  $T=0.39$  s e massa partecipante pari al 30%.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

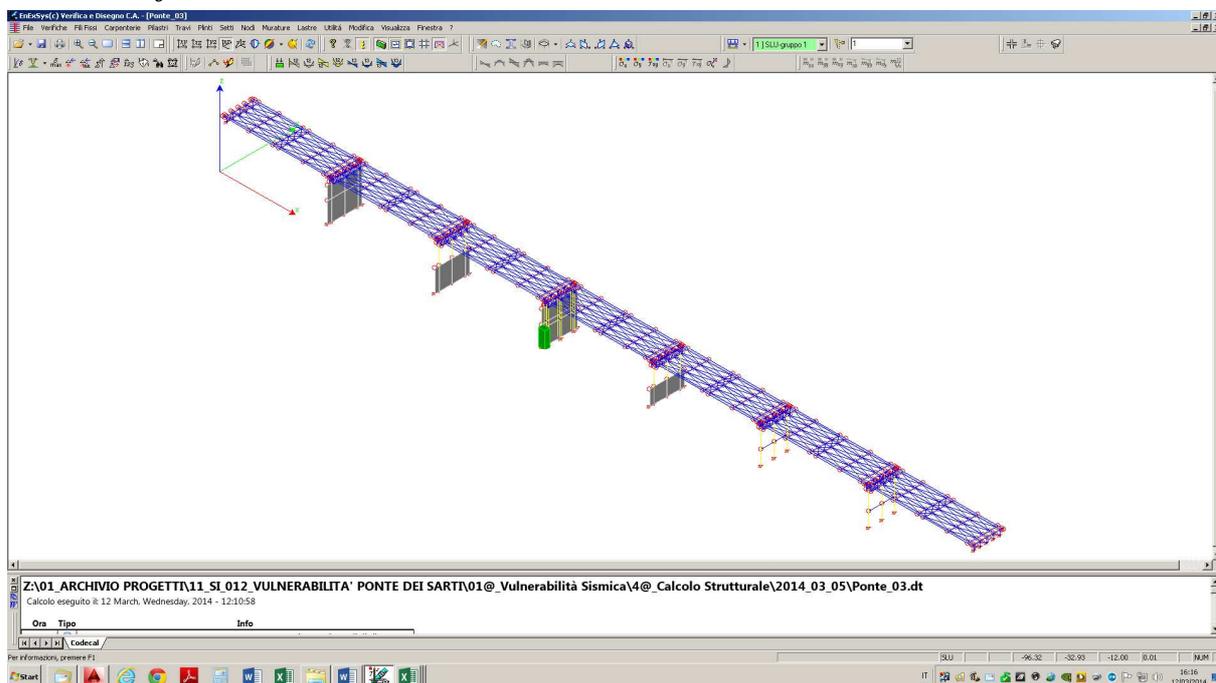
pag. 47/95

## 6 VERIFICHE DI RESISTENZA

### 6.1 Verifiche pile

Nel presente capitolo vengono riportate le verifiche condotte sui setti e sui pilastri delle pile.

#### 6.1.1 Verifiche SLU



#### Pilastri - Verifiche Presso-Flessione

##### γ Materiali sezioni impiegate

	Pilastri	Travi	Setti
$\gamma_{Rd}$	1	1	1

##### γ Materiali sezioni Pilastro

Sezione	$\gamma$	$\gamma$	$\alpha_{cc}$	$\gamma$ Rare	$\gamma$ Frequenti	$\gamma$ Q. Permanenti	$\gamma$ Rare
	Acciaio	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Acciaio
1 Rett. 95x95 [cm] Pilastro P3	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
3 Rett. 95x95 [cm] Pilastro P4	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
4 Rett. 95x95 [cm] Pilastro P5	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
5 Rett. 95x95 [cm] Pilastro P6	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
6 Rett. 50x80 [cm] Costole P3	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
7 Rett. 100x80 [cm] Costole P3	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 48/95

### Verifiche

Pilastro	Sezione	Comb. Critica	S/R
7 45	6	2	0.06
8 47	6	3	0.07
10 48	6	2	0.06
12 50	6	3	0.07
13 51	6	2	0.06
15 53	6	3	0.07
24 38	4	3	0.23
25 39	5	3	0.25
27 40	4	3	0.29
28 41	5	3	0.3
30 42	4	3	0.26
31 43	5	3	0.28
34 84	1	2	0.2
35 118	1	2	0.27
36 152	1	4	0.24
38 93	4	3	0.2
39 96	5	3	0.2
40 127	4	4	0.26
41 130	5	3	0.26
42 161	4	4	0.25
43 164	5	4	0.25
45 61	6	2	0.04
46 62	1	3	0.04
47 63	6	3	0.05
48 64	6	2	0.05
49 65	1	3	0.04
50 66	6	3	0.05
51 67	6	2	0.05
52 68	1	3	0.05
53 69	6	3	0.06
56 90	3	3	0.27
57 124	3	3	0.34
58 158	3	3	0.32
61 71	7	3	0.04
62 87	1	3	0.05
63 72	7	3	0.04
64 73	7	3	0.04
65 121	1	3	0.06
66 74	7	3	0.04
67 75	7	3	0.04
68 155	1	3	0.05
69 76	7	3	0.04

### Controllo generale

Processati 42 pilastri

N. Elementi	Elem. Min	S/R = $\rho > 1$				N. Elementi	S/R = $\rho > 2$			
		$\rho_{Min}$	Elem. Max	$\rho_{Max}$	$\rho_{Max}/\rho_{Min}$		Elem. Min	Elem. Max	$\rho_{Max}$	$\rho_{Max}/\rho_{Min}$
Tutti gli elementi hanno S/R < 1										



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 49/95

### Pilastri - Verifiche a Taglio

#### Verifiche

Pilastro	Dal nodo Al nodo	Sezione	Piano 1/2			Piano 1/3		
			V <sub>SD</sub> [kg]	V <sub>RD</sub> [kg]	V <sub>SD</sub> /V <sub>RD</sub>	V <sub>SD</sub> [kg]	V <sub>RD</sub> [kg]	V <sub>SD</sub> /V <sub>RD</sub>
7 45		6	50.9	70980.8	0	46.7	42436.2	0
8 47		6	42.7	70980.8	0	47.9	42436.2	0
10 48		6	31.9	70980.8	0	59.6	42436.2	0
12 50		6	37.9	70980.8	0	61	42436.2	0
13 51		6	48.6	70980.8	0	45.3	42436.2	0
15 53		6	63.7	70980.8	0	46.8	42436.2	0
24 38		4	7068.6	28376.3	0.25	2550.2	28376.3	0.09
25 39		5	7029	28686.1	0.25	2988.4	28686.1	0.1
27 40		4	8450.5	28376.3	0.3	2442.8	28376.3	0.09
28 41		5	8394.8	28686.1	0.29	3056	28686.1	0.11
30 42		4	5320	28376.3	0.19	2339.6	28376.3	0.08
31 43		5	5277.4	28686.1	0.18	3124.6	28686.1	0.11
34 84		1	2955.7	28376.3	0.1	2852.9	28376.3	0.1
35 118		1	6273.7	28376.3	0.22	2797.4	28376.3	0.1
36 152		1	10304.3	28376.3	0.36	2795.5	28376.3	0.1
38 93		4	3319.3	28376.3	0.12	2550.2	28376.3	0.09
39 96		5	3308.3	28686.1	0.12	3044.1	28686.1	0.11
40 127		4	7739.4	28376.3	0.27	2425.8	28376.3	0.09
41 130		5	7687	28686.1	0.27	3037.5	28686.1	0.11
42 161		4	10879.3	28376.3	0.38	2356.5	28376.3	0.08
43 164		5	10831.4	28686.1	0.38	3087.4	28686.1	0.11
45 61		6	96	70980.8	0	367.9	42436.2	0.01
46 62		1	536.3	28376.3	0.02	1440.8	28376.3	0.05
47 63		6	88.3	70980.8	0	426.6	42436.2	0.01
48 64		6	111.9	70980.8	0	434.9	42436.2	0.01
49 65		1	555.5	28376.3	0.02	1796.2	28376.3	0.06
50 66		6	143.8	70980.8	0	497.4	42436.2	0.01
51 67		6	70.6	70980.8	0	394.7	42436.2	0.01
52 68		1	680.5	28376.3	0.02	1396.9	28376.3	0.05
53 69		6	86.9	70980.8	0	431.4	42436.2	0.01
56 90		3	2973.4	28376.3	0.1	8782.6	28376.3	0.31
57 124		3	7391.4	28376.3	0.26	9446.4	28376.3	0.33
58 158		3	11682.2	28376.3	0.41	9318	28376.3	0.33
61 71		7	253.8	70980.8	0	1022.1	90010.5	0.01
62 87		1	299.6	28376.3	0.01	554.6	28376.3	0.02
63 72		7	245.3	70980.8	0	1140.7	90010.5	0.01
64 73		7	134.2	70980.8	0	1126.3	90010.5	0.01
65 121		1	238.8	28376.3	0.01	525.9	28376.3	0.02
66 74		7	163	70980.8	0	1221.3	90010.5	0.01
67 75		7	271.3	70980.8	0	1190.4	90010.5	0.01
68 155		1	323.1	28376.3	0.01	502.6	28376.3	0.02
69 76		7	223.5	70980.8	0	1209.3	90010.5	0.01

#### Controllo generale

Processati 42 pilastri

Numero di elementi con  $S/R > 1 = 0$

Elemento con  $\rho_{max} = S/R$  58 - 158 = 0.41



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 50/95

### Setti - Verifiche a Pressoflessione

#### γ Materiali sezioni impiegate

	Pilastr	Travi	Setti
$\gamma_{Rd}$	1	1	1

#### γ Materiali sezioni Setto

Sezione	$\gamma$	$\gamma$	$\alpha_{cc}$	$\gamma$ Rare	$\gamma$ Frequenti	$\gamma$ Q, Permanenti	$\gamma$ Rare
	Acciaio	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Acciaio
1 Muro s=170 [cm] Setto P2	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
2 Muro s=170 [cm] Setto P3	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
3 Muro s=180 [cm] Setto P1	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
4 Muro s=170 [cm] Setto P4	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1
5 Muro s=135 [cm] Setto Nuovo P3	1.15	1.5	0.85	0.5	0.4	0.4	1

#### Verifiche

Nucleo Setto	Combinazione Critica	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Sd/Sr
<b>Setto : 2 34 33 1</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 1	-114139.7	0	-591.9	0.05
	Som. 1	-115410.7	0	591.9	0.05
<b>Setto : 3 35 34 2</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 1	-378041.5	0	-2024.6	0.05
	Som. 1	-325254.7	0	2024.6	0.04
<b>Setto : 4 36 35 3</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 1	-420321.8	0	-22637.8	0.06
	Som. 1	-354520.9	0	22637.8	0.05
<b>Setto : 5 37 36 4</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 1	-147306.9	0	-366.7	0.06
	Som. 1	-149894.5	0	366.7	0.06
<b>Setto : 6 44 46 9</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm Errore verifica taglio					
trazione armature					
21773.5 < 26592.8	Base 1	-142665.6	0	595.2	0.05
	Som. 1	-139405.6	0	-595.2	0.05
<b>Setto : 44 60 62 46</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 1	-103951.1	0	-1197.2	0.04
	Som. 1	-98524.7	0	1197.2	0.04
<b>Setto : 62 87 77 60</b>					
Sezione 5					
	Base 1	-76459.6	0	-3328.6	0.04
	Som. 1	-81398.1	0	3328.6	0.04
<b>Setto : 9 46 49 11</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 1	-420854.2	0	8312.4	0.05
	Som. 1	-382031.3	0	-8312.4	0.05
<b>Setto : 46 62 65 49</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 1	-316497.9	0	13038	0.04
	Som. 1	-302114.5	0	-13038	0.04



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 51/95

**Setto : 65 121 87 62**

Sezione 5	Base 1	-281208.6	0	-18121.5	0.05
	Som. 1	-248813	0	18121.5	0.04

**Setto : 11 49 52 14**

**Sezione 2**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-460869	0	14814.1	0.06
	Som. 1	-419442.8	0	-14814.1	0.06

**Setto : 49 65 68 52**

**Sezione 2**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-346682.3	0	2093.4	0.04
	Som. 1	-331117.2	0	-2093.4	0.04

**Setto : 68 155 121 65**

**Sezione 5**

	Base 1	-310446.5	0	1306.5	0.05
	Som. 1	-269901.2	0	-1306.5	0.04

**Setto : 14 52 54 16**

**Sezione 2**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-179044.9	0	777.6	0.06
	Som. 1	-175718.4	0	-777.6	0.06

**Setto : 52 68 70 54**

**Sezione 2**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-131394.6	0	2887	0.05
	Som. 1	-125659.4	0	-2887	0.05

**Setto : 68 155 168 70**

**Sezione 5**

	Base 1	-95875.5	0	-3731.8	0.04
	Som. 1	-103531.2	0	3731.8	0.05

**Setto : 18 1824 1823 17**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-138674.1	0	-213.2	0.05
	Som. 1	-136436.3	0	213.2	0.05

**Setto : 1824 81 78 1823**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-96369.6	0	-3381.3	0.04
	Som. 1	-104409	0	3381.3	0.04

**Setto : 19 1825 1824 18**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-465533.3	0	-11525.9	0.06
	Som. 1	-428344.8	0	11525.9	0.05

**Setto : 1825 115 81 1824**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-396813.6	0	-13228.4	0.05
	Som. 1	-349234.8	0	13228.4	0.04

**Setto : 20 1826 1825 19**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-507239	0	-12490.7	0.06
	Som. 1	-468042.8	0	12490.7	0.06

**Setto : 1826 149 115 1825**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-434764.8	0	-7474.1	0.05
	Som. 1	-376169.8	0	7474.1	0.05

**Setto : 21 1827 1826 20**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-171667.3	0	-830.1	0.07
	Som. 1	-169495	0	830.1	0.06

**Setto : 1827 167 149 1826**

**Sezione 3**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 1	-117880.7	0	3623.2	0.05
	Som. 1	-128825.4	0	-3623.2	0.05



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 52/95

Setto : **23 56 55 22**

Sezione **4**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm  
> 30 cm

Base 1	-115651.8	0	-1234.6	0.05
Som. 1	-122346.6	0	1234.6	0.05

Setto : **26 57 56 23**

Sezione **4**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm  
> 30 cm

Base 1	-379429.6	0	2143.6	0.05
Som. 1	-326536.3	0	-2143.6	0.04

Setto : **29 58 57 26**

Sezione **4**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm  
> 30 cm

Base 1	-426704.2	0	-32931	0.06
Som. 1	-352940.4	0	32931	0.05

Setto : **32 59 58 29**

Sezione **4**

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm  
> 30 cm

Base 1	-155787.5	0	206.6	0.06
Som. 1	-167080.7	0	-206.6	0.07

### Controllo generale

Processati 0 nuclei e 28 setti isolati  
Numero di setti con SD/SR > 1 = 0  
Setto con max SD/SR 32 59 58 29 = 0.07



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 53/95

### Setti - Verifiche a Taglio

#### Verifiche

Nudeo	Diaframma Setto	B [m]	H [m]	Comb. critica	V <sub>ac</sub> [kg]	α	V <sub>Ed</sub> [kg]	N <sub>Ed</sub> [kg]	M <sub>Ed</sub> [kgm]	V <sub>cut</sub> [kg]	V <sub>nd</sub> [kg]	V <sub>a,scorrimento</sub> [kg]	V <sub>s</sub> /V <sub>a</sub>
	Setto : 2 34 33 1 Sezione 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	5.8	5	10154.3	1	10154.3	-82222.3	219.7	376918.1	19118.2	98558.9 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.53
	Setto : 3 35 34 2 Sezione 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.8	4	16612.1	1	16612.1	-362809.8	-3998.6	1179614.1	59832.8	345431.1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.28
	Setto : 5 37 36 4 Sezione 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.8	1	-3305.6	1	-3305.6	-420321.8	-22637.8	1179614.1	59832.8	388614.6 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.06
	Setto : 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	5.8	1	5331.4	1	5331.4	-147306.9	-366.7	376918.1	19118.2	137700.3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.28
	Setto : 6 44 46 9 Sezione 2 @ 35 > 30 cm Errore verifica taglio trazione armature 21773.5 < 26592.8	1.25	4.3	5	-26592.8	1	-26592.8	-96089.2	213.4	429267.9	21773.5	111937.3 @ 35 > 30 cm Errore verifica taglio trazione armature 21773.5 < 26592.8	1.22
	Setto : 44 60 62 46 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	1.1	5	-6862.2	1	-6862.2	-72442.9	2163.7	429267.9	21773.5	98806.6 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.32
	Setto : 62 87 77 60 Sezione 5 Setto : 9 46 49 11 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	3.5	1	8536.9	1	8536.9	-81398.1	3328.6	335346.3	115129.7	194520.3	0.07
	Setto : 46 62 65 49 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	4.3	5	-13317.7	1	-13317.7	-274029.8	455.8	1179614.1	59832.8	291464.3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.22
	Setto : 65 121 87 62 Sezione 5 Setto : 11 49 52 14 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	1.1	4	-6875.6	1	-6875.6	-301622.5	13039.5	1179614.1	59832.8	310501.9 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.11
	Setto : 11 49 52 14 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	3.5	4	10334.1	1	10334.1	-267735.7	-16422.2	931209.5	319699	521038.4	0.03
	Setto : 49 65 68 52 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	4.3	4	-13640.5	1	-13640.5	-447325.7	15970.9	1179614.1	59832.8	398502.0 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.23
	Setto : 68 155 121 65 Sezione 5 Setto : 14 52 54 16 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	1.1	4	-12922.7	1	-12922.7	-333347.7	2829.6	1179614.1	59832.8	327523.3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.22
	Setto : 52 68 70 54 Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	3.5	4	7106.2	1	7106.2	-295491.7	1053.4	931209.5	319699	534642.6	0.02
	Setto : 68 155 168 70 Sezione 5 Setto : 18 1824 1823 117 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	3.5	1	-11647	1	-11647	-95875.5	-3731.8	335346.3	115129.7	203428.8	0.1
	Setto : 18 1824 1823 117 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	5.4	5	11872	1	11872	-99408.8	-172.2	399089.8	19118.2	108841.4 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.62
	Setto : 1824 81 78 1823 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	3.5	1	8350	1	8350	-104409	3381.3	399089.8	19118.2	113822.5 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.44
	Setto : 19 1825 1824 18 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.4	1	-5186.4	1	-5186.4	-465533.3	-11525.9	1249003.3	59832.7	408549.9 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.09
	Setto : 1825 115 81 1824 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	3.5	4	22800.3	1	22800.3	-383889.1	-12372.5	1249003.3	59832.7	359730.3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.38
	Setto : 20 1826 1825 19 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.4	4	19579.1	1	19579.1	-498378.3	-14242.6	1249003.3	59832.7	428792.7 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.33
	Setto : 1826 149 115 1825 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	3.5	5	-9288.6	1	-9288.6	-267062.8	229.6	1249003.3	59832.7	287239.5 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.16
	Setto : 21 1827 1826 20 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	5.4	4	9646.2	1	9646.2	-170246.7	-924.7	399089.8	19118.2	151808.7 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.5
	Setto : 1827 167 149 1826 Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	3.5	1	10925.7	1	10925.7	-117880.7	3623.2	399089.8	19118.2	122054.8 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.57





Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 55/95

### Pilastrri - Verifiche Presso-Flessione

#### Verifiche

Pilastro	Dal nodo Al nodo	Sezione	Comb. Critica	S/R
7 45		6	6	0.35
8 47		6	10	0.33
10 48		6	7	0.36
12 50		6	10	0.33
13 51		6	7	0.35
15 53		6	11	0.33
24 38		4	8	0.88
25 39		5	8	0.81
27 40		4	8	0.63
28 41		5	8	0.63
30 42		4	12	0.85
31 43		5	12	0.78
34 84		1	9	0.51
35 118		1	13	0.48
36 152		1	13	0.49
38 93		4	12	0.38
39 96		5	13	0.37
40 127		4	8	0.46
41 130		5	8	0.46
42 161		4	8	0.38
43 164		5	9	0.37
45 61		6	6	0.28
46 62		1	6	0.16
47 63		6	10	0.26
48 64		6	7	0.27
49 65		1	7	0.15
50 66		6	10	0.25
51 67		6	7	0.28
52 68		1	7	0.16
53 69		6	11	0.26
56 90		3	6	1.28
57 124		3	7	1.07
58 158		3	7	1.26
61 71		7	6	0.27
62 87		1	6	0.12
63 72		7	10	0.25
64 73		7	7	0.26
65 121		1	7	0.11
66 74		7	10	0.24
67 75		7	7	0.27
68 155		1	7	0.12
69 76		7	11	0.25

#### Controllo generale

Processati 42 pilastri

N. Elementi	Elem. Min	S/R = $\rho > 1$		$\rho_{Max}$	$\rho_{Max}/\rho_{Min}$	S/R = $\rho > 2$		$\rho_{Max}$	$\rho_{Max}/\rho_{Min}$
		$\rho_{Min}$	Elem. Max			N. Elementi	Elem. Min		
	3 57 124	1.07	56 90		1.28				

Tutti gli elementi hanno S/R < 2



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 56/95

### Pilastri - Verifiche a Taglio

#### Verifiche

Pilastro	Dal nodo Al nodo	Sezione	Piano 1/2			Piano 1/3		
			V <sub>SD</sub> [kg]	V <sub>RD</sub> [kg]	V <sub>SD</sub> /V <sub>RD</sub>	V <sub>SD</sub> [kg]	V <sub>RD</sub> [kg]	V <sub>SD</sub> /V <sub>RD</sub>
7 45		6	165.8	70980.8	0	201.2	42436.2	0
8 47		6	151.6	70980.8	0	202.1	42436.2	0
10 48		6	93.4	70980.8	0	249.2	42436.2	0.01
12 50		6	72.5	70980.8	0	250.1	42436.2	0.01
13 51		6	165.1	70980.8	0	201.3	42436.2	0
15 53		6	150.9	70980.8	0	202.2	42436.2	0
24 38		4	25202.6	28376.3	0.89	8953.4	28376.3	0.32
25 39		5	24607.7	28686.1	0.86	10660.7	28686.1	0.37
27 40		4	34797.1	28376.3	<b>1.23</b>	8607.3	28376.3	0.3
28 41		5	33981.1	28686.1	<b>1.18</b>	10299.5	28686.1	0.36
30 42		4	25206.5	28376.3	0.89	8940.6	28376.3	0.32
31 43		5	24594.3	28686.1	0.86	10658.1	28686.1	0.37
34 84		1	27002.7	28376.3	0.95	10478.8	28376.3	0.37
35 118		1	28018.4	28376.3	0.99	10417.4	28376.3	0.37
36 152		1	27027.1	28376.3	0.95	10473.3	28376.3	0.37
38 93		4	27628	28376.3	0.97	8437.5	28376.3	0.3
39 96		5	27013.6	28686.1	0.94	10059.3	28686.1	0.35
40 127		4	34006.4	28376.3	<b>1.2</b>	8093.2	28376.3	0.29
41 130		5	33203.6	28686.1	<b>1.16</b>	9725	28686.1	0.34
42 161		4	27665.4	28376.3	0.97	8420.9	28376.3	0.3
43 164		5	27071.4	28686.1	0.94	10052	28686.1	0.35
45 61		6	362.6	70980.8	0.01	1392.8	42436.2	0.03
46 62		1	657.3	28376.3	0.02	5946.6	28376.3	0.21
47 63		6	307.3	70980.8	0	1485.3	42436.2	0.03
48 64		6	396.1	70980.8	0.01	1623.9	42436.2	0.04
49 65		1	1292.7	28376.3	0.05	7511.1	28376.3	0.26
50 66		6	291.5	70980.8	0	1727.2	42436.2	0.04
51 67		6	363.4	70980.8	0.01	1394.4	42436.2	0.03
52 68		1	663.6	28376.3	0.02	5943.3	28376.3	0.21
53 69		6	308.3	70980.8	0	1487	42436.2	0.04
56 90		3	21767	28376.3	0.77	24263.5	28376.3	0.86
57 124		3	21980.7	28376.3	0.77	23887.4	28376.3	0.84
58 158		3	21802.6	28376.3	0.77	24255	28376.3	0.85
61 71		7	422.3	70980.8	0.01	2871.4	90010.5	0.03
62 87		1	339.5	28376.3	0.01	2271.4	28376.3	0.08
63 72		7	420.1	70980.8	0.01	3071.3	90010.5	0.03
64 73		7	426	70980.8	0.01	2843	90010.5	0.03
65 121		1	455.3	28376.3	0.02	2173.1	28376.3	0.08
66 74		7	312.1	70980.8	0	2995.8	90010.5	0.03
67 75		7	430	70980.8	0.01	2883.5	90010.5	0.03
68 155		1	352.1	28376.3	0.01	2270.8	28376.3	0.08
69 76		7	427	70980.8	0.01	3083.9	90010.5	0.03

#### Controllo generale

Processati 42 pilastri

Numero di elementi con  $S/R > 1 = 4$

Elemento con  $\rho_{max} = S/R_{27-40} = 1.23$



Studio Ingegneria  
str. Ilo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str. Ilo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 57/95

### Setti - Verifiche a Pressoflessione

#### Verifiche

Nucleo Setto	Combinazione Critica	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Sd/Sr
<b>Setto : 2 34 33 1</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 12	-139440.5	0	2152.8	0.06
	Som. 12	-142730.2	0	-2152.8	0.06
<b>Setto : 3 35 34 2</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 12	-325119.3	0	43701.2	0.05
	Som. 13	-251776.3	0	-43432	0.04
<b>Setto : 4 36 35 3</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 8	-328708.2	0	-45778.3	0.05
	Som. 8	-254567.2	0	45778.3	0.04
<b>Setto : 5 37 36 4</b>					
Sezione 1					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 8	-142051.5	0	-2199.2	0.06
	Som. 8	-145442.1	0	2199.2	0.06
<b>Setto : 6 44 46 9</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 12	-129332.9	0	-1295.8	0.05
	Som. 12	-126668.1	0	1295.8	0.05
<b>Setto : 44 60 62 46</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 12	-88828.6	0	-2126.2	0.03
	Som. 12	-83816.5	0	2126.2	0.03
<b>Setto : 62 87 77 60</b>					
Sezione 5					
	Base 12	-61621.9	0	-1813.3	0.03
	Som. 12	-64387.2	0	1813.3	0.03
<b>Setto : 9 46 49 11</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 12	-310528.9	0	-18436.7	0.04
	Som. 13	-278156.9	0	17216.2	0.04
<b>Setto : 46 62 65 49</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 12	-223137.8	0	-6614.5	0.03
	Som. 13	-210970.2	0	4223.1	0.03
<b>Setto : 65 121 87 62</b>					
Sezione 5					
	Base 11	-188159.8	0	-6669.5	0.03
	Som. 11	-161094.5	0	6669.5	0.03
<b>Setto : 11 49 52 14</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 8	-313302.1	0	20048.5	0.04
	Som. 9	-280839.2	0	-18812.6	0.04
<b>Setto : 49 65 68 52</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 8	-225459.5	0	7775.7	0.03
	Som. 9	-213313	0	-5376.2	0.03
<b>Setto : 68 155 121 65</b>					
Sezione 5					
	Base 9	-195154.1	0	-704.4	0.03
	Som. 10	-163256.4	0	-5112	0.03
<b>Setto : 14 52 54 16</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 8	-131779	0	1373.1	0.05
	Som. 8	-129123.7	0	-1373.1	0.05
<b>Setto : 52 68 70 54</b>					
Sezione 2					
@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm					
> 30 cm	Base 8	-91019.2	0	2273.5	0.03
	Som. 8	-86044.8	0	-2273.5	0.03
<b>Setto : 68 155 168 70</b>					
Sezione 5					
	Base 8	-63329.7	0	-1866.8	0.03
	Som. 8	-66419.7	0	1866.8	0.03



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 58/95

### Setto : 18 1824 1823 17

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 12	-129050.5	0	1068	0.05
	Som. 12	-127191.6	0	-1068	0.05

### Setto : 1824 81 78 1823

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 12	-79662.4	0	-2297.9	0.03
	Som. 12	-86005.6	0	2297.9	0.03

### Setto : 19 1825 1824 18

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 12	-359650.9	0	17735.5	0.05
	Som. 12	-327556	0	-17735.5	0.04

### Setto : 1825 115 81 1824

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 13	-291440.3	0	6542.6	0.04
	Som. 13	-243729.9	0	-6542.6	0.03

### Setto : 20 1826 1825 19

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 9	-363156.6	0	-19572.9	0.05
	Som. 9	-331045.8	0	19572.9	0.04

### Setto : 1826 149 115 1825

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 9	-295516.6	0	-8868.4	0.04
	Som. 9	-246972.2	0	8868.4	0.03

### Setto : 21 1827 1826 20

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 8	-131794.8	0	-1147.2	0.05
	Som. 8	-129965.8	0	1147.2	0.05

### Setto : 1827 167 149 1826

#### Sezione 3

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 8	-82067.6	0	2329.2	0.03
	Som. 8	-88806.8	0	-2329.2	0.04

### Setto : 23 56 55 22

#### Sezione 4

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 12	-122034.1	0	1509.4	0.05
	Som. 12	-131939.4	0	-1509.4	0.05

### Setto : 26 57 56 23

#### Sezione 4

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 12	-282089	0	37088.1	0.04
	Som. 13	-211138.1	0	-35997.8	0.03

### Setto : 29 58 57 26

#### Sezione 4

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 8	-285690.8	0	-39329.7	0.04
	Som. 9	-213753.3	0	38223.6	0.03

### Setto : 32 59 58 29

#### Sezione 4

@ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm

> 30 cm	Base 8	-124685.8	0	-1533.4	0.05
	Som. 8	-134876.8	0	1533.4	0.06

### Controllo generale

Processati 0 nuclei e 28 setti isolati

Numero di setti con SD/SR > 1 = 0

Setto con max SD/SR 5 37 36 4 = 0.06



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 59/95

### Setti - Verifiche a Taglio Verifiche

Nudeo	Diaframma Setto	B [m]	H [m]	Comb. critica	V <sub>ed</sub> [kg]	α	V <sub>ed</sub> [kg]	N <sub>ed</sub> [kg]	M <sub>ed</sub> [kgm]	V <sub>ed</sub> [kg]	V <sub>ed</sub> [kg]	V <sub>ed,scorrimento</sub> [kg]	V <sub>d</sub> / V <sub>n</sub>
	Setto : <b>2 34 33 1</b> Sezione 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	5.8	13	-5276.5	1	-5276.5	-139289.5	2149.3	376918.1	19118.2	133990.3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.28
	Setto : <b>3 35 34 2</b> Sezione 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.8	8	41654.8	1	41654.8	-198715.7	-30684.8	1179614.1	59832.8	252238.2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.7
	Setto : <b>4 36 35 3</b> Sezione 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.8	12	-41791.3	1	-41791.3	-202274.2	28618.4	1179614.1	59832.8	253965.7 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.7
	Setto : <b>5 37 36 4</b> Sezione 1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	5.8	9	5402.6	1	5402.6	-141878	-2194.9	376918.1	19118.2	135571.5 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.28
	Setto : <b>6 44 46 9</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	4.3	13	9970.2	1	9970.2	-128532.5	-1248.1	429267.9	21773.5	131964.1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.46
	Setto : <b>44 60 62 46</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	1.1	6	-2190.7	1	-2190.7	-71724	-1651.8	429267.9	21773.5	98097.8 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.1
	Setto : <b>62 87 77 60</b> Sezione 5	1.25	3.5	12	-7820.4	1	-7820.4	-61621.9	-1813.3	335346.3	115129.7	181819.7	0.07
	Setto : <b>9 46 49 11</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	4.3	13	22764.5	1	22764.5	-310997.5	-17216.2	1179614.1	59832.8	316950.7 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.38
	Setto : <b>46 62 65 49</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	1.1	13	23534	1	23534	-225033.2	-4223.1	1179614.1	59832.8	262809.4 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.39
	Setto : <b>65 121 87 62</b> Sezione 5	3.4	3.5	9	23470.8	1	23470.8	-168822.9	-11809.7	931209.5	319699	460775.5	0.07
	Setto : <b>11 49 52 14</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	4.3	9	-22714.1	1	-22714.1	-313754.2	18812.6	1179614.1	59832.8	318919.6 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.38
	Setto : <b>49 65 68 52</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	1.1	9	-23539.2	1	-23539.2	-227339	5376.2	1179614.1	59832.8	264420.3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.39
	Setto : <b>68 155 121 65</b> Sezione 5	3.4	3.5	13	-23712	1	-23712	-171421.9	10245.1	931209.5	319699	462024.5	0.07
	Setto : <b>14 52 54 16</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	4.3	9	-10026.5	1	-10026.5	-130951.2	1324.3	429267.9	21773.5	133456.6 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.46
	Setto : <b>52 68 70 54</b> Sezione 2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.25	1.1	7	2182.7	1	2182.7	-73935	1800.7	429267.9	21773.5	99505.1 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.1
	Setto : <b>68 155 168 70</b> Sezione 5	1.25	3.5	8	-8089.9	1	-8089.9	-63329.7	-1866.8	335346.3	115129.7	182873.9	0.07
	Setto : <b>18 1824 1823 17</b> Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	5.4	13	-9218.1	1	-9218.1	-128768.6	1060.1	399089.8	19118.2	127005.5 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.48
	Setto : <b>1824 81 78 1823</b> Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	1.1	3.5	12	-7607.5	1	-7607.5	-79662.4	-2297.9	399089.8	19118.2	98305.7 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.4
	Setto : <b>19 1825 1824 18</b> Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.4	13	-25988.5	1	-25988.5	-359005.3	17554.5	1249003.3	59832.7	345822.2 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.43
	Setto : <b>1825 115 81 1824</b> Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	3.5	8	30810.8	1	30810.8	-253463	-10571.9	1249003.3	59832.7	281119.5 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.51
	Setto : <b>20 1826 1825 19</b> Sezione 3 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	3.4	5.4	9	26009.7	1	26009.7	-363156.6	-19572.9	1249003.3	59832.7	348711.0 @ 35 > 30 cm 7.4.6.2.4 Passo staffe 35 cm > 30 cm	0.43





Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

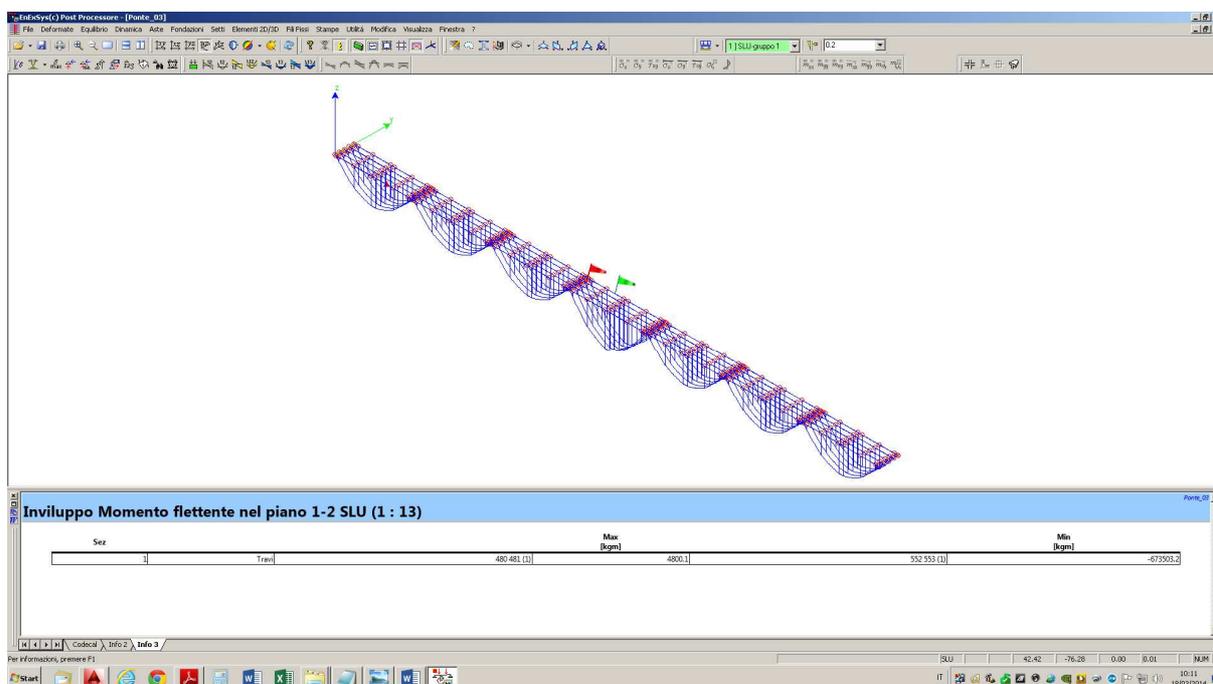
Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 61/95



Nella seguente figura viene riportato l'involuppo del diagramma dei momenti flettenti sulle travi di impalcato. Il massimo valore del momento, pari a 673503 daNm, si rileva in corrispondenza della trave alla quale è stato applicato il carico variabile da traffico per ponte di I categoria, per la combinazione di carico statica a SLU n. 1 (si veda par. 5.4):



Nelle seguenti figure si riporta il rilievo delle armature lente e dei cavi da precompressione inseriti all'interno delle travi di impalcato:



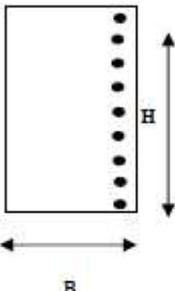
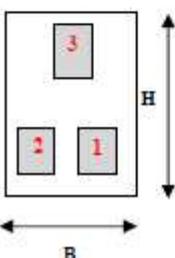
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 62/95

TIPO DI STRUTTURA	FERRI LONGITUDINALI			STAFFE		
	Dimensioni Elemento (cm)	Diametro da rilievo (mm)	Copriferro minimo (mm)	Diametro da rilievo (mm)	Copriferro minimo (mm)	Passo (cm)
<p>1<sup>a</sup> TRAVE lato Monte Tra 4<sup>a</sup> &amp; 5<sup>a</sup> Pila su testa fino a 1.5 m var.</p> 						
	H=130.0 B=50	10* liscio	48	10* liscio	38	Ogni 15
<p>1<sup>a</sup> TRAVE lato Monte Tra 4<sup>a</sup> &amp; 5<sup>a</sup> Pila Ferri pre-tensione</p> 						
	Piastra 1 & 2 contenente 25 barre lisce/cad. Φ 7			Piastra 3 contenente 60 barre lisce Φ 7		

NOTE: ND = Non determinabile NR = Non rilevabile \* = Verifica diretta mediante rottura del copriferro



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

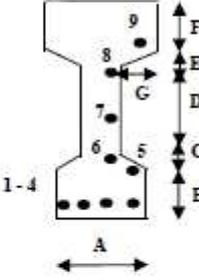
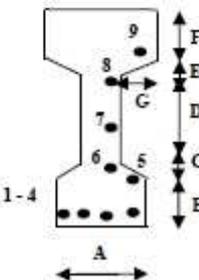
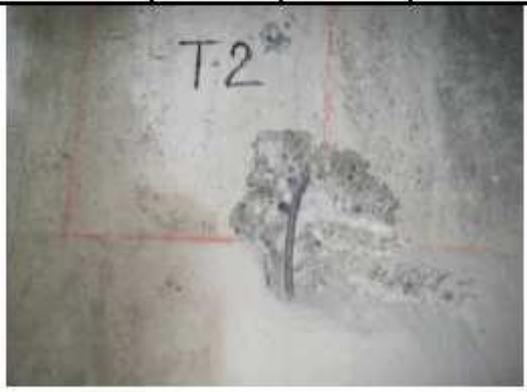
## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 63/95

### RISULTATI PROVE

TIPO DI STRUTTURA	FERRI LONGITUDINALI			STAFFE		
	Dimensioni Elemento (cm)	Diametro da rilievo (mm)	Copriferro minimo (mm)	Diametro da rilievo (mm)	Copriferro minimo (mm)	Passo (cm)
<p>1<sup>a</sup> TRAVE lato Monte Tra Spalla DX &amp; 1<sup>a</sup> Pila a 2,5 m da Testa</p> 						
	A=50; B=19 C=23; D=66; E=10; F=10; G=15;	1+9 $\Phi$ 6* liscio	34	$\Phi$ 6* liscio	25	Ogni 20
<p>2<sup>a</sup> TRAVE lato Monte Tra Spalla DX &amp; 1<sup>a</sup> Pila a 2,5 m da Testa</p> 						
	A=50; B=20 C=24; D=65; E=10; F=10; G=15;	1+9 $\Phi$ 6* liscio	34	$\Phi$ 6* liscio	25	Ogni 20

NOTE: ND = Non determinabile NR = Non rilevabile \* = Verifica diretta mediante rottura del copriferro

Si riportano anche gli esiti delle prove a trazione eseguite sulle barre da precompressione della trave.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 64/95

### PROVA A TRAZIONE

PROVINO n.	D (mm)	A <sub>ridotta</sub> (mm <sup>2</sup> )	f <sub>p(0,2)</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>p(1,0)</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>pt</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	A %
1	7.2	18.1	N.D.	N.D.	1861.7	4.86
2	7.3	17.4	N.D.	N.D.	1891.5	5.02

Sulla base dei dati disponibili è stata condotta la verifica della trave di impalcato, con lo scopo di determinare il massimo momento resistente. Nel seguito si riporta la verifica condotta.

```
STRUTTURA      : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m   sarti.d
SOVRACCARICHI  :
COMMITTENTE    : TRAVE   130/50

... UNITA' DI MISURA  DaN , Cm ...

... CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO
.....

..ARMATURE PRE-TESE..  RAK= 19000.  RAKK= 17000.  EA= 2000000.  GAMMA=1.15
..SIGMA AMMISSIBILE PER LE STAFFE..  SAST= 2600.

..ARMATURE LENTE..  RM= 15.  RAKL= 4400.  EAL= 2050000.  GAMMA=1.15
COPRIF. ARM. LENTE LONG.= 4.00

... CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO
.....

..CLS TRAVE..  RCKJ= 450.  RCKJ= 400.  EC(FINALE)= 350000.  EC(INIZIALE)= 300000.
PESO SPECIFICO= 2500.  DaN/metro cubo

LEMBO INFERIORE : NON PREVISTE ARMATURE LENTE PER LE TRAZIONI EVENTUALI
LEMBO SUPERIORE : NON PREVISTE ARMATURE LENTE PER LE TRAZIONI EVENTUALI

..CLS GETTO..  COEFF. OMOGENEIZZAZIONE GETTO = .89

... DESCRIZIONE GEOMETRICA DELLA TRAVE ...
.....

..ASCISSE DELLE REAZIONI DI APPOGGIO

XR1 = 75.0  XR2 = 2585.0

..DESCRIZIONE A TRAPEZI DEL GETTO DI COMPLETAMENTO..

TRAPEZI      1
BASE INF.    170.0
BASE SUP.    170.0
ALTEZZA     20.0

..DESCRIZIONE A TRAPEZI DELLE SEZIONI SINGOLARI..

--SEZIONE N. 1 --ASCISSA X = .0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0
```



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 65/95

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
BASE SUP.	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 2 --ASCISSA X = 151.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 3 --ASCISSA X = 201.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 4 --ASCISSA X = 2459.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 5 --ASCISSA X = 2509.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 6 --ASCISSA X = 2660.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
BASE SUP.	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

..DESCRIZIONE A TRAPEZI DELLE SEZIONI DI CALCOLO..

--SEZIONE N. 1 --ASCISSA X = 35.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	45.4	45.4	50.0
BASE SUP.	50.0	45.4	45.4	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 2 --ASCISSA X = 151.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 3 --ASCISSA X = 201.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 4 --ASCISSA X = 305.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
---------	---	---	---	---	---



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 66/95

BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 5 --ASCISSA X = 307.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 6 --ASCISSA X = 405.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 7 --ASCISSA X = 807.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 8 --ASCISSA X = 1057.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

--SEZIONE N. 9 --ASCISSA X = 1330.0 --ALTEZZA TRAVE H = 130.0

TRAPEZI	1	2	3	4	5
BASE INF.	50.0	50.0	30.0	30.0	50.0
BASE SUP.	50.0	30.0	30.0	50.0	50.0
ALTEZZA	20.0	25.0	65.0	10.0	10.0

... DESCRIZIONE DELLE ARMATURE LENTE ...

.....

SEZ.N.	1	ASC. X = 35.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	2	ASC. X = 151.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	3	ASC. X = 201.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	4	ASC. X = 305.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	5	ASC. X = 307.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	6	ASC. X = 405.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	7	ASC. X = 807.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	8	ASC. X =1057.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0
SEZ.N.	9	ASC. X =1330.0	N.LIVELLO	AREA	QUOTA
			1	11.06	7.0

... DESCRIZIONE DELLE ARMATURE PRE-TESE ...

.....

..ARMATURE A TRACCIATO ORIZZONTALE..



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 67/95

N.	AREA TOTALE	SIGMA AL TIRO	RILASS. INIZIALE	QUOTA	GUAINE			
					DA	A	DA	A
1	19.25	13930.	270.	15.0	.0	106.0	.0	.0
2	23.10	13930.	270.	30.0	.0	206.0	.0	.0

STRUTTURA : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m sarti.d  
SOVRACCARICHI :  
COMMITTENTE : TRAVE 130/50

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...

-- FASE 1 -- TAGLIO TREFOLI

#### CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI

N.	ASC	YIT	YST	YSS	AREA	MOM.INERZIA
1	35.0	63.0	67.0		.62834E+04	.94299E+07
2	151.0	59.3	70.7		.51314E+04	.87282E+07
3	201.0	59.3	70.7		.51314E+04	.87282E+07
4	305.0	58.5	71.5		.52700E+04	.88438E+07
5	307.0	58.5	71.5		.52700E+04	.88438E+07
6	405.0	58.5	71.5		.52700E+04	.88438E+07
7	807.0	58.5	71.5		.52700E+04	.88438E+07
8	1057.0	58.5	71.5		.52700E+04	.88438E+07
9	1330.0	58.5	71.5		.52700E+04	.88438E+07

#### CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ.ASSIALE	MOM.FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
2	151.0	.26296E+06	-.11641E+08	.00000E+00
3	201.0	.26296E+06	-.11641E+08	.00000E+00
4	305.0	.57850E+06	-.20432E+08	.00000E+00
5	307.0	.57850E+06	-.20432E+08	.00000E+00
6	405.0	.57850E+06	-.20432E+08	.00000E+00
7	807.0	.57850E+06	-.20432E+08	.00000E+00
8	1057.0	.57850E+06	-.20432E+08	.00000E+00
9	1330.0	.57850E+06	-.20432E+08	.00000E+00

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE	REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE
0.	0.	0.	0.

\*\*\*\*\*  
STRUTTURA : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m sarti.d  
SOVRACCARICHI :  
COMMITTENTE : TRAVE 130/50  
\*\*\*\*\*

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 68/95

-- FASE 2 -- PESO PROPRIO

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ. ASSIALE	MOM. FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	-.97579E+04	-.55202E+03
2	151.0	.00000E+00	.10797E+07	.14295E+05
3	201.0	.00000E+00	.17793E+07	.13689E+05
4	305.0	.00000E+00	.31374E+07	.12428E+05
5	307.0	.00000E+00	.31622E+07	.12404E+05
6	405.0	.00000E+00	.43196E+07	.11216E+05
7	807.0	.00000E+00	.78485E+07	.63414E+04
8	1057.0	.00000E+00	.90550E+07	.33101E+04
9	1330.0	.00000E+00	.95068E+07	.00000E+00

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE	REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE
-16438.	-16438.	-16438.	-16438.

VALORE ATTUALE DEL MODULO ELASTICO CLS 300000.

VALORI FRECCIA ELASTICA DELLA FASE

N.	ASC	FASE
1	35.0	-.1237
2	151.0	.2347
3	201.0	.3879
4	305.0	.7006
5	307.0	.7065
6	405.0	.9893
7	807.0	1.9407
8	1057.0	2.2976
9	1330.0	2.4387

FRECCIA FASE MASSIMA	ASC =	VALORE =
FRECCIA FASE MINIMA	1330.0	2.4387
	2660.0	-.2340

VERIFICHE FLESSIONALI

SEZ	ASC.	SSS	SIS	SST	SIT	AFS	AFI
1	35.0			-.1	.1	.00	.00
				( -.1)	( .1)	( .00)	( .00)
2	151.0			-34.3	123.0	10.04	.00
				( 8.7)	( -7.3)	( 10.04)	( .00)
*** ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)							
		Valore:	-34.34	Ammissibile:	-32.00		
3	201.0			-28.7	118.2	7.67	.00
				( 14.4)	( -12.1)	( 7.67)	( .00)
4	305.0			-30.0	224.2	5.20	.00



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

( 25.4) ( -20.8) ( 5.20) ( .00)

\*\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)

Valore: 224.18 Ammissibile: 192.00  
5 307.0 -29.8 224.0 5.14 .00  
( 25.6) ( -20.9) ( 5.14) ( .00)

\*\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)

Valore: 224.01 Ammissibile: 192.00  
6 405.0 -20.5 216.4 2.62 .00  
( 34.9) ( -28.6) ( 2.62) ( .00)

\*\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)

Valore: 216.36 Ammissibile: 192.00  
7 807.0 8.0 193.0 .00 .00  
( 63.5) ( -51.9) ( .00) ( .00)

\*\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)

Valore: 193.01 Ammissibile: 192.00  
8 1057.0 17.8 185.0 .00 .00  
( 73.2) ( -59.9) ( .00) ( .00)  
9 1330.0 21.4 182.0 .00 .00  
( 76.9) ( -62.9) ( .00) ( .00)

VERIFICA ALLA ROTTURA

SEZ	ASC.	MOM.ROT	MOM.CAR	KROT.	ASSE NEUTRO	DEF.MAT (x1000)	TIPO DI CRISI
1	35.0	-.1732E+06	-.9758E+04	17.75	4.9	1.52	calcestruzzo trave
2	151.0	.3054E+08	.1080E+07	28.29	65.1	3.11	calcestruzzo trave
3	201.0	.3054E+08	.1779E+07	17.16	65.1	3.11	calcestruzzo trave
4	305.0	.3515E+08	.3137E+07	11.20	116.9	.18	calcestruzzo trave
5	307.0	.3515E+08	.3162E+07	11.12	116.9	.18	calcestruzzo trave
6	405.0	.3514E+08	.4320E+07	8.14	116.9	.18	calcestruzzo trave
7	807.0	.3517E+08	.7849E+07	4.48	117.1	.18	calcestruzzo trave
8	1057.0	.3516E+08	.9055E+07	3.88	117.1	.18	calcestruzzo trave
9	1330.0	.3516E+08	.9507E+07	3.70	117.1	.18	calcestruzzo trave

VERIFICA ALLA FESSURAZIONE

SEZ	ASC.	MOM.FES	MOM.CAR	KFESS
1	35.0	-.53142E+07	-.97579E+04	544.61
2	151.0	.24752E+08	.10797E+07	22.92
3	201.0	.24752E+08	.17793E+07	13.91
4	305.0	.42739E+08	.31374E+07	13.62
5	307.0	.42739E+08	.31622E+07	13.52
6	405.0	.42739E+08	.43196E+07	9.89
7	807.0	.42739E+08	.78485E+07	5.45
8	1057.0	.42739E+08	.90550E+07	4.72
9	1330.0	.42739E+08	.95068E+07	4.50

\*\*\*\*\*  
 STRUTTURA : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m sarti.d  
 SOVRACCARICHI :  
 COMMITTENTE : TRAVE 130/50  
 \*\*\*\*\*

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 70/95

-- FASE 3 -- PRIMA FASE PERDITE ( 50 % )

PERDITE PER RILASSAMENTO DELLE ARMATURE PRETESE

COEFF. C = 9.0 CADUTA A 1000 ORE = 297.0 CADUTA A T MAGGIORE DI 2000 ORE = 337.5

PERDITE PER VISCOSITA' - COEFF = 2.300

PERDITE PER RITIRO - COEFF= .00030

FRAZIONI DELLE PERDITE SCONTATE NELLA FASE

	RILASS	RITIRO	VISCOS
ARMATURE			
PRETESE	.50	.50	.50

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ.ASSIALE	MOM.FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
2	151.0	-.21731E+05	.96204E+06	.00000E+00
3	201.0	-.21295E+05	.94277E+06	.00000E+00
4	305.0	-.67780E+05	.24234E+07	.00000E+00
5	307.0	-.67753E+05	.24224E+07	.00000E+00
6	405.0	-.66506E+05	.23764E+07	.00000E+00
7	807.0	-.62704E+05	.22361E+07	.00000E+00
8	1057.0	-.61404E+05	.21881E+07	.00000E+00
9	1330.0	-.60917E+05	.21701E+07	.00000E+00

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE	REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE
0.	-16438.	0.	-16438.

VALORE ATTUALE DEL MODULO ELASTICO CLS 350000.

VALORI FRECCIA ELASTICA DELLA FASE

N.	ASC	FASE
1	35.0	-.0367
2	151.0	.0694
3	201.0	.1143
4	305.0	.2044
5	307.0	.2060
6	405.0	.2838
7	807.0	.5194
8	1057.0	.6000
9	1330.0	.6334

FRECCIA	FASE	MASSIMA	ASC =	VALORE =
FRECCIA	FASE	MINIMA	1330.0	.6334
			2660.0	-.0820

\*\*\*\*\*



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 71/95

STRUTTURA : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m sarti.d  
SOVRACCARICHI :  
COMMITTENTE : TRAVE 130/50  
+++++

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...

-- FASE 4 --

ASCISSE CENTRI DI APPOGGIO/SOLLEVAMENTO -  
XR1 = 60.0 XR2 =2400.0

DESCRIZIONE CARICHI VERTICALI EQUIVALENTI

ASCISSA	VALORE
60.00	-16536.03
2400.00	-19626.88

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ.ASSIALE	MOM.FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	-.97579E+03	-.55202E+02
2	151.0	.00000E+00	.23856E+06	-.11589E+03
3	201.0	.00000E+00	.23125E+06	-.17651E+03
4	305.0	.00000E+00	.20633E+06	-.30261E+03
5	307.0	.00000E+00	.20572E+06	-.30504E+03
6	405.0	.00000E+00	.17001E+06	-.42386E+03
7	807.0	.00000E+00	-.98356E+05	-.91129E+03
8	1057.0	.00000E+00	-.36407E+06	-.12144E+04
9	1330.0	.00000E+00	-.74079E+06	-.15454E+04

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE	REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE
18081.	0.	18081.	0.

COEFFICIENTE DINAMICO = 1.100

VERIFICHE FLESSIONALI

SEZ	ASC.	SSS	SIS	SST	SIT	AFS	AFI
1	35.0			-1	.1	.00	.00
				( .0)	( .0)	( .00)	( .00)
2	151.0			-28.8	110.6	10.88	.00
				( 1.9)	( -1.6)	( 9.88)	( .00)

\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)

Valore: -28.85 Ammissibile: -24.00

3	201.0			-23.3	106.1	8.04	.00
---	-------	--	--	-------	-------	------	-----



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 72/95

		( 1.9)	( -1.6)	( 7.14)	( .00)
4	305.0	-21.7	193.9	5.20	.00
		( 1.7)	( -1.4)	( 3.92)	( .00)
**** ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)					
	Valore:	193.92	Ammissibile:	152.00	
5	307.0	-21.5	193.8	5.14	.00
		( 1.7)	( -1.4)	( 3.85)	( .00)
**** ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)					
	Valore:	193.77	Ammissibile:	152.00	
6	405.0	-12.5	186.9	2.62	.00
		( 1.4)	( -1.1)	( 1.42)	( .00)
**** ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)					
	Valore:	186.89	Ammissibile:	152.00	
7	807.0	13.4	167.0	.00	.00
		( -.8)	( .7)	( .00)	( .00)
**** ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)					
	Valore:	166.97	Ammissibile:	152.00	
8	1057.0	20.9	161.3	.00	.00
		( -2.9)	( 2.4)	( .00)	( .00)
**** ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)					
	Valore:	161.32	Ammissibile:	152.00	
9	1330.0	21.4	161.0	.00	.00
		( -6.0)	( 4.9)	( .00)	( .00)
**** ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)					
	Valore:	161.03	Ammissibile:	152.00	

```

+++++
STRUTTURA      : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m   sarti.d
SOVRACCARICHI :
COMMITTENTE    : TRAVE 130/50
+++++

```

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...

-- FASE 5 -- PESO SOVRAGGETTO ( INERTE ) 850,0 daN/ml

DESCRIZIONE CARICHI

Q1	Q2	Q3	Q4
2660.00	.00	8.50	8.50

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ. ASSIALE	MOM. FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	-.52063E+04	-.29750E+03
2	151.0	.00000E+00	.76228E+06	.10022E+05
3	201.0	.00000E+00	.12527E+07	.95965E+04
4	305.0	.00000E+00	.22048E+07	.87125E+04
5	307.0	.00000E+00	.22222E+07	.86955E+04
6	405.0	.00000E+00	.30335E+07	.78625E+04
7	807.0	.00000E+00	.55075E+07	.44455E+04



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 73/95

8 1057.0 .00000E+00 .63532E+07 .23205E+04  
9 1330.0 .00000E+00 .66700E+07 .00000E+00

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE REAZIONE TOTALE REAZIONE FASE REAZIONE TOTALE  
-11305. -27743. -11305. -27743.

VALORE ATTUALE DEL MODULO ELASTICO CLS 350000.

VALORI FRECCIA ELASTICA DELLA FASE

N.	ASC	FASE
1	35.0	-.0744
2	151.0	.1412
3	201.0	.2334
4	305.0	.4215
5	307.0	.4250
6	405.0	.5951
7	807.0	1.1673
8	1057.0	1.3819
9	1330.0	1.4668

FRECCIA	FASE	MASSIMA	ASC =	1330.0	VALORE =	1.4668
FRECCIA	FASE	MINIMA	ASC =	2660.0	VALORE =	-.1408

+++++  
STRUTTURA : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m sarti.d  
SOVRACCARICHI :  
COMMITTENTE : TRAVE 130/50  
+++++

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...

-- FASE 6 -- CARICO PERMANENTE (BINDER USURA ) 510,00 daN/ml

DESCRIZIONE CARICHI

Q1	Q2	Q3	Q4
2660.00	.00	5.10	5.10

CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI

N.	ASC	YIT	YST	YSS	AREA	MOM. INERZIA
1	35.0	88.0	42.0	62.0	.93094E+04	.21655E+08
2	151.0	89.2	40.8	60.8	.81574E+04	.21234E+08
3	201.0	89.2	40.8	60.8	.81574E+04	.21234E+08
4	305.0	88.2	41.8	61.8	.82960E+04	.21712E+08
5	307.0	88.2	41.8	61.8	.82960E+04	.21712E+08
6	405.0	88.2	41.8	61.8	.82960E+04	.21712E+08



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 74/95

7	807.0	88.2	41.8	61.8	.82960E+04	.21712E+08
8	1057.0	88.2	41.8	61.8	.82960E+04	.21712E+08
9	1330.0	88.2	41.8	61.8	.82960E+04	.21712E+08

#### CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ.ASSIALE	MOM.FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	-.31238E+04	-.17850E+03
2	151.0	.00000E+00	.45737E+06	.60129E+04
3	201.0	.00000E+00	.75164E+06	.57579E+04
4	305.0	.00000E+00	.13229E+07	.52275E+04
5	307.0	.00000E+00	.13333E+07	.52173E+04
6	405.0	.00000E+00	.18201E+07	.47175E+04
7	807.0	.00000E+00	.33045E+07	.26673E+04
8	1057.0	.00000E+00	.38119E+07	.13923E+04
9	1330.0	.00000E+00	.40020E+07	.00000E+00

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE	REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE
-6783.	-34526.	-6783.	-34526.

VALORE ATTUALE DEL MODULO ELASTICO CLS 350000.

#### VALORI FRECCIA ELASTICA DELLA FASE

N.	ASC	FASE
1	35.0	-.0182
2	151.0	.0345
3	201.0	.0570
4	305.0	.1030
5	307.0	.1039
6	405.0	.1455
7	807.0	.2853
8	1057.0	.3378
9	1330.0	.3585

FRECCIA	FASE	MASSIMA	ASC =	VALORE =
FRECCIA	FASE	MINIMA	1330.0	.3585
			2660.0	-.0344

#### VERIFICHE FLESSIONALI

SEZ	ASC.	SSS	SIS	SST	SIT	AFS	AFI
1	35.0	.0 (.0)	.0 (.0)	-.1 (.0)	.1 (.0)	.00 (.00)	.00 (.00)
2	151.0	1.2 (1.2)	.8 (.8)	-23.7 (.9)	105.1 (-1.9)	10.88 (7.40)	.00 (.00)
3	201.0	1.9 (1.9)	1.3 (1.3)	-13.6 (1.4)	96.0 (-3.2)	8.04 (3.01)	.00 (.00)
4	305.0	3.3 (3.3)	2.3 (2.3)	-2.9 (2.5)	175.3 (-5.4)	5.20 (.00)	.00 (.00)



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 75/95

\*\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)

Valore: 175.33 Ammissibile: 171.00

5	307.0	3.4	2.3	-2.6	175.0	5.14	.00
		( 3.4)	( 2.3)	( 2.6)	( -5.4)	( .00)	( .00)

\*\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)

Valore: 175.02 Ammissibile: 171.00

6	405.0	4.6	3.1	14.1	160.6	2.62	.00
		( 4.6)	( 3.1)	( 3.5)	( -7.4)	( .00)	( .00)

7	807.0	8.4	5.7	65.1	116.5	.00	.00
		( 8.4)	( 5.7)	( 6.4)	( -13.4)	( .00)	( .00)

8	1057.0	9.7	6.5	82.5	101.4	.00	.00
		( 9.7)	( 6.5)	( 7.3)	( -15.5)	( .00)	( .00)

9	1330.0	10.1	6.9	89.1	95.7	.00	.00
		( 10.1)	( 6.9)	( 7.7)	( -16.3)	( .00)	( .00)

+++++  
STRUTTURA : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m sarti.d  
SOVRACCARICHI :  
COMMITTENTE : TRAVE 130/50  
+++++

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...

-- FASE 7 -- SECONDA FRAZIONE PERDITE ( 50 % )

IMPOSTI LIMITI DI REGOLAMENTO TENSIONE TREFOLI

PERDITE PER RILASSAMENTO DELLE ARMATURE PRETESE

COEFF. C = 9.0 CADUTA A 1000 ORE = 297.0 CADUTA A T MAGGIORE DI 2000 ORE = 337.5

PERDITE PER VISCOSITA' - COEFF = 2.300

PERDITE PER RITIRO - COEFF= .00030

FRAZIONI DELLE PERDITE SCONTATE NELLA FASE

-----  
RILASS RITIRO VISCOS  
ARMATURE  
PRETESE .50 .50 .50

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ.ASSIALE	MOM.FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
2	151.0	-.19943E+05	.14801E+07	.00000E+00
3	201.0	-.19099E+05	.14175E+07	.00000E+00
4	305.0	-.58254E+05	.38098E+07	.00000E+00
5	307.0	-.58202E+05	.38064E+07	.00000E+00
6	405.0	-.55801E+05	.36466E+07	.00000E+00
7	807.0	-.48479E+05	.31593E+07	.00000E+00



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 76/95

8	1057.0	-.45976E+05	.29928E+07	.00000E+00
9	1330.0	-.45039E+05	.29304E+07	.00000E+00

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE	REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE
0.	-34526.	0.	-34526.

VALORE ATTUALE DEL MODULO ELASTICO CLS 350000.

VALORI FRECCIA ELASTICA DELLA FASE

N.	ASC	FASE
1	35.0	-.0211
2	151.0	.0398
3	201.0	.0655
4	305.0	.1169
5	307.0	.1178
6	405.0	.1617
7	807.0	.2919
8	1057.0	.3355
9	1330.0	.3532

FRECCIA	FASE	MASSIMA	ASC =	1330.0	VALORE =	.3532
FRECCIA	FASE	MINIMA	ASC =	2660.0	VALORE =	-.0476

```

+++++
      STRUTTURA      : trave p.sarti H=130 cm Luce di calcolo 25.10 m   sarti.d
      SOVRACCARICHI  :
      COMMITTENTE    : TRAVE 130/50
+++++

```

... UNITA' DI MISURA DaN , Cm ...

-- FASE 8 -- SOVRACCARICO VARIABILE + DINAMICO 3500 daN/ml

DESCRIZIONE CARICHI

Q1	Q2	Q3	Q4
2660.00	.00	35.00	35.00

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N.	ASC	AZ.ASSIALE	MOM.FLETTENTE	TAGLIO
1	35.0	.00000E+00	-.21438E+05	-.12250E+04
2	151.0	.00000E+00	.31388E+07	.41265E+05
3	201.0	.00000E+00	.51583E+07	.39515E+05
4	305.0	.00000E+00	.90786E+07	.35875E+05
5	307.0	.00000E+00	.91502E+07	.35805E+05
6	405.0	.00000E+00	.12491E+08	.32375E+05



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 77/95

7	807.0	.00000E+00	.22678E+08	.18305E+05
8	1057.0	.00000E+00	.26160E+08	.95550E+04
9	1330.0	.00000E+00	.27465E+08	.00000E+00

APPOGGIO DI SINISTRA XR1= 75.0 APPOGGIO DI DESTRA XR2= 2585.0

REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE	REAZIONE FASE	REAZIONE TOTALE
-46550.	-81076.	-46550.	-81076.

VALORE ATTUALE DEL MODULO ELASTICO CLS 350000.

VALORI FRECCIA ELASTICA DELLA FASE

N.	ASC	FASE
1	35.0	-.1249
2	151.0	.2369
3	201.0	.3915
4	305.0	.7070
5	307.0	.7129
6	405.0	.9982
7	807.0	1.9580
8	1057.0	2.3179
9	1330.0	2.4603

FRECCIA FASE MASSIMA	ASC = 1330.0	VALORE = 2.4603
FRECCIA FASE MINIMA	ASC = 2660.0	VALORE = -.2362

VERIFICHE FLESSIONALI

.....

SEZ	ASC.	SSS	SIS	SST	SIT	AFS	AFI
1	35.0	-.1 (-.1)	.0 (.0)	-.2 (.0)	.2 (.1)	.00 (.00)	.00 (.00)
2	151.0	10.8 (8.0)	6.5 (5.4)	-17.3 (6.0)	83.2 (-13.2)	10.88 (5.10)	.00 (.00)
3	201.0	16.6 (13.1)	10.4 (8.8)	-3.3 (9.9)	66.0 (-21.7)	8.04 (.00)	.00 (.00)
4	305.0	29.7 (23.0)	18.1 (15.5)	14.8 (17.5)	115.9 (-36.9)	5.20 (.00)	.00 (.00)
5	307.0	29.9 (23.2)	18.2 (15.7)	15.3 (17.6)	115.3 (-37.2)	5.14 (.00)	.00 (.00)
6	405.0	39.5 (31.6)	24.8 (21.4)	38.4 (24.0)	88.3 (-50.8)	2.62 (.00)	.00 (.00)
7	807.0	68.6 (57.4)	44.7 (38.8)	109.0 (43.6)	5.6 (-92.2)	.00 (.00)	.00 (.00)
8	1057.0	78.5 (66.2)	51.5 (44.8)	133.1 (50.3)	-22.6 (-106.3)	.00 (.00)	5.93 (5.93)
9	1330.0	82.3 (69.5)	54.1 (47.0)	142.1 (52.8)	-33.2 (-111.6)	.00 (.00)	11.34 (11.34)



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 78/95

\*\*\*\* ATTENZIONE ! Superata tensione ammissibile a flessione (trave)  
Valore: -33.19 Ammissibile: -27.00

VERIFICA ALLA ROTTURA

SEZ	ASC.	MOM.ROT	MOM.CAR	KROT.	ASSE NEUTRO	DEF.MAT (x1000)	TIPO DI CRISI
1	35.0	-.1918E+06	-.3953E+05	4.85	4.7	1.66	calcestruzzo trave
2	151.0	.3146E+08	.5438E+07	5.78	56.1	4.17	calcestruzzo trave
3	201.0	.3147E+08	.8942E+07	3.52	56.2	4.17	calcestruzzo trave
4	305.0	.3744E+08	.1574E+08	2.38	94.3	1.07	calcestruzzo trave
5	307.0	.3744E+08	.1587E+08	2.36	94.3	1.07	calcestruzzo trave
6	405.0	.3749E+08	.2166E+08	1.73	94.7	1.05	calcestruzzo trave
7	807.0	.3767E+08	.3934E+08	.96	95.9	.99	calcestruzzo trave
8	1057.0	.3771E+08	.4538E+08	.83	96.3	.97	calcestruzzo trave
9	1330.0	.3774E+08	.4764E+08	.79	96.5	.96	calcestruzzo trave

VERIFICA ALLA FESSURAZIONE

SEZ	ASC.	MOM.FES	MOM.CAR	KFESS
1	35.0	-.12220E+08	-.39525E+05	309.18
2	151.0	.36115E+08	.54381E+07	6.64
3	201.0	.36253E+08	.89419E+07	4.05
4	305.0	.57686E+08	.15744E+08	3.66
5	307.0	.57694E+08	.15868E+08	3.64
6	405.0	.58058E+08	.21664E+08	2.68
7	807.0	.59168E+08	.39338E+08	1.50
8	1057.0	.59548E+08	.45380E+08	1.31
9	1330.0	.59690E+08	.47643E+08	1.25

VERIFICHE AL TAGLIO (CEMENTO ARMATO)

/-----SFORZI CLS-----//--ARMATURE AL TAGLIO (CMQ/ML)--/

SEZ.	ASC.	QUOTA	TAU	CORDA	SCORRIM.	STAFFE	ST.COLL.
1	35.0	63.0	-.4	45.4	-17.1		
		88.0	-.4	45.4	-17.1		
		130.0	-.2	50.0	-10.2		
		10.0	-.3	50.0	-17.1		
		35.0	-.4	47.2	-17.1		
		65.0	-.4	45.4	-17.1		
		120.0	-.3	50.0	-17.1		
-----						3.00	.00

VERIFICHE AL TAGLIO IN ZONA PRECOMPRESSA

/-----SFORZI CLS-----//--ARMATURE AL TAGLIO (CMQ/ML)--/



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari

Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA

Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 79/95

SEZ.	ASC.	QUOTA	TAU	SIGMAN	SIGMA1	SIGMA2	STAFFE	ST.COLL.	
							SFORZO PREC. INTERO E <2/3>		
2	151.0	59.3	21.7	37.4	-10.0	47.4			
		(	11.3)	(	-4.4)	<	-13.0>	<	36.3>
		89.2	21.5	14.2	-15.5	29.7			
		(	12.2)	(	.0)	<	-16.4>	<	28.0>
		130.0	6.8	-17.3	-19.7	2.4			
		(	6.0)	(	6.0)	<	-9.3>	<	5.0>
		10.0	4.5	75.5	-.3	75.8			
		(	2.2)	(	-11.7)	<	-.5>	<	42.9>
		35.0	14.5	56.2	-3.5	59.7			
		(	7.3)	(	-8.0)	<	-5.5>	<	38.2>
		65.0	22.0	33.0	-11.0	44.0			
		(	11.6)	(	-3.6)	<	-13.9>	<	34.9>
		120.0	9.5	-9.6	-15.4	5.8			
		(	6.7)	(	4.6)	<	-9.7>	<	9.3>
-----							18.96	22.85	
3	201.0	59.3	20.8	34.4	-9.8	44.2			
		(	10.9)	(	-7.3)	<	-13.0>	<	33.2>
		89.2	20.6	18.4	-13.3	31.8			
		(	11.7)	(	.0)	<	-14.1>	<	29.9>
		130.0	6.6	-3.3	-8.4	5.1			
		(	5.7)	(	9.9)	<	-3.3>	<	13.1>
-----							16.30	21.88	
4	305.0	58.5	19.0	70.4	-4.8	75.2			
		(	9.9)	(	-12.4)	<	-7.3>	<	49.5>
		88.2	18.8	47.3	-6.5	53.8			
		(	10.6)	(	.0)	<	-7.8>	<	45.3>
		130.0	5.9	14.8	-2.1	16.9			
		(	5.2)	(	17.5)	<	-1.1>	<	32.0>
-----							4.50	19.80	
5	307.0	58.5	18.9	70.3	-4.8	75.1			
		(	9.9)	(	-12.5)	<	-7.3>	<	49.4>
		88.2	18.7	47.5	-6.5	54.0			
		(	10.6)	(	.0)	<	-7.7>	<	45.4>
		130.0	5.9	15.3	-2.0	17.3			
		(	5.2)	(	17.6)	<	-1.1>	<	32.5>
-----							4.50	19.76	
6	405.0	58.5	17.1	65.8	-4.2	70.0			
		(	8.9)	(	-17.1)	<	-6.7>	<	44.0>
		88.2	16.9	54.5	-4.8	59.3			
		(	9.6)	(	.0)	<	-5.7>	<	50.2>
		130.0	5.4	38.4	-.7	39.2			
		(	4.7)	(	24.0)	<	-.5>	<	55.1>
-----							4.50	17.87	
7	807.0	58.5	9.7	52.1	-1.7	53.9			
		(	5.1)	(	-31.0)	<	-3.5>	<	26.4>
		88.2	9.6	75.8	-1.2	77.0			
		(	5.4)	(	.0)	<	-1.4>	<	66.8>
		130.0	3.0	109.0	-.1	109.0			
		(	2.6)	(	43.6)	<	-.1>	<	125.4>
-----							4.50	.00	
8	1057.0	58.5	5.1	47.4	-.5	48.0			
		(	2.6)	(	-35.8)	<	-1.3>	<	19.3>
		88.2	5.0	83.0	-.3	83.3			
		(	2.8)	(	.0)	<	-.3>	<	73.0>
		130.0	1.6	133.1	.0	133.1			
		(	1.4)	(	50.3)	<	.0>	<	149.5>
-----							4.50	.00	
9	1330.0								



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 80/95

```

58.5      .0      45.7      .0      45.7
      (      .0) (      -37.6) <      .0> <      16.1>
88.2      .0      85.8      .0      85.8
      (      .0) (      .0) <      .0> <      75.3>
130.0     .0      142.1     .0      142.1
      (      .0) (      52.8) <      .0> <      158.5>

```

----- 4.50 .00

TENSIONE NELLE ARMATURE PRETESE

/-----LIVELLI ARMATURE-----/

SEZ	ASC	1	2
1	35.0	0.	0.
2	151.0	10986.	0.
3	201.0	11134.	0.
4	305.0	9729.	10142.
5	307.0	9734.	10145.
6	405.0	9967.	10307.
7	807.0	10676.	10802.
8	1057.0	10919.	10971.
9	1330.0	11009.	11034.

Come si può osservare dal calcolo condotto, il massimo momento sopportabile dalla trave allo SLU è pari a 476430 daNm.

Pertanto la trave non risulta idonea a sopportare i carichi previsti dalla normativa vigente per un ponte di I categoria.

## 7 VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E STIMA DELLA VITA UTILE RESIDUA

Dalle analisi precedentemente effettuate, sulla base dei dati disponibili, si evince come la struttura esistente allo stato di fatto non risulti adeguata a sostenere eventi sismici con periodo di ritorno pari a 30 anni, ovvero terremoti con probabilità di superamento del 28.35% in 10 anni.

Tuttavia poiché, la normativa vigente non ammette la definizione di intensità sismiche associate a terremoti di periodo di ritorno inferiore a  $T_R = 30$  anni, per la stima della vita utile saremo costretti a riferirci a tale evento.

Utilizzando la relazione fornita dalla normativa DM 2008:

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

ed associando al terremoto con  $T_R = 30$  anni una probabilità di superamento rispettivamente pari al 5% ed al 10%, si può ricavare una vita residua pari a

$$V_R = C_U \cdot V_N < 077 \cdot \text{anni} \text{ con } P_{V_R} = 5\%$$

$$V_R = C_U \cdot V_N < 1.58 \cdot \text{anni} \text{ con } P_{V_R} = 10\%$$

ponendo  $C_U = 2$ .

	CAPACITA' RELATIVA AI RISULTATI DELLE VALUTAZIONI NUMERICHE					STIMA DELLA VITA NOMINALE RESIDUA		
	Periodo $T_1$ [ s ]	Accelerazione Spettrale di riferimento $S_d(T_1)/g$ [ - ]	Accelerazione al Suolo $a_p/g$ [ - ]	Periodo di Ritorno $T_R$ [ anni ]	Probabilità di Superamento rispetto a $V_R = 10$ anni $P_{V_R}$ [ - ]	Coefficiente d'uso $C_U$ [ - ]	Vita Nominale ipotizzando $P_{V_R}=5\%$ $V_N$ [ anni ]	Vita Nominale ipotizzando $P_{V_R}=10\%$ $V_N$ [ anni ]
DIR. TRASVERSALE	0.39	0.1524	< 0.059	< 30	> 28.35%	2	< 0.77	< 1.58
DIR. LONGITUDINALE	0.49	0.1526	< 0.059	< 30	> 28.35%		< 0.77	< 1.58

Dove i periodi  $T_1$  considerati provengono dalle analisi numeriche svolte con l'ausilio di EnExSys ed  $S_d(T_1)$  rappresenta l'accelerazione corrispondente al periodo  $T_1$  per un terremoto di con periodo di ritorno pari a  $T_R = 30$  anni ed un fattore di struttura pari a  $q = 1,5$ .

Per quanto riguarda l'impalcato, esso non risulta essere idoneo a sopportare i carichi previsti dalla normativa vigente per un ponte di I categoria, infatti:

$$M_{sd} = 673503 \text{ daNm} > M_{rd} = 476430 \text{ daNm}$$



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

#### STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 82/95

Si può quindi definire un indice di vulnerabilità per l'impalcato pari a:

$$I = 476430/673503 = 0.71 \text{ (71\%)}$$

Ossia si può concludere che l'impalcato risulta idoneo a sopportare il 71% dei carichi previsti dalla vigente normativa per un ponte di I categoria.

## **8 IPOTESI DI CONSOLIDAMENTO/MIGLIORAMENTO DEL PONTE OVVERO SUA SOSTITUZIONE**

*Si fornisce qui un sintetico confronto tecnico-economico tra l'ipotesi di :*

- a- Consolidamento del ponte esistente con opere di vario tipo, sia sulle pile/spalle che sull'impalcato per portare ad un semplice miglioramento dell'opera senza tuttavia poter raggiungere il livello di adeguamento sismico e normativo.*
- b- Realizzazione di un nuovo ponte in luogo dell'opera esistente sulla base di un prototipo recentemente realizzato.*



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 83/95

**Intervento di consolidamento del ponte dei Sarti**

L'intervento prevede il consolidamento delle cinque pile, delle due spalle e dell'impalcato.

*La pila n. 3, infatti, è già stata consolidata in base al progetto esecutivo approvato nel 2004 per un importo lavori di circa 253.000,00 €, che ad oggi, considerando una rivalutazione dei prezzi di circa il 30%, sarebbe di 329.000,00 €.*

*La stima approssimativa dell'intervento, prendendo come riferimento l'importo unitario sopra citato, risulta, pertanto essere:*

- *per il consolidamento delle pile:  $329.000,00 \times 5 = 1.645.000,00 \text{ €}$*
- *per il consolidamento delle spalle (considerando il valore dell'opera pari al 60% di quello delle pile):  $329.000,00 \times 0,60 \times 2 = 394.800,00 \text{ €}$*
- *per il consolidamento dell'impalcato:  $1.700,00 \times 350,00 = 595.000,00 \text{ €}$ , considerando il prezzo unitario dell'intervento pari a 350,00 €/mq ed una superficie del ponte di 1.700,00 mq.*

*Per un totale di:  $1.645.000,00 + 394.800,00 + 595.000,00 = 2.634.800,00 \text{ €}$*



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

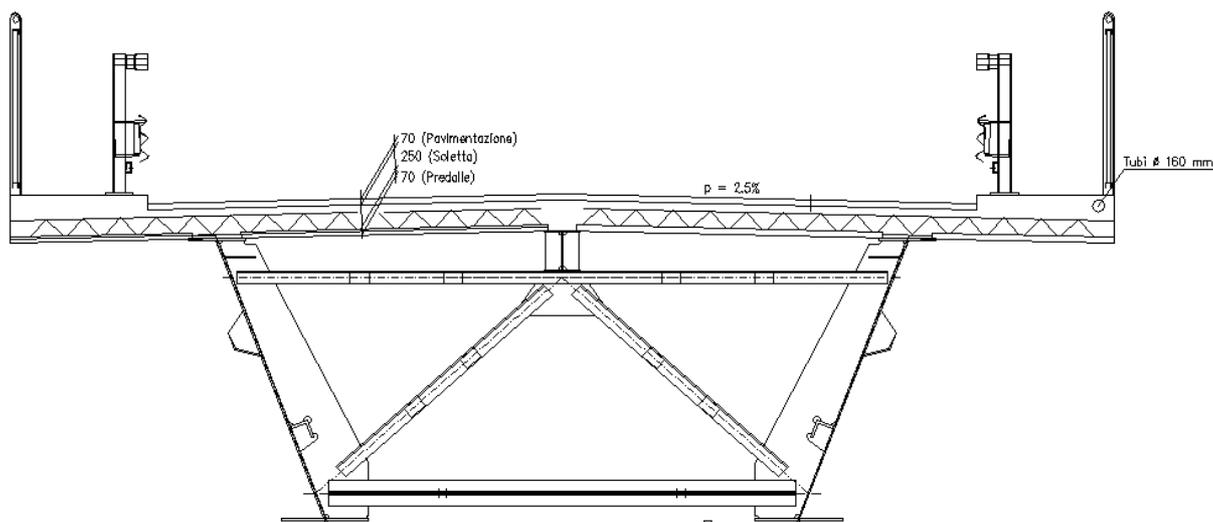
## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 84/95

### Intervento di realizzazione di un nuovo ponte con sezione tipo F1 + Marciapiedi



L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo ponte di lunghezza di circa 196,00 m e larghezza 10,00 m. La Provincia di Parma, nel 2007, ha approvato il progetto esecutivo per la realizzazione di un nuovo ponte in località Ponte Groppo per un importo unitario pari a circa 1.235,00 €/mq di impalcato, che ad oggi, considerando una rivalutazione dei prezzi di circa il 18%, sarebbe di 1.457,00 €.

La stima approssimativa dell'intervento, prendendo come riferimento l'importo unitario sopra citato, risulta, pertanto essere:

- per la realizzazione del nuovo ponte:  $(196,00 \times 10,00) \times 1.457,00 = 2.855.720,00$  €.
- per la demolizione del ponte esistente: 200.000,00 €
- per ripristino e sistemazioni in alveo: 44.280,00 €

Per un totale di:  $2.855.720,00 + 200.000,00 + 44.280,00 = 3.100.000,00$  €



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 85/95

**Conclusioni confronto**

*La realizzazione di un nuovo ponte, completamente adeguato dal punto di vista normativo e sismico alle norme vigenti, comporterebbe un incremento di spesa, rispetto al consolidamento del manufatto esistente, di soli 465.200,00 €, pari al 17,66% dell'importo stimato (2.634.800,00 €).*



Studio Ingegneria  
str. Ilo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str. Ilo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 86/95

## 9 CONCLUSIONI

Da un punto di vista sismico, dalle analisi effettuate sulla base dei dati disponibili, si evince come la struttura esistente allo stato di fatto non risulti adeguata a sostenere eventi sismici con periodo di ritorno pari a 30 anni, ovvero terremoti con probabilità di superamento del 28.35% in 10 anni.

Sono state, inoltre, riscontrate delle evidenti vulnerabilità, che possono determinare notevoli criticità anche da un punto di vista statico:

- i sistemi di appoggio delle travi di impalcato risultano essere costituiti da semplici piastre in acciaio, spesso fatiscenti; inoltre si riscontra un elevato degrado delle testate di alcune travi di impalcato;
- si nota in alcuni casi la completa assenza del giunto tra le travi di impalcato appartenenti a campate consecutive;
- la conformazione delle pile non rinforzate, costituite generalmente da setti sormontati da pilastri, determina, nella zona di interfaccia, una posizione preferenziale per la formazione della cerniera plastica, favorita anche dall'assenza del copriferro.

Si pone l'accento, infine, su una importante vulnerabilità idrogeologica: gli eventi di piena possono determinare lo scalzamento del terreno di fondazione in corrispondenza delle pile in alveo e l'erosione delle strutture. Risulta, dunque, importante valutare dei provvedimenti di protezione delle fondazioni (ad eccezione di quella della pila P3, già rinforzata con l'intervento del 2004) e delle porzioni di strutture interessate dal deflusso del torrente.

Per quanto riguarda l'impalcato, anch'esso non risulta essere adeguato a sopportare i carichi previsti dalla vigente normativa per un ponte di I categoria, ma risulta essere idoneo solo al raggiungimento del 71% di tali carichi.

Viste le risultanze delle analisi di vulnerabilità, si è riportato poi un confronto tecnico economico, basato su dati di concrete realizzazioni seguite dallo scrivente, riguardo all'ipotesi di consolidamento/miglioramento del ponte esistente, ovvero sua integrale sostituzione.

Al di là del mero dato tecnico economico, a parere dello scrivente e per l'esperienza acquisita, la realizzazione di una nuova opera, in termini di vantaggi operativi e di costo di futura manutenzione oltre che di reale adeguamento normativo, presenta vantaggi non quantificabili direttamente in termini economici, molto superiori all'ipotesi di consolidamento dell'attuale ponte dei Sarti.

Ing. Luca Melegari



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 87/95

**ALLEGATI :**

1. Nota di Chiarimento inviata, sul merito delle verifiche di Vulnerabilità del Ponte dei Sarti, all'amministrazione Provinciale di Parma in data 22 Aprile 2014.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 88/95

## 10 ALLEGATO nr. 1

Spett .

**Provincia di Parma**

Servizio Patrimonio, Viabilità, Infrastrutture  
Viale Martiri della Libertà  
43123 PARMA

Alla c.att.

Ing. Elisa Botta  
Ing. Giovanni Catellani

Nr. Allegati :

Nr. pagine :

10.1.1.1 Parma, 22 Aprile 2014

OGGETTO : Ponte Sulla SP.308 al Km.19+400 sul Taro, località Cà di Bada, comune di Borgotaro -  
ANALISI DI VULNERABILITA' SISMICA – Consegna degli elaborati conclusivi – NOTA DI  
CHIARIMENTO

A seguito della consegna della relazione di verifica strutturale di Vulnerabilità, sia sismica che statica, relativa al ponte di cui all'oggetto della Provincia di Parma, su esplicita richiesta dell'Amministrazione Provinciale proprietaria dell'opera si specificano le seguenti circostanze:

Riguardo alle conclusioni, che qui nel seguito si riportano, occorre segnalare che, in termini di **urgenza di intervento**, sono da considerarsi prioritariamente gli interventi qui evidenziati, senza per questo intendere che tutti gli altri siano di minor importanza:



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 89/95

### CONCLUSIONI

Da un punto di vista sismico, dalle analisi effettuate sulla base dei dati disponibili, si evince come la struttura esistente allo stato di fatto non risulti adeguata a sostenere eventi sismici con periodo di ritorno pari a 30 anni, ovvero terremoti con probabilità di superamento del 28.35% in 10 anni.

Sono state, inoltre, riscontrate delle evidenti vulnerabilità, che possono determinare notevoli criticità anche da un punto di vista statico:

i sistemi di appoggio delle travi di impalcato risultano essere costituiti da semplici piastre in acciaio, spesso fatiscenti; inoltre si riscontra un elevato degrado delle testate di alcune travi di impalcato;

si nota in alcuni casi la completa assenza del giunto tra le travi di impalcato appartenenti a campate consecutive;

la conformazione delle pile non rinforzate, costituite generalmente da setti sormontati da pilastri, determina, nella zona di interfaccia, una posizione preferenziale per la formazione della cerniera plastica, favorita anche dall'assenza del copriferro.

Si pone l'accento, infine, su una importante vulnerabilità idrogeologica: gli eventi di piena possono determinare lo scalzamento del terreno di fondazione in corrispondenza delle pile in alveo e l'erosione delle strutture. Risulta, dunque, importante valutare dei provvedimenti di protezione delle fondazioni (ad eccezione di quella della pila P3, già rinforzata con l'intervento del 2004) e delle porzioni di strutture interessate dal deflusso del torrente.

Per quanto riguarda l'impalcato, anch'esso non risulta essere adeguato a sopportare i carichi previsti dalla vigente normativa per un ponte di I categoria, ma risulta essere idoneo solo al raggiungimento del 71% di tali carichi.

Viste le risultanze delle analisi di vulnerabilità, si è riportato poi un confronto tecnico economico, basato su dati di concrete realizzazioni seguite dallo scrivente, riguardo all'ipotesi di consolidamento/miglioramento del ponte esistente, ovvero sua integrale sostituzione.

Al di là del mero dato tecnico economico, a parere dello scrivente e per l'esperienza acquisita, la realizzazione di una nuova opera, in termini di vantaggi operativi e di costo di futura manutenzione oltre che di reale adeguamento normativo, presenta vantaggi non quantificabili direttamente in termini economici, molto superiori all'ipotesi di consolidamento dell'attuale ponte dei Sarti.

Dovendo in altre parole intervenire con la massima tempestività e dovendo selezionare, per ragioni di disponibilità economica, gli interventi più urgenti, occorrerebbe dare priorità **all'eliminazione del rischio di incipiente formazione delle cerniere plastiche di attacco setti-**



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 90/95

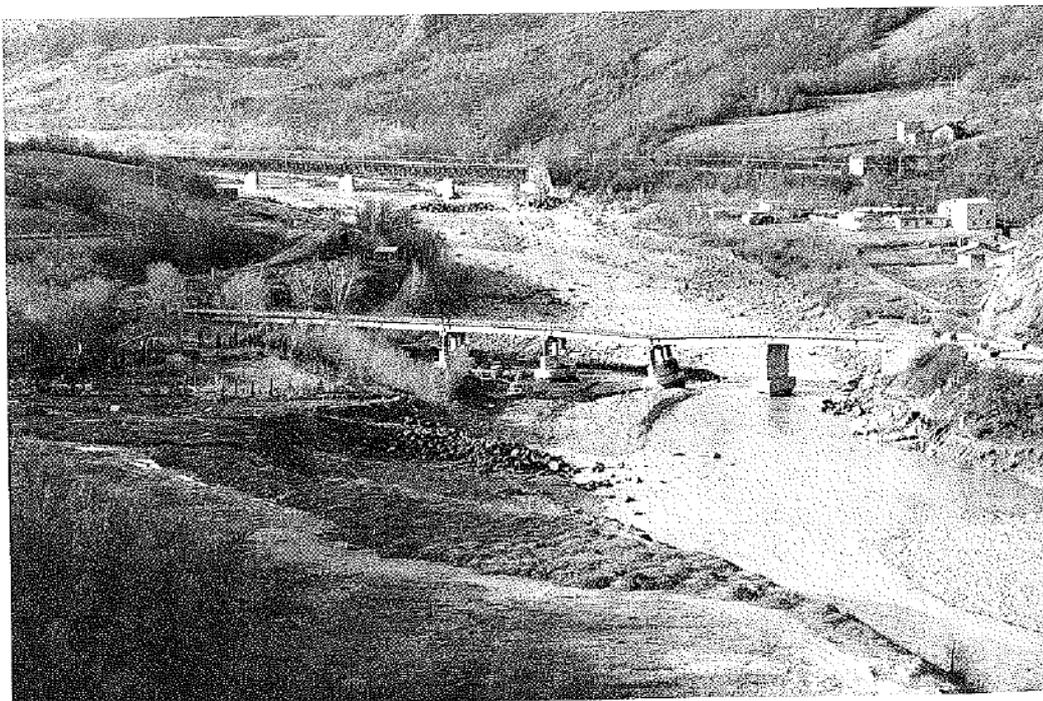
**pilastrì e cercare inoltre di presidiare il fenomeno dello scalzamento**, quantomeno nelle zone interessate dal passaggio del canale di magra del fiume.

La valutazione economica di tali interventi risulta essere paragonabile a quella già affrontata nel caso del ripristino della pila nr.3 nell'anno 2004.

*Riguardo al tema dello scalzamento, si evidenzia come già nel 1982 (si veda la documentazione fotografica qui riportata) si rese necessario intervenire con la realizzazione di piattabande su micropali a protezione quantomeno della pila nr.2.*

*Nel 2004 poi si ricorda che, con un progetto curato dal sottoscritto, dovemmo proteggere con micropali e allargamento delle fondazioni la pila nr.3, realizzando anche opere di incamiciamento per le pile allo scopo di evitarne il crollo ormai incipiente.*

*Si rese altresì necessario riportare in quota l'impalcato del ponte che si era abbassato di qualche decina di centimetri rispetto al profilo originario.*



**Foto 23. Ghiare di Berceto – Panoramica del ponte danneggiato dalla piena del 09.11.1982.**



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 91/95



**Foto 24. Ghiare di Berceto – Primo piano del ponte danneggiato: si evidenzia l'erosione delle pile (la forte velocità della corrente di piena ha abbassato il fondo dell'alveo provocando così inevitabili cedimenti).**



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

**STUDIO INGEGNERIA**

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 92/95



Situazione della Pila nr. 3 nel Dicembre 2003 ( si noti la forte inclinazione del setto di base rispetto alle pile, con conseguente abbassamento dell'impalcato ).





Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 93/95

Dicembre 2003, Situazione delle pile fondate sui setti della Pila nr.3



Ponte nella situazione attuale – La pila nr.5 prossima all'alveo non è mai stata protetta dallo scalzamento e rimangono comunque forti vulnerabilità per le pile fondate su setti ( ad eccezione della pila nr.3).

Per quanto attiene poi alla **possibilità di finanziamento regionale**, condizionato in prima istanza alla collocazione dell'opera in una zona nella quale la PGA sia superiore o uguale ad **ag/g = 0,2 g** (naturalmente per un terremoto con probabilità di superamento del  $PV_R = 10\%$  - Stato limite di Salvaguardia della Vita Umana SLV- , in  $V_R = C_U * V_N = 50$  anni, quindi con un periodo di ritorno di  $Tr=475$  anni, si precisa che nel nostro caso, le verifiche debbono essere eseguite in funzione dell'importanza strategica dell'opera e della sua vita utile prevista, per cui l'effettivo periodo di riferimento risulta  $V_R = C_U * V_N = 2 * 100 = 200$  anni che produce una valutazione dell'**ag/g = 0.319** , come nella tabella sotto riportata.



Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 94/95

In aggiunta alle considerazioni sopra riportate si evidenzia come, a seguito di ben due valutazioni di carattere geologico tecnico e sismico, i tecnici incaricati abbiano evidenziato la presenza di un **suolo di tipo E**, ossia di una coltre alluvionale di spessore non superiore ai 20 m che appoggia su un sub-strato roccioso (bedrock) con caratteristiche di resistenza molto superiori allo strato alluvionale menzionato.

In tali circostanze, come previsto anche dall'attuale normativa, si possono formare fenomeni di riflessione delle onde sismiche che tendono ad amplificare il fenomeno ben oltre le normali attese.

Tale circostanza potrebbe essere ulteriormente indagata (avendo noi già a disposizione gli esiti dei sondaggi e delle MASW) con un'eventuale ulteriore prova di caratterizzazione dinamica dell'opera per accertarne l'eventuale contiguità ai periodi (o frequenze) di possibile risonanza in caso di sisma.

La messe di dati già acquisita risulta tuttavia già piuttosto nutrita e completa per considerare il sito già praticamente dotato di microzonazione.

In sostanza il requisito dell'accelerazione di ancoraggio minima al suolo nel caso di specie, risulta ampiamente soddisfatto (anche se per le condizioni standard citate risulterebbe leggermente inferiore allo 0,2 g richiesto) per effetto della classificazione di importanza dell'opera stessa, assolutamente strategica ed "unica" come posizione ed importanza nella rete viabilistica provinciale, ed in aggiunta per la presenza di un suolo di tipo E, caratterizzando dunque il sito con una accelerazione calcolata al suolo di **ag/g = 0.319** >> 0,2 g per gli SLV (probabilità di superamento del 10%).

Si riportano nel seguito gli spettri di accelerazione relativi ai vari stati limite considerati nella valutazione di vulnerabilità sismica dell'opera.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0.120	2.354	0.259
SLD	201	0.147	2.389	0.268
SLV	1898	0.319	2.396	0.302
SLC	2475	0.346	2.394	0.310



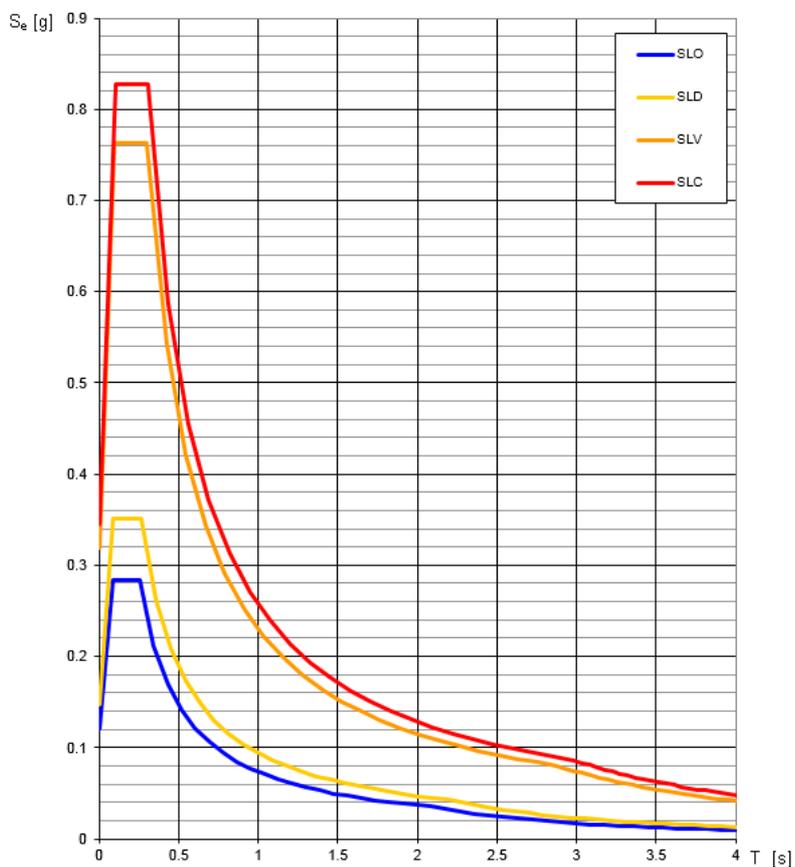
Studio Ingegneria  
str.llo Boito, 1 bis PARMA

## STUDIO INGEGNERIA

Ing. Luca Melegari  
Str.llo Boito, 1 bis - 43121 PARMA  
Tel: 0521/386153 - FAX: 0521/228360

E-Mail: [lucamelegari@studiomelegari.it](mailto:lucamelegari@studiomelegari.it)

pag. 95/95



A conclusione della breve nota di chiarimento riguardo ai due temi fondamentali dell'urgenza e della priorità dei vari interventi e della finanziabilità dell'opera ai sensi delle recenti indicazioni regionali, si rimane a disposizione per ogni ulteriore chiarimento e/o delucidazione.

Distinti saluti,

Ing. Luca Melegari

