

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA MATERA**

**Relazione di calcolo**

*Miglioramento sismico VI05 – Pile – Elevazioni*

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 0 9 C L V I 0 5 0 0 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Definitiva	I. Lardani	LUGLIO 2019	S.Di Spigno	LUGLIO 2019	F.Gernone	LUGLIO 2019	A.Vittozzi LUGLIO 2019

File: IA5F01D09CLVI0500003A\_Miglioramento Bradano pile.docx

n. Elab.:

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01D</b>	CODIFICA <b>09CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0500003</b>	REV. <b>A</b>

## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	3
3. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO DELLE PILE.....	5
5. MATERIALI .....	6
6. CRITERI DI VERIFICA.....	6
7. VERIFICA DEGLI INTERVENTI DELLE PILE.....	8
7.1 Pile 1-4 .....	8
7.1.1 <i>Verifica a pressoflessione</i> .....	9
7.1.2 <i>Verifica a taglio</i> .....	11
8. INCIDENZA ARMATURE.....	13

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01D</b>	CODIFICA <b>09CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0500003</b>	REV. <b>A</b>

## 1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la verifica degli interventi di adeguamento sismico delle pile del viadotto VI05 “Bradano”.

La presente relazione risulta intrinsecamente collegata al documento IA5F01D09CLVI0500001A relazione di calcolo – Vulnerabilità sismica del viadotto VI05 Bradano, e al documento IA5F01D09CLVI0500002A - Relazione di calcolo - Miglioramento Sismico VI05, redatti nell’ambito del medesimo progetto ed al quale si rimanda per eventuali ulteriori dettagli relativamente alle strutture esistenti ed alla definizione dei carichi e sollecitazioni agenti.



Figura 1 – Viadotto Bradano (VI05) della linea Ferrandina-Matera

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01D</b>	CODIFICA <b>09CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0500003</b>	REV. <b>A</b>

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.P.R. n. 380/2001 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”, G.U. n.8 del 20 febbraio 2018.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l’applicazione dell’ «Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: “Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.2: Ponti e strutture “ del 30/12/2016.
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A: Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.3.: Corpo stradale” del 30/12/2016.
- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.
- EN 1991-2 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2 : carichi da traffico sui ponti”
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1 : Regole generali e regole per edifici”
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi.”
- EN 1993-1 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1 : Regole generali e regole per edifici”
- EN 1993-1-8 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti”
- EN 1993-1-9 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Fatica”
- EN 1993-2 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 2 : Ponti di acciaio”
- EN 1994-2 “Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio- calcestruzzo - Parte 2 : Ponti”
- EN 1997-1 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1 : Regole generali.”
- UNI EN 1337 – Appoggi strutturali.

### 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto Bradano (VI05), compreso tra le progressive km 12+785.30 e km 13+030.10 della Nuova linea Ferrandina-Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale, sviluppa una lunghezza complessiva di 245 metri.

Il viadotto, a singolo binario, si compone di 5 campate: la campata centrale è caratterizzata da una luce di 120m realizzata mediante una travatura reticolare a via inferiore, le campate laterali sono invece costituite da impalcati in cap con due di luci da 30 e 35 metri.

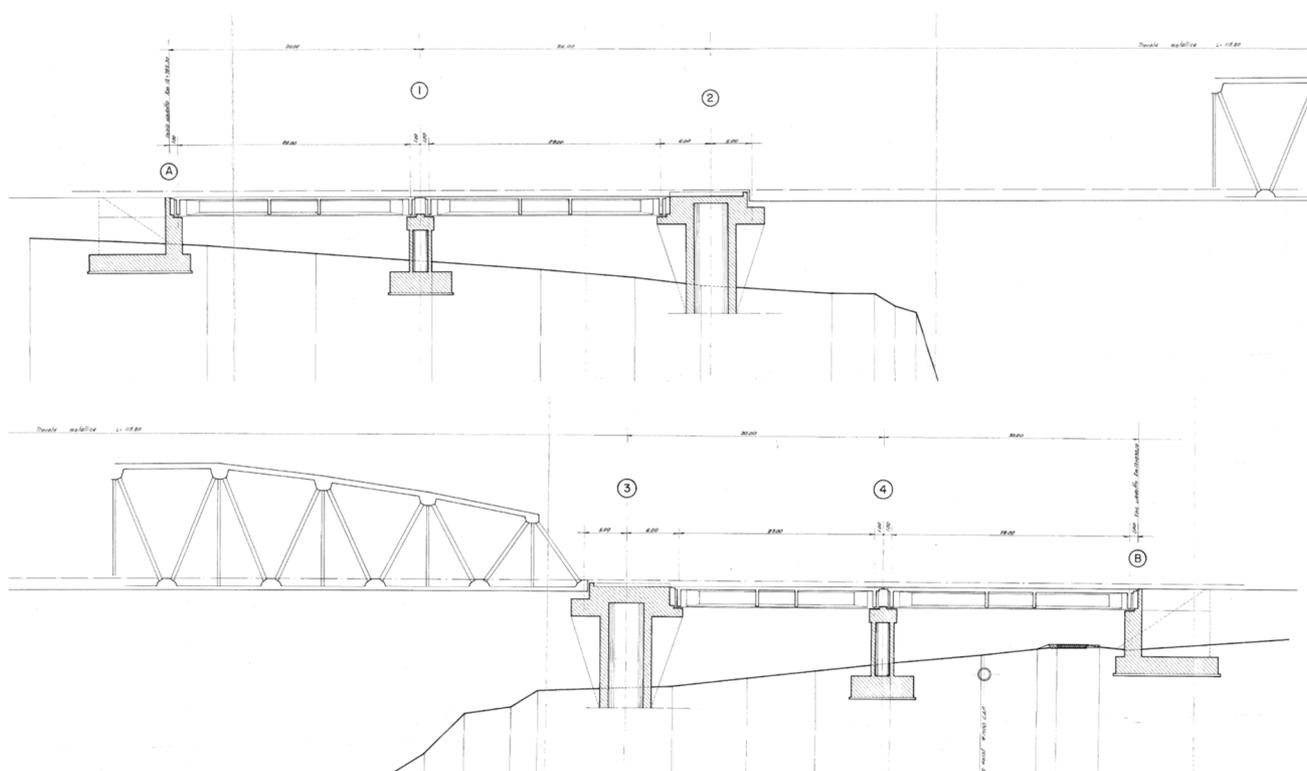


Figura 2: Sezione longitudinale viadotto (da elaborati originali di progetto)

Le pile hanno altezza variabile e sezione monocellulare in c.a. Le fondazioni sono su micropali per le pile delle campate in CAP, mentre le pile della campata in acciaio hanno una fondazione “a pozzo”.

Le spalle sono costituite da strutture in c.a. (muro frontale di spessore 2.00m, muri andatori di spessore variabile tra 1.0m e 0.5 m, zattera di fondazione di spessore 2.00m) con fondazione su micropali.

#### 4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO DELLE PILE

L'intervento di rinforzo delle pile sarà realizzato mediante la tecnica dell'incamiciatura in c.a. Tale tipo di intervento consente in generale di conseguire tutti o parte dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità portante verticale;
- aumento della resistenza a flessione e/o taglio;
- aumento della capacità in termini di deformazione;
- miglioramento della efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.

Mediante l'intervento prevede la realizzazione di uno spessore aggiuntivo di **50 cm** con l'aggiunta di due strati di armatura opportunamente annegata nel plinto di fondazione.

Le pile soggette ad intervento sono:

- Pila 1
- Pila 4

Maggiori informazioni circa i quantitativi armatura previsti saranno forniti nei paragrafi dedicati al dettaglio delle verifiche strutturali.

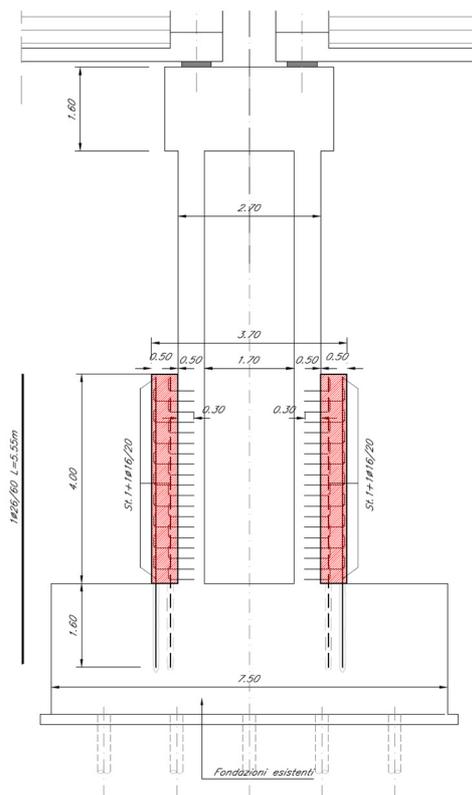


Figura 3: Intervento tipo di rinforzo dei fusti pila

	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01D</b>	CODIFICA <b>09CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0500003</b>	REV. <b>A</b>

## 5. MATERIALI

Per quanto riguarda i materiali delle strutture esistenti si rimanda alla relazione IA5F01D09CLVI0500001A - Relazione di calcolo - Vulnerabilità VI05, mentre i materiali impiegati per l'allargamento della sezione resistente risultano i seguenti:

- Calcestruzzo C30/37
- Acciaio armature B450C

## 6. CRITERI DI VERIFICA

Gli interventi di rinforzo delle pile sono stati dimensionati in relazione ai seguenti meccanismi

- verifiche a pressoflessione
- verifiche a taglio

**L'obbiettivo dell'intervento proposto è il raggiungimento della resistenza almeno pari all'80% di quella richiesta ad una nuova struttura.**

L'esito delle verifiche è riassunto dall'indice  $\rho$  che rappresenta il rapporto tra la sollecitazione e la resistenza della sezione verificata:  $\rho = \text{Domanda/Capacità} = \frac{E_d}{R_d}$ . In conseguenza di quanto indicato sopra la verifica di resistenza dell'elemento strutturale è considerata superata se  $\rho < 1.25$ .

Ai fini della valutazione della resistenza e della deformabilità di elementi incamiciati sono accettabili le seguenti ipotesi semplificative:

- l'elemento incamiciato si comporta monoliticamente, con piena aderenza tra il calcestruzzo vecchio e il nuovo;
- il carico assiale si considera applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento per i soli carichi permanenti, all'intera sezione incamiciata per i carichi variabili e per le azioni sismiche;
- le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione se le differenze fra i due materiali non sono eccessive.

I valori della capacità da adottare nelle verifiche sono quelli calcolati con riferimento alla intera sezione incamiciata nelle ipotesi semplificative su indicate e ridotte al 90% in termini di resistenza complessiva a taglio e pressoflessione:

$$M_{Rd}^* = 0.9 M_{Rd}$$

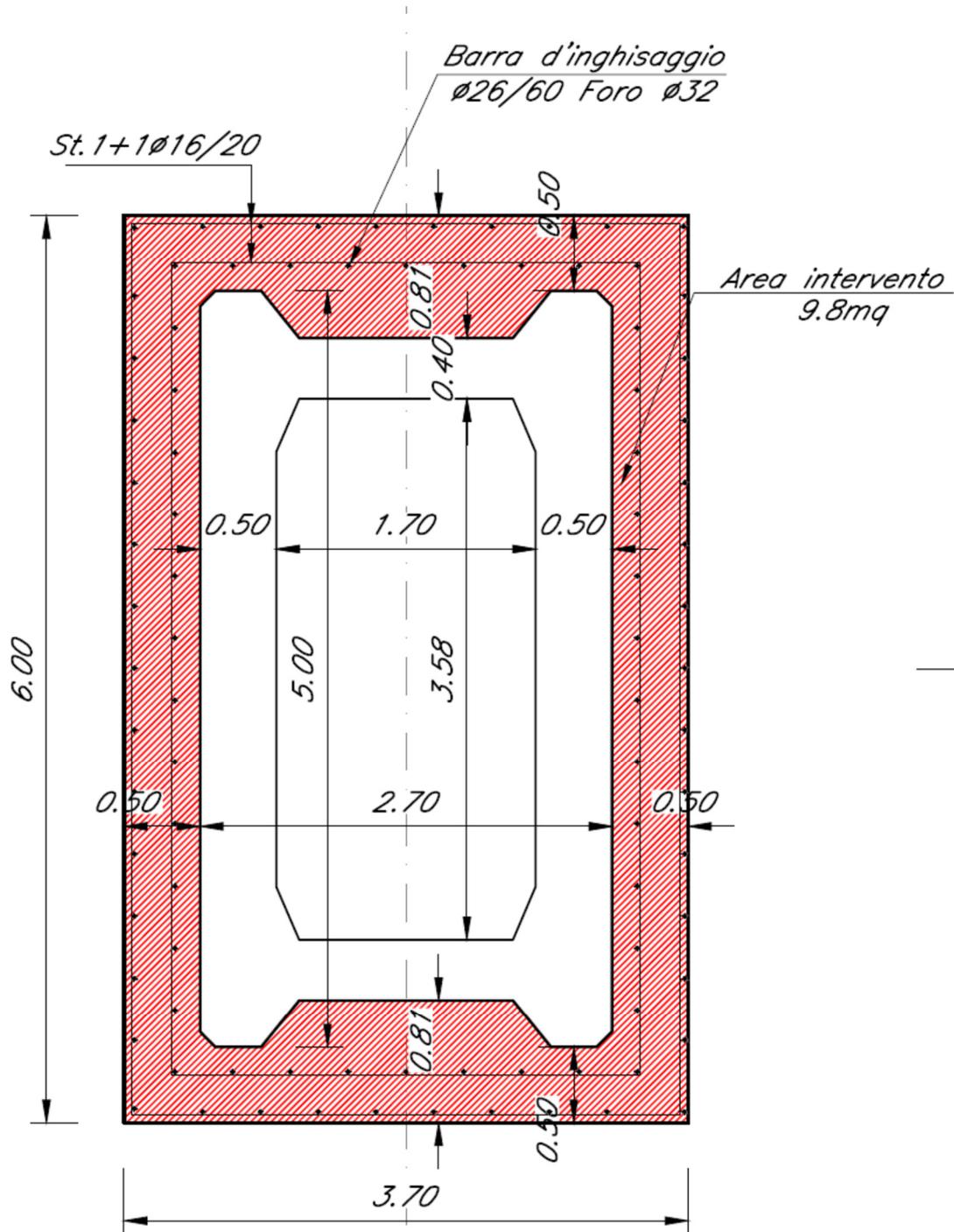
$$V_{Rd}^* = 0.9 V_{Rd}$$

dove il valore asteriscato indica la resistenza ridotta della sezione incamiciata.

## 7. VERIFICA DEGLI INTERVENTI DELLE PILE

### 7.1 Pile 1-4

L'intervento di allargamento della sezione è applicato è rappresentato nella figura seguente:



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01D</b>	CODIFICA <b>09CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0500003</b>	REV. <b>A</b>

### 7.1.1 Verifica a pressoflessione

- Armature esistenti longitudinali:

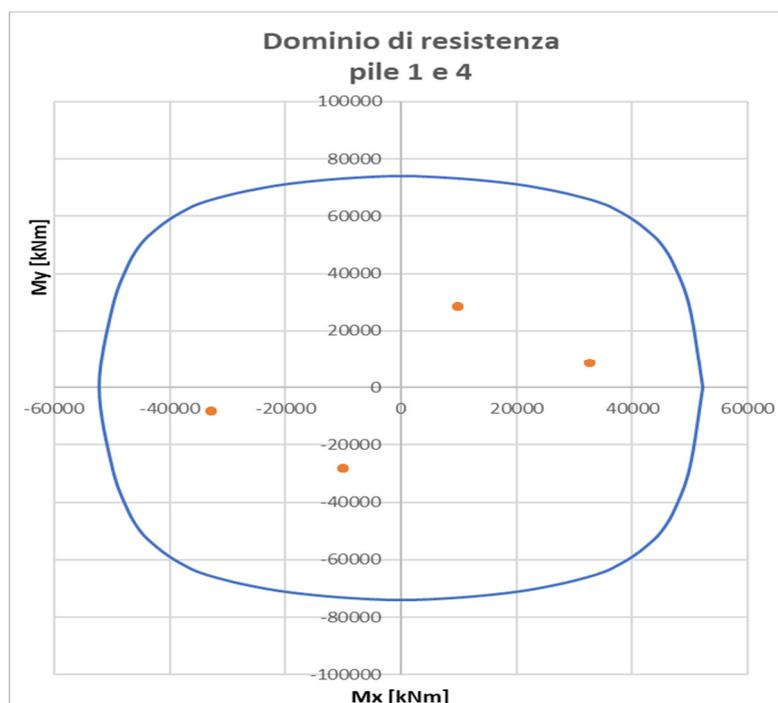
<b>Armatura sez. incastro</b>
72+44 $\phi$ 16 + 72+44 $\phi$ 26

- Armature aggiuntive longitudinali:

<b>Armatura aggiuntiva sez. incastro</b>
2 strati $\phi$ 26/60

Si riportano in sintesi i risultati ottenuti, in termini di coefficiente  $\rho$  (rapporto tra domanda e capacità) per ciascuna pila.

	tipo sez	comb.	Ned KN	Med x KNm	Med y KNm	Mrd x* kNm	Mrd y* kNm	$\rho$ -	$\rho$ max
PILA1 - FRAME1	A	SLV1 MAX	-9116	32702	8537	46151	12047	<b>0.71</b>	<b>0.71</b>
		SLV2 MAX	-10666	-32634	-8537	-46147	-12072	<b>0.71</b>	
		SLV3 MAX	-9312	9940	28457	20823	59612	<b>0.48</b>	
		SLV4 MAX	-10470	-9872	-28457	-20708	-59693	<b>0.48</b>	
		SLV1 min	-9116	32702	8537	46151	12047	<b>0.71</b>	
		SLV2 min	-10666	-32634	-8537	-46147	-12072	<b>0.71</b>	
		SLV3 min	-9312	9940	28457	20823	59612	<b>0.48</b>	
		SLV4 min	-10470	-9872	-28457	-20708	-59693	<b>0.48</b>	
PILA4 - FRAME4	A	SLV1 MAX	-9116	32702	8537	46151	12047	<b>0.71</b>	<b>0.71</b>
		SLV2 MAX	-10666	-32634	-8537	-46147	-12072	<b>0.71</b>	
		SLV3 MAX	-9312	9940	28457	20823	59612	<b>0.48</b>	
		SLV4 MAX	-10470	-9872	-28457	-20708	-59693	<b>0.48</b>	
		SLV1 min	-9116	32702	8537	46151	12047	<b>0.71</b>	
		SLV2 min	-10666	-32634	-8537	-46147	-12072	<b>0.71</b>	
		SLV3 min	-9312	9940	28457	20823	59612	<b>0.48</b>	
		SLV4 min	-10470	-9872	-28457	-20708	-59693	<b>0.48</b>	



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01D</b>	CODIFICA <b>09CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0500003</b>	REV. <b>A</b>

### 7.1.2 Verifica a taglio

Per il calcolo della capacità si fa riferimento a quanto prescritto al paragrafo C8.7.2.4.1 della Circolare esplicativa delle NTC18, “Incamicatura in c.a.”.

La capacità a taglio della sezione è stata valutata considerando in parallelo il meccanismo resistente dovuto alla sezione esistente con quello della sezione relativa al solo allargamento.

Calcolo resistenza a taglio			
	dir y (tra)	dir x (lon)	
bw	2000	2400	mm
H	6000	3700	mm
d	5400	3330	mm
Ac	1.08E+07	7.99E+06	mm <sup>2</sup>
Armatura esistente			
φ staffe esist	14	14	mm
passo	250	250	mm
n° bracci	4	4	-
Asw/s	2.463	2.463	mm <sup>2</sup> /mm
Armatura camicia			
φ staffe aggiunte	16	16	mm
passo	200	200	mm
n° bracci	4	4	-
Asw/s	4.021	4.021	mm <sup>2</sup> /mm
fyd barre esistente	312	312	Mpa
fyd barre aggiuntive	391	391	Mpa
<b>fy eq.</b>	<b>361</b>	<b>361</b>	<b>Mpa</b>
cotg teta	1	1	-
<b>Resistenza a taglio sezione</b>			
<b>Vrd*</b>	<b>11376</b>	<b>7015</b>	<b>KN</b>

Si riportano in sintesi i risultati ottenuti, in termini di coefficiente  $\rho$  (rapporto tra domanda e capacità) per ciascuna pila.

	tipo sez	comb.	Ned KN	Ved x KNm	Ved y KNm	Vrd x* kNm	Vrd y* kNm	$\rho_x$ -	$\rho_y$ -	$\rho$ max
PILA1 - FRAME1	A	SLV1 MAX	-9116	1040	4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	<b>0.55</b>
		SLV2 MAX	-10666	-1040	-4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	
		SLV3 MAX	-9312	3467	1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	
		SLV4 MAX	-10470	-3467	-1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	
		SLV1 min	-9116	1040	4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	
		SLV2 min	-10666	-1040	-4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	
		SLV3 min	-9312	3467	1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	
		SLV4 min	-10470	-3467	-1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	
PILA4 - FRAME4	A	SLV1 MAX	-9116	1040	4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	<b>0.55</b>
		SLV2 MAX	-10666	-1040	-4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	
		SLV3 MAX	-9312	3467	1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	
		SLV4 MAX	-10470	-3467	-1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	
		SLV1 min	-9116	1040	4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	
		SLV2 min	-10666	-1040	-4931	6314	10239	<b>0.16</b>	<b>0.48</b>	
		SLV3 min	-9312	3467	1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	
		SLV4 min	-10470	-3467	-1495	6314	10239	<b>0.55</b>	<b>0.15</b>	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA <b>IA5F</b>	LOTTO <b>01D</b>	CODIFICA <b>09CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0500003</b>	REV. <b>A</b>

## 8. INCIDENZA ARMATURE

Armature nuovi getti per allargamento fusto pila

$i = 70\text{kg/m}^3$