

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

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 tecnico-illustrativa

Materiali, Fattore di confidenza e criteri di calcolo

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 3 D 0 9 R O V I 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	Mar. 2019	S.Di Spigno	Mar. 2019	F.Gernone	Mar. 2019	A. Vittorzi	Mar. 2019

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittorzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: IA5F03D09ROVI0000001A.docx

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
3.	ELENCO ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
3.1	Geotecnica.....	5
3.2	Materiali e dettagli costruttivi	5
4.	LIVELLO DI CONOSCENZA CONSEGUITO.....	6
4.1	Sintesi sul livello di conoscenza conseguito.....	7
4.2	Elenco elaborati di riferimento progetto storico.....	8
4.3	Normative di riferimento progetto storico	10
5.	MATERIALI ESISTENTI.....	12
5.1	Calcestruzzi.....	12
5.2	Acciaio.....	13
6.	MATERIALI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	14
7.	ANALISI STORICO-CRITICA	15
7.1	Epoca di costruzione	15
7.2	Tecniche e regole costruttive.....	15
7.3	Forma originaria e successive modifiche	21
7.4	Descrizione dello stato di fatto.....	22
8.	INTERVENTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA	28
9.	INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO.....	31
10.	IPOTESI E CRITERI DI PROGETTAZIONE	33
10.1	Generalità.....	33
10.2	Criteri di progettazione degli interventi di protezione antisismica.....	33
10.3	Carichi.....	37
10.3.1	Impalcato.....	37
10.3.2	Pulvino.....	37
10.3.3	Carichi variabili.....	37
10.3.3.1	Azione del vento.....	38
11.	MODELLAZIONE ED ANALISI.....	41
12.	SOGLIA DI ROTTURA DEI FUSIBILI.....	43

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

13. INTERAZIONE DINAMICA TERRENO-STRUTTURA.....	46
13.1 Impedenze dinamiche.....	46
13.1.1 Impedenze dinamiche delle fondazioni su pali.....	47
13.1.2 Impedenze dinamiche delle fondazioni dirette.....	48
13.1.3 Rigidezza e smorzamento del terreno.....	51
13.2 Applicazione numerica al Viadotto Marchese.....	52
13.2.1 Fondazioni delle pile.....	52
13.2.2 Caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione.....	53
13.2.3 Matrici di impedenza.....	55
13.2.4 Risultati ottenuti e Conclusioni.....	58

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

1. PREMESSA

La presente relazione riassume i criteri progettuali adottati per lo sviluppo del progetto definitivo di **miglioramento sismico** per i viadotti presenti lungo la linea Ferrandina – Matera La Martella. Tale linea garantirà il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

Il progetto prevede il completamento della nuova linea a semplice binario elettrificata, che si dirama dalla stazione di Ferrandina, per uno sviluppo di circa 20 km fino a raggiungere il sito della nuova stazione di Matera “La Martella”.

Sono previsti **interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria** delle opere d'arte presenti e la messa in opera di un sistema di isolamento sui viadotti esistenti atto a ridurre al minimo gli interventi sulle sottostrutture presenti.

Di seguito si riporta l'elenco dei viadotti oggetto degli interventi di manutenzione e di miglioramento mediante isolamento.

<i>Stato</i>	<i>WBS</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Lung. (m)</i>
<i>esistente</i>	VI01	Viadotto Basento	1200
<i>esistente</i>	VI02	Viadotto Conche	30
<i>esistente</i>	VI03	Viadotto La Croce	180
<i>esistente</i>	VI04	Viadotto Sinatra	570
<i>esistente</i>	VI06	Viadotto Dragone	180
<i>esistente</i>	VI07	Viadotto La Chiesa	150
<i>esistente</i>	VI09	Viadotto La Copeta	600
<i>esistente</i>	VI10	Viadotto Marchese	270
<i>esistente</i>	VI11	Viadotto Mirogallo	90
<i>esistente</i>	VI12	Viadotto Ridola	360

La linea Ferrandina-Matera “La Martella” vede anche la presenza di altri 2 viadotti (il VI05-Bradano e il VI08-Gravina) che non sono oggetto del presente progetto.

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- [2] Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [3] Linee guida per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera, 2017
- [4] RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [5] RFI DTC SI CS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale
- [6] 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
- [7] RFI DTC SI SP IFS 001 A – “Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili”

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

3. ELENCO ELABORATI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta l'elenco degli elaborati di riferimento relativo a geotecnica e indagini sui materiali:

3.1 Geotecnica

Relazione descrittiva sulle fondazioni	I	A	5	F	0	3	D	0	9	R	G	V	I	0	0	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI01	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	1	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI02	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	2	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI03	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	3	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI04	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	4	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI06	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	6	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI07	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	7	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI09	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	9	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI10	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	1	0	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI11	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	1	1	0	0	0	0	1	A
Relazione Geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI12	I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	1	2	0	0	0	0	1	A

3.2 Materiali e dettagli costruttivi

Relazione_11265-ROPC_19_Rev_0_aggiornamento:
 INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE:
 VIADOTTO "MIRAGALLO"
 VIADOTTO "MARCHESE"
 VIADOTTO "RIDOLA"

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

4. LIVELLO DI CONOSCENZA CONSEGUITO

Le opere oggetto di intervento risultano ad oggi completamente realizzate, sia per quanto riguarda gli elementi strutturali, che per parte delle opere di finitura. L'assenza dei certificati relativi ai controlli sui materiali eseguiti in corso di realizzazione, pone le opere in condizioni analoghe a quelle potenzialmente previste dal quadro normativo attuale, in riferimento agli scenari definiti per il raggiungimento dei vari livelli di conoscenza delle opere esistenti. In riferimento a quanto proposto nel §C8.5.4.2 della circolare n.7 del 21/01/2019 per le costruzioni in c.a., la disponibilità dei certificati di prova originali non costituisce requisito essenziale per il raggiungimento del livello di conoscenza acquisito (LC2). L'approccio progettuale adottato - che prevede la considerazione dei fattori di confidenza coerenti con il livello di conoscenza acquisito - è coerente con l'inquadramento delle opere come "esistenti" ed è cautelativo alla luce della documentazione di progetto originale disponibile e delle indagini effettuate (che sostanzialmente confermano le indicazioni degli elaborati originali). Facendo riferimento a quanto indicato al punto C8.5 della Circolare 2019, si è quindi stabilito un opportuno livello di conoscenza sulla base della conoscenza acquisita delle opere presenti. In relazione al livello di conoscenza, le NTC definiscono poi degli opportuni fattori di confidenza, da intendersi come indici del livello di approfondimento raggiunto dalle indagini stesse.

Di seguito sono riportate le indagini eseguite:

➤ **Analisi storica**

L'attività di ricerca documentale ha consentito di reperire gli elaborati del progetto storico.

La documentazione a disposizione ha permesso di individuare:

- l'approccio progettuale utilizzato per il dimensionamento delle strutture;
- la normativa tecnica di riferimento in vigore all'epoca di costruzione;
- i carichi di progetto;
- gli elaborati di progetto necessari significativi per la modellazione dello stato di fatto;
- le caratteristiche di resistenza meccanica ipotizzate per i materiali strutturali utilizzati.

➤ **Indagini sulle strutture**

La forte ripetitività delle opere oggetto del presente progetto ed il materiale progettuale originale hanno permesso di ridurre l'entità delle prove sia di natura distruttiva (carotaggi, estrazione barre, rimozioni copriferri), che non distruttive (pacometriche e schelometriche) eseguite sulla struttura. Inoltre, i rilievi e

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

l'esame visivo condotto su tutti i viadotti hanno portato a considerare sostanzialmente omogenea la qualità costruttiva e lo stato di conservazione dei manufatti oggetto di intervento.

➤ **Indagini geognostiche**

È stata effettuata una campagna di indagini geognostiche al fine di valutare la tipologia di sottosuolo sulla quale insistono le opere.

4.1 Sintesi sul livello di conoscenza conseguito

Si riporta di seguito una sintesi degli elementi raccolti per l'individuazione del livello di conoscenza conseguito, in riferimento alle indicazioni della circolare n.7 del 21/01/2019 per le costruzioni in c.a.

Geometria: da disegni di carpenteria originali con rilievo puntuale

Dettagli costruttivi: Elaborati Progettuali con indagini limitate in situ

Proprietà dei materiali: da specifiche originali di progetto con prove limitate in situ

Sulla base delle informazioni acquisite sulla geometria e sui dettagli costruttivi, nonché sulle proprietà dei materiali, è stato acquisito il livello di conoscenza seguente:

- LC2 (adeguato)
- FC = 1.2

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI0000001	REV. A	FOGLIO 8 di 59

4.2 Elenco elaborati di riferimento progetto storico

Le valutazioni svolte e relative alle opere esistenti si basano sulle informazioni ricavate dalla documentazione di Progetto Esecutivo reperito negli archivi di RFI, in larga parte costituita dagli elaborati di progetto emessi in riferimento al 1° atto integrativo alla convenzione n°38 del 1984. Tali elaborati si riferiscono, ove disponibili, alla geometria, ai dettagli costruttivi e alle caratteristiche dei materiali.

Di seguito si riporta l'elenco degli elaborati consultati del progetto storico, risalente al 1985.

TIPOLOGICI

- 0_rdc cap 3 travi
- E.0.1_rdc_pile tipo
- E.0.2_rdc_spalle e appoggi tipo
- E.1.1_sezione tipo cap 3 travi
- E.1.2_attacco palo TE
- E.1.3_carp trave cap
- E.1.3PA_cavi trave cap
- E.1.4_particolari
- E.1.5_sezione tipo pile 6 pali
- E.1.6_plinto e pila 8 pali
- E.1.7_plinto e pila 9 pali
- E.1.8_plinto e pila 9 pali ringr
- E.2.1.PB Trave cap - Armatura secondaria
- E.2.2 Impalcato -Soletta armatura
- E.2.2PA Impalcato -Soletta armatura
- E.2.4_arma_plinto 8 pali
- E.2.5_arma_plinto 9 pali
- E.3.2_arma_pila H13m

VI01

- F.1.1 Pianta e profilo longitudinale tav.1
- F.1.2 Pianta e profilo longitudinale tav.2
- F.1.3 Pianta e profilo longitudinale tav.3
- F.1.4 Spalla A - Pianta e sezioni
- F.1.5.1 Spalla A - Armatura fondazione
- F.1.5.2 Spalla A - Armatura elevazione
- F.1.6 Pile in alveo - Pianta e sezioni
- F.1.7.1 Pile in alveo - Armatura fondazione
- F.1.7.2 Pile in alveo - Armatura elevazione
- F.1.8 Spalla B - Pianta e sezioni

F.1.9.1 Spalla B - Armatura fondazione

F.1.9.2 Spalla B - Armatura elevazione

F.1.10 Sommario e perizia di spesa

F.1 Profilo longitudinale

VI02

F.2.1.P Pianta e profilo longitudinale

F.2.1 Pianta e profilo longitudinale

F.2.2 Spalla A e B - Pianta e sezioni

F.2.2a.P Spalla B - Pianta e sezioni

F.2.3.1 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.2.3.2 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.2.3a1.P Spalla B - Armatura fondazione

F.2.4 Sommario e perizia di spesa

F.2.5.P Spalla B - Rinforzo zattera di fondazione

F.3.2a.P Spalla B - Armatura elevazione

VI03

F.3.1 Pianta e profilo longitudinale

F.3.2 Spalla A e B - Pianta e sezioni

F.3.3.1 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.3.3.2 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.3.4 Sommario e perizia di spesa

VI04

F.4.1.1 Pianta e profilo longitudinale tav.1

F.4.1.2 Pianta e profilo longitudinale tav.2

F.4.2.1 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.4.2.2 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.4.2 Spalla A e B - Pianta e sezioni

F.4.3 Sommario e perizia di spesa

F.4 Profilo longitudinale

F.4.X Particolare rete protettiva

VI06

F.6.1 Pianta e profilo longitudinale

F.6.2.0.P Carpenteria fondazione diretta Spalla A

F.6.2.1 Spalla B - Armatura fondazione

F.6.2.2 Spalla A - Armatura elevazione

F.6.2 Spalla A - Pianta e sezioni

F.6.3.0.P Carpenteria fondazione diretta Pile 1-2-3-4-5

F.6.3.1 Pila con fondazione diretta piante e sezioni

F.6.3.2.P Armatura plinti 1-2-3-4-5

F.6.4.1 Spalla B - Pianta e sezioni

F.6.4.2 Spalla B - Armatura fondazione

F.6.4.3 Spalla B - Armatura elevazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

F.6.5 Sommario e perizia di spesa

VI07

F.7.1 Pianta e profilo longitudinale

F.7.2 Spalla A e B - Piante e sezioni

F.7.2.1 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.7.2.2 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.7.3 Sommario e perizia di spesa

VI09

F.9.1 Pianta e profilo longitudinale

F.9.2.1 Spalla A e B - Piante e sezioni

F.9.2.2 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.9.2.3 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.9.3 Sommario e perizia di spesa

VI10

F.10.1 Pianta e profilo longitudinale

F.10.2.0.P Carpenteria fondazioni dirette

F.10.2.1 Pila con fondazione diretta piante e sezioni

F.10.2.2.P Armatura plinti 4-5

F.10.3.1 Spalla A e B - Piante e sezioni

F.10.3.2 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.10.3.3 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.10.4 Sommario e perizia di spesa

VI11

F.11.1 Pianta e profilo longitudinale

F.11.2 Spalla A e B - Piante e sezioni

F.11.2.1 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.11.2.2 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.11.3 Sommario e perizia di spesa

VI12

F.12.1 Pianta e profilo longitudinale

F.12.2 Spalla A e B - Piante e sezioni

F.12.2.1 Spalla A e B - Armatura fondazione

F.12.2.2 Spalla A e B - Armatura elevazione

F.12.3 Sommario e perizia di spesa

E.3.1.P Pila 5 - Armatura elevazione

4.3 Normative di riferimento progetto storico

Di seguito si riporta l'elenco degli elaborati consultati del progetto storico, risalente al 1985:

L. 05.11.1971 N. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Circ. Min. LL. PP. 14.02.1974 Istruzioni per l'applicazione della legge 5 novembre 1971, n.1086.

D.M. 12.02.1982	Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
Circ. Min. LL. PP. 24.05.1982	Istruzioni relative ai carichi, ai sovraccarichi ed ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, n.22631.
D.M. 27.07.1985	Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
CNR UNI 10012-67	Ipotesi di carico sulle costruzioni
Circ. N.54 del 15.07.1945	LC.6/27215 del servizio Lavori e costruzioni delle ferrovie e relative tabelle dei sovraccarichi.
D.M. 24.01.1986	Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.
D.M. 02.08.1980	Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di ponti stradali.
Circ. FS N.44b del 09.10.1982	Istruzioni tecniche per manufatti sottobinario da costruire in zona sismica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

5. MATERIALI ESISTENTI

5.1 Calcestruzzi

Per le caratteristiche meccaniche dei materiali si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti con le prove di laboratorio effettuate su 11 carote prelevate da pile e spalle dei viadotti Ridola, Mirogallo e Marchese:

Dati dichiarati all'accettazione				Data prova	MASSA VOLUMICA			Resistenza alla compressione				Trazione Indiretta	Modulo elastico secante a compressione
N.	Sigla di contrassegno	Data prelievo	Provenienza		D kg/m ³	Dimensioni f [mm] h [mm]	F [kN]	f _c [N/mm ²]	R	P	f (traz.) [N/mm ²]	E [N/mm ²]	
1	C1	19/02/2019	Spalla B V.Ridola	01/03/2019	2324	93,9 187,7	259,2	37,4	S	MM	5,3	25270	
2	C2	19/02/2019	Pila 11 V.Ridola	01/03/2019	2276	93,9 187,3	248,3	35,9	S	MM	5,6	21901	
3	C3	19/02/2019	Spalla B V.Mirogallo	03/03/2019	2334	93,9 187,8	292,2	42,2	S	MM	4,5	28517	
4	C4	19/02/2019	Pila 2 V.Mirogallo	04/03/2019	2325	93,9 187,6	269,4	38,9	S	MM	5,6	26529	
5	C5	19/02/2019	Pila 1 V.Mirogallo	06/03/2019	2306	93,9 187,6	252,1	36,4	S	MM	6,2	31956	
6	C6	19/02/2019	Spalla B V.Marchese	06/03/2019	2241	93,9 187,8	168,5	24,3	S	MM	3,8	22094	
7	C7	19/02/2019	Pila 8 V.Marchese	07/03/2019	2319	93,9 187,0	191,4	27,6	S	MM	3,2	29197	
8	C8	19/02/2019	Spalla 7 V.Marchese	08/03/2019	2282	93,9 187,3	187,8	27,1	S	MM	4,1	28615	
9	C9	19/02/2019	Pila 3 V.Ridola	09/03/2019	2322	93,9 187,3	296,5	42,8	S	MM	3,2	30550	
10	C10	19/02/2019	Pila 1 V.Ridola	10/03/2019	2338	93,9 187,3	310,2	44,8	S	MM	5,3	31670	
11	C11	19/02/2019	Pila 2 V.Ridola	11/03/2019	2250	93,9 187,3	315,8	45,6	S	MM	2,3	31300	

Considerando che il rapporto tra altezza e diametro del provino è pari a 2 si ha:

$$f_{c,m} = 36.64 \text{ MPa}$$

da cui

$$R_{c,m} = 1/0.83 f_{c,m} = 1/0.83 \times 36.64 = 44.14 \text{ Mpa}$$

Il fattore di disturbo F_d è stato considerato pari a 1.

La resistenza cubica di progetto dipende dalla resistenza media trovata dalle prove, dal coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo ($\gamma_c = 1.5$) e dal fattore di confidenza F_C .

Il valore medio che si è ottenuto risulta superiore a quello di progetto ($R_{cK}=25 \text{ Mpa}$): cautelativamente le verifiche strutturali verranno effettuate con il valore di progetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

Rispettando quanto detto nel paragrafo C8.5.4.2 “LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA” ([2]), si assume un fattore di confidenza pari a 1.2.

In riferimento al paragrafo 8.7.2 delle NTC2018 "Costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio" si assume:

per i meccanismi duttili

$$R_{cd} = R_{cm} / FC = 25 / 1.2 = 20.83 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = R_{cd} \times 0.83 = 20.83 \times 0.83 = 17.30 \text{ N/mm}^2$$

per i meccanismi fragili

$$R_{cd} = R_{cm} / (\gamma_c \cdot FC) = 13.88 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = R_{cd} \times 0.83 = 13.88 \times 0.83 = 11.52 \text{ N/mm}^2$$

5.2 Acciaio

Per le caratteristiche meccaniche dei materiali si riporta la tabella riassuntiva dei risultati delle prove effettuate:

N°	Diametro nominale mm	Contrassegno	Data prelievo	Sezione resistente mm ²	Allungamento percentuale	Tensione di snervamento f _y N/mm ²	Tensione di rottura f _t N/mm ²	Peso unitario kg/m	MARCHIO	PROVENIENZA	Prova di Piegamento/Raddrizzamento	
											Esito	Mandrino
1	14	A1	12/02/2019	155,9	14,0	478,6	746,1	1,224	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	SPALLA B V. RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84
2	14	A2	12/02/2019	153,9	9,1	561,9	813,3	1,208	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 11 V. RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84
3	14	A3	13/02/2019	157,6	17,1	510,7	779,0	1,237	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	SPALLA B V. MIROGALLO	ASSENZA DI CRICCHE	84
4	14	A4	13/02/2019	152,7	15,3	559,7	828,2	1,199	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 2 V. MIROGALLO	ASSENZA DI CRICCHE	84
5	14	A5	13/02/2019	151,7	14,3	534,7	815,6	1,191	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 1 V. MIROGALLO	ASSENZA DI CRICCHE	84
6	14	A6	13/02/2019	151,3	11,7	548,4	813,3	1,188	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	SPALLA B V. MARCHESE	ASSENZA DI CRICCHE	84
7	14	A7	13/02/2019	151,6	18,1	483,6	703,3	1,190	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 8 V. MARCHESE	ASSENZA DI CRICCHE	84
8	14	A8	14/02/2019	150,4	15,3	490,7	704,1	1,181	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 7 V. MARCHESE	ASSENZA DI CRICCHE	84
9	14	A9	14/02/2019	154,6	18,3	516,7	800,6	1,214	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 3 V. RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84

Annotazioni ===

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

N°	Diametro nominale mm	Contrassegno	Data prelievo	Sezione resistente mm ²	Allungamento percentuale	Tensione di snervamento f_{yk} N/mm ²	Tensione di rottura f_t N/mm ²	Peso unitario kg/m	MARCHIO	PROVENIENZA	Prova di Piegamento/Raddrizzamento	
											Esito	Mandrino
10	14	A10	14/02/2019	156,4	14,4	532,5	817,6	1,228	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 2 V.RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84
11	14	A11	14/02/2019	151,9	16,7	533,7	826,0	1,193	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 1 V.RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84

Annotazioni ===

A favore di sicurezza e sulla base del numero ridotto di prove si assumono le caratteristiche dell'acciaio di progetto FeB38K, assumendo:

Tensione di snervamento dell'Acciaio $f_{yk} = 375 \text{ N/mm}^2$

Tensione ultima dell'Acciaio $f_{tk} = 450 \text{ N/mm}^2$

a cui verranno applicati i seguenti coefficienti riduttivi sulla base del tipo di verifiche da effettuare:

Coefficienti di sicurezza per meccanismi duttili:

$$\gamma_s = 1$$

Coefficienti di sicurezza per meccanismi fragili:

$$\gamma_s = 1.15$$

Fattore di confidenza

$$FC = 1.2$$

Le prove pacometriche effettuate confermano diametri e passi delle armature previste in progetto.

6. MATERIALI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Malte e Betoncini da ripristino	R4
Carpenteria metallica S275J2 zincato	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
Armatura ordinaria B450C:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
Barre filettate classe 8.8 zincate:	$f_{tb} = 800 \text{ MPa}$

L'incamiciatura in calcestruzzo viene realizzata con cls C32/40 a ritiro compensato.

$$E_{cm}^*_{(C32/40)} = 22.000 \cdot [f_{cm}^*_{(C32/40)} / 10]^{0.3} = 33346 \text{ N/mm}^2$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI0000001	REV. A	FOGLIO 15 di 59

7. ANALISI STORICO-CRITICA

In merito a quanto definito al §8.5.1. delle NTC2018, si riporta di seguito l'analisi storico-critica del fabbricato.

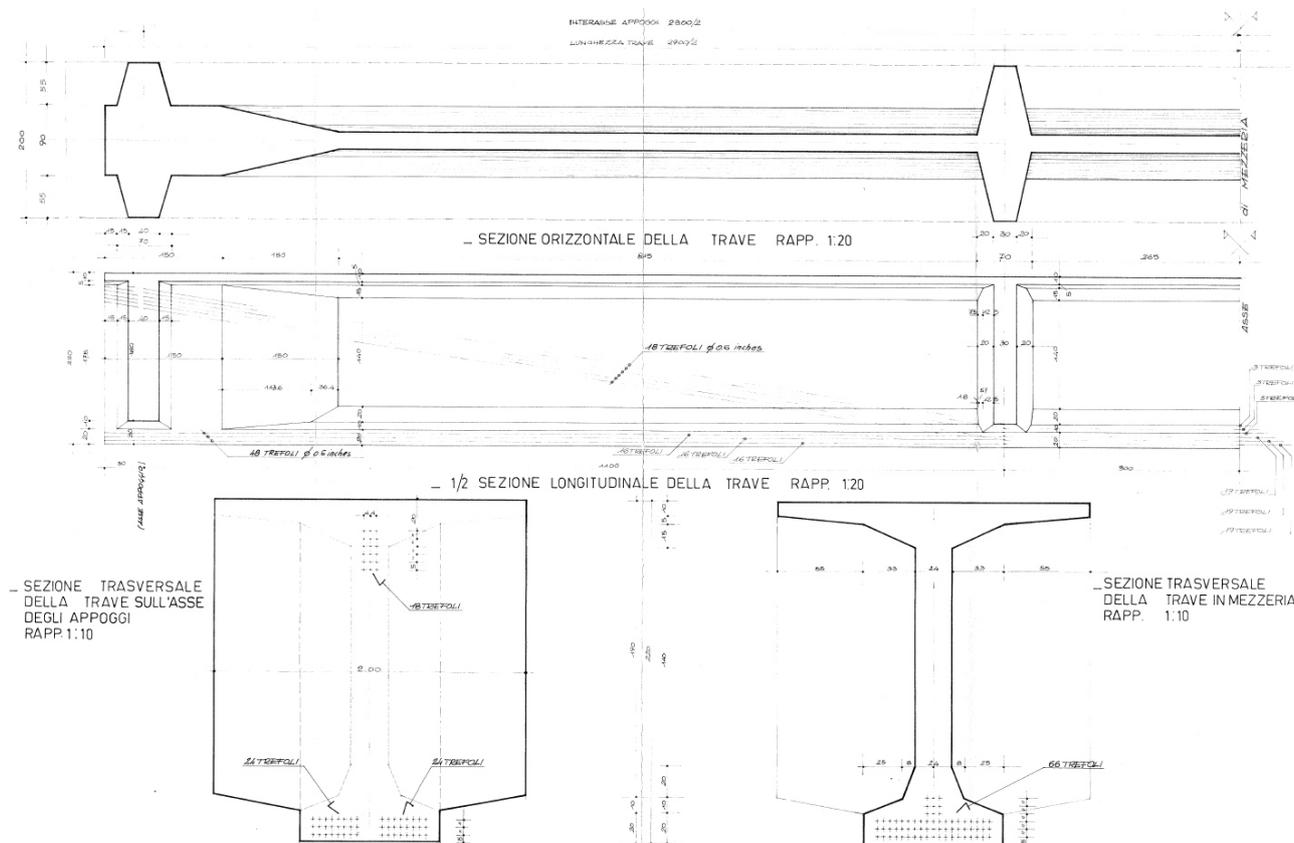
7.1 Epoca di costruzione

La progettazione delle opere risale agli anni '80. La realizzazione delle strutture si è conclusa nei primi anni '90. **Le strutture non risultano collaudate.**

7.2 Tecniche e regole costruttive

Per le norme tecniche dell'epoca di progettazione/costruzione, si faccia riferimento al relativo §

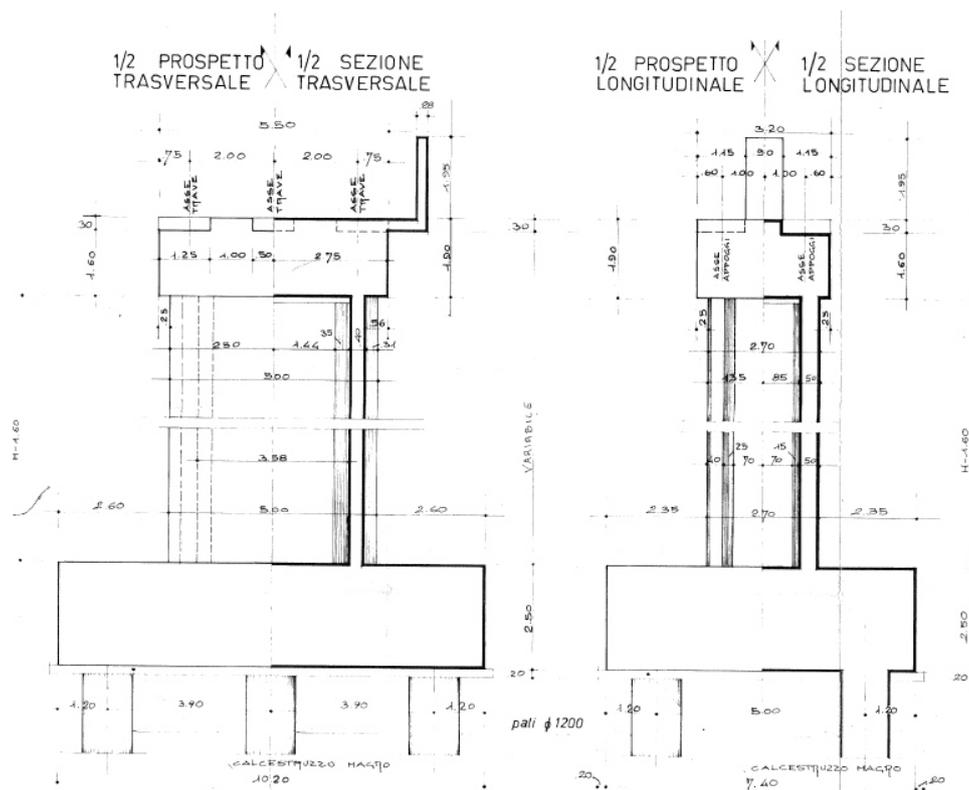
I viadotti sono costituiti da impalcati in c.a.p. in semplice appoggio di lunghezza pari a 30 [m] (asse pila) e luce pari a 28 [m] (appoggio-appoggio). Gli impalcati sono costituiti travi in c.a.p. a fili aderenti. Nella figura seguente è riportato uno stralcio del relativo elaborato del progetto originale.



Carpenteria e armatura di precompressione travi in c.a.p.

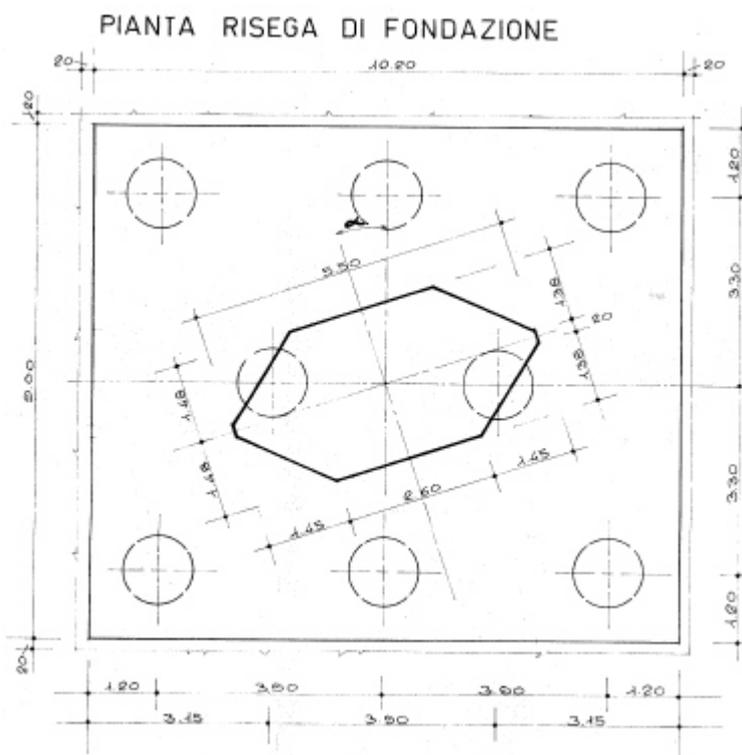
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 16 di 59

Le pile sono ad altezza variabile e nella configurazione “tipo” presentano sezione monocellulare in c.a.; le fondazioni sono costituite da plinti su pali, di dimensioni variabili in relazione al numero degli stessi, e/o fondazioni superficiali. Nella figura seguente è riportato uno stralcio del relativo elaborato del progetto originale.



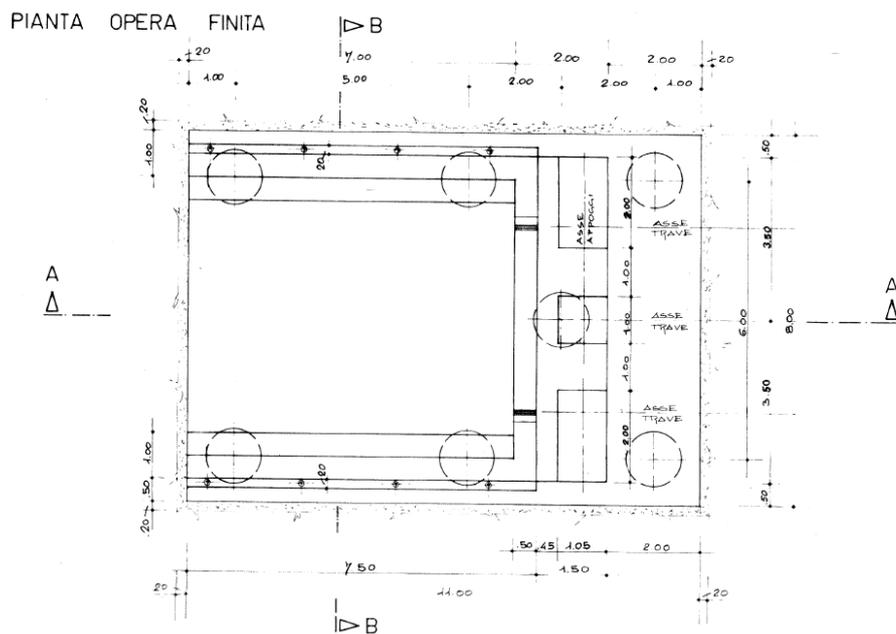
Prospetto Longitudinale e Trasversale Pila

Le pile del viadotto Basento interessate dall'area di esondazione presentano una sezione “esagonale” ruotata rispetto all'asse del viadotto.



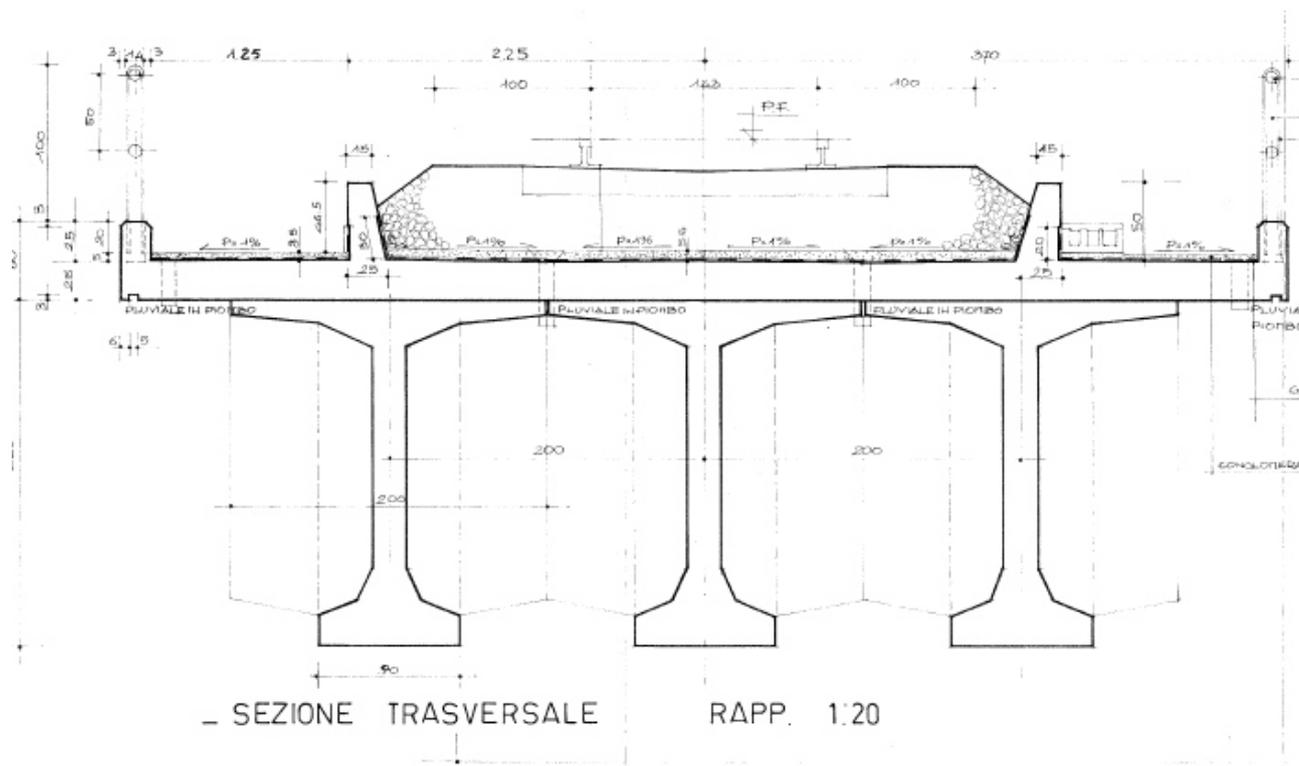
Pianta Pila in alveo Basento

Le spalle sono costituite da strutture in c.a. (muro frontale di spessore 2.00 [m], muri andatori di spessore variabile 1/0.5 [m], zattera di fondazione di spessore 2.00 [m]) con fondazione su pali di diametro $f = 1.2$ [m] o dirette.



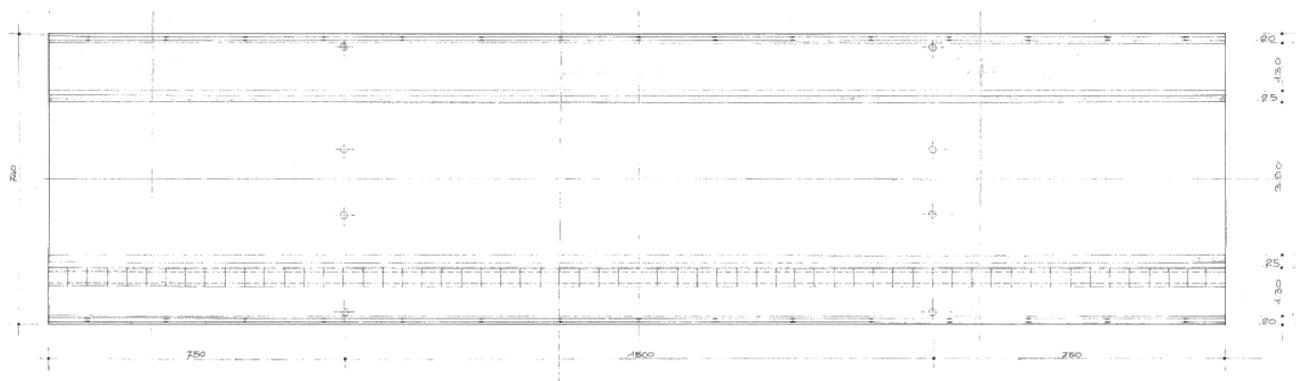
Pianta spalle

La sezione tipo dei viadotti esistenti è costituita da una piattaforma di larghezza complessiva pari a 7.4 m. La sezione è riportata nella figura seguente. Si precisa che l'impermeabilizzazione al momento presente sugli impalcati non è coerente con quanto riportato nella figura seguente e che l'armamento ferroviario non risulta al momento realizzato.



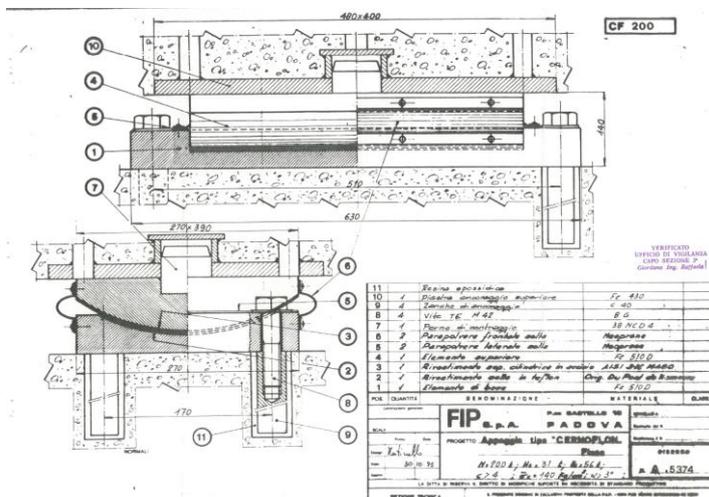
Sezione tipo esistente in viadotto

Il drenaggio di piattaforma prevede oltre ai discendenti sugli sbalzi, anche discendenti posti sotto binario. Nella figura seguente è riportato uno stralcio del relativo elaborato del progetto originale.

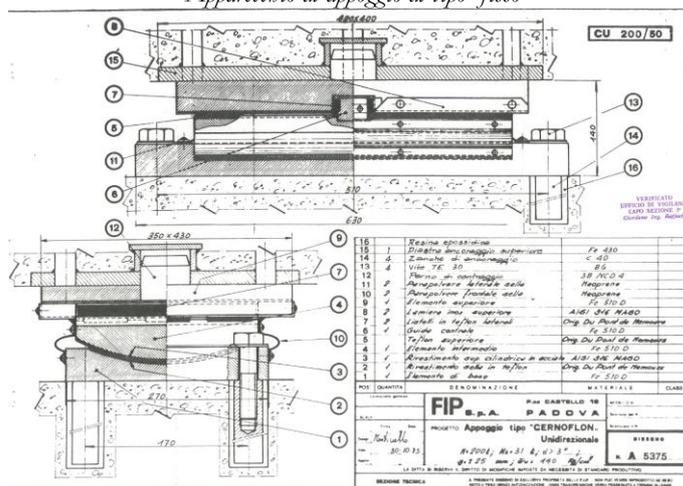


Drenaggio di piattaforma

Gli appoggi prevedono uno schema di tipo fisso-mobile, in particolare con la configurazione di 3 appoggi fissi (cerniera) e 3 appoggi mobili unidirezionali (carrello) del tipo come mostrato nelle figg. seguenti:



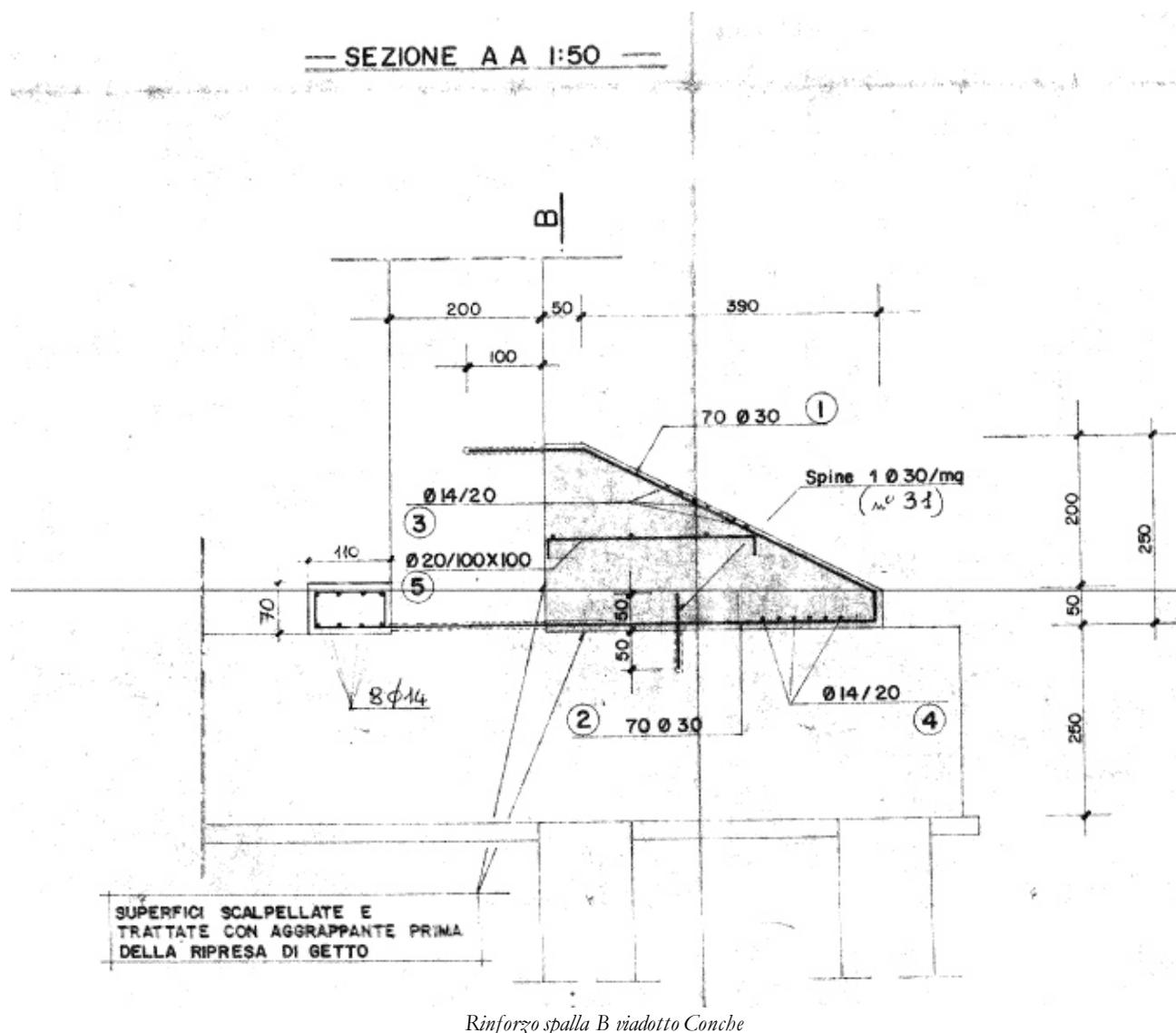
Apparecchio di appoggio di tipo "fisso"



Apparecchio di appoggio di tipo "mobile"

7.3 Forma originaria e successive modifiche

Ad esclusione di modesti interventi di risarcitura localizzati, i rilievi e le campagne di indagini non hanno dato evidenza di interventi sostanziali sulle strutture successivi alla realizzazione, a meno di interventi previsti nella documentazione di progetto originale.



7.4 Descrizione dello stato di fatto

In generale i manufatti non presentano evidenti segni di dissesto legati al comportamento statico delle strutture. Le parti in calcestruzzo ammalorate sono prevalentemente le solette di impalcato in prossimità dei retrotrave, i pulvini e le parti terminali di muretti paraballast e cordoli (si vedano le figure seguenti). Tali elementi necessitano di interventi di demolizione e ricostruzione. Relativamente alla soletta di impalcato in prossimità del varco, la demolizione della stessa si rende necessaria anche per adeguare la geometria agli spostamenti in esercizio e sismici, valutati nell'ambito degli interventi di adeguamento sismici previsti.

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

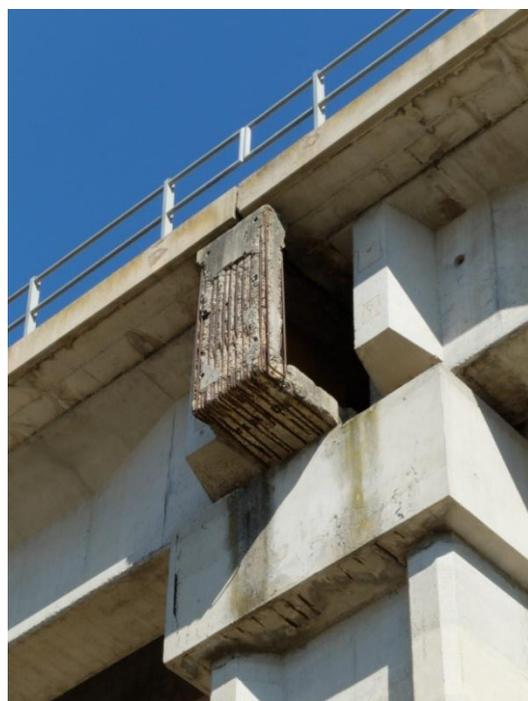


a) - Giunto di impalcato; b) – muretti paraballast su spalla/ impalcato



Ammaloramenti su pulvino

Le strutture di supporto della T.E. (rif. “Candelabri”) presentano uno stato di degrado generalizzato (si vedano le figure seguenti); per questo se ne prevede la demolizione con ripristino ex-novo del sistema di supporto stesso. Il ripristino del sistema di supporto è previsto mediante strutture metalliche fissate ai pulvini; questo al fine di rendere compatibile la presenza delle strutture stesse con la nuova geometria dei pulvini, necessaria al posizionamento dei dispositivi di protezione (isolatori e dissipatori) previsti dall’intervento di miglioramento sismico.



Ammaloramenti su strutture di supporto della T.E. (“candelabri”)

Le parti dei getti in elevazione (pile e spalle) che presentano ammaloramenti, sono solo in parte dovuti a degradi legati ad aggressione chimico-fisica, ma piuttosto riconducibile a difetti localizzati (si vedano le figure seguenti), recuperabili mediante interventi puntuali.



Ammaloramenti su pile

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI0000001	REV. A	FOGLIO 26 di 59

Relazione tecnico-illustrativa

La strategia di protezione antisismica scelta per i viadotti comprende l'impiego di dispositivi di isolamento e dissipazione che devono essere installati in sostituzione degli apparecchi di appoggio già presenti.



Dispositivo di appoggio



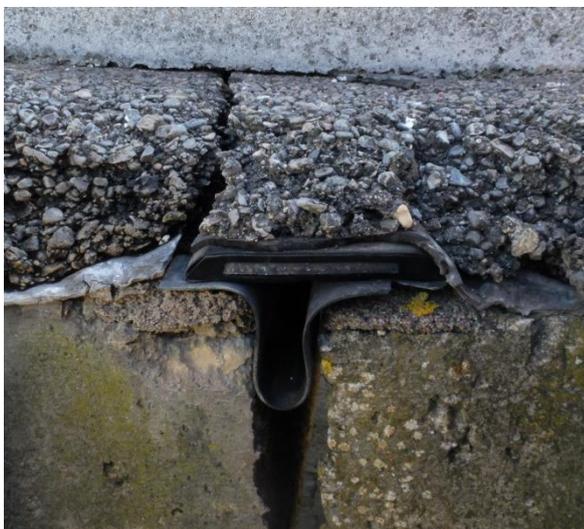
Ritegno sismico

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 27 di 59

Relazione tecnico-illustrativa

In generale lo stato di conservazione dell'impermeabilizzazione ne rende necessaria la rimozione ed il completo rifacimento, anche in relazione agli altri interventi di manutenzione necessari e alle modifiche che si intendono apportare per migliorare lo smaltimento delle acque sugli impalcati.

Pur versando in un discreto stato di conservazione, si ritiene che i parapetti presenti sui viadotti necessitino di un intervento per adeguarne le caratteristiche agli odierni standard funzionali e di sicurezza, pertanto se ne prevede la completa sostituzione.



a - Impermeabilizzazione e varco; b - Parapetti

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

8. INTERVENTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA

In sintesi le operazioni previste sono descritte di seguito rimandando per maggior dettaglio agli elaborati grafici:

1. Rimozione massetto ed impermeabilizzazione impalcato
2. Sollevamento dell'impalcato
3. Rimozione degli appoggi esistenti, demolizione strutture di sostegno pali TE, demolizione ritegni sismici esistenti
4. Esecuzione lavorazioni sottostrutture (sono previsti anche interventi di iniezione per il risanamento di vespai e fessure)
5. Messa in opera nuovi apparecchi di appoggio e ritegni (isolatori) e calaggio impalcato
6. Demolizione parte terminale sbalzi longitudinali solette e parte dei paraballast. Esecuzione tasche su paraballast per nuovo sistema smaltimento acque
7. Interventi corticali sulle strutture impalcato e iniezione delle guaine dei cavi dei trasversi
8. Ricostruzione parte dello sbalzo della soletta, dei paraballast (compresa sopraelevazione) e dei cordoli laterali, messa in opera dei nuovi giunti. Messa in opera dei nuovi parapetti e della struttura di sostegno TE
9. Esecuzione massetto pendenze, nuova impermeabilizzazione e nuovo sistema di drenaggio

Macroscopicamente le lavorazioni di risanamento da eseguire sulle strutture sono state tipologizzate come di seguito indicato:

INTERVENTO "A"

Idrodemolizione corticale del cls

Idrodemolizione del calcestruzzo. A conclusione dell'intervento le superfici devono essere pulite, prive di elementi estranei e deve essere eliminato ogni elemento che possa alterare la coesione per i successivi trattamenti e/o getti e deve essere effettuata la spazzolatura a metallo bianco.

INTERVENTO "A1"

Sabbiatura superficiale del cls

Sabbiatura di superfici di calcestruzzo, per renderle atte a ricevere malte, o rasature o rivestimenti protettivi filmogeni.

INTERVENTO "B"

Malta da ripristino classe R4

La ricostruzione dei centimetri di spessore del calcestruzzo asportato verrà eseguita con malta tixotropica e l'utilizzo di r.e.s. Spessore 5cm

INTERVENTO "C"

Trattamento protettivo delle superfici in calcestruzzo

Applicazione di un rivestimento protettivo filmogeno, elastico, bicomponente, a base di resine poliuretaniche alifatiche in solvente, dato a mano o meccanicamente.

INTERVENTO "D"

Malta da ripristino classe R4

La ricostruzione dei centimetri di spessore del calcestruzzo asportato verrà eseguita con malta tixotropica. Spessore 3cm

Le quantità previste per ogni parte d'opera sono indicate nelle successive tabelle:

TABELLA INTERVENTI/QUANTITA' - SOLETTA

	Intervento "A"	Intervento "A1"	Intervento "B"	Intervento "C"	Intervento "D"
ESTRADOSSO SOLETTA		superficie = 100%			
PARABALLAST	spessore = 3cm superficie = 30%	superficie = 70%	-	superficie = 100%	spessore = 3cm superficie = 30%
CORDOLO	spessore = 3cm superficie = 30%	superficie = 70%	-	superficie = 100%	spessore = 3cm superficie = 30%
INTRADOSSO SOLETTA (sbalzi)	spessore = 3cm superficie = 100%	-	-	superficie = 100%	spessore = 3cm superficie = 100%

TABELLA INTERVENTI/QUANTITA' - TRAVI CAP

	Intervento "A"	Intervento "A1"	Intervento "B"	Intervento "C"	Intervento "D"
TRAVI - SUPERF. ANIMA ED ALA SUP.	-	superficie = 100%	-	superficie = 100%	-
TRAVI - SUPERF. BULBO INFERIORE	spessore = 3cm superficie = 80%	superficie = 20%	-	superficie = 100%	spessore = 3cm superficie = 80%
TRAVI - TESTATE	spessore = 3cm superficie = 100%	-	-	superficie = 100%	spessore = 3cm superficie = 100%

TABELLA INTERVENTI/QUANTITA' - SPALLE E MURI ANDATORI

	Intervento "A"	Intervento "A1"	Intervento "B"	Intervento "C"	Intervento "D"
SUPERF. ESTERNE SPALLE E MURI ANDATORI	spessore = 5cm superficie = 50%	-	spessore = 5cm superficie = 50%	superficie = 100%	-

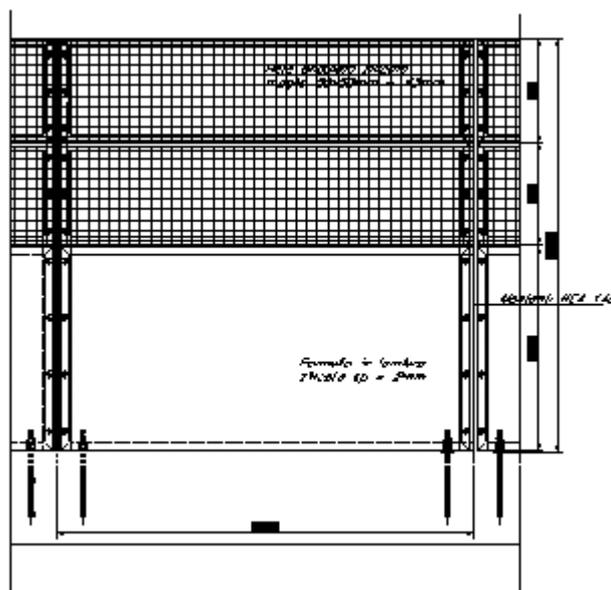
TABELLA INTERVENTI/QUANTITA' - PILE

	Intervento "A"	Intervento "A1"	Intervento "B"	Intervento "C"	Intervento "D"
SUPERF. ESTERNE PULVINI	spessore = 5cm superficie = 100%	-	spessore = 5cm superficie = 100%	superficie = 100%	-
SUPERF. ESTERNE PILE	spessore = 5cm superficie = 50%	superficie = 50%	spessore = 5cm superficie = 50%	superficie = 100%	-

TABELLA INTERVENTI/QUANTITA' - PLINTI PILE

	Intervento "A"	Intervento "A1"	Intervento "B"	Intervento "C"	Intervento "D"
SUPERF. ESTRADOSSO PLINTO	spessore = 5cm superficie = 30%	superficie = 70%	spessore = 5cm superficie = 30%	superficie = 100%	-

Inoltre si prevede la completa sostituzione dei parapetti esistenti e il posizionamento di una rete di protezione sulle tre campate del viadotto Sinatra in corrispondenza della SS7.



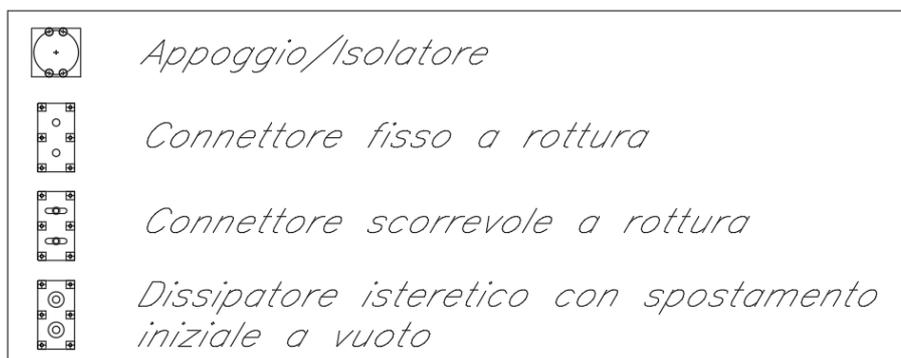
Rete anticaduta con pannello cieco

Lo sviluppo della successiva fase di progettazione dovrà essere supportato da ulteriori campagne di rilievo e indagine volte a rilevare lo stato e l'evoluzione del degrado delle singole opere e dei singoli elementi strutturali nel momento dell'esecuzione delle lavorazioni.

9. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Le analisi di vulnerabilità svolte per i diversi viadotti in riferimento alle azioni sismiche previste dalla normativa attuale hanno evidenziato la necessità di procedere a interventi di miglioramento sismico. Gli interventi di **miglioramento sismico** prevedono di modificare lo schema statico attuale (di tipo fisso-scorrevole) con uno che, mediante l'uso di dispositivi di connessione fissi e scorrevoli a rottura, consente di realizzare uno schema di vincolo che risponde in modo diverso a seconda che il sistema sia sottoposto ad azioni di "esercizio" o ad azioni dovute ad un evento sismico "severo".

Al fine di limitare gli spostamenti massimi per azioni di esercizio e sismiche di limitata entità saranno previsti dispositivi di collegamento fissi e scorrevoli, operanti in parallelo con gli appoggi/isolatori, volti a realizzare lo schema di appoggio fisso-unidirezionale. I collegamenti sono stati progettati per rompersi ad un prefissato livello di sollecitazione, garantendo così l'isolamento dell'impalcato sotto l'effetto delle azioni previste allo SLD, SLV e allo SLC.



	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 32 di 59

Relazione tecnico-illustrativa

Con riferimento alla figura, i dispositivi 2 e 5 sono costituiti da isolatori/appoggi in elastomero armato posti in parallelo a dei connettori a rottura rispettivamente di tipo fisso (2) e scorrevole (5).

I restanti dispositivi sono ancora costituiti da isolatori/appoggi in elastomero armato, posti però, in tale circostanza, in parallelo a dei dissipatori isteretici a piolo con spostamento iniziale a vuoto. Questo “gap” interposto tra la testa del piolo e il foro circolare delle piastre ancorate ai pulvini, è necessario ad evitare che i dissipatori entrino in gioco per effetto degli spostamenti causati dalle combinazioni non sismiche. Il gap assunto risulta pari a 5.0 cm.

La strategia di miglioramento sismico adottata è stata scelta al fine di:

- ridurre le sollecitazioni sulle sottostrutture (pile e fondazione) in fase sismica
- evitare interventi di rinforzo delle pile esistenti
- ridurre i tempi di esecuzione degli interventi di miglioramento
- ridurre i costi di esecuzione degli interventi di miglioramento
- ridurre l’impatto sul territorio degli interventi di miglioramento

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

10. IPOTESI E CRITERI DI PROGETTAZIONE

10.1 Generalità

Si premette che il miglioramento delle opere alle NTC 2018 è limitato all’ambito sismico. Non sono quindi previsti interventi strettamente legati a requisiti relativi agli stati limite SLE e SLU statico per le opere esistenti, né è prevista l’applicazione del sovraccarico ferroviario di normativa.

Inoltre, gli interventi di adeguamento di tutte le opere non rispondenti ai requisiti di sicurezza in condizioni sismiche, sono da intendersi come parte integrante dell’intervento complessivo che comprende anche il risanamento e le predisposizioni per armamento e tecnologie di cui agli interventi di “manutenzione ordinaria e straordinaria”.

10.2 Criteri di progettazione degli interventi di protezione antisismica

Si riportano di seguito le ipotesi e criteri di progettazione degli interventi di protezione antisismica dei viadotti in C.A.P. esistenti, scaturite dalle analisi svolte. Tali interventi sono comunque associati a quelli di manutenzione ordinaria e straordinaria prima descritti:

- La valutazione delle azioni sismiche sarà effettuata considerando i seguenti parametri:

$V_n=50$ anni

Classe d'uso: II

$C_u = 1.0$

$q = 1.0$

- Ai fusibili viene assegnata una soglia di rottura tale da resistere ad azioni superiori a quelle di esercizio (da traffico ferroviario, vento e da azioni termiche), in modo da garantire la fruibilità della linea secondo i livelli di sicurezza previsti dalle normative attuali.
- La progettazione degli interventi traguarderà un livello di miglioramento pari a 1.0 (completo adeguamento) secondo la definizione del D.M.2018.
- Tutti gli elementi sismoresistenti sono progettati con il mantenimento delle sezioni in campo sostanzialmente elastico.
- Per le analisi delle pile le masse inerziali considerate sono tutte quelle presenti da estradosso fondazione fino al piano ferro, oltre al 20% del carico da traffico ferroviario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 34 di 59

Per le pile viene garantito un livello di completo adeguamento, mantenendo le varie sezioni in campo sostanzialmente elastico, prevedendo, se del caso, una adeguata incamiciatura delle stesse.

Le spalle sono considerate elementi non sismo-resistenti: il manuale di progettazione ne richiede i controlli per luci di impalcato superiori ai 70m.

Sono state comunque condotte le analisi globali in condizione sismica considerando le seguenti ipotesi:

- I pesi propri dell'opera e del terreno imbarcato sono gli stessi di quelli relativi alle condizioni non sismiche.
- La spinta statica del terreno è determinata secondo la teoria di Coulomb. In particolare il coefficiente di spinta attiva è stato definito attraverso la seguente espressione:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi')}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \varepsilon)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

dove:

ψ inclinazione paramento interno della spalla;

φ' angolo d'attrito efficace del terreno di riempimento a tergo della spalla;

δ angolo d'attrito terra-paramento (in prima approssimazione pari a 2/3 di φ');

ε inclinazione del terreno a tergo della spalla.

- La spinta complessiva del terreno sull'opera in condizione sismica è valutata sulla base della teoria di Mononobe-Okabe:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \vartheta)}{\cos\vartheta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \vartheta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \varepsilon - \vartheta)}{\text{sen}(\psi - \vartheta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

Dove:

ψ inclinazione paramento interno della spalla;

φ' angolo d'attrito efficace del terreno di riempimento a tergo della spalla;

δ angolo d'attrito terra-paramento (in prima approssimazione pari a 2/3 di φ');

ε inclinazione del terreno a tergo della spalla.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI0000001	REV. A

$$\vartheta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

$$k_h = \frac{\beta_m \cdot a_{\max}}{g}$$

$$k_v = 0.5 \cdot k_h$$

è un coefficiente definito pari a 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e pari a 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD) (rif. §7.11.6.2.1. del DM 17.01.2018).

L'incremento dovuto all'azione sismica agente sulla spalla (ΔS_{sism}), calcolato come differenza fra la spinta complessiva sismica e quella statica (S_{stat}), viene applicato come illustrato di seguito:

$$S_{\text{stat}} = k_a \cdot \left(\frac{\gamma_t h_s^2}{2} + \gamma_t h_r h_s + q h_s \right) \quad \text{è la spinta litostatica;}$$

$$S_{\text{sism}} = k_{as} \cdot \left((1 + k_v) \cdot \frac{\gamma_t h_s^2}{2} + \gamma_t h_r h_s + q h_s \right) \quad \text{è la spinta sismica;}$$

$$\Delta S_{\text{sism}} = S_{\text{sism}} - S_{\text{stat}} \quad \text{è l'incremento di spinta sismico;}$$

$$\gamma_t \quad \text{è il peso per unità di volume del terreno a tergo della spalla;}$$

$$q \quad \text{è il sovraccarico agente superiormente (ulteriori strati di terreno, armamento e carico da treno).}$$

- Alle azioni sopra indicate si aggiungono le azioni inerziali correlate alle masse strutturali dell'opera (muro e ciabatta di fondazione) e del terreno imbarcato; queste ultime pari ad $a_{\max} \cdot w_i$, essendo a_{\max} l'accelerazione di aggancio dello spettro per la categoria di suolo in oggetto e w_i il peso strutturale dell'opera o il peso del terreno imbarcato.
- Infine, ai carichi sopra indicati si aggiungeranno le azioni trasmesse dall'impalcato alla sommità dell'opera.
- Alle azioni descritte sono aggiunte quelle concernenti il carico da traffico in funzione del corrispondente coefficiente di combinazione $\psi_2=0.2$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

Data la ripetitività della tipologia di impalcato e pile e tenuto conto dell'uniformità del valore di ag lungo tutto lo sviluppo della linea, le analisi con isolamento sono state condotte su un numero significativo di viadotti (5) tale da involuppare tutte le situazioni possibili. In particolare si è tenuto conto della categoria sismica del terreno, delle altezze delle pile e del tipo di fondazione, del raggio di curvatura del tracciato ed infine della lunghezza del viadotto, elemento quest'ultimo meno significativo.

Nella successiva tabella si riportano le caratteristiche suddette:

	N° CAMP	Hmin	Hmax	Tipo Fond.	Rcurv.	T.Terreno	Analogia calcolo
VI01 BASENTO	40	3,85	11,8	P	800-805	C	1
VI02 CONCHE	1	-	-	P	1200	C	1
VI03 CROCE	6	5,65	7,1	P	oo/RP	C	5
VI04 SINATRA	19	5,4	11,8	P	RP/oo/RP	E	2
VI06 DRAGONE	6	6	7,5	D cons	oo	B	3
VI07 LA CHIESA	5	5,7	7,1	P	oo	E	2
VI09 LA COPETA	20	5,9	15,3	P	900	E	4
VI10 MARCHESE	9	6,9	16,25	P/D cons	oo	E	2
VI11 MIROGALLO	3	7,4	7,9	P	oo	E	2
VI12 RIDOLA	12	6,1	17,3	P	oo/RP	C	5

Dove Hmin e Hmax rappresentano le altezze delle pile minima e massima e nel tipo di fondazione:

P = fondazioni profonde

Dcons = fondazioni dirette su terreno consolidato con micropali

Per la famiglia 2, ovvero quella che associa il maggior numero di viadotti, si è ritenuto significativo lo sviluppo del modello del viadotto Marchese – VI10 in quanto in esso sono presenti le pile più alte associate alla categoria di terreno E con terreno consolidato e le pile più alte con fondazioni su pali (pila P3, H= 13.30m).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 37 di 59

10.3 Carichi

I carichi permanenti (pesi propri e portati) sono stati valutati sulla base delle caratteristiche geometriche e sulle indicazioni ricavate dal progetto originale.

10.3.1 Impalcato

Area di una trave = 1.03 m²

Peso travi	1x29x3x25	2175 kN
Ringrosso in corrispondenza dei traversi	1.5x0.9x1.80x2x3x25	364 kN
Traversi di testata	1.80x5.40x0.40x2x25	194 kN
Traversi di campate	1.80x5.40x0.30x2x25	146 kN
Soletta	7.40x0.25x30x25	1388 kN
Cordoli	2x(0.20x0.25)x30x25	75 kN
Para-Ballast	2x(0.20x0.50)x30x25	150 kN
Ballast	4x0.70x30x18	1512 kN
Impermeabilizzante	7.4x30x30	666 kN
Corrimano e canalette	4x30	120 kN
Per un peso complessivo		G1+G2 ~ 6800 kN

10.3.2 Pulvino

Altezza netta del pulvino

Peso pulvino	1.60x3.20x5.50x25	704 kN
Ritegni	(0.9x5.5+4x1x1.15)x0.3x25	71.6KN
Per un peso complessivo		G1 ~ 775 kN

10.3.3 Carichi variabili

Per quanto riguarda i carichi variabili, sono stati considerati quelli previsti dalla documentazione di progetto disponibile. In particolare il treno di carico considerato è il Treno Tipo A con centrifuga e frenatura ad esso associati.

Per quanto riguarda l'azione del vento invece essa è stata valutata sulla base della normativa ad oggi in vigore ed associata inoltre ad una altezza di treno pari a 4m, contrariamente ai 3m previsti nella relazione originale di progetto.

Anche per le azioni termiche si sono tenute in conto le indicazioni derivanti dalle Normative ad oggi in vigore.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

10.3.3.1 Azione del vento

Per il vento in particolare sono state valutate due situazioni, per meglio tarare la soglia di rottura dei fusibili (vedi paragrafi successivi):

Scenario 1 (valido per viadotto Le conche):

Calcolo dell'azione del vento su impalcato a travi multiple, $h=5$ [m] dal suolo

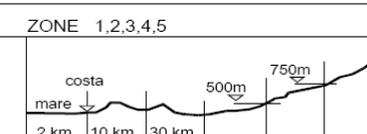
Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
3	27	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			200
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			27.000
a_R (T_R)			1.00073
v_b (T_R) = $v_b \cdot a_R$ [m/s]			27.020

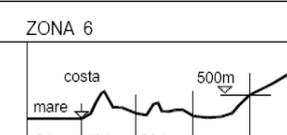
p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$ q_b : pressione cinetica di riferimento [N/mq] C_e : coefficiente di esposizione C_p : coefficiente di forma C_d : coefficiente dinamico



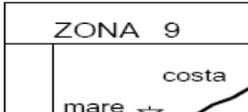
Pressione cinetica di riferimento $q_b = 1/2 \cdot v_b^2$ (= 1,25 kg/m ³) $q_b = 456$ N/m ² $q_b = 0.456$ KN/m ²	Coefficiente di forma E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.	Coefficiente dinamico esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato
---	---	--

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5 						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	III	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5 ** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6 					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8 		
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9 	
A	I
B	I
C	I
D	I

Classe di rugosità

A) Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m	A
B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive	B
C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D	C
D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)	D

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	200

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t	z [m]
II	0.19	0.05	4	1	5

$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7+c_t \ln(z/z_0)]$	per $z \geq z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min})$	per $z < z_{min}$

z [m]	c_e
$z = 4$	1.801
$z = 5$	1.929

Coefficiente di forma (o aerodinamico)

α	c_p	c_d
90	1.7	1

Riassunto coefficienti

q_b (kN/m ²)	c_e	c_p	c_d
0.456	1.929	1.70	1

PRESSIONE DEL VENTO

$p = q_b c_e c_p c_d$	1.50	kN/m ²
-----------------------	------	-------------------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

Scenario 2 (valido per tutti gli altri viadotti):

Calcolo dell'azione del vento su impalcato a travi multiple, $h=15$ [m] dal suolo

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	200

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t	z [m]
II	0.19	0.05	4	1	15

$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7+c_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

z [m]	c_e
$z = 4$	1.801
$z = 15$	2.616

Coefficiente di forma (o aerodinamico)

α	c_p	c_d
90	1.7	1

Riassunto coefficienti

q_b (kN/m ²)	c_e	c_p	c_d
0.456	2.616	1.70	1

PRESSIONE DEL VENTO

$p = q_b c_e c_p c_d$	2.03	kN/m ²
-----------------------	-------------	-------------------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

11. MODELLAZIONE ED ANALISI

L'analisi dello stato di fatto è stata condotta singolarmente per ogni viadotto procedendo con una analisi dinamica lineare con spettro di risposta utilizzando un fattore di struttura pari ad 1.5, in accordo con la tab. 7.3.II delle NTC18: i risultati hanno permesso di definire la vulnerabilità della struttura (pile, spalle, fondazioni e apparecchi di appoggio).

Tutti gli elementi costituenti il viadotto (impalcato a graticcio, pulvini e pile) sono stati modellati con elementi frame. Per tener conto della deformabilità delle strutture di fondazione, si è considerata una lunghezza incrementata dei *frame* rappresentanti le pile, in misura pari ad 1/3 dell'altezza del plinto. I vincoli del tipo cerniera/carrello tra l'impalcato e le pile sono modellati con elementi link che vincolano opportunamente i g.d.l. secondo lo schema di progetto originale che prevede tre appoggi fissi e tre appoggi mobili per singolo impalcato.

Le verifiche effettuate sono di seguito riportate:

- verifiche a pressoflessione delle pile
- verifiche a taglio delle pile
- verifiche delle fondazioni superficiali
- verifiche strutturali dei pali di fondazione: pressoflessione e taglio
- verifiche degli apparecchi di appoggio

Ai fini delle verifiche suddette si è fatto riferimento alla combinazione sismica:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Le NTC 2018 prevedono l'applicazione di un'aliquota del 20% del carico ferroviario in presenza dell'azione sismica di progetto allo SLU, sia per il nuovo che per l'esistente, quindi con il relativo valore di ψ_2 pari a 0.20.

Per tutte le pile inoltre è stata sviluppata una analisi non lineare statica (push-over) per la definizione della curva di capacità e la relativa performance strutturale, procedendo alla modellazione a fibre sul software di calcolo MIDAS civil. Mettendo in relazione la domanda e la capacità si è valutata la vulnerabilità sismica in duttilità.

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 42 di 59

Le analisi dei 5 viadotti rappresentativi prima indicati sono state effettuate su modelli tridimensionali della struttura attraverso elementi “beam” caratterizzati da comportamento lineare. Le non linearità nel modello sono concentrate in corrispondenza dei dispositivi di isolamento.

In particolare, i modelli realizzati sono due, sviluppati con l’ausilio del software di calcolo MIDAS civil:

1. “modello fisso-mobile”: rappresenta la situazione che precede la rottura dei fusibili e, quindi, è caratterizzato dalla presenza di connessioni elastiche tra impalcato e sottostrutture, tali da riprodurre uno schema di appoggi fisso-mobile;
2. “modello isolato”: viene riprodotta la situazione che segue la rottura dei fusibili. Si hanno delle connessioni impalcato-sottostrutture modellate attraverso particolari “link” caratterizzati da comportamento non lineare. Questi rappresentano i dispositivi di isolamento.

Nelle analisi di tipo time history eseguite, gli stati limite di collasso, di salvaguardia della vita e di danno sono verificati mediante l’uso di accelerogrammi artificiali (generati considerando, per ogni tipologia di terreno in esame, una storia minima di 25 secondi, una intermedia 30 secondi ed una di 40 secondi per un totale di tre, requisito minimo per la valutazione della risposta sismica), a partire dagli spettri di risposta elastici definiti.

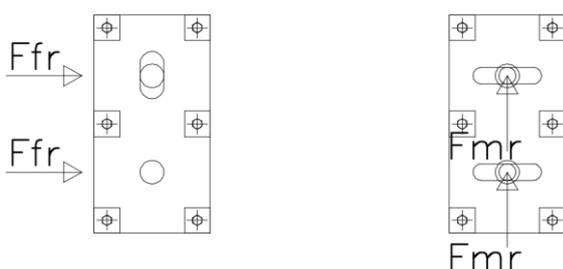
Per la progettazione e la verifica dei viadotti, si sono prese in considerazione le storie temporali in spostamento oltre quelle generate in accelerazione.

La scelta dell’utilizzo degli spostogrammi è legata alla valutazione spaziale dell’input sismico, ovvero per la valutazione asincrona della risposta strutturale: una volta generati i singoli spostogrammi, in funzione della categoria di terreno e dello stato limite, si è identificato il tempo di sfasamento dell’input in modo tale da rispettare il massimo spostamento relativo tra due punti i e j (§3.2.4.2, NTC2018).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

12. SOGLIA DI ROTTURA DEI FUSIBILI

Per quanto riguarda gli elementi sacrificali prima descritti si è cercato di uniformare le loro caratteristiche sulla base delle forze di esercizio in gioco. In particolare l'elemento di distinzione è legato al raggio di curvatura presente lungo il tracciato da cui nasce la forza centrifuga e all'azione del vento presente in sito. Con riferimento alla disposizione sotto riportata:



si ha, con chiaro significato dei simboli e considerando una velocità di progetto pari a 125km/h e l'azione del vento prima calcolata:

Viadotti in rettilineo o con $R > 1500m$

frenatura			
Hf =	70,1 t	da RC di progetto originale	
vento			
Hv =	21,9 t	da NTC2018	
Centrifuga			
R =	100000 m		
Hv =	0,5 t	da RC di progetto originale associata ad una massa treno di 430,5t	
Combo 1			
1,45F+1,45x0,5C+0,9V			
Soglia fusibile			
fisso Ff=	54,58 t	Ffr =	60 t
1,45F+1,45x0,5C+0,9V			
mobile Fm=	10,05	Fmr =	30 t
Combo 2			
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V			
Soglia fusibile			
fisso Ff=	32,40 t	Ffr =	35 t
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V			
mobile Fm=	10,05	Fmr =	17,5 t

Basento (R=800m)

frenatura					
Hf =	70,1 t	da RC di progetto originale			
vento					
Hv =	21,9 t	da NTC2018			
Centrifuga					
R =	800 m				
Hv =	66,2 t	da RC di progetto originale associata ad una massa treno di 430,5t			
Combo 1					
1,45F+1,45x0,5C+0,9V				Soglia fusibile	
fisso Ff=	67,03 t	Ffr =	70 t		
1,45F+1,45x0,5C+0,9V					
mobile Fm=	33,85	Fmr =	35 t		
Combo 2					
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V				Soglia fusibile	
fisso Ff=	72,32 t	Ffr =	72,5 t		
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V					
mobile Fm=	33,85	Fmr =	36,25 t		

La Copeta (R=900m)

frenatura					
Hf =	70,1 t	da RC di progetto originale			
vento					
Hv =	21,9 t	da NTC2018			
Centrifuga					
R =	900 m				
Hv =	58,9 t	da RC di progetto originale associata ad una massa treno di 430,5t			
Combo 1					
1,45F+1,45x0,5C+0,9V				Soglia fusibile	
fisso Ff=	65,33 t	Ffr =	70 t		
1,45F+1,45x0,5C+0,9V					
mobile Fm=	31,19	Fmr =	35 t		
Combo 2					
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V				Soglia fusibile	
fisso Ff=	67,35 t	Ffr =	72,5 t		
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V					
mobile Fm=	31,19	Fmr =	36,25 t		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A

Le Conche (R=1200m)

frenatura						
Hf =	70,1 t			da RC di progetto originale		
vento						
Hv =	16,425 t			da NTC2018		
Centrifuga						
R =	1200 m					
Hv =	44,1 t			da RC di progetto originale associata ad una massa treno di 430,5t		
Combo 1						
1,45F+1,45x0,5C+0,9V					Soglia fusibile	
fisso Ff=	59,42 t			Ffr =	60 t	
1,45F+1,45x0,5C+0,9V						
mobile Fm=	23,39			Fmr =	30 t	
Combo 2						
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V					Soglia fusibile	
fisso Ff=	53,24 t			Ffr =	60 t	
1,45x0,5F+1,45xC+0,9V						
mobile Fm=	23,39			Fmr =	30 t	

La forza evidenziata in giallo rappresenta la soglia di rottura con cui dovranno essere dimensionati i singoli fusibili.

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 46 di 59

13. INTERAZIONE DINAMICA TERRENO-STRUTTURA

Sul viadotto Marchese sono state condotte anche analisi considerando l'interazione dinamica terreno-struttura, applicando matrici di impedenza ricreate considerando periodi della struttura e tipologie di terreno differenti per poterne vedere l'influenza sulla struttura isolata. I risultati ottenuti hanno dimostrato differenze di comportamento poco significative rispetto a considerare un vincolo di incastro base pila pertanto le analisi definitive sono state condotte con questo secondo schema vincolare alla base.

13.1 Impedenze dinamiche

Seguendo un approccio per sottostrutture, gli effetti inerziali dell'interazione dinamica terreno-struttura possono essere riprodotti su un modello globale della struttura introducendo le funzioni di impedenza dinamica (FID), le quali riproducono le caratteristiche di rigidità e di smorzamento del sistema terreno-fondazione. In questa formulazione, la fondazione è considerata come un corpo rigido e il terreno è assimilato a un mezzo visco-elastico. Per un generico modo di vibrare e per una forzante armonica con frequenza ω , l'impedenza dinamica \mathcal{H} è definita come il rapporto tra il carico dinamico $P(t)$ applicato alla fondazione e il corrispondente spostamento $u(t)$. La generica FID è definita dalla seguente espressione complessa:

$$\mathcal{H}(\omega) = K_d(\omega) + i \omega C_d(\omega)$$

in cui la parte reale K_d rappresenta la rigidità dinamica del sistema terreno-fondazione e la parte immaginaria è invece funzione del coefficiente di smorzamento del sistema terreno-fondazione C_d . La FID rappresenta la rigidità equivalente di un sistema reologico alla Kelvin-Voight, costituito dalla connessione in parallelo di una molla estensionale elastica di rigidità K_d e di uno smorzatore viscoso con coefficiente C_d .

Le impedenze dinamiche sono state determinate per le fondazioni delle pile; le matrici della rigidità e del coefficiente di smorzamento sono state valutate in corrispondenza della frequenza massima e minima, al fine di coprire i modi di vibrare significativi dei viadotti. Per il calcolo delle impedenze dinamiche delle fondazioni su pali, si è utilizzato il programma *Scilab – Impedenze 4.0* messo a disposizione gratuitamente da Anas S.p.A., che si avvale delle soluzioni proposte da *Gazetas* (1983), *Dobry & Gazetas* (1988) e da *Makris & Gazetas* (1992). Per il calcolo delle impedenze dinamiche delle fondazioni dirette sono state utilizzate le formulazioni proposte da *Gazetas* (1991).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI0000001	REV. A	FOGLIO 47 di 59

13.1.1 Impedenze dinamiche delle fondazioni su pali

Con riferimento al modello con molle e smorzatori, in presenza di terreni stratificati, sono state adottate le espressioni per il coefficiente di interazione orizzontale per la valutazione dell'impedenza equivalente di un gruppo di pali, proposte da *Dobry & Gazetas* (1988) e da *Mylonakis* (1995) e da *Makris & Gazetas* (1992). In questa formulazione, la struttura di collegamento è ipotizzata infinitamente rigida, priva di peso e non a contatto con il terreno. Si riporta di seguito la struttura morfologica tipica delle matrici di impedenza dinamica per palificate doppiamente simmetriche. Si indica con x e y una coppia di assi ortogonali nel piano orizzontale e con z l'asse verticale; come origine della terna di riferimento si considera il punto altimetricamente situato all'intradosso della zattera di fondazione (testa pali).

Kx	0	0	0	Kxry	0	kN/m	kN/m	kN/m	kN	kN	kN
0	Ky	0	0	Kyryx	0	kN/m	kN/m	kN/m	kN	kN	kN
0	0	Kz	0	0	0	kN/m	kN/m	kN/m	kN	kN	kN
0	Krxy	0	0	Krx	0	kN	kN	kN	kN m	kN m	kN m
Kryx	0	0	0	0	Kry	kN	kN	kN	kN m	kN m	kN m
0	0	0	0	0	0	kN	kN	kN	kN m	kN m	kN m

Figura 1 – Struttura della parte reale della matrice delle impedenze, interpretabile come la rigidità della palificata.

Essendo:

Kx rigidità traslazionale secondo l'asse x;

Ky rigidità traslazionale secondo l'asse y;

Kz rigidità traslazionale secondo l'asse z;

Krx rigidità rotazionale intorno all'asse x;

Kry rigidità rotazionale intorno all'asse y;

Krz rigidità rotazionale intorno all'asse z (rigidità torsionale);

Kxry Kryx rigidità mista traslazionale secondo l'asse x, rotazione intorno all'asse y;

Kyryx Krx rigidità mista traslazionale secondo l'asse y, rotazione intorno all'asse x;

Cx	0	0	0	Cxry	0	kN s/m	kN s/m	kN s/m	kN s	kN s	kN s
0	Cy	0	0	Cyryx	0	kN s/m	kN s/m	kN s/m	kN s	kN s	kN s
0	0	Cz	0	0	0	kN s/m	kN s/m	kN s/m	kN s	kN s	kN s
0	Crxy	0	0	Crx	0	kN s	kN s	kN s	kN m s	kN m s	kN m s
Cryx	0	0	0	0	Cry	kN s	kN s	kN s	kN m s	kN m s	kN m s
0	0	0	0	0	0	kN s	kN s	kN s	kN m s	kN m s	kN m s

Figura 2 – Struttura della parte immaginaria della matrice delle impedenze, interpretabile come lo smorzamento della palificata.

Essendo:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI0000001	REV. A

- Cx smorzamento traslazionale secondo l'asse x;
- Cy smorzamento traslazionale secondo l'asse y;
- Cz smorzamento traslazionale secondo l'asse z;
- Crx smorzamento rotazionale intorno all'asse x;
- Cry smorzamento rotazionale intorno all'asse y;
- Crz smorzamento rotazionale intorno all'asse z (rigidezza torsionale);
- Cxry Cryx smorzamento mista traslazionale secondo l'asse x, rotazione intorno all'asse y;
- Cyrx Crxy smorzamento mista traslazionale secondo l'asse y, rotazione intorno all'asse x;

13.1.2 Impedenze dinamiche delle fondazioni dirette

Per le fondazioni dirette su semispazio omogeneo, sono disponibili abachi e soluzioni empiriche proposte da *Gazetas* (1991) per diverse geometrie. Per una fondazione rettangolare di dimensioni in pianta $2B \times 2L$ (con $L > B$) e area A_b , le seguenti espressioni sono state utilizzate per il calcolo della rigidezza dinamica K_{din} e del coefficiente di smorzamento C .

Per modi di vibrare traslazionali in direzione x e y, rispettivamente, la rigidezza traslazionale risulta:

$$K_{din_{x,y}} = K_{stat_{x,y}} \cdot k(\omega)$$

con:

$$K_{stat_{y}} = \frac{2GL}{2 - \nu} (2 + 2.5\chi^{0.85})$$

$$K_{stat_{x}} = K_y - \frac{0.2}{0.75 - \nu} GL \left(1 - \frac{B}{L}\right)$$

con:

$$k_y = f\left(\frac{L}{B}; a_0\right)$$

$$k_x = 1$$

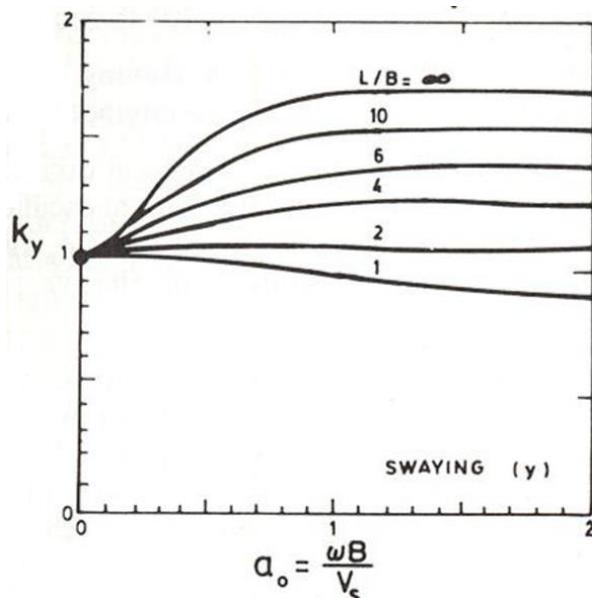


Figura 3 – Coefficiente di rigidezza dinamica k_y ($0 \leq a_0 \leq 2$).

Per modi di vibrare rotazionali attorno all'asse x e y, rispettivamente, la rigidezza rotazionale risulta:

$$K_{din_{rx,ry}} = K_{stat_{rx,ry}} \cdot k(\omega)$$

$$K_{stat_{rx}} = \frac{G}{1-\nu} I_{bx}^{0.75} \left(\frac{L}{B}\right)^{0.25} \cdot \left(2.4 + 0.5 \frac{B}{L}\right)$$

con:

$$k_{rx} = 1 - 0.2a_0$$

$$K_{ry} = \frac{G}{1-\nu} I_{by}^{0.75} \left(3 \frac{L}{B}\right)^{0.15}$$

con:

$$k_{ry} = 1 - 0.3a_0 \quad \nu < 0.45$$

$$k_{ry} = 1 - 0.25a_0 \quad \nu \cong 0.5$$

Per modi di vibrare traslazionali in direzione x e y, rispettivamente, il coefficiente di smorzamento risulta:

$$C_x \cong \rho V_s A_b$$

$$C_y \cong \rho V_s A_b \tilde{C}_y \quad \tilde{C}_y = f\left(\frac{L}{B}; a_0\right)$$

Per modi di vibrare rotazionali attorno all'asse x e y, rispettivamente, il coefficiente di smorzamento risulta:

$$C_{rx} \cong (\rho V_{La} I_{bx}) \cdot \tilde{C}_{rx} \quad \tilde{C}_{rx} = f\left(\frac{L}{B}; a_0\right)$$

$$C_{ry} \cong (\rho V_{La} I_{by}) \cdot \tilde{C}_{ry} \quad \tilde{C}_{ry} = f\left(\frac{L}{B}; a_0\right)$$

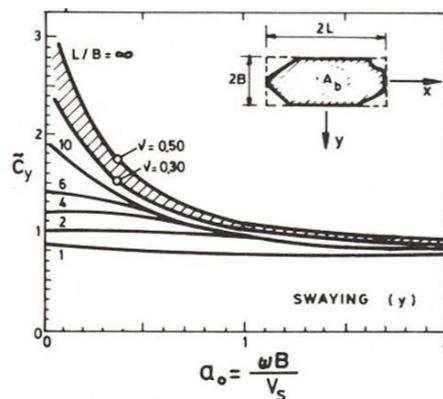


Figura 4 – Coefficiente di smorzamento dinamico C_y ($0 \leq a_0 \leq 2$).

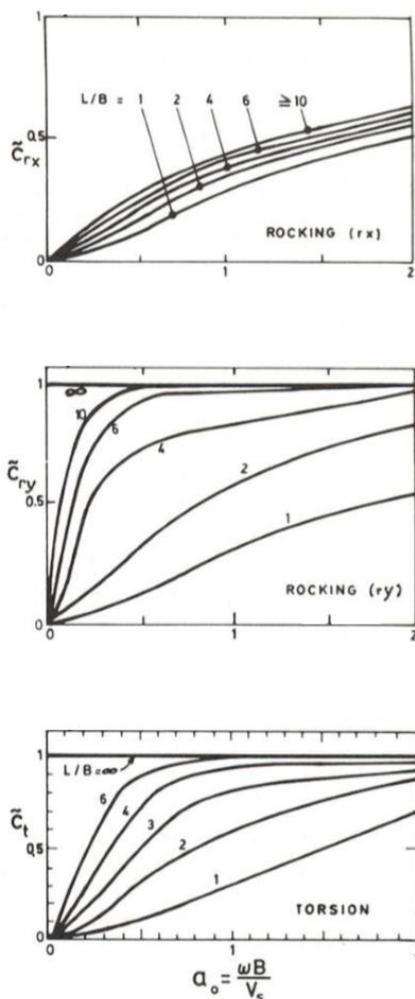


Figura 5 – Coefficienti di smorzamento dinamico C_{rx} e C_{ry} ($0 \leq a_0 \leq 2$).

13.1.3 Rigidezza e smorzamento del terreno

Le proprietà meccaniche del terreno utilizzate per la valutazione delle matrici di impedenza sono state scelte portando in conto il livello di deformazione indotto nel terreno durante il sisma. Per la scelta dei valori operativi del modulo di elasticità tangenziale e del rapporto di smorzamento ζ si è fatto riferimento a valori tipici, legati al livello di accelerazione e alla categoria di sottosuolo, assunti costanti all'interno del volume di terreno significativo per la fondazione e valutati singolarmente sotto ogni pila.

Sono stati considerati i livelli di azione sismica ed i corrispondenti valori del rapporto G/G_0 e di ξ definiti nella Tabella 4.1 del Paragrafo 4.2.3 dell'Eurocodice 8.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione tecnico-illustrativa	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI0000001	REV. A

Ground acceleration ratio, $\alpha.S$	Damping ratio	$\frac{v_s}{v_{s,max}}$	$\frac{G}{G_{max}}$
0,10	0,03	0,90($\pm 0,07$)	0,80($\pm 0,10$)
0,20	0,06	0,70($\pm 0,15$)	0,50($\pm 0,20$)
0,30	0,10	0,60($\pm 0,15$)	0,36($\pm 0,20$)

$v_{s,max}$ is the average v_s value at small strain ($< 10^{-5}$), not exceeding 360 m/s.

G_{max} is the average shear modulus at small strain.

NOTE Through the \pm one standard deviation ranges the designer can introduce different amounts of conservatism, depending on such factors as stiffness and layering of the soil profile. Values of $v_s/v_{s,max}$ and G/G_{max} above the average could, for example, be used for stiffer profiles, and values of $v_s/v_{s,max}$ and G/G_{max} below the average could be used for softer profiles.

	$S \cdot a_g \leq 0,1$	$S \cdot a_g = 0,2$	$S \cdot a_g \geq 0,3$
ξ	0,03	0,06	0,10

Figura 6 – Definizione dei livelli dell'azione sismica secondo l'EC8 (valori medi dello smorzamento e dei fattori di riduzione della velocità delle onde di taglio e del modulo di taglio entro 20 m di profondità).

13.2 Applicazione numerica al Viadotto Marchese

Con riferimento alla geometria del “VI10 - Viadotto Marchese”, sono state condotte delle analisi di sensibilità in cui le matrici della rigidezza e del coefficiente di smorzamento sono state valutate considerando il terreno di fondazione, in un caso, appartenente alla categoria C e, in un altro caso, appartenente alla categoria D, e per diverse frequenze: $f=1$ Hz ($T_{0,max}=1$ sec) e $f=5$ Hz ($T_{0,min}=0.2$ sec) corrispondenti ai modi di vibrare significativi della struttura in elevazione.

13.2.1 Fondazioni delle pile

Nelle analisi preliminari sono state considerate le tre differenti geometrie delle fondazioni delle pile del VI10:

- Gruppo di 6 pali (2 x 3) di diametro $D_p=1.2$ m e $L_p=25$ m, interasse in direzione x pari a 3.9 m e in direzione y pari a 5 m;
- Gruppo di 8 pali di diametro $D_p=1.2$ m e $L_p=25$ m, interasse in direzione x pari a 6.6 m e in direzione y pari a 3.9 m;
- Fondazione diretta di dimensioni in pianta (8.5 m x 12 m) e altezza $H=2.5$ m.

	Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	PROGETTO DEFINITIVO					
<i>Relazione tecnico-illustrativa</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 03	CODIFICA RO	DOCUMENTO VI000001	REV. A	FOGLIO 53 di 59

I pali e la fondazione diretta sono caratterizzati da un modulo elastico, E_p , pari a 28500 MPa, densità $\rho=2500 \text{ kg/cm}^3$ e coefficiente di Poisson $\nu_p=0.2$. Sono stati analizzati due periodi fondamentali della struttura in elevazione pari a $T_{0,\min}=0.2 \text{ sec}$ e $T_{0,\max}=1 \text{ sec}$.

13.2.2 Caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione

In corrispondenza delle pile più alte (fondazioni dirette), dal piano campagna, il sottosuolo è costituito da uno strato di calcareniti caratterizzati da un valore della resistenza al taglio non drenata $c_u=1.5 \text{ kg/cm}^2$ con $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ (valori desunti dalla relazione geotecnica del progetto originario). Nei tratti in corrispondenza delle pile più basse (fondazioni su pali) sono presenti terreni alluvionali ($\Phi=30^\circ$ con $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$) per i primi 25 m ca. di profondità, e successivamente le calcareniti.

	$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	$c_u \text{ (kPa)}$	$\Phi \text{ (}^\circ\text{)}$
Terreni alluvionali	19	-	30
Calcareniti	20	147	-

Figura 7 – Proprietà meccaniche dei terreni di fondazione.

Sulla base dei parametri geotecnici di cui sopra, il terreno di fondazione risulta appartenere alla categoria E.

Le caratteristiche dinamiche dei terreni di fondazione necessarie per il calcolo della matrice delle impedenze sono riassunte nella tabella seguente nei vari casi analizzati, sia per i pali, sia per le fondazioni dirette. Per i pali il software permette di distinguere le caratteristiche geotecniche degli strati di terreno laterale (lungo il fusto del palo) e alla base del palo. E' stato considerato un livello di azione sismica $a_g/g=0.22$.

G_0 è il Modulo di Taglio a piccoli livelli di deformazione, funzione della velocità delle onde di taglio V_s secondo la relazione:

$$G_0 = \rho \cdot V_s^2$$

G è il Modulo di Taglio determinato a partire dal rapporto $G/G_0=0.472$ corrispondente al livello di azione sismica ottenuto per interpolazione considerando $a_g/g=0.22$ (vedi Figura 6). Per il rapporto di smorzamento è stato calcolato il valore $\xi=0.06$.

Valori operativi per il calcolo della FID per i pali (terreno categoria D)						
strato	Z_top	Z_bottom	Vs	G/G0	G	ζ
[-]	[m]	[m]	[m/s]	[-]	[MPa]	[-]
1	0	25	234	0.472	104	0.06
2	25	∞	234	0.472	104	0.06
Valori operativi per il calcolo della FID per i pali (terreno categoria C)						
strato	Z_top	Z_bottom	Vs	G/G0	G	ζ
[-]	[m]	[m]	[m/s]	[-]	[MPa]	[-]
1	0	25	270	0.472	145	0.06
2	25	∞	360	0.472	260	0.06

Figura 8 – Valori operativi delle caratteristiche dinamiche dei terreni.

13.2.3 Matrici di impedenza

Di seguito sono riportate le matrici di rigidità dinamica (colonna a sinistra) e le matrici dei coefficienti di smorzamento (colonna a destra), per la categoria di suolo C e D.

- Categoria di suolo C

6 pali

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	1.19E+06	0	0	0	0	0	xx kN/m
y	0	1.19E+06	0	0	0	0	yy kN/m
z	0	0	9.59E+06	0	0	0	zz kN/m
rx	0	0	0	2.947D+08	0	0	rx rx kNm
ry	0	0	0	0	9.2834174	0	ry ry kNm
rz	0	0	0	0	0	1.293D+08	rz rz kNm

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	2.18E+06	0	0	0	0	0	xx kNs/m
y	0	1.92E+06	0	-	0	0	yy kNs/m
z	0	0	6.15E+06	0	0	0	zz kNs/m
rx	0	0	0	4.61E+07	0	0	rx rx kNm/s
ry	0	0	0	0	1.59E+07	0	ry ry kNm/s
rz	0	0	0	0	0	3.78E+06	rz rz kNm/s

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	1.43E+06	0	0	0	0	0
y	0	1.43E+06	0	0	0	0
z	0	0	9.17E+06	0	0	0
rx	0	0	0	3.044D+08	0	0
ry	0	0	0	0	8.95E+07	0
rz	0	0	0	0	0	1.645D+08

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	6.48E+05	0	0	0	0	0
y	0	6.02E+05	0	0	0	0
z	0	0	1.93E+06	0	0	0
rx	0	0	0	2.94E+07	0	0
ry	0	0	0	0	9.40E+06	0
rz	0	0	0	0	0	1.06E+07

8 pali

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	1.20E+06	0	0	0	0	0	xx kN/m
y	0	1.22E+06	0	0	0	0	yy kN/m
z	0	0	9.65E+06	0	0	0	zz kN/m
rx	0	0	0	2.041D+08	0	0	rx rx kNm
ry	0	0	0	0	2.063D+08	0	ry ry kNm
rz	0	0	0	0	0	1.399D+08	rz rz kNm

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	2.14E+06	0	0	0	0	0	xx kNs/m
y	0	2.11E+06	0	0	0	0	yy kNs/m
z	0	0	6.36E+06	0	0	0	zz kNs/m
rx	0	0	0	3.35E+07	0	0	rx rx kNm/s
ry	0	0	0	0	3.12E+07	0	ry ry kNm/s
rz	0	0	0	0	0	1.24E+06	rz rz kNm/s

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	1.48E+06	0	0	0	0	0
y	0	1.48E+06	0	0	0	0
z	0	0	9.27E+06	0	0	0
rx	0	0	0	2.039D+08	0	0
ry	0	0	0	0	2.077D+08	0
rz	0	0	0	0	0	1.762D+08

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	6.47E+05	0	0	0	0	0
y	0	6.42E+05	0	0	0	0
z	0	0	1.98E+06	0	0	0
rx	0	0	0	2.08E+07	0	0
ry	0	0	0	0	2.07E+07	0
rz	0	0	0	0	0	1.14E+07

- Categoria di suolo D

6 pali

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	6.90E+05	0	0	0	0	0	xx kN/m
y	0	6.75E+05	0	0	0	0	yy kN/m
z	0	0	7.75E+06	0	0	0	zz kN/m
rx	0	0	0	2.411D+08	0	0	rx rx kNm
ry	0	0	0	0	7.90E+07	0	ry ry kNm
rz	0	0	0	0	0	9.37E+07	rz rz kNm

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	1.93E+06	0	0	0	0	0	xx kNs/m
y	0	1.67E+06	0	0	0	0	yy kNs/m
z	0	0	6.11E+06	0	0	0	zz kNs/m
rx	0	0	0	4.67E+07	0	0	rx rx kNm/s
ry	0	0	0	0	1.46E+07	0	ry ry kNm/s
rz	0	0	0	0	0	4.16E+06	rz rz kNm/s

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	9.26E+05	0	0	0	0	0
y	0	9.27E+05	0	0	0	0
z	0	0	7.37E+06	0	0	0
rx	0	0	0	2.546D+08	0	0
ry	0	0	0	0	7.65E+07	0
rz	0	0	0	0	0	1.268D+08

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	5.38E+05	0	0	0	0	0
y	0	4.95E+05	0	0	0	0
z	0	0	1.86E+06	0	0	0
rx	0	0	0	2.65E+07	0	0
ry	0	0	0	0	8.50E+06	0
rz	0	0	0	0	0	7.03E+06

8 pali

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	6.79E+05	0	0	0	0	0	xx kN/m
y	0	7.00E+05	0	0	0	0	yy kN/m
z	0	0	7.78E+06	0	0	0	zz kN/m
rx	0	0	0	1.696D+08	0	0	rx rx kNm
ry	0	0	0	0	1.705D+08	0	ry ry kNm
rz	0	0	0	0	0	1.016D+08	rz rz kNm

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	1.89E+06	0	0	0	0	0	xx kNs/m
y	0	1.86E+06	0	0	0	0	yy kNs/m
z	0	0	6.34E+06	0	0	0	zz kNs/m
rx	0	0	0	3.23E+07	0	0	rx rx kNm/s
ry	0	0	0	0	3.04E+07	0	ry ry kNm/s
rz	0	0	0	0	0	1.80E+06	rz rz kNm/s

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	9.68E+05	0	0	0	0	0
y	0	9.69E+05	0	0	0	0
z	0	0	7.46E+06	0	0	0
rx	0	0	0	1.720D+08	0	0
ry	0	0	0	0	1.745D+08	0
rz	0	0	0	0	0	1.361D+08

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	5.37E+05	0	0	0	0	0
y	0	5.32E+05	0	0	0	0
z	0	0	1.90E+06	0	0	0
rx	0	0	0	1.87E+07	0	0
ry	0	0	0	0	1.87E+07	0
rz	0	0	0	0	0	7.60E+06

- Categoria di suolo C

fondazione diretta

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	6.53E+06	0	0	0	0	0	xx kN/m
y	0	6.70E+06	0	0	0	0	yy kN/m
z	0	0	1.00E+07	0	0	0	zz kN/m
rx	0	0	0	1.10E+09	0	0	rx rx kNm
ry	0	0	0	0	2.17E+08	0	ry ry kNm
rz	0	0	0	0	0	1.00E+09	rz rz kNm

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	9.18E+07	0	0	0	0	0	xx kNs/m
y	0	8.26E+07	0	0	0	0	yy kNs/m
z	0	0	0.00E+00	0	0	0	zz kNs/m
rx	0	0	0	2.85E+09	0	0	rx rx kNm/s
ry	0	0	0	0	9.84E+08	0	ry ry kNm/s
rz	0	0	0	0	0	0.00E+00	rz rz kNm/s

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	6.53E+06	0	0	0	0	0
y	0	6.70E+06	0	0	0	0
z	0	0	1.00E+07	0	0	0
rx	0	0	0	1.10E+09	0	0
ry	0	0	0	0	4.32E+08	0
rz	0	0	0	0	0	1.00E+09

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	9.18E+07	0	0	0	0	0
y	0	9.00E+07	0	0	0	0
z	0	0	0.00E+00	0	0	0
rx	0	0	0	1.43E+09	0	0
ry	0	0	0	0	1.14E+09	0
rz	0	0	0	0	0	0.00E+00

- Categoria di suolo D

fondazione diretta

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	1.53E+06	0	0	0	0	0	xx kN/m
y	0	1.57E+06	0	0	0	0	yy kN/m
z	0	0	1.00E+07	0	0	0	zz kN/m
rx	0	0	0	1.10E+09	0	0	rx rx kNm
ry	0	0	0	0	2.17E+08	0	ry ry kNm
rz	0	0	0	0	0	1.00E+09	rz rz kNm

T=0.2 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz	Unità:
x	5.97E+07	0	0	0	0	0	xx kNs/m
y	0	5.37E+07	0	0	0	0	yy kNs/m
z	0	0	0.00E+00	0	0	0	zz kNs/m
rx	0	0	0	1.35E+09	0	0	rx rx kNm/s
ry	0	0	0	0	3.89E+09	0	ry ry kNm/s
rz	0	0	0	0	0	0.00E+00	rz rz kNm/s

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	1.53E+06	0	0	0	0	0
y	0	1.57E+06	0	0	0	0
z	0	0	1.00E+07	0	0	0
rx	0	0	0	2.58E+08	0	0
ry	0	0	0	0	1.01E+08	0
rz	0	0	0	0	0	1.00E+09

T=1 sec.

	x	y	z	rx	ry	rz
x	5.97E+07	0	0	0	0	0
y	0	5.97E+07	0	0	0	0
z	0	0	0.00E+00	0	0	0
rx	0	0	0	1.58E+09	0	0
ry	0	0	0	0	2.69E+08	0
rz	0	0	0	0	0	0.00E+00

13.2.4 Risultati ottenuti e Conclusioni

Di seguito è riportato il confronto tra i risultati ottenuti dalle diverse analisi di sensibilità effettuate. Nel caso in cui sono stati inseriti dei vincoli di incastro alla base delle pile, quest'ultime sono state prolungate di 80 cm per tenere conto della deformabilità del complesso terreno – fondazione. Al contrario, la rigidità dinamica e lo smorzamento del sistema terreno – fondazione sono stati modellati inserendo, dei dispositivi visco – elastici alla base dei plinti. Agli organi visco-elastici sono stati attribuite le caratteristiche riportate nelle matrici (§11.2.3), per le due diverse categorie di sottosuolo (cat. C e cat. D) e periodi della struttura in elevazione ($T=0.2$ sec. e $T=1$ sec.). Il confronto, per ciascuna pila (P1-P8), mostra una differenza massima pari al 3% dei momenti flettenti ottenuti in direzione longitudinale, e inferiore al 3% dei momenti flettenti ottenuti in direzione trasversale, nelle diverse analisi (Fig. 9). Analogamente la Fig. 10 mostra una quasi sovrapposizione degli spostamenti calcolati nelle diverse analisi, per l'isolatore posizionato in corrispondenza della pila P6. Tutto ciò considerato, per semplicità, per le analisi successive è stato adottato il modello numerico che prevede i vincoli di incastro alla base delle pile.

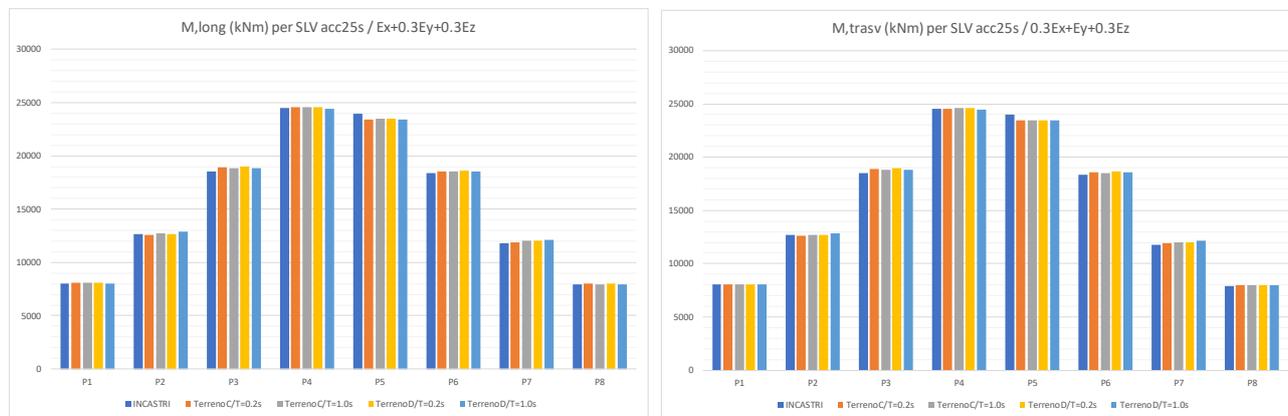


Figura 9 – Confronto tra i momenti flettenti ottenuti in direzione trasversale e longitudinale nelle diverse analisi.

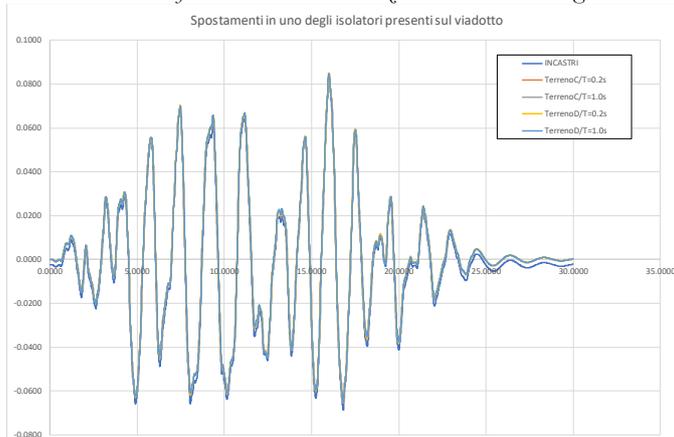


Figura 10 – Confronto degli spostamenti dell'isolatore posizionato in corrispondenza della pila P6 nelle diverse analisi.

RELAZIONE 11265-ROPC/19_Rev.0 DEL 01/03/2019
(Rif. Commessa 11265-ROP/17)

OGGETTO: INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
VIADOTTO “MIRAGALLO”
VIADOTTO “MARCHESE”
VIADOTTO “RIDOLA”

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA PER IL COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE



COMMITTENTE: ITALFERR S.p.A.
Via Marsala, 53/67
Roma

Sperimentatore	Responsabile cantiere	Elaborazione dati
P.I. Mauro Nataletti	Dott. Ing. Gianluca Primi	Dott. Ing. Riccardo Buratta

BUREAU VERITAS
Certification



EXPERIMENTATIONS SRL

Sede Legale:

Via Yurj Gagarin, 69 - Fraz. San Mariano – 06073 CORCIANO (PG)

Sede Operativa:

Via Yurj Gagarin, 69/71 - Fraz. San Mariano - 06073 CORCIANO (PG)

Bureau Veritas Italia spa certifica che il sistema di gestione dell'organizzazione sopra indicata è stato valutato e giudicato conforme ai requisiti della norma di sistema di gestione seguente

Norma

ISO 9001:2015

Campo di applicazione

Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio.

Sistema di gestione valutato secondo le prescrizioni del Regolamento Tecnico RT-05

Settore/i EA di attività: **28,34**

Data d'inizio del presente ciclo di certificazione: **27 aprile 2018**

Soggetto al continuo e soddisfacente mantenimento del sistema di gestione questo certificato è valido fino al: **27 aprile 2021**

Data della certificazione originale: **28 ottobre 2014**

Certificato N. **IT260359**

Rev. N. 1 del: **27 aprile 2018**

Copia


ANDREA PILIPPI - Local Technical Manager

Indirizzo dell'organismo di certificazione: Bureau Veritas Italia SpA Viale Monza, 347 - 20126 Milano, Italia

La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 84 Del D. Lgs. 50/2016 e s.m.i. e Linee Guida Anac applicabili.

La validità del presente certificato è consultabile sul sito

<http://www.bureauveritas.it/certificate>

Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega contattare l'indirizzo e-mail registro.certificati@it.bureauveritas



SGQ	N° 009A	SGE	N° 009M
SGA	N° 008D	EMAS	N° 004P
PRD	N° 009B	GHG	N° 008O
SCR	N° 008F	ISF	N° 006E
FSMS	N° 003I	SSI	N° 013G
PRS	N° 076C		

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA e IAF
Signatory of EA and IAF mutual Recognition Agreements

INDICE

INDICE	3
PREMESSA	4
1. INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE	5
1.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE	5
1.2. INDAGINI SCLEROMETRICHE.....	6
1.3. PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO	6
1.4. PRELIEVI DI BARRE DI ARMATURA PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO	6
2. RAPPORTO DI PROVA – INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE.....	8
ALLEGATO A. RAPPORTI DI PROVE DI LABORATORIO
ALLEGATO B. METODOLOGIA DELLE INDAGINI SPERIMENTALI.....	I
B.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE.....	II
B.2. PROVE DI COMPRESSIONE SUI CALCESTRUZZI.....	III
B.3. PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ACCIAIO	IV
B.4. INDAGINI SCLEROMETRICHE	V
B.5. ATTREZZATURE UTILIZZATE	VII

PREMESSA

La *EXPERIMENTATIONS S.r.l.* è stata incaricata dell'esecuzione di indagini sperimentali su materiali e strutture dei viadotti "Mirogallo", "Marchese" e "Ridola" facenti parte della Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale.

Le indagini effettuate si articolano come indicato nella tabella seguente:

TIPOLOGIA INDAGINE	NUMEROSITÀ
Indagini magnetometriche	20 mq
Indagini sclerometriche	30 mq
Prelievi di carote in calcestruzzo (per esecuzione di prove di Laboratorio)	11 (22)
Prelievi di barre di armatura per esecuzione di prove di Laboratorio	11

Tali indagini, effettuate per conto di ITALFERR S.p.A. – Via Marsala, 53/67 – Roma, sono state eseguite nel periodo 12-15 febbraio 2019 dai seguenti Tecnici:

<i>Dott. Ing. Gianluca Primi</i>	<i>Responsabile e Sperimentatore prove esterne</i>
<i>P.I. Mauro Nataletti</i>	<i>Sperimentatore prove esterne</i>
<i>Sig. Fabio Bellavita</i>	<i>Assistente di Cantiere</i>

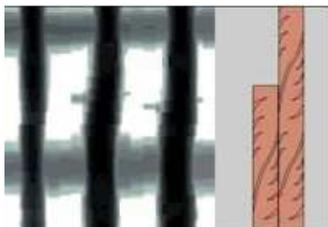
1. INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

1.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE

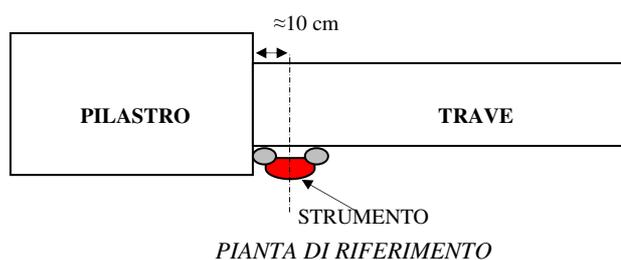
Tali indagini vengono eseguite sull'elemento strutturale indagato mediante scanner ad alta risoluzione per evidenziare la disposizione delle barre di armatura. La necessità di eseguire tale fase operativa è anche legata all'esigenza di evitare l'intercettamento delle barre durante l'esecuzione delle battute sclerometriche, delle letture ultrasoniche e durante l'operazione di carotaggio. Lo scanner utilizzato genera un campo magnetico tra i poli della sonda e quantifica, tramite lo strumento di misura, l'interferenza tra la sonda e un corpo magnetico (barra di armatura). In alcuni casi quando le barre di armatura sono particolarmente ravvicinate, diventa difficoltosa la loro corretta ubicazione. Lo scanner può essere utilizzato in due modalità:

- la modalità *quickscan* consente solo il rilievo della disposizione delle barre di armatura;
- la modalità *imagescan* consente oltre al rilievo anche l'acquisizione di immagini che, elaborate tramite apposito software, permettono di effettuare, in alcuni casi, la stima del diametro delle barre di armature.

Le barre di armatura che si trovano al di sotto dell'armatura superiore, non sempre possono essere localizzati; ugualmente accade per barre sovrapposte (vedi pagina seguente).



N.B. Data la configurazione dello scanner in casi particolari, come quello riportato nello schema sottostante, lo strumento non può rilevare l'eventuale presenza di armature nei primi 10 cm.



1.2. INDAGINI SCLEROMETRICHE

La battuta viene eseguita sulla superficie di calcestruzzo privata di sporgenze e resa uniforme dall'esecuzione di raschiatura della parte con strumenti idonei. Lo strumento, disposto in modo da formare un angolo pari a 90° rispetto all'elemento indagato, è appoggiato alla superficie da provare, con l'asta di percussione in posizione di massima estensione; l'asta di percussione viene pressata contro la superficie da provare. Nel momento in cui si raggiunge il fine corsa dell'asta, dentro il fusto dello sclerometro, si ha il colpo di martello della massa battente con l'indicazione su scala graduata del ritorno del martello.



1.3. PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO

L'estrazione di carote viene di regola eseguita mediante una carotatrice di tipo adatto alla durezza del calcestruzzo ed al tipo di aggregato in esso contenuto. Il criterio che viene seguito nel corso dei prelievi è di ridurre al minimo il danneggiamento provocato dall'estrazione sul campione. Nel movimento di avanzamento la carotatrice deve essere esente da vibrazioni, per assicurare che il diametro della carota sia costante ed il suo asse rettilineo; pertanto essa deve essere rigida e correttamente ancorata. Il prelievo viene eseguito in posizione centrale su una area prestabilita, in direzione ortogonale alla superficie. Le norme di riferimento per l'estrazione di campioni di calcestruzzo indurito e per l'esecuzione in Laboratorio delle prove di compressione sono la UNI EN 12504-1 e la UNI EN 12390-3; per l'esecuzione dei rilievi microsismici la UNI EN 12504-4.

Inoltre dalle prove di Laboratorio sono stati determinati, su ogni carota di calcestruzzo prelevata, il modulo elastico secante a compressione e la tensione di rottura a trazione.

1.4. PRELIEVI DI BARRE DI ARMATURA PER ESECUZIONE DI PROVE DI LABORATORIO

Tali indagini sono state eseguite su elementi in cemento armato nei quali si è provveduto ad individuare, tramite scanner per indagini magnetometriche, la barra interessata dal prelievo. Mediante

trapano a percussione è stato asportato il calcestruzzo di copriferro, in modo da scoprire e permettere il prelievo del tratto di barra di acciaio sufficientemente lungo per l'esecuzione delle prove di Laboratorio. Successivamente al prelievo sono state ripristinate le condizioni iniziali dell'elemento strutturale indagato. Per l'esecuzione in Laboratorio della prova di trazione su barra in acciaio, la norma di riferimento è: UNI EN ISO 15630-1.

Nel "Rapporto di prova – Indagini sperimentali su materiali e strutture" sono riportate le elaborazioni delle prove eseguite e la documentazione fotografica.

In "Allegato A – Rapporti di prova del Laboratorio" sono riportati i rapporti di prova relativi alle prove eseguite in Laboratorio.

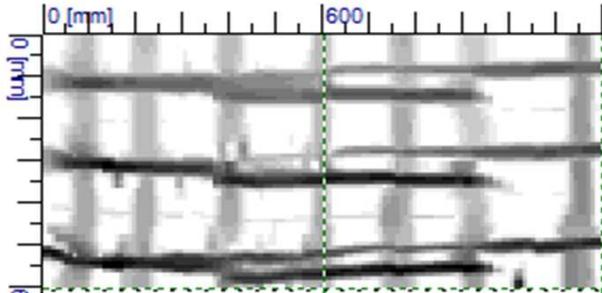
In "Allegato B – Metodologia delle indagini sperimentali" vengono riportate le metodologie delle indagini eseguite.

2. RAPPORTO DI PROVA – INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

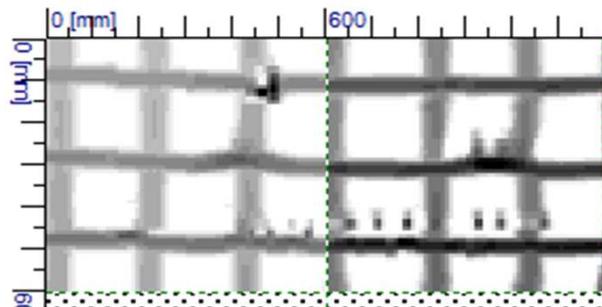
VIADOTTO MIROGALLO	Pag. 9
VIADOTTO MARCHESE	Pag. 19
VIADOTTO RIDOLA	Pag. 29

VIADOTTO MIROGALLO

VIADOTTO MIROGALLO
SPALLA B
INDAGINI MAGNETOMETRICHE



Scansione prospetto frontale (zona laterale) :
Barre verticali ϕ 22-24 mm passo 15-20 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 15-20 cm



Scansione prospetto frontale (zona centrale) :
Barre verticali ϕ 22-24 mm passo 15-20 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 15-20 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													←
ZONA	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm ²)
1	34	40	42	38	36	36	37	37	36	38	40	40	35,3
2	44	40	38	37	40	37	39	38	38	41	43	41	38,7
3	39	38	41	38	42	42	37	38	39	40	41	39	38,7
4	35	38	36	35	39	39	36	36	40	39	39	40	37,0
5	42	38	41	37	36	36	38	39	40	41	39	38	37,0
6	39	36	38	40	37	38	40	42	41	36	39	38	37,0
7	40	41	40	39	36	37	38	39	40	41	37	40	38,7

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A3** e di calcestruzzo **C3** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO MIROGALLO
SPALLA B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO MIROGALLO
SPALLA B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

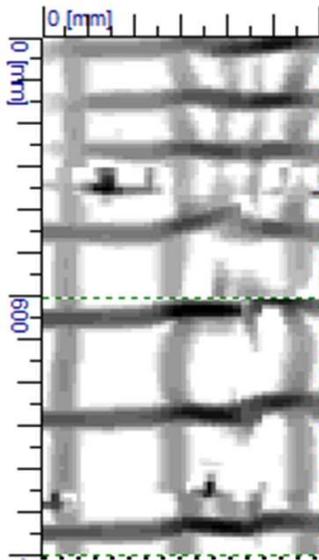


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=24$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

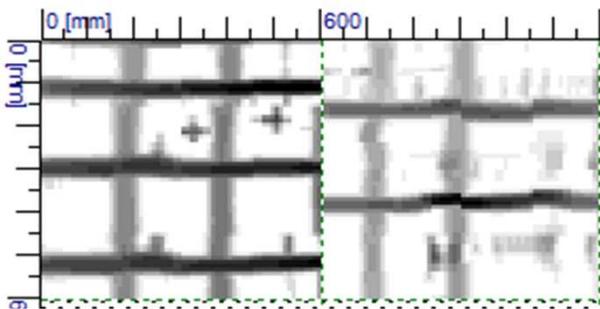
VIADOTTO MIROGALLO

PILA 1

INDAGINI MAGNETOMETRICHE



Scansione prospetto frontale (zona laterale) :
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 10-15 cm



Scansione prospetto frontale (zona centrale):
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													
ZONA	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm^2)
1	46	44	42	44	44	42	44	46	42	44	45	48	47,9
	44	46	44	43	44	46	42	44	42	46	44	43	
2	46	42	40	41	41	44	44	40	46	44	43	40	46,0
	42	44	44	46	40	44	42	44	44	42	43	44	
3	42	44	40	42	42	40	44	44	44	46	44	42	47,9
	44	40	44	42	44	46	46	44	42	42	41	44	
4	42	44	46	44	44	44	46	44	44	42	42	42	47,9
	40	42	44	44	42	40	42	44	44	41	44	46	
5	44	41	40	40	42	44	44	41	44	44	46	44	47,9
	44	46	41	42	44	42	42	43	44	48	46	44	

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura A5 e di calcestruzzo C5 sono riportati in Allegato A

VIADOTTO MIROGALLO

PILA 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO MIROGALLO

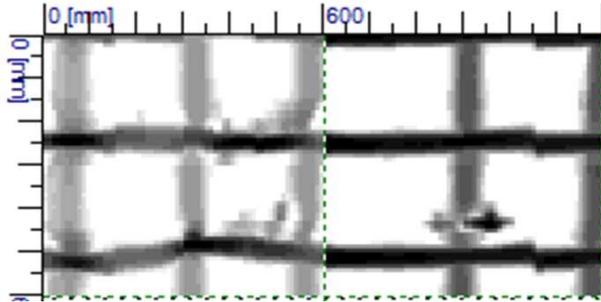
PILA 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

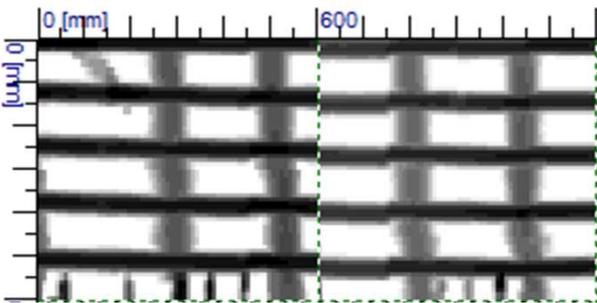


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

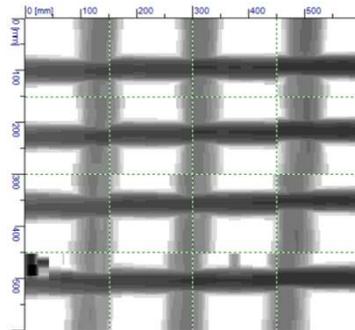
VIADOTTO MIROGALLO
PILA 2
INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospettiva frontale (zona laterale) :
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm



Scansione prospettiva frontale (zona centrale) :
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 10 -15 cm



Scansione laterale (zona centrale):
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali												←	
ZONA	INDICE DI RIMBALZO											Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm ²)	
1	44	46	43	46	46	46	45	47	44	46	42	45	51,6
	47	46	47	45	46	43	44	46	48	47	46	44	
2	44	43	44	45	45	46	44	43	42	42	40	47,9	
	42	42	42	46	48	46	48	44	40	41	42		44
3	40	39	38	42	42	44	44	46	47	45	42	41	44,1
	40	39	42	44	42	44	40	45	46	40	42	44	
4	42	41	40	40	40	41	42	40	39	44	44	42	44,1
	41	42	41	43	40	43	44	42	42	43	43	43	
5	42	46	48	47	44	42	46	46	46	47	44	42	51,6
	46	44	47	46	48	47	44	45	42	44	46	47	

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A4** e di calcestruzzo **C4** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO MIROGALLO
PILA 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO MIROGALLO

PILA 2

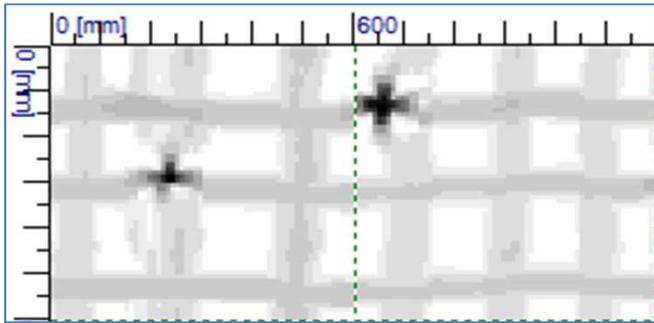
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



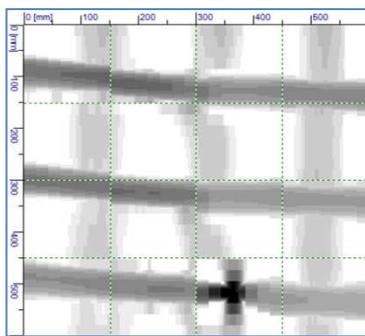
Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

VIADOTTO MARCHESE

VIADOTTO MARCHESE
SPALLA B
INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospettiva frontale :
Barre verticali ϕ 18-20 mm passo 20- 25 cm
Barre orizzontali 12-14 m passo 20-25 cm



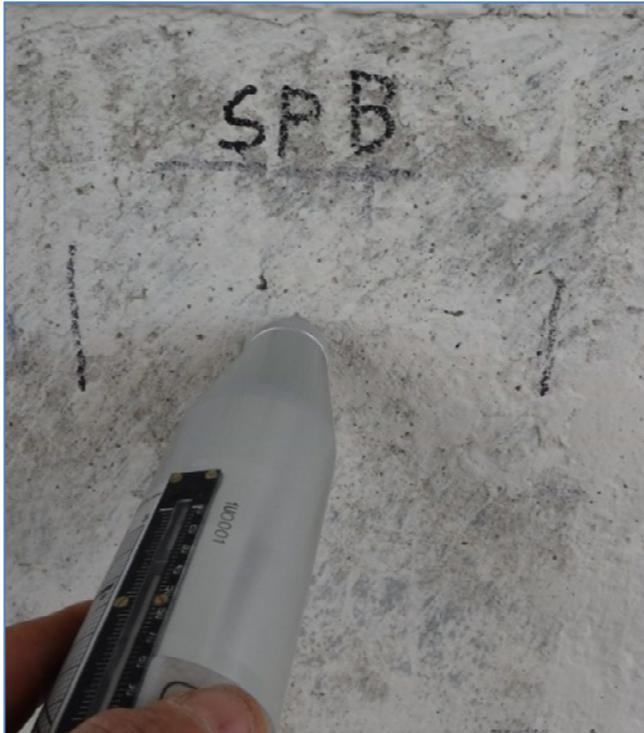
Scansione laterale:
Barre verticali ϕ 18-20 mm passo 20- 25 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali												←	
ZONE	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm ²)
1	34	36	38	40	39	37	39	40	36	37	39	40	37,0
2	38	35	41	40	39	37	37	38	38	38	39	40	37,0
3	36	36	37	37	38	38	38	39	40	40	39	38	37,0
4	37	36	38	37	36	39	41	38	38	40	40	39	37,0
5	36	40	39	30	37	37	37	38	37	40	40	40	35,3
6	40	41	40	41	38	36	38	38	37	37	40	40	38,7
7	39	38	37	37	37	36	36	36	36	37	38	39	35,3
8	40	36	37	38	39	37	37	36	36	37	37	39	35,3
9	37	38	39	40	41	40	39	36	37	38	37	36	37,0
10	40	37	37	37	39	39	38	36	39	38	37	36	35,3
11	37	38	38	38	39	40	40	40	40	37	38	37	37,0
12	39	38	38	38	39	40	41	40	39	39	38	36	38,7
13	35	37	36	35	38	39	39	40	40	39	38	37	37,0
14	40	40	40	39	39	39	38	37	39	38	37	38	38,7
15	40	40	39	39	38	38	38	37	36	36	36	39	37,0
16	40	39	39	40	40	37	38	38	36	37	37	38	37,0

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A6** e di calcestruzzo **C6** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO MARCHESE
SPALLA B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



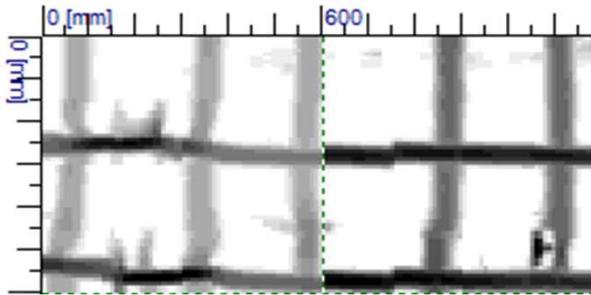
VIADOTTO MARCHESE
SPALLA B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

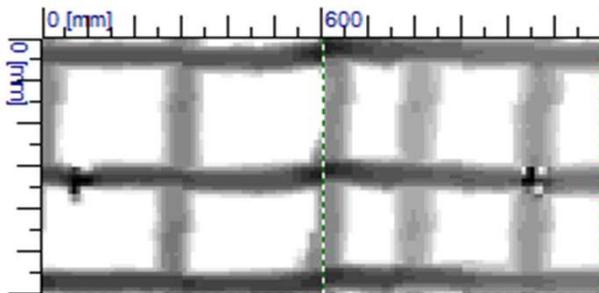


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=20$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

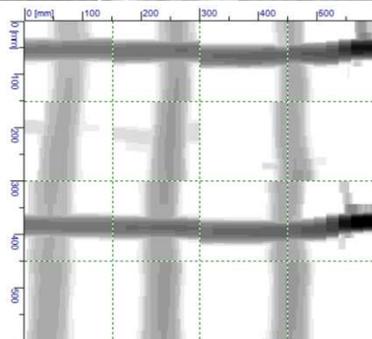
VIADOTTO MARCHESE
PILA 8
INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospettiva frontale (zona laterale):
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 25- 30 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm



Scansione prospettiva frontale (zona centrale):
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 25- 30 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 25-30 cm



Scansione laterale:
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 15- 20 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 25-30 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													←
ZONE	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm ²)
1	38	46	46	44	42	40	41	43	39	38	38	39	40,5
2	44	46	44	44	44	42	41	48	43	44	45	44	47,9
3	45	44	46	46	47	41	43	43	44	45	43	45	47,9
4	40	39	40	40	42	43	43	41	44	39	38	39	40,5
5	39	39	46	46	44	46	45	43	41	39	39	41	44,1
6	40	42	44	46	44	46	42	41	40	41	39	42	44,1
7	40	40	39	38	41	40	46	44	43	42	41	42	42,4
8	44	46	46	45	43	41	44	46	45	44	44	43	47,9
9	43	46	44	46	42	38	38	39	40	40	41	42	42,4
10	39	38	39	47	41	44	44	45	46	43	41	40	44,1
11	41	40	39	38	37	39	42	42	41	43	44	45	42,4
12	41	40	41	48	44	44	43	42	41	44	43	41	44,1

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A7** e di calcestruzzo **C7** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO MARCHESE
PILA 8

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO MARCHESE

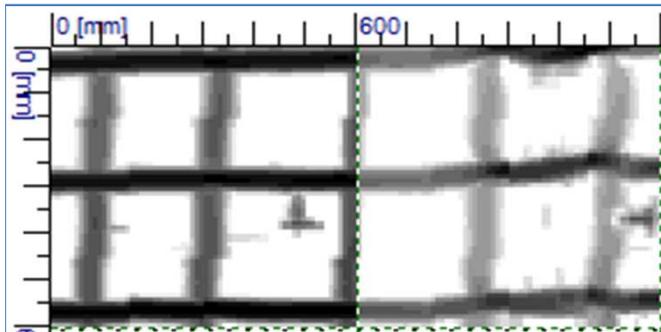
PILA 8

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

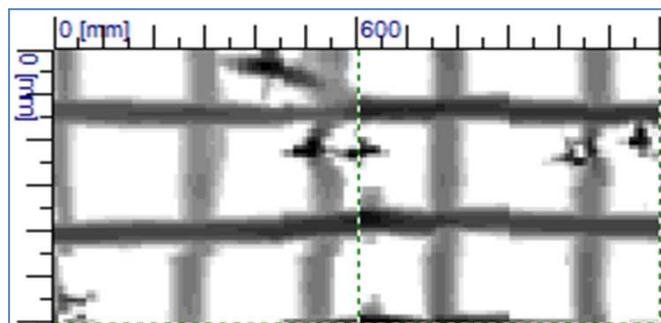


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

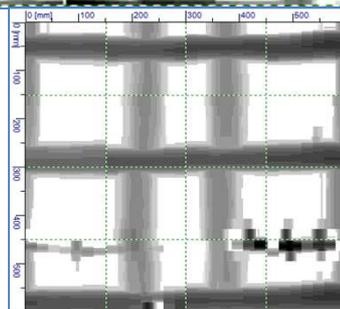
**VIADOTTO MARCHESE
PILA 7
INDAGINI PACOMETRICHE**



Scansione prospettiva frontale (zona laterale):
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 25- 30 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm



Scansione prospettiva frontale (zona centrale):
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 25- 30 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 15-20 cm



Scansione laterale:
Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 15- 20 cm
Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 25-30 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													←
ZONE	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c
													(N/mm ²)
1	38	46	39	41	44	45	42	46	40	41	39	38	42,4
2	39	39	42	42	44	43	41	40	40	44	44	45	44,1
3	41	40	40	41	39	38	46	44	44	42	43	45	42,4
4	46	46	45	44	42	41	41	42	40	40	44	45	46,0
5	41	44	44	42	45	44	38	39	40	41	39	38	42,4
6	39	39	36	42	40	40	42	44	44	43	45	46	44,1
7	39	40	40	42	42	44	43	45	46	41	40	46	44,1
8	38	38	38	41	40	44	43	43	45	44	46	45	46,0
9	39	39	40	41	40	42	44	44	43	42	45	46	44,1
10	38	39	41	40	42	44	46	45	43	41	43	45	44,1
11	45	46	46	44	44	42	44	44	43	42	44	44	47,9
12	46	44	46	44	45	43	42	40	40	42	41	43	46,0

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A8** e di calcestruzzo **C8** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO MARCHESE
SPALLA 8

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO MARCHESE
SPALLA 8

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



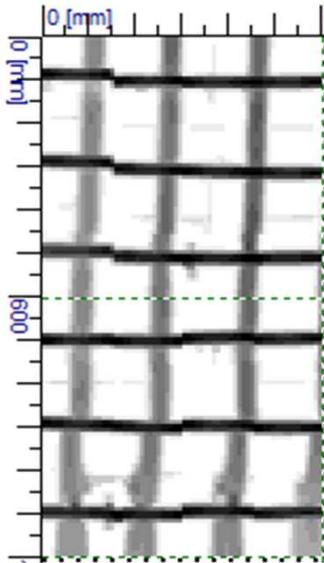
Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

VIADOTTO RIDOLA

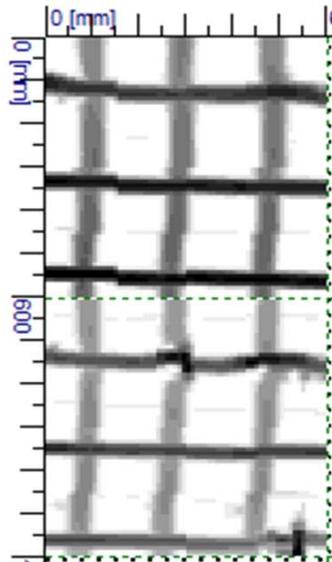
VIADOTTO RIDOLA

SPALLA B

INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospetto frontale (zona laterale):
 Barre verticali ϕ 28-30 mm passo 15- 20 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 18-20 cm



Scansione prospetto frontale (zona centrale):
 Barre verticali ϕ 28-30 mm passo 15- 20 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 18-20 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													
ZONE	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c
													(N/mm^2)
1	35	37	40	36	42	35	36	40	40	36	37	39	35,3
2	33	33	33	35	36	37	38	35	35	35	36	37	31,8
3	38	42	43	35	34	40	34	36	36	36	37	38	33,6
4	40	40	34	37	34	38	37	36	35	40	39	39	35,3
5	34	34	35	35	38	36	36	35	35	37	36	36	31,8
6	36	36	40	36	38	37	36	36	36	37	38	39	33,6
7	36	40	40	40	38	37	42	42	37	39	38	40	38,7
8	42	42	38	42	42	44	36	38	36	41	42	41	42,4
9	35	36	38	40	37	42	37	36	38	38	39	38	37,0
10	38	40	38	39	41	40	36	37	37	38	39	40	42,4
11	42	36	37	36	42	38	37	40	40	39	38	3*9	37,0
12	37	37	37	38	36	36	35	40	39	37	36	39	35,3
13	36	38	40	37	36	35	39	40	39	38	36	40	37,0
14	37	39	40	41	40	39	38	42	40	40	38	36	38,7

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A1** e di calcestruzzo **C1** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO RIDOLA
SPALLA B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



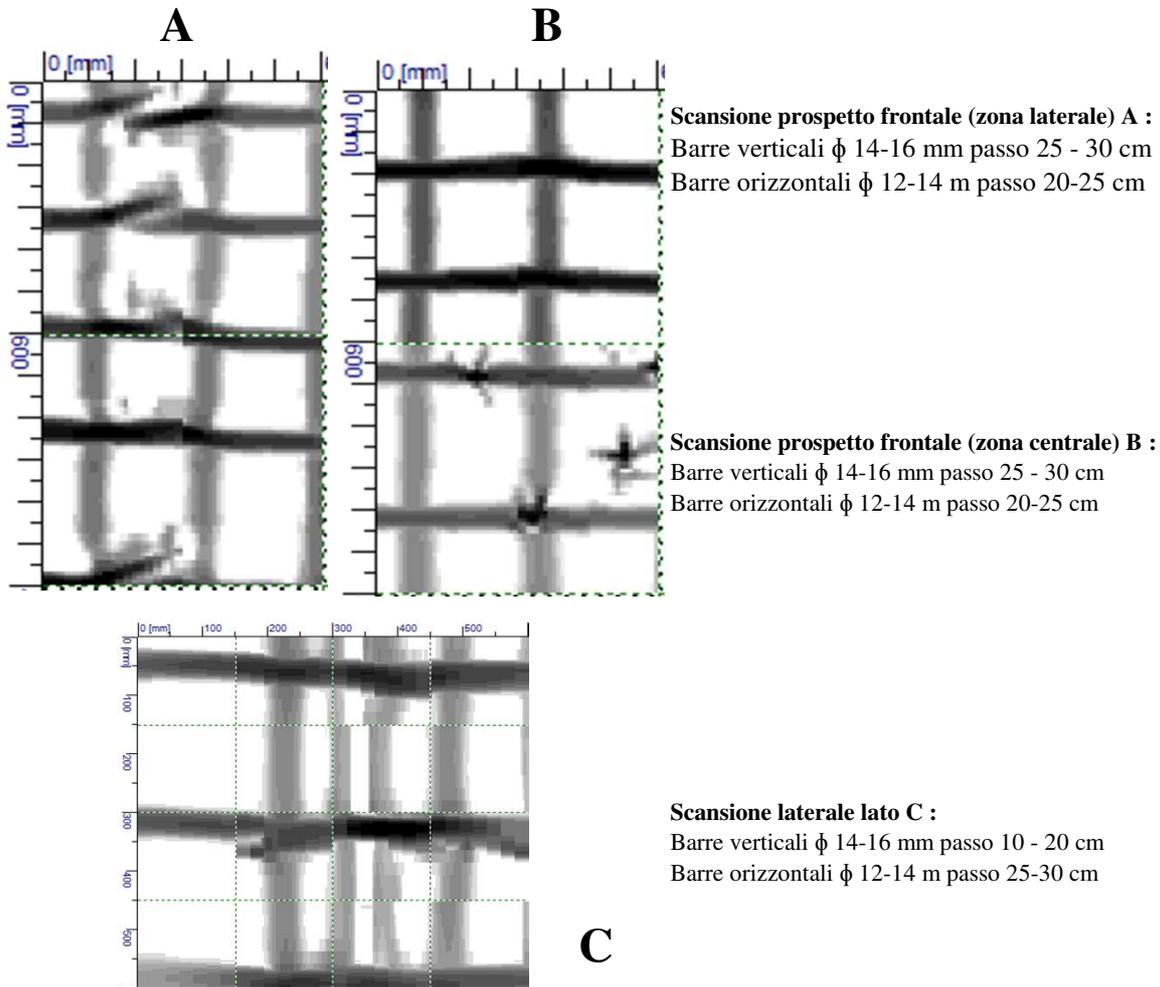
VIADOTTO RIDOLA
SPALLA B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=30$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

VIADOTTO RIDOLA
PILA 11
INDAGINI PACOMETRICHE



INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													←
ZONE	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm ²)
1	40	44	42	46	40	44	46	44	44	45	44	46	47,9
2	38	36	39	39	42	37	41	42	42	43	42	43	42,4
3	38	38	40	42	41	38	36	38	42	38	42	38	37,0
4	36	42	37	43	44	38	38	38	42	40	38	42	38,7
5	40	40	44	44	38	38	38	42	42	42	40	38	40,5
6	34	32	33	34	32	34	32	30	36	35	33	33	28,5
7	35	38	36	40	38	36	34	35	36	40	37	36	33,6
8	41	42	43	44	40	38	40	39	37	38	37	40	40,5
9	36	34	40	42	40	42	41	42	39	40	42	39	40,5
10	42	36	36	38	38	38	40	38	41	39	41	38	37,0

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A2** e di calcestruzzo **C2** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO RIDOLA

PILA 11

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO RIDOLA

PILA 11

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

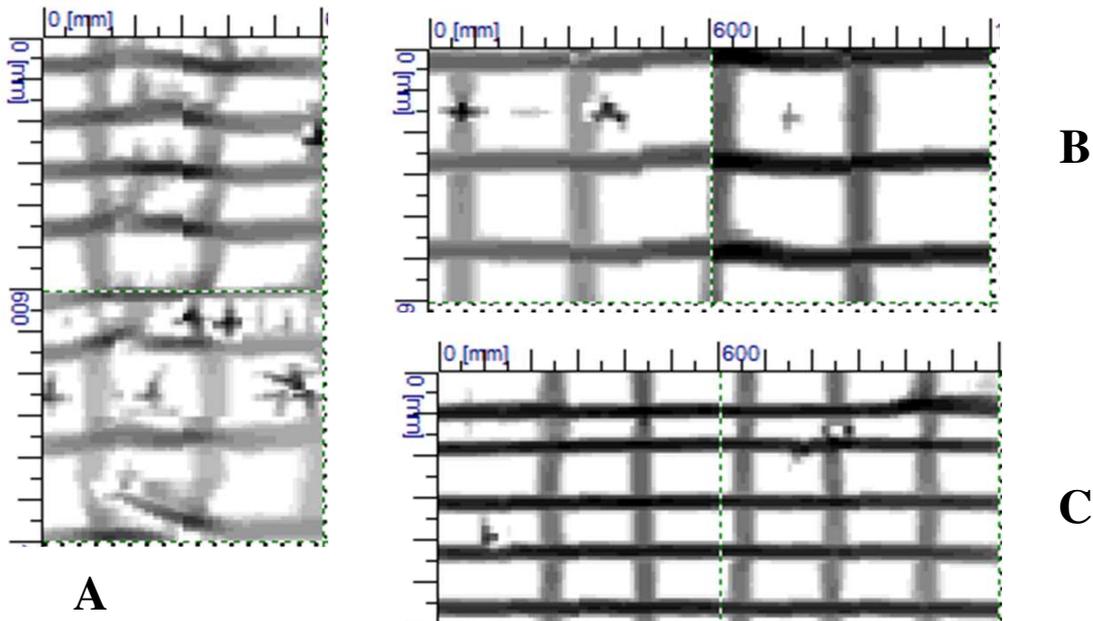


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

VIADOTTO RIDOLA

PILA 1

INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospetto frontale (zona laterale) A :

Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 25-30 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 10-15 cm

Scansione prospetto frontale (zona centrale) B :

Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 25-30 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20 -25 cm

Scansione laterale (zona centrale) C :

Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 25-30 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali												←	
ZONE	INDICE DI RIMBALZO											Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm^2)	
1	42	46	50	44	46	48	45	47	49	48	44	43	51,6
2	43	42	44	44	47	44	49	50	50	49	48	47	53,6
3	41	42	43	45	44	45	46	46	48	49	49	48	49,7
4	49	48	49	49	44	46	45	44	42	48	43	45	49,7
5	44	46	45	47	49	48	46	44	42	43	45	50	49,7
6	46	46	44	47	43	45	44	48	50	49	48	47	51,6
7	43	44	45	47	48	49	50	44	44	43	47	49	51,6
8	49	50	48	47	49	48	49	50	49	50	48	45	57,3
9	48	47	48	46	44	42	42	43	44	45	46	44	47,9
10	44	45	48	47	44	46	48	49	50	49	48	44	53,6
11	43	42	42	44	46	45	43	47	49	50	48	46	49,7
12	44	45	48	45	47	44	48	44	49	50	49	46	51,6

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A11** e di calcestruzzo **C11** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO RIDOLA

PILA 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO RIDOLA

PILA 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

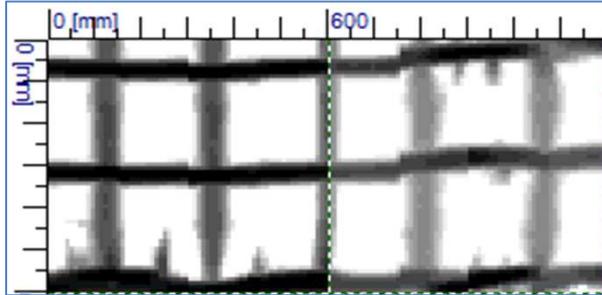


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

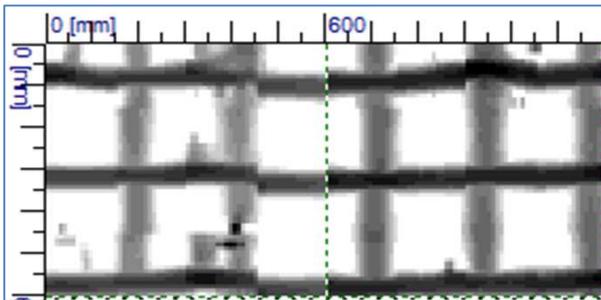
VIADOTTO RIDOLA

PILA 2

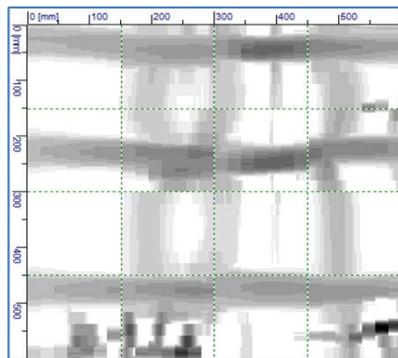
INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospettiva frontale (zona laterale) :
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm



Scansione prospettiva frontale (zona centrale) :
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-35 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm



Scansione laterale:
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 10-15 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													←
ZONE	INDICE DI RIMBALZO												Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm^2)
1	44	54	46	47	48	49	51	50	53	52	54	53	59,3
2	47	48	49	48	47	52	53	54	52	50	51	53	59,3
3	46	48	46	47	49	51	54	52	50	51	49	50	57,3
4	47	49	50	52	53	54	54	52	50	52	54	52	63,1
5	45	49	51	54	52	47	48	50	52	51	54	54	61,1
6	46	48	48	50	52	54	53	51	49	47	45	49	57,3
7	49	48	47	46	44	45	49	50	51	52	53	54	57,3
8	52	49	47	44	45	49	51	50	52	54	53	51	59,3
9	52	51	50	49	48	48	46	44	45	49	53	54	57,3
10	52	54	52	52	50	49	44	46	44	45	47	49	57,3

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A10** e di calcestruzzo **C10** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO RIDOLA
PILA 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO RIDOLA
PILA 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

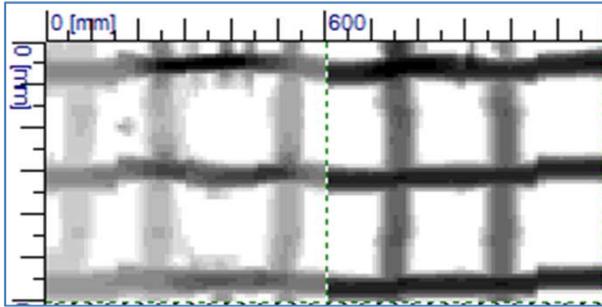


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

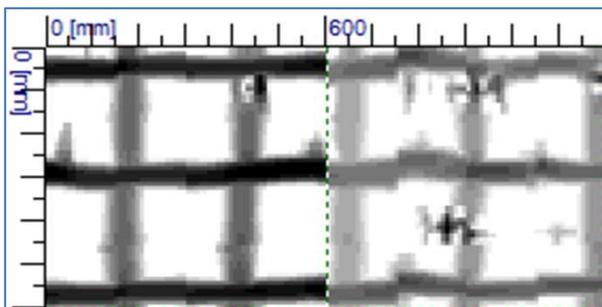
VIADOTTO RIDOLA

PILA 3

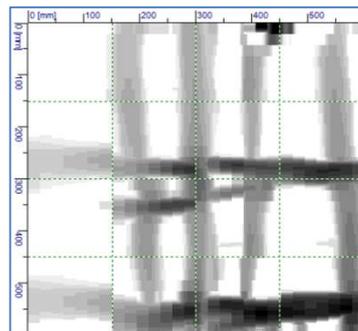
INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospettiva frontale (zona laterale) :
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-25 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm



Scansione prospettiva frontale (zona centrale) :
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 20-35 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20 -25 cm



Scansione laterale:
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 10-15 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm^2)
ZONE	INDICE DI RIMBALZO												
1	40	48	42	44	46	48	41	43	45	47	44	48	47,9
2	41	45	47	41	46	40	42	44	46	48	47	45	49,7
3	44	41	40	42	42	44	44	42	46	48	46	46	47,9
4	41	40	40	41	42	44	46	48	44	45	43	47	46,0
5	44	41	40	42	48	48	46	46	44	44	46	44	47,9
6	46	44	46	48	40	42	44	43	41	45	47	49	47,9
7	40	42	44	46	48	47	45	43	41	40	40	46	46,0
8	46	46	44	44	42	42	48	44	40	43	45	41	47,9
9	44	46	41	44	44	45	46	46	48	44	41	40	47,9
10	41	44	44	43	41	40	41	42	44	48	48	47	46,0

I risultati delle prove di Laboratorio eseguite sui prelievi di barra di armatura **A9** e di calcestruzzo **C9** sono riportati in *Allegato A*

VIADOTTO RIDOLA
PILA 3

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



VIADOTTO RIDOLA

PILA 3

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

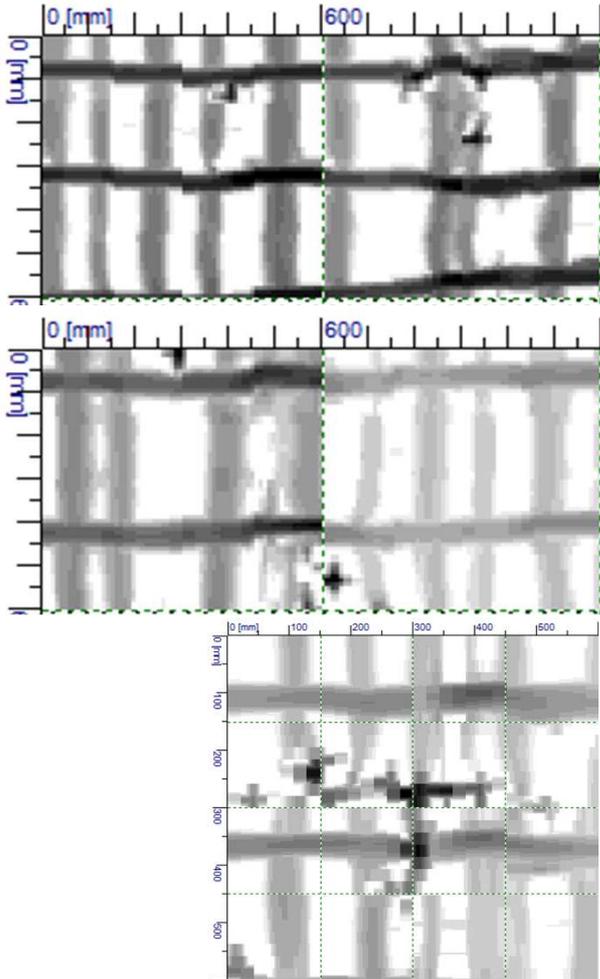


Rilievo diretto armature - Barre verticali $\phi=16$ mm Barre orizzontali $\phi=14$ mm

VIADOTTO RIDOLA

PILA 7

INDAGINI PACOMETRICHE



Scansione prospetto frontale (zona laterale) :
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 10-15 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm

Scansione prospetto frontale (zona centrale) :
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 10-15 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20 -25 cm

Scansione laterale:
 Barre verticali ϕ 14-16 mm passo 10-15 cm
 Barre orizzontali ϕ 12-14 m passo 20-25 cm

INDAGINI SCLEROMETRICHE													
Direzione di esecuzione delle battute sclerometriche: orizzontali													
ZONE	INDICE DI RIMBALZO											Stima indiretta della resistenza R_c (N/mm^2)	
1	44	50	45	46	45	44	48	50	50	49	48	49	55,4
2	49	49	48	47	49	44	46	50	48	47	46	47	53,6
3	48	48	48	50	44	46	47	48	49	46	47	47	53,6
4	50	50	48	50	49	49	48	47	47	48	49	50	57,3
5	46	48	49	48	46	44	44	44	45	47	49	44	51,6
6	48	48	49	48	49	49	48	50	50	49	47	45	55,4
7	46	46	48	48	46	48	47	49	50	50	48	46	55,4
8	44	44	45	46	47	48	44	44	46	45	47	49	49,7
9	49	49	47	47	45	45	44	44	46	47	48	49	53,6
10	45	47	49	50	50	49	47	45	46	44	48	50	53,6
11	44	44	44	48	48	50	50	49	45	47	49	50	55,4
12	44	46	46	48	48	49	50	49	44	46	48	44	53,6

VIADOTTO RIDOLA

PILA 7

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



ALLEGATO A. RAPPORTI DI PROVE DI LABORATORIO



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:

- Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676

**LABORATORIO MATERIALI
PROVE SU CALCESTRUZZO**

RAPPORTO DI PROVA N° R7436BE01 del 11/03/2019

- Pagina 1 di 1 -

RIF. V.A. N° R/7436 del 21/11/2018

DATI DICHIARATI**Intestatario:** ITALFERR S.p.A. U.O. Amministrazione e Controllo di Gestione**Indirizzo:** Via Vito Giuseppe Galati, 71 - 00155 Roma**Cantiere:** Viadotti e Cavalcavia**Proprietà:** ITALFERR S.P.A.**Località:** Matera**Natura dei campioni:** Carote prelevate da calcestruzzo indurito da uno Sperimentatore del Laboratorio con Verbale di cantiere CDO 5/10 del 15/02/2019**RISULTATI DELLE PROVE**

Macchina di prova:

LAB A 52 - Matricola TEL 151043 CEL 01523

DATI DICHIARATI ALL'ACCETTAZIONE				Data prova	MASSA VOLUMICA			RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE				Trazione indiretta	MODULO ELASTICO SECANTE A COMPRESSIONE
N.	Sigla di contrassegno	DATA PRELIEVO	Provenienza		D kg/m ³	Dimensioni φ [mm] h [mm]	F [KN]	f _c [N/mm ²]	R	P	f (traz.) [N/mm ²]	E [N/mm ²]	
1	C1	19/02/2019	Spalla B V. Ridola	01/03/2019	2324	93,9 187,7	259,2	37,4	S	ER	5,3	25270	
2	C2	19/02/2019	Pila 11 V. Ridola	01/03/2019	2276	93,9 187,3	248,3	35,9	S	ER	5,6	21901	
3	C3	19/02/2019	Spalla B V. Mirogallo	01/03/2019	2334	93,9 187,8	292,2	42,2	S	ER	4,5	28517	
4	C4	19/02/2019	Pila 2 V. Mirogallo	01/03/2019	2325	93,9 187,7	269,4	38,9	S	ER	5,6	26529	
5	C5	19/02/2019	Pila 1 V. Mirogallo	01/03/2019	2306	93,9 187,6	252,1	36,4	S	ER	6,2	31956	
6	C6	19/02/2019	Spalla B V. Marchese	01/03/2019	2241	93,9 187,8	168,5	24,3	S	ER	3,8	22094	
7	C7	19/02/2019	Pila 8 V. Marchese	01/03/2019	2319	93,9 187,0	191,4	27,6	S	ER	3,2	29197	
8	C8	19/02/2019	Pila 7 V. Marchese	01/03/2019	2282	93,9 187,3	187,8	27,1	S	ER	4,1	28615	
9	C9	19/02/2019	Pila 3 V. Ridola	01/03/2019	2322	93,9 187,3	296,5	42,8	S	ER	3,2	30550	
10	C10	19/02/2019	Pila 1 V. Ridola	01/03/2019	2338	93,9 187,3	310,2	44,8	S	ER	5,3	31670	
11	C11	19/02/2019	Pila 2 V. Ridola	01/03/2019	2250	93,9 187,3	315,6	45,6	S	ER	2,3	31300	

R= Tipo di rottura del provino: S= Soddisfacente; A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K= Non soddisfacente

P = Preparazione del provino: NN=Non necessaria, ER=Eseguita rettifica, CC=Eseguita cappatura, TC=Eseguito taglio e cappatura, TR= Eseguito taglio e rettifica

Lo Sperimentatore
Geom. Marco ParadisiIl Direttore
Dott. Ing. Roberto Calzoni



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:

- Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676



LABORATORIO MATERIALI

PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO / RADDRIZZAMENTO SU BARRE DI ACCIAIO

RAPPORTO DI PROVA N° R7436CA01 del 11/03/2019 - Pagina 1 di 1 -

RIF. V.A. N° R/7436 del 21/11/2018

DATI DICHIARATI

Intestatario: ITALFERR S.p.A. U.O. Amministrazione e Controllo di Gestione

Indirizzo: Via Vito Giuseppe Galati, 71 - 00155 Roma

Cantiere: Viadotti e Cavalcavia

Proprietà: ITALFERR S.p.A.

Località: Matera

Natura dei campioni: Barre di acciaio prelevate da uno Sperimentatore del Laboratorio con Verbale di cantiere CDO 5/10 del 15/02/2019

RISULTATI DELLE PROVE

Data prove: 08/03/2019

Norma: UNI EN ISO 15630-1

Macchine di prova: LAB A 52 - M. TEL 151043 CEL 01523 - LABA16 - M. 90130057

N°	Diametro nominale mm	Contrassegno	Data prelievo	Sezione resistente mm ²	Allungamento percentuale	Tensione di snervamento f _y N/mm ²	Tensione di rottura f _t N/mm ²	Peso unitario kg/m	MARCHIO	PROVENIENZA	Prova di Piegamento/Raddrizzamento	
											Esito	Mandrino
1	14	A1	12/02/2019	155,9	14,0	478,6	746,1	1,224	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	SPALLA B V. RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84
2	14	A2	12/02/2019	153,9	9,1	561,9	813,3	1,208	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 11 V. RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84
3	14	A3	13/02/2019	157,6	17,1	510,7	779,0	1,237	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	SPALLA B V. MIROGALLO	ASSENZA DI CRICCHE	84
4	14	A4	13/02/2019	152,7	15,3	559,7	828,2	1,199	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 2 V. MIROGALLO	ASSENZA DI CRICCHE	84
5	14	A5	13/02/2019	151,7	14,3	534,7	815,6	1,191	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 1 V. MIROGALLO	ASSENZA DI CRICCHE	84
6	14	A6	13/02/2019	151,3	11,7	548,4	813,3	1,188	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	SPALLA B V. MARCHESE	ASSENZA DI CRICCHE	84
7	14	A7	13/02/2019	151,6	18,1	483,6	703,3	1,190	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 8 V. MARCHESE	ASSENZA DI CRICCHE	84
8	14	A8	14/02/2019	150,4	15,3	490,7	704,1	1,181	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 7 V. MARCHESE	ASSENZA DI CRICCHE	84
9	14	A9	14/02/2019	154,6	18,3	516,7	800,6	1,214	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 3 V. RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84

Annotazioni ===

Lo Sperimentatore
Geom. Marco Paradisi

Il Direttore
Dott. Ing. Roberto Calzoni



Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:
 - Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi
 - Terre e Rocce – Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi
 Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:
 - Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676



LABORATORIO MATERIALI

PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO / RADDRIZZAMENTO SU BARRE DI ACCIAIO

RAPPORTO DI PROVA N° R7436CA02 del 11/03/2019 - Pagina 1 di 1 -

RIF. V.A. N° R/7436 del 21/11/2018

DATI DICHIARATI

Intestatario: ITALFERR S.p.A. U.O. Amministrazione e Controllo di Gestione
Indirizzo: Via Vito Giuseppe Galati, 71 - 00155 Roma
Cantiere: Viadotti e Cavalcavia
Proprietà: ITALFERR S.p.A.
Località: Matera

Natura dei campioni: Barre di acciaio prelevate da uno Sperimentatore del Laboratorio con Verbale di cantiere CDO 5/10 del 15/02/2019

RISULTATI DELLE PROVE

Data prove: 08/03/2019
Norma: UNI EN ISO 15630-1
Macchine di prova: LAB A 52 - M. TEL 151043 CEL 01523 - LABA16 - M. 90130057

N°	Diametro nominale mm	Contrassegno	Data prelievo	Sezione resistente mm ²	Allungamento percentuale	Tensione di snervamento f _y N/mm ²	Tensione di rottura f _t N/mm ²	Peso unitario kg/m	MARCHIO	PROVENIENZA	Prova di Piegamento/Raddrizzamento	
											Esito	Mandrino
10	14	A10	14/02/2019	156,4	14,4	532,5	817,6	1,228	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 2 V.RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84
11	14	A11	14/02/2019	151,9	16,7	533,7	826,0	1,193	NON RILEVABILE - BARRA LISCIA	PILA 1 V.RIDOLA	ASSENZA DI CRICCHE	84

Annotazioni ===

Lo Sperimentatore
 Geom. Marco Paradisi

.....

Il Direttore
 Dott. Ing. Roberto Calzoni

.....

ALLEGATO B. METODOLOGIA DELLE INDAGINI SPERIMENTALI

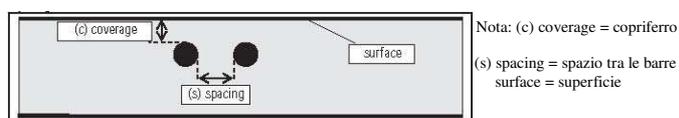
B.1. INDAGINI MAGNETOMETRICHE

B.1.1. Capacità di misurazione del sistema e condizioni

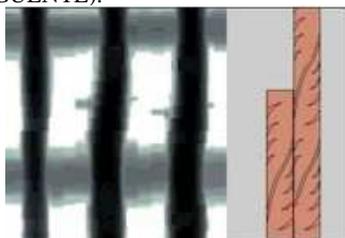
È necessario che siano soddisfatte le seguenti condizioni per ottenere valori di lettura affidabili:

- superficie del calcestruzzo liscia e piatta
- ferri d'armatura non corrosi
- armatura parallela alla superficie
- il calcestruzzo non deve contenere alcun tipo di materiale inerte o componenti con caratteristiche magnetiche
- i ferri d'armatura sono disposti verticalmente, con una precisione del $\pm 5^\circ$, rispetto al senso di scansione
- i ferri d'armatura non sono saldati
- i ferri contigui hanno un diametro simile
- i ferri contigui si trovano alla stessa profondità
- nessun effetto di disturbo proveniente da campi magnetici esterni o da oggetti, presenti nelle immediate vicinanze, dotati di proprietà magnetiche
- i ferri d'armatura hanno una permeabilità magnetica relativa di 85–105
- le ruote dello scanner sono pulite e non presentano tracce di sabbia o altro sporco simile
- tutte e 4 le ruote dello scanner scorrono sull'oggetto da misurare

Se una o più di queste condizioni non vengono soddisfatte, la precisione del rilevamento può risultarne compromessa. Il rapporto distanza ferri/copriferro (s/c) rappresenta spesso un limite nella individuazione dei ferri singoli.



Distanza minima barre 36 mm per l'individuazione di barre d'armatura singole, oppure distanza ferri/copriferro (s/c) 1,5 / 1, in base al valore superiore. Per una misurazione della profondità è necessaria una profondità minima di 10 mm. Le barre di armatura che si trovano al di sotto dell'armatura superiore, non sempre posso essere localizzati; ugualmente accade per barre sovrapposte (vedi schema PAGINA SEGUENTE).



B.1.2. Precisione nella stima del copriferro (profondità)

La precisione nella stima del copri ferro in funzione del diametro rilevato, è riporta nella tabella sottostante

Diametro rilevato	Misura rilevata del Copriferro (profondità)								
	[mm]								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
6	±3	±3	±4	±6	±8	O	X	X	X
8	±3	±3	±4	±6	±8	O	O	X	X
10	±3	±3	±4	±6	±8	O	O	X	X
12	±3	±3	±4	±6	±8	±12	O	X	X
14	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
16	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
20	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
25	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
28	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
30	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X

Il valore indica la precisione tipica della misurazione di profondità (scostamento dal valore effettivo) in mm.

O: a questa profondità è possibile individuare la barra di armatura, tuttavia non può essere stimata la profondità.

X: a questa profondità non è possibile individuare la barra di armatura.

B.1.3. Precisione nella stima del diametro delle barre di armatura

Diametro standard ± 1 mm, dove il rapporto distanza ferri/copriferro è $\geq 1,5 / 1$.

B.1.4. Precisione nella localizzazione delle barre di armatura

Misurazione relativa del centro della barra (tutte le modalità operative): standard ± 3 mm, dove il rapporto distanza ferri/copriferro è $\geq 1,5 / 1$.

B.1.5. Modalità di utilizzo dello strumento

Il pachometro può essere utilizzato in due modalità: la modalità quickscan e la modalità imagescan.

La modalità Quickscan può essere utilizzata per determinare velocemente la posizione dei ferri d'armatura, che verranno quindi segnati sulla superficie analizzata. Questo procedimento viene definito Rilevamento Quickscan (a scansione rapida). Lo scanner rileva solo le barre d'armatura che sono verticali rispetto al senso della scansione. Le barre che sono parallele rispetto al senso della scansione non vengono invece rilevate. Per questo motivo ci si deve accertare che la scansione dell'oggetto avvenga sia in senso orizzontale, sia verticale. Per barre d'armatura che si trovino in posizione obliqua rispetto al senso della scansione, potrebbe eventualmente essere calcolata una profondità errata.

La modalità Imagescan viene utilizzata per creare un'immagine della disposizione dei ferri d'armatura. La profondità ed il diametro dei ferri d'armatura possono essere determinati in un punto qualsiasi. Per ogni punto identificato sull'immagine scanner, si riporta:

- il numero di riferimento del punto identificativo,
- la stima del copriferro e del diametro della barra di armatura in quel punto,
- l'orientamento della barra di armatura.

B.2. PROVE DI COMPRESSIONE SUI CALCESTRUZZI

B.2.1. Prelievo di campioni per prove di compressione

B.2.1.1. Generalità

Il prelievo di campioni di calcestruzzo indurito è destinato a prove di laboratorio per la determinazione di massa volumica, per prove meccaniche, di permeabilità, di gelività, ecc.

Mediante una opportuna tecnica, è possibile estrarre dal getto di calcestruzzo dei campioni, che consentono di valutare le caratteristiche meccaniche del cemento armato, a condizione che i campioni estratti siano "non disturbati" e che siano stati prelevati in numero *statisticamente significativo*.

B.2.1.2. Metodo di estrazione

Il criterio che viene seguito nel corso dei prelievi è di ridurre al minimo il danneggiamento provocato dall'estrazione sul campione. Le operazioni di prelievo vengono pertanto eseguite quando il calcestruzzo è sufficientemente indurito, ossia quando la sua resistenza a compressione stimata è maggiore di 10 N/mm^2 , evitando inoltre, per quanto possibile, le zone armate ed i giunti.

L'estrazione di carote viene di regola eseguita mediante sonda a corona diamantata (carotatrice) di tipo adatto alla durezza del calcestruzzo ed al tipo di aggregato in esso contenuto. Viene adottato il criterio di utilizzare un diametro della corona non minore di 3 volte il diametro massimo dell'aggregato. Nel movimento di avanzamento la sonda deve essere esente da vibrazioni, per assicurare che il diametro della carota sia costante ed il suo asse rettilineo. La sonda pertanto deve essere rigida e correttamente ancorata.

Le carotatrici impiegate, in questo caso, utilizzano corone diamantate del diametro di 54 mm, con raffreddamento ad acqua a circuito chiuso. Tutti i provini sono stati prelevati conservando il medesimo asse, ortogonale al piano della parete di calcestruzzo da cui sono stati prelevati. I campioni prelevati non hanno presentato irregolarità vistose.

B.2.1.3. Identificazione e descrizione dei campioni

All'atto del prelievo, ogni campione viene identificato chiaramente, annotando il punto specifico di prelievo e l'orientamento nel getto di calcestruzzo, possibilmente con l'aiuto di uno schizzo della struttura.

Successivamente ogni campione viene esaminato attentamente, annotando le irregolarità (fessure, riprese di getto, nidi di ghiaia, segni di segregazione). Viene stimata la dimensione massima dell'aggregato, la forma dell'aggregato grosso ed il rapporto in volume fra aggregato grosso e aggregato fine. Viene rilevata l'eventuale presenza di vuoti dovuti ad incompleta compattazione (grandezza e distribuzione). Quando necessario, viene effettuato un rilievo fotografico.

B.2.1.4. Lavorazione dei campioni

I campioni vengono tagliati e lavorati secondo le tecniche impiegate per il taglio dei materiali litoidi fino ad ottenere provini rispondenti alle indicazioni delle norme UNI relative alle prove a cui gli stessi sono destinati.

Nella lavorazione dei campioni vengono scartati dagli stessi parti eventualmente danneggiate dalle operazioni di estrazione ovvero che contengano armature o corpi estranei. Vengono inoltre registrate posizioni ed orientamento dei provini rispetto ai campioni estratti.

B.2.1.5. Conservazione dei campioni

La conservazione dei campioni è effettuata in camera condizionata a 20 ± 2 °C e 50% di umidità relativa, salvo specifiche diverse condizioni richieste dalle prove a cui gli stessi sono destinati.

B.2.2. Provini

I provini sono stati ricavati da calcestruzzo già indurito, in genere mediante carotaggio. Sulle facce destinate a venire a contatto con i piani della pressa è ammessa una tolleranza di planarità di 0,05 mm. In caso contrario si provvede alla loro spianatura.

La spianatura viene fatta:

- a) mediante rettifica su apposita macchina, usando mole;
- b) mediante applicazione di pasta di cemento o gesso.

In quest'ultimo caso lo strato di spianatura, il più sottile possibile, viene realizzata in modo da risultare perfettamente aderente al calcestruzzo, sufficientemente resistente e indurito così da non frantumarsi durante la prova di compressione, né fessurarsi prima della prova stessa.

La spianatura viene ripetuta se, al momento della prova, la facce spianate presentano un errore di planarità maggiore di 0,05 mm e se gli angoli formati da due facce continue non sono di $90^\circ \pm 30'$.

B.2.2.1. Stagionatura

I provini ricevuti dal Laboratorio vengono conservati in ambiente analogo a quello della prima stagionatura. I provini ricavati da calcestruzzo già indurito vengono conservati in ambiente come sopra specificato, con permanenza di almeno 48 h prima della prova.

B.2.2.2. Apparecchiatura

Per la rottura dei provini si impiegano presse progettate espressamente per prove su materiali poco deformabili. Sono utilizzate presse CONTROLS da 3000 kN, classe 1.

L'apparecchio misuratore permette la valutazione istantanea del carico, per ciascuna delle scale della macchina di prova, con precisione dell'1%. Nel caso in cui la rottura del provino avvenisse sotto un carico minore di 1/5 della portata della macchina, la prova è considerata attendibile.

B.2.2.3. Procedimento

Dopo il prelievo dall'ambiente di stagionatura, le dimensioni del provino sono misurate con precisione di 1 mm; il provino è inoltre pesato con precisione dell'1%.

Il provino, se cubico, è posto sul piatto della macchina in modo che il carico sia applicato normalmente alla direzione di costipamento durante il getto. Non è assolutamente realizzata alcuna interposizione di strati di materiale deformabile (cartone, feltro, piombo, ecc.) tra i piatti della macchina e la facce del provino.

Viene curata in particolare modo la centratura del provino sul piatto inferiore della macchina.

Il piatto superiore è quindi accostato al provino, e la completa aderenza è ottenuta sollevando lentamente il piatto inferiore, in modo da consentire l'assestamento dello snodo sferico.

Sin dall'inizio il carico è applicato gradualmente, senza urti, ed il gradiente di carico corrisponde a 5 ± 2 kgf/(cm² · a) pari a circa 50 ± 20 N/(cm² · a).

Il carico è aumentato sino alla completa rottura del provino, prendendo nota del carico massimo raggiunto. In base a tale carico si calcola la resistenza a compressione, che è espressa con arrotondamento a 5 kgf/cm² pari a circa 50 N/cm². Si prende nota del tipo di rottura.

B.3. PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ACCIAIO

B.3.1. Prelievo dei provini

Il prelievo di barre di acciaio, da zone scarsamente sollecitate di elementi secondari, consente di sottoporre i provini a sforzi di trazione ed altri tipi di prova, allo scopo di determinarne le caratteristiche meccaniche.

La superficie del getto di calcestruzzo è stata intaccata mediante trapano ad elevato numero di giri, in modo da scoprire e prelevare un tratto di barra di acciaio di lunghezza opportuna.

La lunghezza libera della provetta fra i dispositivi di serraggio della macchina deve essere sufficiente per far sì che i riferimenti si trovino a opportuna distanza dai dispositivi di serraggio.

B.3.2. Lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0)

Di regola si usa la provetta che presenta la seguente relazione fra lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0) e l'area della sezione iniziale (S_0):

$$L_0 = k \sqrt{S_0}$$

dove k è uguale a 5,65. Tale valore per le provette a sezione circolare porta alla relazione $L_0 = 5d$.

Le estremità della lunghezza iniziale tra i riferimenti sono messi in evidenza o mediante segni o mediante piccole incisioni, ma non mediante intagli in grado di provocare rotture premature. Il valore calcolato della lunghezza iniziale tra i riferimenti può essere arrotondato al multiplo di 5 mm più vicino, a condizione che la differenza fra la lunghezza calcolata e quella marcata non sia maggiore del 10% di L_0 . La lunghezza iniziale tra i riferimenti deve essere marcata con una precisione pari a $\pm 1\%$.

B.3.3. Preparazione delle provette

Le tolleranze sulla lunghezza delle provette sono considerate pari a $100 \pm 1,0$ mm per barre $\phi 20$, $50 \pm 0,5$ mm per barre $\phi 10$, $25 \pm 0,25$ mm per barre $\phi 5$, con valori interpolati per gli altri diametri. Per quanto riguarda il diametro nominale, nessuna provetta deve presentare un diametro al di fuori dei valori fissati dalle tolleranze $20 \pm 0,150$ mm per barre $\phi 20$, $10 \pm 0,075$ mm per barre $\phi 10$, $5 \pm 0,040$ mm per barre $\phi 5$, con valori interpolati per gli altri diametri.

B.3.4. Determinazione dell'area della sezione iniziale (S_0)

Il diametro nominale è utilizzato nel calcolo dell'area della sezione iniziale delle provette a sezione circolare che rispettino le tolleranze indicate nel punto precedente. Per tutte le altre forme di provette, l'area della sezione iniziale è calcolata partendo da misurazioni delle dimensioni appropriate, con un errore non maggiore di $\pm 0,5\%$, su ogni dimensione.

B.3.5. Macchina di prova

Per la prova di trazione viene impiegata una macchina a trazione.

La velocità di deformazione della parte calibrata non è maggiore dello 0,008/s.

Le provette sono posizionate mediante dispositivo appropriati. Le provette sono fissate in modo che il carico sia applicato il più assialmente possibile.

B.3.6. Determinazione dell'allungamento percentuale dopo rottura (A)

La misurazione dell'allungamento percentuale dopo rottura viene effettuata come allungamento permanente della lunghezza fra i riferimenti dopo rottura ($L_U - L_0$), espresso in percento della lunghezza iniziale (L_0). A tale scopo, i due spezzoni della provetta vengono avvicinati con cura in modo che i loro assi rappresentino il prolungamento l'uno dell'altro.

L'allungamento permanente dopo rottura è determinato con una precisione dello 0,25 mm utilizzando un dispositivo di misura con risoluzione dello 0,1 mm e il valore dell'allungamento percentuale dopo rottura è arrotondato allo 0,5% più vicino.

B.3.7. Carico di rottura

Al termine della prova, viene determinato il carico massimo F_m che è il carico più elevato sopportato dalla provetta nel corso della prova dopo il superamento dello snervamento ed il carico unitario di rottura (resistenza a trazione) R_m , ovvero il carico unitario corrispondente al carico massimo F_m .

B.4. INDAGINI SCLEROMETRICHE

B.4.1. Generalità e principi di funzionamento

L'indice di rimbalzo della massa battente (Sclerometro), misura la durezza superficiale del materiale di prova. La sua determinazione può essere utilizzato per valutare l'omogeneità del calcestruzzo in sito, per delimitare regioni superficiali nelle strutture con calcestruzzo degradato e di qualità scadente e per stimare le variazioni nel tempo delle proprietà del calcestruzzo, come per esempio quelle provocate dall'idratazione del cemento.

B.4.2. Attrezzatura impiegata

Il metodo consiste nel proiettare una massa calibrata con una determinata energia di percussione contro la superficie del calcestruzzo. La misura consiste nel rilievo di un numero indice, legato all'entità del rimbalzo della massa battente.

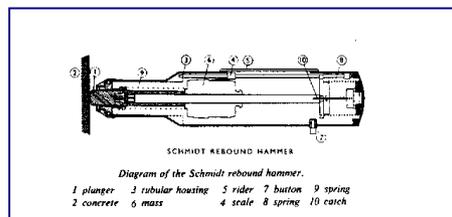


Figura 1

Lo strumento per l'esecuzione di tali prove è lo sclerometro, prodotto e diffuso nella configurazione ad esso data da E. Schmidt (Figura 1). Esso consiste in un contenitore cilindrico che regge un'asta guida lungo la quale scorre la massa battente (martello-hammer).

L'azionamento di questa, partendo dalla posizione di riposo con asta retratta, si svolge con le seguenti fasi:

1. spingendo leggermente l'asta di percussione contro la parete si provoca lo sganciamento dell'asta stessa e la sua completa estensione e, contemporaneamente, l'aggancio del nottolino al risalto del martello; lo strumento è così pronto all'uso;
2. si spinge con movimento lento ed uniforme l'asta di percussione contro la parete da esaminare fino al completo rientro della stessa; questo provoca l'estensione della molla di percussione e, a fine corsa, lo sgancio automatico del martello; quest'ultimo, richiamato dalla molla, batte sul risalto dell'asta che a sua volta trasmette l'energia alla parete;
3. la parte di energia restituita dal solido in prova provoca il rimbalzo del martello che trascina un indice lungo una scala graduata in percentuali dell'estensione iniziale della molla e sulla quale viene effettuata la lettura.

Il valore del rimbalzo della massa battente è misurato mediante un indice di lettura trascinato su una scala lineare alloggiata nella cassa dello strumento.

L'energia di impatto dello sclerometro prevista nella norma UNI è pari a 2,21 J (corrispondente a 0,225 kgm) con lo sclerometro in direzione verticale con il puntale rivolto verso il basso.

B.4.3. Superficie di prova

B.4.3.1. Scelta della superficie di prova

Le parti di calcestruzzo da sottoporre a prova devono avere spessore di almeno 150 mm. I campioni più sottili devono essere rigidamente fissati ad un sopporto.

Vengono evitate le zone che presentano nidi di ghiaia, scalfitture, tessitura superficiale grossolana, porosità elevata e zone con presenza di ferro.

Al fine di poter comparare i risultati, i calcestruzzi dovranno presentare approssimativamente la stessa composizione, età, ed analoghe condizioni di maturazione. Devono essere evitate le superfici intonacate, qualora non sia possibile la rimozione dell'intonaco.

B.4.3.2. Preparazione delle superficie di prova

La circonferenza ideale che delimita la superficie di prova ha diametro compreso fra 150 e 300 mm. Le superfici con tessitura ruvida (grossolana), poco resistenti o coperte di malta disgregata, vengono pulite con pietra abrasiva.

Vengono rimosse eventuali tracce di disarmanti sulle superficie di prova. Le superfici umide sono lasciate asciugare prima dell'esecuzione della prova.

B.4.4. Metodologia di prova

Lo strumento è posizionato perpendicolarmente alla superficie di prova. Si aumenta gradualmente la pressione sul martello fino a produrre l'urto. Dopo l'urto si legge l'indice sclerometrico sulla scala graduata.

Normalmente vengono effettuate almeno 9 misure in ogni superficie di prova. Le impronte dell'urto non risultano sovrapposte e sono situate almeno a 30 mm dai bordi.

La temperatura del calcestruzzo deve essere maggiore di 0 °C per eliminare risultati anomali dovuti all'azione del gelo.

La temperatura dello sclerometro è maggiore di 10 °C per eliminare attriti anomali sul cursore dello sclerometro. Per poter comparare i risultati, l'angolo di battuta dello sclerometro (orizzontale, verticale o inclinata) è sempre il medesimo.

Si intuisce che la possibilità di stabilire una correlazione teorica tra indice sclerometrico e proprietà del materiale è possibile solo per materiali omogenei, dei quali si conoscano le capacità di smorzamento. Non è questo il caso del calcestruzzo.

La valutazione della resistenza meccanica in base all'indice sclerometrico può trarsi solo in modo empirico, calibrando lo strumento su serie di provini realizzati con calcestruzzo avente la stessa composizione di quello in prova. Tale taratura va effettuata secondo modalità prestabilite e porta, attraverso la elaborazione dei dati sperimentali, ad una curva di correlazione. Quando non è possibile eseguire la taratura dello strumento, si fa fede in genere alle curve di taratura fornite dal costruttore dello strumento, Controls, qui di seguito riportate (fig. 2).

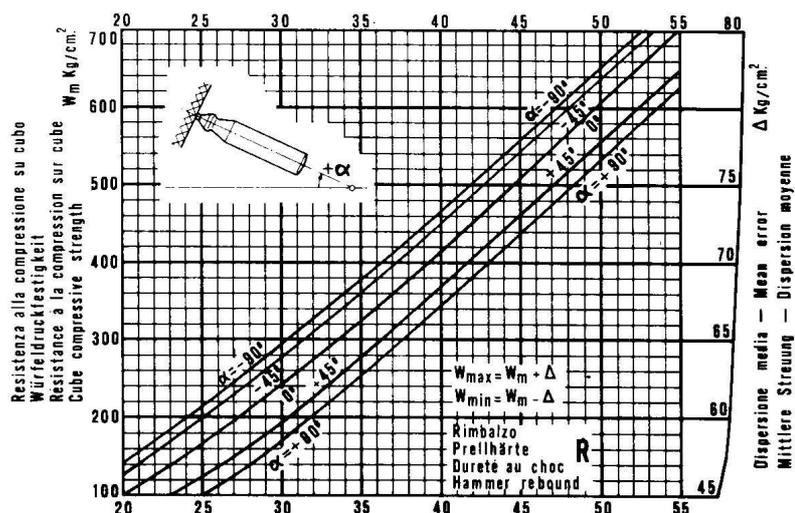


Figura 2

Nel diagramma di correlazione sono preseti diverse curve corrispondenti a diversi angoli di battuta ($\alpha = 0^\circ$, battuta orizzontale). Le curve si riferiscono a calcestruzzi maturi confezionati con cemento Portland, sabbie e inerti di buona qualità, superfici lisce e asciutte.

B.5. ATTREZZATURE UTILIZZATE

B.5.1. Generalità

La Società *EXPERIMENTATIONS S.r.l.*, operante secondo il Sistema Qualità UNI EN ISO 9001, certificato Bureau Veritas. n.IT260359, ha adottato una serie di procedure operative per la taratura delle sue apparecchiature.

B.5.2. Attrezzatura per indagini magnetometriche

Per l'esecuzione di tali indagini è stata utilizzata l'apparecchiatura portatile della Hilti denominata "Ferrosan", codice interno **PE F196**.

B.5.3. Attrezzatura per prelievi di carote in calcestruzzo

Il prelievo di carote in calcestruzzo è stato eseguito mediante la carotatrice Hilti DD 120 TPS, codice interno **INV 005**.

B.5.4. Attrezzatura per esecuzione battute sclerometriche

Le misure sono state eseguite con sclerometro, codice interno **PE F770**. La verifica di taratura è stata eseguita ad ogni inizio di giornata su incudine di taratura 58-C184 della Controls, codice interno **LAB A123**, secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 12504-2.

B.5.5. Attrezzatura per rilievi

Le misure sono state rilevate in sito e in laboratorio, tramite un metro codice interno **LAB A87** e un calibro di alta precisione codice interno **LAB A47**, le cui tarature sono documentate dalle rispettive verifiche di taratura *EXPERIMENTATIONS*.