



D.M. 49/2018\_INTERVENTO DI ADEGUAMENTO  
STATICO E SISMICO DEL PONTE SUL FIUME MONTONE  
POSTO AL KM 4+693 DELLA S.P. 5 RONCALCECI  
CUP J63D18000180001

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Presidente: Sig. Michele De Pascale	Consigliere delegato Strade - Trasporti - Pianificazione Territoriale: Arch. Nicola Pasi
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Resp. del Servizio.: Ing. Chiara Bentini

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO : Ing. Chiara Bentini \_\_\_\_\_  
*Documento firmato digitalmente*

PROGETTISTA : Ing. Tobia Zordan \_\_\_\_\_  
*Documento firmato digitalmente*



PER PRESA VISIONE



COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE : Geom. Lorenza Battistini \_\_\_\_\_  
*Firmato*

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
A	PRIMA EMISSIONE				20/12/2019

TITOLO ELABORATO: **PONTE SUL FIUME MONTONE**  
**RILIEVI E CARATTERIZZAZIONE MECCANICA ELEMENTI STRUTTURALI ESISTENTI**  
**STATO DI PROGETTO**

Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
02	-	20/12/2019	-	-

**COMMITTENTE:** Dott. Ing. Gilberto DALLAVALLE

**OGGETTO:** Verifica della vulnerabilità sismica del ponte stradale sul fiume Montone ubicato al km 4+680 della S.P. 5 "Roncalceci"

**LOCALITA':** Russi (RA)

**TIPO DI INDAGINE:** Rilievi e caratterizzazione meccanica degli elementi strutturali

**ELABORATO:** Relazione tecnica

Reg.Com.	222.15	
Nome File:	222.15_Rel_Montone.doc	
Impresa Esecutrice delle indagini <b>TECNO IN S.p.A.</b>		
		
Data	Rev.	Revisione
2 Ottobre 2015	0	Emissione



*Tecno In S.p.A.*

*Laboratorio Geotecnico su Terre e Prove in Situ  
Conc. N° 53363 del 06.05.05 Ministero Infrastrutture e Trasporti*

*Laboratorio Prove su Materiali da Costruzione  
Conc. N° 40228 del 27.04.95 Ministero Infrastrutture e Trasporti*

 **TECNOIN**  
GEOSOLUTIONS

**AZIENDA CON SISTEMA  
QUALITA'  
CERTIFICATO DAL RINA  
ISO 9001 - ISO 14001**

20097 San Donato Milanese (MI) - Via Marcora, 52  
Tel. 02.496.80.501 - 346.5025325 - Fax 02.496.80.502  
80142 Napoli - 2° trav. Strettola S. Anna alle Paludi, 11  
Tel. 081.563.45.20 - 348.005.44.98 - Fax 081.563.39.70  
E-mail: [tecnoin@tecnoin.it](mailto:tecnoin@tecnoin.it) - Sito web: [www.tecnoin.it](http://www.tecnoin.it)  
P.Iva 05016170630 - CCIAA Mi 1953725 - Reg. Imprese 05016170630

## INDICE

<b>1 - Premessa.....</b>	<b>3</b>
<b>2 - Rilievo delle barre di armatura in strutture di c.a.....</b>	<b>4</b>
<b>3 - Prelievo di campioni cilindrici di cls.....</b>	<b>9</b>
<b>4 - Controllo della carbonatazione su campioni cilindrici di cls .....</b>	<b>13</b>
<b>5 - Prove di resistenza a compressione su campioni cilindrici di cls.....</b>	<b>15</b>
<b>6 - Indagini combinate sclerometro-ultrasuoni (SONREB) su cls .....</b>	<b>16</b>
6.1 - Indagini sclerometriche.....	16
6.2 - Rilievo ultrasonico .....	16
6.3 - Metodo combinato .....	17
<b>7 - Prelievo di barre di armatura .....</b>	<b>21</b>
<b>8 - Prove di resistenza a trazione su barre di armatura.....</b>	<b>24</b>

### ALLEGATI

- A. Schema planimetrico ubicazione indagini
- B. Rapporti di prova in laboratorio





## 1 - Premessa

Il dott. ing. Gilberto DALLAVALLE ha conferito alla Tecno In S.p.A. l'incarico<sup>1</sup> per l'esecuzione di servizi di indagini diagnostiche funzionali alla verifica di vulnerabilità sismica del ponte stradale sul fiume "Montone" ubicato al km 4+680 della S.P. 5 "Roncalceci" e ricadente nel Comune di Russi, nella Provincia di Ravenna.

Tale attività è costituita da una campagna di indagini diagnostiche e di rilievi finalizzati alla caratterizzazione meccanica, fisica e geometrica delle strutture portanti del manufatto oggetto di verifica.

Con la presente si relaziona sugli esiti della campagna di indagini e di rilievi effettuati il 15 Settembre 2015; in particolare sono state svolte le seguenti attività:

- ✓ n° 2 rilievi di barre d'armatura in strutture in c.a.;
- ✓ n° 3 prelievi di campioni cilindrici di cls comprensivi del ripristino;
- ✓ n° 3 prove di carbonatazione su campioni cilindrici di cls;
- ✓ n° 3 prove di resistenza a compressione su provini cilindrici di cls;
- ✓ n° 12 indagini Sonreb per la stima indiretta della resistenza a compressione del cls;
- ✓ n° 2 prelievi di barre d'armatura comprensivi del ripristino;
- ✓ n° 2 prove di resistenza a trazione sui campioni di barra prelevata;

Si evidenzia che tutti gli elementi strutturali su cui sono stati effettuati prelievi di campioni per l'esecuzione delle prove in laboratorio, sono stati oggetto di ripristino a cura di maestranze incaricate dal dott. ing. Gilberto Dallavalle.

Le prove di laboratorio fisiche e meccaniche su calcestruzzo ed acciaio sono state eseguite dal laboratorio prove su materiali da costruzione della TECNO IN S.p.A., autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 40228 del 27/04/95 ai sensi dell' art. 59 del D.P.R. n° 380/2001.



<sup>1</sup> Incarico diretto

## 2 - Rilievo delle barre di armatura in strutture di c.a.

Il rilievo geometrico delle barre di armatura all'interno degli elementi strutturali in c.a. è stato effettuato mediante indagini pacometriche e saggi diretti.

L'**indagine pacometrica**, eseguita secondo la norma UNI EN 7997, rientra nei cosiddetti metodi di prova magnetici in quanto sfrutta le proprietà elettromagnetiche dell'acciaio per la localizzazione delle armature metalliche.

La rilevazione è stata effettuata mediante uno strumento detto appunto pacometro, di marca ELCOMETER modello P331, costituito da una centralina digitale di emissione e lettura del campo elettromagnetico e da una sonda di rilevazione collegate tra di loro da un cavo coassiale.



La posizione dei ferri è stata determinata muovendo il dispositivo sulla superficie in esame, fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che corrisponde all'orditura dei ferri. In questo modo viene ricostruita la maglia di armatura delle strutture.

I saggi diretti sono stati eseguiti mediante la rimozione di una porzione di copriferro in corrispondenza della maglia d'armatura precedentemente localizzata attraverso il metodo pacometrico. Con un calibro decimale è stato rilevato il diametro delle barre e lo spessore del copriferro. Si precisa che, in presenza di più registri d'armatura, vengono rilevate solamente le barre appartenenti al registro più esterno.

Tutti gli elementi strutturali in c.a. su cui è stato rimosso il copriferro per il rilievo diretto delle armature metalliche, sono stati oggetto di ripristino mediante la posa di malta cementizia tixotropica a cura di maestranze incaricate dal dott. ing. Gilberto Dallavalle.

Sono stati oggetto di rilievo **n° 2 elementi strutturali in c.a.** come di seguito specificato:

- RA1:** Spalla in sx idraulica
- RA2:** Pila in sx idraulica

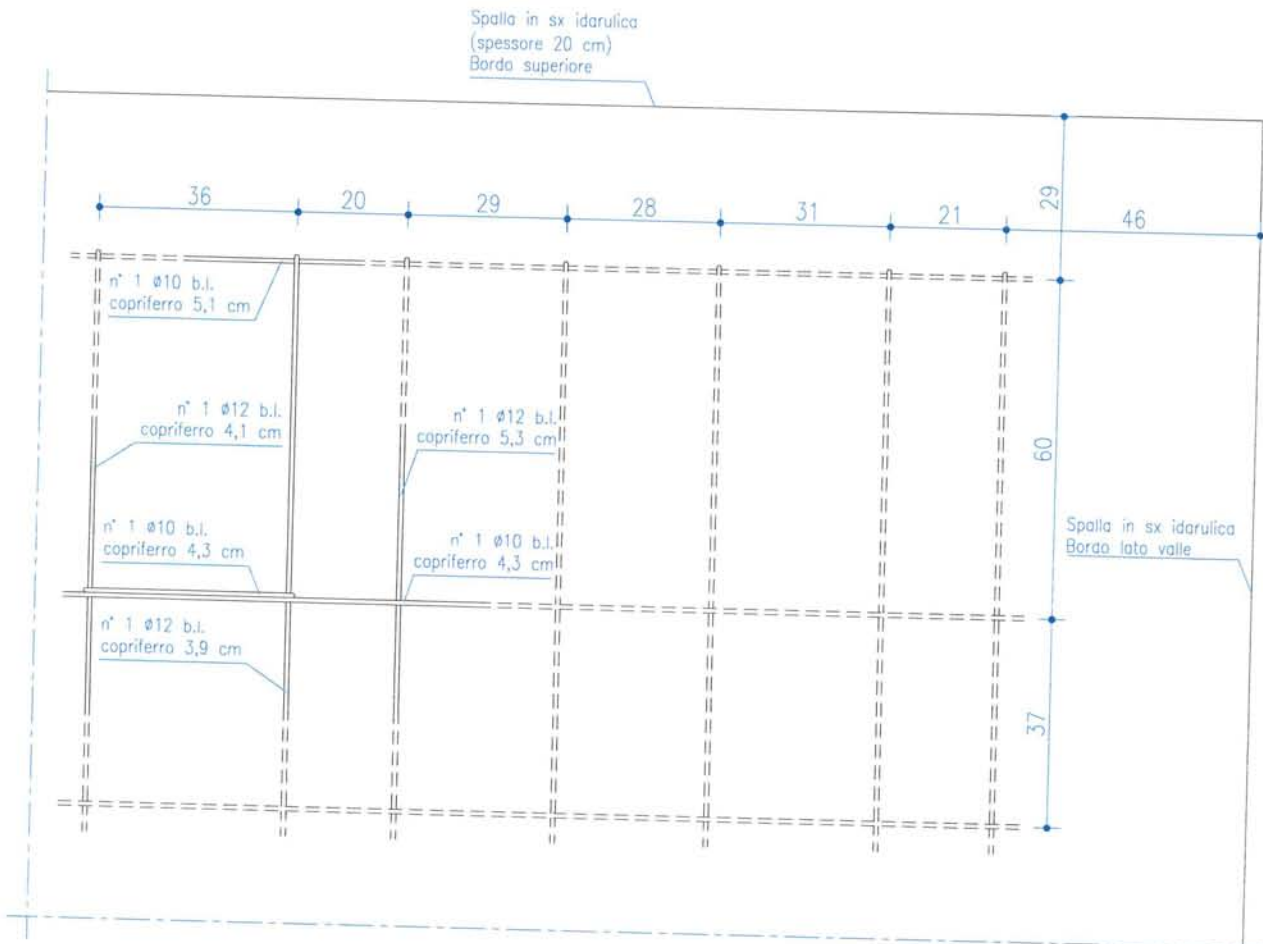
Per i dettagli su ogni singolo elemento rilevato si rimanda alle schede di seguito riportate.





### RA1 – Spalla in sx idraulica

*Rilievo geometrico e rilievo delle armature  
(le misure indicate sono espresse in cm)*



**VISTA FRONTALE**

### Rilievo fotografico



**Veduta della spalla in sx idraulica**



**Rilievo armatura**



**Rilievo armatura**



**Rilievo armatura**



**Rilievo armatura**



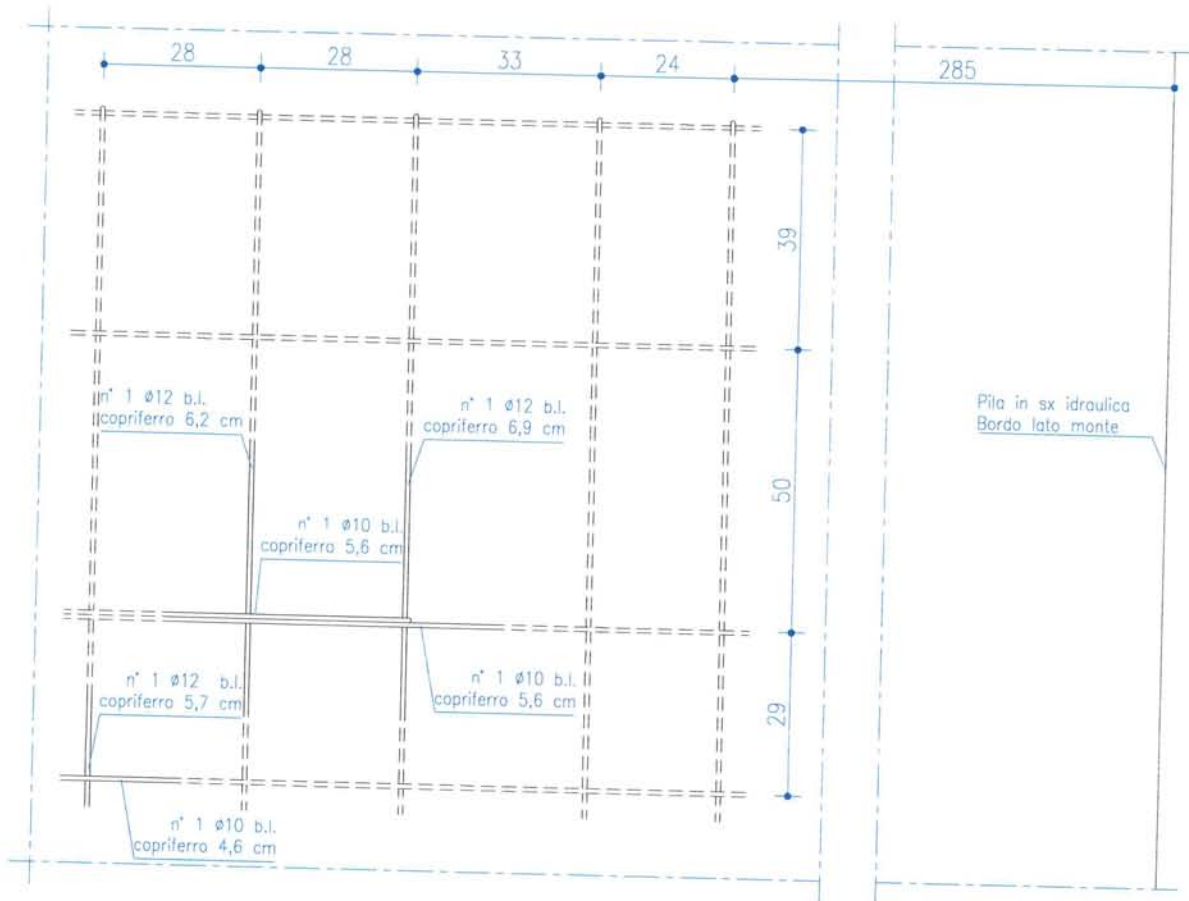
**Copriferro ripristinato con malta cementizia tixotropica**





**RA2 – Pila in sx idraulica**

*Rilievo geometrico e rilievo delle armature  
(le misure indicate sono espresse in cm)*



**VISTA FRONTALE**

Rilievo fotografico



**Veduta della pila in sx idraulica**

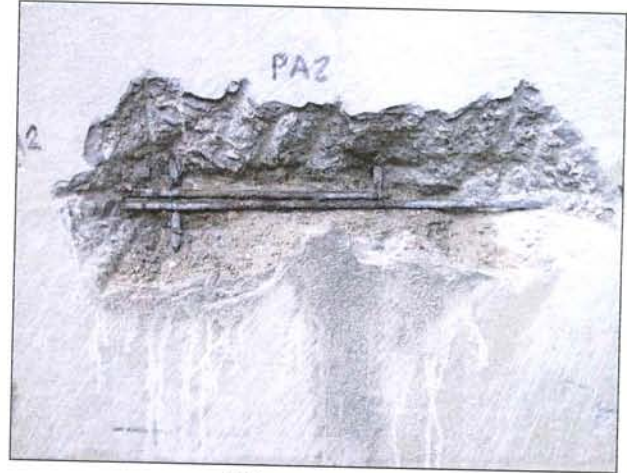


**Rilievo armatura**





**Rilievo armatura**



**Rilievo armatura**



**Rilievo armatura**



**Copriferro ripristinato con malta cementizia tixotropica**



### 3 - Prelievo di campioni cilindrici di cls

Il prelievo dei campioni cilindrici di calcestruzzo è stato eseguito conformemente alla norma UNI EN 12504-1 impiegando una carotatrice marca HILTI modello DD200 con carotiere  $\varnothing$  100 a corona diamantata.

I provini prelevati sono stati siglati, riposti in buste sigillate e trasferiti in laboratorio per le successive prove.

Al termine del prelievo il foro eseguito nell'elemento strutturale è stato oggetto di riempimento mediante l'impiego di malta cementizia tixotropica a cura di maestranze incaricate dal dott. ing. Gilberto Dallavalle.

Sono stati oggetto di prelievo **n° 3 elementi strutturali in c.a.** come di seguito specificato:

- PC1:** Spalla in sx idraulica
- PC2:** 1<sup>^</sup> Trave della 1<sup>^</sup> Campata, appoggio sulla spalla in sx idraulica
- PC3:** Pila in sx idraulica

Di seguito si riportano le schede di prelievo recanti le seguenti informazioni:

- ✓ sigla della carota;
- ✓ elemento strutturale su cui è stato effettuato il prelievo;
- ✓ data del prelievo;
- ✓ direzione in cui è stato eseguito il carotaggio;
- ✓ dimensioni del campione estratto (diametro e lunghezza massima);
- ✓ rilievo fotografico.





Sigla Carota	Ubicazione	Prelievo		Caratteristiche provino	
		Data	Direzione	Diametro [mm]	Lunghezza [mm]
PC1	Spalla in sx idraulica	15.09.2015	Orizzontale	94	159



Prelievo carota



Prelievo carota



Campione prelevato



Foro riempito con malta cementizia tixotropica





Sigla Carota	Ubicazione	Prelievo		Caratteristiche provino	
		Data	Direzione	Diametro [mm]	Lunghezza [mm]
PC2	1^ Trave della 1^ Campata Appoggio sulla spalla in sx idraulica	15.09.2015	Orizzontale	94	139



Prelievo carota



Prelievo carota



Campione prelevato



Foro riempito con malta cementizia tixotropica



Sigla Carota	Ubicazione	Prelievo		Caratteristiche provino	
		Data	Direzione	Diametro [mm]	Lunghezza [mm]
PC3	Pila in sx idraulica	15.09.2015	orizzontale	94	214



Prelievo carota



Prelievo carota



Campione prelevato



Foro riempito con malta cementizia tixotropica

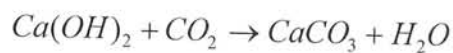




#### 4 - Controllo della carbonatazione su campioni cilindrici di cls

Il controllo della carbonatazione è stato eseguito, conformemente alla norma UNI 9944/92, con il metodo del viraggio chimico utilizzando come indicatore una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico al 70%; tale soluzione vira al rosso-violetto a contatto con materiali aventi un pH superiore a 9,2, mentre rimane incolore per valori inferiori.

La carbonatazione è un particolare processo chimico per il quale l'anidride carbonica presente nell'aria viene assorbita dal calcestruzzo, trasformando l'idrossido di calcio (fortemente basico) in carbonato di calcio secondo la reazione:



Tale reazione determina un abbassamento del *pH* del calcestruzzo da valori prossimi a 12 a valori inferiori a 9, con la conseguente eliminazione della naturale barriera alcalina protettiva per le armature, formata da uno strato passivante di ossido di ferro insolubile, che protegge i ferri dai fenomeni ossidativi.

Pertanto, nel momento in cui la carbonatazione raggiunge l'armatura, interviene un pericolo di corrosione. La velocità di penetrazione della carbonatazione verso l'interno della massa in calcestruzzo diminuisce all'aumentare del tempo, secondo una legge del tipo:

$$s(t) = k\sqrt{t}$$

dove  $s(t)$  è lo spessore dello strato carbonatato nel tempo  $t$  e  $k$  è una costante dipendente dalle caratteristiche del calcestruzzo (permeabilità, composizione, ecc.) e dalle condizioni ambientali (umidità, concentrazione di anidride carbonica nell'aria, ecc.)<sup>2</sup>.

Il controllo della carbonatazione è stato eseguito in sito sui campioni cilindrici di calcestruzzo prelevati.

Di seguito si riporta la scheda di prova recante le seguenti informazioni:

- ✓ sigla della prova;
- ✓ elemento strutturale oggetto di prova;
- ✓ profondità di carbonatazione rilevata;
- ✓ foto del campione testato.



<sup>2</sup> Conoscendo l'epoca di confezionamento del cls è possibile ricavare il valore di  $k$  e, di conseguenza, la legge di variazione  $s(t)$ , utile ai fini di un'eventuale attività di manutenzione programmata.



<b>Sigla carota</b>	PC1
<b>Ubicazione</b>	Spalla in sx idraulica
<b>Profondità di carbonatazione [mm]</b>	49 (paramento esterno) 36 (paramento interno)



<b>Sigla carota</b>	PC2
<b>Ubicazione</b>	1^ Trave della 1^ Campata Appoggio sulla spalla in sx idraulica
<b>Profondità di carbonatazione [mm]</b>	0



<b>Sigla carota</b>	PC3
<b>Ubicazione</b>	Pila in sx idraulica
<b>Profondità di carbonatazione [mm]</b>	6



### 5 - Prove di resistenza a compressione su campioni cilindrici di cls

Le prove di resistenza a compressione sui campioni cilindrici di calcestruzzo, prelevati in sito mediante carotaggio, sono state eseguite secondo le prescrizioni della norma UNI EN 12504-1; in particolare il provino è stato sottoposto preliminarmente alle operazioni di taglio, per il ricavo del provino, e successivamente a spianatura mediante molatura.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa recante gli esiti delle prove di resistenza a compressione su carota ( $R_{carota}$ ), la conversione in resistenza cubica<sup>3</sup> ( $R_{ck}$ ) la massa volumica e la velocità ultrasonica misurata sul campione rettificato.

Sigla Carota	Ubicazione	Dimensioni provino [mm]		Direzione carotaggio	$R_{carota}$	$R_{ck}$	Massa volumica	Velocità ultrasuoni
		d	h		[MPa]	[MPa]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m/s]
PC1	Spalla in sx idraulica	94,0	95,0	orizzontale	21,8	26,4	2336	4167
PC2	1 <sup>a</sup> Trave della 1 <sup>a</sup> Campata Appoggio sulla spalla in sx idraulica	94,0	95,6	orizzontale	31,7	38,5	2427	4121
PC3	Pila in sx idraulica	94,0	180,0	orizzontale	24,4	36,3	2290	4091

In allegato sono riportati i rapporti ufficiali di prova rilasciati dal laboratorio autorizzato della TECNO IN S.p.A.



<sup>3</sup> Per la conversione della resistenza a compressione del campione cilindrico di calcestruzzo prelevato in sito mediante carotaggio ( $R_{carota}$ ) in resistenza cubica ( $R_{ck}$ ) è stata impiegata la formula British Standard 1881 (1983):

$$R_{ck} = (R_{carota} \cdot K) / 0,83 \cdot (1,5 + d/h)$$

dove  $R_{carota}$  è la resistenza a compressione della carota di calcestruzzo misurata alla pressa,  $d$  è il diametro della carota,  $h$  è l'altezza della carota,  $K$  è un coefficiente che tiene conto della direzione di prelievo della carota che vale 2,5 per campioni estratti ortogonalmente al getto (carotaggio orizzontale) e 2,3 per campioni estratti parallelamente al getto (carotaggio verticale).



## 6 - Indagini combinate sclerometro-ultrasuoni (SONREB) su cls

Le prove combinate sclerometro - ultrasuoni, meglio note come SONREB (SONic REBound), sono state eseguite secondo le Raccomandazioni RILEM 43 CND<sup>4</sup> e permettono di stimare, in maniera non distruttiva e con una buona approssimazione, le caratteristiche di resistenza attuale del calcestruzzo.

Questo metodo elabora i valori medi della durezza superficiale (indice di rimbalzo dello sclerometro) e della velocità ultrasonica (metodo microsismico) del calcestruzzo indagato giungendo ad una stima del valore di resistenza a compressione.

### **6.1 - Indagini sclerometriche**

Le indagini sclerometriche sono state eseguite conformemente alla Norma UNI EN 12504-02 utilizzando uno sclerometro tipo Schmidt - N.

Per ogni singola prova sono state effettuate 12 battute sclerometriche con lo sclerometro in posizione orizzontale ( $\alpha = 0^\circ$ ); l'indice medio di rimbalzo è stato successivamente calcolato scartando la misura più grande e quella più piccola.

Tale indice viene utilizzato nel metodo Sonreb in combinazione con la velocità ultrasonica.

### **6.2 - Rilievo ultrasonico**

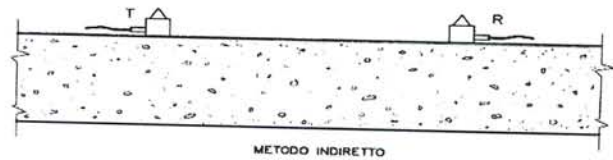
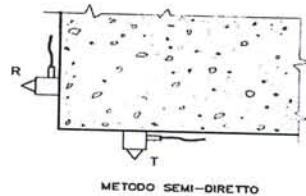
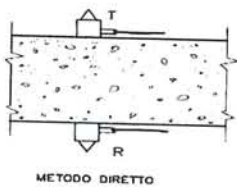
Il rilievo ultrasonico, basato sulla misura della velocità di propagazione di impulsi ultrasonici nel calcestruzzo, è stato eseguito conformemente alla Norma UNI 9524/92 utilizzando un'apparecchiatura di marca MAE modello A3000-U.

Le misure ultrasoniche possono essere eseguite secondo tre modi in funzione della posizione reciproca delle sonde. Si parla di trasmissione diretta (o per trasparenza) quando le due sonde sono posizionate su facce opposte dell'elemento da indagare e quindi l'onda attraversa il campione per tutto il suo spessore; di trasmissione semidiretta ponendo le due sonde su facce limitrofe dell'elemento esaminato (in tal caso il percorso delle onde avviene lungo l'ipotenusa del triangolo rettangolo i cui cateti sono costituiti dallo spigolo dell'elemento indagato), e di trasmissione indiretta (o superficiale), con le due sonde poste sulla stessa faccia dell'elemento da indagare.

<sup>4</sup> RILEM Recommendation NDT 1, Testing of Concrete by the Ultrasonic Pulse Method, Parigi, Dicembre 1972







Lo strumento misura il tempo di trasmissione dell'onda ultrasonica; nota la distanza percorsa, si determina la velocità espressa in m/sec.

Nel caso di indagini per trasparenza o superficiali è sufficiente misurare la distanza lineare tra il centro delle due sonde, nel caso di indagini semidirette bisogna misurare i due cateti (distanze delle sonde dallo spigolo dell'elemento) e ricavare quindi l'ipotenusa (percorso effettivo dell'onda).

### 6.3 - Metodo combinato

Note la velocità media di propagazione e l'indice di rimbalzo medio, si esegue una correlazione con la resistenza cubica a compressione del calcestruzzo utilizzando la seguente legge di variazione ottenuta sperimentalmente:

$$R_c = A \cdot I^B \cdot V^C$$

- $R_c$  = resistenza cubica a compressione del calcestruzzo (MPa);
- $I$  = indice medio di rimbalzo;
- $V$  = velocità media degli ultrasuoni (m/sec);
- $A, B, C$  = costanti da ricavarsi sperimentalmente.

Per  $I > 20$  e  $V > 3200$  m/sec si è ottenuta la seguente relazione semiempirica<sup>5</sup>

$$R_c = A \cdot I^{1.4} \cdot V^{2.6}$$



Tale relazione è stata ricavata da indagini sperimentali condotte su di un calcestruzzo con caratteristiche ben definite (cemento di classe 425, dosaggio cemento 400 kg/m<sup>3</sup>, aggregato di natura calcarea, diametro max dell'inerte 30 mm).

Se il calcestruzzo sottoposto ad indagine presenta caratteristiche diverse, come nel caso delle presenti indagini, è possibile ricavare uno specifico coefficiente  $A$ .

Dunque possiamo tarare la relazione precedente in funzione dei risultati delle indagini eseguite. Infatti utilizzando come resistenza " $R_c$ " la resistenza cubica ricavata dalla conversione

<sup>5</sup> P. Bocca, F. Cianfrone - Le prove non distruttive sulle costruzioni: una metodologia combinata - Industria Italiana del Cemento n° 6/1983.

delle prove a compressione eseguite sui provini cilindrici, come velocità degli ultrasuoni "V" quella misurata sulle stesse carote rettificata e come indice medio di rimbalzo "I" quello ottenuto in sito nello stesso punto in cui è stata estratta la carota, è possibile ricavare il coefficiente "A" per ciascuna tipologia di calcestruzzo in opera.

Un'ulteriore taratura deve essere effettuata sulla velocità degli ultrasuoni misurata in sito rispetto a quella misurata sulla carota rettificata.

Generalmente la velocità misurata in sito è più bassa rispetto a quella misurata sulla carota prelevata in quanto le onde risentono dello strato più superficiale del calcestruzzo che, normalmente, è quello con caratteristiche più scadenti ed con la superficie di contatto con i trasduttori generalmente più scabra.

Le velocità di propagazione delle onde ultrasoniche rilevate in sito vengono tarate sulla base delle velocità misurate (per trasmissione diretta) sulle carote, moltiplicandole per il coefficiente di velocità  $K_v$ , ottenuto ponendo:

$$K_v = \frac{V_c}{V_s}$$

in cui:

$V_c$  = velocità degli ultrasuoni misurata sulla carota rettificata;

$V_s$  = velocità degli ultrasuoni misurata in situ in corrispondenza del punto di prelievo della carota.

Sono stati oggetto di indagine Sonreb per la stima indiretta della resistenza a compressione del calcestruzzo n° **12 elementi strutturali in c.a.** come di seguito specificato:

**PC1:** Spalla in sx idraulica

**PC3:** Pila in sx idraulica



### **1^ CAMPATA (in sx idraulica)**

- PC2:** 1^ Trave, appoggio sulla spalla in sx idraulica
- SR1:** 1^ Trave, a circa 1/3 della luce dall'appoggio in sx idraulica
- SR2:** 2^ Trave, appoggio sulla spalla in sx idraulica
- SR3:** 2^ Trave, a circa 1/3 della luce dall'appoggio in sx idraulica
- SR4:** 3^ Trave, appoggio sulla spalla in sx idraulica
- SR5:** 3^ Trave, a circa 1/3 della luce dall'appoggio in sx idraulica



### 3^ CAMPATA (in dx idraulica)

- SR6: 4^ Trave, appoggio sulla spalla in dx idraulica  
SR7: 4^ Trave, a circa 1/3 della luce dall'appoggio in dx idraulica  
SR8: 5^ Trave, appoggio sulla spalla in dx idraulica  
SR9: 5^ Trave, a circa 1/3 della luce dall'appoggio in dx idraulica

Di seguito si riportano i coefficienti  $K_v$  ed  $A$ , ricavati dagli esiti delle misure ultrasoniche e dalle prove a compressione eseguite sulle carote rettificate, e le tabelle recanti i risultati delle battute sclerometriche, le velocità ultrasonica media rilevata in sito, la velocità ultrasonica correlata, le modalità di rilevamento delle velocità ultrasoniche e la stima della resistenza a compressione ricavata con il metodo Sonreb.

Dalla carota PC1, prelevata dalla spalla in sx idraulica, si ricavano:

$$K_v = 1,45$$

$$A = 5,202 \cdot 10^{-11}$$

Sigla	Identificazione	Battute sclerometriche											Ultrasuoni				Tipo di indagine	$R_{sonreb}$ [MPa]		
		Indice di rimbalzo											$I$	$d$ [cm]	$t$ [μs]	$V_{media}$ [m/s]			$V_{rettif.}$ [m/s]	
PC1	Spalla in sx idraulica	42	44	45	44	44	44	44	43	48	44	40	41	43,5	20	68	2873	4167	Superf.	26,4
		20	69																	
		20	72																	

Dalla carota PC3, prelevata dalla pila in sx idraulica, si ricavano:

$$K_v = 1,47$$

$$A = 8,774 \cdot 10^{-11}$$



Sigla	Identificazione	Battute sclerometriche											Ultrasuoni				Tipo di indagine	$R_{sonreb}$ [MPa]		
		Indice di rimbalzo											$I$	$d$ [cm]	$t$ [μs]	$V_{media}$ [m/s]			$V_{rettif.}$ [m/s]	
PC3	Pila in sx idraulica	41	39	40	37	39	36	38	35	43	42	39	38	38,9	20	70	2792	4091	Superf.	36,3
		20	73																	
		20	72																	

Dalla carota PC2, prelevata dalla 1<sup>a</sup> Trave della 1<sup>a</sup> Campata, si ricavano:

$$K_v = 1,14$$

$$A = 9,033 \cdot 10^{-11}$$

Sigla	Identificazione	Battute sclerometriche											Ultrasuoni				Tipo di indagine	R <sub>sonreb</sub> [MPa]		
		Indice di rimbalzo											I	d [cm]	t [µs]	V <sub>media</sub> [m/s]			V <sub>rettif.</sub> [m/s]	
PC2	1 <sup>a</sup> Trave - 1 <sup>a</sup> Campata Appoggio sulla spalla in sx idraulica	38	38	42	39	37	42	36	38	42	37	40	41	39,2	32	94	3631	4121	Trasp.	38,5
														32	84					
															32	87				
SR1	1 <sup>a</sup> Trave - 1 <sup>a</sup> Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio in sx idraulica	45	43	44	43	41	42	39	42	44	38	45	44	42,7	32	88	3596	4081	Trasp.	42,3
														32	90					
															32	89				
SR2	2 <sup>a</sup> Trave - 1 <sup>a</sup> Campata Appoggio sulla spalla in sx idraulica	44	49	41	44	43	37	50	42	39	43	40	44	42,9	32	88	3623	4113	Trasp.	43,5
														32	87					
															32	90				
SR3	2 <sup>a</sup> Trave - 1 <sup>a</sup> Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio in sx idraulica	41	42	45	43	48	41	41	43	44	45	47	42	43,3	32	94	3431	3894	Trasp.	38,2
														32	90					
															32	96				
SR4	3 <sup>a</sup> Trave - 1 <sup>a</sup> Campata Appoggio sulla spalla in sx idraulica	44	41	43	45	43	46	49	47	43	44	41	42	43,8	32	91	3556	4036	Trasp.	42,6
														32	89					
															32	90				
SR5	3 <sup>a</sup> Trave - 1 <sup>a</sup> Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio in sx idraulica	39	42	41	45	40	39	38	40	41	42	42	41	40,7	30	80	3617	4105	Trasp.	40,2
														30	84					
															30	85				
SR6	4 <sup>a</sup> Trave - 3 <sup>a</sup> Campata Appoggio sulla spalla in dx idraulica	42	42	41	40	42	38	38	40	46	40	41	40	40,6	30	80	3674	4171	Trasp.	41,7
														30	82					
															30	83				
SR7	4 <sup>a</sup> Trave - 3 <sup>a</sup> Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio in dx idraulica	40	38	42	40	39	42	41	42	45	43	45	43	41,7	30	82	3518	3994	Trasp.	38,7
														30	87					
															30	87				
SR8	5 <sup>a</sup> Trave - 3 <sup>a</sup> Campata Appoggio sulla spalla in dx idraulica	37	34	44	42	41	45	38	40	37	44	45	42	41,0	30	85	3586	4071	Trasp.	39,7
														30	82					
															30	84				
SR9	5 <sup>a</sup> Trave - 3 <sup>a</sup> Campata A circa 1/3 della luce dall'appoggio in dx idraulica	42	39	40	42	43	40	43	40	46	47	42	45	42,3	30	85	3437	3901	Trasp.	37,1
														30	87					
															30	90				
Valori medi																		40,3		
Deviazione standard																		2,2		
Coefficiente di variazione																		5%		





## 7 - Prelievo di barre di armatura

Il prelievo delle barre di armatura dagli elementi strutturali in c.a. è stato eseguito mediante l'impiego di una smerigliatrice elettrica, previa rimozione dello strato di copriferro.

Una volta tagliato il provino è stato siglato e trasferito in laboratorio per le successive prove di resistenza a trazione.

Al termine del prelievo la barra prelevata è stata sostituita con un'altra barra saldata ai monconi dell'armatura originaria; successivamente si è provveduto a ripristinare lo strato di copriferro mediante l'impiego di malta cementizia tixotropica. Dette operazioni di ripristino sono state eseguite da maestranze incaricate dal dott. ing. Gilberto Dallavalle.

Sono stati oggetto di prelievo di barre di armatura **n° 2 elementi strutturali in c.a.** come di seguito specificato:

**PA1:** Spalla in sx idraulica

**PA2:** Pila in sx idraulica

Di seguito si riportano le schede di prelievo recanti le seguenti informazioni:

- ✓ sigla del campione;
- ✓ elemento strutturale su cui è stato effettuato il prelievo;
- ✓ data del prelievo;
- ✓ posizione della barra all'interno dell'elemento strutturale;
- ✓ diametro e tipologia della barra prelevata;
- ✓ rilievo fotografico.



Sigla Barra	Ubicazione	Data prelievo	Caratteristiche barra		
			Posizione	Ø	Tipo
PA1	Spalla in sx idraulica	15.09.2015	barra longitudinale	10	liscia



Barra oggetto di prelievo



Barra prelevata



Campione prelevato



Campione prelevato



Ripristino mediante saldatura di una nuova barra



Copriferro ripristinato con malta cementizia tixotropica

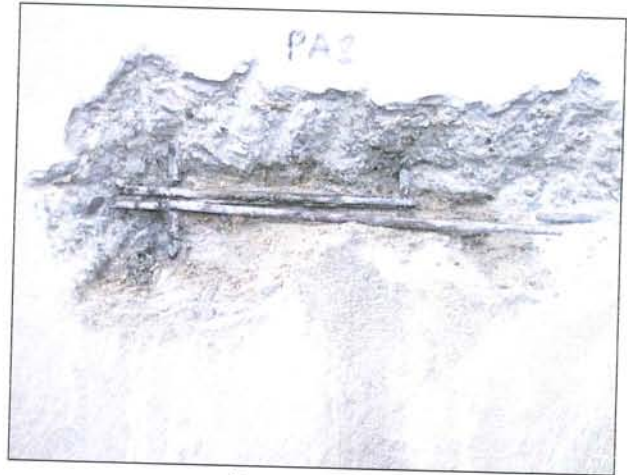




Sigla Barra	Ubicazione	Data prelievo	Caratteristiche barra		
			Posizione	Ø	Tipo
PA2	Pila in sx idraulica	15.09.2015	barra longitudinale	10	liscia



Barra oggetto di prelievo



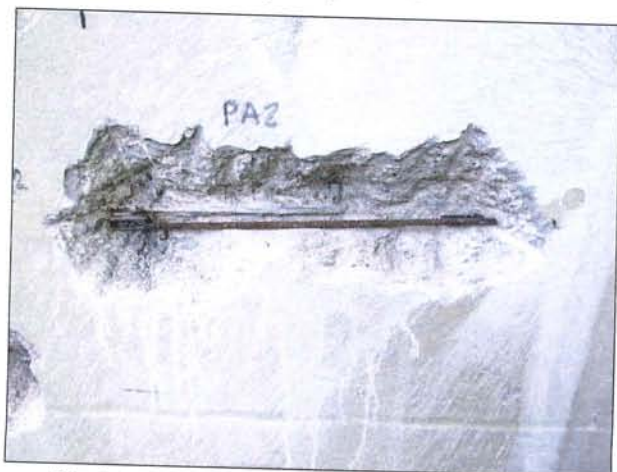
Barra prelevata



Campione prelevato



Campione prelevato



Ripristino mediante saldatura di una nuova barra



Copriferro ripristinato con malta cementizia tixotropica



### 8 - Prove di resistenza a trazione su barre di armatura

Le barre di acciaio prelevate in situ sono state sottoposte a prova di resistenza a trazione conformemente alla norma UNI EN 10002.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva in cui sono riportati la tipologia di barra, il diametro della barra equipesante, la tensione di snervamento ( $f_y$ ), la tensione di rottura ( $f_t$ ), il rapporto tra tensione di rottura e la tensione di snervamento e l'allungamento percentuale a rottura ( $A_5$ ).

Sigla Barra	Ubicazione	Tipologia barra	Diametro barra equipesante	Tensione di snervamento $f_y$	Tensione di rottura $f_t$	Rapporto $f_t/f_y$	Allungam. Percentuale dopo la rottura $A_5$
			[mm]	[MPa]	[MPa]		[%]
PA1	Spalla in sx idraulica	liscia	10,0	665,9	824,5	1,24	(1)
PA2	Pila in sx idraulica	liscia	10,1	466,8	630,2	1,35	(1)

(1) La rottura è avvenuta al di fuori delle tacche di riferimento

In allegato sono riportati i rapporti ufficiali di prova rilasciati dal laboratorio autorizzato della TECNO IN S.p.A.

Napoli, 2 Ottobre 2015

**Tecno In S.p.A**

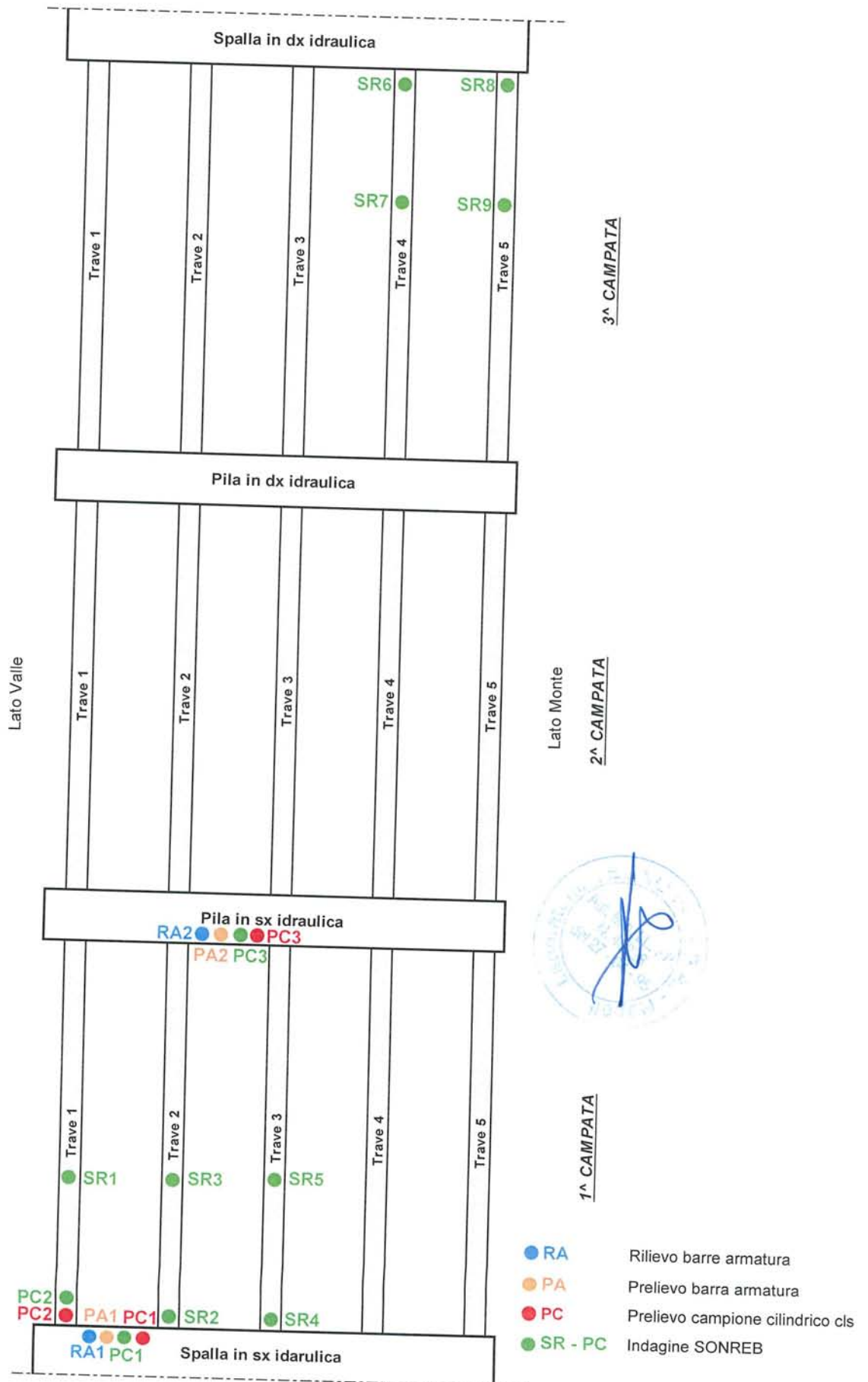




## ALLEGATO A

### SCHEMA PLANIMETRICO UBICAZIONE INDAGINI







## ALLEGATO B

### RAPPORTI DI PROVA IN LABORATORIO



**PROVA DI COMPRESSIONE SU PROVINI CILINDRICI DI CALCESTRUZZO PRELEVATI IN SITU**  
(UNI EN 12390-3)

Rapporto di Prova n° **93** del **28/09/2015**  
Accettazione n° **346** del **21/09/2015** Pratica n° **1703** Richiesta n° **----** del **----**

Verificatore Strutturale: **Dott. Ing. Gilberto Dallavalle**

Committente: **Provincia di Ravenna**

Impresa esecutrice: **----**

Cantiere: **Verifica della vulnerabilità sismica del ponte stradale sul fiume Montone ubicato al km 4+680 della S.P. 5 "Roncalceci" nel Comune di Russi (RA)**

**DATI DICHIARATI DAL RICHIEDENTE**

Sigla campione	Forma e dimensioni	Posizione in opera	Verbale di prelievo	Rck	Data di prelievo
PC1	Ø 94	Spalla in sx idraulica	----	N.D.	15/09/2015
PC2	Ø 94	1^ Trave - 1^ Campata - Appoggio su spalla sx idraulica	----	N.D.	15/09/2015
PC3	Ø 94	Pila in sx idraulica	----	N.D.	15/09/2015

**RISULTATI DELLE PROVE**

Sigla campione	Sigla di laboratorio	Dimensioni del provino (mm)		Massa provino (kg)	Massa volumica (kg/m³)	Sezione resistiva (mm²)	Carico di rottura (kN)	Tensione di rottura (MPa)	Data di prova	Modalità di rottura (1)	Rettifica (2)
		φ	h								
PC1	CLS.346/1	94,0	95,0	1,540	2336	6940	151,0	21,8	22/09/2015	2	B
PC2	CLS.346/2	94,0	95,6	1,610	2427	6940	220,3	31,7	22/09/2015	2	B
PC3	CLS.346/3	94,0	180,0	2,860	2290	6940	169,1	24,4	22/09/2015	2	B

NOTE: Il presente Rapporto di Prova non è valido ai sensi della legge 1086/71.

- (1) 1 = Rottura bipiramidale; 2 = Sfaldatura verticale; 3 = Sfaldamento obliquo; 4 = Sgretolamento.  
(2) A = il provino è conforme alla norma UNI EN 12390-1; B = Il provino è stato rettificato mediante molatura; C = Il provino è stato rettificato mediante captatura.

E' vietata la copia non ufficiale della certificazione e la sua riproduzione, salvo approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

**Lo Sperimentatore**  
p.i. Maurizio Tanda



**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Ing. Ferdinando Passerini



**PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO SU BARRE DI ACCIAIO PER C.A. PRELEVATE IN SITU**  
(UNI EN 10002)

Rapporto di Prova n° 94 del 28/09/2015 Pagina 1 di 1  
Accettazione n° 346 del 21/09/2015 Pratica n° 1703 Richiesta n° --- del ---

Verificatore Strutturale: **Dott. Ing. Gilberto Dallavalle**

Committente: **Provincia di Ravenna**

Impresa esecutrice: ---

Cantiere: **Verifica della vulnerabilità sismica del ponte stradale sul fiume Montone ubicato al km 4+680 della S.P. 5 "Roncalceci" nel Comune di Russi (RA)**

**DATI RELATIVI ALLA RICHIESTA DI PROVE**

Sigla campione	Ø	Tipo di acciaio	Estremi attestato di qualificazione	Posizione in opera	Prelievo	
					Verbale	Data
PA1	10	b.l.	N.D.	Spalla in sx idraulica - Barra longitudinale	---	15/09/2015

**RISULTATI DELLE PROVE**

Sigla di laboratorio	ACC. 346 / 4 A	
Data di prova	23/09/2015	
Diametro barra equipesante	mm	10,0
Sezione resistiva	mm <sup>2</sup>	78,84
Massa unitaria	kg/m	0,619
Carico di snervamento	kN	52,5
Carico di rottura	kN	65,0
Tensione di snervamento $f_y$	N/mm <sup>2</sup>	665,9
Tensione di rottura $f_t$	N/mm <sup>2</sup>	824,5
Rapporto $f_t / f_y$	-	1,24
Rapporto $f_y / f_{y \text{ nominale}}$	-	
Allungamento percentuale dopo la rottura $A_5$	%	(1)
Angolo di piegamento	-	
Angolo di raddrizzamento	-	
Mandrino utilizzato	mm	
Esito prova di piegamento		

**ESTREMI DELL'ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE DESUNTI DAL MARCHIO RILEVATO**

**NOTE:** Il presente Rapporto di Prova non è valido ai fini del controllo di accettazione ai sensi della Legge 1086/71.  
(1) La rottura è avvenuta al difuori delle tacche di riferimento.

E' vietata la copia non ufficiale della certificazione e la sua riproduzione, salvo approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

**Lo Sperimentatore**  
P.i. Maurizio Tanda

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Ing. Ferdinando Passerini

**PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO SU BARRE DI ACCIAIO PER C.A. PRELEVATE IN SITU**  
(UNI EN 10002)

Rapporto di Prova n° 95 del 28/09/2015  
Accettazione n° 346 del 21/09/2015 Pratica n° 1703 Richiesta n° ---- del ----

Pagina 1 di 1

Verificatore Strutturale: **Dott. Ing. Gilberto Dallavalle**

Committente: **Provincia di Ravenna**

Impresa esecutrice: ----

Cantiere: **Verifica della vulnerabilità sismica del ponte stradale sul fiume Montone ubicato al km 4+680 della S.P. 5 "Roncalceci" nel Comune di Russi (RA)**

**DATI RELATIVI ALLA RICHIESTA DI PROVE**

Sigla campione	Ø	Tipo di acciaio	Estremi attestato di qualificazione	Posizione in opera	Prelievo	
					Verbale	Data
PA2	10	b.l.	N.D.	Pila in sx idraulica Barra longitudinale	----	15/09/2015

**RISULTATI DELLE PROVE**

Sigla di laboratorio	ACC. 346 / 5 A	
Data di prova	23/09/2015	
Diametro barra equipesante	mm	10,1
Sezione resistiva	mm <sup>2</sup>	80,33
Massa unitaria	kg/m	0,630
Carico di snervamento	kN	37,5
Carico di rottura	kN	50,6
Tensione di snervamento $f_y$	N/mm <sup>2</sup>	466,8
Tensione di rottura $f_t$	N/mm <sup>2</sup>	630,2
Rapporto $f_t / f_y$	-	1,35
Rapporto $f_y / f_{y \text{ nominale}}$	-	-
Allungamento percentuale dopo la rottura $A_5$	%	(1)
Angolo di piegamento	-	-
Angolo di raddrizzamento	-	-
Mandrino utilizzato	mm	-
Esito prova di piegamento	-	-

**ESTREMI DELL'ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE DESUNTI DAL MARCHIO RILEVATO**

**NOTE:** Il presente Rapporto di Prova non è valido ai fini del controllo di accettazione ai sensi della Legge 1086/71.  
(1) La rottura è avvenuta al difuori delle tacche di riferimento.

E' vietata la copia non ufficiale della certificazione e la sua riproduzione, salvo approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

**Lo Sperimentatore**  
P.i. Maurizio Tanda

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Ing. Ferdinando Passerini