



Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte: tipologia, approcci metodologici, pianificazione e strumentazione

Parte 2: Acciai

Marco Breccolotti

Università di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Sommario

1. Riferimenti Normativi

2. Prove su calcestruzzi

2.1 Carotaggi, Pullout, Break off, Sonda Windsor, Prove sclerometriche, Prove ultrasoniche

2.2 Prove combinate Sonreb,

2.3 Interpretazione statistica dei risultati;

3. Prove su acciai da c.a.

3.1 Prelievo di barre,

3.2 Prove di durezza (Brinell, Vickers, Rockwell)

3.3 Correlazione tra prove distruttive e prove NDT

3.4 Interpretazione statistica dei risultati

3.5 Prove pacometriche

4. Prove su acciai da carpenteria

4.1 Prelievi in situ

4.2 Prove di durezza (Brinell, Vickers, Rockwell)

4.3 Correlazione tra prove distruttive e prove NDT

4.4 Interpretazione statistica dei risultati



Riferimenti normativi

 NTC 2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e Circ. 617/2009, Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni”.

 ASCE 11-90 “Guideline for Structural Condition Assessment of Existing Structures”, 1990.

 Bollettino C.E.B. n. 243 “Strategies for Testing and Assessment of Concrete Structures”, 1998.

 ISO/FDIS 13822 “Assessment of Existing Structures”, 2000.

 Bollettino *f.i.b.* n. 22 “Monitoring and safety evaluation of existing concrete structures”, 2003.



Riferimenti normativi

 ACI 214.4R-10 “Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results” (Reapproved 2016).

 UNI EN 13791:2008 “Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo”.

 UNI EN 1998-3:2005 “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici ”.

 FEMA 547 “Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings”, 2006.

 ASCE/SEI 41-13 “Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings”, 2014.



Riferimenti normativi

 UNI EN 12504-1:2009 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione ”.

 UNI EN 12504-2:2012 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico”.

 UNI EN 12504-3:2005 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione”.

 UNI EN 12504-4:2005 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici”.

 UNI EN ISO 377:2013 “Acciaio e prodotti di acciaio - Prelievo e preparazione dei campioni e dei provini per prove meccaniche”.



Prove su acciai da c.a.: Prelievi in situ

Prova di trazione su barre d'armatura, così come regolata dalle NTC08 e dalla norma UNI EN 10002/1.

Accorgimenti:

- **Lunghezza** spezzone di barra da prelevare pari a circa **450 mm**.
- **Prelievo** da effettuare su **elementi poco sollecitati**. Nei pilastri è preferibile prelevare barre disposte lungo i lati anziché barre d'angolo. Analogamente nelle travi è preferibile prelevare le armature in zone poco o non sollecitate a trazione;
- **Ripristino** della capacità resistente: verifica della saldabilità delle barre in opera, utilizzo di un opportuno tipo di elettrodo; con cordoni d'angolo di adeguata lunghezza e non mediante saldatura di testa.



Prove su acciai da c.a.: Durezza

Durezza: resistenza che un materiale oppone ad una deformazione permanente della sua superficie, provocata dalla penetrazione di un corpo.

Metodi: Brinell, Rockwell, Vickers

Prova di durezza Brinell (statica): tastatore a sfera (punzonatore) di carburo di tungsteno (W) e diametro 10 mm, da comprimere ortogonalmente contro la superficie da provare con una forza di intensità standard (3000 kgf) per una durata prefissata (15 sec).

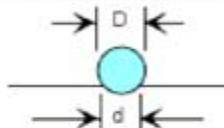
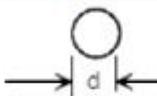
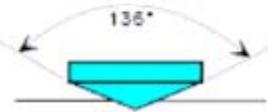
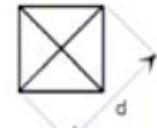
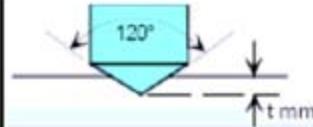
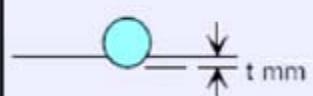
Valore della durezza Brinell (HB): rapporto tra il carico applicato e l'area della calotta dell'impronta lasciata sul saggio.

Resistenza a trazione f_t : può essere ricavata dalle apposite tabelle di conversione o può essere approssimata con la seguente funzione:

$$f_t \text{ (N/mm}^2\text{)} = 12.452 + 3.277 \text{ HB}$$



Prove su acciai da c.a.: Durezza

Test	Indenter	Side View	Top View	Load kg
<u>Brinell 1900</u> HB	10 mm steel or Tungsten Carbide ball			500 1500 3000
<u>Vickers 1922</u> HV	Diamond Pyramid			1-120 $\frac{1.854P}{d^2}$
<u>Rockwell 1922</u> A HRA C HRC D HRD B HRB F HRF G HRG E HRE	Diamond Cone $\frac{1}{16}$ - in dia steel ball $\frac{1}{8}$ - in dia steel ball	 	 	60 150 100 - 500t 100 100 60 130-500t 150 100 130-150t
Plus many others				



Prove su acciai da c.a.: Pacometrie

Le prove pacometriche sono prove non distruttive basate su principi fisici dei campi magnetici aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione delle posizione e della numerosità delle barre di armatura;
- 2) Stima della dimensione delle barre di armatura.

Sono disponibili commercialmente un gran numero di dispositivi magnetici portatili, alimentati a batteria, per misurare il copriferro delle armature ed individuare la posizione delle barre.

I dispositivi fabbricati in Inghilterra ed in Olanda si chiamano “misuratori di ricoprimento” e quelli francesi “pachometri”. Questa denominazione è quella più diffusa anche in Italia.

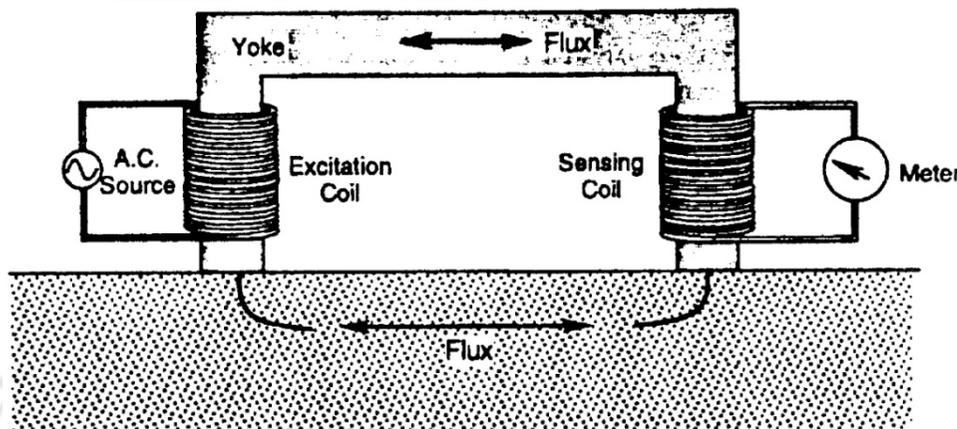
Entrambi sono dispositivi magnetici e sono basati sul principio che la presenza dell'acciaio influenza il campo di un elettromagnete.



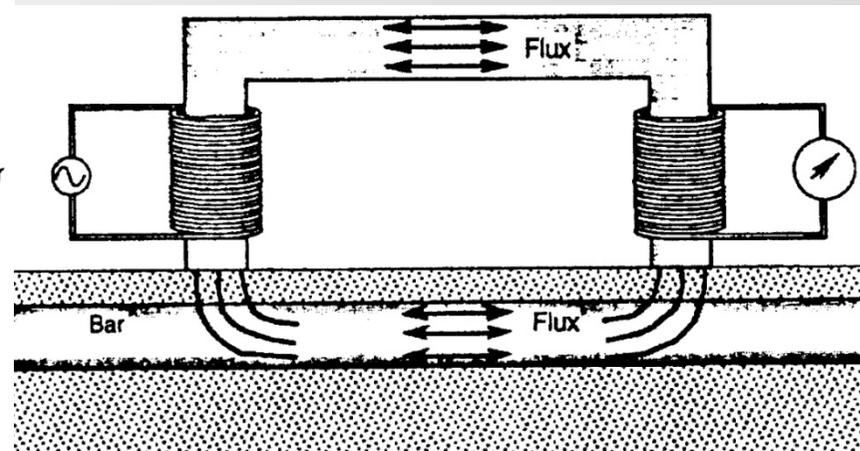
Prove su acciai da c.a.: Pacometrie

Costruzione: nucleo magnetico molto permeabile, a forma di U, sul quale sono montate due bobine.

Funzionamento: nella prima bobina viene fatta passare una corrente alternata nota e si misura la corrente indotta sulla seconda. Questa dipende dalla induttanza mutua delle due bobine e dalla vicinanza delle barre di armatura.



(a) Small current induced in sensing coil when no bar is present



(b) Presence of bar increases flux and increases current in sensing coil

Prove su acciai da c.a.: Pacometrie

Hilti modello Ferroskan PS 200



	Profondità (mm)									
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
Diametro ferri d'armatura (DIN 488)	6	±2	±3	±3	±4	±5	0	X	X	X
	8	±2	±2	±3	±4	±5	0	0	X	X
	10	±2	±2	±3	±4	±5	0	0	X	X
	12	±2	±2	±3	±4	±5	±10	0	X	X
	14	±2	±2	±3	±4	±5	±10	0	0	X
	16	±2	±2	±3	±4	±5	±10	±12	0	X
	20	±2	±2	±3	±4	±5	±10	±12	0	X
	25	±2	±2	±3	±4	±5	±10	±12	0	X
	28	±2	±2	±3	±4	±5	±10	±12	0	X
	30	±2	±2	±3	±4	±5	±10	±12	0	X
	36	±2	±2	±3	±4	±5	±10	±12	±13	0



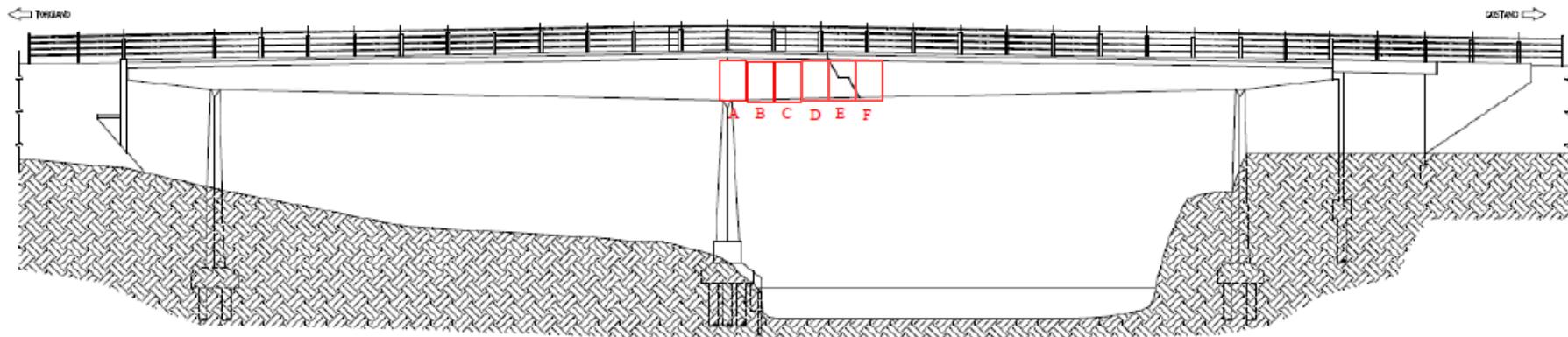
Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

11/46

Prove su acciai da c.a.: Pacometrie



Z7 - A

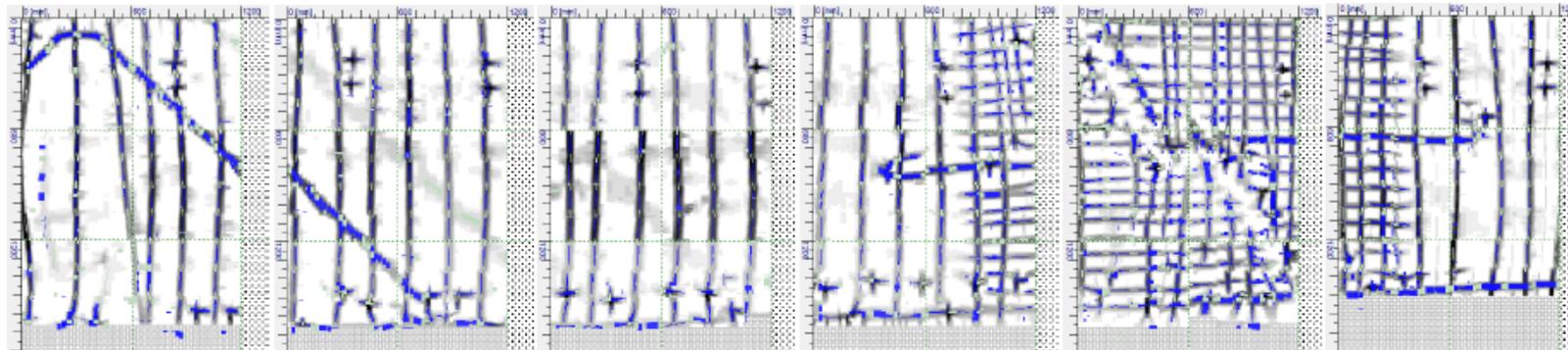
Z7 - B

Z7 - C

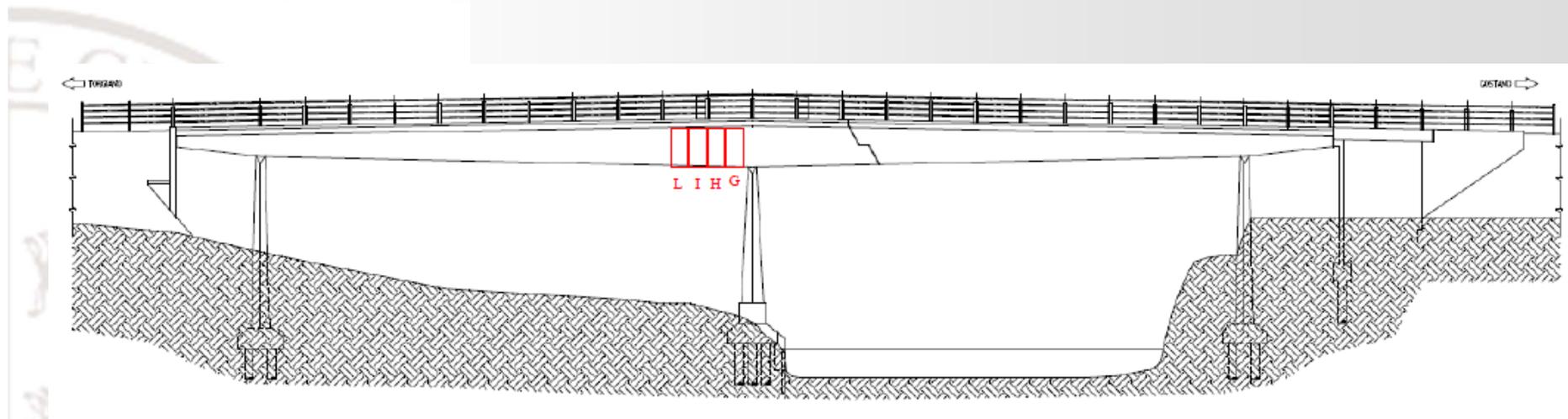
Z7 - D

Z7 - E

Z7 - F



Prove su acciai da c.a.: Pacometrie

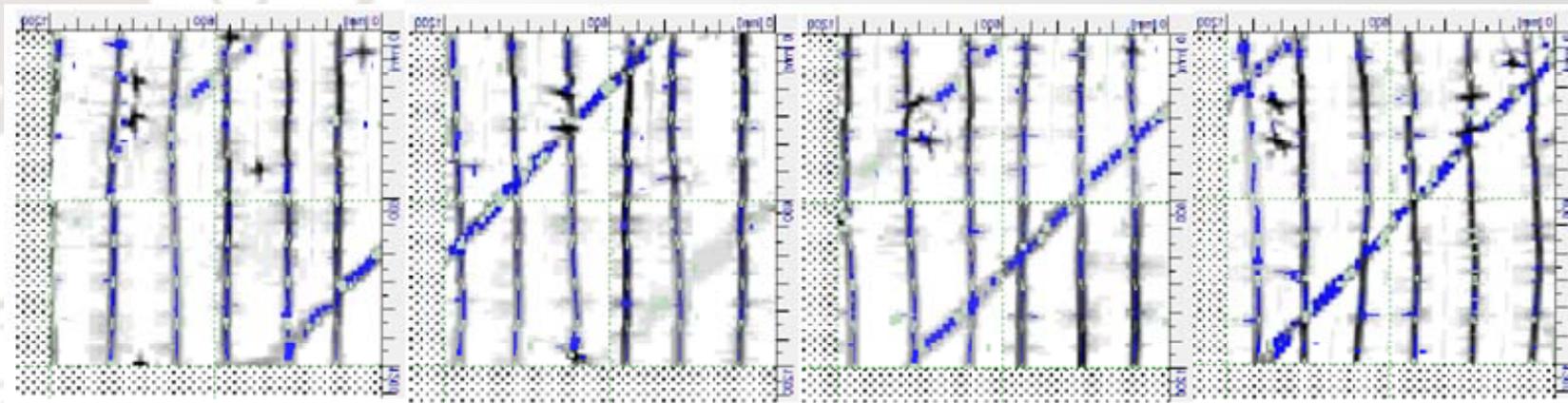


Z7-L

Z7-I

Z7-H

Z7-G



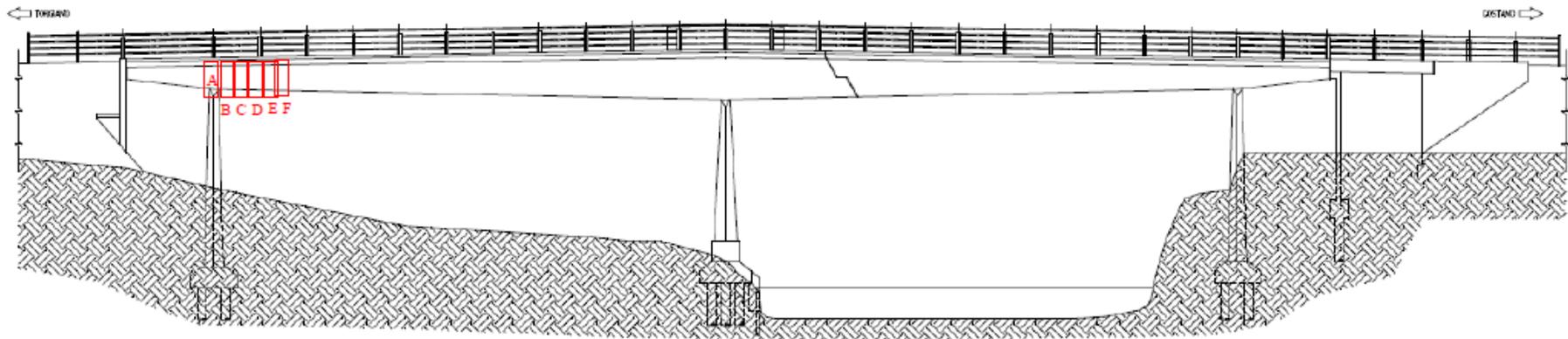
Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

13/46

Prove su acciai da c.a.: Pacometrie



Z9 - A

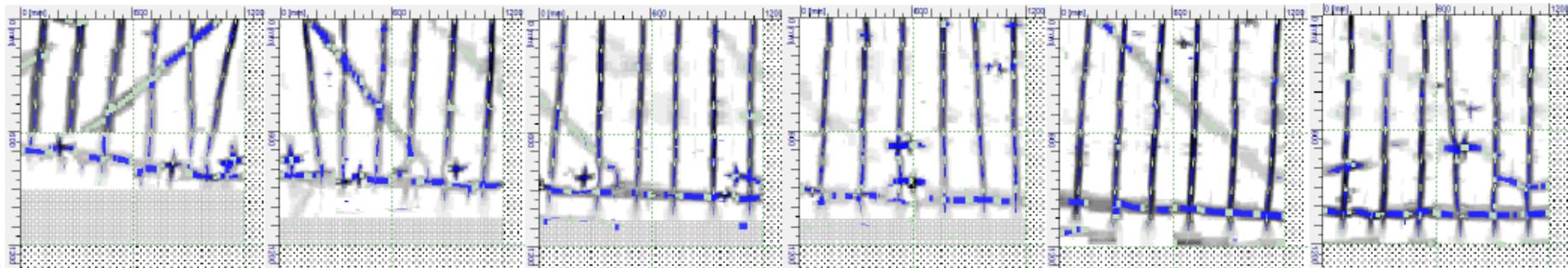
Z9 - B

Z9 - C

Z9 - D

Z9 - E

Z9 - F



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

*Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte*

14/46

Prove su acciai da c.a.: Pacometrie



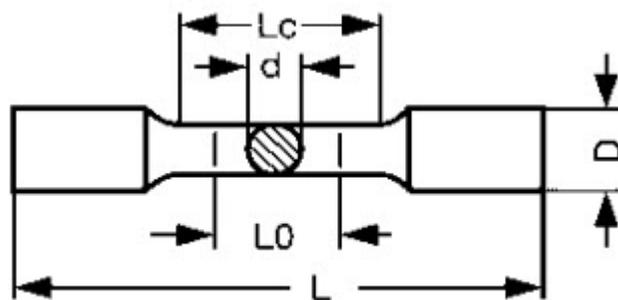
Prove su acciai da c.a.: Pacometrie



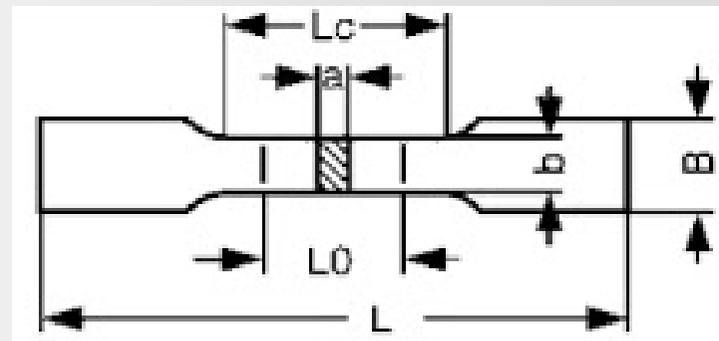
Prove su acciai da carpenteria: Prelievi in situ

La prova, codificata a livello internazionale dalla norma EN 10002-1, viene eseguita nel rispetto della seguente procedura:

- 1) estrazione di un saggio rettangolare dall'elemento strutturale;
- 2) ottenimento del campione standard dal saggio prelevato mediante lavorazione a macchina;
- 3) determinazione dell'area della sezione iniziale S_0 e marcatura della lunghezza iniziale tra i riferimenti L_0 ;
- 4) esecuzione della prova di trazione sul campione standard utilizzando una macchina di prova con sistema di misurazione della forza almeno di classe 1 e tarato in conformità alla norma EN ISO 7500-1;



Cylindrical specimen:

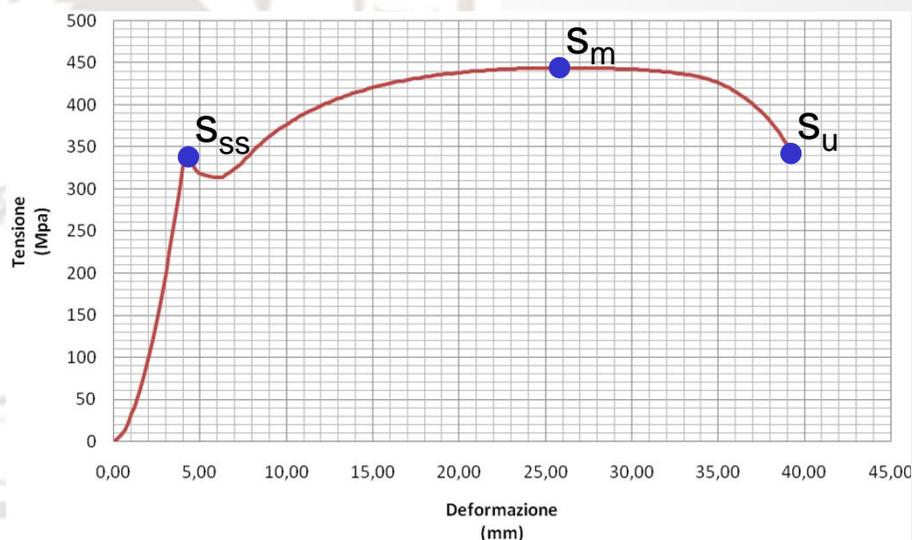


Prove su acciai da carpenteria: Prelievi in situ



Id. Campione	Spessore medio (mm)	Larghezza Media (mm)	Sezione (mm ²)
1	7,87	24,00	188,99
2	7,74	23,95	185,29
3	7,83	23,84	186,69

Id. Campione	F _{ss} (kN)	F _m (kN)	F _u (kN)	S _{ss} (Mpa)	S _m (Mpa)	S _u (Mpa)	All %
1	57,88	75,92	58,96	306,27	401,72	311,98	33,21
2	56,00	77,84	61,36	302,22	420,09	331,15	31,09
3	56,84	74,92	57,80	304,46	401,30	309,60	33,82



F_{ss}: Carico di snervamento superiore;
F_m: Carico;
F_u: Carico ultimo;
S_{ss}: Tensione di snervamento superiore;
S_m: Resistenza a trazione;
S_u: Resistenza ultima;
All: Allungamento percentuale a rottura



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

18/46

Prove su acciai da carpenteria: Durezza

Durezza: resistenza che un materiale oppone ad una deformazione permanente della sua superficie, provocata dalla penetrazione di un corpo.

Metodi: Brinell, Rockwell, Vickers

Prova di durezza Brinell (statica): tastatore a sfera (punzonatore) di carburo di tungsteno (W) e diametro 10 mm, da comprimere ortogonalmente contro la superficie da provare con una forza di intensità standard (3000 kgf) per una durata prefissata (15 sec).

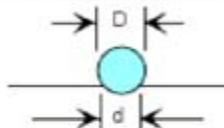
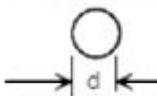
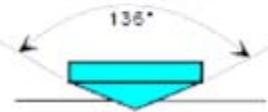
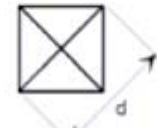
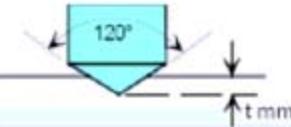
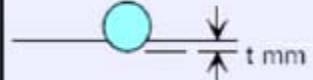
Valore della durezza Brinell (HB): rapporto tra il carico applicato e l'area della calotta dell'impronta lasciata sul saggio.

Resistenza a trazione f_t : può essere ricavata dalle apposite tabelle di conversione o può essere approssimata con la seguente funzione:

$$f_t \text{ (N/mm}^2\text{)} = 12.452 + 3.277 \text{ HB}$$



Prove su acciai da carpenteria: Durezza

Test	Indenter	Side View	Top View	Load kg
<u>Brinell 1900</u> HB	10 mm steel or Tungsten Carbide ball			500 1500 3000
<u>Vickers 1922</u> HV	Diamond Pyramid			1-120 $\frac{1.854P}{d^2}$
<u>Rockwell 1922</u> A HRA C HRC D HRD	Diamond Cone			60 150 100 - 500t 100
B HRB F HRF G HRG		$\frac{1}{16}$ - in dia steel ball		
E HRE	$\frac{1}{8}$ - in dia steel ball			100 130-150t
Plus many others				



Prove su acciai da carpenteria: Durezza

Durometri portatili: utilizzano il metodo LEEB, a "rimbalzo", secondo la normativa ASTM 7956. Una penna di misura rilascia un penetratore che impatta con una determinata forza e velocità il pezzo da misurare. La durezza misurata è funzione della velocità di rimbalzo del penetratore (V_b) e della velocità di impatto (V_a). Il valore calcolato viene convertito in tutte le scale Rockwell, Brinell, Vickers.



Prove su acciai da carpenteria: Saldabilità

Saldabilità: un materiale è definito saldabile se una saldatura può essere realizzata con duttilità sufficiente allo rispetto alle condizioni di impiego.

Prima del 1900 ferro battuto (*wrought iron*)

ghisa (*cast iron*)

1900 – 1910 acciaio non standardizzato (ogni produttore aveva proprie composizioni chimiche)

Parte di materiali posseggono scarse doti di saldabilità:

- ferro battuto è molto disomogeneo e contiene inclusioni di scoria;
- acciaio dolce (19° secolo) ha spesso un alto contenuto di azoto che provoca forti effetti di invecchiamento quando si raggiunge la temperatura di 250 °C come accade nella zona termicamente alterata (ZTA), con notevole aumento del rischio di rottura fragile.

Anche il fatto che il materiale sia stato prodotto dopo il 1910 non garantisce automaticamente la sua saldabilità.



Prove su acciai da carpenteria: Saldabilità

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

Prove chimiche

L'analisi chimica deve quantificare almeno i seguenti elementi:

- Carbonio (un eccessivo contenuto produce effetti di indurimento e perdita di duttilità)
- Fosforo (un eccessivo contenuto aumenta la fragilità)
- Zolfo (un alto tenore si traduce spesso in saldature porose)
- Azoto (responsabile degli effetti di invecchiamento, accelerati dalla temperatura elevata).

Va tenuto presente che non è consigliabile basarsi esclusivamente sulle comuni formule del carbonio equivalente (ad esempio *International Institute Welding – IIW*) perché sviluppate per la prova di saldabilità di acciai moderni.



Prove su acciai da carpenteria: Saldabilità

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

11.3.2.7 Saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella Tab. 11.3.II dove il calcolo del carbonio equivalente C_{eq} è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (11.3.12)$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Tabella 11.3.II – Massimo contenuto di elementi chimici in %

		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,014	0,012
Carbonio equivalente	C_{eq}	0,52	0,50

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del C_{eq} venga ridotto dello 0,02% in massa.

Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.



Prove su acciai da carpenteria: Saldabilità

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

Prove meccaniche

Weldability Testing Methods

Weldability Tests	Application
Controlled Thermal Severity (CTS) Test	Assesses the effect of chemical composition and cooling rate on hardness and hydrogen-assisted cracking susceptibility.
Cruciform Test	Assesses hydrogen-assisted cracking in fillet welding applications.
Implant Test	Measures susceptibility to hydrogen-assisted cracking in HAZ of weldment.
Lehigh Restraint Test	Characterizes the degree of restraint necessary to produce weld metal cracking.
Varestraint Test	Assesses hot cracking susceptibility.
Oblique Y-Groove Test	Assesses susceptibility to weld and HAZ cracking.
Welding Institute of Canada (WIC) Test	Assesses weld and HAZ cracking.
Trough Test	Assesses susceptibility to hydrogen-assisted cracking.
Gapped Bead On Plate (GBOP) Test	Assesses susceptibility to weld metal cracking.

AWS B4.0:2007, *Standard Methods for the Mechanical Testing of Welds*



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

25/46

Prove su acciai da carpenteria: Saldabilità

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

Prove meccaniche

Table C-8.1
Guide to Welding Suitability (see C-8.2.2)

Structure Category	Base Metal			
	ASTM, ABS, and API Steels per subclause 3.3 and Table 3.1	Discontinued, Unknown Steels, Cast Steels, and Stainless Steels	Wrought Iron	Cast Iron
Static or Cyclic Nontubular Clause 2, Part B	Check for prequalified status per Clause 3. Prequalified WPSs may be used per Clause 3.	ASTM A 7, A 373, A 441—Use Table 3.1 (Group II) and Clause 3. Others, see Note a.	Notes a and b apply.	Notes a and b apply.
Cyclic Nontubular Clause 2, Part C	Check for prequalified status per Clause 3. Prequalified WPSs may be used per Clause 3.	ASTM A 7, A 373, A 441—Use Table 3.1 (Group II) and Clause 3. Others, see Note a.	Notes a and b apply.	Not recommended.
Tubular Clause 2, Part D	Prequalified WPSs may be used per Clause 3.			
Static Tubular	Check for prequalified status per Clause 3.	Note a applies.	Notes a and b apply.	Notes a and b apply. Not recommended.
Cyclic Tubular	Check for prequalified status per Clause 3.	Note a applies.	Notes a and b apply.	Not recommended.

^a Established Welding Suitability: Existence of previous satisfactory welding may justify the use of Table 3.1 (Group II) filler metals. If not previously welded, obtain samples and prepare WPS qualification. Conduct in place weld test on safe area of structure if samples are not available.

^b Persons qualified to establish welding suitability shall provide written WPS and monitor welding operation, all as approved by the Engineer.

AWS D1.1/D1.1M:2010, Structural Welding Code—Steel,



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

*Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte*

26/46

Prove su acciai da carpenteria: Saldabilità

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

Prove meccaniche

Un semplice test da eseguire sul posto è quello descritto in AWS Spec. D1.1 saldando una piastra di acciaio saldabile alla struttura esistente e colpendola con un martello.

- Se la saldatura deforma senza fratturarsi, l'acciaio può essere considerato saldabile.
- Se la saldatura si separa dal metallo di base a livello della giunzione della saldatura indica che il metallo di base è soggetto a indurimento, spesso prodotto da un alto tenore di carbonio. La separazione dovrebbe quindi presentare una superficie granulare grigio, che di solito segue il profilo della zona di influenza termica, che appare come un cratere superficiale nel metallo base.



Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

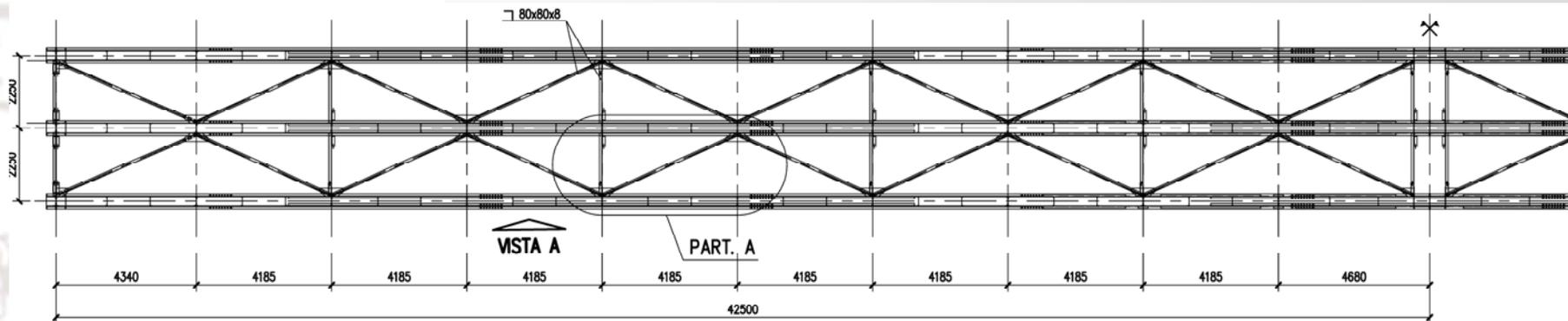
Piano delle indagini:

- 3 prove di resistenza a trazione, di resilienza e di durezza su piatto di collegamento tra UPN;
- 3 prove di resistenza a trazione, di resilienza e di durezza su angolare;
- 100 prove di durezza su vari profilati della struttura esistente.

Le prove effettuate sul piatto di collegamento e sull'angolare vengono utilizzate per calibrare una legge di correlazione tra durezza e resistenza degli acciai per stimare le caratteristiche di resistenza dei profilati non direttamente sottoposti a prova di resistenza a trazione.

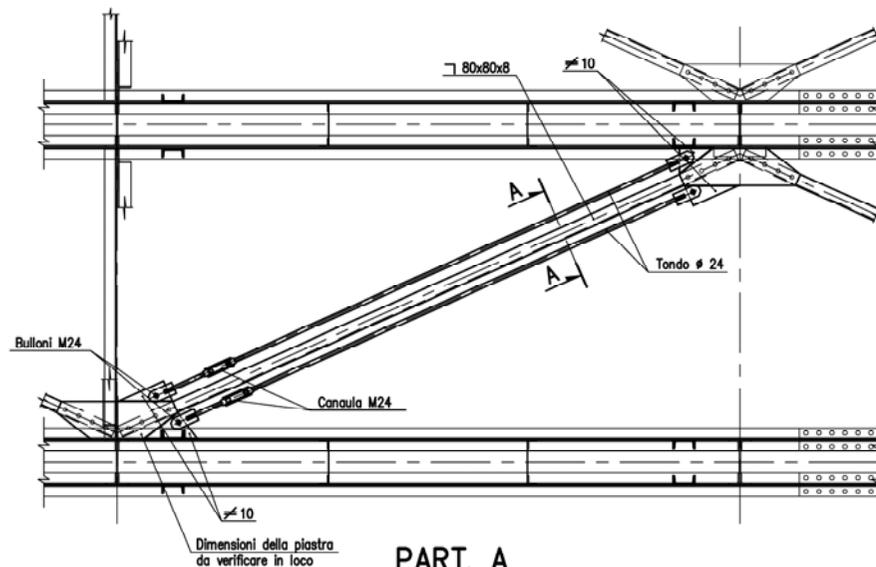


Prove su acciai da carpenteria: Caso studio



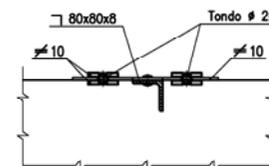
VISTA CORRENTI INFERIORI

scala 1:100



PART. A

scala 1:25



SEZIONE A-A

scala 1:10

DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI PER PRELIEVO ANGOLARE 80x80x8

- 1) SALDATURA DELLE NUOVE PIASTRE AGLI ELEMENTI ESISTENTI
- 2) MESSA IN OPERA DEI 2 TIRANTI
- 3) MESSA IN TRAZIONE DEI 2 TIRANTI TRAMITE I TENDITORI
- 4) RIMOZIONE DELL'ANGOLARE 80x80x8 TAGLIANDO E RECUPERANDO SIA I CHIODI CHE L'ANGOLARE
- 5) MESSA IN OPERA DI UN NUOVO ANGOLARE 80x80x8 TRAMITE ADEGUATA BULLONATURA

Fonte: Studio BEFFA e Associati



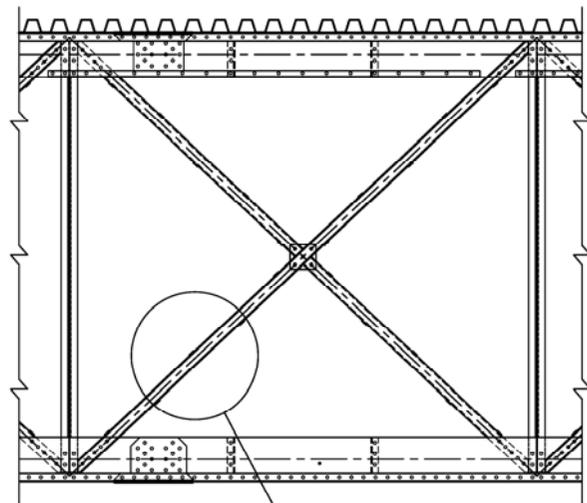
Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

29/46

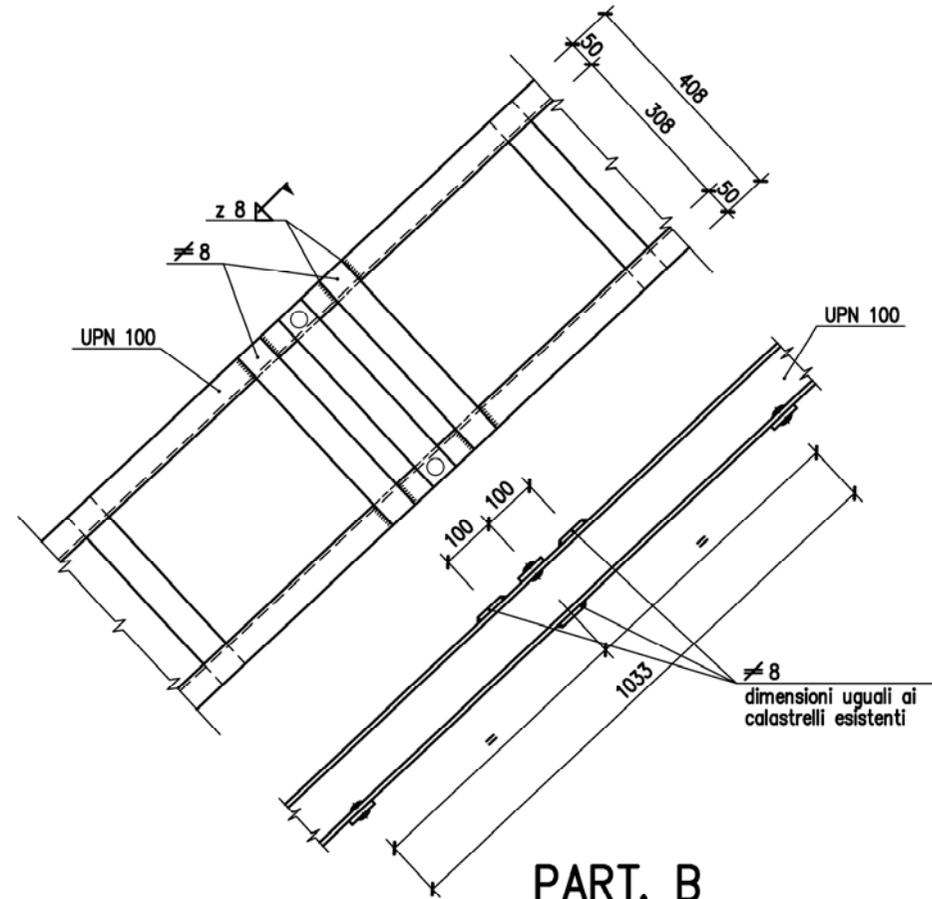
Prove su acciai da carpenteria: Caso studio



PART. B

VISTA A

scala 1:50



PART. B

scala 1:10

DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI PER PRELIEVO CALASTRELLO

- 1) SALDATURA DELLE NUOVE PIASTRE AGLI ELEMENTI ESISTENTI
- 2) RIMOZIONE DEL CALASTRELLO TAGLIANDO E RECUPERANDO SIA I CHIODI CHE IL CALASTRELLO

Fonte: Studio BEFFA e Associati



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

30/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Piano delle indagini:

- 3 prove di resistenza a trazione, di resilienza e di durezza su piatto di collegamento tra profilati UPN;
- 3 prove di resistenza a trazione, di resilienza e di durezza su angolare;
- 100 prove di durezza su vari profilati della struttura esistente.

Le prove effettuate sul piatto di collegamento e sull'angolare vengono utilizzate per calibrare una legge di correlazione tra durezza e resistenza degli acciai per stimare le caratteristiche di resistenza dei profilati non direttamente sottoposti a prova di resistenza a trazione.

Prove sperimentali a trazione

Elemento	Resistenza a trazione		Durezza Brinel HB
	f_{ym} (N/mm ²)	f_{tm} (N/mm ²)	
Piatto di collegamento	299,0	363,7	125,7
Angolare	279,3	364,0	109,3

Correlazione sperimentale Resistenza - Durezza

$f_{ym} = a + bD$	a =	147,7	b =	1,204
$f_{tm} = c + dD$	c =	366,2	d =	-0,020

Stima resistenza da prove di durezza

Elemento	Resistenza a trazione	
	f_{ym} (N/mm ²)	f_{tm} (N/mm ²)
UPN 140	276,9	364,0
UPN 120	279,1	364,0
UPN 100	273,8	364,1
lamiere	292,9	363,8
angolari	318,5	363,3

Valori assunti nel calcolo

	Resistenza a trazione	
	f_{ym} (N/mm ²)	f_{tm} (N/mm ²)
UPN	275	288,75
lamiere e correnti composti	290	304,5
angolari	315	330,75

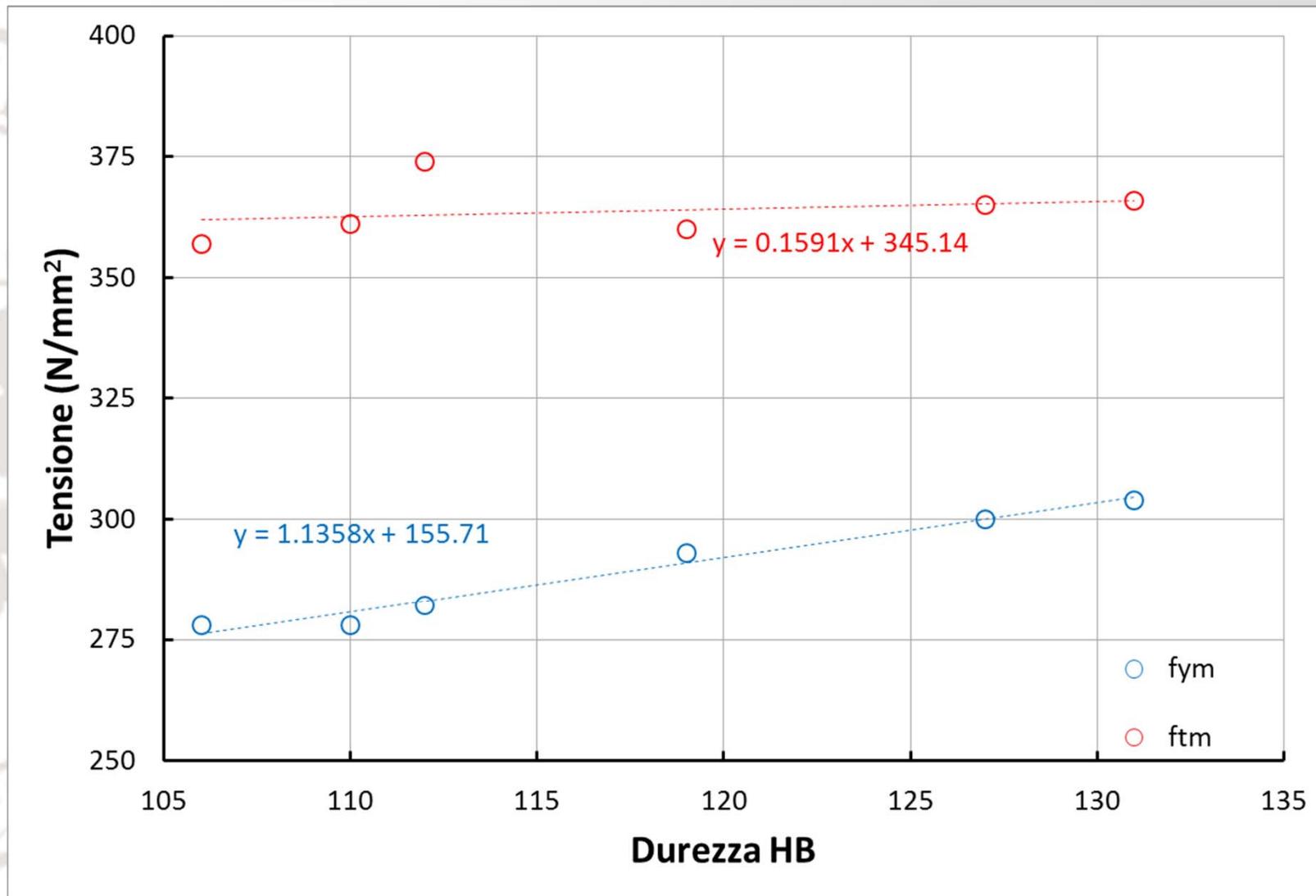


Prove su acciai da c.a.: Caso studio

Prove sperimentali a trazione									
Elemento	Resistenza a trazione						Durezza Brinel		
	f_{ym}			f_{tm}			HB		
	(N/mm ²)			(N/mm ²)					
Piatto di collegamento	293	300	304	360	365	366	119	127	131
	299.0			363.7			125.7		
Angolare	278	278	282	357	361	374	106	110	112
	279			364.0			109.3		
Correlazione sperimentale Resistenza - Durezza									
$f_{ym} = a + bD$	a =	155.7	b =	1.136					
$f_{tm} = c + dD$	c =	345.1	d =	0.159					



Prove su acciai da c.a.: Caso studio



Prove su acciai da c.a.: Caso studio

Stima resistenza da prove di durezza											
Elemento	Durezza									Resistenza a trazione	
	125	100	108	125	85	98	102	105	118	f_{ym}	f_{tm}
										(N/mm ²)	(N/mm ²)
UPN 140	125	100	108	125	85	98	102	105	118	277.6	362.2
UPN 120	110	115	112	115	105	95	125	96		279.6	362.5
UPN 100	109	115	108	110	89	90	112	105	109	275.2	361.8
	105	118	114	97	99	95	98	98	105		
	126	110	99	96	103	104					
lamiere	122	130	120	105	110	131	137	128	135	296.8	364.9
	140	129	120	114	129	122	120	119	143		
	134	111	98	113	121	116	119	135	131		
	104	110	120	123	103	117	122	132	102		
	109	118	113								
angolari	138	158	132	130	145	158	147	132	149	318.4	367.9
	169	128	120	152	146	142	135	139	140		
	132	145									



Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

RAPPORTO DI PROVA N. 211/012

NORMATIVA DI RIFERIMENTO: EN 10025

Emesso il 08/08/2012

RICHIEDENTE

Spett.le

Città Prov.

CARATTERISTICHE MECCANICHE / Mechanical Characteristic

TRAZIONE / Tensile Test

dimensioni provetta (mm)			(mm ²)	*C		Rs	Rm	ALLUNG.
Ø	a	b	So	TEMP.		N/mm ²	N/mm ²	A%
					MAX	****	****	****
					MIN	****	****	****
****	*****	*****	*****	AMB.	RISULTATI	*****	*****	*****

RESILIENZA / Impact

TIPO PROV.	TEMPERATURA °C	TIPO SEZIONE DELLA PROVETTA	JOULE		
			I*	II*	III*
			MAX	****	
			MIN	****	
****	*****	*****	RISULTATI	*****	*****

DUREZZA / Hardness

SCALA	VALORE DELLA DUREZZA			MEDIA
	I	II	III	
	MAX	****		
MIN	****			
HV	RISULTATI	*****	*****	*****

NOTA
Il materiale è classificabile come :

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Data di ricevimento	Rif. interno	Rif. cliente	Qualità dichiarata dal committente
08/08/2012	012/027-I	angolare 80x80mm	

IDENTIFICATIVO COMMESSA CLIENTE

Angolare 80x80mm

PROVE ESEGUITE

Tipo di prova	Tipo macchina	Data esecuzione	Normativa di riferimento	Procedura interna normalizzata
Analisi chimica	<input checked="" type="checkbox"/> METAL-LAB 7580V	08/08/2012	-----	AQ-PO-03
Prova di trazione	<input type="checkbox"/> PMAG 500 KN	*****	EN 10002/1	AQ-PO-01
Prova di resilienza	<input type="checkbox"/> CHE 30A	*****	UNI EN ISO 148-1	AQ-PO-02
Prova di durezza	<input type="checkbox"/> AFFRI CMAG	*****	-----	AQ-PO-04

ANALISI CHIMICA / Chemical Analysis

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
MAX	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
MIN	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
RISULTATI	0,035	*****	0,434	0,031	0,023	0,012	0,07	0,072	*****	*****

Val. max. 0.24 ----- 0.055 0.055 ----- ----- ----- ----- 0.85
Ceq = 0.128



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

35/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.



Fonte: Studio BEFFA e Associati



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

*Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte*

36/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

Fonte: Studio BEFFA e Associati



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

*Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte*

37/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

*Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte*

38/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.



Marco Breccolotti

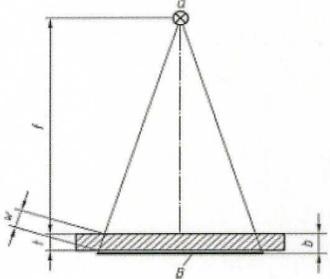
Perugia, 24 aprile 2017

*Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte*

39/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

CERTIFICATO DI ESAME RADIOGRAFICO RADIOGRAPHIC TEST REPORT		
n° 628/12	Pag. 1 / 2	Data / Date 30/08/2012
	Commessa SCO / Job 108/12	
Cliente / Customer		Rif. Off. SCO N° 151/12 rev 1 Ordine / Order: del 02/08/2012
Procedura-Appendice / Procedure-Appendix PO/E RT 001 rev. 0 UNI EN 12681:2006 UNI EN 444:1995	N.Disegno / Drawing N. vedi foto	% di controllo / % of inspection 100%
Apparecchiatura Equipment GILARDONI 200/5 61/125	Materiale / Material S355J0/mat esistente	Spessore / Thickness 8 mm
	Macchia Focale Focal Spot: M.F.Ø 4,7 mm	Penombra Geometrica Gem. Unsharpness: 0,18 mm
Schermi / Intensity Screen	Dati Esposizione / Exposure Date	Penetrametro Penetramiter (I.Q.I.): 10 FE EN
Materiale / Material: Pb	Energia/ Intensit Energy: 170 Kv - 5 mA	Densità Richiesta Request Density: ≥ 2
Spessore / Thickness: Ant. 0,05 mm Post. 0,1 mm	Tempo di Esposizione/ Exposure Time: 90 Sec.	Sensibilità Richiesta Request Sensitivity: W 14
Lastra (Tipo)/ Film (Type) AGFA D7	Distanza Film / Film Length: 700 mm	
DESCRIZIONE DELLA PARTE ESAMINATA <i>Specification Inspect Part</i>		
<p>Provino n° 1 x Verifica Processo</p>   <p>Exposure Technique: Single Wall Classe A ESAME RADIOGRAFICO AL 100% DEL VOLUME</p>		



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

*Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte*

40/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

CERTIFICATO DI ESAME MAGNETOSCOPICO MAGNETOSCOPIC TEST REPORT					
n° 570/12	Pag.	Data / Date 23/08/2012			
	1 / 1	Commessa SCO / Job 108/12			
Cliente / Customer		Rif. Off. SCO N° Ordine / Order: 151/12 rev 1 del 02/08/2012			
Procedura-Appendice / Proc. Appendix PO/E MT 001 rev. 0 UNI EN 5817 LIV. C UNI EN 287.1 - UNI EN 15614-1	N.Disegno / Drawing N. Vedi Schizzo	% di controllo / % of inspection 100			
	Materiale / Material S355J0/mat esistente	Temperatura / Temperature 25 °C			
Apparecchiatura / Equipment	Rilevatore / Developer		Corrente di Magnetizzazione / Magnetising Current c.a.		
Tipo / Type: Gioco Elettromagnetico	Tipo / Type: LK 35 ad umido				
Marca / Trade Name: MAGNAFLUX	Marca / Trade Name: C.G.M.		Blocco Taratura Calib. Block: DT8	Ispezione/ inspection	
Matricola / Number: 13356	Distanza Puntali Prods Distance: 100-150 mm		Durata Impulso Impulse Time: 5"	continua	
SCHIZZO DEL MANUFATTO <i>Sketch of the product</i>					
Provino n° 2 x Verifica Processo Sp. 8 mm 					
<ul style="list-style-type: none"> ● <u>SALDATORE</u> : ● <u>TIPO DI SALDATURA</u> : 111 ● <u>POSIZIONE</u> : PB ● <u>MATERIALE</u> : S355J0/mat esistente 					
ESITO SELL'ESAME : Niente da Segnalare = OK					



Marco Breccolotti

Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

42/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

CERTIFICATO DI ESAME MACROGRAFICO MACROGRAPHIC TEST REPORT			
	n° 568/12	Pag.	Data / Date 23/08/2012
		1 / 1	Commessa SCO / Job 108/12
Cliente / Customer		Ordine / Order:	Rif. Off. SCO N° 151/12 rev 1 del 02/08/2012
Procedura-Appendice / Proc. Appendix	N. Disegno / Drawing N.	Vedi Schizzo	% di controllo / % of inspection 100
EN 287.1 EN 1321 UNI EN 5817 liv. C	Materiale / Material	S355J0/mat esistente	Temperatura / Temperature 25 °C
Strumenti Usati / Equipment		Strumenti Usati / Equipment	
Tipo / Type:	n.a	Tipo / Type:	n.a
Marca / Trade Name:	n.a	Marca / Trade Name:	n.a
Matricola / Number:	n.a	Matricola / Number:	n.a
		Tipo di Luce Light Used:	NATURALE
		Lente d'ingrandimento Magnifying lens:	n.a
		Posizione Controllo Position:	vedi schizzo
SCHIZZO DEL MANUFATTO <i>Sketch of the product</i>			
Provino n° 1 x Verifica Processo Sp. 8 mm			
			
<ul style="list-style-type: none"> ● SALDATORE : ● TIPO DI SALDATURA : 111 ● POSIZIONE : PB ● MATERIALE : S355J0/mat esistente 			
ESITO SELL'ESAME : Niente da Segnalare = OK			



Marco Breccolotti

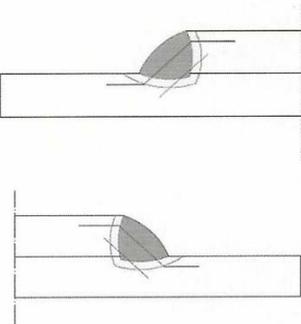
Perugia, 24 aprile 2017

Le indagini in situ su calcestruzzi ed acciai per la
valutazione della vulnerabilità sismica delle opere d'arte

43/46

Prove su acciai da carpenteria: Caso studio

Prove di saldabilità: Chimiche e Meccaniche.

CERTIFICATO di TEST di DUREZZA HARDNESS TEST REPORT ON WELDED JOINTS																																											
n° 572/12	Pag.	Data / Date	23/08/2012																																								
	1 / 1	Commessa SCO / Job	108/12																																								
Cliente / Customer		Ordine / Order:	Rif. Off. SCO N° 151/12 rev 1 del 02/08/2012																																								
Procedura-Appendice / Proc. Appendix UNI EN ISO 15614-1 EN 1043-1 UNI EN 5817 liv. B	N. Disegno / Drawing N. vedi schizzo	Tipo di test / Type of hardness test	HV 10																																								
	Materiale / Material S355J0/mat esistente	Temperatura / Temperature	25 °C																																								
Strumenti Usati / Equipment																																											
Tipo / Type:	Durometro Digitale	Marca/Trade Name:	AHT 200																																								
		Matricola / Number:	9092809																																								
SCHIZZO DEL MANUFATTO Sketch of the product																																											
Provino n° 2 x Verifica Processo Sp. 8 mm																																											
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>PM Old</td> <td>90</td> <td>100</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>HAZ Old</td> <td>109</td> <td>101</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>WM</td> <td>123</td> <td>156</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>HAZ New</td> <td>188</td> <td>190</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>PM New</td> <td>142</td> <td>155</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>PM Old</td> <td>92</td> <td>103</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>HAZ Old</td> <td>105</td> <td>110</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>WM</td> <td>130</td> <td>150</td> <td>151</td> </tr> <tr> <td>HAZ New</td> <td>190</td> <td>175</td> <td>168</td> </tr> <tr> <td>PM New</td> <td>154</td> <td>147</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>		PM Old	90	100	97	HAZ Old	109	101	92	WM	123	156	140	HAZ New	188	190	160	PM New	142	155	160	PM Old	92	103	88	HAZ Old	105	110	95	WM	130	150	151	HAZ New	190	175	168	PM New	154	147	150
PM Old	90	100	97																																								
HAZ Old	109	101	92																																								
WM	123	156	140																																								
HAZ New	188	190	160																																								
PM New	142	155	160																																								
PM Old	92	103	88																																								
HAZ Old	105	110	95																																								
WM	130	150	151																																								
HAZ New	190	175	168																																								
PM New	154	147	150																																								
<ul style="list-style-type: none"> ● SALDATORE : ● TIPO DI SALDATURA : 111 ● POSIZIONE : PB ● MATERIALE : S355J0/mat esistente 																																											
ESITO SELL'ESAME : Niente da Segnalare = OK																																											



Indicazioni normative

Circ. 617/2009 *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*

C8H. Indicazioni aggiuntive relative ai ponti esistenti

... Di regola, a meno che non ostino condizioni particolari, il livello di conoscenza da perseguire nel caso dei ponti esistenti è quello massimo, cui corrisponde un fattore di confidenza $FC=1$.

...

proprietà meccaniche dei materiali: conglomerato e acciaio. ... In mancanza di dati sperimentali, per il conglomerato è necessario effettuare prelievi di campioni da sottoporre a prove di laboratorio. **Il numero di campioni deve essere dello stesso ordine di grandezza di quello richiesto dalle norme sulle opere in cemento armato per le nuove costruzioni.** Prove di tipo non distruttivo eseguite a più larga scala sono un utile complemento ma non possono essere utilizzate in sostituzione di quelle distruttive. Per l'acciaio, in assenza di dati sperimentali adeguati, è consentito far riferimento alle caratteristiche del materiale prescritto in sede di progetto previa limitata verifica a campione dell'effettivo utilizzo dello stesso.



Indicazioni normative

Circ. 617/2009 *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni"* di cui al D.M. 14 gennaio 2008

C8H. Indicazioni aggiuntive relative ai ponti esistenti

...

Le prescrizioni di cui sopra si riferiscono alle strutture di sostegno degli impalcati, ossia a pile e spalle. Per quanto riguarda gli impalcati, qualunque sia la loro tipologia (c.a., c.a.p., struttura mista), è sufficiente la verifica del loro buono stato di conservazione, anche senza rilevazioni sperimentali, se ritenute non necessarie dal progettista.

