

Prove Sperimentali su Soletta Sottile con Connettori a secco *Al-fer Acciaio*



Prove di Push-Out
Data: 12/11/2015
Laboratorio Prove:
Dipartimento di Costruzioni e Trasporti
dell'Università di Padova



37141 MONTORIO (Verona) - Via dei Castagni 7
Telefono e Fax 045 8840780

C.F. - P.I.V.A. 02005290230 - Reg. Imprese di Verona 02005290230
<http://www.al-fer.it> - e-mail: al-fer@al-fer.it

Sommario

1	INTRODUZIONE	3
2	Descrizione delle prove sperimentali	3
2.1	Premessa.....	3
2.2	Matrice delle prove sperimentali.....	3
2.3	Descrizione elementi	4
2.3.1	Il connettore a secco al-fer <i>acciaio</i>	4
2.3.2	Geometria dei campioni	4
2.3.3	Schema delle prove.....	5
2.3.4	Determinazione del carico previsto a rottura	5
2.4	Risposta sperimentale.....	7
2.4.1	Provino C.A.SS.1	7
2.4.2	Provino C.A.SS.2	9
2.4.3	Provino C.A.SS.3	10
2.5	Analisi dei risultati	11
2.5.1	Unione dei grafici	11
3	Valutazione della Prova.....	12
3.1	Determinazione delle resistenze	12
3.1.1	Resistenza ultima a rottura dei campioni	12
3.1.2	Resistenza caratteristica del Connettore	12
3.1.3	Resistenza di progetto del Connettore	13
3.2	Determinazione della capacità di scorrimento	14
3.2.1	Determinazione della capacità di scorrimento	14
4	Conclusioni	17
5	Allegati.....	17
5.1.1	Rapporto di prova.....	17

1 INTRODUZIONE

Lo studio svolto ha come obiettivo la caratterizzazione meccanica di uno speciale connettore, brevettato dalla ditta Al-fer S.r.l. di Montorio (VR), impiegato per la realizzazione di strutture miste acciaio calcestruzzo. Sono disponibili i risultati di prove di push-out condotte su provini in calcestruzzo e acciaio assemblati tramite i connettori Al-fer in formato digitale. Si procederà per gradi illustrando dapprima l'ipotesi analitica, analizzando poi i dati sperimentali a disposizione ricavando i valori di progetto secondo normativa e infine confrontandoli.

2 Descrizione delle prove sperimentali

2.1 Premessa

Nel Novembre 2015 è stato condotto uno studio sperimentale, presso il Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università di Padova, volto a valutare l'efficacia del comportamento meccanico dei connettori a secco Al-fer s.r.l. per la realizzazione di solai misti acciaio calcestruzzo. Sono state eseguite prove di scorrimento (push-out) in laboratorio su campioni realizzati ad hoc, tali prove consentono di individuare i parametri caratteristici, sia di resistenza sia di deformabilità, per la progettazione dell'intervento di rinforzo su solai esistenti e di nuova realizzazione.

Le prove hanno fornito i diagrammi carico-spostamenti e saranno presentati solo in seguito alla descrizione dell'attività sperimentale svolta.

2.2 Matrice delle prove sperimentali

L'attività sperimentale prevedeva prove preliminari per la qualificazione fisico meccanica dei materiali di base (in particolare acciaio, calcestruzzo e connettori) e prove meccaniche di push-out su elementi di solaio in acciaio rinforzati con solette in calcestruzzo realizzate in opera.

Le prove di scorrimento per la valutazione dell'efficacia della connessione sono state eseguite su tre diversi provini identici nella loro configurazione geometrica e materica. In particolare, si è previsto l'uso di connettori di acciaio per il rinforzo di solai esistenti in acciaio con solette di calcestruzzo.

La geometria dei campioni di prova è stata realizzata sulla base della necessità di rinforzo strutturale più comune, ovvero il consolidamento strutturale sull'esistente. Nella pratica edilizia si va ad aggiungere una soletta di calcestruzzo di spessore minimo di 5 cm alle travi di acciaio esistenti e si rendono collaboranti i due elementi grazie al Connettore.

Questa particolare geometria, descritta meglio in seguito, è molto utilizzata anche nelle nuove realizzazioni ed è stata nominata Soletta Sottile.

Al fine di ottenere risultati sufficientemente significativi, per ogni combinazione di connettori/tipo di solaio esistente si sono realizzati n°3 provini sperimentali. Pertanto si può sintetizzare così la matrice delle prove:

C.A.SS.1	Campione.Trave in Acciaio .Soletta Sottile .numero provino
C.A.SS.2	Campione.Trave in Acciaio .Soletta Sottile .numero provino
C.A.SS.3	Campione.Trave in Acciaio .Soletta Sottile .numero provino

Tab. 1: *Matrice delle prove complessive*

Il presente lavoro analizza in dettaglio la serie di prove, poiché riveste oggi un caso d'indubbio interesse in edilizia. Infatti, proprio in questi anni si registra un crescente interesse per le strutture miste acciaio calcestruzzo, sia per quanto concerne il restauro che per le nuove realizzazioni. Interventi questi, che sono possibili tramite l'utilizzo di appositi dispositivi di collegamento come il connettore a secco Al-fer s.r.l.

2.3 Descrizione elementi

2.3.1 Il connettore a secco al-fer acciaio

Il connettore a secco Al-fer s.r.l viene realizzato sagomando opportunamente una barra di acciaio al piombo tipo 9SMnPb36. Per questo tipo di prove è stato utilizzato il connettore con testa da 40 mm, adatto alla tipologia di solaio con soletta sottile da 5 cm. In Fig. 1 è mostrata la geometria e alcune sezioni trasversali dello stesso.

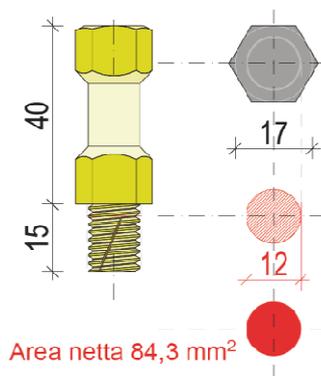


Fig. 1: Geometria dei connettori a secco Al-fer Acciaio

2.3.2 Geometria dei campioni

I campioni rappresentativi di solai collaboranti *acciaio-calcestruzzo* sono stati realizzati con un profilo d'acciaio centrale di tipo HEA 120 con ai lati due solette in c.a. di spessore 5 cm, la geometria delle solette armate con tondini d'acciaio (tipo rete elettrosaldata) e il posizionamento dei connettori sul profilo sono stati eseguiti secondo normativa UNI EN 1994-1-1:2005.

I provini sono formati da un profilo d'acciaio cui sono stati applicati 4 Connettori, 2 per ogni lato del profilo, e due solette simmetriche fra loro.

Si riporta in Fig. 2 la pianta e le sezioni dei provini.

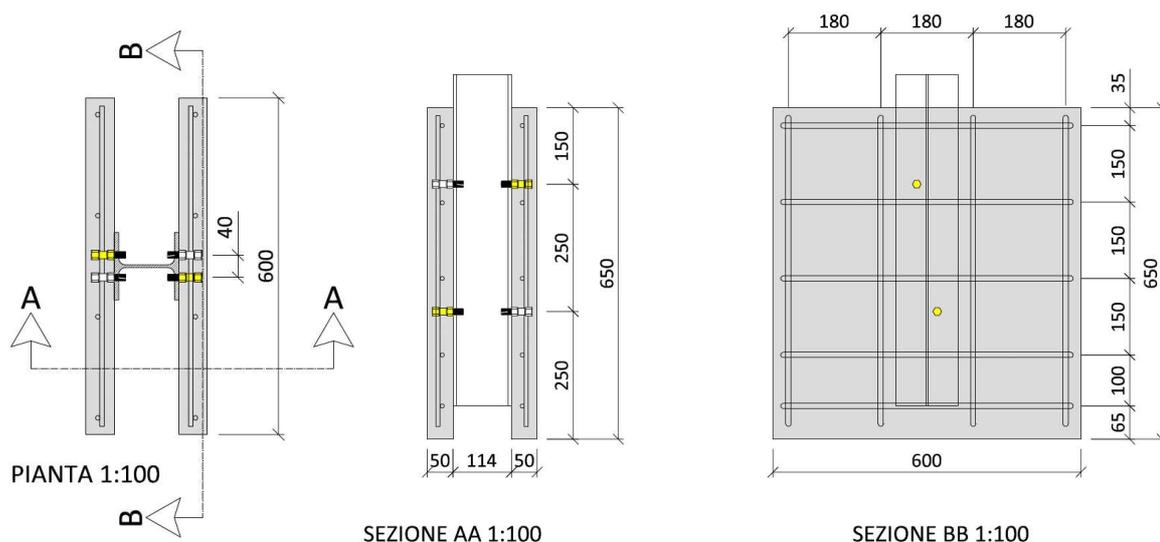


Fig. 2: Geometria dei provini

2.3.3 Schema delle prove

Si riporta in Fig. 3 lo schema delle prove; il carico verticale è stato applicato mediante un ciclo di assestamento preliminare e successivi cicli di misura fino a rottura.

Le prove di push-out sono state eseguite secondo UNI EN 1994-1-1:2005 e quindi applicando inizialmente un carico fino al 40% del valore previsto a rottura e poi applicato ciclicamente 25 volte un carico tra il 5% e il 40% dello stesso valore.

In seguito a questi cicli il provino sarà portato a rottura applicando degli incrementi di carico in modo che la rottura non si verifichi in meno di 15'.

Per l'esecuzione delle prove è stata impiegata la seguente attrezzatura, disponibile presso il Laboratorio Prove Sperimentali sui Materiali del Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'università di Padova:

- N. 1 centralina di acquisizione;
- N.2 trasduttori di spostamento induttivi LVDT;
- N.1 pressa usata come contrasto con martinetto idraulico;
- N.1 cella di carico da 30 t.

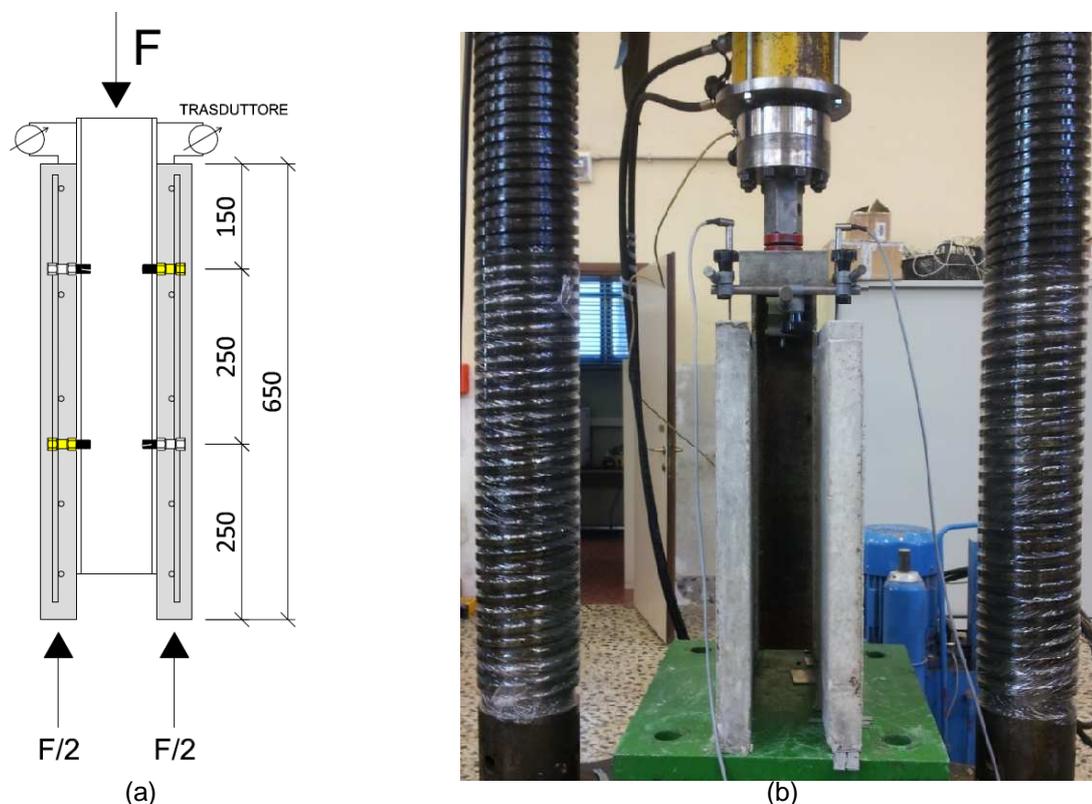


Fig. 3: Schema delle prove di push-out

2.3.4 Determinazione del carico previsto a rottura

La determinazione del Carico previsto a rottura è stata eseguita confrontando la resistenza a taglio su vite generica della parte filettata del connettore, la resistenza a taglio del connettore e la resistenza a rifollamento del calcestruzzo secondo le formule fornite dalle NTC2008 -"Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14 gennaio 2008.

Esaminando la geometria del connettore e i materiali utilizzati nel sistema misto acciaio-calcestruzzo si ricavano i dati da applicare nelle formule di verifica.

Si riporta in Tab.2 dati e geometrie dei materiali.

Geometria Connettore			
Lunghezza Piolo		40	mm
Tipo Filetto		M12	
Acciaio Connettore			
Resistenza a rottura		f_u	800 N/mm ²
Calcestruzzo			
Tipologia	C28/35 - Rck 35		
Resistenza cubica		R_{ck}	28 kN/m ²
Densità		ρ	2500 kg/m ³
Resistenza CLS		f_{ck}	35 kN/m ²
Modulo elastico CLS		E_{cm}	32308 kN/m ²
Diametro Medio Piolo			
Diametro esagono			17 mm
Altezza esagono sopra			11,3 mm
Altezza esagono sotto			11,3 mm
Diametro tondo fra esagoni			14 mm
Altezza tondo fra esagoni			17,4 mm
Diametro Medio Piolo			15,70 mm

Tab.2: Geometria connettore e materiali

Inserendo questi dati nelle opportune formule di verifica, depurate dei coefficienti di sicurezza, si ricavano tre differenti valori limite a rottura.

In Tab.3 si riportano formule e valori finali.

Resistenze			
Resistenza Vite Generica a Taglio	$0,5 * f_u * A_{netta}$		33720 N
		P_{Rk}	33,72 kN
Resistenza Connettori a Taglio	$0,8 * f_u * A_{netta}$		53952 N
		P_{Rk}	53,95 kN
Resistenza a Rifollamento	$0,29 * \alpha * d_{piolo}^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}}$		
	h / d		2,55
	$\alpha = 0,2 * (h / d + 1) < 1$		0,71
	$0,29 * \alpha * d_{piolo}^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}}$		53913 N
		P_{Rk}	53,91 kN

Tab.3: Resistenze previste nel sistema misto acciaio-calcestruzzo

I risultati dell'analisi ci hanno indicato che il provino sarebbe andato in crisi per rottura a taglio del connettore nella parte filettata.

Essendo i provini composti con un totale di 4 connettori e preso il valore della resistenza a taglio su vite generica di **33,72 kN** il carico previsto a rottura è risultato:

$$33,72 \times 4 = 134,88 \text{ kN}$$

- Carico previsto a rottura: **134,88 kN**
- 5% del Carico previsto a rottura: **6,74 kN**
- 40% del Carico previsto a rottura: **53,95 kN**

2.4 Risposta sperimentale

2.4.1 Provino C.A.SS.1

La prima prova è stata eseguita approssimando all'intero più prossimo questi valori, le successive sono state tarate in base ai risultati sperimentali delle precedenti.

- Carico previsto a rottura: **135 kN**
- 5% del Carico previsto a rottura: **7 kN**
- 40% del Carico previsto a rottura: **54 kN**

Il campione denominato C.A.SS.1 ha sopportato ben oltre la forza ipotizzata arrivando a rottura a un carico massimo di **164,99 kN**.

Si riporta in Fig. 4 il grafico Tempo-Carico

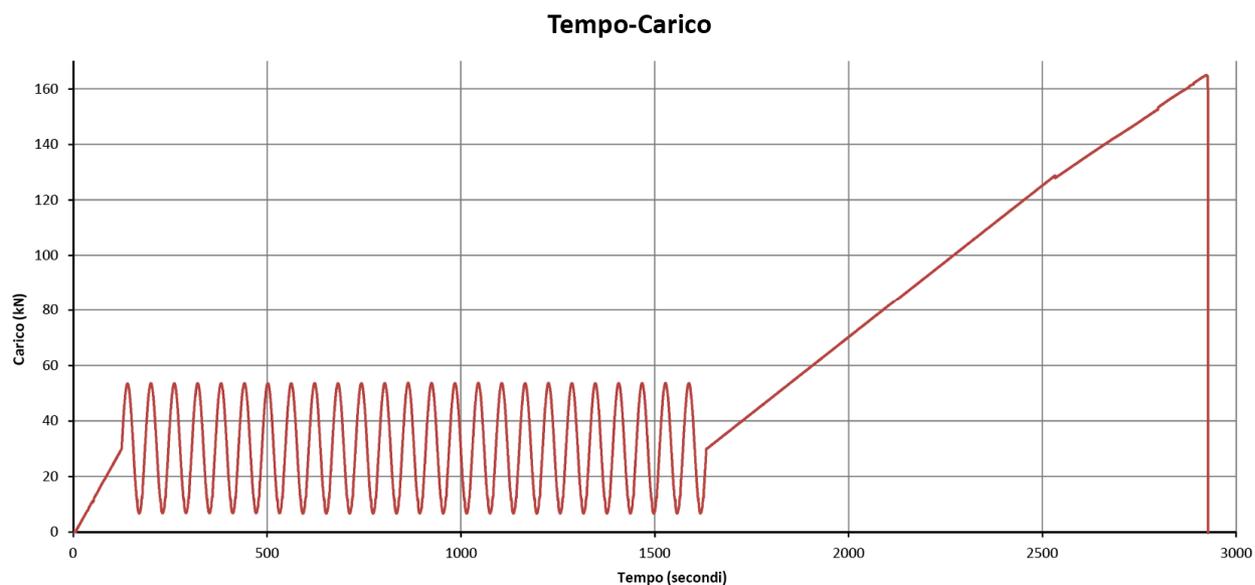


Fig.4: Grafico Carico Tempo C.A.SS.1

Si riporta in Fig. 5 il grafico Carico-Spostamento

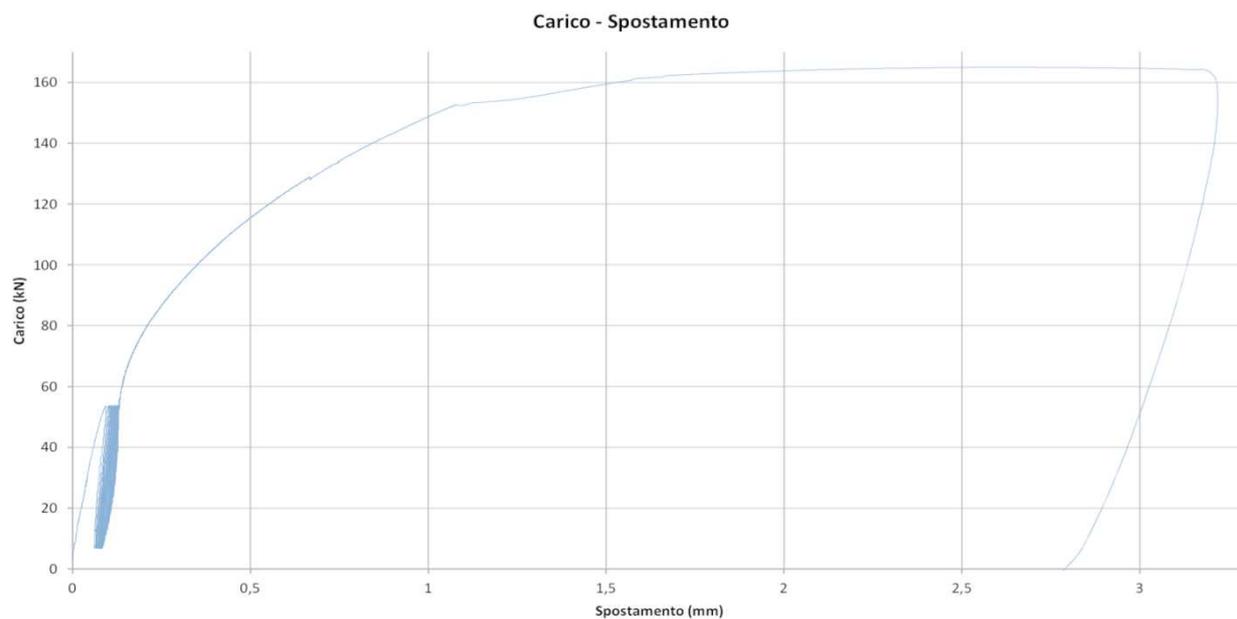


Fig.5: Grafico Carico-Spostamento C.A.SS.1

Dall'analisi del provino sottoposto a rottura, si è rivelata la rottura di un connettore per tranciamento del gambo filettato (Fig.6) e uno staccamento del calcestruzzo verso l'esterno del campione secondo un meccanismo geometrico a cono con angolo sulla testa del connettore (Fig. 7).



Fig.6: Rottura a taglio del connettore



Fig.7: Staccamento del cls

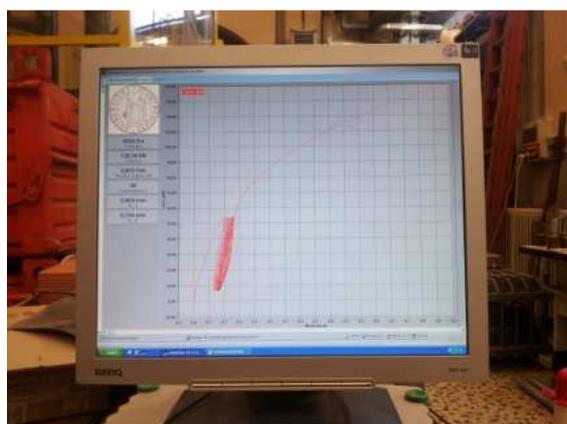


Fig.8: Curva carico spostamento durante la prova



Fig.9: Campione dopo ulteriore carico distruttivo

2.4.2 Provino C.A.SS.2

La seconda prova è stata eseguita tenendo conto del valore di rottura sperimentale del primo campione.

- Carico previsto a rottura: **160 kN**
- 5% del Carico previsto a rottura: **8 kN**
- 40% del Carico previsto a rottura: **64 kN**

Il campione denominato C.A.SS.2 ha sopportato ben oltre la forza ipotizzata arrivando a rottura a un carico massimo di **183,51 kN**.

Si riporta in Fig. 10 il grafico Tempo-Carico

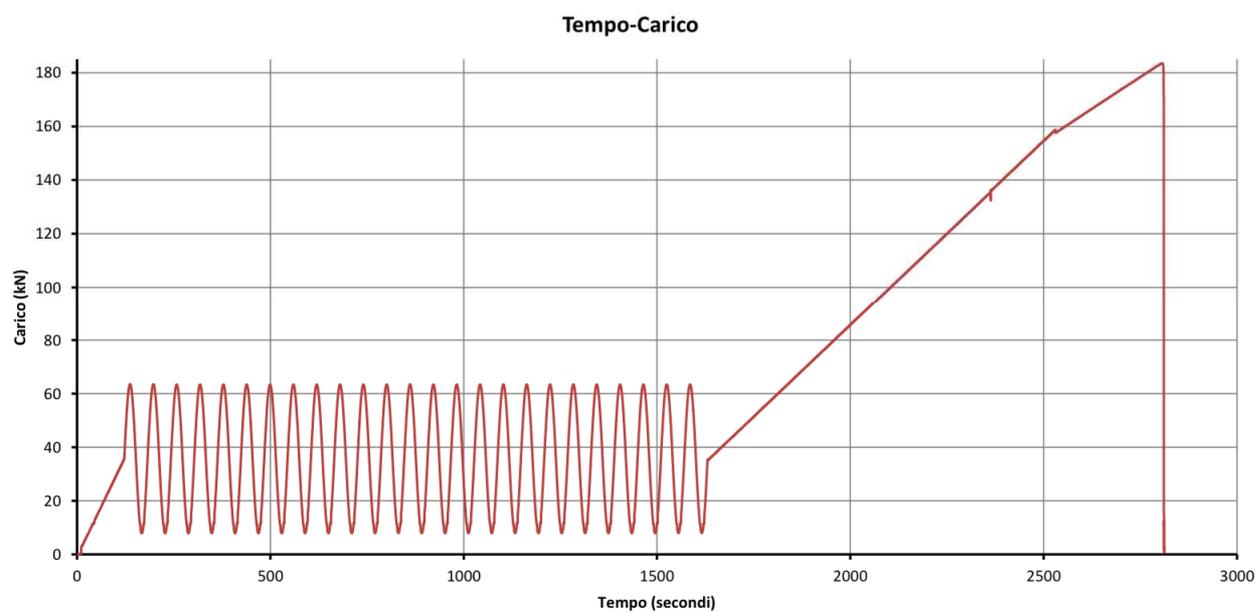


Fig.10: Grafico Carico Tempo C.A.SS.2

Si riporta in Fig. 11 il grafico Carico-Spostamento

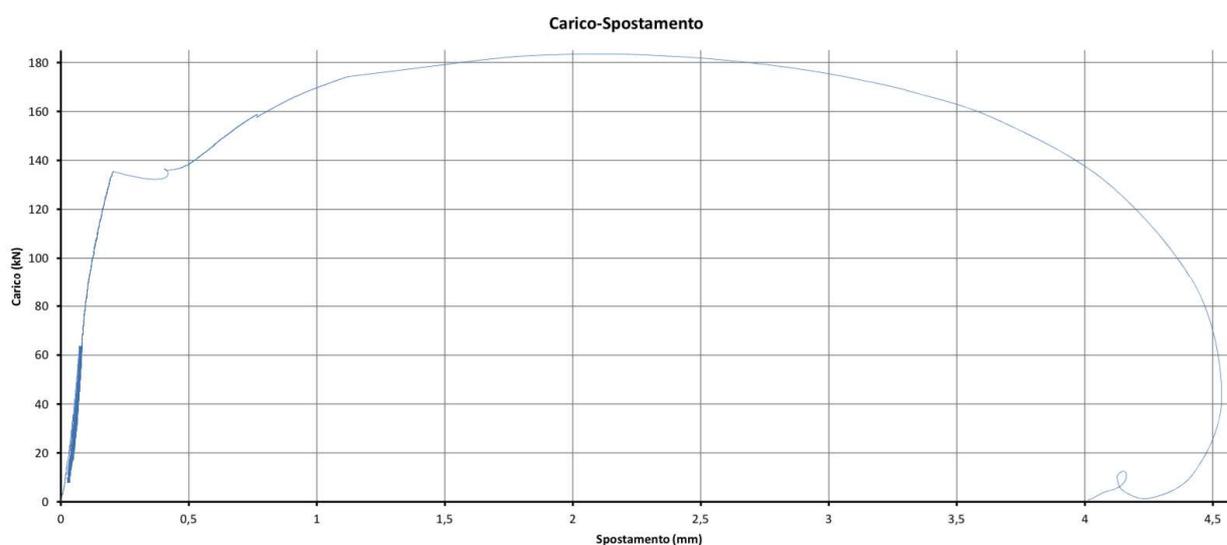


Fig.11: Grafico Carico-Spostamento C.A.SS.2

2.4.3 Provino C.A.SS.3

La terza prova è stata eseguita tenendo conto della media dei valori sperimentali.

- Carico previsto a rottura: **170 kN**
- 5% del Carico previsto a rottura: **9 kN**
- 40% del Carico previsto a rottura: **68 kN**

Il campione denominato C.A.SS.3 è arrivato a rottura per un carico massimo di **177,17 kN**.

Si riporta in Fig. 12 il grafico Tempo-Carico

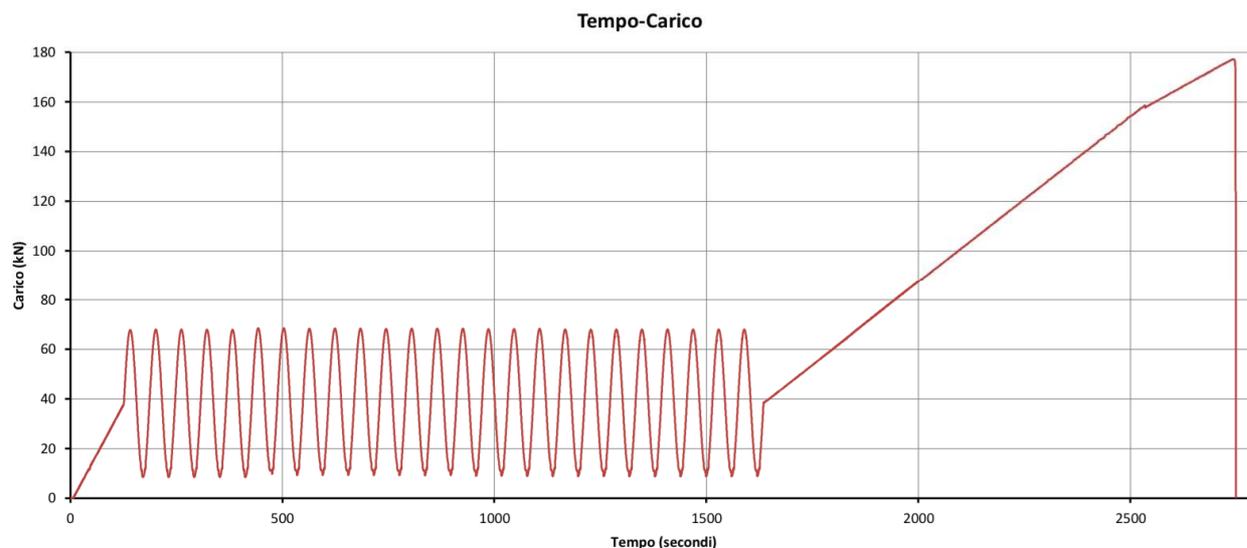


Fig.12: Grafico Carico Tempo C.A.SS.3

Si riporta in Fig. 13 il grafico Carico-Spostamento

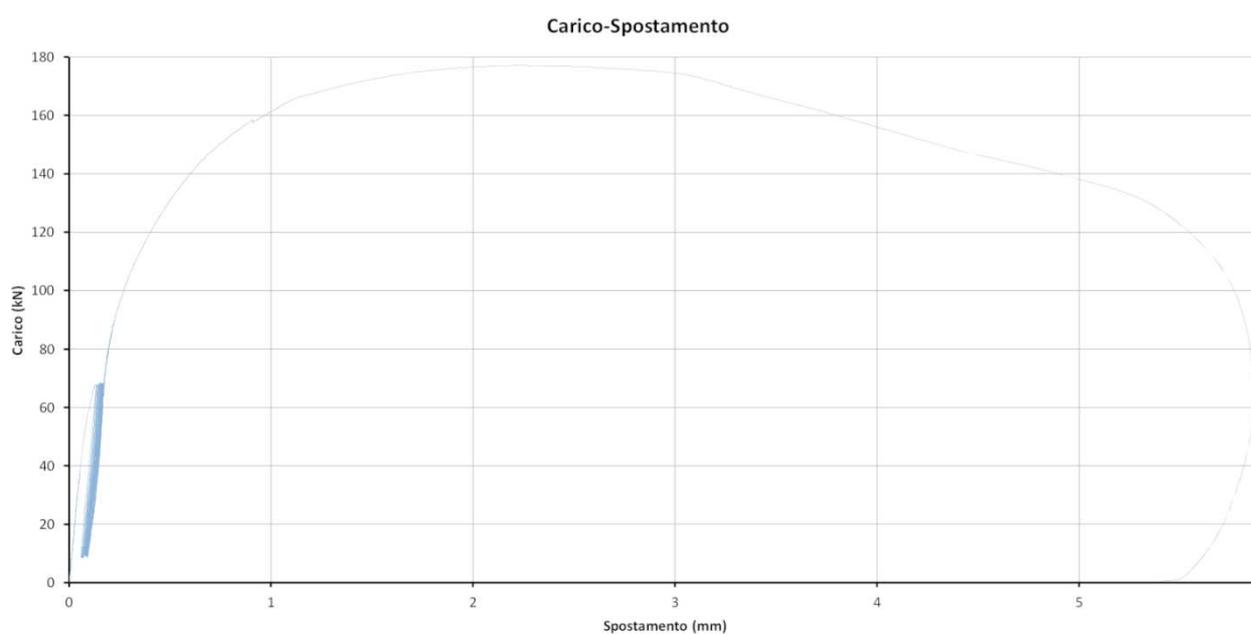


Fig.13: Grafico Carico-Spostamento C.A.SS.3

2.5 Confronto dei risultati

2.5.1 Unione dei grafici

Per una corretta analisi dei risultati le curve sperimentali sono state riassunte in un unico grafico. In Fig.14 si mostrano i grafici complessivi.

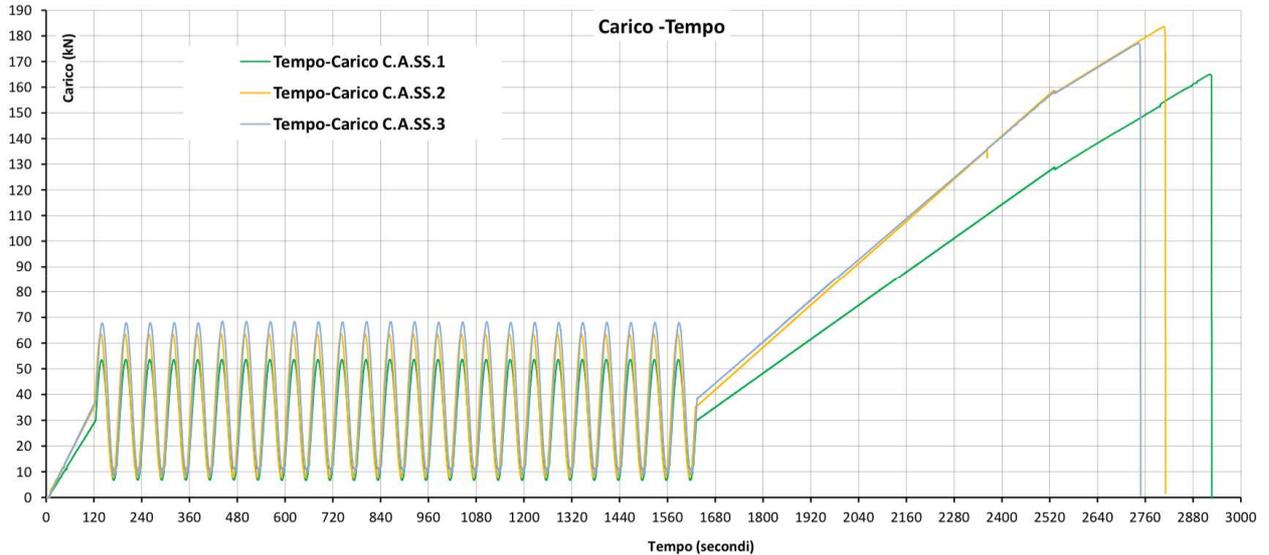


Fig.14.a: Grafico Carico-Tempo Complessivo

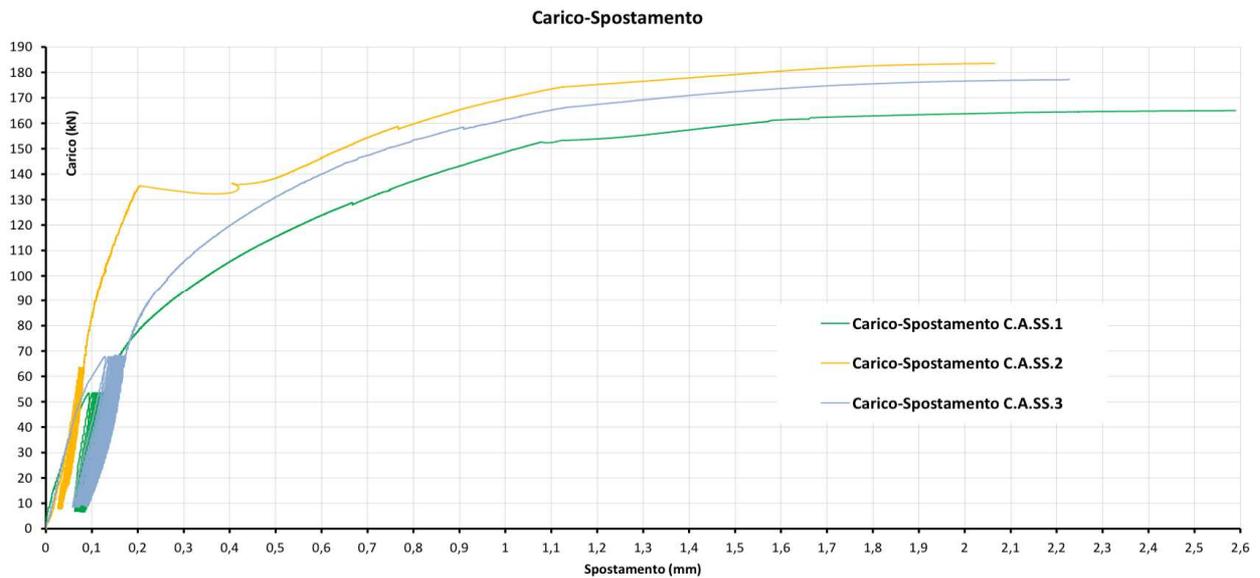


Fig.14.b: Grafico Carico-Spostamento Complessivo

Per facilità di comprensione i grafici sono stati interrotti al raggiungimento del valore massimo.

Analizzando i dati acquisiti si determina un comportamento anomalo del provino C.A.SS.2 che ha avuto una deformazione iniziale molto ridotta su uno dei due lati (rivelata dal trasduttore di destra) e dopo aver raggiunto il valore di circa 135kN si è assestato e ha continuato regolarmente le proprie deformazioni fino alla regolare rottura. Sicuramente questo comportamento è indice di un'imperfezione locale del campione, fortunatamente non ne ha inficiato in alcun modo il risultato finale poiché ha fornito il valore di rottura maggiore dell'intera prova.

Per quanto riguarda un'analisi sul comportamento deformativo locale non è invece attendibile.

3 Valutazione della Prova

3.1 Determinazione delle resistenze

3.1.1 Resistenza ultima a rottura dei campioni

Dopo le singole analisi sulle prove eseguite, i risultati sono stati confrontati ed esaminati.

Dato fondamentale per procedere nella caratterizzazione della struttura collaborante acciaio-calcestruzzo in questione è la resistenza a rottura dei provini.

In Tab. 4 si riassumono pertanto i risultati della prova sui tre campioni.

Valori di Rottura dei Provini		
C.A.SS.1	$F_{C.A.SS.1}$	164,99 kN
C.A.SS.2	$F_{C.A.SS.2}$	183,50 kN
C.A.SS.3	$F_{C.A.SS.3}$	177,17 kN

Tab.4: Valori di rottura dei tre provini

La normativa di riferimento UNI EN 1994-1-1:2005 richiede uno scostamento massimo pari al 10% dalla media dei valori per poterli utilizzare nella determinazione della resistenza di progetto della connessione, in Tab. 5 si mostra il campo dei valori ammissibili.

Media Valori di Rottura Provini		
C.A.SS.1-2-3	F_{medio}	175,22 kN
10% del valore medio	$F_{medio,10\%}$	17,52 kN
Valori ammissibili	min	$F_{min,amm}$ 157,70 kN
	max	$F_{max,amm}$ 192,74 kN

Tab.5: Media e Campo dei valori ammissibili

I tre valori di rottura sono largamente all'interno della fascia ammissibile, possono quindi essere correttamente utilizzati per determinare la resistenza caratteristica del connettore.

3.1.2 Resistenza caratteristica del Connettore

La resistenza caratteristica P_{Rk} è assunta come il minimo carico di rottura, diviso per il numero di connettori, ridotto del 10%.

In Tab. 6 si ricava P_{Rk} .

Determinazione della resistenza		
Minimo carico a rottura	C.A.SS.1	$F_{C.A.SS.1}$ 164,99 kN
10% del minimo carico a rottura		$F_{C.A.SS.1,10\%}$ 16,50 kN
Minimo carico a rottura ridotto del 10%		F_k 148,49 kN
Resistenza caratteristica	F_k / n° connettori	P_{Rk} 37,12 kN

Tab.6: Determinazione della resistenza caratteristica del connettore

3.1.3 Resistenza di progetto del Connettore

Una volta determinata la resistenza caratteristica del connettore è stato possibile procedere alla definizione della resistenza di progetto P_{Rd} , utilizzabile nel calcolo della struttura collaborante acciaio-calcestruzzo.

La resistenza è calcolata seguendo le indicazioni da normativa, ovvero prendendo il valore caratteristico diviso per il coefficiente di sicurezza per la connessione a taglio.

La determinazione del valore di progetto P_{Rd} , così come le formule, la tensione ultima del materiale di cui è composto il connettore e i coefficienti di sicurezza sono riportati in Tab. 7.

Resistenza di progetto		
Formula applicata	$P_{Rd} = (f_u/f_{ut}) * (P_{Rk} / \gamma_v) \leq P_{Rk} / \gamma_v$	
Resistenza caratteristica	P_{Rk}	37,12 kN
Tensione ultima specifica del materiale	f_u	800 N/mm ²
Tensione ultima reale del materiale del connettore nel provino	f_{ut}	800 N/mm ²
coefficiente parziale di sicurezza per la connessione a taglio	γ_v	1,25
Resistenza di progetto	P_{Rd}	29,70 kN

Tab.7: Determinazione della resistenza di progetto del connettore

Questa resistenza può essere utilizzata direttamente nei calcoli strutturali come resistenza di progetto del singolo connettore in una situazione prossima a quella descritta dai provini, la conformazione geometrica e materica dei campioni descrive la tipologia d'intervento più diffusa, ma non possono essere esaustiva delle infinite di situazioni presenti nel panorama edile.

La scelta se utilizzare il risultato sperimentale o ricorrere ai classici metodi analitici è scelta esclusiva del progettista.

3.2 Determinazione della capacità di scorrimento

3.2.1 Determinazione della capacità di scorrimento

La capacità di scorrimento di un provino è stata valutata, secondo UNI EN 1994-1-1:2005, come il massimo scorrimento al livello del carico caratteristico.

Analizzando il campione C.A.SS.1 si ha una resistenza caratteristica di 148,49 kN, dall'interpolazione lineare con il grafico Carico-Spostamento si ricava la capacità di scorrimento.

In Fig. 15 si mostra il grafico con i relativi valori finali.

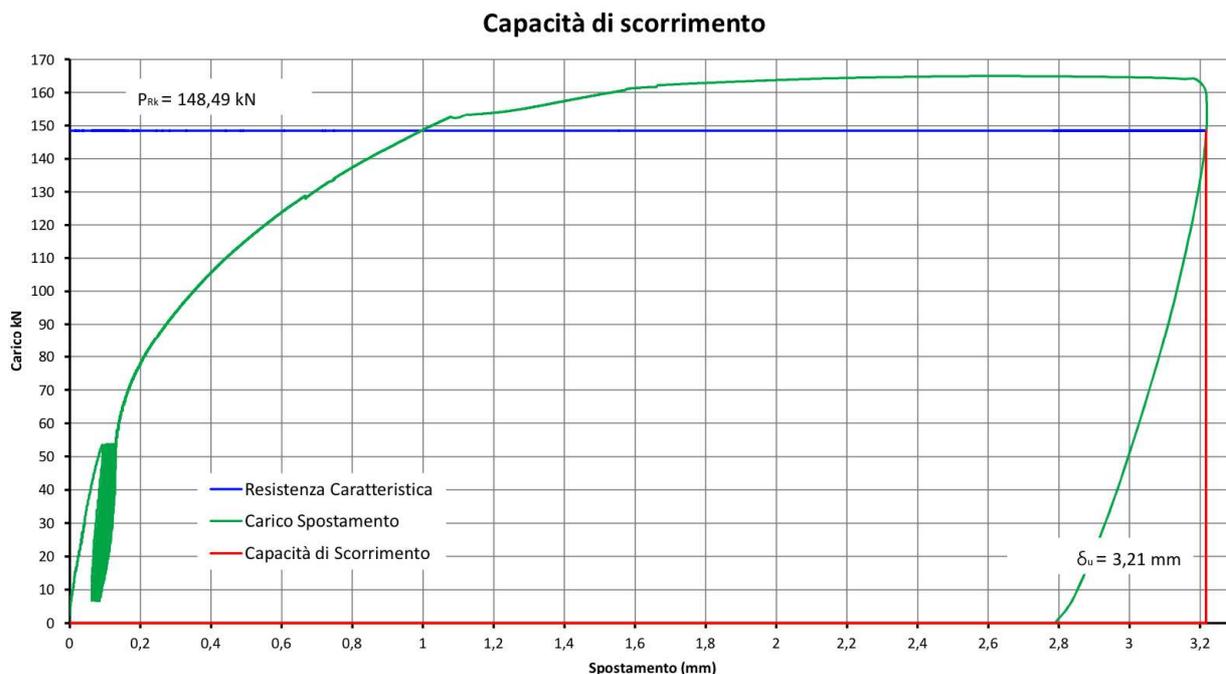


Fig.15: Capacità di scorrimento C.A.SS.1

Assumiamo la capacità di scorrimento caratteristica $\bar{\delta}_{uk}$ pari al valore minimo di prova $\bar{\delta}_u$ ridotto del 10% come si mostra i Tab. 8.

Capacità di scorrimento C.A.SS.1		
Capacità di scorrimento provino	$\bar{\delta}_u$	3,21 mm
Capacità di scorrimento caratteristica	$\bar{\delta}_{uk}$	2,89 mm

Tab.8: Capacità di scorrimento C.A.SS.1

Analizzando il campione C.A.SS.2 si ha una resistenza caratteristica di 165,25 kN, dall'interpolazione lineare con il grafico Carico-Spostamento si ricava la capacità di scorrimento.

In Fig. 16 si mostra il grafico con i relativi valori finali.

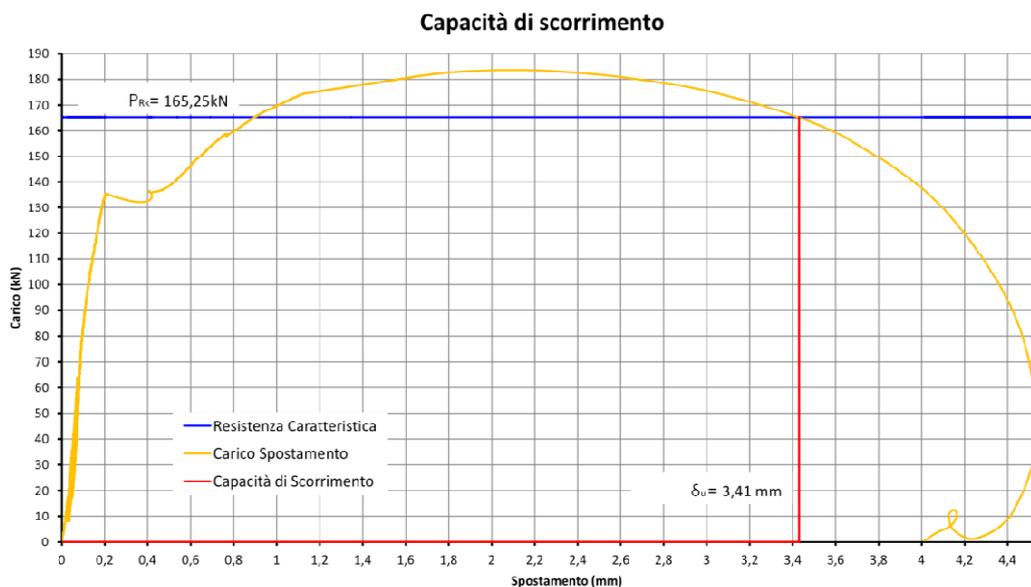


Fig. 16: Capacità di scorrimento C.A.SS.2

La capacità di scorrimento caratteristica $\bar{\delta}_{uk}$ è stata assunta pari al valore minimo di prova $\bar{\delta}_u$ ridotto del 10% come si mostra i Tab. 9.

Capacità di scorrimento C.A.SS.2

Capacità di scorrimento provino	$\bar{\delta}_u$	3,41 mm
Capacità di scorrimento caratteristica	$\bar{\delta}_{uk}$	3,07 mm

Tab.9: Capacità di scorrimento C.A.SS.2

Analizzando il campione C.A.SS.3 si ha una resistenza caratteristica di 159,45kN, dall'interpolazione lineare con il grafico Carico-Spostamento si ricava la capacità di scorrimento.

In Fig. 17 si mostra il grafico con i relativi valori finali.

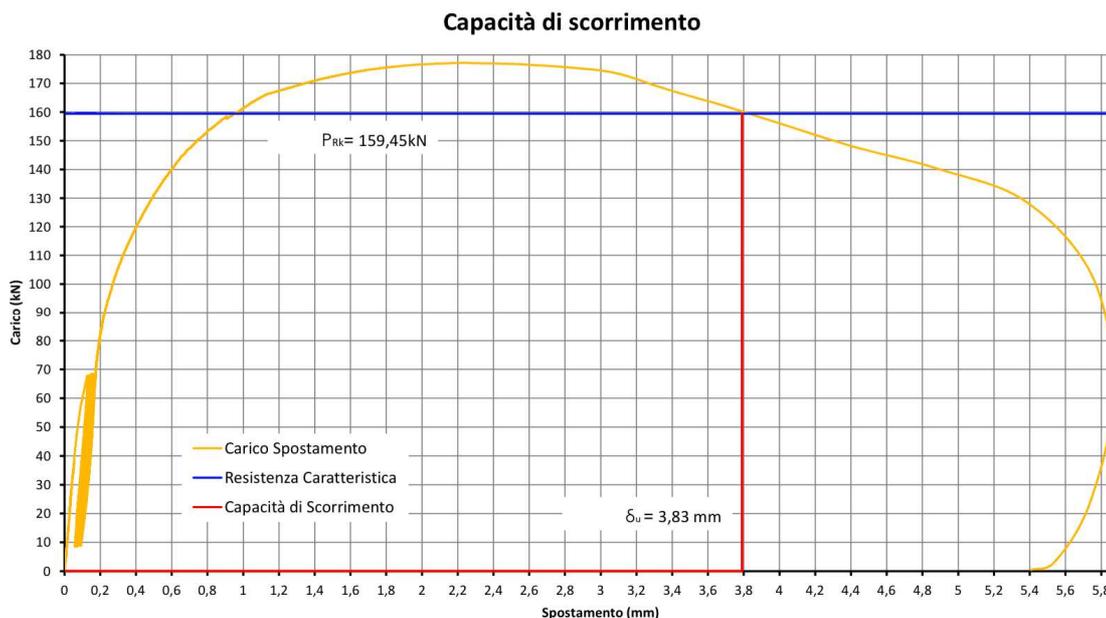


Fig. 17: Capacità di scorrimento C.A.SS.3

La capacità di scorrimento caratteristica $\bar{\delta}_{uk}$ è stata assunta pari al valore minimo di prova $\bar{\delta}_u$ ridotto del 10% come si mostra i Tab. 10.

Capacità di scorrimento C.A.SS.3		
Capacità di scorrimento provino	$\bar{\delta}_u$	3,83 mm
Capacità di scorrimento caratteristica	$\bar{\delta}_{uk}$	3,45 mm

Tab.10: Capacità di scorrimento C.A.SS.3

La capacità di scorrimento ultimo ricavata dalla prova sperimentale è quindi pari alla media dei valori dei tre singoli campioni, come illustrato in Tab. 11.

Scorrimento ultimo		
Capacità di scorrimento ultima C.A.SS.1	$\bar{\delta}_{u,1}$	3,21 mm
Capacità di scorrimento ultima C.A.SS.2	$\bar{\delta}_{u,2}$	3,41 mm
Capacità di scorrimento ultima C.A.SS.3	$\bar{\delta}_{u,3}$	3,83 mm
Media	$\bar{\delta}_u$	3,48 mm

Tab.11: Capacità di scorrimento ultimo media

Per determinare la capacità di scorrimento caratteristica dell'intera prova devono essere considerate le capacità di scorrimento ultime di ogni provino e presa la minore di queste ridotta del 10%, secondo quanto indicato da UNI EN 1994-1-1:2005.

Quanto detto è descritto in Tab. 12.

Scorrimento caratteristico			
Minimo scorrimento ultimo ridotto del 10%	C.A.SS.1	$\bar{\delta}_{uk,1}$	3,21 mm
10% del minimo scorrimento ultimo		$\bar{\delta}_{uk,1,10\%}$	0,32 mm
Minimo scorrimento ultimo ridotto del 10%		$\bar{\delta}_{uk,3}$	2,89 mm
Scorrimento caratteristico		$\bar{\delta}_{uk}$	2,89 mm

Tab.12: Capacità di scorrimento caratteristica

La capacità di scorrimento caratteristica della prova eseguita è quindi **2,89 mm**.

4 Conclusioni

Le prove sperimentali eseguite presso il Laboratorio Prove dell'Università degli Studi di Padova nel mese di Novembre 2015 su campioni adeguatamente predisposti per simulare una delle più frequenti situazioni nei casi di recupero e consolidamento di strutture collaboranti acciaio – calcestruzzo hanno dato dei risultati molto importanti.

Il primo dato che si nota è la maggiore resistenza della connessione, e quindi del “*Connettore a Secco AL-FER*” stesso, rispetto a quanto determinato analiticamente.

Infatti, l'analisi analitica dimostra un valore di resistenza caratteristica P_{Rk} del singolo connettore pari a **33,42 kN**, mentre la prova sperimentale ha determinato un valore caratteristico di **37,12 kN**, superiore di oltre il 10% quello stimato. Va inoltre fatto notare che quanto impone la normativa riguardo alle prove di resistenza a taglio su connettori è di molto cautelativo. La media dei valori della prova ha dimostrato un valore di rottura effettivo del singolo connettore di **43,80 kN**.

Lo stesso vale per la resistenza di progetto sperimentale che è superiore a quella analitica che viene utilizzata nelle verifiche della connessione e su cui sono stati realizzati i nostri software di calcolo.

Visti i risultati sopra riportati il progettista ha la possibilità di scegliere fra quale Resistenza di Progetto P_{Rd} utilizzare nella verifica della connessione, se quella analitica o quella sperimentale.

Va comunque fatto notare che mentre la scelta analitica ci consente di esaminare, la maggior parte delle strutture edili esistenti, il dato sperimentale è rappresentativo di una caratteristica situazione, seppur la più diffusa.

I risultati delle prove ci consentono comunque di confermare con certezza che quanto analizzato in via analitica è cautelativo e quindi questo tipo di verifica è certamente a favore di sicurezza in qualunque situazione analizzata.

Un altro importante dato sperimentale è il tipo di rottura cui è soggetta la connessione, come previsto dalla nostra analisi iniziale ci si aspettava un tipo di rottura per taglio del connettore nella zona di minima area efficace, ovvero in prossimità della filettatura.

La dimostrazione sperimentale di quanto ipotizzato, oltre ad avvalorare la ricerca, ci consente di poter garantire un utilizzo molto vasto del Connettore, anche con Calcestruzzi di qualità inferiori o con caratteristiche di resistenza e modulo elastico diverso, come ad esempio i calcestruzzi alleggeriti.

5 Allegati

5.1.1 Rapporto di prova

Allegato alla presente relazione è il rapporto di prova emesso dal Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università degli studi di Padova e consegnato alla ditta produttrice dei connettori oggetto di studio al termine della sperimentazione effettuata nel Novembre 2015.

Verona, 18 Febbraio 2015

Ing. Francesco Iseppi