



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA E STRUTTURALE

Laboratorio Prove Materiali e Strutture

Certificato di prova n° 12902/190

Trento, 07 ottobre 2009

Richiedente del certificato: Heco Italia Srl
Via Marze, 30/D2
36060 Romano d'Ezzelino (VI)

Prove in data: 17-21-23 luglio 2009

Richiesta in data: 22 luglio 2009 (n°. ingresso: 85)

Oggetto del certificato: N°. 20 prove tipo push-out su campioni di solaio composto legno-calcestruzzo con assito interrotto e connettori POWER SISTEM "V" della Heco Italia Srl.

1. OGGETTO DELLE PROVE

Le prove hanno per oggetto la determinazione del comportamento meccanico di connettori per solai misti legno-calcestruzzo denominati POWER SYSTEM "V". La Figura 1 riproduce il connettore oggetto delle prove, prodotto e commercializzato dalla ditta Heco Italia Srl.

Il comportamento meccanico è indagato per mezzo di prove push-out su campioni con assito interrotto, realizzati con legno lamellare di abete rosso di classe GL24h e soletta in cemento armato con calcestruzzo di classe di resistenza C25/30.

Sono state sottoposte a prova 4 differenti disposizioni dei connettori; ognuna delle quali composta da 5 campioni push-out. Di ogni disposizione, 2 campioni sono stati sottoposti a prova monotona fino a rottura in controllo di spostamento mentre gli altri 3 campioni sono stati portati a rottura con la procedura di prova descritta nella norma UNI EN 26891/1991: "Principi generali per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità".

I connettori POWER SISTEM "V" sono stati forniti dalla ditta produttrice. I campioni push-out sono stati realizzati presso il Laboratorio Prove Materiali dell'Università in conformità alle richieste del richiedente il certificato.



Figura 1 – Il connettore POWER SYSTEM "V"



2. DESCRIZIONE DEI CAMPIONI

I campioni sottoposti a prova sono campioni tipo “push-out” costituiti ciascuno da uno spezzone di trave di legno lamellare collegato ad una soletta di calcestruzzo mediante i connettori POWER SYSTEM “V”.

Sono state realizzate 4 serie di campioni tipo “push-out”, ciascuna composta da 5 provini identici, ognuna caratterizzata da una differente disposizione dei connettori.

Le caratteristiche comuni dei campioni sono:

1. trave in legno lamellare di abete rosso di classe di resistenza GL24 e di lunghezza 900 mm con sezione 120 x 180 mm oppure 140 x 180 mm (solo per i provini con connettori sfalsati);
2. connettori POWER SYSTEM “V” direttamente applicati alla trave;
3. soletta in conglomerato cementizio di classe C25/30, con lunghezza 900 mm e sezione 500 x 50 mm.

In Figura 2 è illustrata una vista del cassero di un campione prima del getto, dove risulta evidente l'interruzione dell'assito e la disposizione della guaina protettiva. La Figura 3 invece illustra la geometria longitudinale dei campioni.



Figura 2 – Vista di un campione prima del getto del calcestruzzo (1H 150A).

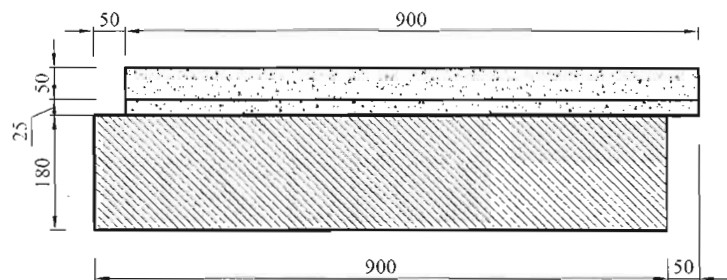


Figura 3 – Dimensioni longitudinali dei campioni push-out.

Le caratteristiche specifiche delle quattro serie di provini (dimensioni in mm) sono riportate in Figura 4.

Le quattro serie di campioni sottoposte a prova sono caratterizzate unicamente per una differente disposizione geometrica dei connettori.

In dettaglio sono state investigate 3 disposizioni allineate dei connettori con spaziatura 100, 150 e 200 mm, ed una disposizione sfalsata degli stessi con spaziatura pari a 100 mm.

Una volta posizionato il telo traspirante, la posa dei connettori si è svolta secondo le seguenti fasi: (1) posizionamento della piastra metallica dentata nella trave; (2) messa in opera del connettore per mezzo del serraggio delle viti.

Delle 3 viti necessarie per il fissaggio di ciascun connettore, le due anteriori risultano a filo della faccia superiore del connettore, la terza sporge dal filo superiore dello stesso di 2 cm (si veda la Figura 1). Le viti sono state infisse senza preforo.

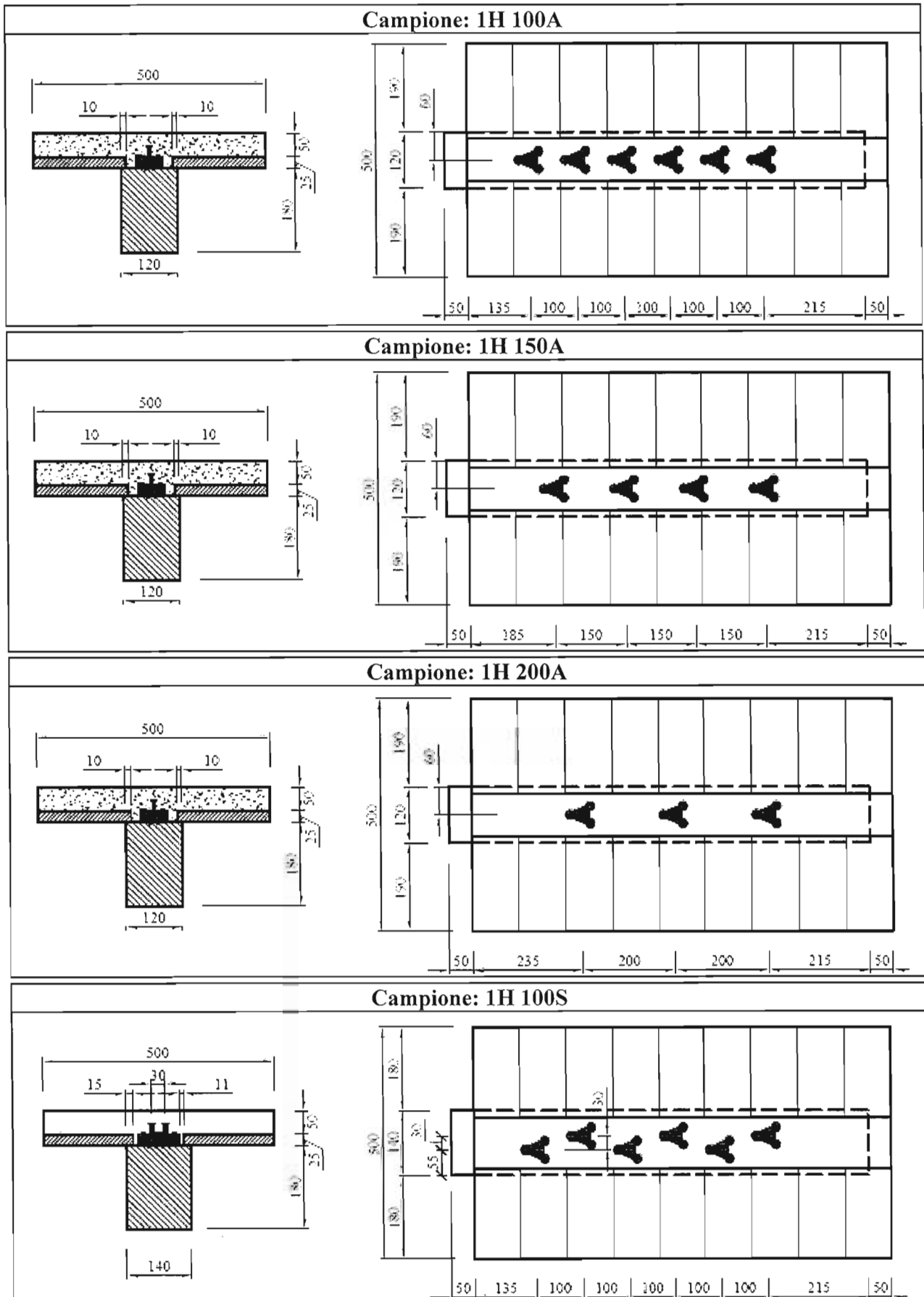


Figura 4 – Geometria e disposizione dei connettori delle quattro serie di campioni push-out



3. MODALITÀ DI PROVA

Le prove sono state eseguite secondo lo schema di prova rappresentato nella fotografia di Figura 5. Le prove monotone sono state eseguite in controllo di spostamento con velocità di applicazione dello stesso pari a 0,05 mm/sec. Le prove conformi alla norma UNI EN 26891/1991 sono state svolte in controllo di carico fino ad un valore dello stesso pari al 70% del carico di rottura stimato (F_{est}), e successivamente in controllo di spostamento fino a rottura con velocità di applicazione dello stesso pari a 0,05 mm/sec.

Le prove sono state realizzate per mezzo del telaio di contrasto e dell'attuatore idraulico MTS (servo-assistito e con capacità di carico pari a 1000 kN) illustrati in Figura 6.

Il carico è stato rilevato per mezzo della cella di carico MTS montata sull'attuatore (Certificato di Taratura 05CT015 del 21-feb-05 – Centro di taratura MTS-SIT126), mentre gli scorrimenti sono stati rilevati per mezzo di due trasduttori di spostamento AEP con linearità minore dello 0,1% del FS (FS = 50 mm). L'acquisizione dei dati è stata effettuata in modo continuo mediante centralina di acquisizione HBM modello Spider 8.



Figura 5 – Schema di prova



Figura 6 – Telaio di contrasto, attuatore MTS e postazione di controllo/acquisizione.

4. RISULTATI DELLE PROVE

I risultati delle prove, relativi ad ogni disposizione dei connettori, sono esposti nei paragrafi seguenti in cui si riporta: una breve descrizione delle prove; il valore F_{est} con cui sono state eseguite le prove conformi alla norma UNI EN 26891/1991; una tabella con i principali valori del grafico forza-scorrimento di ogni singola prova; un grafico globale con l'andamento delle diverse curve ottenute per ogni singola disposizione dei connettori; le immagini più significative relative alle modalità di rottura osservate.

4.1 CAMPIONI 1H 100A

Le prove sono state eseguite nei giorni 17-21 luglio 2009 con una temperatura dell'aria di 27°C ed un umidità relativa di circa il 65%.

A seguito delle due prove monotone si è assunto quale carico di collasso medio dei campioni il seguente valore:

$$F_{est} = 165,00 \text{ kN}$$

In Tabella 1 sono riportati i punti della curva carico-scorrimento relativi a variazioni del carico pari a 0,1 F_{est} considerando, ove presente, il ciclo di scarico e carico. Gli ultimi valori riportati nelle colonne della tabella (evidenziati in grassetto), corrispondono al carico massimo dei singoli campioni ed al relativo scorrimento.

Il grafico di Figura 7 riporta invece gli andamenti delle curve carico-scorrimento dei vari provini della stessa serie normalizzati rispetto al numero di connettori.

In Figura 8 sono riportate quattro immagini relative a due provini a prova ultimata. Dalle fotografie appare evidente la rottura per taglio della soletta di calcestruzzo.

Tabella 1 – Curve sperimentali dei provini 1H 100A

1H 100A 1 Prova monotona		1H 100A 2 Prova monotona		1H 100A 3 UNI EN 26891/1991		1H 100A 4 UNI EN 26891/1991		1H 100A 5 UNI EN 26891/1991	
v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,04	16,50	0,04	16,50	0,03	16,50	0,04	16,50	0,06	16,50
0,18	33,00	0,17	33,00	0,15	33,00	0,15	33,00	0,24	33,00
0,41	49,50	0,42	49,50	0,35	49,50	0,38	49,50	0,49	49,50
0,74	66,00	0,78	66,00	0,62	66,00	0,64	66,00	0,82	66,00
1,16	82,50	1,31	82,50	0,69	66,00	0,71	66,00	0,92	66,00
1,68	99,00	1,98	99,00	0,67	49,50	0,69	49,50	0,88	49,50
2,29	115,50	2,71	115,50	0,61	33,00	0,64	33,00	0,81	33,00
3,17	132,00	3,78	132,00	0,51	16,50	0,55	16,50	0,69	16,50
4,53	148,50	5,62	148,50	0,49	16,50	0,54	16,50	0,67	16,50
6,93	165,00	6,75	155,84	0,54	33,00	0,57	33,00	0,71	33,00
7,66	167,88	-	-	0,61	49,50	0,63	49,50	0,80	49,50
-	-	-	-	0,70	66,00	0,72	66,00	0,93	66,00
-	-	-	-	0,96	82,50	0,96	82,50	1,26	82,50
-	-	-	-	1,43	99,00	1,41	99,00	1,85	99,00
-	-	-	-	2,08	115,50	1,94	115,50	2,68	115,50
-	-	-	-	3,04	132,00	2,63	132,00	4,30	132,00
-	-	-	-	4,59	144,36	3,72	148,50	6,01	142,48
-	-	-	-	-	-	5,40	165,00	-	-
-	-	-	-	-	-	6,44	171,72	-	-



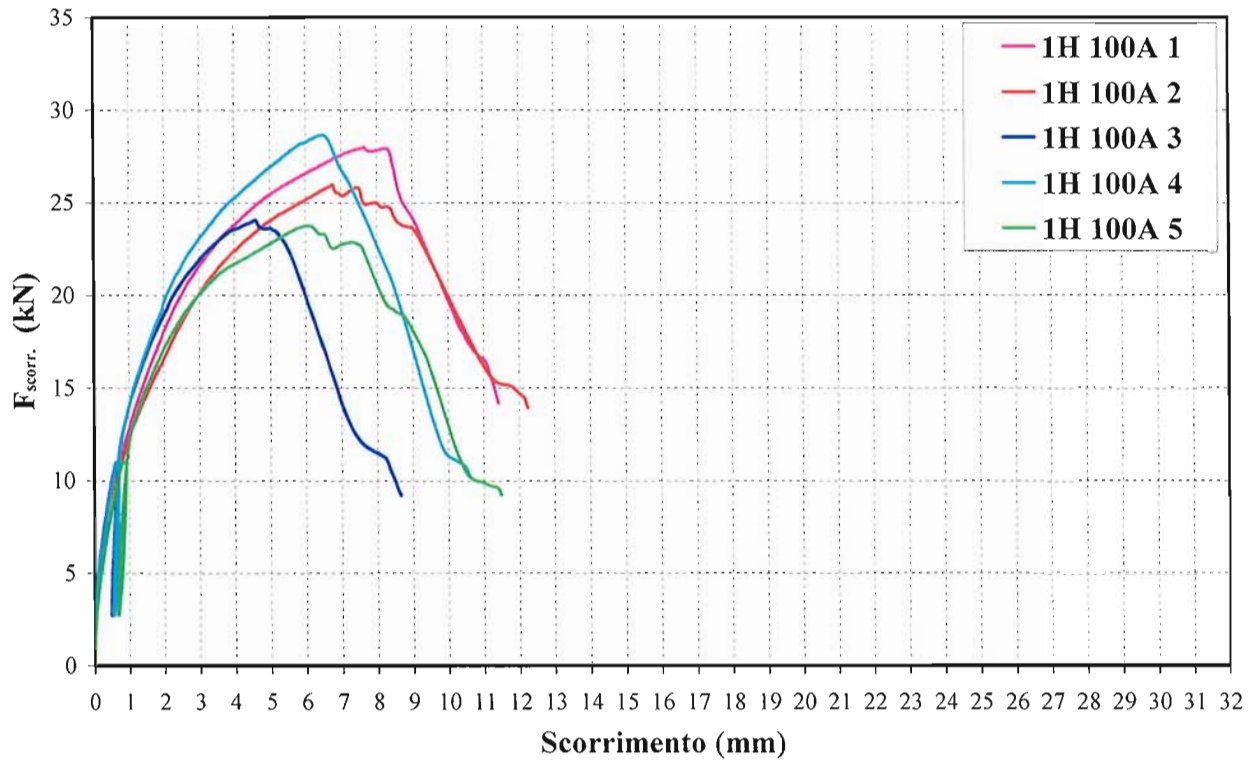


Figura 7 – Curve sperimentali Forza-scorrimento provini 1H 100A normalizzate rispetto al numero di connettori.



Figura 8 - Modalità di rottura di provini tipo 1H 100A.



4.2 CAMPIONI 1H 150A

Le prove sono state eseguite nei giorni 17-21-23 luglio 2009 con una temperatura dell'aria di 27°C ed un umidità relativa di circa il 65%.

A seguito delle due prove monotone si è assunto quale carico di collasso medio dei campioni il seguente valore:

$$F_{est} = 110,00 \text{ kN}$$

In Tabella 2 sono riportati i punti della curva carico-scorrimento relativi a variazioni del carico pari a 0,1 F_{est} considerando, ove presente, il ciclo di scarico e carico. Gli ultimi valori riportati nelle colonne della tabella (evidenziati in grassetto), corrispondono al carico massimo dei singoli campioni ed al relativo scorrimento.

Il grafico di Figura 9 riporta invece gli andamenti delle curve carico-scorrimento dei vari provini della stessa serie normalizzati rispetto al numero di connettori.

In Figura 10 sono riportate quattro immagini relative a due provini a prova ultimata. Dalle fotografie appare evidente la rottura per taglio della soletta di calcestruzzo rottura che coinvolge seppur in minima parte anche il connettore.

Tabella 2 – Curve sperimentali dei provini 1H 150A

1H 150A 1 Prova monotona		1H 150A 2 Prova monotona		1H 150A 3 UNI EN 26891/1991		1H 150A 4 UNI EN 26891/1991		1H 150A 5 UNI EN 26891/1991	
v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,04	11,00	0,05	11,00	0,03	11,00	0,04	11,00	0,04	11,00
0,18	22,00	0,15	22,00	0,11	22,00	0,18	22,00	0,16	22,00
0,46	33,00	0,31	33,00	0,34	33,00	0,43	33,00	0,38	33,00
0,84	44,00	0,50	44,00	0,61	44,00	0,76	44,00	0,66	44,00
1,38	55,00	1,01	55,00	0,70	44,00	0,86	44,00	0,74	44,00
2,07	66,00	1,68	66,00	0,68	33,00	0,83	33,00	0,72	33,00
3,00	77,00	2,57	77,00	0,64	22,00	0,76	22,00	0,67	22,00
4,37	88,00	4,13	88,00	0,57	11,00	0,66	11,00	0,58	11,00
6,41	99,00	6,97	99,00	0,55	11,00	0,64	11,00	0,57	11,00
8,75	110,00	8,45	104,36	0,58	22,00	0,68	22,00	0,60	22,00
9,97	113,68	-	-	0,64	33,00	0,76	33,00	0,67	33,00
-	-	-	-	0,71	44,00	0,87	44,00	0,76	44,00
-	-	-	-	0,97	55,00	1,21	55,00	1,03	55,00
-	-	-	-	1,45	66,00	1,77	66,00	1,55	66,00
-	-	-	-	2,06	77,00	2,44	77,00	2,28	77,00
-	-	-	-	2,85	88,00	3,40	88,00	3,30	88,00
-	-	-	-	4,02	99,00	4,99	99,00	4,95	99,00
-	-	-	-	5,82	110,00	8,38	109,84	7,07	110,00
-	-	-	-	7,75	121,00	-	-	9,58	121,00
-	-	-	-	9,14	128,16	-	-	11,79	128,56



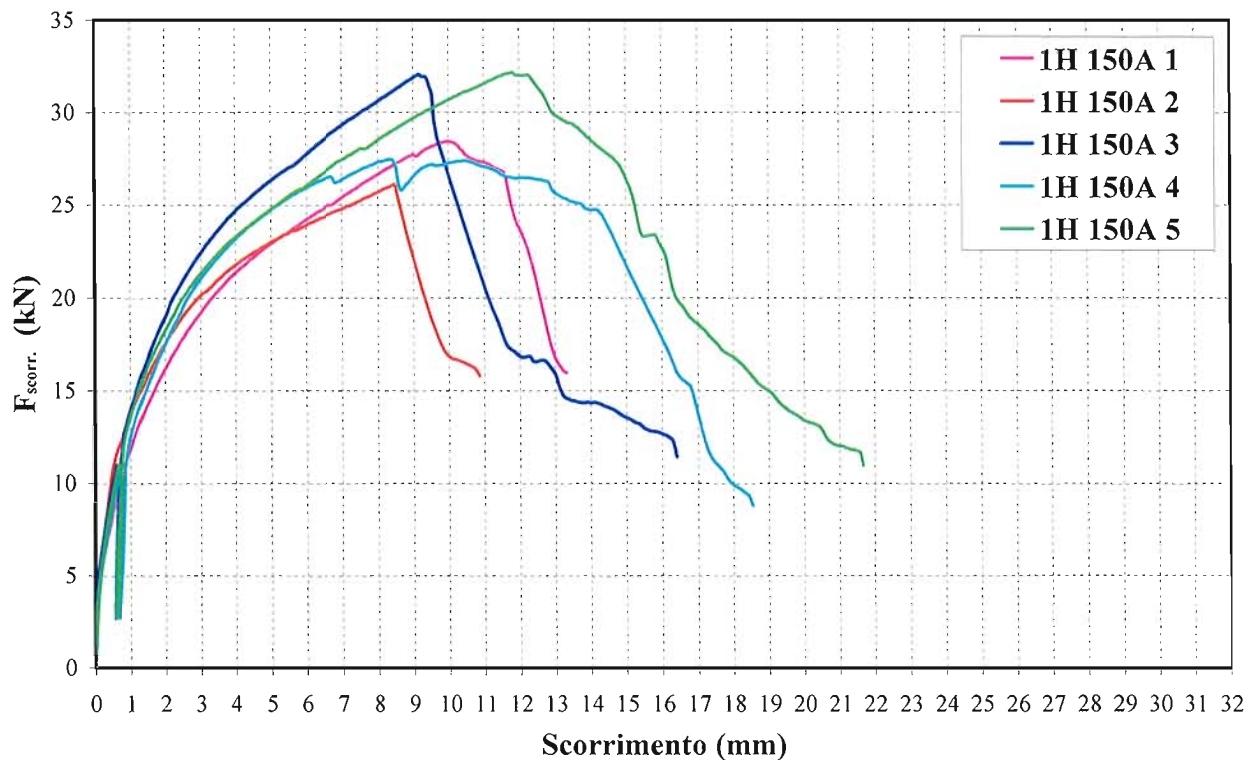


Figura 9 – Curve sperimentali Forza-scorrimento provini 1H 150A normalizzate rispetto al numero di connettori.

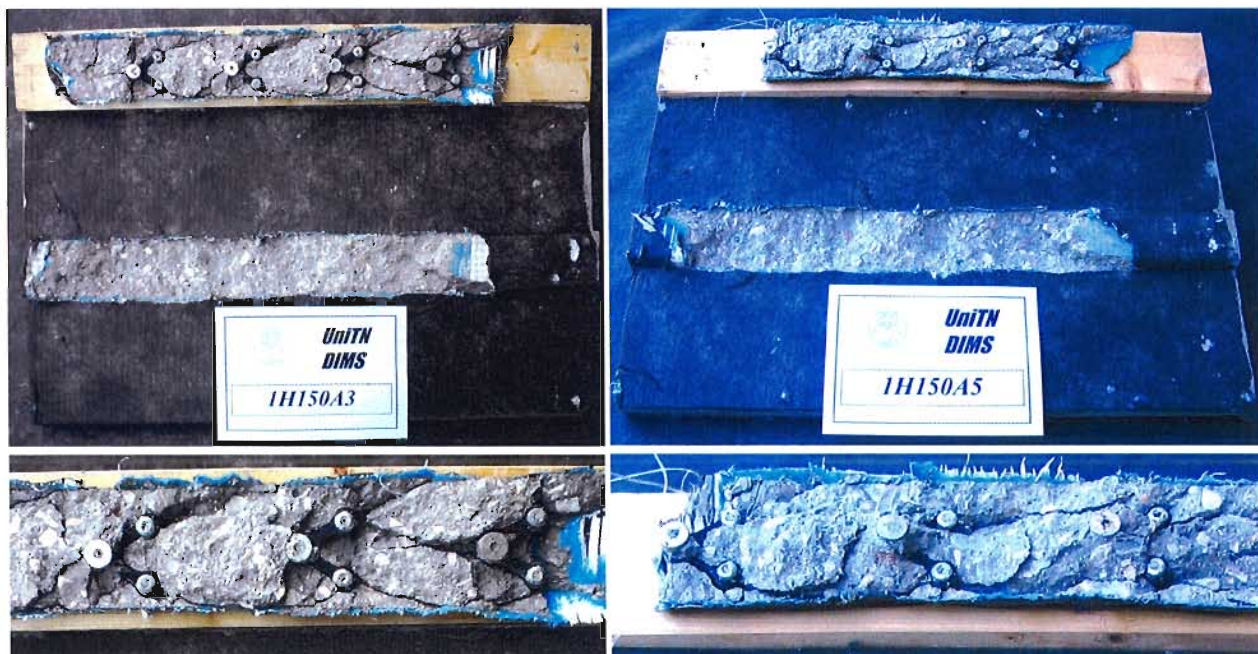


Figura 10 - Modalità di rottura di provini tipo 1H 150A.



4.3 CAMPIONI 1H 200A

Le prove sono state eseguite nei giorni 17-21-23 luglio 2009 con una temperatura dell'aria di 27°C ed un umidità relativa di circa il 65%.

A seguito delle due prove monotone si è assunto quale carico di collasso medio dei campioni il seguente valore:

$$F_{\text{est}} = 100,00 \text{ kN}$$

In Tabella 3 sono riportati i punti della curva carico-scorrimento relativi a variazioni del carico pari a 0,1 F_{est} considerando, ove presente, il ciclo di scarico e carico. Gli ultimi valori riportati nelle colonne della tabella (evidenziati in grassetto), corrispondono al carico massimo dei singoli campioni ed al relativo scorrimento.

Il grafico di Figura 11 riporta invece gli andamenti delle curve carico-scorrimento dei vari provini della stessa serie normalizzati rispetto al numero di connettori.

In Figura 12 sono riportate quattro immagini relative a due provini a prova ultimata. Per questa tipologia di campioni si è riscontrata principalmente la rottura del connettore, questa tipologia di collasso garantisce una rottura più duttile consentendo spostamenti maggiori a rottura del provino, comportamento visibile anche dai tre grafici delle Figure 7-9-11.

Tabella 3 – Curve sperimentali dei provini 1H 200A

1H 200A 1 Prova monotona		1H 200A 2 Prova monotona		1H 200A 3 UNI EN 26891/1991		1H 200A 4 UNI EN 26891/1991		1H 200A 5 UNI EN 26891/1991	
v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	10,00	0,03	10,00	0,05	10,00	0,05	10,00	0,06	10,00
0,15	20,00	0,15	20,00	0,24	20,00	0,19	20,00	0,25	20,00
0,32	30,00	0,39	30,00	0,56	30,00	0,46	30,00	0,56	30,00
0,70	40,00	0,71	40,00	1,02	40,00	0,82	40,00	1,01	40,00
1,31	50,00	1,11	50,00	1,19	40,00	0,94	40,00	1,18	40,00
2,13	60,00	1,66	60,00	1,16	30,00	0,91	30,00	1,15	30,00
3,35	70,00	2,46	70,00	1,10	20,00	0,85	20,00	1,09	20,00
5,25	80,00	3,92	80,00	0,99	10,00	0,73	10,00	0,97	10,00
8,31	90,00	6,32	90,00	0,96	10,00	0,70	10,00	0,94	10,00
16,56	98,76	8,73	95,28	1,01	20,00	0,75	20,00	0,99	20,00
-	-	-	-	1,09	30,00	0,84	30,00	1,08	30,00
-	-	-	-	1,21	40,00	0,96	40,00	1,20	40,00
-	-	-	-	1,68	50,00	1,34	50,00	1,65	50,00
-	-	-	-	2,59	60,00	2,07	60,00	2,47	60,00
-	-	-	-	4,47	70,00	3,09	70,00	3,59	70,00
-	-	-	-	7,59	80,00	4,94	80,00	5,52	80,00
-	-	-	-	11,37	90,00	9,72	88,60	10,83	85,00
-	-	-	-	16,31	100,00	-	-	-	-
-	-	-	-	17,85	101,48	-	-	-	-



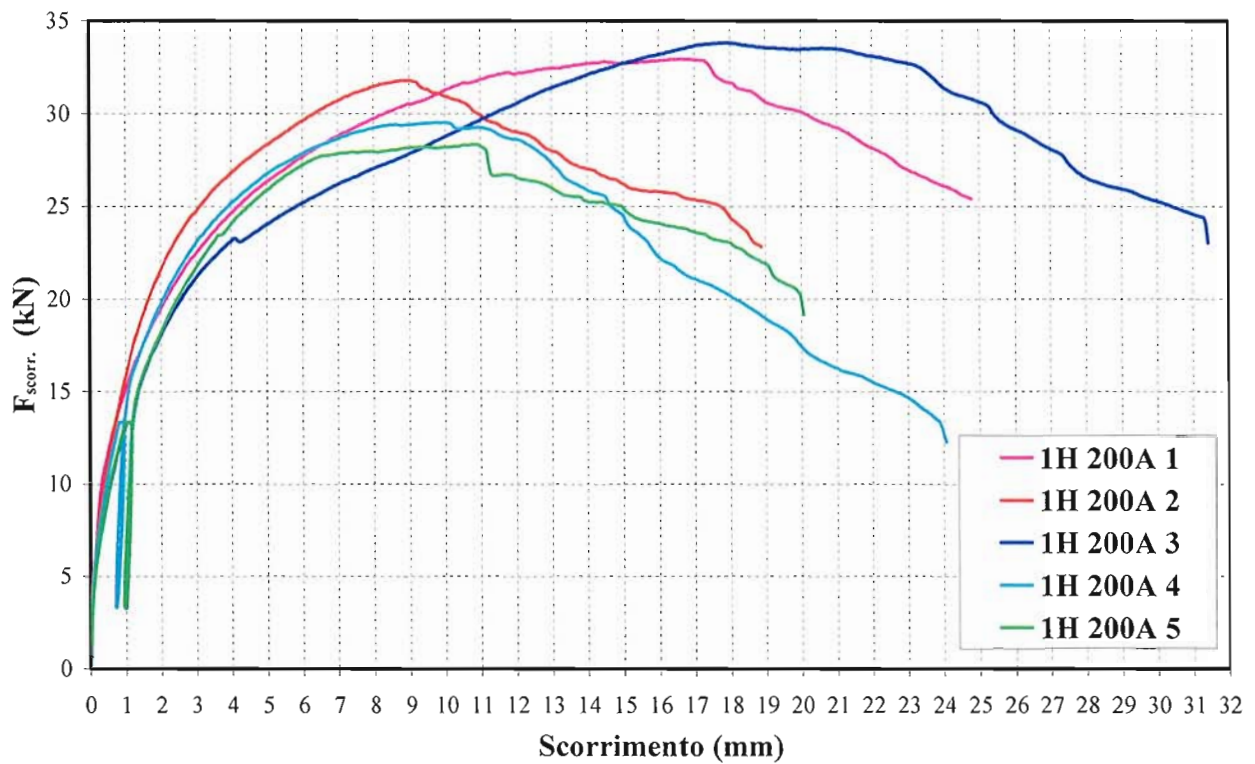


Figura 11 – Curve sperimentali Forza-scorrimento provini 1H 200A normalizzate rispetto al numero di connettori.

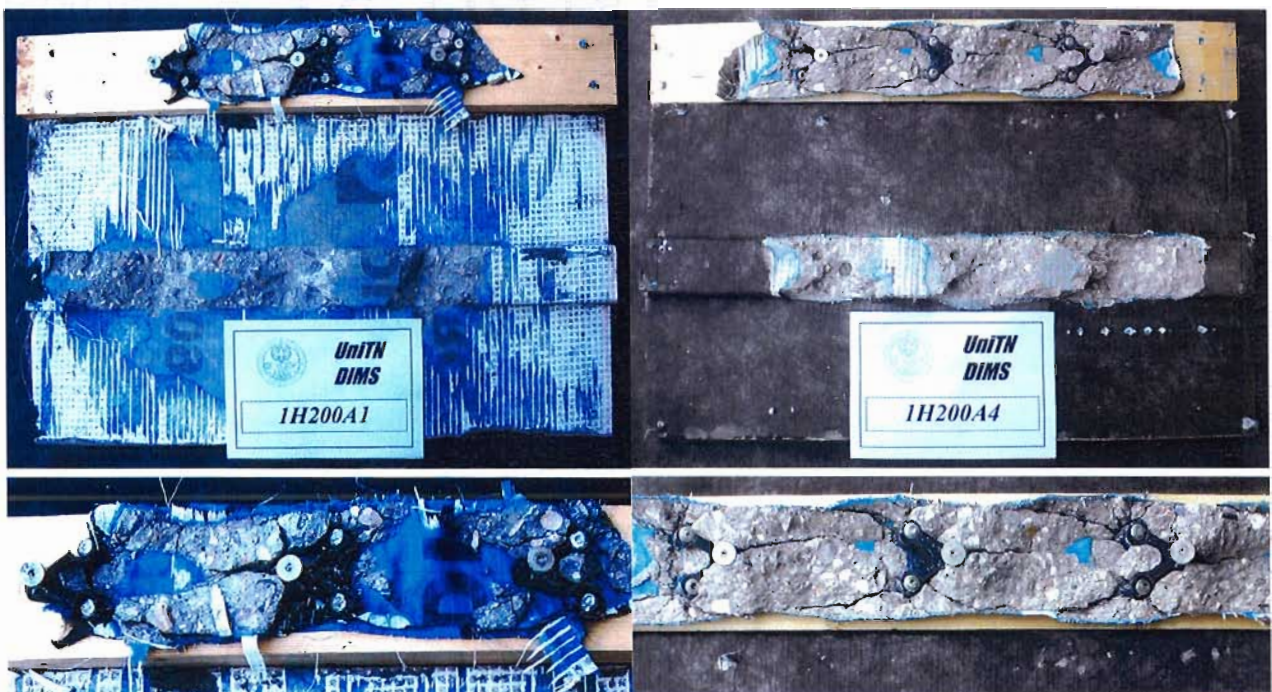


Figura 12 - Modalità di rottura di provini tipo 1H 200A.



4.4 CAMPIONI 1H 100S

Le prove sono state eseguite nei giorni 17-21 luglio 2009 con una temperatura dell'aria di 27°C ed un umidità relativa di circa il 65%.

A seguito delle due prove monotone si è assunto quale carico di collasso medio dei campioni il seguente valore:

$$F_{est} = 175,00 \text{ kN}$$

In Tabella 4 sono riportati i punti della curva carico-scorrimento relativi a variazioni del carico pari a 0,1 F_{est} considerando, ove presente, il ciclo di scarico e carico. Gli ultimi valori riportati nelle colonne della tabella (evidenziati in grassetto), corrispondono al carico massimo dei singoli campioni ed al relativo scorrimento.

Il grafico di Figura 13 riporta invece gli andamenti delle curve carico-scorrimento dei vari provini della stessa serie normalizzati rispetto al numero di connettori.

In Figura 14 sono riportate quattro immagini relative a due provini a prova ultimata. Per questa tipologia di campioni si è riscontrata la rottura parziale del connettore seguita dalla rottura a taglio del calcestruzzo, la posa sfalsata dei connettori fa sì che tale tipologia di campioni abbia un comportamento simili a quelli della serie 1H 150A.

Tabella 4 – Curve sperimentali dei provini 1H 100S

1H 100S 1 Prova monotona		1H 100S 2 Prova monotona		1H 100S 3 UNI EN 26891/1991		1H 100S 4 UNI EN 26891/1991		1H 100S 5 UNI EN 26891/1991	
v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)	v (mm)	F (kN)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	17,50	0,05	17,50	0,04	17,50	0,04	17,50	0,09	17,50
0,24	35,00	0,22	35,00	0,21	35,00	0,21	35,00	0,36	35,00
0,53	52,50	0,52	52,50	0,49	52,50	0,46	52,50	0,73	52,50
0,91	70,00	0,97	70,00	0,88	70,00	0,88	70,00	1,27	70,00
1,40	87,50	1,57	87,50	0,98	70,00	0,98	70,00	1,42	70,00
2,07	105,00	2,35	105,00	0,96	52,50	0,96	52,50	1,38	52,50
3,01	122,50	3,49	122,50	0,90	35,00	0,90	35,00	1,30	35,00
4,58	140,00	5,35	140,00	0,79	17,50	0,79	17,50	1,13	17,50
7,13	157,50	7,98	157,50	0,77	17,50	0,77	17,50	1,09	17,50
10,28	175,00	11,23	171,52	0,81	35,00	0,81	35,00	1,16	35,00
11,34	178,80	-	-	0,89	52,50	0,89	52,50	1,28	52,50
-	-	-	-	0,99	70,00	0,99	70,00	1,44	70,00
-	-	-	-	1,34	87,50	1,30	87,50	1,91	87,50
-	-	-	-	1,99	105,00	2,01	105,00	2,75	105,00
-	-	-	-	2,97	122,50	3,08	122,50	4,22	122,50
-	-	-	-	4,55	140,00	5,08	140,00	6,86	140,00
-	-	-	-	6,85	157,50	8,02	157,50	10,01	150,88
-	-	-	-	11,25	174,00	12,05	175,00	-	-
-	-	-	-	-	-	14,84	178,72	-	-



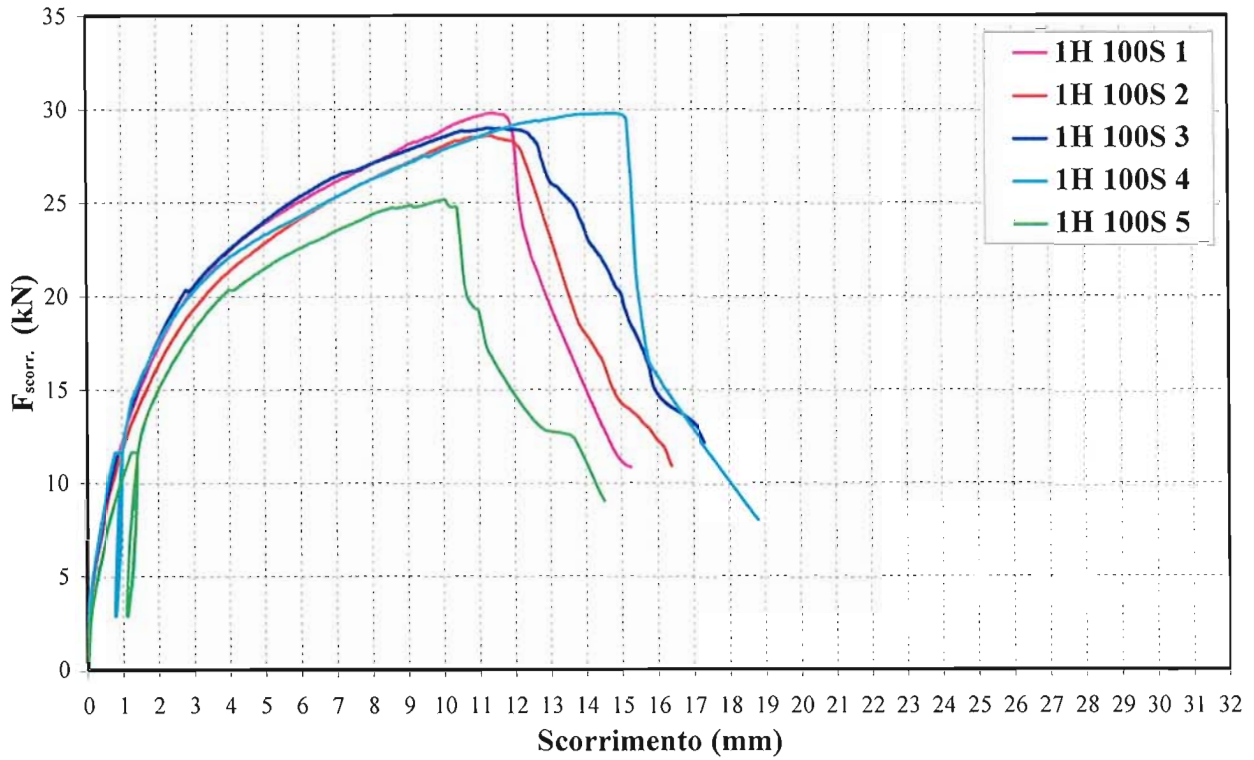


Figura 13 – Curve sperimentali Forza-scorrimento provini 1H 100S normalizzate rispetto al numero di connettori.



Figura 14 - Modalità di rottura di provini tipo 1-H-100S.



Il presente certificato è formato da 13 pagine.

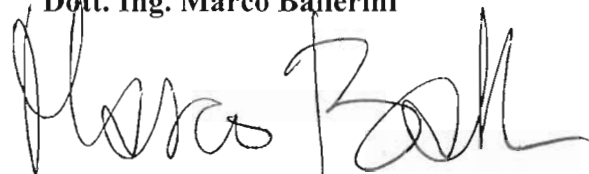
**IL TECNICO
ESECUTORE**

Ivan Brandolise



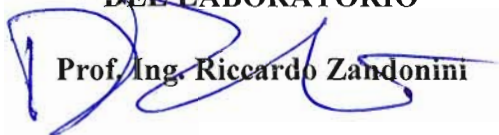
**IL RESPONSABILE
DELLA PROVA**

Dott. Ing. Marco Ballerini



**IL RESPONSABILE
DEL LABORATORIO**

Prof. Ing. Riccardo Zandonini



**IL DIRETTORE
DEL DIPARTIMENTO**

Prof. Ing. Luca Deseri

