

RAPPORTO DI PROVA N. 337242

Luogo e data di emissione: Bellaria-Igea Marina - Italia, 21/10/2016

Committente: SANDRINI METALLI S.p.A. - Via Palmiro Togliatti, 18/A - 24062 COSTA VOLPINO (BG)
- Italia

Data della richiesta della prova: 25/05/2016

Numero e data della commessa: 70094, 30/05/2016

Data del ricevimento del campione: 20/06/2016

Data dell'esecuzione della prova: dal 18/07/2016 al 14/09/2016

Oggetto della prova: carico su solaio in calcestruzzo con lamiera grecata secondo il D.M. 14/01/2008 e la norma UNI EN 1994-1-1:2005 e valutazione della resistenza a taglio longitudinale di progetto mediante il metodo dell'interazione parziale

Luogo della prova: Istituto Giordano S.p.A. - Blocco 7 - Via Verga, 6 - 47043 Gatteo (FC) - Italia

Provenienza del campione: campionato e fornito dal Committente

Identificazione del campione in accettazione: n. 2016/1327

Denominazione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è denominato "SAND100 cls".

Descrizione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è costituito da lamiera grecata zincata avente le dimensioni nominali riportate nella tabella seguente.

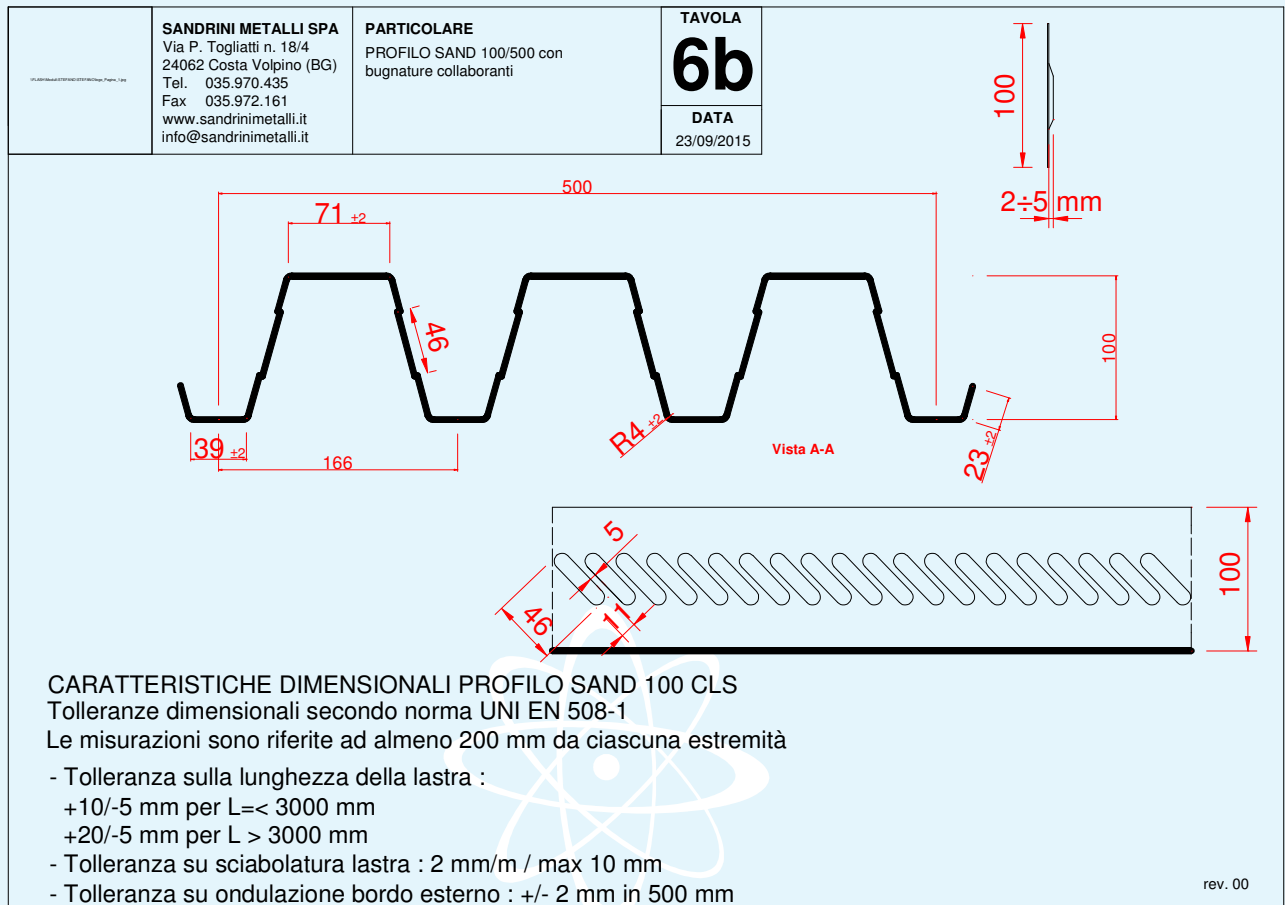
Larghezza	500 mm
Altezza	100 mm
Passo	166 mm
Spessore	0,7 mm

(*) secondo le dichiarazioni del Committente.

Comp. FM
Revis. MI

Il presente rapporto di prova è composto da n. 24 fogli.

Foglio
n. 1 di 24

**DISEGNO SCHEMATICO DEL CAMPIONE
FORNITO DAL COMMITTENTE**

Riferimenti normativi.

La prova è stata eseguita secondo le prescrizioni dei seguenti documenti:

- D.M. 14/01/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- norma UNI EN 1994-1-1:2005 del 01/03/2005 "Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici" con EC 1-2010 del 05/08/2010;
- norma UNI EN 1990:2006 del 13/04/2006 "Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale" con EC 1-2009 del 28/01/2009 ed EC 2-2010 del 07/10/2010.

Descrizione dei provini.

In data 18/07/2016 sono stati confezionati, a cura del personale tecnico dell'Istituto Giordano e secondo le indicazioni fornite dal Committente, n. 6 provini di solaio misto acciaio-calcestruzzo con getto di calcestruzzo armato con rete elettrosaldata, diametro 6 mm e maglia 200 mm x 200 mm, sopra alle lamiere grecate in esame.

Durante il getto si è provveduto ad inserire a $\frac{1}{4}$ e a $\frac{3}{4}$ della luce libera dei provini, induttori di fessurazione come prescritto all'appendice B del paragrafo B.3.3 punto 3 della norma UNI EN 1994-1-1:2005.

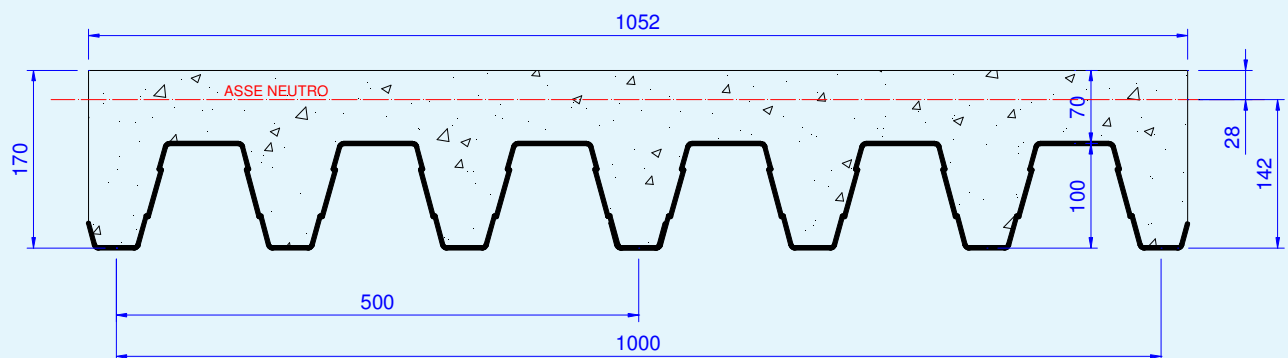
I suddetti provini hanno le seguenti caratteristiche dimensionali:

Lunghezza	5 m
Larghezza	1 m
Altezza complessiva	170 mm
Massa media	1368 kg

Per ogni provino sono state utilizzate due lamiere grecate unite mediante rivettatura in prossimità della sovrapposizione.

Nella medesima data, durante il confezionamento dei sei getti di calcestruzzo, sono stati prelevati anche n. 6 cubetti, sui quali sono state eseguite le prove di compressione per la determinazione della classe di resistenza al ventottesimo giorno di maturazione.

Per la caratterizzazione dell'acciaio, dopo le prove di carico, sono stati ricavati dalle lamiere grecate n. 6 provini da sottoporre a trazione.



Disegno schematico della sezione trasversale dei provini di solaio fornito dal Committente.



Fotografie del confezionamento dei provini di solaio.



Fotografia del confezionamento dei provini di solaio.

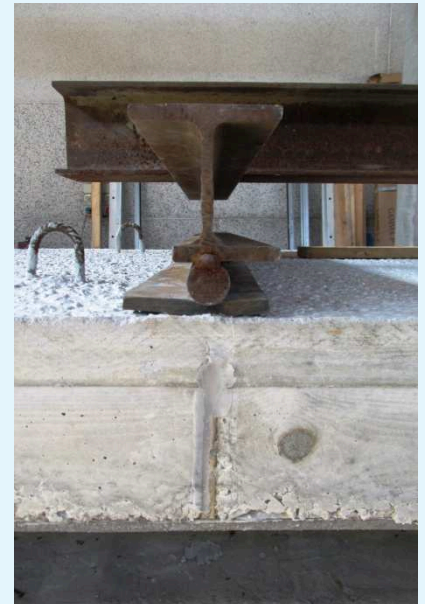
Apparecchiatura di prova.

Per l'esecuzione della prova è stata utilizzata la seguente apparecchiatura:

- portale realizzato con profili in acciaio e barre filettate "M30" e zavorrato con travi di calcestruzzo armato;
- n. 2 setti di appoggio in calcestruzzo armato;
- n. 2 travi in acciaio di distribuzione del carico con barre circolari di acciaio saldate longitudinalmente;
- trave in acciaio di ripartizione del carico;
- martinetto oleodinamico operante a compressione allacciato ad una pompa oleodinamica ed in grado di esercitare carichi fino a circa 200 kN;
- n. 4 cilindri pneumatici, diametro 80 mm;
- cella di carico modello "TC4200kN" della ditta AEP Transducers, portata 200 kN (codice di identificazione interna dell'apparecchiatura: SC351) munita di lettore digitale modello "DFI" della medesima ditta per la lettura del carico applicato (codice di identificazione interna dell'apparecchiatura: SC394);
- dinamometro digitale modello "DIN5" della ditta AEP Transducers, utilizzato per la misura del peso del provino di solaio o (codice di identificazione interna dell'apparecchiatura: RSF033);
- n. 6 trasduttori di spostamento centesimali di tipo potenziometrico per la misura delle deformazioni (codice di identificazione interna dell'apparecchiatura: SC206);
- manometro digitale modello "LAB DMM" della ditta AEP Transducers, campo di misura 0 ÷ 350 bar (codice di identificazione interna dell'apparecchiatura: SC352);
- centralina oleodinamica a due livelli di pressione, gestita da PLC contatticli.



Fotografia dell'allestimento di prova su un provino di solaio.



Fotografia di particolari di un provino di solaio: testata, appoggio e linea di carico.

Modalità della prova.

Il campione in esame è stato sottoposto alle seguenti prove:

- compressione su cubetto di calcestruzzo a 28 giorni dalla data del getto;
- trazione su provini ricavati dalle lamiere;
- carico sui provini di solaio;
- valutazione della resistenza a taglio longitudinale di progetto mediante il metodo dell'interazione parziale.

Carico sui provini di solaio.

I provini di solaio in esame sono stati sottoposti alle seguenti prove:

- provino di solaio n. 1: carico a rottura del solaio;
- provino di solaio n. 2: carichi ciclici + successiva prova di carico a rottura;
- provino di solaio n. 3: carichi ciclici + successiva prova di carico a rottura;
- provino di solaio n. 4: carichi ciclici + successiva prova di carico a rottura;
- provino di solaio n. 5: carichi ciclici + successiva prova di carico a rottura;
- provino di solaio n. 6: carichi ciclici + successiva prova di carico a rottura.

La prova è stata eseguita secondo le prescrizioni del paragrafo B.3.2 dell'appendice B della norma UNI EN 1994-1-1:2005.

Il provino di solaio è stato caricato per mezzo del martinetto oleodinamico predisposto per esercitare sul campione due carichi di uguale intensità ed uniformemente distribuiti lungo due linee trasversali in modo da creare una zona centrale a momento flettente costante.

In particolare il martinetto è stato posizionato al centro dei provini di solaio e, attraverso la trave di ripartizione, ha applicato il carico a $\frac{1}{4}$ e a $\frac{3}{4}$ della luce libera, su tutta la larghezza dei provini di solaio mediante le barre in acciaio poste in corrispondenza degli induttori di fessurazione.

Il provino di solaio in prova è stato semplicemente appoggiato su due setti in calcestruzzo armato; fra l'intradosso del provino di solaio ed il setto in calcestruzzo armato nelle zone di appoggio sono stati interposti uno strato di gomma ed elementi in acciaio che simulano una cerniera ed un appoggio semplice.

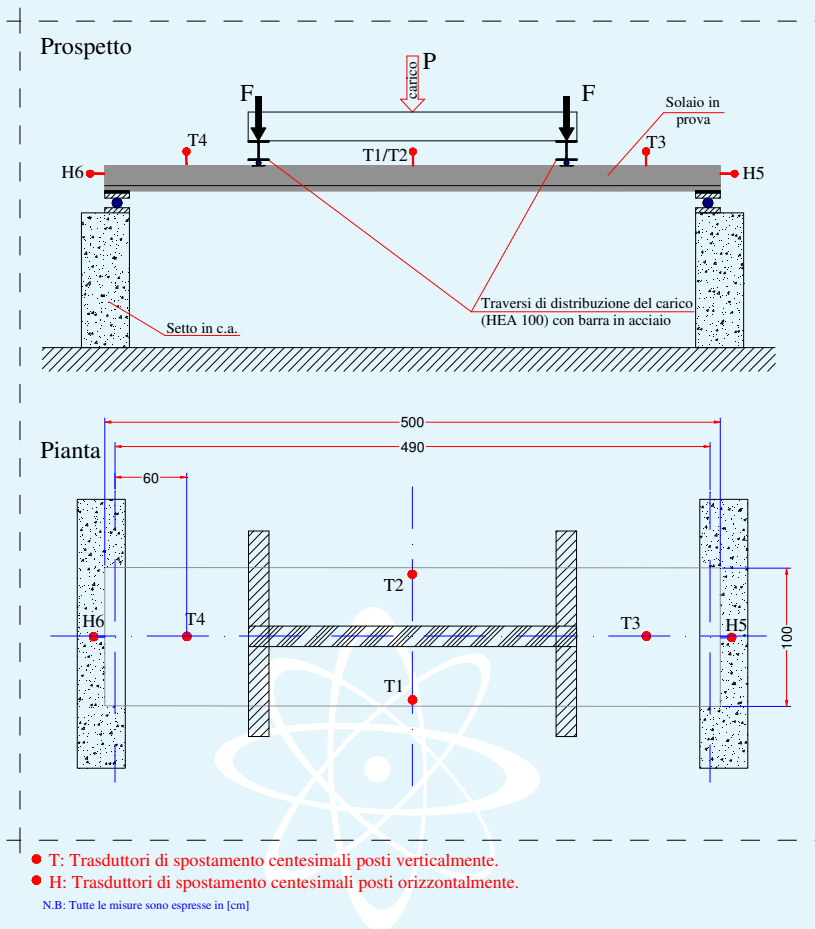
Nella prova del provino di solaio n. 1 la messa in carico del solaio è stata effettuata in fasi successive e per ciascuna fase si è atteso che le deformazioni si fossero stabilizzate; la prova è stata eseguita incrementando il carico a fasi fino alla rottura del solaio.

I restanti provini sono stati sottoposti prima a 5000 cicli di carico variabile fra 10,1 kN e 30,3 kN quindi alla prova di rottura con le modalità sopra descritte.

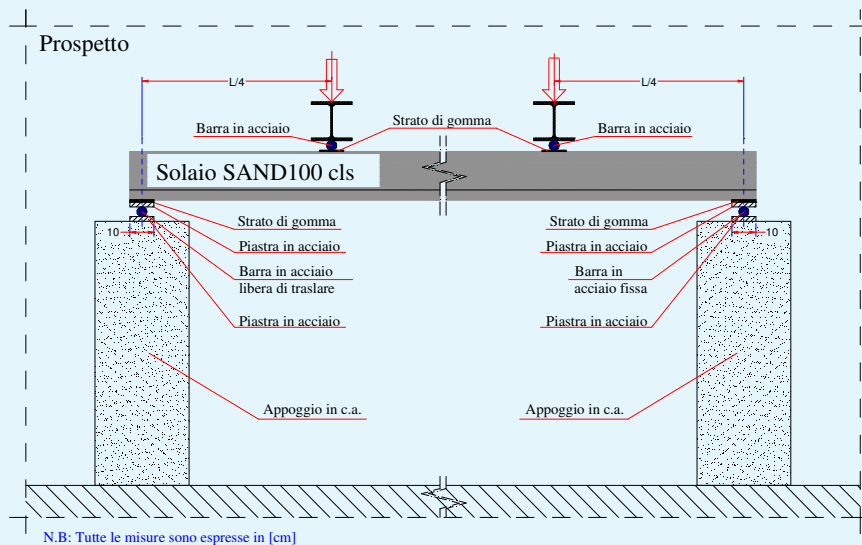
I carichi delle prove cicliche sono stati determinati, come specificato nel paragrafo B.3.4 dell'appendice B della norma UNI EN 1994-1-1:2005, a partire dal carico di rottura del provino di solaio n. 1, dal peso medio dei provini e delle strutture di applicazione dei carichi.

I quattro trasduttori centesimali di spostamento per la determinazione delle frecce di abbassamento, sono stati posizionati all'estradosso del provino di solaio mentre due trasduttori centesimali di spostamento per la determinazione dello scorrimento della lamiera grecata sono stati posizionati nelle testate del provino di solaio.

Nei fogli seguenti sono riportati i disegni schematici della disposizione del carico e degli strumenti di misura della deformazione.



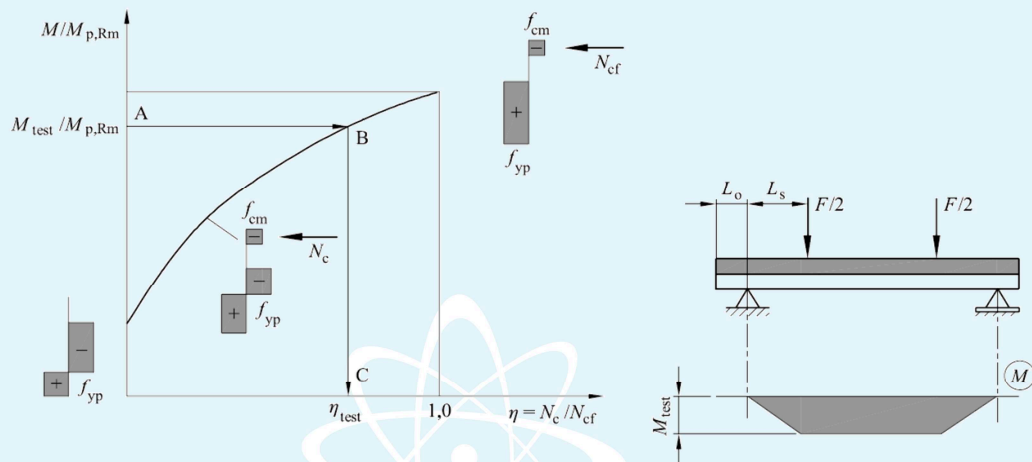
Disegno schematico della disposizione del carico e degli strumenti di misura sul provino di solaio con luce di 5,0 m.



Disegno schematico con la modalità di appoggio del provino di solaio.

Valutazione della resistenza a taglio longitudinale di progetto mediante il metodo dell'interazione parziale.

La verifica a scorrimento longitudinale è stata condotta in accordo al metodo dell'interazione parziale; per il calcolo della resistenza a taglio longitudinale di progetto " $\tau_{u,Rd}$ " è stato necessario determinare il dominio resistente "M - η ", in cui "M" rappresenta il momento nella soletta e " η " è il grado di interazione tra calcestruzzo e lamiera grecata.



Una volta determinato il dominio resistente, entrando nel grafico con il valore di momento ultimo raggiunto durante la prova sulla soletta si può determinare il grado di interazione " η ". Una volta ricavato questo valore è quindi possibile calcolare la resistenza a taglio ultima per ogni prova, applicando la formula:

$$\tau_u = \frac{\eta \cdot N_{cf}}{b \cdot (L_s + L_o)}$$

Tali valori, permettono di calcolare la resistenza caratteristica a taglio longitudinale " $\tau_{u,Rk}$ ", utilizzando un modello statistico appropriato in conformità all'appendice D della norma UNI EN 1990:2006.

La resistenza a taglio di progetto " $\tau_{u,Rd}$ " si ottiene dividendo la resistenza a taglio caratteristica " $\tau_{u,Rk}$ " per il coefficiente parziale di sicurezza " γ_{vs} ".

Per la definizione dei simboli si consultino i paragrafi relativi contenuti nelle norme di riferimento.

Risultati della prova.

Compressione su cubetto di calcestruzzo a 28 giorni dalla data del getto.

Data del getto	18/07/2016
Lato del cubetto	150 ± 0,1 mm

Cubetto	Peso	Area	Resistenza totale	Resistenza unitaria	Tipo di rottura*
[n.]	[g]	[mm ²]	[kN]	[MPa]	
1	7562	22350	812	36,3	A
2	7587	22350	822	36,8	A
3	7622	22500	842	37,4	A
4	7558	22350	824	36,9	A
5	7635	22500	835	37,1	A
6	7572	22350	828	37,0	A

(*) Legenda: A = bipyramidale, B = piramidale, C = obliqua, D = d'angolo, E = altro.

Trazione su provini ricavati dalle lamiere.

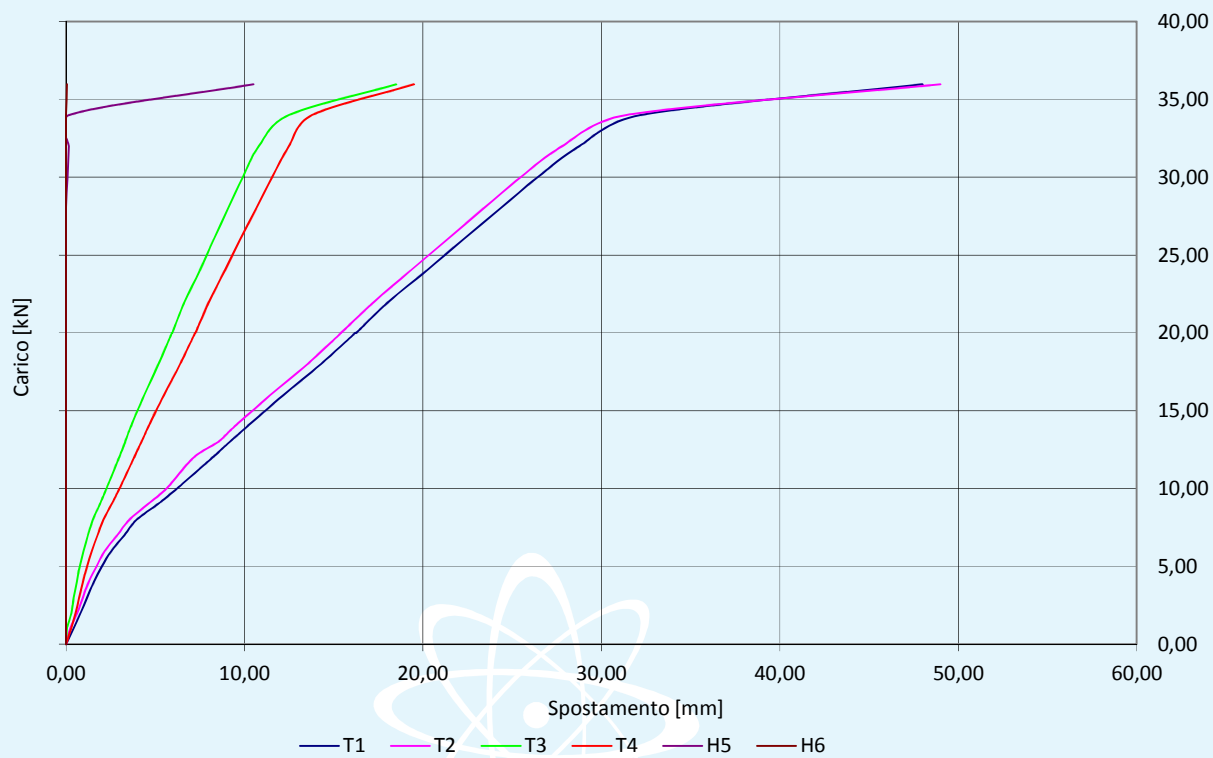
Provino	Dimensioni	Area	Tensione di snervamento	Tensione di rottura	Allungamento
[n.]	[mm × mm]	[mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
1	0,67 × 20,10	13,47	323,2	393,5	21,5
2	0,68 × 20,11	13,67	328,3	393,2	22,0
3	0,68 × 20,08	13,65	320,6	383,2	21,0
4	0,69 × 20,12	13,88	328,5	390,1	20,0
5	0,68 × 20,10	13,67	320,9	389,2	22,5
6	0,69 × 20,04	13,83	324,4	385,1	23,0

Carico sui provini di solaio.**Carico a rottura del provino di solaio n. 1.**

Data di esecuzione della prova					06/09/2016		
Carico applicato P* [kN]	Spostamento				Scorrimento		Fenomeni registrati
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	T4 [mm]	H5 [mm]	H6 [mm]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	//
1,00	0,41	0,23	0,05	0,28	0,00	0,00	//
2,00	0,81	0,62	0,29	0,53	0,00	0,00	//
3,00	1,17	0,94	0,43	0,73	0,00	0,00	//
4,00	1,55	1,26	0,60	0,94	0,00	0,00	//
5,00	2,00	1,70	0,76	1,17	0,00	0,00	//
6,00	2,54	2,17	0,98	1,44	0,00	0,00	//
7,00	3,26	2,86	1,22	1,76	0,00	0,00	//
8,00	3,95	3,55	1,50	2,09	0,00	0,00	//
9,00	5,14	4,58	1,89	2,55	0,00	0,00	//
10,00	6,21	5,62	2,26	2,99	0,00	0,00	//
12,00	8,21	7,15	2,97	3,81	0,00	0,00	//
13,00	9,17	8,52	3,31	4,22	0,00	0,00	//
14,00	10,16	9,45	3,63	4,62	0,00	0,00	//
16,00	12,17	11,44	4,38	5,48	0,00	0,00	//
18,00	14,28	13,53	5,18	6,39	0,00	0,00	//
20,00	16,21	15,41	5,93	7,23	0,00	0,00	//
20,00	16,26	15,41	5,95	7,25	0,00	0,00	//
22,00	18,07	17,26	6,64	8,01	0,00	0,00	//
24,00	20,20	19,30	7,49	8,89	0,00	0,00	//
26,00	22,25	21,35	8,27	9,75	0,00	0,00	//
28,00	24,34	23,40	9,08	10,65	0,00	0,00	//
30,00	26,42	25,47	9,90	11,54	0,08	0,00	inizio scorrimento
32,00	28,77	27,81	10,80	12,49	0,15	0,00	//
34,00	32,20	31,40	12,50	13,80	0,18	0,00	//
35,96	48,00	49,00	18,50	19,50	10,50	0,05	carico massimo raggiunto

(*) Carico applicato col solo martinetto oleodinamico.

DIAGRAMMA CARICO/SPOSTAMENTO



Fotografia della rottura del provino di solaio dopo il collasso.



Fotografia del trasduttore laterale per la lettura dello scorrimento.

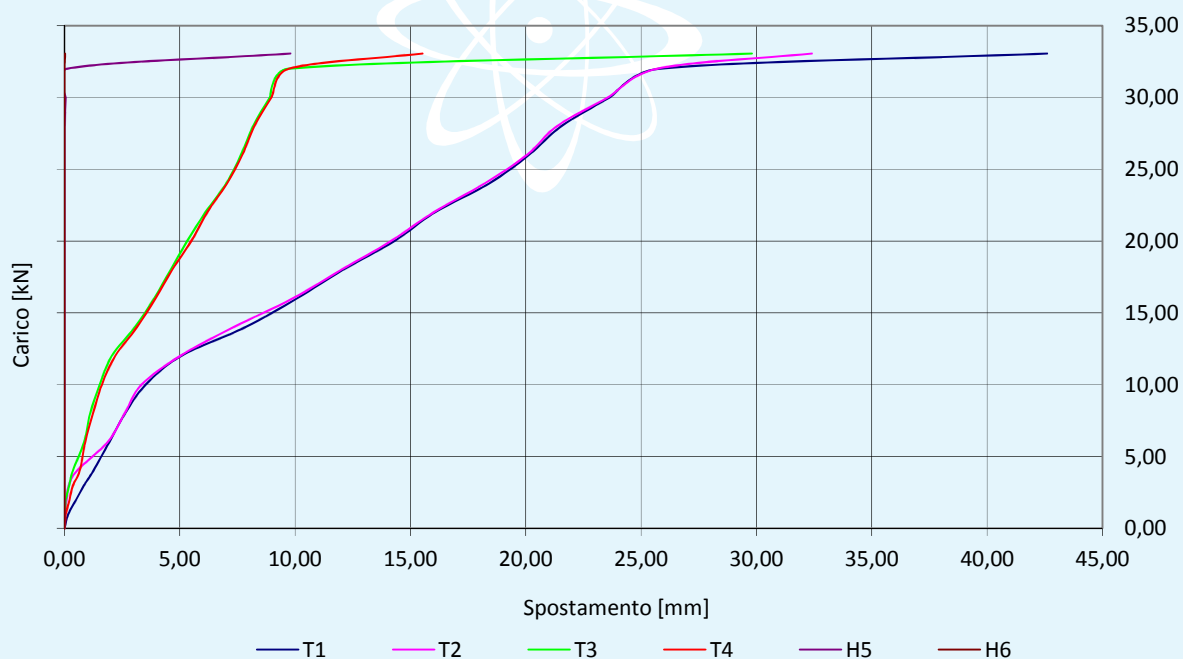
Carico a rottura del provino di solaio n. 2.

Data di esecuzione della prova					07/09/2016		
Carico applicato P* [kN]	Spostamento				Scorrimento		Fenomeni registrati
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	T4 [mm]	H5 [mm]	H6 [mm]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	//
1,00	0,17	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	//
2,00	0,51	0,10	0,06	0,22	0,00	0,00	//
3,00	0,85	0,19	0,21	0,37	0,00	0,00	//
4,00	1,25	0,53	0,36	0,66	0,00	0,00	//
6,00	1,94	1,87	0,85	0,90	0,00	0,00	//
8,00	2,63	2,61	1,11	1,24	0,00	0,00	//
10,00	3,52	3,34	1,53	1,62	0,00	0,00	//
12,00	5,06	5,01	2,05	2,20	0,00	0,00	//
14,00	7,83	7,32	3,05	3,14	0,00	0,00	//
16,00	10,07	9,89	3,89	3,94	0,00	0,00	//
18,00	12,08	12,00	4,60	4,67	0,00	0,00	//
20,00	14,30	14,15	5,32	5,50	0,00	0,00	//

Carico applicato P* [kN]	Spostamento				Scorrimento		Fenomeni registrati
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	T4 [mm]	H5 [mm]	H6 [mm]	
22,00	16,06	16,00	6,11	6,19	0,00	0,00	//
24,00	18,40	18,20	7,01	7,04	0,00	0,00	//
26,00	20,14	20,05	7,65	7,71	0,00	0,00	//
28,00	21,54	21,35	8,18	8,23	0,00	0,00	//
30,00	23,63	23,55	8,90	8,97	0,05	0,00	inizio scorrimento
32,00	25,77	25,70	9,70	9,74	0,12	0,00	//
33,06	42,60	32,40	29,80	15,52	9,79	0,03	carico massimo raggiunto

(*) Carico applicato col solo martinetto oleodinamico.

DIAGRAMMA CARICO/SPOSTAMENTO





Fotografia della rottura del provino di solaio dopo il momento del collasso.



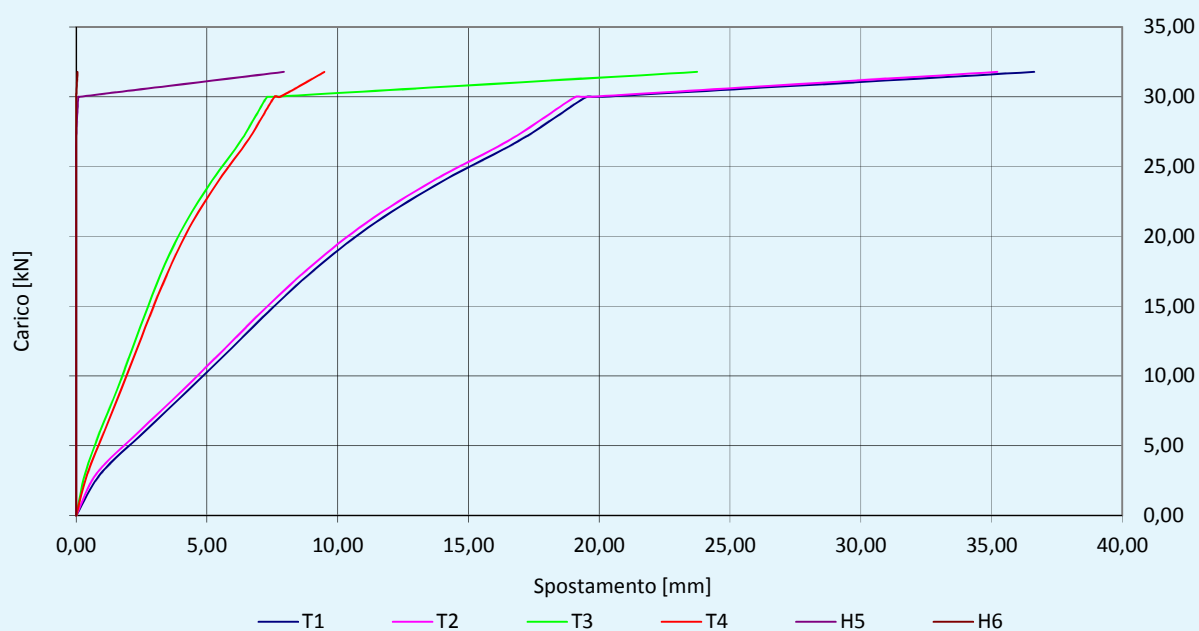
Fotografia del trasduttore laterale per la lettura dello scorrimento.

Carico a rottura del provino di solaio n. 3.

Data di esecuzione della prova	08/09/2016
---------------------------------------	------------

Carico applicato P* [kN]	Spostamento				Scorrimento		Fenomeni registrati
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	T4 [mm]	H5 [mm]	H6 [mm]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	//
3,00	0,94	0,78	0,34	0,43	0,00	0,00	//
6,00	2,61	2,40	0,91	1,07	0,00	0,00	//
9,00	4,30	4,09	1,56	1,71	0,00	0,00	//
12,00	5,95	5,70	2,15	2,34	0,00	0,00	//
15,00	7,58	7,32	2,75	2,96	0,00	0,00	//
18,00	9,35	9,07	3,39	3,64	0,00	0,00	//
21,00	11,45	11,11	4,19	4,44	0,00	0,00	//
24,00	14,05	13,66	5,20	5,45	0,00	0,00	//
27,00	17,07	16,66	6,35	6,61	0,00	0,00	//
30,00	19,52	19,10	7,30	7,58	0,08	0,00	inizio scorrimento
30,00	20,13	19,66	7,56	7,80	0,12	0,00	//
31,78	36,63	35,22	23,74	9,49	7,94	0,05	carico massimo raggiunto

(*) Carico applicato col solo martinetto oleodinamico.

DIAGRAMMA CARICO/SPOSTAMENTO



Fotografia del provino di solaio dopo il collasso.

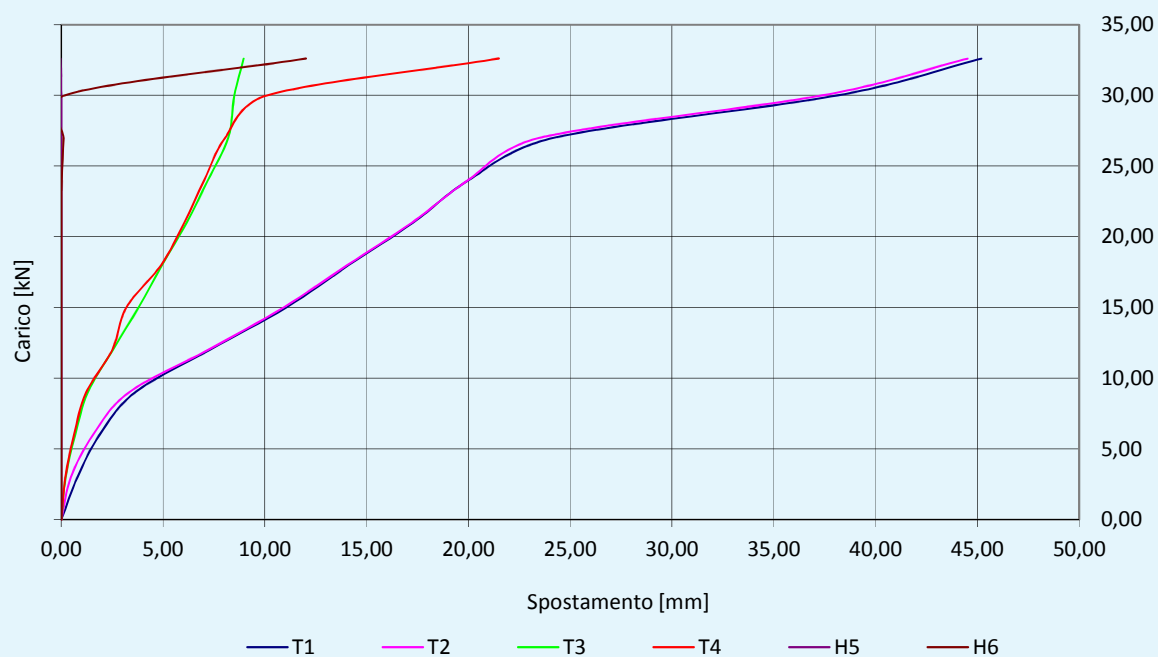


Fotografia del trasduttore laterale per la lettura dello scorrimento.

Carico a rottura del provino di solaio n. 4.

Data di esecuzione della prova					09/09/2016		
Carico applicato P* [kN]	Spostamento				Scorrimento		Fenomeni registrati
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	T4 [mm]	H5 [mm]	H6 [mm]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	//
3,00	0,79	0,47	0,21	0,20	0,00	0,00	//
6,00	1,88	1,56	0,68	0,62	0,00	0,00	//
9,00	3,62	3,32	1,30	1,22	0,00	0,00	//
12,00	7,28	7,20	2,53	2,50	0,00	0,00	//
15,00	11,05	10,91	3,79	3,19	0,00	0,00	//
18,00	14,12	14,05	4,95	4,90	0,00	0,00	//
21,00	17,28	17,22	6,16	6,04	0,00	0,00	//
24,00	20,01	19,98	7,20	7,02	0,00	0,02	inizio scorrimento
27,00	24,20	23,50	8,20	8,05	0,00	0,11	//
30,00	38,15	37,40	8,50	10,10	0,00	0,16	//
32,60	45,20	44,52	8,96	21,50	-0,04	12,02	carico massimo raggiunto

(*) Carico applicato col solo martinetto oleodinamico.

DIAGRAMMA CARICO/SPOSTAMENTO



Fotografia del provino di solaio dopo il collasso.

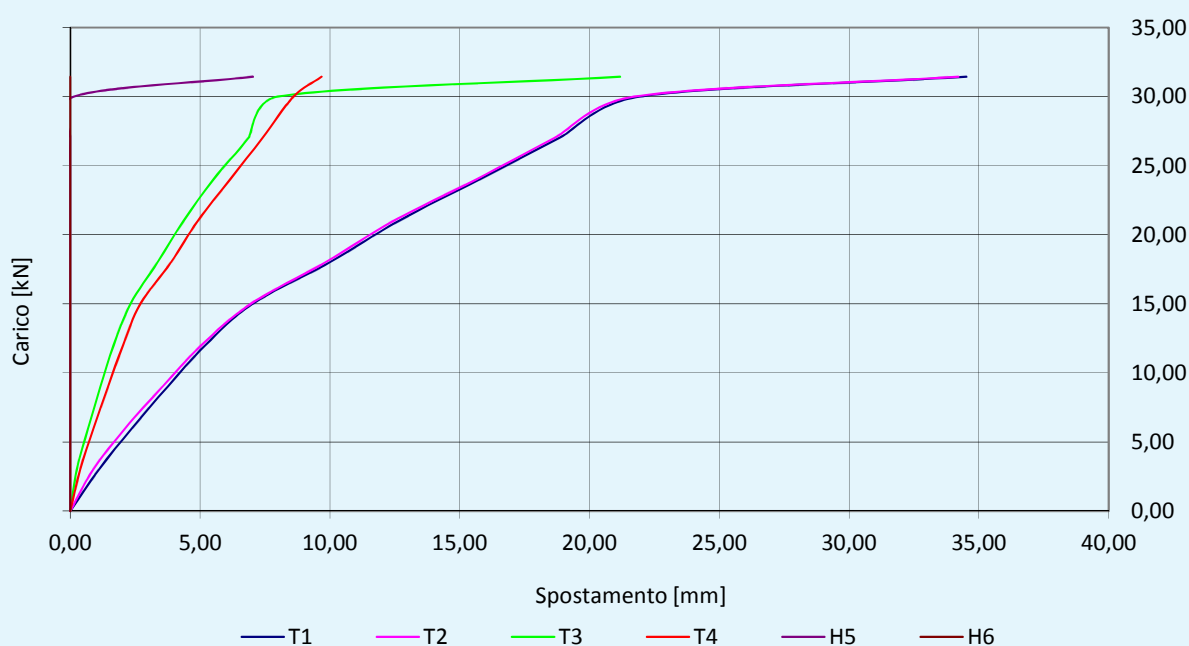


Fotografia del trasduttore laterale per la lettura dello scorrimento dopo il collasso.

Carico a rottura del provino di solaio n. 4.

Data di esecuzione della prova					12/09/2016		
Carico applicato P* [kN]	Spostamento				Scorrimento		Fenomeni registrati
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	T4 [mm]	H5 [mm]	H6 [mm]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	//
3,00	1,10	0,88	0,25	0,38	0,00	0,00	//
6,00	2,38	2,12	0,69	0,90	0,00	0,00	//
9,00	3,75	3,55	1,16	1,45	0,00	0,00	//
12,00	5,20	5,05	1,67	2,03	0,00	0,00	//
15,00	7,02	6,95	2,32	2,70	0,00	0,00	//
18,00	9,99	9,82	3,36	3,88	0,00	0,00	//
21,00	12,65	12,45	4,36	4,91	0,00	0,00	//
24,00	15,75	15,62	5,51	6,15	0,00	0,00	//
27,00	18,83	18,64	6,86	7,40	0,00	0,00	//
30,00	21,93	21,72	7,99	8,60	0,13	0,00	inizio scorrimento
31,44	34,52	34,21	21,18	9,68	7,04	0,00	carico massimo raggiunto

(*) Carico applicato col solo martinetto oleodinamico.

DIAGRAMMA CARICO/SPOSTAMENTO



Fotografia del provino di solaio dopo il collasso.

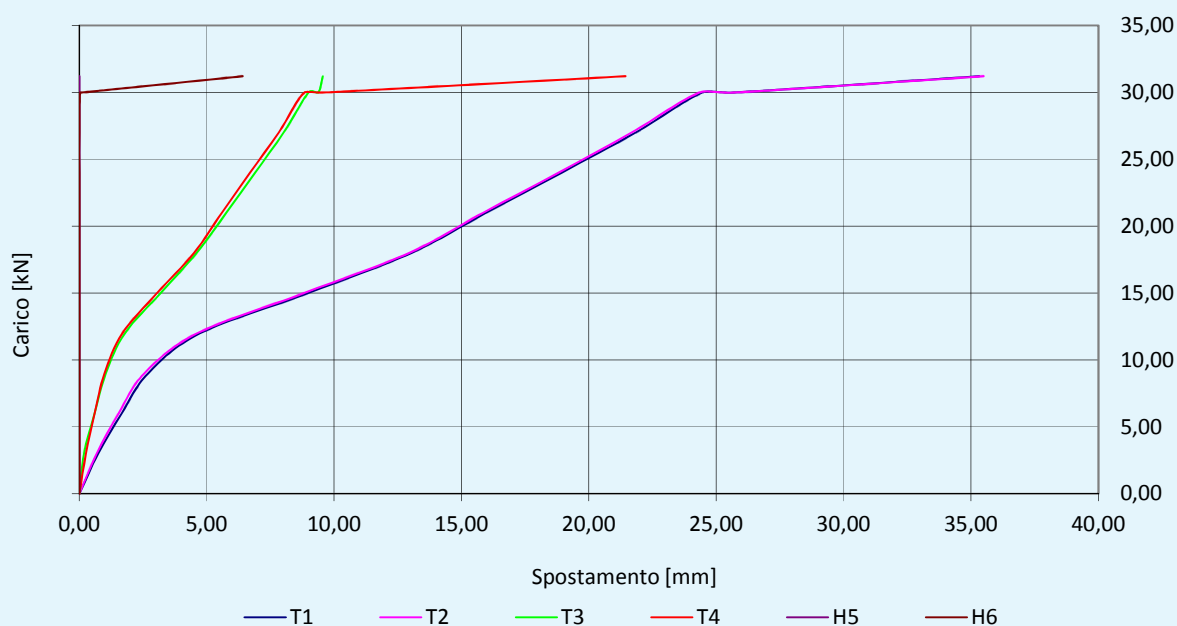


Fotografia del trasduttore laterale per la lettura dello scorrimento dopo il collasso.

Carico a rottura del solaio n. 6.

Data di esecuzione della prova					14/09/2016		
Carico applicato P* [kN]	Spostamento				Scorrimento		Fenomeni registrati
	T1 [mm]	T2 [mm]	T3 [mm]	T4 [mm]	H5 [mm]	H6 [mm]	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	//
3,00	0,74	0,68	0,18	0,26	0,00	0,00	//
6,00	1,66	1,54	0,60	0,60	0,00	0,00	//
9,00	2,70	2,55	1,04	0,99	0,00	0,00	//
12,00	4,74	4,63	1,79	1,69	0,00	0,00	//
15,00	8,98	8,82	3,19	3,05	0,00	0,00	//
18,00	13,03	12,94	4,60	4,50	0,00	0,00	//
21,00	15,96	15,84	5,77	5,59	0,00	0,00	//
24,00	18,93	18,81	6,90	6,70	0,00	0,00	//
27,00	21,84	21,68	8,02	7,83	0,00	0,00	//
30,00	24,46	24,35	9,00	8,84	0,00	0,03	inizio scorrimento
30,00	25,81	25,82	9,38	9,70	0,00	0,14	//
31,21	35,33	35,50	9,56	21,44	0,00	6,41	carico massimo raggiunto

(*) Carico applicato col solo martinetto oleodinamico.

DIAGRAMMA CARICO/SPOSTAMENTO



Fotografia del provino di solaio dopo il collasso.



Fotografia del particolare del distacco di lamiera del campione dopo il collasso.

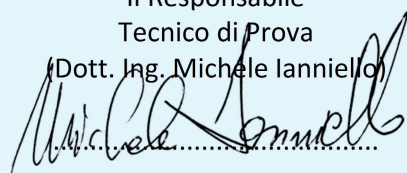
Valutazione della resistenza a taglio longitudinale di progetto mediante il metodo dell'interazione parziale.

Caratteristiche geometriche e dati sui materiali	
Grandezza	Valore
A_i	250 mm ²
n	n. 6
$A_{p\ tot}$	1500 mm ²
b	1000 mm
h_t	170 mm
h_{lam}	100 mm
h_c	70 mm
W_{el}	6246 mm ³
$W_{el\ tot}$	37480 mm ³
Peso medio dei solai in prova	13420 N
Peso delle attrezzature di carico	1226 N
f_{cm}	36,9 N/mm ²
f_{ym}	324,3 N/mm ²

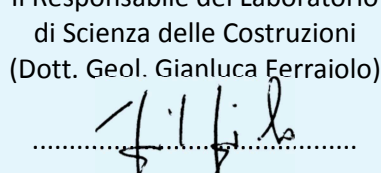
Soletta [n.]	Carico	Luce libera [m]	Momento ultimo [kNm]	η	τ_u [N/mm ²]	Media [N/mm ²]
1	carico monotono	4,90	31,00	0,40	0,153	0,132
2	carichi ciclici + monotono	4,90	29,22	0,36	0,137	
3	carichi ciclici + monotono	4,90	28,44	0,33	0,126	
4	carichi ciclici + monotono	4,90	28,94	0,34	0,130	
5	carichi ciclici + monotono	4,90	28,23	0,33	0,126	
6	carichi ciclici + monotono	4,90	28,09	0,32	0,122	

coefficiente parziale di sicurezza "γ_{vs}"	1,25
resistenza caratteristica a taglio longitudinale "$\tau_{u,Rk}$"	0,1124 N/mm²
resistenza a taglio di progetto "$\tau_{u,Rd}$"	0,0899 N/mm²

Il Responsabile
Tecnico di Prova
(Dott. Ing. Michele Ianniello)



Il Responsabile del Laboratorio
di Scienza delle Costruzioni
(Dott. Geol. Gianluca Ferraiolo)



L'Amministratore Delegato
(Dott. Arch. Sara Lorenza Giordano)

