

4.2 Prove di carico e connessione

PROVE DI FLESSIONE E PUSH-OUT

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRENTO
FACOLTA' DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA E STRUTTURALE



Il "Solaio Compound[®]", brevettato e prodotto da Coperlegno srl, è un solaio legno-calcestruzzo composto da:

- Travetti Compound[®] in legno lamellare di Abete rosso certificato a norme DIN, dotati di una particolare fresatura con **pioli centrali**.
- Malta a stabilità volumetrica.
- Traliccio in acciaio elettrosaldato di tipo **Bausta**.
- Elementi di interposizione.
- Soletta in c.a., che costituisce il necessario **diaframma rigido**, garantendo il collegamento con le strutture verticali e la rigidità infinita nel proprio piano.

Dall'analisi della deformata si possono trarre le seguenti osservazioni:

- le deformazioni del legno sono molto maggiori rispetto a quelle del conglomerato;
- le deformazioni predominanti del legno sono quelle longitudinali;
- si nota lo schiacciamento della parte anteriore del dente di legno;
- la parte posteriore del dente di legno interno al campione rimane pressochè indeformata, mentre quella del dente di estremità mostra una deformazione a taglio più pronunciata.

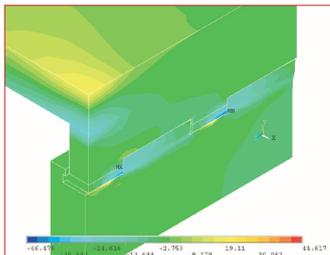


Figura 1.12: tensione di compressione parallela dell'intero modello passo 150.

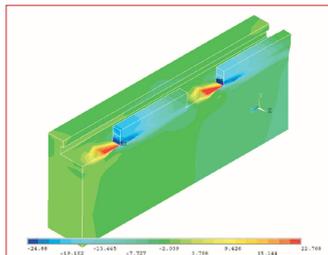


Figura 1.13: tensione di compressione parallela nel legno modello passo 150.

Si riportano ora le immagini che mostrano la distribuzione delle tensioni ottenute dalla soluzione del programma Ansys 9.0. In particolare vengono mostrate le distribuzioni di compressione parallela alle fibre.

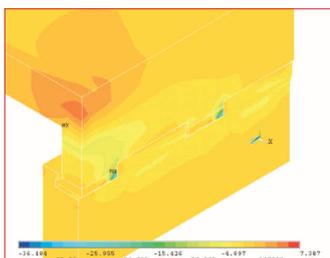


Figura 1.15: tensione tangenziale nell'intero modello passo 150.

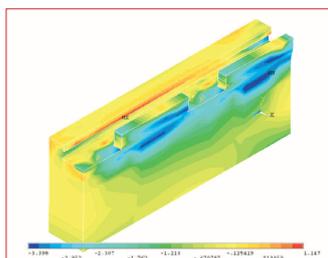


Figura 1.16: tensione tangenziale nel legno del modello passo 150.

Prescrizioni normative

Il documento Nicole prescrive, in presenza di elemento ligneo monodimensionale composto da più elementi accostati e tra loro connessi con mezzi di unione di tipo meccanico, di effettuare le verifiche sull'elemento composto tenendo in considerazione gli scorrimenti nelle unioni, utilizzando relazioni lineari tra sforzo e scorrimento. Nel caso di utilizzo del legno accoppiato anche a materiali differenti tramite connessioni, la verifica dell'elemento composto deve essere effettuata secondo i metodi della scienza delle costruzioni.

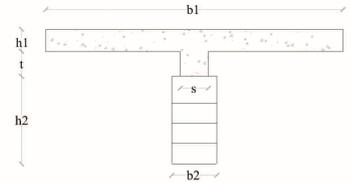


Figura 1.2: dimensioni geometriche del Solaio Compound.

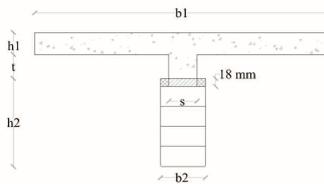


Figura 1.3: sezione resistente del Solaio Compound.

Nel caso di unioni legno-calcestruzzo in travi composte, il documento Nicole prescrive che la capacità portante e la rigidità dell'unione debbano essere determinati per via sperimentale, ad eccezione dei seguenti casi:

- mezzi di unione a gambo cilindrico sollecitati lateralmente;
- mezzi di unione a gambo cilindrico sollecitati assialmente;
- unioni con denti di calcestruzzo incastrati nel legno.

Vengono ora riportate le immagini relative al modello numerico ricavate dal programma Ansys 9.0. Le immagini mostrano la geometria, la deformata e le tensioni del modello.

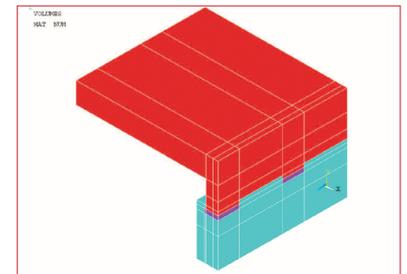


Figura 1.7: volumi del modello passo 150 mm con i materiali di differente colore.

Prove di Push-out

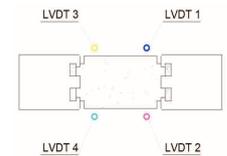


Figura 3.4: posizione dei 4 trasduttori durante la prova

Figura 3.1: disposizione della strumentazione durante la prova

Risultati delle prove

Le prove sono state effettuate nei giorni 12,13,14,15,18,19 e 20 giugno 2007 presso il Laboratorio prove materiali e strutture. La temperatura dell'ambiente era pari a 25°C e l'umidità relativa pari a circa 60%.

Per ogni prova sono riportati:

- i principali valori ricavati durante le prove (carico di rottura F_u , lo scorrimento medio δ (F_u) in corrispondenza di tale carico);
 - la resistenza normalizzata rispetto alla lunghezza della connessione;
 - la modalità di collasso osservata;
 - una fotografia rilevante per la modalità di collasso osservata;
 - i diagrammi carico-scorrimento dei 4 trasduttori di spostamento;
 - il diagramma carico-scorrimento medio sperimentale;
 - i valori numerici degli scorrimenti medi nelle curve di comportamento, in corrispondenza di prefissati livelli di carico F rispetto al carico di rottura F_u ;
 - le rigidità calcolate in corrispondenza di prefissati livelli di carico F rispetto al carico di rottura F_u ;
 - le rigidità normalizzate rispetto alla lunghezza della connessione calcolate in corrispondenza di prefissati livelli di carico F rispetto al carico di rottura F_u .
- La numerazione dei 4 trasduttori di spostamento corrisponde a quanto riportato in Figura 3.4.

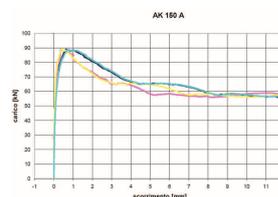


Figura 3.32 – Diagrammi carico-scorrimento del campione AK 150 A

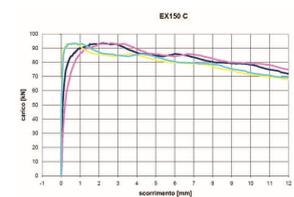


Figura 3.43 – Diagrammi carico-scorrimento del campione EX 150 C

F_r (kN)	Resistenza normalizzata (N/mm)	$\delta(F_r)$ (mm)	Modalità di collasso
88,92	106	0,535	Crisi per compressione parallela alla fibratura dei denti di legno che realizzano la connessione

Tabella 3.13 – Principali risultati della prova di push-out

F_r (kN)	Resistenza normalizzata (N/mm)	$\delta(F_r)$ (mm)	Modalità di collasso
93,43	111	1,015	Crisi per compressione parallela alla fibratura dei denti di legno che realizzano la connessione

Tabella 3.21 – Principali risultati della prova di push-out

F_r (%)	Carico F (kN)	Scorrimento medio (mm)	Rigidità (N/mm)	Rigidità normalizzata (N/mm ²)
0	0,0	0,000	-	-
20	17,78	0,004	444000	5291
40	35,57	0,008	1250157	2647
60	53,35	0,014	720946	858
80	71,14	0,167	425988	607
90	88,92	0,535	166206	198

Tabella 3.14 – Scorrimenti medi delle curve di comportamento in corrispondenza di prefissati livelli di carico rispetto al carico di rottura e corrispondenti rigidità.

F_r (%)	Carico F (kN)	Scorrimento medio (mm)	Rigidità (N/mm)	Rigidità normalizzata (N/mm ²)
0	0,0	0,000	-	-
20	18,67	0,020	933000	1111
40	37,33	0,040	762653	908
60	56,00	0,105	533008	636
80	74,67	0,237	315568	375
90	93,43	1,015	92049	110

Tabella 3.22 – Scorrimenti medi delle curve di comportamento in corrispondenza di prefissati livelli di carico rispetto al carico di rottura e corrispondenti rigidità.

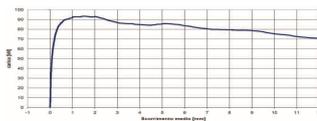


Figura 3.44 – Diagramma carico-scorrimento medio del campione EX 150 C

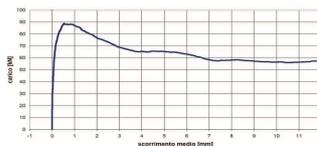


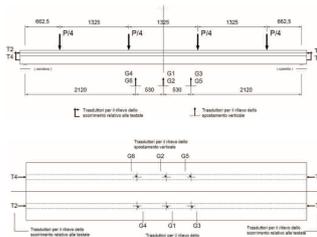
Figura 3.43 – Diagramma carico-scorrimento medio del campione AK 150 A

Prove di flessione

Il getto dei solai di prova è stato effettuato il 18 aprile 2007. Durante la maturazione del getto e in concomitanza con le prove di carico sono state effettuate n. 10 prove distruttive su provini cubici di calcestruzzo prelevati durante le fasi di getto secondo UNI 6132/72, che hanno fornito i valori di resistenza riportati in Tabella 4.1.

Data	Dimensioni (cm)	Peso (kg)	Carico rottura (kN)	Tensione rottura (MPa)
24.04.2007	15,0x15,0x15,0	7,81	607,8	27,0
24.04.2007	15,0x15,0x15,0	7,81	581,6	25,8
02.05.2007	15,0x15,0x15,0	7,92	689,1	30,6
02.05.2007	15,0x15,0x15,0	7,91	703,5	31,3
16.05.2007	15,0x15,0x15,0	7,84	763,4	33,9
16.05.2007	15,0x15,0x15,0	7,96	731,6	32,5
11.06.2007	15,0x15,0x15,0	7,79	862,8	38,3
11.06.2007	15,0x15,0x15,0	7,83	851,3	37,8
27.06.2007	15,0x15,0x15,0	7,91	826,7	36,74
27.06.2007	15,0x15,0x15,0	7,91	843,8	37,5

Tabella 4.1 – prove di compressione a rottura dei campioni cubici secondo UNI 6132/72



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO
 Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale
 Laboratorio Prove Materiali e Strutture

Certificato di prova n° 12228166
 Trento, 28/06/2007

Richiedente del certificato: COPERLEGGIO
 Via Andafina, 933
 00178 Roma

Oggetto del certificato: No. 7 prove a flessione su campioni di solaio composto legno-calcestruzzo, denominato "Solaio Compound", con connessione costituita da una serie di denti in legno, da un getto di malta premiscelata e da un traliccio metallico inserito nella particolare scansalatura della trave in legno

Prove in data: 7, 8, 27, 28 e 29 Giugno 2007

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO
 Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale
 Laboratorio Prove Materiali e Strutture

Certificato di prova n° 12229167
 Trento, 28/06/2007

Richiedente del certificato: COPERLEGGIO
 Via Andafina, 933
 00178 Roma

Oggetto del certificato: No. 11 prove tipo push-out su campioni di solaio composto legno-calcestruzzo, denominato "Solaio Compound", con connessione costituita da una serie di denti in legno, da un getto di malta premiscelata e da un traliccio metallico inserito nella particolare scansalatura della trave in legno

Prove in data: 12,13,14,15,18,19 e 20 Giugno 2007

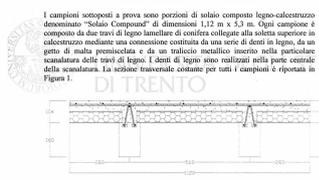


Figura 1 – Sezioni trasversali dei campioni di prova "Solaio Compound" (dimensioni in mm)

Le caratteristiche comuni a tutti i campioni sottoposti a prova, così come dichiarate dal Richiedente, sono:

- travi in legno lamellare di abete rosso, classe di resistenza dichiarata GL24, di lunghezza 4500 mm e sezione 120 mm x 100 mm con fresatura sulla faccia a contatto con il calcestruzzo per realizzare la connessione (Figura 1);
- traliccio metallico elettrolitico costituito da due corredi inferiori Ø50mm ed un corredo superiore Ø70mm in acciaio servato tipo B4046, dichiarate dal Richiedente, collegati fra loro per mezzo di staffe a filo liscio Ø50mm elettrolitico, il traliccio, inserito nella scansalatura del legno, è solidarizzato con un getto preliminare di malta cementizia realizzato dal Richiedente (Figura 2);
- elemento centrale in conglomerato cementizio armato di lunghezza 450 mm e sezione 160 mm x 100 mm (Figura 3);
- elemento centrale non allineato agli spessori di travate laterali, con franco di 30 mm (Figura 4).

L. 0802 Trento, tel. 0461/971111
 M. 0461/982022 Fax: 0461/982027
 WebSite: www.istt.it

Pagina 1 di 58

IL RESPONSABILE DELLA PROVA
 Prof. Maurizio Piazza

IL TECNICO DELLA PROVA
 Prof. Massimo Fiumi

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO
 Prof. Riccardo Zappalà

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
 Prof. Massimo Fiumi

IL TECNICO DELLA PROVA
 Prof. Massimo Fiumi

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
 Prof. Massimo Fiumi

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO
 Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale
 Laboratorio Prove Materiali e Strutture

Certificato di prova n° 12229167
 Trento, 28 giugno 2007

IL RESPONSABILE DELLA PROVA
 Prof. Maurizio Piazza

IL TECNICO DELLA PROVA
 Prof. Massimo Fiumi

IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO
 Prof. Riccardo Zappalà

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
 Prof. Massimo Fiumi

IL TECNICO DELLA PROVA
 Prof. Massimo Fiumi

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
 Prof. Massimo Fiumi

CERTIFICATO DI PROVA N. 12228166
 Trento, 28 giugno 2007

Il presente certificato è formato da 58 pagine.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

CERTIFICATO DI PROVA N. 12229167
 Trento, 28 giugno 2007

Il presente certificato è formato da 27 pagine.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO