



PANNELLI IN LAMIERA GRECATA COIBENTATI: VALIDAZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO

Domenico Leone

fare sismica
||||| APPUNTI

PANNELLI IN LAMIERA GRECATA COIBENTATI: VALIDAZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO

Domenico Leone

Il prof. Domenico Leone vanta un'esperienza più che trentennale nel campo della progettazione e realizzazione di strutture metalliche sia in campo industriale che infrastrutturale e civile ed è titolare del laboratorio di "Costruzione dell'Architettura" presso la facoltà di Architettura di Genova in qualità di professore a contratto.

E' consulente di azienda avendo occupato in precedenza il ruolo di Responsabile del settore di progettazione di opere in carpenteria metallica prima presso la Società Italimpianti S.p.A. e successivamente presso le Società SMS-Demag e Paul-Wurth S.p.A. Ha partecipato alla progettazione di grandi impianti industriali di produzione e trasformazione dell'acciaio e ne ha seguito la realizzazione con le imprese costruttrici e di montaggio acquisendo ampia esperienza in tutti i settori del ciclo di esecuzione di opere metalliche.

Per il suo impegno in campo internazionale vanta ampia conoscenza delle norme di settore utilizzate in varie nazioni con particolare riguardo agli Eurocodici.

Ha esercitato ed esercita tuttora attività formativa in ambito Aziendale, Universitario, Pubblico, Privato e dell'Ordine Professionale.

E' autore di varie pubblicazioni tecniche e dei volumi "Eurocodice 3" edito da Sistemi Editoriali, "Lamiere grecate e pannelli coibentati" edito da Mediasoft s.a.s., "Componenti strutturali in acciaio" e "Elementi di completamento strutturale in acciaio" editi da Wolters Kluwer Italia, "Componenti strutturali in alluminio" edito da Dario Flaccovio editore nonché di numerosi programmi di calcolo automatico, basati sulle direttive europee e nazionali, dedicati sia alla progettazione di strutture in acciaio di impianti industriali che alla progettazione di componenti strutturali e di dettaglio proprie degli edifici civili e delle infrastrutture (pacchetto SAITU edito da Stadata s.r.l.)

La presente pubblicazione è tutelata dalla legge sul diritto d'autore e non può essere divulgata senza il permesso scritto dell'autore.

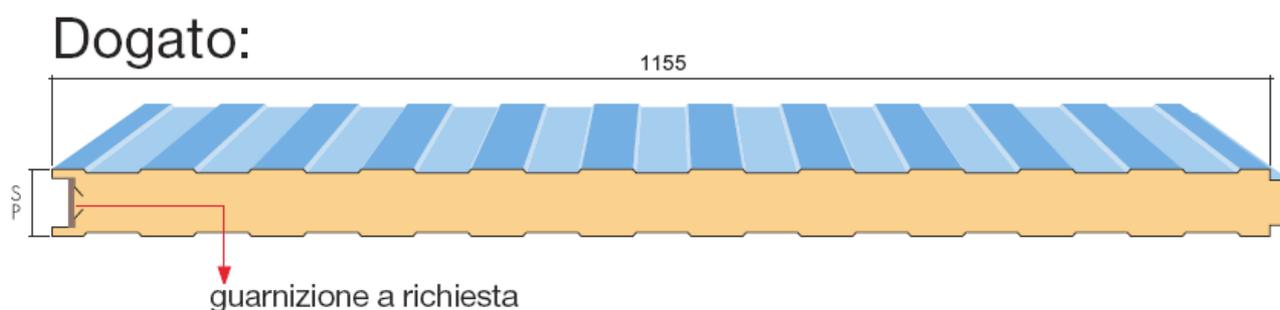
S.T.A. DATA srl
Corso Raffaello, 12 - 10126 Torino
tel. 011 6699345 www.stadata.com

In questo articolo vengono presentati due esempi di validazione del calcolo automatico eseguito col programma "Sandwich" (www.stadata.com) di pannelli monolitici coibentati, prodotti da **NAV-SYSTEM S.p.A.** le cui resistenze caratteristiche alla flessione, taglio e compressione sono state determinate attraverso prove su campioni eseguite da un laboratorio universitario tedesco i cui risultati sono stati poi elaborati da uno studio professionale qualificato (nel seguito **s.p.q.**) della stessa nazione incaricati dal produttore.

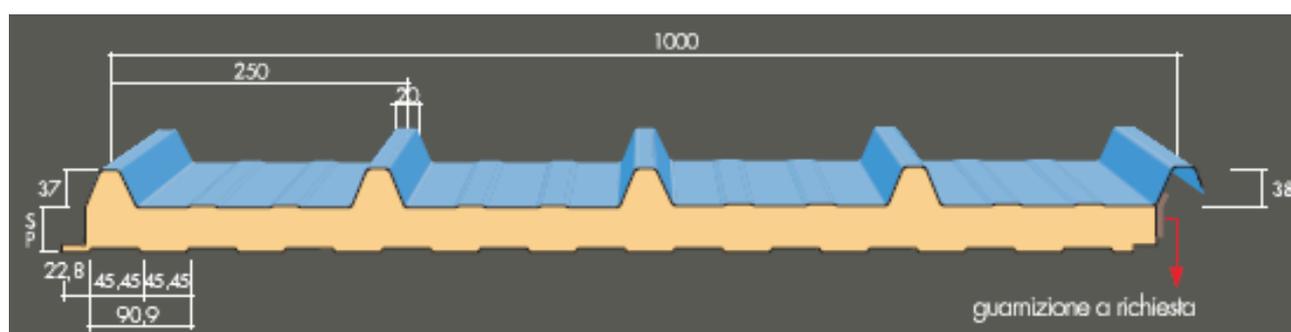
I due esempi si riferiscono, il primo, ad una famiglia di pannelli a facce piane o poco profilate in acciaio con anima in PUR usati per pareti e soggetti all'azione del vento, il secondo, ad una famiglia di pannelli con una faccia profilata e l'altra poco profilata in acciaio, sempre con anima in PUR, usati per coperture e soggetti al carico della neve.

Di seguito la rappresentazione grafica dei due pannelli:

Pannello di parete a facce dogate:



Pannello di copertura con una faccia profilata:



I pannelli a facce piane o poco profilate sono stati raggruppati in famiglie caratterizzate dal tipo di profilatura e dalla gamma di spessori nominali. In particolare, i pannelli con entrambe le facce dogate come quelli oggetto della presente validazione, sono così raggruppati:

- Fam. 1: spessori da 30 a 80 mm
- Fam. 2: spessori da 100 a 120 mm
- Fam. 3: spessori da 150 a 240 mm

mentre i pannelli con la faccia esterna profilata e la faccia interna dogata sono stati raggruppati nelle seguenti famiglie:

- Fam. 1: spessori da 30 a 80 mm
- Fam. 2: spessori da 100 a 150 mm

Per tutte le famiglie le facce dogate interne hanno spessore nominale $t_N = 0,4$ mm mentre le facce profilate o dogate esterne hanno spessore nominale $t_N = 0,5$ mm.

Non si entra nel merito dell'elaborazione dei risultati dei test eseguita dallo **s.p.q.** in conformità alla norma EN 14509 ma si riportano di seguito i valori caratteristici e i valori dei coefficienti di sicurezza utilizzati nel calcolo automatico.

Caratteristiche meccaniche del materiale dell'anima (test A1-A2-A4-A15 - EN 14509):

Table 100: values for the core material

Nominal panel thickness D (wall) or nominal continuously thickness d (roof)	30 to 80 mm	120 mm	150 mm	240 mm
density of PUR core (kg/m ³)	41 ± 2	41 ± 2	41 ± 2	38 ± 1
Shear modulus: G _C (MPa)				
mean value	4,6	3,5	3,5	2,9
5%-fractile value	3,9	3,1	3,1	2,7
Shear strength: f _{Cv} (MPa)	0,11	0,11	0,11	0,09
Long term shear strength: f _{Cv} (MPa)	0,05	0,05	0,05	/
Compressive modulus: E _{Cc} (MPa)				
5%-fractile value	3,1	2,3	2,3	2,3
Crosspanel tensile modulus: E _{Ct} (MPa)				
5%-fractile value	3,1	3,1	3,1	3,1
E-modulus: E _C (MPa)				
mean value	4,8 ¹	4,2 ¹	4,2 ¹	4,2 ¹
Compressive strength: f _{Cc} (MPa)	0,13	0,10	0,10	0,10
Crosspanel tensile strength: f _{Ct} (MPa)	0,07	0,07	0,07	0,07

¹ The stated values are mean values of the mean compressive and crosspanel tensile modulus:

$$E_C = \frac{\overline{E_{Cc}} + \overline{E_{Ct}}}{2}$$

Tensioni di raggrinzamento (wrinkling stress) raccomandate per il progetto dei pannelli:

a) Tensioni di raggrinzamento in campata (test A5 - EN 14509):

Table 91: wrinkling stresses in span for face thickness $t_N = 0,40$ mm (flat and lined faces) and $t_N = 0,50$ mm (profiled and microprofiled faces)

Face type	core thickness (mm)	σ_w (MPa)
microprofiled (outer side)	30 to 80 mm	199
	120 mm	241
lined (outer and inner side)	30 to 80 mm	155
	120 mm	188
	150 to 240 mm	138
flat (outer and inner side)	30 to 80 mm	83
	120 to 150 mm	73
	240 mm	68
profiled (outer side)	30 to 80 mm	280
	150 mm	249

Si noti che la tensione di raggrinzamento caratteristica è stata determinata considerando uno spessore nominale di 0,4 mm per le facce piane o dogate mentre per le facce profilate o microprofilate si è tenuto conto di uno spessore nominale di 0,5 mm. Quale sia la differenza tra faccia dogata e faccia microprofilata non è chiaro avendo entrambe una “profilatura” di altezza < 5 mm e quindi riconducibili, per il calcolo, a facce piane in accordo con la norma EN 14509.

Dalla tabella risulta però evidente che la faccia “microprofilata” ha una tensione di raggrinzamento caratteristica maggiore di quella della faccia “dogata”.

Come vedremo nel seguito, le tabelle di capacità di carico elaborate dallo **s.p.q.** fanno riferimento a pannelli con la faccia esterna **dogata o profilata** di spessore nominale $t_{N,est} = 0,5$ mm e con la **faccia interna dogata** di spessore nominale $t_{N,int} = 0,4$ mm.

b) Tensioni di raggrinzamento sull'appoggio interno (test A7 - EN 14509):

per la tensione di raggrinzamento della faccia compressa sull'appoggio intermedio si fa riferimento al valore minimo sperimentale ottenuto per effetto di un carico di pressione oppure per un carico di depressione note le caratteristiche del sistema di fissaggio dei pannelli.

La seguente tabella riporta i valori dichiarati delle caratteristiche meccaniche di un pannello a facce piane o poco profilate di spessore nominale **30** mm. Dalla tabella si evidenzia una tensione di raggrinzamento minima sugli appoggi interni di **109** MPa. Questo valore è stato utilizzato nel calcolo di progetto per le famiglie sopra definite.

Metal faced insulating panel for use in buildings.

Reference:
 Insulation: PU
 Density: 41 kg/m³
 Thickness: 30 mm. Facings: Steel 0,5 mm external:
 0,4 mm internal (S280; EN 10326).

Use: walls
 ...

Mechanical resistance:

Tensile strength	0,07 MPa
Shear strength	0,11 MPa
Shear modulus (core)	4,6 MPa
Compressive strength (core)	0,13 MPa
Wrinkling stress (external face)	
- in span	199 MPa
- in span, elevated temperature	185 MPa
- at central support	159 MPa
- at central support, elevated temperature	148 MPa
Wrinkling stress (internal face)	
- in span	155 MPa
- at central support	109 MPa



Per pannelli con la faccia esterna profilata sono stati dichiarati i seguenti valori caratteristici:

Metal faced insulating panel for use in buildings.

Reference: , Insulation: PU
 Density: 41 kg/m³
 core thickness: 150 mm. Facings: Steel 0,5 mm external:
 0,4 mm internal (S280; EN 10326).

Use: roofs
 ...

Mechanical resistance:

Tensile strength	0,07 MPa
Shear strength	0,11 MPa
Reduced long term shear strength	0,05 MPa
Shear modulus (core)	3,5 MPa
Compressive strength (core)	0,10 MPa
Creep coefficient t = 2000 h	1,2
t = 100000 h	2,0
Wrinkling stress (external face)	
- in span	249 MPa
- in span, elevated temperature	249 MPa
- at central support	249 MPa
- at central support, elevated temperature	249 MPa
Wrinkling stress (internal face)	
- in span	138 MPa
- at central support	97 MPa



Larghezze di appoggio:

per il calcolo di progetto sono state usate le seguenti larghezze di appoggio:

- Appoggio esterno: $b = 46 \text{ mm}$
- Appoggio interno: $b = 92 \text{ mm}$

Si sottolinea l'importanza delle larghezze di appoggio nel definire la capacità portante dei pannelli poiché spesso è la resistenza a schiacciamento del materiale dell'anima che ne limita il valore.

Spessori di progetto:

Lo spessore nominale di 0,5 mm (facce esterne) è stato ridotto dallo s.p.q. a **0,48** mm mentre lo spessore nominale interno di 0,4 mm è stato ridotto a **0,36** mm.

Il programma automatico "Sandwich" riduce lo spessore nominale tenendo conto della tolleranza e della protezione. Nei casi in esame il calcolo con "Sandwich" considera uno spessore di progetto della faccia interna di 0,38 mm nel definire le capacità di carico tabellate ma il confronto tra i due calcoli di progetto viene fatto per uno specifico spessore del pannello con uguale spessore di progetto delle facce ovvero **0,48/0,36** mm

Coefficienti di sicurezza:

il confronto tra i due calcoli di progetto è eseguito tenendo conto degli stessi coefficienti di sicurezza applicati ai valori caratteristici ricavati dai test (**s.p.q.**):

- Tensione di raggrinzamento: $\gamma_{M,w,SLU} = 1,28$; $\gamma_{M,w,SLS} = 1,07$
- Tensione di taglio: $\gamma_{M,w,SLU} = 1,45$; $\gamma_{M,w,SLS} = 1,12$
- tensione di compressione : $\gamma_{M,w,SLU} = 1,48$; $\gamma_{M,w,SLS} = 1,13$

Tabelle delle capacità di carico:

Le tabelle delle capacità di carico elaborate dallo **s.p.q.** definiscono, **per ciascun spessore nominale del pannello e per ciascuno schema statico**, luci e larghezze minime degli appoggi in funzione di un carico uniformemente distribuito incrementato con step di **25 daN/m²**. Le capacità di carico possono tener conto (all'apparenza) anche della colorazione delle superfici e quindi di un gradiente termico che però dipende anche dalla temperatura della faccia interna dei pannelli.

Il considerare un gradiente termico nella definizione della capacità portante tabellata dei pannelli è corretto se il suo valore viene esplicitamente dichiarato poiché l'effetto combinato carico-temperatura può influenzare positivamente o negativamente la capacità di carico.

Le tabelle delle capacità di carico elaborate dal programma "Sandwich" secondo gli standard italiani definiscono, per ciascuno schema statico, la capacità di carico dei pannelli in funzione della luce e dello spessore nominale di progetto. Le tabelle definiscono anche in modo inequivocabile i seguenti parametri di calcolo:

- Limitazione della freccia
- Gradiente termico di progetto
- Larghezza minima degli appoggi estremi ed intermedi
- Resistenza a compressione e densità del materiale dell'anima
- Spessore della protezione delle facce e tolleranza negativa
- Eventuale carico permanente portato (p.e. lastre solari)
- Materiale delle facce e dell'anima
- **Tipo di carico uniformemente distribuito (se di esercizio o di neve di lunga durata)**

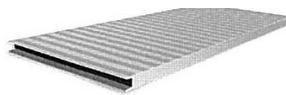
Quest'ultimo dato è fondamentale per informare il progettista che la capacità di carico tabellata si riferisce ad un carico uniforme di lunga durata (neve) il cui valore può essere limitato dall'effetto dello scorrimento (creep).

Pannello con facce dogate:

Si riporta di seguito una tipica tabella di capacità di carico elaborata dallo **s.p.q.** tedesco relativa ad un pannello con **entrambe le facce dogate** ($t_N = 0,5/0,4$ mm) di spessore nominale **40** mm soggetto alla pressione del vento e ad un gradiente termico generato da "*colorazione della faccia esterna e normale temperatura interna*". **Il valore del gradiente non viene definito.**

Allowable span tables for wall panels ¹

lined/lined, $t_N = 0,50/0,40$ mm



The given allowable spans are designed according to EN 14509 and of the draft of the German Approval from 15th March 2013 for the worst load combination due of wind and temperature. The explanations given at page 2/5 are to be considered.

Table W.1: wind pressure

system	color group	characteristic wind pressure in kN/m ²																				
		0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
1-span	I, II	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	III	6,49	4,67	4,03	3,42	2,96	2,65	2,42	2,24	1,97	1,75	1,57	1,43	1,31	1,21	1,12	1,05	0,99	0,93	0,88	0,84	0,79
2-span	I, II	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	II	21,80	5,93	4,19	3,42	2,96	2,65	2,42	2,24	1,97	1,75	1,57	1,43	1,31	1,21	1,12	1,05	0,99	0,93	0,88	0,83	0,79
3-span	I, II	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	III	15,80	5,93	4,19	3,42	2,96	2,65	2,42	2,24	1,97	1,75	1,57	1,43	1,31	1,21	1,12	1,05	0,99	0,93	0,88	0,83	0,79

Esaminiamo il caso cerchiato in rosso dal quale si evidenziano le seguenti condizioni di progetto:

1 – la pressione del vento di **1,5 kN/m²** richiede una luce massima di **2,42 m** per pannello semplicemente appoggiato **indipendentemente dal colore della faccia esterna** e con larghezza minima dell'appoggio di **40 mm < 46 mm** usata nel calcolo.

2 – nessun vantaggio si ottiene dalla continuità del pannello su appoggi intermedi per cui **la capacità di carico resta la stessa del pannello semplicemente appoggiato.**

Pannello con una faccia profilata e l'altra dogata:

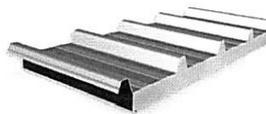
Viene ora esaminato il caso di un pannello con faccia esterna profilata ed interna dogata di spessore nominale **100** mm. Le facce hanno rispettivamente spessore nominale 0,5 e 0,4 mm e sono in acciaio S 280 GD. L'altezza della profilatura esterna è di **37** mm.

Viene considerato un **carico di lunga durata** dovuto al peso della neve con gradiente termico di - 20°C (temperatura esterna 0°C e temperatura interna invernale di +20°C). Il gradiente termico non è specificato dallo **s.p.q.** ma dalla tabella si deduce che viene tenuto in conto un "certo valore" uniforme dello stesso **indipendentemente dalla colorazione della faccia esterna**. Trattandosi di un carico variabile uniforme di lunga durata viene eseguita anche la **verifica a scorrimento** (creep) tenendo conto dei seguenti coefficienti determinati sperimentalmente dallo **s.p.q.** ma **molto lontani** dai valori "suggeriti" dalla norma EN 14509 per anime in PUR (t_{2000} : $\varphi = 2,4$; t_{100000} : $\varphi = 7$):

- Azioni di lunga durata (carico neve – $t = 2000$ h) : $\varphi = 1,2$
- Azioni permanenti (peso proprio – $t = 100000$ h): $\varphi = 2$

Allowable span tables for wall and roof panels

profiled/lined, $t_N = 0,50/0,40$ mm



The given allowable spans are designed according to EN 14509 and on the base of the draft of the German Approval from 15th March 2013 for the worst load combination due of wind and temperature. The explanations given at page 2/2 are to be considered.

Table D.1: snow load

system	color group	characteristical snow-load in kN/m ²																				
		0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
1-span	I, II, III	40	40	40	45	53	57	58	59	61	62	63	64	66	67	68	69	70	69	69	68	68
		6,94	6,89	5,93	5,32	4,88	4,29	3,70	3,28	2,95	2,69	2,48	2,31	2,17	2,05	1,94	1,85	1,74	1,63	1,53	1,44	1,37
2-span	I, II, III	40	40	40	40	40	41	43	45	47	49	50	52	53	55	56	58	59	60	61	63	64
		8,85	7,73	5,41	4,26	3,56	3,10	2,75	2,49	2,29	2,12	1,98	1,86	1,76	1,68	1,60	1,53	1,47	1,42	1,37	1,33	1,29
3-span	I, II, III	40	40	40	41	44	46	48	50	52	54	56	57	59	61	62	63	65	66	68	68	68
		10,89	8,91	6,19	4,85	4,03	3,48	3,08	2,78	2,54	2,35	2,19	2,06	1,95	1,85	1,76	1,69	1,62	1,56	1,51	1,44	1,37
		60	63	74	81	87	92	96	100	104	108	111	114	118	121	123	126	129	132	135	136	136

Esaminiamo il caso cerchiato in rosso dal quale si evidenziano le seguenti condizioni di progetto:

1 – il carico della neve di **2,5 kN/m²** richiede una luce massima di **2,48** m per pannello semplicemente appoggiato **indipendentemente dal colore della faccia esterna** ma con una larghezza di appoggio minima di **63** mm.

2 – nessun vantaggio si ottiene dalla continuità del pannello su appoggi intermedi per cui **la capacità di carico resta quella del pannello semplicemente appoggiato**.

Si noti che il vantaggio della continuità del pannello si avrebbe solo per carichi $\leq 0,5$ kN/m² per 3 campate e per carichi $\leq 0,25$ kN/m² per 2 campate.

Con gli stessi parametri sperimentali definiti dallo **s.p.q.** eseguiamo il calcolo col programma "Sandwich" ottenendo le seguente **tabella di capacità di carico** per lo stesso tipo di pannello ma con spessore di progetto della faccia inferiore pari a **0,38** mm anziché **0,36** mm e larghezza di appoggio di **46** mm.

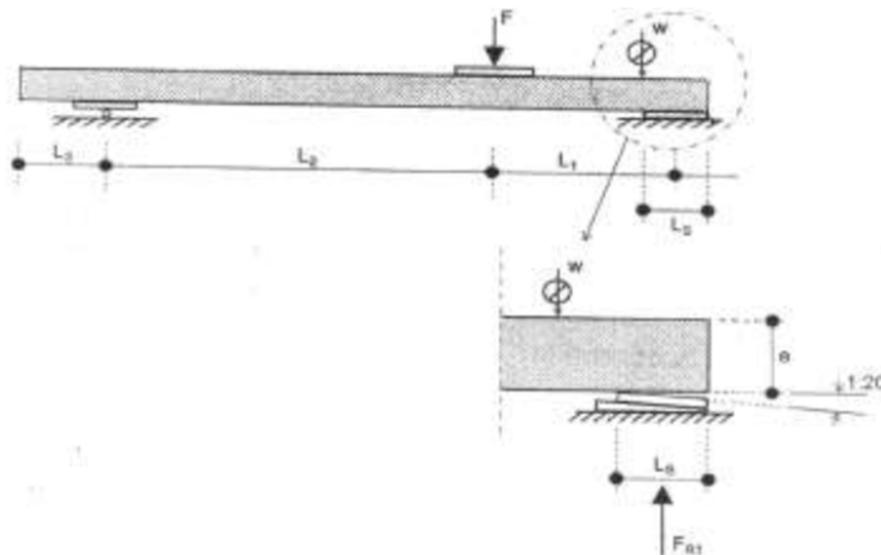
Con riferimento ad una luce di **2,48 m** la capacità portante del pannello sarebbe **2,49 kN/m²** praticamente coincidente con quella dello **s.p.q.**.

Soffermiamoci un attimo sugli effetti della **larghezza di appoggio dei pannelli**.

Come più volte segnalato, nel caso in cui sia dimensionante la verifica a schiacciamento dell'anima del pannello, la larghezza dell'appoggio gioca un ruolo fondamentale. La norma EN 14509 **non stabilisce larghezze minime di appoggio** (come invece fa la norma EN 1993-1-3 per le lamiere grecate e la norma EN 1994-1-1 per le solette grecate collaboranti) ma queste devono essere definite o come valore minimo calcolato qualora dimensionanti oppure come valore di effettivo appoggio. In ogni caso la larghezza di appoggio è un parametro fondamentale per la definizione della capacità portante dei pannelli e deve essere dichiarato esplicitamente nelle tabelle di carico. Il **test A15**, descritto dalla norma EN 14509 per definire la resistenza alla reazione di appoggio di un pannello, stabilisce che **"la larghezza di appoggio di prova deve essere la minima utilizzata in pratica"**; la minima larghezza **"utilizzata in pratica"** dovrebbe allora essere prioritariamente stabilita in sede di prova di carico e quindi riportata nelle tabelle di capacità.

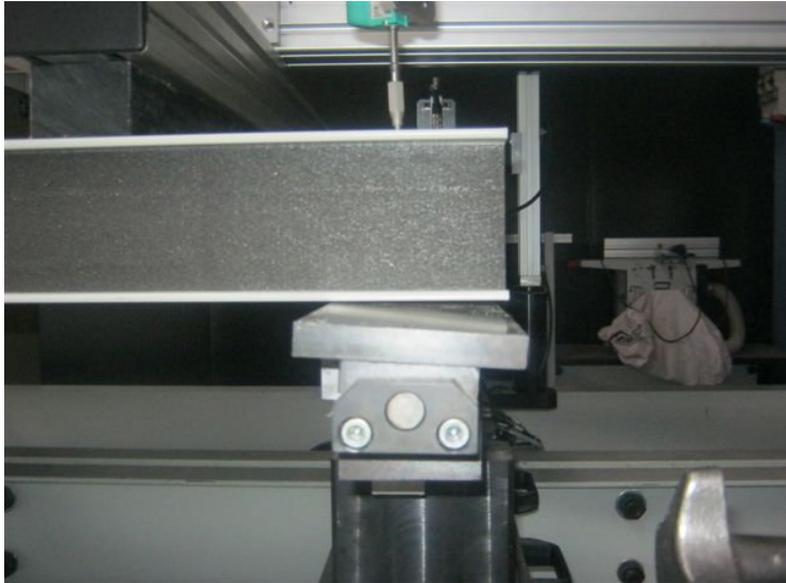
Le tabelle dello **s.p.q.** definiscono contestualmente alla luce ammissibile, anche la larghezza di appoggio minima che **TEORICAMENTE dovrebbe essere la stessa usata nei test**; questo imporrebbe un numero elevato di test in funzione della luce e del carico che non è assolutamente perseguibile. Il mio approccio è quello di definire **per ciascuna famiglia di pannelli** una larghezza di appoggio unica nell'esecuzione del **test A15** e di utilizzare i risultati delle prove per determinare la resistenza a schiacciamento dell'anima o il fattore di distribuzione **k** della reazione di appoggio; la larghezza di appoggio usata nei test va riportata nelle tabelle di capacità di carico dei pannelli semplicemente appoggiati e può essere raddoppiata per gli appoggi intermedi dei pannelli continui. Ma anche su questa interpretazione c'è da fare una importante osservazione che parte dall'impostazione del test A15 come di seguito esposto.

Lo schema di esecuzione del **test A15** è di seguito riportato:



L'appoggio di prova è costituito da un piatto di spessore 10 mm inclinato con pendenza 1:20 e allineato con l'estremità del pannello. La larghezza L₃ dell'appoggio è la minima usata in pratica. Le dimensioni L₁, L₂, L₃ sono state scelte in modo da ottenere la rottura per schiacciamento dell'anima del pannello sull'appoggio di prova con L₁ > 1,5.e

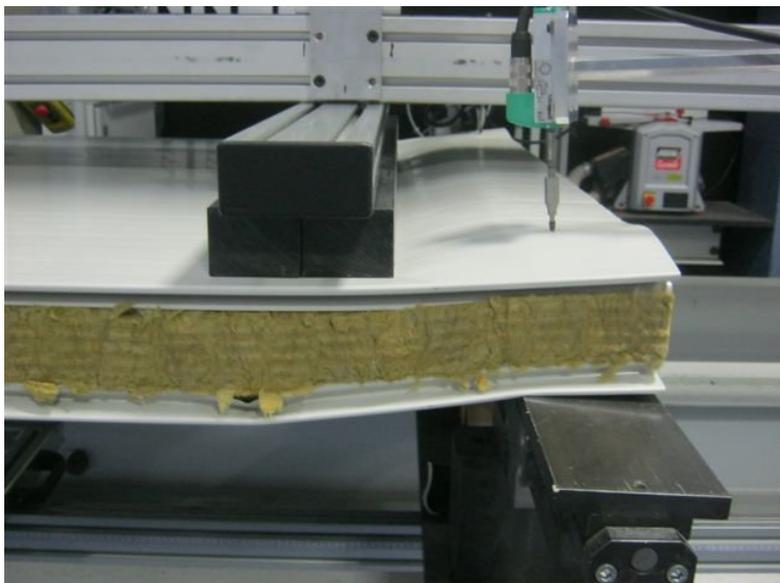
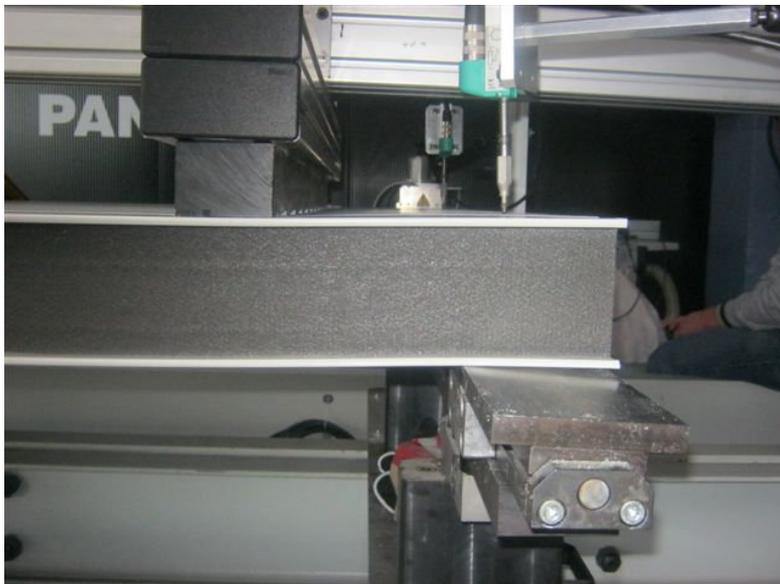
La seguente immagine propone un caso reale di prova di carico (test A15) con **larghezza di appoggio di 100 mm**



Di seguito si riporta il risultato finale di alcuni test da cui si evidenzia che anche per larghezze di appoggio notevoli (≥ 100 mm), **l'effettiva larghezza a collasso per schiacciamento è spesso minore (anche di molto) della larghezza del piatto di prova (o dell'appoggio reale).**

Ciò significa che l'uso delle tabelle di capacità di carico da parte di un progettista ha solo scopo informativo e qualitativo sulla scelta del tipo di pannello e che questo deve essere progettato in base alle effettive condizioni di impiego compresa la definizione reale della larghezza di appoggio.





Il calcolo eseguito dallo **s.p.q.** tedesco non fa alcun riferimento al coefficiente di distribuzione **k**.

Conclusioni:

Il confronto tra le tabelle di carico compilate dallo **s.p.q.** tedesco e le tabelle realizzate col programma "Sandwich" evidenzia una buona convergenza dei risultati a parità di caratteristiche geometriche, meccaniche e coefficienti di sicurezza ricavati dai test.

Un aspetto particolare riguarda la verifica di resistenza alla reazione di appoggio dove la larghezza di appoggio insieme alla resistenza a compressione del materiale dell'anima giocano spesso un ruolo fondamentale sulla capacità di carico dei pannelli.

Il fattore di distribuzione del carico **k** è definito dalla norma nel seguente modo:

per schiume plastiche rigide o vetro cellulare e per $e \geq 100$ mm si deve assumere:

$k = 0,5$; $e = 100$ mm

per schiume plastiche rigide o vetro cellulare e per $e < 100$ mm $k = 0,5$

in tutti gli altri casi $k = 0$

item E.4.3.2 EN 14509

valori intermedi certificati possono essere ottenuti sperimentalmente tramite il test A15.

Negli esempi sopra riportati lo **s.p.q.** non definisce alcun valore del fattore di distribuzione **k** e neppure cita prove di carico (test A15) per la determinazione del suo valore o della resistenza alla reazione di appoggio.

Modeste variazioni dei parametri sperimentali di progetto possono produrre anche sensibili variazioni nella capacità di carico dei pannelli; sta al produttore fornire responsabilmente al progettista i **risultati sperimentali certificati delle resistenze caratteristiche e dei fattori di sicurezza** e sta al progettista **applicare al caso reale il calcolo di progetto** "ispirandosi", come fase preliminare di analisi, alle tabelle di carico dei cataloghi dei produttori.

D. Leone