

La prefabbricazione dal pannello alleggerito al taglio termico

Riccardo Schvarcz

La prefabbricazione come quella italiana che si è sviluppata nel settore delle strutture industriali e che è stata finora bloccata nella sua logica evoluzione da un mercato attento inizialmente solo alla riduzione dei costi e successivamente anche alla ricerca di un aspetto estetico, ma senza mai prendere in considerazione le prestazioni e la funzionalità, si ritrova oggi nella necessità di avviare quella profonda trasformazione che richiede un mercato unico europeo e la logica imposta dai nuovi obiettivi della qualità e del contenimento energetico.

Il recente D.lgs 311/2006 impone valori limite della trasmittanza termica U della strutture opache verticali in riferimento alla zona climatica secondo la tabella a fianco riportata. Pertanto si desume che per la nostra zona (E) ad esempio $U \leq 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nel mercato della prefabbricazione sino ad oggi sono stati commercializzati i «pannelli alleggeriti». Essi sono pannelli realizzati in calcestruzzo dove si è inserito un materiale di alleggerimento costituito per lo più da polistirolo a minima densità (in genere $10\text{-}12 \text{ kg/m}^3$ spesso rigenerato).

Analizziamo di seguito alcune problematiche che ci permettono di comprendere meglio le peculiarità dei pannelli a taglio termico.

Pannello alleggerito

Problematiche strutturali

Sono pareti il cui spessore totale è anche lo spessore della struttura resistente. Per evitare problemi di instabilità il rapporto tra spessore strutturale e altezza deve essere maggiore o uguale a $1/60$, quindi per esempio con un pannello di 20 cm di spessore si può arrivare a 12 m di altezza. Per questioni di durabilità, il paramento esterno è per definizione «esposto» e come tale deve avere un ricoprimento minimo non inferiore ai $3,0 \text{ cm}$ (classe di esposizione XC3 -XC4 EN 206-1). Se si assume una tolleranza esecutiva di $0,5 \text{ cm}$ è così opportuno che il progetto preveda un ricoprimento di $3,5\text{-}0,5 \text{ cm}$.

Assumendo un'armatura a rete di ingombro 1 cm si ha che lo spessore minimo di calcestruzzo vale: $3,5 + 1 + 1,5 = 6 \text{ cm}$ se con $1,5$ consideriamo il ricoprimento minimo verso il polistirolo di alleggerimento (parte interna non esposta). Si può concludere che chi produce pannelli alleggeriti con strato interno di 5 cm (quasi il 100% dei produttori) non può garantire la durabilità del pannello, come richiede oggi la norma. Particolarmente non durevole si rivela uno strato di 5 cm composto da una parte esterna in graniglia lavata o con superficie martellinata, la cui capacità di inibizione dovrebbe consigliare un ricoprimento di almeno 1 cm in più dei 6 cm dati come minimo per le pareti in calcestruzzo a vista. Altro aspetto problematico degno di nota è il fenomeno deformativo in quanto il collegamento rigido del paramento esterno a quello interno in presenza di una differenza di temperatura dei due strati, induce curvature se il pannello è vincolato solo alle estremità mentre se il pannello è vincolato in modo da impedirne la deformazione, induce delle fessure, sullo strato interno d'estate e sullo strato esterno d'inverno. Fessurazioni e curvature sono connaturate a questo tipo di pannello e sono tanto più importanti quanto più il pannello è lungo.

Tabella dei valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali espressa in $\text{W/m}^2\text{K}$
Estratto da D.L. 311/2006

Zona climatica	Dall'1 Gennaio 2006	Dall'1 Gennaio 2008	Dall'1 Gennaio 2010
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Problematiche di isolamento

Innanzitutto per densità del polistirolo così basse (λ_c = coefficiente di calcolo di conducibilità termica) non è certificabile secondo UNI 7357 pertanto può essere solo deducibile da letteratura (ad esempio $\lambda_c = 0,059 \text{ W/mK}$) ed è penalizzato dalla quantità d'acqua che l'isolante può assorbire e dal degrado nel tempo delle sue caratteristiche di isolamento. Se si calcolasse un pannello di tamponamento alleggerito emergerebbe una grande differenza di conducibilità tra la zona piena ($U_{nervatura} = 3,67 \text{ W/m}^2\text{K}$) e la zona alleggerita ($U_{alleggerimento} 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$). La nervatura centrale ha sul coefficiente di conducibilità dell'intera sezione una notevole importanza, perché è proprio la sua elevata conducibilità che limita la differenza di temperatura tra le due superfici del pannello e quindi la deformazione dello stesso; ciò sta a significare che se da un lato la nervatura centrale andrebbe a ridurre le deformazioni e le problematiche di fessurazione dall'altro ha grande incidenza sulla trasmittanza dell'intera parete (su una parete di 10 m per 250 cm di larghezza la trasmittanza media di parete vale circa $1,71 \text{ W/m}^2\text{K}$). È necessario anche aggiungere per completezza che la zona piena viene ad avere, nell'ipotesi di una temperatura dell'aria interna di 20°C ed esterna di -5°C , una temperatura superficiale interna di appena 8°C . È il classico muro freddo. La zona alleggerita, invece, ha una temperatura di circa 18°C e il salto termico avviene all'interno dell'isolante. In tal modo, nel periodo invernale, i travetti longitudinali si deformerebbero in ragione di una differenza di temperatura tra faccia esterna e interna di 9°C circa, mentre la zona alleggerita si deformerebbe in ragione di una differenza di temperatura tra faccia esterna ed interna di 22°C . Le due temperature differenti fanno nascere deformazioni e tensioni di congruenza anche lungo le sezioni trasversali. Le più basse differenze di temperatura delle nervature spiegano quindi perché un pannello con travetti longitudinali sia laterali che intermedi si deforma molto meno di un pannello con travetti solo laterali di ridotto spessore. In estate i ponti termici riducono fortemente la differenza di temperatura tra i due strati e il contenimento della deformazione viene però pagato con un aumento della temperatura interna dell'ambiente, cioè con un surriscaldamento che è in genere molto fastidioso.

Riccardo Schvarcz si è laureato a Padova in Ingegneria Civile nel 1990. Ha maturato esperienza nell'ambito della prefabbricazione, nel calcolo delle strutture, direzioni lavori civili e industriali, progettazione architettonica. Attualmente libero professionista con studio a Padova, collabora con ICMQ Spa di Milano (Istituto di Certificazione Marchio di Qualità) come Ispettore Coordinatore a livello nazionale.

Problematiche igrometriche

Nel pannello alleggerito lungo le nervature si rileva che la condensa si forma sulla superficie interna del muro; la parete si bagna e gocciola acqua dal muro; solo con un impianto di ventilazione e di ricambio d'aria si può evitare la presenza nell'ambiente di vapor d'acqua, cioè con un caso energetico determinato da un mancato controllo igrometrico.

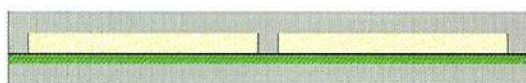


Pannello a taglio termico

Il pannello a taglio termico è un pannello realizzato in calcestruzzo dove l'isolante separa completamente uno strato portante da uno strato portato.

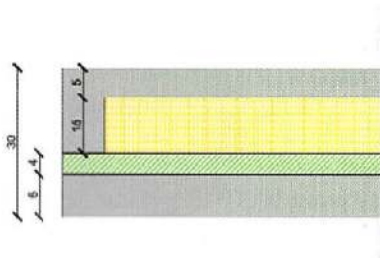
Problematiche strutturali

Lo strato portante, svincolato dallo strato portato deve avere uno spessore tale da evitare l'instabilità. Il fatto comunque che da esso sia in qualche maniera vincolato allo strato portato (questo deve evitare di staccarsi, fa sì che lo strato portante trova una sua lunghezza libera di inflessione ridotta). Per un'altezza del pannello di 10 m si ritiene opportuno adottare uno spessore interno portante di 16 cm ed esterno portato di 6 cm. Lo strato isolante deve essere realizzato con doppia lastra in modo che, pur incollando le lastre di isolante al calcestruzzo, si abbia il minimo attrito nello scorrere una lastra sull'altra. Si ribadisce che, anche in questo caso, per problemi di durabilità lo strato esterno deve avere uno spessore non inferiore a 6 cm, e che deve diventare almeno 7 cm se si realizza una superficie esterna granigliata o bocciardata, cioè una superficie che presenta per una decina di millimetri una elevata porosità. Per evitare che il pannello pesi molto, esso può essere alleggerito, cioè si può introdurre un blocco di polistirolo di alleggerimento. Questo pannello, che chiameremo «a taglio termico alleggerito» ha un peso ridotto (350 kg/m^2) praticamente uguale a quello dei pannelli alleggeriti, con uno spessore vicino ai 30 cm, quando invece il pannello classico ha più o meno lo spessore di 20 cm.



Problematiche di isolamento

Innanzitutto occorre precisare, se si ricade nel polistirolo come scelta dell'isolante, che per legge esso deve essere di classe di reazione non superiore a 1, cioè deve essere del tipo autoestinguente. Nelle nostre esperienze e nei nostri calcoli assumeremo come isolante un polistirene espanso di densità 25 kg/m^3 e di $\lambda_c = 0,040 \text{ W/mK}$ (l'indice «C» sta per «calcolo» e il valore si trova nella norma UNI 10351). Assumendo il pannello di spessore 30 cm, larghezza 2,50 m e lunghezza 10 m (spessore delle nervature 20 cm, spessore cls interno 5,0 cm, spessore alleggerimento 15 cm, spessore cls esterno 6,0 cm, spessore isolante 5,0 cm).



gerimento 15 cm, spessore isolante 4,0 cm, spessore cls esterno 6,0 cm). Si ottiene un valore medio della trasmittanza pari a $U_m = 0,365 \text{ W/m}^2\text{K}$ che rispetto al valore riscontrato sul pannello alleggerito classico in termini di consumo energetico è di circa 4 volte maggiore. La differenza di temperatura nello strato portante tra la zona esterna dove c'è il travetto e le zone di spessore 5 cm, è di circa 2°C . Tale valore può essere responsabile di deformazioni nello strato portante, tanto più sensibili quanto più è ridotta l'inerzia dello strato portante. Andamento della temperatura per il pannello a taglio termico alleggerito. I due diagrammi delle temperature si riferiscono alla zona con massimo e minimo spessore di isolante. Nel caso in questione, prendendo sullo strato portante le differenze di temperatura della faccia esterna in mezzera del pannello e quelle della faccia interna, si può calcolare la freccia:

$$T_{est} = 19^\circ\text{C}$$

$$T_{int} = 15^\circ\text{C}$$

$$\Delta H = H \cdot \Delta T \cdot 0,00001 = 0,04 \text{ cm (allungamento del pannello)}$$

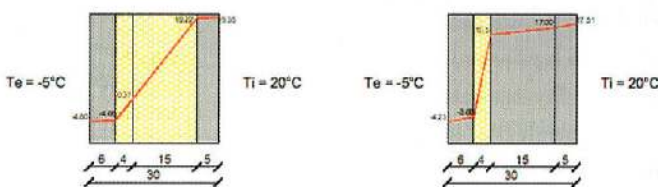
$$\alpha = \arctg(\Delta H/2)/20 = 0,0573 \text{ (rotazione)}$$

$$f = 0,25 \text{ cm (quasi trascurabile)}$$

per raggiungere i valori limite previsti dalla normativa occorre agire sul materiale isolante (in commercio ci sono polistiroli autoestinguenti con λ_c certificato pari a 0,034-0,037 W/mK).

Problematiche igrometriche

Il pannello a taglio termico alleggerito accumula condensa nella zona di massimo spessore di isolante pari a $0,150 \text{ kg/m}^3$; il periodo di asciugatura estivo non è sufficiente per l'evaporazione della condensa. Per risolvere questo fenomeno occorre procedere o inserendo una barriera al vapore nel punto di separazione tra paramento esterno ed isolante, o assicurare un ricambio d'aria adeguato. Un'evoluzione a tal proposito del pannello a taglio termico alleggerito è il pannello aerato e ventilato.



Andamento della temperatura per il pannello a taglio termico alleggerito. I due diagrammi delle temperature si riferiscono alla zona con massimo e minimo spessore di isolante.

Pannelli aerati e ventilati

Si è detto che i pannelli a taglio termico, così come quelli classici alleggeriti presentano il fenomeno della condensa, che può essere evitato con l'inserimento di una barriera al vapore, con evidenti problemi di continuità (il collegamento con connettori provocherebbe fori di discontinuità) e l'inconveniente di un muro non permeabile. Se nel punto ove si può formare la condensa si avesse la possibilità di eliminare la pressione e quindi l'umidità, avremmo modo di convogliare l'eventuale condensa all'esterno del pannello. Questa possibilità di aerare il pannello può essere realizzata con fori o piccole prese d'aria alla base inferiore del pannello. Se invece la camera d'aria può essere messa in contatto con l'aria esterna da un condotto verticale continuo con ugual sezione alla base e alla sommità, il pannello risulta ventilato. Il pannello ventilato, con aria in movimento, riduce l'effetto isolante della camera d'aria, ma toglie ogni pericolo di umidità al muro. Se poi i canali per la movimentazione dell'aria vengono studiati, per geometria, secondo l'Effetto Venturi, la velocità dell'aria aumenta e la pressione diminuisce. Una ventilazione naturale di questo tipo ridurrebbe l'energia necessaria per mantenere in regime stazionario la temperatura all'interno del fabbricato, ed esempio, nel periodo estivo, di massimo irraggiamento solare. •