

## Verifica di resistenza al fuoco di solaio in lamiera grecata e getto collaborante

Ing. Giovanna Busatto - Campodarsego (PD), Ing. Paola Marchiò e Ing. Giuseppe Stivala - CDM DOLMEN

### Analisi del caso

Di seguito si illustra il calcolo analitico di resistenza al fuoco di un solaio in lamiera grecata e del getto collaborante in calcestruzzo realizzato in una aerostazione zona terminal.

Il calcolo è stato effettuato con riferimento al D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

Nel caso specifico, per le particolari scelte progettuali di prevenzione incendi, non hanno interesse le caratteristiche E (tenuta) e I (isolamento), va verificata la sola R (resistenza) per 60 minuti di esposizione.

La lamiera grecata e il getto collaborante hanno uno spessore entrambi di 55 mm per un totale di 110 mm.

A differenza di quanto previsto nel progetto esecutivo, il solaio è stato realizzato con lamiera grecata tipo HI-BOND P55/600 anziché con lamiera grecata tipo A55/P770/G6 s10/10.



Figura 1 - Lamiera grecata posata nella fase prima del getto della cappa collaborante in c.a.

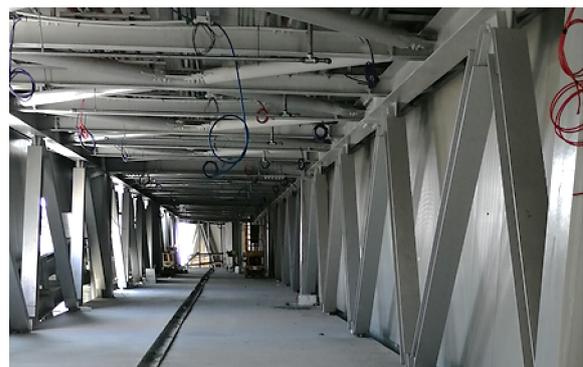


Figura 2 - Estradosso del solaio a getto collaborante in c.a. realizzato (senza i massetti di finitura)

### Calcolo

Il calcolo analitico di resistenza al fuoco R60 è stato effettuato dall'Ing. Giovanna Busatto di Campodarsego (PD) con l'ausilio del software di calcolo IS Fuoco, prodotto e distribuito da CDM DOLMEN di Torino.

Dal momento che la rete superiore ha passo 20 cm, mentre la sezione di riferimento ha larghezza 15 cm, a favore di sicurezza si considera il caso di sezione priva di armatura superiore.

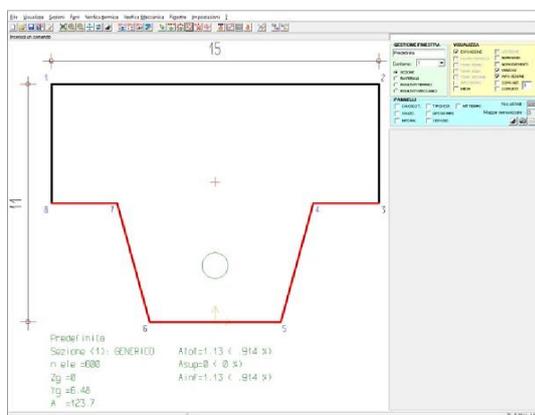


Figura 3 - Sezione in IS Fuoco

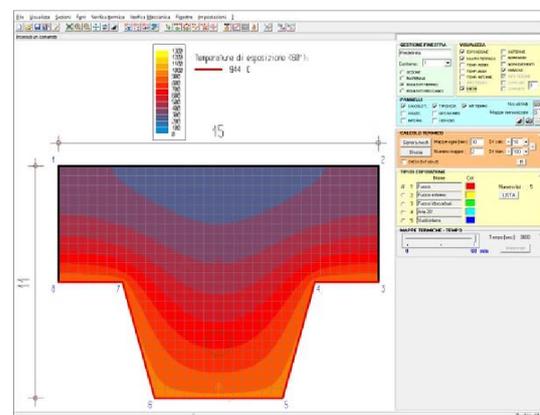


Figura 4 - Calcolo termico

La verifica è stata effettuata trascurando il contributo fornito dalla lamiera, in quanto, non essendo trattata con nessun protettivo, si troverebbe direttamente a contatto con le fiamme e raggiungerebbe temperature molto elevate; è stata considerata solamente l'armatura posta all'interno della soletta, costituita da:

- una rete superiore avente diametro 8 mm e pass 20 cm in entrambe le direzioni (la rete superiore è presente nella realtà ma viene trascurata nel calcolo per quanto prima detto);
- una nervatura inferiore di diametro 12 mm con ricoprimento di 20 mm dall'intradosso (asse barra 26 mm dall'intradosso della nervatura esposta al fuoco).

Oltre al peso proprio della soletta in lamiera grecata e di quello del getto di calcestruzzo collaborante si considerano i seguenti carichi, in analogia a quanto riportato nella relazione di calcolo a freddo di progetto:

- $G_2 = 2.5 \text{ kN/m}^2$
- $Q = 5.0 \text{ kN/m}^2$  - carico accidentale in categoria C3 per cui  $\psi_2 = 0.6$  (rif tab. 2.5.I NTC2018)

Considerando una luce di calcolo pari a 220 cm le due condizioni di carico a caldo e freddo sono:

A freddo  $P = 1.3 \cdot (2.15 + 2.5) + 1.5 \cdot 1.0 \cdot 5.0 = 13.55 \text{ kN/m}^2$

A caldo  $P = 1.0 \cdot (2.15 + 2.5) + 1.0 \cdot 0.6 \cdot 5.0 = 7.65 \text{ kN/m}^2$

A favore di sicurezza si effettua la verifica analitica di resistenza al fuoco considerando una nervatura di larghezza di 150 mm rappresentativa dell'andamento geometrico della lamiera HI-BOND P55/600, questo per quanto riguarda l'andamento delle temperature che, valutate per singola nervatura, risultano maggiori alle estremità dell'elemento considerato rispetto al considerare un tratto di lunghezza unitaria.

A freddo  $P_{\text{nervatura(freddo)}} = 13.55 \cdot 0.15 = 2.032 \text{ kN/(m} \cdot \text{nervatura)}$

Le sollecitazioni agenti A FREDDO sono:

Momento  $M = 1/8 \cdot 2.04 \cdot 2.2^2 = 1.235 \text{ kNm/nervatura}$

Taglio  $V = 1/2 \cdot 2.04 \cdot 2.2 = 2.244 \text{ kN/nervatura}$

A caldo  $P_{\text{nervatura(caldo)}} = 7.65 \cdot 0.15 = 1.147 \text{ kN/(m} \cdot \text{nervatura)}$

Le sollecitazioni agenti A CALDO sono:

Momento  $M = 1/8 \cdot 1.15 \cdot 2.2^2 = 0.696 \text{ kNm/nervatura}$

Taglio  $V = 1/2 \cdot 1.15 \cdot 2.2 = 1.265 \text{ kN/nervatura}$

Le curve di calore specifico, conduttività termica e densità volumica sono tratte dalla norma UNI ENV 1992-1-2 03/2004. Si è considerata un'umidità in massa del 1.5% e una densità volumica a 20°C di 2300 kg/m<sup>3</sup>. Per validare il programma è stato effettuato il calcolo a freddo, ossia a temperatura ambiente, sia con il software IS Fuoco che con il software free distribution "Verifiche a presso-flessione Stato Limite Ultimo" del Prof. Piero Gelfi.

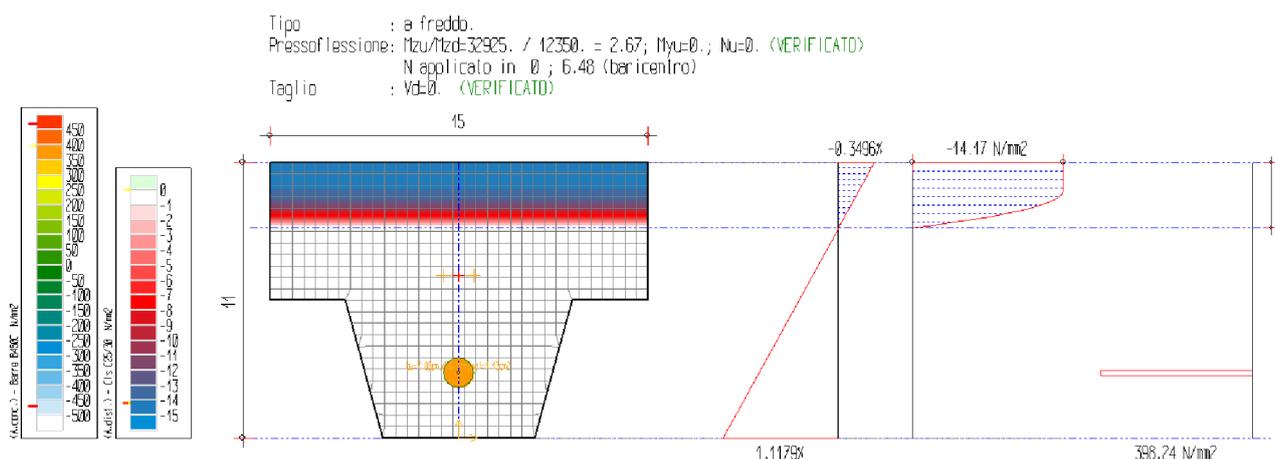


Figura 5 - Verifica a freddo in IS Fuoco (momenti espressi in daNcm)

Il valore del momento resistente calcolato da IS Fuoco è confermato dal Gelfi, come di seguito indicato.

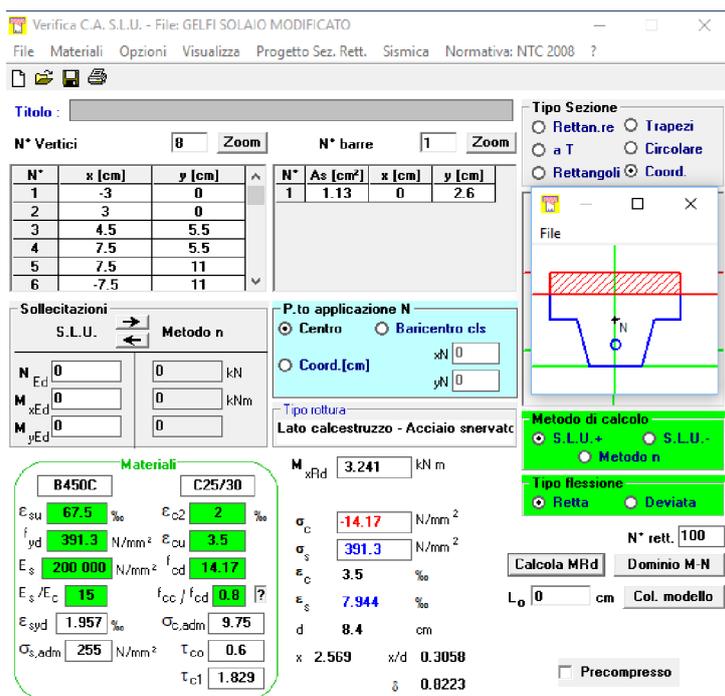


Figura 6 - Verifica nel software del prof. Gelfi

Il momento resistente calcolato dal programma Gelfi è  $M_{res} = 3.241 \text{ kNm} = 324.1 \text{ kgm/nervatura}$  valore prossimo a quello calcolato da IS Fuoco (329.25 kgm/nervatura).

### Analisi a caldo

Si è poi effettuato il calcolo meccanico in condizioni di incendio, la curva temperatura/tempo utilizzata è quella ISO 834, che è cogente quando l'attività soggetta a procedura di conformità antincendio è coperta da regola tecnica verticale. La superficie esposto al fuoco per 60 minuti è l'intradosso della sezione di calcestruzzo priva della lamiera grecata.

Il momento resistente a 60 minuti di esposizione al fuoco risulta essere superiore al momento agente calcolato con la combinazione eccezionale a Stato Limite Ultimo, quindi la verifica risulta essere soddisfatta.

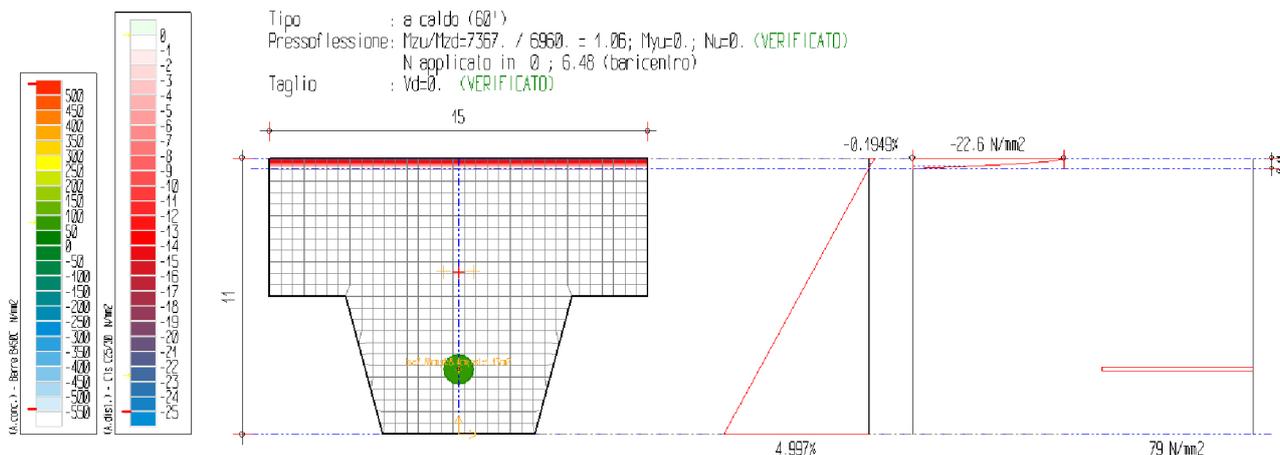


Figura 7 - Verifica a meccanica a caldo (60 minuti) in IS Fuoco (momenti espressi in daNcm)

Anche la verifica a caldo a taglio in condizioni di incendio risulta essere soddisfatta.

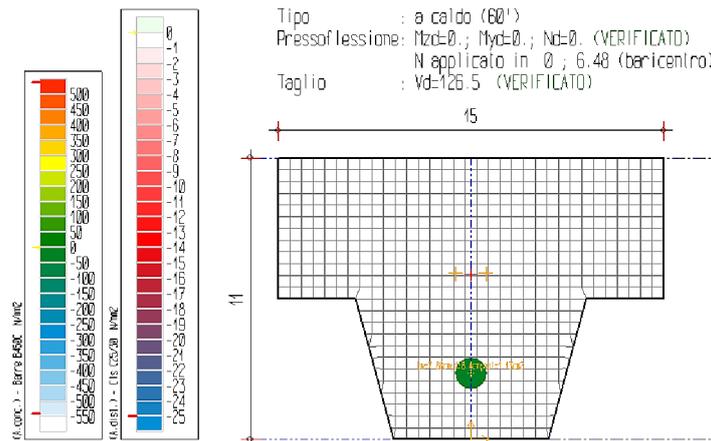


Figura 8 - Verifica a taglio in IS Fuoco (taglio espresso in daN)

### Conclusioni

I solai in lamiera grecata e getto collaborante in calcestruzzo C25/30, aventi le caratteristiche geometriche, luce di calcolo e carichi applicati come sopra assunti, hanno resistenza al fuoco non inferiore a R60.

Eventuali modifiche di uno qualsiasi dei dati di input determinano la necessità di effettuare una nuova verifica di resistenza al fuoco. La presente relazione considera il solo requisito di resistenza R60 e non considera altri requisiti quali quello di tenuta "E" e di isolamento "I".