

## Perché le lastre Predalle possono esplodere: resistenza al fuoco di manufatti prefabbricati in calcestruzzo armato alleggeriti con polistirene

■ Ing. Andrea Franchi dalla prima pagina  
ingfranchi@libero.it

Collaudatori e Costruttori sull'importanza di progettare e realizzare fabbricati realmente capaci di consentire lo sgombero in sicurezza delle persone che si trovano coinvolte in un incendio. Non meno importante è la progettazione della sicurezza dei soccorritori che si trovano a dover intervenire sul luogo dell'incendio.

In Italia, a differenza degli altri paesi europei, è molto diffuso l'impiego di manufatti prefabbricati alleggeriti con polistirene anche in fabbricati che devono avere caratteristiche

REI elevate. Personalmente ritengo che l'uso di questi manufatti sia un'ottima idea, in quanto permette una riduzione della quantità del calcestruzzo impiegato. Il minor peso della costruzione, tenendo conto che il ns. paese è quasi tutto sismico, comporta benefici economici non trascurabili. Questa soluzione, di per sé brillante, può portare però a situazioni di grave pericolo, qualora i manufatti alleggeriti siano stati progettati e realizzati senza tenere conto sia delle Norme vigenti che della conoscenza del comportamento degli edifici negli incendi reali.

Il DM 09.03.2007 abolisce definitivamente la nota Circolare 91/61, utilizzata per molti anni da produttori "furbetti" per certificare una resistenza al fuoco inesistente nei loro manufatti prefabbricati in c.a. o c.a.p. Riprendendo il DM del 04/05/1998 e la Circolare della Direzione Generale della Protezione Civile dei Servizi Antincendio N° P 130/4101 sott. 72/E del 31.01.2001, il DM 16.02.2007 riconferma la validità della Norma UNI 9502/2001 quale metodo per il calcolo analitico o tabellare delle



strutture in c.a. e c.a.p., fintanto che non saranno pubblicate le appendici nazionali degli Eurocodici.

Per ritornare all'oggetto dell'articolo, la Norma UNI 9502 richiama l'attenzione dei progettisti ad un impiego accorto del polistirene come alleggerimento. In particolare, l'art. 7.2.2 stabilisce che "Nel caso di elementi che inglobino materiali che alle alte temperature diventano gas, occorre predisporre opportuni sfoghi, in direzione della faccia esposta al fuoco, per evitare che la tenuta venga compromessa da esplosioni." Questo concetto è stato ripreso anche dal DM 16.02.2007, dove l'Allegato D stabilisce, per i solai a lastre con alleggerimento in polistirene o materiali affini, di prevedere opportuni sfoghi delle sovrappressioni. L'associazione nazionale dei produttori di manufatti cementizi Assobeton ha redatto da alcuni anni per i propri associati le Linee Guida esplicative ed interpretative della Norma UNI 9502 ed anch'essa ha evidenziato l'importanza della presenza di sfoghi o fori in caso d'incendio. La loro assenza, infatti, comporta il pericolo di scoppi a causa della formazione di sovrappressioni dovute al riscaldamento dell'aria presente nell'alleggerimento.

Come si evince dalle foto dell'articolo, l'aria presente all'interno del manufatto alleggerito provoca dei rigonfiamenti e degli scoppi del manufatto stesso, compromettendone la statica a causa della modifica della sua geometria iniziale.

Un incendio reale è un evento di difficile descrizione matematica, stante la sua complessità fisica e la presenza di svariati fattori aleatori che condizionano e concorrono all'evoluzione dello stesso. Un elemento strutturale sottoposto ad un incendio viene esposto a temperature molto elevate fin dai primi minuti. Con riferimento all'incendio convenzionale citato nella Norma UNI 9502, l'andamento della temperatura con il variare del tempo è espresso dalla formula seguente:

$$T = 20 + 345 \times \log_{10} (8 \times t + 1) \text{ } ^\circ\text{C}$$

dove "T" è la temperatura in Centigradi e "t" il tempo in minuti di sviluppo dell'incendio.

A titolo di esempio, la temperatura dell'aria nell'ambiente in cui è presente un incendio, dopo 5 minuti è di 576 °C e dopo 10 minuti è pari a 678 °C.

Per inerti prevalentemente calcarei ed acciai ordinari, la Norma UNI 9502 fornisce delle curve di comportamento dei materiali (conducibilità termica, calore specifico, curve di degrado, ecc.), oltre ad indicazioni sulla distribuzione della temperatura all'interno di un manufatto pieno, come ad esempio il prospetto 1 all'art. 6.3.1. In prima approssimazione, possiamo utilizzare questa tabella anche per un manufatto alleggerito.

Le lastre prefabbricate prédalle sono costituite da una lastra piana in calcestruzzo di circa 5 cm di spessore, contenente le barre di armatura resistenti a flessione, irrigidita da tralicci elettrosaldati per le fasi transitorie di trasporto e sollevamento e con parallelepipedi di polistirene tra un traliccio e l'altro che costituiscono l'alleggerimento del solaio, quando questo verrà completato con un getto di calcestruzzo in cantiere.

Dal prospetto citato sopra, dopo 30 minuti, la temperatura di un punto distante 5 cm dal lato esposto al fuoco, cioè in corrispondenza del polistirene in una lastra di solaio prédalle, è pari a 114 °C, valore dello stesso ordine di grandezza a cui lo stesso sublima.

Fin dai primi minuti dall'inizio dell'incendio, l'aria inglobata nel polistirene si riscalda progressivamente con il passare del tempo. E' noto che qualsiasi gas racchiuso in un volume fisso aumenta di pressione con l'aumentare della temperatura (pensiamo ai pneumatici d'estate). Una definizione

in armonia  
con il tuo spazio

**ANTONIAZZI**  
INDUSTRIA DELLA PAVIMENTAZIONE DAL 1929

Via Crembina 11/13 • 26026 Pizzighettone (CR) ITALY  
Tel. 0372/7391 • Fax 0372/744850

matematica abbastanza semplice, ma che comunque può fornire indicazioni di massima di questo fenomeno, è la nota Equazione di Stato dei gas:

$$P V = n R T$$

dove, per un gas perfetto, si hanno:

P= pressione del gas  
 V= volume del gas  
 n= numero legato al quantitativo di molecole del gas  
 R= costante dei gas (8.314 J/mol °K)  
 T= temperatura assoluta del gas (°Kelvin)

Si nota immediatamente che nel ns. caso, essendo V, n ed R dei valori costanti, si ha necessariamente che:

$$P/T = \text{costante}$$

erano stati predisposti degli sfoghi negli alleggerimenti, la presenza del polistirene non ha comportato nessun danno. Perciò non è il polistirene ad essere nocivo per la resistenza al fuoco dei manufatti alleggeriti, bensì l'assenza di sfoghi.

L'esplosione del manufatto provoca una diversa geometria della sezione resistente durante l'incendio. Le armature sono così aggredite dal fuoco su più lati e l'estradosso del solaio è anch'esso esposto alle fiamme; la sua temperatura aumenta rapidamente, con conseguenze pericolose per l'incolumità delle persone presenti nei locali sovrastanti.

Ogni anno in Italia vengono prodotti oltre 10 milioni di m<sup>2</sup> di lastre prefabbricate alleggerite, per la maggior parte resistenti al fuoco, con le quali si realizzano



ossia, se la temperatura del gas aumenta, la pressione del gas aumenta della stessa quantità al fine di conservare costante il loro rapporto.

Le temperature assolute dei gas si ottengono sommando 273° alle temperature in °Centigradi. Pertanto 20 °Centigradi (temperatura ambiente) sono pari a 293 °Kelvin.

Come visto in precedenza, dopo 30 minuti la temperatura dell'aria nelle camere che si sono formate con la sublimazione dei parallelepipedi in polistirene è di 114 °Centigradi ossia 387 °Kelvin.

Per la formula vista sopra, la temperatura dell'aria è aumentata del 32% (387 °K/293 °K) e conseguentemente anche la sua pressione è aumentata del 32%. Ciò significa che, dopo 30 minuti, l'aria del polistirene sublimato esercita una pressione di 0,32 atm, ossia 32 KN/m<sup>2</sup>, valore enorme e sicuramente non sopportabile dalla lastra prédalle. Da qui l'esplosione.

Le foto mostrate nell'articolo sono una chiara ed inconfutabile prova di questo fenomeno.

Un test sperimentale ha evidenziato che un manufatto alleggerito con polistirene, progettato per avere una resistenza R120, dopo circa 20 minuti è esploso, mentre dove

solai d'impalcato di ospedali, centri commerciali, scuole, uffici, parcheggi, tutti edifici in cui una reale resistenza al fuoco assume un'importanza vitale per l'incolumità delle persone presenti e dei Vigili del Fuoco che dovessero intervenire in caso d'incendio.

Tutte le aziende produttrici di solai a lastre alleggerite con polistirene certificano i loro manufatti con una dichiarazione di resistenza al fuoco firmata da un tecnico abilitato, ma solo i prefabbricatori più scrupolosi realizzano lastre prédalle realmente resistenti al fuoco, esenti da esplosioni, adottando dispositivi testati con prove in forno, in grado di assicurare un comportamento del manufatto congruente con i calcoli analitici. Ritengo indispensabile l'utilizzo di dispositivi di sfogo che siano stati testati con prove sperimentali, in quanto è importante determinare la loro corretta quantità e disposizione nei manufatti prefabbricati.

Alcuni produttori fanno finta che il problema non esista e certificano la resistenza al fuoco delle loro lastre prédalle senza adottare alcun dispositivo. Il consiglio che posso dare è di emarginare questi produttori che, con il loro comportamento, squalificano l'intero settore.

Altri produttori,

dimostrando di conoscere il problema della sicurezza antincendio, ricorrono all'uso di dispositivi "fai da te", quali tappi di sughero o cubetti di polistirene, che, prendendo fuoco in caso d'incendio, realizzano gli "sfoghi" previsti dal normatore.

Il principale limite di questi dispositivi è che la loro affidabilità ed efficacia dipendono troppo dalla cura e perizia con cui gli operai li posizionano nel calcestruzzo fresco della lastra prédalle.

Vedo questi dispositivi "fai da te" come il tentativo di trovare una scorciatoia, finalizzata solo ad un piccolo risparmio economico, piuttosto che alla ricerca di una nuova tecnologia per una maggiore sicurezza antincendio.

Nel momento in cui ai produttori di manufatti prefabbricati si richiedono maggiori controlli conseguenti alla marcatura CE obbligatoria, la ricerca di alternative di questo tipo non qualifica né il prodotto né il produttore.

Lo stesso si può dire di dispositivi messi in commercio senza essere precedentemente testati in un forno di prova oppure venduti come distanziatori, al fine di scaricare su tecnici e produttori che li adottano ogni responsabilità connessa al loro utilizzo.

Fortunatamente, i produttori più qualificati di lastre prédalle adottano dispositivi testati e sicuri ed i Progettisti dovrebbero orientare i Costruttori verso di loro. Colgo l'occasione per ricordare che l'art. 9 della Legge 1086/1971 stabilisce che il Progettista delle strutture è responsabile dell'organico inserimento e della previsione di utilizzazione dei manufatti prefabbricati nel progetto. Pertanto l'impiego di lastre di solaio con resistenza al fuoco solo sulla carta e non reale

coinvolge le responsabilità civili e penali, non solo del Produttore, del Collaudatore e dei Costruttori, ma anche del Progettista.

Occorre ricordare che la dichiarazione del Produttore non è sufficiente a sollevare i Professionisti o il Costruttore dalle loro responsabilità, in quanto le conseguenze dell'assenza di sfoghi nelle lastre prédalle in caso d'incendio sono note ed ampiamente diffuse nella letteratura tecnica.

Da qui il mio invito a Progettisti, Direttori dei Lavori, Collaudatori, Costruttori, Funzionari dei VVFF, a controllare con attenzione l'idoneità al fuoco dei manufatti impiegati nella costruzione di edifici. La resistenza al fuoco non deve ridursi ad un mero adempimento burocratico, ma deve essere raggiunta realmente con una corretta progettazione ed una altrettanto corretta realizzazione.

## Conclusioni

È quindi indispensabile che gli sfoghi richiesti dai DM in vigore e dalla Norma UNI 9502 siano adottati in tutti i manufatti alleggeriti con polistirene al fine di scongiurare l'esplosione del manufatto stesso. Questi sfoghi possono essere veri e propri fori passanti nel manufatto oppure sfciati testati in laboratori autorizzati dal Ministero dell'Interno.

Da diversi anni, sono in commercio sfciati in materiale termoplastico (ad es. Jet Ruredil) che incidono sul costo del solaio, tenendo conto della mano d'opera per il loro posizionamento, di circa 0,40 €/m<sup>2</sup>, valore irrisorio rispetto alla globalità dei costi necessari per realizzare un edificio e dotarlo di tutti gli impianti ed attrezzature necessarie per il suo utilizzo.

**Architrave Tri Plok**

MARCATO CE UNI EN 845-2:2004

CE ARCHITRAVE TRI PLOK UNI EN 845-2:2004 (Direttiva 89/106/CCE)

**Cantiere Tri Plok**

Arredo Urbano - Arredo Giardino  
 Fioriere - Fontane - Manufatti su misura  
 e a progetto

**Cantiere Tri Plok**  
 Via S. Pellico, 19 - 24060 MONTELLO (Bg)  
 Tel. 035 687 130/2 - Fax 035 687 121  
 www.triplok.it • info@triplok.it  
 Azienda che opera con Sistema Qualità  
 certificato a norma UNI EN ISO 9001:2000