

LA PROTEZIONE PASSIVA NEI TUNNEL FERROVIARI E STRADALI

Ing. Michele Gianceselli - Direttore Tecnico – Laboratorio W.L.F. Warrington Lapi Fire s.r.l.
ARTICOLO TRATTO DALLA RIVISTA "ANTINCENDIO"

INTRODUZIONE

L'incendio che si sviluppa in una galleria genera un attacco termico nei confronti dei materiali utilizzati che non può essere paragonato a quanto accade per gli edifici. L'altissima temperatura e la velocità con cui viene raggiunta sottopongono i materiali utilizzati ad un attacco termico assai gravoso; i danni che ne conseguono sono elevatissimi sia in termini di vite umane che di danni economici diretti ed indotti. La scelta del protettivo da applicare ai soffitti delle opere sotterranee, dal punto di vista del comportamento all'incendio, deve essere fatto sulla base di un prova sperimentale che cerchi di simulare l'attacco termico reale e che permetta di valutarne le prestazioni nella maniera corretta. Non è, infatti, il principio della compartimentazione che viene preso in considerazione ma il dover limitare i danni sul soffitto in modo tale da ridurre i costi per il ripristino e contenere i tempi per la riapertura della galleria. A questo scopo è stata pubblicata la norma UNI 11076 che definisce sia le modalità di prova per i protettivi dei soffitti delle opere sotterranee che i parametri che devono essere presi in considerazione per la loro classificazione.



Figura 1: Incendio in galleria

La protezione al fuoco delle strutture presenti nelle opere sotterranee, è argomento che è già stato affrontato e sviluppato ampiamente anche all'interno di questa rivista, ma vuole solo presentare brevemente un importante passo in avanti compiuto a livello nazionale. È stata infatti pubblicata la norma UNI 11076 che introduce il metodo di prova per la valutazione delle prestazioni dei materiali

in relazione alla loro “abilità” nella protezione delle strutture delle opere sotterranee fornendone un criterio per la valutazione.

Cercheremo quindi di descrivere le modalità e le condizioni di prova per cercare di dare un strumento per “leggere” in maniera corretta la classificazione del prodotto.

L’incendio che può svilupparsi all’interno dei tunnel genera un attacco termico nei confronti degli elementi strutturali, in termini di velocità di innalzamento della temperatura e di temperatura massima raggiunta, che non può essere paragonato a quello che si utilizza per le normali prove di resistenza al fuoco negli edifici.

Per valutare nel modo più adeguato i materiali da utilizzare a protezione delle strutture utilizzate nelle gallerie sono stati sviluppati, basandosi sui dati rilevati durante i numerosi incendi reali che si sono verificati negli ultimi anni e dai dati sperimentali disponibili, curve d’incendio che cercano di riprodurre sperimentalmente le modalità di sviluppo del calore quando all’interno di una galleria si genera un evento così catastrofico, per le implicazioni sia in termini di vite umane che in termini di danni economici diretti ed indotti, come quello di un incendio.

Nel dicembre del 2003 è stata pubblicata dall’UNI la norma 11076: Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizione d’incendio.

Essa si applica quando è necessaria la valutazione del comportamento di materiali protettivi, utilizzati come rivestimenti interni di soffitti in conglomerato cementizio di opere sotterranee (gallerie stradali, ferroviarie, metropolitane ecc.) soggette a rischi d’incendio derivante da mezzi di trasporto e dal loro contenuto.

Lo scopo è quello di verificare che il materiale protettivo utilizzato sia in grado di rimanere ancorato alla struttura da proteggere e compatto, in modo tale da continuare a garantire le sue prestazioni di isolamento termico e contenere, quindi, l’innalzamento della temperatura della volta in calcestruzzo evitando, il verificarsi di cedimenti strutturali causati da un raggiungimento, da parte della struttura, della temperatura critica che comporterebbe la perdita della sua capacità portante (da intendersi come la rottura ed il collasso della soletta in calcestruzzo). Il protettivo sarà dunque valutato per la sua capacità di mantenere la temperatura ben al di sotto di quella critica ed il fine è quello, come sarà spiegato di seguito, di ridurre o meglio contenere i danni ancor prima della perdita della capacità strutturale.

Come curva temperatura-tempo da realizzare all’interno del forno sperimentale viene recepita la curva RWS, ritenuta come una delle curve più rappresentative dello sviluppo dell’incendio all’interno di un tunnel, sviluppata in Olanda negli anni settanta. Essa rappresenta un incendio di un serbatoio di combustibile liquido, con un carico di 300 MW per la durata di due ore, cioè fino al suo esaurimento, considerando un tunnel di riferimento lungo 600 m, una sezione pari 50 m² e nessuna apertura di ventilazione.

L’andamento della temperatura nel tempo è rappresentato nella

Figura 2: nei primi 5 minuti cresce molto rapidamente, raggiungendo i 1140 °C (la curva ISO 834 normalmente utilizzata arriva a 576 °C), poi continua a crescere fino ai 60 minuti quando raggiunge i 1350 °C per ritornare a 1200 °C dopo 120 minuti. La UNI 11076 non prevede il proseguimento oltre i 120 minuti e la valutazione delle prestazioni del protettivo vengono valutate solo al termine della prova.

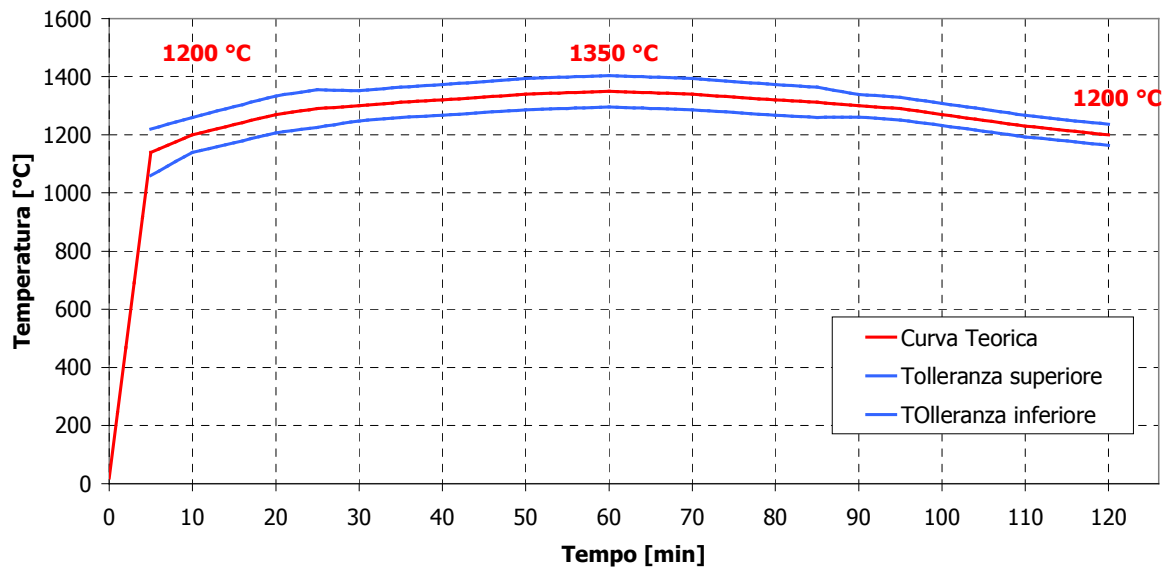


Figura 2: UNI 11076 Curva Temperatura Tempo

Il protettivo, conforme a quello utilizzato in pratica, deve essere applicato su di una struttura di supporto normalizzata.

In fase di assemblaggio vanno verificate le proprietà del materiale, soprattutto nella determinazione della massa volumica, del contenuto di umidità, nelle modalità di fissaggio ed assemblaggio (numero e tipologia dei giunti, numero e posizione di tasselli od altri elementi di fissaggio, ecc.).

In particolare, prima dell'esecuzione della prova, devono essere verificati:

- spessore minimo e massimo del protettivo, la misura deve essere eseguita con strumenti idonei a seconda della tipologia di materiale;
- la massa volumica;
- contenuto di umidità;

Le misure della massa volumica e del contenuto di umidità vengono eseguite al momento del montaggio sull'elemento di supporto del protettivo ed al momento della prova. Tutti i dati vengono alla fine riportati all'interno del rapporto di prova.

La UNI 11076 prende in considerazione i protettivi a lastre ed i protettivi spruzzati:

- per i protettivi a lastre le prove vengono effettuate su un campione di almeno 300x300 mm prelevato dalle lastre utilizzate per la prova;
- per i protettivi spruzzati vengono eseguite su un campione realizzato applicando il prodotto su un supporto metallico (300x300 mm spessore 3 mm) durante la fase di spruzzatura sul supporto da sottoporre a prova.

Il campione, costituito da soletta normalizzata e protettivo, può essere sottoposto a prova solamente quando i valori di massa volumica risultano costanti e, in ogni caso, non prima di 30 giorni dall'applicazione del protettivo.

Questo controllo del materiale utilizzato per la prova è estremamente importante in quanto introduce un fattore che lo differenzia da quanto viene fatto attualmente per la resistenza al fuoco; i controlli eseguiti per la determinazione della densità e del contenuto di umidità servono a garantire che i prodotti provati siano effettivamente rappresentativi di quelli installati in cantiere (oltre al controllo sulle modalità di applicazione), ma soprattutto che vengano utilizzati materiali che non

basano parte delle loro caratteristiche di resistere al calore solo all'umidità contenuta all'interno. Il rischio, chiaramente, è quello di provare prodotti con contenuti di acqua, legata in modo instabile, differente da quella che poi sarà presente in opera.

L'applicazione del protettivo avviene su un supporto normalizzato rappresentato da una soletta in calcestruzzo armato (densità $2400 \pm 5\% \text{ kg/m}^3$) con dimensioni esterne minime di $1650 \times 1650 \text{ mm}$ e spessore 150 mm ; deve, inoltre, essere posizionata una rete elettrosaldata con maglia da $200 \times 200 \text{ mm}$ diametro 12 mm posta a 25 mm dall'intradosso del supporto stesso. Prima di poter applicare il rivestimento la soletta deve stagionare per almeno 3 mesi.

L'applicazione del protettivo deve ricoprire un'area minima costituita dalla parte centrale della soletta di supporto pari a $1450 \times 1450 \text{ mm}$ e, in ogni caso, deve lasciare libera una cornice di larghezza pari a 100 mm . Il campione così realizzato viene applicato in corrispondenza della bocca del forno in modo tale da esporre alle fiamme la parte di elemento di supporto con applicato il protettivo; la cornice perimetrale della soletta risulta direttamente appoggiata al perimetro della bocca del forno, dove deve essere stata posizionata un'apposita sigillatura realizzata con materiale isolante (ad esempio fibra ceramica di spessore adeguato e densità almeno 128 kg/m^3). Un esempio di installazione sulla bocca del forno del campione è riportato in Figura 4.



Figura 4: posizionamento del campione sulla bocca del forno

La classificazione del protettivo avviene in maniera diversa da quello che normalmente avviene per la resistenza al fuoco; infatti non si classifica il campione con la sigla REI seguita dal numero che

esprime i minuti durante i quali risultano mantenuti i criteri prestazionali previsti (stabilità, tenuta ed isolamento).

In questo caso non è il principio della compartimentazione che viene valutato; in altri termini non deve essere verificata l'abilità di un elemento da costruzione a tenere confinato l'incendio all'interno della struttura, ma che la struttura venga protetta dall'innalzamento della temperatura e che quindi non raggiunga la temperatura critica che comporterebbe la perdita della sua capacità strutturale. La soglia da verificare durante la prova non sarà la temperatura di collasso ma una temperatura molto inferiore per la quale i danni sul calcestruzzo risultano contenuti (effetto spalling) molto prima, quindi, che si raggiungano le condizioni critiche dal punto di vista strutturale. Questo concetto di protezione è estremamente interessante e differenzia in maniera sostanziale la classificazione del materiale protettivo da quanto si è abituati a valutare nella protezione passiva all'incendio.

Il parametro fondamentale che, quindi, viene valutato durante la prova è l'incremento di temperatura in corrispondenza dell'intradosso della soletta (all'interfaccia con il protettivo) e della rete elettrosaldata a 25 mm dall'intradosso del supporto.

La UNI 11076 richiede che vengano rilevate le temperature in alcune posizioni specifiche e valutate al termine dei 120 minuti di prova; in base ai valori raggiunti il protettivo può essere inserito all'interno di una delle tre classi previste, oppure ritenuto non classificabile qualora l'isolamento garantito al termine della prova risulti non adeguato.

Il motivo principale che ha spinto a questa scelta è che si suppone che dopo due ore i vigili del fuoco dovrebbero essere in grado di raggiungere il luogo dove si è sviluppato l'incendio e cominciare l'opera di spegnimento. Il protettivo installato deve quindi garantire il minimo danneggiamento alla struttura fino a quando l'opera di estinzione dell'incendio si è conclusa.

Le termocoppie vengono applicate nel modo seguente:

- almeno tre termocoppie nella parte inferiore della rete elettrosaldata a 25 mm dall'intradosso della struttura di supporto, una al centro e due al centro delle semidiagonali opposte;
- almeno tre termocoppie posizionate sull'interfaccia fra supporto e rivestimento protettivo, una al centro e due al centro delle semidiagonali opposte.

Al termine della prova si valuta l'incremento di temperatura rilevato dalle termocoppie applicate e, in base ai valori raggiunti, si verifica se è possibile attribuire una classificazione; se i valori dovessero superare i massimi consentiti al materiale protettivo non potrà essere attribuita nessuna classe.

Le classificazioni previste dalla UNI 11076 sono riportate nella Tabella 1.

CLASSIFICAZIONE	POSIZIONE	
	RETE ELETTROSALDATA	INTERFACCIA PROTETTIVO
T1	$\Delta T_{med} \leq 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{max} \leq 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{med} \leq 330 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{max} \leq 380 \text{ }^{\circ}\text{C}$
T2	$\Delta T_{med} \leq 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{max} \leq 290 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{med} \leq 280 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{max} \leq 420 \text{ }^{\circ}\text{C}$
T3	$\Delta T_{med} \leq 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{max} \leq 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{med} \leq 430 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{max} \leq 460 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Tabella 1: Classificazione del protettivo

La scelta di rilevare le temperature nei punti descritti deriva principalmente dalla necessità di verificare che il calcestruzzo (temperature all'interfaccia) rimanga al di sotto delle temperature per le quali potrebbe cominciare a deteriorarsi (effetto spalling) e che le temperature in corrispondenza della rete elettrosaldata siano tale da non arrivare alla perdita della capacità portante del manufatto. Ancora una volta vale la pena sottolineare che quello che si chiede al protettivo è di ridurre al minimo i danni fino a quando l'incendio non è stato spento e non di contenere l'incendio nel compartimento, così come richiesto alla protezione passiva nelle costruzioni.

Classificando il protettivo come riportato nella norma, il professionista ha la possibilità di scegliere il materiale che garantisce il risultato migliore in funzione della tipologia di elemento strutturale in calcestruzzo che deve proteggere.

È chiaro che questo rappresenta solo uno dei molteplici problemi che un progettista si trova ad affrontare nello studio e nella realizzazione di un'opera sotterranea destinata al transito di veicoli, treni, metropolitane ecc., ma comunque si tratta di un riferimento attendibile per scegliere materiali che in caso di incendio riescano realmente a contenere i danni all'interno dei parametri progettuali richiesti. Vale a dire che il protettivo utilizzato, alla fine, deve essere in grado di ridurre il danneggiamento delle strutture in calcestruzzo armato per contenere i danni economici dovuti al ripristino della struttura e quelli direttamente collegati alla chiusura al traffico entro i valori ritenuti accettabili.

A conclusione si accenna brevemente al fatto che altri fattori devono comunque essere presi in considerazione per la scelta del protettivo più idoneo, come ad esempio la resistenza alla pressione-depressione causata dai veicoli in movimento, la durata nel tempo e la resistenza agli agenti atmosferici (umidità, gelo, sale antigelo ecc.), resistenza all'abrasione e agli urti meccanici, garanzia di funzionalità di giunti e fissaggi, e tutti quei parametri che dimostrino che il protettivo mantenga le sue caratteristiche nel tempo.