

COPPELLE DI PROTEZIONE PER TIRANTI DI CAPANNONI CON TETO A VOLTA

Il Comitato Tecnico Europeo per i tiranti di capannoni a volta non ha per il momento prolungato nuove norme sperimentali della Circolare 91 del Ministero del Interno Italiano.

I V.V.F. Per tanto accettano il *Mod.Cert.Rei.2008* redatto da professionista iscritto alla 818 con calcolo analitico a Norma UNI e certificato di prova secondo Circolare 91 redatto dal medesimo professionista. (vedi esempio)

STUDIO KAPPA

Calcolo dello spessore del rivestimento di protezione dei tiranti metallici della copertura a volta per un resistenza d'incendio di R 180 in base alla norma UNI 9503

STUDIO KAPPA del Dott. Ing. Dino Kern
20124 Milano - C.so Buenos Aires n° 77/A
Tel. 6690473 - 6706157 Telefax 6690473

1) Descrizione del capannone ed indicazioni delle sollecitazioni ipotizzate nel calcolo

Il capannone è rettangolare a doppia volta. Le due volte hanno dimensioni in pianta di m 12 x m 22.

La volte sono in laterizio misto, spessore medio 26 cm, con tiranti metallici di diametro 25 mm posti ad interasse di 5 m.

Non essendo in possesso dei calcoli statici, e quindi delle sollecitazioni a cui la struttura è soggetta, e delle caratteristiche dei materiali, viene ipotizzata in favore della stabilità una tensione massima nel tirante, comprensiva dell'effetto di vento e neve, di 1200 Kg/cm². I tiranti sono supposti essere di ferro omogeneo Fe B 22 K con tensione minima di snervamento di 215 N/mm², valore indicato nella Gazzetta Ufficiale n° 29 del 5 febbraio 1996.

2) Caratteristiche dell'elemento isolante di rivestimento

I tiranti verranno completamente rivestiti con coppelle in silicalcite fornite dalla ditta DS DICTATOR S.r.l., tenute in posa da "DS STOP FIRE", un collante ceramico fornito dalla stessa ditta, e serrate esternamente da fili in acciaio inossidabile.

Le caratteristiche del materiale sono:

$$\rho_i = \text{densità del materiale isolante} = 240 \text{ Kg/m}^3$$

$$c_i = \text{calore specifico del materiale isolante} = 753 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

Secondo l'indicazione al punto 9.2.1.3 del documento UNI 9503 il calcolo dello spessore del rivestimento differisce in funzione della densità del rivestimento stesso in rapporto alla densità dell'elemento da proteggere. Nel caso in esame il materiale isolante è da considerarsi "leggero", potendosi così applicare la formula come al punto 9.2.2.1. Vale infatti:

$$\frac{\rho_a c_a V}{2 \rho_i c_i d_i S_i} \approx 0,87 < 1$$

dove:

$$\rho_a = \text{densità dell'acciaio} = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$c_a = \text{calore specifico dell'acciaio} = 520 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$V = \text{volume del tirante di acciaio}$$

$$\rho_i = \text{densità del materiale isolante}$$

$$c_i = \text{calore specifico del materiale isolante}$$

$$d_i = \text{spessore del rivestimento, posto indicativamente a 8 cm.}$$

$$S_i = \text{superficie interna del rivestimento per unità di lunghezza a contatto con il tirante} = 7,9 \text{ cm}$$

Inoltre, benché nel rapporto di prova n° 96756/1506RF effettuata dall'Istituto Giordano sulle coppelle fornite dalla DS DICTATOR sia riportata l'osservazione di fuoriuscite di vapore acqueo dagli elementi di protezione per la durata di circa un'ora, in questa relazione tali elementi sono considerati "secchi", e quindi a favore della stabilità non è stato introdotto alcun ulteriore ritardo nei tempi di resistenza al fuoco.

3) Calcolo dello spessore del rivestimento per R 180

I calcoli sono stati effettuati seguendo scrupolosamente le indicazioni del documento UNI 9503 dell'Aprile 1989 (CDU 699.812.2:691).

Per quanto visto al punto 2) la formula utilizzata per il calcolo di resistenza della struttura in esame in caso di incendio è quella indicata al punto 9.2.2.1 dello stesso documento:

$$\Delta\theta_a = \frac{1}{\rho_a c_a} \frac{\lambda_i}{d_i} \frac{S}{V} (\theta_f - \theta_a) \Delta t$$

con:

$\Delta\theta_a$ = incremento di temperatura dell'elemento in acciaio nell'unità di tempo

ρ_a = densità dell'acciaio = 7850 Kg/m³

c_a = calore specifico dell'acciaio ≈ 520 J/Kg °C

λ_i = coefficiente di conduttività termica dell'isolante

d_i = spessore del rivestimento, posto indicativamente a 8 cm.

S/V = fattore di massività = rapporto tra superficie esposta al fuoco e volume dell'elemento in acciaio

θ_f = temperatura dell'aria

θ_a = temperatura dell'elemento in acciaio

Δt = unità (intervallo) di tempo a cui è riferito il calcolo.

$\Delta\theta_a$ rappresenta l'incremento (infinitesimo) di temperatura che l'elemento in acciaio subisce nell'intervallo di tempo considerato (Δt), in funzione dello sviluppo dell'incendio e delle caratteristiche del materiale isolante (in particolare lo spessore d_i).

La soprascritta formula viene applicata iterativamente fino al raggiungimento della temperatura critica per l'elemento in acciaio.

L'incendio, come indicato da norma UNI, è supposto normalizzato, e il suo sviluppo è dato al punto 9.1.1. Inoltre, poiché è richiesto il calcolo per R 180, in 180 minuti la temperatura dell'elemento in esame subisce una variazione di alcune centinaia di gradi, e pertanto, anziché utilizzare un valore costante per il calore specifico dell'acciaio, è stata usata per esso la relazione al punto 8.1.2 della norma UNI:

$$c_a(\theta_a) = 470 + 2 \cdot 10^{-1} \theta_a + 38.1 \cdot 10^{-5} \theta_a^2$$

dove:

c_a = calore specifico

θ_a = temperatura dell'elemento in acciaio

Nel calcolo gli intervalli temporali sono stati posti pari a 30 s, assunzione che nel caso in esame rientra nelle indicazioni di cui al punto 9.1.1.1.

Il valore calcolato per lo spessore degli elementi protettivi dei tiranti per R 180 è di 7,1 cm. E' stato comunque concordato con la Ditta fornitrice di disporre elementi protettivi dello spessore 8,0 cm, ed con questo valore che è stata calcolata la resistenza al fuoco degli elementi portanti secondo il documento UNI 9503. I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente, dove per semplicità sono stati posti solamente i valori relativi ad intervalli di 15 minuti:

Tempo di esposizione t minuti	Temperatura del gas °C	Temperatura dell'elemento °C	Rapporto dei fattori di snervamento f(y,T) / f(y)
15	734	50	0,982
30	842	91	0,960
45	902	132	0,934
60	945	173	0,903
75	979	212	0,869
90	1006	250	0,832
105	1029	287	0,794
120	1049	321	0,753
135	1067	355	0,710
150	1082	386	0,667
165	1097	416	0,622
180	1110	445	0,576
195	1122	473	0,529
210	1133	499	0,482
225	1143	524	0,434

Come esposto al punto 10.1 della norma UNI, lo stato limite ultimo di collasso è dato

dal rapporto $\frac{f_{y,\theta}}{f_y}$, dove $f_{y,\theta}$ è il limite convenzionale di sfibramento ad alta temperatura e

f_y è la tensione di snervamento a temperatura ordinaria. Il valore critico di questo rapporto può essere determinato dal rapporto a temperatura ordinaria tra carico effettivo dell'elemento in esame (P) ed il carico che ne comporta la rottura (P_u), corretto da un fattore χ pari a

0,85. Questo rapporto, $\chi \frac{P}{P_u}$, risulta pari a 0,464.

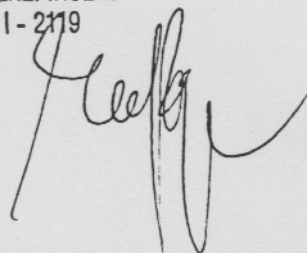
Al variare della temperatura $\frac{f_{\gamma,\theta}}{f_{\gamma}}$ assume valori via via decrescenti a partire da 1, ed il valore di 0.464 viene raggiunto dopo 215 minuti dall'inizio dell'incendio.

4) Risultati del calcolo

In base alla tabella sopra esposta risulta quindi che con un rivestimento in silicalcite di 8,0 cm è garantita la resistenza al fuoco in caso di incendio per un tempo superiore ai 180 minuti.

A validità dell'esito raggiunto tramite questo calcolo, lo stesso procedimento è stato applicato anche alla esperienza effettuata dall'Istituto Giordano (cfr. la già citata prova tecnica n° 96756/1506RF), per dimensioni del tirante e del rivestimento come descritti nella relazione, ottenendo un tempo di resistenza al fuoco di 166 minuti, da confrontare con i 172 minuti effettivamente rilevati durante la prova.

Dott. Ing. DINO KERN
MIN. INT. - PREVENZ. INCENDI
MI - 7870 - I - 2119



ESEMPIO DI CALCOLO PER IL PROFESSIONISTA