

Cognome	Nome	Matricola
---------------	------------	-----------------

Ing. Navale. Ing. Civile

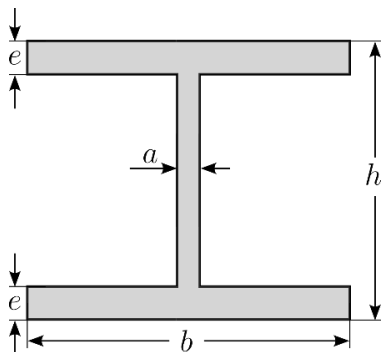
Prova scritta di Fisica Tecnica – Trasmissione del Calore – 15.11.2024

Esercizio

La trave di una struttura edilizia è costituita da un profilato di acciaio ($\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, $k = 52 \text{ W/(m K)}$, $c = 520 \text{ J/(kg K)}$) HEB 180 (UNI 5397-78), illustrato in figura, le cui dimensioni sono $h = 180 \text{ mm}$, $b = 180 \text{ mm}$, $a = 8.5 \text{ mm}$ ed $e = 14 \text{ mm}$.

Ai fini della valutazione della resistenza al fuoco della struttura, si vuole conoscere la temperatura della trave dopo un'esposizione di 20 minuti ad aria alla temperatura t_∞ , assumendo un coefficiente di scambio termico convettivo (comprensivo del contributo dell'irraggiamento) pari a h ed una temperatura iniziale della trave t_i nei due casi di trave non rivestita e trave rivestita da uno strato di materiale termoisolante di spessore s .

Trascurando, nel caso di trave rivestita, la capacità termica del materiale isolante e l'incremento della superficie esposta all'aria, valutare nell'ordine:



- 1) La lunghezza caratteristica della trave.
- 2) Il numero di Biot nel caso della trave non rivestita.
- 3) La temperatura finale della trave non rivestita.
- 4) Il numero di Biot per la trave rivestita di materiale termoisolante, costituito da fibre minerali a spruzzo, di spessore s e conducibilità termica k_{is} .
- 5) La temperatura finale della trave rivestita.

Tema	t_∞ [°C]	h [W/(m ² K)]	t_i [°C]	s [mm]	k_{is} [W/(m K)]
A	800	200	15	12	0.10
B	820	220	20	15	0.10

Teoria

Analogia elettrotermica:

- definizioni e utilizzo;
- resistenze termiche in serie e parallelo.

Soluzione

La lunghezza caratteristica, vista la forma complessa, si calcola con la

$$L_c = V/A_s$$

che, per una lunghezza unitaria del profilato, si riduce a

$$L_c = V'/A'_s = A/P$$

Nel caso in esame

$$A = 2 \cdot b \cdot e + (h - 2 \cdot e) \cdot a$$

$$P = 4 \cdot b - 2 \cdot a + 4 \cdot e + 2 \cdot (h - 2 \cdot e)$$

1. Trave non rivestita

$$Bi = \frac{h \cdot L_c}{k_{ac}}$$

che nel problema in esame è molto minore di 1.

Dalla

$$\frac{\theta}{\theta_i} = \frac{t - t_\infty}{t_i - t_\infty} = \exp \left[- \left(\frac{h}{\rho c L_c} \right) \tau \right]$$

si ricava

$$t = t_\infty + (t_i - t_\infty) \exp \left[- \left(\frac{h}{\rho c L_c} \right) \tau \right]$$

2. Trave rivestita

In tal caso l'isolante aumenta la resistenza termica e null'altro, visto che si trascurano gli aumenti di capacità termica e di superficie esposta, pertanto

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{tot}} = \frac{1}{\frac{1}{h} + \frac{s}{k_{is}}}$$

$$Bi = \frac{U \cdot L_c}{k_{ac}}$$

Anche in tale caso, ed a maggior ragione, esso è molto minore dell'unità.

$$t = t_\infty + (t_i - t_\infty) \exp \left[- \left(\frac{U}{\rho c L_c} \right) \tau \right]$$

TEMA	L_c [m]	Bi_{nr} [-]	T_{nr} [°C]	Bi_r [-]	T_r [°C]
A	5.96e-03	2.29e-02	800	9.16e-04	272.4
B	5.96e-03	2.52e-02	820	7.41e-04	239.9

Nota: l'inverso della lunghezza caratteristica L_c è definito, dalla norma UNI 9503 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio – "Fattore di massività". Tale norma, tuttavia, è stata soppiantata dagli Eurocodici e quindi, in teoria, non dovrebbe essere più applicata.