

Tính toán giới hạn chịu lửa của dầm liên hợp thép - bê tông được bọc một phần

Mai Trọng Nghĩa^{1*}

¹ Bộ môn Kết cấu thép - gỗ, Khoa Xây dựng, ĐH Kiến trúc Hà Nội

TỪ KHOẢ

Khả năng chịu lửa
Dầm liên hợp thép- bê tông bọc một phần
Phương pháp bảng tra
Phương pháp đơn giản
Mức tải trọng

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu sơ bộ về dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần, sơ bộ ưu điểm của dầm theo EN -1994. Bài báo trình bày việc tính toán xác định giới hạn chịu lửa của dầm liên hợp thép bê tông được bọc một phần bằng phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản theo Tiêu chuẩn Châu Âu- EN -1994-1-2. Ví dụ tính toán bằng phương pháp bảng tra và phương pháp đơn giản được thực hiện để minh họa. Tính toán bằng phương pháp đơn giản với một số tiết diện dầm để tìm được tiết diện dầm hợp lý nhất. Phương pháp bảng tra được so sánh với phương pháp đơn giản. Bài báo đưa ra đề xuất áp dụng các phương pháp trên trong thực hành. Khuyến nghị áp dụng hai phương pháp trên để chọn được tiết diện dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần hợp lý nhất.

KEYWORDS

fire resistance limit
partially encased composite beam
tabular method
simple method

ABSTRACT

The article gives a preliminary introduction to partially partially encased composite beam, preliminary advantages of beams. This paper presents the calculation of the fire resistance limit of partially encased composite beam by tabular method, simple method according to EN -1994. Calculation examples using tabular method and the simple method are made for illustration. Calculation by simple method with some beam cross section to find the most suitable beam cross section. The tabular method is compared with the simple method. The article makes suggestions to apply the above methods in practice. It is recommended to apply the above two methods to choose the most suitable section of the partially encased composite beam.

1. Giới thiệu

Dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần là dầm sử dụng thép hình kết hợp với bê tông để làm kết cấu chịu lực chính cho công trình. Dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần có những ưu điểm chính: Khả năng chịu lực lớn và độ tin cậy cao: tận dụng được các ưu điểm riêng về đặc trưng cơ lý của cả hai loại vật liệu thép và bê tông.

Dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần có tiết diện đặc chắc hơn dầm thép hình (không bọc bê tông), có thể chịu được nhiệt độ cao hơn với thời gian chịu lửa dài hơn dầm thép. Hạn chế là thi công, lắp đặt phức tạp hơn so với dầm thép.

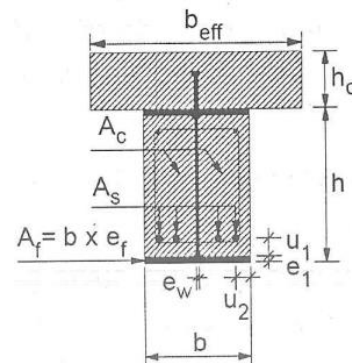
Hiệu quả kinh tế: so với dầm thép thì việc sử dụng dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần sẽ có hiệu quả kinh tế cao hơn, giảm được trọng lượng thép, giảm giá thành so với dầm thép. Ưu điểm về khả năng chống cháy của bê tông làm lớp vật liệu bảo vệ, làm chậm quá trình tăng và truyền nhiệt trong vật liệu thép.

Một số nghiên cứu về sự làm việc của dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần khi cháy:

Trương Quang Vinh [3] có một số nghiên cứu sự làm việc của dầm liên hợp thép - bê tông trong điều kiện cháy khảo sát ảnh hưởng của số bề mặt tiếp xúc lửa, khảo sát ảnh hưởng của tỉ số tải trọng sử dụng, khảo sát ảnh hưởng của độ mảnh cột. Jae-Kwon Ahn, Cheol-

Ho Lee [4] nghiên cứu ứng xử và giới hạn của dầm liên hợp thép bê tông khi cháy.

Trong phạm vi bài báo này tính toán giới hạn chịu lửa của dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản, với nhiều tiết diện thép hình thường dùng theo tiêu chuẩn Châu Âu. Trình bày kết quả khảo sát khả năng chịu lửa của dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần, trong tính toán xét đến với các thông số thay đổi: *nhịp dầm, kích thước tiết diện b, h, tỷ lệ cốt thép tới giới hạn chịu lửa của cốt*. Kết quả thu được đề đưa ra khuyến nghị phục vụ cho việc thiết kế dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần.



Hình 1. Tiết diện dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần.

*Liên hệ tác giả: nghiamt@hau.edu.vn

Nhận ngày 22/07/2023, sửa xong ngày 29/07/2023, chấp nhận đăng 31/07/2023

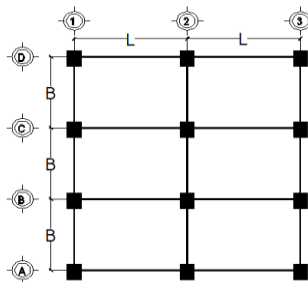
Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2023.521>

2. Xác định giới hạn chịu lửa của dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần

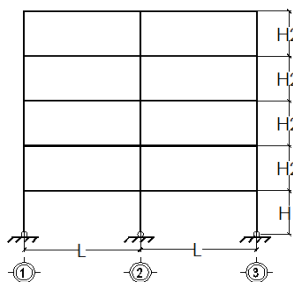
Tiêu chuẩn châu Âu [1] [2] hướng dẫn cách xác định giới hạn chịu lửa của dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần bằng tính toán. Về tính toán, tiêu chuẩn châu Âu nêu đưa ra các phương pháp tính toán: sử dụng bảng tra (chủ yếu để kiểm tra), sử dụng phương pháp đơn giản, phương pháp nâng cao. Tiết diện dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần gồm 3 thành phần chính: thép hình, cốt thép thanh và bê tông.

Về tiết diện thép hình: Tiêu chuẩn Châu Âu sử dụng nhiều loại thép hình với dải tiết diện với số lượng lớn, thuận tiện cho người dùng lựa chọn. Theo [5] sổ tay tính toán thép hình của Châu Âu, các dạng tiết diện thép hình thường sử dụng gồm:

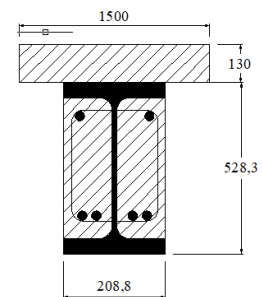
- Tiết diện HE từ HE 100AA đến HE 1000M.
- Tiết diện IPE từ IPE 100A đến IPE 750x223.



Hình 2. Mặt bằng nhà.



Hình 3. Mặt cắt ngang nhà.



Hình 4. Tiết diện dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần 533x210x82UB.

- Tiết diện UB từ UB 1016x305x487 đến UB 127x76x13.
- Tiết diện UC từ UC 356x406x634 đến UC 152x152x23.

Trong phạm vi nghiên cứu này, tiết diện UB được chọn để khảo sát. Tiết diện này có cánh rộng vừa phải, chiều cao lớn hơn bề rộng phù hợp với loại cấu kiện dầm chịu uốn.

2.1. Bài toán

Cho sàn nhà văn phòng trong điều kiện cấp chịu lửa 60 phút (R60), sàn nhà có chiều dày $h_c = 13cm$, với dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần có thông số: thép hình 533x210x82UB. Nhà 5 tầng, 2 nhịp $L = 6m$, bước khung $B = 5m$, tính tải sàn $G_k = 13,4kN/m^2$ hoặc tải $Q_{k,1} = 19,2kN/m^2$, chiều cao tầng $H_1 = H_2 = 2,9m$. Thông số vật liệu chi tiết trình bày trong tính toán. Kiểm tra khả năng chịu lực của dầm chính liên hợp thép bê tông bọc một phần với cấp chịu lửa R60.

2.2. Phương pháp sử dụng bảng tra với bài toán mục 2.1

2.2.1. Sơ bộ về phương pháp tính toán sử dụng bảng tra đối với dầm liên hợp thép được bọc bê tông một phần

Là phương pháp đơn giản nhất, cho các cấu kiện chịu lực cụ thể, là bài toán kiểm tra. EN 1994-1-2 [1] giới thiệu thiết kế dầm liên hợp có dầm thép được bọc bê tông một phần bằng phương pháp tra bảng với nhiều điều kiện cụ thể như sau:

(a) Khi xác định R_d và $R_{f,t,d,t} = \eta_{f,t}$, R_d có sử dụng Bảng 4.1 của EN 1994-1-2 thì các điều kiện sau cần được tuân theo:

- Chiều dày bản bụng e_w không vượt quá $\frac{1}{15}$ chiều rộng b ;
- Chiều dày bản cánh dưới e_f , không vượt quá 2 lần chiều dày của bản bụng e_w ,
- Chiều dày bản sàn bê tông hè nhỏ nhất bằng 120 mm;
- Diện tích cốt thép bổ sung so với tổng diện tích giữa các bản cánh dầm thép $\frac{A_s}{(A_c+A_s)}$ không vượt quá 5 %;
- Giá trị của được tính theo EN 1994-1-1 với điều kiện:
 - + Chiều rộng tính toán của bản sàn b_{eff} không vượt quá 5m,
 - + Diện tích cốt thép bổ sung A_s không được kể đến.

Bảng 1. Trích bảng 4.1 của [1] tiêu chuẩn EN 1994-1-2:2005: Kích thước nhỏ nhất của mặt cắt ngang b và diện tích tối thiểu của cốt thép bổ sung so với diện tích bản cánh $\frac{A_s}{A_f}$ đối với dầm liên hợp có dầm thép được bọc bê tông một phần.

(b) Giá trị cho ở Bảng 4.1 được áp dụng đối với mác thép kết cấu S355. Nếu sử dụng mác thép kết cấu khác thì giá trị nhỏ nhất của cốt thép bổ sung cho ở Bảng 4.1 cần nhận thêm hệ số bằng tỷ số giữa cường độ chảy của mác thép sử dụng với cường độ chảy của mác thép S355.

(c) Giá trị cho ở Bảng 4.1 áp dụng đối với mác thép S500 dùng cho cốt thép bổ sung A_s .

2.2.2. Tính toán cho dầm liên hợp thép được bọc bê tông một phần

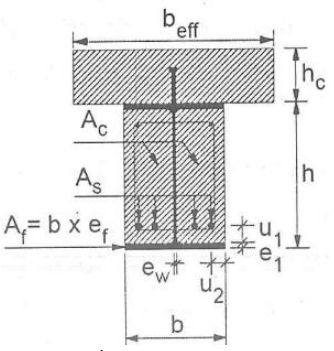
Tải trọng khi cháy với tổ hợp theo 4.3 EN 1991-1-2:

$$E_d = E \left(\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + (\psi_{1,1} \eta_o A E c \psi_{1,2}) Q_{k,1} + \sum_{l > 1} \psi_{2,l} Q_{k,l} \right)$$

Trong đó: hệ số tổ hợp cho hoạt tải với dạng công trình. $\psi_{1,2} = 0,3$. $G_k = 489kN$, $Q_k = 640kN$.

Hệ số độ tin cậy $\gamma_G = 1,35$ và $\gamma_Q = 1,5$. Mức tải trọng $\eta_{f,t} = \frac{G_k + \psi_{1,1} Q_k}{\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k} = 0,409$

Khi xác định mức tải trọng $\eta_{f,t}$ hàm lượng cốt thép $\frac{A_s}{A_c + A_s} = 0,3\%$ đáp ứng trong không quá 5 %.

TT	 <p>Điều kiện áp dụng:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bản sàn: $h_c \geq 120 \text{ mm}$ và $b_{eff} \leq 5 \text{ m}$ - dầm thép: $\frac{b}{e_w} \geq 15$ và $\frac{e_f}{e_w} \leq 2$ - hàm lượng cốt thép bổ sung: $\frac{A_s}{(A_s + A_c)} \leq 5\%$ 	Kích thước nhỏ nhất của mặt cắt ngang min b (mm) và tỷ số diện tích cốt thép bổ sung so với diện tích bản cánh $\frac{A_s}{A_f}$ theo khả năng chịu lửa tiêu chuẩn				
		R30	R60	R90	R120	R180
1	Mức tải trọng: $\eta_{fi,t} \leq 0,3$					
1.1	$h \geq 0,9x \text{ min } b$	70/0,0	100/0,0	170/0,0	200/0,0	260/0,0
1.2	$h \geq 1,5x \text{ min } b$	60/0,0	100/0,0	150/0,0	180/0,0	240/0,0
1.3	$h \geq 2,0x \text{ min } b$	60/0,0	100/0,0	150/0,0	180/0,0	240/0,0
2	Mức tải trọng: $0,3 < \eta_{fi,t} \leq 0,5$					
2.1	$h \geq 0,9x \text{ min } b$	80/0,0	170/0,0	250/0,4	270/0,5	-
2.2	$h \geq 1,5x \text{ min } b$	80/0,0	150/0,0	200/0,2	240/0,3	300/0,5
2.3	$h \geq 2,0x \text{ min } b$	70/0,0	120/0,0	180/0,2	220/0,3	280/0,3
2.4	$h \geq 3,0x \text{ min } b$	60/0,0	100/0,0	170/0,2	200/0,3	250/0,3

Bảng 2. Xác định kích thước nhỏ nhất của mặt cắt ngang b và diện tích tối thiểu của cốt thép bổ sung so với diện tích bản cánh $\frac{A_s}{A_f}$, khoảng cách tối thiểu đối với cốt thép bổ sung với dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần, thép hình 533x210x82UB, R60, mức tải trọng. $\eta_{fi,t} = 0,409$.

Điều kiện áp dụng	Thông số dầm 533x210x82 UB	Kết luận
- bản sàn $h_c = 13 \text{ cm} \geq 120 \text{ mm}$ và $b_{eff} \leq 5 \text{ m}$	$h_c = 13 \text{ cm} \geq 120 \text{ mm}$ và $b_{eff} = 1,5 \text{ m} \leq 5 \text{ m}$	Đạt
- tiết diện dầm thép: $\frac{b}{e_w} \geq 15$ và $\frac{e_f}{e_w} \leq 2$	$\frac{b}{e_w} = \frac{300}{9,6} = 31,25 \geq 15$ Và $\frac{e_f}{e_w} = \frac{13,2}{9,6} = 1,375 \leq 2$	Đạt
- hàm lượng cốt thép bổ sung 6D8: $\frac{A_s}{(A_s + A_c)} \leq 5\%$	$\frac{A_s}{A_c + A_s} = 0,3\% \leq 5\%$	Đạt
- với R60, b_{min} Và $h \geq 0,9x170 = 153 \text{ mm}$	b_{min} và $h = 528,3 \text{ mm}$	Đạt
- khoảng cách tối thiểu đối với cốt thép bổ sung với R60: $u_1 \geq 100 \text{ mm}$ $u_1 \geq 100 \text{ mm}$ và $u_2 \geq 45 \text{ mm}$	$u_1 = 100 \text{ mm}$ $u_2 = 130 \text{ mm}$	Đạt

Kết luận: Tiết diện dầm đã chọn thỏa mãn cấp chịu lửa tiêu chuẩn R60. *bê tông một phần*

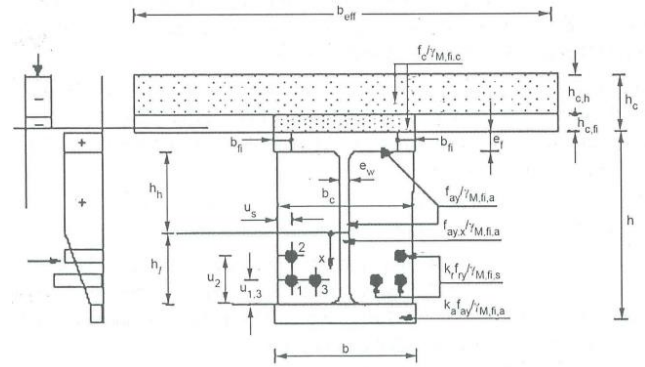
2.3. Phương pháp đơn giản với bài toán mục 2.1

2.3.1. Sơ bộ về phương pháp đơn giản đối với dầm liên hợp thép được bọc

Áp dụng với cho các cấu kiện chịu lực cụ thể, bỏ qua hoặc lấy gần đúng một số thông số như biến dạng do nhiệt, sự phân bố lại nội lực do biến dạng, là bài toán kiểm tra khả năng chịu lực của dầm liên

hợp thép bê tông được bọc một phần nhằm thỏa mãn được một cấp chịu lửa tiêu chuẩn cho trước R30, R60, R90, R120. Phụ lục G của [1] chỉ dẫn phương pháp đơn giản xác định khả năng chịu lửa của dầm liên hợp thép bê tông được bọc một phần. Phương pháp tính toán dựa theo các quy định trong EN 1994-1-2.

2.3.2. Tính toán cho dầm liên hợp thép được bọc bê tông một phần



Hình 5. Sơ đồ tính toán tiết diện dầm.

Bản bê tông cốt thép:

- Chiều dày bản: $h_c = 13\text{cm}$
- Chiều cao thép tấm: $h_{c,fi,min}$
- Cường độ chịu nén của bê tông: $f_{ck} = 30\text{N/mm}^2$
- Giới hạn chảy cốt thép: $f_s = 500\text{N/mm}^2$

Thép hình dầm:

- Thép hình: 533x210x82UBS275

Phân loại tiết diện: Lớp 1

- Bề rộng b: $b = 300\text{mm}$
- Cường độ của thép: $f_s = 275\text{N/mm}^2$
- Diện tích tiết diện: $A_v = 54,19\text{cm}^2$
- Chiều dày bản cánh: $e_f = 13,2\text{mm}$
- Chiều dày bản bụng: $e_w = 9,6\text{mm}$
- Bề rộng bản cánh: $b = 208,8\text{mm}$
- Bề rộng cánh bê tông: $b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{6000}{4} = 1500\text{mm}$

Bê tông

- Loại bê tông: C25/30
- Chiều cao tiết diện: $h = 528,3\text{mm} > 150\text{mm}$
- Bề rộng của bê tông: $b_c = 208,8\text{mm} > 150\text{mm}$
- Diện tích tối thiểu: $h \cdot b_c = 528,3 \cdot 208,8 = 110309\text{mm}^2 > 24000\text{mm}^2$

Tải trọng thiết kế tại nhiệt độ phòng:

- Tải trọng thường xuyên: $G_k = 67\text{kN/m}$
- Hoạt tải: $Q_{k,1} = 96\text{kN/m}$
- Hệ số an toàn riêng của tải trọng thường xuyên: $\gamma_G = 1,35$

- Hệ số an toàn riêng của hoạt tải: $\gamma_{Q,1} = 1,5$

Tải trọng thiết kế: $E_d = 1,35 \cdot 67 + 1,5 \cdot 96 = 234,5\text{kN/m}$

Momen uốn lớn nhất: $M_{Ed} = 234,5 \cdot \frac{6^2}{6} = 1055,3\text{kNm}$

Lực cắt lớn nhất: $V_{Ed} = 234,5 \cdot \frac{6}{2} = 703,5\text{kN}$

Giá trị tính toán theo cường độ chịu cắt: $V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{54,19 \cdot 2(275 \sqrt{3})}{1,0} = 860,40\text{kN}$ EN 1994-1-1 mục 6.2.6

$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{703,5}{860,40} = 0,82 < 1$, tiết diện đảm bảo chịu cắt

Tải trọng thiết kế khi cháy

- Hệ số tổ hợp: $\psi_{1,1} = 0,5$
- $\gamma_{GA} = 1,0$

Tải trọng khi cháy

$$M_{Sd,fi} = \frac{(\gamma_{GA} \cdot G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}) \cdot L^2}{8} = \frac{(1,0,67 + 0,5,96)6^2}{8} = 517,5kNm$$

Sự giảm chiều dày của bản sàn bê tông

$$h_{c,fi} = 20mm \quad \text{EN 1994-1-2 bảng F1}$$

Độ giảm chiều rộng của cánh trên của tiết diện dầm:

$$b_{fi} = \frac{e_f}{2} + 10 + \frac{b - b_c}{2} \quad \text{EN 1994-1-2 bảng F2}$$

Phần giảm của đáy bản bụng dầm

$$c = \frac{13,2}{2} + 10 = 16,6mm$$

$$b_{f,uf} = b_f - 2b_{fi} = 200,8 - 2 \cdot 16,6 = 175,6mm$$

$$\frac{h}{b_c} = \frac{528,3}{210} = 2,51 \quad \text{EN 1994-1-2 bảng F3}$$

$$h_{l,min}$$

Chiều cao phần bên dưới bản bụng:

$$h_l = \frac{a_1}{b_c} + a_2 \cdot \frac{e_w}{(b_c \cdot h)}$$

$$h_l = \frac{9500}{210} + a_2 \frac{9,6}{210 \cdot 528,3} = 45,2mm$$

Phần giảm của đỉnh bản bụng dầm

$$h_h = h - (2 \cdot e_f) - h_l$$

$$h_h = 528,3 - (2 \cdot 13,2) - 45,2 = 456,7mm$$

Hệ số giảm ứng suất chảy k_a của cánh dưới dầm thép

EN 1994-1-2 bảng F4

$$a_0 = 0,018 \cdot e_f + 0,7 = 0,018 \cdot 13,2 + 0,7 = 0,938$$

$$k_a = \left[(0,21) - \left(\frac{26}{b_c} \right) + \left(\frac{h}{24} \cdot b_c \right) \right] a_0$$

$$k_a = \left[0,21 - \left(\frac{26}{210} \right) + \left(\frac{528,3}{24} \cdot 210 \right) \right] 0,938 = 0,179$$

$$k_{a,min}$$

$$k_{a,max}$$

Hệ số giảm k_r của cốt thép

EN 1994-1-2 bảng F5

$$A_m = 2 \cdot h + b_c = 2 \cdot 528,3 + 210 = 1267$$

$$V = h \cdot b_c = 528,3 \cdot 210 = 110943$$

Khoảng cách trục của các thanh cốt thép

Với cốt thép số 1 và 3

$$u_{i1} = u_{i3} = 100mm$$

$$u_{si1} = u_{si3} = 30mm$$

$$u = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{u_1} \right) + \left(\frac{1}{u_{si}} \right) + \left(\frac{1}{b_c \cdot e_w \cdot u_{si}} \right) \right]}$$

$$u_1 = u_3 = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{100} \right) + \left(\frac{1}{30} \right) + \left(\frac{1}{210 \cdot 9,6 \cdot 30} \right) \right]} = 21,3mm$$

Với cốt thép số 2

$$u_{i2} = 130mm$$

$$u_{si2} = 30mm$$

$$u = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{u_1} \right) + \left(\frac{1}{u_{si}} \right) + \left(\frac{1}{b_c \cdot e_w \cdot u_{si}} \right) \right]}$$

$$u_1 = u_3 = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{100} \right) + \left(\frac{1}{30} \right) + \left(\frac{1}{210 \cdot 9,6 \cdot 30} \right) \right]} = 21,3mm$$

Sử dụng cùng hệ số giảm ứng suất chảy cốt thép sàn với tất cả các cốt thép:

$$k_r = \frac{(u \cdot a_3 + a_4) a_5}{\sqrt{\frac{A_m}{V}}}$$

$$k_r = \frac{(20,3 \cdot 0,034 - 0,04) 0,101}{\sqrt{\frac{1267}{110943}}} = 0,613$$

$$k_{a,min}$$

$$k_{a,max}$$

Tính toán trực trung hòa:

Giả thiết ban đầu trực trung hòa nằm trong phần sàn bê tông, tổng lực ngang cân bằng:

$$\sum F_H = 0; F_{H+} = F_{H-}$$

Lực nén trong bản bê tông:

$$NC_{h,ch} = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot b_{eff} x}{\gamma_{M,fi,c}}$$

$$NC_{h,ch} = 0,85 \cdot 30 \cdot 1500 \cdot \frac{x}{1,0} = 38250x$$

Lực kéo cánh trên:

$$N_{f1} = \frac{f_y \cdot (b - 2 \cdot b_{fi}) e_f}{\gamma_{M,fi,a}}$$

$$N_{f1} = \frac{275 \cdot (208,8 - 2 \cdot 216,6) 13,2}{1,0} = 637,4kN$$

Lực kéo phần trên của bản bụng dầm thép:

$$N_{w,hh} = \frac{f_y \cdot h_h \cdot e_w}{\gamma_{M,fi,a}}$$

$$N_{w,hh} = \frac{275 \cdot 456,79,6}{1,0} = 1205,7kN$$

Lực kéo phần thấp hơn của bản bụng dầm thép (phần không đối):

$$N_{w,hl,const} = k_a \cdot \frac{f_y \cdot h_l \cdot e_w}{\gamma_{M,fi,a}}$$

$$N_{w,hl,const} = \frac{0,179 \cdot 275 \cdot 45,29,6}{1,0} = 21,4kN$$

Lực kéo phần thấp hơn của bản bụng dầm thép (phần tuyến tính):

$$N_{w,hl,lin} = \frac{(f_y - k_a \cdot f_y) \cdot 0,5 \cdot h_l \cdot e_w}{\gamma_{M,fi,a}}$$

$$N_{w,hl,lin} = (275 - 0,179 \cdot 275) \cdot \frac{0,5 \cdot 45,29,6}{1,0} = 49,0kN$$

Lực kéo cánh dưới dầm thép :

$$N_{f2} = \frac{k_a \cdot f_y \cdot b \cdot e_f}{\gamma_{M,fi,a}}$$

$$N_{f2} = \frac{0,179 \cdot 275 \cdot 208,8 \cdot 13,2}{1,0} = 135,7kN$$

Lực kéo trong cốt thép số 1

Tiết diện 1 thanh cốt thép D8:

$$A_{s,H8} = \pi \cdot \left(\frac{diameter}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{8}{2}\right)^2 = 50,3mm^2$$

$$A_s = 6.50,3 = 301,8mm^2$$

Tổng tiết diện các thanh cốt thép:

Lực kéo trong cốt thép:

$$N_r = A_s \cdot \frac{k_r \cdot f_{ry}}{\gamma_{M,fi,r}}$$

$$N_r = \frac{301,8 \cdot 0,613 \cdot 500}{1,0} = 92,5kN$$

Tổng lực kéo:

$$F_+ = 637,4 + 1205,7 + 21,4 + 49,0 + 135,7 + 92,5 = 2141,7kN$$

Tổng lực nén:

$$F_- = 38250x$$

Trực trung hòa:

$$x = \frac{2141,7}{38250} = 0,056m = 56mm < h_{c,h} = 79mm, \text{ trực đảm bảo nằm trong bê tông sàn}$$

Khả năng chịu momen:

$$\sum M_+ = F_{H+} \cdot \frac{x}{2} = \frac{2141,7 \cdot 0,056}{2} = 60kNm$$

$$\sum M_+ = N_{f1} \cdot \left(h_c + \frac{e_f}{2} - x\right) + N_{w,hh} \cdot (h_h + e_f + h_c - x) + N_{w,hl,const} \cdot \left(\frac{h_l}{2} + h_h + e_f + h_c - x\right) + N_{w,hl,lin} \cdot \left(\frac{h_l}{3} + h_h + e_f + h_c - x\right) + N_{f2} \cdot \left(h_c + h + \frac{e_f}{2} - x\right) + N_r \cdot \text{khoảng cách trung bình đến trọng tâm cốt thép } -x$$

$$\sum M_+ = 874,2kNm$$

Tổng momen kháng:

$$\sum M_- + \sum M_+ = 60 + 874,2 = 934,2kNm > 517,5kNm$$

Kết luận: dầm liên hợp thép bê tông 533x210x82 UB đảm bảo

khả năng chịu lực ứng với giới hạn chịu lửa R60.

2.3.3. *Khảo sát giới hạn chịu lực của dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần, sử dụng phương pháp đơn giản*

Khảo sát: giữ nguyên các thông số của bài toán mục 2.1, giảm tiết diện dầm từ 533x210x82 UB đến các tiết diện nhỏ hơn trong bảng thép hình: 406x178x60 UB, tính toán tương tự, kết quả thu được tổng hợp trong Bảng 3, các tiết diện này đảm bảo điều kiện chịu lực khi cháy R60.

Qua tính toán thu được 13 tiết diện dầm liên hợp thép bê tông thỏa mãn cấp chịu lửa tiêu chuẩn khi cháy R60, tổng momen kháng > 517,5kNm.

3. Nhận xét

Về sử dụng phương pháp bảng tra và phương pháp đơn giản trong thiết kế dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần:

Bảng 3. Kết quả tính dầm liên hợp thép bê tông với tiết diện thép hình 533x210x82 UB đến 406x178x67 UB, thời gian chịu cháy R60.

STT	Tiết diện dầm	Tổng momen kháng (kNm)	Kết luận
1	533x210x82 UB	934,2	Đạt
2	457x191x98 UB	884,2	Đạt
3	457x191x89 UB	811,7	Đạt
4	457x191x82 UB	811,3	Đạt
5	457x191x74 UB	691,7	Đạt
6	457x191x67 UB	643,8	Đạt
7	457x152x82 UB	782,9	Đạt
8	457x152x74 UB	714,3	Đạt
9	457x152x67 UB	662,0	Đạt
10	457x152x60 UB	596,4	Đạt
11	457x152x52 UB	547,4	Đạt
12	406x178x74 UB	588,2	Đạt
13	406x178x67 UB	541,7	Đạt

Sử dụng bảng tra để kiểm tra tiết diện đã chọn, tính toán nhanh, thuận tiện, không xét đến nhịp của dầm, hệ số tiết diện. Phương pháp tra bảng, với bài toán đang khảo sát, phương pháp có hạn chế là chỉ kiểm tra đưa ra yêu cầu tối thiểu về kích thước hình học dầm thép hình, hàm lượng tối thiểu của cốt thép bổ sung, khoảng cách tối thiểu đối với cốt thép bổ sung tới bề mặt bê tông. Phạm vi áp dụng: phụ thuộc vào mức tải trọng $\eta_{fi,t}$, theo bảng 4.6 EN-1994-1-2:2005, ứng với mỗi mức tải trọng, giới hạn chịu lửa tăng dần theo sự tăng của kích thước b, h tiết diện dầm. Tỷ lệ cốt thép bổ sung, khoảng cách tối thiểu đến trục cốt thép, kích thước nhỏ nhất của tiết diện b, h, hệ số nhỏ nhất $\frac{e_w}{e_f}$ phải lớn hơn giá trị tối thiểu cho trong bảng. Trong bảng có ít các thông số dẫn đến xu hướng kết quả là tiết diện dầm lựa chọn có khoảng dư nhiều so với thực tế.

Phương pháp đơn giản xét đến nhịp dầm, sơ đồ tính của dầm, không xét đến phi tuyến hình học, độ cong ban đầu của cấu kiện. Phương pháp đơn giản thuận tiện để lập thành bảng tính cho thiết kế. Phương pháp đơn giản cho phép tính toán dễ dàng với các tiết diện thép hình khác nhau, người thiết kế có thể tối ưu hóa tiết diện dầm liên hợp thép bê tông bọc một phần. Việc tính toán thuận tiện lập thành bảng tính trong môi trường phần mềm Microsoft excel.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày tính toán giới hạn chịu lửa của dầm liên hợp thép bê tông được bọc một phần bằng phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản, theo tiêu chuẩn Châu Âu. Phương pháp bảng tra, dễ sử dụng, chỉ kể đến tỷ lệ cốt thép bổ sung, khoảng cách tối thiểu đến trục cốt thép, kích thước nhỏ nhất của tiết diện b, h, Trong bảng có ít các thông số dẫn đến xu hướng kết quả là tiết diện dầm lựa chọn có thể khoảng dư nhiều so với thực tế.

Phương pháp đơn giản có cấu trúc thuận tiện để lập thành bảng tính, thuận tiện trong tính toán, kiểm tra và tính lặp, kể đến tải trọng, sơ đồ tính của dầm.

Việc tính toán, thiết kế dầm liên hợp thép bê tông được bọc một phần nên sử dụng phối hợp cả 2 phương pháp trên để chọn được tiết diện dầm liên hợp thép bê tông hợp lý:

- Lựa chọn sơ bộ tiết diện dầm liên hợp thép bê tông bằng phương pháp tra bảng.
- Tối ưu tiết diện bằng phương pháp đơn giản.

Tài liệu tham khảo

- [1]. EN 1994-1-1: 2004 + AC:2009; Eurocode 4 Design Composite steel and concrete structures; *Tiêu chuẩn Châu Âu phần 1-1 Quy định chung và quy định cho nhà- Thiết kế kết cấu liên hợp thép và bê tông*;
- [2]. EN 1994-1-2: 2004 + AC:2009; Eurocode 4 Design Composite steel and concrete structures; *Tiêu chuẩn Châu Âu phần 1-2 Quy định chung- Thiết kế kết cấu chịu lửa*;
- [3]. Trương Quang Vinh (2018); *Phân tích kết cấu liên hợp thép- bê tông trong điều kiện cháy có xét đến quá trình tăng nhiệt và giảm nhiệt. Luận án tiến sĩ. Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội*;
- [4]. Jae-Kwon Ahn, Cheol-Ho Lee; *Fire behavior and resistance of partially encased and slim-floor composite beams*;
- [5]. Phạm Văn Hội (2006); *Kết cấu liên hợp thép-bê tông*;
- [6]. Promat-*Structural steel section factor General Guidelines*;