

ỨNG DỤNG KẾT CẤU LIÊN HỢP NHƯ MỘT GIẢI PHÁP TĂNG CƯỜNG KHẢ NĂNG CHỊU LỬA CHO DẦM THÉP

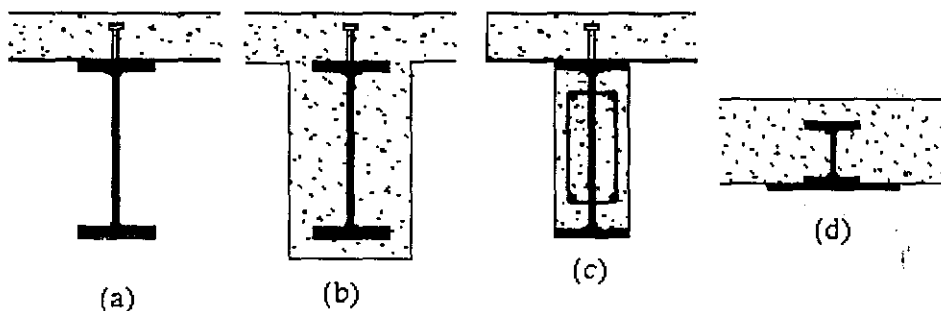
PHẠM THỊ NGỌC THU

I. MỞ ĐẦU

Trong thực tế xây dựng hiện nay, việc phòng chống cháy cho các công trình là một vấn đề cấp thiết, đặc biệt là đối với các công trình thép. Bên cạnh các giải pháp về quy hoạch không gian kiến trúc, về kỹ thuật phòng chống cháy thông thường, cấu tạo lớp vật liệu cách nhiệt bảo vệ kết cấu thép,..., một giải pháp mới có tính ứng dụng cao là bọc tiết diện thép bằng vật liệu bê tông cốt thép chịu lực, hình thành kết cấu liên hợp thép – bê tông. Đặc điểm chính khi làm việc trong điều kiện chịu nhiệt độ cao của kết cấu liên hợp là có sự phân phối tương đối rõ ràng: thép chủ yếu chịu kéo và bê tông chủ yếu chịu nén. Nhiệm vụ cơ bản của thép là tăng khả năng chịu lực và độ bền cho kết cấu, còn bê tông tăng khả năng ổn định tổng thể cho kết cấu thép, làm chậm quá trình tăng và lan truyền nhiệt trong kết cấu thép. Chính sự kết hợp này đã làm nổi bật rõ những ưu điểm vượt trội, hạn chế đến mức tối đa các nhược điểm của cả hai dạng vật liệu trong quá trình sử dụng.

Có nhiều dạng cấu kiện liên hợp khác nhau như sàn liên hợp, dầm liên hợp, cột liên hợp.... Bài báo trình bày một phương pháp tính toán kỹ thuật xác định khả năng chịu lực của kết cấu dầm liên hợp trong điều kiện chịu nhiệt độ cao tương ứng với các cấp chịu lửa khác nhau, có thể ứng dụng vào quy trình thiết kế công trình.

II. TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA DẦM LIÊN HỢP KHI CHỊU NHIỆT ĐỘ CAO



Hình 1. Các dạng cấu kiện dầm liên hợp chịu lực điển hình

Các dạng cấu tạo tiết diện dầm liên hợp điển hình được thể hiện trên hình 1 [8]. Dầm thép liên kết với sàn ở cánh trên là hình thức truyền thống nhất để lợi dụng khả năng che chắn và tiêu tán nhiệt của tấm sàn bê tông (hình 1a). Cũng có thể liên kết bản sàn ở cao độ của bản bụng, để bao bọc một phần hoặc toàn bộ bụng của dầm, điển hình là hình thức bản sàn liên kết vào bản cánh dưới (hình 1d). Một dạng cấu tạo khác là đổ bê tông chèn kín khoảng cách giữa hai cánh (hình 1c), có tác dụng làm giảm tốc độ nóng lên của bản bụng và bản cánh trên dầm. Ngoài ra, nó còn tham gia vào quá trình chịu lực khi mà bản cánh dưới bị giảm cường độ rất nhanh trong

quá trình chịu tác động trực tiếp của ngọn lửa. Còn trong trường hợp bê tông bọc kín tiết diện dầm thép (hình 1b), tiết diện dầm được bảo vệ hoàn toàn, không lộ trực tiếp trong lửa nên đạt hiệu quả cao nhất. Một ưu điểm của phương pháp này là phần bê tông bảo vệ có thể được thi công ngay trên công trường mà không tổn hệ thống dàn giáo, ván khuôn; việc thực hiện các mối nối đơn giản, dễ đạt chất lượng cao.

Sự nóng lên và lan truyền nhiệt của tiết diện ngang dầm liên hợp rất phức tạp, phụ thuộc nhiều vào vị trí và hình thức cấu tạo lớp bê tông cốt thép. ở đây, ta nghiên cứu cụ thể cho tiết diện liên hợp dầm thép được bọc bê tông một phần, đỡ bản sàn bê tông (hình 1c). Cánh dưới của dầm thép sẽ nóng lên một cách trực tiếp, trong khi các bộ phận khác được bảo vệ bởi lớp bê tông bọc. Lớp bê tông này sẽ tham gia cùng chịu lực với cốt thép trong bê tông giữa các bản cánh, vì vậy không thể xác định một cách chính xác nhiệt độ của từng bộ phận riêng rẽ trong một tiết diện bằng các phương pháp tính toán đơn giản, để có thể so sánh chúng với một nhiệt độ giới hạn chung. Để xác định khả năng chịu uốn của dầm trong trường hợp này, nhiệt độ của các bộ phận trong tiết diện ngang (bản cánh trên, bản cánh dưới, bản bụng, bê tông bọc, cốt thép) được xem là phân bố đều hoặc biến thiên tuyến tính, tiết diện có thể được tính toán giảm yếu hoặc được tính toán trọn vẹn nhưng cường độ bị giảm yếu.

Cầu kiện được xem là thỏa mãn điều kiện chịu lực khi tại một thời điểm t cho trước trong quá trình chịu lửa, khả năng chịu lực của cầu kiện không được nhỏ hơn tải trọng thực tế tác dụng lên nó $R_{f,t} \geq E_{f,t}$. Theo phương pháp tính toán của Eurocode [7] sau đây, trục trung hòa của tiết diện được xác định từ phương trình cân bằng ứng suất:

$$\sum A_i k_{y,\theta,i} \left(\frac{f_{ay,i}}{\gamma_{M,f,i,a}} \right) + 0,85 \sum A_j k_{c,\theta,j} \left(\frac{f_{c,j}}{\gamma_{M,f,i,c}} \right) = 0 \quad (1)$$

với: $(f_{ay,i}/\gamma_{M,f,i,a})$ là cường độ tính toán của phần diện tích thép A_i ở điều kiện nhiệt độ thường, lấy giá trị dương với phần chịu nén và lấy giá trị âm với phần chịu kéo của tiết diện; $(f_{c,j}/\gamma_{M,f,i,c})$ là cường độ tính toán của phần diện tích bê tông A_j ở điều kiện nhiệt độ thường, chỉ lấy giá trị dương (vì bỏ qua sự làm việc của phần bê tông chịu kéo); $k_{c,\theta,j}$ là hệ số suy giảm cường độ của vật liệu thép và bê tông khi làm việc trong điều kiện chịu lửa, được xác định từ các thí nghiệm thực tế thông qua biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của từng dạng vật liệu.

Khi đó, khả năng chịu mômen của dầm liên hợp có giá trị:

$$M_{f,Rd} = \sum A_i z_i k_{y,\theta,i} \left(\frac{f_{ay,i}}{\gamma_{M,f,i,a}} \right) + 0,85 \sum A_j z_j k_{c,\theta,j} \left(\frac{f_{c,j}}{\gamma_{M,f,i,c}} \right) \quad (2)$$

với z_i, z_j lần lượt là khoảng cách từ trục trung hòa đến trọng tâm của diện tích A_i, A_j .

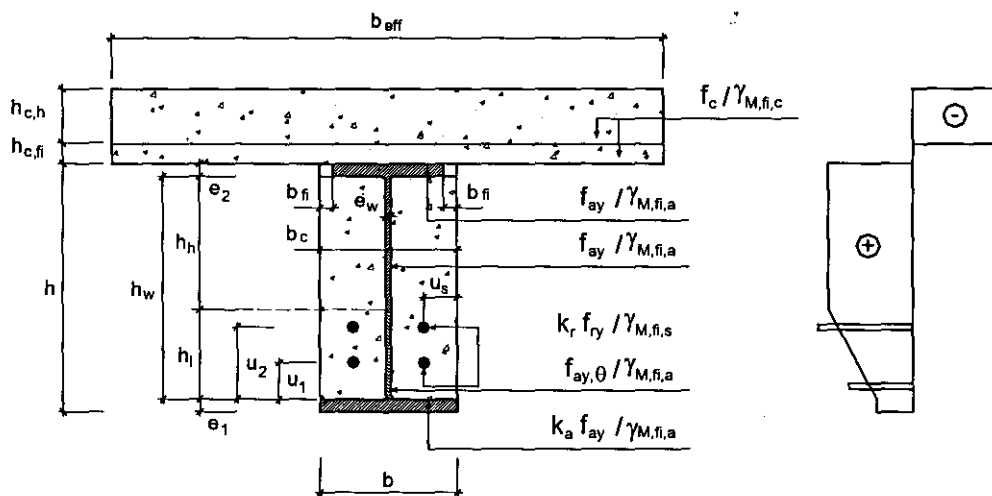
Ta phải lần lượt phân tích nhiệt, xác định sự phân bố nhiệt độ trong từng phần của tiết diện ứng với các trường hợp chịu lực cụ thể.

1. Trường hợp chịu mômen dương

- Giả thiết rằng trục trung hòa nằm trong bản sàn bê tông. Đối với tấm sàn bê tông, chỉ có phần bê tông chịu nén không chịu ảnh hưởng của nhiệt độ là được kể đến trong tính toán. Cường độ chịu nén tính toán của bê tông bằng $(f_{c,20°C}/\gamma_{M,f,i,c})$. Chiều rộng tính toán của sàn bê tông b_{eff} được lấy bằng chiều rộng tính toán ở nhiệt độ thường. Chiều dày bị giảm yếu của tấm sàn $h_{c,fi}$ thay đổi theo cấp chịu lửa.

- Đối với bản cánh trên của dầm thép, cường độ tính toán vẫn được lấy trọn vẹn ($f_{ay,20^{\circ}C} / \gamma_{M,fi,a}$), nhưng phần mép bản có bề rộng b_f không được xét đến trong tính toán với giả thiết rằng chúng cũng chịu tác động trực tiếp của ngọn lửa, giá trị b_f phụ thuộc vào cấp chịu lửa.

- Bản bụng dầm thép được chia thành hai phần, phần trên h_h không chịu ảnh hưởng của ngọn lửa nên vẫn giữ ở nhiệt độ $20^{\circ}C$ và không bị giảm cường độ chịu lực. Phần dưới h_l có sự thay đổi nhiệt độ một cách tuyến tính từ $20^{\circ}C$ đến nhiệt độ mép của bản cánh dưới. Vì vậy, cường độ tính toán cũng giảm tuyến tính theo nhiệt độ. Các giá trị h_h và h_l được xác định phụ thuộc vào tỷ số (h/b_c) và cấp chịu lửa.



a) Cường độ tính toán trên tiết diện

b) Biểu đồ ứng suất

Hình 2. Trạng thái làm việc khi chịu mômen dương trong điều kiện chịu lửa của dầm liên hợp bọc bê tông một phần

- Đối với bản cánh dưới, vì toàn bộ cánh dưới chịu ảnh hưởng trực tiếp của ngọn lửa nên nhiệt độ được xem như phân bố đều. Do đó, diện tích chịu lực không bị giảm yếu nhưng cường độ tính toán bị giảm bởi hệ số k_a phụ thuộc vào cấp chịu lửa.

- Nhiệt độ của cốt thép phụ thuộc vào khoảng cách từ chúng đến mép trên của bản cánh dưới u_i và chiều dày lớp bê tông bảo vệ u_s . Khi đó, hệ số k_r không chỉ là một hàm của cấp bền chịu lửa mà còn biến thiên theo hàm vị trí u :

$$u = \frac{l}{\frac{l}{u_i} + \frac{l}{u_{si}} + \frac{l}{b_c - e_w - u_{si}}}$$

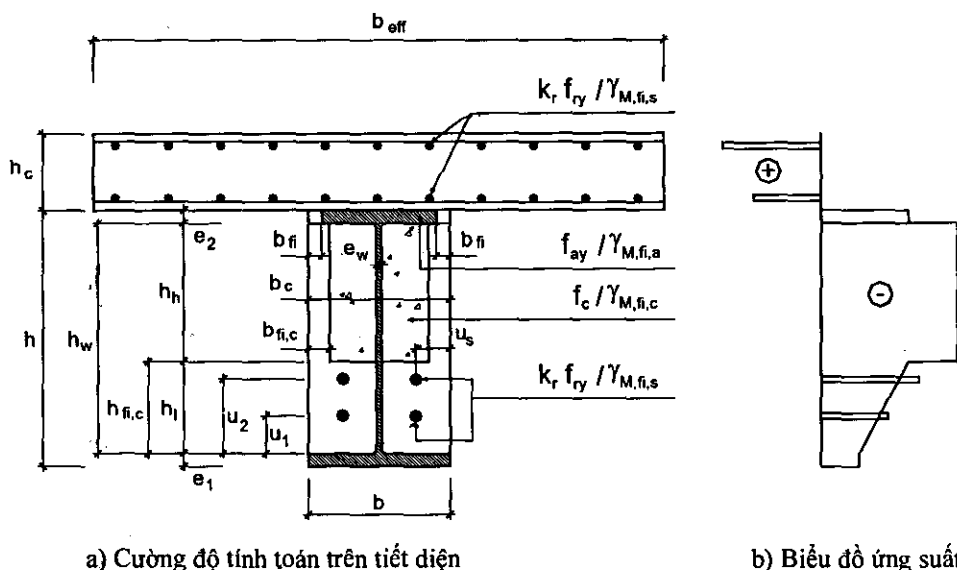
(các thông số u_i , u_{si} , b_c , e_w được thể hiện trên hình 2)

- Phần bê tông giữa các bản cánh không được xét đến khi tính toán khả năng chịu uốn của tiết diện, khi bỏ qua sự làm việc chịu kéo của bê tông.

2. Trường hợp chịu mômen âm

- Giả thiết rằng trục trung hòa của tiết diện nằm tại vị trí tiếp xúc giữa dầm thép và bản sàn bê tông. Đối với tấm sàn bê tông, chiều rộng tính toán của sàn bê tông b_{eff} được lấy bằng ba lần chiều rộng bản cánh trên của dầm thép [6]. Tuy nhiên toàn bộ phần bê tông chịu nén được bỏ

qua, chỉ xét đến sự làm việc của phần thép sàn nằm trong phạm vi chiều rộng tính toán nêu trên. Sự phân bố nhiệt độ và sự giảm cường độ phụ thuộc vào khoảng cách u từ các thanh cốt thép đến mép dưới của bản sàn. Vì vậy, hệ số giảm cường độ k_r của các thanh thép biến thiên theo hàm vị trí u .



Hình 3. Trạng thái làm việc khi chịu mômen âm trong điều kiện chịu lửa của dầm liên hợp bọc bê tông một phần

- Đối với tiết diện dầm thép, các công thức tính tiết diện giảm yếu cho bản cánh trên, bản cánh dưới và bản bụng cũng tương tự như khi chịu mômen dương. Riêng trường hợp dầm liên tục, bản cánh trên bị kéo nên không được xét đến. Ngoài ra, cả phần bản bụng và bản cánh dưới đều không được xét đến trong tính toán.

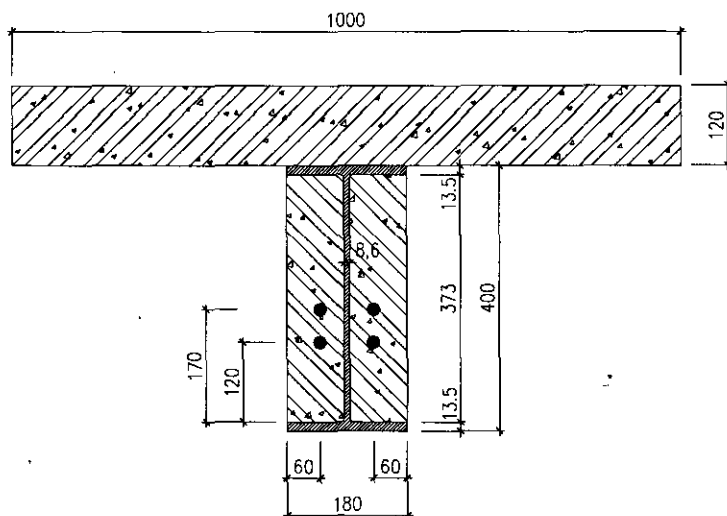
- Phần bê tông giữa các bản cánh được tính với cường độ không giảm yếu ($f_{c,20^{\circ}\text{C}} / \gamma_{M,f,c}$) nhưng tiết diện có giảm yếu theo cả hai phương với các giá trị tương ứng $h_{f,c}$ và $b_{f,c}$. Phần cốt thép được tính toán tương tự như trong trường hợp dầm chịu mômen dương.

Giả thiết rằng bỏ qua lực dọc, mômen giới hạn trong cả hai trường hợp trên bằng tổng mômen của từng thành phần tham gia chịu lực như đã xét ở trên. Điều kiện bền được xem là thỏa mãn khi giá trị mômen này không nhỏ hơn giá trị tính toán dưới tác dụng tải trọng trong điều kiện chịu lửa, tức là: $M'_{f,Sd} \leq M^+_{f,Rd}$ và $M_{f,Sd} \leq M_{f,Rd}$

III. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Cho một hệ dầm đơn giản đỡ bản sàn bê tông dày 12 cm, vượt nhịp 8 m, khoảng cách giữa các dầm 6 m. Dầm làm bằng thép, có tiết diện chữ I 400 × 180, phần bản bụng dầm được bọc bê tông, cốt thép 4φ20. Chiều rộng tính toán của bản sàn trong tiết diện liên hợp là 100 cm.

Tải trọng tác dụng lên sàn: tĩnh tải 3,6 kN/m²; hoạt tải 4,2 kN/m². Biết vật liệu thép S235; bê tông C20/25. Hãy kiểm tra dầm theo điều kiện bền chịu uốn với cấp bền chịu lửa R90 (chịu lửa trong thời gian 90 phút).



Hình 4. Tiết diện dầm liên hợp có bọc bê tông

1. Tải trọng tác dụng lên dầm trong điều kiện chịu lửa được xác định theo công thức [7]

$$q_{fi} = \gamma_{GA} G_k + \psi_{1,l} Q_{k,l} + \sum \psi_{2,l} Q_{k,i} + A_d$$

trong đó: $\gamma_{GA} = 1$; $G_k = 3,6 \times 6 = 21,6$ kN/m; $\psi_{1,l} = 0,7$; $Q_{k,l} = 4,2 \times 6 = 25,2$ kN/m; $\rightarrow q_{fi} = 1 \times 21,6 + 0,7 \times 25,2 = 39,24$ kN/m.

$\rightarrow$ Mômen lớn nhất trong dầm: $M_{fi, Sd} = \frac{1}{8} q_{fi} L^2 = \frac{1}{8} \times 39,24 \times 8^2 = 313,92$ kNm.

2. Xác định tiết diện tính toán của dầm liên hợp trong điều kiện chịu lửa

- Tấm sàn bê tông:

+ Chiều rộng tính toán $b_{eff} = 1000$ mm;

+ Chiều dày tính toán $h^* = (h - h_{c,fi})$ với $h_{c,fi} = 30$ mm (tra bảng 1 theo cấp chịu lửa R90)

$\rightarrow h^* = 120 - 30 = 90$ mm.

+ Cường độ tính toán $(f_{c,200c} / \gamma_{M,fi,c}) = 20 \times 10^3 / 1 = 20 \times 10^3$ kN/m².

- Bàn cánh trên của tiết diện dầm thép

+ Chiều rộng tính toán $b_l = (b - 2b_{fi})$ với $b_{fi} = \frac{e_f}{2} + \frac{b - b_c}{2} + 30$ (tra bảng 2).

Bảng 1. Giá trị $h_{c,fi}$ tương ứng với các cấp chịu lửa

Cấp chịu lửa	Giá trị $h_{c,fi}$ (mm)
Thời gian chịu lửa là 30 phút (R30)	10
Thời gian chịu lửa là 60 phút (R60)	20
Thời gian chịu lửa là 90 phút (R90)	30
Thời gian chịu lửa là 120 phút (R120)	40
Thời gian chịu lửa là 180 phút (R180)	55

$$b_f = \frac{13,5}{2} + \frac{180 - 180}{2} + 30 = 36,75 \text{ mm} \rightarrow b_l = 180 - 2 \times 36,75 = 106,5 \text{ mm}.$$

+ Chiều dày tính toán $e_l = e_f = 13,5 \text{ mm}$;

+ Cường độ tính toán ($f_{ay,200C} / \gamma_{M,f,a}$) = $235.10^3 / 1 = 235.10^3 \text{ kN/m}^2$.

Bảng 2. Giá trị b_f tương ứng với các cấp bền chịu lửa

Cấp chịu lửa	Giá trị b_f (mm)
R30	$\frac{e_f}{2} + \frac{b - b_c}{2}$
R60	$\frac{e_f}{2} + \frac{b - b_c}{2} + 10$
R90	$\frac{e_f}{2} + \frac{b - b_c}{2} + 30$
R120	$\frac{e_f}{2} + \frac{b - b_c}{2} + 40$
R180	$\frac{e_f}{2} + \frac{b - b_c}{2} + 60$

- Bản cánh dưới của tiết diện dầm thép

+ Chiều rộng tính toán $b_2 = 180 \text{ mm}$;

+ Chiều dày tính toán $e_2 = e_f = 13,5 \text{ mm}$;

+ Cường độ tính toán ($k_a f_{ay,200C} / \gamma_{M,f,a}$) với $k_a = \left(0,12 - \frac{17}{b_c} + \frac{h}{38b_c} \right) (0,018e_f + 0,7)$ (tra bảng 3).

Bảng 3. Giá trị $k_{a,max}$, $k_{a,min}$ tương ứng với các cấp chịu lửa

Cấp chịu lửa	Giá trị k_a	$k_{a,min}$	$k_{a,max}$
R30	$\left(1,12 - \frac{84}{b_c} + \frac{h}{22b_c} \right) (0,018e_f + 0,7)$	0,5	0,8
R60	$\left(0,21 - \frac{26}{b_c} + \frac{h}{24b_c} \right) (0,018e_f + 0,7)$	0,12	0,4
R90	$\left(0,12 - \frac{17}{b_c} + \frac{h}{38b_c} \right) (0,018e_f + 0,7)$	0,06	0,12
R120	$\left(0,1 - \frac{15}{b_c} + \frac{h}{40b_c} \right) (0,018e_f + 0,7)$	0,05	0,1
R180	$\left(0,03 - \frac{3}{b_c} + \frac{h}{50b_c} \right) (0,018e_f + 0,7)$	0,03	0,06

$$k_a = \left(0,12 - \frac{17}{180} + \frac{400}{38 \times 180} \right) (0,018 \times 13,5 + 0,7) = 0,079$$

$$\rightarrow (k_a f_{ay, 200C} / \gamma_{M,fi,a}) = 0,079 \times 235 \times 10^3 / 0,9 = 20,63 \times 10^3 \text{ kN/m}^2.$$

- Bán bụng của tiết diện dầm thép

+ Chiều cao tính toán

Do $\frac{h}{b_c} = \frac{400}{180} = 2,2 > 2 \rightarrow$ chiều cao phần bán bụng phía dưới chịu sự thay đổi của nhiệt độ.

$$h_l = \frac{a_1}{b_c} + \frac{a_2 e_w}{b_c h} \geq h_{l,min} \text{ với } a_1 = 14000 \text{ mm}^2; a_2 = 75000 \text{ mm}^2, h_{l,min} = 40 \text{ mm (tra bảng 4).}$$

Bảng 4. Giá trị a_1, a_2, a_3 tương ứng với các cấp chịu lửa

h/b_c	Cấp chịu lửa	$a_1 \text{ (mm}^2\text{)}$	$a_2 \text{ (mm}^2\text{)}$	$h_{l,min} \text{ (mm)}$
$h/b_c \leq 1$	R30	3600	0	20
	R60	9500	20000	30
	R90	14000	160000	40
	R120	23000	180000	45
	R180	35000	400000	55
$h/b_c \geq 2$	R30	3600	0	20
	R60	9500	0	30
	R90	14000	75000	40
	R120	23000	110000	45
	R180	35000	250000	55

Bảng 5. Giá trị h_l tương ứng với các cấp bền chịu lửa

h/b_c	Cấp chịu lửa	$h_l \text{ (mm)}$	$h_{l,min} \text{ (mm)}$
$1 \leq h/b_c \leq 2$	R30	$\frac{3600}{b_c}$	20
	R60	$\frac{9500}{b_c} + \frac{20000e_w}{hb_c} \left(2 - \frac{h}{b_c} \right)$	30
	R90	$\frac{14000}{b_c} + \frac{75000e_w}{hb_c} + \frac{85000e_w}{hb_c} \left(2 - \frac{h}{b_c} \right)$	40
	R120	$\frac{23000}{b_c} + \frac{110000e_w}{hb_c} + \frac{70000e_w}{hb_c} \left(2 - \frac{h}{b_c} \right)$	45
	R180	$\frac{35000}{b_c} + \frac{250000e_w}{hb_c} + \frac{150000e_w}{hb_c} \left(2 - \frac{h}{b_c} \right)$	55

$$\rightarrow h_l = \frac{14000}{180} + \frac{75000 \times 8,6}{180 \times 400} = 86,74 \geq 40 \text{ mm} \rightarrow \text{chiều cao phần bản bụng phía trên không}$$

chịu ảnh hưởng của nhiệt độ: $h_h = (400 - 2 \times 13,5) - 86,74 = 286,26 \text{ mm}$.

+ Chiều dày tính toán $e_w = 8,6 \text{ mm}$;

+ Cường độ tính toán;

Phần bản bụng phía trên ($f_{ay,200C} / \gamma_{M,f,a}$) = $235 \times 10^3 / 0,9 = 261,11 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$.

Phần bản bụng phía dưới, cường độ thay đổi tuyến tính từ ($f_{ay,200C} / \gamma_{M,f,a}$) = $261,11 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ đến ($k_{afay,200C} / \gamma_{M,f,a}$) = $20,63 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$.

- Phần cốt thép trong bê tông.

+ Diện tích cốt thép tính toán $A_r = 1256,6 \text{ mm}^2$;

+ Cường độ tính toán ($k_{r,fry,200C} / \gamma_{M,f,r}$) với $k_{l,min} \leq k_r = \frac{ua_3 + a_4}{\sqrt{A_m/V}} a_5 \leq k_{l,max}$

trong đó $a_3 = 0,026$; $a_4 = -0,154$; $a_5 = 0,090$ (tra bảng 6); A_m/V là hệ số tiết diện

$$A_m = 2h + b = 2 \times 400 + 180 = 980 \text{ mm};$$

$$V = hb = 400 \times 180 = 72000 \text{ mm}^2;$$

$$u(1) = \frac{1}{\left[\frac{1}{u_1} + \frac{1}{u_{s1}} + \frac{1}{b_c - e_w - u_{s1}} \right]} = \frac{1}{\left[\frac{1}{120} + \frac{1}{60} + \frac{1}{180 - 8,6 - 60} \right]} = 29,43 \text{ mm}.$$

Bảng 6. Các giá trị a_3 , a_4 , a_5 , $k_{r,min}$, $k_{r,max}$ tương ứng với các cấp chịu lửa

Cấp chịu lửa	a_3	a_4	a_5	$k_{r,min}$	$k_{r,max}$
R30	0,062	0,16	0,126	0,1	1
R60	0,034	-0,04	0,101		
R90	0,026	-0,154	0,090		
R120	0,026	-0,284	0,082		
R180	0,024	-0,562	0,076		

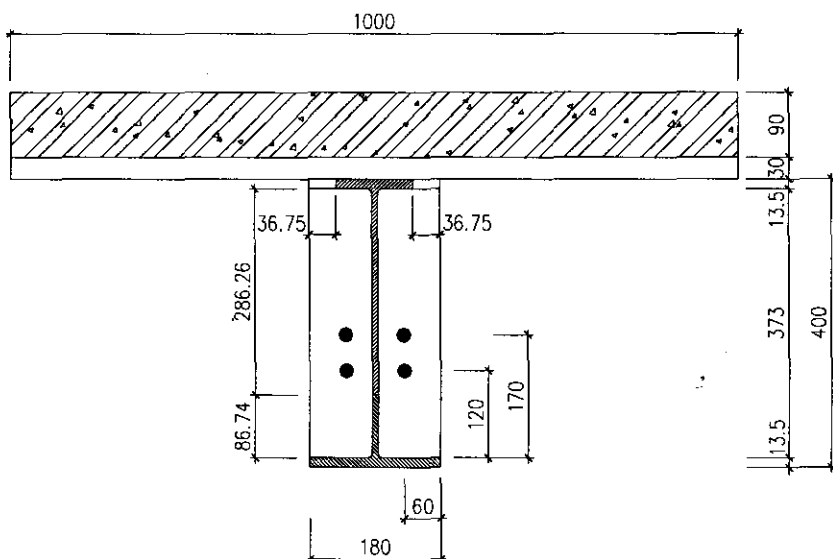
$$\rightarrow k_r(1) = \frac{u(1)a_3 + a_4}{\sqrt{A_m/V}} a_5 = \frac{29,43 \times 0,026 - 0,154}{\sqrt{980/72000}} \times 0,090 = 0,471$$

$$\rightarrow (k_{r(1)} f_{ry,200C} / \gamma_{M,f,r}) = 0,471 \times 325 \times 10^3 / 1 = 153,08 \times 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)}.$$

$$u(2) = \frac{1}{\left[\frac{1}{u_2} + \frac{1}{u_{s2}} + \frac{1}{b_c - e_w - u_{s2}} \right]} = \frac{1}{\left[\frac{1}{170} + \frac{1}{60} + \frac{1}{180 - 8,6 - 60} \right]} = 31,72 \text{ mm}.$$

$$\rightarrow k_r(2) = \frac{u(2)a_3 + a_4}{\sqrt{A_m/V}} a_5 = \frac{31,72 \times 0,026 - 0,154}{\sqrt{980/72000}} \times 0,090 = 0,517$$

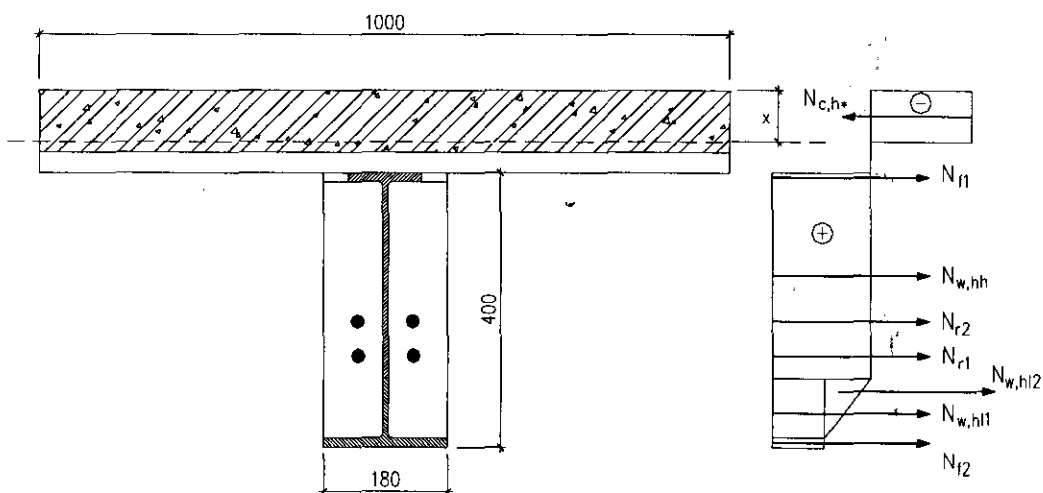
$$\rightarrow (k_{r(2)} f_{ry,200C} / \gamma_{M,f,r}) = 0,517 \times 325 \times 10^3 / 1 = 168,03 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$$



Hình 5. Tiết diện tính toán dầm liên hợp trong điều kiện chịu lửa

3. Xác định trục trung hòa của tiết diện

Giả sử trục trung hòa nằm trong phần sàn bê tông h^* , gọi x là khoảng cách từ trục trung hòa đến mặt trên của bản sàn bê tông, ta xác định x từ phương trình cân bằng $\sum F_H = 0$ hay $F_H^- = F_H^+$ với F_H^- và F_H^+ lần lượt là tổng lực nén và kéo trên tiết diện liên hợp



Hình 6. Sơ đồ xác định trục trung hòa

Tổng lực nén bằng lực nén trong tiết diện bê tông:

$$F_H^- = N_{c,h^*} = (0,85f_{c,20oC}/\gamma_{M,fi,c})b_{eff}x = (0,85 \times 20 \times 10^3/1)x = 17000 \times \text{kN}$$

Vì bỏ qua phần bê tông chịu kéo nên tổng lực kéo bằng tổng lực kéo của tiết diện dầm thép và tiết diện cốt thép $F_H^+ = N_{f1} + N_{f2} + N_{w,hh} + N_{w,hl} + N_r$ trong đó:

$$N_{f1} = (f_{ay,200C} / \gamma_{M,f1,a}) b_1 e_1 = 235 \times 10^3 \times 106,5 \times 10^{-3} \times 13,5 \times 10^{-3} = 337,87 \text{ kN}$$

$$N_{f2} = (k_a f_{ay,200C} / \gamma_{M,f1,a}) b_2 e_2 = 20,63 \times 10^3 \times 180 \times 10^{-3} \times 13,5 \times 10^{-3} = 50,13 \text{ kN}$$

$$N_{w,hh} = (f_{ay,200C} / \gamma_{M,f1,a}) h_h e_w = 261,11 \times 10^3 \times 286,26 \times 10^{-3} \times 8,6 \times 10^{-3} = 642,81 \text{ kN}$$

$$N_{w,hl} = (k_a f_{ay,200C} / \gamma_{M,f1,a}) h_l e_w + [(f_{ay,200C} - k_a f_{ay,200C}) / \gamma_{M,f1,a}] h_l e_w / 2 =$$

$$= 20,63 \times 10^3 \times 86,74 \times 10^{-3} \times 8,6 \times 10^{-3} + (261,11 \times 10^3 - 20,63 \times 10^3) \times 86,74 \times 10^{-3} \times 8,6 \times 10^{-3} / 2 =$$

$$= 15,39 + 86,69 = 102,08 \text{ kN}$$

$$N_r = (k_{r1} f_{ry,200C} / \gamma_{M,f1,r}) A_1 + (k_{r2} f_{ry,200C} / \gamma_{M,f1,r}) A_2 =$$

$$= 153,08 \times 10^3 \times 1257 \times 10^{-6} / 2 + 168,03 \times 10^3 \times 1257 \times 10^{-6} / 2 = 96,21 + 105,61 = 201,82 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{H1}^+ = 337,87 + 50,13 + 642,81 + 102,08 + 201,82 = 1334,71 \text{ kN}$$

$$F_H^- = F_H^+ \rightarrow 17000x = 1334,71 \rightarrow x = \frac{1334,71}{17000} = 0,0785 \text{ m} = 78,5 \text{ mm}$$

4. Xác định khả năng chịu uốn của tiết diện dầm liên hợp trong điều kiện chịu lửa

$$M_{f1,Rd} = \sum M = \sum M^- + \sum M^+$$

$\sum M^- = y_c N_{c,h^*}$ với y_c là khoảng cách từ trọng tâm vùng nén đến trục trung hoà,

$$y_c = (78,5 \times 10^{-3} / 2) = 39 \times 25 \times 10^{-3} \text{ m} \rightarrow y_c N_{c,h^*} = 39 \times 25 \times 10^{-3} \times 1334,71 = 52,39 \text{ kNm}$$

$\sum M^+ = y_{f1} N_{f1} + y_{f2} N_{f2} + y_{w,hh} N_{w,hh} + y_{w,hl} N_{w,hl} + y_r N_r$ với $y_{f1}, y_{f2}, y_{w,hh}, y_{w,hl}, y_r$ lần lượt là khoảng cách từ trọng tâm bản cánh trên, bản cánh dưới, bản bụng, phần cốt thép đến trục trung hoà

$$y_{f1} = (13,5/2) + (120 - 78,5) = 48,25 \text{ mm}$$

$$y_{f2} = (400 - 13,5/2) + (120 - 78,5) = 434,75 \text{ mm}$$

$$y_{w,hh} = (400 - 13,5 - 86,74 - 286,26/2) + (120 - 78,5) = 198,13 \text{ mm}$$

$$y_{w,hl} = (400 - 13,5 - 86,74/2) + (120 - 78,5) = 384,63 \text{ mm}$$

$$y_{w,hl2} = (400 - 13,5 - 2.86,74/3) + (120 - 78,5) = 370,17 \text{ mm}$$

$$y_{r1} = (400 - 13,5 - 120) + (120 - 78,5) = 308 \text{ mm}$$

$$y_{r2} = (400 - 13,5 - 170) + (120 - 78,5) = 258 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \sum M^+ = (337,87 \times 48,25 + 50,13 \times 434,75 + 642,81 \times 198,13 + 15,39 \times 384,63 + 86,69$$

$$\times 370,17 + 96,21 \times 308 + 105,61 \times 258) \times 10^{-3} = 263,35 \text{ kNm}$$

$$\rightarrow \sum M = \sum M^- + \sum M^+ = 52,39 + 263,35 = 315,74 \text{ kNm}$$

$$\text{- Kiểm tra } M_{f1,Sd} = 313,92 \text{ kNm} < M_{f1,Rd} = 315,74 \text{ kNm}$$

$\rightarrow$ Dầm đảm bảo điều kiện bền chịu uốn với cấp bền chịu lửa R90.

III. KẾT LUẬN

- Bên cạnh việc dựa trên các nguyên lý tính toán cơ bản, quá trình thực hiện bài toán tính kết cấu dầm liên hợp trong điều kiện chịu nhiệt độ cao phụ thuộc nhiều vào các biện pháp cấu tạo lớp bê tông bảo vệ tiết diện thép và các số liệu thực nghiệm. Vì vậy đây là một bài toán mở,

ta có thể áp dụng để tính toán cho các tiết diện liên hợp khác như tiết diện thép được bọc bê tông toàn phần, tiết diện thép nhồi bê tông...

- Kết quả của bài toán cho thấy trong thời gian 90 phút chịu lửa, tiết diện dầm liên hợp cấu tạo như trên vẫn đảm bảo khả năng chịu lực dưới tác dụng của tải trọng. Điều này có ý nghĩa rất lớn khi xảy ra hỏa hoạn, nếu duy trì trạng thái chịu lực của kết cấu trong điều kiện chịu lửa càng lâu thì hiệu quả của việc thoát người và công tác chữa cháy càng lớn, giảm thiểu tối đa thiệt hại về tính mạng và vật chất do lửa gây ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đoàn Đình Kiến, Nguyễn Văn Tấn, Phạm Văn Hội, Phạm Văn Tư, Lưu Văn Tường - Kết cấu thép, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
2. TCVN 338:2005 - Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế.
3. TCVN 2622:1995- Phòng cháy cho nhà và công trình - Yêu cầu thiết kế.
4. TCVN 3991:1985 - Tiêu chuẩn phòng cháy trong thiết kế xây dựng.
5. BS 5950 - Part 8 – Code of practice for fire-resistant design.
6. Eurocode 3 - Part 1.2 – Steel structural fire design.
7. Eurocode 4 - Part 1.2 – Composite steel and concrete structural fire design.
8. Structural Steelwork Eurocodes - Lecture 11a: Introduction to structural fire engineering.
9. Structural Steelwork Eurocodes - Lecture 11b: Fire engineering design of composite structures.

SUMMARY

APPLYING COMPOSITE STRUCTURE FOR RAISING FIRE RESISTANCE OF STEEL BEAM

Using composite structure as a fire precaution measure is more and more popular in modern construction. According to experimental reseachs for investigating mechanical properties of steel, concrete and behaviour of composite structure at elevated temperature, a method to calculate fire resistance of composite beam is present in this paper.

The sagging and hogging moment resistances in fires are calculated basing on the determination of the development and distribution of the temperature within structural elements of cross-section. The effect of temperature is taken into account either by reducing the dimensions of the parts of cross-section or by multiplying the characteristic mechanical properties of materials by a reduction factor. The method may be used for many different standard fire classes.

Địa chỉ:

Nhận bài ngày 16 tháng 4 năm 2006

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.