

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

Calculation of fire resistance limit of composite columns with partially encased steel sections

Mai Trọng Nghĩa

Tóm tắt

Bài báo trình bày việc tính toán giới hạn chịu lửa của cột liên hợp thép - bê tông được bọc một phần (PEC) chịu nén đúng tâm bằng phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản, phương pháp sử dụng mô hình nâng cao theo tiêu chuẩn Châu Âu sử dụng phần mềm SAFIR(2016). Phương pháp sử dụng mô hình nâng cao được so sánh với phương pháp đơn giản trong Phụ lục G của EN 1994-1-2 và phương pháp bảng tra. Nhận xét ảnh hưởng của một số thông số: chiều cao, tỷ lệ cốt thép, hệ số tiết diện, diện tích bê tông của tiết diện tới giới hạn chịu lửa của cột. Nhận xét việc tính toán, thiết kế cột PEC sử dụng các phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản, phương pháp sử dụng mô hình nâng cao theo tiêu chuẩn Châu Âu trên để chọn được tiết diện cột hợp lý.

Từ khóa: khả năng chịu lửa, cột liên hợp thép - bê tông được bọc một phần

Abstract

In this paper, the advanced methods using SAFIR (2016), the tabular method, and the simple method are employed to evaluate the fire resistance limit of centrally loaded partially encased composite columns (PEC) according to EN -1994-1-2. The advanced model method presented here is compared with the simplified calculation method Annex G of EN 1994-1-2 and the tabular method. Comment on the influence of some parameters: height, ratio of reinforcement, cross-sectional coefficient, concrete area of the cross-section on the fire resistance limit of the column. Comment on the calculation, design PEC column used the advanced methods, tabular method, simple method to select suitable column section.

Key words: fire resistance, partially encased composite column

ThS. Mai Trọng Nghĩa

Bộ môn Kết cấu thép-gỗ, Khoa Xây dựng

Email: nghiamt@hau.edu.vn

ĐT: 0982405689

Ngày nhận bài: 10/5/2022

Ngày sửa bài: 30/12/2022

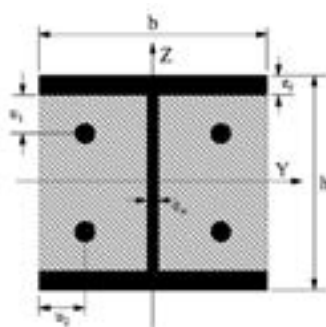
Ngày duyệt đăng: 02/7/2024

1. Giới thiệu

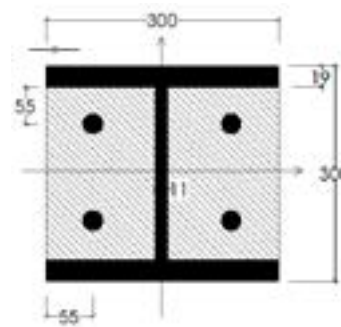
Cột liên hợp thép - bê tông được bọc một phần (sau đây gọi là cột PEC) là cột sử dụng thép hình kết hợp với bê tông để làm kết cấu chịu lực chính cho công trình. Cột PEC có những ưu điểm chính: Khả năng chịu lực lớn và độ tin cậy cao: tận dụng được các ưu điểm riêng về đặc trưng cơ lý của cả hai loại vật liệu thép và bê tông. Cột liên hợp có tiết diện mảnh hơn, có thể chịu được nhiệt độ cao hơn với thời gian chịu lửa dài hơn cột thép. Hiệu quả kinh tế: so với cột thép thì việc sử dụng cột PEC sẽ có hiệu quả kinh tế cao hơn, giảm được trọng lượng thép, giá thành cột giảm so với cột 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 [1].

Một số nghiên cứu về sự làm việc của cột PEC khi cháy chịu nén đúng tâm. Trương Quang Vinh [3] có một số nghiên cứu sự làm việc của cột 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. Phạm Thanh Hùng, Chu Thị Bình, Mai Trọng Nghĩa [2] bước đầu khảo sát cột liên hợp theo phương pháp nâng cao theo tiêu chuẩn Châu Âu bằng phần mềm SAFIR (2016). Abdelkadir Fellouh, Abdelkader Bougara, Paulo A. G. Piloto, and Noureddine Benlakehal [9,10] khảo sát sự làm việc của cột liên hợp thép - bê tông được bọc một phần (PEC) bằng phương pháp đơn giản, phương pháp sử dụng mô hình nâng cao bằng phần mềm ANSYS (2019).

Trong phạm vi bài báo này tính toán giới hạn chịu lửa của cột PEC (Hình 1) phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản hóa, phương pháp sử dụng mô hình nâng cao bằng phần mềm SAFIR (2016) với nhiều tiết diện thép hình thường dùng theo tiêu chuẩn Châu Âu [4-8]. Báo cáo trình bày kết quả khảo sát khả năng chịu lửa cột PEC, trong tính toán xét đến với các thông số thay đổi: chiều cao, kích thước tiết diện b,h, tỷ lệ cốt thép, hệ số tiết diện tới giới hạn chịu lửa của cột. Kết quả thu được để đưa ra khuyến nghị phục vụ cho việc thiết kế cột PEC.



Hình 1. Tiết diện cột PEC



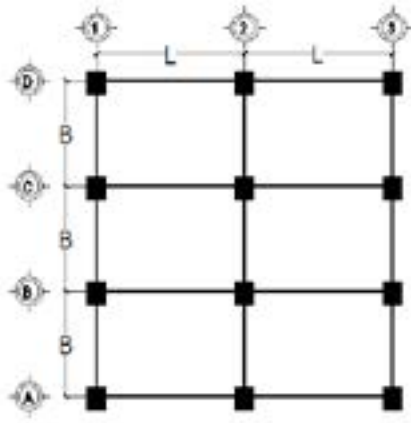
Hình 2. Tiết diện cột PEC - HE300B

2. Khảo sát cột liên hợp thép - bê tông được bọc một phần (PEC):

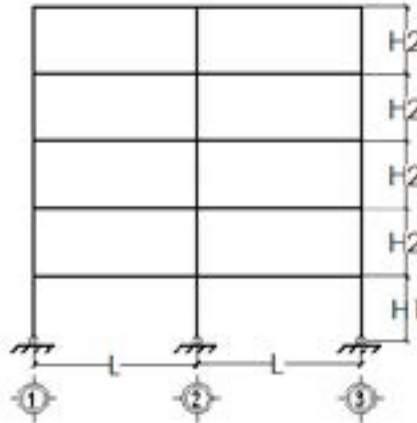
Tiêu chuẩn châu Âu [4] hướng dẫn cách xác định giới hạn chịu lửa của cột liên hợp thép - bê tông được bọc một phần bằng tính toán. Về tính toán, tiêu chuẩn châu Âu nêu đưa ra ba phương pháp tính toán: sử dụng bảng tra, sử dụng mô hình tính toán đơn giản và sử dụng mô hình nâng cao. Tiết diện cột PEC 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 các số tài liệu tính toán của Châu Âu, các dạng tiết diện thép hình thường sử dụng gồm:

- Tiết diện HE từ HE 100AA đến HE 1000M có 88 loại tiết diện.
- Tiết diện IPE từ IPE 100A đến IPE 750x223 có 74 loại tiết diện.
- Tiết diện UB từ UB 1016x305x487 đến UB 127x76x13 có 79 loại tiết diện.



Hình 3. Mặt bằng nhà



Hình 4. Mặt cắt ngang nhà

- Tiết diện UC từ UC 1016x305x487 đến UC 127x76x13 có 79 loại tiết diện.

Trong phạm vi nghiên cứu này, tiết diện HE được chọn để khảo sát. Tiết diện này có cánh rộng, phù hợp với loại cấu kiện cột chịu nén đúng tâm.

2.1 Bài toán:

Bài toán 1: Cho sàn nhà văn phòng trong điều kiện cấp chịu lửa 60 phút R60, với cột liên hợp có tiết diện thép được bọc bê tông một phần hình 3.17 có thông số: thép hình HE300B, dầm thép hình số hiệu HE300B. Cột nhà trục 2-B có các thông số: nhà 5 tầng, 2 nhịp L= 5m, bước khung B= 4m, tĩnh tải sàn $G_k = 3,62kN/m^2$, hoạt tải $Q_{k,1} = 4kN/m^2$, chiều cao tầng $H_1 = H_2 = 2,9$ m. Thông số vật liệu chi tiết

trình bày trong tính toán. Kiểm tra khả năng chịu lực của cột với thời gian chịu lửa R60.

2.2 Khảo sát sử dụng bảng tra:

2.2.1 Phương pháp tính toán sử dụng dữ liệu bảng tra:

Là phương pháp đơn giản nhất, cho các cấu kiện chịu lực cụ thể, là bài toán kiểm tra. Cột liên hợp thép-bê tông được bọc một phần xác định các thông số: mức tải trọng η_{fi} để kiểm tra cấu kiện, kích thước nhỏ nhất của mặt cắt ngang với mức tải trọng kiểm tra: kích thước tiết diện nhỏ nhất (b, h), khoảng cách tối thiểu đến trục các thanh cốt thép u_s , tỷ lệ cốt thép

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} = 4,3\%$$

để thỏa mãn cấp chịu lửa tiêu chuẩn R30, R60, R90, R120.

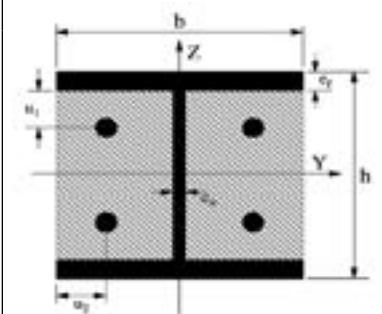
2.2.2 Áp dụng tính toán cho cột PEC có tiết diện thép hình HE300B (Hình 2):

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

$$E_d = E(\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1}(\psi_{1,2})Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i}Q_{k,i})$$

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

Bảng 1. Trích bảng 4.6 của [1] tiêu chuẩn EN 1994-1-2:2005:

		Cấp chịu lửa tiêu chuẩn			
		R30	R60	R90	R120
	Hệ số nhỏ nhất giữa chiều dày bản bụng và bản cánh e_w / e_f	0,5	0,5	0,5	0,5
1	Kích thước nhỏ nhất của mặt cắt ngang cho mức tải trọng $\eta_{fi,t} \leq 0,47$				
1.1	Kích thước nhỏ nhất h và b [mm]	160	300	400	-
1.2	Khoảng cách trục tối thiểu đến trục cốt thép s [mm]	-	50	70	-
1.3	Tỷ lệ cốt thép $A_s / (A_c + A_s)$ tính theo %	-	4	4	-

Bảng 2. Kiểm tra khả năng chịu cháy cột liên hợp thép bê tông bọc một phần HE300B, R60, mức tải trọng $\eta_{fi,t} = 0,42$

Yêu cầu tối thiểu	Thông số cột HE300B	Kết luận
Hệ số nhỏ nhất $e_w / e_f = 0,5$	$e_w / e_f = 0,579$	Đạt
Kích thước nhỏ nhất: $b = h = 300$ mm	$h = 300$ mm, $b = 300$ mm	Đạt
Khoảng cách tối thiểu đến trục cốt thép $u_s = 50$ mm	$u_s = 50$ mm	Đạt
Tỷ lệ cốt thép nhỏ nhất $\frac{A_s}{A_c + A_s} = 4\%$	$\frac{A_s}{A_c + A_s} = 4,3\%$	Đạt

Hệ số độ tin cậy $\gamma_G = 1,35$ và $\gamma_Q = 1,5$. Mức tải trọng

$$\eta_{fi,t} = \frac{G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k} = 0,42$$

Khi xác định mức tải trọng $\eta_{fi,t}$ hàm lượng cốt thép

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} = 4,3\% \text{ đáp ứng trong khoảng từ 1\% đến 6\%}$$

(Bảng 2)

Kết luận: Tiết diện thỏa mãn cấp chịu lửa tiêu chuẩn R60.

2.2.3 Nhận xét về sử dụng dữ liệu bảng tra trong thiết kế cột PEC:

Sử dụng bảng tra tính toán nhanh, thuận tiện, không xét đến chiều cao của cột, độ mảnh tiết diện cột, hệ số tiết diện.

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 cột.

Nhận xét về các thông số: chiều cao, kích thước tiết diện b, h, tỷ lệ cốt thép, hệ số tiết diện tới giới hạn chịu lửa của cột với phương pháp tra bảng:

Tỷ lệ cốt thép, khoảng cách tối thiểu đến trục cốt thép, kích thước nhỏ nhất của tiết diện b, h, hệ số nhỏ nhất

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 cột lựa chọn có thể khoảng dư nhiều so với thực tế. Tiết diện cột sẽ lãng phí với cột ngắn, lực dọc nhỏ.

2.3 Khảo sát sử dụng đơn giản hóa

2.3.1 Sơ bộ về phương pháp sử dụng mô hình đơn giản hóa:

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 cột liên hợp thép- bê tông được bọc một phần nhằm thỏa mãn được một giá trị giới hạn chịu lửa cho trước R30, R60, R90, R120.

Phụ lục G của [1] chỉ dẫn phương pháp đơn giản xác định khả năng chịu lửa của cột liên hợp thép bê tông bọc một phần, uốn quanh trục yếu, chịu lửa quanh cột theo đường nhiệt độ thời gian tiêu chuẩn.

Phương pháp tính toán dựa theo các quy định trong 4.3.5.1 EN 1994-1-2, tính toán trong trường hợp cột uốn quanh trục z:

$$N_{fi,Rd,pl,z} = \chi_z \cdot N_{fi,pl,Rd}$$

Tính toán độ bền dẻo khi nén dọc trục $N_{fi,pl,Rd}$ và độ cứng chống uốn tính toán $(EI)_{fi,eff,z}$ trong điều kiện chịu lửa, tiết diện ngang chia làm 4 phần: các cánh của thép hình, bản bụng của thép hình, phần bê tông bọc thép hình, các thanh cốt thép. Mỗi phần trên được đánh giá trên cơ sở cường độ tiêu chuẩn suy giảm, modun đàn hồi suy giảm, phụ thuộc cấp chịu lửa R30, R60, R90 hoặc R120. Có thể xác định giá trị tính toán của độ bền dẻo khi nén dọc trục và của độ cứng chịu uốn tính toán của tiết diện ngang theo 4.3.5.1(4) và 4.3.5.1 (5) bằng phương pháp tổng cân bằng các giá trị tương ứng của 4 thành phần trên.

Các đặc trưng về cường độ và biến dạng của thép và bê tông ở nhiệt độ cao tuân theo các nguyên tắc của 3.1 và 3.2 của EN 1994-1-2.

2.3.2 Tính toán sử dụng phương pháp sử dụng mô hình

đơn giản hóa:

Thép hình cột:

Thép hình:	HE300B
Chiều cao:	h=300 mm
Bề rộng b:	b=300 mm
Chiều dày bản bụng:	$e_w=11$ mm
Chiều dày bản cánh:	$e_f=19$ mm
Diện tích tiết diện:	$A_a=149$ cm ²
Giới hạn chảy:	$f_y=235$ N/mm ²
Mo đun đàn hồi:	$E_a=210000$ N/mm ²
Momen quán tính với trục yếu:	$I_z=8563$ cm ⁴

Thép dọc:

Mác thép:	S500
Đường kính:	4 ϕ 30
Diện tích cốt thép:	$A_a=97,3$ cm ²
Giới hạn chảy:	$f_y=235$ N/mm ²
Mo đun đàn hồi:	$E_s=210000$ N/mm ²
Khoảng cách trục cốt thép tới mép:	$u_s=50$ mm

Bê tông

Mác bê tông:	C25/30
Diện tích bê tông:	$A_c=72272,6$ mm ²
Cường độ chịu nén:	$f_c=25$ N/mm ²
Mo đun đàn hồi:	$E_{cm}=30500$ N/mm ²

Tải trọng tính toán cột:

Tính tải:	$G_k=489$ kN
Hoạt tải:	$P_k=640$ kN

(Bảng 2)

Kết luận: áp dụng được phương pháp đơn giản.

Tiết diện ngang cột chia làm 4 phần: bản cánh của thép hình, bản bụng của thép hình, phần bê tông, các thanh cốt thép.

Bản cánh của thép hình:

Nhiệt độ trung bình của bản cánh:

$$\theta_{f,t} = \theta_{0,t} + k_t \left(\frac{Am}{V} \right) = 807,33^\circ C$$

Trong đó:

t: thời gian chịu lửa tính toán

Am/V : hệ số tiết diện, đơn vị m^{-1} , $A_m=2(h+b)$, đơn vị m và $V=hb$ tính theo đơn vị m^2 ;

$\theta_{0,t}$: nhiệt độ tính theo bảng G.1 của EN 1994-1-2, đơn vị $^\circ C$;

k_t : hệ số kinh nghiệm cho trong bảng G.1;

Với nhiệt độ $\theta = \theta_{0,t}$ ứng suất tương ứng lớn nhất và modun đàn hồi xác định như sau:

$$f_{ay,f,t} = f_{ay,f} k_{y,\theta} = 0,106 \text{ và } k_{E,\theta} = 0,088$$

cho theo bảng 3.2 của 3.2.1 của EN 1994-1-2.

Giá trị tính toán của độ bền dẻo khi nén dọc trục và độ cứng chịu uốn tính toán của hai cánh thép hình trong trường hợp chịu lửa được xác định theo công thức sau:

$$N_{fi,pl,Rd,f} = \frac{2(b_{eff} a_{y,f,t})}{\gamma_{M,fi,a}} = 284,86 \text{ kN}$$

$$(EI)_{fi,eff,z} = \frac{E_{a,fi,t}(e_f b^3)}{6} = 1586 kNm^2$$

Bản bụng của thép hình:

$$h_{w,fi} = 0,5(h - 2e_f)(1 - \sqrt{1 - 0,16(H_t - h)}) = 30,434 mm$$

Trong đó:

H_t cho trong bảng G.2

ứng suất lớn nhất:

$$f_{ay,w,t} = f_{ay,w} \sqrt{1 - 0,16(H_t - h)} = 180,4 Mpa$$

Giá trị tính toán của độ bền dẻo khi nén dọc trục và độ cứng chịu uốn tính toán của phần bụng thép hình trong trường hợp chịu lửa xác định như sau:

$$N_{fi,pl,Rd,w} = \frac{(e_w(h - 2e_f - 2h_{w,fi})f_{ay,w,t})}{\gamma_{M,fi,a}} = 399,138 kN$$

$$(EI)_{fi,w,z} = \frac{(E_{a,w}(h - 2e_f - 2h_{w,fi})e_w^3)}{12} = 4685 kNm^2$$

Trong đó: hệ số $\gamma_{M,fi,a} = 1$

Phần bê tông:

Lớp ngoài cùng có chiều dày $b_{c,fi}$ của phần bê tông có thể bỏ qua trong tính toán. Giá trị $b_{c,fi}$ được cho trong bảng G.3 với $A_m IV$ là hệ số tiết diện của toàn bộ tiết diện liên hợp. Nhiệt độ trung bình trong phần bê tông $q_{(c,t)} = 336,111^\circ C$ cho trong bảng G.4 và phụ thuộc hệ số tiết diện $A_m IV$ của toàn bộ tiết diện liên hợp và cấp chịu lửa tiêu chuẩn.

Với nhiệt độ $q_{(c,t)} = 346,252^\circ C$ mô đun cát tuyến của bê tông tính theo công thức:

$$E_{c,sec,\theta} = f_{c,\theta} \frac{k_{c,\theta}}{\epsilon_{cu,\theta}} = 2875 Mpa$$

Trong đó: $k_{c,\theta}$ và $\epsilon_{cu,\theta}$ cho theo bảng 3.3 của EN 1994-1-2 tại 3.3.2

$$k_{c,\theta} = 0,814 \text{ và } \epsilon_{cu,\theta} = 0,008083$$

Giá trị tính toán của độ bền dẻo khi nén dọc trục và độ cứng chịu uốn tính toán của phần bê tông:

$$N_{fi,pl,Rd,c} = \frac{0,86 \left\{ \left[(h - 2e_f - 2b_{c,fi})(b - e_w - 2b_{c,fi}) \right] - A_s \right\} f_{c,\theta}}{\gamma_{M,fi,c}} = 1210 kN$$

$$(EI)_{fi,c,z} = E_{c,sec,\theta} \left[\left\{ (h - 2e_f - 2b_{c,fi})(b - 2b_{c,fi})3 - e_w^3 \right\} / 12 \right] - I_{s,z} = 1064 kNm^2$$

Trong đó:

$I_{s,z}$ là momen quán tính của phần diện tích cốt thép với trục quán tính z của tiết diện liên hợp.

Trong đó: hệ số $\gamma_{M,fi,c} = 1$

Các thanh cốt thép:

Hệ số giảm ứng suất chảy $k_{y,t}$ và hệ số giảm mô đun đàn hồi $k_{E,t}$ của cốt thép phụ thuộc cấp chịu lửa tiêu chuẩn và khoảng cách hình học trung bình u từ trục của cốt thép tới các biên ngoài của phần bê tông bảng G.5 và G.6 của EN 1994-1-2 phụ lục G.

$$u = \sqrt{u_1 u_2} = 50 mm$$

Trong đó:

u_1 khoảng cách từ trục cốt thép đến mép trong cánh thép hình, đơn vị mm

u_2 khoảng cách từ trục cốt thép đến bề mặt bê tông bọc, đơn vị mm

Giá trị tính toán của độ bền dẻo khi nén dọc trục và độ cứng chịu uốn tính toán của phần cốt thép:

$$N_{fi,pl,Rd,s} = \frac{A_s k_{y,t} f_{sy}}{\gamma_{M,fi,s}} = 1202 kN$$

$$(EI)_{fi,s,z} = k_{E,t} E_s I_{s,z} = 5189 kNm^2$$

Trong đó: hệ số $\gamma_{M,fi,s} = 1$

Tính toán lực nén dọc trục tới hạn khi cháy:

Lực nén dọc trục tính toán theo độ bền dẻo và độ cứng chịu uốn tính toán của tiết diện cột trong trường hợp chịu cháy theo công thức:

$$N_{fi,pl,Rd} = N_{fi,pl,Rd,f} + N_{fi,pl,Rd,w} + N_{fi,pl,Rd,c} + N_{fi,pl,Rd,s} = 3096 kN$$

$$(EI)_{fi,eff,z} = \varphi_{f,\theta} (EI)_{fi,s,z} + \varphi_{w,\theta} (EI)_{fi,w,z} + \varphi_{c,\theta} (EI)_{fi,c,z} + \varphi_{s,\theta} (EI)_{fi,s,z} = 6953 kNm^2$$

Trong đó:

$\varphi_{f,\theta}, \varphi_{w,\theta}, \varphi_{c,\theta}, \varphi_{s,\theta}$ là 4 hệ số giảm phụ thuộc vào tác động ứng suất nhiệt tra trong bảng G.7.

Lực nén tới hạn Euler:

$$N_{fi,cr,z} = \pi^2 \frac{(EI)_{fi,eff,z}}{l_\theta^2} = 8160 kN$$

Trong đó: $l_\theta = \mu_z l_c = 2,9 m$

Hệ số độ mảnh không thứ nguyên:

$$\lambda_\theta = \sqrt{\frac{N_{fi,pl,R}}{N_{fi,cr,z}}} = 0,616$$

Hệ số giảm: Hệ số giảm $\chi_z = 0,776$ tra theo đường cong uốn dọc c của EN 1993-1-1, tra theo giá trị λ_θ .

Lực nén tới hạn dọc trục trong trường hợp chịu lửa:

$$N_{fi,Rd,z} = \chi_z N_{fi,pl,Rd} = 2402 kN > N_{fi,d,t} = 1128,1 kN$$

Kết luận: cột đảm bảo khả năng chịu lực ứng với giới hạn chịu lửa R60.

2.2.3 Khảo sát giới hạn chịu lực của cột PEC, sử dụng phương pháp đơn giản hóa:

Khảo sát: giữ nguyên các thông số, thay đổi tiết diện cột từ HE300B đến HE240A, các tiết diện này đảm bảo điều kiện của phương pháp tra bảng có các kết quả tương ứng, lập thành bảng 4.

2.3.4 Nhận xét về sử dụng phương pháp đơn giản trong thiết kế cột PEC:

Cấu trúc phương pháp đơn giản thuận tiện để lập thành bảng tính cho thiết kế. Đối chiếu phương pháp tra bảng, với bài toán đang khảo sát, phương pháp kiểm tra đưa ra 1 tiết diện cột phù hợp HE300B, sử dụng phương pháp đơn giản tìm được 7 tiết diện cột nhỏ hơn và vẫn đảm bảo khả năng chịu lực. Trọng lượng thép cột giảm dần từ HE300B tới tiết

diện nhỏ nhất HE240A, tiết kiệm tới 50% khối lượng. Nhận xét này có ý nghĩa nhất định cho người thiết kế trong việc lựa chọn tiết diện cột tiết kiệm, đảm bảo khả năng chịu lực.

Phương pháp đơn giản xét đến chiều cao cột, hệ số tiết diện trong tính toán khả năng chịu lực, không xét đến phi tuyến hình học, độ cong ban đầu của cấu kiện. Tỷ lệ cốt thép, kích thước tiết diện b,h, chiều dài của cột l_0 phải nằm trong giới hạn của phương pháp.

2.4 Phương pháp nâng cao:

2.4.1 Sơ bộ về phương pháp sử dụng mô hình nâng cao:

Ứng xử khi cháy của cột PEC được trình bày trong một số nghiên cứu về phần tử hữu hạn [1,2,9,10]. Đường cong cháy tiêu chuẩn ISO 834 [1] được sử dụng.

2.4.2 Tính toán sử dụng phương pháp sử dụng mô hình nâng cao:

Trong phạm vi bài báo, sử dụng SAFIR 2016 được sử dụng để mô hình cột HE300B. Kích cỡ phần tử phần tử hữu hạn từ 6 đến 30 mm, hình 4.1. Phần tử beam được sử dụng mô hình cột. Cột được mô hình có độ cong đầu tại giữa cột bằng $h/200$. Liên kết khớp hai đầu chịu lực nén đúng tâm.

2.4.3 Khảo sát sử dụng phương pháp sử dụng mô hình nâng cao dùng phần mềm SAFIR (2016):

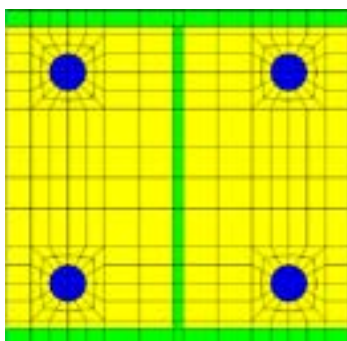
Giữ nguyên các thông số của bài toán, thay đổi tiết diện cột từ HE300B đến HE240A, các tiết diện phân tích cột chịu cháy đến khi mất ổn định thu được thời gian chịu lửa khảo sát qua phương pháp sử dụng mô hình nâng cao, có các kết quả tương ứng, lập thành bảng sau:

2.4.4 Nhận xét về sử dụng mô hình nâng cao trong thiết kế cột PEC:

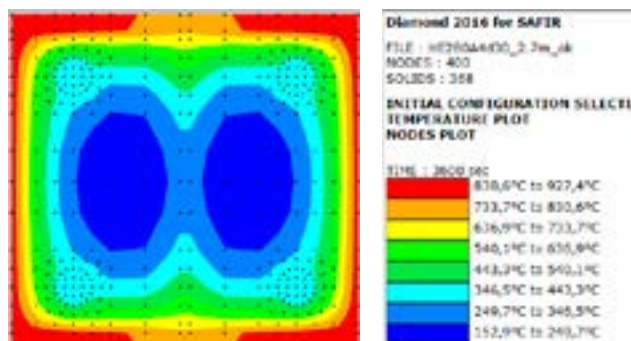
- Phương pháp sử dụng mô hình nâng cao đòi hỏi người sử dụng có kiến thức nhất định về phương pháp số, việc thực hiện tính toán đòi hỏi nhiều thời gian hơn phương pháp đơn giản.

Bảng 3. Kiểm tra điều kiện để áp dụng được phương pháp mô hình đơn giản: cột liên hợp thép bê tông bọc một phần HE300B, giới hạn chịu lửa R60.

Yêu cầu	Thông số cột HE300B	Kết luận
Chiều dài lớn nhất $l_0 = 13,5b = 13,5 \cdot 0,3 = 4,05m$		
$230mm \leq h \leq 1100mm$	$l_0 = 2,9m$	Đạt
$230mm \leq b \leq 500mm$	$h = 300mm, b = 300mm$	Đạt
Tỷ lệ cốt thép nhỏ nhất $1\% \leq \frac{A_s}{A_c + A_s} \leq 6\%$	$\frac{A_s}{A_c + A_s} = 4,3\%$	Đạt
Cấp chịu lửa tiêu chuẩn lớn nhất R120	cấp chịu lửa tiêu chuẩn R60	Đạt



Hình 5. Tiết diện cột HE300B trong Safir 2016



Hình 6. Nhiệt độ trong tiết diện cột sau thời gian chịu lửa 60 phút

Bảng 4. Kết quả tính cột PEC với tiết diện thép hình HE300B đến HE240A

STT	Tiết diện cột	Hệ số tiết diện	$N_{f,Rd,z}$ (kN)	$N_{f,Rd}$ (kN)
1	HE300B	13,33	2402	1128,1
2	HE280B	14,286	2185	1126
3	HE260B	15,385	1886	1124,6
4	HE240M	15,472	1966	1133,9
5	HE260AA	15,889	1736	1119
6	HE240B	16,667	1601	1123,2
7	HE240A	17,029	1439	1119,9

- Đối chiếu phương pháp đơn giản, với bài toán đang khảo sát, sử dụng sử dụng mô hình nâng cao tìm được thời gian chịu cháy của cột có giá trị lớn hơn đáng kể từ 2,6 tới 4,2 lần với phương pháp đơn giản, với bài toán đang khảo sát là R60. Nhận xét này cũng phù hợp với việc sử dụng mô hình nâng cao đã xét đến sự làm việc đồng thời của toàn bộ tiết diện liên hợp thay vì chia thành 4 phần, thời gian chịu cháy của cột tăng lên đáng kể. Việc sử dụng mô hình nâng cao có thể tìm thêm các tiết diện cột nhỏ hơn và đảm bảo khả năng chịu lực.

Nhận xét về các thông số: chiều cao cột, kích thước tiết diện b,h, tỷ lệ cốt thép, hệ số tiết diện tới giới hạn chịu lửa của cột với mô hình nâng cao: Các thông số trên đã được đưa vào tính toán, ảnh hưởng trực tiếp tới kết quả tính. Kết quả thể hiện trên bảng 4.

Một nhận xét đáng chú ý về ảnh hưởng đáng kể của diện tích bê tông của cột đến giới hạn chịu lửa của cột: Tại bảng 4, so sánh cặp tiết diện 3 và 4, 5 và 7 nhận thấy: diện tích nào có diện tích bê tông lớn hơn thì khả năng chịu cháy lâu hơn. Về định tính cũng phù hợp vì bê tông chịu nhiệt tốt hơn thép.

Do vậy, để đáp ứng bài toán kinh tế, khi so sánh các phương án chọn tiết diện cột PEC, nên chọn tiết diện có diện tích bê tông nhiều hơn.

3. Kết luận

Bài báo đã trình bày tính toán giới hạn chịu lửa của cột liên hợp thép- bê tông được bọc một phần (PEC) chịu nén đúng tâm bằng phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản, phương pháp sử dụng mô hình nâng cao theo tiêu chuẩn Châu Âu sử dụng phần mềm SAFIR (2016). Phương pháp bảng tra, phương pháp đơn giản dễ sử dụng. Phương pháp sử dụng mô hình nâng cao đòi hỏi người sử dụng có kiến thức nhất định về phương pháp số, việc thực hiện tính toán đòi hỏi nhiều thời gian hơn phương pháp

(Xem tiếp trang 71)

ngành; thực hiện tốt sự phối kết hợp trong lãnh đạo, quản lý điều hành mới đạt được mục tiêu đề ra. Từ đó, nhóm tác giả

đề xuất một số kiến nghị, nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư đường bộ cao tốc, hướng tới phát triển bền vững./.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Giao thông vận tải, “Đề án Thực hiện xây dựng đường bộ cao tốc giai đoạn 2021 - 2025 và định hướng đến năm 2030”, 2021.
2. P. Thông, “Toàn cảnh cao tốc Diễn Châu - Bãi Vọt 2 ngày trước khi thông xe”, 2024. [Online]. Available: <https://laodong.vn/photo/toan-canhh-cao-toc-dien-chau-bai-vot-2-ngay-truoc-khi-thong-xe-1332284>. ldo, Accessed: Jun. 14, 2024.
3. “Cao tốc Nha Trang - Cam Lâm bắt đầu thu phí từ 26/4”, 2024. [Online]. Available: <https://vtv.vn/xa-hoi/cao-toc-nha-trang-cam-lam-bat-dau-thu-phi-tu-26-4-20240421131335421.htm>, Accessed: Jun. 14, 2024.
4. D. Ngọc, “Cao tốc Cam Lâm - Vĩnh Hảo thông tuyến ngày 26-4 và chưa thu phí - Tuổi Trẻ Online”, 2024 [Online]. Available: <https://tuoitre.vn/cao-toc-cam-lam-vinh-hao-thong-tuyen-ngay-26-4-va-chua-thu-phi-20240424165627131.htm>, Accessed: Jun. 14, 2024.
5. Quốc hội, “Luật số 64/2020/QH14: Luật Đầu tư theo phương thức đối tác công tư”, 2020.
6. Chính phủ, “Quyết định số 1202/QĐ-TTG của Thủ tướng Chính phủ: Về việc thí điểm một số cơ chế, chính sách áp dụng cho các dự án đầu tư, khai thác đường bộ cao tốc do Công ty Đầu tư phát triển đường cao tốc Việt Nam làm chủ đầu tư”, 2007.
7. Ban Chấp hành Trung Ương, “Nghị quyết số 12-NQ/TW Hội nghị lần thứ năm Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XII về tiếp tục cơ cấu lại, đổi mới và nâng cao hiệu quả doanh nghiệp nhà nước”, 2017.
8. “VEC: Mô hình khắc phục được khó khăn theo hình thức đầu tư công truyền thống và đầu tư PPP”, 2021. [Online]. Available: <https://mt.gov.vn/vn/tin-tuc/77154/vec--mo-hinh-khac-phuc-duoc-kho-khan-theo-hinh-thuc-dau-tu-cong-truyen-thong-va-dau-tu-ppp-.aspx>, Accessed: Jul. 17, 2024.

Tính toán giới hạn chịu lửa của cột liên hợp thép - bê tông...

(tiếp theo trang 39)

Bảng 4. Khảo sát sử dụng mô hình nâng cao, phần mềm SAFIR (2016) cột liên hợp thép bê tông bọc một phần tiết diện thép hình HE300B đến HE240A

STT	Tiết diện cột	Hệ số tiết diện	Thời gian chịu lửa (phút)	$N_{fi,d,t}$ (kN)	Thời gian chịu lửa tăng % so với phương pháp tra bảng R60	Diện tích thép hình A_a (cm ²)	Diện tích bê tông A_c (cm ²)
1	HE300B	13,33	258,6	1128,1	420	149	722
2	HE280B	14,286	222	1126,0	370	131	624
3	HE260B	15,385	196	1124,6	328	118	529
4	HE240M	15,472	162	1133,9	270	200	441
5	HE260AA	15,889	192	1119,0	321	69	537
6	HE240B	16,667	153	1123,2	255	106	441
7	HE240A	17,029	156	1119,9	260	76,8	447

đơn giản, phương pháp tra bảng.

Việc tính toán, thiết kế cột PEC nên sử dụng phối hợp cả 3 phương pháp trên để chọn được tiết diện cột hợp lý:

Lựa chọn sơ bộ tiết diện cột bằng phương pháp tra bảng.

Tối ưu tiết diện bằng phương pháp đơn giản hoặc sử dụng mô hình nâng cao.

Ưu tiên tiết diện có cùng khả năng chịu lực nhưng diện tích bê tông lớn hơn./.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Văn Hội (2006); *Kết cấu liên hợp thép-bê tông*;
2. Phạm Thanh Hùng, Chu Thị Bình, Mai Trọng Nghĩa (2020); *Phân tích kết cấu công trình trong điều kiện cháy, sử dụng phần mềm SAFIR; Đề tài NCKH cấp Trường. Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội năm 2020*;
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. EN 1994-1-2: 2005+ AC:2008; *Eurocode 4 Design Composite steel and concrete structures*;
5. EN 1991-1-2 (2002) (English); *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire [15]* EN 1992-1-2 (2004); *Eurocode 2: Design of concrete structures, Part 1.2: General rules – Structural fire design, European committee for Standardization.*
6. EN 1993-1-2 (2005); *Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1.2: General rules – Structural fire design, European committee for Standardization.*
7. EN 1994-1-2 (2004); *Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures, Part 1.2: General rules – Structural fire design, European committee for Standardization.*
8. EN 1363: 2012 *Fire resistance tests - Elements of building construction*
9. Zhao Bin (2012). *Fire resistance assessment of steel structures according to Eurocode 3: Basic design methods. Worked examples. Workshop 'Structural Fire Design of Buildings according to the Eurocodes'. Brussels*
10. Mahbuba Beguma, Robert G. Driverb, Alaa E. Elwib (2013); *Behaviour of partially encased composite columns with high strength concrete*;