

Tính toán khả năng chịu lửa của dầm thép chữ I theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-2

Fire resistance calculation of steel i-beams in accordance with european standards EN 1993-1-2

Vũ Lệ Quyên

Tóm tắt

Kết cấu thép được sử dụng rộng rãi trong kết cấu công trình tuy nhiên vật liệu thép có nhược điểm lớn là khả năng chịu nhiệt kém. Ở nhiệt độ cao thép chuyển sang thể dẻo, độ bền và mô đun đàn hồi suy giảm làm kết cấu mất khả năng chịu lực và gây nguy hiểm cho người và tài sản. Việc đảm bảo an toàn cháy của kết cấu công trình bằng vật liệu thép đặc biệt quan trọng. Hiện nay ở Việt Nam chưa có tiêu chuẩn đầy đủ về tính toán khả năng chịu lửa của kết cấu thép. Bài báo giới thiệu phương pháp tính toán khả năng chịu lửa của dầm thép tiết diện chữ I không có lớp chống cháy phủ bên ngoài theo Tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-2 bằng phương pháp tính đơn giản hóa theo điều kiện chịu lực cùng với ví dụ minh họa cụ thể.

Từ khóa: kết cấu thép, dầm thép chữ I, an toàn cháy, khả năng chịu lửa, tiêu chuẩn châu Âu

Abstract

Steel structures are commonly used in building structures; however, steel has a significant disadvantage: poor heat resistance. At high temperatures, steel becomes ductile, its strength and modulus of elasticity decrease, causing the structure to lose its load-bearing capacity and endangering people and property. Therefore, ensuring the fire safety of building structures made of steel is especially important. Currently, there are no comprehensive fire resistance design standards for steel structures in Vietnam. This article presents a method for calculating the fire resistance of unprotected steel I-beams according to European standard EN-1993-1-2, using a simplified calculation method based on the strength domain as well as illustrative examples.

Key words: steel structure, steel I-beam, fire safety, bending structure, fire resistance, European standards

ThS. Vũ Lệ Quyên

Bộ môn Kết cấu Thép Gỗ, khoa Xây dựng

Email: lequyen.vu.hau@gmail.com

ĐT: 0972486583

Ngày nhận bài: 21/02/2024

Ngày sửa bài: 7/03/2024

Ngày duyệt đăng: 02/7/2024

1. Đặt vấn đề

Hỏa hoạn đối với các công trình xây dựng không chỉ ảnh hưởng trực tiếp tới tính mạng và tài sản con người mà còn ảnh hưởng tới khả năng chịu lực của kết cấu luôn gây ra các hậu quả nghiêm trọng. Với sự phát triển xã hội như hiện nay dẫn đến sự gia tăng số lượng không ngừng các công trình dân dụng và công nghiệp, cùng với đó là nguy cơ cháy nổ, hỏa hoạn rất cao. Do vậy tính toán khả năng chịu lửa của kết cấu là rất quan trọng, cho phép chúng ta xác định khoảng thời gian chịu lực an toàn của kết cấu để có những biện pháp đảm bảo an toàn cháy hiệu quả và kịp thời.

Kết cấu thép được sử dụng phổ biến trong kết cấu công trình bởi có nhiều ưu điểm như: cường độ lớn, trọng lượng nhẹ, độ tin cậy cao, cơ động trong vận chuyển lắp ráp... Tuy nhiên thép là vật liệu có khả năng chịu nhiệt kém, ở 500 – 600°C thép chuyển sang thể dẻo [1] làm kết cấu mất khả năng chịu lực và gây nguy hiểm cho người và tài sản. Hiện nay ở Việt Nam chúng ta chưa có tiêu chuẩn về khả năng chịu lửa của kết cấu thép, bài báo giới thiệu về cách tính khả năng chịu lực của dầm thép chữ I không có lớp bảo vệ trong điều kiện cháy theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993-1-2 [2].

2. Khả năng chịu lực của dầm thép chữ I không có lớp bảo vệ bên ngoài trong điều kiện cháy

2.1. Cơ sở tính toán

Theo tiêu chuẩn châu Âu có các phương pháp tính toán kết cấu trong điều kiện cháy:

Phương pháp tính toán đơn giản phân tích sự làm việc của cấu kiện riêng lẻ trong điều kiện cháy;

Phương pháp tính toán nâng cao sử dụng mô hình tính toán để mô phỏng ứng xử hệ kết cấu tiếp xúc với lửa;

Phương pháp tra bảng, căn cứ vào bảng tra để xác định các thông số hình học cần thiết của kết cấu đảm bảo giới hạn chịu lửa tiêu chuẩn;

Phương pháp xác định khả năng chịu lửa trên cơ sở thực nghiệm, hoặc kết hợp tính toán và thực nghiệm.

Khả năng chịu lửa của kết cấu được đảm bảo nếu thỏa mãn các điều kiện sau [3]:

Về thời gian: $t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$;

Về khả năng chịu lực: $R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$;

Về nhiệt độ: $\theta_d < \theta_{cr,d}$.

trong đó: $t_{fi,d}$ - thời gian chịu lửa tới hạn; $t_{fi,requ}$ - thời gian tới hạn chịu lửa cần thiết; $R_{fi,d,t}$ - độ bền thiết kế của cấu kiện khi chịu lửa tại thời điểm t ; $E_{fi,d,t}$ - hệ quả (nội lực) của tác động khi chịu lửa tại thời điểm t ; θ_d - nhiệt độ tính toán của vật liệu; $\theta_{cr,d}$ - nhiệt độ tới hạn của vật liệu.

So sánh trực tiếp theo các tham số thời gian chỉ áp dụng trong khi sử dụng phương pháp nâng cao. Trong các phương pháp tính toán đơn giản, điều kiện này được sử dụng gián tiếp để xác định lớp bảo vệ chống cháy cần thiết cho cấu kiện.

Tính toán theo cường độ là xác định sự suy giảm của khả năng chịu tải sau khoảng thời gian cần thiết. Tính toán ổn định của các cấu kiện thép dựa trên tiêu chí này, kết hợp với so sánh nhiệt độ và thời gian.

So sánh tham số nhiệt độ là phương pháp phổ biến bằng cách xác định nhiệt độ tới hạn không xét đến yếu tố mất ổn định của cấu kiện.

Tất cả các điều kiện trên có liên hệ với nhau và được sử dụng đồng thời tính toán.

Bảng 1. Phân loại tiết diện bản bụng và bản cánh chịu nén

Loại tiết diện	Bản bụng		Bản cánh chịu nén		
1			$\frac{c}{t} \leq 9 \cdot \dot{a}$		$\frac{c}{t} \leq 72 \cdot \dot{a}$
2			$\frac{c}{t} \leq 10 \cdot \dot{a}$		$\frac{c}{t} \leq 83 \cdot \dot{a}$
3			$\frac{c}{t} \leq 14 \cdot \dot{a}$	$\frac{c}{t} \leq 124 \cdot \dot{a}$	
Vùng nén mang dấu "+"; Những phần không thuộc loại 3 sẽ thuộc loại 4.					

2.2. Xác định khả năng chịu lửa của dầm thép chữ I bằng phương pháp đơn giản theo điều kiện độ bền.

Nội lực sinh ra bởi tác động trong điều kiện cháy $E_{fi,d}$ được xác định theo kết quả thu được trong điều kiện thường:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d \quad (1)$$

trong đó: E_d - giá trị nội lực trong điều kiện nhiệt độ thường của tổ hợp tải trọng cơ bản; η_{fi} - hệ số suy giảm mức tải trọng thiết kế trong điều kiện cháy.

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}} \quad (2)$$

$Q_{k,1}$ - tải trọng tạm thời; G_k - tải trọng thường xuyên; γ_G - hệ số riêng của tải trọng thường xuyên; γ_Q - hệ số riêng của tải trọng tạm thời; ψ_{fi} : hệ số tổ hợp tải trọng phụ thuộc vào công năng mặt bằng của công trình [4].

Để xác định nhiệt độ tới hạn cần xác định loại tiết diện của dầm. Theo tiêu chuẩn châu Âu, tiết diện được phân làm 4 loại 1, 2, 3, 4 [5].

Đối với dầm tổ hợp hàn chịu uốn thuần túy có thể phân loại tiết diện theo bảng 1.

Ở điều kiện nhiệt độ thường $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ với f_y là giới hạn

chảy ở 20°C, trong điều kiện cháy sử dụng thêm hệ số suy giảm 0,85 kể đến ảnh hưởng của sự tăng nhiệt độ:

$$\varepsilon = 0,85 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (3)$$

Khả năng chịu lực thiết kế đối với cấu kiện chịu uốn $M_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t được xác định với giả thiết nhiệt độ θ_a phân bố đồng đều trên diện tích mặt cắt ngang, bằng cách điều chỉnh khả năng chịu lực tính toán ở nhiệt độ thường, có tính thay đổi về tính chất cơ học của thép ở nhiệt độ cao như sau [2]:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} \cdot M_{Rd} \cdot \frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}} \quad (4)$$

trong đó: $k_{y,\theta,max}$ - hệ số suy giảm giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ lớn nhất $\theta_{a,max}$ tại thời điểm t (bảng 2); M_{Rd} - khả năng chịu lực tương ứng ở nhiệt độ thường; $\gamma_{M,0}=1$ - hệ số riêng về độ bền không phụ thuộc vào loại tiết diện; $\gamma_{M,fi}=1$ - hệ số riêng về đặc điểm của vật liệu trong điều kiện cháy.

Với dầm có một mặt tiếp xúc với bản bê tông hoặc bản liên hợp dẫn đến sự phân bố nhiệt không đồng đều, hệ số k_1, k_2 được thêm vào công thức (4) để tăng nhiệt độ tới hạn và giảm lớp chống cháy cần thiết:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} \cdot M_{Rd} \frac{\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}}{k_1 \cdot k_2} \quad (5)$$

trong đó: k_1 - hệ số tính đến sự phân bố nhiệt không đều ($k_1=0,7$ với dầm không có lớp bảo vệ, tiếp xúc với lửa ở ba mặt, mặt còn lại có bản bê tông hoặc composite; $k_1=0,85$ với dầm có lớp bảo vệ, tiếp xúc với lửa ở ba mặt, mặt còn lại có bản bê tông hoặc liên hợp, hệ số; các trường hợp còn lại $k_1=1,0$); k_2 - hệ số tính đến sự phân bố nhiệt độ không đồng đều dọc theo chiều dài của dầm, $k_2=1,0$ khuyến nghị cho tất cả các trường hợp;

Khả năng ổn định $M_{b,fi,t,Rd}$ của cấu kiện chịu uốn tiết diện loại 1, 2, 3 không đạt các sườn ngang tại thời điểm t :

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} \cdot W_y \cdot k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}} \quad (6)$$

trong đó: W_y - mômen kháng uốn tương ứng của tiết diện ($W_y = W_{pl,y}$ với tiết diện loại 1, 2; $W_y = W_{el,y}$ với tiết diện loại 3, trong đó $W_{pl,y}, W_{el,y}$ lần lượt là mômen kháng uốn ở giai đoạn chảy dẻo và giai đoạn đàn hồi);

$\chi_{LT,fi}$ - hệ số suy giảm khi mất ổn định hình dạng phẳng của thanh, được xác định bởi công thức:

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\Phi_{LT,\theta} + \sqrt{(\Phi_{LT,\theta})^2 - (\bar{\lambda}_{LT,\theta})^2}} \quad (7)$$

trong đó: $\Phi_{LT,\theta} = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta} + (\bar{\lambda}_{LT,\theta})^2 \right]$

với $\bar{\lambda}_{LT,\theta} = \bar{\lambda}_{LT} \left[\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}} \right]^{0,5}$; $\alpha = 0,65 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$

Tính toán khả năng chịu lửa của cấu kiện thép bằng cách xác định độ tăng nhiệt độ của kết cấu theo thời gian ở chế độ nhiệt danh nghĩa và so sánh kết quả thu được với giá trị nhiệt độ tới hạn của thép $\theta_{a,cr}$. Độ tăng nhiệt độ $\theta_{a,t}$ của kết cấu thép không được bảo vệ trong khoảng thời gian Δt được xác định theo công thức:

$$\theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m}{V \cdot c_a \cdot \rho_a} \cdot h_{net} \cdot \Delta t \quad (8)$$

trong đó: A_m/V - hệ số tiết diện cấu kiện thép không có lớp bảo vệ, A_m - diện tích bề mặt chịu lửa và thể tích V trên cùng một đơn vị dài; C_a - nhiệt dung riêng của thép theo [3]; ρ_a - khối lượng riêng của thép 7850kg/m³; h_{net} - giá trị hấp thụ nhiệt riêng trên một đơn vị diện tích [3]; k_{sh} - hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng của hiệu ứng bóng đổ;

Hiệu ứng bóng đổ (shadow effect) xảy ra khi dầm và cột

Bảng 2. Hệ số suy giảm của f_y và môđun đàn hồi E_a đối với thép carbon

Nhiệt độ của thép θ_a	Hệ số suy giảm ở nhiệt độ θ_a ứng với f_y và môđun đàn hồi của thép E_a ở 20°C		
	Giới hạn chảy $k_{y,\theta}=f_{y,\theta} / f_y$	Giới hạn đàn hồi $k_{p,\theta}=f_{p,\theta} / f_y$	Môđun đàn hồi $k_{E,\theta}=E_{a,\theta} / E_a$
20	1,0	1,0	1,0
100	1,0	1,0	1,0
200	1,0	0,807	0,900
300	1,0	0,613	0,800
400	1,0	0,420	0,700
500	0,78	0,360	0,600
600	0,47	0,180	0,310
700	0,23	0,075	0,130
800	0,11	0,050	0,090
900	0,06	0,0375	0,0675
1000	0,04	0,0250	0,0450
1100	0,02	0,0125	0,0225
1200	0,00	0,0000	0,0000

có tiết diện mặt cắt ngang hở, ví dụ: tiết diện chữ I. Phần bên trong của mặt cắt được che chắn khỏi bức xạ nhiệt do cháy gây ra, điều này khác với cấu kiện có tiết diện mặt cắt ngang kín. Trong Eurocode hiệu ứng bóng được áp dụng như là sự giảm tổng lượng trao đổi nhiệt, tức là cả đối lưu và bức xạ nhiệt, do tiếp xúc với lửa [6].

Với cấu kiện thép tiết diện chữ I không có lớp bảo vệ

$$k_{sh} = 0,9 \cdot [A_m / V]_b / [A_m / V] \quad (9)$$

Với cấu kiện tiết diện khác $k_{sh} = [A_m / V]_b / [A_m / V]$

Hệ số tiết diện cấu kiện thép tính đến hiệu ứng bóng:

$$[A_m / V]_{sh} = k_{sh} \cdot A_m / V \quad (10)$$

$[A_m / V]_b$ - hệ số tiết diện hình chữ nhật tính bằng tỷ lệ diện tích hình chữ nhật nhỏ nhất bao quanh tiết diện hình của cấu kiện với thể tích của nó, về bản chất hệ số A_m / V bằng tỷ lệ diện tích mặt cắt ngang và chu vi chịu lửa của cấu kiện. Với cấu kiện thép có tiết diện kín (hình hộp, hình ống), cấu kiện thép có lớp bảo vệ $k_{sh}=1$.

Căn cứ vào kết quả tính toán độ tăng nhiệt độ với $\Delta t=5$ giây có thể thiết lập được mối quan hệ giữa hệ số tiết diện và nhiệt độ của kết cấu thép trong các khoảng thời gian khác nhau được thể hiện trên biểu đồ (hình 1).

2.3. Trình tự tính toán

Tính toán khả năng chịu lửa gồm các bước sau:

Xác định nội lực ở điều kiện thường;

Phân loại tiết diện (1, 2, 3, 4);

Xác định nhiệt độ tới hạn của kết cấu $\theta_{a,cr}$:

Với tiết diện 1, 2, 3:

Xác định hệ số suy giảm trong điều kiện cháy η_{fi} ;

Xác định nội lực phát sinh trong điều kiện cháy: $E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d$;

Xác định khả năng chịu lực và ổn định $M_{fi,t,Rd}$, $M_{b,fi,t,Rd}$ theo sự thay đổi của nhiệt độ;

Xác định nhiệt độ tới hạn khi $\theta_{a,cr}$ theo 2 điều kiện khi $E_{fi,d} = M_{fi,t,Rd}$.

Với kết cấu có tiết diện loại 4 nhiệt độ tới hạn $\theta_{a,cr}=350^\circ\text{C}$

Xác định sự phụ thuộc nhiệt độ thép và thời gian $\theta_{a,t}$;

Theo biểu đồ xác định thời gian tới hạn của kết cấu $t_{fi,d}$;

Nếu $t_{fi,d} > t_{fi,requ}$: không cần lớp chống cháy

Nếu $t_{fi,d} < t_{fi,requ}$: cần lớp chống cháy căn cứ theo cấp độ bền cháy (R), nhiệt độ tới hạn ($\theta_{a,cr}$), hệ số tiết diện A_m / V .

3. Ví dụ tính toán

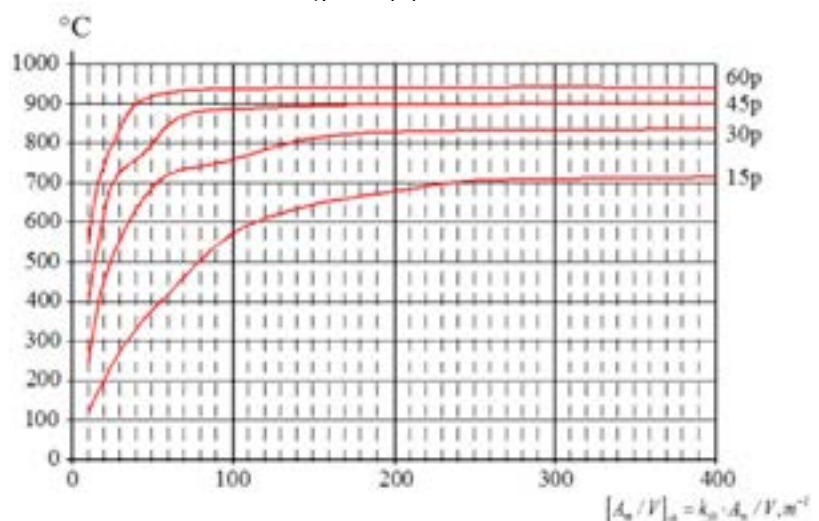
Dầm thép tổ hợp hàn có sơ đồ tính như hình vẽ, chịu tải trọng phân bố đều $F_d=41,33\text{kN/m}$; tải trọng tạm thời $Q_{k,1}=4,9\text{kN/m}^2$; tải trọng thường xuyên $G_k=1,503\text{kN/m}^2$ phía trên đỡ dầm phụ. Nhịp dầm $L=7,5\text{m}$, bước dầm 4,5m. Thép có giới hạn chảy $f_y=235\text{N/mm}^2$. Dầm có kích thước $h=400\text{mm}$; $b_f=300\text{mm}$; $h_w=368\text{mm}$; $t_w=10\text{mm}$; $t_f=16\text{mm}$; $A=132,8\text{cm}^2$.

Mômen lớn nhất trong điều kiện thường

$$M_{y,ED} = \frac{F_d L^2}{8} = \frac{41,33 \cdot 7,5^2}{8} = 290,6 \text{ kN.m}$$

Phân loại tiết diện trong điều kiện cháy theo bảng 3.

Theo công thức (3) ta có:



Hình 1: Biểu đồ quan hệ nhiệt độ và hệ số tiết diện $[A_m / V]_{sh}$ của cấu kiện thép không có lớp bảo vệ dưới tác động của chế độ nhiệt tiêu chuẩn

$$\varepsilon = 0,85 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,85 \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,85$$

Với bản cánh:

Phần nhô ra của bản cánh:

$$c = \frac{b_f - t_w - 2k_f}{2} = \frac{300 - 10 - 2 \cdot 6}{2} = 139 \text{ mm},$$

trong đó k_f : chiều cao nhỏ nhất đường hàn liên kết cánh và bụng.

Ta thấy:

$$10 \cdot \varepsilon = 8,5 < \frac{c}{t_f} = \frac{139}{16} = 8,69 < 14 \cdot \varepsilon = 11,9$$

do vậy tiết diện bản cánh dầm thuộc loại 3.

Với bản bụng dầm:

$$\frac{c}{t_w} = \frac{356}{10} = 35,6,$$

trong đó $c = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot k_f = 400 - 2 \cdot 16 - 2 \cdot 6 = 356 \text{ mm}$

Ta thấy

$$\frac{c}{t_w} = \frac{356}{10} = 35,6 < 72 \cdot \varepsilon = 61,2$$

do vậy tiết diện bản bụng dầm thuộc loại 1.

Qua tính toán cho thấy tiết diện bản bụng dầm thuộc loại 1, bản cánh dầm thuộc loại 3 do vậy tiết diện dầm thuộc loại 3 trong điều kiện nhiệt độ tăng.

Hệ số suy giảm để tính toán mức độ chịu tải trong điều kiện cháy theo (2):

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}} = 0,57$$

Thay: $G_k = 1,503 \text{ kN/m}^2$; $\gamma_G = 1,35$; $\gamma_{Q,1} = 1,5$; $\psi_{fi} = 0,8$ (cho mặt bằng kho chứa).

Nội lực tính toán trong điều kiện cháy theo (1):

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta \cdot E_d = 0,57 \cdot 290,6 = 165,64 \text{ kN.m}$$

trong đó: $E_d = M_{Ed}$

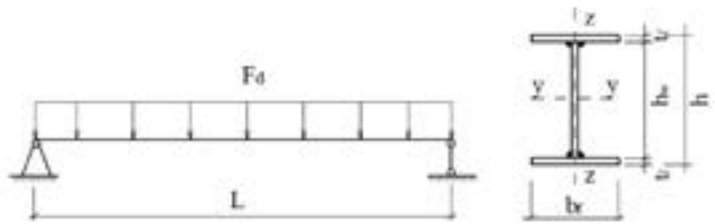
Khả năng chịu lực của dầm $M_{fi,t,Rd}$ chịu nhiệt phân bố đều θ_α được xác định theo công thức (5):

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} \cdot M_{Rd} \frac{\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}}{k_1 \cdot k_2},$$

trong đó:

$$M_{Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{1972,622 \cdot 235}{1,0} \cdot 10^{-3} = 463,67 \text{ kN.m}$$

Nội suy theo bảng 3 khi $M_{fi,t,Rd}$ suy giảm thấp hơn $E_{fi,d}$ ta



Hình 2. Sơ đồ tính và tiết diện ngang của dầm thép

có nhiệt độ tới hạn $\theta_{cr} = 691,63^\circ\text{C}$ (11)

Khả năng ổn định của dầm tại thời điểm t xác định theo (6):

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} \cdot W_y \cdot k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

trong đó: $W_y = W_{el,y} = 1972,622 \text{ cm}^3$ (tiết diện loại 3);

Hệ số suy giảm khi mất ổn định theo (7):

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\Phi_{LT,\theta} + \sqrt{(\Phi_{LT,\theta})^2 - (\bar{\lambda}_{LT,\theta})^2}}$$

$$\text{Với } \Phi_{LT,\theta} = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta} + (\bar{\lambda}_{LT,\theta})^2 \right], \quad \bar{\lambda}_{LT,\theta} = \bar{\lambda}_{LT} \left[\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}} \right]^{0,5},$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,93; \quad \alpha = 0,65 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

Giá trị độ mảnh tương đối $\bar{\lambda}_{LT,\theta}$, hệ số χ_{fi} , $M_{fi,t,Rd}$, $M_{b,fi,t,Rd}$ theo nhiệt độ thể hiện ở bảng 3.

Nội suy theo bảng 3 khi $M_{b,fi,t,Rd}$ suy giảm thấp hơn $E_{fi,d}$ ta có nhiệt độ tới hạn $\theta_{cr} = 468,8^\circ\text{C}$ (12)

Từ (11), (12) ta có nhiệt độ tới hạn của dầm $\theta_{cr} = 468,8^\circ\text{C}$

Theo (9), (10) xác định hệ số tiết diện:

$$A_m/V = (2b + 2(B_f - t_w) + 4t_f + 2h_w) / (2t_f b_f + t_w h_w) = 149 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_b = (2b_f + 2h) / (2t_f b_f + t_w h_w) = 105 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = k_{sh} \cdot A_m/V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 0,9 \cdot 105 = 94,5 \text{ m}^{-1}$$

Sử dụng biểu đồ (hình 1) với $\theta_{cr} = 468,8^\circ\text{C}$ và hệ số $[A_m/V]_{sh} = k_{sh} \cdot A_m/V = 94,5 \text{ m}^{-1}$ ta có thời gian tới hạn của kết cấu t_{cr} để đạt nhiệt độ tới hạn $\theta_{cr} = 468,8^\circ\text{C}$ là dưới 15 phút. Căn cứ vào kết quả tính toán và yêu cầu về bậc chịu lửa cần thiết của công trình [7] cũng như đặc điểm của các giải pháp, loại vật liệu chống cháy [8] cho kết cấu từ đó có thể đưa ra biện pháp phù hợp đảm bảo an toàn cho kết cấu khi có hỏa hoạn xảy ra.

Bảng 3. Sự thay đổi của các tham số tính toán theo nhiệt độ

Nhiệt độ của thép θ_a	400	500	600	700	800
$k_{y,\theta}$	1,0	0,78	0,47	0,23	0,11
$k_{E,\theta}$	0,7	0,6	0,31	0,13	0,09
$M_{fi,\theta,Rd}$	662,39	516,66	311,31	152,34	72,86
$\bar{\lambda}_{LT,\theta}$	1,11	1,06	1,15	1,23	1,03
Φ_θ	1,48	1,41	1,53	1,67	1,36
χ_{fi}	0,41	0,43	0,39	0,36	0,44
$M_{b,fi,t,Rd}$	188,84	155,1	85,8	38,3	22,6

4. Kết luận

Kết cấu thép có hệ số tiết diện cao phản ứng nhanh hơn với tải trọng nhiệt và lửa nên có giới hạn chống cháy thấp hơn. Kết cấu thép có hệ số tiết diện thấp thì khối lượng lớn hơn và có quán tính lớn hơn để làm nóng toàn bộ kết cấu, do đó chúng có giới hạn chịu lửa cao hơn.

Phương pháp tính toán đơn giản theo điều kiện chịu lực xét đến sự suy giảm của môđun đàn hồi cho phép xác định sự mất ổn định của kết cấu trong điều kiện cháy nên thiên về an toàn hơn so với tính toán theo nhiệt độ tới hạn.

Bài báo đã giới thiệu phương pháp và trình tự tính toán đảm bảo thép chữ I không có lớp bảo vệ chống cháy sử dụng phương pháp đơn giản hóa theo điều kiện chịu lực theo Tiêu chuẩn châu Âu EN 1993 -1 -2 cùng với ví dụ minh họa. Hiện tại Việt Nam, chưa có tiêu chuẩn, hướng dẫn quy định đầy đủ cho kết cấu thép, do vậy việc nghiên cứu, giới thiệu quy trình tính toán cấu kiện thép chịu lửa theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993 -1-2 là cần thiết và có ý nghĩa thực tế, bổ sung nguồn tài liệu tham khảo trong công tác thiết kế đảm bảo an toàn cho các công trình thép./.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Lưu Văn Trường, *Kết cấu thép – Cấu kiện cơ bản, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.*
2. EN 1993 -1- 2: Eurocode 3 Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design
3. EN 1991-1-2: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire.
4. EN 1990: Eurocode - Basis of structural design
5. EN 1993-1-1: Eurocode 3: Design of Steel Structures Part 1-1:

General rules and rules for buildings

6. Andersson, Lucas. "Shadow effects in open cross-sections : An analysis of steel temperatures with COMSOL Multiphysics, TASEF and Eurocode." Thesis, Luleå tekniska universitet, Byggnadskonstruktion och brand, 2018.
7. QCVN 06:2022/BXD: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình
8. EN 13381-4: Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members - Part 4: Applied passive protection to steel members

Một số vấn đề khi lựa chọn giải pháp nền móng...

(tiếp theo trang 14)

tăng các giá trị biến dạng, việc tăng từ 2 vòng lên 3 vòng cọc làm tăng khoảng 9% và tăng từ 3 vòng lên 4 vòng cọc làm tăng khoảng 0,3%. Việc tăng đường kính cọc làm giảm đáng kể các giá trị biến dạng (giảm gần 40%).

Đối với lực dọc ở thân cọc (Hình 12): Việc thay đổi từ 2 vòng lên 3 vòng làm tăng đáng kể lực nén lớn nhất ở cọc (khoảng 45%); việc tăng từ 3 vòng cọc lên 4 vòng cọc lại tăng không đáng kể lực nén lớn nhất (khoảng 0,5%). Ngoài ra, việc tăng đường kính cọc từ PHC D1000 lên PHC D1200 tương ứng với số vòng cọc sẽ làm tăng lực dọc ở thân cọc (khoảng 7%).

Hình 13 chỉ ra đối với lực cắt (Q12 và Q13) trong thân cọc cũng có xu hướng tăng khi tăng số vòng cọc tuy nhiên không đáng kể (khoảng 2%). Hình 14 thể hiện mô-men (M2 và M3) lớn nhất trong cọc, việc tăng số vòng cọc sẽ làm tăng các giá trị này lên khoảng 9% và tăng đường kính cọc thì sẽ giúp giảm lực cắt trong thân cọc.

Kết quả phân tích mô-men trong đài của 2 phương án sử dụng cọc PHC D1000 và sử dụng cọc D1200 (Hình 15) cho thấy việc tăng số vòng cọc có xu hướng làm giảm không đáng kể các giá trị nội lực trong móng (khoảng 0,08% - 0,4%);

Như vậy, các phương án trên đều thỏa mãn chuyển vị và biến dạng cho phép. Tuy nhiên, phương án bố trí 2 vòng cọc cho kết quả lực dọc trong cọc nhỏ hơn 45% so với các phương án bố trí 3 vòng và 4 vòng. Cho thấy, bố trí 2 vòng cọc sẽ phân phối lực lên các cọc đồng đều hơn so với 2

phương án còn lại. Mặc dù phương án bố trí 2 vòng cọc cho độ nghiêng tại mặt bích lớn hơn so với phương án bố trí 3 vòng và 4 vòng nhưng xét về giá trị thì con số này là không đáng kể.

5. Kết luận

Bài viết đã nêu được tổng quan về các giải pháp nền móng, phân tích các ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng các giải pháp nền móng cho tua bin điện gió gần bờ. Với điều kiện địa chất và đặc thù của các nhà thầu trong nước thì dạng kết cấu móng được xem là khả thi cho vùng biển gần bờ của tỉnh Sóc Trăng nói riêng, cũng như ở Việt Nam nói chung là giải pháp móng cọc đài cao, móng monopile và móng Jacket. Xem xét tổng hợp mọi khía cạnh thì ở thời điểm hiện tại, móng cọc đài cao là giải pháp móng phù hợp nhất cho tua bin điện gió gần bờ tại tỉnh Sóc Trăng.

Qua khảo sát mô hình bằng phần mềm Plaxis 3D CE cho thấy: đây phần mềm này có ưu điểm là thao tác chỉnh sửa nhanh, mô phỏng tốt sự làm việc giữa cọc - đất nền tùy biến theo các mô đun khác nhau, mô phỏng ứng xử của đất nền một cách trực quan khi kết cấu móng cọc dưới tác dụng của tải trọng và cho kết quả đáng tin cậy. Do đó, hoàn toàn có thể sử dụng phần mềm này trong phân tích thiết kế bài toán móng cọc đài cao cho các tua bin điện gió trên biển.

Việc bố trí cọc trong đài là hết sức quan trọng, đề xuất nên bố trí cọc thành 2 đến 3 vòng về phía biên của đài, với vòng cọc phía ngoài biên nên bố trí cọc xiên./.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Anh Dân (2022), *Thiết kế công trình điện gió biển, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.*
2. Viện Năng lượng (2020), *Báo cáo khí tượng thủy văn Dự án nhà máy điện gió Sóc Trăng 1A & 1B, Hà Nội.*
3. TCVN 10304:2014 (2014), *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế. Bộ khoa học công nghệ công bố*

4. IEC 61400-1:2019 (2019), *Wind Turbine Generator Systems - Part 1: Design requirements.*
5. IEC 61400-3-1:2019 (2019), *Wind energy generation systems - Part 3-1: Design requirements for fixed offshore wind turbines.*
6. DNVGL-ST-0126 (2021), *Support structures for wind turbines, DNV.*
7. *Plaxis 3D Conect Edition V22 Manual.*
8. DNV/Risø, *Guidelines for Design of Wind Turbines.*