

Tính toán chi tiết liên kết mặt bích nhà công nghiệp nhẹ theo chỉ dẫn thiết kế của Zamil

Design of cap (end) plates by design manual of Zamil

Hoàng Ngọc Phương

Tóm tắt

Tính toán liên kết mặt bích trong nhà công nghiệp nhẹ đã được đề cập trong các tài liệu của Việt Nam, tuy nhiên việc tìm hiểu các cách tính mới theo tiêu chuẩn, tài liệu nước ngoài là rất cần thiết. Vì vậy bài báo này đưa ra lý thuyết tính toán chi tiết liên kết mặt bích nhà công nghiệp nhẹ bằng thép theo chỉ dẫn thiết kế của Zamil(1), mà nền tảng là quy phạm của Mỹ - AISC.

Bài báo trình bày cấu tạo, yêu cầu đối với liên kết mặt bích; quy trình tính toán liên kết mặt bích trong đó điều quan trọng là sự xác định lực kéo và sự phân phối lực kéo trong bu lông lên các phần tử; Từ đó tính toán chiều dày mặt bích; cuối cùng là ví dụ tính toán để làm rõ các vấn đề trên.

Từ khóa: Mặt bích, liên kết mặt bích, lực kéo bu lông, phân phối lực kéo, chiều dày mặt bích

Abstract

Calculation of cap plate connections in pre-engineered buildings has been mentioned in Vietnamese documents; however, it is necessary to learn new calculation methods according to foreign standards and documents. Therefore, this paper presents a detailed calculation theory of the cap plate connection according to the design manual of Zamil(1), whose foundation is the American Specifications - AISC.

The paper presents the structure and requirements for cap plate connections; the cap plate connection calculation procedure where it is important to determine the tensile force and the distribution of the tension in the bolt to the elements; then calculate the flange thickness. Finally, there is a calculation example to clarify the problem.

Key words: Cap plate (end plate), cap plate connections, tensile force bolts, bolt distribution, plate thickness

ThS. Hoàng Ngọc Phương

Bộ môn Kết cấu Thép - Gỗ

Khoa Xây dựng

Email: hoangngocphuongkt@gmail.com

ĐT: 0968 567 234

Ngày nhận bài: 21/4/2022

Ngày sửa bài: 15/5/2022

Ngày duyệt đăng: 21/7/2023

1. Đặt vấn đề

Thực tế cho thấy ở Việt Nam hiện nay các công trình nhà công nghiệp nhẹ bằng thép rất phổ biến và dần thay thế cho nhà công nghiệp bằng bê tông cốt thép. Do đó việc tìm hiểu các tiêu chuẩn trong nước và ngoài nước để tính toán nhà công nghiệp là rất cần thiết. Đặc biệt đối với các công trình thép thì vấn đề liên kết các cấu kiện là rất quan trọng, vì vậy bài báo đưa ra lý thuyết tính toán chi tiết liên kết mặt bích nhà công nghiệp nhẹ theo quy phạm Mỹ.

2. Cấu tạo và các yêu cầu đối với liên kết mặt bích

Có hai loại liên kết có thể được sử dụng cho mỗi nối dùng mặt bích. Loại I, chứa hai bu lông trên mỗi hàng và Loại II, chứa bốn bu lông trên mỗi hàng tùy thuộc vào kích thước tiết diện cấu kiện tại vị trí liên kết.

Mỗi loại được chia nhỏ thành ba trường hợp khác nhau bằng cách tăng tổng số bu lông và/hoặc thêm sườn tăng cứng vào mỗi nối cho từng trường hợp. Các hình minh họa dưới đây (Hình 1) thuộc ba trường hợp của Loại I.

Lưu ý rằng nếu 'e' lớn hơn 600 mm, thêm một hàng bu lông "cấu tạo" (tổng cộng hai chiếc) ở giữa khoảng e (xem Hình 1). Các bu lông này không xét đến trong phân tích liên kết.

(1) Tập đoàn Zamil được thành lập từ năm 1977 chuyên thiết kế, chế tạo và cung cấp nhà thép tiền chế.

Bảng 1. Khoảng cách bố trí bu lông trong liên kết mặt bích

Giá trị điển hình (mm)		
	bu lông $d \leq 24$ mm	bu lông $d > 24$ mm
a	105	135
b	60	80
c	60	60
g	100	120
p	100	120
f	45	55

Sườn cứng và lỗ bu lông thể hiện bằng đường đứt nét ở hình trên được tùy chọn.

Kích thước của sườn cứng (Hình 1): $X = 0,5(b_f - t_w)$, $X_1 = A - t_f$

$$X_1 = A - t_f, Y_1 = 1,5X_1$$

Phân tích liên kết với giả định rằng các bu lông ở một phía chịu ứng suất kéo trong khi bản cánh, sườn cứng (nếu có) và một phần của bụng chịu ứng suất nén. Mỗi bu lông (chịu kéo) phân bố lực của nó cho các phần tử lân cận tỷ lệ thuận với khoảng cách tương đối của các phần tử này với bu lông.

Có năm loại đường kính bu lông d_b thường dùng trong liên kết mặt bích đó là bu lông có $d_b = 16\text{mm}, 20\text{mm}, 24\text{mm}, 27\text{mm}, 30\text{mm}$.

3. Tính toán liên kết mặt bích [3]

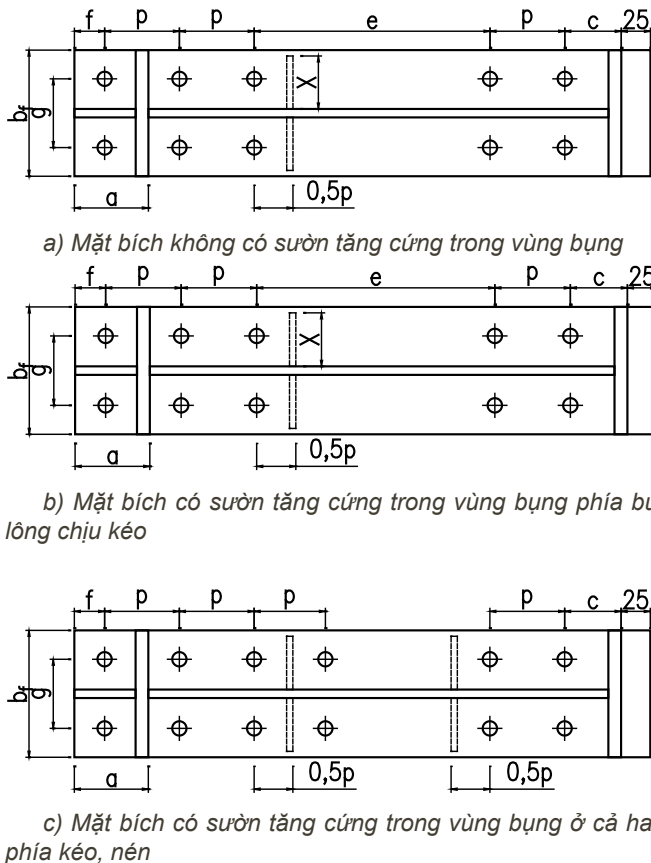
3.1. Quy trình thiết kế liên kết mặt bích

Quy trình dưới đây được thực hiện để phân tích và thiết kế liên kết mặt bích:

1. Tính tọa độ trọng tâm (y) và mô men quán tính (I) của tiết diện tương đương gồm các bu lông chịu kéo và các phần tử khác chịu nén.

2. Tính ứng suất lớn nhất: $P/A \pm Mc/I$ cho bu lông xa nhất chịu kéo và cho bản cánh chịu nén.

3. Kiểm tra nội lực (ứng suất) cho phép của bu lông và ứng suất nén trên bản cánh.



Hình 1. Bố trí bu lông và sườn tăng cứng cho mặt bích

4. Nếu không thỏa mãn, chọn một kiểu liên kết khác có nhiều bu lông hơn và/hoặc đường kính hoặc cấp độ bền lớn hơn, hoặc bổ sung các sườn cứng, lặp lại các bước từ 1 đến 3.

5. Tính toán chiều dày mặt bích cần thiết dựa trên điều kiện bền uốn của tấm.

6. So sánh ứng suất thực của phần tử chịu nén với ứng suất cho phép bằng $0,6F_y$.

7. Tính toán các kích thước mối hàn cần thiết.

8. Kiểm tra chiều dày bản bụng ở vùng nút theo điều kiện chịu cắt và gia cường bằng sườn cứng bổ sung ở giữa nút nếu cần thiết, hoặc sử dụng một bản bụng dày hơn ở vùng nút.

3.2. Sự phân phối lực kéo trong bu lông cho bụng, cánh và sườn

Lực kéo trong các hàng bu lông được phân phối cho bản cánh, bản bụng hoặc sườn gia cường. Để xác định các giá trị đó cần tuân theo các giả thiết sau:

+ Xem mặt bích như các dầm chịu uốn và:

- Là dầm công xon ngàm tại hàng bu lông và không có chuyển vị xoay tại đầu tự do.

- Các dầm có cùng độ cứng chống uốn (EI).

- Chuyển vị bằng nhau tại đầu dầm.

+ Nhịp của các dầm ($L_i - 0,25d_b$), bằng khoảng cách từ trọng tâm của hàng bu lông đến đường trọng tâm của các phần tử (cánh, bụng, sườn) trừ đi $d_b / 4$.

Hình 3 làm rõ cho sự làm việc của dầm với các giả thiết trên:

Giả sử P là lực kéo trong bu lông, P_2 là lực mà bu lông phân phối cho phần tử 1 và P_2 là lực phân phối cho phần tử 2.

Độ võng tại đầu dầm công xon khi chịu uốn $\Delta_1 = \Delta_2$ được xác định bằng phương pháp trong 'Cơ học kết cấu' có:

$$P_1 L_1^3 / (12EI) = P_2 L_2^3 / (12EI) \quad P_1 = P_2 \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^3$$

với $P = P_1 + P_2$ rút ra được

$$P_1 = \frac{P}{1 + \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^3} \quad (1); \quad P_2 = \frac{P}{1 + \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^3} \quad (2)$$

3.3. Tính toán chiều dày mặt bích

+ Sự phân phối lực kéo từ bu lông lên từng phần tử theo chiều rộng biểu diễn minh họa trên Hình 4 như sau:

- Bản cánh: Trên toàn bộ chiều rộng của bản cánh (hàng 1, 2).

- Bản bụng: Trên một khoảng cách bằng với bước bu lông (hàng 4) hoặc khoảng cách thực tế có sẵn nếu nhỏ hơn (có thể áp dụng cho hàng liền kề với sườn B như là hàng 2 hoặc 3).

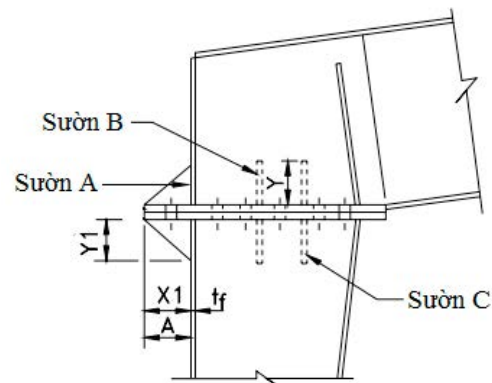
- Sườn cứng: Trên toàn bộ chiều rộng của sườn cứng (Sườn A: hàng 1; sườn B: hàng 2, 3).

+ Mô men uốn:

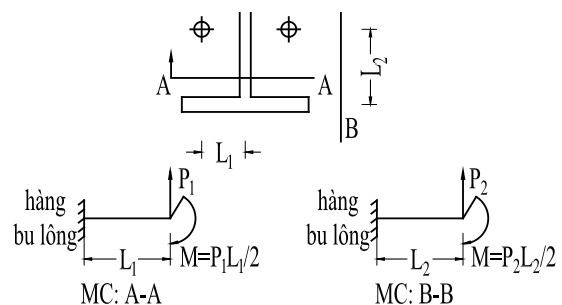
$$M = \frac{P_i L_i}{2} \quad (3)$$

+ Chiều dày mặt bích:

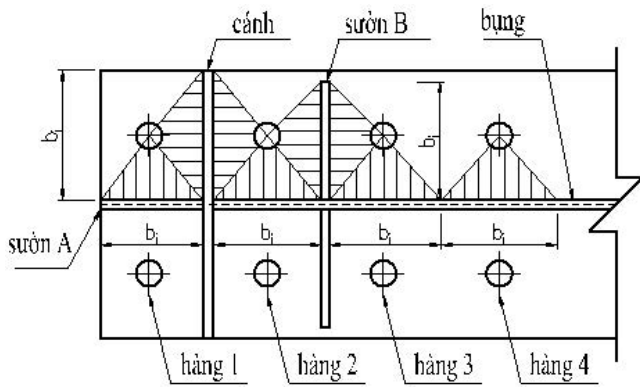
$$t = \sqrt{\frac{6M}{b_i (0,75F_y)}} \geq 12\text{mm} \quad (4)$$



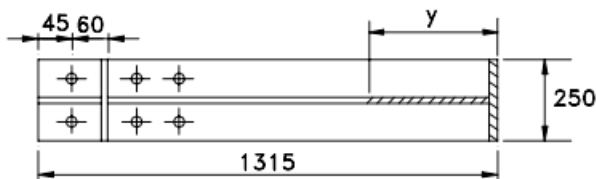
Hình 2. Mặt đứng nút khung dùng liên kết mặt bích



Hình 3. Sơ đồ tính dầm công xon



Hình 4. Chiều rộng bi cho các phần tử



Hình 5. Mặt bằng chi tiết liên kết mặt bích

- Kiểm tra ứng suất trong các bộ phận do lực kéo của bu lông truyền vào:

$$\sigma = \frac{\sum P_i}{t_i b_i} \leq 0,6 F_y \quad (5)$$

4. Ví dụ tính toán

Theo mục 3.1 thì quy trình tính toán mặt bích gồm nhiều bước, tuy nhiên phần này tác giả chỉ trình bày những phần khác so với TCVN.

Tính toán chiều dày mặt bích trong liên kết tại nút khung với các số liệu sau:

Mô men uốn $M = 366 \text{ kN.m}$; lực nén $P_c = 62 \text{ kN}$; lực cắt $V = 67 \text{ kN}$.

Tiết diện có: $h_w = 1200 \text{ mm}$; $t_w = 8 \text{ mm}$; $b_f = 250 \text{ mm}$; Cột $t_f = 10 \text{ mm}$;

Liên kết Loại I, trường hợp không có sườn cứng trong bản bụng. Bu lông: 10 chiếc làm từ thép A325N có $d_b = 20 \text{ mm}$ ($A_n = 2,45 \text{ cm}^2$). Trong đó có 6 chiếc trong vùng chịu kéo được bố trí như Hình 5. Sườn có chiều dày $t_g = 10 \text{ mm}$ (sườn cứng C); Vật liệu thép có cường độ $F_y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$.

Bước 1: Xác định các đặc trưng hình học của tiết diện tương đương

+ Xác định vị trí trọng tâm tiết diện tương đương

Để tính toán chiều cao trục trung hòa y , chọn trục tọa độ x_0-x_0 nằm tại mép ngoài cùng của bản cánh nén.

Phần tử	Diện tích A, cm^2	y, cm	(A).(y) cm^3
Bu lông: Hàng 1	$2 \times 2,45 = 4,9$	127	622,3
Hàng 2	$2 \times 2,45 = 4,9$	117	573,3
Hàng 3	$2 \times 2,45 = 4,9$	107	524,3
Bụng:	$0,8(y - 1,0)$	$0,5(y - 1,0) + 1$	$0,4y^2 - 0,4$
Cánh:	25,00	0,5	12,500
Tổng:	$0,8y + 38,9$		$0,4y^2 + 1732$

$$y = \frac{S_x}{\sum A} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{0,4y^2 + 1732}{0,8y + 38,9}$$

$$\rightarrow 0,4y^2 + 38,9y - 1732 = 0 \rightarrow y = 33,2 \text{ cm}$$

+ Mô men quán tính I của tiết diện tương đương

Cánh tay đòn mô men cho từng phần tử:

$$\text{Bu lông, hàng 1: } y_1 = 127,0 - 33,2 = 93,8 \text{ cm}$$

$$\text{Bu lông, hàng 2: } y_2 = 117,0 - 33,2 = 83,8 \text{ cm}$$

$$\text{Bu lông, hàng 3: } y_3 = 107,0 - 33,2 = 73,8 \text{ cm}$$

$$\text{Bụng: } y_4 = 33,2 - [0,5 \times (33,2 - 1,0) + 1,0] = 16,1 \text{ cm}$$

$$\text{Cánh: } y_5 = 33,2 - 0,5 = 32,7 \text{ cm}$$

(Bỏ qua mô men quán tính đối với trục bản thân của bu lông và bản cánh).

Phần tử	Diện tích, A cm^2	Cánh tay đòn, d cm	(A).(d ²) cm^4	I ₀ cm^4
Bu lông: Hàng 1	4,9	93,8	43112,4	-
Hàng 2	4,9	83,8	34410	-
Hàng 3	4,9	73,8	26687,6	-
Bụng:	$0,8 \times 32,2 = 25,76$	16,1	6677,2	2225,75
Cánh:	25,00	32,7	26732,3	-
Tổng:	65,46		137619,4	2225,75
Mô men quán tính của tiết diện tương đương I (cm^4)			139845,1	

Bước 2: Ứng suất lớn nhất

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I}$$

$$M = 290 \text{ kN.m}; P_c = 62 \text{ kN}.$$

+ Ứng suất kéo lớn nhất trong bu lông:

$$\sigma_K = -\frac{62}{65,46} + \frac{29000 \times 93,8}{139845,1} = 18,5 \text{ kN/cm}^2$$

+ Ứng suất nén lớn nhất tại thớ biên bản cánh

$$\sigma_N = \left| -\frac{62}{65,46} - \frac{29000 \times 93,8}{139845,1} \right| = 20,4 \text{ kN/cm}^2 < F_b = 0,6 F_y = 20,7 \text{ kN/cm}^2$$

+ Ứng suất cắt trong thân bu lông:

$$f_v = \frac{V}{n A_{bn}} = \frac{67}{10 \times 2,45} = 2,73 \text{ kN/cm}^2$$

Bước 3: Ứng suất cho phép

+ Ứng suất kéo cho phép (F_t) trong bu lông A325:

$$F_t = \sqrt{30,34^2 - 4,39 f_v^2} = \sqrt{30,34^2 - 4,39 \times 2,73^2} = 29,8 \text{ kN/cm}^2 > 18,5 \text{ kN/cm}^2$$

+ Ứng suất cho phép trong bản cánh:

$$F_b = 0,6 F_y = 0,6 \times 34,5 = 20,7 \text{ kN/cm}^2 > 20,4 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{Đạt})$$

Bước 4: Chiều dày mặt bích

+ Lực tác dụng lên một bu lông

Lực trong một bu lông ở hàng 1:

$$N_1 = \sigma_K \times A_b = 18,5 \times 2,45 = 45,33 \text{ kN}$$

Lực trong một bu lông ở hàng 2:

$$N_2 = \left(-\frac{62}{65,46} + \frac{29000 \times 83,8}{139845,1} \right) \times 2,45 = 40,3 \text{ kN}$$

Lực trong một bu lông ở hàng 3:

$$N_3 = \left(-\frac{62}{65,46} + \frac{29000 \times 73,8}{139845,1} \right) \times 2,45 = 35,2 \text{ kN}$$

+ Phân phối lực từ một bu lông lên các phần tử

- Phân phối lực từ một bu lông ở hàng 1

Lực phân phối lên sườn cứng:

$$\frac{45,33}{1 + \left(\frac{5,5}{5,0} \right)^3} = 19,4 \text{ kN}$$

Lực phân phối lên bản cánh:

$$\frac{45,33}{1 + \left(\frac{5,5}{5,0} \right)^3} = 19,4 \text{ kN}$$

- Phân phối lực từ một bu lông ở hàng 2

Lực phân phối lên bản cánh:

$$\frac{40,3}{1 + \left(\frac{4,5}{5,0} \right)^3} = 23,3 \text{ kN}$$

Lực phân phối lên bản bụng:

$$\frac{40,3}{1 + \left(\frac{5,0}{4,5} \right)^3} = 17 \text{ kN}$$

- Phân phối lực từ một bu lông ở hàng 3

Lực phân phối lên bản bụng là 35,2 kN (Bỏ qua sự phân phối cho bản cánh).

+ Mô men uốn tác dụng và chiều dày mặt bích

- Mô men gây uốn cho mặt bích:

Mô men và chiều dày yêu cầu của mặt bích xác định theo công thức sau: $M = P_i L_i / 2$

$$t = \sqrt{\frac{6M}{F_b b_i}} \geq 12 \text{ mm}$$

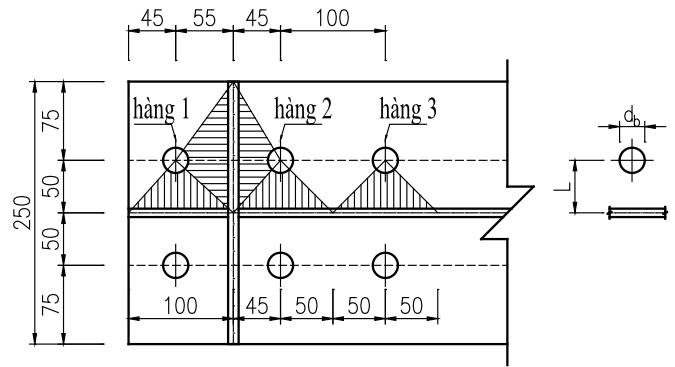
với L_i là khoảng cách từ lực đến các phần tử
 $L_i = L - d_b / 4$ $F_b = 0,75 F_y$

b_i chiều rộng phân bố cho mỗi phần tử đang xét đến (xem Hình 6):

- Hàng bu lông 1

Mô men do tải trọng tác dụng lên sườn: $M = 25,9 \times (5,0 \text{ cm} - 0,5 \text{ cm}) / 2 = 58,3 \text{ kN.cm}$;

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 38,25}{0,75 \times 34,5 \times 9,5}} = 0,97 \text{ cm} \quad b_i = 100 \text{ mm.}$$



Hình 6. Xác định chiều rộng bi cho các phần tử

Mô men do tải trọng tác dụng lên bản cánh: $M = 19,4 \times 5,5 / 2 = 53,35 \text{ kN.cm}$ (do hàng bu lông 1) hoặc $M = 23,3 \times 4,5 / 2 = 52,43 \text{ kN.cm}$ (do hàng bu lông 2). Lấy $M = 53,35 \text{ kN.cm}$ và $b_i = 125 \text{ mm}$.

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 38,25}{0,75 \times 34,5 \times 9,5}} = 0,97 \text{ cm}$$

- Hàng bu lông 2

Mô men do tải trọng tác dụng lên bản bụng: $M = 17 \times 4,5 / 2 = 38,25 \text{ kN.cm}$.

Khoảng cách thực tế $b_i = 45 + 50 = 95 \text{ mm}$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 38,25}{0,75 \times 34,5 \times 9,5}} = 0,97 \text{ cm}$$

- Hàng bu lông 3

Mô men do tải trọng tác dụng lên bản bụng: $M = 35,2 \times 4,5 / 2 = 79,2 \text{ kN.cm}$.

$b_i = 100 \text{ mm}$ là khoảng cách giữa các bu lông.

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 79,2}{0,75 \times 34,5 \times 10}} = 1,36 \text{ cm}$$

Chọn mặt bích có chiều dày 20 mm.

Bước 5: Kiểm tra ứng suất kéo

Ứng suất kéo kiểm tra theo công thức:

$$\sigma = \frac{\sum P_i}{t_i b_i} \leq 0,6 F_y$$

Ứng suất trên sườn:

$$\sigma = \frac{2 \times 25,9}{1,0 \times 9,5} = 5,5 \text{ kN / cm}^2 < 20,7 \text{ kN / cm}^2$$

Ứng suất trên bản cánh:

$$\sigma = \frac{19,4 + 23,3}{12,5 \times 1,0} = 3,42 \text{ kN / cm}^2 < 20,7 \text{ kN / cm}^2$$

Ứng suất trên bản bụng:

$$\sigma = \frac{2 \times 17}{9,0 \times 0,8} = 4,72 \text{ kN / cm}^2 < 20,7 \text{ kN / cm}^2$$

Hoặc

$$\sigma = \frac{2 \times 35,2}{10 \times 0,8} = 8,8 \text{ kN / cm}^2 < 20,7 \text{ kN / cm}^2$$

(xem tiếp trang 97)

Tuy nhiên, đây cũng mới chỉ là những vận dụng bước đầu, sử dụng một số hình thức đối với ứng dụng Google Drive và Google Form. Trong thời gian tới, các giảng viên sẽ tiếp tục

nghiên cứu để mở rộng hơn nữa các tính năng đối với ứng dụng này để nâng cao chất lượng giảng dạy và học tập môn Tư tưởng Hồ Chí Minh./

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Giáo dục và đào tạo, Tăng cường ứng dụng Công nghệ thông tin trong giáo dục và đào tạo, Hội thảo tập huấn “Chính phủ điện tử ngành giáo dục và đào tạo, Công nghệ thiết kế bài giảng E-learning”, Trung tâm Truyền thông giáo dục, 2017.
2. Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội, Bài giảng phân tích và thiết kế hệ thống thông tin, 2020.
3. Đỗ Mạnh Cường, Giáo trình Ứng dụng công nghệ thông tin trong dạy học, Nxb Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 2019.
4. Tiểu Minh, Những công cụ tốt nhất của Google dành cho giáo dục, Kỷ Nguyên số - Chuyên mục công nghệ báo Pháp luật TP Hồ Chí Minh, ngày 21/09/2020.
5. Thủ tướng Chính phủ, Quyết định Phê duyệt Đề án “Tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý và hỗ trợ các hoạt động dạy - học, nghiên cứu khoa học góp phần nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2016 - 2020, định hướng đến năm 2025”, 2017.
6. Nguyễn Quý Thanh - TS. Tôn Quang Cường, Những xu thế mới của công nghệ trong giáo dục Trang Thông tin điện tử, Hội đồng Lý luận trung ương, <http://hdll.vn/vi/thong-tin-ly-luan>, 2019.
7. Trung tâm hỗ trợ giảng dạy, Cẩm nang Ứng dụng CNTT trong giảng dạy đại học, Nxb Đại học quốc gia Hà Nội, 2019.
8. Trung tâm hỗ trợ giảng dạy, Một số ý tưởng ứng dụng công nghệ trong giảng dạy, <http://cte.vnu.edu.vn/>
9. Sử dụng Google Form: <https://docs.google.com/forms/u/0/>
10. Sử dụng Google Drive: <https://www.google.com.vn/drive/about.html>

Tính toán chi tiết liên kết mặt bích nhà công nghiệp nhẹ...

(tiếp theo trang 64)

Lưu ý: Phân tích và thiết kế tương tự được thực hiện đối với mô men dương (cánh bên trong chịu kéo).

5. Kết luận và kiến nghị

Quy trình tính toán này hơi phức tạp và khá “lạ” so với các giáo trình “Kết cấu thép” ở Việt Nam. Việc tính toán này khá dài, phù hợp khi có sự hỗ trợ của bảng tính Excel.

Việc xác định vị trí trục trung hòa khá dài, không đơn giản như ở trong các giáo trình “Kết cấu thép” hiện hành là tại trọng tâm của bản cánh nén hoặc trục của hàng bu lông trong cùng phía cánh nén.

Bài báo đã trình bày cách tính toán chiều dày mặt bích cho liên kết nút chịu mô men và lực dọc. Trong phạm vi bài báo chưa đề cập đến tính toán các đường hàn liên kết.

Trong bài báo này khi tính liên kết bu lông chịu cắt, kéo đồng thời và tính các đặc trưng hình học của tiết diện tương đương dùng tiết diện giảm yếu do ren.

Làm sáng tỏ các vấn đề về tính toán liên kết mặt bích mà trong tiêu chuẩn Việt Nam chưa đề cập đến.

Có thể vận dụng cho việc tính toán liên kết mặt bích ở Việt Nam./

Tài liệu tham khảo

1. American Institute of Steel Construction, Inc (2010) “Specification for Structural Steel Buildings”, American Society of Civil Engineers.
2. American Institute of Steel Construction, Inc (2011) “Steel Construction Manual”, American Society of Civil Engineers.
3. Zamil steel buildings design manual.
4. Kết cấu thép - Cấu kiện cơ bản, Phạm Văn Hội, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội - 2006.
5. Kết cấu thép - Công trình dân dụng và công nghiệp, Phạm Văn Hội, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội - 1998.
6. Kết cấu thép - Nguyễn Tiến Thu, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội - 2010.
7. Kết cấu thép - Vũ Thành Hải, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội - 2006.
8. Tính toán và thiết kế kết cấu thép - Phạm Huy Chính, Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội - 2010.
9. Thiết kế hệ dầm sàn thép, Đoàn Tuyết Ngọc, Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội - 2010.
10. TCVN 338:2005 Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế
11. TCVN 5575:2012 Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế

Đánh giá về các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng tắc màng...

(tiếp theo trang 72)

Làm sạch bằng siêu âm

Các hạt chất bẩn có thể được giải phóng khỏi màng bị bám bẩn bởi các sóng siêu âm trên một mặt phân cách lỏng-rắn không đồng nhất. Hơn nữa, các gốc hydroxyl hoạt động được tạo ra khi có chiếu xạ siêu âm có thể tấn công các chất bám bẩn được hấp phụ và làm suy giảm các phân tử của chất gây tắc, do đó dẫn đến việc kiểm soát tắc nghẽn màng. Phương pháp siêu âm có thể được kết hợp với các phương pháp làm sạch khác, tức là làm sạch bằng hóa chất và rửa ngược, để nâng cao hiệu quả làm sạch.

5. Kết Luận

Công nghệ MBR là một công nghệ có tính cạnh tranh cao và đã được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực xử lý nước thải và tái chế nước thải. Tuy nhiên, sự bám bẩn của màng là một cản trở cho việc quảng bá rộng rãi công nghệ này. Vì vậy, nghiên cứu về nguyên nhân, cơ chế, các yếu tố ảnh hưởng và kiểm soát hiện tượng tắc màng có tầm quan trọng sống còn đối với công nghệ này./