

TÍNH TOÁN CHIỀU DÀY MẶT BÍCH THEO TÀI LIỆU CỦA LIÊN BANG NGA
CALCULATION OF FLANGED THICKNESS ACCORDING TO RUSSIAN FEDERATION
DOCUMENTATION

HOÀNG NGỌC PHƯƠNG^{a,*}

^aBộ môn Kết cấu Thép - Gỗ, Đại học Kiến trúc Hà Nội

*Tác giả đại diện: Email: hoangngocphuongkt@gmail.com

Ngày nhận 17/12/2025, Ngày sửa 27/12/2025, Chấp nhận 29/12/2025

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2025.vi.vol4-3>

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu cách tính chiều dày mặt bích theo tài liệu của Liên bang Nga [10]. Nội dung của bài báo là trình bày cách tính chiều dày mặt bích theo sự làm việc đàn hồi và làm việc dẻo của vật liệu thép, cùng với việc sử dụng bu lông thường (không kiểm soát lực siết) và bu lông cường độ cao (có kiểm soát lực siết). Trường hợp mặt bích làm việc đàn hồi thì có thể dùng bu lông thường hoặc cường độ cao, còn trường hợp mặt bích làm việc dẻo thì phải dùng bu lông cường độ cao. Việc thiết kế theo sơ đồ đàn hồi tuy có quy trình thực hiện đơn giản, thuận tiện cho việc áp dụng nhanh nhưng cho kết quả chiều dày mặt bích khá lớn, để giảm chiều dày và tăng độ cứng cần bố trí thêm sườn cứng. Trong khi đó, thiết kế theo sơ đồ dẻo giúp giảm chiều dày nhưng việc tính toán phức tạp hơn và cần phải bổ sung thêm các đánh giá về tính biến dạng của liên kết. Các ví dụ tính toán đưa ra để làm rõ cho các nội dung trên.

Từ khóa: Liên kết mặt bích, chiều dày mặt bích, bu lông thường (không kiểm soát lực siết), bu lông cường độ cao (có kiểm soát lực siết), phân tích đàn hồi, phân tích dẻo, khớp dẻo

Abstract: This paper introduces the calculation of flange thickness based on Russian Federation documentation [10]. It presents the design procedures considering both the elastic and plastic resistance of the steel material. The study evaluates the use of mild-steel bolts (non-preloaded bolts) and high-strength bolts (preloaded high-strength bolts). For flanges designed under the elastic distribution, either non-preloaded or preloaded bolts are applicable. However, for flanges designed using the plastic distribution (equivalent T-stub approach), preloaded high-strength bolts must be used to ensure connection integrity. While the elastic design model offers a simplified and convenient procedure, it results in a larger flange thickness. To optimize the thickness and increase the rotational stiffness, the installation of stiffeners is required. Conversely, the

plastic design model reduces the required thickness but increases the complexity of the global analysis, requiring additional assessments of the deformation capacity and joint rotation. Calculation examples are provided to demonstrate these methodologies.

Keywords: Flanged joint, flange thickness, mild-steel bolts (non-preloaded bolts), high-strength bolts (preloaded high-strength bolts), elastic analysis, plastic analysis, plastic hinge

1. Đặt vấn đề

Liên kết mặt bích được sử dụng phổ biến trong kết cấu thép công nghiệp, nhà thép tiền chế do khả năng chịu lực tốt và dễ dàng lắp dựng, tiết kiệm vật liệu, rút ngắn thời gian thi công và giảm thiểu sai sót so với việc hàn trực tiếp... Tuy nhiên, trong các tiêu chuẩn [8, 9] và giáo trình [2] tại Việt Nam việc tính toán mặt bích còn hạn chế, chỉ đề cập đến một dạng mặt bích hình chữ nhật đơn giản, nên việc tìm hiểu và giới thiệu phương pháp tính toán liên kết mặt bích là cần thiết và có tính ứng dụng cao. Mặt khác các nghiên cứu hiện nay tập trung vào Eurocode hoặc mô phỏng số phức tạp, trong khi hệ thống tiêu chuẩn tính toán kết cấu thép của Việt Nam có sự kế thừa, tương đồng lớn với hệ thống tiêu chuẩn của Liên bang Nga. Do đó, bài báo tính toán liên kết mặt bích theo tài liệu của Liên bang Nga có giá trị, đóng góp tốt về mặt tài liệu tham khảo và hướng dẫn thiết kế cho kỹ sư kết cấu.

2. Sơ lược về liên kết bu lông sử dụng mặt bích [10]

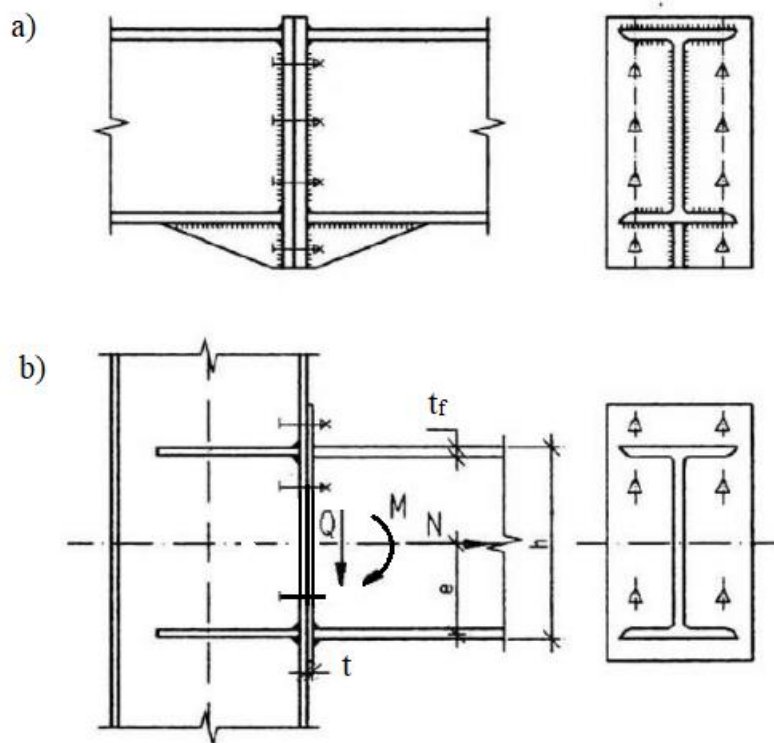
Việc sử dụng rộng rãi bu lông cường độ cao trong các mối nối lắp ghép, dẫn đến sự xuất hiện của liên kết mặt bích trong cấu kiện chịu uốn, đặc biệt là kết cấu thép nhẹ và liên kết cứng của dầm với cột. Liên kết mặt bích dùng bu lông cường độ cao có nhiều ưu điểm so với các dạng liên kết khác do sự làm việc của vật liệu bu lông cường độ cao chịu kéo trực tiếp. Trong liên kết mặt bích thì lượng thép sử dụng cho mối nối, số lượng bu lông và độ phức tạp của mối nối đều giảm. Nhược điểm của liên kết mặt bích là tính

biến dạng cao, do đó độ võng của dầm tăng lên từ 5 đến 10%.

Cấu tạo của liên kết mặt bích được thể hiện trong Hình 1. Mặt bích là tấm thép dày có lỗ cho bu lông, được hàn vào đầu cấu kiện. Các mặt bích được liên kết với nhau, khi lắp ráp dùng bu lông cường độ cao hoặc bu lông thường có vòng đệm và đai ốc siết chặt, sau đó mỗi nối chịu tải trọng ngoài. Quá trình lắp ráp cấu kiện và kết cấu dùng liên kết mặt bích rất đơn giản, tốn ít công sức.

Sự làm việc của liên kết mặt bích trong cấu kiện chịu uốn được xác định bởi: lực ở vùng nén của dầm trong liên kết được truyền qua sự ép mặt giữa các

mặt bích với nhau, còn lực trong vùng kéo được truyền qua mặt bích lên các bu lông, kéo dẫn chúng. Theo đặc điểm làm việc của mỗi nối, chủ yếu các bu lông được bố trí tập trung gần bản cánh kéo của dầm, đôi khi bố trí thành 2 hoặc 3 hàng so với bản bụng dầm, còn trong vùng nén của dầm các bu lông được bố trí theo khoảng cách lớn nhất để đảm bảo độ chặt của mỗi nối. Sự phân bố lực kéo lên các bu lông là không đều, phụ thuộc vào vị trí của bu lông và độ cứng uốn của mặt bích. Do đó, tỷ lệ lực giữa các bu lông ở vùng trong và vùng ngoài tiết diện tại vị trí mỗi nối dao động từ 1,1 (với mặt bích dày) đến 2,6 (với mặt bích mỏng).



Hình 1. Liên kết mặt bích:
a) Liên kết dầm - dầm; b) Liên kết dầm - cột

Cần kiểm tra các điều kiện sau đây khi tính toán liên kết mặt bích:

- Độ bền của các mối hàn liên kết mặt bích với cấu kiện (không xét đến trong bài báo này);
- Khả năng chịu lực của liên kết bu lông;
- Khả năng chịu uốn của mặt bích;
- Khả năng chịu lực của liên kết ma sát khi chịu tác dụng của lực cắt.

Khi tính toán và thiết kế liên kết mặt bích, cần tuân thủ các giả thiết khác nhau đối với các liên kết bằng bu lông thường (không kiểm soát lực siết) và bu lông cường độ cao.

3. Liên kết mặt bích làm việc theo sơ đồ đàn hồi

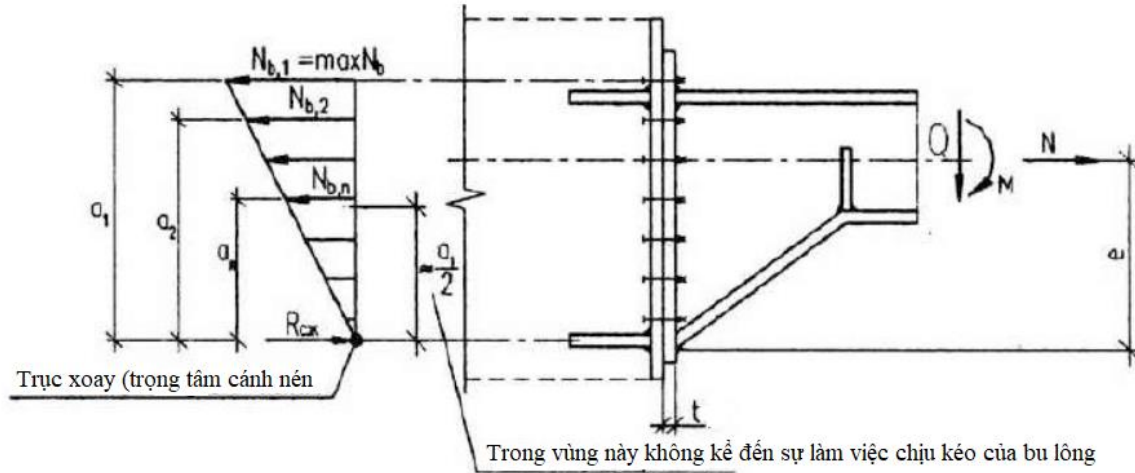
Khi tính toán cần tuân thủ các các giả thiết sau:

- Mặt bích dầm và bản cánh của gối đỡ cứng vô cùng và vẫn phẳng dưới tác dụng của lực;

- Trục trung hòa (trục xoay) của tiết diện nằm trong mặt phẳng trọng tâm cánh nén của dầm;

- Lực kéo trong bu lông được lấy tỷ lệ với khoảng cách đến trục xoay;

- Để đơn giản hóa việc tính toán và tăng độ an toàn của mối nối, bỏ qua sự phân bố lực phi tuyến theo thực tế và bỏ qua các giá trị lực kéo tương đối nhỏ trong các bu lông ở khoảng một nửa chiều cao của tiết diện mặt bích về phía trục xoay (Hình 2).



Hình 2. Phân bố nội lực trong liên kết mặt bích

Chiều dày của mặt bích, trong trường hợp lắp đặt bu lông thường (cấp độ bền 5.6 - 5.8), lấy phụ thuộc vào đường kính của bu lông và mác thép:

$t \geq 1,25d_b$ với mác S275;

$t \geq 1,00d_b$ với mác S355.

Khoảng cách bố trí bu lông đến bản bụng và bản cánh phải là nhỏ nhất. Cường độ thép làm mặt bích được xác định theo chiều dày kim loại cán.

Độ bền uốn của mặt bích trong trường hợp không có sườn cứng gia cường được kiểm tra từ điều kiện làm việc đàn hồi của thép và sự phân bố lực truyền từ bu lông đến vị trí liên kết mặt bích với bản cánh hoặc bản bụng bằng đường hàn theo góc 45° (Ví dụ 2). Trường hợp có sườn gia cường cho mặt bích thì sẽ chia mặt bích thành các ô bản chịu lực tập trung là lực kéo trong bu lông. Ô bản hai cạnh liền kề chịu lực kéo của bu lông, sơ đồ tính đơn giản hóa là dầm công xon có mặt ngàm tại đường chéo của tam giác vuông (ví dụ 1) chịu lực tập trung $N_{b,i}$ cách ngàm một khoảng L_i , L_i là khoảng cách từ lực đến đường chéo tam giác. Bề rộng của tiết diện bằng độ dài của đường chéo đó.

Chiều dày của mặt bích được xác định theo:

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W_i} \leq f_{yd} \gamma_c \tag{1}$$

trong đó $M_i = N_{b,i} \cdot L_i$ (2)

$$W_i = \frac{b_i \cdot t_i^2}{6} \quad \text{suy ra} \quad t_i = \sqrt{\frac{6M_i}{b_i \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c}} \tag{3}$$

Với:

f_{yd} - cường độ tính toán của thép làm mặt bích;

γ_c - hệ số điều kiện làm việc của kết cấu.

4. Liên kết mặt bích làm việc theo sơ đồ dẻo, dùng bu lông cường độ cao (có kiểm soát lực siết)

Trong các liên kết mặt bích (hoặc một phần của chúng) chịu lực kéo F, lực bẩy K có thể xuất hiện, lực này tác dụng bổ sung lên mối nối. Xét ảnh hưởng của lực bẩy bổ sung trong "liên kết chữ T" tại bản cánh kéo của dầm tại vị trí nối dầm với cột (Hình 3). Tùy thuộc vào tỷ lệ độ cứng của mặt bích và bu lông, lực bẩy bổ sung có thể xuất hiện ở vùng mép của mặt bích, giá trị có thể từ 0 đến hơn 30% tổng tải trọng tác dụng lên mối nối. Lực kéo F và lực bẩy K cân bằng với lực kéo trong bu lông (Hình 3c). Lực kéo F được xác định do mô men M phân thành cặp ngẫu lực: $F = \frac{M}{h-t_f} = \frac{M}{h}$. Lúc này phân bố lực kéo trong bu lông không còn tuyến tính như sự làm việc đàn hồi nữa mà lực trong bu lông ở cánh chịu kéo là bằng nhau.

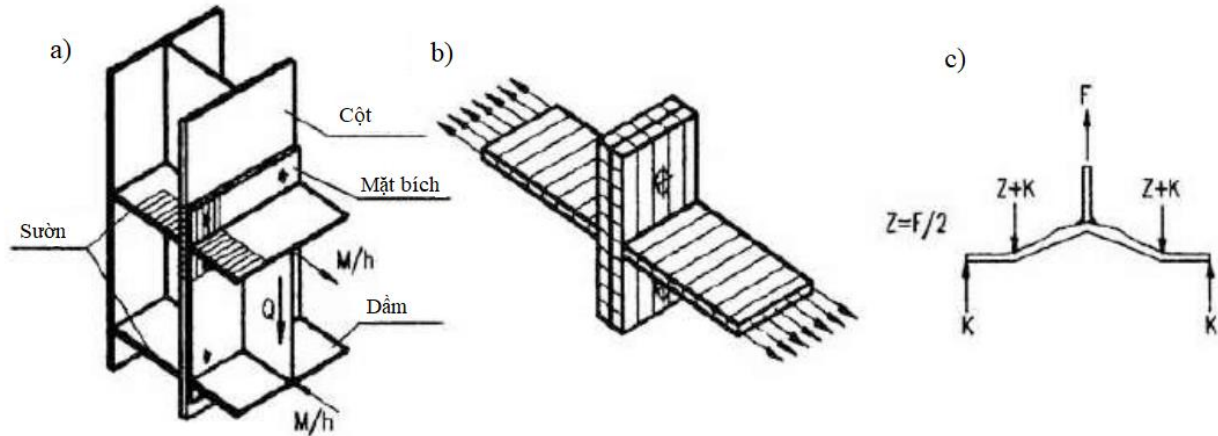
Các nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết về sự làm việc của liên kết mặt bích cùng với bu lông cường độ cao đã thấy rằng sự làm việc của chúng có thể tương ứng với ba trạng thái giới hạn:

KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

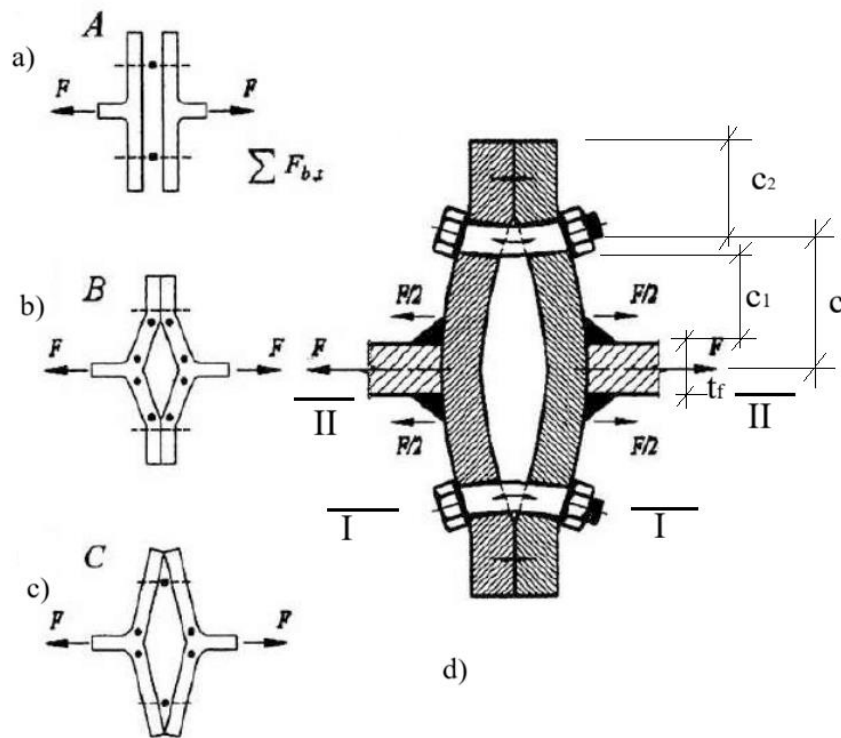
- A: Tấm mặt bích cứng và bu lông yếu (Hình 4a);
 B: Tấm mặt bích mềm và bu lông khỏe (Hình 4b);
 C: Độ cứng tương đương của tấm mặt bích và bu lông (Hình 4c).

Tùy thuộc vào sơ đồ tính thu được khi xác định trước độ cứng của mặt bích và bu lông, mà có các

trình tự tính toán tương ứng. Chiều dày của mặt bích được lấy không nhỏ hơn 1,0 lần đường kính của bu lông khi lắp đặt hai hàng và không nhỏ hơn 1,25 lần đường kính bu lông khi lắp đặt bốn hàng bu lông.



Hình 3. Liên kết chữ "T"
 a) Sơ đồ kết cấu; b) vùng kéo; c) sơ đồ tính



• khớp dèo

Hình 4. Sự làm việc của liên kết mặt bích dùng bu lông cường độ cao

Trình tự tính toán liên kết mặt bích làm việc theo sơ đồ dèo, dùng bu lông cường độ cao:

- a. Khoảng cách từ mép bản cánh đến mép lỗ bu lông (vị trí có thể hình thành khớp dèo):

$c_1 = c - 0,5t_f - 0,5d_b$; $c_2 > c_1$ - được lấy theo cấu tạo. (Hình 4).

b. Khả năng chịu kéo của một bu lông cường độ cao
 Lực kéo tính toán của một bu lông cường độ cao được xác định: $N_{tb} = f_{tb} \cdot A_{bn} = (0,7f_{ub}) \cdot A_{bn}$ (4)

trong đó: f_{tb} - cường độ tính toán chịu kéo của bu lông;

f_{ub} - cường độ tính toán của bu lông theo sức bền kéo đứt;

A_{bn} - diện tích tiết diện thực của bu lông.

c. Xác định giá trị của mô men và lực cắt ứng với trạng thái dẻo tại tiết diện I-I

$$M_{I,P} = \frac{bt^2}{4} f_{yd} \gamma_c; \quad V_{I,P} = bt f_v \gamma_c = bt(0,58 f_{yd}) \gamma_c \quad (5)$$

trong đó: f_v - cường độ tính toán chịu cắt của vật liệu thép làm mặt bích.

d. Xác định các giá trị của mô men và lực cắt ứng với sự hình thành khớp dẻo tại tiết diện II-II, có tính đến sự giảm yếu của mặt bích do các lỗ bu lông:

$$M_{II,P} = \frac{(b - nd_{lo})t^2}{4} f_{yd} \gamma_c; \quad V_{II,P} = (b - n.d_{lo}) t f_{yd} \gamma_c \quad (6)$$

d_{lo} - đường kính của lỗ bu lông.

e. Xác định giá trị mô men M_I tại tiết diện I-I

Hệ số giảm giá trị của mô men dẻo k_I tại tiết diện I-I do ảnh hưởng của lực cắt:

$$k_I = \sqrt{1 - (V_I / V_{I,P})^2} \quad (7)$$

với $V_I = F/2$; F là lực trong các bản cánh do tác dụng của mô men uốn: $F = \frac{M}{h - t_f}$.

$$M_I = k_I \times M_{I,P} \quad (8)$$

Giá trị của mô men M_{II} tại tiết diện II-II chưa biết.

f. So sánh giá trị mô men M_I với $\frac{F}{2} \cdot c_1$, xảy ra hai trường hợp sau:

Trường hợp 1: $\frac{F}{2} c_1 \geq M_I$ khớp dẻo hình thành ở tiết diện I-I. Do sự hình thành của khớp dẻo, sơ đồ biến dạng tương ứng với Hình 4b hoặc 4c; lúc này lực bẫy K xuất hiện ở mép ngoài của mặt bích.

Trường hợp 2: $\frac{F}{2} c_1 < M_I$ khớp dẻo không xuất hiện ở tiết diện I-I, sơ đồ biến dạng tương ứng với Hình 4a, lực bẫy không xuất hiện ở mép ngoài của mặt bích.

g. Lực bẫy K được xác định từ điều kiện cân bằng lực trong liên kết mặt bích. Để đơn giản hóa việc tính toán, giả thiết rằng mối nối tách ra đến mép của mặt bích:

$$K = \frac{(F/2) \cdot c_1 - M_I}{c_2} \quad (9)$$

Hệ số giảm giá trị của mô men dẻo k_{II} tại tiết diện II-II do ảnh hưởng của lực cắt:

$$k_{II} = \sqrt{1 - (K / V_{II,P})^2} \quad (10)$$

$$M_{II} = k_{II} \cdot M_{II,P} \quad (11)$$

Trường hợp 1: $K < \frac{M_{II}}{c_2}$ lực bẫy không đủ lớn để làm xuất hiện khớp dẻo trong tiết diện II-II, tương ứng với sơ đồ biến dạng như Hình 4c.

Lực kéo trong một bu lông:

$$N = \frac{F}{4} + \frac{K}{2} \leq f_{tb} \cdot A_{bn} \quad (12)$$

Trường hợp 2: $K \geq \frac{M_{II}}{c_2}$ lực bẫy làm xuất hiện khớp dẻo trong tiết diện II-II, tương ứng với sơ đồ biến dạng như Hình 4b.

h. Kiểm tra khả năng chịu trượt của bu lông

Để đơn giản hóa việc tính toán mà vẫn đảm bảo sơ đồ tính thực tế, giả thiết toàn bộ lực cắt Q do các bu lông trong vùng nén chịu. Lực trên mỗi bu lông:

$N_{bIV} = \frac{Q}{n}$; với n là số lượng bu lông chịu trượt vùng nén.

Khả năng chịu lực ma sát của mỗi bu lông cường độ cao [9]:

$$[N]_{hb} = \frac{f_{hb} \cdot \gamma_b \cdot A_{bn} \cdot \mu}{\gamma_n} \quad (13)$$

$N_{bIV} < [N]_{hb}$ điều kiện chịu lực cắt được thỏa mãn.

5. Ví dụ tính toán

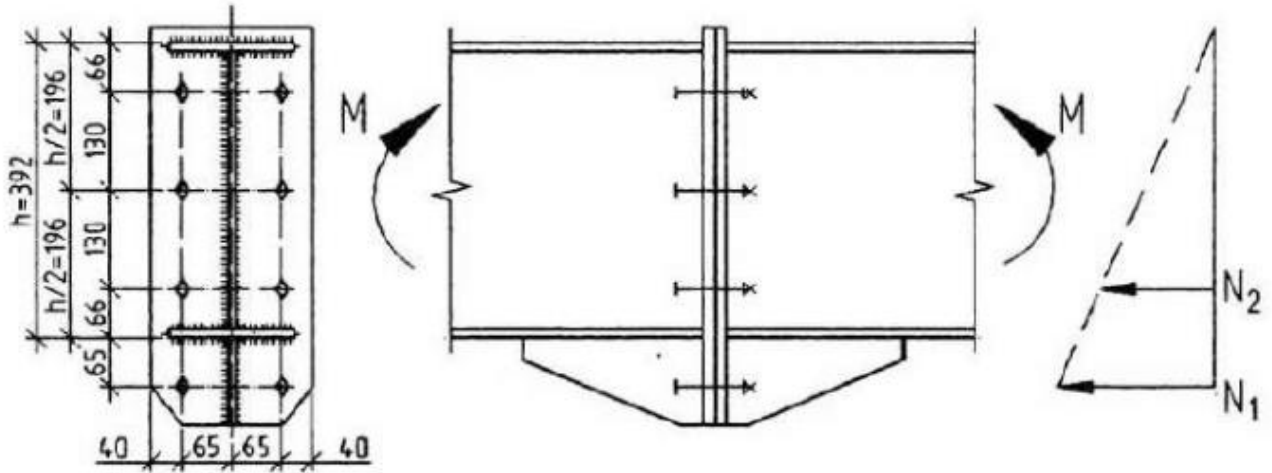
5.1 Ví dụ 1: Liên kết mặt bích nối dầm – dầm

Cho liên kết mặt bích chịu mô men cho dầm tiết diện I như hình vẽ (Hình 5). Thép làm mặt bích S275 có cường độ tính toán $f_{yd} = 265 \text{ N/mm}^2$ [9]. Liên kết bằng các bu lông không kiểm soát lực siết có cấp độ bền 8.8. Tính chiều dày mặt bích theo sơ đồ đàn hồi, biết liên kết chịu mô men $M = 166580 \text{ N.m}$.

- Khoảng cách giữa các bu lông bố trí thỏa mãn điều kiện cấu tạo như hình vẽ;

- Lực trong bu lông chịu tác dụng của mô men được phân bố tỷ lệ với khoảng cách đến trục xoay. Lực kéo tác dụng lên một bu lông xa nhất là N_1 ; khi đó $N_2 = N_1 \frac{32,6}{45,7} = 0,71 N_1$.

Để tăng độ an toàn của liên kết, bỏ qua lực kéo của bu lông trong khoảng chiều cao $h/2$ tính từ trục xoay.



Hình 5. Sơ đồ tính liên kết mặt bích nối dầm - dầm

Viết phương trình cân bằng mô men tại trục xoay:

$$M = 2(1+0,71)N_1 \times h_1; \quad (h_1=392+65=451\text{mm})$$

$$N_1 = \frac{M}{0,451 \times 2 \times 1,71} = \frac{166580}{0,451 \times 2 \times 1,71} = 108000\text{N}$$

Diện tích một bu lông cần thiết từ điều kiện chịu

$$\text{kéo đúng tâm: } A_{bn} \geq \frac{N_1}{f_{tb} \cdot \gamma_c} = \frac{108000}{448 \times 0,8} = 301,3\text{mm}^2.$$

trong đó:

$f_{tb} = 448 \text{ N/mm}^2$ cường độ tính toán chịu kéo của bu lông cấp độ bền 8.8 [9];

$\gamma_c = 0,8$ vì hai bu lông xa trục xoay nhất chịu kéo lớn nhất.

Chọn bu lông $d_b=22 \text{ mm}$ có $A_b= 3,80 \text{ cm}^2$; $A_{bn} = 3,03 \text{ cm}^2$ [9].

Tính chiều dày của mặt bích (Hình 6):

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq f_{yd} \gamma_c \quad \text{trong đó } M=N_1.L= 10800 \times 3 = 32400 \text{ N.cm.}$$

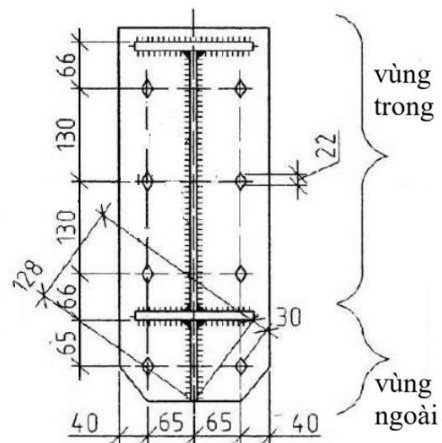
$$W = \frac{b.t^2}{6}, \text{ suy ra } t = \sqrt{\frac{6M}{b.f_{yd} \cdot \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \times 32400}{12,8 \times 2650 \times 1}} = 2,4\text{cm}$$

Theo điều kiện cấu tạo $t > d_b = 22 \text{ mm}$.

Chọn chiều dày mặt bích $t= 24 \text{ mm}$.

5.2 Ví dụ 2: Liên kết mặt bích nối dầm - cột

Cho mặt bích liên kết cứng dầm - cột với các kích thước như hình vẽ (Hình 7,8). Nội lực tại mỗi nối: mô men $M=18000\text{kN.cm}$, lực cắt $Q=200\text{kN}$. Kiểm tra (tính) chiều dày mặt bích trong các trường hợp sau:



Hình 6. Kích thước hình học để tính chiều dày mặt bích

Chiều dày mặt bích chỉ cần xác định theo lực ở hàng bu lông 1 (xa nhất) vì $N_1 = N_{\max}$ và chiều rộng nhỏ nhất của tiết diện $b=12,8\text{cm}$; khoảng cách từ lực đến tiết diện tính toán $L=3\text{cm}$ (Hình 6).

- Sử dụng bu lông cường độ cao (có kiểm soát lực siết) cấp độ bền 10.9 (Hình 7);

- Sử dụng bu lông thường (không kiểm soát lực siết), không có sườn cứng cho mặt bích (Hình 7);

- Sử dụng bu lông thường (không kiểm soát lực siết) và có sườn cứng cho mặt bích (Hình 8).

$$K = \frac{(F/2) \cdot c_1 - M_I}{c_2} = \frac{235,3 \times 3,8 - 689,3}{5} = 41 \text{ kN}$$

Hệ số giảm giá trị của mô men dẻo k_{II} tại tiết diện II-II: $k_{II} = \sqrt{1 - (K/V_{II,P})^2} = \sqrt{1 - (41/511,1)^2} = 0,997$;

$$M_{II} = 0,997 \times 550,8 = 549,15 \text{ kN.cm};$$

$$K = 41 \text{ kN} < \frac{M_{II}}{c_2} = \frac{549,15}{5} = 109,83 \text{ kN}$$

Do đó, lực bẫy không đủ để xuất hiện khớp dẻo trong tiết diện II-II, tương ứng với sơ đồ biến dạng như trong Hình 4c.

Lực kéo trong một bu lông:

$$N = \frac{F}{4} + \frac{K}{2} = \frac{470,6}{4} + \frac{41}{2} = 138,15 \text{ kN} < f_{tb} \cdot A_{bn} = 256 \text{ kN}$$

* Kiểm tra khả năng chịu trượt của bu lông

Toàn bộ lực cắt Q được truyền qua các bu lông trong vùng nén, lực trên mỗi bu lông:

$$V_b = \frac{Q}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ kN};$$

$V_{vb} = \frac{(0,7 \times f_{ub}) \cdot A_{bn} \cdot \mu}{\gamma_h} = \frac{(0,7 \times 1040) \times 3,52 \times 10^2 \times 0,58}{1,12} = 132704 \text{ N} = 132,7 \text{ kN}$ (làm sạch bề mặt bằng phun cát, điều chỉnh lực siết bu lông bằng mô men xoắn).

$V_b < V_{vb}$ điều kiện chịu trượt được thỏa mãn.

$$N_2 = N_1 \frac{h_2}{h_1}$$

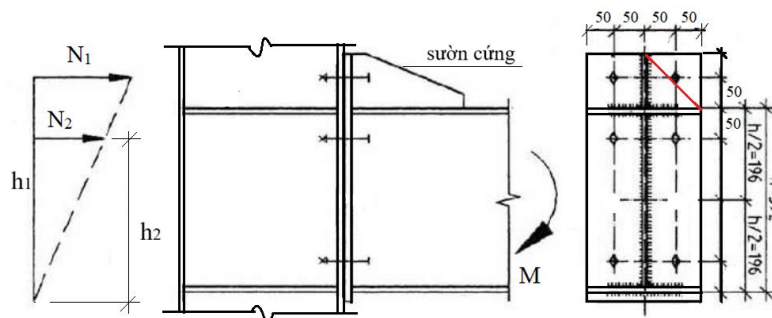
b) Tính chiều dày mặt bích làm việc đàn hồi, dùng bu lông thường (không kiểm soát lực siết) và không có sườn cứng (Hình 7).

Không kể đến các lực kéo của bu lông trong khoảng chiều cao $h/2$ tính từ trục xoay.

$$h = 392 \text{ mm}; h_1 = 392 + 50 = 442 \text{ mm}; h_2 = 392 - 50 - 9,5 = 332,5 \text{ mm}$$

Các lực trong bu lông dưới tác dụng của mô men được phân phối tỷ lệ với khoảng cách từ trục xoay.

Xác định lực kéo lớn nhất tác dụng lên một bu lông N_1 :



Hình 8. Sơ đồ tính liên kết mặt bích dầm - cột

Viết phương trình cân bằng mô men tại trục xoay:

$$M = 2(N_1 h_1 + N_2 h_2) = 2N_1 \frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1} = 2N_1 \frac{442^2 + 332,5^2}{442} = N_1 \cdot 1384,3$$

$$N_1 = \frac{M}{1384,3} = \frac{180000}{1384,3} = 130 \text{ (kN)}$$

Diện tích bu lông cần thiết theo điều kiện chịu

$$\text{kéo: } A_{bn} = \frac{N_1}{f_{tb} \cdot \gamma_c} \geq \frac{130000}{728 \times 0,8} = 223,2 \text{ mm}^2.$$

trong đó:

$f_{tb} = 0,7 f_{ub} = 0,7 \cdot 1040 = 728 \text{ N/mm}^2$ cường độ tính toán chịu kéo của bu lông 10.9 không kiểm soát lực siết;

$\gamma_c = 0,8$ vì hai bu lông xa trục xoay nhất chịu tải lớn nhất.

Chọn bu lông $d_b = 2,0$ cm; $A_b = 3,14$ cm²; $A_{bn} = 2,45$ cm².

Tính toán chiều dày mặt bích trường hợp không bố trí sườn cứng (Hình 7), được thực hiện từ điều kiện phân bố ứng suất theo góc 45°. Phần nhô ra của mặt bích như dầm công xôn chịu một lực tập trung N bằng lực kéo trong bu lông.

Chỉ cần tính theo lực ở bu lông hàng thứ nhất, với $N_1 = N_{max}$ và chiều rộng tính toán nhỏ nhất của tiết diện là $b = 10$ cm, khoảng cách từ lực đến tiết diện tính toán là 5 cm.

$$t = \sqrt{\frac{6M}{b \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot N_1 \cdot L}{b \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \times 13000 \times 5}{10 \times 2350 \times 1}} = 4,0 \text{ cm}$$

c) Thiết kế mặt bích làm việc đàn hồi, dùng bu lông thường (không kiểm soát lực siết) và có sườn cứng (Hình 8).

Trường hợp bố trí sườn cứng, tâm bu lông nằm trên cạnh huyền của tam giác vuông, do đó chiều dày mặt bích lấy theo điều kiện cấu tạo:

$$t \geq \max \left\{ d_b, \frac{b_0}{6} \right\} = \max \left\{ 2,0; \frac{10}{6} \right\} = 2,0 \text{ cm}$$

Chọn $t = 2,0$ cm.

6. Kết luận và kiến nghị

Việc tính toán chiều dày mặt bích theo tài liệu của Nga khá phù hợp với tiêu chuẩn, giáo trình tại Việt Nam, bổ sung phần còn thiếu sót trong giáo trình Kết cấu thép.

Tính chiều dày mặt bích làm việc đàn hồi khi không có sườn cứng cho kết quả chiều dày khá lớn ($t = 4$ cm), tuy nhiên lại đơn giản, dễ hiểu, dễ áp dụng. Ngược lại tính chiều dày mặt bích theo phương pháp chảy dẻo tuy giảm được chiều dày ($t = 2,5$ cm) nhưng

tính phức tạp hơn, không tổng quát và chưa đề cập đến vấn đề biến dạng của liên kết.

Qua ví dụ 2 thấy được hiệu quả của sườn cứng gia cường cho mặt bích làm giảm kích thước các ô, từ đó giảm chiều dày ($t = 2$ cm), ngoài ra còn tăng độ cứng cho mặt bích phù hợp với giả thiết tính toán.

Có thể áp dụng cho việc tính toán chiều dày mặt bích hình chữ nhật đối với bài toán thiết kế ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Văn Hội (2006), "Kết cấu thép - Cấu kiện cơ bản", Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
- [2] Phạm Văn Hội (1998), "Kết cấu thép - Công trình dân dụng và công nghiệp", Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
- [3] Nguyễn Tiến Thu (2010), "Kết cấu thép", Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
- [4] Vũ Thành Hải (2006), "Kết cấu thép", Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
- [5] Phạm Huy Chính (2010), "Tính toán và thiết kế kết cấu thép", Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội.
- [6] Đoàn Tuyết Ngọc (2010), "Thiết kế hệ dầm sàn thép", Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội.
- [7] TCVN 338:2005 (2005), Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế
- [8] TCVN 5575:2012 (2012), Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế
- [9] TCVN 5575:2024 (2024), Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế
- [10] Н.С. Москалев, Я.А. Пронозин (2010), "МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ", Издательство Ассоциации строительных вузов Москва. (N.S. Moskalev, Ya.A. Pronozin (2010), "KẾT CẤU KIM LOẠI". Nhà xuất bản của Hiệp hội các trường đại học xây dựng Moscow).