



NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CÁC DẠNG LIÊN KẾT BU LÔNG TRONG KHUNG THÉP NHÀ DÂN DỤNG THẤP TẦNG

RESEARCH AND CALCULATION OF BOLT CONNECTION TYPES IN STEEL
FRAMES OF LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS

Đỗ Quang Thành, Trần Văn Tùng, Ngô Việt Anh*



Tóm tắt: Cùng với sự phát triển của ngành Xây dựng, kết cấu thép được sử dụng làm kết cấu chịu lực chính trong công trình nhà dân dụng ngày càng trở nên phổ biến vì những ưu điểm nổi bật như: Khả năng chịu lực lớn, độ tin cậy cao, tiến độ thi công nhanh, dễ kiểm soát chất lượng, giảm nhân công xây dựng thủ công... Khung kết cấu thép đặc biệt phù hợp với các công trình cần thi công trong thời gian ngắn để chủ đầu tư sớm đưa công trình vào sử dụng như quán cà phê, gara ô tô, nhà văn phòng, trung tâm tiệc cưới... Với các dạng công trình như vậy, việc cấu tạo các liên kết cần đảm bảo khả năng chịu lực, dễ cấu tạo để gia công và lắp dựng. Bài báo này trình bày nội dung tính toán kiểm tra một số dạng liên kết bu lông điển hình được sử dụng trong khung thép nhà dân dụng thấp tầng.

Từ khóa: Khung thép, liên kết, bu lông, cấp độ bền, cường độ chịu kéo, cường độ chịu ép mặt, cường độ chịu cắt, bản mã, lắp dựng.

Nhận ngày 16/02/2023; chỉnh sửa ngày 03/3/2023; chấp nhận đăng ngày 23/4/2023.

Abstract: With the increasing development of the construction industry, steel structure used as the main bearing components in civil buildings is becoming more and more prevailing because of its outstanding advantages such as: large bearing capacity, high reliability, quick construction progress, easy quality control, manual labor reduction... The steel structure frame is especially suitable for projects that need to be constructed in a short time so that the investors can put them into use soon, which are coffee shops, garages, office buildings, wedding centers, etc. With such types of works, the construction of the links needs to ensure the bearing capacity, be easy to structure for processing and erection. This paper presents the content of calculation and checking of some typical bolt connections utilized in steel frames of low-rise residential buildings.

Keywords: Steel frame, connection, bolt, durability, tensile strength, face compressive strength, shear strength, plate, erection.

1. Đặt vấn đề

Liên kết bu lông được dùng phổ biến trong kết cấu thép nhà dân dụng với những ưu điểm nổi bật: Khả năng chịu lực lớn, thuận tiện cho quá trình lắp dựng... Trong các liên kết bu lông có thể làm việc ở trạng thái cắt, ép mặt hoặc kéo.

Trong mô hình tính toán khung thép nhà dân dụng thấp tầng thường quan niệm chân cột được liên kết ngàm xuống móng (chịu được mô men, lực dọc, lực cắt); liên kết cột với dầm là nút cứng (chịu

mô men, lực cắt); liên kết dầm phụ với dầm chính là liên kết khớp (chỉ chịu lực cắt); liên kết nối cột là liên kết cứng (chịu mô men, lực dọc, lực cắt).

Việc tính toán liên kết bu lông bao gồm các nội dung sau: Xác định vật liệu bu lông (cấp độ bền), đường kính và số lượng bu lông trong liên kết (bố trí bu lông); kích thước chiều dày bản mã liên kết. Một mối nối có thể cấu tạo theo các kiểu liên kết bu lông khác nhau mà để đảm bảo khả năng chịu năng chịu lực và thuận lợi cho lắp dựng.



Hình 1. Khung thép nhà dân dụng thấp tầng

* Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam
Email: thanhhdq.ctt@vimaru.edu.vn

2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nội dung nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ trình bày tóm tắt về lý thuyết tính toán liên kết bu lông theo tiêu chuẩn TCVN5575-2012 [1] đối với một số dạng liên kết điển hình: liên kết nối cột thép với cột thép, liên kết dầm với cột, liên kết dầm chính với dầm phụ. Tùy vào từng vị trí liên kết mà sẽ được lý tưởng hóa là liên kết ngàm hoặc liên kết khớp trong mô hình khung không gian để tính toán nội lực.

3. Lý thuyết tính toán liên kết bu lông

3.1. Khả năng chịu lực của một bu lông

Tùy vào vật liệu làm bu lông, mỗi bu lông có 03 khả năng chịu lực dưới đây:

- Khả năng chịu cắt:

$$[N]_{vb} = A \cdot f_{vb} \cdot \gamma_b \cdot n_v$$

Trong đó:

A: Diện tích tiết diện nguyên của bu lông;

f_{vb} : Cường độ chịu cắt tính toán của bu lông, phụ thuộc vào cấp độ bền của bu lông;

γ_b : Hệ số điều làm việc của liên kết bu lông, phụ thuộc vào đặc điểm của liên kết bu lông, loại bu lông, và giới hạn chảy của thép cơ bản; có giá trị từ 1 đến 0,75;

n_v : Số lượng mặt cắt tính toán.

- Khả năng chịu ép mặt:

$$[N]_{cb} = d \cdot (\sum t)_{\min} \cdot f_{cb} \cdot \gamma_b$$

d: Đường kính bu lông

$(\sum t)_{\min}$: Tổng chiều dày nhỏ nhất của các bản thép cùng trượt về một phía;

f_{cb} : Cường độ chịu ép mặt tính toán của bulông.

- Khả năng chịu kéo:

$$[N]_{tb} = A_{bn} \cdot f_t$$

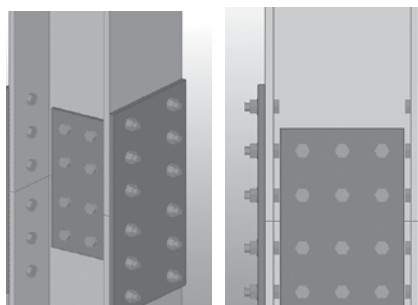
f_{tb} : Cường độ chịu kéo tính toán của bulông;

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

3.2 Liên kết nối cột với cột (Liên kết loại 1)

- Trong khung thép nhà thấp tầng, để thuận lợi cho quá trình lắp dựng, chiều dài cột thường được thiết kế, gia công theo năng lực vận chuyển và cầu lắp. Đối với nhà 3 tầng trở xuống thì cột thường

được chế tạo nguyên đoạn dài (không có mối nối cột). Khi cột vượt quá khả năng vận chuyển, cột sẽ được cấu tạo các mối nối trong khoảng 1/3 chiều cao tầng về phía chân cột.



Hình 3: Liên kết nối cột

- Trong liên kết này, nội lực bao gồm mô men (M), lực dọc (N), lực cắt (Q); việc phân chia nội lực cho bản nối cánh và bản nối bụng được tính như sau:

+ Bản nối cánh chịu M, N: mỗi cánh chịu lực dọc N/2 và mô men được thay bằng 1 cặp ngẫu lực:

$$N_c = \frac{N}{2} + \frac{M}{h}$$

Giá trị N_c này gây ra cắt và ép mặt cho bu lông. Số lượng bu lông trên 1 nửa liên kết nối cánh:

$$n_1 = \frac{N_c}{\gamma_c \cdot [N]_{\min b}}$$

+ Bản nối bụng: chịu lực cắt Q – giá trị này gây ra cắt, ép mặt cho bu lông. Số lượng bu lông trên 1 nửa liên kết nối bụng:

$$n_2 = \frac{Q}{\gamma_c \cdot [N]_{\min b}}$$

Trong đó:

γ_c : Hệ số điều làm việc của liên kết.

$$[N]_{\min b} = \min([N]_{vb}; [N]_{cb})$$

- Kích thước bản mã được xác định từ việc bố trí bu lông đảm bảo theo các khoảng cách quy định. Chiều dày bản mã được xác định từ điều kiện bền có xét đến giảm yếu do đục lỗ bu lông:

$$\sigma = \frac{N_c}{A_{bn}} \leq f \cdot \gamma_c$$

Trong đó:

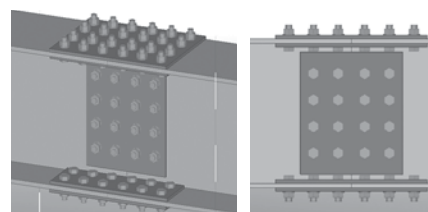
A_{bn} : Diện tích tiết diện thực của bản mã (có thể lấy bằng 85% diện tích tiết diện nguyên);

f : Cường độ chịu kéo tính toán của vật liệu thép làm bản mã

γ_c : Hệ số điều làm việc của kết cấu.

3.3 Liên kết nối cột với dầm

* Mối nối bố trí trên dầm (Liên kết loại 2)



Hình 4: Liên kết nối trên dầm

- Trong mối này các đầu dầm chính được hàn vào bản cánh cột bằng đường hàn góc, liên kết bu lông nối dầm được bố trí cách mép cột một đoạn x (x lấy lớn hơn chiều cao dầm h). Nội lực tại liên kết bao gồm mô men (M), lực cắt (Q); nội lực được phân chia cho bản nối cánh và bản nối bụng được tính như sau:

+ Bản nối cánh chịu M: Mô men được thay bằng 1 cặp ngẫu lực: $N_c = M/h$

Giá trị N_c này gây ra cắt và ép mặt cho bu lông. Số lượng bu lông trên 1 nửa liên kết nối cánh được xác định như trong liên kết 1.

+ Bản nối bụng: Chịu lực cắt Q – giá trị này gây ra cắt, ép mặt cho bu lông. Số lượng bu lông trên 1 nửa liên kết nối bụng được xác định như trong liên kết 1.

- Kích thước bản mã được xác định như trong liên kết 1.

- Đường hàn góc liên kết dầm vào cánh cột vào dầm được kiểm tra như sau:

$$\sigma_w = \sqrt{\left(\frac{M}{W_f}\right)^2 + \left(\frac{Q}{A_f}\right)^2} \leq (\beta \cdot f_w)_{\min} \cdot \gamma_c$$

$$(\beta \cdot f_w)_{\min} = \min(\beta_s \cdot f_{ws}; \beta_f \cdot f_{wf})$$

Trong đó:

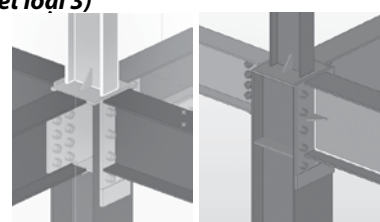
A_f : Diện tích tiết diện đường hàn góc;

W_f : Mô men kháng uốn của đường hàn góc;

β_s ; β_f : Hệ số phụ thuộc vào phương pháp hàn

f_s ; f_f : Cường độ tính toán chịu cắt quy ước của thép đường hàn và thép cơ bản trên biên nóng chảy.

* Mối nối bố trí trên cánh cột (Liên kết loại 3)



Hình 5: Liên kết nối trên cánh cột

- Liên kết này được quan niệm là nút cứng trong sơ đồ tính, nội lực tại liên kết bao gồm mô men (M), lực cắt (Q) tại đầu dầm. Mô men nằm ngoài mặt phẳng liên kết sẽ gây ra kéo cho bu lông, lực cắt gây ra cắt và ép mặt cho bu lông.

+ Lực truyền lên một bu lông ở dầm ngoài cùng do M gây ra (với quan niệm tâm quay đi qua dầm bu lông ngoài cùng về phía chịu nén):

$$N_M = \sqrt{\frac{M \cdot h_1}{m \cdot \sum h_i^2}} \leq [N]_{tb} \cdot \gamma_c$$

+ Lực truyền lên một bu lông do lực cắt gây ra:

$$N_Q = \frac{Q}{n} \leq N_{\min} \cdot \gamma_c$$

Trong đó:

h_1 : Khoảng cách từ tâm quay đến dầm bu lông ngoài cùng về phía chịu kéo;

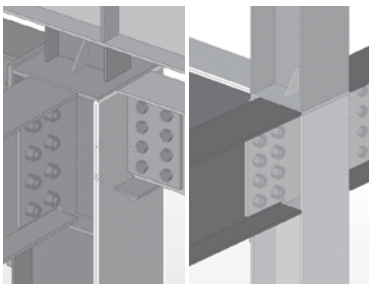
h_i : Khoảng cách từ tâm quay đến các dầm bu lông về phía chịu kéo;

m: Số bu lông dầm ngoài cùng (thường lấy m = 2 hoặc m = 4);

n: Số bu lông trên liên kết.

*** Mỗi nối bố trí trên bụng cột (Liên kết loại 4)**

- Liên kết này được quan niệm là khớp trong sơ đồ tính, nội lực tại liên kết bao gồm lực cắt (Q) tại đầu dầm và mô men (M) phát sinh do lực cắt đặt lệch trọng tâm liên kết. Giá trị mô men này được lấy là $M = Q \cdot a$ (với a là khoảng cách từ điểm lấy lực cắt đến trọng tâm của liên kết);



Hình 6: Liên kết nối trên bụng cột

- Trong liên kết này, mô men nằm trong mặt phẳng liên kết, bu lông chịu cắt và ép mặt đồng thời do M, Q gây ra:

+ Lực truyền lên một bu lông ở dầm ngoài cùng do M gây ra:

$$N_M = \sqrt{\frac{M \cdot I_{\max}}{m \cdot \sum I_i^2}} \leq N_{\min} \cdot \gamma_c$$

+ Lực truyền lên một bu lông do lực cắt gây ra:

$$N_Q = \frac{Q}{n} \leq N_{\min} \cdot \gamma_c$$

Trong đó:

$I_{\max}$: Khoảng cách giữa 2 dầm bu lông ngoài cùng; $I_{\max} = I_1$

I_i : Khoảng cách giữa 2 dầm bu lông đối xứng nhau qua trọng tâm liên kết (chính là cánh tay đòn của cặp ngẫu lực);

m: Số bu lông dầm ngoài cùng về một phía;

n: Số bu lông trên liên kết.

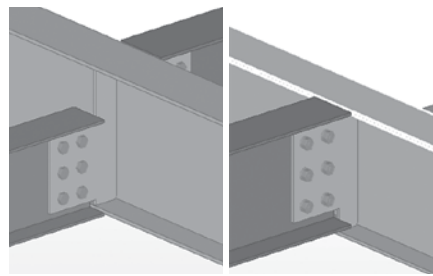
- Khả năng chịu lực của một bu lông được kiểm tra theo công thức:

$$N_b = \sqrt{(N_M)^2 + (N_Q)^2} \leq N_{\min} \cdot \gamma_c$$

- Liên kết đường hàn góc liên kết bản mã vào cột được kiểm tra như đối với liên kết 2.

3.3 Liên kết nối dầm phụ với dầm chính (Liên kết loại 5)

Liên kết này được quan niệm là khớp trong sơ đồ tính và được tính toán như liên kết 4.



Hình 7: Liên kết nối dầm phụ vào dầm chính

4. Áp dụng tính toán công trình thực tế

4.1. Số liệu xuất phát

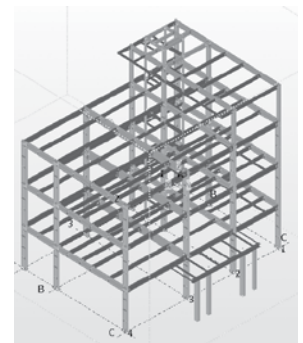
Để minh họa cho việc tính toán các dạng liên kết bu lông trong khung thép dân dụng, trong phần này nội dung tính toán sẽ được áp dụng cho công trình "Nhà hàng tiệc cưới 3 tầng" xây dựng tại khu vực nội thành Hải Phòng. [6]



Phối cảnh công trình
(Kiến trúc)



Mô hình Etabs
(Xác định nội lực)



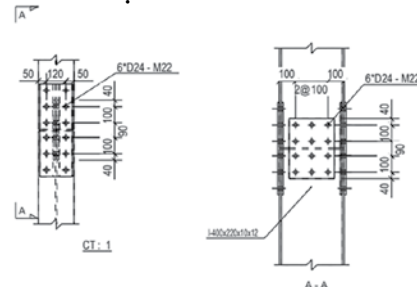
Mô hình Tekla
(Chế tạo và lắp dựng)

Hình 8: Mô hình công trình thực tế

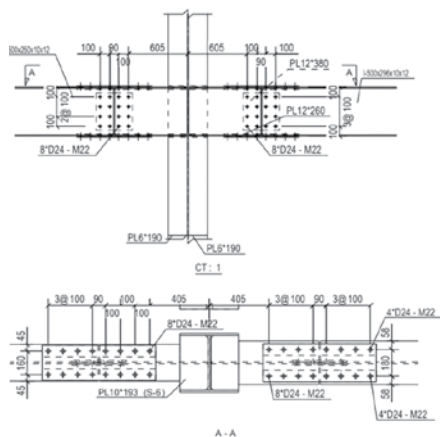
Nội lực trong tính toán liên kết được xuất từ mô hình khung không gian công trình trên phần mềm Etabs 2017.

Vật liệu sử dụng: Bu lông M20, M22, M24 có cấp độ bền 8.8; Thép kết cấu SS400.

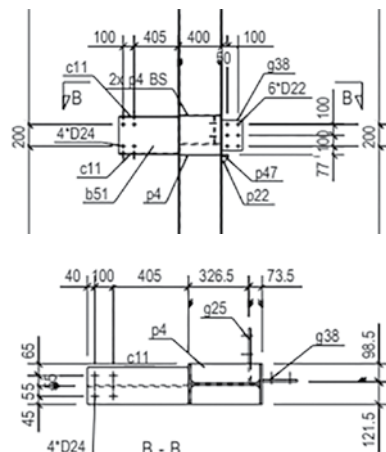
4.2. Kết quả tính toán minh họa



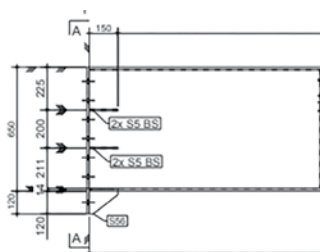
Liên kết loại 1



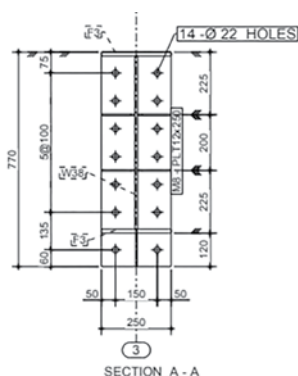
Liên kết loại 2



Liên kết loại 4



Liên kết loại 3



Liên kết loại 5

5. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã trình bày tổng quan về lý thuyết tính toán liên kết bu lông, các dạng liên kết bu lông thường gặp và đã vận dụng lý thuyết để tính toán, thể hiện liên kết trong một công trình thực tế. Việc tính toán liên kết trong khung thép nhà dân dụng thấp tầng đòi hỏi người thiết kế cần hiểu rõ sự làm việc của công trình; sự truyền lực giữa các cấu kiện kết cấu để mô hình liên kết cho phù hợp.

Liên kết dầm phụ vào dầm chính nên cấu tạo khớp (được giải phóng mô men trong mô hình kết cấu); liên kết dầm vào cột nên cấu tạo là nút cứng (chịu được M) – liên kết này có thể thực hiện trên dầm hoặc trên cánh hoặc bụng cột.

Liên kết nối cột được bố trí khi chiều dài cột vượt quá năng lực vận chuyển và cầu lắp; với nhà 3 tầng trở xuống không cần cấu tạo mối nối cột.

Vật liệu bu lông liên kết nên chọn bu lông có cấp bền 5.6 đến 8.8; đường kính bu lông chọn từ M16 đến M24.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT22-23.85.

Tài liệu tham khảo:

- [1] TCVN5575-2012: Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [2] TCVN2737-1995: Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế
- [3] Nguyễn Quang Viên (chủ biên): Kết cấu thép công trình dân dụng và công nghiệp. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội, 2006.
- [4] Phạm Văn Hội (chủ biên): Kết cấu thép cấu kiện cơ bản. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội, 2006.
- [5] Trần Thị Thôn: Bài tập thiết kế kết cấu thép. Nhà xuất ĐHQG thành phố HCM, 2007.
- [6] Hồ sơ thiết kế công trình: "Nhà hàng tiệc cưới Hải Phòng", 2022.

