

Thiết kế bu lông neo

Design of foundation bolt

Nguyễn Hồng Sơn, Nguyễn Lệ Thủy

Tóm tắt

Bài báo này giới thiệu về yêu cầu chung và hình thức đối với bu lông neo, các quy định về cấu tạo đối với một số dạng bu lông neo và tính toán bu lông neo để liên kết chân cột thép với móng, được quy định tại Phụ lục I trong Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép TCVN 5575:2023.

Chân cột thép tiết diện chữ H hoặc vành khuyên có bản đế hình chữ nhật hoặc tròn, cột chịu lực nén đúng tâm hoặc nén và uốn đồng thời. Đồng thời, thực hiện các ví dụ số nhằm làm sáng tỏ các bước thiết kế bu lông neo, bao gồm việc xác định đường kính và độ sâu ngàm của bu lông neo chữ L hoặc xác định tải trọng lớn nhất tác dụng lên bu lông neo, từ đó xác định đường kính bu lông neo.

Từ khóa: bu lông neo, bu lông móng

Abstract

This paper presents an introduction to the general requirements and forms for anchor bolts, as well as the detail rules for some types of anchor bolts and the design of anchor bolts to connect the steel column base to the foundation. These are specified in Appendix I to the standard of steel structure design TCVN 5575:2023. Steel column bases with H-section or annular ring with rectangular or round base plate, column subjected to axial compression or compression and bending combination. Numerical examples to clarify the design steps of anchor bolts, including determining the diameter and anchor length of an L-bolt or determining the maximum load applied to the bolt anchor, thereby determining the anchor bolt diameter.

Key words: anchor bolt, foundation bolt

1. Đặt vấn đề

Liên kết các kết cấu thép với cấu kiện bê tông nói chung thường sử dụng bu lông neo. Khi liên kết chân cột với móng thông qua bản đế, bu lông có tác dụng giữ cột không tách khỏi móng bê tông và khi đó chúng còn được gọi là bu lông móng. Cột thép có tiết diện đặc (chữ H, hoặc ống vuông/chữ nhật, tròn) cũng có thể tiết diện rỗng, chúng được liên kết hàn với bản đế, chân cột có thể được gia cường bằng các dầm đế hoặc sườn đế.

Việc thiết kế bu lông neo hiện nay không rõ ràng trong các tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2018 và TCVN 5575:2012. Với kết cấu bê tông, việc tính bu lông chỉ xem là tính chiều dài neo, còn đối với kết cấu thép thì chỉ là loại bu lông (đường kính và cấp độ bền) và chưa quan tâm đến việc cấu tạo về khoảng cách bu lông đến mép móng hoặc giữa các bu lông với nhau.

Gần đây, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép mới của Việt Nam TCVN 5575:2023 thay thế tiêu chuẩn hiện hành TCVN 5575:2012. Tiêu chuẩn TCVN 5575:2023 được biên soạn dựa trên Tiêu chuẩn cùng tên của Liên bang Nga SP 16.13330.2017, có cập nhật bản sửa đổi 1 và 2 của các năm 2018 và 2019, ngoài ra còn bổ sung nhiều nội dung của SP 43.13330.2012. Thấy rằng, TCVN 5575:2023 có Phụ lục I, quy định đối với bu lông neo.

Theo đó, bài báo này sẽ giới thiệu chi tiết việc cấu tạo và tính toán bu lông neo của chân cột chịu nén và uốn đồng thời, cột tiết diện đặc chữ H hoặc ống tròn, hoặc cột tiết diện rỗng có nhánh tiết diện đặc, chúng được liên kết với bản đế bằng hàn.

2. Yêu cầu tính toán và cấu tạo bu lông neo

2.1. Yêu cầu chung

Các bu lông neo được dùng để neo giữ các kết cấu xây dựng và thiết bị vào các cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép (móng, sàn chịu lực, tường và kết cấu tương tự).

Khi nhiệt độ nung nóng bê tông của kết cấu (mà bu lông neo vào) lớn hơn 50 °C thì trong tính toán phải kể đến ảnh hưởng của nhiệt độ đến các đặc trưng độ bền của vật liệu làm kết cấu, bu lông, keo chuyên dụng, v.v...

Nhiệt độ công nghệ tính toán được quy định trong nhiệm vụ thiết kế.

Bu lông làm việc trong điều kiện môi trường xâm thực và độ ẩm nâng cao cần được thiết kế có kể đến các yêu cầu bổ sung được quy định trong TCVN 12251:2020.

Khi có cơ sở phù hợp thì cho phép sử dụng các phương pháp khác để neo giữ thiết bị vào móng.

2.2. Các loại bu lông neo cơ bản và phạm vi áp dụng

Theo giải pháp cấu tạo thì bu lông có thể có dạng: chữ L, có bản neo, thẳng và đầu hình côn (Bảng 1).

- Theo phương pháp lắp đặt, bu lông được chia thành: bu lông lắp đặt trước và bu lông lắp đặt sau.

+ Bu lông đặt trước khi đổ bê tông cấu kiện mà chúng ngàm vào (bu lông chữ L và bu lông có bản neo);

+ Bu lông chế tạo sẵn được lắp đặt vào các lỗ khoan (bu lông thẳng và bu lông đầu côn).

Bu lông thẳng được neo vào lỗ khoan bằng keo tổng hợp hoặc sử dụng máy rung, còn bu lông có đầu hình côn – bằng neo chuyên dụng hoặc hỗn hợp vữa xi măng cát.

- Theo điều kiện sử dụng, bu lông được chia thành: bu lông tính toán và bu lông cấu tạo.

+ Bu lông tính toán là bu lông chịu tải trọng xuất hiện trong quá trình sử dụng kết cấu xây dựng hoặc quá trình làm việc của thiết bị.

+ Bu lông cấu tạo là bu lông được dự tính để neo giữ kết cấu xây dựng và

PGS.TS. Nguyễn Hồng Sơn

Bộ môn Kết cấu thép - gỗ

Email: nguyenhongsondhkt@gmail.com,

ĐT: 0913514110

TS. Nguyễn Lệ Thủy

Bộ môn Kết cấu thép - gỗ

Email: nlthuy.hau@gmail.com,

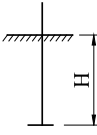
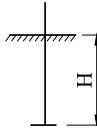
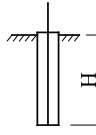
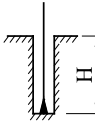
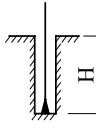
ĐT: 0903226382

Ngày nhận bài: 14/3/2022

Ngày sửa bài: 11/5/2022

Ngày duyệt đăng: 02/01/2024

Bảng 1 – Các dạng bu lông

Dạng bu lông	Chữ L	Có bản neo		Thẳng	Đầu hình côn
		Đặc	Tháo được		
1. Đường kính bu lông (theo ren), d, mm	≥ 12 ; ≤ 48	≥ 12 ; ≤ 140	≥ 56 ; ≤ 125	≥ 12 ; ≤ 48	≥ 6 ; ≤ 48
2. Hình minh họa					
3. Chiều sâu ngàm tối thiểu, H	25d	15d	30d	10d	10d(8d) ¹⁾
4. Khoảng cách tối thiểu giữa các bu lông	6d	8d	10d	5d	8d
5. Khoảng cách tối thiểu từ trục bu lông đến mép móng	4d	6d	6d	5d	8d
6. Hệ số tải trọng χ	0,4	0,4	0,25	0,6	0,55
7. Hệ số ổn định lực căng k	1,9 (1,3) ²⁾	1,9 (1,3)	1,5	2,5 (2,0)	2,3 (1,8)

¹⁾ Trong ngoặc đơn là các giá trị chiều sâu đối với bu lông có đường kính nhỏ hơn 16 mm.
²⁾ Trong ngoặc đơn là các giá trị hệ số k cho tải trọng tĩnh.

CHÚ THÍCH 1: Chiều sâu ngàm tối thiểu H trong Bảng 1 được tính với bê tông có cấp cường độ chịu nén B12,5 (theo TCVN 5574:2018) và thép mác S235C (theo TCVN 9986-2:2013 (ISO 630-2:2011) hoặc tương đương).

CHÚ THÍCH 2: Trong trường hợp liên kết cấu tạo các neo vào nhóm neo bằng bản neo chung thì cho phép giảm khoảng cách giữa các neo và giảm chiều sâu ngàm chúng vào bê tông theo kết quả tính toán chịu nhỏ của toàn bộ nhóm neo.

Bảng 2 – Hệ số μ

Đường kính bu lông, mm	≥ 10 ; ≤ 12	16	≥ 20 ; ≤ 24	≥ 30 ; ≤ 36	≥ 42 ; ≤ 48	≥ 56 ; ≤ 72	≥ 80 ; ≤ 90	≥ 100 ; ≤ 125	140
Hệ số	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5

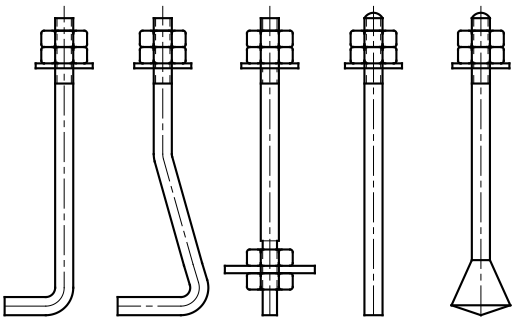
Bảng 3 – Hệ số

Số chu kỳ tải trọng	$0,05 \times 10^6$	$0,2 \times 10^6$	$0,80 \times 10^6$	2×10^6	$\geq 5 \times 10^6$
Hệ số α	3,15	2,25	1,57	1,25	1,00

thiết bị mà độ ổn định chống lật hoặc chống trượt của chúng được đảm bảo bởi trọng lượng bản thân của kết cấu hoặc của thiết bị. Bu lông cấu tạo dùng để căn chỉnh vị trí kết cấu xây dựng và thiết bị trong thời gian lắp dựng và để đảm bảo sự làm việc ổn định của kết cấu và thiết bị trong quá trình sử dụng, cũng như để ngăn ngừa sự chuyển dịch ngẫu nhiên của chúng.

Cho phép sử dụng bu lông lắp đặt sau vào lỗ khoan để neo giữ kết cấu xây dựng và thiết bị không chịu tải trọng động đáng kể.

Để neo giữ các cột chịu lực của nhà và công trình có cầu trục làm việc, cũng như của nhà cao tầng và công trình cao (ống khói, tháp thông gió và v.v...) mà tải trọng gió đối với



Hình 1. Các loại bu lông neo

chúng là chính thì không cho phép sử dụng bu lông lắp trong lỗ khoan, trừ bu lông có đầu hình côn được lắp bằng phương pháp rung với chiều sâu ngàm không nhỏ hơn 20d.

2.3. Vật liệu

Việc lựa chọn mác thép làm bu lông neo cấu tạo và kích thước của chúng nên được tiến hành theo các tiêu chuẩn tương ứng phù hợp (ví dụ, ASTM F1554, ISO 898, JIS B 1178 v.v...).

Cường độ tính toán chịu kéo của bu lông neo lấy theo Phụ lục C của TCVN 5575:2023.

2.4. Tính toán

Tất cả các bu lông cần được căng trước với một lực F, lấy bằng 0,75P đối với tải trọng tĩnh và bằng 1,1P đối với tải trọng động, trong đó P là tải trọng tính toán tác dụng lên bu lông.

Đối với kết cấu xây dựng, việc siết bu lông cho phép được tiến hành bằng các dụng cụ cầm tay.

Diện tích tiết diện ngang của bu lông (theo ren) được xác định theo điều kiện bền:

$$A_{sa} = \frac{k_0 P}{f_{ba}} \tag{1}$$

trong đó:
 k_0 là hệ số, lấy bằng:
1,35 – đối với tải trọng động;

1,05 – đối với tải trọng tĩnh.

Đối với các công trình cao (ống khói, tháp thải khí và v.v...) mà tải trọng tính toán của chúng là tải trọng gió, lấy $k_0 = 1,18$.

Đối với bu lông tháo được có bản neo lắp đặt tự do trong ống, hệ số k_0 lấy bằng 1,15 đối với tải trọng động.

Khi có tác dụng của tải trọng động thì tiết diện bu lông đã xác định được theo công thức (1) cần được kiểm tra chịu mỏi theo công thức:

$$A_{sa} = \frac{1,8\chi\mu P}{\alpha f_{ba}} \quad (2)$$

trong đó:

χ là hệ số tải trọng, lấy theo Bảng 1 phụ thuộc vào dạng bu lông;

μ là hệ số, lấy theo Bảng 2 phụ thuộc vào đường kính bu lông;

α là hệ số, kể đến số chu kỳ tải trọng và lấy theo Bảng 3.

Bảng 4 - Diện tích tiết diện bu lông theo ren

Đường kính bu lông theo ren d	Diện tích tính toán tiết diện bu lông theo ren A_{sa} , cm^2	Đường kính bu lông theo ren d	Diện tích tính toán tiết diện bu lông theo ren A_{sa} , cm^2
M 10	0,571	M 24	3,52
M 12	0,842	M 30	5,60
M 16	1,57	M 36	8,26
M 20	2,45	M 42	11,2
M 48	19,72	M 90×6	55,91
M 56	20,29	M 100×6	69,95
M 64	26,75	M 110×6	85,56
M 72×6	34,58	M 125×6	111,91
M 80×6	43,44	M 140×6	141,81

Khi tính toán liên kết kết cấu xây dựng thì lực căng trước (lực siết trước) và diện tích tiết diện bu lông cần được xác định như đối với tải trọng tĩnh (Bảng 1), nếu trong hồ sơ thiết kế không có chỉ dẫn riêng. Phương pháp xác định lực căng trước bằng dụng cụ cầm tay tham khảo các tài liệu liên quan (ví dụ, Phụ lục C.1 trong TCVN 8298:2009).

Khi lắp đặt nhóm các bu lông để neo giữ thiết bị thì giá trị tải trọng tính toán P cho mỗi bu lông cần được xác định đối với bu lông chịu lực lớn nhất theo công thức:

$$P = -\frac{N}{n} + \frac{\sum M y_i}{\sum y_i^2} \quad (3)$$

trong đó:

N là lực dọc tính toán;

M là mô men uốn tính toán;

n là tổng số bu lông;

y_1 là khoảng cách từ trục quay đến bu lông nằm xa nhất trong vùng chịu kéo của mỗi nối;

y_i là khoảng cách từ trục quay đến bu lông thứ i; khi đó kể đến cả bu lông chịu kéo và bu lông chịu nén.

Trục quay được phép lấy là đường đi qua trọng tâm mặt gối tựa thiết bị hoặc đầu cột.

Đối với cột thép tiết diện rỗng có các nhánh cột riêng rẽ (nhánh cột tiết diện đặc), giá trị tải trọng kéo tính toán tác dụng lên một bu lông được xác định theo công thức:

$$P = \frac{M - N \cdot b}{n \cdot h} \quad (4)$$

trong đó:

N và M là lực dọc và mô men uốn trong cột rỗng ở cao độ mặt móng;

b là khoảng cách từ trọng tâm tiết diện cột đến trục nhánh chịu nén;

n là số bu lông neo giữ một nhánh cột;

h là khoảng cách giữa các trục của các nhánh cột.

Đối với chân cột thép tiết diện rỗng rỗng, giá trị tải trọng tính toán tác dụng lên một bu lông chịu kéo được xác định theo công thức:

$$P = \frac{R_b b_s x - N}{n} \quad (5)$$

trong đó:

R_b là cường độ tính toán của bê tông;

b_s là chiều rộng bản gối của đỉnh cột;

x là chiều cao vùng chịu nén của bê tông dưới bản neo chân cột, được xác định theo TCVN 5574:2018 như đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm;

N là lực dọc tính toán trong cột;

n là số bu lông chịu kéo nằm một phía của chân cột.

Lực căng trong bu lông F_1 để chịu lực trượt ngang trong mặt phẳng tựa thiết bị lên móng được xác định theo công thức:

$$F_1 = k \frac{V - N \cdot f}{n \cdot f} \quad (6)$$

trong đó:

k là hệ số ổn định lực căng, lấy theo Bảng 1;

V là lực trượt tính toán, tác dụng trong mặt gối tựa;

N là lực dọc;

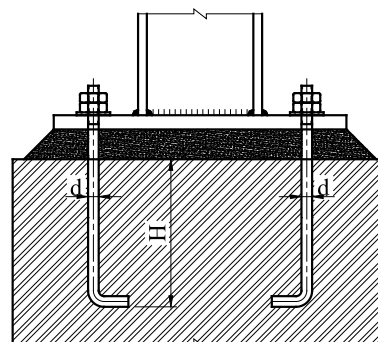
f là hệ số ma sát, lấy bằng 0,25;

n là số bu lông.

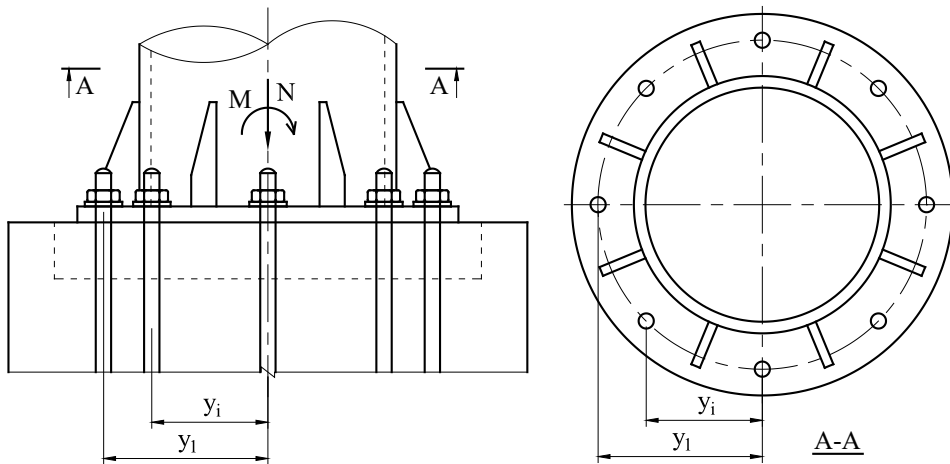
Khi có tác dụng đồng thời của lực đứng và lực ngang (lực trượt) thì giá trị lực căng F_0 phải được xác định theo công thức:

$$F_0 = F + \frac{F_1}{k} \quad (7)$$

Lực trượt V tác dụng trong mặt phẳng mô men uốn đối với cột thép tiết diện rỗng có các cột riêng dưới các nhánh cột được phép chịu bởi lực ma sát dưới nhánh chịu nén của cột thỏa mãn điều kiện:



Hình 2 - Bu lông chữ L được lắp vào móng trước khi đổ bê tông



Hình 3. Sơ đồ tính toán xác định lực trong lắp đặt nhóm bu lông để cố định thiết bị công nghệ

$$V \leq f \cdot \frac{M+N(h-b)}{h} \quad (8)$$

trong đó: các ký hiệu lấy như trong công thức (4).

Lực trượt đối với cột thép tiết diện đặc, cũng như đối với cột thép rỗng khi tác dụng của lực trượt vuông góc với mặt phẳng tác dụng của mô men uốn (cột giằng) cho phép được tiếp nhận bởi lực ma sát do tác dụng của lực dọc và lực căng bu lông thỏa mãn điều kiện:

$$V \leq f \left(\frac{nA_{sa}f_{ba}}{4} + N \right) \quad (9)$$

trong đó:

f là hệ số ma sát, lấy bằng 0,25;

n là số bu lông neo giữ nhánh chịu nén của cột hoặc là số bu lông chịu nén nằm ở một phía đầu cột của tiết diện đặc;

A_{sa} là diện tích tiết diện một bu lông;

N là lực dọc tối thiểu ứng với tải trọng mà dựa vào nó xác định lực trượt.

2.5. Yêu cầu cấu tạo

Chiều sâu ngàm tối thiểu của bu lông vào bê tông H đối với bê tông có cấp cường độ chịu nén B12,5 (theo TCVN 5574:2018) và thép mác S235C (theo TCVN 9986-2:2013 (ISO 630-2:2011)) hoặc tương đương lấy theo Bảng 1.

Với các mác thép khác hoặc cấp cường độ chịu nén khác của bê tông thì chiều sâu ngàm tối thiểu H_0 cần được xác định theo công thức:

$$H_0 = H \cdot m_1 \cdot m_2 \quad (10)$$

trong đó:

m_1 là tỉ số cường độ chịu kéo tính toán của bê tông B12,5 và cường độ chịu kéo tính toán của bê tông đang xét. Đối với bu lông có đường kính 24 mm và lớn hơn được lắp đặt trong lỗ tạo sẵn của móng thì hệ số m_1 được lấy bằng 1.

m_2 là tỉ số cường độ chịu kéo tính toán của thép đang xét và cường độ chịu kéo tính toán của thép mác S235C (theo TCVN 9986-2:2013 (ISO 630-2:2011)) hoặc tương đương.

Đối với bu lông chữ L thì chiều sâu ngàm vào bê tông cho phép được lấy bằng 15d, đối với bu lông có bản neo – bằng 10d, còn đối với bu lông lắp đặt trong lỗ khoan – bằng 5d.

Khoảng cách tối thiểu cho phép giữa trục các bu lông và khoảng cách từ trục các bu lông ngoài cùng đến mép móng

được ghi trong Bảng 1.

Khoảng cách giữa các bu lông, cũng như khoảng cách từ trục bu lông đến mép móng được phép giảm bớt 2d khi tăng tương ứng chiều sâu ngàm lên 5d.

Khoảng cách từ trục bu lông đến mép móng được phép giảm bớt 1d khi có biện pháp bố trí đặc biệt đối với cốt thép theo cạnh đứng của móng ngay tại chỗ đặt bu lông.

Trong tất cả các trường hợp thì khoảng cách từ trục bu lông đến mép móng không được nhỏ hơn:

100 mm – đối với bu lông đường kính đến 30 mm;

150 mm – đối với bu lông

đường kính trên 30 mm đến 48 mm;

200 mm – đối với bu lông đường kính trên 48 mm.

CHÚ THÍCH: Khi lắp đặt bu lông cặp đôi (ví dụ: để neo giữ các cột thép chịu lực của nhà và công trình), cần bố trí bản neo chung có khoảng cách giữa các lỗ bu lông bằng khoảng cách thiết kế giữa các trục của các bu lông, hoặc lắp đặt bu lông đơn lẻ với chiều sâu ngàm khác nhau.

3. Ví dụ tính toán

Ví dụ 1. Xác định đường kính và độ sâu ngàm của bu lông chữ L

Xác định đường kính d của bu lông chữ L để neo giữ thiết bị (xem Hình 2) và độ sâu ngàm H_0 của nó vào bê tông với các dữ liệu ban đầu sau đây.

Tải trọng tính toán lên bu lông $P = 50$ kN; thép S235B ($f_{ba} = 0,8f_y = 0,8 \times 235 \times 10^3 = 1,88 \times 10^5$ kPa - theo điều 6.5 công thức (1)); bê tông móng cấp độ bền B20.

1. Theo Bảng 1 đối với một bu lông đã cho: hệ số tải trọng $\chi = 0,4$; hệ số ổn định lực siết $k = 1,9$; độ sâu ngàm tối thiểu của bu lông vào bê tông

$H = 25d$ (đối với bê tông cấp độ bền B12,5).

2. Diện tích tiết diện ngang của bu lông (theo ren) được xác định theo công thức (1):

$$A_{sa} = \frac{k_0 P}{f_{ba}} = \frac{1,35 \times 50}{1,88 \times 10^5} = 0,00036 \text{ m}^2 = 3,6 \text{ cm}^2,$$

trong đó: $k_0 = 1,35$ (xem Bảng 1).

Theo Bảng C.6, Phụ lục C của TCVN 5575:2023 ta lấy bu lông có đường kính M30, bước ren $\rho = 3,5$ mm (có $A_{sa} = 5,61 \text{ cm}^2$).

3. Kiểm tra diện tích tiết diện bu lông đã lấy theo công thức (2) chịu mỗi:

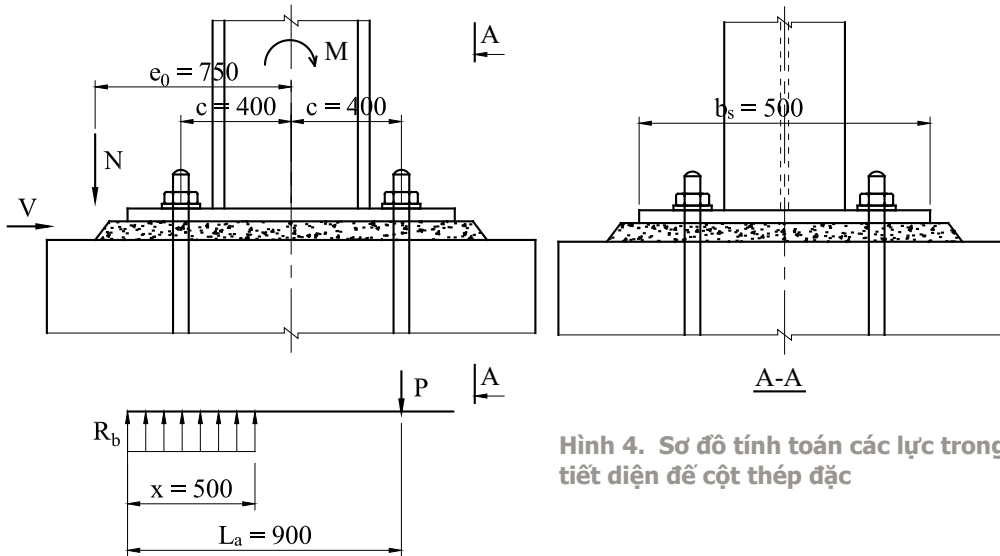
$$A_{sa} = \frac{1,8\chi\zeta P}{\alpha f_{ba}} = \frac{1,8 \times 0,4 \times 1,3}{1,00} \times \frac{50}{1,88 \times 10^5} = 0,000249 \text{ m}^2 = 2,49 \text{ cm}^2$$

trong đó: $\zeta = 1,3$ (theo Bảng 2); $\alpha = 1,00$ (theo Bảng 3).

Diện tích tiết diện đã lấy của bu lông đáp ứng các yêu cầu về độ bền và chịu mỗi.

4. Lực siết trước bu lông:

$$F = 1,1P = 1,1 \times 50 = 55 \text{ kN}.$$



Hình 4. Sơ đồ tính toán các lực trong tiết diện để cột thép đặc

5. Chiều sâu ngàm bu lông vào bê tông H_0 được xác định theo công thức (10) đối với bê tông móng cấp B20 và mác thép S235B:

$$H_0 \geq H m_1 m_2 = 25 \times 0,03 \times 0,733 \times 1 = 0,55 \text{ m},$$

trong đó:

$$m_1 = 0,66/0,9 = 0,733;$$

$$m_2 = 1,88 \times 10^5 / 1,88 \times 10^5 = 1.$$

Ví dụ 2. Xác định tải trọng tính toán lên bu lông chịu tải nhiều nhất

Xác định tải trọng tính toán lên bu lông chịu tải nhiều nhất theo sơ đồ thiết kế trên Hình 3, với dữ liệu ban đầu sau đây.

Mô men lật tính toán của thiết bị là $M = 1200 \text{ kN.m}$, trọng lượng riêng của thiết bị là $N = 100 \text{ kN}$. Số lượng bu lông $n = 8$, khoảng cách từ trục xoay của thiết bị đến bu lông ngoài cùng $y_{i1} = 0$; $y_{i2} = 1,45 \text{ m}$; $y_{i3} = y_1 = 2 \text{ m}$.

Lực tính toán (lực kéo) trên bu lông chịu tải nhiều nhất được xác định theo công thức (3):

$$P = -\frac{N}{n} + \frac{M y_i}{\sum y_i^2} = -\frac{100}{8} + \frac{1200 \cdot 2}{16,41} = 133,75 \text{ kN},$$

$$\sum y_i^2 = 1,45^2 \times 4 + 2^2 \times 2 = 16,41 \text{ m}^2.$$

Ví dụ 3. Xác định tải trọng tính toán lên bu lông và đường kính bu lông

Xác định tải trọng tính toán lên bu lông và đường kính bu lông để neo giữ cột thép đặc (xem Hình 4) với các dữ liệu ban đầu sau:

$$M = 8000 \text{ kN.m}; N = 6000 \text{ kN}; V = 300 \text{ kN};$$

$$h = 2 \text{ m}; f_{ba} = 1,88 \times 10^5 \text{ kPa (thép S235B)}.$$

$$b = h/2 = 1,0 \text{ m} \quad n = 2$$

1. Tải trọng thiết kế trên một bu lông chịu kéo được xác định theo công thức (4):

$$P = \frac{M - Nb}{nh} = \frac{8000 - 6000 \times 1}{2 \times 2} = 500 \text{ kN}.$$

2. Xác định diện tích tiết diện yêu cầu của một bu lông (theo ren):

$$A_{sa} = \frac{k_0 P}{f_{ba}} = \frac{1,05 \times 500}{1,88 \times 10^5} = 0,0028 \text{ m}^2 = 28 \text{ cm}^2.$$

Theo Bảng C.6 ta lấy bu lông có đường kính ren M72×6 ($A_{sa} = 34,58 \text{ cm}^2$). (Cần bổ sung các bu lông đường kính lớn)

3. Chiều sâu ngàm đối với bu lông có bản neo được lấy là $15d$ (Bảng 1) đối với bê tông móng cấp B12,5 và mác thép S235B.

$$H = 15d = 15 \times 0,072 = 1,08 \text{ m}.$$

4. Kiểm tra khả năng chịu lực trượt trong mặt phẳng liên kết của đế cột với móng theo công thức (8):

$$V \leq \mu \frac{M + N(h - b)}{h} = 0,25 \times \frac{8000 + 6000 \times (2 - 1)}{2} = 1750 \text{ kN},$$

trong đó: h là khoảng cách giữa các trục của các nhánh cột ($h = 2 \text{ m}$); b là khoảng cách từ trọng tâm của cột đến trục của nhánh nén ($b = 1 \text{ m}$); $V = 300 \text{ kN} \leq 1750 \text{ kN}$, điều kiện được thỏa mãn.

Ví dụ 4. Xác định tải trọng tính toán lên bu lông và đường kính bu lông

Xác định tải trọng tính toán lên bu lông và đường kính bu lông để neo giữ cột thép có tiết diện đặc (xem Hình 4), với các dữ liệu ban đầu sau:

$$M = 900 \text{ kN.m}; N = 1200 \text{ kN}; V = 100 \text{ kN}; c = 0,4 \text{ m};$$

$L_a = 0,9 \text{ m}$; $b_s = 0,5 \text{ m}$; $R_b = 8,5 \text{ MPa (B15)}$; $f_{ba} = 188 \text{ MPa (S235B)}$.

1. Xác định độ lệch tâm đặt tải:

$$e_0 = M/N = 900/1200 = 0,75 \text{ m}.$$

2. Xác định kích thước vùng nén của bê tông dưới bản đế theo công thức:

$$x = L_a - \sqrt{L_a^2 - 2N \frac{e_0 + c}{R_b b_s}} = 0,9 - \sqrt{0,9^2 - 2 \times 1200 \times \frac{0,75 + 0,4}{8500 \times 0,5}} = 0,50 \text{ m}.$$

3. Kiểm tra việc thực hiện các điều kiện:

$x = 0,50 \text{ m} \leq \xi_R L_a = 0,63 \times 0,9 = 0,567 \text{ m}$ - điều kiện được thỏa mãn, trong đó ξ_R được xác định theo công thức (31) của TCVN 5574:2018:

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0,8}{1 + \frac{\epsilon_{s,el}}{\epsilon_{b2}}} = 0,63.$$

(Xem tiếp trang 41)

đối với móng chịu tải lệch tâm, tăng k làm giảm diện tích đáy móng.

- Ảnh hưởng của k đến tổng diện tích cốt thép yêu cầu trong móng phụ thuộc không đáng kể vào trị số tải trọng nền N_0'' và tỷ số cạnh chân cột k_c ;

- Ảnh hưởng của k đến tổng diện tích cốt thép yêu cầu trong móng phụ thuộc chủ yếu vào độ lệch tâm e_l của tải

trọng tại đáy móng; với $e_l < 0,2m$, nên chọn $k = 1,1 \pm 0,05$; với $e_l < 0,2m$, nên chọn $k = 1,1 \pm 0,05$.

- Trường hợp không chọn được trị số k tối ưu như kiến nghị ở trên (ví dụ do cần làm tròn kích thước các đáy móng để thuận tiện thi công), nên ưu tiên chọn trị số k lớn hơn trị số tối ưu để giảm diện tích đáy móng và giảm áp lực lớn nhất lên nền./.

Tài liệu tham khảo

1. Dr.Hussein M.Al.Khuzaie (PhD, C.E), *Verification of Scale Effect of Shallow Foundation in Determination of Bearing Capacity of Sandy Soil*.
2. TCVN 9362-2012: Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình, Bộ Khoa Học và Công Nghệ.
3. Phạm Ngọc Thắng, Nguyễn Đức Nguồn, Vương Văn Thành (2012), *Tính toán thực hành nền và móng công trình dân dụng và công nghiệp*, Nhà xuất bản Xây Dựng Hà Nội.
4. Nguyễn Văn Quảng, Nguyễn Hữu Kháng, Uông Đình Chắt (1996), *Nền và móng các công trình công nghiệp dân dụng*, Nhà xuất bản Xây Dựng Hà Nội.

5. Nguyễn Văn Quảng, Nguyễn Hữu Kháng, *Hướng dẫn đồ án Nền và Móng* (1996), Nhà xuất bản Xây Dựng Hà Nội.
6. Vũ Công Ngữ (1998), *Thiết kế và tính toán móng nông: Cho các công trình dân dụng và công nghiệp*, Nhà xuất bản Xây Dựng Hà Nội.
7. Lê Đức Thắng, *Nền và Móng*, Nhà xuất bản giáo dục Hà Nội.
8. Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống (2006), *Kết cấu bê tông cốt thép phần cấu kiện cơ bản*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.

Thiết kế bu lông neo

(tiếp theo trang 29)

Với thép S235B có $f_y = 235 \text{ MPa}$ ($R_s = 235/1,15 \approx 204 \text{ MPa}$), $E_s = 210\,000 \text{ MPa}$. Tức là: $\varepsilon_{s,el} = 204/210000 = 0,00097$; $\varepsilon_{s,el} = 0,0035$.

4. Tải trọng tính toán trên một bu lông chịu kéo được xác định theo công thức (5):

$$P = \frac{R_b \cdot b_s \cdot x - N}{n} = \frac{8500 \times 0,5 \times 0,50 - 1200}{2} = 462,5 \text{ kN},$$

trong đó: n là số lượng bu lông chịu kéo (n = 2).

5. Xác định diện tích tiết diện yêu cầu của một bu lông (theo ren):

$$A_{sa} = \frac{k_0 P}{f_{ba}} = \frac{1,05 \times 462,5}{1,88 \times 10^5} = 0,00258 \text{ m}^2 = 25,8 \text{ cm}^2.$$

Theo Hình 4, lấy bu lông có đường kính ren M72×6 ($A_{sa} = 34,58 \text{ cm}^2$).

6. Chiều sâu ngàm bu lông vào bê tông H_0 được xác định theo công thức (10) đối với bê tông móng cấp B15 và mác thép S235B:

$$H_0 \geq H_{m1} m_2 = 15 \times 0,072 \times 0,88 \times 1 = 0,95 \text{ m},$$

trong đó:

$$m_1 = 0,66/0,75 = 0,88; m_2 = 1,88 \times 10^5 / 1,88 \times 10^5 = 1.$$

7. Ta kiểm tra khả năng chịu lực trượt trong mặt phẳng liên kết của đế cột với móng theo công thức (9):

$$V \leq \mu \left(\frac{n A_{sa} f_{ba}}{4} + N \right) = 0,25 \left(\frac{2 \times 0,003458 \times 1,88 \times 10^5}{4} + 600 \right) = 231,3 \text{ kN},$$

trong đó: N là lực dọc tối thiểu tương ứng với tải mà từ đó lực trượt được xác định ($N = 600 \text{ kN}$); $V = 100 \text{ kN} < 231,3 \text{ kN}$ - điều kiện được thỏa mãn.

5. Kết luận và kiến nghị

- Tiêu chuẩn Thiết kế kết cấu thép của Việt Nam TCVN 5575:2023 có nhiều điểm mới so với TCVN 5575:2012, và nội dung của chúng đề cập khá rộng. Chính vì thế, cần có những nghiên cứu sâu hơn nữa đối với tiêu chuẩn này trong thời gian tới nhằm hiểu đúng và khai thác hết các nội dung đề cập trong tiêu chuẩn này.

- Việc tính toán bu lông neo cho chân cột nói riêng khá đơn giản, xét đến ảnh hưởng của cường độ bê tông móng. Theo đó, cách tính toán đề cập trong TCVN 5575:2023 sẽ tiệm cận với lời giải chính xác so với cách tính trong TCVN 5575:2012, và cũng đã tiếp cận được các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép tiên tiến khác, ví dụ tiêu chuẩn Mỹ ACI 318./.

Tài liệu tham khảo

1. Tiêu chuẩn Việt Nam (2023), TCVN 5575:2023 - Thiết kế kết cấu thép.
2. Tiêu chuẩn Việt Nam (2018), TCVN 5574:2018 - Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
3. Tiêu chuẩn Việt Nam (2013), TCVN 9986-2:2013 (ISO 630-2:2011), Thép kết cấu - Phần 2: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp thép kết cấu thông dụng.
4. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8298:2009 về công trình thủy lợi - yêu cầu kỹ thuật trong chế tạo và lắp ráp thiết bị cơ khí, kết cấu thép.

5. SP 16.13330.2017, *Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81** (с Поправкой, с Изменениями N 1, 2) (Kết cấu thép – Phiên bản cập nhật của SniP II-23-81 (với đính chính, sửa đổi 1, 2)).
6. SP 43.13330.2012, *Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 (с Изменениями N 1, 2)* (Các công trình xí nghiệp công nghiệp – Phiên bản cập nhật của SniP 2.09.03-85 (với các sửa đổi 1, 2)).
7. *Пособие по проектированию анкерных болтов для крепления строительных конструкций и оборудования* (к СНиП 2.09.03) МДС 31-4.200