Đề xuất đồ thị để xác định lực trong bu lông và mô men trong bản đế vành khuyên cho cột ống của bảng quảng cáo

Proposing graphs to determine the force in the bolts and the moment in the annular base plate for the tube column of billboards

Nguyễn Hồng Sơn, Nguyễn Lệ Thủy

Tóm tắt

Bài báo này trình bày tóm tắtlý thuyết tính toán chân cột ống (gồm có:bu lông,bản đế hình khuyên và sườn gia cường) theo quy định trong ASCE/SEI 48-11 của Mỹ. Trên cơ sở đó, xây dựng các bước tính toán một số bộ phận của chân cột, đối với trường hợp tiếp xúc và không tiếp xúc giữa bản đế với mặt móng, xây dựng đoạn bảng tính bằng phần mềm Excel, kiểm chứng độ tin cậy của bảng tính trên cơ sở ví dụ tính có trong ASCE/SEI 48-11, kết quả kiểm chứng cho thấy sai khác kết của tính theo bảng tính và kết quả của ví dụ sai khác không nhiều, chứng tỏ bảng tính có đủ tin cậy. Đồng thời, đề xuất việc lựa chọn đường kính lỗ khoét ở bản đế và các đồ thị quan hệ giữa nội lực chân cột với lực kéo trong bu lông và với mô men uốn trong bản đế, để áp dụng trong tính toán thực hành.

Từ khóa: *Bảng quảng cáo, bản đế vành khuyên, chân cột*

Abstract

This paper presents a summary of the design theory of pipe column bases (including: bolts, annular base plates and stiffeners) as specified in ASCE/SEI 48-11. On that basis, developing steps to design some parts of the column base; for the contact and non-contact case between the base plate and the foundation surface, building a spreadsheet using Excel software, verifying the reliability of the spreadsheet based on the calculation example contained in ASCE/SEI 48-11; the verification results show that the difference between the results of the calculation according to the spreadsheet and the results of the example is not much different, proving that the spreadsheet is reliable. At the same time, it is proposed to choose the hole diameter in the base plate and the graphs of the relationship between the internal force of the column base with the tensile force in the bolt and with the bending moment in the base plate, to apply in practical calculations.

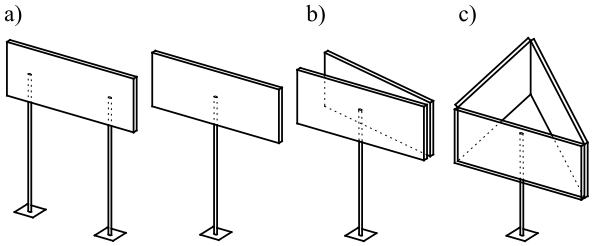
Key words: *Billboards, annular base plate, monopole base*

TS. Nguyễn Hồng Sơn
TS. Nguyễn Lệ Thủy
Bộ môn Kết cấu Thép Gỗ
Email: nlthuy.hau@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/4/2021
Ngày sửa bài: 19/5/2021
Ngày duyệt đăng: 21/7/2023

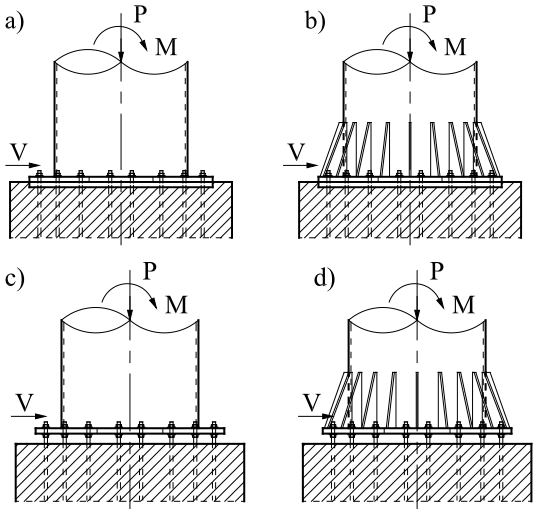
1. Mở đầu

Bảng quảng cáo tấm lớn được sử dụng khá phổ biến trong thực tế, kết cấu chịu lực gồm có tấm bảng và cột đỡ. Hình 1 minh họa một số dạng tấm bảng và cột đỡ, tấm bảng gồm có: loại hai mặt song song (tấm bảng dạng hộp) hoặc hai mặt không song song (thông thường góc nghiêng giữa hai mặt bảng là 5÷10°) hoặc loại ba mặt, chúng được đặt lên cột đỡ (có thể một cột hoặc hai cột). Với các cột đỡ, được cấu tạo tổ hợp từ các thanh thép ống có đường kính nhỏ φ100÷150 hoặc một thanh thép ống có đường kính lớn φ700÷1400 [10], nhưng loại phổ biến hiện nay là cột đường kính lớn với một thanh thép ống, bởi chúng có ưu điểm là dễ thi công và dễ bảo trì trong quá trình sử dụng.



Hình 1. Một số dạng tấm bảng và cột đỡ

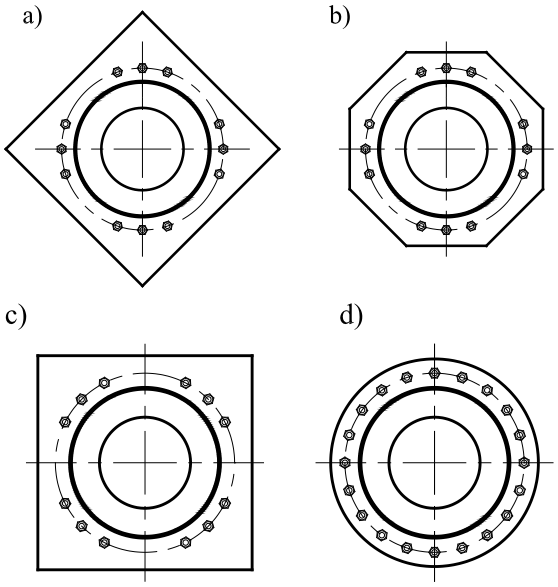
Chân cột đỡ là bộ phận quan trọng, để truyền lực từ thân cột xuống móng. Cấu tạo chung của chân cột gồm có: bản đế, bu lông neo móng, sườn gia cường (nếu có) (Hình 2). Bản đế có thể đặt trực tiếp lên mặt móng (Hình 2a,b), tức là giữa bản đế và mặt móng không có khoảng hở hoặc bản đế được kê lên các êcu(double-nut), tức là giữa bản đế và mặt móng có khoảng hở (ungrouted stand-off base plate) (Hình 2c,d), trường hợp không có khoảng hở sẽ cho diện tích tiếp xúc bản đế với bề mặt cổ móng là tối đa, sẽ nâng cao khả năng chịu lực bản đế nhưng gây khó khăn cho việc thi công tạo phẳng bề mặt cổ móng, trường hợp có khoảng hở (exposed length) sẽ giúp giảm thiểu sự đọng nước, nâng cao tuổi thọ chi tiết chân cột và dễ dàng điều chỉnh mặt phẳng ngang của bản đế, tức là gián tiếp điều chỉnh độ thẳng đứng của cột.



Hình 2. Cấu tạo chân cột

Hình thức bản đế rất đa dạng, có loại vuông, đa giác hoặc tròn (Hình 3), phần ở giữa thường được khoét lỗ tròn để tạo khoảng thông thoáng, tránh đọng nước ở phía trong thân cột, cũng như tạo không gian để luồn các dây kỹ thuật, ví dụ dây chống sét hoặc dây điện (nếu có). Các bu lông neo móng được bố trí thành từng nhóm hoặc bố trí đều xung quanh thân cột (Hình 3), để nâng cao khả năng chịu lực cho bản đế, có thể bố trí thêm các sườn gia cường (Hình 2b,d).

Thấy rằng, việc thiết kế chi tiết chân cột trong quy trình thiết kế kết cấu bảng quảng cáo còn có khoảng trống, gây khó khăn cho người thiết kế khi lựa chọn giải pháp kết cấu cũng như việc tính toán kiểm tra về độ bền. Chẳng hạn, Tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam TCVN 5575:2012 [1] về Thiết kế kết cấu thép và các tài liệu trong nước hiện có cũng chỉ đề cấp đến tính toán chi tiết chân cột tiết diện chữ I, có bản đế hình vuông hoặc chữ nhật. Các tiêu chuẩn nước ngoài như SP 16.13330.2016 (Nga) [8, 9], EN 1993-1-8 (châu Âu - Eurocode) [2], ANSI/AISC 360-16 (Mỹ) [3] và các Tiêu chuẩn riêng về Thiết kế kết cấu thép, như: TIA-220-G (Mỹ), ASCE/SEI 48-11 (Mỹ) [5]... cũng không thấy đề cập đến tính toán chi tiết liên kết chân cột ống như đã nêu. Bên cạnh đó, một số tài liệu về Hướng dẫn thiết kế kết cấu thép hoặc bê tông cốt thép của một số nước cũng có đề cập đến tính toán bu lông neo móng và gần đây một số tác giả có quan tâm đến vấn đề này, chẳng hạn: Leroy Lutz (2004), Daniel Horn (2004), Lutz-Fisher (2004), Bednard (1991), Troitsky (1990), Kenton et. al (2013) [7].



Hình 3. Hình thức bản đế

Ngoại trừ, cuốnSổ tay kỹ thuật sử dụng để thiết kế chân cột đơn thân (Monopole Base) cho các cột của đường dây truyền tải điện, cột thu phát sóng của tác giả Danien Horn, P.E, được xuất bản ở Mỹ năm 2011, tài liệu trình bày khá sâu về vấn đề này. Cũng thấy rằng, tài liệu này là kết quả nghiên cứu riêng của Danien Horn, P.E, nhưngcũng đã kế thừa được các kết quả nghiên cứu trước, độ tin cậy của phương pháp này cũng đã được tác giả kiểm chứng với kết quả của Lutz (2004), với sai số về ứng suất trong bản đế cũng như lực kéotrong bu lông khoảng (1,76÷4,3)%.

Chính vì thế, tài liệu của Danien Horn, P.E [4],được sử dụng để thiết lập các đồ thị, dùng trong tính toán thực hành khi lựa chọn sơ bộ chi tiết chân cột (bản đế, bu lông), phục vụ cho các kỹ sư thiết kế trong giai đoạn thiết kế sơ bộ, cũng như khi thiết kế chi tiết các chân cột của bảng quảng cáo tấm lớn ở Việt Nam.

2. Lý thuyết và tính toán độ bền chân cột

Chân cột truyền tải trọng xuống móng, nội lực tại chân cột gồm mô men, lực dọc và lực cắt (M, N, V). Biểu đồ phân bố ứng suất chân cột khá phức tạo, phụ thuộc vào hình thức bản đế, có thể tham khảo ở tài liệu [4]. Việc bố trí bu lông cũng phụ thuộc vào nội lực chân cột, bu lông được bố trí theo các phía đối xứng và chẵn (Hình 3), khoảng cách các bu lông theo yêu cầu về cấu tạo (tối thiểu hoặc tối đa)

2.1. Trường hợp chân cột không sườn gia cường

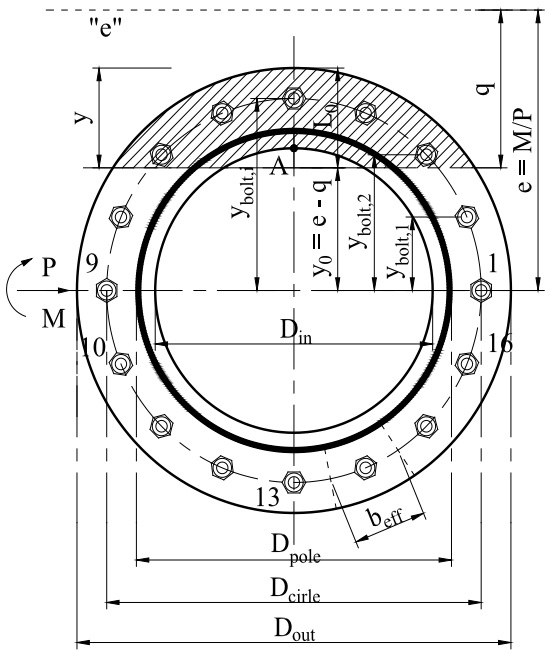
a) Khi bản đếđặt trực tiếp lên mặt bê tông

Để dễ dàng trong việc trình bày lý thuyết tính toán và áp dụng trong tính toán thực hành, dưới đây trình bày kết hợp hai nội dung này thông qua ví dụ cụ thể [4].

Ví dụ 1:

Số liệu ban đầu: Chân cột chịu mô men hợp lực M=1500kN.m và lực nén P=150kN, đường kính cột D_{pole}=1,0m, thép bản đế CCT42 với chiều dày t_{pl} = 0,09m (tạm lấy), bu lông cấp độ bền 8.8 với đường kính d = 36mm (tạm lấy) được bố trí đều theo chu vi cột (minh họa ở Hình 4), cổ móng dùng bê tông cấp bền B25. Kích thước bản đế có D_{out}=1,4m, D_{in} = 0,5m. Bu lông bố trí với khoảng cách các cặp đối xứng D_{circle} = 1,2m.

Yêu cầu tính toán: (1) Tính nội lực trong bu lông neo và mô men uốn trong bản đế vành khuyên, cũng như ứng suất trong chúng; (2) Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ lỗ khoét (D_{in}/ D_{pole}) đến lực kéo trong bu lông.



Hình 4. Giải pháp bản đế chân cột đặt trực tiếp lên mặt móng bê tông

Lưu ý: do khuôn khổ bài báo có hạn, các ký hiệu trong Hình 4 sẽ được giải thích hoặc minh họa cụ thể trong các bước tính toán.

Bước 1: Tính các thông số xuất phát

- Xác định độ lệch tâm e, kiểm tra điều kiện áp dụng:

$$e = \frac{M}{P} = \frac{1500}{150} = 10m \quad ; \tag{1}$$

$$\frac{D_{out}^4 - D_{in}^4}{8D_{out}(D_{out}^2 - D_{in}^2)} \tag{2}$$

$$= \frac{1,4^4 - 0,5^4}{8 \times 1,4 \times (1,4^2 - 0,5^2)} = 0,2 \text{ m} < e = 10m.$$

- Xác định $n = E_s / E_b$ (Eslà mô đun đàn hồi của thép, $E_s = 21.10^6$ MPa; E_b là mô đun đàn hồi của bê tông, E_b = 27.105 MPa (B20), $E_b = 30.10^5$ MPa (B25), Eb = $32,5.10^5$ MPa (B30),

$$n = \frac{E_s}{E_b} = \frac{21 \times 10^6}{30 \times 10^5} = 7 \quad . \tag{3}$$

- Xác định vị trí các bu lông đối với trục uốn:

Do đường kính cột D_{circle} = 1,2 m, và với cách bố trí 16 bu lông theo chu vi (m = 16), góc giữa hai bu lông liền kề:

$$\theta = 360° / 16 = 22,5° \quad , \tag{4}$$

Vị trí bu lông thứ j (j = 1÷16),

$$y_{bolt,j} = (D_{circle} / 2) \times \sin(j.\theta) \quad . \tag{5}$$

Kết quả ybolt được ghi ở Bảng 1.

Bước 2: Giả thiết q ở bước lặp đầu tiên

Giả thiết giá trị q, với giả thiết ban đầu q = 9,76 m, thông thường lấy q =(0,9÷1,0).e. Tuy nhiên, việc tính toán tiếp theo cần phải thực hiện lặp.

Bước 3: Tính các thông số về diện tích

Diện tích bu lông quy đổi đối với các bu lông trong vùng chịu kéo:

$$A_{bolt} = n.A_b \quad . \tag{6}$$

Diện tích bu lông quy đổi đối với các bu lông trong vùng chịu nén:

$$A_{bolt} = (n-1).A_b \quad . \tag{7}$$

Kết quả trình bày ở trong Bảng 1.

Diện tích vòng tròn phía ngoài:

$$r_{out} = 0,5.D_{out} \tag{8}$$

$$= 1,4 / 2 = 0,7m \quad ;$$

$$y = 0,5D_{out} - e + q \tag{9}$$

$$= 0,7 - 10 + 9,76 = 0,46 \text{ m};$$

$$y_0 = r_{out} - y \tag{10}$$

$$= 0,7 - 0,46 = 0,24 \text{ m};$$

$$A_1 = \frac{\pi r_{out}^2}{2} - y_0\sqrt{r_{out}^2 - y_0^2} - r_{out}^2 \arcsin\left(\frac{y_0}{r_{out}}\right) \tag{11}$$

$$= \frac{3,14 \times 0,7^2}{2} - 0,24 \times \sqrt{0,7^2 - 0,24^2}$$

$$-0,7^2 \arcsin(0,24 / 0,7) = 0,44 m^2 \quad .$$

Nếu trục trung hòa nằm phía dưới so với đỉnh của vòng tròn phía trong (L > 0), tức là so với điểm A (xem ở Hình 4), diện tích của hình bán nguyệt cần được giảm trừ:

$$L = r_{in} - e + q \tag{12}$$

$$= (0,5/2) - 10 + 9,76 = 0,01;$$

$$y_c = \max(r_{in} - l, - r_{in}) \tag{13}$$

$$= \max(0,25 - 0,01; - 0,25) = 0,24 \text{ m}.$$

$$A_c = -\frac{\pi r_{in}^2}{2} + y_c\sqrt{r_{in}^2 - y_c^2} - r_{in}^2 \arcsin\left(\frac{y_c}{r_{in}}\right) \tag{14}$$

$$= -\frac{3,14 \times 0,25^2}{2} + 0,01 \times \sqrt{0,25^2 - 0,24^2}$$

$$+0,25^2 \arcsin(0,24 / 0,25) = -0,001 m^2 \quad .$$

Như vậy,

$$A_T = A1 + n.A_{bolt} + Ac \tag{15}$$

$$= 0,44 + 0,0793 - 0,001 = 0,52 \text{ m}^2.$$

Bước 4: Tính các thông số về diện tích mô men

Tính toán diện tích mô men được xác định:

$$y_1 = \frac{2(r_{out}^2 - y_0^2)^{1,5}}{3A_1} \tag{16}$$

$$= \frac{2 \times (0,7^2 - 0,24^2)^{1,5}}{3 \times 0,44} = 0,43m \quad ;$$

$$Q_1 = A_1(e - y_1) \tag{17}$$

$$= 0,44(10 - 0,43) = 4,21 m^3 \quad ;$$

$$y_{1c} = \frac{-2(r_{in}^2 - y_c^2)^{1,5}}{3A_c} \tag{18}$$

$$= \frac{2 \times (0,25^2 - 0,24^2)^{1,5}}{3 \times (-0,001)} = 0,244m \quad ;$$

$$Q_c = A_c(e - y_{1c}) \tag{19}$$

$$= -0,001 \times (10 - 0,244) = -0,01 m^3 \quad ;$$

$$Q_T = Q_1 + Q_c + Q_{bolts} \tag{20}$$

$$= 4,24 + 0,79 - 0,001 = 5 m^3 \quad .$$

trong đó: Qbolt được tính theo công thức:

$$Q_{bolts} = \sum_{j=1}^{j=n,tens} nA_b(e - y_j) + \sum_{j=1}^{j=n,comp} (n-1)A_b(e - y_j) \tag{21}$$

Kết quả trình bày ở trong Bảng 1.

Bước 5: Tính các thông số về mô men quán tính

Tính toán mô men quán tính của diện tích:

$$I_1 = \left[\frac{\pi r_{out}^4}{8} + \frac{y_0\sqrt{(r_{out}^2 - y_0^2)^3}}{2} - \frac{r_{out}^2\, y_0\sqrt{r_{out}^2 - y_0^2}}{4}\right.$$

$$\left. - \frac{r_{out}^4 \arcsin(y_0 / r_{out})}{4}\right] - A_1 y_{1c}^2 + A_1(e - y_{1c})^2 \tag{22}$$

$$= \left[\frac{3,14 \times 0,7^4}{8} + \frac{0,24 \times \sqrt{(0,7^2 - 0,24^2)^3}}{2}\right.$$

$$- \frac{0,7^2 \times 0,24 \times \sqrt{0,7^2 - 0,24^2}}{4}$$

$$\left. - \frac{0,7^2 \times 0,24 \times \sqrt{0,7^2 - 0,24^2}}{4}\right.$$

$$-0,44 \times 0,244^2 + 0,44 \times (10 - 0,244)^2 = 40,3 m^4 \quad ;$$

$$I_c = -\left[\frac{\pi r_{in}^4}{8} + \frac{y_c\sqrt{(r_{in}^2 - y_c^2)^3}}{2} - \frac{r_{in}^2 y_c\sqrt{r_{in}^2 - y_c^2}}{4} - \frac{r_{in}^4 \arcsin(y_c / r_{in})}{4}\right] - A_c y_{1c}^2 + A_c(e - y_{1c})^2 \quad (23)$$

$$= -\left[\frac{3,14\times 0,25^4}{8} + \frac{0,24\times\sqrt{(0,7^2 - 0,24^2)^3}}{2} - \frac{0,7^2\times 0,24\times\sqrt{0,7^2 - 0,24^2}}{4} - \frac{0,25^4 \arcsin(0,24/0,25)}{4}\right] - (-0,001)\times 0,244^2 + (-0,001)\times(10 - 0,244)^2 = -0,089 m^4$$

$$I_T = I_1 + I_c + I_{bolt} \quad (24)$$

$$= 40,3 + (-0,089) + 7,18 = 48,23 m^4,$$

trong đó: I_{bolt} được tính theo công thức,

$$I_{bolt} = \sum_{j=1}^{m}\left(\frac{(nA_{bolt})^2}{4\pi} + nA_{bolt}(e - y_{bolt,j})^2\right); \quad (25)$$

Kết quả trình bày ở trong Bảng 1.

Bước 6: Tính toán q và kiểm tra điều kiện lặp

Tính toán giá trị q:

$$q_{calc} = \frac{I_T}{Q_T} = \frac{48,23}{5,00} = 9,646 \quad (26)$$

Với giá trị q_{calc} = 9,646, ta nhận được các kết quả I_T và Q_T ở bước trước và bước sau chênh lệch không nhiều khi lấy với giá trị ban đầu q = 9,76. Như thế, có thể dừng tính toán ở bước tính này, tức là các bước tính tiếp theo lấy q = 9,646.

Bước 7: Tính toán lực kéo trong bu lông, ứng suất trong bê tông, bu lông và bản đế

- Tính lực kéo trong bu lông thứ j:

$$N_{bolt,j} = \frac{P.(e - y_{bolt,j} - q)}{q.A_T - Q_T}.(nA_{bolt}) \quad (27)$$

Kết quả trình bày ở trong Bảng 1. Đồng thời biểu diễn lực kéo/nén trong các bu lông như ở Hình 7 (trường hợp có tiếp xúc bản đế và mặt móng).

Với bu lông ở vị trí xa nhất (y_{bolt} = 0,6m), lực kéo được xác định:

$$N_{bolt,max}^{+} = \frac{150\times(10 - 6 - 9,646)}{9,646\times 0,52 - 5,00}.(7\times 0,000755)$$

$$= 209,8kN.$$

- Tính ứng suất trong bê tông và bu lông:

$$f_{c,max} = \frac{P.y}{q.A_T - Q_T} \quad (28)$$

$$= \frac{150\times 0,46}{9,646\times 0,52 - 5,00} = 19155,98kN/m^2;$$

$$y_{bc} = D_{circle}/2 - e + q \quad (29)$$

$$= 1,2 - 10 + 9,646 = 0,25m.$$

$$f_{bc} = \frac{P.y_{bc}}{q.A_T - Q_T} \quad (30)$$

$$= \frac{150\times 0,25}{9,646\times 0,52 - 5,00} = 10258,25kN/m^2.$$

- Ứng suất lớn nhất tại tiết diện chân cột, trường hợp chân cột không có sườn gia cường:

$$b_{eff} = \frac{\pi.D_{pole}}{m} = \frac{\pi\times 1,0}{16} = 0,2m; \quad (31)$$

$$y = D_{pole}/2 - e + q_{calc} \quad (32)$$

$$= 0,5 - 10 + 9,646 = 0,15 m.$$

trong đó: D_{pole} là đường kính thân cột, D_{pole}= 1,0 m; m là số lượng bu lông.

$$f_{pole} = \frac{N.y}{q.A_T - Q_T} \quad (33)$$

$$= \frac{150\times 0,15}{9,646\times 0,52 - 5,00} = 611,03kN/m^2.$$

- Ứng suất nén lớn nhất trong bản đế:

$$f_{max} = \frac{6M_{max}^{-}}{b_{eff}.t_{pl}^2} \le f_c^b \quad (34)$$

$$= \frac{6\times 62,77}{0,2\times 0,009^2} = 236813,87kN.m^2$$

$$= 23,7kN/cm^2 < f_s = 25kN/cm^2.$$

trong đó:

$$M_{max}^{-} = \frac{b_{eff}f_{pole}(D_{out} - D_{pole})^2}{8} + \frac{b_{eff}(f_{c,max} - f_{pole})(D_{out} - D_{pole})^2}{12} + N_{bolt}^{-}\frac{D_{circle} - D_{pole}}{2} \quad (35)$$

$$= \frac{0,2\times 6093,91\times(1,4 - 1,0)^2}{8} + \frac{0,2\times(19155,98 - 6093,91)\times(1,4 - 1,0)^2}{12} + |-46,5|\times\frac{1,2 - 1,0}{2} = 62,77kN.m.$$

- Ứng suất kéo lớn nhất trong bản đế:

$$f_{max} = \frac{6M_{max}^{+}}{b_{eff}.t_{pl}^2} \quad (36)$$

$$= \frac{6\times 20,98}{0,2\times 0,009^2} = 79157,07kN.m^2$$

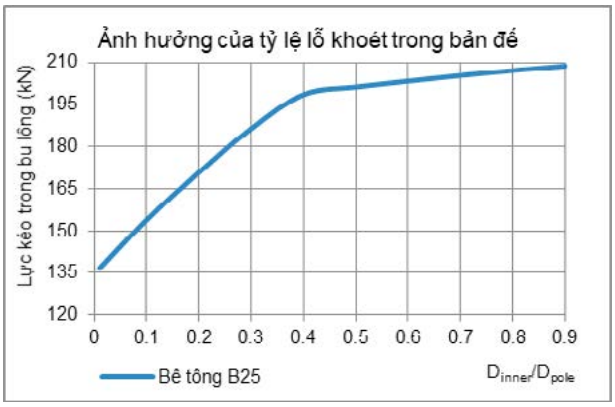
$$= 7,91kN/cm^2 < f = 25kN/cm^2.$$

$$M_{max}^{+} = N_{bolt}^{+}\frac{D_{circle} - D_{pole}}{2} \quad (37)$$

$$= 209,8\times\frac{1,2 - 1,0}{2} = 20,98kN.m.$$

Đồng thời, cũng khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ đường kính lỗ khoét trong bản đế so với đường kính cột (D_{in}/D_{pole}) đến lực kéo trong bu lông N_{bolt}. Việc thực hiện dựa trên cơ sở lấy bê tông cấp bền B25, và tỷ lệ D_{in}/D_{pole} = 0,01÷0,9, kết quả được thể hiện ở Hình 5.

Thấy rằng, với tỷ lệ D_{in}/D_{pole}≥ 0,4 sẽ cho kết quả lực kéo



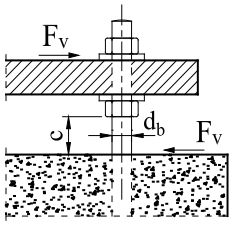
Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ (Din/Dpole) đến lực kéo trong bu lông

Bảng 1. Kết quả tính toán

Stt	y_{bolt} (m)	n	A_{bolt} (m^2)	$n.A_{bolt}$ (m^2)	Q_{bolt} (m^3)	I_{bolt} (m^4)	N_{bolt} (kN)
1	0,000	7,00	0,000755	0,0053	0,05	0,53	77,8
2	0,230	7,00	0,000755	0,0053	0,04	0,43	23,4
3	0,424	6,00	0,000755	0,0045	0,04	0,42	-13,3
4	0,554	6,00	0,000755	0,0045	0,04	0,40	-37,8
5	0,600	6,00	0,000755	0,0045	0,04	0,40	-46,5
6	0,554	6,00	0,000755	0,0045	0,04	0,40	-37,8
7	0,424	6,00	0,000755	0,0045	0,04	0,42	-13,3
8	0,230	7,00	0,000755	0,0053	0,04	0,43	23,4
9	0,000	7,00	0,000755	0,0053	0,05	0,53	77,8
10	-0,230	7,00	0,000755	0,0053	0,05	0,55	128,3
11	-0,424	7,00	0,000755	0,0053	0,06	0,57	171,2
12	-0,554	7,00	0,000755	0,0053	0,06	0,59	199,8
13	-0,600	7,00	0,000755	0,0053	0,06	0,59	209,8
14	-0,554	7,00	0,000755	0,0053	0,06	0,59	199,8
15	-0,424	7,00	0,000755	0,0053	0,06	0,57	171,2
16	-0,230	7,00	0,000755	0,0053	0,05	0,55	128,3
Tổng				**0,0793**	**0,79**	**0,798**	

trong bu lông khá lớn, điều này được giải thích bởi sự thu hẹp phần diện tích chịu nén, dẫn đến chuyển dịch xa trục trung hòa so với trục cột, dẫn đến lực kéo trong bu lông tăng. Ngược lại, nhận được giá trị lực kéo trong bu lông giảm nhanh. Như vậy, không nên khoét lỗ ở bản đế với tỷ lệ Din/D_{pole}≥ 0,4, kiến nghị tỷ lệ lỗ khoét thích hợp trong khoảng D_{in}/D_{pole} = 0,2÷0,4.

b) Khi bản đế không đặt trực tiếp lên mặt bê tông



Hình 6. Chi tiết bản đế không tiếp xúc mặt móng

Trong trường hợp này, khoảng thông thủy giữa bề mặt bê tông của cổ móng và bản đế được xác đinh thông qua tham số c (Hình 5). Tiêu chuẩn thiết kế tháp thép TIA 220-G không có quy định, AASHTO [6] có quy định c ≥ d_{bolt}, còn trong ASCE 72 lại quy định c ≥ 2d_{bolt} và cần phải xét đến uốn thân bu lông do lực ngang F_v.

- Lực kéo/nén lớn nhất trong bu lông theo công thức [4,5]:

$$N^{\mp}_{bolt,max} = -\frac{P}{m} \mp \frac{M.y_{bolt,max}}{\sum_{1}^{m} y^2_{bolt,i}} \quad (38)$$

- Lực ngang Fv gây uốn thân bu lông:

$F_v = \frac{2V}{m}$ - cho bản đế vành khuyên;

$F_v = \frac{V}{m}$ - cho bản đế đặc (không khoét lỗ).

- Ứng suất xuất hiện trong thân bu lông do uốn:

$$F_b = \frac{16cF_v}{\pi d^2_{bolt}} \le f_{hb} \quad (39)$$

trong đó: V là phản lực ngang tại chân cột; f_{hd} là cường độ chịu uốn của vật liệu làm bu lông; $y_{bolt,max}$ là khoảng cách từ trọng tâm cột đến bu lông xa nhất theo phương chịu uốn; $y_{bolt,max}$ là khoảng cách từ trọng tâm cột đến bu lông thứ i; d_{bolt} là đường kính bu lông neo.

Xác định lực nén trong bu lông với trường hợp bản đế không tiếp xúc với bê tông móng.

Ví dụ 2:

Số liệu ban đầu: Với số liệu đã cho trong Ví dụ 1, nhưng trường hợpkhông tiếp xúc bản đế với mặt móng.

Yêu cầu tính toán: Xác định lực nén trong bu lông neo, và so sánh lực kéo/nén trong bu lông ở vị trí xa nhất đối với trục cột theo phương chịu mô men uốn cho trường hợp tiếp xúc và không tiếp xúc bản đế với mặt móng.

Lực kéo/nén trong các bu lông được xác định theo công thức (16).

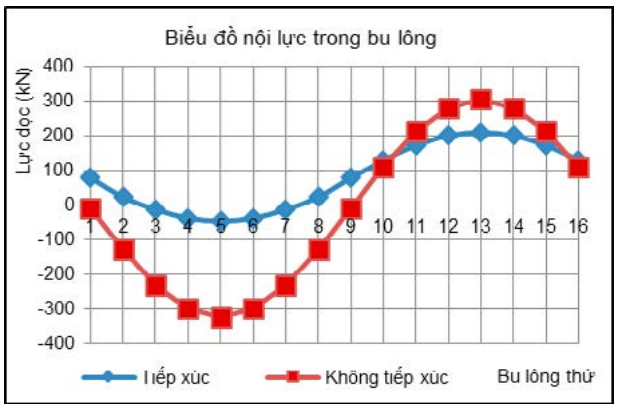
Thấy rằng, bu lông ở vị trí xa nhất $y_{bolt,max}$ = ±0,6 m. Khi đó:

$$N_{bolt,max} = -\frac{150}{16} - \frac{1500 \times 0,6}{0^2 + 0,23^2 + 0,424^2 .... + 0,23^2}$$

Do đó:

$$N^{-}_{bolt,max} = -321,9kN \; ; \; N^{+}_{bolt,max} = 303,1kN .$$

Biểu diễn lực kéo và nén trong các bu lông cho trường hợp tiếp xúc và không tiếp xúc giữa bản đế và mặt móng, được thể hiện như ở Hình 7.

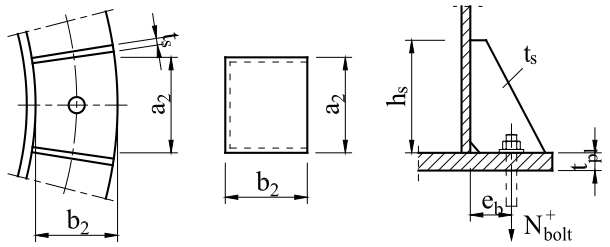


Hình 7. Biểu đồ nội lực trong bu lông cho trường hợp bản đế tiếp xúc và không tiếp xúc

Nhận xét: Trường hợp bản đế không tiếp xúc với mặt móng, nội lực trong thân bu lông khá lớn (với bu lông chịu kéo lớn nhất, chênh lệch đến 44,46%; còn với bu lông chịu nén lớn nhất, chênh lệch đến 592,86%) lý giải sự chênh lệch lớn là do khi bản đế tiếp xúc với mặt móng sẽ có một phần nội lực chân cột được truyền qua bề mặt bê tông cổ móng, sẽ làm giảm bớt lực nén trong bu lông.

2.2. Trường hợp chân cột có sườn gia cường

Khi nội lực trong bu lông lớn, cần thiết bản đế phải khá dày (với trường hợp bản đế tiếp xúc với mặt móng, yêu cầu chiều dày bản đế tpl = 0,009 m), đôi khi không hợp lý. Lúc này, để giảm nội lực trong bản đế cần sử dụng giải pháp chia nhỏ chúng thông quacác sườn gia cường hình thang (Hình 8), chúng bố trí theo chu vi cột, được hàn với bản đế và thành ống chân cột. Khi đó, đã chuyển sơ đồ tính ô bản đế từ dạng công xơn sang bản kê ba cạnh, việc xác định nội lực và tính toán chiều dày bản đế, cũng như kích thước sườn gia cường được thực hiện tương tự như chân cột có bản đế chữ nhật, theo các công thức dưới đây.



Hình 8. Sơ đồ tính bản đế khi có sườn gia cường

- Tính toán chiều dày bản đế:

$$t_{pl} \geq \sqrt{\frac{6.M_{pl,max}}{f.\gamma_c}} \quad (40)$$

trong đó:

$$M_{pl,max} = \alpha_b \sigma a_2^2 \; ; \; \sigma = N^+_{bolt} / (a_2 . b_2) \; .$$

Bảng 2. Xác định hệ số αb

b_2/a_2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	2,0
α_b	0,060	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,120	0,126	0,132

- Tính toán sườn gia cường [10]:

$$\tau = \frac{N^+_{bolt,max}}{A} = \frac{N^+_{bolt,max}}{h_s.t_s} \leq f_v \quad (41)$$

$$\sigma = \frac{5N^+_{bolt,max}.e_b}{h_s^2 t_s} \leq f \quad (42)$$

$$N^+_{bolt,max} = \frac{P}{m} \pm \frac{M.y_{bolt,max}}{\sum_{i=1}^{m}(y_{bolt,i})^2} \leq \left[N^t_{bolt}\right] \quad (43)$$

trong đó: f, f_v là cường độ tính toán của vật liệu thép; $\left[N^t_{bolt}\right]$ là khả năng chịu kéo của một bu lông neo. Các ký hiệu khác xem ở Hình 8.

3. Đề xuất đồ thị để xác định lực dọc trong bu lông và mô men uốn trong bản đế

Như đã thấy ở trên, việc xác định lực dọc trong bu lông và mô men uốn trong bản đế cần thực hiện lặp đi lặp lại trên cơ sở giả thiết trước đường kính bu lông và chiều dày bản đế..., điều đó gây khó cho nhà thiết kế khi tính toán thực hành. Chính vì thế, việc thiết lập đồ thị để xác định "nhanh" các tham số trên là cần thiết, phục vụ cho giai đoạn thiết kế sơ bộ. Đồng thời, xây dựng đoạn chương trình tính trong môi trường Excel (phiên bản Ver 10) có tên là DBP (Design of Base Plate) để kiểm tra độ bền của các chi tiết chân cột, các bước tính thể hiện lại như ở Ví dụ 1.

Bước 1: Tính các thông số xuất phát

Bước 2: Giả thiết q ở bước lặp đầu tiên

Bước 3: Tính các thông số về diện tích

Bước 4: Tính các thông số về diện tích mô men

Bước 5: Tính các thông số về mô men quán tính

Bước 6: Tính toán q và kiểm tra điều kiện lặp

Bước 7: Tính toán lực kéo trong bu lông, ứng suất trong bê tông, bu lông và bản đế.

Ở đây có các cặp đồ thị (08 cặp đồ thị xem Phụ lục) để xác định lực dọc trong bu lông và mô men uốn trong bản đế, đối với các đường kính cột D = (0,7÷1,4) m, với độ lệch tâm e = M/N = 5÷30 m và với lực dọc trong cột P = 100÷500 kN. Các giá trị trên được lấy dựa trên cơ sở số liệu thống kê nội lực có trong Thiết kế điển hình của Trung Quốc [10], với kích thước hình học của tấm bảng (4×15) m và (6×18)m, chiều cao cột H = 12÷21) m và được xây dựng trong vùng gió tương đương với vùng II và vùng III của Việt Nam (sau khi đã chuyển đổi vận tốc gió là 3 giây và chu kỳ lặp 20 năm).

Theo đó, khi thiết kế sơ bộ chỉ cần có lực dọc N,mô men uốn (hoặc độ lệch tâm e) ở tiết diện chân cột và đường kính cột D là có thể xác định sơ bộ được lực dọc trong bu lông và mô men uốn trong bản đế. Từ đó,dễ dàng xác định được đường kính bu lông và chiều dày bản đế.

Kết luận và kiến nghị:

Trên cơ sở các nội dung đã trình bày, nội dung bài báo đã đạt được một số kết quả sau:

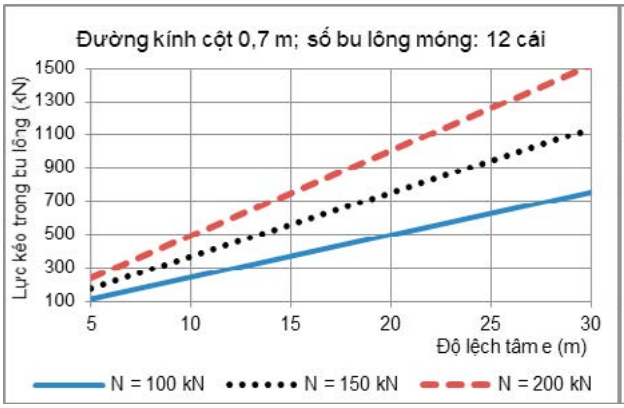
- Đã nghiên cứu, để lựa chọn được lý thuyết tính toán cho một số bộ phận chân cột ống (bản đế, bu lông neo móng, sườn gia cường – nếu có), áp dụng cho liên kết chân cột của các bảng quảng cáo ngoài trời.

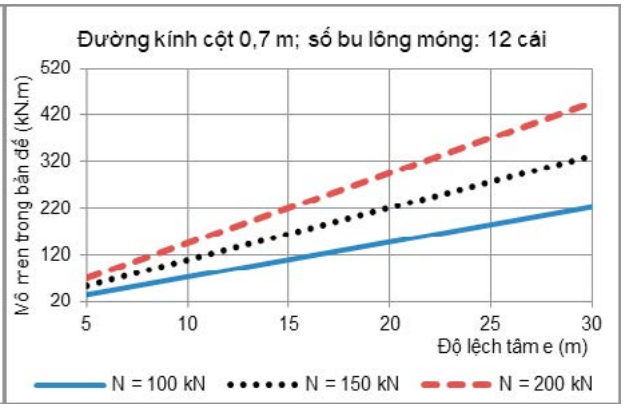
- Đã thiết lập được các bước tính toán đối với một số chi tiết chân cột, đề xuất lựa chọn tỷ lệ hợp lý giữa đường kính lỗ khoét ở bản đế với đường kính cột ống cho trường hợp bản đế tiếp xúc với móng, cũng như đề xuất một số cặp đồ thị quan hệ nội lực chân cột với lực kéo trong bu lông và với mô men uốn trong chân cột, áp dụng trong tính toán thực hành.

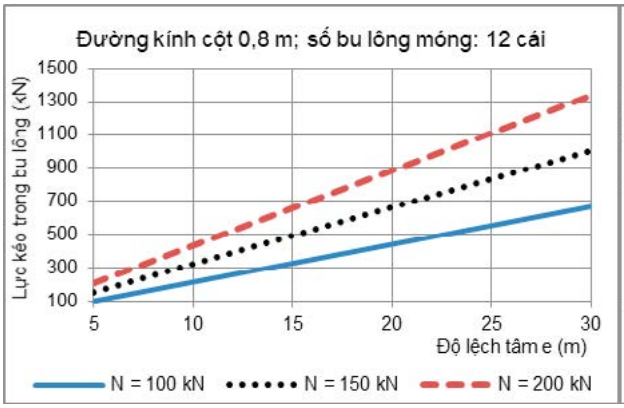
- Đã xây dựng một đoạn chương trình tính trong môi trường Excel để tính toán kiểm tra độ bền cho các bộ phận chân cột.

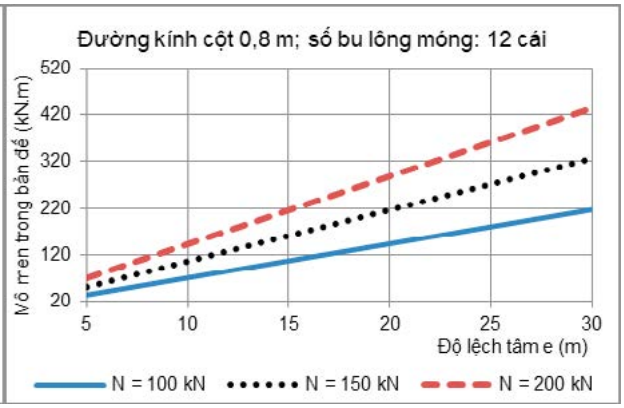
- Trường hợp, với các số liệu cho trước không thuộc vùng để tra các biểu đồ, cần thực hiện tính toán theo các bước như ở mục 2, hoặc sử dụng chương trình tính DBP./.

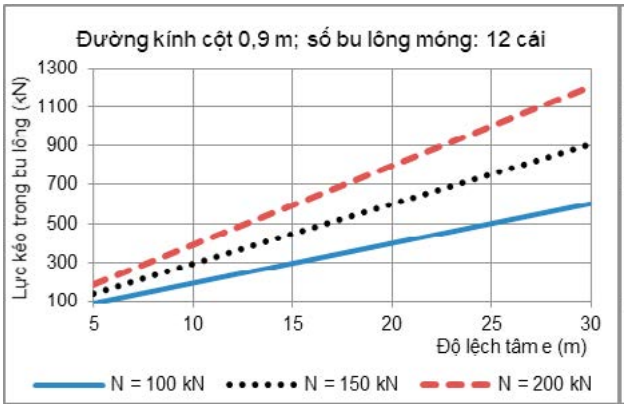
Phụ lục: Các đồ thị để xác định lực kéo trong bu lông và mô men trong bản đế cột

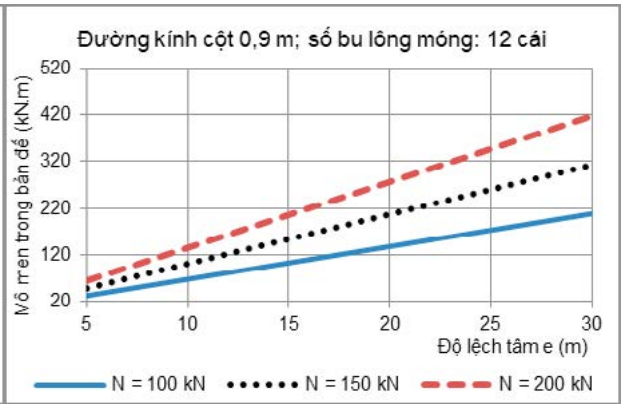


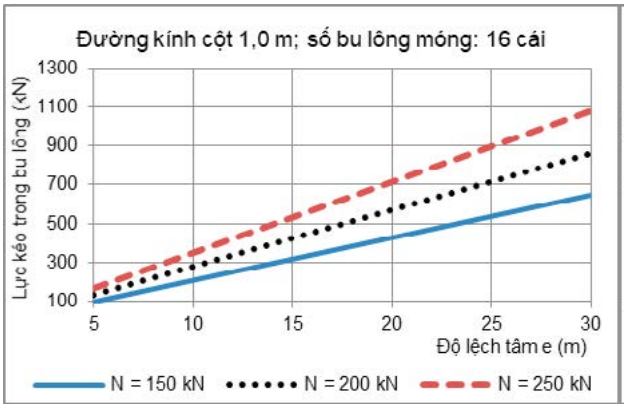


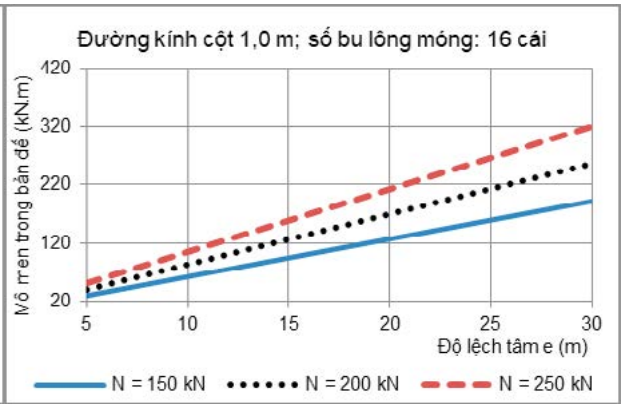


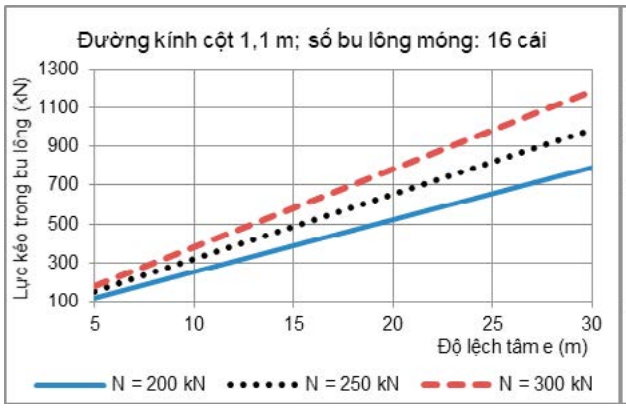


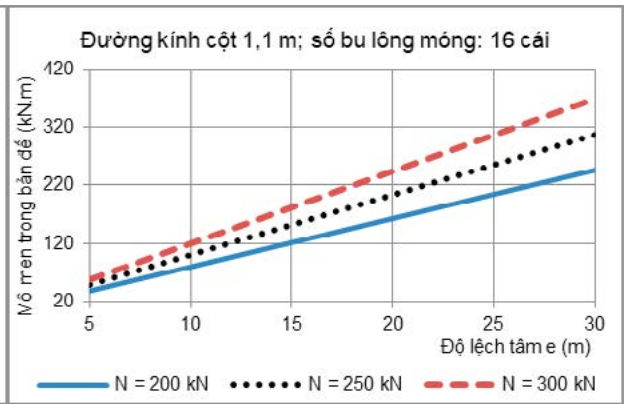


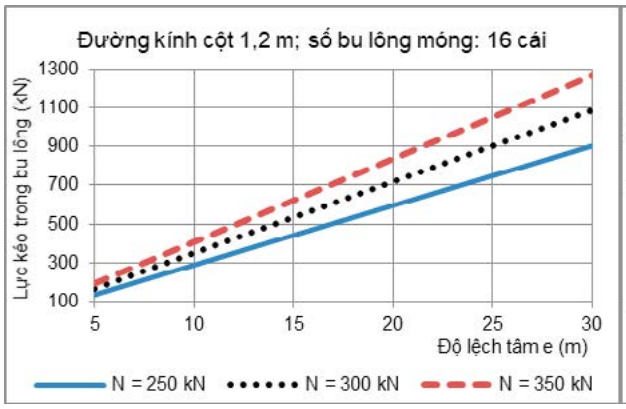


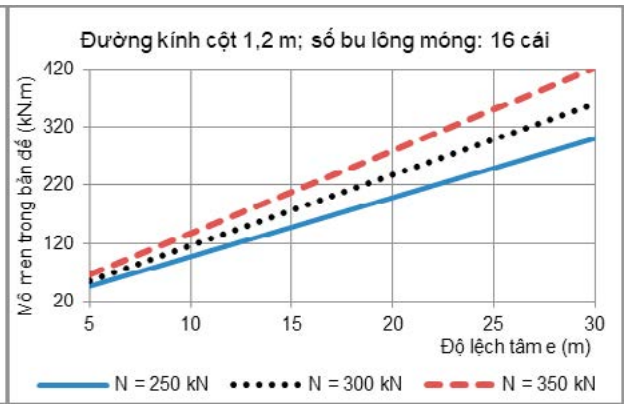


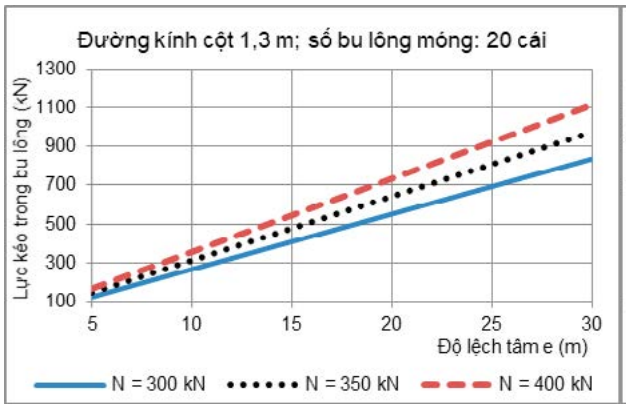


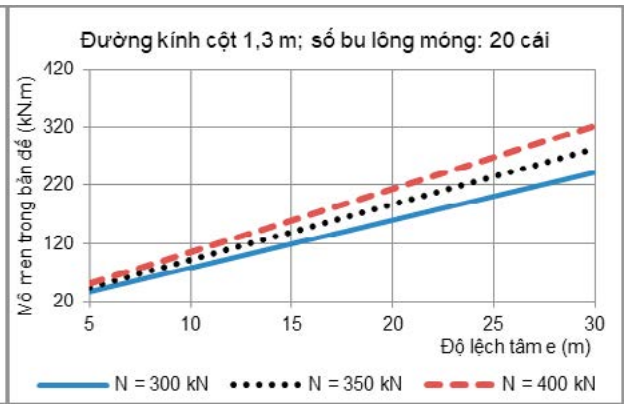

Đường kính cột 1,1 m; số bu lông móng: 16 cái
Lực kéo trong bu lông (kN)
1300
1100
900
700
500
300
100
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 200 kN
N = 250 kN
N = 300 kN

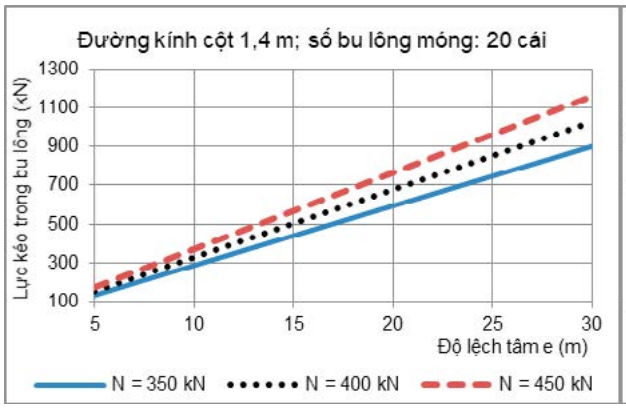

Đường kính cột 1,1 m; số bu lông móng: 16 cái
Mô men trong bản đế (kN.m)
420
320
220
120
20
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 200 kN
N = 250 kN
N = 300 kN

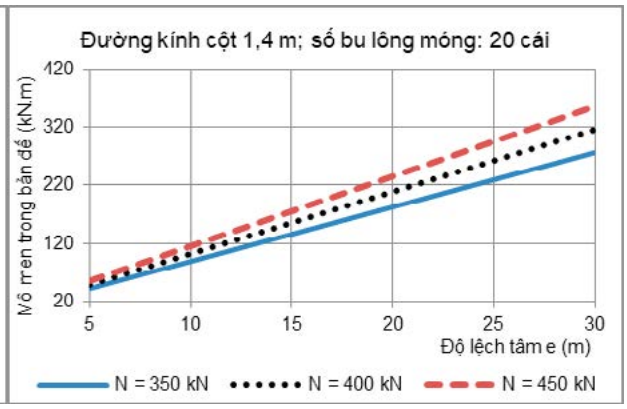

Đường kính cột 1,2 m; số bu lông móng: 16 cái
Lực kéo trong bu lông (kN)
1300
1100
900
700
500
300
100
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 250 kN
N = 300 kN
N = 350 kN


Đường kính cột 1,2 m; số bu lông móng: 16 cái
Mô men trong bản đế (kN.m)
420
320
220
120
20
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 250 kN
N = 300 kN
N = 350 kN


Đường kính cột 1,3 m; số bu lông móng: 20 cái
Lực kéo trong bu lông (kN)
1300
1100
900
700
500
300
100
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 300 kN
N = 350 kN
N = 400 kN


Đường kính cột 1,3 m; số bu lông móng: 20 cái
Mô men trong bản đế (kN.m)
420
320
220
120
20
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 300 kN
N = 350 kN
N = 400 kN


Đường kính cột 1,4 m; số bu lông móng: 20 cái
Lực kéo trong bu lông (kN)
1300
1100
900
700
500
300
100
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 350 kN
N = 400 kN
N = 450 kN


Đường kính cột 1,4 m; số bu lông móng: 20 cái
Mô men trong bản đế (kN.m)
420
320
220
120
20
5
10
15
20
25
30
Độ lệch tâm e (m)
N = 350 kN
N = 400 kN
N = 450 kN

Tài liệu tham khảo

1. *TCVN 5575:2012 (2012). Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.*
2. *Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints.*
3. *ANSI/AISC 360-16 An American National Standard. Specification for Structural Steel Buildings.*
4. *ASCE/SEI 48-11 (2011), Design of Steel Transmission Pole Structures, American Society of Civil Engineers and Structural Engineering Institute.*
5. *Daniel Horn, P.E. (2011), Design of Monopole Bases, Technical Manual 1, Copyright 2011 by Tower Numerics Inc. All rights reserved.*
6. *Kenton E. McBride , Ronald A. Cook, Ph.D., David O. Prevatt, William Potter (2013),Anchor Bolt Steel Strength in Annular Stand-Off Base Plate Connections, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2406, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 201 4, pp. 23–31 .*
7. *LRFD Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires and Traffic Signals, American Association of State Highway Transportation Offices (AASHTO).*
8. *СП 16.13330.2016. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81*. — М.: [б.и.], 2017. — 145 с.*
9. *Пособие к СНиП 2.09.03-85 Пособие по проектированию анкерных болтов для крепления строительных конструкций и оборудования (к СНиП 2.09.03) МДС 31-4.2000. Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений, Москва 2001.*
10. *07SG526 (2007), 户外钢结构独立柱广告牌结构图集, 工程图集, 北京: 中国计划出版社 (in China), (tạm dịch: Bảng quảng cáo cột độc lập kết cấu thép ngoài trời - Thiết kế điển hình kết cấu thép).*
11. *CECS148 (2003) 户外广告设施钢结构技术规程[S] . 北京: 中国计划出版社 (in China) (tạm dịch: Thông số kỹ thuật cho kết cấu thép của các Kết cấu quảng cáo ngoài trời.*

Thiết kế, tính toán biện pháp thi công dầm chuyển nhà nhiều tầng

(tiếp theo trang 31)

nên tảng CDE – Môi trường trao đổi dữ liệu chung mọi lúc, mọi nơi. Cùng với mô hình 3D trực quan, các bên liên quan dễ dàng hình dung được cấu tạo chi tiết của hệ cốp pha, giáo chống cũng như quy trình thi công dầm chuyển. Điều này giúp rút ngắn thời gian thiết kế, thẩm tra, phê duyệt biện pháp

Ngoài ra, sử dụng mô hình 3D BIM để tiến hành mô phỏng quy trình thi công, biện pháp thi công dầm chuyển trên nền tảng của các phần mềm ứng dụng trong 4D BIM, giúp cho các bên liên quan dễ dàng hình dung, cũng như hiểu được quy trình thi công. Kết hợp với công nghệ thực tế ảo (VR), hay tăng cường thực tế ảo (AR), giúp các bên tương tác trực tiếp với biện pháp thi công, từ đó quản lý, tổ chức thi công ngoài công trường cũng dễ dàng hơn.

3. Kết luận

Để đảm bảo công tác thi công dầm chuyển theo đúng các yêu cầu về kỹ thuật, an toàn lao động và vệ sinh môi trường, thì nhà thầu thi công, kỹ sư xây dựng cần phải có quy trình tính toán, thiết kế, lựa chọn biện pháp thi công dầm chuyển phù hợp với điều kiện thi công trước khi tiến hành thi công. Các đơn vị thi công có thể áp dụng các bước thiết kế, tính toán biện pháp thi công dầm chuyển như trong bài báo này.

Phân tích trường nhiệt độ và ứng suất nhiệt trong bê tông dầm chuyển sẽ giúp cho các kỹ sư thiết kế biện pháp đưa ra được biện pháp phù hợp và tối ưu nhất. Việc này có thể thực hiện bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Đối với công tác bê tông dầm chuyển thường là công tác thi công bê tông khối lớn vì thế đơn vị thi công cần đưa ra phương án thi công bê tông phù hợp để tránh hiện tượng nứt bê tông do ứng suất nhiệt sinh ra

Cũng như để đảm bảo công tác thi công được đảm bảo, các đơn vị thi công nên áp dụng Mô hình thông tin công trình – BIM vào quy trình thiết kế và thi công dầm chuyển. Từ đó các đơn vị liên quan dễ dàng thực hiện các công tác của mình trên hiện trường cũng như giảm thiểu được các vấn đề rủi ro do thi công mang lại./.

Tài liệu tham khảo

1. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4453 : 1995 "Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu".*
2. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6052:1995 "Giàn giáo thép".*
3. *Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam TCXDVN 305:2004 "Bê tông khối lớn - Quy phạm thi công và nghiệm thu".*
4. *Tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 305R-10 "Guide to Hot Weather Concreting".*
5. *Tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 347-04 "Guide to Formwork for Concrete".*
6. *Tiêu chuẩn Quốc gia Hoa Kỳ ANSI/SSFI SC100-5/-5 "Standards for testing and rating scaffold assemblies and components".*