

Ảnh hưởng của tỷ lệ cạnh móng đến diện tích cốt thép yêu cầu cho móng đơn trên nền thiên nhiên

Effect of foundation edge ratio on required reinforcement area for single foundation on natural ground

Võ Thị Thư Hương

Tóm tắt

Dựa trên lý thuyết tính toán áp lực cực hạn lên nền và lý thuyết tính thép cho móng với thông số đầu vào là các giá trị của tải trọng N_0^u , độ sâu chôn móng h , trọng lượng riêng tự nhiên của đất, góc ma sát trong của đất φ , tìm ra tỷ số hai cạnh của móng $k=l/b$ nằm trong phạm vi nào để diện tích cốt thép yêu cầu là nhỏ nhất.

Từ khóa: Móng đơn, tỷ lệ cạnh móng, diện tích cốt thép

Abstract

Based on the theory of calculation of extreme pressure on the foundation and the theory of steel calculation for the foundation with input parameters which are the values of load, foundation depth (h), unit weight of the soil (γ), the friction angle (φ), finding out what is the ratio of two edge of the foundation, so that the required reinforcement area is the smallest.

Key words: Single foundation, foundation edge ratio, area of reinforcement

1. Đặt vấn đề

Bài toán thiết kế móng phải đảm bảo đồng thời hai yếu tố kỹ thuật và kinh tế. Thiết kế hợp lý khi ta lựa chọn được kích thước móng và cốt thép bố trí cho móng hợp lý. Trên thực tế tùy thuộc vào tải trọng công trình bên trên truyền xuống, điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn của khu vực xây dựng công trình... người thiết kế có thể đưa ra các giải pháp móng khác nhau: Móng đơn, móng băng, móng bè, móng trên nền đệm cát, móng cọc... Dựa trên giải pháp móng chọn để tính toán kích thước móng, cấu tạo móng, tính toán và bố trí cốt thép cho móng.

Hiện nay trong tiêu chuẩn và các chỉ dẫn thiết kế chưa có hướng dẫn chọn k một cách cụ thể. Trong thực tế thiết kế, k thường được chọn dựa trên kinh nghiệm của người thiết kế. Vì vậy có một hướng dẫn chính thức về việc chọn k là rất cần thiết.

Tác giả đã thực hiện bài toán nghiên cứu tham số, xem xét ảnh hưởng của trị số tải trọng, tỷ lệ cạnh chân cột và độ lệch tâm của tải trọng ở đáy móng đến việc lựa chọn tỷ số cạnh đáy móng sao cho diện tích cốt thép móng yêu cầu là nhỏ nhất.

2. Phương pháp tính toán

Phần mềm Microsoft Excel được sử dụng để phân tích bài toán nghiên cứu tham số với trình tự tính toán gồm các bước sau:

- Bước 1: Xác định sức chịu tải của nền

Sức chịu tải cực hạn của nền đất [1]

$$P_{ch} = 0,5 \cdot \gamma \cdot N_{\gamma} \cdot S_{\gamma} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot S_q + c \cdot N_c \quad (2.1)$$

Trong đó:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.2)$$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \tan \varphi \quad (2.3)$$

$$N_c = \frac{(N_q \cdot S_q - 1)}{\tan \varphi} \quad (2.4)$$

$$S_{\gamma} = \frac{1}{1 + k_b} \quad (2.5)$$

$$S_q = 1 + 1,6 \tan \varphi \frac{k}{1 + k_b^2} \quad (2.6)$$

$$k_b = \frac{b}{l} \quad (2.7)$$

Trong đó: b : bề rộng móng; γ : Trọng lượng riêng của đất; φ : góc ma sát trong của đất; c : lực dính của đất.

- Bước 2: Xác định l_c , b_c

Tiết diện chân cột:

$$A_c = b_c \cdot l_c = k_c \cdot b_c^2 \quad (2.8)$$

$$\text{với } k_c = \frac{l_c}{b_c} \quad (2.9)$$

Công thức xác định sơ bộ tiết diện chân cột:

ThS. Võ Thị Thư Hương

Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Xây dựng

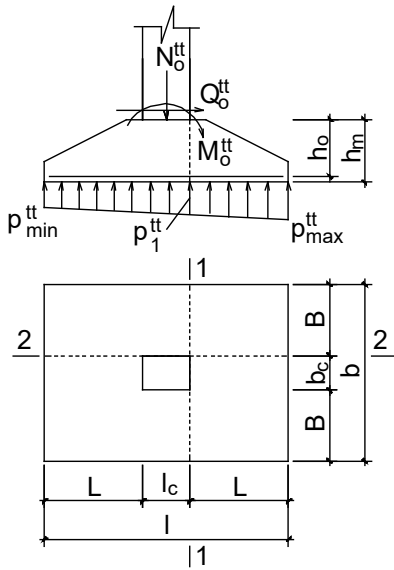
Email: Vothaohuong@gmail.com

ĐT: 0912774874

Ngày nhận bài: 12/5/2021

Ngày sửa bài: 26/5/2021

Ngày duyệt đăng: 02/01/2024



Hình 2.1. Sơ đồ tính toán cốt thép

$$A_c = \frac{1,1 \cdot N_0^tt}{R_b} \quad (2.10)$$

Từ (2.8) và (2.10) có:

$$b_c = \sqrt{\frac{1,1 \cdot N_0^tt}{k_c \cdot R_b}} \quad (2.11)$$

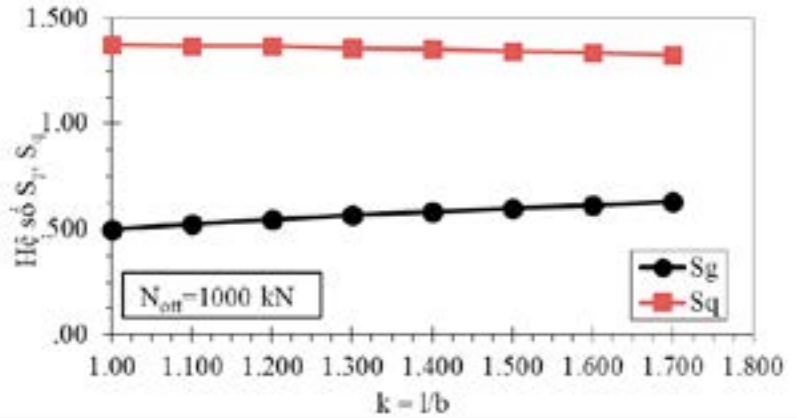
$$\text{và } l_c = b_c \cdot c \quad (2.12)$$

Trong nghiên cứu này k_c được chọn trước (giá trị từ 1 đến 2,5) sau đó tính b_c và l_c nhằm đánh giá ảnh hưởng của k_c đến giá trị tối ưu của k .

- Bước 3: Xác định l, b

Trong mỗi trường hợp tính toán, $k=l/b$ được chọn trước (giá trị từ 1 đến 1,7). Sau đó bề rộng móng được xác định bằng cách giải hệ phương trình bậc 3 của b sao cho:

$$p_{\max}^tt = 0,95 p_{cp} \quad (2.13)$$



Hình 3.1. Ảnh hưởng của k đến S_g và S_q

$$\Leftrightarrow f(b) = \frac{N_0^tt}{k \cdot b^2} \left(1 + \frac{6e_1}{k \cdot b}\right) - 0,95 \cdot \frac{p_{ch}}{FS} = 0 \quad (2.14)$$

Với $FS=2$, Phương trình (2.14) được giải bằng cách sử dụng hàm mục tiêu Go Seek của phần mềm Microsoft Excel.

$$l = k \cdot b \quad (2.15)$$

- Bước 4: Tính diện tích cốt thép

Sơ đồ tính: quan niệm bản móng như dầm con son có 1 đầu tự do, một đầu ngàm tại vị trí mép cột và bị uốn bởi phản lực của đất nền.

Diện tích cốt thép cần thiết:

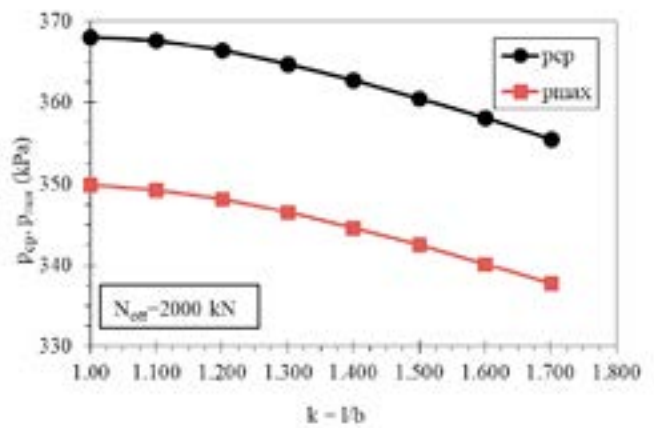
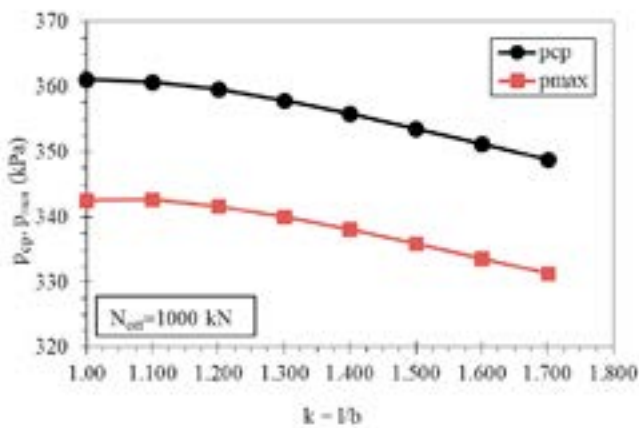
$$A_{s1} = \frac{M_1}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0} \quad (2.16) \quad A_{s2} = \frac{M_2}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0} \quad (2.17)$$

+ Mô men theo tại mặt ngàm 1-1, 2-2:

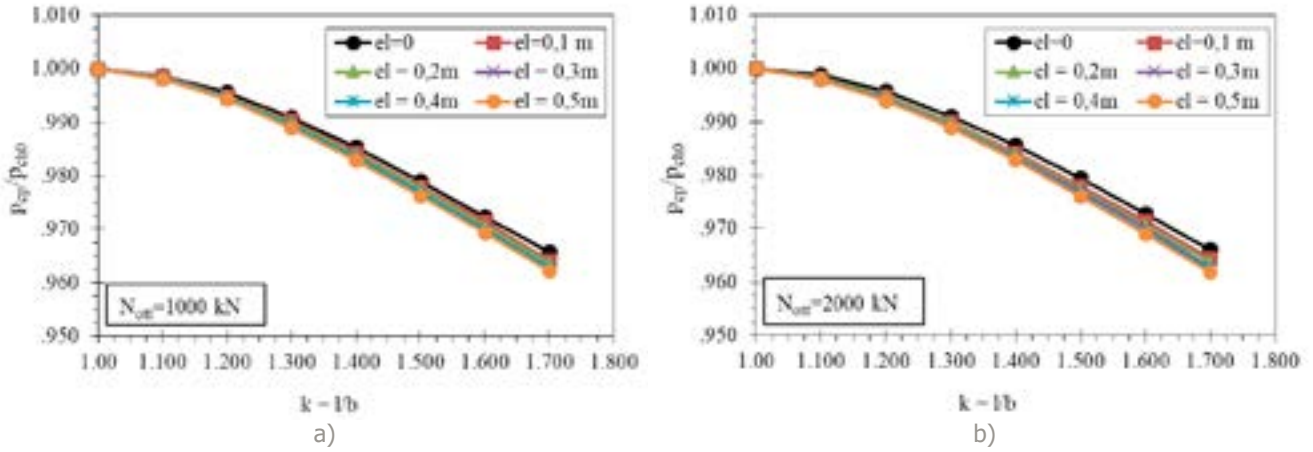
$$M_1 = b \cdot L^2 \frac{2p_{\max}^tt + p_1^tt}{6} \quad (2.18)$$

$$M_2 = l \cdot B^2 \frac{2p_{tb}^tt}{6} \quad (2.19)$$

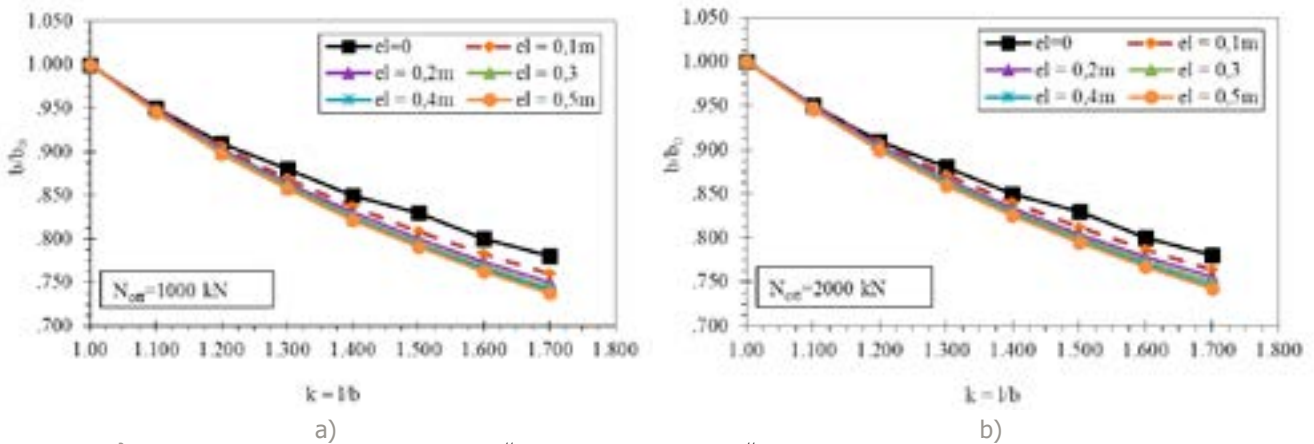
Trong đó:



Hình 3.2. Ảnh hưởng của k đến p_{cp} và p_{\max} khi (a) $N_0^tt = 1000 \text{ kN}$ và (b) $N_0^tt = 2000 \text{ kN}$



Hình 3.3. Ảnh hưởng của k đến b khi: (a) $N_0^{tt} = 2000 \text{ kN}$ và (b) $N_0^{tt} = 2000 \text{ kN}$ (p_{cp0} ứng với trường hợp $k=1$)



Hình 3.4. Ảnh hưởng của k đến b khi (a) $N_0^{tt} = 1000 \text{ kN}$ và (b) $N_0^{tt} = 2000 \text{ kN}$ (b_0 ứng với trường hợp $k=1$)

$$p_{\min}^{tt} = \frac{N_0^{tt}}{l \cdot b} \left(1 \pm \frac{6e_1}{l} \right) \quad (2.20)$$

$$B = \frac{b-b_c}{2}; L = \frac{l-l_c}{2} \quad (2.21)$$

$$p_l^{tt} = p_{\min}^{tt} + \frac{l-L}{l} (p_{\max}^{tt} - p_{\min}^{tt}) \quad (2.22)$$

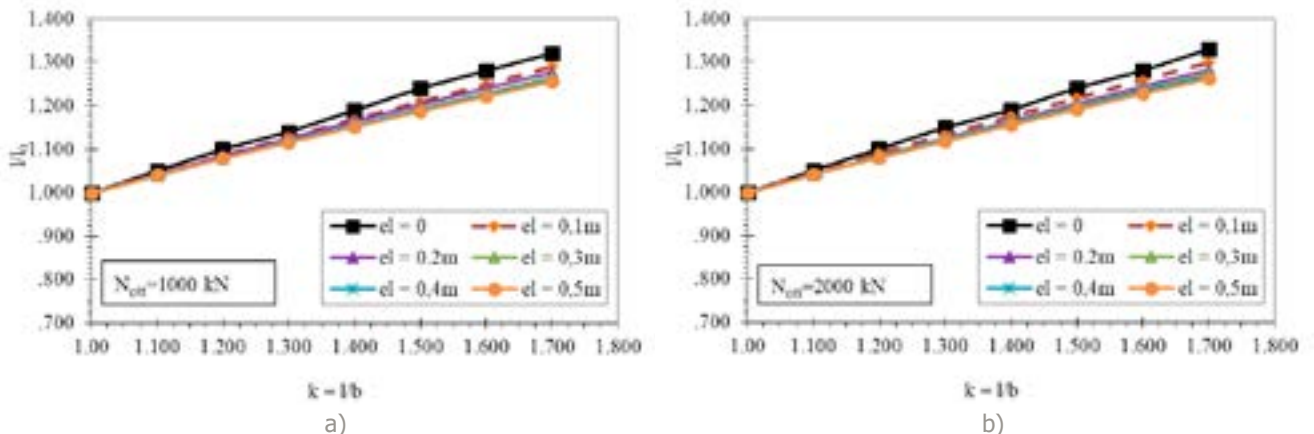
$$p_{tb}^{tt} = \frac{p_{\max}^{tt} - p_{\min}^{tt}}{2} \quad (2.23)$$

Bước 5: Tìm mối quan hệ giữa k và A_s khi k thay đổi.

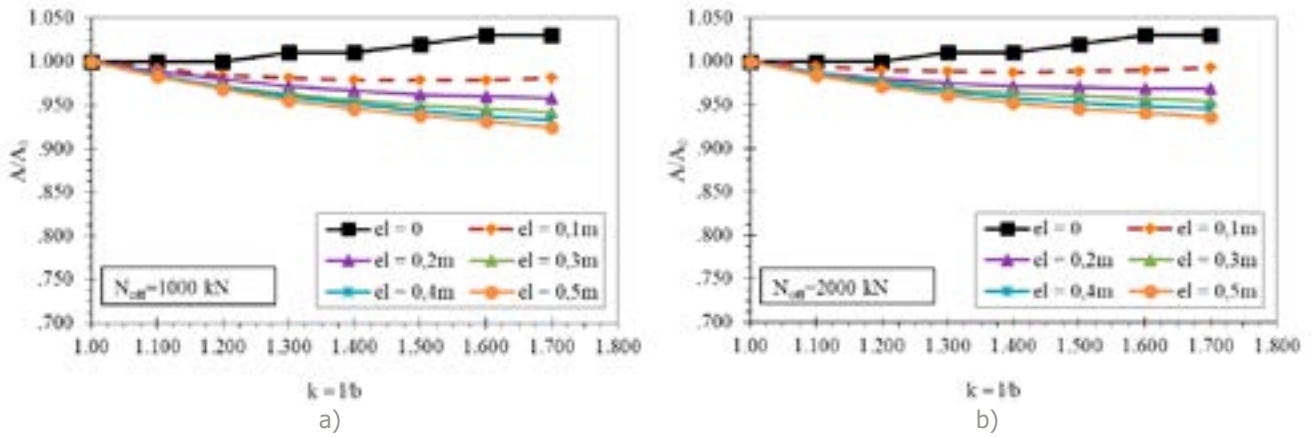
Xét bài toán tham số nghiên cứu ảnh hưởng của N_0^{tt} , k_c , e_1 đến giá trị k tối ưu cho diện tích cốt thép móng yêu cầu nhỏ nhất.

+ Hai trị số của lực nén tính toán tại chân cột $N_0^{tt} = 1000 \text{ kN}$ và 2000 kN được sử dụng

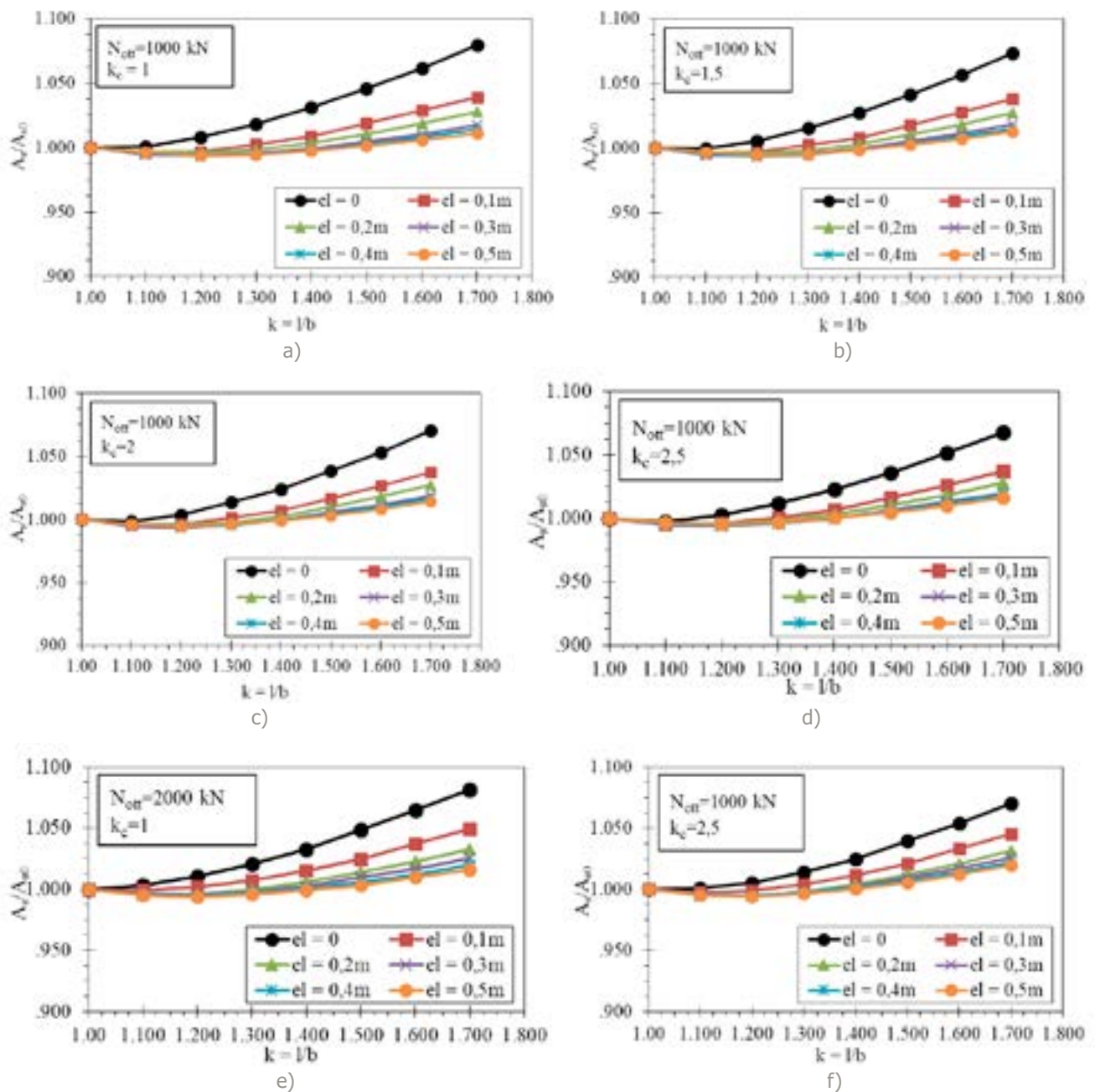
+ k_c thay đổi giá trị từ 1 đến 2,5



Hình 3.5. Ảnh hưởng của k đến l khi (a) $N_0^{tt} = 2000 \text{ kN}$ và (b) $N_0^{tt} = 2000 \text{ kN}$ (l_0 ứng với trường hợp $k=1$)



Hình 3.6. Ảnh hưởng của k đến A khi a) $N_0^{tt} = 2000$ kN và b) $N_0^{tt} = 2000$ kN (A_0 ứng với trường hợp $k=1$)



Hình 3.7. Ảnh hưởng của k đến A_s trong các trường hợp có N_0^{tt} , k_c và el thay đổi (A_s ứng với trường hợp $k=1$)

- + e_1 thay đổi giá trị từ 0 đến 0,5m
- + k thay đổi giá trị từ 1 đến 1,7

Tại mỗi tổ hợp giá trị của N_0^{tt} , k_c , e_1 , và k xác định được kích thước đáy móng bxl và tính được tổng diện tích cốt thép yêu cầu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Số liệu đầu vào

- Móng đơn, chôn sâu $h=1,5m$. Các phía móng bằng nhau, đỡ cột bê tông cốt thép đổ liền khối. Chiều cao móng $h_m=0,7m$. Móng được đặt trên lớp đất có trọng lượng riêng tự nhiên $\gamma=18kN/m^3$, lực dính $c = 10kPa$, góc ma sát trong $\varphi=25^\circ$.

- Vật liệu: + Bê tông cột: B20 có $R_b = 11500 kPa$
- + Thép móng nhóm CII có $R_s=280000kPa$

- Tải trọng tính móng: N_0^{tt}, e_1

3.2. Ảnh hưởng của k đến p_{cp} và p_{max}

Hình 3.1 cho biết sự thay đổi của các hệ số sức chịu tải xét đến ảnh hưởng tiết diện đáy móng khi k thay đổi. Rõ ràng, k tăng làm tăng S_q nhưng lại làm giảm S_γ dẫn đến sự thay đổi giá trị sức chịu tải cho phép p_{cp} của nền như biểu diễn ở Hình 3.2.

Hình 3.2 cho thấy trong cả 2 trường hợp tải trọng, p_{cp} và p_{max} có cách ứng xử giống nhau khi k tăng đó là giảm nhẹ với các $k \leq 1,1$; sau đó giảm nhanh dần trong khoảng $k = 1,1$ đến $1,2$; cuối cùng giảm với độ dốc không đổi cho các giá trị k từ $1,2$ đến $1,7$.

Hình 3.3 cho thấy sự giảm của p_{cp} khi k tăng phụ thuộc không đáng kể vào trị số và độ lệch tâm của tải trọng tại đáy móng.

3.3 Ảnh hưởng của k đến b

Hình 3.4 cho thấy trị số của N_0^{tt} có ảnh hưởng không đáng kể đến sự thay đổi của b theo k . Tuy nhiên khi độ lệch tâm của tải trọng tăng lên, b có xu hướng giảm nhanh hơn khi k tăng trong khoảng từ $1,1$ đến $1,7$, đặc biệt với các độ lệch tâm nhỏ hơn $0,2m$.

3.4 Ảnh hưởng của k đến l

Hình 3.5 cho thấy trị số của N_0^{tt} có ảnh hưởng không đáng kể đến sự thay đổi của l theo k . Tuy nhiên khi độ lệch tâm của tải trọng tăng lên, l có xu hướng tăng chậm đi khi k tăng trong khoảng từ $1,1$ đến $1,7$, đặc biệt với các độ lệch tâm nhỏ hơn $0,2m$. Với các độ lệch tâm của tải trọng lớn hơn $0,2m$, quan hệ của k và l/l_0 thay đổi nhỏ không đáng kể.

3.5 Ảnh hưởng của k đến A

Trị số của N_0^{tt} không ảnh hưởng nhiều đến sự phụ thuộc của A vào k . Khi độ lệch tâm của tải trọng bằng 0, k tăng làm tăng diện tích của đáy móng. Nhưng khi độ lệch tâm của tải trọng lớn hơn 0, tăng k có lợi vì làm giảm diện tích đáy móng yêu cầu. Độ lệch tâm càng lớn hiệu quả giảm diện tích đáy móng bằng cách tăng k càng lớn.

3.6 Ảnh hưởng của k đến A_s

Kết quả biểu diễn ở Hình 3.7 cho thấy ảnh hưởng của k đến tổng diện tích cốt thép yêu cầu trong móng phụ thuộc chủ yếu vào độ lệch tâm của tải trọng tại đáy móng e_1 trong khi ảnh hưởng của trị số tải trọng nén N_0^{tt} và tỷ số cạnh chân cột k_c không đáng kể.

Các giá trị k cho tổng diện tích cốt thép yêu cầu là nhỏ nhất trong các trường hợp (k_{opt}) được tổng hợp trong Bảng 3.1.

Có thể thấy rằng khi tiết diện chân cột là vuông ($k_c=1$) và móng chịu tải đúng tâm ($e_1 = 0$) thì giá trị k tối ưu là 1 (móng

Bảng 3.1. Các giá trị k khi tổng diện tích cốt thép yêu cầu là nhỏ nhất

N_0^{tt} (kN)	k_c	e_1 (m)	k_{opt}
1000	1	0	1
		0.1	1.1
		0.2	1.2
		0.3	1.2
		0.4	1.2
	1,5	0	1.1
		0.1	1.1
		0.2	1.2
		0.3	1.2
		0.4	1.2
	2	0	1.1
		0.1	1.1
		0.2	1.2
		0.3	1.2
		0.4	1.2
2,5	0	1.1	
	0.1	1.1	
	0.2	1.2	
	0.3	1.2	
	0.4	1.2	
2000	1	0	1
		0.1	1.1
		0.2	1.1
		0.3	1.2
		0.4	1.2
	2,5	0	1
		0.1	1.1
		0.2	1.2
		0.3	1.2
		0.4	1.2
		0	1
		0.1	1.1
		0.2	1.2
		0.3	1.2
		0.4	1.2

vuông).

Với độ lệch tâm của tải trọng $<0,2m$, nên chọn $k=1,1 \pm 0,05$ để có tổng diện tích cốt thép nhỏ nhất.

Với độ lệch tâm của tải trọng $\geq 0,2m$, nên chọn $k=1,2 \pm 0,05$ để có tổng diện tích cốt thép nhỏ nhất.

4. Kết luận và kiến nghị

- Tăng k làm giảm sức chịu tải cho phép lên nền p_{cp} và áp lực lớn nhất lên nền p_{max} .

- Tăng k làm giảm b , tăng l . Với móng chịu tải đúng tâm tăng k làm tăng nhẹ diện tích đáy móng yêu cầu. Tuy nhiên

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 nén 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.Khuzai (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, Ông 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 28)

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

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:

$$H_0 \geq H m_1 m_2 = 15 \times 0,072 \times 0,88 \times 1 = 0,95 \text{ m},$$

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 kN); V = 100 kN < 231,3 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*