

MỘT VÀI VẤN ĐỀ CẦN LƯU Ý KHI THIẾT KẾ MÓNG CẦN TRỤC THÁP

SOME POINTS WHEN DESIGNING TOWER CRANE FOUNDATIONS

Trần Toàn Thắng

Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: thangibst@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-8>

TÓM TẮT: Với yêu cầu xây dựng các công trình cao tầng hiện nay, nhu cầu sử dụng cần trục tháp ngày càng lớn. Nó là thiết bị hỗ trợ xây dựng, giúp vận chuyển vật liệu với khối lượng lớn lên cao một cách nhanh chóng và tiết kiệm thời gian. Hiện nay, trong nước các tài liệu về thiết kế chế tạo và vận hành an toàn cần trục tháp khá đầy đủ. Tuy nhiên tài liệu hướng dẫn/tiêu chuẩn về thiết kế xây dựng chuyên biệt cho móng cần trục tháp là chưa có. Phần lớn các kỹ sư xây dựng không xác định được quy trình tính toán móng cần trục tháp đầy đủ và đúng đắn. Việc lựa chọn tài liệu tham khảo để tính toán cũng không đơn giản. Do đó các kỹ sư thường dựa trên kinh nghiệm, thực tế là không nhiều, để thiết kế. Điều này dẫn đến khó khăn trong thực tế thiết kế và tốn kém. Từ nhu cầu thực tế trên, dự thảo về tính toán móng cần trục tháp đã được biên soạn. Sau đây là một số vấn đề cần lưu ý khi thiết kế móng cần trục tháp.

TỪ KHÓA: cần trục tháp, đài móng.

ABSTRACTS: With the current construction requirements of high-rise buildings, the demand for tower cranes is increasing. It is a construction support device, which helps to transport materials in large quantities quickly and save time. Currently, in the country, the documents on the design, manufacture and safe operation of tower cranes are quite complete. However, there are no guidelines/standards on specialized construction design for tower crane foundations. The majority of construction engineers do not determine the complete and correct tower crane foundation calculation procedure. The selection of references for calculation is also not simple. Therefore engineers often rely on experience, not much in fact, to design. This leads to difficulties in design practice and costs. From the above actual needs, a draft of the tower crane foundation calculation has been compiled. Here are some issues to keep in mind when designing tower crane foundations.

KEYWORDS: tower crane, foundation tower.

1. DẪN NHẬP VẤN ĐỀ

Trong những năm vừa qua, nhu cầu xây dựng các công trình có chiều cao lớn ngày càng tăng, đặc biệt là ở các thành phố lớn. Khó khăn mà các nhà thầu xây dựng nhà cao tầng cần phải giải quyết là: Cao trình và khối lượng vận chuyển thẳng đứng nhiều; quy cách, số lượng vật liệu xây dựng và thiết bị lớn; thời gian thi công rút ngắn, mặt bằng thi công chật hẹp và thường giáp với nhiều công trình lân cận ... Vì vậy để thi công xây dựng nhà cao tầng được thuận lợi và đạt hiệu quả kinh tế cao, cần phải giải quyết tốt những khó khăn trên. Một trong những vấn đề mấu chốt là lựa chọn máy móc và công cụ thi công chính xác, thích hợp và sử dụng chúng một cách hợp lý, trong đó cần trục tháp đóng vai trò quan trọng, quyết định tới tiến độ thi công công trình. Cần trục tháp là

thiết bị hỗ trợ xây dựng, giúp vận chuyển vật liệu với khối lượng lớn lên cao một cách nhanh chóng và tiết kiệm thời gian.

Hiện nay, các tài liệu về thiết kế chế tạo và vận hành an toàn cần trục tháp trong nước khá đầy đủ, như bộ tiêu chuẩn về thiết bị nâng [11] (về thuật ngữ), [4], [12], [7] (về thiết kế), ...

Tuy nhiên tài liệu hướng dẫn/tiêu chuẩn về thiết kế xây dựng chuyên biệt móng cần trục tháp là chưa có. Phần lớn các kỹ sư xây dựng không xác định được quy trình tính toán móng cần trục tháp đầy đủ và đúng đắn. Việc lựa chọn tài liệu tham khảo để tính toán cũng không đơn giản. Ví dụ như, nhiều kỹ sư đều không biết và sử dụng [4]. Hay khi tính tải trọng đều phải xét đến tải trọng động do gió – rất phức tạp khi tính kết cấu.

Do chưa có một tài liệu nào về thiết kế chuyên biệt dành riêng cho móng cần trục tháp, nên các kỹ sư thường dựa trên kinh nghiệm, thực tế là không nhiều, để thiết kế. Điều này dẫn đến khó khăn trong thực tế thiết kế và tốn kém. Chẳng hạn, phần lớn các kỹ sư đều quan niệm phải sử dụng móng sâu để thiết kế hay đều áp dụng tải trọng động để tính toán cần trục tháp – phức tạp, lãng phí và tốn thời gian. Hay chủ yếu móng cần trục tháp được thiết kế bởi kỹ sư kết cấu, không nhiều kinh nghiệm trong lĩnh vực địa kỹ thuật, sức chịu tải đất nền, rất quan trọng khi sử dụng móng nông. Kết quả xuất hiện một số sự cố liên quan đến móng cần trục tháp như vụ việc đổ cần trục tháp tại thành phố Vinh (do nguyên nhân nền móng yếu trong khi cần trục lại quá cao, tay cần quá dài và vận chuyển các khối bê tông quá lớn), khu tái cư quận Bình Thạnh - TP. HCM (do gió to trong khi làm việc), ... (Hình 1, Hình 2).

Không những vậy, tại thực tế công trường, khi thêm hạng mục móng cần trục tháp, do không có tài liệu pháp lý hướng dẫn, chủ đầu tư thường bổ sung một loạt các yêu cầu về khảo sát địa chất, kiểm tra, nghiệm thu móng cọc (như kiểm tra tải trọng cọc bằng phương pháp nén tĩnh). Điều này vô tình đã làm tăng thời gian và chi phí công trình.

Từ nhu cầu thực tế trên, dự thảo tiêu chuẩn về tính toán móng cần trục tháp đã được biên soạn dựa trên một phần [2]. Sau đây là một số vấn đề cần lưu ý khi thiết kế móng cần trục tháp.



Hình 1. Hiện trường vụ sập cần trục tháp tại Tp. Vinh



Hình 2. Sự cố sập cần trục tháp tại công trình xây dựng tại tỉnh Bình Dương

2. KHẢO SÁT ĐỊA CHẤT, THÍ NGHIỆM SỨC CHỊU TẢI CỌC

Do chức năng của cần trục tháp là thiết bị phục vụ thi công xây dựng công trình, thời gian sử dụng ngắn nên thuộc nhóm công trình tạm thời. Vì vậy khi thiết kế móng cần trục tháp, có thể sử dụng báo cáo khảo sát địa chất công trình của dự án. Khi cần thiết, có thể bổ sung điếm thăm dò tại vị trí móng cần trục tháp.

Nếu sử dụng cọc, cho phép tận dụng các cọc sẵn có của công trình mà không cần tiến hành thí nghiệm thêm để chứng minh sức chịu tải cọc. Ngoài ra trong trường hợp mũi cọc được chống vào lớp đất có sức chịu tải cao như cát chặt, chặt vừa, không cần tính độ lún của móng cọc.

3. TẢI TRỌNG VÀ TÁC ĐỘNG

Do là công trình tạm nên hệ số tầm quan trọng của công trình được lấy bằng 1. Việc xác định tải trọng nói chung lên móng cần trục tháp là nhiệm vụ phức tạp, tốn nhiều thời gian. Do đó, nếu không có điều kiện xác định chính xác các tải trọng tính toán thì có thể sử dụng các thông số được nêu trong chỉ dẫn kỹ thuật cần trục tháp do nhà chế tạo cần trục tháp cung cấp (chỉ dẫn kỹ thuật cần trục tháp) nhưng cần phù hợp với hệ thống tiêu chuẩn về tải trọng

hiện hành. Tuy nhiên áp lực gió được nêu trong chỉ dẫn kỹ thuật cần trục tháp này không nhỏ hơn [4].

Tuy là công trình tạm, nhưng không giống công trình tạm khác do khi thiết kế cần trục tháp cần tính theo 2 điều kiện sau:

- Tốc độ gió tính toán khi cần trục tháp hoạt động là từ 28 m/s trở xuống (tương đương với áp lực gió là 500 N/m² – tương đương với cấp gió 10). Tuy nhiên theo [1], cần trục tháp phải dừng hoạt động khi vận tốc gió từ cấp 5 trở lên hoặc theo quy định của nhà sản xuất.

- Tốc độ gió lớn nhất tính toán mà cần trục phải chịu được khi không hoạt động là 42 m/s (tương đương với áp lực gió 1050 N/m² – tương đương với cấp gió 13).

Cần lưu ý rằng tải trọng gió tác dụng lên cần trục tháp không phụ thuộc vào dạng địa hình mà phụ thuộc chủ yếu vào chiều cao, hình dạng tiết diện cấu kiện cần trục tháp, ...

Ngoài ra, theo khảo sát của nhóm biên soạn, khi xác định tải trọng lên cần trục tháp, các kỹ sư xây dựng sử dụng [3]. Đối với tính tải trọng gió, việc xác định hệ số tải trọng động rất phức tạp, mất nhiều thời gian, đòi hỏi nhiều kinh nghiệm. Trong khi đó, với đặc tính của cần trục tháp là công trình tạm, có tải trọng phần khung nhỏ, lại được gắn chặt với công trình xây dựng rất cứng, cho nên lực quán tính nhỏ, việc tính tải trọng động là không cần thiết.

Áp lực gió được tính theo công thức:

$$q = 0,613 \times V_s^2 \quad (1)$$

Trong đó:

q là áp lực của gió (N/m²).

V_s là vận tốc gió thiết kế (m/s).

Tải trọng gió được tính theo công thức:

$$F = A \times q \times C_r \quad (2)$$

Trong đó:

F là tải trọng gió, N.

A là diện tích chắn gió của bộ phận kết cấu đang xét, m².

q là áp lực gió tương ứng với điều kiện thiết kế, N/m².

C_r là hệ số hình dáng của bộ phận kết cấu đang xét theo hướng gió.

4. MÓNG CỌC

Do đặc tính làm việc của cần trục tháp là tải trọng vật nâng được quay 360 độ, nên để tận dụng

hiệu quả, tiết kiệm vật liệu – bảo đảm khả năng chống lật theo các hướng, móng cần trục tháp nên có dạng hình vuông (khả năng chống lật theo hướng vuông góc với cạnh ngắn nhỏ hơn theo hướng vuông góc với cạnh dài) hoặc hình chữ nhật với tỷ lệ giữa kích thước các cạnh nhỏ hơn hoặc bằng 1,1.

Trong trường hợp lớp đất nền bên trên yếu, thì phương án móng cọc có thể được sử dụng. Thiết kế móng cọc tuân theo các tiêu chuẩn hiện hành [18] và [8].

Tuy nhiên do đặc thù của móng cần trục tháp, đối với cọc có sức chịu tải nhỏ, nên bố trí cọc dưới đài móng đối xứng theo hai phương x và y và không ít hơn 4 để đảm bảo khả năng chống mô men uốn theo hướng bất kỳ của cần trục tháp.

Tải trọng tính toán lên cọc cho phép xác định theo công thức:

$$N = \frac{N_d}{n} \pm \frac{M_x \times y}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y \times x}{\sum x_i^2} \quad (3)$$

Trong đó:

N_d là lực nén tính toán lên đài.

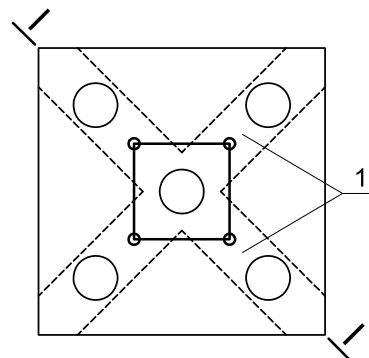
M_x, M_y là mô men uốn tính toán, tác dụng lên đài móng, so với trục trung tâm chính x và y của sơ đồ cọc, trong mặt phẳng đáy móng

n là số lượng cọc trong đài.

x_i, y_i là khoảng cách từ tâm của thân cần trục tháp đến trục của mỗi cọc.

x, y là khoảng cách từ tâm của thân cần trục tháp đến trục của mỗi cọc cần được tính tải trọng.

Khi đó, đài móng thường có dạng vuông. Trong trường hợp bên dưới đài móng bố trí từ 4 đến 5 cọc, dầm chìm được đặt trên đầu cọc dọc theo đường chéo (Hình 3). Các cột của thân cần trục tháp nằm trên dầm chìm.



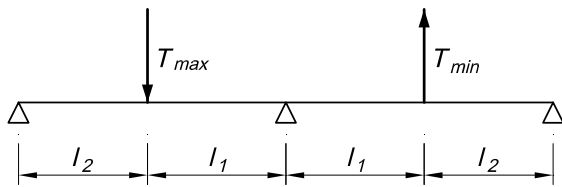
CHÚ DẪN: 1 là dầm chìm.

Hình 3. Bố trí dầm chìm đài cọc

Khi xem xét sự thay đổi hướng của mô men uốn cần trục tháp, mô men uốn và tải trọng ngang có thể nằm trên đường chéo của đài móng (hướng nguy hiểm nhất), vì vậy tính toán tải trọng nén và kéo lớn nhất của cọc góc. Để thuận tiện khi thi công, tiết diện ngang của cọc ở giữa (không ở góc) có thể giống cọc góc. Khi sử dụng đài có dầm chìm hình chữ thập, có thể sử dụng phương pháp đơn giản, tức là mô men uốn được chịu chỉ bởi một cọc góc, còn tải trọng thẳng đứng chịu bởi tất cả các cọc.

Đối với cọc khoan nhồi đường kính lớn cho phép sử dụng 1 cọc nhưng phải đảm bảo khả năng chịu lực và chuyển vị không vượt giá giới hạn cho phép theo phương đứng và ngang.

Khi bố trí bốn hoặc năm cọc được cho một đài móng, các dầm của đài móng có thể tính toán như dầm đơn giản hoặc dầm liên tục dưới tác động của tải trọng tập trung tương ứng (Hình 4). Giá trị tổ hợp tải trọng tính toán được sử dụng, có thể không bao gồm trọng lượng bản thân đài và đất phía trên.



CHÚ DẪN: l_1, l_2 là khoảng cách từ tâm cọc đến tâm cột cần trục tháp liền kề theo hướng đường chéo của mặt cắt thân cần trục tháp.

Hình 4. Sơ đồ tính toán dầm chìm (theo mặt cắt 1-1 Hình 3).

Giá trị tải trọng tập trung tính toán của hai cột trên đường chéo cần trục tháp (Hình 4) có thể được xác định theo công thức sau:

$$T_{\max} = \frac{F_d}{4} + \frac{M}{l_1} \quad (4)$$

$$T_{\min} = \frac{F_d}{4} - \frac{M}{l_1} \quad (5)$$

Trong đó:

F_d là tải trọng thẳng đứng tính toán tại mặt trên đài móng.

M là mô men uốn tính toán tại mặt trên đài móng.

l_1 là một nửa khoảng cách giữa hai cột theo hướng đường chéo của mặt cắt thân cần trục tháp.

Khi tính đài móng chịu uốn và cắt, để đơn giản, diện tích bao xung quanh 4 cột của thân cần trục tháp xem như mặt cắt ngang của thân cần trục tháp (Hình 5). Khi đài móng cần trục tháp có bố trí giằng chéo, có thể không tính giằng để đơn giản hóa tính toán, và đồng thời trên đài móng tham khảo mô men âm để bố trí cốt thép chịu mô men dương.

Với đài cọc hình vuông chữ nhật có nhiều cọc, mô men uốn tại vị trí mép cột (phần tô bóng) (Hình 5), được xác định theo công thức sau:

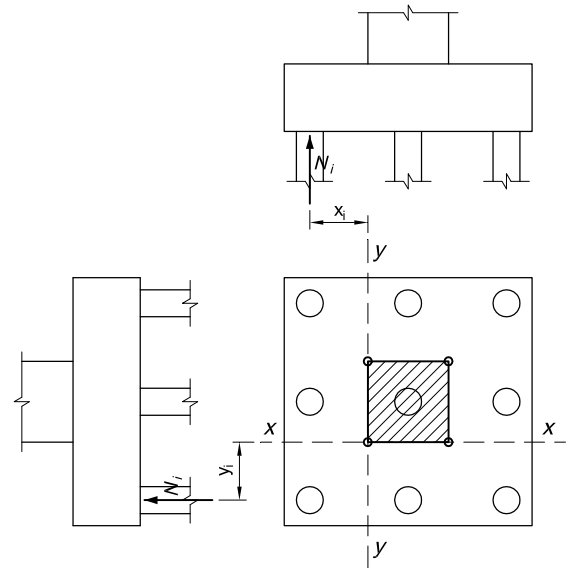
$$M_{xd} = \sum N_i \times y_i \quad (6)$$

$$M_{yd} = \sum N_i \times x_i \quad (7)$$

Trong đó:

M_{xd}, M_{yd} là mô men uốn tính toán tại mặt dưới đài cọc quanh trục x và y tương ứng.

x_i, y_i là khoảng cách từ tâm cọc đến mặt cắt tính toán tương ứng theo hướng trục x và y tương ứng.



Hình 5. Sơ đồ tính toán mô men uốn đài cọc

Khả năng kháng cắt của đài cọc tại tiết diện được tính toán theo [8].

Thông thường liên kết của cần trục tháp với móng bê tông như sau: phần thân dưới của cần trục tháp được gắn thông qua bu lông chôn sẵn trong móng hoặc chôn trực tiếp trong đài móng. Bởi vì chân bu lông chôn sẵn có hai tấm neo cố định, phần chân cột chôn sẵn có giằng ngang liên kết giữa các cột, và cột đứng liên kết với cốt thép đài móng. Do đó, chiều dày của đài móng chịu lực đáp ứng các yêu cầu cấu tạo, vì vậy có thể không cần kiểm tra nén thủng cột cần trục tháp, mà cần kiểm tra khả năng nén thủng đài móng do cọc.

Khi mô men uốn tác động theo hướng đường chéo của móng hình vuông hoặc móng hình chữ thập, lực tác dụng lên cọc góc là lớn nhất, và cạnh của diện tích tháp nén thủng là nhỏ nhất, do đó chỉ yêu cầu về sức chịu tải cho phép của cọc góc. Để đơn giản tính toán, phần diện tích được bao xung quanh bởi 4 cột của phần đoạn dưới cần trục tháp được xem như tiết diện thân cần trục tháp. Khi tâm cọc góc nằm trong tháp nén thủng – phá hủy của cột thân tháp, với chiều cao đài móng đáp ứng các yêu cầu cấu tạo, nên không cần tính khả năng chống nén thủng của đài móng do lực nén thủng ở góc.

Khi cần trục tháp lắp đặt trong hố móng tầng hầm, căn cứ vào thiết kế kết cấu tầng hầm, bố trí kết cấu xung quanh, điều kiện địa chất công trình và sự thuận tiện trong thi công (yêu cầu thi công tường chắn hố móng và đào hố móng, xem xét sự thuận lợi việc phá dỡ, thông thường đài móng của cần trục tháp được bố trí trên sàn, có khoảng không gian cho việc cắt cột thép), móng cần trục tháp có thể bố trí giữa sàn và trần, hoặc trên sàn. Nếu sàn tầng hầm được sử dụng làm đài móng, nó cần được sự chấp thuận của đơn vị thiết kế.

Do các yếu tố gây bất lợi cho sự ổn định của đài móng (bao gồm: dầm móng của sàn tầng hầm, thanh cốt thép ngang của sàn dễ chạm vào cột thép tổ hợp rỗng, khu vực bê tông đổ sau, cốt thép lắp đặt cho sàn bê tông đổ sau), các cọc của cần trục tháp trong khu vực tầng hầm cần tránh dầm móng, đài móng, các dải đổ sau hoặc dải cốt thép.

5. MÓNG NÔNG

Khi đất nền dưới đáy đài móng tương đối tốt, do cần trục tháp là công trình tạm thời, tải trọng theo phương thẳng đứng không lớn – chủ yếu là hoạt tải, nên có thể đặt trực tiếp đài móng trên đất nền. Trong trường hợp cần thiết, để tăng sức chịu tải có thể gia cố các lớp đất bên dưới.

Như đã phân tích ở trên, móng cần trục tháp nên có dạng hình vuông.

Do tải trọng tác dụng lên đài móng thường là lệch tâm lớn – tức là vị trí điểm đặt hợp lực của các tải trọng tác dụng lên móng nằm ngoài vùng lõi ($p_{\min} < 0$). Vì vậy, diện tích phần đáy móng cho phép tách khỏi nền đất (giải phóng) không được lớn hơn 1/4 diện tích toàn bộ đáy móng, áp lực tại đáy móng có thể được tính theo công thức sau:

- Khi móng hình vuông chịu tải trọng lệch tâm một phương (Hình 6).

$$p_{\max} = \frac{2 \times (F_d + G)}{3 \times a \times b} \quad (8)$$

- Khi móng hình vuông chịu tải trọng lệch tâm hai phương (Hình 7).

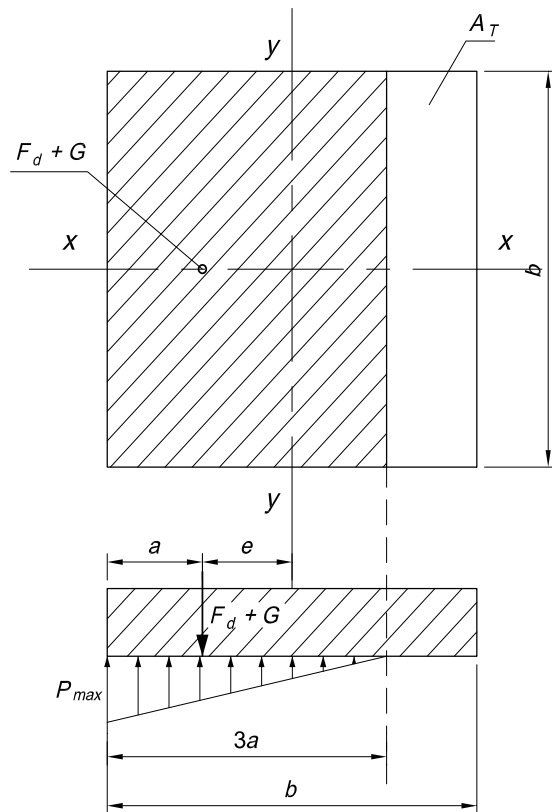
$$p_{\max} = \frac{F_d + G}{3 \times a_x \times a_y} \quad (9)$$

$$a_x = \frac{b}{2} - e_x \quad (10)$$

$$a_y = \frac{b}{2} - e_y \quad (11)$$

$$e_x = \frac{M_y + F_{mx} \times h}{F_d + G} \quad (12)$$

$$e_y = \frac{M_x + F_{my} \times h}{F_d + G} \quad (13)$$

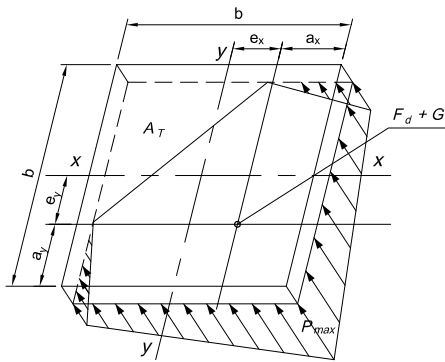


CHÚ DẪN:

A_T là diện tích giải phóng.

e là khoảng cách lệch tâm.

Hình 6. Áp lực đất đáy móng hình vuông dưới tác dụng của tải trọng lệch tâm một phương (một phần diện tích được giải phóng)



Hình 7. Áp lực đất đáy móng hình vuông dưới tác dụng của tải trọng lệch tâm hai phương (một phần diện tích được giải phóng)

Sức chịu tải của móng hình vuông cần tuân theo các quy định sau:

$$p \leq q_a \quad (14)$$

$$p_{\max} \leq 1,2 \times q_a \quad (15)$$

$$q_a = \frac{\Phi}{k_{tc}} \quad (16)$$

Trong đó:

q_a là sức chịu tải tính toán của nền, được xác định theo 4.7.2 của [14].

k_{tc} là hệ số độ tin cậy, lấy không nhỏ hơn 1,2.

Sự ổn định chống lật của móng cần trực tháp cần đáp ứng yêu cầu của công thức sau:

$$M_G \geq k \times (M + F_n \times h) \quad (17)$$

Trong đó:

M_G là mô men chống lật tại mặt phẳng đáy móng cần trực tháp (bằng tổng các tích số trọng lượng cần trực tháp, tải dẫn, tải trọng bản thân móng, với khoảng cách tương ứng từ điểm đặt lực đó tới mép móng).

k là hệ số an toàn, không nhỏ hơn 1,2.

6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trên đây, các vấn đề cần lưu ý khi thiết kế móng cần trực tháp được trình bày một cách vắn tắt. Ngoài ra khi thiết kế, cần sử dụng kết hợp với các tiêu chuẩn có liên quan như: [3], [8], [14], [18], ...

Hai loại móng cơ bản (móng cọc và móng nông) cũng đã được giới thiệu. Ngoài ra, một loại móng nông khác cũng có thể được sử dụng - móng lắp ghép. Đây là một loại móng nông, được cấu tạo từ từng khối bê tông, thông thường hình chữ T ngược, được liên kết với nhau bằng cáp dự ứng lực.

Móng lắp ghép có ưu điểm là:

- Có thể tái sử dụng nhiều lần.
- Thời gian lắp ghép, tháo dỡ nhanh, không phức tạp.
- Các cấu kiện được chế tạo trong nhà máy, tuy nhiên không phức tạp, không đòi hỏi công nghệ tinh vi.
- Cấu kiện được mô đun hóa, dễ lắp ráp cho nhiều loại cần trực tháp.
- Mặt bằng không đòi hỏi chuẩn bị nhiều.

Từ các ưu điểm trên, móng lắp ghép sẽ có giá thành rẻ, phù hợp với điều kiện xây dựng ở Việt Nam. Tuy nhiên hiện nay chưa có các nghiên cứu về loại móng này, do đó nó cần được nghiên cứu và thiết lập các hướng dẫn tính toán phù hợp với thực tế xây dựng tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] QCVN 18:2014/BXD, *An toàn trong xây dựng*.
- [2] JGJ/T 187-2009, *Chỉ dẫn kỹ thuật cho móng bê tông cần trực tháp*.
- [3] TCVN 2737, *Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [4] TCVN 4244:2005, *Thiết bị nâng – Thiết kế, chế tạo và kiểm tra kỹ thuật*.
- [5] TCVN 4447:2012, *Công tác đất – Thi công và nghiệm thu*.
- [6] TCVN 4453:1995, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – Quy phạm thi công và nghiệm thu*.
- [7] TCVN 5208:2008, *Cần trục – Yêu cầu đối với cơ cấu công tác*.
- [8] TCVN 5574:2018, *Kết cấu bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [9] TCVN 5575:2012, *Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [10] TCVN 7549-3:2007, *Cần trục – Sử dụng an toàn. Phần 3: Cần trục tháp*.
- [11] TCVN 8242-3:2009, *Cần trục – Tời vừng. Phần 3: Cần trục tháp*.
- [12] TCVN 8590:2010, *Cần trục – Phân loại theo chế độ làm việc*.
- [13] TCVN 9361:2012, *Công tác nền móng – Thi công và nghiệm thu*.
- [14] TCVN 9362:2012, *Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*.
- [15] TCVN 9394:2012, *Đóng và ép cọc – Thi công và nghiệm thu*.
- [16] TCVN 9395:2012, *Cọc khoan nhồi – Thi công và nghiệm thu*.
- [17] TCVN 9403:2012, *Gia cố đất nền yếu – Phương pháp trụ đất xi măng*.
- [18] TCVN 10304:2014, *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*.