

TÍNH TOÁN CỘT CHỐNG TẠM TẠI VỊ TRÍ LIÊN KẾT VỚI CỌC KHOAN NHỒI TRONG THIẾT KẾ BIỆN PHÁP THI CÔNG TẦNG HÀM

TS. HỒ NGỌC KHOA, KS. PHẠM QUANG CƯỜNG

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu nguyên tắc cơ bản thiết kế cột chống tạm (kingpost) tại vị trí liên kết với cọc khoan nhồi trong thi công tầng hầm nhà cao tầng theo phương pháp Top-down: theo lực bám dính khi kingpost không có đỉnh chống cắt; theo tiêu chuẩn thiết kế BS 5950-1990 và Eurocode 4 khi kingpost có đỉnh chống cắt. Kết quả tính toán các phương án thiết kế kingpost cùng với các yếu tố kỹ thuật – công nghệ khác như qui mô công trình, kích thước cọc khoan nhồi, phương án lắp dựng kingpost, sự đáp ứng của thiết bị và kỹ thuật thi công là căn cứ để quyết định phương án thi công tầng hầm đảm bảo an toàn, ổn định công trình và hiệu quả về mặt kinh tế.

Từ khóa: thi công tầng hầm, Top-down, cột chống tạm, lực bám dính, đỉnh chống cắt, cọc khoan nhồi.

1. Mở đầu

Nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư và phục vụ nhu cầu của người sử dụng, các công trình cao tầng có nhiều tầng hầm đã và đang được xây dựng ngày càng nhiều ở các đô thị lớn. Với mặt bằng thi công chật hẹp thì công nghệ thi công tầng hầm bằng phương pháp Top-down ngày càng phổ biến. Đóng vai trò “xương sống” trong phương pháp Top-down là hệ kingpost bằng thép hình tổ hợp hoặc thép dúc. Đó là hệ thống cột chịu lực tạm thời đỡ các sàn tầng hầm và một số sàn tầng thân trong quá trình thi công, khi hệ cột vách chịu lực chính của công trình chưa thi công hoặc chưa có khả năng chịu lực.

Trong công tác lập biện pháp thi công tầng hầm theo phương pháp Top-down việc thiết kế tính toán kingpost tại vị trí liên kết với cọc khoan nhồi là quan trọng, quyết định sự ổn định, an toàn của công trình, giá thành xây dựng và phương án thi công kingpost. Mục đích của việc thiết kế là giải quyết liên kết giữa kingpost với cọc khoan nhồi, đảm bảo kingpost truyền tải trọng từ các tầng phía trên xuống cọc khoan nhồi một cách an toàn, đồng thời không tính toán thừa gây lãng phí. Ở nước ta hiện nay chưa có các tiêu chuẩn chỉ dẫn cụ thể cho việc thiết kế và thi công kingpost, do đó nghiên cứu về thiết kế kingpost tại vị trí liên kết với cọc khoan nhồi có ý nghĩa lý thuyết và thực tiễn.

2. Thiết kế kingpost tại vị trí liên kết với cọc khoan nhồi

2.1 Hồ sơ, số liệu đầu vào phục vụ thiết kế kingpost

Số liệu đầu vào phục vụ thiết kế hệ kingpost cho biện pháp thi công Top-down bao gồm:

- Điều kiện thi công của công trình;
- Thiết kế bản vẽ thi công tầng hầm;
- Phương án thi công Top-down tầng hầm (phương án cơ bản);
- Thiết kế bản vẽ thi công cọc khoan nhồi;
- Thông số tính toán của vật liệu bê tông cọc nhồi;
- Tải trọng công trình và tải trọng thi công;
- Hình dạng, chủng loại vật liệu kingpost;
- Thông số tính toán của vật liệu làm kingpost.

2.2 Các phương án tính toán liên kết kingpost với cọc khoan nhồi

2.2.1 Thiết kế kingpost không có đỉnh chống cắt

Khi hạ kingpost vào cọc khoan nhồi, phần kingpost ngấp trong bê tông sẽ chịu tác dụng của lực bám dính giữa bê tông cọc khoan nhồi và kingpost, được tạo nên bởi các nhân tố chủ yếu là lực ma sát (khi bê tông ninh kết, do ảnh hưởng của co ngót mà bê tông ôm chặt lấy cốt thép tạo nên lực ma sát giữa chúng) và lực dán (keo xi măng có tác dụng như một thứ hồ dán dán cốt thép vào bê tông) [1].

Trị số của lực bám dính là:

$$F_1 = t \times P \times L \quad (\text{N}) \quad (1)$$

trong đó:

P - chu vi của tiết diện kingpost, (mm);

L - chiều dài kingpost ngấp trong bê tông cọc khoan nhồi, (mm);

t - giá trị lực dính trung bình, xác định theo công thức (2):

$$t = k \times t_{tc} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2)$$

trong đó:

k - hệ số an toàn, $k = 0,7 \div 0,8$;

t_{tc} - giá trị lực dính tiêu chuẩn giữa cốt thép và bê tông, được lựa chọn trên cơ sở kết quả thí nghiệm xác định lực dính giữa cốt thép và bê tông, thể hiện trong bảng 1 [2].

Để đảm bảo kingpost truyền tải trọng từ các tầng thi công phía trên xuống cọc khoan nhồi một cách an toàn mà không gây phá hoại cọc, tương quan giữa lực dọc tác dụng lên kingpost N_{max} và lực bám dính giữa kingpost và cọc khoan nhồi F_1 phải thỏa mãn điều kiện:

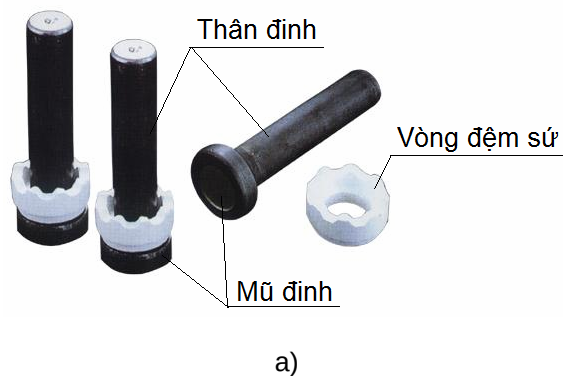
$$N_{max} \leq F_1 \text{ (N)} \quad (3)$$

Bảng 1. Giá trị lực dính tiêu chuẩn giữa cốt thép và bê tông t_{tc} theo kết quả thí nghiệm

Kí hiệu mẫu thí nghiệm	Tải trọng tối đa (kN)	Lực kéo căng trước cốt thép (kN)	Lực cắt trung bình/ Lực bám dính t_{tc} (Mpa)	Khoảng trượt lớn nhất (mm)
S1000-1	1360	Không kéo	2,02	1
S1000-2	1350	Không kéo	2,0	1,25
S750-1	2503	1220	4,96	2,5
S750-2	3700	1000	7,33	24
S750-3	3445	Không kéo	6,83	11
S500-1	694	1000	2,06	2
S500-2	681	1000	2,02	1,5

2.2.2 Thiết kế kingpost có đỉnh chống cắt

Để chống lại lực dọc N_{max} , có thể bố trí hàn các đỉnh chống cắt (shear stud) trên thân kingpost ở vị trí liên kết với bê tông cọc khoan nhồi (hình 1):



Hình 1. Đỉnh chống cắt bố trí trên kingpost ở vị trí liên kết với bê tông cọc khoan nhồi
a) Cấu tạo đỉnh; b) Ảnh thực tế thi công

Khả năng chịu cắt của đỉnh có thể tính toán theo tiêu chuẩn BS 5950-1990 và Eurocode 4.

- Theo tiêu chuẩn thiết kế BS 5950-1990 [3]:

Mục 3.1 của tiêu chuẩn này quy định khả năng chịu cắt của một đỉnh phụ thuộc vào chiều cao, đường kính của đỉnh và cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi (cường độ chịu nén thiết kế) của bê tông (bảng 2).

Từ trị số khả năng chịu cắt tiêu chuẩn Q_{tc} của một đỉnh theo bảng 2, xác định khả năng chịu cắt tính toán Q_{tt} của một đỉnh như sau:

$$Q_{tt} = k \times Q_{tc} \text{ (N)} \quad (4)$$

trong đó: k là hệ số an toàn: $k = 0,8$.

Nếu số lượng đỉnh chống cắt là n , khả năng chịu lực của kingpost theo đỉnh chống cắt F_2 là:

$$F_2 = n \times Q_{tt} \text{ (N)} \quad (5)$$

Thiên về an toàn, trong trường hợp này không tính lực dính giữa cốt thép và bê tông. Khi đó, điều kiện để đảm bảo kingpost truyền tải trọng từ các tầng phía trên xuống cọc khoan nhồi một cách an toàn mà không gây phá hoại cọc là:

$$N_{max} \leq F_2 \text{ (N)} \quad (6)$$

Bảng 2. Khả năng chịu cắt tiêu chuẩn của đỉnh theo BS 5950-1990

Kích thước của đỉnh chống cắt			Cường độ đặc trưng của bê tông			
Đường kính thân danh nghĩa	Chiều cao danh nghĩa	Chiều cao làm việc	N/mm ² 25	N/mm ² 30	N/mm ² 35	N/mm ² 40
			Khả năng chịu cắt tiêu chuẩn của đỉnh Q _{tc}			
mm	mm	mm	kN	kN	kN	kN
25	100	95	146	154	161	168
22	100	95	119	126	132	139
19	100	95	95	100	104	109
19	75	70	82	87	91	96
16	75	70	70	74	78	82
13	65	60	44	47	49	52

Ghi chú:
 - Khi cường độ đặc trưng của bê tông lớn hơn 40 N/mm² sử dụng các giá trị ứng với 40 N/mm²;
 - Khi chiều cao của đỉnh lớn hơn chiều cao lớn nhất trong bảng sử dụng các giá trị ứng với chiều cao lớn nhất đó.

- Theo tiêu chuẩn thiết kế Eurocode 4 [4]:

Mục 1-1 của tiêu chuẩn này quy định, khả năng chịu cắt P_{Rd} của một đỉnh được lấy theo giá trị nhỏ hơn trong 2 giá trị sau:

$$P_{Rd}^{(1)} = \frac{0,8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_v} \quad (\text{N}) \quad (7)$$

$$P_{Rd}^{(2)} = \frac{0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v} \quad (\text{N}) \quad (8)$$

trong đó:

d - đường kính thân đỉnh, $16\text{mm} \leq d \leq 25\text{mm}$;

f_u - sức bền kéo đứt của vật liệu làm đỉnh, nhưng không lớn hơn 500 N/mm²;

f_{ck} - sức bền chịu nén của bê tông theo mẫu trụ, không nhỏ hơn 1750 N/mm²;

E_{cm} - giá trị trung bình mô đun đàn hồi của bê tông;

γ_v - hệ số an toàn, lấy $\gamma_v = 1,25$;

α - hệ số điều chỉnh.

$$\alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{khi } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \quad (9)$$

$$\alpha = 1 \quad \text{khi } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \quad (10)$$

Với h_{sc} là chiều cao danh nghĩa của đỉnh, được tính từ mũ đỉnh tới chân đỉnh chống cắt.

Nếu số lượng đỉnh chống cắt là n , khả năng chịu lực của kingpost theo đỉnh chống cắt F_3 theo Eurocode 4 là:

$$F_3 = n \times P_{Rd} \quad (\text{N}) \quad (11)$$

Khi đó, điều kiện để đảm bảo kingpost truyền tải trọng từ các tầng phía trên xuống cọc khoan nhồi một cách an toàn mà không gây phá hoại cọc là:

$$N_{max} \leq F_3 \quad (\text{N}) \quad (12)$$

Như vậy, trên cơ sở thiết kế cho cả 2 trường hợp sử dụng và không sử dụng đỉnh chống cắt có thể tính toán lựa chọn kích thước, chiều dài kingpost cũng như quy cách, số lượng đỉnh chống cắt ở vị trí liên kết với cọc khoan nhồi.

3. Quy trình cơ bản thiết kế hệ kingpost

- Thiết kế phương án thi công cọc khoan nhồi và tường vây;

- Quyết định biện pháp thi công Top-down và các thông số thi công cơ bản;

- Xác định mặt bằng vị trí bố trí kingpost;

- Xác định tải trọng đứng (tĩnh tải và hoạt tải thi công) tác dụng lên một kingpost;

- Lựa chọn sơ bộ hình dạng, vật liệu, kích thước thiết diện của kingpost;

- Thiết lập sơ đồ tính, xác định tải trọng tác dụng lên hệ kết cấu: tải trọng đứng (tĩnh tải từ các tầng thi công, hoạt tải thi công) và tải trọng ngang (áp lực đất truyền vào tường vây, tải trọng gió truyền vào các tầng thân,...);

- Phân tích hệ kết cấu (Sap, Etab,...) nhằm xác định nội lực tác dụng lên hệ kingpost;

- Kiểm tra tiết diện kingpost theo điều kiện về độ mảnh, bền, ổn định tổng thể và cục bộ (theo các tiêu chuẩn khác nhau);

- So sánh hiệu quả kinh tế các phương án.
- Lựa chọn chính thức thiết diện và kích thước kingpost.

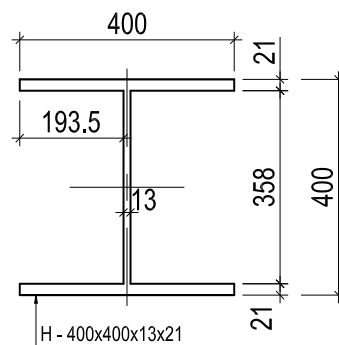
- Xác lập biện pháp thi công kingpost (trong tổng thể biện pháp thi công tầng hầm).

4. Ví dụ thiết kế kingpost tại vị trí liên kết với cọc khoan nhồi

Ví dụ tính toán dựa trên cơ sở thực tế thi công công trình "Mở rộng Trụ sở Cục tần số" tại 115 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội. Tầng hầm công trình có diện tích sàn 2000 m² bao gồm 3 tầng, chiều cao mỗi tầng 4,5m, bước cột 8,5m x 8,5m. Tầng hầm được thi công theo phương pháp Top-down, các tầng trên cốt ±0,000 thi công sau khi tầng hầm được thi công xong.

Sau khi nghiên cứu số liệu ban đầu, chọn kingpost thép tổ hợp chữ H 400x400x13x21mm (hình 2), tiến hành thiết lập sơ đồ tính, tổ hợp tải trọng, phân tích hệ kết cấu (sử dụng phần mềm Etap), xác định được lực dọc truyền từ cột xuống đầu cọc khoan

nhồi là $N_{max} = 7000kN$ (cấp độ bền của bê tông làm cọc khoan nhồi là B30).



Hình 2. Mặt cắt kingpost H 400 x 400 x 13 x 21mm

4.1 Phương án 1: Kingpost không bố trí đỉnh chống cắt

Gọi L là chiều dài kingpost ngấp trong bê tông cọc khoan nhồi. Tra bảng 1, căn cứ theo kết quả thí nghiệm lực bám dính giữa bê tông và cốt thép và khoảng trượt lớn nhất, chọn $t_{tc} = 2MPa$.

Theo công thức (2), giá trị lực dính trung bình là:

$$t = k \times t_{tc} = 0,7 \times 2 = 1,4MPa = 1,4N / mm^2$$

Chu vi của tiết diện kingpost:

$$P = 400 \times 2 + 21 \times 4 + 193,5 \times 4 + 358 \times 2 = 2374mm$$

Diện tích tiết diện kingpost:

$$S = 2 \times 400 \times 21 + 13 \times 358 = 21454mm^2 = 0,021454m^2$$

Theo công thức (1), trị số của lực bám dính F_1 là:

$$F_1 = t \times P \times L = 1,4 \times 2374 \times L = 3323,6L \text{ (N)}$$

Điều kiện thỏa mãn theo công thức (3): $N_{max} \leq F_1$ (N).

$$7000 \times 10^3 \leq 3323,6L \text{ (N)} \Rightarrow L \geq 2106mm$$

Chọn L = 2200 mm = 2,2 m.

Khối lượng của đoạn kingpost ngấp trong bê tông cọc khoan nhồi:

$$M_1 = 2,2 \times 0,021454 \times 7850 = 370,51kg$$

4.2 Phương án 2: Kingpost được bố trí đỉnh chống cắt

Căn cứ bảng 2, với cấp độ bền của bê tông cọc khoan nhồi là B30, lựa chọn đường kính đỉnh $d=19mm$, chiều cao danh nghĩa $h_{sc}=100mm$, chiều cao làm việc $h=95mm$, thép đỉnh có cường độ là $f_u = 450 N/mm^2$.

Khoảng cách tối thiểu giữa 2 đỉnh gần nhau nhất tính từ tâm đến tâm là $4d$: $l_{min} \geq 4d = 76mm$. Chọn

$l_{min} = 5d = 95mm$. Bố trí n hàng đỉnh theo thiết diện kingpost, mỗi hàng có 10 đỉnh (hình 3a).

Chọn khoảng cách từ hàng đỉnh đầu tiên tới bề mặt cọc khoan nhồi (bề mặt sau khi đập bỏ bê tông xốp) và khoảng cách từ hàng đỉnh dưới cùng tới mép kingpost bằng $6d = 115mm$.

Với n hàng đỉnh, tổng số đỉnh là 10n, chiều dài kingpost ngấp trong bê tông cọc khoan nhồi là:

Khối lượng của đoạn kingpost ngập trong bê tông cọc khoan nhồi:

$$M_3 = 1,085 \times 0,021454 \times 7850 = 182,73 \text{kg}$$

Như vậy, cách tính đỉnh chống cắt cho kingpost khi áp dụng tiêu chuẩn thiết kế BS 5950-1990 và Eurocode 4 cho kết quả xấp xỉ nhau.

Bảng 3. So sánh chi phí chế tạo và thi công kingpost (phần ngâm trong bê tông cọc khoan nhồi) theo các phương án thiết kế

STT	Tên phương án	Tên cấu kiện	Đơn vị tính	Khối lượng	Đơn giá (VNĐ)	Thành tiền	Tổng giá trị
1	Không sử dụng đỉnh chống cắt	Kingpost	tấn	0,371	26.000.000	9.633.260	9.633.260
2	Sử dụng đỉnh chống cắt, tính theo BS 5950-1990	Kingpost	tấn	0,167	26.000.000	4.334.980	5.414.980
3		Đỉnh chống cắt	bộ	90,000	12.000	1.080.000	
4	Sử dụng đỉnh chống cắt, tính theo Eurocode 4	Kingpost	tấn	0,183	26.000.000	4.750.980	5.950.980
5		Đỉnh chống cắt	bộ	100,000	12.000	1.200.000	

Như vậy, việc sử dụng đỉnh chống cắt cho kingpost tại vị trí liên kết với cọc khoan nhồi giảm được gần một nửa chi phí chế tạo và thi công kingpost so với phương án không sử dụng đỉnh. Tuy nhiên đây chỉ là một yếu tố cần xem xét, để có thể đưa ra quyết định phương án thi công kingpost cần xem xét một cách tổng thể các yếu tố sau:

- Thiết bị và trình độ thi công liên kết đỉnh với kingpost;
- Yếu tố đảm bảo quá trình đổ bê tông cọc khoan nhồi do sự có mặt của đỉnh chống cắt ảnh hưởng đến không gian di chuyển ống đổ bê tông;
- Phương án lắp dựng kingpost vào cọc khoan nhồi: trước hay sau khi đổ bê tông; yêu cầu về thiết bị thi công; dụng cụ và phương pháp định vị, căn chỉnh kingpost; các yếu tố kỹ thuật khác;
- Khối lượng kingpost cho toàn bộ công trình;
- Giá thành tổng thể của các phương án.

5. Kết luận

- Thiết kế kingpost tại vị trí liên kết với cọc khoan nhồi trong thi công tầng hầm bằng phương pháp Top-down là một nội dung quan trọng của thiết kế biện pháp thi công phần ngầm, quyết định đến an toàn, ổn định công trình và hiệu quả kinh tế của phương án;

- Thiết kế kingpost không có đỉnh chống cắt trên cơ sở lực bám dính giữa kingpost và bê tông, xác định theo phương pháp thực nghiệm với hệ số an toàn bằng 0,7÷0,8. Trong trường hợp có đỉnh chống cắt, áp dụng tiêu chuẩn thiết kế BS 5950-1990 hoặc Eurocode 4, kết quả tính toán theo hai tiêu chuẩn không có sự khác biệt lớn;

4.3 So sánh lựa chọn phương án thiết kế

Giá thành thi công là một tiêu chí quan trọng để quyết định phương án thi công. Giá thành thi công bao gồm chi phí vật liệu, chi phí máy thi công và chi phí nhân công. Chi phí chế tạo và thi công kingpost có thể tham khảo ở bảng 3.

- Phương án kingpost có đỉnh chống cắt giảm được 40÷47% khối lượng thép cho chế tạo kingpost (tính trong đoạn ngâm trong cọc khoan nhồi) so với phương án kingpost không có đỉnh;

- Phương án thi công kingpost cần xem xét một cách tổng thể nhiều yếu tố: quy mô công trình, kích thước cọc khoan nhồi, phương án lắp dựng kingpost, sự đáp ứng của thiết bị và kỹ thuật thi công;

- Đối với cọc đường kính nhỏ ($D < 1000\text{mm}$) nên chọn phương án kingpost không có đỉnh chống cắt. Khi sử dụng đỉnh chống cắt, nên ưu tiên phương án lắp dựng kingpost trước khi đổ bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PHAN QUANG MINH, NGÔ THẾ PHONG, NGUYỄN ĐÌNH CÔNG (2006), "Kết cấu bê tông cốt thép - Phần cấu kiện cơ bản". NXB KHK, Hà Nội.
2. A.NEZAMIAN, R.AL-MAHAIDI, P.GRUNDY, B. O'LOUGHLIN (2002). "Push-out strength of concrete plugs in tubular steel piles", *Department of Civil Engineering, Monash University, Melbourne, VIC, Australia, 3800*.
3. BS5950-1990: Structural use of steelwork in building – Part 3: Design in composite construction – Section 3.1: Code of practice for design of simple and continuous composite beams, *British Standards Institution, 1990*.
4. Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1-1: General rules for buildings, *UK, 2005*.

Ngày nhận bài:

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 23/3/2015.