

ĐÁNH GIÁ HỆ SỐ SỨC KHÁNG CHO MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC CỦA TCXD 205:1998

TS. TRỊNH VIỆT CƯỜNG
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Các công thức tính toán sức chịu tải của cọc trong tiêu chuẩn thiết kế cầu AASHTO LRFD cùng với các hệ số sức kháng tương ứng đã được xác định trên cơ sở các điều kiện đất nền ở Mỹ. Áp dụng các công thức đó cho cọc trong điều kiện đất nền Việt Nam cho thấy có sự chênh lệch đáng kể giữa tính toán và kết quả nén tĩnh. Vì vậy, một trong những biện pháp khả thi để nâng cao độ tin cậy của kết quả dự báo sức chịu tải của cọc là sử dụng các phương pháp tính toán đã được kiểm chứng trong nhiều thập kỷ trong điều kiện Việt Nam.

Báo cáo này trình bày kết quả bước đầu về xác định hệ số sức kháng tương ứng với một số phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc trong tiêu chuẩn thiết kế móng cọc TCXD 205:1998.

1. Mở đầu

Thiết kế nền móng công trình xây dựng theo trạng thái giới hạn đã được đưa vào tiêu chuẩn của một số nước như Liên Xô, Đan Mạch từ những năm 1950, sau đó đã được chấp nhận trong tiêu chuẩn của hầu hết các quốc gia. Ở Hoa Kỳ cho tới thập kỷ 1970 mới bắt đầu có những nghiên cứu về khả năng áp dụng nguyên tắc thiết kế này và cho tới 1994 tổ chức AASHTO chính thức đưa vào áp dụng tiêu chuẩn thiết kế cầu theo hệ số tải trọng và sức kháng. Tiêu chuẩn này quy định áp dụng các hệ số riêng cho tải trọng và sức kháng thay cho việc áp dụng hệ số an toàn tổng thể như đã quy định trong các tiêu chuẩn trước kia. Đến năm 2006, AASHTO LRFD đã được chấp nhận áp dụng cho tất cả các công trình xây dựng cầu ở Hoa Kỳ. Tiêu chuẩn này cũng đã được chuyển dịch sang tiếng Việt và được Bộ Giao thông Vận tải ban hành với mã số 22 TCN 272-05 "Tiêu chuẩn thiết kế cầu"^[2].

Theo AASHTO LRFD, quan hệ giữa tải trọng, Q_i , và sức kháng của các cấu kiện và liên kết (bao gồm cả cọc móng) cần thỏa mãn điều kiện:

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad (1)$$

trong đó: R_n là sức kháng danh định của cọc và η_i là hệ số điều chỉnh tải trọng xét đến tính dẻo, mức độ dư sức kháng và tầm quan trọng trong khai thác công trình.

Hệ số tải trọng γ_i được xác định trên cơ sở xác suất thống kê, trong đó xét đến mức độ biến thiên của các tải trọng, sự thiếu chính xác trong tính toán phân tích, xác suất xảy ra cùng lúc của các tải trọng khác nhau và có liên hệ đến những thống kê về sức kháng thông qua quá trình hiệu chỉnh. Các giá trị của η_i và γ_i được cho trong tiêu chuẩn để có thể sử dụng trong thiết kế.

Đối với móng cọc, hệ số sức kháng ϕ xét đến sự biến thiên của các đặc trưng của tải trọng, mức độ tin cậy yêu cầu cho thiết kế nền móng, mức độ kiểm soát chất lượng thi công và độ chính xác của phương pháp xác định sức chịu tải của cọc. Các hệ số sức kháng trong AASHTO LRFD được xác định trên cơ sở xử lý thống kê các dữ liệu do Sở Giao thông bang Florida và Cơ quan quản lý đường cao tốc liên bang (FHWA) quan thu thập^[9], do đó chúng có thể không phản ánh được các đặc tính của đất nền ở từng bang của Mỹ và càng khó có thể phù hợp với điều kiện Việt Nam. Vì độ chính xác của phương pháp xác định sức chịu tải của cọc là một trong những yếu tố có ảnh hưởng nhiều nhất đối với hệ số sức kháng nên việc xác định hệ số sức kháng phù hợp với điều kiện cụ thể ở Việt Nam có thể cho phép đảm bảo độ an toàn và tính hợp lý của thiết kế nền móng^[6, 8].

Ngoài các phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc đã cho trong tiêu chuẩn, AASHTO LRFD cũng khuyến khích sử dụng các phương pháp tính toán sức chịu tải truyền thống ở mỗi địa phương. Ở Việt Nam, các kỹ sư thiết kế thường sử dụng phương pháp tra bảng của tiêu chuẩn Liên Xô và tính toán theo số liệu thí

nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT để tính toán sức chịu tải của cọc và kinh nghiệm áp dụng các phương pháp này trong nhiều thập kỷ cho thấy kết quả tính toán tương đối phù hợp với thực tế. Vì vậy trong điều kiện nhiều công thức tính toán sức chịu tải của cọc của AASHTO LRFD còn cần được kiểm chứng trong điều kiện đất nền Việt Nam thì việc áp dụng các phương pháp tính toán truyền thống có thể là giải pháp góp phần nâng cao chất lượng thiết kế công trình.

Một số vấn đề về xác định hệ số sức kháng cho công thức dự tính sức chịu tải của cọc được cho trong TCXD 205:1998 “Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế” được trình bày trong phần tiếp theo của báo cáo này. Hệ số sức kháng tính được xác định theo số liệu tính toán và thực nghiệm về sức chịu tải của 27 cây cọc ở nhiều hiện trường tương đối phù hợp với khuyến cáo của AASHTO LRFD, cho thấy có thể áp dụng các công thức tính toán của tiêu chuẩn hiện hành trong thiết kế móng cầu theo 22 TCN 272 - 05.

2. Phương pháp đánh giá hệ số sức kháng

Hệ số sức kháng có thể được xác định trên cơ sở xử lý thống kê các kết quả tính toán dự báo và thí nghiệm gia tải cọc tại hiện trường. Khi chỉ xét đến tĩnh tải và hoạt tải, có thể xác định ϕ theo quan hệ:

$$\phi = \frac{\lambda_R \left(\frac{\gamma_D Q_D}{Q_L} + \gamma_L \right) \sqrt{\left[\frac{(1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2)}{(1 + COV_R^2)} \right]}}{\left(\frac{\lambda_{Q_D} Q_D}{Q_L} + \lambda_{Q_L} \right) \exp \left\{ \beta_T \sqrt{\ln \left[(1 + COV_R^2) (1 + COV_{Q_D}^2 + COV_{Q_L}^2) \right]} \right\}} \quad (2)$$

trong đó:

λ_R - hệ số thể hiện độ phân tán của số liệu;

γ_D, γ_L - các hệ số cho tĩnh tải và hoạt tải, có thể lấy $\gamma_D = 1,25$ và $\gamma_L = 1,75$;

Q_D / Q_L - tỷ số giữa tĩnh tải Q_D và hoạt tải Q_L ;

$\lambda_{Q_D}, \lambda_{Q_L}$ - các hệ số thể hiện sai số trong xác định của tĩnh tải và hoạt tải;

COV_R - biến thiên của sức kháng, xác định theo kết quả tính toán và kết quả thí nghiệm gia tải cọc;

COV_{Q_D}, COV_{Q_L} - Biến thiên của tĩnh tải và hoạt tải;

β_T - chỉ số tin cậy mục tiêu.

Tỷ số Q_D / Q_L không ảnh hưởng nhiều đến ϕ và có thể được ước tính theo chiều dài nhịp cầu theo quan hệ: $Q_D / Q_L = 0,0132L(1+I)$ (3)

trong đó: L là chiều dài nhịp tính bằng feet và I là hệ số xung kích thể hiện mức tăng hoạt tải do lực động và trong điều kiện thông thường có thể lấy $I = 0,33^{[3, 4]}$.

Mức độ biến thiên COV_{Q_D} phụ thuộc vào vật liệu sử dụng cho kết cấu. Trong điều kiện thông thường có thể lấy $COV_{Q_D} = 0,08$ cho cấu kiện đúc sẵn và $COV_{Q_D} = 0,10$ cho cấu kiện thi công tại chỗ, và lấy $COV_{Q_L} = 0,18$.

Chỉ số β_T thể hiện xác suất xảy ra phá hủy do tải trọng vượt quá sức kháng. Các giá trị của β_T áp dụng cho móng cọc thấp hơn so với các loại móng khác vì cọc thường được bố trí theo nhóm nên luôn có sự phân bố lại tải trọng giữa các cọc. Các nghiên cứu cho thấy đối với cọc đóng nằm trong nhóm cọc có thể lấy $\beta_T = 2,0 \div 2,5$ tương ứng với xác suất vượt quá $0,1 \div 0,01$ khi thiết kế theo phương pháp ứng suất cho phép. Giá trị cao hơn được khuyến cáo áp dụng cho móng có 1 cọc, khi đó nên lấy $\beta_T = 2,5 \div 3,5$. Giá trị đặc trưng của β_T được thể hiện trong bảng 1. Mức độ ảnh hưởng của β_T đối với hệ số sức kháng được khảo sát ở mục 3.3.

Bảng 1. Giá trị đặc trưng của β_T (Theo Barker, et al., 1991)

Loại móng	Móng nông	Cọc nhồi	Cọc đóng bố trí trong nhóm
β_T	3,0 ÷ 3,5	2,5 ÷ 3,0	2,0 ÷ 2,5

3. Đánh giá hệ số sức kháng tương ứng với một số phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc trong điều kiện Việt Nam

Việc đánh giá hệ số sức kháng được thực hiện qua các bước:

- Thu thập kết quả thí nghiệm gia tải cọc và các số liệu về điều kiện địa chất công trình có liên quan;
- Tính toán dự báo sức chịu tải giới hạn của cọc;
- Xử lý thống kê các số liệu dự báo sức chịu tải và số liệu thí nghiệm;
- Xác định một số thông số cần thiết để tính toán hệ số ϕ theo công thức (2);
- Đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố đối với hệ số sức kháng.

3.1 Số liệu thí nghiệm cọc

Việc đánh giá hệ số sức kháng được thực hiện trên cơ sở các số liệu thu được từ thí nghiệm nén tĩnh 27 cây cọc tại 7 hiện trường^[5, 7] trong phạm vi cả nước. Các cọc thí nghiệm được thi công bằng phương pháp đóng hoặc ép và sức chịu tải chủ yếu do ma sát bên và sức chống dưới mũi trong các lớp đất rời (bùn, cát hoặc sạn sỏi). Cọc được nén tĩnh tới 200 - 300 % tải trọng thiết kế sau thời gian “nghỉ” được quy định trong TCXDVN 269:2002 nhưng đều chưa đạt tới sức chịu tải giới hạn. Ở đây đã áp dụng phương pháp ngoại suy đường cong quan hệ tải trọng – độ lún của cọc, từ đó xác định tải trọng giới hạn ứng với độ lún $S = 10 \%D$, trong đó D là bề rộng tiết diện cọc. Sức chịu tải giới hạn xác định theo tiêu chí trên được tổng hợp trong bảng 2.

3.2 Tính toán sức chịu tải của cọc

Sức chịu tải của cọc được dự tính theo hai phương pháp được cho trong tiêu chuẩn thiết kế móng cọc hiện hành. Trong phương pháp thứ nhất, sức chịu tải được tính toán dựa trên tương quan thực nghiệm giữa chỉ số xuyên tiêu chuẩn (SPT) và sức kháng của đất nền theo công thức C.2.2 của TCXD 205:1998^[1]. Trong tính toán không áp dụng hệ số 1/3, do đó kết quả tính toán là sức chịu tải giới hạn của cọc. Trong phương pháp thứ 2, sức chịu tải được tính toán theo công thức A.4 của TCXD 205:1998 bằng cách tra bảng. Kết quả tính toán theo phương pháp này là sức chịu tải tiêu chuẩn (thông thường được coi là tải trọng ứng với độ lún bằng 10 % độ lún cho phép của kết cấu) và tải trọng này thường thấp hơn sức chịu tải giới hạn. Hệ số sức kháng ứng với kết quả tính toán theo phương pháp 2 được sử dụng để tham khảo. Các kết quả dự tính sức chịu tải được trình bày trong bảng 2.

3.3 Tính toán hệ số sức kháng

Trong tính toán hệ số sức kháng theo công thức (2), các tham số sau đây đã được lấy theo giá trị được tổ chức AASHTO áp dụng và các giá trị này được giữ không đổi:

$$\lambda_R = 1,0 \quad COV_{QD} = 0,10 \quad \gamma_D = 1,25 \quad \gamma_L = 1,75 \quad \lambda_{QD} = 1.05 \quad \lambda_{QL} = 1,15$$

Trong các phân tích sau đây cũng giả thiết là sức chịu tải của cọc được kiểm soát chặt chẽ bằng thí nghiệm hiện trường, do đó hệ số λ_v để điều chỉnh sức kháng được lấy bằng đơn vị ($\lambda_v=1$).

Ảnh hưởng của chỉ số tin cậy mục tiêu β_T và của chiều dài nhịp L đối với hệ số sức kháng được khảo sát bằng cách thay đổi giá trị của chúng trong phạm vi thường gặp trong thực tế. Kết quả tính toán hệ số sức kháng và khảo sát ảnh hưởng của β_T được trình bày trên Hình 1. Hình 2 thể hiện quan hệ giữa hệ số sức kháng và chiều dài nhịp cầu.

Có thể nhận xét về các kết quả tính toán hệ số sức kháng:

- Hệ số sức kháng ứng với công thức tính toán sức chịu tải từ số liệu SPT theo công thức C.2.2 của TCVN 205:1998 là $\phi = 0,47$, xấp xỉ giá trị $\phi = 0,45$ được khuyến cáo trong AASHTO LRFD;

- Hệ số sức kháng xác định cho kết quả tính toán bằng phương pháp tra bảng của TCVN 205:1998 cũng khá cao, với $\phi = 0,42$ khi $\beta_T = 2,5$;

- Chỉ số tin cậy mục tiêu β_T có ảnh hưởng mạnh đối với hệ số sức kháng. Đối với cả 2 phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc, hệ số sức kháng giảm xuống còn khoảng 50 % khi β_T tăng từ 2,0 lên 3,5. Điều này cho thấy việc lựa chọn xác suất xảy ra phá hủy do tải trọng vượt quá sức kháng có ảnh hưởng rất lớn đối với hệ số sức kháng của cọc và qua đó ảnh hưởng đến chi phí của móng công trình. Vì vậy việc bổ sung các khuyến cáo về điều chỉnh hệ số sức kháng theo số lượng và tầm quan trọng của cọc trong nhóm nên được quan tâm nghiên cứu;

- Mức độ ảnh hưởng của chiều dài nhịp cầu là không nhiều. Ví dụ khi chiều dài nhịp tăng từ 12,5 m lên 38 m thì hệ số sức kháng chỉ giảm 6 %;

- Vì số lượng kết quả thí nghiệm sử dụng trong các phân tích nêu trên còn hạn chế nên cần thu thập thêm số liệu để có thể xác định chính xác hơn hệ số sức kháng tương ứng với các phương pháp tính toán áp dụng trong thực tiễn.

4. Kết luận và kiến nghị

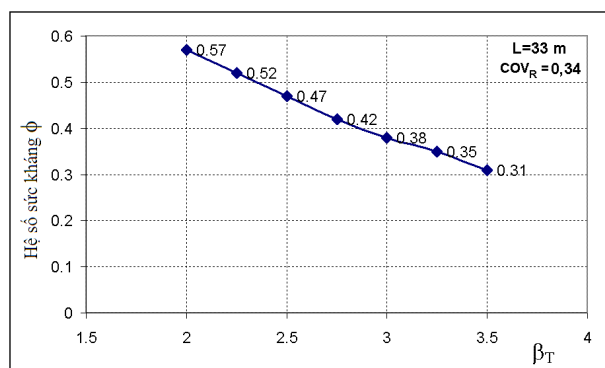
Kết quả phân tích các số liệu tính toán và thực nghiệm về sức chịu tải của cọc trình bày trong bài viết này cho thấy có thể áp dụng các phương pháp tính toán truyền thống của TCXD 205:1998 trong thiết kế móng cầu theo tiêu chuẩn 22 TCN 272-05 (chuyển dịch từ AASHTO LRFD).

Các kết quả phân tích cũng cho thấy chỉ số tin cậy mục tiêu β_T có ảnh hưởng mạnh đối với hệ số sức kháng trong khi mức độ ảnh hưởng của chiều dài nhịp cầu là nhỏ.

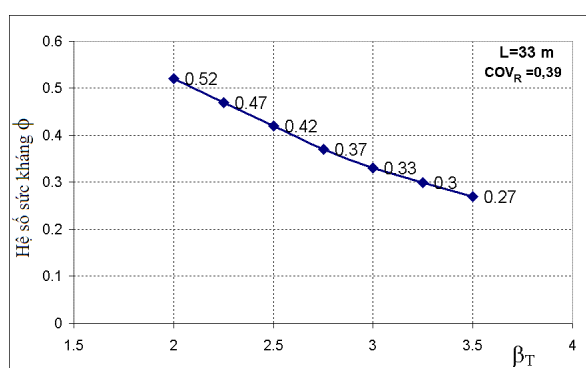
Vì khối lượng số liệu đượ tập hợp và phân tích còn hạn chế, cần thu thập thêm số liệu và áp dụng chặt chẽ phương pháp xử lý thống kê để có thể xác định hệ số sức kháng áp dụng trong thực tế. Các nghiên cứu theo hướng này cũng nên được thực hiện cho các phương pháp tính toán khác và cho các loại cọc khác (ví dụ cọc khoan nhồi) trong điều kiện Việt Nam.

Bảng 2. Thông tin chung về các cọc thí nghiệm và sức chịu tải tương ứng

STT	Chiều dài (m)	Tiết diện (cm)	Lớp tựa cọc	Sức chịu tải tính toán (T)		Sức chịu tải xác định từ nén tĩnh (T)
				Phương pháp 1 (TC Nhật)	Phương pháp 3 (Tra bảng)	
1	42,15	40	Cát nhô-trung	276.0	181.9	198.0
2	39,47	40	Cát nhô	243.0	143.9	192.0
3	39,45	40	Cát nhô	354.0	134.8	237.0
4	41,77	40	Cát nhô-trung	255.0	146.5	259.0
5	40,19	40	Cát nhô-trung	252.6	158.9	202.0
6	40,1	40	Cát nhô-trung	227.7	147.2	225.0
7	38,86	40	Cát nhô-trung	140.1	138.0	192.0
8	39,54	40	Cát nhô	279.9	163.9	225.0
9	39,3	40	Sét nửa cứng	365.7	156.8	208.0
10	38,8	40	Cát chặt vừa	279.9	102.9	174.0
11	43	35	Cát nhô	330.0	128.3	177.0
12	43	35	Cát nhô	341.7	119.1	187.0
13	43	35	Cát nhô	334.2	122.1	169.0
14	21,8	25	Cát nhô	96.18	40.6	72.0
15	21,5	30	Cát nhô	131.1	67.3	162.0
16	21	30	Cát nhô	70.5	74.9	157.0
17	19	35	Cát trung	203.1	158.2	202.0
18	13	35	Cát nhô	159.5	99.0	166.0
19	42.7	40	Cát trung	368	354	325
20	43.1	40	Cát trung	393	364	320
21	43.6	40	Cát trung	512	378	313
22	43.7	40	Cát trung	496	401	335
23	22	30	Cát nhô	160	150	164
24	44.2	40	Cát trung	516	379	340
25	44.5	40	Cát trung	487	337	330
26	41.65	40	Cát trung	474	353	370
27	36.2	40	Cát trung	287	354	325

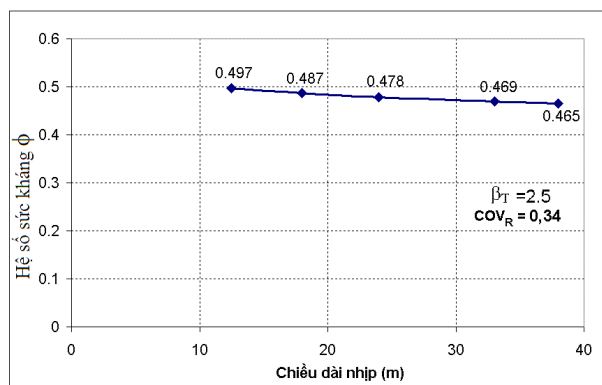


(a) Tính theo số liệu SPT

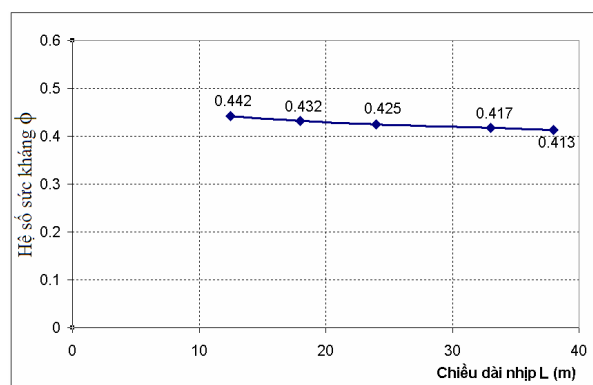


(b) Tính theo phương pháp tra bảng

Hình 1. Quan hệ giữa hệ số sức kháng và chỉ số tin cậy mục tiêu β_T



(a) Tính theo số liệu SPT



(b) Tính theo phương pháp tra bảng

Hình 2. Quan hệ giữa hệ số sức kháng và chiều dài nhíp L

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCXD 205:1998, "Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế".
2. 22 TCN 272-05, "Tiêu chuẩn thiết kế cầu".
3. Federal Highway Administration, "Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Highway Bridge Substructures - Reference Manual and Participant Workbook", *Publication No. FHWA HI-98-032, 2001*.
4. Transportation Research Board, "Calibration to Determine Load and Resistance Factors for Geotechnical and Structural Design", *Washington D.C, 2005*.
5. Viện KHCN Xây dựng - Báo cáo kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc tại một số công trình xây dựng.
6. TRỊNH VIỆT CƯỜNG, ĐẶNG THỊ THANH THÙY, "Đánh giá hệ số sức kháng cho một số phương pháp dự báo sức chịu tải của cọc dịch chuyển lớn trong điều kiện đất nền Việt Nam", *Tuyển tập báo cáo - Hội nghị khoa học Viện KHCN Giao thông vận tải, Hà Nội, 2011*.
7. BÙI ĐỨC LÂM, Báo cáo tổng kết đề tài "Lựa chọn phương pháp dự báo sức chịu tải của cọc ma sát phù hợp với điều kiện Việt Nam", *Bộ Xây dựng, 2009*.
8. ĐẶNG THỊ THANH THÙY, "Phương pháp hệ số tải trọng và sức kháng trong thiết kế cọc chịu tải trọng dọc trục", *Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, ĐH Kiến trúc Hà Nội, 2011*.
9. S. YOON et al, "LRFD calibration of axially-loaded concrete piles driven into soft soils", *Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C, 2008*.