

So sánh tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc từ kết quả thí nghiệm trong phòng và từ kết quả thí nghiệm xuyên hiện trường (SPT, CPT)

Compare the calculations of the load-bearing capacity of a pile from laboratory results and field test results (SPT, CPT)

Võ Thị Thư Hương

Tóm tắt

Khi sử dụng các kết quả thí nghiệm khác nhau để tính toán sức chịu tải của cọc sẽ nhận được kết quả khác nhau. Trên cơ sở phân tích các kết quả tính toán, bài báo sẽ làm rõ các yếu tố ảnh hưởng tới các kết quả tính từ các kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT, xuyên tiêu chuẩn SPT và thí nghiệm trong phòng theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014. Từ đó bàn luận việc lựa chọn kết quả tính sức chịu tải của cọc hợp lý.

Từ khóa: Sức chịu tải của cọc, kết quả thí nghiệm trong phòng, kết quả thí nghiệm xuyên

Abstract

When using the different experimental results to calculate the load capacity of the pile, different results usually receive results. Therefore, based on the analysis of calculation examples, the paper will analyze the factors that influence the results of static CPT, standard penetration test SPT and laboratory results according to TCVN10304:2014. From there discussing the reasonable selection of calculation results of pile bearing capacity.

Key words: Pile bearing capacity, laboratory results, field test results

1. Đặt vấn đề

Sức chịu tải cực hạn của cọc xác định bằng tính toán P_c là giá trị nhỏ nhất giữa kết quả tính theo đất nền (P_{dn}) với kết quả tính theo vật liệu (P_{vl}).

Trong đó, sức chịu tải tính theo đất nền là khả năng chịu tải của sức kháng thành f_s và sức kháng mũi cọc f_m . Nếu cọc có thiết diện không đổi theo chiều dài cọc thì sức chịu tải của cọc theo đất nền được mô tả bằng biểu thức:

$$P_{dn} = A_p \cdot f_m + U \cdot f_s \cdot L \quad (1)$$

Trong đó A_p : Diện tích mặt cắt ngang của cọc

f_m : Sức kháng mũi đơn vị

U : Chu vi mặt cắt ngang cọc

L : chiều dài đoạn cọc nằm trong nền dưới đài cọc

f_s : Sức kháng thành đơn vị

Khi chọn cọc có cùng chiều dài, kích thước tiết diện, hình dạng cọc tức là cùng A_p , U , L mà sử dụng các phương pháp khác nhau để tính sức chịu tải của cọc thì các giá trị f_m , f_t sẽ khác nhau. Do đó sức chịu tải của cọc theo đất nền P_{dn} sẽ khác nhau. Trong khi thiết kế chỉ chấp nhận một kết quả tính. Vì vậy việc lựa chọn sức chịu tải của cọc để đưa vào tính toán cần được xem xét sao cho đó là một giá trị hợp lý nhất.

2. Cơ sở tính toán

2.1. Các phương pháp tính toán

Hiện nay có những phương pháp khác nhau xác định sức chịu tải của cọc theo độ bền nền đất và được quy định cụ thể trong Tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam về thiết kế móng cọc TCVN 10304:2014, các tiêu chuẩn ngành TCXD 205:1998 và TCXD 195:1997 hoặc trong các tiêu chuẩn nước ngoài như AASHTO LRFD nhưng có thể chia ra làm 2 loại tính toán là:

- Tính toán sức chịu tải của cọc dựa vào kết quả thí nghiệm trong phòng;
- Tính toán sức chịu tải của cọc dựa vào kết quả thí nghiệm xuyên hiện trường (Thí nghiệm xuyên tĩnh – CPT, xuyên tiêu chuẩn – SPT);

Bài báo chỉ phân tích các vấn đề của tính toán sức chịu tải cực hạn R_{cu} của cọc trong tiêu chuẩn TCVN10304:2014, để làm cơ sở lựa chọn hợp lý kết quả tính cho thiết kế nền móng.

2.2. Tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc bê tông cốt thép chế tạo sẵn theo các phương pháp trong TCVN10304:2014

2.2.1. Phương pháp tính theo kết quả thí nghiệm trong phòng

$$R_{c,u} = \gamma_c (\gamma_{cq} q_b A_b + u \sum \gamma_{cf} f_i l_i) \quad (2)$$

Trong đó:

γ_c : là hệ số điều kiện làm việc của cọc trong đất, $\gamma_c = 1$;

q_b : là cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc, lấy theo bảng tra phụ thuộc vào thành phần hạt và trạng thái của đất – Bảng 2 trang 23 của tiêu chuẩn;

f_i : là cường độ sức kháng trung bình của lớp đất thứ "i" trên thân cọc, lấy theo bảng phụ thuộc vào thành phần hạt và trạng thái của đất – Bảng 3 trang 25 của tiêu chuẩn;

γ_{cq} và γ_{cf} tương ứng là các hệ số điều kiện làm việc của đất dưới mũi và trên thân cọc có xét đến ảnh hưởng của phương pháp hạ cọc đến sức kháng của đất lấy theo bảng phụ thuộc vào hình dạng cọc, phương pháp thi công và loại đất mà cọc đi qua.

ThS. Võ Thị Thư Hương

Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Xây dựng

ĐT: 0912774874

Email: Vothaohuong@gmail.com

Ngày nhận bài: 27/4/2020

Ngày sửa bài: 27/5/2020

Ngày duyệt đăng: 18/11/2021

Như vậy, tính toán sức chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm trong phòng là dựa thành phần hạt và độ chặt của đất rời, chỉ số dẻo và độ sệt của đất dính.

2.2.2. Phương pháp tính theo kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT.

$$R_{c,u} = q_b A_b + u \sum f_{s,i} \quad (3)$$

Trong đó:

q_b : cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc lấy theo kết quả xuyên tại điểm thí nghiệm;

f_i : trị trung bình cường độ sức kháng của lớp đất thứ "i" đất trên thân cọc lấy theo kết quả xuyên;

l_i : chiều dài đoạn cọc nằm trong lớp đất thứ "i";

u : chu vi tiết diện ngang thân cọc.

Giá trị q_b được xác định theo công thức:

$$q_b = \beta_1 q_c \quad (4)$$

Trong đó:

β_1 : hệ số chuyển đổi từ q_c sang q_b , không phụ thuộc vào loại hình mũi xuyên, lấy theo Bảng 14 TCVN 10304:2014;

q_c : trị trung bình sức kháng của đất dưới mũi xuyên, lấy theo kết quả thí nghiệm. Giá trị q_c được lấy trong phạm vi bề dày 1d trở lên và 4d trở xuống kể từ cao trình mũi cọc thiết kế (d bằng đường kính cọc tròn hay cạnh cọc vuông hoặc bằng cạnh dài của cọc có mặt cắt ngang hình chữ nhật).

Trị trung bình sức kháng trên thân cọc f được xác định:

– Khi dùng xuyên loại I:

$$f = \beta_2 f_s \quad (5)$$

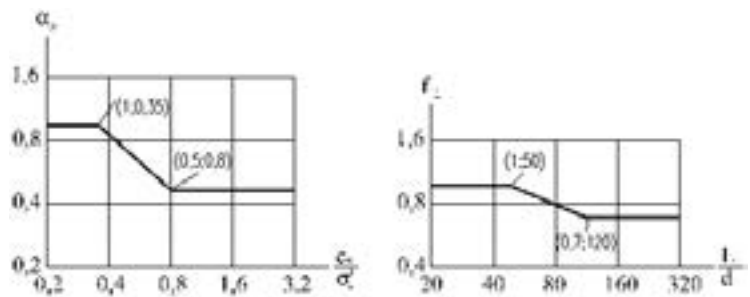
– Khi dùng xuyên loại II:

$$f = \frac{\sum \beta_i f_{s,i} l_i}{\sum l_i} \quad (6)$$

Trong đó:

β_2, β_i : các hệ số lấy theo Bảng 14;

f_s : giá trị trung bình cường độ sức kháng của đất trên ống ma sát của mũi xuyên. Giá trị f_s xác định bằng thương số giữa tổng sức kháng của đất trên thân xuyên với diện tích bề mặt trong phạm vi chiều sâu kể từ mặt đất tại điểm xuyên tới



Hình 1: Biểu đồ xác định hệ số α_p và f_L

Bảng 1. Tên công trình, tên cọc và kích thước cọc thí nghiệm

Tên công trình	Hố khoan	Tên cọc	Tiết diện cọc (cm)	Độ sâu mũi cọc (m)
Nhà máy nhiệt điện Long Phú 1 – Công suất 2x600MW	LP1-2	TP24	50x50	38
	LP1-6	TP12	50x50	38
	LP1-3	TP20	35x35	32

cao độ mũi cọc nằm trong lớp đất thiết kế chịu lực;

$f_{s,i}$: cường độ sức kháng trung bình của lớp đất thứ "i" trên thân xuyên;

l_i : chiều dài đoạn cọc nằm trong lớp đất thứ "i";

2.2.3. Phương pháp tính theo kết quả SPT

Sức chịu tải cực hạn của cọc xác định theo công thức:

$$R_{cu} = q_b A_b + u \sum (f_{c,i} l_{c,i} + f_{s,i} l_{s,i}) \quad (7)$$

Trong đó:

q_b : là cường độ sức kháng đơn vị của đất dưới mũi cọc, với đất rời xác định bằng biểu thức $q_b = 300 N_p$ cho cọc ép và $q_b = 150 N_p$ cho cọc đóng, (N_p là chỉ số SPT trung bình trong khoảng 1d dưới và 4d trên mũi cọc), với mũi cọc nằm trong đất dính $q_b = 9C_u$ cho cọc đóng và $q_b = 6C_u$ cho cọc khoan nhồi.

$f_{s,i}$: là cường độ sức kháng đơn vị của đất thành cọc trong đất rời ở lớp thứ i xác định bởi biểu thức (8)

$$f_{s,i} = \frac{10 \cdot N_{s,i}}{3} \quad (8)$$

$f_{c,i}$: là cường độ sức kháng đơn vị của đất thành cọc trong đất dính ở lớp thứ i xác định bởi biểu thức (9)

$$f_{c,i} = \alpha_p f_L C_{u,i} \quad (9)$$

Trong biểu thức (9):

f_L : hệ số điều chỉnh theo độ mảnh của cọc (L/D);

$C_{u,i}$: lực dính đơn vị của đất ở lớp thứ i, xác định theo nén 1 trục hoặc theo N : $C_u = 6.25N$ kPa

α_p hệ số điều chỉnh cho cọc đóng, phụ thuộc vào tỷ lệ giữa sức kháng cắt không thoát nước của đất với trị số trung bình của ứng suất pháp hiệu quả thẳng đứng, xác định theo biểu đồ.

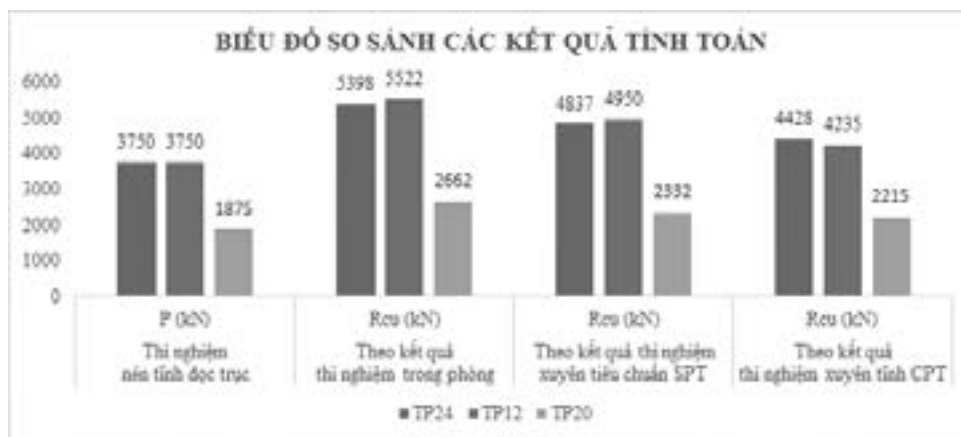
l_i : chiều dài đoạn cọc nằm trong lớp đất thứ "i";

Bảng 2. Địa tầng và kết quả thí nghiệm hiện trường các lớp đất

Hố khoan	STT	Tên lớp đất	h_i (m)	$\gamma_{w,i}$ (kN/m ³)	$\gamma_{dn,i}$ (kN/m ³)	$l_{L,i}$	$q_{c,i}$ (kPa)	N_{30}
LP1-2	1	Cát	2	18,79	9,33		7628	0
	2	Sét, xám vàng	1	18,16	8,54	0,4	373	2
	3	Sét, xám đen, dẻo chảy	13,7	16,05	6,16	0,98	339	2
	4	Sét, vàng nâu, cứng	21,3	19,43	9,59	0,24	3346	18
LP1-6	1	Cát	2,5	18,79	9,33		9340	0
	2	Sét, xám vàng	1,5	18,16	8,54	0,4	460,8	2
	3	Sét, xám đen, dẻo chảy	12	16,05	6,16	0,98	346,6	2
	4	Sét, vàng nâu, cứng	22	19,43	9,59	0,24	3032	18
LP1-3	1	Cát	2,5	18,79	9,33		7528	0
	2	Sét, xám vàng	1	18,16	8,54	0,4	380	2
	3	Sét, xám đen, dẻo chảy	13	16,05	6,16	0,98	380,8	2
	4	Sét, vàng nâu, cứng	15,5	19,43	9,59	0,24	3068	18

Bảng 3. Bảng tổng hợp kết quả tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc

STT	Tên cọc	Sức chịu tải cọc						
		Theo kết quả nén tĩnh cọc (kN)	Theo kết quả thí nghiệm trong phòng (kN)	Theo kết quả thí nghiệm trong phòng (%)	Theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT (kN)	Theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT (%)	Theo kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT (kN)	Theo kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT (%)
1	TP24	3750	5398	143,96%	4837	128,99%	4428	118,08%
2	TP12	3750	5522	147,26%	4950	132,0%	4235	112,93%
3	TP20	1875	2662	141,97%	2332	124,37%	2215	118,13%



Hình 2. Biểu đồ so sánh kết quả tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc

A_p : diện tích cọc tựa lên đất, lấy bằng diện tích tiết diện ngang mũi cọc đặc, cọc ống có bịt mũi; bằng diện tích tiết diện ngang lớn nhất của phần cọc được mở rộng và bằng diện tích tiết diện ngang không kể lõi của cọc ống không bịt mũi.

u: chu vi tiết diện ngang thân cọc;

Như vậy, nếu tính toán khả năng chịu lực của cọc theo kết quả SPT theo hướng dẫn của TCVN 10304:2014, thì ngoài giá trị SPT, cần có các chỉ tiêu: khối lượng thể tích, thành phần hạt, chỉ số dẻo của đất ...

3. So sánh tính toán sức chịu tải của cọc theo các phương pháp thường dùng

Khảo sát tính toán sức chịu tải của 3 cọc thí nghiệm thử tải hiện trường với đầy đủ kết quả khảo sát đất nền theo thí nghiệm xuyên tĩnh và xuyên tiêu chuẩn được mô tả ở Bảng 1 và Bảng 2 phía dưới.

Hình 2 và Bảng 3 thể hiện biểu đồ, bảng so sánh kết quả tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc khi tính theo kết quả thí nghiệm trong phòng và kết quả thí nghiệm xuyên hiện trường bao gồm cả thí nghiệm CPT và SPT và sức chịu tải cọc từ thí nghiệm nén tĩnh. Kết quả phân tích cho thấy:

Sức chịu tải cực hạn khi tính toán theo kết quả thí nghiệm trong phòng là lớn nhất, kết quả khảo sát qua 3 ví dụ cho thấy sức chịu tải theo tính toán lý thuyết lớn hơn từ 41,9 % tới 47,26% so với tải trọng thí nghiệm.

Sức chịu tải cực hạn khi tính toán theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT cho kết quả lớn hơn từ 24,37 tới 32% so với tải trọng thí nghiệm.

Sức chịu tải cực hạn khi tính toán theo kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT cho kết quả lớn hơn từ 12,93-18,13% so với tải trọng thí nghiệm.

Điều này chứng tỏ xác định sức chịu tải của cọc từ kết

quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT cho kết quả sát nhất với kết quả thí nghiệm thử tải hiện trường. Kết luận này một lần nữa khẳng định với việc sử dụng kết quả xuyên tĩnh (CPT) trong việc phân tích tính toán bài toán sức chịu tải của cọc là có độ tin cậy cao.

4. Kết luận

Sức chịu tải cực hạn của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm trong phòng và thí nghiệm xuyên ngoài hiện trường cho các kết quả khác nhau. Kết quả tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc từ kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT gần với sức chịu tải theo kết quả nén tĩnh cọc nhất.

Do đó, việc lựa chọn sử dụng kết quả tính toán sức chịu tải của cọc trong thiết kế cần được xem xét ở nhiều khía cạnh, trong đó nên xem xét mức độ chính xác của kết quả tính bằng CPT là cao nhất, bằng chỉ tiêu cơ lý là thấp nhất.

Sức chịu tải cho phép của cọc tùy thuộc vào kết quả tính được lấy từ kết quả thí nghiệm trong phòng hay kết quả thí nghiệm xuyên ngoài hiện trường. Việc lựa chọn hệ số an toàn hợp lý là hết sức cần thiết để phù hợp với hệ thống tiêu chuẩn cũng như thí nghiệm sức chịu tải cọc thực tế ngoài hiện trường./.

Tài liệu tham khảo

1. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN10304:2014. Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế.
2. Tiêu chuẩn xây dựng TCXD 205:1998. Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế.
3. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXD 197:1997 về nhà cao tầng – thi công cọc khoan nhồi.
4. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9351:2012. Đất xây dựng – phương pháp thí nghiệm hiện trường – thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT.
5. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9352:2012. Đất xây dựng – phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.
6. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9393:2012. Cọc – phương pháp thí nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.
7. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9846:2013. Quy trình thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng (CPTu).
8. Nguyễn Ngọc Thanh, Nguyễn Tiến Dũng (2019) Bài báo bàn luận về phương pháp xác định sức chịu tải dọc trục của cọc đơn theo kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh, Tạp chí xây dựng;