Xác định sức chịu tải cọc BTCT đúc sẵn theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 và so sánh với kết quả nén tĩnh hiện trường

Determination of bearing capacity for reinforced concrete piles according to standard of TCVN 10304:2014 and comparison with in situ static loading test

Đoàn Văn Đẹt[1,*] và Đinh Hoài Luân[2]

[1]Trung tâm thí nghiệm Xây dựng và Môi trường, Trường ĐHXD Miền Tây;
[2]Khoa Kỹ thuật hạ tầng - Đô thị, Trường ĐHXD Miền Tây.
[*]Tác giả liên hệ: doanvandet@mtu.edu.vn

■Nhận bài: 16/04/2025 ■Sửa bài: 08/05/2025 ■Duyệt đăng: 19/07/2025

TÓM TẮT

Bài viết trình bày kết quả tính toán sức chịu tải tới hạn theo lý thuyết của cọc bê tông cốt thép đúc sẵn theo các phương pháp khác nhau trong tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 (R_{cu}) và so sánh với kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường. Nghiên cứu được tiến hành thông qua việc tính toán sức chịu tải cọc trong ba điều kiện địa chất khác nhau, gồm: cọc chỉ xuyên qua 2 lớp đất (sét - cát; sét - sét) và cọc xuyên qua nhiều lớp đất khác nhau. Kết quả tính toán sau đó được so sánh với kết quả thực nghiệm từ thí nghiệm nén tĩnh hiện trường (R_{ht}). Kết quả cho thấy, trường hợp cọc nằm hoàn toàn trong lớp sét yếu bão hòa sức chịu tải theo các phương pháp lý thuyết cho kết quả kém chính xác. Các trường hợp khác sức chịu tải theo phương pháp thống kê cho giá trị lớn hơn sức chịu tải tới hạn, trong khi phương pháp xác định theo chỉ tiêu cường độ cho kết quả thấp hơn. Ngoài ra phương pháp tính theo chỉ số SPT cho kết quả khá tương đồng với thử tĩnh trong trường hợp nền 2 lớp sét - cát.

Từ khóa: *Sức chịu tải cọc; TCVN 10304: 2014; TCVN 9393:2012; thí nghiệm nén tĩnh cọc; xuyên tiêu chuẩn SPT*

ABSTRACT

This paper presented the theoretical ultimate bearing capacity of reinforced concrete piles using three different methods in TCVN 10304:2014 and comparing with that obtained from in situ static loading test. The study was carried out by predicting the capacity of single piles with three different geological conditions, including: piles penetrating only two soil layers (clay - clay; clay - sand), and piles penetrating into various soil layers. The results were then compared with the experimental results from the in situ static loading test. As a result, it is recommended that theoretical methods could not be used to predict bearing capacity in case of piles embedded in soft soil layers. In addition, the tableted method over - predicted capacity of piles, whereas soil mechanic method provided a lower than that of obtaining from in situ static loading test. Furthermore, the result from the SPT value method conferred a similar to that of attained from static loading test in case pile embedded in two layers: clay-sand.

Keywords: *Bearing capacity of piles; standard of TCVN 10304:2014; standard of TCVN 9393:2012; in situ static loading test; Standard Penetration Test*

1. GIỚI THIỆU

Móng cọc bê tông cốt thép (BTCT) được xem là một giải pháp nền móng hợp lý đối với những công trình có tải trọng vừa và lớn nằm trên nền đất yếu. Bên cạnh độ lún, sức chịu tải là một thông số quan trọng trong tính toán thiết kế móng cọc. Do đó, sức chịu tải cọc là chủ đề quan tâm của các nhà khoa học trên thế giới. Sức chịu tải của cọc đơn theo điều kiện đất nền bao gồm sức kháng do ma sát dọc theo thân cọc và sức kháng của đất

nền ở mũi cọc. Việc dự đoán sức chịu tải của cọc được dựa vào 2 nhóm thí nghiệm: 1) thí nghiệm trong phòng xác định các đặc trưng cơ - lý của đất nền, 2) nhóm dựa vào các thông số của đất nền từ thí nghiệm hiện trường. Đối với nhóm thứ nhất, sức chịu tải của cọc được xác định thông qua các đặc trưng về trạng thái như độ sệt (đối với đất dính), độ chặt tương đối (đối với đất rời), và các đặc trưng chống cắt của đất như lực dính và góc ma sát trong. Đối với nhóm thí nghiệm hiện trường, sức chịu tải của cọc được xác định thông qua các thí nghiệm hiện trường phổ biến như: thí nghiệm xuyên tĩnh CPT (Cone Penetration Test), xuyên động tiêu chuẩn SPT (Standard Penetration Test), thử động biến dạng lớn PDA (Pile Dynamic Analysis), và thử tĩnh bằng tải trọng ép dọc trục.

Hiện tại, sức chịu tải của cọc đơn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 [1]. Đối với cọc bê tông cốt thép đúc sẵn, việc dự đoán sức chịu tải của cọc theo điều kiện đất nền được thực hiện theo hướng dẫn tại Mục 7.2.2.1 và Phụ lục G của tiêu chuẩn. Theo đó, sức chịu tải của cọc theo điều kiện đất nền được xác định bằng 3 phương pháp, gồm: phương pháp thống kê (hay còn gọi là phương pháp tra bảng), phương pháp tính toán theo chỉ tiêu cường độ, và phương pháp tính toán theo thí nghiệm xuyên động tiêu chuẩn SPT. Tuy vậy, sức chịu tải của cọc theo các phương pháp này chỉ là dự đoán, sức chịu tải chính xác sẽ được xác định bằng phương pháp nén thử tĩnh hiện trường, được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 9393:2012 [2]. Đây được xem là phương pháp dự đoán sức chịu tải chính xác nhất trong các phương pháp trên. Trong thiết kế móng cọc, sức chịu tải cọc đơn được xác định thông qua các phương pháp lý thuyết và được kiểm tra bằng phương pháp thử tĩnh với số lượng 1% hoặc 2 cọc. Thông thường sức chịu tải cọc được thí nghiệm thông qua phương pháp thử tĩnh nhằm kiểm tra với tải trọng thí nghiệm tối đa từ 2 – 3 lần tải trọng thiết kế. Rất ít trường hợp thí nghiệm nén thử tĩnh cọc đến tải trọng phá hoại. Do đó, dữ liệu về sức chịu tải tới hạn của cọc từ phương pháp thử tĩnh rất hạn chế. Cho nên dữ liệu sánh sức chịu tải của cọc từ các phương pháp lý thuyết với sức chịu tải tới hạn từ thử tĩnh còn hạn chế.

Bài viết này sẽ trình bày sức chịu tải cọc đơn được xác định từ lý thuyết trong tiêu chuẩn hiện hành TCVN 10304:2014 trong các điều kiện địa chất phổ biến ở vùng ĐBSCL và so sánh với sức chịu tải cực hạn được xác định từ thí nghiệm nén tĩnh hiện trường. Kết quả sau đó được tổng hợp, phân tích và thảo luận.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng phương pháp toán học: tính toán bằng các công thức lý thuyết kết hợp với thực nghiệm. Trong đó sức chịu tải cọc đơn được xác định từ lý thuyết theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014. Sức chịu tải tới hạn cọc được xác định từ phương pháp thực nghiệm thông qua thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường theo tiêu chuẩn TCVN 9393:2012. Trong thí nghiệm này, cọc được gia tải đến tải trọng tới hạn (là tải trọng ứng với giá trị độ lún đầu cọc đạt 10% cạnh cọc).

3. SỨC CHỊU TẢI TỚI HẠN CỦA CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN THEO TIÊU CHUẨN TCVN 10304:2014 [1]

3.1. Phương pháp thống kê

Phương pháp này còn gọi là phương pháp tra bảng. Theo đó sức kháng mũi (q_p) và sức kháng ma sát dọc theo thân cọc (f_i) được xác định bằng cách tra bảng dựa vào các chỉ tiêu trạng thái của đất nền. Sức chịu tải cọc (R_{cu}) được tính theo công thức sau:

$$R_{cu} = \gamma_c \left(\gamma_{cq} \times q_b \times A_b + u \sum \gamma_{cf} \times f_i \times l_i \right) \quad (1)$$

trong đó:

γ_c – hệ số điều kiện làm việc của cọc trong đất, $\gamma_c = 1$.

q_b – cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc, lấy theo Bảng 2 trong tiêu chuẩn.

u – chu vi tiết diện ngang cọc.

f_i – sức kháng cắt trung bình của lớp đất thứ "i" mà cọc xuyên qua, phụ thuộc vào trạng thái và chiều dài cọc. Giá trị này được tra ở Bảng 3 trong tiêu chuẩn.

A_b – diện tích mặt cắt ngang mũi cọc.

l_i – chiều dài cọc trong lớp đất thứ "i".

γ_{cq} và γ_{cf} lần lượt là các hệ số điều kiện làm việc của đất ở mũi và thân cọc có xét đến ảnh hưởng của phương pháp thi công cọc. Các hệ số này được trình bày ở Bảng 4 trong tiêu chuẩn.

3.2. Phương pháp xác định theo chỉ tiêu cường độ

Theo phương pháp này, sức chịu tải cọc được xác định thông qua sức chống cắt của đất nền (c, φ) và trọng lượng riêng. Giá trị sức chịu tải tới hạn của cọc (R_{cu}) được xác định theo công thức sau:

$$R_{cu} = q_b \times A_b + u\sum f_i \times l_i \qquad (2)$$

trong đó:

A_b – diện tích mặt cắt ngang mũi cọc.

u – chu vi cọc.

l_i – chiều dài đoạn cọc trong lớp đất thứ i.

q_b – sức kháng cắt của đất nền ở mũi cọc, được xác định theo công thức sau:

$$q_b = c \times N_c^{'} + q_{\gamma,p}^{'} \times N_q^{'} \qquad (3)$$

Với $N_c^{'}, N_q^{'}$ – các hệ số sức chịu tải được xác định từ biểu đồ Hình 3.32 tài liệu [3].

f_i – sức kháng ma sát của đất nền xung quanh thân cọc ở lớp đất thứ i, được xác định theo công thức sau:

$$f_i = \alpha \times c_{u,i} \times k_i \times \overline{\sigma_{v,z}^{'}} \times tg\delta_i \qquad (4)$$

trong đó:

$c_{u,i}$ – sức kháng cắt không thoát nước của lớp đất dính thứ i, (kPa).

α – hệ số xét đến đặc điểm lớp đất dính và đặc điểm phương pháp thi công cọc, mức độ cố kết của đất nền trong quá trình thi công và phương pháp xác định c_u. Trường hợp không có đầy đủ những thông tin trên thì giá trị α được lấy theo biểu đồ hình G.1 của tiêu chuẩn.

k_i – hệ số áp lực ngang của đất lên cọc, phụ thuộc vào loại cọc: cọc chuyển vị (đóng, ép).

Đối với đất rời:

$$k_i = 1 - \sin\varphi_i \qquad (5)$$

Đối với đất dính:

$$k_i = 0,19 + 0,233\lg I_p \qquad (6)$$

(I_p – chỉ số dẻo của đất dính).

$\overline{\sigma_{v,z}^{'}}$ – ứng suất pháp hữu hiệu trung bình theo phương đứng của đất nền tác dụng lên cọc trong lớp đất thứ i mà cọc xuyên qua.

δ_i – góc ma sát giữa đất nền và cọc, đối với cọc bê tông cốt thép δ_i được lấy bằng góc ma sát trong của đất, $\delta_i = \varphi_i$.

3.3.Phương pháp dựa vào chỉ số xuyên tiêu chuẩn SPT (Standard Penetration Test)

Đây là công thức tính toán sức chịu tải cọc đơn của Viện kiến trúc Nhật Bản (1988). Sức chịu tải tới hạn của cọc được chia thành 2 thành phần là sức chịu tải do ma sát và sức chịu tải mũi cọc, được xác định như sau:

$$R_{cu} = R_{cs} + R_{cb} \qquad (7)$$

trong đó:

R_{cs} – sức chịu tải cực hạn do ma sát thân cọc.

R_{cb} – sức chịu tải cực hạn ở mũi cọc.

3.3.1. Sức chịu tải cực hạn do ma sát thân cọc

$$R_{cs} = u\sum\left(f_{c,i} \times l_{c,i} + f_{s,i} \times l_{s,i}\right) \qquad (8)$$

trong đó:

u – chu vi tiết diện ngang cọc, m.

$l_{s,i}$, $l_{c,i}$ – lần lượt là chiều dài đoạn cọc nằm trong lớp đất rời và lớp đất dính thứ i.

$f_{s,i}$ – sức kháng cắt trung bình của đoạn cọc nằm trong lớp đất thứ i, được xác định như sau:

Trường hợp cọc xuyên qua lớp đất dính thứ i:

$$f_{c,i} = \alpha_P \times f_L \times c_{u,i} = \alpha_P \times f_L \times 6,25 \times N_{c,i} \qquad (9)$$

Trường hợp cọc xuyên qua lớp đất rời:

$$f_{s,i} = \frac{10}{3} N_{s,i} \qquad (10)$$

Với $N_{s,i}$ là giá trị SPT trung bình trong lớp đất rời thứ i. Trường hợp $N_{s,i} > 50$ thì lấy $N_{s,i} = 50$.

α_p - hệ số được tra ở biểu đồ Hình G.2 của tiêu chuẩn.

f_L – hệ số phụ thuộc vào tỷ số L/d của cọc, được tra ở biểu đồ Hình G.2 của tiêu chuẩn.

$c_{u,i}$ – lực dính không thoát nước của đất dính, được xác định từ phương pháp thí nghiệm cắt trực tiếp hoặc nén 3 trục. Trường hợp không có số liệu, c_u có thể lấy từ thí nghiệm nén một trục không hạn chế nở hông ($c_{u,i} = q_{u,i}/2$), hoặc được lấy thông qua giá trị SPT trong đất dính: $c_{u,i} = 6{,}25\ N_{c,i}$ (kPa), với $N_{c,i}$ là số búa SPT trong đất dính.

3.3.2. Sức chịu tải mũi cực hạn

$$R_{cb} = q_b \times A_b \quad (11)$$

trong đó:

A_b – diện tích mặt cắt ngang ở mũi cọc, m^2.

q_b – sức kháng cắt của đất nền ở khu vực mũi cọc, xác định như sau:

Trường hợp mũi cọc tựa trong lớp đất rời thì $q_b = 300N_p$ (N_p là số búa SPT trung bình trong đoạn 1d dưới mũi cọc và 4d trên mũi cọc, d là đường kính của cọc tròn, hoặc cạnh của cọc vuông. Khi mũi cọc nằm trong lớp đất cát có trị số $N_p > 50$ thì lấy $N_p = 50$).

Trường hợp mũi cọc nằm trong đất dính thì $q_b = 9 \times c_u$ (kPa).

4. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH HIỆN TRƯỜNG THEO TIÊU CHUẨN TCVN 9393:2012 [2]

Đây được xem là phương pháp xác định khả năng chịu tải của cọc chính xác nhất. Các thí nghiệm loại này được thực hiện bằng cách dùng tải trọng tác dụng lên đầu cọc thông qua hệ kích thủy lực và hệ phản lực (thường sử dụng các khối đối trọng hoặc các hệ neo, hoặc cả neo và đối trọng kết hợp lại). Các kết quả về lực và chuyển vị thu được trong khi thí nghiệm là căn cứ để đánh giá, phân tích khả năng chịu tải và mối quan hệ tải trọng (lực) - chuyển vị của toàn bộ cọc sau khi đóng hoặc ép vào đất nền.

Tải trọng tới hạn của cọc theo phương pháp này là giá trị lớn nhất khi cọc phá hoại (theo điều kiện đất nền hoặc theo điều kiện vật liệu) hoặc theo chuyển vị giới hạn quy ước. Theo Quy định tại Mục 4.5.3 tiêu chuẩn TCVN 9393:2012 [2], sức chịu tải của cọc từ thí nghiệm nén tĩnh có thể được xác định theo 3 phương pháp (sức chịu tải được xác định theo các phương pháp khác nhau sẽ có giá trị khác nhau), gồm: 1) Phương pháp đồ thị: dựa vào hình dạng quan hệ tải trọng - chuyển vị, 2) Phương pháp dựa vào độ lún giới hạn, và 3) Phương pháp dựa vào tình trạng thực tế cọc thí nghiệm. Trong bài viết này, sức chịu tải tới hạn của cọc được xác định dựa theo chuyển vị tới hạn. Theo đó, tải trọng tới hạn là giá trị ứng với độ lún bằng 10% đường kính cọc tròn hoặc cạnh cọc vuông.

5. TỔNG HỢP, PHÂN TÍCH KẾT QUẢ TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC THEO CÁC PHƯƠNG PHÁP KHÁC NHAU VÀ TỪ THÍ NGHIỆM THỬ TĨNH HIỆN TRƯỜNG

5.1. Trường hợp cọc nằm trong lớp sét yếu

Ở khu vực ĐBSCL lớp đất yếu thường có bề dày đến 20m, thậm chí có nơi lên đến 50m. Tùy vào tầm quan trọng của công trình mà có thể có nhiều trường hợp sử dụng cọc có chiều dài ngắn, không được tựa vào lớp đất tốt sâu bên dưới mà phải nằm trong lớp sét yếu. Ví dụ trường hợp cọc đoạn tường chắn (đoạn 1a), thuộc Mố A, công trình cầu Từ Tải, huyện Bình Minh, tỉnh Vĩnh Long, đoạn tường này sử dụng cọc BTCT tiết diện vuông, cạnh B = 0,35m, cọc có chiều dài 23,4m nằm hoàn toàn trong lớp đất yếu. Theo kết quả báo cáo thử tĩnh cọc do Trung tâm thí nghiệm Xây dựng và Môi trường, Trường ĐHXD Miền Tây thực hiện, sức chịu tải tới hạn của cọc ứng với chuyển vị đầu cọc đạt 10% cạnh cọc là 612,4kN [4].

Theo Báo cáo khảo sát địa chất của công ty Cổ phần tư vấn và Đầu tư phát triển An Giang [5], địa tầng các lớp đất trong phạm vi tính toán sức chịu tải cọc tại khu vực Mố A, cầu Từ Tả như sau:

Lớp 1: sét, dẻo mềm.

Lớp 2a: sét, dẻo chảy.

Lớp 3a: cát mịn.

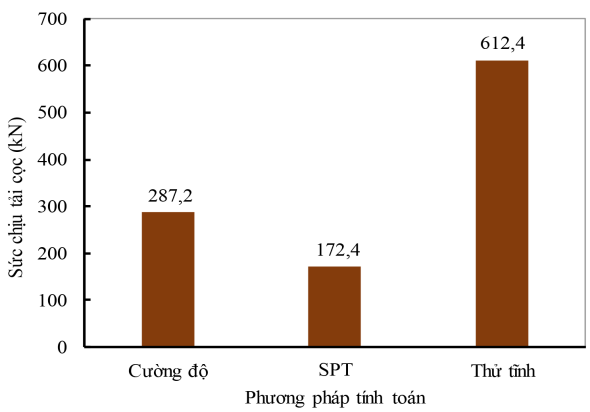
Các chỉ tiêu cơ - lý và số búa SPT được tổng hợp và trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1: Bề dày và các chỉ tiêu cơ - lý tại hố khoan Mố A cầu Từ Tải [5].

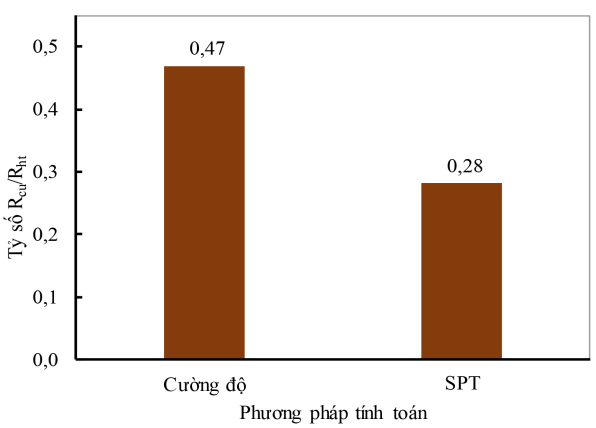
Lớp	Dày (m)	γ (kN/m³)	I_L	c (kPa)	φ (độ)	N_{SPT} (tb)
1	1,8	15,5	1,5	4	3,0	2
2a	34	16,4	1,2	7	3,3	1
3a	10	18,7	-	10	27,8	14

Mực nước ngầm nằm ở đỉnh lớp 2a.

Với chiều dài cọc 23,5m, cọc xuyên qua lớp 1 và mũi cọc tựa vào lớp 2a (độ sệt I_L = 1,2). Trong trường hợp này, phương pháp thống kê không áp dụng do sức kháng mũi của cọc theo Bảng 2 của tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 [1] chỉ tính được ứng với độ sệt $I_L \leq 0,6$. Sức chịu tải cọc theo phương pháp chỉ tiêu cường độ và phương pháp SPT được thể hiện ở Hình 1. Trên hình ta thấy sức chịu tải theo chỉ tiêu cường độ có giá trị 287,2 kN, lớn hơn so với phương pháp theo SPT, 171,8kN. Sức chịu tải theo cả 2 phương pháp đều nhỏ hơn nhiều so với kết quả thử tĩnh. Hình 2 trình bày tỷ số chênh lệch giữa sức chịu tải theo các phương pháp lý thuyết so với kết quả thử tĩnh, R_{cu}/R_{ht}. Trên hình ta thấy sức chịu tải tính theo các phương pháp chỉ bằng 0,28 đến 0,47 lần sức chịu tải tới hạn. Nguyên nhân là do ứng xử của nền sét bão hòa khi thử tĩnh khác với ứng xử của mẫu đất khi thí nghiệm sức chống cắt. Theo đó, các thí nghiệm sức chống cắt đất sét được xác định từ thí nghiệm cắt nhanh không thoát nước thông qua thí nghiệm cắt trực tiếp. Trong khi đó, đất nền xung quanh cọc khi thí nghiệm nén tĩnh có ứng xử thoát nước, với thời gian thử tĩnh là 7 ngày sau khi ép cọc, và trong quá trình gia tải thí nghiệm nén tĩnh luôn có khoảng thời gian lưu tải nhất định nên có đủ thời gian để áp lực nước lỗ rỗng thặng dư tiêu tán và đất nền được cố kết. Quá trình cố kết của nền sét bão hòa làm tăng đáng kể sức kháng cắt của nó, từ đó góp phần làm tăng sức chịu tải của đất nền. Tương tự như vậy, đối với phương pháp SPT, trường hợp cọc nằm hoàn toàn trong nền sét thì sức chịu tải của cọc cũng được tính thông qua chỉ số lực dính không thoát nước (c_u). Giá trị này được xác định từ thí nghiệm cắt trực tiếp nên cũng được xem nền có ứng xử không thoát nước, do đó sức chịu tải được tính theo phương pháp này nhỏ hơn so với kết quả thử tĩnh.



Hình 1. Sức chịu tải cọc theo lý thuyết và thử tĩnh - trường hợp cọc xuyên qua 2 lớp sét



Hình 2. So sánh sức chịu tải cọc theo lý thuyết và thử tĩnh - trường hợp cọc xuyên qua 2 lớp sét

5.2. Trường hợp cọc xuyên qua 2 lớp sét - cát.

Với kiến tạo địa chất ở vùng ĐBSCL, trường hợp lớp cát dày nằm bên dưới lớp đất yếu khá phổ biến. Điều kiện địa chất ở Trung tâm Hành chính huyện Bình Tân, tỉnh Vĩnh Long là một trong những trường hợp điển hình của dạng kiến tạo địa tầng nêu trên. Trong phạm vi tính toán sức chịu tải cọc, đất nền gồm 3 lớp:

Lớp 1: sét bụi, trạng thái chảy.

Lớp 2: cát mịn, trạng thái chặt vừa.

Lớp 3: cát kẹp bùn sét, trạng thái chảy.

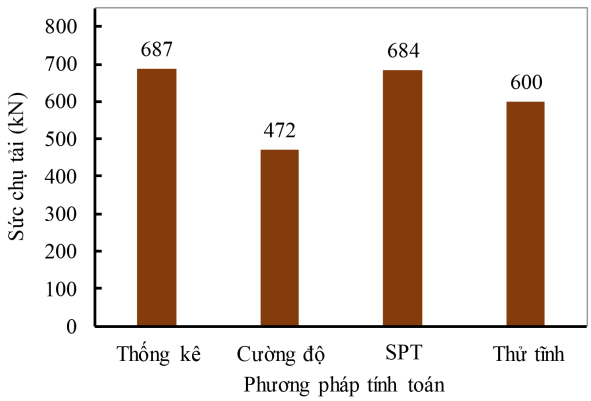
Bảng 2 tổng hợp các chỉ tiêu cơ - lý của đất nền được thực hiện bởi Công ty Kiến trúc Thuận Thành (TNHH) [6]. Cọc thử tĩnh số 36 thuộc trục L-4 có chiều dài 16m, đường kính D = 0,3m. Cọc được tiến hành thử tĩnh bởi Trung tâm tư vấn và kiểm định xây dựng, Sở Xây dựng tỉnh Vĩnh Long. Tải trọng tới hạn ứng với chuyển vị đầu cọc 10% D là 600kN [7].

Bảng 2: Bề dày và các chỉ tiêu cơ - lý đất nền tại Hố khoan số 1

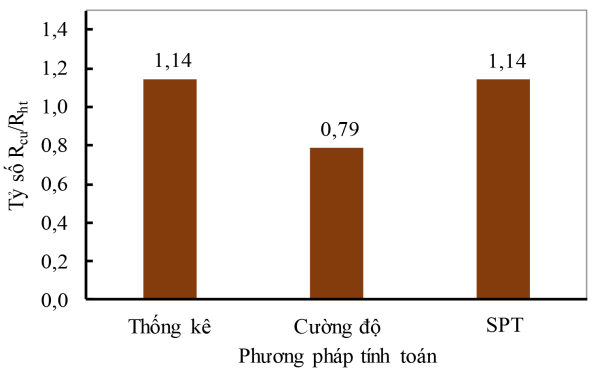
Lớp	dày (m)	γ (kN/m^3)	I_L	c (kPa)	φ (độ)	N_{SPT} (tb)
1	6	15,6	1,51	7	5	0
2	14	19,2	-	0,3	25	13
3	8	17	1,09	9,8	7,5	4

Mực nước ngầm cách mặt đất tự nhiên 0,6 m.

Với chiều dài cọc 16 m, cọc xuyên qua lớp đất 1 và mũi cọc tựa vào lớp 2. Kết quả tính toán sức chịu tải theo các phương pháp theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 và kết quả từ thử tĩnh được thể hiện trên Hình 3. Trên hình ta thấy sức chịu tải theo cường độ cho kết quả nhỏ nhất, trong khi 2 phương pháp còn lại cho kết quả gần bằng nhau. Hình 4 trình bày tỷ số chênh lệch giữa các phương pháp lý thuyết và thử tĩnh, R_{cu}/R_{ht}. Ta thấy trong 3 phương pháp, phương pháp tính theo chỉ tiêu cường độ thấp hơn so với thử tĩnh, chỉ bằng 80% so với giá trị từ thử tĩnh. Trong khi 2 phương pháp còn lại có sức chịu tải gấp 1,14 lần sức chịu tải từ thử tĩnh. Trong trường hợp này, lớp đất 1 là sét yếu nên sức chịu tải không đáng kể. Do đó sức chịu tải của cọc được hình thành chủ yếu do lớp cát chặt vừa. Sức chịu tải cọc theo chỉ tiêu cường độ có sự chênh lệch lớn so với thử tĩnh có thể là do quá trình lấy mẫu nguyên dạng của lớp cát gặp khó khăn nên các thông số sức chống cắt chưa chính xác. Trong khi đó, đối với phương pháp thống kê, việc bảng tra không ngoại suy nhiều nên cho kết quả khá tương đồng với thử tĩnh. Riêng đối với phương pháp SPT được xem là rất phù hợp cho nền cát nên cũng cho kết quả gần với thử tĩnh.



Hình 3. Sức chịu tải cọc tính theo lý thuyết và thử tĩnh trong trường hợp nền xuyên qua 2 lớp sét - cát



Hình 4. Chênh lệch sức chịu tải theo lý thuyết và thực nghiệm trong trường hợp nền xuyên qua 2 lớp sét - cát

5.3. Trường hợp cọc xuyên qua nhiều lớp đất

Đây là trường hợp phổ biến nhất trong thực tế. Trong phần này, bài viết sẽ xét trường hợp cọc thuộc công trình Trường Trung học cơ sở Mỹ An, huyện Tháp Mười, tỉnh Đồng Tháp. Cọc thử thuộc trục 7-D (cọc số 75), tiết diện vuông, cạnh B = 0,25 m, chiều dài 23,4 m. Cọc được thí nghiệm nén thử tĩnh bởi Phòng thí nghiệm VLXD, nay là Trung tâm thí nghiệm Xây dựng và Môi trường, Trường ĐHXD Miền Tây [8]. Tải trọng tới hạn tương ứng với độ lún 10% cạnh cọc là 765kN. Theo kết quả báo cáo khảo sát địa chất do công ty TNHH Tư vấn thiết kế và Kiểm định công trình xây dựng Trung Tín thực hiện [9], địa

chất tại Hố khoan 1 trong phạm vi tính toán sức chịu tải cọc gồm các lớp đất sau:

Lớp 1: Sét, dẻo mềm.

Lớp 2: Sét, dẻo chảy.

Lớp TK2: Sét , dẻo cứng.

Lớp 3: Sét pha lẫn sạn, dẻo cứng - nửa cứng.

Lớp TK3: Sét dẻo mềm.

Lớp 4: Sét pha, dẻo cứng.

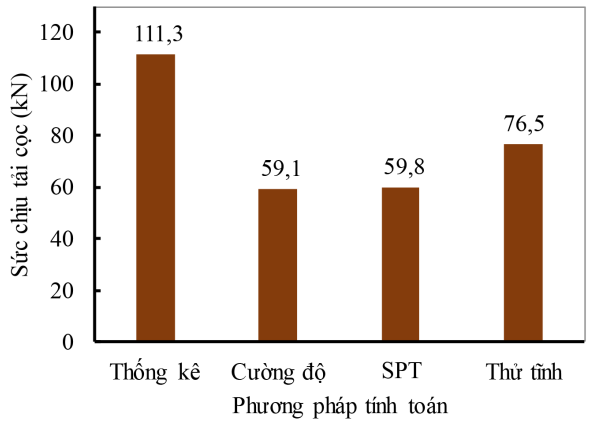
Bảng 3 trình bày bề dày và các chỉ tiêu cơ - lý của đất nền tại hố khoan HK1.

Bảng 3: Địa chất công trình Trường Trung học cơ sở Mỹ An - Tháp Mười - Đồng Tháp [9]

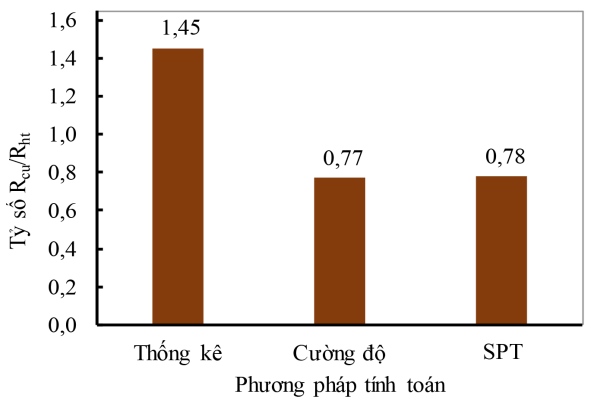
Lớp	Dày (m)	γ (kN/m^3)	I_L	c (kPa)	φ (độ)	N_{SPT} (tb)
1	1,9	17,3	0,54	10,9	8,1	-
2	13,8	15,1	1,04	8	3,0	-
3	1	18,5	0,3	27,5	14,7	13
4	2	19,02	0,3	17,9	20,0	14
5	1,8	17,4	0,52	11,4	9,4	7
6	1,6	19,16	0,32	18,7	19,8	13
7	7,9	19,49	0,09	28,5	16,0	18

Mực nước ngầm nằm cách mặt đất tự nhiên 1,9m.

Sức chịu tải cọc theo lý thuyết và theo kết quả thử tĩnh được tính toán và tổng hợp thể hiện trên Hình 5. Trên hình ta thấy sức chịu tải cọc theo phương pháp thống kê cho giá trị lớn nhất và lớn hơn sức chịu tải tới hạn, phương pháp cường độ và phương pháp theo SPT cho kết quả gần bằng nhau và nhỏ hơn thử tĩnh. Hình 6 thể hiện tỷ số chênh lệch giữa sức chịu tải theo lý thuyết và sức chịu tải theo thử tĩnh, R_{cu}/R_{ht}. Theo đó, sức chịu tải theo phương pháp thống kê lớn hơn gần 1,5 lần sức chịu tải tới hạn, trong khi sức chịu tải tính theo hai phương pháp còn lại chỉ bằng khoảng 80% sức chịu tải tới hạn.



Hình 5. Sức chịu tải cọc tính theo lý thuyết và thử tĩnh trong trường hợp cọc xuyên qua nhiều lớp đất



Hình 6. Chênh lệch sức chịu tải cọc tính theo lý thuyết và thử tĩnh trong trường hợp cọc xuyên qua nhiều lớp đất

6. KẾT LUẬN

Bài viết trình bày sức chịu tải của cọc đơn bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 trong các trường hợp đất nền khác nhau và so sánh với kết quả thử tĩnh. Một số kết luận được rút ra như sau:

– Trường hợp cọc nằm trong nền sét yếu, sử dụng các công thức theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 dự đoán sức chịu tải cọc sai khác nhiều so với sức chịu tải xác định từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường.

– Trường hợp cọc xuyên qua lớp sét yếu và mũi cọc tựa trong lớp cát thì phương pháp thống kê và phương pháp SPT dự đoán khá chính xác sức chịu tải xác định từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường, trong khi phương pháp tính theo chỉ tiêu cường độ cho kết quả thấp hơn.

Trừ trường hợp cọc nằm trong lớp sét yếu, dự đoán sức chịu tải của cọc tính theo phương pháp thống kê luôn lớn sức chịu tải xác định từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tiêu chuẩn Quốc gia, *TCVN 10304:2014 - Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế*. 2014.

[2] Tiêu chuẩn Quốc gia, *TCVN 9393:2012 - Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*. 2012.

[3] Châu Ngọc Ẩn, *Nền Móng*. TPHCM: Nhà xuất bản ĐHQG TPHCM, 2014.

[4] Trung Tâm thí nghiệm Xây dựng và Môi Trường - Trường ĐHXD Miền Tây, *Báo cáo kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường - Hạng mục tường chắn 1a - Cầu Từ Tải*. 2020.

[5] Công ty Cổ phần tư vấn và Đầu tư phát triển An Giang, *Kết quả báo cáo khảo sát địa chất - công trình Đường vào khu du lịch Mỹ Hòa - Thị xã Bình Minh - Vĩnh Long*. 2019.

[6] Công ty Kiến trúc Thuận Thành, *Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình*. 2009.

[7] Trung Tâm tư vấn và kiểm định xây dựng Vĩnh Long - Sở Xây dựng Vĩnh Long, *Báo cáo kết quả thử nghiệm cọc BTCT bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*. 2011.

[8] Phòng thí nghiệm VLXD - Trường ĐHXD Miền Tây, *Báo cáo kết quả nén thử tĩnh cọc hiện trường - Công trình Trường THCS Mỹ An*. 2017.

[9] Công ty TNHH Tư vấn thiết kế và Kiểm định công trình xây dựng Trung Tín, *Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình*. 2016.