

SO SÁNH KẾT QUẢ DỰ ĐOÁN KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỰC HẠN CỦA CỌC KHOAN NHỒI DỰA VÀO CHỈ SỐ SPT THEO TCVN 10304:2014 VÀ TCVN 10304:2025

COMPARISON OF PREDICTED RESULTS OF ULTIMATE LOAD-BEARING CAPACITY OF BORED PILES BASED ON SPT INDEX ACCORDING TO TCVN 10304:2014 AND TCVN 10304:2025

➤ **Ths. Nguyễn Đình Phi** - Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam - Email: nguyendinhphi@tdtu.edu.vn

➤ **Ths. Lê Anh Pha** - Trường Cao đẳng Hàng hải và Đường thủy II, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

➤ ***TS. Phạm Hải Chiến** - Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam - Corresponding author's - Email: phamhaichien@tdtu.edu.vn

Tóm tắt: Dù các phương pháp lý thuyết và công cụ phần mềm hiện đại trong xác định sức chịu tải cọc khoan nhồi đã rất phổ biến, tuy nhiên sự chênh lệch giữa giá trị dự tính và số liệu thực nghiệm vẫn tồn tại, gây khó khăn cho việc tối ưu hóa chi phí nền móng. Nghiên cứu này tập trung đối chiếu kết quả tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi được dự báo dựa trên chỉ số xuyên tiêu chuẩn NSPT theo TCVN 10304:2014 và TCVN 10304:2025 với kết quả thử nghiệm nén tĩnh tại hiện trường. Tính toán cho thấy TCVN 10304:2025 có xu hướng cho giá trị sức chịu tải sát với thực tế hiện trường so với TCVN 10304:2014. Nội dung bài báo cung cấp cơ sở để các kỹ sư lựa chọn giải pháp tính toán tối ưu, đảm bảo tính kinh tế và an toàn kỹ thuật cho công trình.

Keywords: cọc khoan nhồi, sức chịu tải cọc, chỉ số SPT, TCVN 10304:2014, TCVN 10304:2025

1. GIỚI THIỆU

Sự bùng nổ của các dự án cao tầng trong lĩnh vực xây dựng dân dụng tại Việt Nam những năm qua đã thúc đẩy việc áp dụng rộng rãi giải pháp móng cọc khoan nhồi nhằm đáp ứng các tiêu chí khắt khe về khả năng chịu lực và điều kiện sử dụng. Do chi phí cấu kiện móng chiếm tỷ trọng lớn trong ngân sách dự án, việc dự báo chính xác sức chịu tải của cọc đóng vai trò then chốt trong việc cân bằng giữa an toàn kỹ thuật và tối ưu hóa kinh phí đầu tư.

Cọc khoan nhồi được hình thành bằng công nghệ khoan tạo lỗ trực tiếp trong lòng đất và đổ bê tông tại chỗ hình thành nên thân cọc có tiết diện hình tròn. Điểm ưu việt của loại cấu kiện này nằm ở khả năng linh hoạt về chiều sâu mũi cọc; căn cứ vào kết quả thăm dò địa chất, đơn vị thiết kế có thể điều chỉnh chiều dài cọc nhằm khai thác tối đa sức chịu tải cọc theo vật liệu và đất nền bao quanh. Đây là lợi thế cạnh tranh lớn so với công nghệ cọc đóng hay cọc ép truyền thống.

Trong hệ thống các phương pháp khảo sát hiện trường, thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT là phổ

Abstract: Although modern theoretical methods and software tools for determining the bearing capacity of bored piles are widely used, discrepancies between estimated and experimental values still exist, hindering the optimization of foundation costs. This study focuses on comparing the calculated bearing capacity of bored piles based on the NSPT standard penetration index according to TCVN 10304:2014 and TCVN 10304:2025 with the results of static compression tests in the field. Calculations show that TCVN 10304:2025 tends to yield bearing capacity values closer to actual field conditions compared to TCVN 10304:2014. The content of this paper provides a basis for engineers to select the optimal calculation solution, ensuring economic efficiency and technical safety for the project.

Keywords: Bored piles, pile bearing capacity, SPT index, TCVN 10304:2014, TCVN 10304:2025

biến nhất. Chỉ số NSPT thu được không chỉ là dữ liệu quan trọng để đánh giá đặc tính cơ lý của các lớp đất mà còn là thông số đầu vào chủ yếu trong các công thức tính toán sức chịu tải cọc theo các tiêu chuẩn hiện hành

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Xác định sức chịu tải của cọc khoan nhồi luôn là chủ đề trọng tâm trong địa kỹ thuật, nhất là khi các dự án hạ tầng và nhà cao tầng quy mô lớn đang phát triển mạnh mẽ. Trong công tác khảo sát, chỉ số xuyên tiêu chuẩn NSPT được ưu tiên sử dụng nhờ tính thực tiễn và hiệu quả kinh tế cao. Nhiều công trình nghiên cứu đã xác nhận mối tương quan chặt chẽ giữa giá trị SPT và đặc tính cơ lý của các lớp đất nền, cho phép thiết lập các mô hình dự báo khả năng chịu tải của cọc.

Trên bình diện quốc tế, các phương pháp kinh nghiệm của Meyerhof (1976) hay Decourt (1982) đã đặt nền móng cho việc tính toán dựa trên trị số NSPT, kích thước hình học của cọc và điều kiện địa chất. Tại Việt Nam, quy trình này được cụ thể

hóa trong tiêu chuẩn TCVN 10304:2014. Nhằm đáp ứng những thay đổi về công nghệ thi công và nâng cao độ tin cậy trong khảo sát, tiêu chuẩn TCVN 10304:2025 đã được ban hành với những điều chỉnh quan trọng về hệ số điều kiện áp dụng và bổ sung các phương pháp tính toán nhằm phù hợp hơn với các loại đất và công nghệ mới.

Dù đã có một số nghiên cứu ứng dụng các tiêu chuẩn này, song việc so sánh định lượng một cách hệ thống giữa phiên bản 2014 và 2025 dựa trên dữ liệu SPT vẫn còn hạn chế. Do đó, bài báo tập trung phân tích sự khác biệt về phương pháp luận và hệ số kỹ thuật giữa hai bộ tiêu chuẩn, đồng thời đối chiếu kết quả dự tính với số liệu nén tĩnh thực tế. Từ đó, nghiên cứu đưa ra những đề xuất thiết thực giúp kỹ sư lựa chọn phương pháp thiết kế vừa đảm bảo an toàn, vừa tối ưu hóa chi phí đầu tư.

3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

3.1. Chỉ số SPT

Chỉ số SPT theo tiêu chuẩn TCVN 9351:2012 là số búa cần thiết để xuyên ống mẫu SPT 30 cm cuối vào đất, được thực hiện bằng búa 63.5 kg rơi tự do từ độ cao 760mm. Giá trị N phản ánh trực tiếp sức kháng xuyên của đất, dùng để phân loại trạng thái của đất, và là cơ sở quan trọng để tính toán sức chịu tải của cọc.

3.2. Thí nghiệm nén tĩnh cọc

Thí nghiệm nén tĩnh cọc theo tiêu chuẩn TCVN 9393:2012 là phương pháp xác định trực tiếp khả năng chịu tải và đặc trưng biến dạng của cọc thông qua việc gia tải từng cấp và theo dõi chuyển vị tương ứng tại đầu cọc. Tải trọng thí nghiệm được tạo bằng kích thủy lực, sử dụng hệ phân lực từ khung chất tải hoặc cọc neo, và được tăng dần theo cấp cho đến khi đạt tải trọng yêu cầu, tải trọng phá hoại hoặc khi chuyển vị vượt quá giới hạn cho phép theo quy định.

Trong quá trình thí nghiệm, độ lún đầu cọc được quan trắc bằng đồng hồ đo chuyển vị. Kết quả đo được dùng để thiết lập quan hệ tải trọng – chuyển vị, làm cơ sở đánh giá sức chịu tải giới hạn của cọc. Trong thực tiễn xây dựng ở Việt Nam, thí nghiệm nén tĩnh được xem là phương pháp có độ tin cậy cao trong việc kiểm chứng khả năng chịu lực của cọc khoan nhồi.

3.3. Xác định khả năng chịu tải giới hạn của cọc thông qua kết quả xuyên tiêu chuẩn SPT và kết quả nén tải tĩnh tại hiện trường

3.3.1. TCVN 10304:2014

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = q_b A_p + u \sum_{i=1}^n (f_{ci} l_{ci} + f_{si} l_{si})$$

Bảng 1. Quy trình gia tải của thí nghiệm nén tĩnh cọc [1]

Chu kỳ thí nghiệm	Tải thiết kế	Thời gian giữ tải
1	0	
	0.05	10 phút
	0	10 phút
	0.25	Lớn hơn 1 giờ hoặc khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ (nhưng thời gian không quá 2 giờ)
	0.5	Lớn hơn 1 giờ hoặc khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ (nhưng thời gian không quá 2 giờ)
	0.75	Lớn hơn 1 giờ hoặc khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ (nhưng thời gian không quá 2 giờ)
	1	Khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ và cấp tải cần được giữ ổn định không ngắn hơn 6 giờ
	0.5	30 phút
	0	thời gian không bé hơn 1 giờ hoặc đến khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 25mm trong 1 giờ
	2	0.5
1		0.5 giờ
1.25		Lớn hơn 1 giờ hoặc đến khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ (nhưng thời gian không quá 2 giờ)
1.5		Lớn hơn 1 giờ hoặc đến khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ (nhưng thời gian không quá 2 giờ)
1.75		Lớn hơn 1 giờ hoặc đến khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ (nhưng thời gian không quá 2 giờ)
2		Đến khi chuyển vị đầu cọc không lớn hơn 0.25mm trong 1 giờ Cấp tải cần được giữ ổn định trong khoảng thời gian không ngắn hơn 24 giờ
1.5		0.5 giờ
1		0.5 giờ
0.5		0.5 giờ
0		1 giờ

• Lực chịu mũi cực hạn, $Q_p = q_b A_p$, trong đó q_b là sức kháng mũi đơn vị, với đất rời: $q_b = 150N_p$, với đất dính: $q_p = 37.5N_p$, N_p là giá trị trung bình chỉ số N_{SPT} được xác định trong phạm vi từ 4d bên trên và 1d bên dưới và mũi cọc (d là đường kính cọc). [2]

• Lực kháng bên cực hạn $Q_s = u \sum_{i=1}^n (f_{ci} l_{ci} + f_{si} l_{si})$

với đất rời f_{si} là ma sát bên đơn vị trên đoạn cọc xuyên qua lớp đất rời thứ i, tính bằng công thức $f_{si} = \frac{10}{3} N_{si}$, với N_{si} - giá trị trung bình chỉ số N_{SPT} của lớp đất rời thứ i; với đất dính f_{ci} là ma

sát trên đơn vị diện tích trên đoạn cọc xuyên qua lớp đất dính thứ i, định nghĩa là $f_{ci} = 6.25\alpha_p f_L N_{ci}$ với α_p là hệ số bằng 1 cho cọc khoan nhồi, f_L là hệ số điều chỉnh tính đến ảnh hưởng từ tỉ lệ chiều dài và đường kính cọc, cọc khoan nhồi giá trị này bằng 1, các đại lượng l_{ci} và l_{si} là chiều dài đoạn cọc xuyên qua lớp đất dính và lớp đất rời thứ i [2]

3.3.2. TCVN 10304:2025

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = q_b A_p + u \sum_{i=1}^n (f_{ci} l_{ci} + f_{si} l_{si})$$

- Lực chịu mũi cực hạn: q_b là cường độ chịu mũi đơn vị, với đất rời và đất dính: $q_b = 150N_p$, N_p là giá trị trung bình chỉ số N_{SPT} được xác định trong phạm vi từ 1d trên và dưới mũi cọc (d - đường kính cọc), tính bằng kPa, lớn nhất là 9000kPa [3]

- Lực kháng bên cực hạn $Q_s = u \sum_{i=1}^n (f_{ci} l_{ci} + f_{si} l_{si})$

với đất rời f_{si} là ma sát bên đơn vị trên đoạn cọc xuyên qua lớp đất rời thứ i, xác định theo $f_{si} = 2.5N_{si}$ và giới hạn cận trên là 125kPa, trong đó N_{si} là giá trị trung bình chỉ số N_{SPT} của lớp đất rời thứ i; với đất dính $f_{ci} = 6.25N_{ci}$ và giới hạn cận trên là 125kPa, trong đó N_{ci} là giá trị trung bình chỉ số N_{SPT} của lớp đất dính thứ i [3]

3.3.3. Phương pháp thử tải tĩnh cọc tại hiện trường được dựa trên tiêu chuẩn TCVN 9393:2012

Dựa vào phụ lục E của tiêu chuẩn TCVN 9393:2012, tác giả De Beer đã đưa ra tải cực hạn của cọc là tải gây ra độ lún tại đầu cọc bằng 0.025D, với D - đường kính cọc [1]

3.4. Công trình và số hiệu cọc dùng cho thí nghiệm

Cơ sở dữ liệu của nghiên cứu được tổng hợp dựa trên báo cáo thí nghiệm nén tĩnh tại hiện trường của 78 cọc thuộc 23 dự án xây dựng khác nhau. Các thông tin về tên dự án và ký hiệu cọc được liệt kê chi tiết tại bảng phía dưới.:

Bảng 2. Bảng số thứ tự công trình và số hiệu cọc

Công trình	Số cọc	Địa điểm	Số hiệu cọc
1	1	Quận 4, TP.HCM	PT-01
2	1	Quận 3, TP.HCM	TBP-02
3	2	Quận Tân Bình, TP.HCM	P-10, P-13
4	5	Quận 9, TP.HCM	TP-1, TP-2, TP-3, TP-4, TP-5
5	4	Quận 2, TP.HCM	TP-1, TP-4, TP-5, TP-6
6	6	TP Thủ Đức, Bình Dương	TP-1.1, TP-1.2, TP-1.3, TP-1.4, TP-1.5, TP-2.2
7	4	TP Thuận An, Bình Dương	TP-1.2, TP-2, TP-1.3, TP-1.1
8	6	Quận Tân Bình, TP.HCM	TP-1, TP-2, TP-3, TP-4, TP-5, TP-6
9	1	Quận 12, TP.HCM	CTĐ

10	8	TP Cam Ranh, Khánh Hòa	TP-1.1, TP-1.2, TP-1.3, TP-1.4, TP-1.5, TP-1.6, TP-1.7, TP-1.8
11	3	Quận 5, TP.HCM	T-1, T-2, T-3
12	3	Quận 6, TP.HCM	PLT 1-3, PLT 1-1, PLT 1-2
13	1	TP Dĩ An, Bình Dương	TP-2
14	2	TP Dĩ An, Bình Dương	TP-1, TP-2
15	2	Quận Tân Phú, TP.HCM	CNPT-1, CNPT-2
16	2	Huyện Bình Chánh, TP.HCM	CT-1, CT-2
17	5	Quận 7, TP.HCM	TP-1, TP-2, TBP-3, TBP-4, TBP-5
18	4	Quận Thủ Đức, TP.HCM	TP-1.1, TP-1.2, TP-2.1, TP-2.2
19	4	Quận Thủ Đức, TP.HCM	TP-1.1, TP-1.2, TP-2.1, TP-2.2
20	3	Quận 3, TP.HCM	TN1, TN2, TN3
21	2	Quận Bình Thạnh, TP.HCM	PTB-D1000, PTA-D1200
22	7	Huyện Bình Chánh, TP.HCM	TP-1, TP-2, TP-3A, TP-4, TP-5, TP-6, TP-7
23	2	Quận 7, TP.HCM	TP-1, TP-2

4. NGHIÊN CỨU VÀ PHÂN TÍCH SỐ LIỆU:

Sức chịu tải cực hạn cọc được thiết lập trên dữ liệu thí nghiệm nén tĩnh cọc, lấy theo độ lún chuyển vị bằng 0.025D (D - đường kính thân cọc) [1]. Song song với đó, khả năng chịu tải này cũng được dự tính thông qua các công thức trong các tiêu chuẩn TCVN 10304:2014, TCVN 10304:2025. Các thông số so sánh cụ thể được liệt kê bên dưới:

Bảng 3. Bảng tính toán giá trị cực hạn Q_u theo chuyển vị 0.025D, TCVN 10304:2014 và TCVN 10304:2025

STT	Số hiệu cọc	Công trình	Q_u (MN) 2.5%D	Q_u (MN) TCVN 10304:2025	Q_u (MN) TCVN 10304:2014
1	PT-01	1	13.63	25.05	34.39
2	TBP-02	2	20.64	25.71	37.26
3	P-10	3	3.90	7.78	7.77
4	P-13	3	3.23	7.78	7.77
5	TP-1	4	9.24	12.28	13.56
6	TP-2	4	9.87	22.28	23.08
7	TP-3	4	11.23	23.21	26.08
8	TP-4	4	8.66	20.76	20.89
9	TP-5	4	10.33	14.42	14.45
10	TP-1	5	19.05	26.59	31.91
11	TP-4	5	19.90	15.59	22.22
12	TP-5	5	15.96	20.26	29.07
13	TP-6	5	9.76	14.01	17.56
14	TP-1.1	6	3.04	3.59	3.36
15	TP-1.2	6	3.54	3.56	3.28
16	TP-1.3	6	3.36	2.97	2.57
17	TP-1.4	6	3.23	3.49	3.24

18	TP-1.5	6	3.31	4.15	4.34
19	TP-2.2	6	1.76	1.73	1.82
20	TP-1.2	7	17.90	27.33	29.98
21	TP-2	7	7.17	10.83	12.05
22	TP-1.3	7	15.46	23.44	28.11
23	TP-1.1	7	7.17	24.04	26.10
24	TP-1	8	23.98	26.78	39.62
25	TP-2	8	20.09	28.58	42.86
26	TP-3	8	19.51	27.03	37.88
27	TP-4	8	20.30	27.03	37.88
28	TP-5	8	21.03	30.83	42.55
29	TP-6	8	13.90	10.42	13.33
30	CTĐ	9	6.58	7.40	9.19
31	TP-1.1	10	9.89	13.08	21.46
32	TP-1.2	10	11.26	13.08	21.46
33	TP-1.3	10	10.95	12.91	19.41
34	TP-1.4	10	10.76	12.82	20.90
35	TP-1.5	10	11.91	10.54	15.02
36	TP-1.6	10	12.07	10.54	15.02
37	TP-1.7	10	11.00	10.77	16.69
38	TP-1.8	10	11.02	10.77	16.69
39	T-1	11	20.38	21.17	28.56
40	T-2	11	18.87	21.17	28.56
41	T-3	11	21.23	25.56	33.39
42	PLT-1.3	12	10.73	8.96	9.14
43	PLT-1-1	12	21.30	17.58	21.96
44	PLT-1.2	12	12.32	12.10	11.64
45	TP-2	13	39.09	35.30	49.24
46	TP-1	14	23.73	25.12	31.40
47	TP-2	14	23.73	9.69	10.39
48	CNPT-1	15	19.00	21.59	24.73
49	CNPT-2	15	12.39	10.04	10.78
50	CT-1	16	10.81	14.27	14.57
51	CT-2	16	10.39	14.27	14.57
52	TP-1	17	24.98	22.58	29.09
53	TP-2	17	13.13	14.10	18.13
54	TBP-3	17	16.71	25.38	28.84
55	TBP-4	17	13.14	17.57	19.72
56	TBP-5	17	15.82	21.41	25.17
57	TP-1.1	18	11.57	12.34	13.87
58	TP-1.2	18	13.03	12.34	13.87
59	TP-2.1	18	8.20	8.41	9.51
60	TP-2.2	18	8.81	8.41	9.51
61	TP-1.1	19	14.14	17.87	21.01
62	TP-1.2	19	12.04	17.87	21.01

63	TP-2.1	19	9.08	11.63	14.29
64	TP-2.2	19	9.33	11.63	14.29
65	TN-1	20	14.05	18.91	25.72
66	TN-2	20	19.16	20.18	26.01
67	TN-3	20	16.50	24.16	30.48
68	PTB-D1000	21	10.84	15.81	17.51
69	PTA-D1200	21	18.97	23.24	26.67
70	TP-1	22	13.23	14.50	16.37
71	TP-2	22	13.96	19.62	22.74
72	TP-3A	22	8.33	10.66	12.21
73	TP-4	22	12.65	14.50	16.37
74	TP-6	22	12.68	14.50	16.37
75	TP-5	22	12.90	14.50	16.37
76	TP-7	22	7.96	10.66	12.21
77	TP-1	23	29.43	36.50	39.70
78	TP-2	23	20.50	27.30	30.31

Nhằm đánh giá mức độ sai lệch giữa các giá trị khả năng chịu tải cực hạn ước lượng theo TCVN 10304:2025 và TCVN 10304:2014 so với số liệu thực nghiệm nén tĩnh (ứng với độ lún 0.025D), nghiên cứu sử dụng hai chỉ số thống kê sau:

Sai số tuyệt đối trung bình (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

• x_i : Độ lớn sức chịu tải cọc ứng với độ lún 0.025D;

• y_i : Độ lớn sức chịu tải cọc tính theo tiêu chuẩn;

• n : Tổng số cọc khảo sát.

Sai số bình phương trung bình (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2$$

• x_i : Độ lớn sức chịu tải cọc ứng với độ lún 0.025D;

• y_i : Độ lớn sức chịu tải cọc tính theo tiêu chuẩn;

• n : Tổng số cọc khảo sát.

Số liệu phân tích chi tiết được tổng hợp cụ thể trong bảng dưới đây:

Bảng 4. Đánh giá sai số MAE và MSE của sức chịu tải giới hạn Q_u của cọc dựa vào tiêu chuẩn TCVN 10304:2014, TCVN 10304:2025 và tải trọng khi độ lún cọc $S = 0.025D$

Phép tính	Q_u TCVN 10304:2025 và Q_u 2.5%D	Q_u TCVN 10304:2014 và Q_u 2.5%D
MAE (MN)	4.078	7.488
MSE (MN ²)	29.592	87.953

5. THẢO LUẬN VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ:

Dựa trên kết quả phân tích sai số giữa độ lớn sức

chịu tải cực hạn của cọc tính theo hai phiên bản tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 và TCVN 10304:2025 với tải tác dụng tại đầu cọc ứng với chuyển vị $S = 0.025D$ cho thấy sự khác biệt rõ rệt. Cụ thể, sai số tuyệt đối trung bình (MAE) theo TCVN 10304:2025 đạt 4.078 MN, giảm đáng kể so với giá trị 7.488 MN của TCVN 10304:2014, tương ứng mức giảm khoảng 45%. Đồng thời, sai số bình phương trung bình (MSE) cũng giảm mạnh từ 87.953 MN² xuống còn 29.592 MN², tức giảm xấp xỉ 66%.

Sự suy giảm đồng thời của cả MAE và MSE không chỉ phản ánh việc cải thiện sai số trung bình mà còn cho thấy sự hạn chế đáng kể của các sai lệch lớn trong tập dữ liệu, vốn có ảnh hưởng mạnh đến MSE. Điều này chứng tỏ các công thức hoặc hệ số hiệu chỉnh trong TCVN 10304:2025 đã được hiệu chỉnh hợp lý hơn, giúp nâng cao độ chính xác kết quả dự báo khả năng chịu tải cực hạn cọc so với thực nghiệm.

Từ góc độ kỹ thuật, việc giảm đáng kể các chỉ tiêu sai số hàm ý rằng tiêu chuẩn TCVN 10304:2025 có khả năng mô tả sát hơn cơ chế làm việc thực tế của cọc dưới tải trọng nén tĩnh, đặc biệt trong điều kiện xét đến chuyển vị giới hạn. Việc này đóng vai trò then chốt trong thiết kế nền móng, khi các giá trị dự báo chính xác hơn sẽ góp phần nâng cao độ tin cậy trong tính toán, đồng thời có thể giảm mức độ bảo thủ không cần thiết so với tiêu chuẩn cũ.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng các kết luận trên phụ thuộc vào phạm vi và đặc điểm của bộ dữ liệu thí nghiệm sử dụng. Do đó, để khẳng định tính ưu việt một cách toàn diện của TCVN 10304:2025, cần tiếp tục kiểm chứng trên các tập dữ liệu lớn hơn, đa dạng hơn về điều kiện địa chất, loại cọc và phương pháp thi công.

6. KẾT LUẬN

Từ các dữ liệu phân tích về sai số của sức chịu tải cực hạn Q_u của cọc, nghiên cứu chỉ ra sự chênh lệch đáng kể về độ chính xác giữa hai tiêu chuẩn. Khi tiến hành đối chiếu với giá trị thực nghiệm từ thí nghiệm nén tĩnh tại độ lún $S = 0.025D$, tiêu chuẩn TCVN 10304:2025 thể hiện ưu thế vượt trội với sai số tuyệt đối trung bình (MAE) đạt 4.078 MN. So với giá trị 7.488 MN của phiên bản TCVN 10304:2014, mức sai lệch đã giảm tới 45%. Kết quả này khẳng định các tham số tính toán và hệ số hiệu chỉnh trong tiêu chuẩn mới đã được tối ưu hóa, giúp mô phỏng chính xác hơn trạng thái ứng suất - biến dạng của hệ tương tác cọc - đất.

Về khả năng kiểm soát độ phân tán của mô hình, chỉ số sai số bình phương trung bình (MSE) của TCVN 10304:2025 ghi nhận giá trị 29.592 MN², thấp hơn gấp gần 3 lần so với mức 87.953

MN² của phiên bản năm 2014. Sự sụt giảm mạnh mẽ của MSE không chỉ đơn thuần là giảm sai số trung bình, mà quan trọng hơn, nó cho thấy tiêu chuẩn mới đã kiểm soát rất tốt các giá trị sai số cực biên. Điều này khẳng định phương pháp tính toán theo TCVN 10304:2025 có độ tin cậy cao, giúp người thiết kế hạn chế sai lệch lớn trong quá trình dự báo sức chịu tải.

Về mặt ý nghĩa thực tiễn, việc áp dụng TCVN 10304:2025 cho phép tiệm cận gần hơn tới giá trị thực nghiệm nén tĩnh tại ngưỡng chuyển vị $S = 0.025D$. Trong khi tiêu chuẩn cũ TCVN 10304:2014 bộc lộ khoảng cách sai số lớn, dễ dẫn đến việc thiết kế quá an toàn gây lãng phí vật liệu hoặc đánh giá chưa sát khả năng chịu lực thực tế, thì phiên bản 2025 đã khắc phục đáng kể những hạn chế này. Việc áp dụng phiên bản tiêu chuẩn mới cho thấy sự đồng bộ với lộ trình tiệm cận các phương pháp tính toán địa kỹ thuật tiên tiến trên thế giới, đồng thời đảm bảo sự hài hòa giữa an toàn kết cấu và tối ưu hóa chi phí đầu tư kết cấu móng.

Tổng kết lại, nghiên cứu khẳng định tiêu chuẩn TCVN 10304:2025 là một công cụ dự báo sức chịu tải cực hạn hiệu quả và chính xác hơn so với tiêu chuẩn cũ. Việc giảm thiểu đồng thời cả MAE và MSE củng cố luận điểm rằng các điều chỉnh về mặt lý thuyết và hệ số thực nghiệm trong tiêu chuẩn mới đạt độ tương thích tốt với điều kiện địa chất đặc trưng. Đây là cơ sở khoa học vững chắc để áp dụng rộng rãi tiêu chuẩn này vào thực tiễn xây dựng, nhằm tối ưu hóa giải pháp móng và nâng cao chất lượng quản lý chất lượng công trình. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây dựng (2012). TCVN 9393:2012 - Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục. Hà Nội.
- [2] Bộ Xây dựng (2014). TCVN 10304:2014 - Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế. Hà Nội.
- [3] Bộ Xây dựng (2025). TCVN 10304:2025 - Thiết kế móng cọc. Hà Nội.