

KẾT QUẢ PHÂN TÍCH BAN ĐẦU PHỤC VỤ VIỆC LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP TÍNH SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC ĐƠN

PRELIMINARY ANALYSIS RESULTS FOR CHOOSING THE SUITABLE METHOD FOR CALCULATING BEARING CAPACITY OF PILES

Nguyễn Thu Hà, Phạm Văn Ngọc, Đỗ Hữu Đạo

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; ntha@dut.udn.vn, pvnngoc@dut.udn.vn, dhdau@dut.udn.vn

Tóm tắt - Hiện nay, móng cọc được sử dụng rộng rãi và phổ biến trong nhiều loại công trình xây dựng. Cọc dùng cho loại công trình nào thì thường được tính toán thiết kế tuân theo quy phạm sử dụng cho loại công trình đó. Các nhà tư vấn thiết kế thường dự báo sức chịu tải (SCT) dọc trục của cọc dùng trong các công trình giao thông theo quy phạm “tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-05”, kết quả tính toán đó lại khác khá nhiều so với kết quả tính toán theo TCVN 10304-2014 và kết quả thí nghiệm thực tế ngoài hiện trường. Bài báo này trình bày kết quả tính toán SCT dọc trục của cọc cho một số công trình thực tế theo hai tiêu chuẩn trên. Từ đó phân tích kết quả tính toán, so sánh với kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường làm cơ sở ban đầu phục vụ việc lựa chọn phương pháp tính SCT của cọc đơn.

Từ khóa - sức chịu tải của cọc; tiêu chuẩn 22TCN 272-05; tiêu chuẩn TCVN 10304-2014; thí nghiệm nén tĩnh; SPT.

1. Đặt vấn đề

Khi dự báo SCT dọc trục của cọc đơn theo các tiêu chuẩn hiện hành như 22TCN 272-05, TCVN 10304-2014 thì việc tính toán kết quả phụ thuộc khá nhiều vào tính chủ quan của người thiết kế. Nhiều thông số tính sức chịu tải trong 22TCN 272-05 có biên độ rộng và khó lựa chọn nên có thể làm tăng chi phí đầu tư xây dựng hoặc làm giảm tính an toàn của công trình. Đây là một tiêu chuẩn mới, được xây dựng trên nền tảng tiêu chuẩn AASHTO LRFD, nên rất cần được nghiên cứu phát triển và cập nhật thường xuyên trên cơ sở hội nhập các tiêu chuẩn quốc tế. Vì vậy, để thống nhất trong tính toán, đồng thời tạo ra cơ hội trao đổi rộng rãi cho các đồng nghiệp trong việc tư vấn thiết kế, bài báo này phân tích đánh giá kết quả dự báo SCT dọc trục của cọc ép (đóng) và cọc khoan nhồi theo hai tiêu chuẩn trên và so sánh với kết quả thí nghiệm nén tĩnh ở hiện trường.

2. Thực tiễn và quy phạm dự báo SCT dọc trục của cọc đơn

2.1. Thực tiễn dự báo SCT dọc trục của cọc đơn

Hiện nay, có ba nhóm phương pháp thí nghiệm để dự báo SCT dọc trục của cọc đơn. Các nhóm phương pháp đó là: thí nghiệm tĩnh, thí nghiệm động và thí nghiệm tĩnh động. Phương pháp thí nghiệm nén tĩnh cọc được đánh giá là phương pháp thí nghiệm cho kết quả chính xác nhất, phù hợp với điều kiện làm việc của cọc trong nền đất [4], [5], [6]. Vì thế, phương pháp thí nghiệm này vẫn được sử dụng nhiều hơn và phổ biến hơn so với các phương pháp khác. SCT của cọc dự báo theo phương pháp này tuân theo TCVN 9393:2012 “Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục” [3].

2.2. Quy phạm dự báo SCT dọc trục của cọc đơn

Trước đây, SCT của cọc được dự báo theo các tiêu chuẩn 22TCN 18-79; 20TCN 21-86; TCXD 205-98. Từ năm 2005, “tiêu chuẩn thiết kế cầu” 22TCN 272-05 [1] được đưa vào

Abstract - Currently, concrete piles and drilled piles have been used popularly as the foundation of constructions. For specific projects, a suitable standard will be applied. For example, the bearing capacity of piles of the bridges could be calculated by 22TCN 272-05, which provides a result quite different from that by TCVN 10304-2014 and static load test. This paper presents the results of bearing capacity calculation for some projects in Danang city by these methods. Consequently, authors analyse the results obtained from two standards and static load tests so that they could be used for choosing the appropriate method to calculate the bearing capacity of piles.

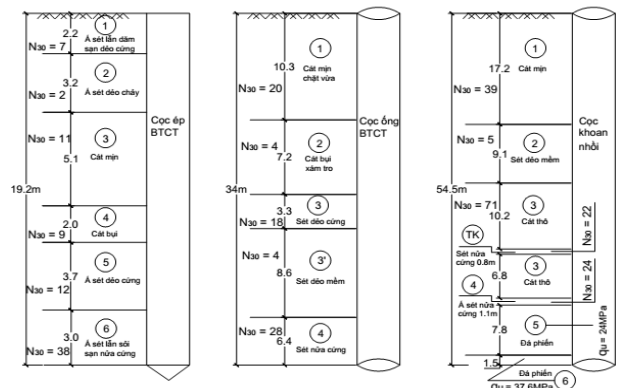
Key words - bearing capacity of the pile; standard 22TCN 272-05; standard TCVN 10304-2014; static load tests; SPT.

sử dụng nền nền móng các công trình giao thông được tính toán theo tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, cho đến nay thì việc tính toán SCT của cọc theo 22TCN 272-05 còn tồn tại nhiều vấn đề bất hợp lý so với thực tế và gây khó khăn cho người tính toán dẫn đến kết quả sai lệch khá nhiều so với việc tính theo các tiêu chuẩn khác hoặc so với thực tiễn.

Ngoài ra, tiêu chuẩn “Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế” TCVN 10304-2014 [2] được xây dựng trên nền tảng TCXD 205-98 và đưa vào sử dụng từ năm 2014. Tiêu chuẩn này cũng được sử dụng rất nhiều do việc tính toán theo tiêu chuẩn này dễ dàng, đơn giản.

3. Dự báo SCT của cọc cho công trình thực tế theo quy phạm và kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường

Tính toán SCT của cọc cho 3 công trình thực tế bao gồm cọc ép bê tông cốt thép (BTCT), cọc ống BTCT và cọc khoan nhồi. Mặt cắt địa chất của các lớp đất mà cọc xuyên qua được tóm tắt như Hình 1.



Hình 1. Mặt cắt địa chất các lớp đất cọc xuyên qua

3.1. Tính SCT dọc trục cọc ép

Cọc ép dùng cho công trình xây dựng ở lô 45B, thửa

3.2. Tính SCT dọc trục cọc ống BTCT

Cọc ống BTCT dùng cho công trình xây dựng nằm ở lô 7.2-02 Khu An Cư 3, đường Hoàng Sa, thành phố Đà Nẵng. Cọc NT2-CT2 có L = 34 m, D = 0,5 m, thi công bằng phương pháp rung - ép cọc.

Việc tính toán SCT dọc trục của cọc theo 2 tiêu chuẩn trên tương tự như đối với cọc ép, kết quả tính thể hiện ở Bảng 3 và Bảng 4.

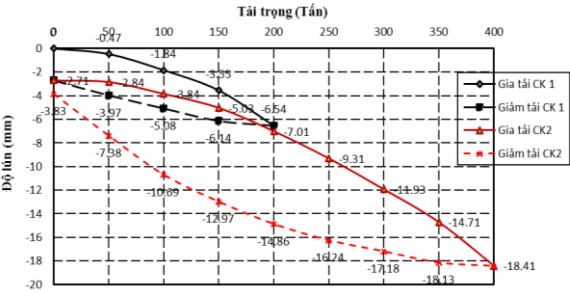
Thí nghiệm nền tính cọc theo [3]. Gia tải theo 2 chu kỳ, chu kỳ 1: gia tải đến 100% P_{tk} = 200 T, chu kỳ 2: gia tải đến 200% P_{tk} = 400 T. Chuyển vị lớn nhất theo dự kiến là 1/10 bề rộng cọc, tức bằng 50 mm, hoặc chuyển vị khi vật liệu cọc hoặc đất nền bị phá hoại. Cọc thí nghiệm NT2-CT2, chuyển vị ứng với tải trọng 200% P_{tk} là 18,41 mm. Sức chịu tải giới hạn của cọc ứng với tải trọng lớn nhất khi thí nghiệm: P_{gh} = 400/2 = 200 T.

Bảng 3. Tính sức chịu tải của cọc ống theo 22TCN272-05

Lớp đất mà cọc ngầm vào	li (m)	N30	Su (MPa)	α	fi (MPa)	φfi	φn.fi.li (MPa.m)
1: Cát mịn vàng, rời đến chặt vừa	10,3	20	-	-	0,0038	0,45	0,0176
2: Cát bụi xám tro	7,2	4	-	-	0,00076	0,45	0,00246
3: Sét nhẹ màu xám, dẻo cứng	3,3	18	0,0756	0,95	0,072	0,7	0,166
3': Sét nhẹ màu xám, dẻo mềm	8,6	4	0,0168	1	0,0168	0,7	0,101
4: Sét nhẹ, xanh, cứng đến nửa cứng	4,6	28	0,1176	0,9	0,106	0,7	0,341
Sức kháng bên của cọc	$\Sigma \varphi_{fi} \cdot Q_{fi} = u \cdot \Sigma (\varphi_{fi} \cdot f_i \cdot l_i) = 98,6 \text{ T}$						
Sức kháng mũi cọc	$\varphi_P \cdot Q_P = \varphi_P (q_P \cdot A_c) = 0,7(1,0584 \cdot 0,19625) = 14,54 \text{ T}$						
Tổng sức chịu tải dọc trục của cọc	$P_u = 98,6 + 14,54 = 113,1 \text{ T}$						

Bảng 4. Tính sức chịu tải của cọc ống theo TCVN10304-2014

Lớp đất	li (m)	zi (m)	Trạng thái	fi (T/m²)	fi.li (T/m)	γcf	γcf.fi.li (T/m)	z (m)	qb (T/m²)	γcq			
1. Cát mịn h1 = 10,3 m	1,3	2,15	Chặt vừa	3	3,9	1,0	38,72	35,5	800	0,88			
	1,5	3,55		3	4,5								
	1,5	5,05		4	6								
	2	6,8		4	8								
	2	8,8		4	8								
	2	10,8		4,16	8,32								
2. Cát bụi xám tro h2 = 7,2 m	1,2	12,4	Ít chặt đến chặt vừa	3,592	4,31	1,0	27,430						
	2	14		3,72	7,44								
	2	16		3,86	7,72								
	2	18		3,98	7,96								
3. Sét h3 = 3,3 m	1,3	19,65	Dẻo cứng B = 0,4	4,07	5,291	~ 0,9	12,282						
	2	21,3		4,178	8,356								
4. Sét h4 = 8,6 m	1,5	23,05	Dẻo mềm B = 0,6	2	3	~ 0,9	15,792						
	1,5	24,55		2	3								
	1,6	26,1		2,022	3,235								
	2	27,9		2,058	4,116								
	2	29,9		2,098	4,196								
5. Sét h5 = 4,6 m	1	31,4	Nửa cứng B = 0,2	9,496	9,496	~ 0,95	42,599						
	1,6	32,7		9,678	15,485								
	2	34,5		9,93	19,86								
Sức chịu tải của cọc			Pcu = γcq.(γcb.Ab + u.Σ γcf.fi.li) = 138,16 + 214,81 = 352,97 T										
Sức chịu tải tính toán			[P] = Pcu/1,4 = 252,12 T										



Hình 3. Kết quả nén tĩnh hiện trường đối với cọc ống BTCT

3.3. Tính SCT dọc trục cọc khoan nhồi

Cọc khoan nhồi dùng cho công trình xây dựng số 61B,

đường Lê Văn Hiến, quận Ngũ Hành Sơn, thành Phố Đà Nẵng. Cọc số 43, chiều dài L = 54,5 m, đường kính D = 1 m.

3.3.1. Dự báo SCT dọc trục của cọc theo tiêu chuẩn 22TCN272-05

* Sức kháng bên của cọc: $\Sigma \varphi_{fi} \cdot Q_{fi} = u \cdot \Sigma (\varphi_{fi} \cdot f_i \cdot l_i)$

Đất dính $f_i = \alpha \cdot S_u$ với S_u và α xác định theo [1] đối với cọc khoan nhồi. Đất rời thì [1] đưa ra nhiều cách tính, tham khảo và chọn cách tính của Reese và Wright (1977). Đối với phần cọc đi qua lớp đá phong hóa mạnh, sức kháng bên của cọc tính như đất rời và lấy N = 100.

* Sức kháng mũi cọc: $\varphi_P \cdot Q_P = \varphi_P \cdot (q_P \cdot A_c)$

Cọc ngầm trong đá phong hóa mạnh, được tính toán xem như đất rời có $N = 100$. Theo Reese & Wright (1977), với $N > 60$ thì $q_p = 3,8 \text{ MPa}$ và $\varphi_p = 0,5$.

Kết quả tính sức chịu tải của cọc thể hiện ở Bảng 5.

3.3.2. Dự báo SCT dọc trục của cọc theo tiêu chuẩn 10304-2014

Cọc ngầm vào nền đá phiến phong hóa 9,3 m nên tính như đối với loại cọc chống.

* SCT dọc trục của cọc (P_u) hay $R_{cu} = \gamma_c \cdot q_b \cdot A_b$

Trong đó: γ_c là hệ số điều kiện làm việc của cọc trong nền, $\gamma_c = 1$; A_b là diện tích tiết diện ngang cọc tựa trên nền; q_b là cường độ sức kháng của đất nền dưới mũi cọc: Cọc ngầm vào nền đá $> 0,5 \text{ m}$ nên $q_b = R_m(1+0,4.l_d/d_f)$ và $R_m = R_{c,m,m}/\gamma_g$, với R_m là cường độ sức kháng tính toán của khối đá dưới mũi cọc chống, $R_{c,m,m}$ là chỉ số tiêu chuẩn của giới hạn bền chịu nén một trục của khối đá trong trạng thái no nước theo cách xác định ngoài hiện trường. Vậy, mũi cọc ngầm vào lớp đá phiến phong hóa số 6 là 1,5 m nên lấy $R_{c,m,m} = 37,6 \text{ MPa}$; γ_g là hệ số tin cậy của đất $\gamma_g = 1,4$; l_d là chiều sâu cọc vào đá $l_d = 1,5 \text{ m}$; d_f là đường kính ngoài của phần cọc ngầm vào đá, $q_b = 42,97 \text{ MPa}$.

Vậy, (P_u) hay $R_{cu} = 3.373,14 \text{ T}$.

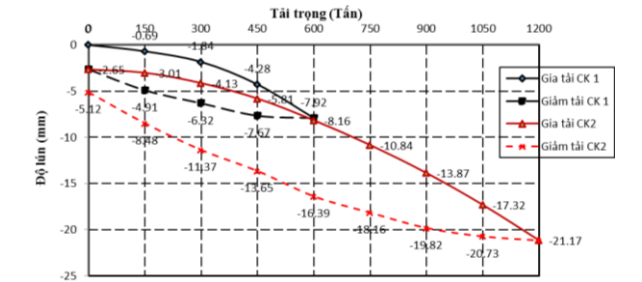
3.3.3. SCT của cọc theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường

Thí nghiệm nén tĩnh cọc theo [3]. Gia tải theo 2 chu kỳ, chu kỳ 1: gia tải đến $100\%P_{tk} = 600 \text{ T}$, chu kỳ 2: gia tải đến $200\%P_{tk} = 1.200 \text{ T}$. Chuyển vị lớn nhất theo dự kiến là 1/10 bề rộng cọc, tức bằng 100 mm, hoặc chuyển vị khi vật liệu cọc hoặc đất nền bị phá hoại. Cọc thí nghiệm số 43, chuyển vị ứng với tải trọng $200\%P_{tk}$ là 21,17 mm. SCT giới hạn của cọc ứng với tải trọng lớn nhất khi thí nghiệm thể hiện ở Hình 4: $P_{gh} = 1.200/2 = 600 \text{ T}$.

Bảng 5. Tính SCT của cọc khoan theo 22TCN272-05

Lớp đất	Độ sâu (m)	N	f _i (Mpa)	f _i .l _i (Mpa.m)	φ _{fi}	φ _{fi} .f _i .l _i (Mpa.m)
Cát mịn	0	0	0,000	-	[1] đề	-
	1	13	0,036	0,036	cập	0,0216
	3	30	0,084	0,168	đến	0,1008
	5	30	0,084	0,168	nhưng	0,1008
	7	42	0,118	0,236	không	0,1416
	9	31	0,087	0,174	rõ	0,1044
	11	35	0,098	0,196	0,6	0,1176
	13	40	0,112	0,224		0,1344
Sét	15	20	0,056	0,112		0,0672
	17	7	0,042	0,084		0,0546
	19	7	0,042	0,084		0,0546
	21	3	0,018	0,036		0,0234
	23	3	0,018	0,036		0,0234
Cát thô	25	3	0,018	0,036		0,0234
	27	45	0,126	0,252	[1] đề	0,1638
	29	82	0,156	0,312	cập	0,2028
	31	72	0,154	0,308	nhưng	0,2002
	33	70	0,154	0,308	không	0,2002
	35	68	0,153	0,306	rõ	0,1989
	37	56	0,151	0,302	0,65	0,1963

Đá pho ng hóa	39	50	0,140	0,280	0,55	0,182
	41	100	0,160	0,32		0,176
	43	100	0,160	0,32		0,176
	45	100	0,160	0,32		0,176
	47	100	0,160	0,32		0,176
	49	100	0,160	0,32		0,176
	51	100	0,160	0,32		0,176
	53	100	0,160	0,32		0,176
	54,5	100	0,160	0,24		0,132
Σ(φ _{fi} .f _i .l _i)						3,676
Sức kháng bên của cọc				1154,3 T		
Sức kháng mũi cọc				149,15 T		
Sức chịu tải dọc trục của cọc				P _u =1.154,3+149,15=1.303,45 T		



Hình 4. Kết quả nén tĩnh hiện trường đối với cọc khoan nhồi

3.4. Tổng hợp kết quả tính SCT cho một số loại cọc

Từ kết quả tính ở trên, kết hợp với tính toán cho một số công trình thực tế ở thành phố Đà Nẵng, nhóm tác giả tổng hợp được bảng SCT của một số loại cọc như sau:

Bảng 6. Tổng hợp kết quả tính SCT của 03 loại cọc ở trên

P _u (T)	22TCN 272-05	TCVN 10304-2014	Thí nghiệm nén tĩnh
Cọc BTCT đúc sẵn	61,9	147	60
Cọc ống	113,1	252,12	200
Cọc khoan nhồi	1.303,45	3.373,14	600

Bảng 7. Tổng hợp kết quả tính SCT cho một số loại cọc của các công trình thực tế ở thành phố Đà Nẵng

S T T	Tên công trình	22TCN 272-05	TCVN 10304-2014	Thí nghiệm nén tĩnh
		Sức chịu tải của cọc (T)		
1	Khách sạn Holiday – Đà Nẵng	608	1.735	720
2	Khách sạn Adomo – Đà Nẵng	1.194	3.461	1.500
3	Cầu Thạch Hãn - Quảng Trị	1.424	2.152	800
4	Cầu vượt Ngã ba Huế - Đà Nẵng	2.011	4.481	1.000
5	Cầu Sông Cái – Đà Nẵng	897	1.624	500
6	Cầu Khuê Đông	1.784	3.817	1.000
7	Trụ S1 Cầu Trần Thị Lý	2.316	5.426	2.000
8	Trụ S1 Cầu Trần Thị Lý	2.032	5.518	2.600
9	Nhà khách TP. Đà Nẵng	1.073	1.975	1.000
10	Cung thể thao Tuyên Sơn	734	1.562	>800

3.5. Nhận xét

- Từ kết quả tính toán và thí nghiệm tổng hợp ở Bảng 6, Bảng 7, kết hợp với việc nghiên cứu tính toán SCT của cọc theo theo [1], [2] và thí nghiệm cọc cho một số công trình xây dựng thực tế khác trên địa bàn thành phố, nhận thấy rằng, SCT của cọc tính toán theo [1] và [2] khác nhau khá nhiều và khác so với SCT của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường.

- SCT của cọc BTCT thuộc loại cọc ma sát chế tạo sẵn tính toán theo [1] thì cho kết quả gần sát với SCT của cọc xác định được từ thí nghiệm nền tĩnh hiện trường. Trong khi đó, SCT của cọc này tính theo TCVN 10304-2014 lại rất lớn, gấp khoảng 2 lần SCT theo thí nghiệm nền tĩnh.

- SCT của cọc ống BTCT tính theo [1] thì nhỏ hơn so với kết quả thí nghiệm nền tĩnh và nhỏ hơn khoảng 2 lần so với kết quả tính theo [2].

- SCT của cọc khoan nhồi tính toán theo [1] và [2] đều lớn hơn nhiều so với kết quả thí nghiệm nền tĩnh, và tính theo [2] vẫn cho kết quả hơn tính theo [1]. SCT của loại cọc này tính ra càng lớn khi cọc được tính như đối với cọc chống, và giá trị SCT nhỏ hơn nếu quan niệm việc tính toán như đối với cọc ma sát.

- Khi tính SCT của cọc theo [1] còn tồn tại một số vấn đề bất cập như sau:

+ Tính ma sát bên đơn vị (f_i) của cọc đối với nền đất dính thì cần có kết quả thí nghiệm nền 3 trục (S_u) hoặc nếu không có thì phải quy đổi N_{30} từ kết quả thí nghiệm SPT ra S_u . Việc quy đổi này lại phụ thuộc khá nhiều vào cách lấy các hệ số quy đổi của người thiết kế. Vì thế, kết quả tính ra có thể sai khác so với thực tế.

+ Tính f_i trong nền đất rời đối với cọc đóng (ép), dùng các giả thiết cọc có chuyển dịch hoặc không có chuyển dịch thì giá trị f_i thu được đều rất nhỏ (nhỏ hơn nhiều so với kết quả thí nghiệm hiện trường), và SCT của cọc sẽ nhỏ hơn khi mà lớp đất rời cọc xuyên vào có chiều dày lớn và chỉ số SPT nhỏ (ví dụ như bài toán cọc ống BTCT ở trên).

+ Trong quá trình tính toán theo các phương pháp α hoặc β hoặc γ thì phải tra các toán đồ của Tomlinson. Các toán đồ trên đều có giới hạn về số lớp đất (≤ 2 lớp) và có các ràng buộc nhất định về loại đất, tính chất của đất (trạng thái, OCR...) mà cọc xuyên qua, hay là các yếu tố về chiều sâu ngầm cọc (D_b). Nhưng thực tế thì cọc xuyên qua nhiều lớp đất với tính chất rất đa dạng và phức tạp, do đó, việc tra hệ số α hoặc β hoặc γ mang tính chủ quan, nên sẽ gây ra sự sai khác rất lớn về kết quả tính.

+ Sức kháng mũi đơn vị của cọc trong nền đất dính được áp dụng đối với đất sét bão hòa nước, do đó khi áp dụng công thức này cho đất sét cứng thì q_p cũng nhỏ hơn so với thực tế.

+ Sức kháng bên và sức kháng mũi của cọc khoan có thể tính theo nhiều cách của nhiều tác giả, vì vậy người tính toán thiết kế phải có kinh nghiệm và biết lựa chọn cách tính nào phù hợp sát với điều kiện làm việc của cọc trong nền nhất và hướng kết quả tính toán đến giá trị thực tiễn nhất.

+ Hệ số sức kháng bên và sức kháng mũi của cọc khoan nhồi có được đề cập đến trong tiêu chuẩn, tuy nhiên lại

không rõ ràng và không có giá trị nhất định đối với nền đất rời, do đó, gây khó khăn cho việc chọn lựa trị số tính toán.

+ Sức kháng của cọc khoan nhồi trên nền đá cũng được đề cập đến nhưng không rõ ràng như đối với [2].

- Tính SCT của cọc theo [2] tương đối đơn giản và dễ tính do tiêu chuẩn rất rõ ràng. Tuy nhiên kết quả tính phụ thuộc nhiều vào kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của đất trong phòng và cách tra bảng các giá trị f_i và q_p .

4. Kết luận

- Hiện nay, khi tính toán thiết kế cọc sử dụng với mục đích nào thì thường được tính theo tiêu chuẩn riêng của mục đích sử dụng đó. Tuy nhiên, dù sử dụng cho loại công trình nào thì vấn đề cần quan tâm cuối cùng vẫn là khả năng chịu tải thực của cọc bằng bao nhiêu. Vì vậy, cần lựa chọn cách dự báo SCT của cọc sao cho phù hợp với thực tế nhất.

- Việc tính SCT của cọc theo [1] có nhiều khó khăn, mang tính chủ quan và phụ thuộc vào quan niệm của người thiết kế. Vì vậy, yêu cầu người thiết kế phải có nhiều kinh nghiệm, biết quan niệm và quy đổi nhiều lớp đất về một trong các trường hợp của các toán đồ và lựa chọn dùng công thức tính nào để được kết quả hợp lý và hướng đến giá trị thực tế.

- SCT của cọc tính theo [1] cho kết quả không phù hợp với thực tế thí nghiệm hiện trường và kết quả tính toán ra không đáng tin cậy. Có trường hợp cho kết quả nhỏ hơn so với thực tế, nhưng cũng có trường hợp lại cho kết quả lớn hơn nhiều so với thực tế. Do đó, người kỹ sư nên so sánh với kết quả tính toán theo các tiêu chuẩn khác như [1], [2] hoặc các tiêu chuẩn của Úc, Nhật, LCPC và các kết quả thí nghiệm hiện trường để đánh giá SCT của cọc chính xác hơn.

- Việc lựa chọn phương pháp dự báo chính xác SCT của cọc là vấn đề khó khăn và còn nhiều tồn tại bất cập cần trao đổi. Tuy nhiên, những kết quả nghiên cứu trên là cơ sở ban đầu để các nhà tư vấn thiết kế xem xét chọn lựa cách tính toán trong các đồ án thiết kế của mình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] *Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN 272-05*, Bộ Giao thông Vận tải, 2005.
- [2] *Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 10304-2014*, 2014.
- [3] TCVN 9393:2012, *Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*, 2012.
- [4] Vũ Công Ngừ, Nguyễn Thái, *Móng cọc - Phân tích và thiết kế*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 2004.
- [5] Lê Đức Thắng, *Tính toán móng cọc*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải Hà Nội, 1998.
- [6] Lê Xuân Mai, Đỗ Hữu Đạo, Nguyễn Tín, Đoàn Việt Lê, *Nền và Móng*, Nhà xuất bản Xây dựng, 2010.
- [7] Standard AASHTO LRFD Bridge Design.

(BBT nhận bài: 11/9/2017, hoàn tất thủ tục phân biện: 17/10/2017)