

CHUẨN HÓA MỨC NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ TRONG THÍ NGHIỆM SPT DỰA TRÊN KẾT QUẢ PDA TẠI KHU VỰC KHO LẠNH CĂNG THỊ VẢI, TỈNH BÀ RỊA VŨNG TÀU

NGUYỄN NGỌC PHÚC

Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Phd.nguyenngocphuc@gmail.com

Tóm tắt. Nội dung bài báo này nghiên cứu hệ số chuẩn hóa C_{EN} mức năng lượng hiệu quả của thí nghiệm SPT trong đất rời áp dụng vào công thức giải tích tính sức chịu tải cọc so sánh với sức kháng đo được từ thí nghiệm PDA.

Các số liệu tại công trình Kho lạnh Thị Vải ((LPG), Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu, cho kết quả như sau:

- Sức kháng bên đơn vị trong lớp cát (đất rời) tính theo các công thức lý thuyết của Viện kiến trúc Nhật Bản (JAI), Meyerhof và Bachy-Solentanche có cùng qui luật. Tuy nhiên có sự sai khác về giá trị, do các hệ số đề xuất của mỗi công thức là khác nhau;

- Mức năng lượng tiêu tán của thí nghiệm SPT trong lớp cát chặt vừa ở công trình Kho lạnh Thị Vải có giá trị biến động khá lớn. Điều này cho thấy, không thể dựa hoàn toàn vào chỉ số SPT để đánh giá sức chịu tải cọc.

- Kết quả thí nghiệm PDA trên cọc tại hiện trường cho thấy, trong điều kiện đất cát chặt vừa ở Kho lạnh Thị Vải, chiều sâu đạt sức kháng tối hạn có tỷ số $L_b/d \approx 10$ tương đương 4m kể từ bề mặt lớp cát chặt.

MODIFYING EFFECTIVE ENERGY OF SPT TESTING BY USING PDA TESTING RESULTS AT THI VAI REFRIGERATED LPG STORAGE, BA RIA-VUNG TAU PROVINCE

Abstract. In this paper, we concern about co-efficient C_{EN} to modify N_{SPT} results for calculating the axial resistance of pile in logical equations relative with PDA testing results. Some of researching results are:

- Using logical equations of JAI; Meyerhof and Bachy – Soletanche give the same trend, but they have different values, because difference of coefficients;

- Level of energy losing in medium dense sand at Thi Vai Refrigerated LPG Storage, Ba Ria-Vung Tau province has a width range changing. So we cannot use N_{SPT} to calculate axial bearing capacity of piles in this project.

- PDA testing results of two piles in LPG storage project give critical unit resistance reach at $L_b/d \approx 10$ equivalence 4m from the surface of medium dense sand.

Keywords. Axial bearing capacity of Pile, Standard Penetration Test, PDA testing, Co-efficient C_{EN} to modify N_{SPT} results, Effective energy.

1. GIỚI THIỆU

Sức kháng dọc trục thân cọc theo đất nền có thể được tính toán nhanh thông qua việc sử dụng kết quả thí nghiệm trong lỗ khoan. Phương pháp đơn giản được sử dụng hiện nay là dựa vào kết quả thí nghiệm SPT, cụ thể có nhóm công thức của Meyerhof; Tiêu chuẩn Nhật bản; Công thức của công ty Bachy-Solentanche...

Các tính toán dự đoán sức chịu tải dọc trục cọc bằng công thức giải tích thường cho kết quả khá phân tán. Vì vậy, trong thực tiễn thiết kế móng cọc thường triển khai bổ sung các thí nghiệm hiện trường như Thí nghiệm nén tĩnh dọc trục cọc; Thí nghiệm thử động biến dạng lớn (PDA)...

Nhằm phát huy hiệu quả sử dụng nguồn số liệu cơ bản có được từ kết quả khảo sát địa chất, trong đó có sử dụng chỉ số N_{SPT} trong việc dự đoán sức chịu tải cọc một cách tin cậy, chúng ta cần chuẩn hóa mức năng lượng hiệu quả trong thí nghiệm Xuyên tiêu chuẩn trước khi đưa chỉ số N_{SPT} vào các công thức giải tích.

Có nhiều phương pháp và mức năng lượng hiệu quả khác nhau được đề xuất chuẩn hóa cho thí nghiệm Xuyên tiêu chuẩn. Trong phạm vi nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp phân tích ngược dựa trên dữ liệu thí nghiệm PDA và hồ sơ địa chất tại công trình Kho lạnh cảng Thị Vải, Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu, đánh giá chỉ số chuẩn hóa N_{PST} có thể áp dụng tính toán nhanh sức chịu tải dọc trục cọc bê tông cốt thép tại khu vực.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT DỰ ĐOÁN SỨC CHỊU TẢI DỌC TRỤC CỌC THEO NSPT

2.1. Sử dụng kết quả thí nghiệm Xuyên tiêu chuẩn để đánh giá sức chịu tải dọc trục của cọc theo đất nền.

2.1.1 Theo Meyerhof [1]

Đối với trường hợp đất rời Meyerhof (1976) kiến nghị công thức xác định cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc q_b và cường độ sức kháng của đất trên thân cọc f_i trực tiếp từ kết quả xuyên tiêu chuẩn như sau:

$$q_b = k_1 \cdot N_p \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (1)$$

$$f_i = k_2 \cdot N_{s,i} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Trong đó:

k_1 : là hệ số, lấy $k_1 = 40 \cdot h/d \leq 400$ đối với cọc đóng và $k_1 = 120$ đối với cọc nhồi;

N_p : là chỉ số Nspt trung bình trong khoảng 4d phía trên và 1d phía dưới mũi cọc;

d: đường kính cọc tròn, cạnh cọc vuông;

k_2 : là hệ số lấy bằng 2 cho cọc đóng và 1 cho cọc khoan nhồi;

$N_{s,i}$: là chỉ số Nspt trung bình của lớp đất thứ i trên thân cọc.

2.1.2 Theo Viện kiến trúc Nhật Bản (1988) [1]

Cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc xác định như sau:

- Khi mũi cọc nằm trong đất rời $q_b = 300 \cdot N_p$ cho cọc đóng (ép) và $q_b = 150 \cdot N_p$ cho cọc khoan nhồi.
- Khi mũi cọc nằm trong đất dính $q_b = 9 \cdot c_u$ cho cọc đóng và $q_b = 6 \cdot c_u$ cho cọc khoan nhồi

Cường độ sức kháng trung bình trên thân xác định như sau:

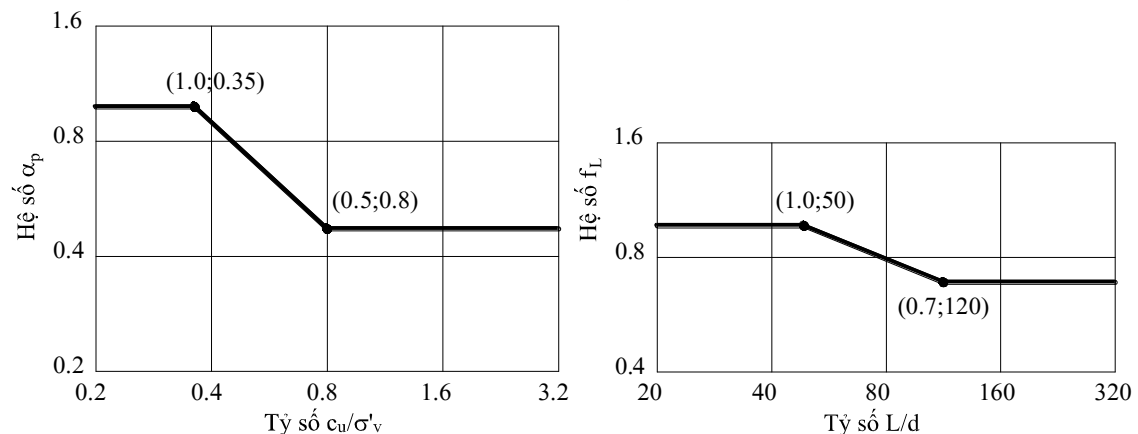
- Trường hợp đất rời: $f_{s,i} = \frac{10N_{s,i}}{3} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (3)$

- Trường hợp đất dính: $f_{s,i} = \alpha_p \cdot f_L \cdot c_{u,i} \quad (4)$

Trong đó:

α_p : là hệ số điều chỉnh cho cọc đóng, phụ thuộc vào tỷ lệ giữa sức kháng cắt không thoát nước của đất dính c_u và trị số trung bình của ứng suất pháp hiệu quả thẳng đứng σ'_z ;

f_L : là hệ số hiệu chỉnh độ mảnh h/d của cọc đóng; đối với cọc khoan nhồi $f_L = 1$;



Hình 1: Cách xác định các hệ số điều chỉnh sức kháng đơn vị theo Viện kiến trúc Nhật Bản

Trong trường hợp không có số liệu sức kháng cắt không thoát nước c_u xác định trên thiết bị thí nghiệm cắt trực tiếp hay thí nghiệm nén ba trục, có thể xác định c_u từ chỉ số SPT trong đất dính $c_u = 6,25 \cdot N_{c,i}$ (kPa), trong đó $N_{c,i}$ là chỉ số SPT trong đất dính.

2.1.3 Theo công ty Bachy-Solentanche [4]

Cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc: $q_b = 10 \cdot N_p$ (kN/m²) (5)

Cường độ sức kháng trên thân cọc: $f_{s,i} = 1,5 \cdot N_{s,i}$ (kN/m²) (6)

2.1.4 Theo TCXD 195:1997 [2]

Sức chịu tải cho phép trong đất dính và đất rời xen kẽ

$$Q_a = 1,5N_{tb} \cdot A_p + (0,15 \cdot N_c \cdot L_c + 0,43 \cdot N_s \cdot L_s) \Omega - W_p \quad (7)$$

trong đó:

N_{tb} : chỉ số xuyên tiêu chuẩn trung bình của đất trong khoảng 1d dưới mũi cọc và 4d trên mũi cọc.

N_c : giá trị trung bình chỉ số xuyên tiêu chuẩn trong lớp đất rời.

N_s : giá trị trung bình chỉ số xuyên tiêu chuẩn trong lớp đất dính.

2.2 Chuẩn hóa kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn [6]

Trong tất cả các thí nghiệm hiện trường, SPT là một trong những thí nghiệm có sai số nhiều nhất. Nếu hai người khác nhau, sử dụng hai thiết bị khác nhau, thí nghiệm lân cận nhau trên nền đồng nhất, thì kết quả N có thể khác nhau đến hơn 100%. Lý do, năng lượng va đập của búa rơi bị tiêu tán trước khi truyền vào ống đóng lấy mẫu.

Có nhiều nguyên nhân dẫn đến sự tiêu tán năng lượng va đập:

- Tiêu tán năng lượng do ma sát giữa búa rơi với trục dẫn hướng; ma sát giữa dây tời và ròng rọc;
- Tiêu tán năng lượng do ma sát giữa đất lỗ khoan với cần xuyên...

Ở các nước đang phát triển, thiết bị SPT phổ biến là loại nhẫn (donut), sử dụng dây kéo trên ròng rọc. Với loại này, ở các nước tiên tiến, năng lượng hiệu quả là (45÷65)%, ở các nước đang phát triển, mức năng lượng hiệu quả thấp hơn nhiều.

Do đó, ta phải chuẩn hóa N_{spt} về một giá trị năng lượng hiệu quả. Ở các nước tiên tiến, người ta coi 60% là năng lượng hữu ích trung bình. Do đó, thường quy đổi N về N_{60} (60% năng lượng hữu ích).

$$N'_{60} = N_{60} \cdot C_N \quad (8)$$

trong đó:

$$N_{60} = N \cdot C_E \quad (9)$$

$$C_E = E_h/60 \quad (10)$$

E_h : năng lượng hiệu quả có thực của thiết bị

60: năng lượng hiệu quả chuẩn 60%

Theo Vũ Công Ngữ [6], đối với các thiết bị trong nước, đề nghị lấy $C_E = 0.5 \div 0.9$

Hay có thể viết: $N'_{60} = N \cdot C_{EN}$ (11)

trong đó $C_{EN} = C_E \cdot C_N$: hệ số chuẩn hóa theo các mức tiêu tán năng lượng.

Hệ số C_N theo đề xuất của một số tác giả ngoài nước [6], như sau:

- Theo Liao & Whitman (1986): $C_N = \sqrt{\left(\frac{0,9576}{\sigma'_v}\right)}$ (12)

- Theo Peck (1974): $C_N = 0,77 \cdot \log\left(\frac{20}{1,05 \cdot \sigma'_v}\right)$ (12)

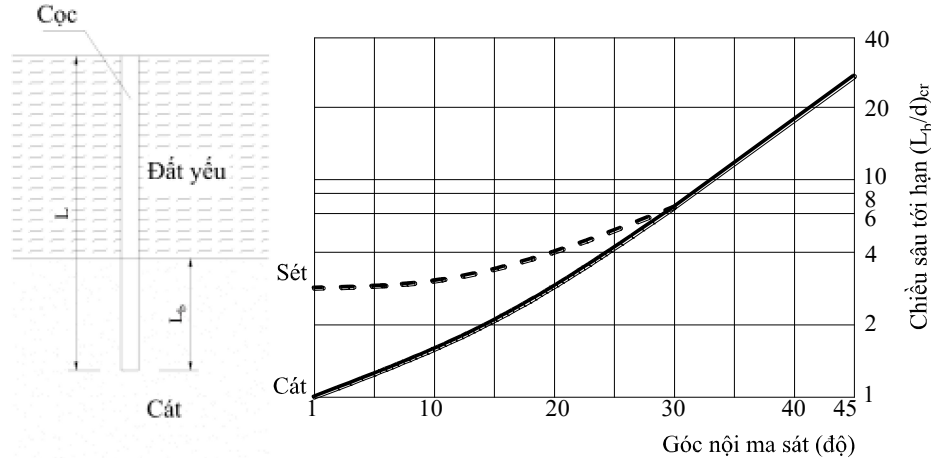
- Theo Skempton (1986): $C_N = \frac{2}{(1 + \sigma'_v)}$ (14)

trong đó: σ'_v là ứng suất hữu hiệu phương đứng ở độ sâu khảo sát (kG/cm²)

2.3 Đánh giá sức kháng đơn vị cực đại của cọc ở chiều sâu tới hạn trong đất rời.

Theo quan điểm của Meyerhof, sức kháng đơn vị của đất nền đạt giá trị cực trị ở một độ sâu tới hạn theo tỷ số $(L_b/d) = (L_b/d)_{cr}$; ở độ sâu có $(L_b/d) > (L_b/d)_{cr}$ sức kháng đơn vị của đất nền không tiếp tục tăng theo độ sâu như các quan niệm tính toán dựa theo chỉ tiêu cường độ. Trong đó L_b chiều sâu cọc cắm trong đất tốt; d là cạnh cọc ở độ sâu mũi cọc.

Khi $(L_b/d) > (L_b/d)_{cr}$ cọc thật sự ngàm vào đất cứng. Meyerhof đề xuất biểu đồ xác định chiều sâu tới hạn như Hình 2.

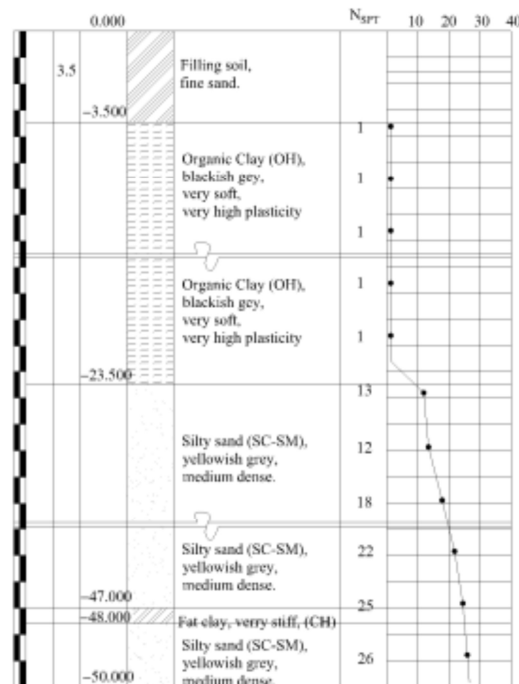


Hình 2: Cách xác định thông số chiều sâu tới hạn của sức kháng đơn vị

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM SPT VÀ PDA TỪ CÔNG TRÌNH THỰC TẾ [14]

Căn cứ trên 02 bộ thông số PDA cọc vuông 400x400 mm - Công trình Kho lạnh Thị Vải có chiều dài 44m, ngàm trung bình vào lớp cát chặt vừa 18m;

Căn cứ vào kết quả khảo sát và thí nghiệm, cấu tạo địa chất và kết quả PDA của khu vực nghiên cứu như Hình 3 và Bảng 1,2.



Hình 3: Hình trụ lỗ khoan-địa chất Công trình Kho lạnh Thị Vải, Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu

Bảng 1: Tính chất cơ lý của các lớp đất Công trình Kho lạnh Thị Vải, Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu

Tính chất cơ lý	Lớp 1: Sét hữu cơ, màu xám nâu, trạng thái dẻo nhão (OH)	Lớp 2: Cát pha sét lẫn bụi, màu nâu vàng, chặt vừa (SC-SM)	Lớp xen kẹp: Sét xám trắng, dẻo cứng đến dẻo mềm (CH)
Độ ẩm W (%)	78,7	17,3	40,7
Dung trọng tự nhiên γ_o (g/cm ³)	1,504	2,053	1,726
Dung trọng khô γ_d (g/cm ³)	0,848	1,756	1,227
Độ bão hòa S_r (%)	97,0	87,1	92,6
Chỉ số dẻo PI (%)	52,8	18,6	49,1
Chỉ số sệt LI	0,81	0,12	0,32
Hệ số rỗng e_o	2,12	0,53	1,17
Góc nội ma sát ϕ (°)	3°14'	29°23'	23°7'
Lực dính đơn vị c (kG/cm ²)	0.063	0,189	0,555

Bảng 2: Sức kháng bên đơn vị theo kết quả PDA

Đất nền			Dữ liệu PDA cọc 400x400 mm				
			Cọc TK0801-781-1		Cọc CTN1-T4		Sức kháng đơn vị trung bình
Độ sâu (m)	Tên đất	Trạng thái	Lực dọc thân cọc	Sức kháng đơn vị	Lực dọc thân cọc	Sức kháng đơn vị	
			(T)	(T/m ²)	(T)	(T/m ²)	(T/m ²)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
3,6	Sét	Đẻo nhão	271,64	0,793	275,44	0,923	0,858
5,7	hữu		268,85	0,866	272,33	0,963	0,9145
7,7	cơ,		266,49	0,732	268,75	1,109	0,9205
9,7	màu		263,77	0,842	265,86	0,895	0,8685
11,7	xám		260,41	1,042	263,97	0,585	0,8135
13,7	nâu,		257,13	1,015	261,82	0,666	0,8405
15,7	độ		253,89	1,003	258,79	0,939	0,971
17,8	dẻo		247,82	1,881	256,01	0,861	1,371
19,8	cao,		241,44	1,978	253,75	0,700	1,339
21,8	trạng		234,96	2,008	251,5	0,697	1,3525
23,8	thái		228,45	2,017	249,28	0,688	1,3525
25,8	dẻo nhão (OH)		223,96	1,388	247,17	0,654	1,021
25,8	Cát	Chặt vừa	223,96	1,388	247,17	0,654	1,021
27,8	pha		220,42	1,097	245,1	0,641	0,869
29,9	sét lẫn		217,01	1,057	240,14	1,536	1,2965
31,9	bụi,		214,11	0,899	219,07	6,526	3,7125
33,9	màu		189,49	7,626	196,46	7,003	7,3145
35,9	nâu		165,94	7,298	162,64	10,476	8,887
37,9	vàng,		140,3	7,942	128,82	10,476	9,209
39,9	trạng		111,81	8,829	95,00	10,476	9,6525
42	thái chặt		83,01	8,92	61,18	10,476	9,698
44	vừa (SC- SM)		53,94	9,008	28,15	10,231	9,6195

4. TÍNH TOÁN HỆ SỐ CHUẨN HÓA C_{EN} THEO CÁC CÔNG THỨC ƯỚC LƯỢNG SỨC KHÁNG THÔNG QUA N_{SPT} .

Nội suy các giá trị N'_{SPT} (bảng 4) cần thiết khi sử dụng các lời giải của Meyerhof; Viện Kiến trúc Nhật Bản; Công ty Bachy-Solentanche với mục tiêu có được sức kháng dọc trục đơn vị trên thân cọc tương đồng với kết quả thí nghiệm PDA. Các trị số N'_{SPT} được so sánh với N_{SPT} chưa chuẩn hóa từ hình trụ lỗ khoan ta được kết quả về hệ số mức hiệu quả năng lượng C_{EN} (công thức 15) cần hiệu chỉnh khi sử dụng các công thức giải tích ước lượng sức kháng theo N_{SPT} thể hiện trên hình 4.

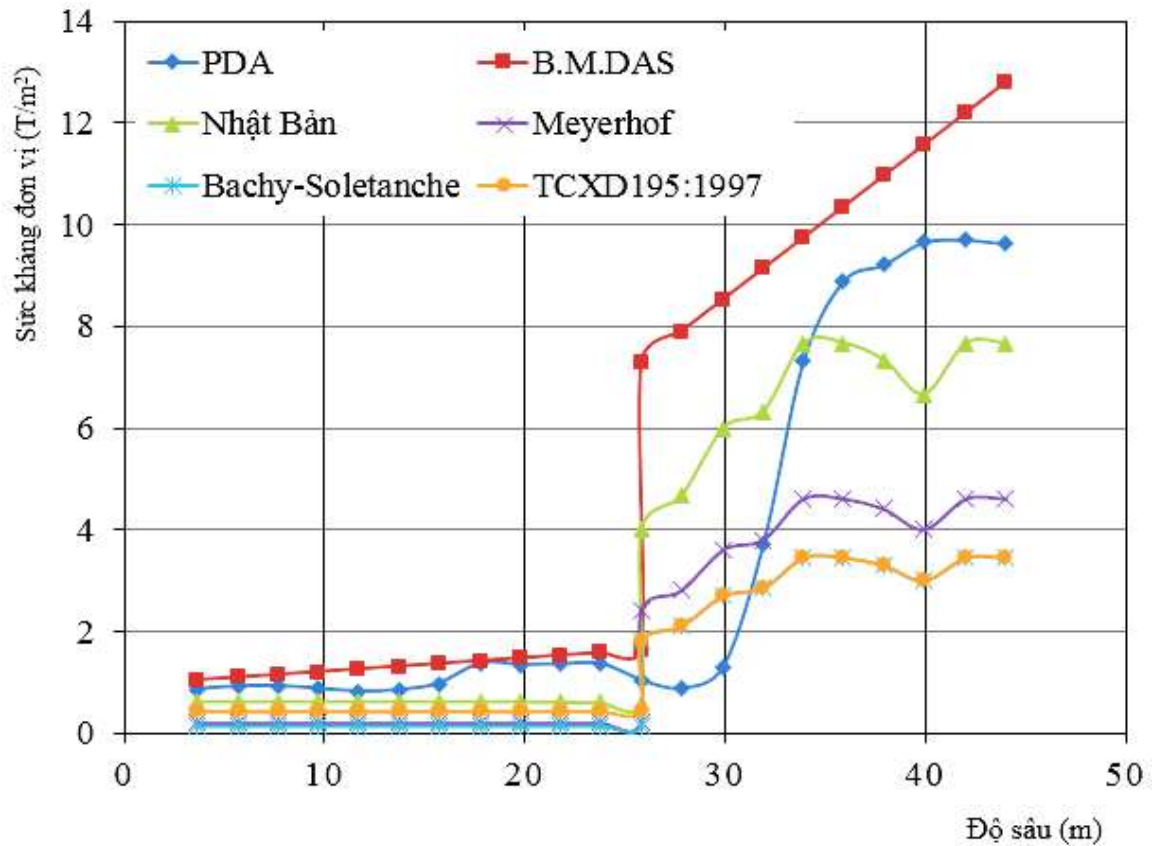
$$C_{EN} = \frac{N'_{SPT}}{N_{SPT}} \quad (15)$$

Bảng 3: Sức kháng bên đơn vị tính theo các lời giải khác nhau so với kết quả PDA

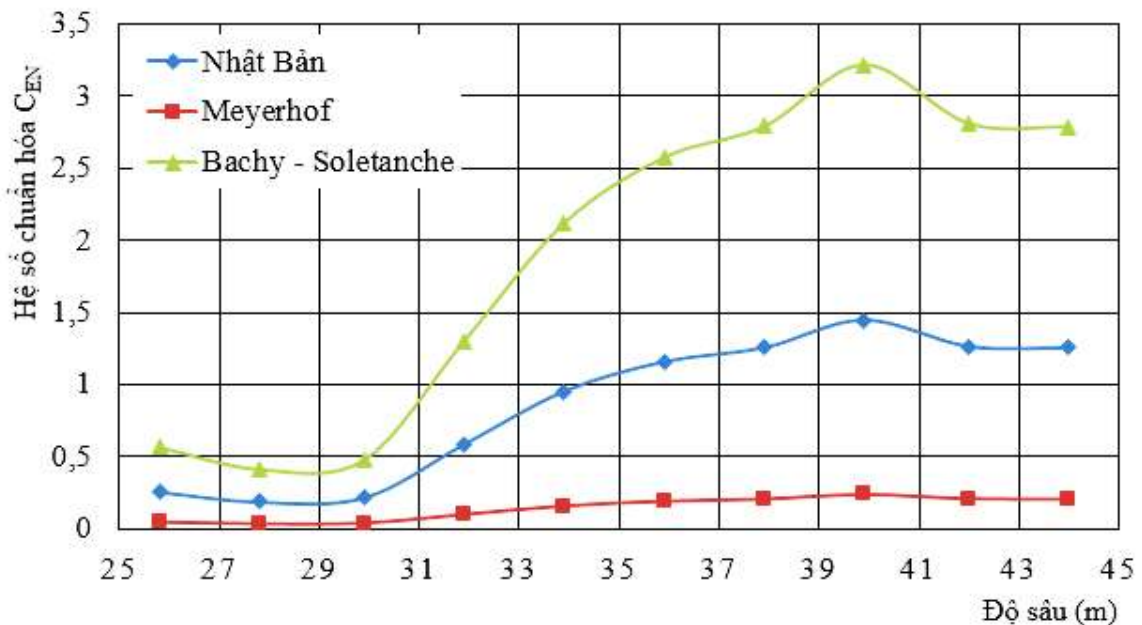
Độ sâu (m)	Chỉ số $N_{SP\ T}$	Sức kháng bên đơn vị (T/m^2)					
		Theo PDA	Tính theo B.M.Das	Tính theo chỉ số N_{SPT}			
				Nhật Bản	Meyerhof	TCXD 195:1997	Bachy Soletanche
3,6	1	0,858	1,032	0,630	0,200	0,430	0,150
5,7	1	0,9145	1,089	0,630	0,200	0,430	0,150
7,7	1	0,9205	1,142	0,630	0,200	0,430	0,150
9,7	1	0,8685	1,196	0,630	0,200	0,430	0,150
11,7	1	0,8135	1,250	0,630	0,200	0,430	0,150
13,7	1	0,8405	1,303	0,630	0,200	0,430	0,150
15,7	1	0,971	1,357	0,630	0,200	0,430	0,150
17,8	1	1,371	1,413	0,630	0,200	0,430	0,150
19,8	1	1,339	1,467	0,630	0,200	0,430	0,150
21,8	1	1,3525	1,521	0,618	0,200	0,430	0,150
23,8	1	1,3525	1,574	0,604	0,200	0,430	0,150
25,8	1	1,021	1,628	0,591	0,200	0,430	0,150
25,8	12	1,021	7,286	4,000	2,400	1,800	1,800
27,8	14	0,869	7,893	4,667	2,800	2,100	2,100
29,9	18	1,2965	8,529	6,000	3,600	2,700	2,700
31,9	19	3,7125	9,135	6,333	3,800	2,850	2,850
33,9	23	7,3145	9,741	7,667	4,600	3,450	3,450
35,9	23	8,887	10,348	7,667	4,600	3,450	3,450
37,9	22	9,209	10,954	7,333	4,400	3,300	3,300
39,9	20	9,6525	11,560	6,667	4,000	3,000	3,000
42,0	23	9,698	12,196	7,667	4,600	3,450	3,450
44,0	23	9,6195	12,803	7,667	4,600	3,450	3,450

Bảng 4: Giá trị N_{SPT} và hệ số chuẩn hóa C_{EN} tính ngược dựa vào sức kháng bên từ PDA trong lớp cát pha sét lẫn bụi

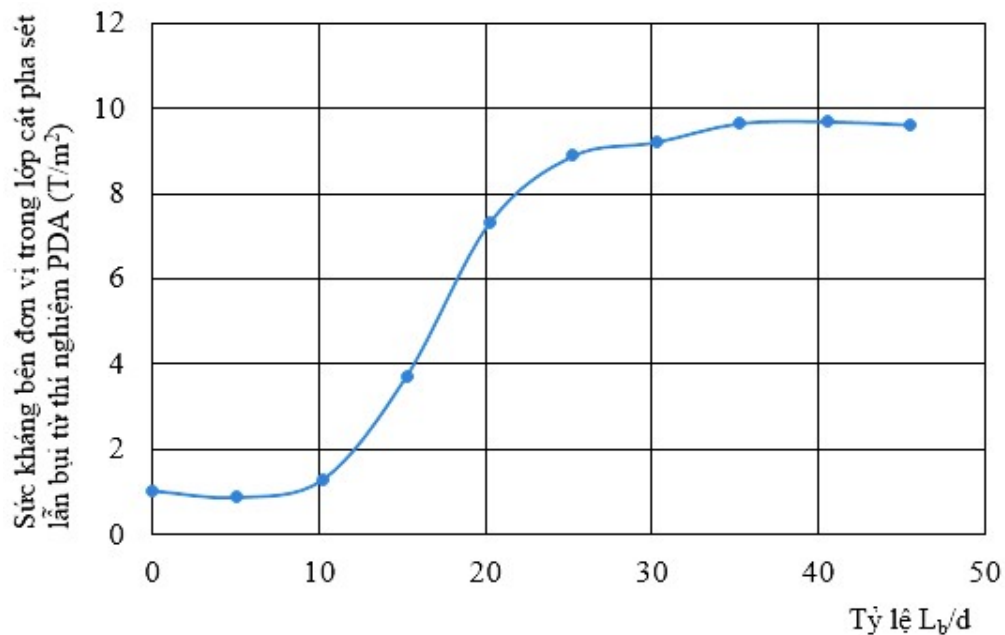
Độ sâu (m)	Chỉ số N_{SPT}	Nhật Bản		Meyerhof		Bachy-Soletanche		TCXD 195:1997	
		C_{EN}	N'_{SPT}	C_{EN}	N'_{SPT}	C_{EN}	N'_{SPT}	C_{EN}	N'_{SPT}
25,8	12	0,255	3,063	0,043	0,511	0,567	6,807	0,567	6,807
27,8	14	0,186	2,607	0,031	0,435	0,414	5,793	0,414	5,793
29,9	18	0,216	3,890	0,036	0,648	0,480	8,643	0,480	8,643
31,9	19	0,586	11,138	0,098	1,856	1,303	24,750	1,303	24,750
33,9	23	0,954	21,944	0,159	3,657	2,120	48,763	2,120	48,763
35,9	23	1,159	26,661	0,193	4,444	2,576	59,247	2,576	59,247
37,9	22	1,256	27,627	0,209	4,605	2,791	61,393	2,791	61,393
39,9	20	1,448	28,958	0,241	4,826	3,218	64,350	3,218	64,350
42	23	1,265	29,094	0,211	4,849	2,811	64,653	2,811	64,653
44	23	1,255	28,859	0,209	4,810	2,788	64,130	2,788	64,130



Hình 4: Sự khác nhau về sức kháng bên đơn vị theo các lời giải



Hình 5: Sự thay đổi hệ số chuẩn hóa (mức năng lượng hiệu quả) chỉ số NSPT trong lỗ khoan theo độ sâu trong lớp cát pha sét lẫn bụi



Hình 6: Biểu đồ xác định độ sâu xuất hiện sức kháng cực hạn trong lớp cát pha sét lẫn bụi

5. KẾT LUẬN:

- Sức kháng bên đơn vị tính theo các công thức lý thuyết của Nhật Bản, Meyerhof và Bachy-Solentanche có cùng qui luật. Tuy nhiên có sự sai khác về giá trị, do các hệ số đề xuất của mỗi công thức là khác nhau;
- Mức năng lượng tiêu tán của thí nghiệm SPT trong lớp cát chặt vừa ở công trình Kho lạnh Thị Vải có giá trị biến động khá lớn. Điều này cho thấy, không thể dựa hoàn toàn vào chỉ số SPT để đánh giá sức chịu tải cọc.

- Kết quả thí nghiệm PDA trên cọc tại hiện trường cho thấy (Hình 6), trong điều kiện đất cát chặt ở Kho lạnh Thị Vải, chiều sâu đạt sức kháng tới hạn có tỷ số $L_b/d \approx 10$ tương đương 4m kể từ bề mặt lớp cát chặt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 10304:2014. Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế. 2014.
- [2] TCXD 195:1997. Nhà cao tầng – Thiết kế cọc khoan nhồi. NXB Xây dựng. 1997.
- [3] Châu Ngọc Ân. Cơ học đất. NXB Đại học Quốc Gia TpHCM. 2004.
- [4] Châu Ngọc Ân. Nền móng (tái bản lần 2). NXB Đại học Quốc Gia TpHCM. 2008.
- [5] Vũ Đình Lưu, Phan Anh Tú, Nguyễn Ngọc Phúc, Lý Ngọc Phi Vân. Địa chất công trình. NXB Xây Dựng. 2017.
- [6] Vũ Công Ngữ, Nguyễn Thái. Thí nghiệm đất hiện trường và ứng dụng trong phân tích nền móng. NXB Khoa học & Kỹ Thuật. 2003.
- [7] Nguyễn Ngọc Phúc, Trần Thị Thanh, Hứa Thành Thân. Analysis the unit resistance along pile by using logical and PDA testing results. The 15th Regional congress on geology, mineral and energy resources of Southeast Asia. ISBN 9786049137518. 2018.
- [8] Nguyễn Ngọc Phúc, Nguyễn Khánh Hùng. Chuẩn hóa mức năng lượng hiệu quả trong thí nghiệm SPT dựa trên kết quả PDA tại khu vực thành phố Qui Nhơn, Tỉnh Bình Định. Tuyển tập kết quả khoa học & công nghệ 2019. Viện Khoa học Thủy Lợi Miền Nam.
- [9] Nguyễn Văn Thơ, Nguyễn Ngọc Phúc, et al. Cơ học đất (tập 1). NXB Xây Dựng. 2013.
- [10] Trần Thị Thanh, Nguyễn Ngọc Phúc, et al. Cơ học đất (tập 2). NXB Xây Dựng. 2014.
- [11] Joshep E.Bowles. Foundation analysis and design. 4th Edition. Mc Graw-Hill Book Co. 1988.
- [12] Braja M.Das.Principles of Geotechnical engineering.8th edition. Publisher, Global Engineering Christopher M. Shortt. 2012.
- [13] Braja M.Das.Principles of Foundation engineering.4th edition. PWS-Kent Publishing Co. Boston, Massachusetts.
- [14] Hồ sơ địa chất và kết quả thí nghiệm PDA công trình Kho lạnh Thị Vải, Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu.

Ngày nhận bài: 06/07/2019

Ngày chấp nhận đăng: 23/10/2019