QUAN HỆ THỰC NGHIỆM CHỈ SỐ NÉN C_C CỦA ĐẤT SÉT THUỘC TRẦM TÍCH KỶ ĐỆ TỨ KHU VỰC THỦ THIÊM, THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

NGUYỄN NGỌC PHÚC

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

nguyenngocphuc@iuh.edu.vn

DOIs: https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v81i3.6012

Tóm tắt: Tính toán dự báo lún là một trong những bài toán được quan tâm nhiều trong lĩnh vực địa kỹ thuật. Các công thức giải tích dự tính biến dạng nén lún đất nền có xét đến lịch sử chịu tải sử dụng chỉ số nén C_C sẽ cho kết quả dự đoán có độ tin cậy cao. Vì vậy, chỉ số nén Cc là một trong những thông số quan trọng trong bài toán dự báo lún. Khi biểu diễn kết quả thí nghiệm nén cố kết theo quan hệ e ~ lgσ' sẽ thu được các thông số lịch sử chịu tải của đất, bao gồm: chỉ số nén Cc, chỉ số nở Cs và ứng suất tiền cố kết σ'_0. Các thông số này không chỉ phản ánh lịch sử chịu tải của đất mà còn có những mối quan hệ nhất định với các thông số vật lý. Đã có các nghiên cứu ngoài nước đề xuất các quan hệ thực nghiệm từ thông số vật lý cho phép xác lập chỉ số nén Cc góp phần nhanh chóng trong công tác tính toán dự báo lún. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu trong nước về vấn đề này còn rất hạn chế. Bên cạnh đó, thực tiễn nền đất trầm tích trẻ thường có tiến trình cố kết đa dạng bởi các tác động gia tải, dỡ tải một cách tự nhiên và nhân tạo làm thay đổi đặc trưng biến dạng của đất. Vì vậy, việc nghiên cứu đề xuất các quan hệ thực nghiệm chỉ số nén Cc với thông số vật lý cho đất trầm tích trẻ ở Việt Nam là thật sự cần thiết. Bài viết này đưa ra một số quan hệ thực nghiệm về chỉ số nén Cc trong đất sét thuộc trầm tích kỷ đệ tứ ở khu vực Thủ Thiêm, Thành phố Hồ Chí Minh góp phần bổ sung cơ sở dữ liệu cho các bài toán địa kỹ thuật liên quan.

Từ khóa. *Chỉ số nén C_C; Quan hệ thực nghiệm; Đất dính; Trầm tích Kỷ Đệ Tứ.*

1. CÁC QUAN HỆ THỰC NGHIỆM VỀ CHỈ SỐ NÉN C_C TRONG ĐẤT DÍNH:

Từ kết quả thí nghiệm nén cố kết, biểu diễn trên hệ tọa độ bán logarite ta có thể phân tích được nhiều thông số quan trọng phản ánh lịch sử chịu tải của đất. Đối với chỉ số nén Cc của đất, nó được định nghĩa là độ dốc của đường gf trên đồ thị bán logarit biểu diễn sự thay đổi của hệ số rỗng theo cường độ áp lực nén cố kết như hình 1.

Ta có công thức định nghĩa chỉ số nén C_C như sau:

$$C_C = -\frac{\Delta e}{\Delta(\lg\sigma')} \quad (1)$$

trong đó:

Δe: là lượng thay đổi hệ số rỗng

Δ(lgσ'): là lượng thay đổi logarit thập phân cường độ áp lực nén tương ứng.

Độ biến dạng nén lún của trong điều kiện cố kết thường của lớp đất có bề dày H và hệ số rỗng ban đầu e_0 được xác định theo biểu thức:

$$S_C = -\frac{C_C}{1+e_0}.H.\lg\left(\frac{\sigma'_0+\Delta\sigma'}{\sigma'_0}\right) \quad (2)$$

trong đó: σ'_0 là ứng suất tiền cố kết.

Tuy nhiên, không phải tất cả các mẫu đất thu thập được từ công tác khảo sát đều được thí nghiệm trực tiếp. Vì vậy, việc dự đoán chỉ số nén C_C dựa trên các quan hệ thực nghiệm là cần thiết.

Năm 1944, Skempton [5] đã đề xuất quan hệ thực nghiệm về chỉ số nén C_C cho đất sét nguyên dạng như sau:

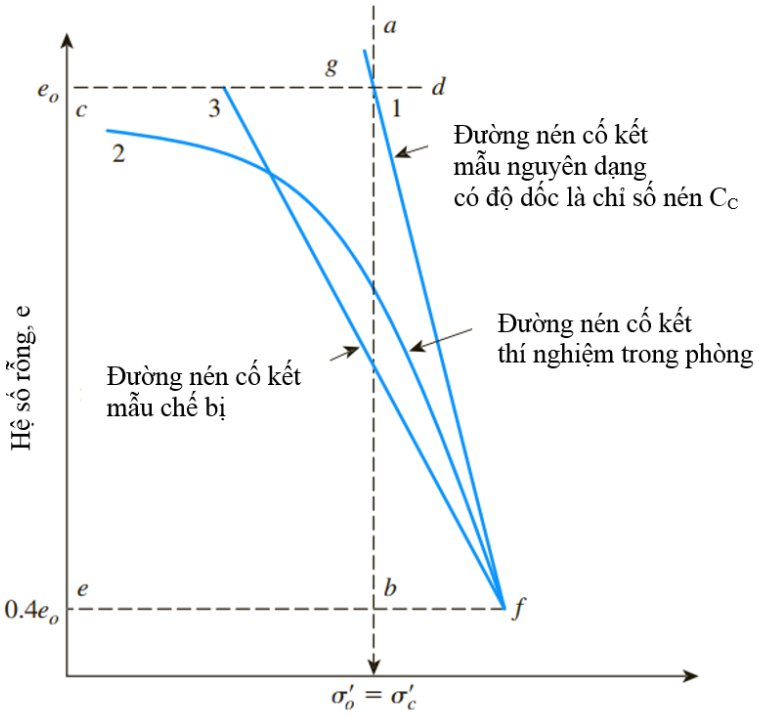
$$C_C = 0{,}009.(LL - 10) \quad (3)$$

trong đó:

C_C: Chỉ số nén;

LL: Độ ẩm giới hạn chảy (%).

© 2026 Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh



Hình 1: Đặc điểm nén cố kết thường của đất sét có độ nhạy thấp đến vừa

Trên cơ sở quan sát đặc điểm biến dạng của đất sét tự nhiên, Rendon-Herrero (1983) [5] đề xuất biểu thức chỉ số nén C_C như sau:

$$C_C = 0{,}141.x \qquad (4)$$

$$x = G_s^{1,2}.\left(\frac{1+e_0}{G_s}\right)^{2,38} \qquad (6)$$

trong đó:

G_S : tỷ trọng hạt

e_0 : hệ số rỗng tự nhiên

Năm 1985, Nagaraj và Murty biểu diễn chỉ số nén C_C như sau:

$$C_C = 0{,}2343.\left[\frac{LL(\%)}{100}\right].G_S \qquad (7)$$

Dựa trên mô hình Cam clay cải tiến, Wroth và Wood (1978) [5] cũng đề xuất biểu thức dự tính chỉ số nén C_C

$$C_C \approx 0{,}5.G_S.\left[\frac{PI(\%)}{100}\right] \qquad (8)$$

trong đó: PI là chỉ số dẻo (%)

Nếu chấp nhận giá trị trung bình của tỷ trọng hạt G_S = 2,7 thì chỉ số nén C_C được tính theo Kulhawy và Mayne đề xuất năm 1990 như sau:

$$C_C \approx \frac{PI(\%)}{74} \qquad (9)$$

Gần đây, năm 2004, Park và Koumoto [5] biểu diễn hàm quan hệ chỉ số nén C_C theo độ rỗng tự nhiên n_0

$$C_C = \frac{n_0}{371{,}747 - 4{,}275.n_0} \quad (10)$$

trong đó: n_0 hệ số rỗng tự nhiên (%)

Hiện nay có rất nhiều tác giả đề xuất quan hệ thực nghiệm khác nhau về chỉ số C_C cũng được đánh giá là hữu dụng. Các hàm quan hệ thực nghiệm có thể chia thành 6 nhóm đó là: Quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C với độ ẩm giới hạn nhão LL; Quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C với chỉ số dẻo I_p; Quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C với độ ẩm tự nhiêm W_N; Quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C với hệ số rỗng e; Quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C với dung trọng khô γ_d, độ trương nở tự do DFS, độ ẩm tối ưu W_o; Quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C với đa biến số nói trên. Một số biểu thức quan hệ thực nghiệm tiêu biểu thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1: Một số hàm quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C [5,6,8]

Hàm quan hệ chỉ số nén C_C	Tác giả đề xuất	Phạm vi áp dụng
C_C = 0,007.(LL-7)	Skempton (1944), Terzahi và Peck (1967)	Đất sét chế bị
C_C = 0,01.(LL-12)	Mutayama et al. (1958)	Đất sét trầm tích sông Osaka
C_C = 0,013.(LL-13,5)	Yamagutshi (1959)	Tất cả các loại đất sét
C_C = 0,014.(LL-20)	Taniguchi et al. (1960)	Đất sét Ariake
C_C = 0,004.(LL-10)	Taniguchi (1962)	Đất sét Rumoi
C_C = 0,017.(LL-20)	Shouka (1964)	Tất cả các loại đất sét
C_C = 0,0046.(LL-9)	Azzouz et al. (1976)	Đất sét Brazil
C_C = 0,01.W_N		Đất sét Chicago
C_C = 1,21 + 1,005.(e_0 -1,87)		Đất sét màu loang lổ ở Thành phố Sao Paulo
C_C = 0,208.e_0 + 0,0083		Đất sét Chicago
C_C = 0,0115.W_N		Đất hữu cơ, than bùn, bùn hữu cơ, sét
C_C = 1,15.(e_0 – 0,27)	Nishida (1956)	Tất cả các loại đất sét
C_C = 0,30.(e_0 – 0,27)	Hough (1957)	Đất dính vô cơ: bùn, bùn sét, sét
C_C = 0,75.(e_0 – 0,5)		Đất có độ dẻo thấp
C_C = 0,156.e_0 + 0,0107		Tất cả các loại đất sét

2. ĐẶC TRƯNG CHỈ SỐ NÉN C_C CỦA ĐẤT SÉT TRẦM TÍCH KỶ ĐỆ TỨ Ở KHU VỰC THỦ THIÊM, THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Trong phần nội dung này, tác giả sử dụng bộ dữ liệu kết quả thí nghiệm địa chất đã tiến hành xử lý loại bỏ các sai số thô theo nguyên tắc thống kê số liệu địa chất được qui định trong Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9362:2012 và TCVN 9153:2012. Dựa trên các kết quả thí nghiệm địa chất khu vực Thủ Thiêm, Thành phố Hồ Chí Minh, tác giả tiến hành xây dựng các quan hệ thực nghiệm giữa chỉ số nén Cc với các thông số vật lý trên cơ sở tham khảo các quan hệ trong bảng 1.

Theo kết quả khảo sát địa chất ở Khu vực Thủ Thiêm, các lớp đất sét trầm tích kỷ đệ tứ gồm có:

- Lớp sét béo xuất hiện ở rất gần mặt đất tự nhiên gọi tắt là Sét béo nông. Độ sâu mặt lớp -1,5 m, độ sâu đáy lớp -24 m.
- Lớp sét béo xuất hiện ở độ sâu trung bình -43m gọi tắt là Sét béo sâu vừa. Độ sâu mặt lớp -43 m, độ sâu đáy lớp -50 m;
- Lớp sét gầy xuất hiện ở độ sâu trung bình -114m gọi tắt là Sét gầy sâu. Độ sâu mặt lớp -114 m, độ sâu đáy lớp -125 m;

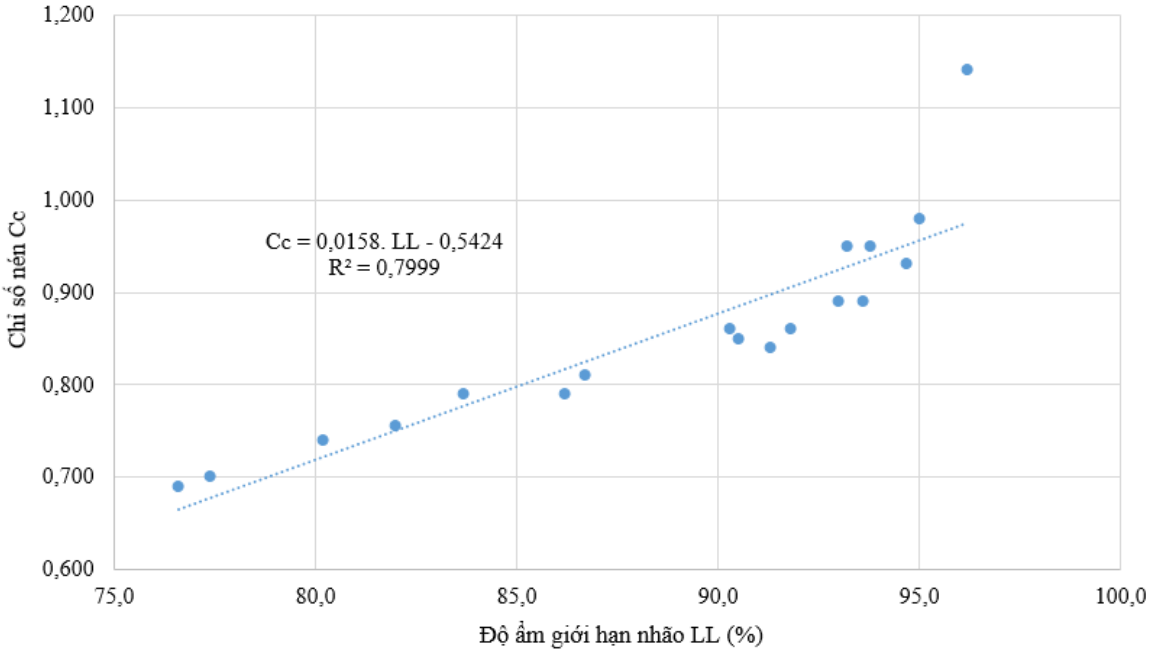
Thông qua các thí nghiệm trong phòng ta thu được các thông số đặc trưng cơ lý của các lớp đất sét được trình bày trong Bảng 2; 3.

Bảng 2: Đặc trưng vật lý và cơ học của nhóm đất sét khu vực Thủ Thiêm Thành phố Hồ Chí Minh [7]

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị đặc trưng của các lớp sét ở độ sâu khác nhau		
		Sét béo nông (1)	Sét béo sâu vừa (2)	Sét gầy sâu (3)
Cao độ mặt lớp/đáy lớp	m	-1,5 m/-24 m	-43 m/-50 m	-114 m/-125 m
Hàm lượng cát	%	2,0	24,4	27,2
Hàm lượng bột và sét	%	98,0	75,6	72,8
Độ ẩm	%	78,3	17,5	15,8
Dung trọng ướt	kN/m^3	15,0	20,8	21,2
Tỷ trọng		2,6	2,7	2,7
Hệ số rỗng		2,1	0,5	0,4
Giới hạn chảy	%	86,2	42,3	39,4
Giới hạn dẻo	%	35,8	20,2	19,5
Chỉ số dẻo	%	50,4	22,1	19,9
Cường độ nén nở hông	kPa	36,6	321,3	490,2
Thí nghiệm cắt trực tiếp				
Góc nội ma sát	Độ	6º30’	17º06’	18º19’
Lực dính đơn vị	kPa	12,9	105,6	89,3
Sức kháng cắt không thoát nước C_{UU}	kPa	17,3	172,7	226,5
Thí nghiệm CU				
Góc nội ma sát φ’	Độ	19º35’	23º17’	21º48’
Góc nội ma sát φ	Độ	9º59’	15º09’	11º00’
Sức kháng cắt không thoát nước C'_{CU}	kPa	12,4	127,6	115,8
Sức kháng cắt không thoát nước C_{CU}	kPa	17,5	170,4	153,9

Dựa vào số liệu trong Bảng 3 (lớp sét béo, nông), Tác giả xây dựng các quan hệ thực nghiệm chỉ số nén Cc theo các chỉ tiêu vật lý được thể hiện trong các hình 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bên dưới.

Hình 2 biểu diễn tương quan giữa chỉ số nén Cc với độ ẩm giới hạn nhão LL của lớp đất sét béo nông có độ sâu mặt lớp -1,5 m và độ sâu đáy lớp -24 m, cho thấy hai thông số này có quan hệ tuyến tính. Hệ số tương quan hồi qui đạt ở mức tương đối có thể chấp nhận được. Nguyên nhân cơ bản là tập số liệu còn mỏng. Tuy nhiên, kết quả phân tích bước đầu cho thấy quan hệ tuyến tính giữa chỉ số nén Cc với độ ẩm giới hạn nhão LL là phù hợp với đề xuất của các tác giả Skempton (1944), Terzahi và Peck (1967),…



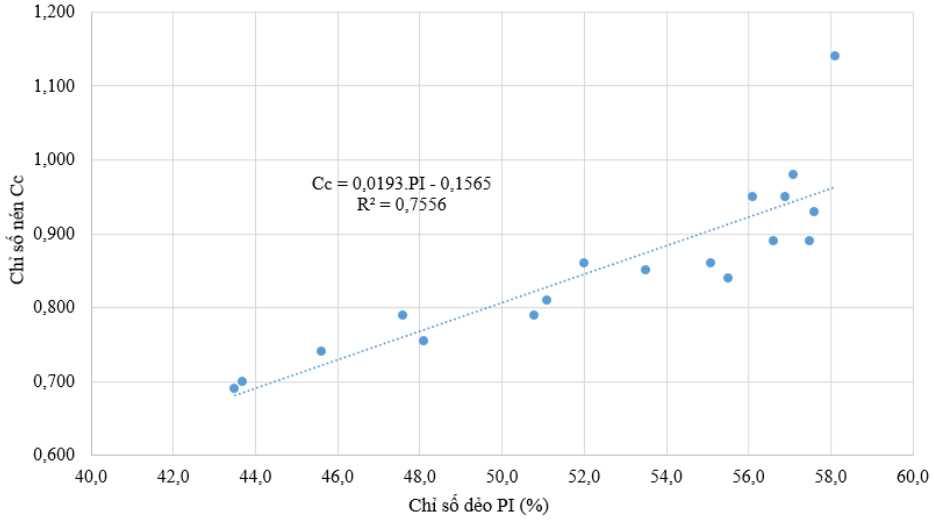
Hình 2: Quan hệ chỉ số nén C_C theo độ ẩm giới hạn nhão LL (%) trong lớp sét béo, nông.

Bảng 3: Chỉ tiêu vật lý và chỉ số nén C_C của lớp sét béo, nông.

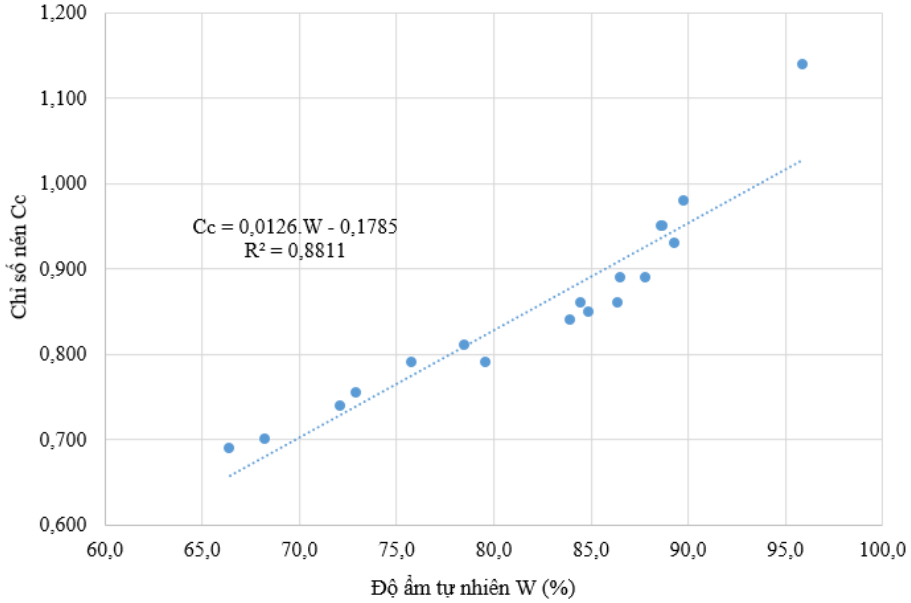
STT	Số hiệu mẫu	Độ sâu lấy mẫu (m)	Áp lực tiền cố kết σ'_0 (kPa)	Hệ số rỗng tự nhiên e_o	G_S	LL(%)	PI(%)	W (%)	C_C
1	P-BH1	21-22	165,550	1,930	2,644	82,0	48,10	72,90	0,755
2	P-BH2	15-16	145,950	2,375	2,632	95,0	57,10	89,80	0,980
3	P-BH3	15-16	140,450	2,223	2,620	90,3	52,00	84,50	0,860
4	P-BH4	23-24	180,800	1,788	2,664	76,6	43,50	66,40	0,690
5	P-BH5	5-6	92,110	2,355	2,631	93,8	56,90	88,70	0,950
6	P-BH6	19-20	157,720	2,358	2,635	93,2	56,10	88,60	0,950
7	P-BH7	13-14	135,690	2,026	2,651	83,7	47,60	75,80	0,790
8	P-BH8	5-6	81,270	2,301	2,639	91,8	55,10	86,40	0,860
9	P-BH9	5-6	105,040	2,515	2,620	96,2	58,10	95,90	1,140
10	P-BH10	9-10	122,620	2,36	2,627	94,7	57,60	89,30	0,930
11	P-BH10	23-24	174,790	1,930	2,656	80,2	45,60	72,10	0,740
12	P-BH11	9-10	126,190	2,255	2,641	90,5	53,50	84,90	0,850
13	P-BH11	23-24	185,100	1,830	2,658	77,4	43,70	68,20	0,700
14	P-BH12	11-12	110,170	2,129	2,648	86,2	50,80	79,60	0,790
15	T-BH3	8-9	114,940	2,242	2,644	91,3	55,50	83,90	0,840
16	T-BH4	17-18	145,110	2,307	2,642	93,0	56,60	86,50	0,890
17	T-BH5	5-6	103,470	2,319	2,633	93,6	57,50	87,80	0,890
18	T-BH5	19-20	162,620	2,088	2,647	86,7	51,100	78,50	0,810

Các quan hệ thực nghiệm giữa chỉ số nén Cc với các thông số vật lý khác cũng được mô tả trong các Hình 3; 4; 5; 6 ; 7; 8 bên dưới. Nhìn chung các quan hệ thực nghiệm này đều tuân theo qui luật tuyến tính và

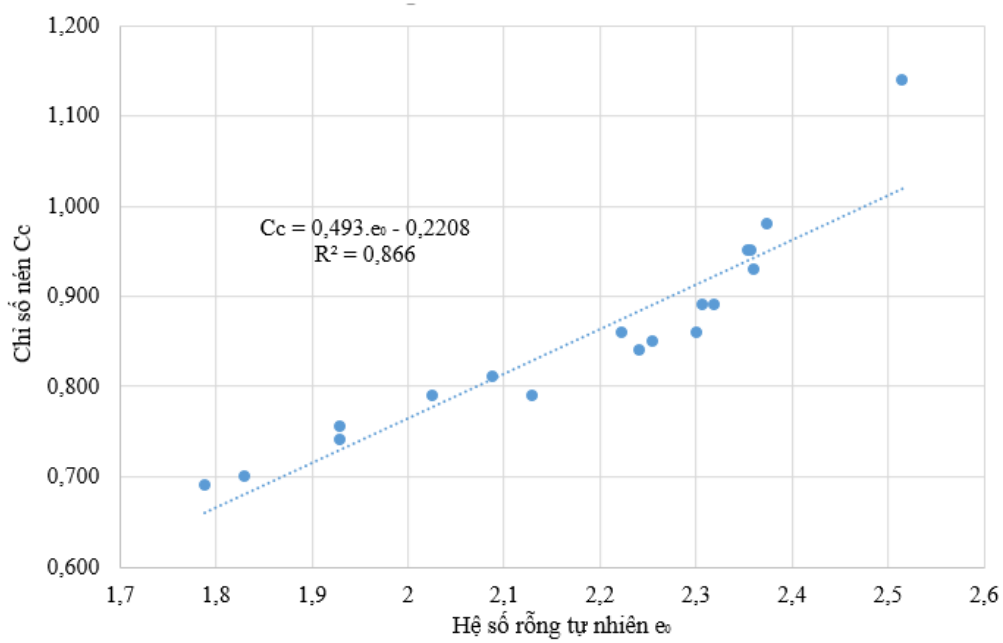
phù hợp với đề xuất của các tác giả Skempton (1944), Terzahi và Peck (1967),…Hệ số tuyến tính thu được phản ánh đặc trưng riêng của đối tượng nghiên cứu là Đất sét béo nông ở khu vực Thủ Thiêm, Thành phố Hồ Chí Minh.



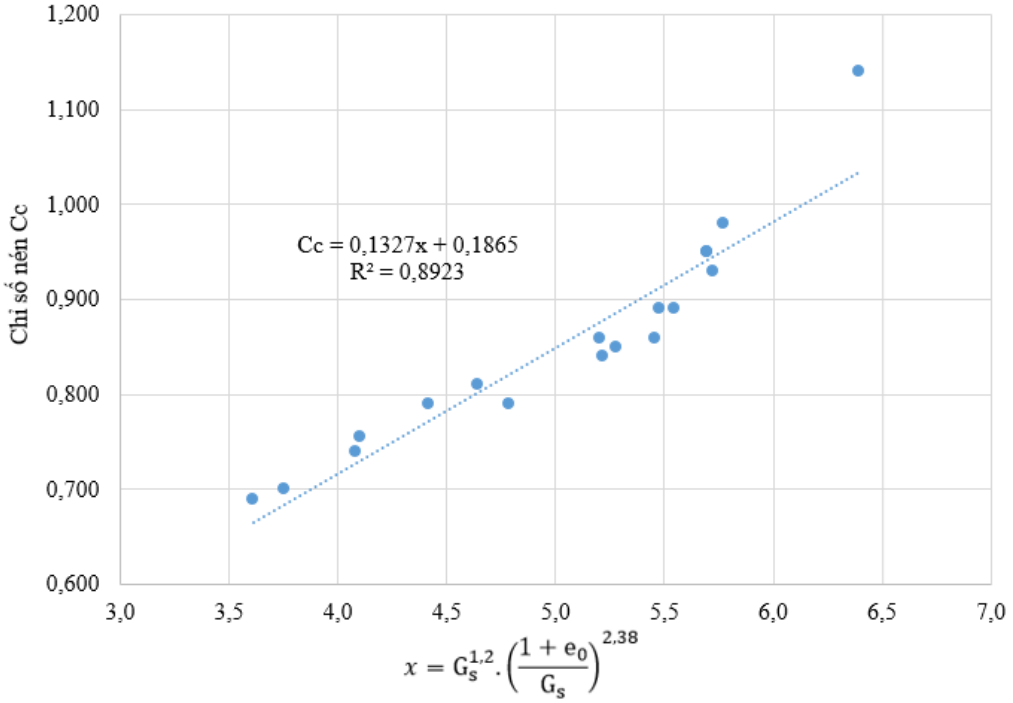
Hình 3: Quan hệ chỉ số nén C_C theo chỉ số dẻo PI (%) trong lớp sét béo, nông.



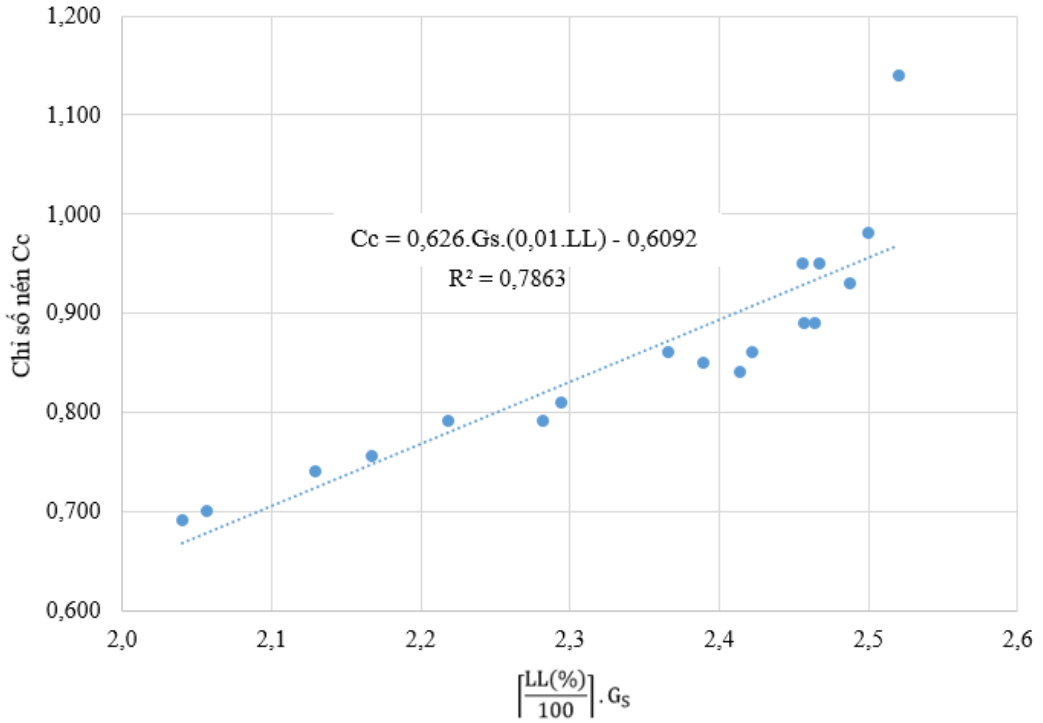
Hình 4: Quan hệ chỉ số nén C_C theo độ ẩm tự nhiên W (%) trong lớp sét béo, nông.



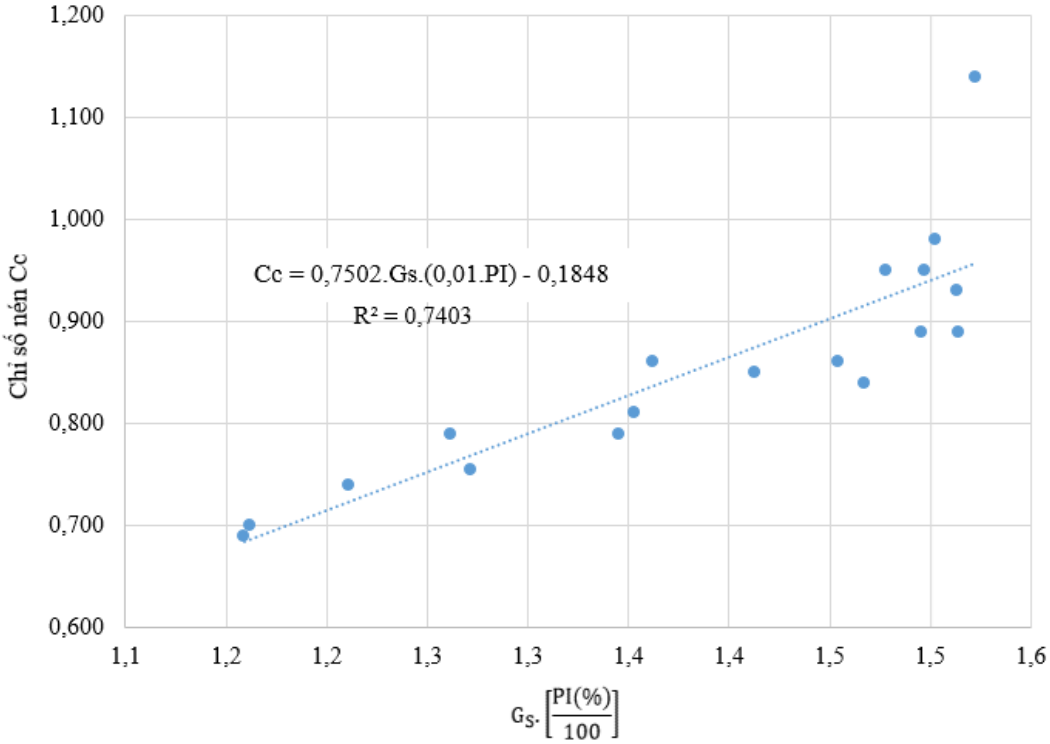
Hình 5: Quan hệ chỉ số nén C_C theo hệ số rỗng tự nhiên e_0 trong lớp sét béo, nông.



Hình 6: Quan hệ chỉ số nén C_C theo hàm số mũ tỷ trọng Gs và hệ số rỗng tự nhiên e_0 trong lớp sét béo, nông.



Hình 7: Quan hệ chỉ số nén C_C theo tỷ trọng W và độ ẩm giới hạn nhão LL trong lớp sét béo, nông.



Hình 8: Quan hệ chỉ số nén C_C theo tỷ trọng Gs và chỉ số dẻo PI trong lớp sét béo, nông.

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả phân tích ở trên, tác giả tổng kết lại một số hàm quan hệ thực nghiệm về chỉ số nén Cc trong lớp đất sét béo, nông (xuất hiện ở độ sâu từ -1,5m đến -24m) thuộc khu vực Thủ Thiêm, Thành phố Hồ Chí Minh được thể hiện trong bảng 6 dưới đây. Các hàm quan hệ thực nghiệm này góp phần vào cơ sở dữ liệu tham khảo khi tính toán nhanh dự báo lún trong giai đoạn lập hồ sơ kinh tế kỹ thuật của dự án.

Bảng 4: Tổng hợp một số quan hệ thực nghiệm chỉ số nén Cc với các thông số vật lý của đất sét khu vực Thủ Thiêm

STT	Hàm quan hệ thực nghiệm	Hệ số tương quan R^2
1	Quan hệ chỉ số nén Cc theo độ ẩm giới hạn nhão LL(%) $C_C = 0{,}0158.LL - 0{,}524$	$R^2 = 0{,}7999$
2	Quan hệ chỉ số nén Cc theo chỉ số dẻo PI(%) $C_C = 0{,}0193.PI - 0{,}1565$	$R^2 = 0{,}7556$
3	Quan hệ chỉ số nén Cc theo độ ẩm W(%) $C_C = 0{,}0193.W - 0{,}1785$	$R^2 = 0{,}8811$
4	Quan hệ chỉ cố nén Cc theo hệ số rỗng tự nhiên e_0 $C_C = 0{,}0193.e_0 - 0{,}2208$	$R^2 = 0{,}8660$
5	Quan hệ giữa chỉ số nén Cc theo phức hợp tỷ trong hạt G_s và hệ số rỗng tự nhiên e_0 $C_C = 0{,}1327.G_S^{1,2}.\left(\frac{1+e_0}{G_S}\right)^{2,38} + 0{,}1865$	$R^2 = 0{,}8923$
6	Quan hệ giữa chỉ số nén Cc theo phức hợp độ ẩm giới hạn nhão LL(%) và tỷ trọng hạt G_s $C_C = 0{,}626.\left(\frac{LL(\%)}{100}\right).G_S - 0{,}6092$	$R^2 = 0{,}7863$
7	Quan hệ giữa chỉ số nén Cc theo phức hợp chỉ số dẻo PI(%) và tỷ trọng hạt G_s $C_C = 0{,}7502.\left(\frac{PI(\%)}{100}\right).G_S - 0{,}1848$	$R^2 = 0{,}7403$

Các hàm quan hệ thực nghiệm đều có xu hướng phản ánh mối quan hệ tuyến tính phù hợp qui luật chung theo đề xuất của các tác giả Skempton (1944), Terzahi và Peck (1967),… Hàm quan hệ thực nghiệm chỉ số nén C_C theo độ ẩm tự nhiên W(%), hệ số rỗng tự nhiên e_0, tỷ trọng hạt G_S có hệ số tương quan đạt mức độ tin cậy cao. Vì vậy, khi cần dự đoán chỉ số nén Cc có thể cân nhắc sử dụng ba thông số vật lý này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] V. Đ. Lưu, P. A. T, N. N. Phúc và L. N. P. Vân, *Địa chất công trình*. Hà Nội: Xây Dựng, 2017.
[2] N. V. Thơ và N. N. Phúc, *Cơ học đất (tập 1)*. Hà Nội: Xây Dựng, 2013.
[3] T. T. Thanh và N. N. Phúc, *Cơ học đất (tập 2)*. Hà Nội: Xây Dựng, 2014.
[4] H. V. Tân, et al, *Những phương pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu*. Hà Nội: Xây Dựng, 1997.
[5] B. M. Das, *Principles of Geotechnical engineering*, 9th edition. USA: Global Engineering Christopher M. Shortt, 2016.
[6] B. M. Das, *Principles of Foundation engineering*, 6th edition. USA: PWS-Kent Publishing Co. Boston, Massachusetts, 1998.
[7] *Hồ sơ địa chất Khu phức hợp tháp quan sát trong khu đô thị mới Thủ Thiêm*. TpHCM: Công ty TNHH Thế giới kỹ thuật, 2020.
[8] Chandra Bogireddy, Genesh Sutar, Solanki. C. H, Vasanwala. S. A. *Regional normalized empirical correlations for the compression index (C_C) of soil – A critical review*. International Journal of Civil Engineering an Technology, 2017.

EMPIRICAL CORRELATIONS BETWEEN THE COMPRESSION INDEX (C_c) AND SOIL PHYSICAL PROPERTIES OF CLAYS BELONGING TO THE QUATERNARY SEDIMENTS IN THU THIEM AREA, HO CHI MINH CITY

NGUYEN NGOC PHUC
Faculty of Civil Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City
nguyenngocphuc@iuh.edu.vn

Abstract.

Settlement prediction is one of the most extensively studied problems in the field of geotechnical engineering. Analytical formulas for estimating soil compression and settlement that incorporate loading history through the compression index (Cc) often yield highly reliable results. Therefore, the compression index (Cc) is considered one of the key parameters in settlement prediction. When the results of the consolidation compression test is expressed as the relationship e ~ lgσ' form, historical load-bearing parameters of the soil will be obtained, including: compression index Cc, swelling index Cs and pre-consolidation stress σ'_0. Estimating the ground settlement by considering the loading history using the C_C compression index will give highly reliable prediction results. Therefore, the compression index C_C is one of the important information. However, domestic research in this area remains limited. In practice, young sedimentary soils often undergo complex consolidation processes due to both natural and anthropogenic loading and unloading, which significantly alter their deformation characteristics. Consequently, developing empirical correlations between the compression index (Cc) and soil physical properties for young sediments in Vietnam is of particular necessity. This paper provides some empirical relationships on the compression index C_C in clays of quaternary sediments in Thu Thiem, Ho Chi Minh City area.

Keywords. *C_C compression index; Empirical relationship; Cohesive soils; Quaternary sediments.*

Ngày gửi bài:29/7/2024
Ngày chấp nhận đăng: 16/9/2025