

Đánh giá đặc trưng biến dạng và sức kháng cắt không thoát nước của đất sét yếu khu vực Tuy Hòa, Đắk Lắk

Nguyễn Thị Khánh Ngân^{1*}, Hoàng Công Duy¹

¹Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn

TỪ KHOÁ

Đất sét yếu
Sức kháng cắt không thoát nước
Hệ số cố kết của đất
Nén một trục nở hông
Thí nghiệm cắt trực tiếp

TÓM TẮT

Đề tài này tập trung đánh giá đặc trưng nén lún và cường độ sức kháng cắt không thoát nước của đất sét yếu Holocene tại Tuy Hòa, Đắk Lắk, nhằm làm rõ sự sai khác về giá trị của các thông số thu được từ các phương pháp thí nghiệm trong phòng. Kết quả thu được đất có hệ số rỗng lớn ($e_0 = 1.49-1.83$), hệ số nén cao ($C_c = 0.52-0.58$) và hệ số cố kết nhỏ ($C_v \approx 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$), đặc trưng cho trạng thái cố kết bình thường ($OCR = 0.93-1.16$). Giá trị S_u từ thí nghiệm nén một trục nở hông ($4.6-20.45 \text{ kN/m}^2$) thấp hơn 15-19% so với cắt trực tiếp. S_u tăng theo độ sâu và có quan hệ gần tuyến tính với ứng suất pháp hữu hiệu theo phương thẳng đứng. Kết quả chỉ ra rằng thí nghiệm nén một trục nở hông phản ánh hợp lý hơn về mặt trượt phá hoại và nên được ưu tiên thực hiện trong các hồ sơ khảo sát địa chất trong thiết kế xây dựng công trình.

KEYWORDS

Soft clays
Undrained shear strength
Unconfined compressive strength
Direct shear tests
Coefficient of consolidation

ABSTRACT

This study focuses on evaluating the compressibility characteristics and undrained shear strength of Holocene soft clay in Tuy Hoa, Dak Lak, with the aim of clarifying the discrepancies among the parameter values obtained from different laboratory testing methods. The results indicate that the soil exhibits a high void ratio ($e_0 = 1.49-1.83$), high compression index ($C_c = 0.52-0.58$), and low coefficient of consolidation ($C_v \approx 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$), indicating a normally consolidated state ($OCR = 0.93-1.16$). The undrained shear strength (S_u) obtained from unconfined compression tests ($4.6-20.45 \text{ kN/m}^2$) is 15-19% lower than that from direct shear tests. S_u increases with depth and shows an approximately linear relationship with effective vertical stress. The results indicate that the unconfined compression test more reasonably reflects the shear failure behavior of the soil and should therefore be prioritized in geotechnical site investigation reports for engineering design purposes.

1. Mở đầu

Trong thời kỳ xã hội hóa, quá trình phát triển cơ sở hạ tầng và mở rộng đô thị ở các tỉnh ven biển miền Trung diễn ra với tốc độ nhanh, kéo theo nhu cầu hình thành các khu dân cư và hệ thống giao thông ngày càng lớn. Tại tỉnh Đắk Lắk, điều kiện địa chất khu vực ven biển chủ yếu hình thành từ các trầm tích Holocene trẻ, trong đó các lớp đất yếu phân bố tương đối phổ biến và có chiều dày đáng kể. Đây là một trong những yếu tố gây khó khăn cho công tác khảo sát địa kỹ thuật, đề xuất phương án nền móng cũng như kiểm soát biến dạng công trình lâu dài.

Đất sét yếu thường đặc trưng bởi độ rỗng tương đối lớn, cường độ chịu tải thấp và biến dạng lún đáng kể theo thời gian. Việc xác định các chỉ số cơ lý của đất không chính xác, đặc biệt là đặc trưng nén lún và cường độ sức kháng cắt không thoát nước, có thể dẫn đến các rủi ro như lún ổn định vượt giới hạn, độ lún lệch lớn gây mất ổn định công trình hoặc giảm tuổi thọ khai thác. Trong thực tế, các thông số này phụ thuộc đáng kể vào phương pháp thí nghiệm và điều kiện

lấy mẫu, trong khi dữ liệu thực nghiệm cho khu vực ven biển Đắk Lắk còn chưa phổ biến [1], [2], [3]. Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về đất yếu ven biển tại Việt Nam, dữ liệu thực nghiệm đối với khu vực Đắk Lắk vẫn còn nhiều hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu đánh giá đồng thời đặc trưng biến dạng và sức kháng cắt thông qua các thí nghiệm trong phòng.

Đặc điểm địa chất tại khu dân cư Lò Vôi, phường Tuy Hòa, tỉnh Đắk Lắk được lựa chọn làm khu vực lấy mẫu đất nghiên cứu do có điều kiện địa chất điển hình cho đất yếu ven biển miền Trung, với sự phân bố phổ biến của đất sét Holocene ở trạng thái cố kết bình thường. Đồng thời, đây là khu vực đang trong giai đoạn phát triển xây dựng mạnh, đòi hỏi các thông số địa kỹ thuật đáng tin cậy phục vụ thiết kế. Nghiên cứu được thực hiện trên các mẫu đất nguyên dạng đại diện trong phạm vi khu vực dự án, do đó các kết quả thu được phản ánh đặc trưng cơ học của nền đất tại khu vực khảo sát và có thể làm tài liệu tham khảo cho các khu vực có điều kiện nền đất tương đồng.

Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu tập trung đánh giá đặc trưng nén lún thông qua thí nghiệm nén cố kết, đồng thời đánh giá sức

*Liên hệ tác giả: nguyenthikhanhngan@qnu.edu.vn

Nhận ngày 10/04/2026, sửa xong ngày 26/05/2026, chấp nhận đăng ngày 27/05/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.03.2026.1379>

kháng cắt không thoát nước bằng thí nghiệm nén một trục không nở hông và thí nghiệm cắt trực tiếp. Thông qua sự khác biệt giữa các phương pháp thí nghiệm được phân tích nhằm đề xuất lựa chọn các thông số của đất nền phù hợp phục vụ cho việc thiết kế nền móng trong điều kiện đất yếu ven biển.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu



Hình 1. Vị trí vùng dự án trên Google Earth.

Khu vực nghiên cứu thuộc khu dân cư Lò Vôi, phường Tuy Hòa, tỉnh Đắk Lắk, nằm trong dải ven biển miền Trung Việt Nam. Khu vực nghiên cứu được giới hạn trong khoảng tọa độ từ $13^{\circ}04'46''$ đến $13^{\circ}04'54''$ vĩ độ Bắc và từ $109^{\circ}17'51''$ đến $109^{\circ}17'55''$ kinh độ Đông.

Cấu trúc địa chất khu vực gồm phần đá nền và lớp phủ Đệ Tứ.

Phần nền là hệ tầng Mang yang (T_2my): gồm các đá cuội kết, cát kết, đá phiến sét – silic, rhyolit, felsit và các tuf của chúng. Các đá phần lớn bị phong hóa với nhiều mức độ khác nhau. Diện lộ của hệ tầng này trong khu vực là núi Bà Hòa, phía Nam khu vực khảo sát.

Lớp phủ thuộc Giới Kainozoi, hệ Đệ bao gồm:

Thống Holocen, trầm tích sông hồ hỗn hợp (amQ_{IV}): các thành tạo này có diện phân bố đều trong khu vực, thành phần chủ yếu là các loại cát có cỡ hạt không đồng nhất từ mịn đến thô và các loại bùn sét, sét.

Thống Pleistocen, thành tạo trầm tích sông hỗn hợp (amQ_{II-III})

Thành tạo phong hoá tàn tích eQ : các đất phong hoá tại chỗ của các đá bị biến chất thuộc hệ tầng Mang yang. Thành phần là á sét màu xám xanh, xám trắng, nâu đỏ loang lổ, có chứa dăm sạn và giữ được một phần cấu trúc của đá gốc.

Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu được định vị trong Hình 1, qua đó làm rõ mối liên hệ không gian giữa khu vực nghiên cứu với hệ thống giao thông, sông Chùa và dải ven biển lân cận.

Đặc điểm địa chất vị trí khảo sát chủ yếu các lớp đất sét Holocene ở trạng thái mềm yếu đến chảy, phân bố tương đối liên tục với bề dày đáng kể. Các lớp đất đều có đặc điểm là độ ẩm cao, hệ số rỗng của đất lớn và sức kháng cắt thấp, thể hiện rõ tính chất của nền địa chất ven biển [11].

Do đó, mặt cắt địa chất không chỉ cung cấp thông tin về cấu trúc nền đất mà còn là điều kiện tiên quyết để lựa chọn các độ sâu lấy mẫu đại diện và phục vụ phân tích, so sánh các kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu này.

Phạm vi khảo sát đến độ sâu khoảng 10 m kể từ mặt đất tự nhiên, nền đất chủ yếu thuộc các trầm tích Holocene (Q_{IV}), bao gồm bùn sét và sét ở trạng thái mềm yếu đến nhão. Các lớp đất có độ ẩm cao, độ rỗng và sức kháng cắt thấp, thể hiện đặc trưng điển hình của nền đất ven biển.

Trong phạm vi chiều sâu nghiên cứu, mẫu đất thí nghiệm phục vụ nghiên cứu đặc tính xây dựng kém, nhóm đất này không thể sử dụng trực tiếp làm nền công trình. Do đó, cần nghiên cứu chuyên sâu đặc tính xây dựng của đất loại sét yếu Holocen vùng nghiên cứu.

Các đặc trưng cơ lý của các mẫu đất đại diện được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng tổng hợp các đặc trưng cơ lý trong phòng thí nghiệm của mẫu đất.

TT	Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp đất (1)	Lớp đất (1)	Lớp đất (2)
Hố khoan: HK4				Mẫu 1 1.8 m-2 m	Mẫu 2 3.8 m-4 m	Mẫu 3 5.8 m-6 m
1	Độ ẩm	W	%	63.98	68.0	54.6
2	Tỷ trọng	G_s		2.645	2.71	2.72
3	Dung trọng tự nhiên	γ_w	kN/m^3	16.09	16.1	16.9
4	Dung trọng khô	γ_d	kN/m^3	9.81	9.6	10.9
5	Hệ số rỗng	e_0		1.696	1.828	1.493
6	Góc ma sát trong	φ	Độ, phút	$2^{\circ}06'$	$11^{\circ}34'$	$10^{\circ}37'$
7	Lực dính kết	c	kN/m^2	3.7	7.9	6.1
8	Độ rỗng	n	%	62.9	64.6	59.1
9	Độ bão hòa	S_r	%	99.8	100	100
10	Giới hạn chảy	W_L	%	60.6	54.3	55.1
11	Giới hạn dẻo	W_P	%	28.5	33.6	34.1
12	Chỉ số dẻo	I_P	%	32.1	20.7	20.7

TT	Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp đất (1)	Lớp đất (1)	Lớp đất (2)
Hố khoan: HK4				Mẫu 1 1.8 m-2 m	Mẫu 2 3.8 m-4 m	Mẫu 3 5.8 m-6 m
13	Độ sệt	I_L		1.11	1.67	1.67
14	Hệ số nén lún	a_{1-2}	m^2/kN	0.00169	0.00126	0.0121
15	Modun tổng biến dạng	E_{1-2}	kN/m^2	524.9		
16	Giá trị SPT	N_{30}	búa	< 3	< 3	< 3

2.2. Mẫu đất thí nghiệm và phương pháp thí nghiệm



a) Máy nén đất Tam Liên



b) Máy Cắt đất hai tốc độ



c) Máy nén đất một trục nở hông

Hình 2. Thiết bị thí nghiệm trong phòng xác định đặc trưng biến dạng và sức chống cắt mẫu đất khu dân cư Lò Vôi, phường Tuy Hòa, tỉnh Đắk Lắk.

Các thí nghiệm trong phòng được thực hiện với mẫu đất nguyên dạng lấy từ hố khoan HK4 tại các độ sâu 2 m, 4 m và 6 m, đại diện cho các lớp đất sét yếu Holocene trong khu vực khảo sát. Mẫu được lấy bằng dao vòng ($V \approx 60 \text{ cm}^3$) nhằm hạn chế mức độ xáo trộn và duy trì tối đa trạng thái tự nhiên của đất trong quá trình thực hiện lấy mẫu.

Đề cương thí nghiệm trong phòng gồm: nén cố kết, cắt trực tiếp và nén một trục không nở hông, được thực hiện theo các tiêu chuẩn tương ứng nhằm xác định các chỉ tiêu biến dạng và sức kháng cắt của đất. Các thiết bị được nhóm nghiên cứu sử dụng trong quá trình thử nghiệm thực tế gồm máy nén cố kết, máy cắt trực tiếp hai tốc độ và máy nén một trục không nở hông. Hệ thống thiết bị thí nghiệm sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện trong Hình 2, bao gồm máy nén cố kết Tam Liên, máy cắt trực tiếp hai tốc độ và máy nén một trục nở hông.

Trong suốt quá trình thực hiện thí nghiệm, mẫu đất được gia tải theo các điều kiện tiêu chuẩn, đảm bảo kiểm soát ứng suất và biến dạng. Các thông số cơ học của đất được xác định thông qua quan hệ giữa biến dạng dọc trục tương đối với tải trọng nén và sự thay đổi thể tích hoặc chiều cao mẫu trong quá trình thí nghiệm [3]. Thông số của mẫu được trình bày cụ thể Bảng 2.

Bảng 2. Thông số đầu vào của mẫu đất thí nghiệm.

KH Mẫu	Độ sâu (m)	Mô tả mẫu đất TN	Thí nghiệm	Đường kính (mm)	Chiều cao (mm)	Thông số xác định
1	1.8-2	Đất yếu, màu nâu, cát lẫn sét, tính dẻo kém.	TN nén một trục nở hông (ASTM D2166)	48	76	S_u
2	3.8-4	Đất yếu, màu nâu, sét, tính dẻo cao, trạng thái nhão.	TN nén một trục nở hông (ASTM D2166)	48	76	S_u
3	5.8-6	Đất yếu, màu nâu, sét, tính dẻo cao, trạng thái nhão.	TN nén một trục nở hông (ASTM D2166)	48	76	S_u
4	1.8-2	Đất yếu, màu nâu, cát lẫn sét, tính dẻo kém.	TN cắt phẳng (TCVN 8868:2011)	60	20	c, ϕ
5	3.8-4	Đất yếu, màu nâu, sét, tính dẻo cao, trạng thái nhão	TN cắt phẳng (TCVN 8868:2011)	60	20	c, ϕ
6	5.8-6	Đất yếu, màu nâu, sét, tính dẻo cao, trạng thái nhão.	TN cắt phẳng (TCVN :2011)	60	20	c, ϕ
7	1.8-2	Đất yếu, màu nâu, cát lẫn sét, tính dẻo kém.	TN nén cố kết (TCVN 4200 :2012)	60	20	C_c , C_v , OCR

KH Mẫu	Độ sâu	Mô tả mẫu đất TN	Thí nghiệm	Đường kính	Chiều cao	Thông số xác định
	(m)			(mm)	(mm)	
8	3.8-4	Đất yếu, màu nâu, sét, tính dẻo cao, trạng thái nhão.	TN nén cố kết (TCVN 4200 :2012)	60	20	C_c , C_v , OCR
9	5.8-6	Đất yếu, màu nâu, sét, tính dẻo cao, trạng thái nhão.	TN nén cố kết (TCVN 4200 :2012)	60	20	C_c , C_v , OCR

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả thử nghiệm cho thấy đất sét Holocene trong phạm vi nghiên cứu có đặc trưng mềm yếu rõ rệt với hệ số rỗng ban đầu lớn ($e_0 = 1.49-1.83$), hệ số nén lún cao ($C_c = 0.52-0.58$) và hệ số cố kết thấm nhỏ ($C_v = 1.486 \times 10^{-8}$ m²/s đến 2.147×10^{-8} m²/s), phản ánh đặc trưng nén lún lớn và quá trình cố kết chậm của nền đất. Giá trị OCR thay đổi từ 0.932 đến 1.161 cho thấy nền đất vào thời điểm khảo sát ở trạng thái cố kết thường tức là đất chưa hề được cố kết trước, do đó biến dạng lún chủ yếu phát triển theo sơ đồ cố kết sơ cấp.

Mẫu đất nghiên cứu thuộc nhóm bùn sét yếu, có sức chịu tải thấp, khả năng bị biến dạng lớn dưới tác dụng của tải trọng ngoài và không phù hợp để làm nền thiên nhiên cho móng của công trình. Do đó, khi tiến hành xây dựng công trình trên vùng địa chất có các lớp đất sét yếu này nên cân nhắc đến phương án tính toán án xử lý nền đất phù hợp với tải trọng của công trình nhằm nâng cao khả năng chịu tải và hạn chế sự biến dạng tiến đến ổn định nền đất.

Kết quả phân tích cũng cho thấy giá trị sức kháng cắt không thoát nước S_u được thể hiện ở Bảng 4 có xu hướng tăng theo độ sâu của mẫu đất dao động từ 4.6 kN/m² đến 20.45 kN/m². Sự thay đổi này thể hiện mối quan hệ giữa sức kháng cắt không thoát nước với ứng suất pháp hữu hiệu theo phương thẳng đứng do đất gây ra là gần tuyến tính [10], [11], [14] như thể hiện trong Hình 4.

So sánh giữa các phương pháp thí nghiệm giá trị S_u thu được từ thí nghiệm cắt phẳng lớn hơn khoảng 15–19 % so với thí nghiệm nén một trục không nở hông Hình 5. Sự sai khác này nguyên nhân là phụ thuộc nhiều vào điều kiện phá hoại, trạng thái ứng suất và cơ chế biến dạng tương đối của mẫu đất trong hai phương pháp thí nghiệm được đề xuất trong nghiên cứu nay [7], [15]. Đồng thời mặt trượt phá hoại của mẫu đất trong thí nghiệm nén đơn tương đối phù hợp với điều kiện làm việc thực tế của nền đất so với mặt trượt phẳng đã được ấn định trong thí nghiệm cắt phẳng như hình 3.

Bảng 3. Bảng thông số đặc trưng biến dạng của đất khu vực Lò Vôi, phường Tuy Hòa, tỉnh Đắk Lắk.

Mẫu TN	E_{12} (kN/m ²)	K_{v12} (m/s)	C_{v12} (m ² /s)	C_c	C_s	C_α
1.8-2m	542.28	1.18×10^{-10}	1.486×10^{-8}	0.544	0.0923	0.01772
3.8-4m	564.77	1.308×10^{-10}	1.718×10^{-8}	0.5777	0.1174	0.00918
5.8-6m	568.12	1.625×10^{-10}	2.147×10^{-8}	0.5176	0.0859	0.01398

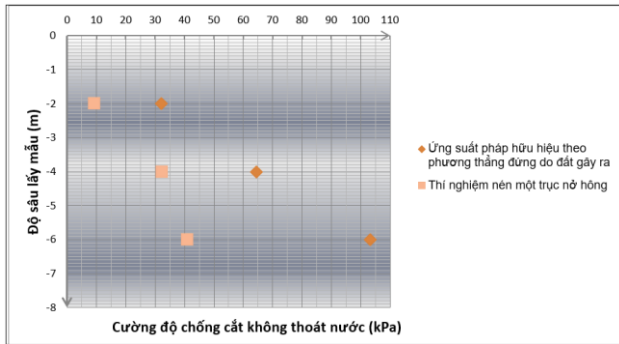


Hình 3. Mặt trượt phá hoại của mẫu đất trong thí nghiệm nén một trục nở hông.

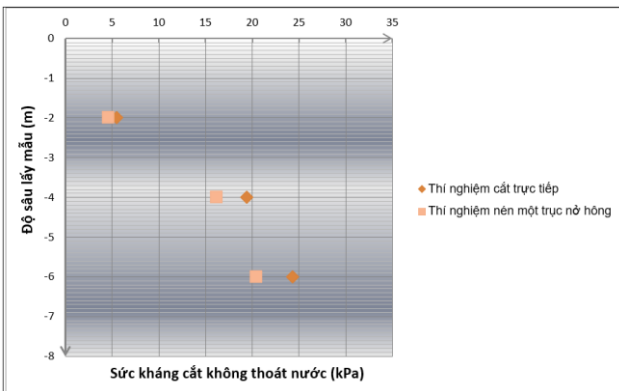
Tổ hợp các thông số gồm C_c lớn, C_v nhỏ và S_u thấp cho thấy nền đất nghiên cứu thuộc nhóm đất yếu có sức chịu tải hạn chế và khả năng biến dạng lớn. Vì vậy, trong quá trình thiết kế và xử lý nền đất dưới móng cần xem xét áp dụng các giải pháp cải thiện nền thích hợp nhằm đảm bảo ổn định và hạn chế lún công trình. Trên cơ sở điều kiện làm việc thực tế của nền đất, kết quả từ thí nghiệm nén một trục được xem là phù hợp hơn để sử dụng trong tính toán thiết kế.

Bảng 4. Bảng kết quả sức kháng cắt không thoát nước theo độ sâu lấy mẫu từ thí nghiệm nén một trục nở hông.

Mẫu thí nghiệm	Độ sâu lấy mẫu (m)	$\Delta\sigma$ (kN/m ²)	S_u (kN/m ²)
1	2	9.2	4.6
2	4	32.4	16.2
3	6	40.9	20.45



Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa S_u và σ'_z .



Hình 5. Biểu đồ thể hiện sức chống cắt không thoát nước của đất bằng thí nghiệm cắt trực tiếp và thí nghiệm nén một trục nở hông từ thí nghiệm nén một trục nở hông và thí nghiệm cắt trực tiếp.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định được các đặc trưng biến dạng và sức kháng cắt không thoát nước của đất sét yếu Holocene tại khu vực Lò Vôi, phường Tuy Hòa, tỉnh Đắk Lắk. Kết quả chỉ ra được nền đất có hệ số rỗng ban đầu lớn ($e_0 = 1.49-1.83$), hệ số nén lún cao ($C_c = 0.52-0.58$) và hệ số cố kết nhỏ ($C_v \approx 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$), qua đó làm rõ đặc trưng biến dạng lớn và cố kết chậm của nền đất. Chỉ số OCR dao động trong khoảng 0,932–1,161 chứng tỏ nền đất chủ yếu ở trạng thái cố kết thường, do đó biến dạng lún dưới tải trọng công trình phát triển theo cơ chế cố kết sơ cấp.

Chỉ số OCR của mẫu đất xấp xỉ bằng 1, hệ số cố kết C_v nhỏ và chỉ số nén lại C_s thấp thể hiện nền đất nghiên cứu có sức chịu tải thấp, độ ổn định kém và khả năng biến dạng lún đáng kể dưới tác dụng của tải trọng công trình trong tương lai. Do đó, trong quá trình thiết kế và xử lý nền móng cần xem xét đầy đủ đặc trưng cố kết theo thời gian để lựa chọn giải pháp xử lý nền phù hợp, góp phần nâng cao ổn định và kiểm soát lún đối với công trình xây dựng trên nền đất yếu ven biển.

Nghiên cứu này cũng làm rõ thêm cường độ chống cắt không thoát nước tăng dần theo chiều sâu và có mối liên hệ tương đối rõ với ứng suất pháp hữu hiệu theo phương thẳng đứng do đất gây ra. Chênh lệch khoảng 15–19 % giữa kết quả của hai phương pháp thí

nghiệm đã được làm rõ thông qua phân tích mặt trượt phá hoại, điều kiện gia tải và điều kiện phá hoại của mẫu đất.

Thực tiễn nghiên cứu cũng xác nhận rằng việc sử dụng giá trị S_u xác định từ thí nghiệm nén một trục không nở hông trong tính toán thiết kế nền móng đối với đất sét yếu ven biển là cấp thiết vì trong điều kiện thí nghiệm mẫu phá hoại theo một mặt phẳng bất kỳ phù hợp với điều kiện làm việc thực tế của nền đất từ đó nâng cao độ tin cậy và mức độ an toàn của công trình.

Tuy nhiên, độ tin cậy của các thông số cơ lý xác định trong phòng thí nghiệm phụ thuộc đáng kể vào mức độ nguyên dạng của mẫu đất trong các công đoạn lấy mẫu, vận chuyển, bảo quản và gia công thí nghiệm. Duy trì cấu trúc tự nhiên đối với mẫu đất sét rất mềm thường gặp nhiều khó khăn, dẫn đến sai số các đặc trưng biến dạng và sức kháng cắt của đất [16].

Tài liệu tham khảo

- [1]. Lê Quý An, Nguyễn Công Mẫn, Nguyễn Văn Quì (1970). *Cơ Học Đất*. NXB Đại Học và Trung Học chuyên nghiệp, Việt Nam.
- [2]. Châu Ngọc Ân (1970). *Nền Móng*. NXB Đại Học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh, Việt Nam.
- [3]. Châu Ngọc Ân (2012). *Cơ Học Đất*. NXB Đại Học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh, Việt Nam.
- [4]. Phạm Quang Đông, Bùi Văn Trường, Trịnh Minh Thụ (2013). Nghiên cứu quá trình biến đổi áp lực lỗ rỗng và biến dạng của nền đất yếu khi có kết chân không bằng mô hình vật lý. *Tạp chí Địa kỹ thuật*, pp. 12 - 21.
- [5]. Phùng Hữu Hải, Bùi Văn Bình, Dương Văn Bình, Nguyễn Ngọc Dũng (2012). Một số kết quả nghiên cứu đặc trưng độ bền và biến dạng của đất hệ tầng Thái Bình ở khu vực huyện Kỳ Anh - Hà Tĩnh bằng thí nghiệm nén ngang. *Tuyển tập các báo cáo hội nghị khoa học lần thứ 20 Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội*.
- [6]. Hoàng Thị Xuân Hương (2022). *Nghiên cứu tính chất xây dựng của đất loại sét yếu Holocen vùng đồng bằng Quảng Trị - Thừa Thiên Huế*. Luận án tiến sĩ địa chất học, Đại học Huế, Việt Nam.
- [7]. Nguyễn Thị Phương Khuê (2020). Một số kết quả thí nghiệm nén một trục nở hông của đất bằng thiết bị nén ba trục. *Tạp chí khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng*, Số 18(1), pp. 17-22.
- [8]. Nguyễn Văn Thành, Huỳnh Ngọc Sang, Thiềm Quốc Tuấn (2005). Đặc điểm cố kết của sét Holocene và Pleistocene ở khu vực thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí phát triển KH-CN*, Số 2(8), pp. 45-49.
- [9]. Lê Hoàng Việt, Huỳnh Văn Hiệp (2013). Tương quan sức chống cắt không thoát nước của sét mềm theo độ sâu và mức độ nén chặt. *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, Số 8, pp. 24-29.
- [10]. Nguyễn Thị Ngọc Yến, Nguyễn Thị Phương Khuê (2016). Đặc tính biến dạng-Cố kết thấm và sức kháng cắt của một số đất loại sét phân bố ở thành phố Đà Nẵng. *Tạp chí khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng*, Số 7(104), pp. 67-71.
- [11]. Braja M. Das. (2019). *Advanced Soil Mechanics, 5th Edition*. Taylor & Francis Group, London New York.
- [12]. Aleksander S. Gundersen*, Ragnhild C. Hansen, Tom Lunne, Jean-Sebastien L'Heureu and Stein O (2019). Strandvik, Characterization and engineering properties of the NGTS Onsoy soft clay site. *AIMS Geosciences*, 5(3), pp. 665-703.

- [13]. Md. I kramul Hoque, Muzamir Hasan*, Nusrat Jahan Mim (2023). Shear strength of soft clay reinforced with single encased stone dust column. *Jurnal Teknologi*, pp. 27-34.
- [14]. Bin Huang, Shiqian Cai*, Jingjing Li, Kunming Wu and Wenhui Yang (2023). Undrained strength of clay determined from simple shear test. *Frontiers in Earth Science*, pp. 1-13.
- [15]. Rolf Larsson (1977). *Basic behavior of Scandinavian soft clays*, Rapport No 4. Swedish geotekniska instiut, Linkoping.
- [16]. H.E. Low*, T. Lunne, K. H. Andersen, M. A. Sjursen, X. Li and M. F. Randolp. (2010). Estimation of intact and remoulded undrained shear strength from penetration tests in soft clays. *Geotechnique*, No. 11, pp. 843-859.
- [17]. Takashi Tsuchida (2000). Evaluation of undrained shear strength of soft clay with consideration of sample quality. *Soils and foundations*, Vol 40, pp. 29-42.