

Xác định các thông số đặc trưng theo mô hình SHANSEP của đất bùn sét ở Tp.HCM

Kiều Lê Thủy Chung*, Phan Thị San Hà, Lê Minh Sơn

Tóm tắt—Khu vực Tp.HCM có sự phân bố rộng rãi lớp bùn sét yếu và cũng đang được đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng một cách nhanh chóng. Mô hình SHANSEP (Stress History and Normalized Soil Engineering Properties) của đất bùn sét khu vực này giúp các nhà thiết kế có thể đánh giá được chính xác hơn hành vi ứng xử của đất nền và có giải pháp xử lý nền phù hợp. Bài báo trình bày kết quả của 100 thí nghiệm 3 trục CIU trên 20 mẫu đất thuộc 2 nhóm mẫu đất bùn sét Tp.HCM (lấy ở quận Bình Thạnh và huyện Nhà Bè) ứng với 5 giá trị OCR khác nhau: 1, 1,5, 2, 4, 6). Từ kết quả thí nghiệm, mô hình SHANSEP đã được xác định với hệ số xác định R^2 rất cao (gần bằng 1).

Từ khóa—OCR, SHANSEP, sức kháng cắt không thoát nước, đất bùn sét

1 TỔNG QUAN

Đối với công trình được xây dựng trên nền đất yếu, có 2 bài toán cần phải thực hiện: (1) tính lún, (2) tính độ ổn định nền trong điều kiện không thoát nước. Các thông số của đất và mô hình tính toán phải thể hiện đúng ứng xử thực tế của đất. Tính toán ổn định nền đất yếu trong điều kiện không thoát nước đòi hỏi cần phải biết sức kháng cắt không thoát nước S_u của đất là bao nhiêu.

Sức kháng cắt không thoát nước trong đất sét phụ thuộc vào loại đất và kết cấu đất, độ ẩm, lịch

sử ứng suất (bao gồm hệ số quá cố kết OCR và điều kiện cố kết) và đường đi ứng suất trong quá trình đặt tải không thoát nước. Các phương pháp phân tích cổ điển không tính đến ảnh hưởng của lịch sử ứng suất và đường đi ứng suất trong việc mô tả đặc tính cường độ của đất cũng như dự đoán hành vi của đất ngoài hiện trường. Do đó, kết quả tính toán có nhiều sai lệch [3].

Từ những năm 70 của thế kỷ 20, các nhà nghiên cứu địa kỹ thuật đã lưu ý đến mối quan hệ giữa sức kháng cắt không thoát nước (S_u) của đất dính với lịch sử hình thành mẫu đất thông qua hệ số quá cố kết OCR. Theo nhận xét của các nhà nghiên cứu, mỗi loại đất dính sẽ có một kiểu quan hệ đặc trưng giữa S_u và hệ số OCR.

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, năm 1974, Ladd và Foott đã giới thiệu phương pháp SHANSEP (Stress History And Normalized Soil Engineering Properties) [8]. Ý tưởng chính của phương pháp này là thực hiện thí nghiệm cùng một mẫu đất trong một khoảng biến thiên của OCR để tìm ra các thông số đặc trưng cho phương trình quan hệ giữa S_u và OCR. Từ đó xác định được giá trị S_u của mẫu đất trong điều kiện ứng suất tương tự với điều kiện ứng suất thực tế tại hiện trường của mẫu đất.

Tp.HCM, đặc biệt là các quận 2, quận 9, các huyện Bình Chánh, Nhà Bè, Cần Giờ là những nơi có sự phân bố của đất bùn sét đang được đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông. Các thông số của mô hình SHANSEP cho đất bùn sét ở khu vực này vẫn chưa được nghiên cứu. Mục tiêu của bài báo là xác định các thông số đặc trưng của mô hình SHANSEP cho đất bùn sét ở những khu vực này nhằm giúp các nhà thiết kế có thể đánh giá được chính xác hơn hành vi ứng xử của đất nền và có giải pháp xử lý nền phù hợp.

Ngày nhận bản thảo: 17-10-2016, ngày chấp nhận đăng: 07-4-2017

Bài báo là kết quả của đề tài nghiên cứu cấp trường (mã số T-ĐCDK-2016-18), do Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM cấp kinh phí. Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn Công ty TNHH Tư vấn Địa Chất Phẳng đã nhiệt tình hỗ trợ trong suốt thời gian làm đề tài.

Kiều Lê Thủy Chung, Phan Thị San Hà – Khoa Kỹ thuật Địa Chất và Dầu Khí, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM. Email: kltchung@hemut.edu.vn.

Lê Minh Sơn - Công ty TNHH Tư vấn Địa Chất Phẳng

2 MÔ HÌNH SHANSEP

2.1 Phương trình quan hệ giữa S_u và OCR

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy rằng sức kháng cắt không thoát nước S_u có thể được chuẩn hóa theo ứng suất có hiệu gây bởi lớp phủ σ'_{v0} . Tỉ số S_u / σ'_{v0} (được gọi là tỉ số sức kháng cắt không thoát nước) gần như không đổi đối với một loại đất. Sự gia tăng σ'_{v0} gây bởi hiện tượng cố kết của đất cố kết thường có thể dẫn đến sự gia tăng S_u . Do đó, sau khi xác định biểu đồ phân bố của ứng suất có hiệu gây bởi lớp phủ σ'_{v0} theo độ sâu, dựa vào kết quả của mô hình SHANSEP, sự thay đổi của S_u theo độ sâu cũng được ước tính [8].

Phương trình tổng quát biểu diễn mối quan hệ giữa S_u với lịch sử ứng suất trong mô hình SHANSEP như sau:

$$\frac{S_u}{\sigma'_{v0}} = S \times (OCR)^m$$

Trong đó, σ'_{v0} : ứng suất có hiệu theo phương thẳng đứng gây bởi lớp phủ, S_u : sức kháng cắt không thoát nước trong điều kiện chịu tác dụng của σ'_{v0} , OCR : hệ số quá cố kết của mẫu đất.

S và m là hai thông số của phương trình SHANSEP. S được gọi là tỷ số cố kết chuẩn hóa, m có giá trị biến thiên trong khoảng 0,75 đến 1.

Từ khi phương pháp thí nghiệm SHANSEP được công bố rộng rãi, nhiều nhà nghiên cứu đã tiến hành xác định các thông số đặc trưng của mô hình SHANSEP cho các loại đất dính ở các khu vực, lãnh thổ khác nhau (Bảng 1).

Bảng 1. Mô hình SHANSEP cho cát loại đất dính khác nhau

Nguồn tài liệu	Loại đất	Mô hình thí nghiệm	Mô hình SHANSEP	
			S	m
[9]	Đất sét yếu Bangkok	CK ₀ U	0,27	0,77
[3]	Đất sét Bonneville, Salt Lake, Utah, USA	CK ₀ U	0,32	0,82
[4]	Boston Blue Clay	CK ₀ UC	0,2795	0,681
[10]	Đất sét yếu ở Trà Vinh	CK ₀ U	0,33	0,73
		VST	0,31	0,76
[11]	Đất sét Nghi Sơn, Thanh Hóa	CK ₀ UE	0,22	0,70
		CK ₀ UC	0,39	0,76

2.2 Quy trình thực hiện

Quy trình thực hiện chuỗi thí nghiệm trong phòng nhằm xây dựng mô hình SHANSEP gồm các bước sau đây [8]:

Bước 1. Thí nghiệm cố kết trong phòng để xác định ứng suất tiền cố kết của đất ở hiện trường. Ứng suất tiền cố kết chủ yếu phụ thuộc vào lịch sử địa chất của đất, hơn là phụ thuộc vào độ ẩm hay ứng suất có hiệu sau khi lấy mẫu.

Bước 2. Tiến hành cố kết mẫu đến áp lực lớn hơn ứng suất tiền cố kết từ 1,5 đến 4 lần để đảm bảo mẫu đạt đến trạng thái cố kết thường.

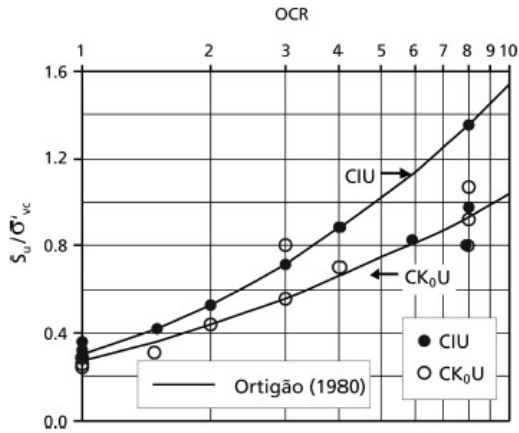
Bước 3. Dỡ tải đến khi mẫu đạt giá trị OCR như mong muốn

Bước 4. Cắt mẫu trong điều kiện không thoát nước.

Bước 5. Lặp lại các bước 2 đến 4 đối với nhiều mức giá trị OCR khác nhau.

Bước 6. Xác định thông số S và m trong mô hình SHANSEP bằng phương pháp hồi quy tuyến tính.

Để xây dựng mô hình SHANSEP, ở bước 2, thí nghiệm 3 trục có thể được thực hiện theo các kiểu khác nhau như CK₀UE, CK₀UC và CIUC. Thí nghiệm CK₀U sẽ cho kết quả phù hợp với điều kiện tự nhiên của đất ở hiện trường do có mô phỏng lại tính chất bất đẳng hướng của đất trong tự nhiên. Kết quả nghiên cứu đối với sét Sarapuí (Brazil) cũng cho thấy S_u tính theo mô hình SHANSEP thấp hơn giá trị sức kháng cắt không thoát nước thực tế [1]. Hơn nữa, S_u tính theo mô hình SHANSEP được xây dựng từ kết quả thí nghiệm CIUC cao hơn thí nghiệm CK₀U (Hình 1) [1,7]. Do đó, trong nghiên cứu này, thí nghiệm 3 trục theo mô hình CIUC đã được thực hiện.



Hình 1. So sánh kết quả thí nghiệm SHANSEP theo mô hình CIU và CK₀U [1]

Khi thực hiện cắt không thoát nước (bước 4) với ứng suất dọc trục lớn (hệ số quá cố kết đạt đến giá trị $OCR = 8$) thì kết cấu và tính bất đẳng hướng của đất sét sẽ bị phá vỡ [5]. Do đó, trong nghiên cứu này, thí nghiệm được tiến hành với giá trị OCR biến thiên trong khoảng từ 1 đến 6.

Các ưu nhược điểm chủ yếu của mô hình SHANSEP được tổng kết như sau [6]:

- Một khi đã xây dựng được mô hình SHANSEP cho một loại đất, sức kháng cắt không thoát nước của đất có thể được ước tính dễ dàng và do đó giúp giảm chi phí thông qua việc giảm số lượng mẫu cần thí nghiệm.
- Nếu có thêm dữ liệu về sức kháng cắt và lịch sử ứng suất, mô hình SHANSEP của đất có thể được cập nhật dễ dàng và làm tăng độ chính xác của mô hình.
- Khi mẫu đất được cố kết đến $OCR = 4$, ảnh hưởng của hiện tượng xáo trộn mẫu do quá trình khoan lấy mẫu được giảm đáng kể.
- Mô hình SHANSEP không phù hợp cho các loại đất có mức độ gắn kết xi măng cao hoặc đất không có tính đồng nhất do những loại đất này không thể hiện đặc tính chuẩn hóa.

3 ĐẤT Bùn SÉT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH.

Thí nghiệm xác định các thông số đặc trưng theo mô hình SHANSEP được thực hiện trên 20 mẫu đất bùn sét ở Tp.HCM. Gồm hai nhóm đất, mỗi loại 10 mẫu lấy ở độ sâu từ 4 đến 15 m:

(1) Nhóm đất A: đất bùn sét khu vực quận Bình Thạnh (vị trí BH1, Hình 2), mực nước ngầm nằm cách mặt đất 0,5 m.

(2) Nhóm đất B: đất bùn sét khu vực huyện Nhà Bè đã trải qua quá trình cải tạo nền bằng phương pháp bắc thăm (vị trí BH2, Hình 2), mực nước ngầm nằm cách mặt đất 1,0 m.

Thí nghiệm trong phòng được tiến hành nhằm xác định các đặc trưng vật lý của 2 nhóm đất bùn sét và kết quả được thể hiện ở Hình 3. Có thể thấy, đất bùn sét thuộc nhóm A có hàm lượng sét cao hơn và các thông số đặc trưng cho tính dẻo cũng cao hơn nhóm B. Đất ở nhóm B do đã trải qua quá trình cố kết bằng bắc thăm nên có dung trọng tự nhiên cao hơn đất ở nhóm A.

4 QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM SHANSEP TRÊN ĐẤT Bùn SÉT TP.HCM.



Hình 2. Sơ đồ vị trí lấy mẫu: BH1 – vị trí lấy nhóm mẫu A, BH2 – vị trí lấy nhóm mẫu B.

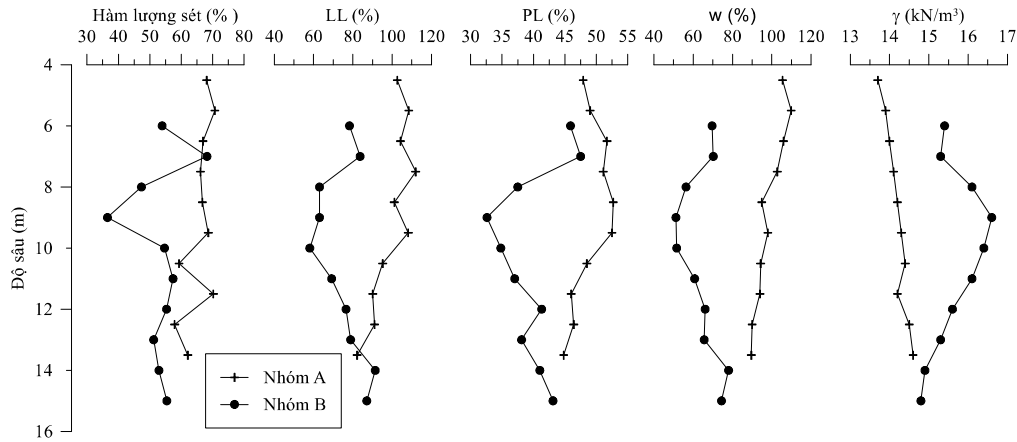
Ứng với mỗi mẫu đất, lần lượt tiến hành các thí nghiệm sau đây:

- Thí nghiệm cố kết oedometer nhằm xác định ứng suất tiền cố kết của đất.

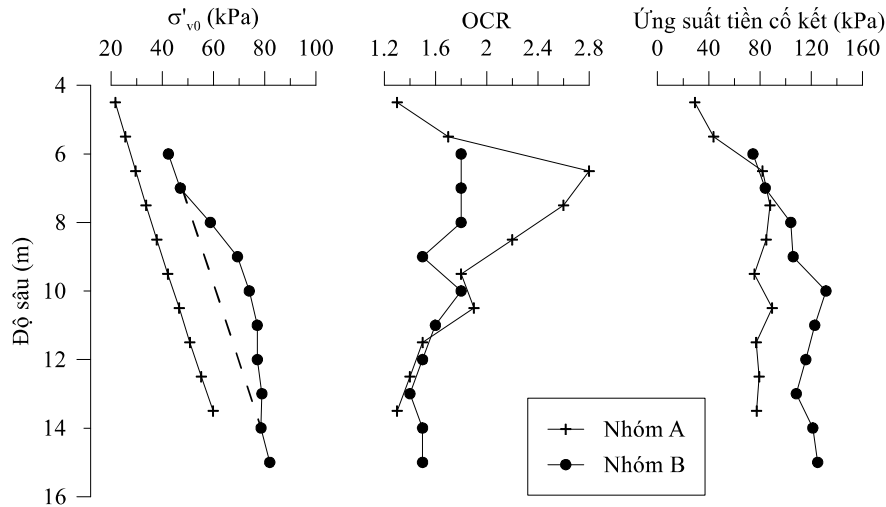
- Sau khi đã biết ứng suất tiền cố kết của đất từ thí nghiệm cố kết oedometer, tiến hành cố kết mẫu đến áp lực lớn hơn ứng suất tiền cố kết từ 1,5 đến 4 lần để đảm bảo mẫu đạt đến trạng thái cố kết thường.
- Dỡ tải đến khi mẫu đạt OCR mong muốn ($OCR = 1; 1,5; 2; 4; 6$) và cắt mẫu trong điều kiện không thoát nước.

để xác định mô hình SHANSEP cho 2 nhóm mẫu bùn sét bao gồm: 20 thí nghiệm nén cố kết một trục oedometer, 50 thí nghiệm 3 trục CIUC cho 10 mẫu nhóm A (mỗi mẫu có 5 thí nghiệm CIUC ứng với 5 giá trị OCR khác nhau), 41 thí nghiệm CIUC cho 10 mẫu nhóm B (thí nghiệm CIUC với $OCR = 1$ trên 1 mẫu, thí nghiệm CIUC trên 10 mẫu với các giá trị $OCR = 1,5; 2; 4; 6$).

Tổng khối lượng thí nghiệm đã được thực hiện



Hình 3. Các đặc tính vật lý của đất bùn sét Tp.HCM thuộc hai nhóm A và B theo độ sâu



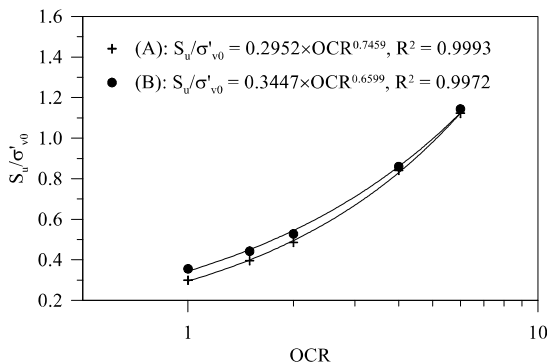
Hình 4. Thay đổi của σ'_{v0} , σ'_p và OCR theo độ sâu

5 PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Ứng suất tiền cố kết σ'_p xác định từ thí nghiệm cố kết một trục oedometer và σ'_{v0} theo độ sâu được thể hiện trong Hình 4. Giá trị OCR theo độ sâu cũng được tính toán và thể hiện trong Hình 4. Đối

với đất bùn sét tự nhiên thuộc nhóm A, σ'_{v0} tăng tuyến tính theo độ sâu. Trong khi đó, đối với nhóm đất B, có thể thấy rõ ảnh hưởng của hiện tượng cố kết đất trong quá trình cải tạo đất bằng bác thấm đối với σ'_{v0} . Ứng với khoảng độ sâu từ 7 đến 13 m, σ'_{v0} tăng lên và lệch khỏi đường thẳng tuyến

tính và sau đó độ lệch giảm dần. Từ độ sâu 14 m trở đi, σ'_{v0} trở về đường tuyến tính do hết đối ảnh hưởng của bậc thấm. Đối với kết quả thí nghiệm nén cố kết một trục, trừ các mẫu trên cùng, hầu hết các mẫu có σ'_p như nhau theo độ sâu. OCR thay đổi trong khoảng từ 1 đến 3 và có xu hướng giảm theo độ sâu. Như vậy, trong mỗi nhóm mẫu, ứng với một giá trị OCR, có tất cả 10 kết quả thí nghiệm CIUC. Kết quả của thí nghiệm ba trục CIUC được tổng hợp và quan hệ giữa cường độ kháng cắt chuẩn hóa và OCR của đất bùn sét của từng nhóm được thể hiện trong Hình 5. Ngoại trừ điểm đầu tiên của nhóm B (ứng với OCR = 1), tất cả các điểm còn lại của cả 2 nhóm đất trên Hình 5 là giá trị trung bình của 10 thí nghiệm CIUC khác nhau.

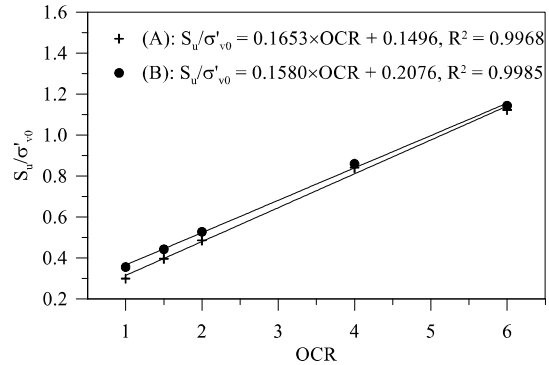


Hình 5. Quan hệ giữa cường độ kháng cắt chuẩn hóa và OCR theo mô hình SHANSEP (hàm mũ) của đất bùn sét Tp.HCM

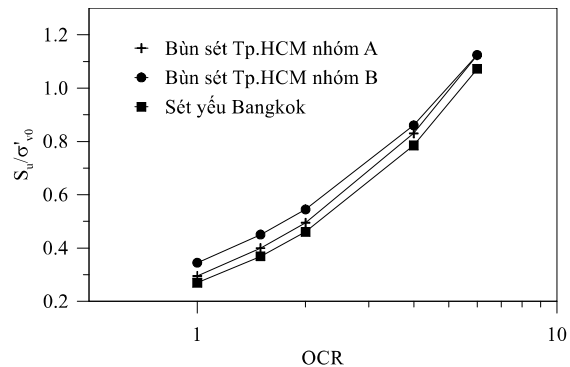
Mô hình SHANSEP của 2 nhóm đất được thể hiện trong Hình 5 với ($S = 0,2952$; $m = 0,7459$) cho đất nhóm A và ($S = 0,3447$; $m = 0,6599$) cho nhóm đất B. Hệ số xác định R^2 của cả 2 mô hình đều gần bằng 1. So sánh sức kháng cắt không thoát nước của đất thuộc 2 nhóm cho thấy đất thuộc nhóm A có S_u nhỏ hơn so với đất thuộc nhóm B. Điều này phù hợp với kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu vật lý của 2 nhóm thể hiện trong Hình 3: đất nhóm A có thành phần sét ít hơn, các chỉ tiêu chảy dẻo cao hơn.

Mô hình SHANSEP do Ladd và Foott đề xuất là mô hình hàm mũ. Có thể thấy rằng, để cho đơn giản trong quá trình tính toán, ta có thể chọn đường thẳng cho mô hình quan hệ giữa tỉ số sức kháng cắt không thoát nước S_u/σ'_{v0} và OCR của

đất bùn sét thuộc cả 2 nhóm A và B. Khi đó, chất lượng của mô hình đường thẳng (thể hiện ở hệ số xác định R^2 cũng gần bằng 1) cũng tương đương với mô hình hàm mũ (Hình 6).



Hình 6. Quan hệ giữa cường độ kháng cắt chuẩn hóa và OCR theo mô hình đường thẳng của đất bùn sét Tp.HCM



Hình 7. So sánh sức kháng cắt không thoát nước theo mô hình SHANSEP của đất bùn sét Tp.HCM và đất sét yếu Bangkok [9]

So sánh sức kháng cắt không thoát nước tính toán từ mô hình SHANSEP của đất bùn sét Tp.HCM và đất khác trong khu vực như đất sét yếu Bangkok [9] (Hình 7) cho thấy S_u của đất bùn sét Tp.HCM thuộc nhóm A cao hơn của đất sét yếu Bangkok. Các đặc trưng về thành phần hạt và vật lý của đất sét yếu Bangkok gần như tương đương với đất bùn sét Tp.HCM nhóm A (Bảng 2, [2]). Hơn nữa, như đã đề cập ở phần trước (Hình 1), S_u tính theo mô hình SHANSEP được xây dựng từ kết quả thí nghiệm CIUC cao hơn thí nghiệm CK₀U [1]. Như vậy, sự khác biệt về S_u của 2 loại đất có thể chủ yếu là do khác nhau về mô hình thí nghiệm SHANSEP: CK₀UC cho đất sét yếu Bangkok và CIUC cho đất bùn sét Tp.HCM nhóm A được thực hiện trong nghiên cứu này.

Bảng 2. So sánh một số đặc tính vật lý của đất bùn sét Tp.HCM nhóm A và đất sét Bangkok [2]

Thông số	Giá trị đặc trưng	
	Bùn sét Tp.HCM nhóm A	Đất sét Bangkok
Độ ẩm w (%)	98,5	78 - 85
Giới hạn chảy LL (%)	99,5	98
Giới hạn dẻo PL (%)	49,1	37
Dung trọng tự nhiên γ (kN/m ³)	14,2	15,1
Hàm lượng sét (%)	65,7	70
Hàm lượng bụi (%)	33,5	24
Hàm lượng cát (%)	0,8	6

6 KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày quá trình thí nghiệm để xây dựng mô hình SHANSEP cho 2 loại đất bùn sét Tp.HCM: nhóm A phân bố ở khu vực quận Bình Thạnh và nhóm B phân bố ở khu vực huyện Nhà Bè. Kết quả của 100 thí nghiệm ba trục CIU thực hiện trên 20 mẫu đất bùn sét cho thấy đất bùn sét của cả hai nhóm thể hiện rõ ràng đặc tính chuẩn hóa (nhóm A: $S = 0,2952$, $m = 0,7459$; nhóm B: $S = 0,3447$, $m = 0,6599$) với hệ số xác định của mô hình gần bằng 1.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Almeida, M.S.S., Marques, M.E.S. (2013) *Design and Performance of Embankment on Very Soft Soils*, Taylor & Francis Group, London, UK.
- [2] Balasubramaniam, A.S., Kim, S.R., Lin, D.G., Acharya, S.S.S., Seah, T.H., Bergado, D.T. (1999). *Selection of soft clay parameters for Bangkok lowland development*, Lowland Technology International, Vol. 1, No. 1, p85-98.
- [3] Bay, J.A., Anderson, L.R., Colocino, T.M., Budge, A.S. (2005). *Report No. UT-03.13: Evaluation of Shansep Parameters for Soft Bonneville Clays*. Utah Department of Transportation.
- [4] Beumelle, A.C.L.A.D.L. (1991). *Deformation of SHANSEP strength-deformation properties of undisturbed Boston blue clay from automated triaxial testing*, MSc. Thesis, MIT.
- [5] Futai, M.M., Almeida, M.S.S., Lacerda, W.A. (2008) *Laboratory Behaviour of Rio de Janeiro Soft Clays. Part 2: Strength and Yield*, Soils and Rocks, São Paulo, 31(2): 77-84.
- [6] Kawamoto, T.K. (2014). *Evaluation of SHANSEP parameters and initial-shear-stress induced strength anisotropy of lagoonal deposit near Ke'ehi interchange, Honolulu, Hawai'i*. MSc. Thesis, University of Hawai'i.
- [7] Ladd, C.C., DeGroot, D.J. (2003). *Recommended Practice for Soft Ground Site Characterization: Arthur Casagrande Lecture*. 12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, June 22-25, 2003.
- [8] Ladd, C.C., Foott, R., (1974). *New Design Procedure for Stability of Soft Clay*, Journal of Geotechnical Engineering Division, Proceeding of ASCE, Vol. 100. No. GT7, p763-786.
- [9] Seah, T.H., Lai, K.C. (2003). *Strength and Deformation Behavior of Soft Bangkok Clay*. Geotechnical Testing Journal, Vol. 26, No. 4.
- [10] Trần Quang Hộ, Dương Toàn Thịnh (2013). *Sức chống cắt không thoát nước qui luật SHANSEP của sét yếu ở phía Nam và phía Bắc Việt Nam*. Hội nghị KHCN13, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM.
- [11] Tran Quang Ho, Duong Toan Thinh. 2014. *Anisotropically Consolidated Undrained Triaxial Compression (CKoUC) and Extension (CKoUE) for soft soil at Nghi Son Thanh Hoa*. Tạp Chí Địa Kỹ Thuật. 19-24.

Kiều Lê Thủy Chung, Phan Thị San Hà giảng viên Khoa KT Địa Chất và Dầu khí, trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM.

Lê Minh Sơn: Công ty TNHH Tư vấn Địa chất Phẳng.

Evaluation of SHANSEP parameters for soft clay in HCM City

Kieu Le Thuy Chung^{1*}, Phan Thi San Ha¹, Le Minh Son²

¹ Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM

² FLATGEO Consulting Co., Ltd., HCMC, Vietnam

Corresponding author: kltchung@hcmut.edu.vn

Receive: 17-10-2016, Accepted: 07-4-2017

Abstract—Located in a flat plain with an extensive covering of very soft clay, Ho Chi Minh city is still in its urbanization and urban expansion with an inevitable development in construction at rapid pace. SHANSEP parameters for soft clay in HCM City will be helpful for geotechnical engineers in quantifying the behavior of soft clay and proposing suitable solutions for soft ground improvement. This paper presents the results of 100 CIUC triaxial tests on 20 clay samples belonging to two different groups of soft clay (taken in Binh Thanh and Nha Be districts) tested with 5 different modes of OCRs, i.e. 1, 1.5, 2, 4, and 6. The test results are analyzed to obtain SHANSEP models with really high coefficient of determination ($R^2 \approx 1$).

Index term—OCR, SHANSEP, undrained shear strength, soft clay.