

SỨC CHỐNG CẮT KHÔNG THOÁT NƯỚC THEO QUI LUẬT SHANSEP CỦA SÉT YẾU Ở PHÍA NAM VÀ PHÍA BẮC.

TRẦN QUANG HỘ*, DƯƠNG TOÀN THỊNH**

ABSTRACT.

Stress History And Normalized Soil Engineering Properties is the basis of SHANSEP method. The soft soil at the two sites, one in the North and one in the South of Vietnam, exhibits normalized behaviour so the method concept can be applied to the soil. However it's rather expensive to carry out the SHANSEP method in the laboratory because it requires CK_0U testing with varying modes of shearing, overconsolidation ratios and aging time. So the method is suitable only for major projects covering a large area. Based on the method concept, the SHANSEP equations are formulated from the data of FVT, UU and UC tests at lower cost. The equations can be used as guidelines to select undrained shear strength for small project design.

1. TỔNG QUAN

Việc xác định sức chống cắt không thoát nước (S_u) nhanh, tương đối chính xác và kinh tế để tính toán ổn định là cần thiết. Xác định sức chống cắt không thoát nước dựa vào thí nghiệm trong phòng gặp khó khăn về công tác lấy mẫu nguyên dạng, tay nghề thí nghiệm viên và mô phỏng chính xác trạng thái làm việc bất đẳng hướng của mẫu đất thực ở ngoài hiện trường. Do đó, việc tính toán S_u theo phương pháp SHANSEP (Ladd và Foott, 1974) dựa vào các thí nghiệm hiện trường tỏ ra hiệu quả, thuận lợi và nhanh chóng. Ngoài ra đặc tính của đất yếu được nghiên cứu có đặc tính chuẩn hóa cho nên sức chống cắt không thoát nước từ thí nghiệm UC hoặc UU hay CK_0U ở phòng cũng phải theo qui luật của phương pháp SHANSEP. Dựa vào kết quả thí nghiệm trong phòng cũng như ngoài trời có thể xác định những quan hệ của S_u theo phương pháp SHANSEP dùng để tham khảo trong công tác thiết kế.

Mục đích của nghiên cứu là xác định thông số S và m cho đất sét yếu tại khu vực phía Bắc và khu vực phía Nam thông qua hai công trình Cảng nước sâu Lạch Huyện – Hải Phòng (khu vực phía Bắc) và Luồng cho tàu biển trọng tải lớn vào sông Hậu (khu vực phía Nam). Dựa vào thí nghiệm nén ba trục không cố kết không thoát nước (UU) và thí nghiệm nén nở hông (UC) để xác định cường độ kháng cắt không thoát nước trong phòng thí nghiệm. Đồng thời so sánh giá trị S_u theo phương pháp SHANSEP của thí nghiệm cắt cánh hiện trường với giá trị S_u từ thí nghiệm nén Ba trục không cố kết không thoát nước (UU) và thí nghiệm nén nở hông (UC) trong phòng thí nghiệm

2. MÔ TẢ ĐỊA CHẤT

Cảng Cửa Ngõ Quốc tế Hải Phòng (Lạch Huyện) được xây dựng tại Huyện đảo Cát Hải thành phố Hải Phòng, khu vực có đặc điểm địa chất là trầm tích biển với tầng đất yếu là sét, sét pha xám đen. Về mặt cấu tạo tự nhiên thì đất sét khu vực này được phân loại là CH và CL, có độ ẩm từ 45% tới 65%, giới hạn chảy W_L từ 35% cho tới >50%, chỉ số dẻo $I_P \approx 15\%$ tới 35%, độ sệt $I_L \approx 0.8$ và >1. Hệ số rỗng < 2. Chỉ số nén $C_c \approx 0.5$, chỉ số nén lại $C_r \approx 0.05$.

*Trường Đại học Bách Khoa TP HCM
268 Lý Thường Kiệt, P14, Q.10, TP.HCM.
Email: tqho@hcmut.edu.vn

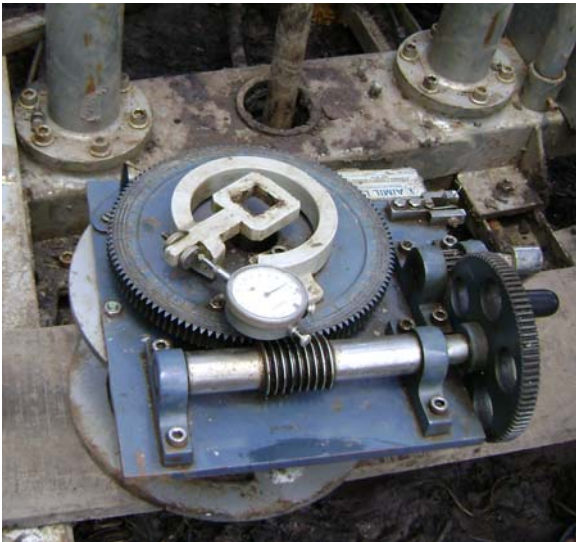
**Công ty TNHH Địa Kỹ Thuật Portcoast
92 Nam Kỳ Khởi Nghĩa, P.BếnNghé, Q.1, TP.HCM
Email: thinh.dt@portcoastgeo.com

Dự án xây dựng Luồng cho tàu biển tải trọng lớn vào sông Hậu nằm trên tầng trầm tích phù sa trẻ có chiều dày lớn và biến đổi phức tạp, đất khu vực này được phân loại thành 2 nhóm, CH và CL. Đặc trưng cơ lý của khu vực khảo sát như sau: độ ẩm từ 35% tới 65%, giới hạn chảy W_L từ 38% tới 65%, chỉ số dẻo $I_p \approx 15\%$ tới 35%, độ sệt $I_L > 1$, hệ số rỗng < 2 . Chỉ số nén $C_c \approx 0.45$, chỉ số nén lại $C_r \approx 0.05$.

3. GIỚI THIỆU VỀ THÍ NGHIỆM CẮT CÁNH HIỆN TRƯỜNG VST

Mục đích của thí nghiệm cắt cánh nhằm xác định sức kháng cắt của đất trong điều kiện không thoát nước tại hiện trường và độ nhạy của đất ở các độ sâu khác nhau.

Sử dụng thiết bị “Vane Borer” do Ấn Độ



Hình 1 Thí nghiệm cắt cánh VST

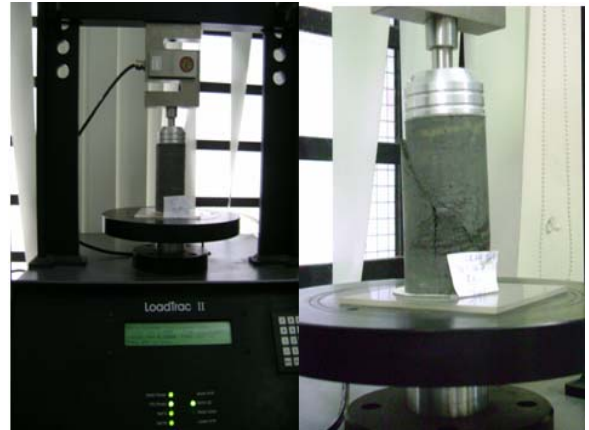
sản xuất hình 2 trong thí nghiệm cắt cánh hiện trường theo tiêu chuẩn ASTM D2573-72. Thiết bị có ống bao và mũ bảo vệ để chống ma sát cho cần. Cánh cắt hình chữ nhật rộng 6.5cm và cao 13cm dùng cho đất ở trạng thái chảy và 3.5cm x 7.0cm cho đất ở trạng thái dẻo mềm. Cánh cắt có chiều dày 2mm, cần có đường kính 25mm.

4. GIỚI THIỆU VỀ THÍ NGHIỆM TRONG PHÒNG

4.1. THÍ NGHIỆM NÉN NỞ HÔNG (UC)

Thí nghiệm nén không nở hông được tiến hành theo tiêu chuẩn ASTM 2166 -85 bằng hệ

thống máy nén đa năng tự động LoadTracII của hãng Geocomp – USA hình 02.



Hình 2. Thí nghiệm UC

Sức kháng cắt không thoát nước S_u được xác định từ thí nghiệm nén nở hông (UC), bằng cách tăng áp lực nén một trục lên mẫu đất với một vận tốc biến dạng không đổi 1%/phút cho đến khi mẫu đất bị phá hoại. Giá trị S_u sẽ bằng giá trị $q_u/2$.

4.1. THÍ NGHIỆM NÉN BA TRỤC KHÔNG CÓ KẾT KHÔNG THOÁT NƯỚC (UU)

Sức kháng cắt không thoát nước S_u được xác định từ thí nghiệm Ba trục (UU), bằng cách giữ cho áp lực bùồng (σ_3) không đổi trong suốt quá trình tăng áp lực thẳng đứng (σ_1) đến khi mẫu đất bị phá hoại hình 3



Hình 3 Thí nghiệm UU

Trong thí nghiệm này không cho phép mẫu thoát nước khi tăng áp lực bùồng. Mẫu đất được cắt với vận tốc 1%/phút, với cấp áp lực bùồng không đổi và không cho thoát nước trong suốt quá trình cắt. Thí nghiệm

này được tiến hành với 3 mẫu đất khác nhau với 3 cấp áp lực bùồng khác nhau, trong đó cấp áp lực bé nhất bằng với giá trị ứng suất bản thân toàn phần của mẫu đất. Thí nghiệm này được thực hiện bằng máy nén đa năng LoadTrac II của hãng Geocomp USA với mẫu đất đường kính 70mm nhằm giảm thiểu tối đa sự xáo trộn của mẫu đất khi cắt gọt gia công.

4.3 THÍ NGHIỆM NÉN CÓ KẾT MỘT TRỰC

Thí nghiệm này được tiến hành theo tiêu chuẩn ASTM 2435 bằng máy nén Humboldt của Mỹ. Các số đọc hoàn toàn được thu thập tự động thông qua hệ thống đo và truyền số liệu tự động.



Hình 4. Thí nghiệm nén có kết một trục

Mục đích của thí nghiệm nhằm xác định tính nén lún của đất và các thông số cố kết của đất. Từ các số liệu lấy được từ thí nghiệm nén có kết dựng biểu đồ hệ số rỗng theo từng cấp áp lực e-log. Xác định các thông số tính lún bao gồm: chỉ số nén lún (C_c), chỉ số nén lại (C_r), chỉ số hồi phục (C_s), áp lực tiền cố kết (σ'_p) và hệ số rỗng ban đầu (e_0). Dựng các biểu đồ thay đổi chiều cao mẫu theo căn thời gian để xác định các thông số, hệ số cố kết (C_v)

5. TÓM TẮT PHƯƠNG PHÁP SHANSEP

Lịch sử ứng suất (Stress History) và tính chất chuẩn hóa của đất (Normalized Soil Engineering Properties) là cơ sở để xây dựng phương pháp SHANSEP. Phương pháp này bao gồm việc đánh giá lịch sử ứng suất của địa tầng bằng cách xác định ứng suất có hiệu σ'_{vo} và áp lực tiền cố kết σ'_p để xác định tỉ số quá cố kết OCR thay đổi theo độ sâu rồi áp dụng những giá trị đã được chuẩn hóa để tìm mối quan hệ giữa sức chống cắt không thoát nước và tỉ số quá cố kết OCR để dùng trong việc thiết kế.

$$\left[\frac{S_u}{\sigma'_{v0}} \right] = S[OCR]^m \quad (1)$$

- S_u : sức chống cắt không thoát nước
- σ'_{vo} : ứng suất có hiệu theo phương đứng.
- OCR: tỉ số quá cố kết của đất
- S và m: hai thông số cần xác định của phương trình SHANSEP

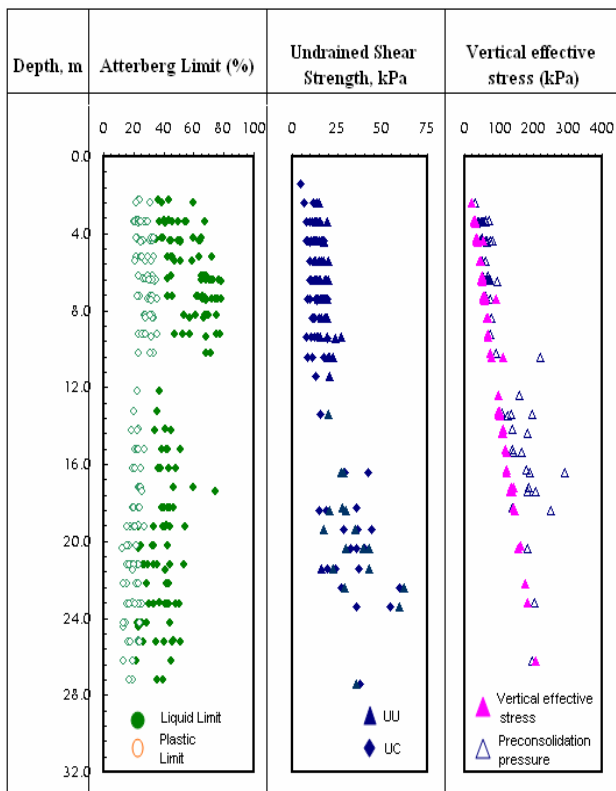
Phương pháp SHANSEP có ưu điểm là hạn chế được ảnh hưởng của mẫu xáo trộn, tốc độ biến dạng của mẫu và tính bất đẳng hướng lên sức chống cắt không thoát nước. Tuy nhiên việc tiến hành thí nghiệm ở phòng theo phương pháp SHANSEP là tốn kém chỉ thích hợp đối với những dự án lớn.

Dựa vào các thí nghiệm trong phòng như thí nghiệm ba trục không cố kết không thoát nước (UU), thí nghiệm nén có kết một trục, thí nghiệm nén nở hông (UC) để xác định sức chống cắt không thoát nước (S_u), áp lực tiền cố kết (σ'_p), tỉ số quá cố kết OCR, từ đó xác định được các thông số S và m của phương trình trên, nhờ đó có thể ước lượng giá trị S_u dùng trong thiết kế. Điều quan trọng là chất lượng lấy mẫu thí nghiệm phải thật tốt, mẫu được dùng để thí nghiệm và phân tích nằm trong nhóm A dựa theo đánh giá chất lượng mẫu của Lunne et al 1997.

6. ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP SHANSEP

6.1 CÁC GIÁ TRỊ VỀ GIỚI HẠN ATTERBERG, S_u THEO ĐỘ SÂU

Giá trị sức chống cắt không thoát nước (S_u) từ hai thí nghiệm trong phòng là UU và UC phụ thuộc rất lớn vào việc chọn vận tốc cắt thí nghiệm và kiểu phá hoại của mẫu đất. Việc chọn vận tốc cắt 1% biến dạng/phút cho cả hai thí nghiệm hoàn toàn phù hợp với yêu cầu của tiêu chuẩn ASTM và điều kiện thí nghiệm. Từ kết quả thí nghiệm UU của công trình *Cảng Lạch Huyện* có thể thấy được biến dạng tại điểm phá hoại của các mẫu đất dao động từ 3.4% đến 12.6% và 2.6% đến 7.9% đối với công trình *Luồng sông Hậu*.

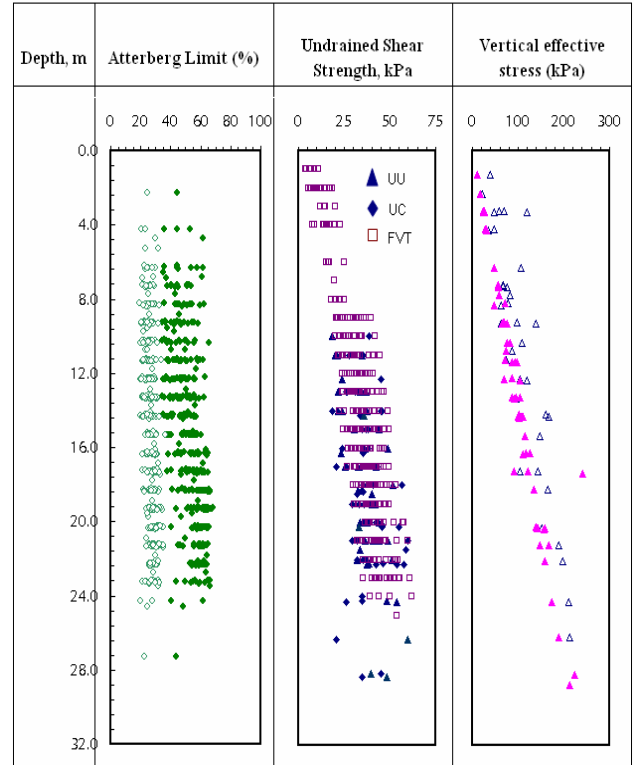


Hình 5a. Các đặc trưng cơ lý của đất tại Cảng Lạch Huyện

Thí nghiệm UC, điểm phá hoại của các mẫu đất dao động từ 3.1% đến 7.8% đối với công trình *Cảng Lạch Huyện* và 2.3% đến 9.0% đối với công trình *Luồng sông Hậu*

Các đặc trưng về sức chống cắt không thoát nước (S_u) theo độ sâu từ thí nghiệm nén ba trục không có kết không thoát nước (UU), thí nghiệm cắt cánh (FVT) hiện trường và thí

thí nghiệm nén nở hông (UC) với các giá trị về giới hạn Atterberg, ứng suất tiền cố kết và ứng suất có hiệu thể hiện trên hình 5a: Các đặc trưng cơ lý của đất tại *Cảng Lạch Huyện* và hình 5b: Các đặc trưng cơ lý của đất tại công trình *Luồng tàu sông Hậu*.

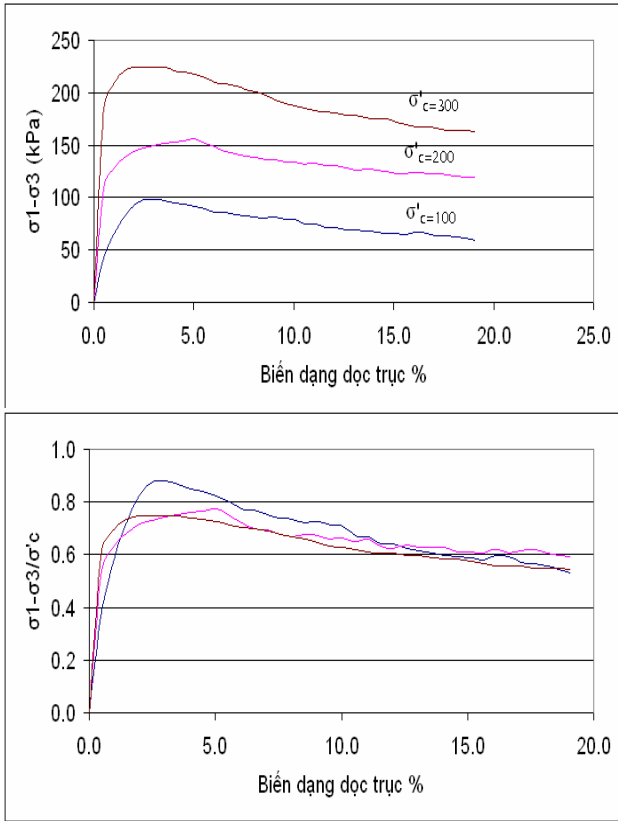


Hình 5b. Các đặc trưng cơ lý của đất tại Luồng tàu Sông Hậu

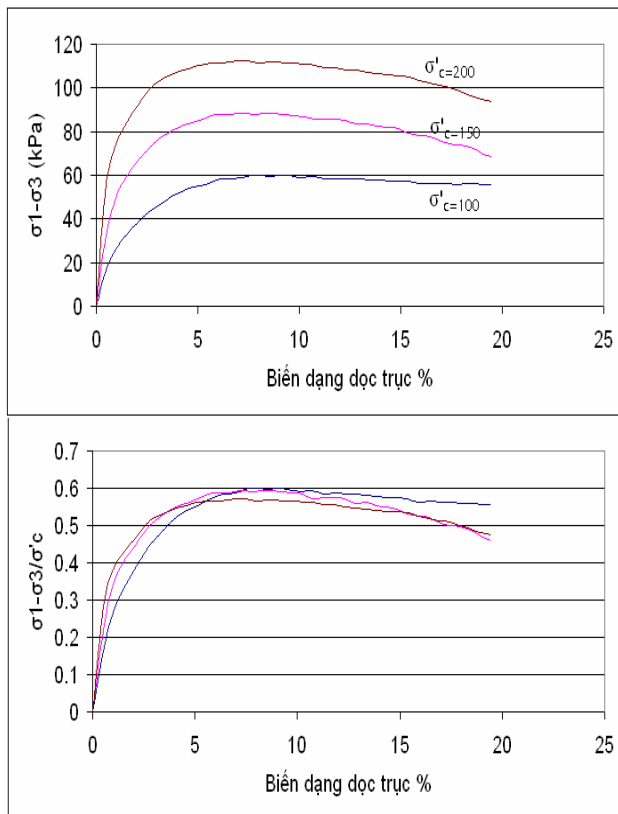
6.2 TÍNH CHẤT CHUẨN HÓA CỦA ĐẤT

Phương pháp SHANSEP chỉ có thể áp dụng được với đất có tính chuẩn hóa (normalized). Việc chuẩn hóa kết quả thí nghiệm ba trục được thực hiện bằng cách vẽ quan hệ giữa tỉ số ứng suất lệch với áp lực cố kết của mỗi mẫu theo biến dạng, có nghĩa là vẽ quan hệ giữa giá trị $(\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma'_c$ và ϵ . Nếu ba đường quan hệ giữa ứng suất với biến dạng với ba cấp áp lực cố kết đẳng hướng khác nhau có xu hướng chập thành một thì đất được xem là có tính chuẩn hóa, hình 6 và hình 7

Hình 6 trình bày một kết quả thí nghiệm ba trục điển hình đối với đất sét tương đối đồng nhất trong công trình *Cảng Lạch Huyện*. Có thể thấy rằng đất nghiên cứu có tính chuẩn hóa và có thể áp dụng phương pháp SHANSEP.



Hình 6: Chuẩn hóa từ thí nghiệm nén Ba trục công trình Cảng Lạch Huyện với các ứng suất nén cố kết $\sigma'_c = 100, 200, 300kPa$

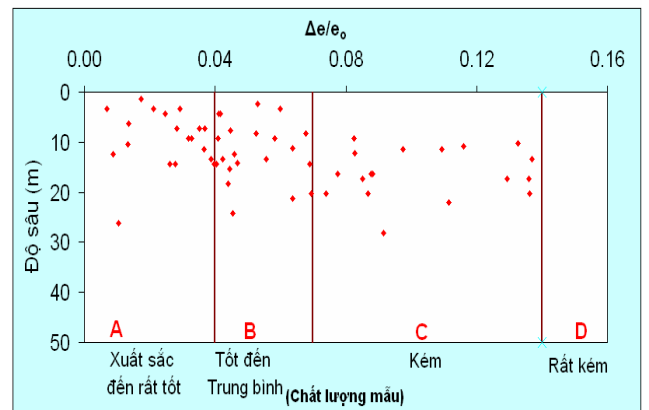


Hình 7: Chuẩn hóa từ thí nghiệm nén Ba trục công trình Luồng tàu sông Hậu với các ứng suất nén cố kết $\sigma'_c = 100, 150, 200kPa$

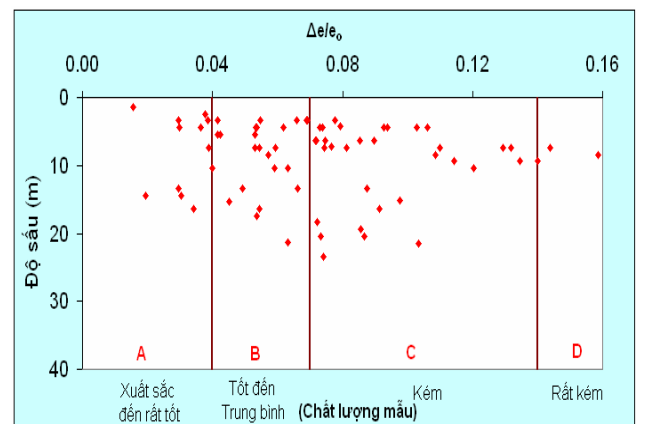
Thật vậy cường độ kháng cắt không thoát nước gia tăng sau khi các mẫu đất được cố kết đẳng hướng với các cấp áp lực khác nhau là $\sigma'_c = 100, 200, 300kPa$ và được chuẩn hóa theo áp lực cố kết. Tương tự như vậy, việc cố kết đẳng hướng với các cấp áp lực $\sigma'_c = 100, 150, 200kPa$ và chuẩn hóa theo áp lực cố kết đối với công trình Luồng tàu sông Hậu được thể hiện trên hình 7

6.3 ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG MẪU

Một trong những ưu điểm của phương pháp SHANSEP là hạn chế được ảnh hưởng sự xáo trộn của mẫu lên kết quả thí nghiệm. Vì vậy khi sử dụng các kết quả từ thí nghiệm trong phòng UC, UU cần phải đánh giá chất lượng mẫu. Dựa vào tỉ số $\Delta e/e_0$ từ kết quả thí nghiệm nén cố kết một trục (Lunne, 19...)



Hình 8a. Đánh giá chất lượng mẫu đối với công trình Luồng tàu sông Hậu



Hình 8b. Đánh giá chất lượng mẫu đối với công trình Cảng Lạch Huyện

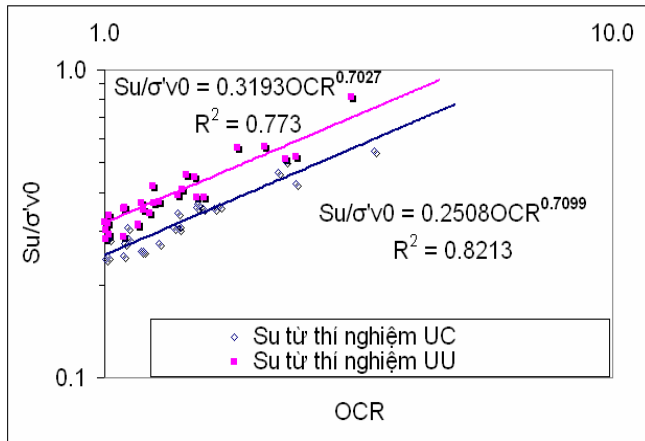
để đánh giá chất lượng của mẫu đất như trình bày trong hình 8a. Đánh giá chất lượng mẫu đối với công trình *Cảng Lạch Huyện* và hình 8b. Đánh giá chất lượng mẫu với công trình *Luồng sông Hậu*. Các mẫu được chọn làm thí nghiệm thuộc nhóm A trong hình. 8a & 8b

7. BIỂU THỨC QUAN HỆ SHANSEP

- ❖ Đối với công trình *Cảng Lạch Huyện*, do không tiến hành thí nghiệm cắt cánh hiện trường nên chỉ thống kê sức chống cắt không thoát nước S_u từ các thí nghiệm UU và UC. Việc thống kê và loại bỏ các mẫu có độ biến động lớn không tin cậy sẽ chọn được S và m , hình 9
- Biểu thức quan hệ từ kết quả thí nghiệm Ba trục UU được xác định như sau:

$$\frac{S_u}{\sigma'_{vc}} = 0.3193(OCR)^{0.7027} \quad (2)$$

Giá trị của $S=0.3193, m=0.7027$.



Hình 9. Biểu đồ tương quan giữa S_u/σ'_{v0} và OCR trong TN (UU) & (UC)

- Biểu thức quan hệ từ kết quả thí nghiệm nén nở hông UC được xác định như sau:

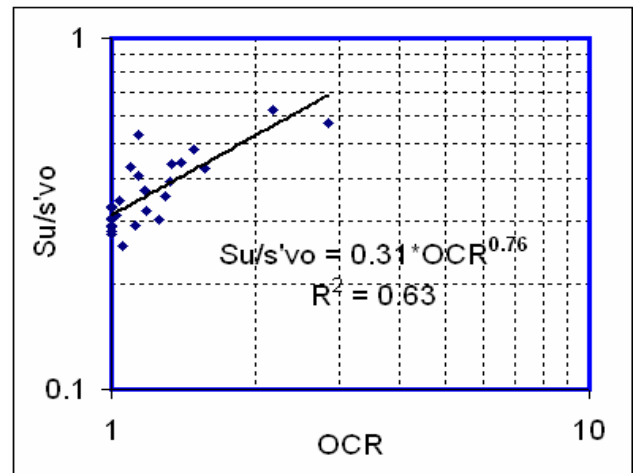
$$\frac{S_u}{\sigma'_{vc}} = 0.2508(OCR)^{0.7099} \quad (3)$$

Giá trị của $S = 0.2508, m = 0.7099$

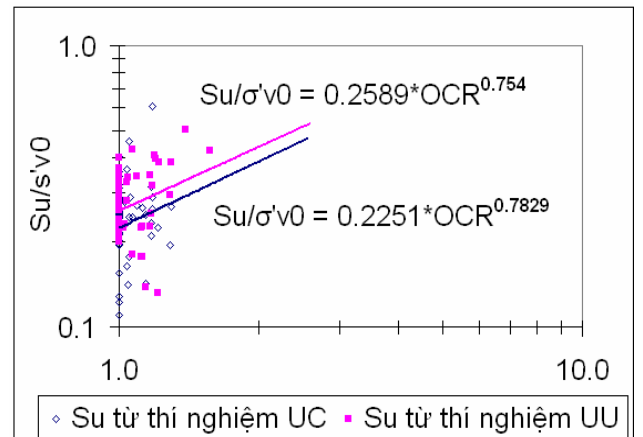
- ❖ Đối với công trình *Luồng tàu Sông Hậu*, giá trị sức chống cắt không thoát nước S_u được xác định từ thí nghiệm cắt cánh hiện trường (VST) được trình bày trong hình 10 và thể hiện bằng biểu thức quan hệ như sau:

$$\frac{S_u}{\sigma'_{vc}} = 0.31(OCR)^{0.76} \quad (4)$$

Giá trị của $S = 0.31, m = 0.76$



Hình 10. Biểu đồ tương quan giữa S_u/σ'_{v0} và OCR trong cắt cánh (VST)



Hình 11. Biểu đồ tương quan giữa S_u/σ'_{v0} và OCR trong thí nghiệm UU và UC

Tương tự như việc thống kê giá trị S_u từ kết quả thí nghiệm UU và UC trong công trình *Cảng Lạch Huyện*, giá trị sức kháng cắt không thoát nước S_u trong công trình *Luồng tàu sông Hậu* được trình bày trên hình 11 và thể hiện bằng biểu thức quan hệ sau:

- Đối với thí nghiệm UC:

$$\frac{S_u}{\sigma'_{vc}} = 0.2589(OCR)^{0.754} \quad (5)$$

Giá trị của $S = 0.2589$, $m = 0.754$

- Đối với thí nghiệm UC:

$$\frac{S_u}{\sigma'_{vc}} = 0.2251(OCR)^{0.7829} \quad (6)$$

Giá trị của $S = 0.2251$, $m = 0.7829$

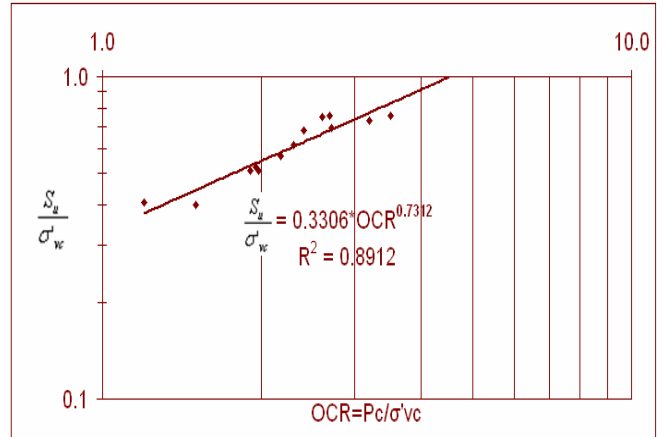
Ngoài ra để kể đến yếu tố bất đẳng hướng, các thông số S và m cũng được xác định từ thí nghiệm CKoU. Tỷ số sức kháng cắt không thoát nước S_u/σ'_{vo} với tỷ số quá cố kết OCR được xác định từ thí nghiệm thí nghiệm CKoU thể hiện trên hình 12.

Mẫu đất được cố kết bất đẳng hướng trong điều kiện K_0 (hệ số áp lực ngang của đất ở trạng thái nghỉ) để đưa mẫu đất về trạng thái ngoài hiện trường rồi cắt không thoát nước với tốc độ không đổi, đo áp lực nước lỗ rỗng trong quá trình cắt.

Thí nghiệm được thực hiện với hơn 7 mẫu với các cấp áp lực σ'_{vc} khác nhau, biểu thức quan hệ từ kết quả thí nghiệm như sau:

$$\frac{S_u}{\sigma'_{vc}} = 0.3306(OCR)^{0.7312} \quad (7)$$

Giá trị của $S = 0.3306$, $m = 0.7312$



Hình 12. Chuẩn hóa bằng việc chuẩn hóa các dữ liệu trong thí nghiệm CK_oU đối với đất sét tương đối đồng nhất

Bảng 01. Tổng hợp các hệ số S và m cho các công trình thực hiện trong khu vực phía Bắc và phía Nam

Địa điểm	Cảng Lạch Huyện		Luồng tàu sông Hậu	
	S	m	S	m
Thí nghiệm				
VST			0.31	0.76
UC	0.2508	0.7099	0.2251	0.7829
UU	0.3193	0.7027	0.2589	0.754
CKoU			0.3306	0.7312

8. NHẬN XÉT

- Thực nghiệm cho thấy kết quả cho từ thí nghiệm UU có S_u cao hơn thí nghiệm UC, điều đó có thể giải thích trong các mẫu đất thí nghiệm UU, mẫu đất không bão hòa hoàn toàn dẫn đến có sự thay đổi về thể tích rỗng khi tăng áp lực buồng, điều đó sẽ làm gia tăng một phần ứng suất có hiệu dẫn đến sức chống cắt tăng lên. Cho nên thông số S trong phương trình SHANSEP của thí nghiệm UU lớn hơn thí nghiệm UC.
- Giá trị sức chống cắt không thoát nước (S_u) từ các thí nghiệm trong phòng (UU,UC) cho giá trị nhỏ hơn giá trị sức chống cắt từ thí nghiệm hiện trường (VST). Điều đó có thể lý giải là do hiện tượng chùng ứng suất khi đất được lôi ra khỏi ống mẫu làm cho ứng suất hữu hiệu của bản thân mẫu đất giảm đi. Cho nên thông số S trong phương trình SHANSEP của thí nghiệm VST lớn hơn thí nghiệm UU và UC.
- Giá trị sức chống cắt không thoát nước (S_u) từ các thí nghiệm CK_0U có thông số S lớn nhất vì quá trình nén lại dù đối với đất sét quá cố kết nhẹ thì độ ẩm cũng có khả năng thay đổi làm cho sức chống cắt của đất gia tăng.
- Các kết quả trên cho thấy thông số m của phương trình SHANSEP phù hợp với lý thuyết cơ học đất tới hạn, đối với sét CH và CL thì $m = 0,88 (1 - C_s/C_c)$

9. KẾT LUẬN

Các kết quả trên cho thấy các thông số S và m của phương trình SHANSEP phù hợp với lý thuyết cơ học đất tới hạn và tương đối gần với các thông số của hầu hết các loại đất sét đã được công bố trên thế giới. Các biểu thức thành lập ở trên có thể được sử dụng để tham khảo và kiểm tra khi thiết kế các công trình vừa và nhỏ.

10. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bay, J. A., Anderson, L. R., Colocino, T. M. and Budge, A. S. “ Evaluation of Shansep Parameters for Soft Boneville Clays” (2005), prepared for Utah Department of Transportation Research and Development Division
2. Ladd C. C., and Roger Foott (1974)., “New Design Procedure for Stability of Soft Clays” Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, 1974.
3. Ladd C. C., “Stability Evaluation During Staged Construction” Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 117, No. 4, April, 1991.
4. Ladd, C. C., Hon. M. and DeGroot D. J., “ Recommended Practice for Soft Ground Site Characterization : Arthur Casagrand Lecture” prepared for 12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA USA, June 22-25, 2003.
5. Lunne, T., Berre, T., and Strandvik, S., (1997). “Sample Disturbance Effect in Soft Low Plastic Norwegian Clay”. Conference on Recent Development in Soil and Pavement Mechanics, Rio de Janeiro, Proceedings pp. 81-102
6. Hồ sơ khảo sát địa chất công trình cảng quốc tế nước sâu Lạch Huyện – Hải Phòng và công trình Luồng Cho Tàu Biển Trọng Tải Lớn Vào Sông Hậu của công ty PORTCOAST