



**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC ACEA-VIETGEO 2021
PHÚ YÊN, 13 - 14 THÁNG 5 NĂM 2022**

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ XÂY DỰNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG KHU VỰC MIỀN TRUNG VÀ TÂY NGUYÊN



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC ACEA-VIETGEO 2021
PHÚ YÊN, 13 - 14 THÁNG 5 NĂM 2022**

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ XÂY DỰNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG KHU VỰC MIỀN TRUNG VÀ TÂY NGUYÊN

Mã ISBN: 978-604-67-2296-0



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PHƯƠNG PHÁP KHÔI PHỤC TRẠNG THÁI CỦA MẪU ĐẤT RỜI TRONG THÍ NGHIỆM BA TRỤC ĐỘNG, ÁP DỤNG CHO ĐẤT LOẠI CÁT KHU VỰC VEN BIỂN SÓC TRĂNG

Nguyễn Văn Phóng^{1,*}, Đỗ Hồng Thắng², Nguyễn Thành Dương¹,
Phạm Minh Tuấn¹, Tạ Thị Toán¹

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

² Công ty Cổ phần khảo sát thiết kế xây dựng Đất Việt

Tóm tắt

Trong khảo sát địa kỹ thuật, việc lấy mẫu thí nghiệm trong đất rời rất khó đảm bảo tính nguyên trạng. Do vậy, một trong những yêu cầu quan trọng trong thí nghiệm ba trục động là phải mô phỏng lại độ chặt và trạng thái ứng suất của mẫu đất trước khi thí nghiệm. Khôi phục, mô phỏng lại điều kiện thực tế của mẫu đất rời có ý nghĩa lớn, giúp các thí nghiệm ba trục động cho kết quả phù hợp với thực tế hơn. Quá trình khôi phục lại điều kiện thực tế của mẫu đất rời gồm độ ẩm, độ chặt và trạng thái ứng suất được thực hiện qua 3 bước là chế bị, bão hòa và cố kết. Bài báo giới thiệu các phương pháp chế bị mẫu đất rời cho thí nghiệm ba trục động, thủ tục khôi phục trạng thái mẫu được tiến hành theo tiêu chuẩn ASTM; đồng thời đưa ra những phân tích, đánh giá để lựa chọn phương pháp cũng như các thông số thí nghiệm phù hợp với điều kiện thực tế. Kết quả áp dụng cho đất loại cát phân bố ở khu vực ven biển Sóc Trăng cho thấy: độ chặt của mẫu được quyết định chủ yếu ở bước chế bị mẫu và đạt tới trị số phù hợp với thực tế hơn sau bước cố kết; mẫu sau khi chế bị có độ chặt tương ứng với độ chặt xác định từ thí nghiệm SPT hiện trường. Trong đó, phương pháp rót khô phù hợp cho mẫu cát xốp và phương pháp đầm ẩm phù hợp cho mẫu cát chặt.

Từ khóa: *Thí nghiệm ba trục động, chế bị mẫu đất rời, thông số thí nghiệm ba trục.*

1. Mở đầu

Cùng với sự phát triển kinh tế, xã hội của đất nước, nhu cầu xây dựng các loại công trình quan trọng và có yêu cầu kỹ thuật cao ngày càng tăng. Trước đây, trong khảo sát địa chất công trình - địa kỹ thuật, có thể cho phép xác định chỉ tiêu cơ lý của đất nền dựa vào kinh nghiệm hoặc từ các liên hệ thực nghiệm có độ chính xác không cao, đặc biệt với đất rời do khó khăn trong lấy mẫu nguyên trạng. Tuy nhiên, với công trình quan trọng có quy mô lớn như nhà cao tầng, tháp điện gió, việc tính toán thiết kế phải dựa vào các chỉ tiêu cơ học động của đất với yêu cầu chính xác cao. Để xác định được các chỉ tiêu này, cần tiến hành các thí nghiệm trực tiếp trong điều kiện phù hợp với thực tế. Trong đó, phương pháp thí nghiệm ba trục động cho phép xác định các chỉ tiêu cơ học động trong điều kiện mô phỏng trạng thái ứng suất thực tế là phương pháp được dùng phổ biến hiện nay. Khi thí nghiệm mẫu đất rời, các công đoạn chế bị, bão hòa, cố kết mẫu đặc biệt quan trọng, ảnh hưởng lớn đến kết quả thí nghiệm.

Hiện nay, trong các tiêu chuẩn dùng cho thí nghiệm ba trục động là ASTM D3999 (Tiêu chuẩn thí nghiệm xác định mô đun và hệ số giảm chấn của đất bằng thiết bị ba trục động) và ASTM D5311 (Tiêu chuẩn thí nghiệm xác định độ bền động bằng kỹ thuật điều khiển tải trọng)

* Ngày nhận bài: 22/02/2022; Ngày phản biện: 06/4/2022; Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2022

* Tác giả liên hệ: Email: nguyenvanphong.dcct@humg.edu.vn

có quy định các thủ tục chế bị, bão hòa, cố kết mẫu. Tuy nhiên, nội dung mới chỉ mang tính quy chuẩn và hướng dẫn chung, người thí nghiệm rất khó xác định phương pháp chế bị mẫu, thông số bão hòa và cố kết đảm bảo phù hợp với điều kiện, trạng thái thực tế. Do vậy, nội dung bài báo giới thiệu các phương pháp chế bị mẫu đất rời, thủ tục bão hòa, cố kết mẫu theo tiêu chuẩn ASTM và đưa ra phương pháp chế bị mẫu cũng như các thông số thí nghiệm phù hợp, đảm bảo mẫu đất rời có trạng thái và điều kiện ứng suất tương ứng với thực tế. Kết quả áp dụng cho đất rời khu vực ven biển Sóc Trăng đã xác định được độ chặt tương đối D_r và các thông số thí nghiệm tương ứng với trị số SPT hiện trường.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp chế bị, bão hòa, cố kết mẫu đất rời

Các phương pháp chế bị mẫu cũng như thủ tục bão hòa, cố kết đối với đất rời trong thí nghiệm ba trục động được quy định trong 2 tiêu chuẩn ASTM D3999 và ASTM D5311. Theo đó, việc chế bị mẫu có thể chia thành ba phương pháp: phương pháp rót khô; phương pháp trầm tích trong nước và phương pháp đầm ầm.

Cả 3 phương pháp này phải đảm bảo yêu cầu sau:

- Mẫu chế bị phải đồng nhất về sự phân bố hệ số rỗng tại các vị trí;
- Mẫu chế bị có độ chặt tương đương với trạng thái tự nhiên của nó.

a) Phương pháp rót khô

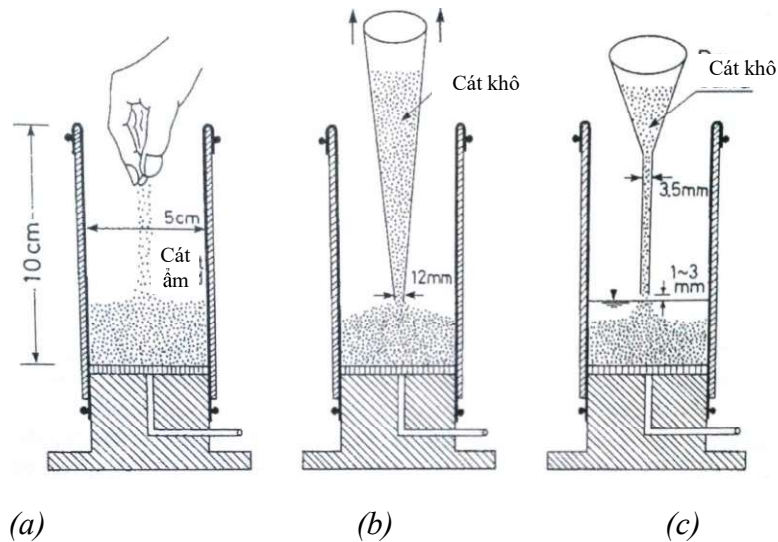
Cát khô được cho vào đầy phễu hình nón với đường kính của miệng phễu vào khoảng 12mm. Cát khô được rót vào hộp chế bị mẫu. Miệng phễu ban đầu được đặt sát đáy của hộp chế bị mẫu sau đó nhấc dần lên để cát chảy ra cho tới khi hộp chế bị mẫu được lấp đầy cát khô. Lưu ý, trong quá trình nhấc dần phễu lên phải đảm bảo chiều cao của miệng phễu đến bề mặt lớp cát trong hộp chế bị mẫu phải bằng 0. Sau đó, tiến hành gõ nhẹ vào xung quanh hộp chế bị mẫu cho tới khi đạt được độ chặt yêu cầu. Sau đó, mẫu được bịt kín bằng các vòng cao su ở đỉnh và đáy mẫu, tác dụng lực hút chân không từ 2 - 5 kPa vào đỉnh mẫu nhằm giữ cho mẫu ổn định.

b) Phương pháp trầm tích trong nước

Theo phương pháp này, cát khô được rót vào hộp mẫu có chứa khoảng 1/3 là nước đã khử khí. Miệng phễu cách bề mặt nước từ 1 - 3mm với kích thước của miệng phễu là 35mm. Quá trình rót cát được thực hiện liên tục với tốc độ không đổi cho đến khi hoàn thành. Lưu ý mực nước trong hộp chế bị mẫu luôn luôn cao hơn bề mặt lớp cát trong hộp khoảng từ 2 - 3cm. Sau đó, tiến hành xác định độ chặt và hệ số rỗng của mẫu. Trường hợp cần chế bị mẫu chặt hơn thì có thể gõ nhẹ vào xung quanh hộp mẫu để thu được độ chặt yêu cầu.

c) Phương pháp đầm ầm

Phương pháp đầm ầm được đưa ra bởi Ladd (1978). Theo phương pháp này, cát khô được trộn với 5% nước đã khử khí và trộn đều để tạo ra hỗn hợp cát ầm. Sau đó, dùng tay rắc hỗn hợp cát ầm vào hộp chế bị mẫu. Quá trình rắc mẫu được chia thành từ 5 đến 6 lớp. Tại mỗi lớp, tiến hành đầm nhẹ lên trên bề mặt mẫu. Quá trình chế bị mẫu tiếp tục đến khi lấp đầy hộp mẫu và mẫu đạt được độ chặt yêu cầu. Sau đó, dùng vòng cao su bịt kín 2 đầu mẫu và tác dụng áp lực chân không từ 2 - 5kPa để giữ cho mẫu ổn định.



Hình 1. Các phương pháp chế bị mẫu
(a) Phương pháp chế bị đầm ẩm;
(b) Phương pháp rót khô;
(c) Phương pháp trầm tích trong nước

** Phương pháp bão hòa mẫu*

Tuỳ theo mục đích nghiên cứu, mẫu có thể được bão hoà và cố kết hoặc để ở trạng thái tự nhiên trước khi gia tải động. Trường hợp mẫu được thí nghiệm ở trạng thái bão hoà thì quá trình bão hoà được thực hiện bằng cách tăng đồng thời áp lực buồng (σ_3) và áp lực ngược (σ_{back}), với độ chênh áp lực buồng - ngược ($\sigma_r = \sigma_3 - \sigma_{back}$) bằng (10 - 20) kPa. Sau khi trị số áp lực ổn định, tiến hành điền nước vào mẫu bằng cách mở van để nước chảy qua dụng cụ đo thể tích vào mẫu từ đường áp lực ngược. Quá trình bão hoà được tiến hành cho đến khi độ bão hoà (B) đạt trên 90% ($B = \Delta u / \Delta \sigma_3 \geq 0,95$; $\Delta \sigma_3$ là gia số áp lực buồng và Δu là độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng). Nếu độ bão hoà B chưa đạt yêu cầu thì quá trình gia tăng áp lực buồng - ngược và điền nước lại được tiếp tục cho đến khi đạt.

** Phương pháp cố kết mẫu*

Quá trình cố kết mẫu là một khâu quan trọng nhằm khôi phục trạng thái của mẫu. Quá trình này được thực hiện sau bước bão hoà mẫu, bằng cách giữ nguyên áp lực ngược và tăng áp lực buồng cho đến khi đạt áp lực cố kết (σ_c) yêu cầu. Áp lực cố kết là hiệu giữa áp lực buồng và áp lực ngược ($\sigma_c = \sigma_3 - \sigma_{back}$). Sau khi các trị số áp lực ổn định, mở van áp lực ngược để nước thoát ra. Quá trình cố kết kết thúc khi độ cố kết lớn hơn 90% (hoặc khi xác định nước lỗ rỗng không còn thoát ra). Trong suốt quá trình bão hoà và cố kết, các thay đổi về áp lực, biến dạng và thể tích mẫu (thể tích nước vào - ra) được ghi lại.

2.2. Phân tích, lựa chọn phương pháp thích hợp

Để xác định được các chỉ tiêu vật lý và tính chất cơ học động của đất rời phù hợp với điều kiện tồn tại tự nhiên của đất, yêu cầu mẫu phải đảm bảo được thành phần, trạng thái và điều kiện ứng suất (Mulilis và nnk., 1976; Juneja và Raghunandan, 2008, 2010).

Đối với đất loại cát thông thường (trừ đất nhiễm mặn), chỉ tiêu thành phần hạt là chỉ tiêu thành phần quan trọng nhất cần được đảm bảo cho các thí nghiệm cơ học. Việc thực hiện yêu cầu này không khó khăn, có thể sử dụng nhiều loại thiết bị lấy mẫu chuyên dụng trong đất rời, lấy mẫu đúng vị trí thiết kế.

Tuy nhiên, đất rời khó giữ tính nguyên trạng trong quá trình vận chuyển và lắp đặt mẫu. Do vậy, trước khi thí nghiệm cần phải khôi phục lại trạng thái và điều kiện ứng suất phù hợp với đất ở vị trí thực tế. Trạng thái của đất rời được quyết định chủ yếu bởi độ chặt và độ ẩm. Như vậy, nhiệm vụ đặt ra là phải đảm bảo được độ chặt, độ ẩm và điều kiện ứng suất trước khi thí nghiệm gia tải động.

Độ chặt của mẫu chế bị phụ thuộc chủ yếu vào phương pháp chế bị mẫu và áp lực cố kết. Ở phương pháp rót khô, ma sát giữa các hạt lớn nên cản trở các hạt đất sắp xếp dần tới đất có độ chặt thấp khi được rót vào khuôn mẫu. Ngược lại, các phương pháp đầm ẩm và trầm tích trong nước dễ dàng tạo mẫu có độ chặt cao hơn do ma sát giữa các hạt giảm khi bị làm ướt. Độ chặt của mẫu có thể được gia tăng khi được đầm (từng lớp) và rung lắc khuôn mẫu. Việc lựa chọn phương pháp chế bị mẫu và mức độ đầm, rung tùy thuộc vào độ chặt yêu cầu (bảng 1). Trong đó, độ chặt yêu cầu có thể dễ dàng xác định từ thí nghiệm SPT hiện trường tại vị trí lấy mẫu như bảng 2 (theo TCVN 9351).

Bảng 1. Lựa chọn phương pháp chế bị mẫu

Độ chặt yêu cầu	Phương pháp chế bị		
	Rót khô	Đầm ẩm	Trầm tích
Xốp	X		
Chặt vừa		X	X
Chặt		X	X

Bảng 2. Xác định độ chặt yêu cầu theo trị số SPT

Độ chặt	Xốp	Chặt vừa	Chặt
Trị số SPT	<10	10-30	30-50
Độ chặt tương đối D_r	<0,3	0,3-0,6	0,6-0,8

Với đất ẩm chưa bão hòa, độ ẩm của mẫu chế bị có thể được khống chế theo lượng cát khô và lượng nước cho vào khuôn mẫu. Trường hợp đất bão hòa, quá trình bão hòa mẫu được thực hiện sau khi lắp đặt mẫu vào buồng áp lực với các thông số thí nghiệm như bảng 3.

Điều kiện ứng suất thực tế được khôi phục trong thí nghiệm ở bước cố kết. Để đảm bảo điều kiện thí nghiệm phù hợp nhất với điều kiện thực tế, thông số cố kết cần được cài đặt với áp lực ngược (σ_{back}) bằng áp lực nước lỗ rỗng thực tế và áp lực buồng (σ_3) bằng áp lực địa tầng (bảng 3).

Bảng 3. Lựa chọn các thông số bão hòa, cố kết mẫu

Thông số thí nghiệm	Bão hòa			Cố kết
	Cấp ban đầu *	Gia số ($\Delta\sigma_3$)	Cấp cuối	
σ_3 (kPa)	10 - 20	20	Thỏa mãn điều kiện $B = \Delta u / \Delta \sigma_3 > 0,9$ và $\sigma_{back} > 70$ kPa	Bằng áp lực địa tầng
σ_{back} (kPa)	$= \sigma_3 - \sigma_r^{**}$	20		Bằng áp lực nước lỗ rỗng thực tế

Ghi chú: * Cấp áp lực ban đầu cần được chọn sao cho đảm bảo trụ mẫu không bị ảnh hưởng do trọng lượng bản thân, với đất xốp cần chọn trị số lớn nhất (20kPa);

** Độ chênh áp lực buồng - ngược: $\sigma_r = \sigma_3 - \sigma_{back} = (10 - 20)$ kPa, với đất xốp nên chọn trị số lớn nhất để đảm bảo trụ mẫu không bị ảnh hưởng trong quá trình bão hòa.

3. Kết quả áp dụng cho đất loại cát khu vực ven biển Sóc Trăng

Sóc Trăng là tỉnh có nhiều tiềm năng phát triển điện gió ở nước ta với bốn vùng quy hoạch đều nằm ở khu vực ven biển. Khi các dự án điện gió đi vào khai thác, hoạt động của tuabin điện gió làm phát sinh tải trọng động. Do vậy, khảo sát địa kỹ thuật cho các dự án điện gió khác với dự án thông thường ở chỗ phải xác định các chỉ tiêu tính chất động học của đất. Trong đó, phương pháp ba trục động thường được áp dụng để xác định mô đun động, hệ số giảm chấn và khả năng hóa lỏng của đất.

Nội dung phần này sẽ trình bày kết quả áp dụng phương pháp ở mục 2 cho đất rời khu vực ven biển Sóc Trăng.

3.1. Đặc điểm mẫu đất rời khu vực nghiên cứu

Theo tài liệu khảo sát địa kỹ thuật tại một số dự án điện gió ở Vĩnh Châu (Lạc Hòa, Hòa Đông, Sóc Trăng 1), đặc điểm địa tầng đặc trưng khu vực đến độ sâu 50m có mặt hai lớp đất rời có thành phần, trạng thái và độ sâu phân bố khác nhau (Lớp 2, 5 - bảng 4).

Các mẫu đất rời (cát hạt mịn, cát hạt nhỏ) được lấy tại khu vực thị xã Vĩnh Châu, ở hai độ sâu đại diện cho các lớp 2, 5. Mẫu lấy về được thí nghiệm xác định thành phần hạt, khối lượng riêng (γ_s), hệ số rỗng nhỏ nhất (e_{\min}), và hệ số rỗng lớn nhất (e_{\max}). Kết quả thí nghiệm được tổng hợp trong bảng 5. Dựa vào kết quả thí nghiệm thành phần hạt và xuyên tiêu chuẩn (SPT) xác định được lớp 2 là cát hạt mịn, trạng thái xốp; lớp 5 là cát hạt nhỏ, trạng thái chặt. Cả hai lớp ở trạng thái tự nhiên đều bão hòa hoàn toàn.

Các đặc điểm thành phần hạt, chỉ tiêu vật lý, trị số SPT, độ bão hòa của đất là cơ sở để chọn phương pháp chế bị mẫu, cũng như xác định các thông số bão hòa, cố kết mẫu trong thí nghiệm ba trục động.

Bảng 4. Địa tầng đặc trưng khu vực ven biển Sóc Trăng

Ký hiệu lớp	Độ sâu (m)		Bề dày trung bình (m)	Hệ tầng	Loại đất	Trị số SPT (búa)
	Mặt lớp	Đáy lớp				
1	0	2,5-5,0	3,5	mbQ ₂ ²⁻³	Bùn sét, xám đen	1
2	2,5-5,0	9,0-13,0	6,0	amQ ₂ ²⁻³	Cát hạt mịn, bão hòa, xốp	5-10
3	9,0-13,0	20,0-25,0	13,0	amQ ₂ ²⁻³	Bùn sét pha, xám đen	1
4	20,0-25,0	31,0-45,0	20,0	mQ ₂ ¹⁻²	Sét pha, dẻo mềm	4-6
5	31,0-45,0	45,5-50,0	6,0	am, mQ ₂ ¹⁻²	Cát hạt nhỏ, bão hòa, chặt	27-50

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu vật lý

Loại cát và ký hiệu	Độ sâu (m)	Đặc điểm thành phần hạt			K.lg riêng (g/cm ³)	Hệ số rỗng lớn nhất	Hệ số rỗng nhỏ nhất
		D ₆₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₁₀ (mm)			
Cát hạt mịn, bão hòa, xốp (S1)	5,5-6,0	0,28	0,14	0,06	2,65	1,021	0,577
Cát hạt nhỏ, bão hòa, chặt (S2)	44,5-45,0	0,35	0,23	0,10	2,65	1,050	0,589

3.2. Kết quả khôi phục trạng thái của mẫu

Mỗi loại cát (S1, S2) được chế bị lại theo tổ hợp 3 đến 4 mẫu để thí nghiệm mô phỏng ở các độ sâu khác nhau. Phương pháp chế bị mẫu được lựa chọn sao cho mẫu có độ chặt tương đối phù hợp với trị số SPT ở độ sâu thí nghiệm (D_{r0} , nội suy theo bảng 2). Dựa vào độ chặt yêu cầu (D_{r0}),

xác định được lượng cát khô cần thiết cho vào khuôn mẫu kích thước 70x140mm (hình 1). Trên cơ sở phân tích ở mục 2.2, phương pháp rót khô được sử dụng cho mẫu cát xốp và phương pháp đầm ầm được sử dụng cho mẫu cát chặt (hình 2). Với phương pháp đầm ầm, lượng cát khô được trộn đều với 5% nước. Chế bị xong, mẫu được cân đo để xác định độ chặt của mẫu so với yêu cầu. Những mẫu có sai số lớn hơn 5% đều được chế bị lại. Thực tế, những mẫu có độ chặt thấp hơn so với yêu cầu có thể tăng độ chặt ở bước cố kết. Tổng hợp kết quả chế bị mẫu theo độ chặt yêu cầu được trình bày chi tiết trong bảng 6. Kết quả cho thấy, mẫu chế bị bằng phương pháp rót khô có $D_r = 0,189 - 0,287$ (còn phụ thuộc vào thời gian rung lắc khuôn mẫu); mẫu chế bị bằng phương pháp đầm ầm có D_r thay đổi trong khoảng $(0,643 - 0,790)$ tùy thuộc vào số lần đầm. Như vậy, phương pháp chế bị mẫu có vai trò quyết định đến độ chặt của các mẫu.



Hình 1. Khuôn và dụng cụ dùng cho chế bị mẫu đất rời



Hình 2. Công đoạn chế bị mẫu đất rời



Hình 3. Lắp đặt mẫu vào buồng áp lực

Bảng 6. Các thông số của mẫu chế bị

Ký hiệu mẫu	Độ sâu mô phỏng (m)	Phương pháp chế bị	Trị số SPT (búa)	Độ chặt yêu cầu	Thể tích mẫu (ml)	Khối lượng thể tích khô, γ_c (g/cm ³)	Hệ số rỗng	Độ chặt của mẫu chế bị	Sai số độ chặt (%)
			N ₃₀	D _{r0}	V	γ_c	e	D _r	ΔD_r
S1-0	8,5	Rót khô	4	0,190	541,86	1,377	0,936	0,189	-0,53
S1-1	5,5	Rót khô	7	0,267	544,56	1,402	0,897	0,277	3,75
S1-2	7,0	Rót khô	8	0,276	538,78	1,420	0,893	0,287	3,99
S1-3	11,5	Rót khô	9	0,286	534,18	1,442	0,895	0,282	-1,40
S2-1	34,0	Đầm ẩm	40	0,753	550,41	1,572	0,692	0,777	3,19
S2-2	43,0	Đầm ẩm	42	0,776	528,06	1,572	0,686	0,790	1,80
S2-3	31,5	Đầm ẩm	34	0,675	552,31	1,518	0,753	0,643	-4,74

Sau khi mẫu được chế bị đạt yêu cầu về độ chặt, tiến hành lắp đặt mẫu vào buồng áp lực để thực hiện các bước bão hòa, cố kết theo phương pháp đã trình bày ở mục 2 (hình 3).

Bảng 7. Các thông số thí nghiệm bước bão hòa mẫu

Ký hiệu mẫu	Áp lực bão hòa		Thông số mẫu sau bão hòa				
	σ_{cell} (kPa)	σ_{back} (kPa)	Thể tích mẫu, V (ml)	Lượng nước vào, V _{nc} (ml)	Độ bão hòa, B (%)	Khối lượng thể tích, γ (g/cm ³)	Khối lượng thể tích khô, γ_c (g/cm ³)
S1-0	100	80	549,58	260,48	97	1,848	1,374
S1-1	110	90	544,67	254,81	98	1,865	1,397
S1-2	100	80	536,74	248,83	96	1,881	1,418
S1-3	110	90	538,73	246,17	99	1,877	1,420
S2-1	90	80	550,33	223,01	98	1,973	1,568
S2-2	120	110	527,52	214,85	99	1,981	1,573
S2-3	90	80	563,68	245,71	95	1,900	1,428

Bảng 8. Các thông số thí nghiệm bước cố kết mẫu

Ký hiệu mẫu	Độ sâu mô phỏng (m)	Áp lực cố kết			Thông số mẫu sau cố kết				
		σ_{cell} (kPa)	σ_{back} (kPa)	σ'_c (kPa)	Thay đổi thể tích, ΔV (ml)	Khối lượng thể tích, γ (g/cm ³)	Khối lượng thể tích khô, γ_c (g/cm ³)	Độ chặt tương đối, D _r	Sai số độ chặt, ΔD_r (%)
S1-0	8,5	140	80	60	-1,34	1,850	1,377	0,192	1,06
S1-1	5,5	120	80	40	-1,83	1,868	1,402	0,280	4,69
S1-2	7,0	130	80	50	-8,83	1,896	1,442	0,290	4,88
S1-3	11,5	160	80	80	-1,33	1,879	1,424	0,300	4,96
S2-1	34,0	320	80	240	-1,49	1,976	1,572	0,780	3,47
S2-2	43,0	400	100	300	-1,78	1,984	1,579	0,794	2,28
S2-3	31,5	300	80	220	-33,30	1,956	1,518	0,701	4,04

Tổng hợp các thông số thí nghiệm ở bước bão hòa được trình bày trong bảng 7. Kết quả bước bão hòa cho thấy, các mẫu cát mịn đều đạt độ bão hòa trên 95% ở áp lực ngược $\sigma_{back} \geq 80$ kPa, do đó trạng thái bão hòa của mẫu được khôi phục. Lượng nước vào mẫu thay đổi từ (214,85 - 260,48)ml tùy thuộc vào độ chặt và thể tích mẫu. Độ chặt của các mẫu có xu hướng giảm (thể hiện ở chỉ tiêu γ_c) do áp lực nước bên trong mẫu khi bão hòa. Thời gian bão hòa loại đất này kéo dài từ 3 - 4 giờ tùy theo độ chặt chế bị.

Quá trình cố kết được tiến hành với áp lực cố kết (σ'_c) bằng với ứng suất hiệu quả tại vị trí lấy mẫu. Thời gian cố kết đất cát mịn từ 1 - 2 giờ. Kết quả cho thấy thể tích của hầu hết các mẫu

đều giảm không đáng kể ($\Delta V < 0$), do đó độ chặt của đất tăng một lượng nhỏ. Riêng mẫu S2-3 được chế bị ở độ chặt nhỏ hơn 4,74% so với yêu cầu ($\Delta D_r = -4,74\%$, bảng 6), do đó khi cố kết thể tích mẫu giảm 33,30 ml ($\Delta V = -33,30\text{ml}$) làm độ chặt của mẫu tăng đáng kể (từ 0,643 lên 0,701). Tất cả các mẫu đều có độ chặt sau bước cố kết đạt độ chặt yêu cầu với sai số nhỏ hơn 5% (bảng 8).

Như vậy, từ số liệu các chỉ tiêu phản ánh độ chặt của cát (γ_c , D_r) ở ba bước, có thể thấy độ chặt của các mẫu được quyết định chủ yếu ở giai đoạn chế bị mẫu, và được khôi phục gần với thực tế hơn nhờ cố kết.

4. Kết luận

Khôi phục, mô phỏng lại điều kiện thực tế của các mẫu đất rời có ý nghĩa lớn, giúp thí nghiệm ba trục động cho kết quả phù hợp với thực tế. Các yếu tố xác định trạng thái của mẫu đất như độ ẩm, độ chặt, trạng thái ứng suất (tại độ sâu thực tế) được mô phỏng thông qua 3 bước: chế bị, bão hòa và cố kết mẫu. Trong đó, bước chế bị quyết định lớn đến độ chặt; bước bão hòa khôi phục lại độ bão hòa và bước cố kết khôi phục lại trạng thái ứng suất và độ chặt. Có ba phương pháp chế bị mẫu thường dùng là: rót khô, đầm ẩm và trầm tích trong nước. Trong đó phương pháp rót khô phù hợp cho mẫu cát xốp, đầm ẩm phù hợp cho mẫu cát chặt. Kết quả áp dụng cho đất cát trạng thái xốp và chặt phân bố ở khu vực ven biển Sóc Trăng cho thấy mẫu có độ chặt phù hợp với trị số SPT hiện trường.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã cấp kinh phí hỗ trợ, Trường Đại học Mở - Địa chất và Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật công trình - Bộ môn Địa chất công trình đã tạo điều kiện để hoàn thiện bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- ASTM D 3999 -2013. Standard test method for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus. *Annual Book of ASTM*.
- ASTM-D5311, 2013. Standard test method for load controlled cyclic triaxial strength of soil. *Annual Book of ASTM*.
- Juneja, A., Raghunandan, M.E., 2010. Effect of sample preparation on strength of sands, in: *Indian Geotechnical Conference*, Mumbai, India, 327-330.
- Juneja, A., Raghunandan, M.E., 2008. Comparison of methods of sample preparation for triaxial tests on sands, *Proceedings of Indian Geotechnical Conference*, 14-17.
- Ladd, R.S., 1978. Preparing Test Specimen using Undercompaction. *Geotechnical Testing Journal*, Vol. 1, No. 1, 1978, pp. 16-23.
- Mulilis, J.P., Horz, R.C., Townsend, F.C., 1976. The effects of cyclic triaxial testing techniques on the liquefaction behavior of Monterey No. 0 sand. US Department of Defense, Department of the Army, Corps of Engineers.
- Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9351:2012. Đất xây dựng - phương pháp thí nghiệm hiện trường - thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT).