

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT

PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH ĐIỂM
HÓA LỎNG TRÊN MẪU CÁT MÔ PHỎNG ĐIỀU
KIỆN TỰ NHIÊN

Cán bộ thực hiện: TS. Nguyễn Văn Phóng

Đơn vị: Bộ môn Địa chất công trình – Khoa KH& KT Địa
chất

Hà Nội, năm 2023

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT

**PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH ĐIỂM
HÓA LỎNG TRÊN MẪU CÁT MÔ PHỎNG ĐIỀU
KIỆN TỰ NHIÊN**

Thực hiện



TS. Nguyễn Văn Phóng

Bộ môn Địa chất công trình



TS. Bùi Trường Sơn

Hà Nội, năm 2023

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	4
1. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG HÓA LỎNG CỦA CÁT	5
1.1. Khái niệm hóa lỏng của cát	5
1.2. Phương pháp thí nghiệm ba trục xác định khả năng hóa lỏng của cát	5
2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN CỦA MẪU CÁT CHẾ BỊ	9
2.1. Mô hình ứng suất động và điều kiện ứng suất.....	9
2.2. Xác định sơ đồ ứng suất	10
2.3. Phương pháp khôi phục trạng của mẫu	12
3. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐIỂM HÓA LỎNG CỦA MẪU CÁT TRONG THÍ NGHIỆM BA TRỤC	15
3.1. Xác định điểm hóa lỏng.....	15
3.2. Một số kết quả thực nghiệm	16
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	19
TÀI LIỆU THAM KHẢO	20

MỞ ĐẦU

Hóa lỏng đất nền là hiện tượng thường xảy ra với đất loại cát bão hòa nước chịu tải trọng động. Khi đất nền xảy ra hiện tượng hóa lỏng, nền đất mất ổn định và gây hư hại công trình. Trong thực tế, động đất là nguồn tải trọng động gây nguy cơ hóa lỏng cao nhất. Do vậy, khi xây dựng công trình trong vùng có động đất từ cấp VII trở lên thường phải nghiên cứu đánh giá khả năng hóa lỏng của các lớp cát bão hòa nước. Có nhiều phương pháp đánh giá khả năng hóa lỏng của cát, nhưng phương pháp thí nghiệm ba trục động là phương pháp phổ biến và tin cậy nhất.

Hiện nay, thí nghiệm ba trục động nghiên cứu hóa lỏng của cát được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D5311. Việc áp dụng tiêu chuẩn này trong thực tế thường gặp một số vấn đề liên quan đến phương pháp xác định điểm hóa lỏng và việc đảm bảo mẫu chế bị phù hợp với trạng thái và điều kiện tự nhiên. Trong khảo sát địa kỹ thuật, việc lấy mẫu thí nghiệm trong cát 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 cát có ý nghĩa lớn, giúp các thí nghiệm ba trục động cho kết quả phù hợp với thực tế hơn.

Từ những lý do trên, việc nghiên cứu phương pháp thí nghiệm xác định điểm hóa lỏng và phương pháp mô phỏng trạng thái, điều kiện tự nhiên của mẫu cát chế bị là cần thiết và có ý nghĩa.

1. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG HÓA LÔNG CỦA CÁT

1.1. Khái niệm hóa lỏng của cát

Đối với cát bão hòa nước, ứng suất động gây lên sự gia tăng của áp lực nước lỗ rỗng dẫn tới ứng suất hiệu quả giảm. Do độ bền của cát chỉ có lực ma sát nên khi ứng suất hiệu quả giảm về không thì lực ma sát không còn. Trong một số trường hợp, độ bền của cát mất hoàn toàn và trạng thái của cát giống như vật thể lỏng. Lúc đó, cát được coi là hoá lỏng. Như vậy, hóa lỏng của cát là một hiện tượng, theo đó cát bão hòa bị mất độ bền khi chịu ứng suất, thường là ứng suất động. Trong thực tế, hiện tượng hóa lỏng được biết đến từ lâu. Thuật ngữ “hóa lỏng” lần đầu được sử dụng bởi Hazen [38] khi phân tích sự phá hủy của đập Calaveras ở California năm 1918. Đây là hiện tượng làm mất ổn định công trình, đôi khi xảy ra trên diện rộng (khi động đất) và gây ra những thiệt hại lớn.

Điểm hóa lỏng là thời điểm đất bị phá hủy dưới tác dụng của tải trọng động nhất định trong điều kiện ứng suất cho trước (điều kiện áp lực buồng và ứng suất cố kết trước). Nói cách khác, điểm hóa lỏng là một điểm trên đường bao tỷ sức kháng động, đó là điểm có trị số ứng suất động tối đa (τ_d) và thời gian duy trì được trị số ứng suất đó (t_d) trong điều kiện ứng suất nhất định. Như vậy, xác định điểm hóa lỏng là một nội dung quan trọng trong nghiên cứu độ bền động. Đặc điểm hóa lỏng rất phức tạp, phụ thuộc vào loại đất và điều kiện thoát nước.

1.2. Phương pháp thí nghiệm ba trục xác định khả năng hóa lỏng của cát

Quá trình thí nghiệm ba trục xác định khả năng hóa lỏng được thực hiện theo các tiêu chuẩn ASTM D3999, bao gồm các bước:

1.2.1. Chuẩn bị mẫu:

Việc chế bị mẫu cát có ba phương pháp: phương pháp rót khô; phương pháp trầm tích trong nước và phương pháp đầm ẩm. Công tác chế bị mẫu phải đảm bảo: mẫu chế bị phải đồng nhất về sự phân bố hệ số rỗng tại các vị trí và có độ chặt tương đương với trạng thái tự nhiên của nó.

Sau khi cắt gọt hoặc chế bị mẫu xong, tiến hành đo kích thước và cân mẫu;

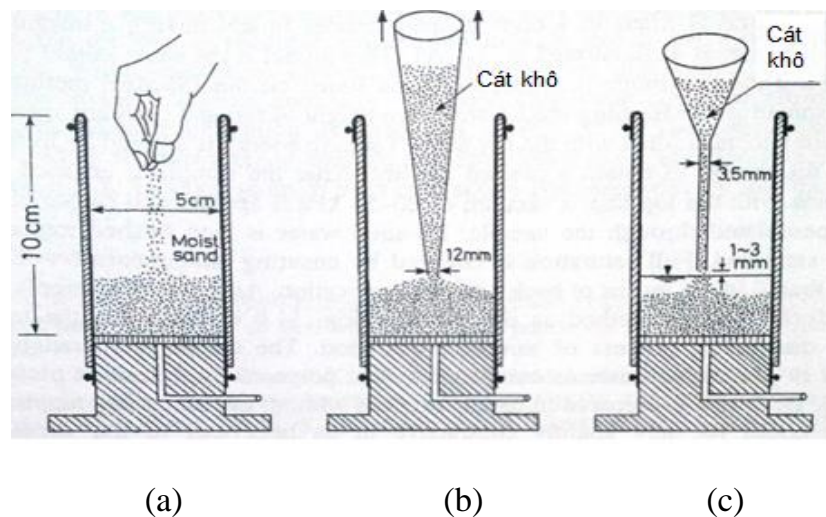
a) Phương pháp rót khô

Cát khô được cho vào đầy phễu hình nón với đường kính của miệng phễu vào khoảng 12 mm. 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 35 mm. 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 - 3 cm. 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.



Hình 1. Phương pháp chế bị mẫu

a- Phương pháp chế bị đầm ẩm; (b) - phương pháp rót khô; (c) - Phương pháp trầm tích trong nước

c) Phương pháp đầm ẩm

Phương pháp đầm ẩm được đưa ra bởi Ladd (1978). Theo phương pháp này, cát khô được trộn với 5% nước đã khử khí vào trộn đều để tạo ra hỗn hợp cát ẩm. Sau đó, dùng tay rắc hỗn hợp cát ẩm 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 2. Hình ảnh mẫu chế bị

1.2.2. Bão hoà mẫu:

Bão hoà mẫu đất trong thí nghiệm ba trục động tương tự như trong thí nghiệm ba trục tĩnh, tức là bằng cách tăng dần áp lực ngược (σ_{back}) để nước điền vào lỗ rỗng trong đất. Độ bão hoà (B) được kiểm tra bằng cách tăng áp lực buồng lên mẫu và giữ van thoát nước đóng. Giá trị B sau đó được tính là sự thay đổi của áp lực nước lỗ rỗng thành sự thay đổi của áp lực buồng:

$$B = \frac{\Delta U}{\Delta \sigma_3} \quad (-I)$$

trong đó ΔU là sự thay đổi của áp lực nước lỗ rỗng gây bởi sự gia tăng áp lực buồng $\Delta \sigma_3$.

Thông thường, khi giá trị B lớn hơn 0,95, đất được coi là bão hoà hoàn toàn, mặc dù đối với một số loại đất, giá trị thấp hơn được coi là có thể chấp nhận được

1.2.3. Cố kết mẫu:

việc cố kết mẫu đất là cần thiết để thiết lập trạng thái ứng suất mong muốn và áp đặt ứng suất hữu hiệu chính xác trước khi gia tải theo chu kỳ. Cố kết có thể là đẳng hướng ($\sigma_1 = \sigma_3$, tức là không có độ lệch ứng suất dọc trục) hoặc bất đẳng hướng ($\sigma_1 \neq \sigma_3$, độ lệch ứng suất dọc trục khác không). Trong quá trình cố kết, van thoát nước mở để nước thoát ra và tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng dư.

Trong quá trình cố kết, sự thay đổi thể tích mẫu (Sample Volume Change) được giả thiết bằng với sự thay đổi thể tích nước lỗ rỗng. Do đó, thể tích nước thoát ra khỏi mẫu được ghi lại và được biểu diễn bằng đồ thị theo căn bậc hai của thời gian, đồng thời biểu diễn sự tiêu tán của áp lực nước lỗ rỗng dư (PwP Dissipation) theo thời gian. Quá trình cố kết được coi là hoàn thành khi áp lực nước lỗ rỗng dư được tiêu tan 95% hoặc khi sự thay đổi thể tích không còn nữa.

1.2.4. Gia tải trọng động:

Tải trọng động được chọn là tải trọng điều hoà. Có hai sơ đồ thí nghiệm:

- Sơ đồ A - điều khiển tải trọng: điều kiện tải trọng được giữ không đổi trong quá trình thí nghiệm.
- Sơ đồ B - điều khiển biến dạng: điều kiện biến dạng được giữ không đổi.

Các thông số thí nghiệm được xác định như sau: tần số của tải trọng $f = 0,5 - 10$ Hz (thường chọn 2Hz); với sơ đồ thí nghiệm A, biên độ của tải trọng được xác định theo tỷ số ứng suất mong muốn CSR (desired Cyclic Stress ratio), với CSR được xác định theo biểu thức:

$$CSR = \frac{\sigma_a}{2\sigma'_c} \quad (2);$$

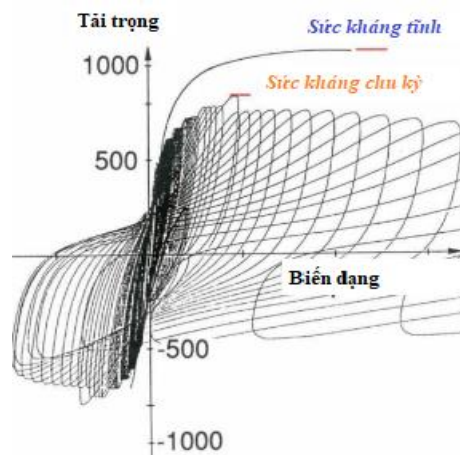
với σ'_c là ứng suất cốt kết hiệu quả.

Việc xác định CSR phụ thuộc vào loại thí nghiệm và mục đích nghiên cứu (có thể dự tính bằng liên hệ thực nghiệm từ thí nghiệm SPT).

2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN CỦA MẪU CÁT CHẾ BỊ

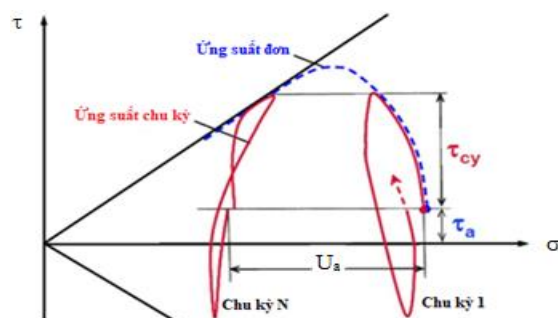
2.1. Mô hình ứng suất động và điều kiện ứng suất

Tải trọng công trình gồm tải trọng tĩnh (do trọng lượng bản thân) và tải trọng động (tải trọng môi trường và động đất). Ứng xử của đất khi chịu tải trọng động khác với khi chịu tải trọng tĩnh ở điểm cơ bản là ứng suất – biến dạng động biến đổi theo thời gian và có sự gia tăng áp lực nước lỗ rỗng làm giảm độ bền của đất (Hình 5). Tải trọng động do các nguồn khác nhau có đặc điểm khác nhau ở biên độ, tần số. Trong tính toán, người ta thường mô hình hóa là tải trọng chu kỳ hình sin.



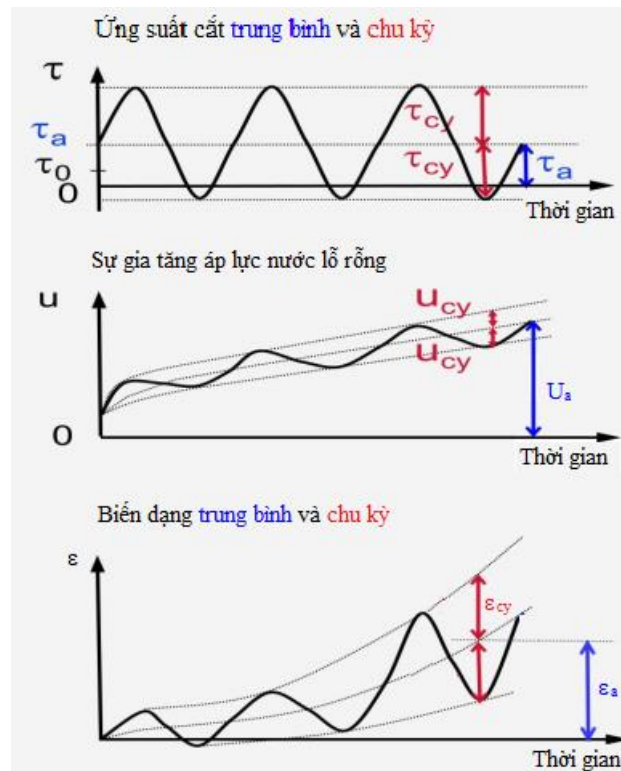
Hình 3. Ứng xử của đất khi chịu tải trọng tĩnh và tải động

Với công trình công trình, trạng thái ứng suất tại một điểm trong nền đất có độ lệch ứng suất là τ_a do tải trọng tĩnh gây ra (tải trọng thường xuyên). Sự xuất hiện của tải trọng động làm độ lệch ứng suất biến đổi theo chu kỳ hình sin có biên độ là τ_{cy} , được gọi là biên độ ứng suất động. Thành phần này gây ra biến dạng động ($\Delta \varepsilon_{cy}$) và biến đổi áp lực nước lỗ rỗng U_a (Áp lực nước lỗ rỗng dư sau N chu kỳ). Sơ đồ đường ứng suất và ứng xử của mẫu đất được biểu diễn trên các Hình 4 và Hình 5 (Andersen, 1988). Các chỉ tiêu đặc trưng tính chất cơ học động của đất được xác định dựa trên các biểu đồ này.



Hình 4. Đường ứng suất hiệu quả khi chịu tải chu kỳ

Như vậy, mô hình hóa tải trọng cần xác định điều kiện ứng suất ban đầu (τ_a – khi chưa có tải động), biên độ ứng suất chu kỳ (τ_{cy}) và tần số của nó. Trong đó, trị số τ_a được xác định dựa theo vị trí điểm nghiên cứu (vị trí lấy mẫu), phụ thuộc vào áp lực địa tầng (σ_v) và ứng suất do công trình gây ra. Trong thí nghiệm ba trục, trị số ứng suất này được mô phỏng bằng áp lực buồng (σ_{cell} – bằng áp lực địa tầng) và độ lệch ứng suất dọc trục. Biên độ và tần số của τ_{cy} được xác định theo phân tích ở mục 4.1.1.



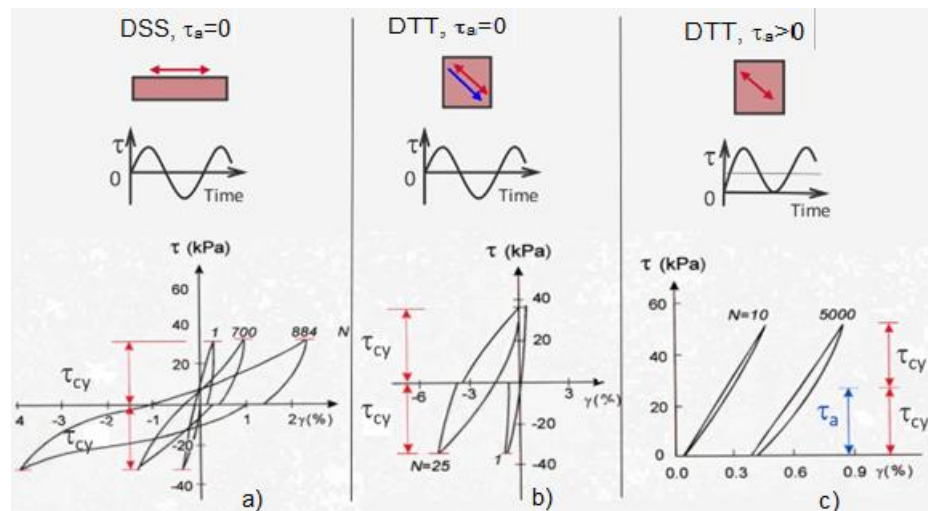
Hình 5. Đặc điểm biến đổi ứng suất, biến dạng và áp lực nước lỗ rỗng (Andersen, 1988)

Sự xuất hiện áp lực nước lỗ rỗng dư trong đất khi chịu tải trọng động làm độ bền của đất giảm và gây nguy cơ hóa lỏng. Như vậy, việc mô phỏng ứng suất cho thí nghiệm trong phòng không những phải đảm bảo trạng thái ứng suất thực tế, biên độ và tần số của ứng suất động, mà còn phải bao quát được phạm vi, mức độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng.

2.2. Xác định sơ đồ ứng suất

Để thiết kế nền móng tuabin gió, việc nghiên cứu ứng xử nền đất với tải trọng cần xác định các chỉ tiêu tính chất động học của đất, bao gồm mô đun biến dạng động, hệ số giảm chấn, độ bền động và mức độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng trong đất (bao gồm cả đánh giá khả năng hóa lỏng nền đất), trong đó sơ đồ thí nghiệm cần được chọn phù hợp với điều kiện thực tế.

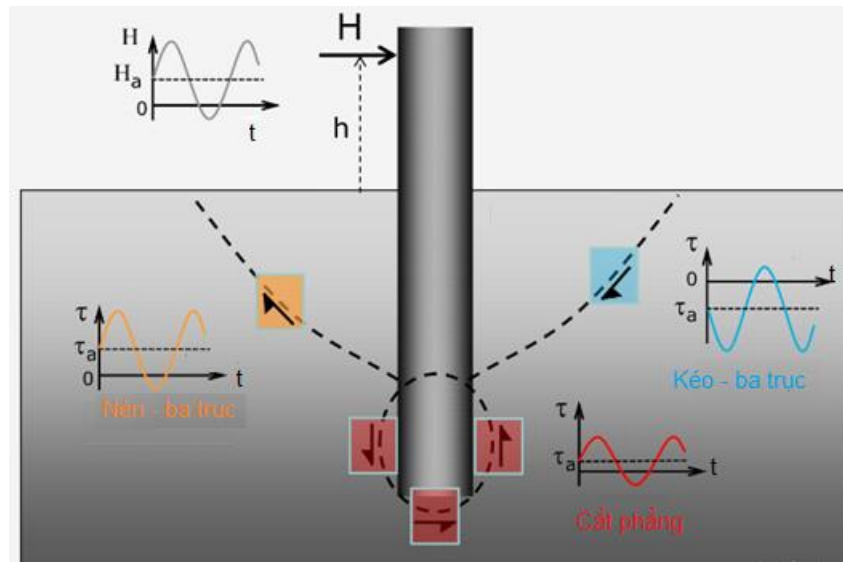
Thí nghiệm trong phòng xác định tính chất động học của đất thường sử dụng hai sơ đồ là cắt phẳng chu kỳ (DSS) và ba trục động (DTT). Đặc điểm về sơ đồ ứng suất và vòng lặp ứng suất – biến dạng ở mỗi sơ đồ thí nghiệm được đưa ra như Hình 6. Trong đó, sơ đồ DSS thường tiến hành trong điều kiện ứng suất $\tau_a = 0$ (Hình 6.a); Sơ đồ DTT có thể tiến hành ở cả điều kiện $\tau_a = 0$ (Hình 6.b) và $\tau_a > 0$ (Hình 6.c).



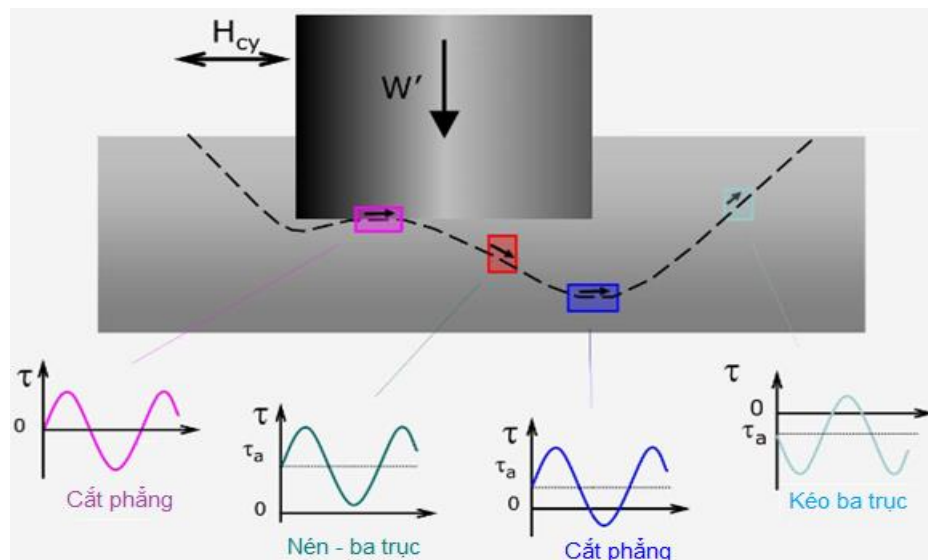
Hình 6. Sơ đồ ứng suất cắt động và vòng lặp ứng suất - biến dạng

a) Sơ đồ cắt phẳng, $\tau_a = 0$; b) Sơ đồ ba trục, $\tau_a = 0$; c) Sơ đồ ba trục, $\tau_a > 0$

Việc lựa chọn sơ đồ nào tùy thuộc vào bài toán thực tế. Trên Hình 7 và Hình 8 mô tả đặc điểm ứng suất động trong điều kiện thực tế dưới móng cọc đơn và móng trọng lực (hai loại móng thông dụng cho tháp điện gió). Như vậy, việc lựa chọn sơ đồ thí nghiệm sẽ phụ thuộc vào vị trí lấy mẫu thực tế. Tuy nhiên, sơ đồ DSS được tiến hành với thiết bị cắt phẳng chu kỳ, nên khó mô phỏng được trạng thái ứng suất thực tế. Do vậy, đề tài sử dụng sơ đồ ba trục động để nghiên cứu thực nghiệm trong phòng.



Hình 7. Đặc điểm ứng suất cắt động dưới móng cọc đơn



Hình 8. Đặc điểm ứng suất cắt động dưới móng trọng lực

2. 3. Phương pháp khôi phục trạng của mẫu

Thí nghiệm ba trục động được sử dụng do có thể mô phỏng được đầy đủ đặc điểm tải trọng động, điều kiện ứng suất và trạng thái của mẫu trong thực tế.

Nhìn chung, mẫu đất thí nghiệm có thể chia thành ba loại là đất đất dính (đất loại sét), đất rời (đất loại cát) và đất yếu. Trong thực tế, việc lấy và bảo quản mẫu đất dính theo các quy định hiện hành có thể đảm bảo tính nguyên trạng của mẫu. Với đất rời, việc lấy mẫu nguyên trạng là không khả thi, nên mẫu cần được khôi phục lại trạng thái và độ chặt trước khi gia tải chu kỳ. Trường hợp đất yếu, việc lấy mẫu, vận chuyển và lắp đặt có thể gây xáo động mẫu nên một số trường hợp vẫn cần khôi phục lại trạng thái mẫu bằng cách bão hòa và cố kết theo điều kiện ứng

suất thực tế. Quá trình này tương tự như thí nghiệm ba trục thông thường. Nội dung phần này tập trung trình bày phương pháp khôi phục trạng thái – độ chặt của các mẫu đất rời trong thí nghiệm ba trục động.

1) Các bước khôi phục trạng thái – độ chặt của đất rời

* Chế bị mẫu đất rời

Các phương pháp chế bị mẫu cũng như thủ tục bảo 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 ẩm.

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.

* Bảo hòa mẫu đất rời: Quá trình bảo hòa được thực hiện bằng đường áp lực ngược nhằm đảm bảo độ bão hòa của mẫu tương ứng với trạng thái tự nhiên.

* 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 bảo hòa 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.

2) Phân tích, lựa chọn phương pháp chế bị và khôi phục trạng thái mẫu

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 dẫn 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_{cell}) bằng áp lực địa tầng. Đối với dự án ngoài khơi, áp lực nước lỗ rỗng thực tế cần xem xét tới ảnh hưởng của mực nước biển.

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_{cell} (kPa)	10 ÷ 20	20	Thỏa mãn điều kiện B =	Bảng áp lực địa tầng
σ_{back} (kPa)	$= \sigma_3 - \sigma_r^{**}$	20	$\Delta u / \Delta \sigma_{\text{cell}} > 0,9$ và $\sigma_{\text{back}} > 70$ kPa	Bảng 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 buông - ngược: $\sigma_r = \sigma_{\text{cell}} - \sigma_{\text{back}} = (10 \div 20)$ 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. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐIỂM HÓA LỎNG CỦA MẪU CÁT TRONG THÍ NGHIỆM BA TRỤC

3.1. Xác định điểm hóa lỏng

Khi thí nghiệm hóa lỏng, điểm hóa lỏng được xác định dựa vào việc phân tích sự biến đổi tỷ số áp lực nước lỗ rỗng (R_u) và quan hệ ứng suất – biến dạng theo thời gian (chu kỳ gia tải). Tỷ số áp lực nước lỗ rỗng là tỷ số giữa áp lực nước lỗ rỗng dư (Δu) với ứng suất nén hiệu quả ban đầu (σ'_c), $R_u = \Delta u / \sigma'_c$. Khi chịu tác dụng của tải trọng động và trong điều kiện không thoát nước, R_u của đất bão hòa có thể tăng đến 100% ở thời điểm đất bị phá hủy [44]. Với cát, độ bền của đất chỉ có lực ma sát nên khi R_u bằng 100% thì ứng suất hiệu quả bằng không và độ bền của đất không còn. Trong trường hợp này, điểm hóa lỏng được xác định khá dễ dàng khi $R_u = 100\%$ [30], [44], [62]. Với các loại đất khác, nếu chỉ dựa vào sự biến đổi của R_u sẽ không xác định được điểm phá hủy. Khi đó, cần phải phân tích quan hệ ứng suất – biến dạng [44]. Ở trạng thái phá hủy, biến dạng tăng nhanh dẫn tới độ dốc của đường cong ứng suất – biến dạng tăng nhanh chóng. Vì vậy, điểm hóa lỏng được xác định bằng cách khảo sát quan hệ ứng suất – biến dạng theo thời gian. Từ đường cong quan hệ ứng suất – biến dạng, điểm hóa lỏng được xác định tùy theo các quan điểm khác nhau:

- Theo mức biến dạng mà ở đó $R_u = 100\%$;
- Dựa theo ngưỡng biến dạng gây hóa lỏng, thường lấy bằng 5%;

Tuy nhiên, thực tế nghiên cứu cho thấy không phải loại đất nào cũng có $R_u = 100\%$ ở điểm phá hủy, và mỗi loại đất lại có giới hạn biến dạng phá hủy khác

nhau. Vì vậy, điều kiện phá hủy tùy thuộc vào loại đất nghiên cứu. Nhìn chung, điểm phá hủy của cát bão hòa nước có thể chỉ dựa vào điều kiện $R_u = 100\%$.

3.2. Một số kết quả thực nghiệm

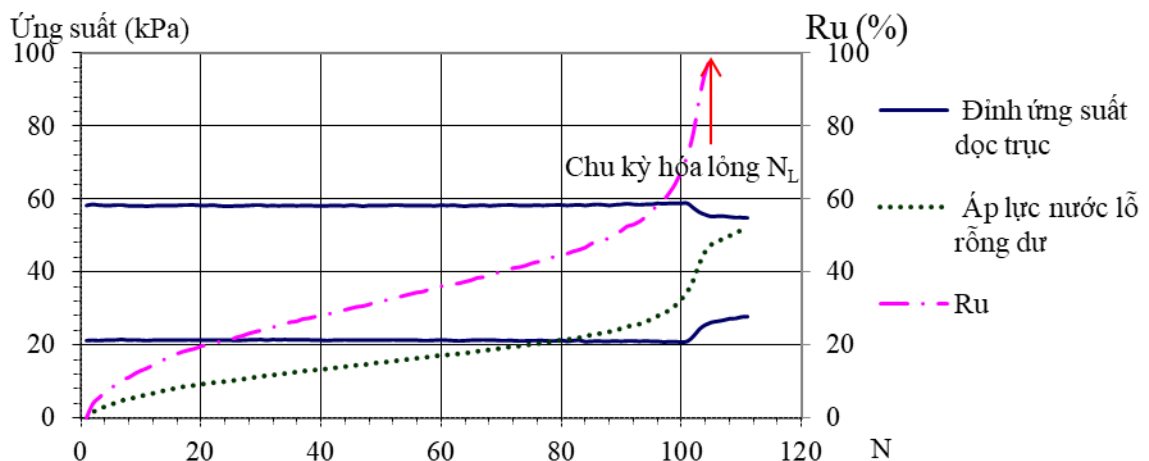
1) Với đất cát hạt nhỏ, trạng thái xốp:

Thí nghiệm tiến hành với 04 mẫu lấy trong lớp 3, độ sâu mô phỏng từ $(3 \div 10)\text{m}$. Các mẫu có độ chặt $D_r = (0,25 \div 0,33)$ được thí nghiệm ở tỷ số ứng suất CSR $= (0,160 \div 0,234)$. Kết quả cho thấy, cả 4 mẫu đều hóa lỏng khi tỷ số áp lực nước lỗ rỗng $R_u = 100\%$. Chu kỳ hóa lỏng $N_L = (4 \div 468)$ phụ thuộc vào CSR. Tỷ số CSR càng lớn thì N_L càng giảm và ngược lại. Biến dạng dọc trục của mẫu tại thời điểm hóa lỏng $\varepsilon_a = (7 \div 8)\%$, biên độ biến dạng $\Delta\varepsilon_a = (1 \div 2)\%$. Các biểu đồ đặc trưng về biến đổi ứng suất, biến dạng và áp lực nước lỗ rỗng theo chu kỳ gia tải (N) được biểu diễn trên các hình Hình 9, Hình 10.

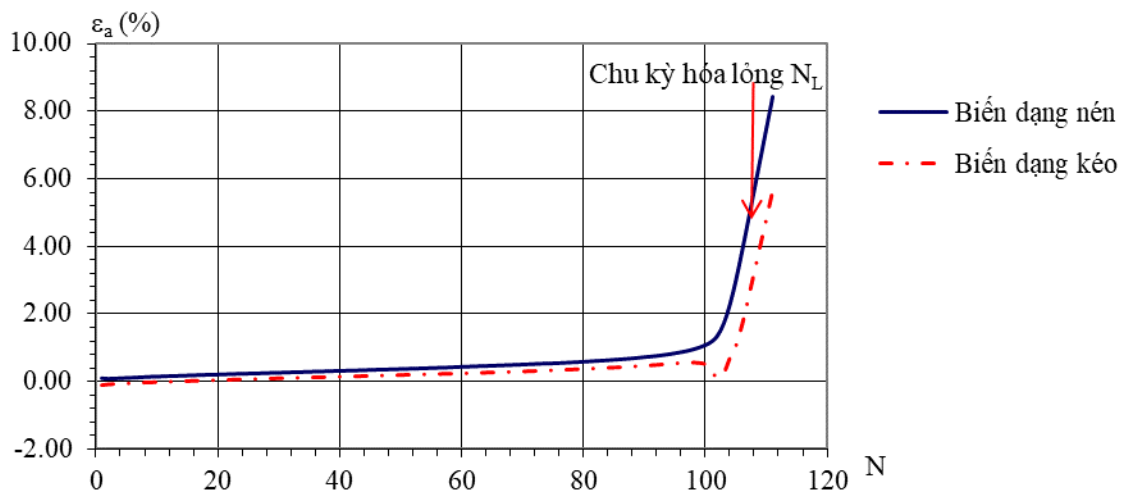
Từ các biểu đồ này, có thể thấy đặc điểm hóa lỏng của loại đất này như sau:

- Áp lực nước lỗ rỗng có sự gia tăng ngay sau khi gia tải chu kỳ, khi $R_u < 60\%$: biên độ ứng suất ổn định, thể hiện ở đỉnh ứng suất dọc trục hầu như không thay đổi, trong khi biến dạng có xu hướng tăng dần cả về biên độ và trị số biến dạng kéo nén; áp lực nước lỗ rỗng tăng dần. Giai đoạn này được xem là giai đoạn tích tụ áp lực nước lỗ rỗng dư;

- Khi $R_u \geq (60 \div 70)\%$: có sự sụt giảm đáng kể về ứng suất và sự gia tăng nhanh chóng về biến dạng và áp lực nước lỗ rỗng cho đến khi mẫu bị hóa lỏng. Giai đoạn này được xem là giai đoạn hóa lỏng, quá trình này thường diễn biến nhanh chỉ trong một vài chu kỳ.



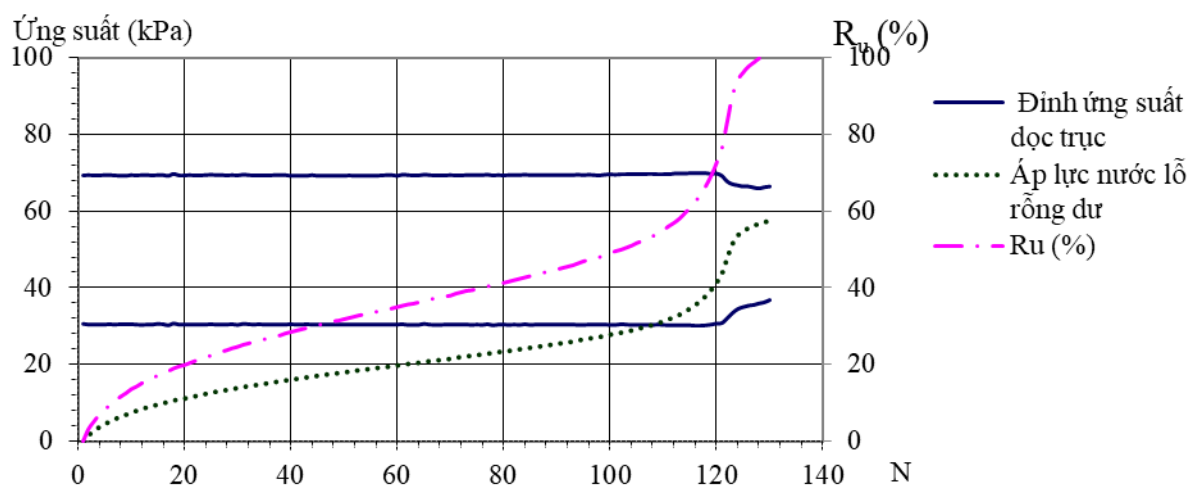
Hình 9. Các biểu đồ ứng suất, áp lực nước lỗ rỗng đặc trưng cho đất cát hạt nhỏ, xốp (mẫu C14)



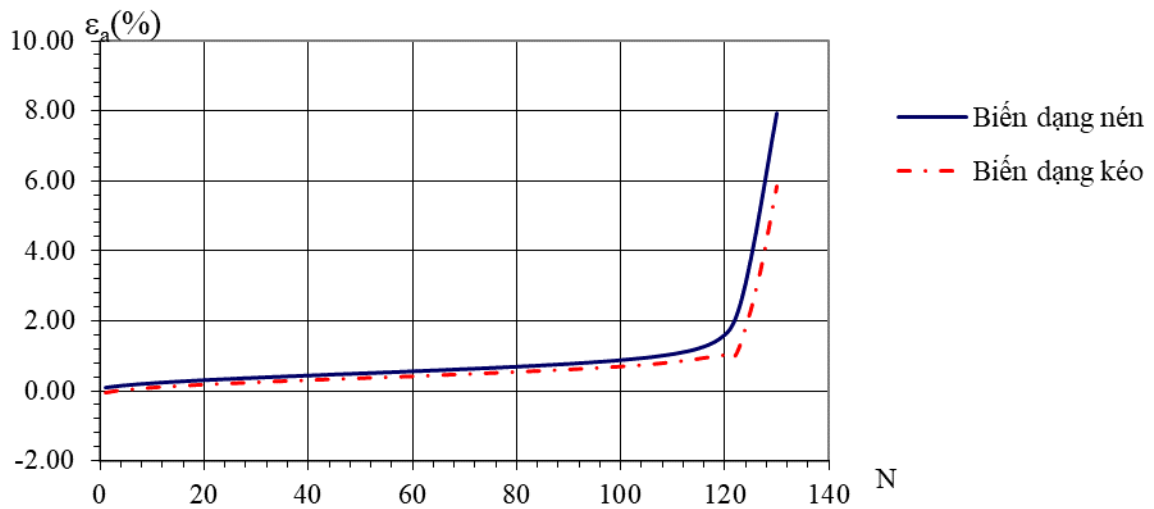
Hình 10. Biểu đồ biến dạng đặc trưng cho đất cát hạt nhỏ, xốp (mẫu C14)

2) Với đất cát hạt nhỏ, trạng thái chặt vừa:

Thí nghiệm tiến hành với 06 mẫu cát hạt nhỏ ở trạng thái chặt vừa, có độ chặt $D_r = (0,37 \div 0,58)$. Các mẫu được thí nghiệm ở tỷ số ứng suất $CSR = (0,100 \div 0,225)$. Kết quả cho thấy, trong 6 mẫu thì có 4 mẫu ở độ chặt $D_r = 0,40 \pm 0,03$ đều hóa lỏng khi $CSR \geq 0,190$ và tỷ số áp lực nước lỗ rỗng $R_u = 100\%$; có 02 mẫu thí nghiệm ở $CSR = 0,100$ không xảy ra hóa lỏng. Các mẫu hóa lỏng ở chu kỳ $N_L = (100 \div 309)$ phụ thuộc vào CSR . Biến dạng dọc trục của mẫu tại thời điểm hóa lỏng $\varepsilon_a = (5,9 \div 8,9)\%$, biên độ biến dạng $\Delta\varepsilon_a = (1 \div 2)\%$. Các biểu đồ đặc trưng về biến đổi ứng suất, biến dạng và áp lực nước lỗ rỗng theo chu kỳ gia tải (N) được biểu diễn trên các hình Hình 11, Hình 12. Từ các biểu đồ này có thể thấy, đặc điểm hóa lỏng của loại đất này cũng tương tự như cát ở trạng thái xốp, tuy nhiên biên độ biến dạng ở giai đoạn hóa lỏng thường nhỏ hơn.



Hình 11. Các biểu đồ ứng suất, áp lực nước lỗ rỗng đặc trưng cho đất cát hạt nhỏ, chặt vừa (mẫu C16)

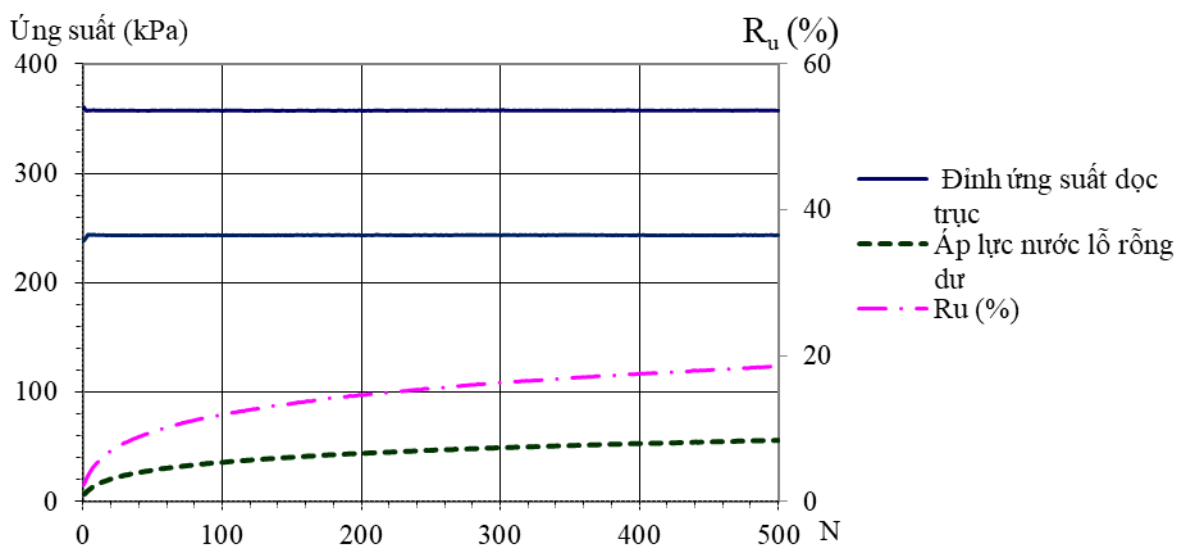


Hình 12. Biểu đồ biến dạng đặc trưng cho đất cát hạt nhỏ, chặt vừa (mẫu C16)

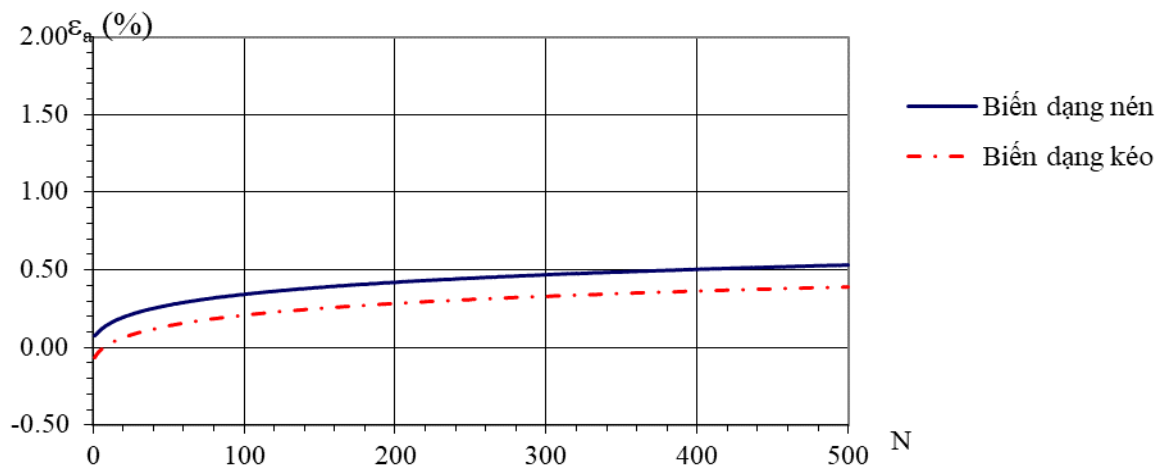
3) Với cát hạt nhỏ, trạng thái chặt:

Đất cát hạt nhỏ, trạng thái chặt đặc trưng cho các lớp cát (lớp 6, lớp 8) phân bố ở độ sâu lớn (đều >30m). Kết quả thí nghiệm với 04 mẫu ở độ chặt $D_r = (0,65 \div 0,79)$ và điều kiện ứng suất thực tế đều không hóa lỏng; Tỷ số áp lực nước lỗ rỗng chỉ tăng từ 11% đến 18% sau 500 chu kỳ. Các biểu đồ đặc trưng về khả năng hóa lỏng cho loại đất này được biểu diễn trên các Hình 13, Hình 14.

Dựa trên các biểu đồ đặc trưng này có thể thấy mức độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng không đủ lượng để gây ra sự phá hủy mẫu. Các biểu đồ ứng suất ổn định. Biến dạng mẫu có xu hướng tăng ở thời điểm đầu và tiến dần tới ổn định, biên độ biến dạng không thay đổi.



Hình 13. Các biểu đồ ứng suất, áp lực nước lỗ rỗng đặc trưng cho đất cát hạt nhỏ-chặt (mẫu C5)



Hình 14. Biểu đồ biến dạng đặc trưng cho đất cát hạt nhỏ - chặt (mẫu C5)

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] 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
- [2] ASTM-D5311, 2013. Standard test method for load controlled cyclic triaxial strength of soil. Annual Book of ASTM
- [3] Juneja, A., Raghunandan, M.E., 2010. Effect of sample preparation on strength of sands, in: Indian Geotechnical Conference, Mumbai, India, 327–330.
- [4] Juneja, A., Raghunandan, M.E., 2008. Comparison of methods of sample preparation for triaxial tests on sands, in: Proceedings of Indian Geotechnical Conference, 14–17.
- [5] Ladd, R.S., 1978. Preparing Test Specimen using Undercompaction,” Geotechnical Testing Journal, Vol. 1, No. 1, 1978, pp. 16-23
- [6] 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
- [7] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9351:2012. Đất xây dựng - phương pháp thí nghiệm hiện trường - thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT)