

Nghiên cứu hóa lỏng cát Mường Phăng, Điện Biên chịu tải trọng chu kỳ không thoát nước

Nguyễn Hồng Nam^{1*}, Nguyễn Chí Linh², Đỗ Sơn Mai¹

¹Trường Đại học Thủy lợi

²Chi cục Thủy lợi Hà Nội

Ngày nhận bài 2.11.2015, ngày chuyển phản biện 13.11.2015, ngày nhận phản biện 12.1.2016, ngày chấp nhận đăng 18.1.2016

Nghiên cứu khả năng hóa lỏng của cát Mường Phăng, Điện Biên được tiến hành bởi một loạt thí nghiệm 3 trục động trong điều kiện không thoát nước. Các mẫu cát hình trụ có đường kính 50 mm, chiều cao 100 mm được chế bị theo phương pháp mưa cát trong không khí với hệ số rỗng ban đầu ở trạng thái chặt vừa. Các kết quả thí nghiệm cho thấy, có thể xác định hợp lý quan hệ giữa tỷ số ứng suất chu kỳ với số chu kỳ gây hóa lỏng ứng với các điều kiện độ chặt khác nhau. Kết quả nghiên cứu hữu ích cho việc dự báo hóa lỏng do động đất mạnh đối với các đập vật liệu địa phương ở tỉnh Điện Biên.

Từ khóa: cát, đập vật liệu địa phương, động đất, hóa lỏng, tải trọng chu kỳ.

Chỉ số phân loại 2.1

Study on the liquefaction of sand at Muong Phang, Dien Bien subjected to undrained cyclic loading

Summary

A study on the liquefaction possibility of sand samples at Muong Phang, Dien Bien was implemented by a series of undrained cyclic triaxial tests. The cylindrical specimens of sand with diameter of 50 mm, height of 100 mm were prepared by air pluviation method with the initial void ratio at medium dense state. The test results showed that it could be accurately determined the stress ratio with cyclic number causing specimen liquefied at different conditions of density. The results would be useful for the liquefaction prediction at the in-situ dams subjected to strong earthquakes in Dien Bien province.

Keywords: cyclic loading, earthquake, in situ dam, liquefaction, sand.

Classification number 2.1

Đặt vấn đề

Đập vật liệu địa phương (loại đập sử dụng vật liệu đất, đá tại chỗ) đang được ứng dụng rộng rãi nhờ ưu điểm về giá thành xây dựng. Trên thế giới có nhiều đập vật liệu địa phương được xây dựng tại những khu vực có hoạt động địa chấn, trong đó một số đập do đặt trên nền đất có khả năng hóa lỏng nên đã xảy ra các sự cố như: đập Sheffield (1925) [1], đập San Fernando hạ (1971) [2].

Theo Trung tâm Địa lý Việt Nam, Viện Khoa học Việt Nam (1992), trong vòng 100 năm đã có 118 trận động đất xảy ra ở vùng Tây Bắc. Các trận động đất cấp 7 ($M = 5,1-5,5$) xảy ra thường xuyên hơn, ví dụ các trận động đất cấp 7 tại Lai Châu năm 1914, Điện Biên năm 1920 xảy ra trong đứt gãy Lai Châu - Điện Biên, động đất Sơn La năm 1926 trong đứt gãy Sơn La, động đất Tạ Khoa cấp 6-7 ($M = 5$) và một số trận cấp 7 là dư chấn của động đất Tuần Giáo năm 1983. Các vùng có nguy cơ xảy ra động đất từ 6,0-7,0 độ Richter ở Việt Nam gồm: đới đứt gãy trên hệ thống sông Hồng - sông Chảy; đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên; đới sông Mã, Sơn La, sông Đà; đới Cao Bằng, Tiên Yên; đới Rào Nậy - sông Cả; đới Đakrông - Huế; đới Trường Sơn; đới sông Ba; đới ven biển miền Trung... [3].

Các tỉnh vùng Tây Bắc như Điện Biên, Lai Châu, Sơn La thường chịu ảnh hưởng của động đất với tần suất cao so với các địa phương khác trên cả nước. Tại các khu vực này, nhu cầu xây dựng đập bằng vật liệu địa phương ngày càng tăng. Tuy nhiên, ở vị trí lòng sông, nền đập thường có tầng cát với chiều dày lớn, nhưng theo hồ sơ thiết kế một số công trình cho thấy, lớp cát lòng sông thường chỉ được bóc bỏ

* Tác giả liên hệ: Email: hongnam@wru.vn

một phần. Trong điều kiện động đất mạnh, nền cát bão hòa nước có khả năng hóa lỏng, làm mất an toàn đập, do đó những nghiên cứu về khả năng hóa lỏng của cát nền đập là rất cần thiết.

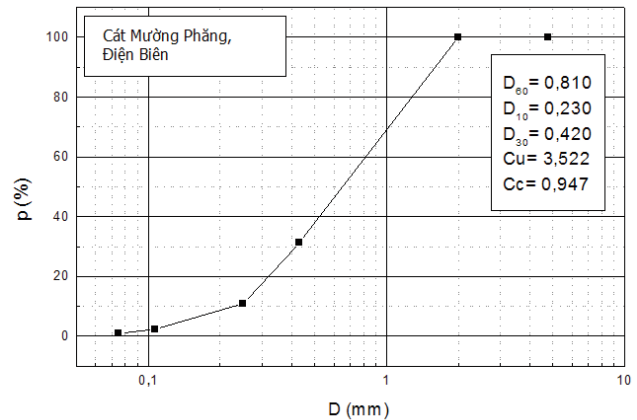
Phương pháp nghiên cứu

Thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật động đất, Trường Đại học Thủy lợi, trong khuôn khổ của đề tài cấp nhà nước mã số KC08.23/11-15. Nghiên cứu sử dụng hệ thống thiết bị thí nghiệm 3 trục động, model DTC-367D của Công ty Seiken (Nhật Bản), đã được nhà sản xuất kiểm nghiệm, với thông số kỹ thuật: thiết bị gia tải động cho các tần số tải thực tế trong phạm vi từ 0,001 đến 1 Hz; đầu đo tải trọng công suất 2 kN, có khả năng chống nước được lắp trực tiếp trên nắp mẫu, phía trong buồng 3 trục (hình 1).



Hình 1: mẫu cát trong buồng 3 trục

Các mẫu cát thí nghiệm được lấy tại khu vực chân núi Pú Đồn, xã Mường Phăng, huyện Điện Biên, tỉnh Điện Biên có các chỉ tiêu cơ lý như sau: $G_s = 2,62$; $e_{\max} = 1,139$; $e_{\min} = 0,598$; $D_{60} = 0,81$ mm; $D_{10} = 0,23$ mm; $C_u = 3,522$; $C_c = 0,947$ theo tiêu chuẩn ASTM D422-63 [4]. Trong đó, D_{10} , D_{60} lần lượt là đường kính hạt tương ứng với hàm lượng phần trăm tích lũy bằng 10%, 60%; G_s là tỷ trọng hạt; C_u là hệ số không đồng nhất; C_c là chỉ số nén ép; $e_{\max}$, $e_{\min}$ là hệ số rỗng của đất rời ở trạng thái xốp nhất, chặt nhất. Đường cong cấp phối hạt của cát Mường Phăng, Điện Biên được thể hiện trong hình 2 (một số hạt có đường kính > 2 mm chiếm tỷ trọng nhỏ trong các mẫu cát đã được loại bỏ).



Hình 2: đường cấp phối hạt cát Mường Phăng

Các mẫu cát hình trụ (đường kính $D = 50$ mm, chiều cao $H = 100$ mm) thể hiện trong hình 1, được chế bị theo phương pháp mưa cát trong không khí để có cùng độ chặt tương đối ở trạng thái chặt vừa. Các mẫu được chế bị ở 3 độ chặt D_{rc} khác nhau là: 53,3-53,5% (4 mẫu); 58-58,2% (2 mẫu); 64,8-67% (2 mẫu). Hệ số rỗng sau khi cố kết đẳng hướng $e_c = 0,777-0,851$ (bảng 1).

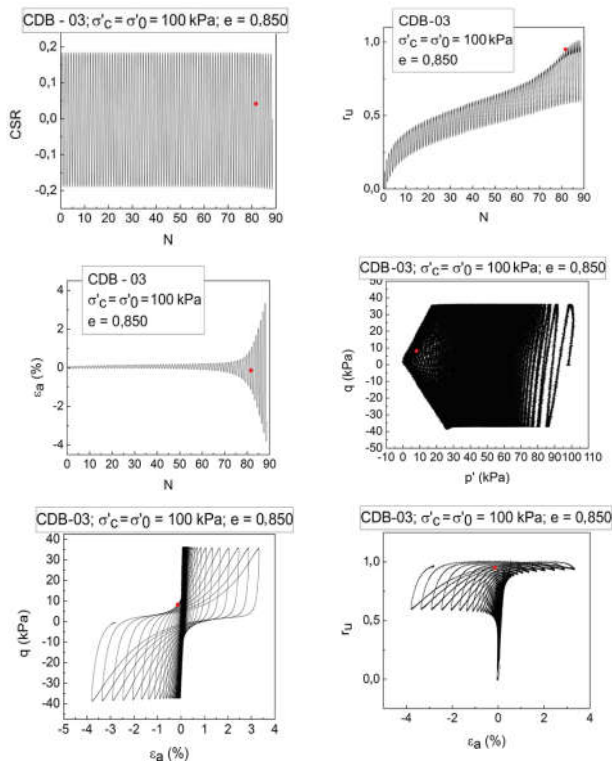
Bảng 1: các mẫu cát thí nghiệm

Tên mẫu	Đường kính ban đầu D_0 (mm)	Chiều cao ban đầu H_0 (mm)	Hệ số rỗng e_c	Độ chặt tương đối D_{rc} (%)	Tỷ số ứng suất chu kỳ CSR
CDB-01	50,21	98,77	0,851	53,3	0,271
CDB-02	50,28	98,71	0,850	53,5	0,245
CDB-03	50,21	98,59	0,850	53,5	0,191
CDB-04	50,21	98,70	0,851	53,3	0,158
DB-07	50,03	99,98	0,825	58,0	0,188
DB-02	50,02	100,55	0,789	64,8	0,226
DB-03	50,03	100,31	0,824	58,2	0,257
DB-04	50,03	99,76	0,777	67,0	0,284

Sau khi sử dụng khí CO_2 thâm nhập, mẫu thí nghiệm được bão hòa nước, đạt hệ số áp lực nước lỗ rỗng $B = \Delta u / \Delta \sigma_3 > 0,95$ (Δu là áp lực nước lỗ rỗng dư và $\Delta \sigma_3$ là sức kháng xuyên đầu mũi ở cùng độ sâu). Tiếp theo, các mẫu cát chịu quá trình cố kết đẳng hướng tại áp lực 100 kPa. Sau đó, mẫu chịu tác dụng của các tải trọng chu kỳ hình sin với tần số 0,1 Hz với các tỷ số ứng suất $CSR = \sigma_d / 2\sigma'_o$ thay đổi trong điều kiện không thoát nước (trong đó, σ'_o là ứng suất hiệu quả ban đầu; σ_d là độ lệch ứng suất theo phương đứng σ_v và ngang σ_h , với $\sigma_d = \sigma_v - \sigma_h$). Thí nghiệm kết thúc khi mẫu bị hóa lỏng sau một số chu kỳ tải trọng N_c . Điều kiện hóa lỏng xảy ra khi hệ số áp lực nước lỗ rỗng dư $r_u = \Delta u / \sigma'_o \geq 0,95$ hoặc biến dạng dọc trục biên độ kép $\epsilon_a \geq 5\%$ theo tiêu chuẩn Nhật Bản (JGS 0541-2000) [5].

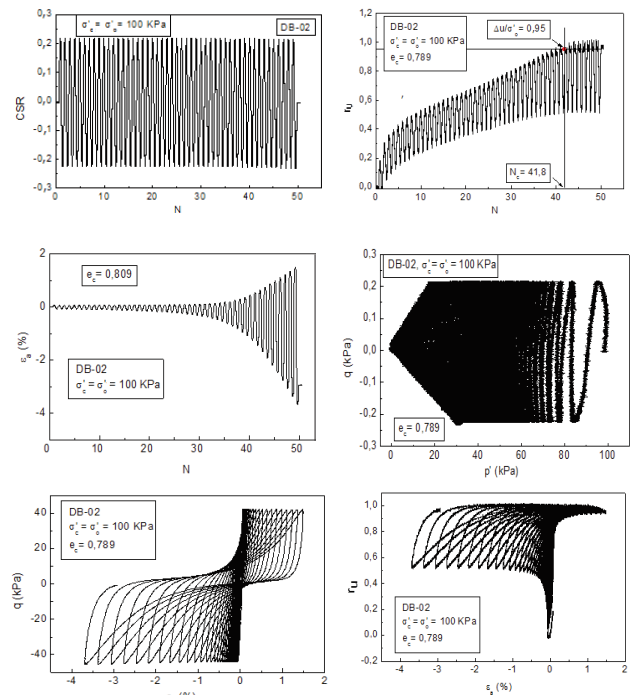
Kết quả thí nghiệm và thảo luận

Các kết quả thí nghiệm điển hình cho mẫu cát CDB-03 ở trạng thái chặt vừa $e_c = 0,850$ chịu tải trọng không thoát nước tại $\sigma'_0 = 100$ kPa với $CSR = 0,191$ được thể hiện trong hình 3 thông qua các quan hệ như: $CSR \sim N$; $r_u \sim N$; $\varepsilon_a \sim N$; $q \sim p'$; $q \sim \varepsilon_a$ và $r_u \sim \varepsilon_a$; trong đó, q là độ lệch ứng suất ($= \sigma_d$); p' là ứng suất chính hiệu quả trung bình, ε_a là giá trị biến dạng dọc trục biên độ kép, N là số chu kỳ tải trọng gây hóa lỏng. Hình 4 thể hiện kết quả tương tự đối với mẫu cát DB-02 nhưng có độ chặt tương đối lớn hơn với $CSR = 0,226$. Mẫu DB-02 bị hóa lỏng nhanh hơn mẫu CDB-03 vì mẫu DB-02 chịu tỷ số ứng suất lớn hơn, mặc dù mẫu DB-02 chặt hơn mẫu CDB-03.



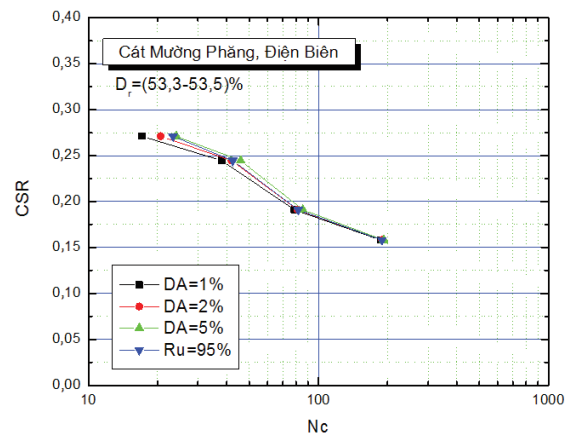
Hình 3: kết quả thí nghiệm tải trọng chu kỳ không thoát nước đối với mẫu cát CDB-03

Các hình 3 và 4 cho thấy, trong cùng điều kiện áp lực buồng không đổi, áp lực nước lỗ rỗng dư, thông qua hệ số áp lực nước lỗ rỗng r_u tăng khi số chu kỳ tải trọng N tăng cho đến khi mẫu bị hóa lỏng hoàn toàn. Mặt khác, khi tỷ số ứng suất CSR tăng, số chu kỳ tải trọng N_c giảm.



Hình 4: kết quả thí nghiệm tải trọng chu kỳ không thoát nước đối với mẫu DB-02

Hình 5 thể hiện đường cong hóa lỏng ($CSR \sim N_c$) được xây dựng đối với các mẫu đất cát CDB-01, CDB-02, CDB-03 và CDB-04 có các giá trị độ chặt tương đối xấp xỉ nhau, $D_r = 53,3-53,5\%$ (bảng 1).



Hình 5: đường cong hóa lỏng của cát Mùנג Phẳng

Từ đồ thị hình 5 ta thấy, các đường $CSR \sim N_c$ ứng với mức biến dạng kép dọc trục khác nhau $\varepsilon_a = 1\%$, 2% , 5% và $r_u = 0,95$. Như vậy, số chu kỳ gây hóa lỏng N_c tại mức biến dạng kép $\varepsilon_a = 5\%$ và số chu kỳ gây hóa lỏng N_c tại mức áp lực nước lỗ rỗng dư $r_u = 0,95$ có giá trị gần giống nhau. Tại tỷ số ứng suất nhỏ hơn, $CSR = 0,158$ (mẫu CDB-04), số chu kỳ tải trọng ứng với các mức $\varepsilon_a = 1\%$, 2% , 5% và $r_u = 0,95$ thay đổi

không đáng kể. Từ đó, ta có thể kết luận, đường cong hóa lỏng có hình dạng phù hợp với các kết quả đã công bố đối với các loại cát khác nhau [6].

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm này cung cấp số liệu đầu vào cần thiết để mô phỏng bài toán hóa lỏng đập vật liệu địa phương, cụ thể trong nghiên cứu này là tại khu vực xã Mường Phăng, huyện Điện Biên, chịu tải trọng động đất mạnh theo phương pháp phần tử hữu hạn.

Kết luận

Kết quả các thí nghiệm 3 trục động trong điều kiện không thoát nước trên các mẫu đất cát Mường Phăng, Điện Biên cho thấy, có thể xác định hợp lý các đặc tính hóa lỏng như sự biến thiên áp lực nước lỗ rỗng, biến dạng, điều kiện hóa lỏng theo các chu kỳ, độ lớn tải trọng khác nhau. Từ đó, có thể xây dựng được đường cong hóa lỏng.

Nghiên cứu thực nghiệm cung cấp số liệu đầu vào giúp công việc tính toán dự báo khả năng hóa lỏng của đập vật liệu địa phương chịu tải trọng động đất mạnh.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài khoa học cấp nhà nước mã số KC08.23/11-15, thuộc Chương trình KC08/11-15. Các tác giả chân thành cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã tài trợ kinh phí cho việc thực hiện đề tài này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Seed H.B, Lee K.K, Idriss I.M (1969), “Analysis of Sheffield Dam failure”, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, American Society of Civil Engineers, **95**(6), pp.1453-1490.
- [2] Seed H.B, Lee K.L, Idriss I.M, Makadisi F.I (1975), “The slides in the San Fernando Dams during the Earthquake of February 9, 1971”, *ASCE, J of the Geotechnical Engineering Division*, **GT7**, pp.651-688.
- [3] Nguyễn Đình Xuyên (2004), *Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam*.
- [4] ASTM D422-63 (2007), *Standard test method for Particle-Size Analysis of Soils*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [5] JGS 0541-2000 (2000), *Method for cyclic undrained triaxial test on soils*, The Japanese Geotechnical Society.
- [6] Towhata I (2008), *Geotechnical earthquake engineering*, Springer -Verlag Berlin Heidelberg.