

Hóa lỏng của cát sông Hồng khu vực cảng Hà Nội chịu tải trọng chu kỳ không thoát nước

Ngô Thị Ngọc Vân, Nguyễn Hồng Nam*

Trường Đại học Thủy lợi

Ngày nhận bài 26.1.2015, ngày chuyển phản biện 4.2.2015, ngày nhận phản biện 16.3.2015, ngày chấp nhận đăng 30.3.2015

Nghiên cứu khả năng hóa lỏng do động đất đối với cát sông Hồng khu vực cảng Hà Nội đã được tiến hành thông qua một loạt thí nghiệm 3 trục động trong điều kiện không thoát nước. Kết quả thí nghiệm cho thấy, có thể xác định hợp lý các đặc tính hóa lỏng do động đất đối với cát sông Hồng như gia tăng áp lực nước lỗ rỗng, biến dạng dọc trục, tỷ số ứng suất theo số chu kỳ tải trọng gây hóa lỏng. Kết quả nghiên cứu hữu ích cho việc dự báo hóa lỏng do động đất đối với cát nền đề sông Hồng.

Từ khóa: cát, đề sông, động đất, hóa lỏng, tải trọng chu kỳ.

Chỉ số phân loại 2.1

LIQUEFACTION OF RED RIVER SAND SUBJECTED TO UNDRAINED CYCLIC LOAD

Summary

Study on liquefaction possibilities of Red river sand locating near the Hanoi port has been conducted using a series of undrained cyclic triaxial tests. The test results have shown that it is possible to determine effectively the liquefaction characteristics such as excess porewater pressure, axial strain variation, cyclic ratio with the cyclic number causing the specimen to be liquefied. The test results will be useful for the prediction of liquefaction caused by earthquake for the Red river sand.

Keywords: cyclic load, earthquake, liquefaction, river dyke, sand.

Classification number 2.1

Đặt vấn đề

Động đất là một trong những thảm họa chính đối với an toàn các công trình đất như đê, đập, khối đắp đường cao tốc. Thiệt hại này chủ yếu là do hóa lỏng đất xảy ra trong công trình hoặc đất nền. Tại Mỹ, sự cố đập Sheffield năm 1925, động đất Santa Barbara do hóa lỏng nền đập và sự cố đập San Fernando năm 1971 là những minh chứng cụ thể [1]. Những thiệt hại khối đắp là những phá hủy lớn khi đất lớp dưới thuộc loại hạt thô bão hòa nước bị hóa lỏng, dẫn đến nứt tách, lún, chuyển dịch ngang và lún khối đắp.

Nhiều sự cố đê sông do hóa lỏng nền được quan sát trong hầu hết các trận động đất lớn tại Nhật Bản [1], ví dụ đê Hachirogata bị thiệt hại bởi trận động đất Nihonkai - Chubu (1983), đê sông Kushiro bởi trận động đất Kushiro - Oki (1993), đê sông Shiribetsu đến Shibetsu bởi động đất Hokkaido - Nanseioki (1994), đê sông Yodo bởi động đất Kobe (1995) và đê Nakaumi bởi động đất Tottoriken - Seibu (2000). Đặc biệt trong trận động đất Hyogoken - Nanbu (Kobe) năm 1995, các khối đắp bằng đất đã phải hứng chịu sự tàn phá nặng nề (Matsuo, 1996; Tani, 1996).

Lãnh thổ Việt Nam nằm ở vùng đất có cấu trúc địa chất - kiến tạo phức tạp, tuy không nằm trên các vành đai động đất núi lửa đang hoạt động, nhưng cũng không phải là vùng đất bền vững khó xảy ra động đất. Các vùng có nguy cơ xảy ra động đất 6,0-7,0 độ Richter ở Việt Nam gồm: đới đứt gãy sông Hồng - sông Chảy; đới đứt gãy Lai Châu - Điện Biên; đới sông Mã, Sơn La,

*Tác giả chính: Tel: 0904359460; Email: hongnam@wru.vn

sông Đà; đới Cao Bằng, Tiên Yên; đới Rào Nây - sông Cả; đới Đakrông - Huế; đới Trường Sơn; đới sông Ba; đới ven biển miền Trung... Ngoài những vùng này, trên lãnh thổ Việt Nam còn có khoảng 30 khu vực có nguy cơ động đất với cường độ xấp xỉ 5,0 độ Richter [2].

Hà Nội nằm trong vùng đứt gãy sông Hồng - sông Chảy, nơi đã xảy ra các trận động đất mạnh 5,1-5,5 độ Richter. Chu kỳ lặp lại động đất mạnh 5,4 độ Richter ở Hà Nội là 1100 năm và trận động đất mạnh cuối cùng xảy ra cách đây đã hơn 700 năm (năm 1285). Hiện nay, Hà Nội đang trong thời kỳ yên tĩnh nhưng trong tương lai hoạt động động đất có thể tăng lên và động đất mạnh có thể xảy ra. Ngoài ra, Hà Nội còn phải chịu tác động của động đất mạnh xảy ra ở những vùng đứt gãy lân cận như đứt gãy sông Lô, Đông Triều, Sơn La [2].

Hà Nội hiện có 20 tuyến đê chính với tổng chiều dài 469,913 km, trong đó: tuyến đê hữu Hồng đoạn qua thành phố Hà Nội dài tổng cộng 128,6 km là đê cấp đặc biệt, bảo vệ cho trên 160000 ha diện tích lưu vực của thủ đô Hà Nội. Tuyến đê hữu Hồng có nhiệm vụ cực kỳ quan trọng là phòng chống lụt bão, đảm bảo an toàn tuyệt đối cho thủ đô Hà Nội. Ngoài ra, mặt đê còn là tuyến đường giao thông kết nối các địa phương ven đê với nội thành. Đặc điểm chung của tuyến đê là nhiều năm trở lại đây không có lũ lớn, đê không được thử thách chống lũ, tình trạng đê khô. Tuy nhiên, trong thân, nền đê tiềm ẩn nhiều ẩn họa khó lường, nhất là những đoạn đê đắp trực tiếp trên nền đất yếu, đất cát, cần phải đánh giá khả năng hóa lỏng khi chịu tác động của động đất. Đây là một nội dung mới, vì thiết kế chống hóa lỏng hầu như chưa được đề cập trong các tiêu chuẩn thiết kế công trình thủy lợi ở nước ta.

Để đánh giá định lượng khả năng kích hoạt hóa lỏng, bước quan trọng đầu tiên cần cho hầu hết các dự án chính là khả năng hóa lỏng do động đất. Có hai xu hướng tổng hợp trong vấn đề này [3], đó là (1) sử dụng thí nghiệm trong phòng trên các mẫu đất nguyên dạng và (2) sử dụng các quan hệ kinh nghiệm dựa trên tương quan về ứng xử của đất được quan sát tại hiện trường với các thí nghiệm chỉ tiêu tính chất vật lý của đất tại hiện trường [4].

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Thiết bị thí nghiệm

Nghiên cứu hóa lỏng của cát sông Hồng được

thực hiện tại Phòng thí nghiệm địa kỹ thuật động đất, Trường Đại học Thủy lợi. Hệ thống thiết bị thí nghiệm 3 trục động DTC - 367D được sử dụng do hãng Seiken, Nhật Bản chế tạo (hình 1), bao gồm: khối điều khiển khí - nước; khối gia tải thẳng đứng; buồng 3 trục; khối đo lường và các phụ kiện. Máy nén khí tạo áp lực buồng và áp lực ngược lên tới 1000 kPa; máy hút chân không tạo áp suất 95 kPa; thiết bị gia tải động cho các tần số tải thực tế trong phạm vi từ 0,001-1 Hz. Tất cả các đầu đo lực và chuyển vị được kết nối với một máy vi tính thông qua các giao diện cảm biến Kyowa PCD-300B-F. Biến dạng dọc trục được đo bằng một cảm biến không tiếp xúc có độ chính xác bằng 0,1 mm lắp bên trong buồng 3 trục và 1 cảm biến LVDT có độ chính xác 0,05 mm lắp bên ngoài buồng 3 trục. Sự thay đổi thể tích của mẫu được đo bằng đầu đo thể tích tự động có dung tích 25 ml. Đầu đo tải trọng load cell công suất 2 kN có khả năng chống nước được lắp trực tiếp trên nắp mẫu, phía trong buồng 3 trục nhằm giảm thiểu lực ma sát giữa piston với thành ống đỡ.



Hình 1: hệ thống thiết bị thí nghiệm 3 trục động DTC - 367D

Vật liệu và quy trình thí nghiệm

Cát sông Hồng khu vực cảng Hà Nội, thành phố Hà Nội được sử dụng cho nghiên cứu này với các chỉ tiêu cơ lý sau: hàm lượng hạt mịn $f_c = 3,6\%$; $G_s = 2,65$; $D_{60} = 0,35$ mm, $D_{10} = 0,15$ mm; $e_{max} = 0,99$; $e_{min} = 0,66$ [5]. 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 để đảm bảo có cùng một độ chặt tương đối trung bình tại hiện trường $D_r \approx 45,6\%$.

Sau khi sử dụng khí CO₂ thâm nhập, mẫu được bão hòa nước. Tiếp theo, các mẫu cát chịu quá trình cố kết đẳng hướng với áp lực cố kết hiệu quả tăng từ 30 kPa đến 400 kPa và giảm về 100 kPa. Tại đây, mẫu chịu tác dụng của các tải trọng có chu kỳ hình sin với tần số 0,1 Hz với các biên độ tải trọng khác nhau, sao cho tỷ số ứng suất chu kỳ thay đổi trong khoảng từ 0,2-0,4, trong điều kiện không thoát nước. Tỷ số ứng suất chu kỳ $CSR = \sigma_d / 2\sigma'_o$, 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 ; $\sigma_d = \sigma_v - \sigma_h$. Thí nghiệm kết thúc khi mẫu bị hóa lỏng sau một số chu kỳ tải trọng. Quy trình thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn Nhật Bản JGS 0541:2000 [6].

Các mẫu cát thí nghiệm RED RIVER SAND 1, RED RIVER SAND 2, RED RIVER SAND 3, RED RIVER SAND 4 có các hệ số rỗng sau cố kết đẳng hướng dao động trong khoảng từ 0,836 đến 0,843 (bảng 1).

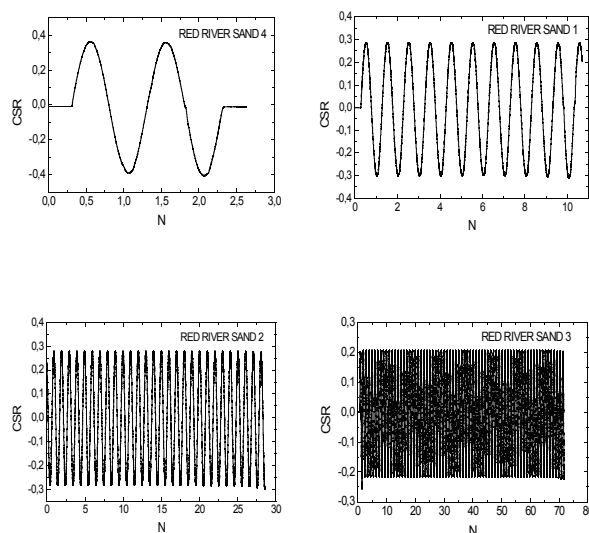
Bảng 1: các mẫu cát thí nghiệm

Tên mẫu	Đường kính ban đầu D (mm)	Chiều cao ban đầu H (mm)	Hệ số rỗng ban đầu e_o	Độ chặt tương đối D_r (%)
RED RIVER SAND 1	50,04	99,8	0,837	46,4
RED RIVER SAND 2	50,02	99,7	0,836	46,7
RED RIVER SAND 3	50,05	98,6	0,843	44,5
RED RIVER SAND 4	50,04	98,5	0,842	44,9

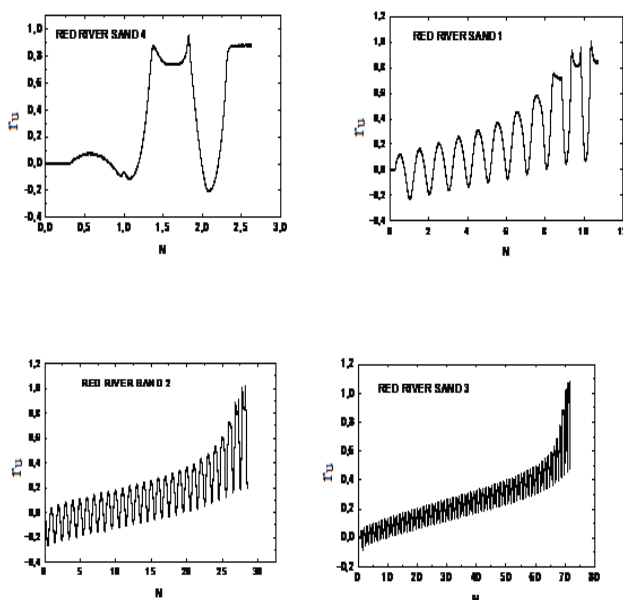
Kết quả thí nghiệm và thảo luận

Các kết quả thí nghiệm được thể hiện trong các hình từ hình 2 đến hình 8.

Biểu đồ hình 2 cho thấy, mối quan hệ giữa tỷ số ứng suất chu kỳ CSR với số chu kỳ tải trọng N đối với 4 mẫu cát nêu trên. Tải trọng tác dụng có dạng hình sin, tần số bằng 0,1 Hz. Có thể thấy rằng, khi biên độ ứng suất tăng thì số vòng lặp gây hóa lỏng giảm. Biểu đồ hình 3 thể hiện quan hệ giữa hệ số áp lực nước lỗ rỗng dư r_u với số chu kỳ tải trọng gây hóa lỏng N. Hệ số áp lực nước lỗ rỗng dư $r_u = \Delta u / \sigma'_o$, trong đó Δu là áp lực nước lỗ rỗng dư. Có thể thấy rằng, số vòng lặp tải trọng càng tăng thì hệ số r_u càng lớn. Mẫu sẽ bị hóa lỏng khi hệ số r_u tiến tới 1, tức là áp lực nước lỗ rỗng được phát triển hoàn toàn (hóa lỏng ban đầu) hoặc giá trị biến dạng dọc trục biên độ kép ϵ_a đạt mức 5% hay lớn hơn.

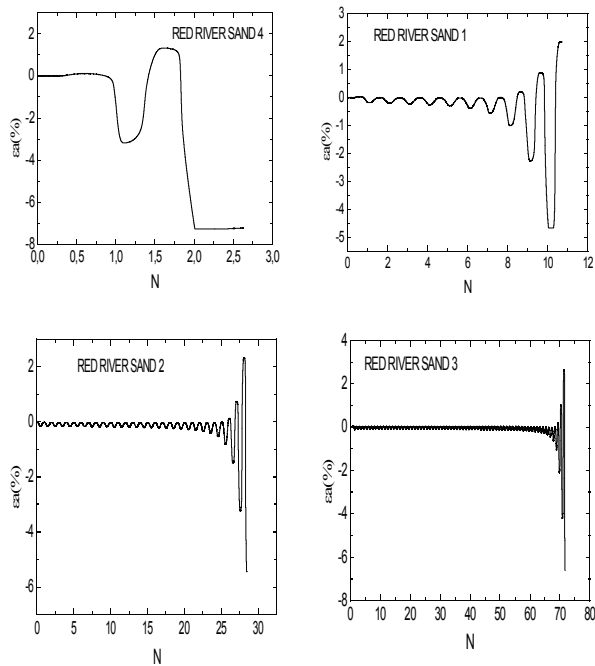


Hình 2: quan hệ giữa tỷ số ứng suất với số chu kỳ gây hóa lỏng

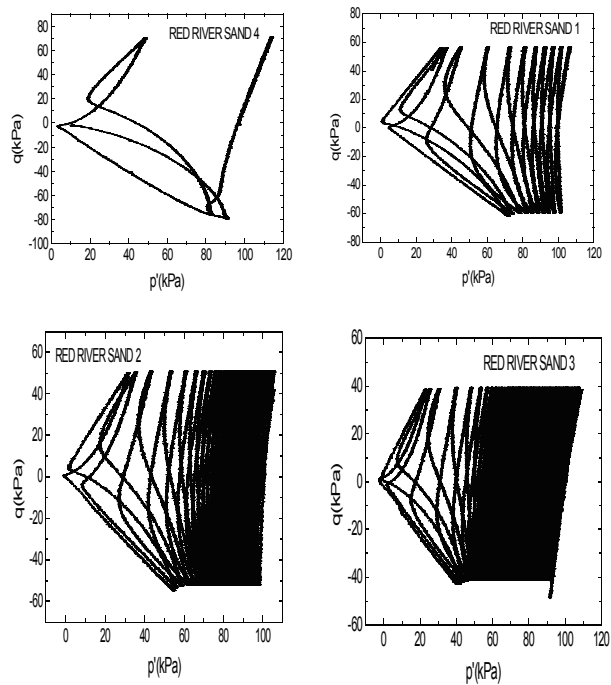


Hình 3: quan hệ giữa hệ số áp lực nước lỗ rỗng dư và số chu kỳ gây hóa lỏng

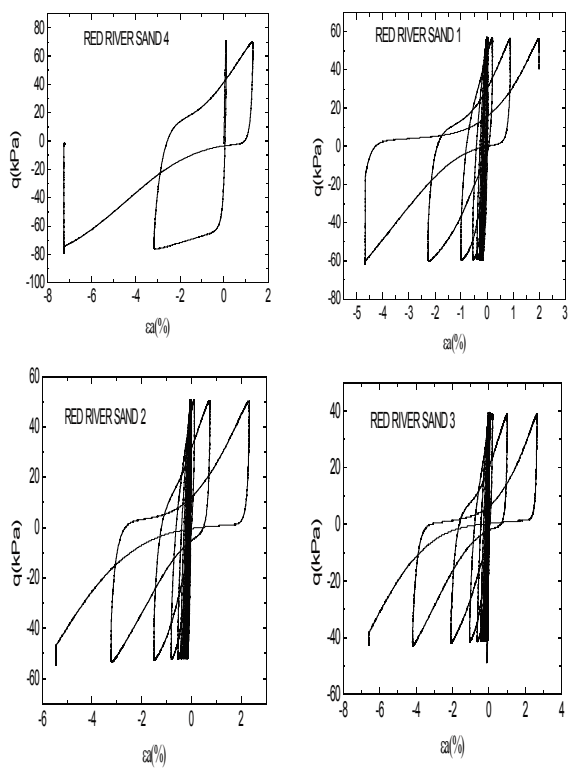
Các hình 4, 5, 6, 7 lần lượt thể hiện quan hệ giữa biến dạng dọc trục với số chu kỳ tải trọng gây hóa lỏng; độ lệch ứng suất và biến dạng dọc trục; độ lệch ứng suất và ứng suất chính trung bình hiệu quả, và hệ số áp lực lỗ rỗng dư với biến dạng dọc trục. Nhìn chung kết quả thí nghiệm cho thấy các dạng quan hệ nêu trên phù hợp với các kết quả đã công bố được thực hiện với các loại cát khác nhau [7].



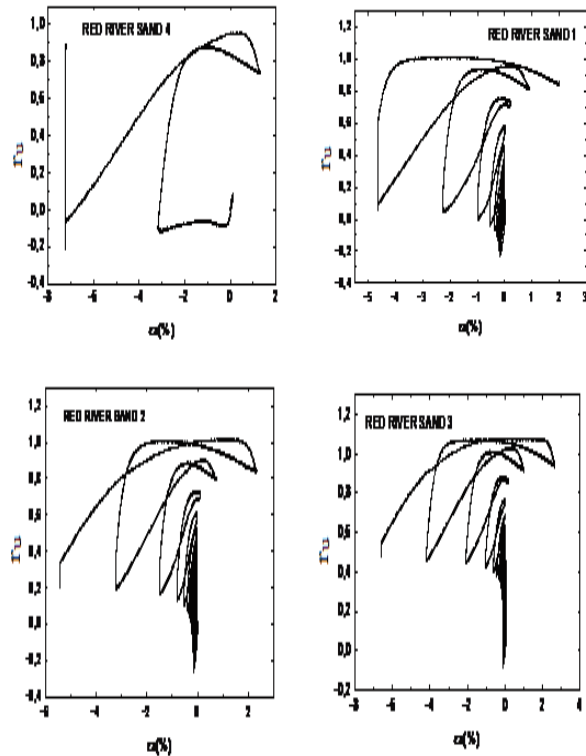
Hình 4: quan hệ giữa biến dạng dọc trục và số chu kỳ gây hóa lỏng



Hình 6: quan hệ giữa độ lệch ứng suất và ứng suất chính trung bình hiệu quả

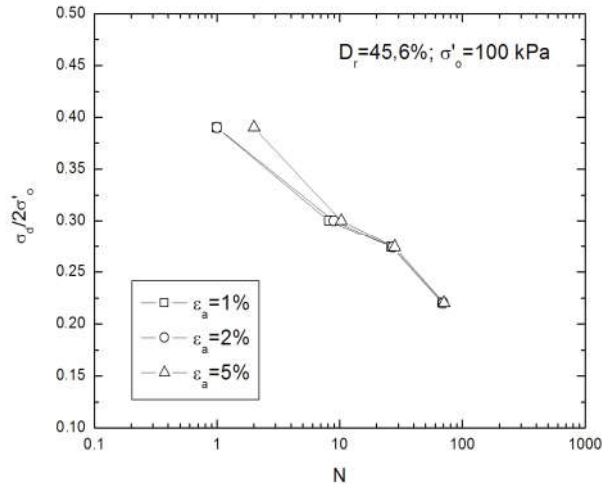


Hình 5: quan hệ giữa độ lệch ứng suất và biến dạng dọc trục



Hình 7: quan hệ giữa hệ số áp lực lỗ rỗng dư với biến dạng dọc trục

Từ các kết quả hóa lỏng đối với các mẫu khác nhau, đường cong hóa lỏng (hình 8) được xây dựng dựa trên tỷ số ứng suất CSR và số chu kỳ N gây hóa lỏng mẫu đất ứng với các giá trị độ chặt xấp xỉ nhau.



Hình 8: đường cong hóa lỏng với các mẫu đất cát sông Hồng

Đường cong hóa lỏng cát sông Hồng được thể hiện trên hình 8 ứng với các tiêu chí biến dạng dọc trục khác nhau 1%, 2% và 5%. Nhìn chung, không có sự khác nhau rõ rệt giữa các số liệu ứng với biến dạng dọc trục bằng 1% và 2%. Có thể thấy rằng, đường cong hóa lỏng có dạng phù hợp với các kết quả đã công bố đối với các loại cát khác nhau. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm này là cơ sở để đánh giá mô phỏng bài toán hóa lỏng của đê tại hiện trường theo phương pháp phân tử hữu hạn.

Kết luận

Nghiên cứu hóa lỏng cát sông Hồng, khu vực cảng Hà Nội, chịu tải trọng động đất được thực hiện thông qua một loạt các thí nghiệm 3 trục động với độ chặt giống nhau. Các mẫu đất được chế bị với tỷ số ứng suất khác nhau để nghiên cứu ứng xử của cát chịu tải trọng

chu kỳ trong điều kiện không thoát nước. Kết quả thí nghiệm cho thấy, có thể xác định hợp lý các đặc tính hóa lỏng của cát như sự biến thiên áp lực nước lỗ rỗng, thay đổi biến dạng, điều kiện hóa lỏng theo các chu kỳ tải trọng khác nhau với các cấp độ lớn khác nhau. Từ đó, có thể xây dựng được đường cong hóa lỏng cát nền đê hữu sông Hồng. Nghiên cứu giúp dự báo khả năng hóa lỏng của nền đê sông Hồng chịu các 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] Adalier K, and Sharp M.K (2004), "Embankment dam on liquefiable foundation - dynamic behavior and densification remediation", *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering*, **130**(11), pp.1214-1224.
- [2] Nguyễn Đình Xuyên (2004), "Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam", *Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước*.
- [3] Seed R.B, et al (2003), "Recent advances in soil liquefaction engineering: A unified and consistent framework", *Keynote presentation, 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar*, Long Beach, California.
- [4] Youd T.L, et al (2001), "Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NCF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, **127**(10), pp.817-833.
- [5] TCVN 4198-95, Đất xây dựng - Các phương pháp xác định thành phần hạt.
- [6] Designation: JGS 0541:2000 Method for Cyclic Undrained Triaxial Test on Soils.
- [7] Towhata I (2008), "Geotechnical earthquake engineering", *Springer -Verlag Berlin Heidelberg*.