



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Assessment of liquefaction potential of sand distributed in the 1 District, Ho Chi Minh city



Hung Van Nguyen ^{1,*}, Son Truong Bui ¹, Nu Thi Nguyen ¹, Luan Nhat Vo ³, Chinh Cong Thi Vo ², Dat Tuan Nguyen ⁴

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Public Office, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

³ Human Resources Training, Construction and Development 6 JSC., Company, Ho Chi Minh city, Vietnam

⁴ Urban Management Office District 4, Ho Chi Minh city, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21st Dec. 2022

Revised 31st Mar. 2023

Accepted 20th Apr. 2023

Keywords:

1 District,
Hochiminh City,
Liquefaction,
Sand.

ABSTRACT

Liquefaction of sand is not a rare geological phenomenon. When it happens, it causes great damage to people. However, 1 District, Ho Chi Minh city where despite being a leading economic and political zone of Ho Chi Minh city, where many buildings with different loads and metro lines have been and will be rebuilt, but liquefaction potential has not been assessed. This paper presents a study on liquefaction potential of sand belonging to the Pleistocene sand lithological complex of marine origin on $am^S Q_1^3$ in 1 District, Ho Chi Minh based on standard penetration test (SPT) with different peak ground acceleration scenarios. Research results show that, when the peak ground acceleration $a_{max} = 0.0848$ g, few points in this area occur liquefaction. However, when peak ground acceleration increased, specifically $a_{max} = 0.1$ g and $a_{max} = 0.15$ g, there were 8% and 68% of the survey points in the area where liquefaction occurred, respectively. The study also shows that, with a depth of about 20m, liquefaction in 1 District is still possible with $a_{max} = 0.1$ g and $a_{max} = 0.15$ g. The research results contribute to additional references for researchers and urban spatial planning in this area.

Copyright © 2023 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: nguyenvanhung@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(2).03



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Đánh giá khả năng hóa lỏng của cát phân bố ở khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh

Nguyễn Văn Hùng^{1,*}, Bùi Trường Sơn¹, Nguyễn Thị Nụ¹, Võ Nhật Luân³, Võ Thị Công Chính², Nguyễn Tuấn Đạt⁴

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Phòng Xuất bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

³ Công ty Cổ phần Đào tạo - Xây dựng và Phát triển nguồn nhân lực 6, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

⁴ Phòng Quản lý đô thị Quận 4, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 21/12/2022

Sửa xong 31/3/2023

Chấp nhận đăng 20/4/2023

Từ khóa:

Cát,

Hóa lỏng,

Quận 1,

Thành phố Hồ Chí Minh.

Hóa lỏng của cát không phải là hiện tượng địa chất hiếm gặp từ trước đến nay. Khi xảy ra, nó gây thiệt hại rất lớn về người và tài sản. Tuy nhiên, khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh, mặc dù là một khu kinh tế, chính trị đầu tàu của Thành phố Hồ Chí Minh, nơi rất nhiều công trình với tải trọng khác nhau và những khu nhà cao tầng đã, đang và sẽ được tiến hành xây dựng, nhưng cát phân bố ở khu vực này chưa được đánh giá nguy cơ xảy ra hóa lỏng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá nguy cơ hóa lỏng của cát thuộc phức hệ thạch học cát nguồn gốc sông biển Pleistocene trên $am^sQ_1^3$ phân bố ở khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh thông qua kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) với các kích bản gia tốc nền lớn nhất khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi gia tốc nền $a_{max} = 0,0848$ g, ít điểm trong khu vực này xảy ra hóa lỏng. Tuy nhiên, khi gia tốc nền tăng lên, cụ thể $a_{max} = 0,1$ g và $a_{max} = 0,15$ g thì đã có tương ứng 8% và 68% số điểm khảo sát trong khu vực xảy ra hóa lỏng. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, với độ sâu khoảng 20 m, hóa lỏng tại khu vực Quận 1 vẫn có thể xảy ra với kích bản $a_{max} = 0,1$ g và $a_{max} = 0,15$ g. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung thêm các tham khảo cho các nhà nghiên cứu, quy hoạch không gian đô thị khu vực này.

© 2023 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: nguyenvanhung@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(2).03

1. Mở đầu

Hóa lỏng có thể định nghĩa là sự thay đổi trạng thái của đất từ trạng thái rắn sang trạng thái lỏng, do áp lực nước lỗ rỗng tăng lên, làm giảm áp lực hữu hiệu trong điều kiện không thoát nước dưới tác dụng của tải trọng động (Marcuson, 1978). Các hiện tượng trên đã được công nhận trong suốt quá trình phát triển của cơ học đất (Tezaghi và Peck, 1948). Tuy nhiên, nghiên cứu hóa lỏng chỉ thực sự được chú ý sau vụ động đất thảm khốc ở Niigata, Nhật Bản và Alaska, Mỹ vào năm 1964.

Những nghiên cứu đầu tiên về ứng xử của đất trong quá trình tác dụng của tải trọng động đã được tiến hành từ đầu những năm 1950 (Mogami và Kubo, 1953). Kể từ đầu những năm 1970, nhiều nghiên cứu sâu rộng được thực hiện trên các tính toán địa chấn (Silver và Seed, 1971; Tokimatsu và Seed, 1987; Ishihara và Yoshimine, 1992; Zhang, 2002; Idriss và Boulanger, 2008)). Một vài phương pháp được đề xuất bởi một số tác giả để dự báo các ảnh hưởng của động đất đến khả năng hóa lỏng của cát. Hầu hết các phương pháp nghiên cứu để đánh giá ảnh hưởng của động đất dựa trên thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT (Tokimatsu và Seed, 1987; Ishihara và Yoshimine, 1992) hoặc thí nghiệm CPT (Zhang, 2002; Idriss và Boulanger, 2008; Yi, 2009). Một số nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng có thể nghiên cứu, đánh giá hóa lỏng của cát dựa trên việc phân tích vận tốc sóng cắt (Vs) (Andrus và Stokoe, 2000).

Ở Việt Nam, những nghiên cứu về hiện tượng hóa lỏng được thực hiện từ những năm 1990 của thế kỷ trước. Điển hình là các nghiên cứu của Phạm (1990); Lê (2014); Bùi (2014a); Nguyễn, (2014); Nguyễn và Bùi (2020).

Võ và Nguyễn (2016) đã nghiên cứu, đánh giá sức chịu tải của nền cát hóa lỏng dưới móng bè khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, sức chịu tải của nền cát hóa lỏng dưới móng bè giảm khi tăng cấp động đất tác dụng. Khi xảy ra động đất cấp VII, sức chịu tải của nền hầu như không đổi so với sức chịu tải tĩnh. Tuy nhiên, khi xảy ra động đất cấp VIII, sức chịu tải của nền giảm 42,62% đến 49% theo các phương pháp tính khác nhau.

Thành phố Hồ Chí Minh được xác định là vùng ít có nguy cơ xảy ra hóa lỏng, nhưng mức độ thiệt hại được xác định là cao, cấp 7/12, nếu như khu vực này xảy ra động đất (cấp động đất lớn nhất là

cấp VII). Theo phụ lục H của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, khu vực quận 1 Thành phố Hồ Chí Minh có gia tốc nền lớn nhất a_{max} là 0,0848 g. Hơn nữa, tải trọng động còn do các nguyên nhân khác như tải trọng do tàu chạy, móng máy. Ở khu vực này đang xây dựng các tuyến metro. Do vậy, tải trọng động tác dụng gây hóa lỏng không những là tải trọng do động đất mà còn do nhiều tác dụng động khác nhau gây nên. Theo phân tích đặc điểm địa kỹ thuật của phức hệ thạch học cát nguồn gốc sông biển Pleistocene trên ở khu vực Quận 1 Thành phố Hồ Chí Minh, có thể thấy, phức hệ thạch học này có khả năng xảy ra hóa lỏng (Nguyễn và nnk., 2021).

Mặt khác, trong khu vực nghiên cứu có tồn tại các lớp cát trạng thái xốp đến chặt vừa, bão hòa nước. Lớp này phân bố rộng khắp trong toàn khu vực quận 1, thành phố Hồ Chí Minh với độ sâu từ trên mặt đến hơn 20 m. Vì vậy, đánh giá hóa lỏng cho các khu vực có mật độ xây dựng lớn như khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh là rất cần thiết.

2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở tài liệu

Nghiên cứu dựa trên các tài liệu thu thập thuộc Chương trình Biên hội bản đồ địa chất, bản đồ địa chất thủy văn và bản đồ địa chất công trình Thành phố Hồ Chí Minh, tỷ lệ 1/50.000 do Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam (2010). Số lượng hố khoan, mẫu thí nghiệm và số điểm thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Số lượng tài liệu thu thập trong nghiên cứu.

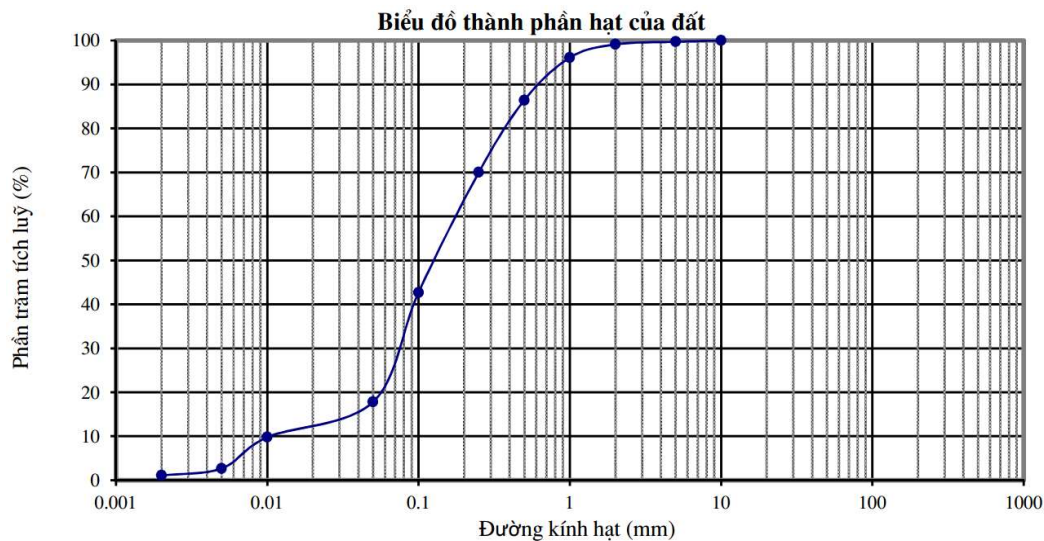
TT	Công tác	Đơn vị	Số lượng
1	Khoan khảo sát địa chất công trình	Hố	382
2	Thí nghiệm SPT	Lần	530
3	Thí nghiệm mẫu	Mẫu	1675

Nghiên cứu đã đánh giá đặc điểm địa kỹ thuật của lớp cát phân bố ở độ sâu từ mặt đất đến 20m phân bố ở khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh. Lớp này thuộc phức hệ thạch học cát nguồn gốc sông biển Pleistocene trên $am^SQ_1^3$.

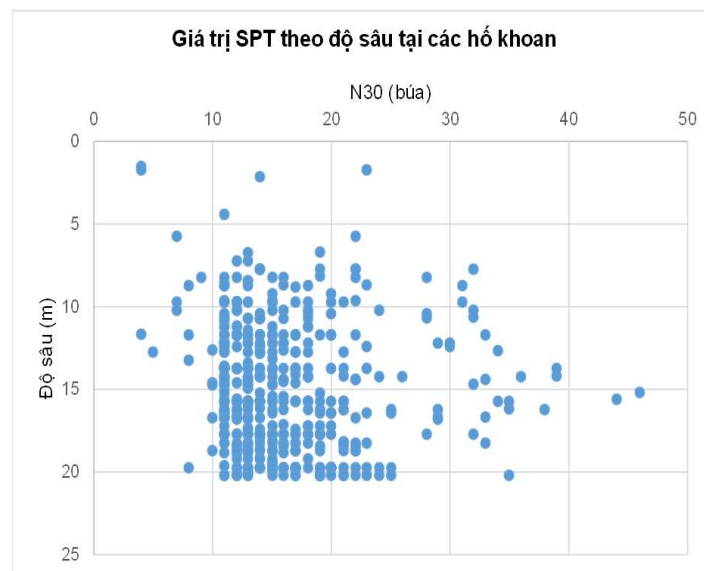
Theo Nguyễn và nnk. (2021), phức hệ thạch học cát nguồn gốc sông biển Pleistocene trên $am^S Q_1^3$ phân bố ở khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh rất phổ biến cả về diện và độ sâu. Nó phân bố rộng khắp trên toàn bộ khu vực. Về độ sâu phân bố, lớp này có chỗ lộ ra ngay trên mặt (phường Cầu Kho, Tân Định, Đa Kao), có chỗ từ độ sâu 15 m (phường Nguyễn Cư Trinh). Độ sâu mực nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu thay đổi từ 0,3÷8,5 m.

Phức hệ này có thành phần hạt chủ yếu là cát hạt thô (TCVN 9362: 2012). Biểu đồ thành phần hạt của phức hệ này được thể hiện ở Hình 1.

Trong khu vực nghiên cứu, qua kết quả thí nghiệm SPT, có thể thấy rằng, trong phạm vi chiều sâu nghiên cứu (từ 20 m trở xuống), giá trị N_{30} trong các lớp cát lớn nhất là 46 búa, nhỏ nhất là 4 búa, trung bình là 16 búa. Giá trị N_{30} theo chiều sâu qua phân tích kết quả 530 lần thí nghiệm SPT tại 382 hố khoan trong lớp cát trên được thể hiện theo biểu đồ Hình 2.



Hình 1. Biểu đồ thành phần hạt của phức hệ thạch học cát nguồn gốc sông biển Pleistocene trên $am^S Q_1^3$ khu vực quận 1 thành phố Hồ Chí Minh (Nguyễn và nnk, 2021).



Hình 2. Biểu đồ giá trị N_{30} theo chiều sâu của lớp cát tại phạm vi nghiên cứu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hiện nay, có nhiều phương pháp đánh giá khả năng hóa lỏng của cát. Mỗi loại phương pháp có phạm vi ứng dụng riêng.

Theo cách đánh giá từ các nghiên cứu trước, phương pháp đánh giá hóa lỏng được phân thành hai nhóm:

- + Dựa vào các thí nghiệm hiện trường (đánh giá gián tiếp);
- + Dựa vào các thí nghiệm trong phòng (đánh giá trực tiếp).

Dựa vào các thông số để đánh giá khả năng hóa lỏng của đất, người ta phân các phương pháp hóa lỏng của đất dựa vào:

- + Ứng suất cắt động;
- + Biến dạng cắt động.

Để đánh giá khả năng hóa lỏng của cát, người ta dùng hệ số an toàn chống hóa lỏng FS.

$$FS = CRR/CSR \tag{1}$$

Trong đó: FS - hệ số an toàn chống hóa lỏng của cát (FS < 1 - cát bị hóa lỏng; FS = 1÷1,2 - cát ở trạng thái cân bằng; FS > 1,2 - cát không bị hóa lỏng); CRR - tỷ số sức kháng cắt chu kỳ của cát; CSR - tỷ số ứng suất cắt chu kỳ của cát.

Tỷ số ứng suất cắt chu kỳ (CSR)

Theo Seed và Idriss (1971), tỷ số ứng suất cắt chu kỳ được xác định theo công thức:

$$CSR = 0,65 \cdot r_d \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \tag{2}$$

Trong đó: σ_{vo} - ứng suất tổng tại đáy của phân tố đất, kG/cm²; σ'_{vo} - ứng suất hữu hiệu tại đáy của phân tố đất, kG/cm²; g - Gia tốc trọng trường (m/s²); a_{max} - Gia tốc nền lớn nhất tại bề mặt đất do tải trọng động gây ra (m/s²); r_d - hệ số suy giảm ứng suất theo chiều sâu.

Trong thực tế, để xác định giá trị r_d rất khó khăn, phức tạp. Seed và Idriss (1971) đã đưa ra biểu đồ quan hệ giữa hệ số suy giảm ứng suất theo chiều sâu và cấp động đất (Hình 3).

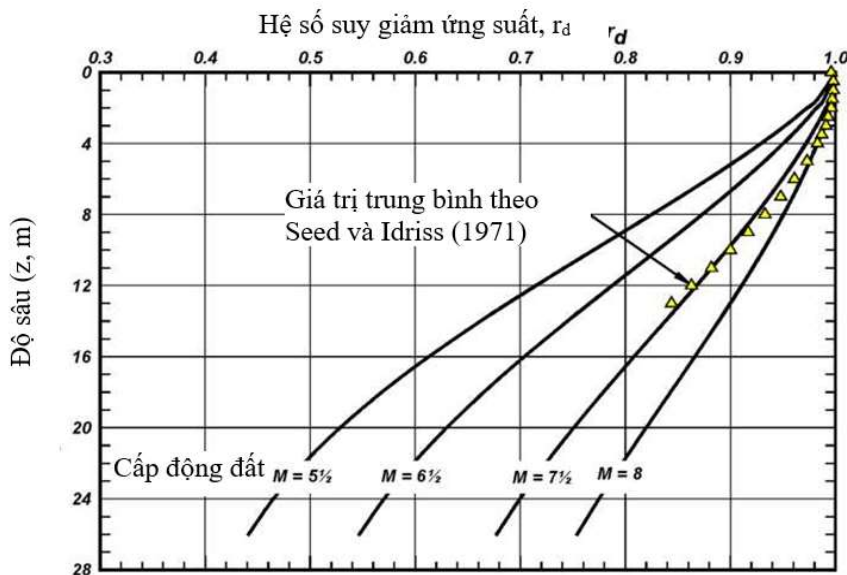
Tuy nhiên, để tiện cho việc tính toán r_d một cách dễ dàng, Seed và Idriss (1971) đã đưa ra công thức thực nghiệm về mối quan hệ giữa r_d và độ sâu z:

$$r_d = 1 - 0,012z \tag{3}$$

Trong đó: z - độ sâu của vị trí điểm đang tính toán, đánh giá khả năng xảy ra hóa lỏng tính từ mặt đất (m).

Tuy nhiên, công thức (3) chỉ áp dụng cho trường hợp độ sâu z < 15 m. Để tính toán ứng suất cắt động tại các độ sâu lớn hơn, chỉ số r_d được tính theo các công thức thực nghiệm sau:

- $r_d = 1,0 - 0,00765z$ với $z \leq 9,15\text{ m}$
- $r_d = 1,174 - 0,0267z$ với $9,15\text{ m} < z \leq 23\text{ m}$
- $r_d = 0,744 - 0,008z$ với $23\text{ m} < z \leq 30\text{ m}$
- $r_d = 0,50$ với $z > 30\text{ m}$



Hình 3. Quan hệ giữa hệ số suy giảm ứng suất theo độ sâu và cấp động đất (Idriss và Seed, 1971).

Tỷ số kháng cắt chu kỳ (CRR)

Tỷ số kháng cắt chu kỳ được xác định bằng thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT), thí nghiệm xuyên tĩnh (CPT), đo vận tốc sóng cắt, thí nghiệm nén hông,...

Trong khuôn khổ nghiên cứu, bài báo lựa chọn phương pháp tỷ kháng cắt chu kỳ dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT.

Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) là thí nghiệm hiện trường được sử dụng phổ biến nhất trong việc khảo sát địa chất công trình cũng như nghiên cứu tính chất cơ lý của đất đá. Vì vậy, việc sử dụng thí nghiệm SPT để đánh giá khả năng hóa lỏng của đất có ưu điểm là số liệu đầu vào phong phú, phản ánh đúng điều kiện thực tế của đất ngoài hiện trường (kết cấu và trạng thái). Việc sử dụng thí nghiệm SPT để đánh giá khả năng hóa lỏng của cát đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu và ứng dụng thực tế. Seed và Alba (1986) đã xác định tỷ số kháng động CRR dựa vào biểu đồ Hình 4.

Giá trị SPT sau hiệu chuẩn $(N_1)_{60}$ được xác định theo công thức:

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N_{60} \quad (4)$$

Trong đó: C_N - nhân tố tương quan với ứng suất có hiệu (σ'_v , kG/cm²):

$$C_N = 9.79 \left(\frac{1}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,5} \quad (5)$$

Trong đó: N_{60} - trị số SPT ứng với 60% năng lượng của búa:

$$N_{60} = N \cdot C_{60} \quad (6)$$

Trong đó:

$$C_{60} = C_{HT} \cdot C_{HW} \cdot C_{SS} \cdot C_{RL} \cdot C_{BD}$$

C_{HT} và C_{HW} - các hệ số dùng cho các loại búa không tiêu chuẩn, với thí nghiệm SPT (búa nặng 63,5 kG, kéo cao 76,2 cm) thì các hệ số này đều bằng 1; C_{SS} - hệ số hiệu chỉnh ống mẫu, phụ thuộc vào trạng thái của cát, $C_{SS} = 1,1$ cho cát xốp và $C_{SS} = 1,2$ cho cát chặt; C_{RL} - hệ số hiệu chỉnh cho chiều dài cần, lấy bằng 0,75 với chiều dài cần nhỏ hơn 3 m; C_{BD} - hệ số hiệu chỉnh theo đường kính lỗ khoan, bằng 1,05 cho đường kính lỗ khoan 150 mm và bằng 1,15 cho đường kính lỗ khoan 200 mm.

Theo Seed và nnk. (1985):

$$CRR_{7,5} = \left(\frac{95}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{1.3} - \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{1}{100} \quad (7)$$

Trong đó: $CRR_{7,5}$ - chỉ số kháng cắt chu kỳ tương ứng cấp động đất 7,5.

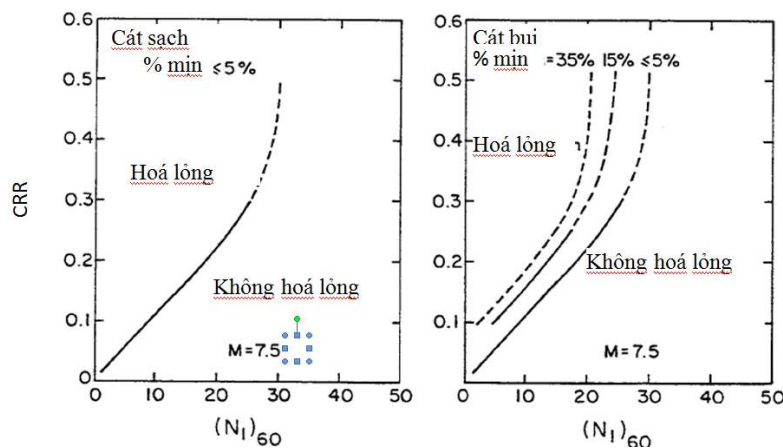
Chỉ số kháng cắt chu kỳ ở các cấp động đất khác nhau được tính theo công thức 5.

$$CRR = CRR_{7,5} \cdot MSF \quad (8)$$

Trong đó: MSF - hệ số hiệu chỉnh cấp động đất ($MSF = 10^{3 \cdot Mw - 3.46}$ khi cấp động đất nhỏ hơn 7; $MSF = 10^{2.24 \cdot Mw - 2.56}$ khi cấp động đất lớn hơn hoặc bằng 7).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Như đã đề cập ở trên, khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh có giá tốc nền là $a_{max} = 0,0848$ g.



Hình 4. Quan hệ giữa tỷ số kháng cắt chu kỳ CRR và giá trị SPT sau hiệu chuẩn với phần trăm nhóm hạt bụi khác nhau (Seed và Alba, 1986).

Tuy nhiên, khu vực này là trung tâm của Thành phố Hồ Chí Minh, với nhiều công trình cao ốc, tổ hợp thương mại, dịch vụ... đã và đang được xây dựng. Đặc biệt, trong quy hoạch không gian ngầm, khu vực này đã và sẽ các tuyến metro chạy qua. Thông thường, tải trọng làm hóa lỏng đất mới chỉ đề cập đến tải trọng động đất. Mặt khác, theo TCVN 9386 : 2012, vì ở khu vực quận 1, thành phố Hồ Chí Minh có nhiều công trình quan trọng nên hệ số tầm quan trọng là 1,25. Thêm nữa, theo phụ lục I của tiêu chuẩn này, đỉnh gia tốc nền với cấp động đất VII từ $0,1 \div 0,15$ g. Do đó, nghiên cứu đã đề xuất các kịch bản $a_{max} = 0,848$ g, $a_{max} = 0,1$ g và $a_{max} = 0,15$ g để nghiên cứu, dự báo nguy cơ hóa lỏng.

Kết quả nghiên cứu ứng với ba kịch bản ở trên được thể hiện trong Bảng 2.

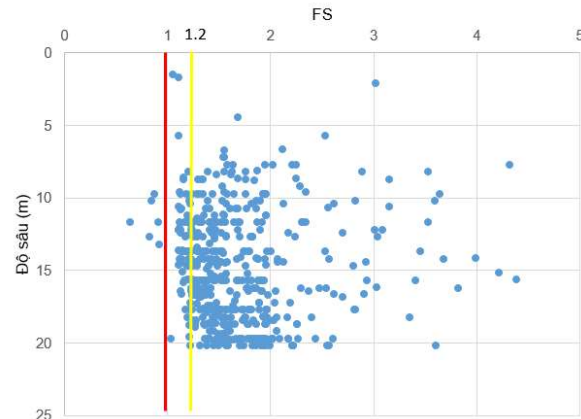
Bảng 2. Kết quả đánh giá hóa lỏng của cát tại khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh với các kịch bản khác nhau.

Vị trí Kết quả	Kịch bản		
	$a_{max} = 0,0848$ g	$a_{max} = 0,1$ g	$a_{max} = 0,15$ g
Số vị trí hóa lỏng	6	42	362
Số vị trí cân bằng với hóa lỏng	46	146	99
Số vị trí không hóa lỏng	478	342	69

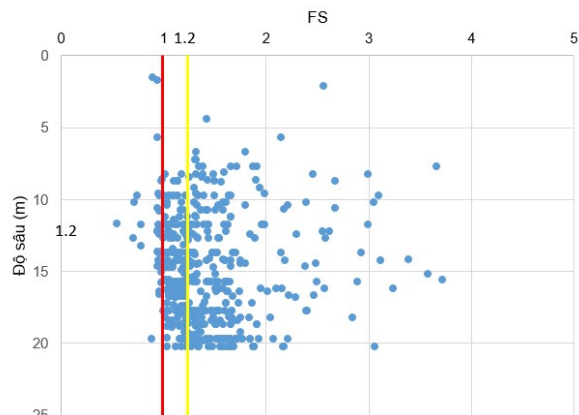
Nghiên cứu đưa ra các biểu đồ quan hệ giữa hệ số hóa lỏng theo độ sâu dựa vào các kịch bản khác nhau sau khi tính toán hệ số an toàn chống hóa lỏng F_s theo độ sâu ở từng hố khoan (các Hình 5÷7).

Dựa vào kết quả nghiên cứu có thể thấy rằng, nếu theo kịch bản $a_{max} = 0,0848$ g, đất ở khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh ít nhạy cảm với hóa lỏng. Điều này có thể giải thích được thông qua giá trị SPT (N_{30}) trung bình. Theo thống kê, giá trị SPT trung bình tại khu vực này là 16 búa. Hơn nữa, yếu tố nước dưới đất cũng ảnh hưởng tới nguy cơ hóa lỏng của cát. Tại một khu vực nếu giá trị SPT nhỏ nhưng mực nước nằm sâu hơn điểm đang xét thì cũng khó có thể xảy ra hóa lỏng.

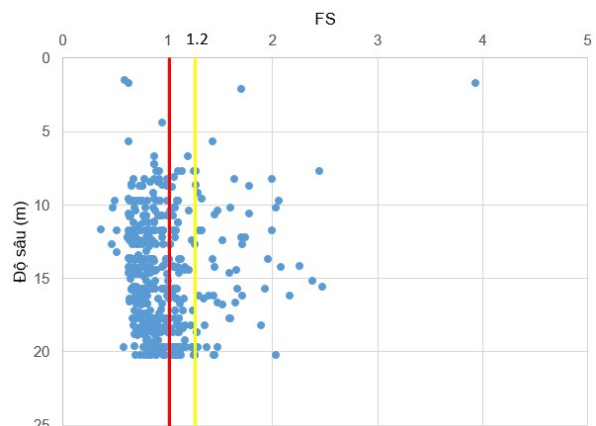
Tuy nhiên, khi kịch bản các trận động đất có sự cộng hưởng của các yếu tố bên ngoài như tàu điện ngầm, móng máy,... số điểm hóa lỏng của cát tại khu vực này tăng từ 6÷42 và 363 vị trí tương ứng với các kịch bản lần lượt $a_{max} = 0,1$ g và $a_{max} =$



Hình 5. Biểu đồ quan hệ giữa hệ số an toàn chống hóa lỏng của cát (F_s) và độ sâu ứng với kịch bản $a_{max} = 0.0848$ g.



Hình 6. Biểu đồ quan hệ giữa hệ số an toàn chống hóa lỏng của cát (F_s) và độ sâu ứng với kịch bản $a_{max} = 0.1$ g.



Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa hệ số an toàn chống hóa lỏng của cát (F_s) và độ sâu ứng với kịch bản $a_{max} = 0.15$ g.

0,15 g. Điều này chứng tỏ mức độ quan trọng của yếu tố tải trọng động tác dụng với nguy cơ hóa lỏng của cát.

Về chiều sâu xảy ra hóa lỏng, với cả ba kịch bản kể trên, trong chiều sâu giới hạn nghiên cứu đều xảy ra hiện tượng hóa lỏng.

4. Kết luận

Dựa trên kết quả nghiên cứu, có thể đưa ra một vài kết luận sau:

- Dựa vào các số liệu thu thập, có thể thấy phần đa cát phân bố ở độ sâu đến 20 m tại khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh là cát có kết cấu chặt vừa, đôi chỗ có kết cấu xốp. Điều này làm cơ sở để đánh giá nguy cơ hóa lỏng của cát tại khu vực này. Mực nước dưới đất nằm khá nông, từ 0,3÷8,5 m. Đây là một trong những yếu tố quyết định đến nguy cơ hóa lỏng của cát.

- Hệ số an toàn chống hóa lỏng của cát và áp lực địa tầng theo độ sâu có xu hướng biến thiên trùng nhau (trong điều kiện các yếu tố khác giống nhau), khi áp lực địa tầng tăng, hệ số an toàn hóa lỏng tăng. So với các nghiên cứu trước, quan điểm này phù hợp với các nghiên cứu trước đây (Idriss và Seed, 1971; Bùi và nnk., 2014b).

- Qua nghiên cứu đã đánh giá nguy cơ hóa lỏng của cát ở khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh với các kịch bản khác nhau, có thể thấy rằng, với kịch bản chỉ có động đất xảy ra với $a_{max} = 0,0848$ g thì có ít điểm hóa lỏng xảy ra ở khu vực này. Tuy nhiên, đối với các kịch bản cao hơn, số điểm hóa lỏng xảy ra ngày càng nhiều, đặc biệt với kịch bản $a_{max} = 0,15$ g.

- Theo kết quả nghiên cứu, hóa lỏng xảy ra với các kịch bản $a_{max} = 0,1$ g và $a_{max} = 0,15$ g từ mặt đất tới độ sâu 20 m. Với độ sâu này, hơn một nửa số điểm tại khu vực nghiên cứu có trị số SPT <20.

5. Lời cảm ơn

Nghiên cứu này là một phần trong đề tài cơ sở mã số T22-26. Qua đó, nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã tài trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

Đóng góp của các tác giả

Nguyễn Văn Hùng - thực hiện công tác thu thập tài liệu, xử lý số liệu, viết báo cáo; Bùi Trường Sơn, Nguyễn Thị Nụ, Võ Nhật Luân, Võ Thị Công Chính, Nguyễn Tuấn Đạt - xử lý số liệu.

6. Tài liệu tham khảo

- Andrus, R. D., & Stokoe II, K. H. (2000). Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 126(11), 1015-1025.
- Bùi, V. B. (2014a). Nghiên cứu khả năng hóa lỏng của cát hệ tầng Thái Bình ($a_{Q_2^3 tb}$) ở khu vực Hà Nội. *Luận văn thạc sĩ kỹ thuật*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- Bùi, V. B., Nguyễn, T. D., Phùng, H. H., Nguyễn, V. H. (2014b). Nghiên cứu ảnh hưởng của tần số và áp lực hông đến khả năng hóa lỏng của cát hệ tầng Thái Bình dưới ($a_{Q_2^3 tb_1}$) bằng thí nghiệm 3 trục chu kỳ, *Báo cáo hội nghị khoa học Trường Đại học Mỏ - Địa chất lần thứ 21*.
- Ishihara, K., & Yoshimine, M. (1992). Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes. *Soils and foundations*, 32(1), 173-188.
- Lê, T. T. (2014). *Nghiên cứu tính chất cơ học động của một số loại đất nền khu vực Hà Nội*. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ.
- Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Nam, (2010). Biên hội bản đồ địa chất, bản đồ địa chất thủy văn và bản đồ địa chất công trình Thành phố Hồ Chí Minh, tỷ lệ 1/50.000.
- Marcuson, W. F., III, (1978). Definition of Terms Related to Liquefaction. *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*.
- Mogami, T., and K. Kubo, (1953). The behavior of soils during vibration. *Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Zurich, Switzerland, Vol. 1, pp. 152-155.
- Nguyễn, T. D. (2014). Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần hạt đến khả năng hóa lỏng của cát phân bố ở khu vực nội thành Hà Nội. *Luận văn thạc sĩ kỹ thuật*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- Nguyễn, T. N., Bùi, T. S. (2020). Các hệ số đánh giá khả năng hóa lỏng của cát xác định từ kết quả thí nghiệm SPT. Áp dụng cho đất loại cát tại khu vực Quảng Trị. *ERSD 2020- Khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững*, 70-77.

- Nguyễn, V. H., Võ, N. L., Bùi, V. B., Phùng, H. H., Nguyễn, T. S. (2021). Nghiên cứu đặc điểm địa kỹ thuật của phức hệ thạch học cát nguồn gốc sông biển Pleistocene trên $am^sQ_1^3$ tại khu vực Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh phục vụ xây dựng công trình ngầm đô thị. *Kỷ yếu hội nghị khoa học toàn quốc ACEA - VIETGEO 2021*, trang 100-109.
- Seed, H. B., & Idriss, I. M. (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations division*, 97(9), 1249-1273.
- Silver, M. L., & Seed, H. B. (1971). Volume changes in sands during cyclic loading. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(9), 1171-1182.
- TCVN 9386 : 2012 - Thiết kế công trình chịu động đất.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1948). Soil mechanics. Engineering Practice. *John Wiley and Sons, Inc.*, New York.
- Tokimatsu, K., & Seed, H. B. (1987). Evaluation of settlements in sands due to earthquake shaking. *Journal of geotechnical engineering*, 113(8), 861-878.
- Võ, P., Nguyễn, Đ. H. (2016). Đánh giá sức chịu tải của nền cát hóa lỏng dưới móng bè. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Mỏ TP. Hồ Chí Minh*, 11(1), 84-95.
- Zhang, G., Robertson, P. K., & Brachman, R. W. (2002). Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground. *Canadian Geotechnical Journal*, 39(5), 1168-1180.