

KHẢ NĂNG HÓA LỎNG TRONG NỀN CÁT CHO ỔN ĐỊNH NỀN CÔNG TRÌNH TÍNH BÌNH ĐỊNH

HỨA THÀNH THÂN*
Trường Đại học Quang Trung

TÓM TẮT

Nội dung bài báo là tính toán khả năng kháng lỏng của nền cát có xét đến ảnh hưởng tiềm năng hóa lỏng do động đất theo các phương pháp. Phương pháp Benouar cho giá trị hệ số kháng hóa lỏng nhỏ nhất ứng với từng cấp động đất và nhỏ hơn 1. Từ đó, tính toán độ chênh lệch mật độ ΔD_r , hệ số rỗng Δe_i , hệ số nhớt η theo độ sâu trong đất cát hóa lỏng cho từng cấp động đất.

Từ khóa: Cát, biến dạng thể tích hạt, hệ số nhớt, thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, động đất.

ABSTRACT

Liquefaction Capacity in Sand Foundation for the Construction in Binh Dinh Province

The article is about the liquefaction capacity calculation of sand foundation according to some methods relating to the affection of liquefaction potential during earthquakes. The liquefaction safety values of sand according to Benouar method is the smallest values and smaller than 1. From that, the correlation is established between the difference for density ΔD_r , void ratio Δe_i and apparent viscosity η with depth in liquefaction sand foundation for earthquake level.

Keywords: Sand, volumetric strain, apparent viscosity, standard penetration test (SPT), earthquakes.

1. Đặt vấn đề

Sau tai biến động đất hình thành những khu vực trời lên trụi xuống trên diện rộng, phá vỡ kết cấu khung đất, hư hỏng công trình kiến trúc hạ tầng - thượng tầng, hiện tượng hóa lỏng đất nền xuất hiện do kết quả của việc tạo ra áp lực nước thắng dư. Một số trận động đất trên thế giới như Niigata Nhật Bản (1964, $M_s = 7,3$, $M_w = 7,5$), Alaska Mỹ (1964, $M_s = 8,4$, $M_w = 9,2$), China (1976, $M_s = 8,0$, $M_w = 7,5$) [4], Tokyo Nhật Bản (2011, $M_w = 8,9$ độ richter) [9], ở Việt Nam có một số trận động đất tiêu biểu như Điện Biên (1935, $M_w = 6,7$) đứt gãy sông Mã và Tuần Giáo (1983, $M_w = 6,8$) đứt gãy Sơn La gây ra độ sâu chấn tiêu $h = 23 \text{ km} \div 25 \text{ km}$, Vũng Tàu - Phan Thiết (2007, $M_w = 5,3$ và 2011, $M_w = 4,7$) ảnh hưởng rung động đến thành phố Hồ Chí Minh,...

(a)

(b)



Hình 1. (a) Luồng ánh sáng trước khi xảy ra động đất; (b) Động đất Anchorage Alaska Mỹ (1964)

*Email: huathan020608@gmail.com

Ngày nhận bài: 12/3/2018; Ngày nhận đăng: 20/8/2018

Một số tác giả đã phân tích hệ số kháng lỏng FS_{lip} theo tỷ số chỉ số ứng suất cắt tuần hoàn (CRR) và chỉ số ứng suất cắt tuần hoàn (SCR) của đất hóa lỏng bị động đất (Seed 1985) [7], (Ishuhara 1993) [1], (Dixit 2012) [6] hoặc hệ số kháng lỏng F_L theo tỷ số ứng suất cắt trong quá trình động đất L và tỷ số sức kháng cắt động R (Yasuda 1980) [16], (Benouar 1992) [3], (JRA 2002) [3] nhằm để đánh giá đất nền có bị hóa lỏng sau khi động đất.

Đánh giá về thành phần mật độ chặt D_r , giá trị hiệu chỉnh năng lượng SPT $N_{1,60}$, $N'_{1,60}$, hệ số rỗng e của cát xen kẹp (J. Dixit, D. M. Dewaikar, R. S. Jangid 2012) [6], (Bengt H. Fellenius 2009) [2], (Boulanger 2006) [11], biến dạng thể tích hạt ε_v khi nền đất hóa lỏng (Shamoto 1996) [17], hệ số nhớt động học hóa lỏng η với chỉ số ứng suất cắt tuần hoàn CSR (Zhang et al 2016) [20], hệ số nhớt động học hóa lỏng η với hệ số xác suất hóa lỏng P_L theo kết quả xuyên tĩnh côn (CPT) và xuyên tiêu chuẩn (SPT) (Hứa Thành Thân 2018) [8].

Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 9386-2012 [15] cho công trình chịu động đất và TCVN 10304-2014 [14] cho móng cọc có đề cập đến ứng suất cắt tuần hoàn do động đất τ_e , nguy cơ hóa lỏng, biểu đồ thực nghiệm quan hệ giữa CRR với giá trị SPT $N_{1,60}$,... chưa nói rõ tính giá trị SPT $N'_{1,60}$, hướng dẫn cách xác định hệ số đánh giá hóa lỏng FS_{lip} , cách cải thiện nền đất, hệ số nhớt động học η sau khi nền bị hóa lỏng.

Hiện nay, tỉnh Bình Định có nhiều công trình nhà cao tầng đã thi công, sử dụng hệ thống móng là móng nông hay móng cọc,... để gia cố nền đất. Nền địa chất ở khu vực này, chiều dày lớp cát hạt trung khá dày và ở giữa lớp địa tầng này có xen kẹp lớp thấu kính bùn hữu cơ khoảng $2m \div 4m$, việc tính toán dự báo sức chịu tải cho hệ thống móng vẫn dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT), không xét ảnh hưởng hóa lỏng do động đất,...

Bài báo này là tính toán ổn định nền đất hạt rời cho công trình nhà cao tầng tại thành phố Quy Nhơn tỉnh Bình Định có xét đến ảnh hưởng hóa lỏng đất nền chịu từng cấp động đất theo chiều sâu.

2. Cơ sở lý thuyết tính toán

2.1. Hệ số kháng lỏng FS_{lip} cho đất nền

$$FS_{lip} = \frac{CRR}{CSR} \quad (1)$$

Trong đó: $FS_{lip} < 1$ - hóa lỏng đất nền; CRR - chỉ số ứng suất cắt tuần hoàn của đất hóa lỏng do động đất khi $M_w = 7,5$; CSR - chỉ số ứng suất cắt tuần hoàn của đất hóa lỏng do động đất.

2.1.1. Hệ số kháng lỏng của đất theo Seed (1985) [7]

Theo (Seed và Idriss 1971) [17], CSR được xác định:

$$CSR = \frac{[\tau_h]_{av}}{\sigma'_0} = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot r_d \cdot \left(\frac{\sigma_0}{\sigma'_0} \right) \quad (2)$$

Trong đó: $[\tau_h]_{av}$ - ứng suất cắt tuần hoàn trung bình; a_{max} - gia tốc cực đại tại mặt đất (m/s^2); σ'_0 - áp lực lớp phủ hiệu ứng ban đầu trên lớp cát được xét đến (Mpa); σ_0 - áp lực lớp phủ toàn phần trên lớp cát được xét đến (Mpa); g - gia tốc trọng trường (m/s^2), $g = 9,81$ (m/s^2);

r_d - nhân tố giảm ứng suất thay đổi phụ thuộc độ sâu z và môi trường theo công thức
 $r_d = 1,0 - 1,60 \cdot 10^{-6} \cdot (z^4 - 42 \cdot z^3 + 105 \cdot z^2 - 4200 \cdot z)$.

Giá trị xuyên tiêu chuẩn $N_{1,60}$:

$$N_{1,60}' = 1,29 \cdot C_N \cdot ER_m \cdot N_{NY} / 60 \quad (3)$$

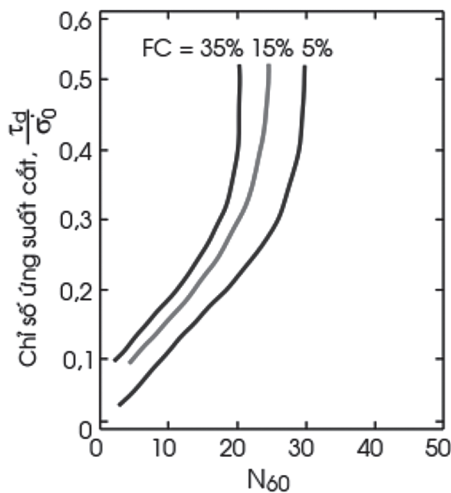
Trong đó: C_N - hệ số hiệu chỉnh bề mặt đất; $C_N = 9,78 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sigma_v'}} \leq 2$ với σ_v' (kN/m²) (Liao

và Whitman, 1985); ER_m - hệ số hiệu chỉnh năng lượng (60%), $ER_m = 50 \div 78$; N_{NY} - giá trị hiệu chỉnh kháng bề mặt, $N_{NY} = 5 \div 15$.

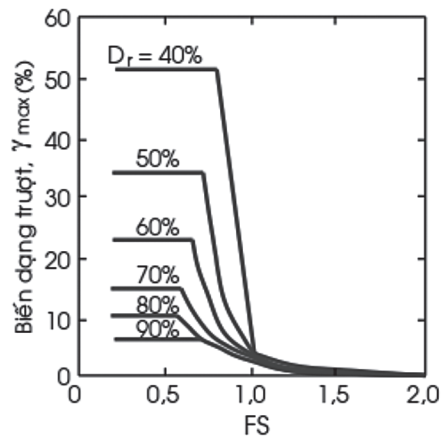
- Nếu hàm lượng hạt mịn $FC < 30\%$ thì $N_{1,60} = N_{1,60}'$.

- Nếu hàm lượng hạt mịn $FC \geq 30\%$ thì $N_{1,60} = N_{1,60}' \cdot \beta$ với β - chỉ số, lấy $\beta = 1,0 \div 2,0$.

Xác định chỉ số $CRR = \frac{[\tau_h]_{req}}{\sigma_0} = f(N_{1,60})$ tra ở hình 2.



Hình 2. Đường cong quan hệ chỉ số ứng suất cắt, độ sạch $FC(\%)$ và giá trị SPT N_{60} (Seed, Tokimastu và Yoshimi 1983) [7]



Hình 3. Quan hệ biến dạng trượt $\gamma_{max} (\%)$ với hệ số an toàn FS và mật độ D_r (Zhang 2004) [13]

2.1.2. Hệ số kháng lỏng của đất theo Ishuhara (1993) [1]

Xác định chỉ số ứng suất cắt tuần hoàn (CSR) của đất hóa lỏng do động đất tính như mục 2.1.1.

Xác định chỉ số kháng cắt tuần hoàn (CRR) của đất hóa lỏng do động đất ở cấp độ động đất bất kỳ:

$$CRR = CRR_{M=7,5} \cdot MSF \quad (4)$$

$CRR_{M=7,5}$ - chỉ số kháng cắt tuần hoàn ở cấp chấn động đất $M = 7,5$;

MSF - hệ số nhân cho các cấp động đất.

Theo Robertson và Fear (1996) xác định $CRR_{M=7,5}$ với $N_{1,60} \leq 30$:

$$100 \cdot CRR_{M=7,5} = \frac{95}{34 - N_{1,60}} + \frac{N_{1,60}}{1,3} - \frac{1}{2} \quad (5)$$

$$N_{1,60}' = N_{SPT} \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_s \cdot C_R \quad (6)$$

Trong đó: C_N - hệ số hiệu chỉnh bề mặt đất, $C_N = 9,78 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sigma_v'}} \leq 2$ với σ_v' (kN/m²) (Liao

và Whitman, 1985); C_E - hệ số hiệu chỉnh năng lượng búa rơi, $C_E = ER/60 = 1,12 \div 1.3$ (Nhật); $C_E = 0,75 \div 1,00$ (Mỹ); C_B - hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào đường kính d lỗ khoan thiết bị SPT, giá trị này được Robertson và Fear đề nghị: $d = 65\text{mm} \div 115\text{mm}$ thì $C_B = 1,00$; $d = 150\text{mm}$ thì $C_B = 1,05$ còn $d = 200\text{mm}$ thì $C_B = 1,15$; C_s - hệ số sử dụng thiết bị, lấy $C_s = 1$; C_R - hệ số hiệu chỉnh thanh cần khoan, khi $z \leq 3\text{m}$ thì $C_R = 0,75$; khi $3\text{m} < z < 9\text{m}$ thì $C_R = (15 + z)/24$ còn khi $z \geq 9\text{m}$ thì $C_R = 1,0$. Khi $N_{1,60} > 30$ nền đất không hóa lỏng.

Khi $FC \leq 5\%$ thì $\Delta N_{1,60} = 0,0$; Khi $5 < FC < 35\%$ thì $\Delta N_{1,60} = 7 \cdot (FC - 5)/30$; Khi $FC \geq 35\%$ thì $\Delta N_{1,60} = 7,0$.

$$\text{Giá trị } N_{1,60} \text{ được tính: } N_{1,60} = N_{1,60}' + \Delta N_{1,60} \quad (7)$$

Xác định hệ số cấp chấn động đất MSF [2] như sau:

$$\text{Khi } M_w < 7,0 \text{ thì } MSF = 10^{3,00} \cdot M_w^{-3,46} < 3,0 \quad (8.a)$$

$$\text{Khi } M_w \geq 7,0 \text{ thì } 0,8 < MSF = 10^{2,24} \cdot M_w^{-2,56} < 1,5 \quad (8.b)$$

2.1.3. Hệ số kháng lỏng của đất theo Dixit (2012) [6]

Chỉ số ứng suất cắt tuần hoàn (CSR) của đất hóa lỏng do động đất (I. M. Idriss và R.W. Boulanger 2006) [12]:

$$CSR = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_0'}{\sigma_0} \right) \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF} \cdot \frac{1}{K_\sigma} \quad (9)$$

Trong đó: 0,65 - hệ số trọng lượng quan hệ giữa vòng tròn lập ứng suất khi có áp lực nước lỗ rỗng trong quá trình động đất; $a_{\max}$ - gia tốc cực đại phương ngang tại mặt đất (m/s²); σ_0' - áp lực lớp phủ hiệu ứng ban đầu trên lớp cát được xét đến (Mpa); σ_0 - áp lực lớp phủ toàn phần trên lớp cát được xét đến (Mpa); g - gia tốc trọng trường (m/s²), $g = 9,81$ (m/s²); r_d - nhân tố giảm ứng suất thay đổi phụ thuộc độ sâu và môi trường, (m); MSF - hệ số tỷ lệ cấp động đất; K_σ - hệ số hiệu chỉnh quá tải trong đất. Giá trị r_d được xác định như sau:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M_w]; \quad \alpha(z) = -1,012 - 1,126 \cdot \sin\left(\frac{z}{11,73} + 5,133\right);$$

$$\beta(z) = -0,106 + 0,118 \cdot \sin\left(\frac{z}{11,28} + 5,142\right); \quad M_w - \text{cấp động đất; độ sâu } z \leq 34\text{m}.$$

$$MSF - \text{hệ số tỷ lệ động đất khi } M_w < 7,5 \text{ với: } MSF = 6,9 \cdot \exp\left(\frac{-M_w}{4}\right) - 0,058 \leq 1,8$$

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \cdot \ln\left(\frac{\sigma_v'}{p_a}\right) \leq 1,0; \quad C_\sigma = \frac{1}{18,9 - 17,3 \cdot D_r} = \frac{1}{18,9 - 2,5507 \cdot \sqrt{N_{1,60}}} \leq 0,3; \quad p_a - \text{áp}$$

suất khí quyển bằng 100 kPa; độ chặt đất cát $D_r = \sqrt{\frac{N_{1,60}}{46}}$.

Xác định chỉ số kháng cắt tuần hoàn (CRR) của đất hóa lỏng do động đất ở cấp độ động đất bất kỳ:

$$CRR = \exp \left\{ \frac{N'_{1,60}}{14,1} + \left(\frac{N'_{1,60}}{126} \right)^2 - \left(\frac{N'_{1,60}}{23,6} \right)^3 + \left(\frac{N'_{1,60}}{25,4} \right)^4 - 2,8 \right\} \quad (10)$$

$$\text{Giá trị } N'_{1,60} \text{ được tính: } N_{1,60}' = N_{1,60} + \Delta N_{1,60} \quad (11)$$

$$N_{1,60} = N_{SPT} \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_s \cdot C_R \quad (12)$$

Trong đó: C_N - hệ số hiệu chỉnh bề mặt đất, $C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma_0'} \right)^\alpha \leq 1,7$ với σ_0' (kN/m²), $p_a = 100$

(kN/m²), $\alpha = 0,784 - 0,0768 \cdot \sqrt{N_{1,60}} \leq 0,5$; C_E - hệ số hiệu chỉnh năng lượng búa rơi, $C_E = ER/60 = 1,12 \div 1,3$ (Nhật); $C_E = 0,75 \div 1,00$ (Mỹ); C_B - hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào đường kính lỗ khoan thiết bị SPT, giá trị này được Robertson và Fear đề nghị: $d = 65\text{mm} \div 115\text{mm}$ thì $C_B = 1,00$; $d = 150\text{mm}$ thì $C_B = 1,05$ còn $d = 200\text{mm}$ thì $C_B = 1,15$; C_s - hệ số sử dụng thiết bị, lấy $C_s = 1$; C_R - hệ số hiệu chỉnh thanh cần khoan, khi $z \leq 3\text{m}$ thì $C_R = 0,75$; khi $3\text{m} < z < 10\text{m}$ thì $C_R = (15 + z)/24$ còn khi $z \geq 10\text{m}$ thì $C_R = 1,0$.

$$\Delta N'_{1,60} = \exp \left(1,63 + \frac{9,7}{FC + 0,1} - \left(\frac{15,7}{FC + 0,1} \right)^2 \right) \quad (13)$$

$$\rightarrow FS_{lip} = \frac{CRR_{M=7,5}}{CSR_{M=7,5;\sigma_v'=1}} \cdot MSF \quad (14)$$

2.2. Hệ số kháng lỏng F_L cho đất nền

$$F_L = \frac{R}{L} \quad (15)$$

Trong đó: $F_L < 1$ - hóa lỏng đất nền; L - tỷ số ứng suất cắt do động đất; R - tỷ số sức kháng cắt do động đất.

2.2.1. Hệ số kháng lỏng của đất theo Yasuda (1980) [18]

Tỷ ứng suất cắt đất L do hậu quả của động đất:

$$L = K_h \cdot \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_0'} \right) \cdot r_d \quad (16)$$

Trong đó: K_h - hệ số động đất phương ngang với cấp động đất, $K_h = a_{\max}/g$ khi công trình cách tâm chấn khoảng 100 km; $a_{\max}$ - gia tốc cực đại tại mặt đất (m/s²); σ_0' - áp lực lớp phủ hiệu ứng ban đầu trên lớp cát được xét đến (Mpa); σ_0 - áp lực lớp phủ toàn phần trên lớp cát được xét đến (Mpa); g - gia tốc trọng trường (m/s²), $g = 9,81$ (m/s²); r_d - nhân tố giảm ứng suất thay đổi phụ thuộc độ sâu và môi trường, (m) với $r_d = 1,0 - 0,15 \cdot z$ với z độ sâu (m).

Tỷ số sức kháng cắt động R của đất chống lại chấn rung:

$$R = 0,0882 \cdot \sqrt{\frac{N}{\sigma'_o + 0,7}} + 0,25 \cdot \log_{10} \left(\frac{0,35}{D_{50}} \right) \text{ khi } 0,04 \text{ mm} < D_{50} \leq 0,6 \text{ mm} \quad (17.a)$$

$$R = 0,0882 \cdot \sqrt{\frac{N}{\sigma'_o + 0,7}} - 0,05 \text{ khi } 0,6 \text{ mm} < D_{50} \leq 1,5 \text{ mm} \quad (17.b)$$

Trong đó: N - giá trị đo được N_{SPT} từ thí nghiệm; D₅₀ - Kích cỡ hạt trung bình của 50% lọt rây (D₅₀).

2.2.2. Hệ số kháng lỏng của đất theo Benouar (1992) [3]

Thời gian truyền sóng mặt T (Kramer 1996) như sau:

$$T = 4 \cdot \sum t_i = 4 \cdot \sum \frac{l_i}{V_{si}} \quad (18)$$

Trong đó: t_i - thời gian truyền sóng mặt từng lớp đất (s); l_i - độ dày lớp đất thứ i, (m); V_{si} - vận tốc sóng địa chấn lớp đất thứ i, (m/s);

$V_{si} = 97 \cdot N_i^{0,314}$ theo T. Imai và M. Yoshiziwa (1975); N_i - giá trị SPT trung bình của lớp đất thứ i; từ đó T được tính như sau:

$$\rightarrow T = 0,041 \cdot \sum l_i / N_i^{0,314} \quad (19)$$

Theo phương pháp của Kanail, hệ số khuếch đại động học DAF được tính:

$$DAF = 1 + \frac{\sqrt{T}}{0,3} = 1 + 0,674 \cdot \sqrt{\sum l_i / N_i^{0,314}} \quad (20)$$

Tỷ ứng suất cắt đất L do hậu quả của động đất:

$$L = \frac{a_{\max} \cdot DAF}{g} \cdot \left(\frac{\sigma'_o}{\sigma_0} \right) \cdot (1 - 0,15 \cdot z) \quad (21)$$

Trong đó: a_{max} - gia tốc cực đại tại mặt đất (m/s²); σ'_o - áp lực lớp phủ hiệu ứng ban đầu trên lớp cát được xét đến (Mpa); σ₀ - áp lực lớp phủ toàn phần trên lớp cát được xét đến (Mpa); g - gia tốc trọng trường (m/s²), g = 9,81 (m/s²); r_d - nhân tố giảm ứng suất thay đổi phụ thuộc độ sâu và môi trường, (m) với r_d = 1,0 - 0,15.z với z độ sâu (m).

Tỷ số sức kháng cắt động R của đất chống lại chấn rung tính như mục 2.2.1.

Do đó, hệ số kháng hóa lỏng F_L xác định như sau:

$$F_L = \frac{R}{L} = \frac{g}{a_{\max} \cdot DAF} \cdot \left(0,0882 \cdot \sqrt{\frac{N}{\sigma'_o + 0,7}} + \Delta R \right) \cdot \frac{\sigma'_o}{\sigma_0} \cdot \frac{1}{(1 - 0,15 \cdot z)} \quad (22)$$

ΔR - phụ thuộc vào đường kính hạt qua sàng D₅₀.

2.2.3. Hệ số kháng lỏng của đất theo Japan Road Association (JRA) (2002) [3]

Tỷ ứng suất cắt đất L do hậu quả của động đất tính như mục 2.2.1.

Tỷ số sức kháng cắt động R của đất chống lại chấn rung:

$$R = 0,0882 \cdot \sqrt{\frac{N_a}{1,7}} \text{ khi } N_a < 14 \text{ hoặc} \quad (23.a)$$

$$R = 0,0882 \cdot \sqrt{\frac{N_a}{1,7}} + 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4,5} \text{ khi } N_a \geq 14 \quad (23.b)$$

Trong đó:

$$N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2 \text{ và } N_1 = \frac{1,7 \cdot N}{\sigma'_o + 0,7}; 0\% \leq FC < 10\% \text{ thì } c_1 = 1; 10\% \leq FC < 60\% \text{ thì}$$

$$c_1 = \frac{FC + 40}{50}; FC \geq 60\% \text{ thì } c_1 = \frac{FC}{20} - 1; 0\% \leq FC < 10\% \text{ thì } c_2 = 0; FC \geq 10\% \text{ thì}$$

$$c_2 = \frac{FC - 10}{18}; N - \text{ giá trị đo được } N_{SPT} \text{ từ thí nghiệm; } N_a; N_1 - \text{ giá trị hiệu chỉnh } N_{SPT} \text{ từ thí}$$

nghiệm, lấy bằng 60%; FC - hàm lượng hạt mịn có $d < 0,075 \text{ mm}$, (%).

2.3. Biến dạng thể tích hạt ε_v khi nền đất hóa lỏng theo Shamoto (1996) [19]

Theo Shamoto (1995a, 1996a) [19] sự thay đổi thể tích của đất cát sau khi hóa lỏng thông qua quan hệ nén R_c và hệ số rỗng e_i :

$$R_c = \frac{\Delta e}{(e_i - e_{\min})} (\%) \quad (24)$$

Trong đó: e_i - hệ số rỗng ban đầu; $e_{\min}$ - hệ số rỗng nhỏ nhất; Δe - chỉ số rỗng tăng thêm. Ngoài ra, Shamoto cũng tìm ra mối quan hệ giữa R_c và biến dạng trượt lớn nhất $\gamma_{\max}$ khi thí nghiệm 5 mẫu cát với độ chặt $D_r = 20\% \div 90\%$ theo phép toán:

$$R_c = R_0 \cdot \gamma_{\max}^n \quad (25)$$

Trong đó: R_0 - hệ số nén ban đầu, $R_0 = 3,69$; n - hệ số mũ, $n = 0,725$; $\gamma_{\max}$ thấy ở hình 3.

Biến dạng thể tích rỗng ε_v của cát khi vượt hóa lỏng:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\Delta e}{1 + e_i} = R_0 \cdot \frac{e_i - e_{\min}}{1 + e_i} \cdot \gamma_{\max}^n \quad (26)$$

Trong đó: D_r - độ chặt hạt cát, $D_r = 16 \cdot \sqrt{N_a}$; $e_{\max}$, $e_{\min}$ - hệ số rỗng lớn nhất, nhỏ nhất; FC - độ sạch của cát. Quan hệ như sau: $e_{\max} = 0,02 \cdot FC + 1,0$; $e_{\min} = 0,008 \cdot FC + 0,6$; $e_i = e_{\max} - (e_{\max} - e_{\min}) \cdot D_r$ theo Tukimatsu và Yoshimi (1982), Hiram (1991).

2.4. Hệ số nhớt η hóa lỏng theo Zhang et al (2016) [20]

$$\eta = \frac{0,65 \cdot V_s \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot (A_1 - A_2) \cdot (E - 1) - d_\gamma \cdot V_s^{-3} \cdot (A_2 \cdot E + A_1 - A_2)}{2 \cdot g \cdot d_\gamma \cdot E \cdot k \cdot (A_2 \cdot E + A_1 - A_2)} \quad (27)$$

Trong đó: V_s - vận tốc sóng mặt của đất, $V_s = 97 \cdot N_i^{0,314}$ (Imai, I, 1975); $A_1 = 0,928$; $A_2 = 0,027$; $\gamma_0 = 0,061$ và $d_\gamma = 0,008$ là hệ số mô hình; k - hệ số hiệu chỉnh của ứng suất có hiệu và chiều sâu của đất; ρ - dung trọng riêng tự nhiên của đất (kg/m^3).

$$E = 1 + e^{\frac{\gamma_c - \gamma_0}{d_\gamma}} ; k = 100 \cdot \frac{\sigma_v'}{\sigma_{v0}} ; \gamma_c = \frac{0,65 \cdot a_{\max} \cdot \sigma_0 \cdot r_d}{g \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot \left(\frac{G}{G_{\max}} \right)^{\gamma_c}} ; \left(\frac{G}{G_{\max}} \right)^{\gamma_c} = A_2 + \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{\frac{d_\gamma - \gamma_0}{d_\gamma}}}$$

3. Kết quả thí nghiệm và thiết lập tương quan

3.1. Kết quả thí nghiệm

Công trình Plaza Quy Nhơn, hạng mục Nhà ở dân dụng 9 tầng, số 10-12-14-16 Đô Đốc Bảo, phường Trần Phú, Quy Nhơn, Bình Định [5] theo bảng 1.

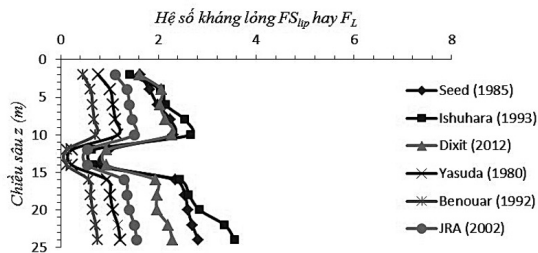
Bảng 1. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý đất nền - Công trình Plaza Quy Nhơn (9 tầng)

Lớp đất	h (m)	SPT N ₃₀	γ_w (T/m ³)	ϕ (độ)	c (T/m ²)	p _c (T/m ²)	f _s (T/m ²)	Loại đất
1	0 ÷ 10	8 ÷ 16	1,73	29	-	2400	226,7	Cát hạt trung
2	11 ÷ 13	2	1,72	4	1,0	300	75	Bùn cát pha hữu cơ
3	14 ÷ 24	10 ÷ 20	1,73	30	-	3100	300	Cát hạt trung
4	> 24	25	1,85	16	2,2	2000	190	Sét pha
Mức nước ngầm sâu 2,5 mét								

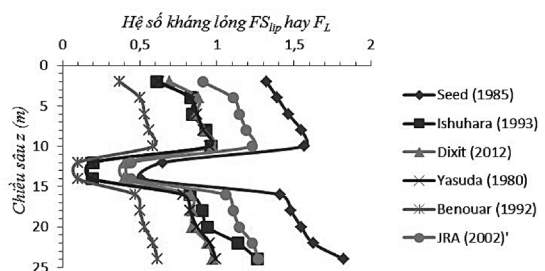
Địa điểm công trình thuộc thành phố Quy Nhơn tỉnh Bình Định, theo TCVN 9386-2012 [15], gia tốc nền bề mặt đất lớn nhất cho nền loại A theo phương ngang là $a_{\max} = 0,0941$. g và vùng công trình tương ứng động đất cấp M = 6,5.

3.2. Thiết lập tương quan

3.2.1. Đánh giá hệ số hóa lỏng đất nền theo các phương pháp với từng cấp động đất



Hình 4. Quan hệ giữa FS_{lip} hay F_L với chiều sâu z khi M = 6,5



Hình 5. Quan hệ giữa FS_{lip} hay F_L với chiều sâu z khi M = 8,0

Đối với M = 6,5 giá trị hệ số kháng hóa lỏng theo phương pháp Ishuhara cho giá trị lớn nhất còn phương pháp Benouar cho giá trị nhỏ nhất và nhỏ hơn 1, các phương pháp còn lại cho kết quả giá trị hệ số kháng hóa lỏng lớn hơn 1 (hình 4). Giá trị hệ số kháng hóa lỏng càng lớn khi chỉ số SPT $N_{1,60}$ càng lớn, tức độ chặt D_r càng lớn. Lớp đất bùn cát hữu cơ có hệ số kháng

hóa lỏng nhỏ hơn 1 tính theo các phương pháp. Khi $M = 8,0$ giá trị hệ số kháng hóa lỏng tính theo phương pháp Seed cho giá trị lớn nhất, phương pháp Benouar giá trị nhỏ nhất và nhỏ hơn 1 (hình 5).

Bảng 2. Chênh lệch hệ số kháng hóa lỏng FS_{lip} (%) hay F_L (%) cho $M = 6,5 - 8,0$

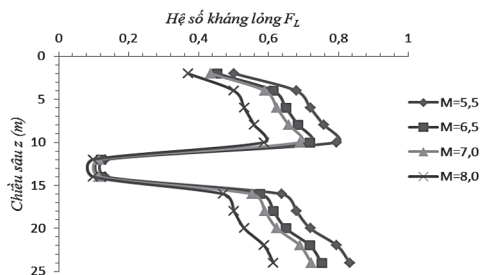
Chiều sâu z (m)	Seed (1985)	Ishuhara (1993)	Dixit (2012)	Yasuda (1980)	Benouar (1992)	JRA (2002)
2	19,14	57,07	57,28	18,31	18,31	18,31
4	23,34	59,30	57,28	18,31	18,31	18,31
6	26,39	60,92	57,28	18,31	18,31	18,31
8	31,01	63,37	57,28	18,31	18,31	18,31
10	32,00	63,90	57,28	18,31	18,31	18,31
12	34,73	69,50	57,28	18,31	18,31	18,31
14	39,28	71,22	57,28	18,31	18,31	18,31
16	39,74	66,04	57,28	18,31	18,31	18,31
18	41,72	65,55	57,28	18,31	18,31	18,31
20	40,54	66,93	57,28	18,31	18,31	18,31
22	39,64	66,14	57,28	18,31	18,31	18,31
24	35,26	64,52	57,28	18,31	18,31	18,31

Khi tăng cấp động đất làm cho gia tốc mặt a_{max} theo phương ngang tăng từ $a_{max} = 0,0941g \rightarrow 0,1152g$, hiện tượng hóa lỏng nền đất xảy ra cho phương pháp Dixit, Ishuhara, Yasuda và Benouar, còn phương pháp JRA, Seed thì nền vẫn ổn định, tức có hệ số kháng lỏng hai phương pháp này vẫn lớn hơn 1. Chênh lệch giá trị hệ số kháng lỏng cho trong các phương pháp có khác nhau, cụ thể độ chênh lệch giá trị hệ số kháng là $19,14\% \div 41,72\%$ (Seed); $57,07\% \div 71,22\%$ (Ishuhara); $57,28\%$ (Dixit) và $18,31\%$ (Yasuda, Benouar, JRA) theo bảng 2.

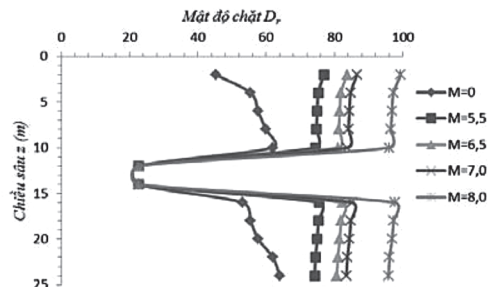
Phương pháp đánh giá hệ số kháng lỏng của đất theo Benouar (1992) cho kết quả nền đất cát bị hóa lỏng nhanh nhất, tức là $F_L \leq 1$ khi đất nền bị động đất ở cấp $M = 5,5$; $M = 6,5$; $M = 7,0$ hay $M = 8,0$ (hình 6).

Độ chênh lệch hệ số kháng lỏng đất nền ΔFS_{lip} từ $0,27 \div 0,50$ ($M = 5,5$); $0,25 \div 0,75$ ($M = 6,5$); $0,28 \div 0,57$ ($M = 7,0$) và $0,29 \div 0,63$ ($M = 8,0$) và giá trị chênh lệch này giảm dần theo chiều sâu. Tại độ sâu nằm trong vùng thấu kính thì độ chênh lệch hệ số kháng lỏng lớn, tức vùng này cải thiện nền rất khó vì trị số xuyên tiêu chuẩn vẫn rất nhỏ sau khi hiệu chỉnh đất nền theo các phương pháp.

3.2.2. Mật độ chặt D_r đất nền với từng cấp động đất



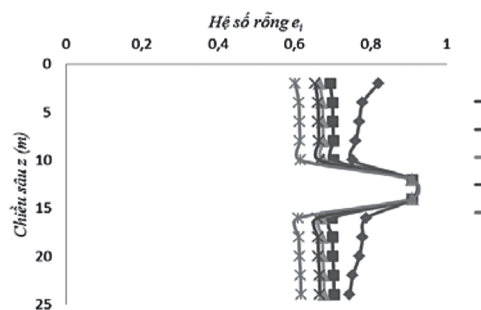
Hình 6. Quan hệ giữa F_L với chiều sâu z cho các cấp động đất (Benouar 1992)



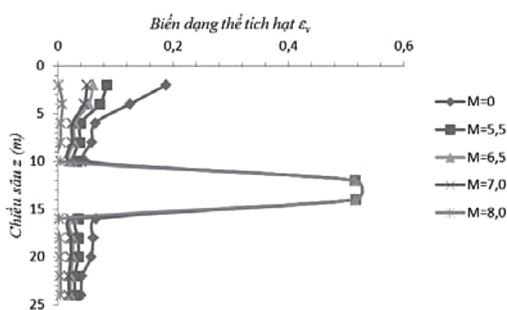
Hình 7. Quan hệ giữa D_r với chiều sâu z cho các cấp động đất (Benouar 1992)

Độ chênh lệch mật độ ΔD_r từ 15,95% ÷ 69,90% ($M = 5,5$); 26,13% ÷ 84,93% ($M = 6,0$); 30,50% ÷ 91,38% ($M = 7,0$); 49,74% ÷ 119,80% ($M = 8,0$). Mật độ chặt D_r nhỏ tại vùng thấu kính cho từng cấp động đất, giá trị là 22,62%. Giá trị xuyên tiêu chuẩn càng lớn thì độ chênh lệch mật độ càng nhỏ, tức mật độ D_r càng lớn theo hình 7.

3.2.3. Biến dạng thể tích hạt ε_v khi nền đất hóa lỏng



Hình 8. Quan hệ giữa e_i với chiều sâu z cho các cấp động đất

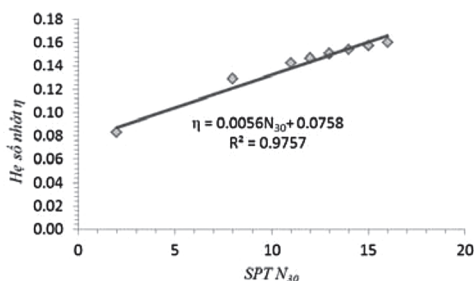


Hình 9. Quan hệ giữa ε_v với chiều sâu z cho các cấp động đất

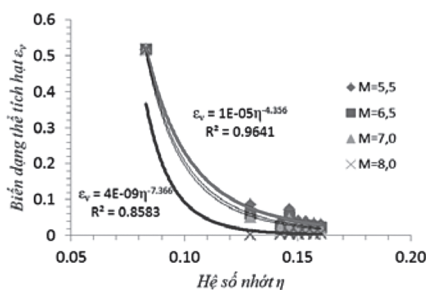
Theo hình 8, cấp động đất M càng lớn, hiện tượng phá vỡ khung kết hạt càng nhiều, phân tổ hạt xoay xung quanh di chuyển càng lớn, ứng suất cắt càng lớn, thành phần hạt chèn ép được sắp xếp lại, hệ số rỗng hạt càng nhỏ. Để cải thiện nền đất ổn định cho công trình, phải tiến hành cải biến nền đất, làm giảm hệ số rỗng thêm trong khoảng độ sâu nền đất bị hóa lỏng cho từng cấp động đất. Kết quả tính toán, độ chênh lệch hệ số rỗng Δe từ 5,5% ÷ 15,47% ($M = 5,5$); 9,01% ÷ 18,80% ($M = 6,0$); 10,51% ÷ 20,23% ($M = 7,0$); 17,15% ÷ 26,52% ($M = 8,0$). Tại độ sâu nằm trong vùng thấu kính hệ số rỗng e_i không thay đổi, giá trị là 9,09%. Giá trị xuyên tiêu chuẩn càng lớn thì độ chênh lệch hệ số rỗng càng nhỏ.

Quá trình tăng cấp động đất M làm co nén phân tổ hạt theo phương ngang tăng, thành phần biến dạng phương đứng do thành phần tải thẳng đứng bên trên có xét thêm phần dao động tải trọng công trình cũng tăng (hình 9). Độ biến dạng thể tích trung bình theo phương đứng ε_v là 0,054 ($M = 5,5$); 0,040 ($M = 6,5$); 0,034 ($M = 7,0$) và 0,006 ($M = 8,0$). Vùng thấu kính thì độ biến dạng thể tích hạt lớn, tuy nhiên tại vùng thấu kính này giá trị ε_v không thay đổi nhiều khi gia tốc mặt $a_{\max}$ tăng thêm.

3.2.4. Hệ số nhớt η sau khi nền đất hóa lỏng



Hình 10. Quan hệ giữa hệ số nhớt η với SPT N_{30} cho các cấp động đất



Hình 11. Quan hệ giữa biến dạng thể tích hạt ε_v với hệ số nhớt η cho các cấp động đất

Hệ số nhớt không thay đổi nhiều do các cấp động đất xảy ra, mà chỉ tăng tuyến tính với giá trị SPT N_{30} , tương quan được thiết lập: $\eta = 0,0056.N_{30} + 0,0758$ với $R = 0,987$ (hình 10).

Biến dạng thể tích hạt ε_v giảm phi tuyến so với hệ số nhớt η và cấp động đất càng lớn thì biến dạng thể tích hạt càng nhỏ với cùng một giá trị hệ số nhớt, tương quan được thiết lập cho cấp động đất $M = 5,5$ và $M = 8,0$ như hình 11.

4. Kết luận

Dựa trên nghiên cứu đã trình bày, một vài kết luận có thể rút ra như sau:

Hệ số kháng lỏng theo phương pháp Ishuhara ($M = 6,5$) và Seed ($M = 8,0$) có giá trị lớn nhất, phương pháp Benourar có giá trị nhỏ nhất và nhỏ hơn 1.

Đánh giá hệ số kháng lỏng của đất theo Benouar (1992) cho kết quả $F_L \leq 1$ nhanh nhất ứng $M = 5,5$; $M = 6,5$; $M = 7,0$ hay $M = 8,0$.

Giá trị xuyên tiêu chuẩn càng lớn thì độ chênh lệch mật độ càng nhỏ, tức mật độ D_r càng lớn.

Độ chênh lệch hệ số rỗng Δe từ 5,5% ÷ 15,47% ($M = 5,5$); 9,01% ÷ 18,80% ($M = 6,0$); 10,51% ÷ 20,23% ($M = 7,0$); 17,15% ÷ 26,52% ($M = 8,0$).

Giá trị hệ số nhớt không thay đổi nhiều do các cấp động đất xảy ra mà tăng tuyến tính với giá trị SPT N_{30} , giảm phi tuyến với biến dạng thể tích hạt ε_v .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alan F.Rauch, *An Empirical Method for Predicting Surface Displacements due to Liquefaction Induced Lateral Spreading in Earthquakes*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, (1997).
2. Bengt H.Fellenius, *Basic of Foundation Design*, British Columbia Canada, V8L 3C9, (2009).
3. Benouar. D, Yanagisawa. E, *Soil Liquefaction Potential Evaluation With Use of The Spectrum at Depth*, Earthquake Engineering, Rotterdam, ISBN 90 5410 0605, pp. 1441 - 1446, (1992).
4. Bozorgnia Y., Bertero V.V., *Earthquake Engineering, From Engineering Seismology to Performance Based Engineering*, CRS Press, pp. 39-41, (2004).

5. Công ty CP Tư vấn Thiết kế Xây dựng Bình Định, *Báo cáo địa chất Công trình Plaza Quy Nhơn, hạng mục Nhà ở dân dụng 9 tầng, số 10-12-14-16 Đô Đốc Bảo, Quy Nhơn, Bình Định*, (2009).
6. Dixit J., Dewaikar D.M., Jangid R.S., *Assessment of Liquefaction Potential Inde for Mumbai city*, Natural Hazards and Earth System Sciences, No.12, pp. 2759 - 2768, (2012).
7. Geotechnical Engineering Bureau, *Liquefaction Potential of Cohensionless Soils*, New York state Department of Transportation, (2007).
8. Hứa Thành Thân, Nguyễn Ngọc Phúc, Phạm Thị Lan, *Đánh giá Hiện tượng hóa lỏng trong cát bão hòa nước theo kết quả Xuyên tĩnh côn và Xuyên tiêu chuẩn*, Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, Số 2 - 2018, ISSN 0866-8762, trang 55 - 60, (2018).
9. Hồng Ngọc, Nhật Bản tan hoang, thương vong tăng vọt, <http://vneconomy.vn/the-gioi/nhat-ban-tan-hoang-thuong-vong-tang-vot-2011031310203152.htm>, (2011).
10. Mark Stringer, *The Axial Behaviour of Piled Foundation in Liquefiable Soil*, Doctor of Philosophy, Department of Engineering, University of Cambridge, pp. 9 - 38, (2011).
11. Nguyễn Viết Trung, Nguyễn Thanh Hà, *Cơ sở tính toán cầu chịu tải trong của động đất*, Nxb Giao thông vận tải, Hà Nội, (2004).
12. I. M. Idriss, R.W. Boulanger, *Semi-empirical Procedures for Evaluating Liquefaction Potential During Earthquakes*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, pp. 115 - 130, (2006).
13. Kramer S.L., *Evaluation of Liquefaction Hazards in Washington State*, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington, pp. 1 - 329, (2008).
14. Trường Đại học Xây dựng, TCXD 10304-2014, *Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế*, (2014).
15. Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, TCVN 9386-2012, *Thiết kế công trình chịu động đất*, (2012).
16. Japan Road Association (JRA), *Specifications for Highway Bridges*, prepared by Public Works Reseach Institute (PWRI) and Civil Engineering Reseach Laboratory (CRL), Japan, (2002).
17. Seed, H. B., and Idriss, I. M., *Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential*, Journal of Geotechnology Engineering, ASCE, 97(9), pp. 1249 - 1273, (1971).
18. Susumu Yasuda, Ken-ichi Tokida, *Soil Liquefaction with Use of Standard Penetration Resistances*, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Tsukuba, Japan, pp. 387 - 394, (1980).
19. Yasuhiro Shamoto, Jian-Min Zhang, Sigeru Goto, *A New Approach to Evaluate Post-Liquefaction Permanent Deformation in Saturated Sand*, World Conference on Earthquake Engineering, ISBN: 0 08 042822 3, pp. 1-8, (1996).
20. Zhang Y.M., Wang Z.H., *Discussion on Soil Liquefaction Discriminaty by Introducing Flow Ability Index*, Soil Dynamics and Geotechnical Sustainability, The Hong Kong University, ISBN 978-988-14032-4-7, pp. 81-83, (2016).

CONTENTS

1.	Effect of Seismic Incidence on the Responses of Reinforced Concrete Structure Using Multi-Component Incremental Dynamic Analysis Thanh Tuan Tran, Hong An Nguyen	5
2.	Impact of TCSC on Distance Protection Relay on Power Transmission Lines Ngo Minh Khoa, Doan Duc Tung	13
3.	Factors Affecting the Revenue of the Electric Factory in Immediate Market and Through Contract for Difference Doan Duc Tung, Luong Ngoc Toan	23
4.	Control and Supervise Automatic Irrigation System Using Wireless Network in the Time of IoT Technology Le Thai Hiep, Bui Liem Tung	33
5.	Loss-Minimization Control for Interior Permanent-Magnet Synchronous Motor Drives Nguyen An Toan	45
6.	A Quantum Chemical Study on Chemical Bonding of the Doped Clusters Si_3M (M=Sc-Zn) Doan Thi Sang, Pham Ngoc Thach, Le Thi Cam Nhung, Ho Quoc Dai, Vu Thi Ngan	61
7.	Synthesis and Characterization of Electrocatalyst Containing Cobalt for Glycerol Oxidation in Alkaline Medium Huynh Thi Lan Phuong, Nguyen Van Luong	73
8.	A Theoretical Study on Structure, Stability and Biological Activity of Platinum(II) Complexes Containing Etyleugenoxycetate and 8-Hydroxyquinoline Nguyen Ta Nguyet Nu, Phan Dang Cam Tu, Nguyen Thi Thanh Chi, Nguyen Tien Trung, Truong Thi Cam Mai	83
9.	A Theoretical Study on Interaction and Stability of Complexes Between Dimethyl Sulfide and Carbon Dioxide Truong Tan Trung, Phan Dang Cam Tu, Ho Quoc Dai, Nguyen Phi Hung, Nguyen Tien Trung	95