

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
PGS, TS ĐOÀN THẾ TƯỜNG

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

PGS, TS PHÙNG MẠNH ĐẮC
PGS, TS HOÀNG VIỆT HÙNG
PGS, TS PHẠM QUANG HƯNG
PGS, TS NGUYỄN BÁ KẾ
TS PHÙNG ĐỨC LONG
GS NGUYỄN CÔNG MÃN
PGS, TS NGUYỄN ĐỨC MẠNH
PGS, TS NGUYỄN SỸ NGỌC
PGS, TS VÕ PHẤN
PGS, TS NGUYỄN HUY PHƯƠNG
GS, TS TRẦN THỊ THANH
PGS, TS VƯƠNG VĂN THÀNH
TS LÊ THIẾT TRUNG
GS, TS ĐỖ NHƯ TRẮNG
PGS, TS TRẦN THƯƠNG BÌNH
TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY
PGS, TS ĐẬU VĂN NGỌ
PGS, TS TẠ ĐỨC THỊNH
TS NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG

Giấy phép xuất bản số 1358/GPXB -
Ngày 8-6-1996, Bộ Văn hóa - Thông tin
Cơ quan xuất bản: Viện Địa Kỹ thuật
(Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam)
152 Lê Duẩn - Đống Đa - Hà Nội
Tel: 024. 22141917.
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;
viendkt@vusta.vn
Website: www.vgi-vn.vn
Xuất bản 3 tháng 1 kỳ
Nộp lưu chiếu: tháng Mười một 2023

Tạp chí ĐỊA KỸ THUẬT

ISSN - 0868 - 279X
NĂM THỨ 27
SỐ 3 NĂM 2023

MỤC LỤC

- ĐẶNG VĂN KIÊN, ĐỖ NGỌC ANH, TÔ QUANG BẢO:** Nghiên cứu sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện để chế tạo bê tông lấp đầy sau vò hầm 3
- HUỲNH TẤN PHÁT, NGUYỄN TRUNG KIÊN:** Ứng dụng phương pháp hỗn hợp FEM-SPH trong phân tích bài toán đầy trời ống ngầm 14
- TRẦN ĐĂNG TUẤN, LẠI HỢP PHÒNG, ĐINH VĂN TOÀN, DƯƠNG THỊ NINH, PHẠM NGỌC ĐẠT, PHẠM HỒNG TRANG, VŨ ĐÌNH HẢI:** Nghiên cứu sử dụng phương pháp địa chấn sóng mặt đa kênh trong đánh giá tai biến sụt đất tại khu vực xã Chiềng Mung, huyện Mai Sơn, tỉnh Sơn La 22
- NGUYỄN VĂN PHÓNG:** Đánh giá ổn định nền móng tháp điện gió có xét tới độ nhạy cảm của cát bão hòa với tải trọng động 32
- ĐỖ TUẤN NGHĨA, NGUYỄN CHÂU LÂN:** Gia cố và phủ xanh mái dốc sử dụng giải pháp neo kết hợp trồng cỏ bề mặt 38
- PHẠM THỊ NHÀN, LÊ HUY VIỆT:** Đánh giá nứt trong dầm bê tông cường độ cao bằng phương pháp nhiễu xạ lan truyền (tofd) 46
- TRẦN TRỌNG HIỂN, HÀ NGỌC ANH, NGUYỄN VIỆT TIẾN, VY THỊ HỒNG LIÊN, NGUYỄN TRỌNG TÀI, THÁI MẠNH HÙNG:** Phân tích khả năng gia cố nền đất yếu bằng công nghệ khoan phụt vữa áp lực cao qua công trình nhà ga Nhôn, thành phố Hà Nội 56
- PHAN HỒNG QUÂN – ĐỖ ĐỨC THẮNG – HOÀNG QUỐC GIA:** Giới thiệu một loại móng mới – móng Vtop 63

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF
Ass/Prof.Dr. **DOAN THE TUONG**

EDITORIAL BOARD

Ass/Prof.Dr. **PHUNG MANH DAC**
Ass/Prof.Dr. **HOANG VIET HUNG**
Ass/Prof.Dr. **PHAM QUANG HUNG**
Ass/Prof.Dr. **NGUYEN BA KE**
Dr. **PHUNG DUC LONG**
Prof. **NGUYEN CONG MAN**
Ass/Prof.Dr. **NGUYEN DUC MANH**
Ass/Prof.Dr. **NGUYEN SY NGOC**
Ass/Prof.Dr. **VO PHAN**
Ass/Prof.Dr. **NGUYEN HUY PHUONG**
Prof.Dr. **TRAN THI THANH**
Ass/Prof.Dr. **VUONG VAN THANH**
Dr. **LE THIET TRUNG**
Prof.Dr. **DO NHU TRANG**
Ass/Prof.Dr. **TRAN THUONG BINH**
Dr. **NGUYEN TRUONG HUY**
Ass/Prof.Dr. **DAU VAN NGO**
Ass/Prof.Dr. **TA DUC THINH**
Dr. **NGUYEN TUAN PHUONG**

Printing licence No 1358/GPXB
dated 8 June 1996 by the Minister of Culture and
Information
Published by the Vietnam Geotechnical Institute
(Vietnam Union of Science and Technology
Associations)
Add: 152 Le Duan, Dong Da, Hanoi
Tel: 024.22141917.
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;
viendkt@vusta.vn
Website: www.vgi-vn.vn
Copyright deposit: November 2023

VIETNAM GEOTECHNIAL JOURNAL

ISSN - 0868 - 279X
VOLUME 27
NUMBER 3 - 2023

CONTENTS

DANG VAN KIEN, DO NGOC ANH, TO QUANG BAO: Study on the use of fly ash from the thermal power plant to create concrete filling behind tunnel lining	3
HUYNH TAN PHAT, NGUYEN TRUNG KIEN: Application of the hybrid FEM-SPH method in analyzing the uplift behavior of buried pipeline	14
TRAN ĐANG TUAN, LAI HOP PHONG, DINH VAN TOAN, DUONG THI NINH, PHAM NGOC DAT, PHAM HONG TRANG, VU DINH HAI: Application of multi-channel surface wave seismic method in sinkhole hazards: a case study in Chieng Mung, Son La province	22
NGUYEN VAN PHONG: The stability of wind power tower foundations considering the sensitivity of saturated sand to dynamic loads	32
DO TUAN NGHIA, NGUYEN CHAU LAN: Ground anchors and vegetation for stabilizing slopes	38
PHAM THI NHAN, LE HUY VIET: Evaluating cracks in high-strength concrete beam using the Time-of-Flight Diffraction (TOFD) method	46
TRAN TRONG HIEN, HA NGOC ANH, NGUYEN VIET TIEN, VY THI HONG LIEN, NGUYEN TRONG TAI, THAI MANH HUNG: Evaluating possibility to improve soft soils by Jet grouting methode at Nhon Ha Noi	56
PHAN HONG QUAN – DO DUC THANG – HOANG QUOC GIA: Vtop – a new foundation	63

ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH NỀN MÓNG THÁP ĐIỆN GIÓ CÓ XÉT TỚI ĐỘ NHẠY CẢM CỦA CÁT BÃO HÒA VỚI TẢI TRỌNG ĐỘNG

NGUYỄN VĂN PHÓNG^{*,**}

The stability of wind power tower foundations considering the sensitivity of saturated sand to dynamic loads

Abstract: Wind power tower is a special type of structure due to the distribution of mass and stiffness along the height and the load acting on the tower. Impacts of wind, waves, and earthquakes are a mixture of cyclical and dynamic components. These effects can increase the excess pore water pressure (ΔU) in saturated sand and reduce the soil strength. The degree of durability reduction depends on the dynamic loading characteristics and the possibility of increasing ΔU or the sensitivity of the soil to dynamic loading. Using theoretical analysis, the article provided a method to evaluate the durability of saturated sand when subjected to dynamic loads through the durability coefficient (I_{red}); and proposed the use of durability coefficient (I_{red}) to determine the attenuation coefficients (γ_{eq1} and γ_{eq2}) in calculating the load-bearing capacity of piles and the influence factor (F_{inf}) to evaluate the stability of the shallow foundation for wind power tower on saturated sandy soil.

Keywords: sensitive soil, dynamic load, win power tower, durability coefficient, attenuation coefficient

1. Mở đầu

Theo nghiên cứu của Ngân hàng Thế giới, Việt Nam là một trong 4 nước có tiềm năng gió lớn nhất trong khu vực, với hơn 39% tổng diện tích của Việt Nam được ước tính là có tốc độ gió trung bình hàng năm lớn hơn 6m/s, ở độ cao 65m, tương đương với tổng công suất 512 GW. Chính vì vậy, năng lượng điện gió đã và đang có những bước phát triển mạnh mẽ ở nước ta và được Nhà nước khuyến khích phát triển. Công trình chính trong các dự án điện gió là tháp điện gió. Đây là loại công trình có cấu trúc hình dạng và tải trọng

đặc biệt do sự phân bố khối lượng và độ cứng dọc theo chiều cao và tải trọng tác động lên tháp.

Quá trình hoạt động của tuabin điện gió luôn chịu các tác động làm phát sinh tải trọng động như gió, sóng biển (đối với dự án ngoài khơi), động đất và hoạt động quay của roto. Dưới tác dụng của tải trọng động, áp lực nước lỗ rỗng dư (ΔU) trong đất nền có thể tăng theo thời gian làm cho độ bền của đất giảm, dẫn tới giảm độ ổn định của công trình. Các khu vực tiềm năng phát triển điện gió ở nước ta tập trung ở khu vực ven biển, nơi có mặt phổ biến đất cát bão hòa trong cấu trúc nền. Đây là loại đất được biết đến có nguy cơ hóa lỏng cao, nhạy cảm với tải trọng động (Dobry R., Powell, 1980). Vì vậy, việc tính toán thiết kế nền móng tháp điện gió ở khu vực có mặt loại đất này ngoài đánh giá nguy cơ hóa lỏng còn phải đánh

* Trường Đại học Mỏ - Địa chất

** Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường – EEG

Email: nvphongdcct@gmail.com

giá khả năng giảm độ bền và độ ổn định của nền móng.

Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu về mức độ suy giảm độ bền của đất do áp lực nước lỗ rỗng dư và ảnh hưởng của nó đến khả năng chịu lực của đất nền (Awad Ali Al-Karni, 2001; Vijay K. Puri, Shamsheer Prakash 2013; Lu -Qing Yu, Li-Zhong Wang, 2015). Ở Việt Nam, trong những năm gần đây đã có một số nghiên cứu về khả năng hóa lỏng và đặc điểm gia tăng áp lực nước lỗ rỗng trong cát bão hòa khi chịu tải trọng động (Nguyễn Văn Phóng, 2022, 2023), đánh giá ảnh hưởng của tỷ số áp lực nước lỗ rỗng đến sức chịu tải của móng cọc (Nguyễn Văn Phóng, 2020) và móng bè (Võ Phan, Nguyễn Đức Huy, 2016). Nhìn chung, các nghiên cứu đều cho thấy khả năng gia tăng áp lực nước lỗ rỗng trong cát bão hòa và điều này làm suy giảm độ bền của đất.

Nội dung bài báo hệ thống cơ sở lý thuyết và đưa ra phương pháp đánh giá mức độ suy giảm độ bền của đất theo tỷ số áp lực nước lỗ rỗng (R_u) thông qua hệ số bền I_{red} , đồng thời đề xuất phương pháp đánh giá ổn định nền móng tháp

điện gió sử dụng móng nông và móng cọc có xét tới mức độ gia tăng R_u theo tải trọng động.

1. Cơ sở đánh giá độ bền của cát bão hòa khi chịu tải trọng động

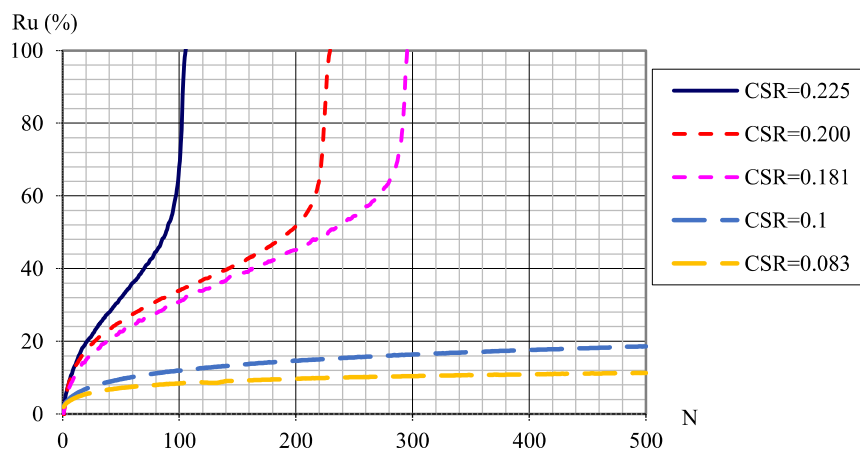
1.1. Sự suy giảm độ bền của đất theo R_u

Trong thực tế, tải trọng động gây ra bởi động đất và hoạt động của tuabin gió thường gây ra sự gia tăng đáng kể áp lực nước lỗ rỗng dư trong đất bão hòa. Mức độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng dư thường được đánh giá thông qua tỷ số áp lực nước lỗ rỗng R_u thông qua biểu thức (1).

$$R_u = \frac{\Delta U}{\sigma'} \quad (1)$$

Trong đó: σ' là ứng suất hiệu quả.

Tỷ số R_u thay đổi từ 0 đến 1 (hay 100%) tùy theo đặc điểm tải trọng động và loại đất. Trong đó, R_u tỷ lệ thuận với tỷ số ứng suất động ($CSR = \Delta\tau/\sigma'$, với $\Delta\tau$ là biên độ ứng suất chu kỳ) và số chu kỳ gia tải (N) như minh họa ở hình 1. Trong đất cát bão hòa, R_u phụ thuộc vào đặc điểm thành phần hạt và độ chặt.



Hình 1. Đặc điểm gia tăng R_u theo CSR và số chu kỳ gia tải N trong cát hạt nhỏ bão hòa (Nguyễn Văn Phóng, 2020)

Sự gia tăng áp lực nước lỗ rỗng dư trong đất làm giảm ứng suất hiệu quả và kéo theo độ bền của đất giảm. Do đó, loại đất có khả năng gia tăng đáng kể R_u và giảm độ bền nhanh chóng khi chịu tải trọng động được gọi là đất nhạy cảm với tải trọng động. Sự suy giảm độ bền theo mức độ gia

tăng áp lực nước lỗ rỗng được làm rõ qua biểu thức định luật Culông về sức chống cắt của đất viết cho đất rời:

$$\tau' = \sigma' \text{tg}\varphi = (\sigma - U) \text{tg}\varphi \quad (2)$$

Trong đó:

σ - ứng suất nén ép tổng;

U – áp lực nước lỗ rỗng;

Trong trường hợp có tải trọng động, áp lực nước lỗ rỗng tăng một lượng là ΔU , dẫn tới ứng suất hiệu quả giảm một lượng tương ứng. Khi đó, độ bền của đất (τ'_{red}) (xem hình 2) được viết lại từ (2) là:

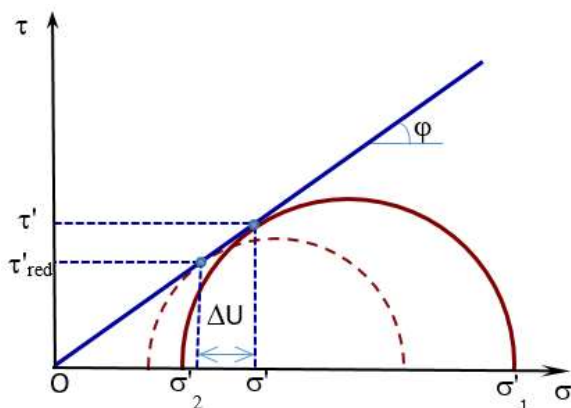
$$\tau'_{red} = (\sigma' - \Delta U) \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

Chia biểu thức (3) cho biểu thức (2), và đặt $I_{red} = \tau'_{red} / \tau'$ ta được:

$$I_{red} = \frac{\tau'_{red}}{\tau'} = \frac{(\sigma' - \Delta U) \operatorname{tg} \varphi}{\sigma' \operatorname{tg} \varphi} = 1 - \frac{\Delta U}{\sigma'} \quad (4)$$

Với $R_u = \Delta U / \sigma'$, thay vào biểu thức (4), ta có:

$$I_{red} = 1 - R_u \quad (5)$$



Hình 2. Sơ đồ biểu diễn độ bền suy giảm (τ'_{red}) theo ΔU

Hệ số I_{red} biến đổi từ 1 đến 0 theo sự gia tăng của R_u từ 0 đến 1. Khi $I_{red} = 1$ hay $R_u = 0$, không có sự xuất hiện áp lực nước lỗ rỗng dư trong đất và độ bền của đất không bị suy giảm ($\tau'_{red} = \tau'$). Trường hợp $R_u = 1$ (hay 100%), $I_{red} = 0$ nghĩa là đất mất hẳn độ bền và ở trạng thái hóa lỏng. Trong nhiều trường hợp tỷ số ứng suất động CSR chưa đủ lớn hoặc thời gian tác động (số chu kỳ) chưa đủ, $0 < I_{red} < 1$ nghĩa là đất bị mất một phần độ bền. Như vậy, I_{red} phản ánh độ ổn định của cát bão hòa với tải trọng động. Do đó, hệ số I_d được gọi là độ ổn định của đất với tải trọng động (hay hệ số bền), nó cũng cho biết mức độ nhạy cảm của đất với tải trọng động.

Độ bền của đất cát chỉ có lực ma sát nên trong tính toán, thường dùng chỉ tiêu biểu kiến là góc

ma sát trong: ở điều kiện không có tải động, $\tau' = \sigma' \operatorname{tg} \varphi$ và khi chịu tải động, $\tau'_{red} = \sigma' \operatorname{tg} \varphi_{red}$, với φ_{red} là góc ma sát trong của đất khi chịu tải động, được xác định theo I_{red} như sau:

$$\operatorname{tg} \varphi_{red} = I_{red} \operatorname{tg} \varphi \text{ hay } \varphi_{red} = \arctg(I_{red} \operatorname{tg} \varphi) \quad (6)$$

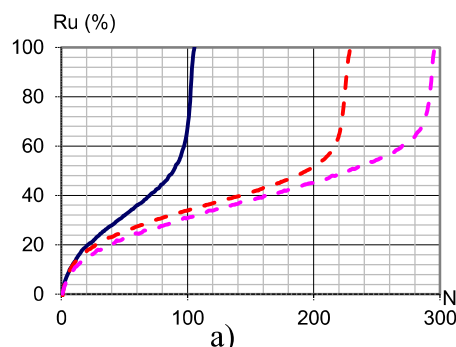
Độ bền của đất khi xét đến mức độ nhạy của đất với tải trọng động được xác định theo biểu thức:

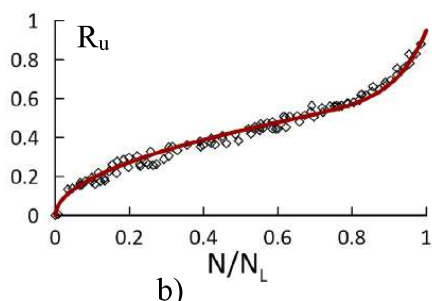
$$\tau'_{red} = I_{red} \cdot \tau' \quad (7)$$

Biểu thức (7) được dùng làm cơ sở đánh giá ổn định nền móng cho tháp điện gió có xét tới mức độ nhạy cảm của đất với tải trọng động.

1.2. Phương pháp xác định R_u bằng thí nghiệm ba trục động

Để xác định R_u trong đất cát bão hòa, thường sử dụng thí nghiệm ba trục động thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D5311 với quy trình gồm 4 bước: chế bị, bão hòa, cố kết mẫu và gia tải chu kỳ. Trong đó, ba bước đầu được thực hiện nhằm khôi phục trạng thái, độ chặt và điều kiện ứng suất của mẫu phù hợp với thực tế (Nguyễn Văn Phóng, 2022). Kết quả của thí nghiệm cho biết mức độ gia tăng của ΔU , R_u theo số chu kỳ gia tải tương ứng với tỷ số ứng suất động (CSR) đã cho như minh họa ở hình 3a. Để tiện sử dụng trong thực tế, người ta thường biểu diễn R_u với tỷ số giữa số chu kỳ gia tải (N) với số chu kỳ gây hóa lỏng (N_L) (Hình b).





Hình 3. Biến đổi R_u theo chu kỳ gia tải.

Dựa vào các biểu đồ này, có thể xác định R_u theo thời gian tác dụng của tải trọng động (số chu kỳ tương ứng N) và tỷ số ứng suất động do tải trọng động gây ra trong nền đất (phụ thuộc vào tải trọng động và độ sâu). Với đặc điểm tải trọng động của tuabin điện gió, tỷ số N/N_L được lấy bằng 1.

2. Tính toán ổn định móng cọc đặt trong nền cát bão hòa chịu tải trọng động

2.1. Các hệ số giảm yếu và phương pháp xác định

Theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014, khi thiết kế móng cọc trong vùng động đất hoặc có xét tới ảnh hưởng của tải động, các giá trị cường độ sức kháng đầu mũi (q_b) và cường độ sức kháng bên (f_i) cần nhân với các hệ số giảm yếu điều kiện làm việc của đất nền, tương ứng là γ_{eq1} và γ_{eq2} . Các hệ số này phụ thuộc vào loại đất và cường độ động đất. Từ khái niệm về các hệ số giảm yếu, có thể xác định biểu thức định nghĩa như sau:

$$\gamma_{eq1} = \frac{q_{b(eq)}}{q_b} \quad (8)$$

$$\gamma_{eq2} = \frac{f_{i(eq)}}{f_i} \quad (9)$$

Trong đó, q_b , f_i tương ứng là cường độ sức kháng đầu mũi và cường độ sức kháng bên trong điều kiện thường; $q_{b(eq)}$, $f_{i(eq)}$ tương ứng là cường độ sức kháng đầu mũi và cường độ sức kháng bên có xét tới động đất.

Về mặt lý thuyết, cường độ sức kháng mũi của đất loại cát được xác định như sau (Shamsher Prakash, 2008):

$$q_b = \sigma' \cdot N_q \quad (10)$$

$$q_{b(eq)} = \sigma' \cdot N_{q(eq)} \quad (11)$$

N_q và $N_{q(eq)}$ tương ứng là các hệ số phụ thuộc vào góc ma sát trong φ và φ_{red} của đất, có thể tra bảng hoặc tính theo biểu thức:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (12)$$

$$N_{q(eq)} = e^{\pi \cdot \tan \varphi_{red}} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_{red}}{2} \right) \quad (13)$$

Tiến hành thay biểu thức (11), (10) vào biểu thức (8) và biến đổi, ta được:

$$\gamma_{eq1} = e^{(I_{red}-1)\pi \cdot \tan \varphi} \cdot \frac{\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_{red}}{2} \right)}{\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)} \quad (14)$$

Cường độ sức kháng bên cho đất cát được xác định theo các biểu thức:

$$f_i = \sigma' \cdot i \cdot \tan \varphi \quad (15)$$

$$f_{i(eq)} = \sigma' \cdot i \cdot \tan \varphi_{red} \quad (16)$$

Do đó,

$$\gamma_{eq2} = \frac{f_{i(eq)}}{f_i} = \frac{\tan \varphi_{red}}{\tan \varphi} = I_{red} \quad (17)$$

Như vậy, với đất cát bão hòa nước có thể sử dụng các biểu thức (14), (17) để xác định các hệ số giảm yếu γ_{eq1} và γ_{eq2} từ các chỉ tiêu I_{red} và φ_{red} nếu biết tỷ số áp lực nước lỗ rỗng R_u .

2.2. Đánh giá ổn định của móng cọc đặt trong nền cát bão hòa

Vấn đề ổn định của móng cọc khi chịu tải trọng động phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: đặc điểm tải trọng động, cấu trúc nền đất, đặc điểm nước dưới đất và loại móng cọc. Trong đó, vấn đề chính là cần xác định mức độ suy giảm sức chịu tải của cọc khi chịu tải trọng động. Bằng cách sử dụng hệ số bền và các hệ số giảm yếu (γ_{eq1} và γ_{eq2}) ở những lớp đất bị suy giảm độ bền (lớp nhạy cảm với tải trọng động, có $I_{red} < 1$), xác định được mức độ suy giảm ma sát thành và sức kháng đầu mũi, từ đó xác định mức độ suy giảm sức chịu tải của cọc khi chịu tải trọng động (Q_{ud}) so với ban đầu (Q_u). Mức độ suy giảm Q_{ud} còn phụ thuộc vào chiều dày và độ sâu của những lớp đất nhạy cảm với tải trọng động. Như vậy, khi chịu tải trọng động, sức chịu tải của cọc giảm từ trị số Q_u đến trị số Q_{ud} làm giảm độ ổn định của móng cọc.

Mức độ suy giảm này được đánh giá qua hệ số ổn định F_{red} :

$$F_{red} = \frac{Q_{ult}}{Q_u} \quad (18)$$

Từ những phân tích ở trên, có thể thấy F_{red} phụ thuộc trực tiếp vào I_{red} , độ sâu và chiều dày phân bố của các lớp đất nhạy cảm với tải động ở xung quanh thân cọc và mũi cọc, cũng như tỷ lệ chiều dày của các lớp đất này so với chiều dài tổng thể của cọc.

3. Tính toán ổn định móng nông đặt trên nền cát bão hòa chịu tải trọng động

3.1. Sức chịu tải của nền đất dưới móng nông có xét tới độ nhạy cảm với tải trọng động

Sức chịu tải của nền đất dưới móng nông có thể được tính theo biểu thức của Terzaghi (1943):

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \quad (19)$$

Trong đó: γ - khối lượng thể tích của đất; c - lực dính kết đơn vị; B, D tương ứng là chiều rộng và độ sâu đặt móng; N_c, N_q, N_γ là các hệ số không thứ nguyên phụ thuộc vào góc ma sát trong φ của đất; s_c, s_γ là các hệ số phụ thuộc vào hình dạng móng, với móng tròn thì $s_c = 1,3; s_\gamma = 0,6$.

Các hệ số N_c, N_q, N_γ được xác định bằng cách tra bảng hoặc tính theo các công thức sau:

$$N_q = \frac{a^2}{a \cos^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2})}$$

$$a = e^{(0,75\pi - \frac{\varphi}{2}) \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \left(\frac{K_\gamma}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

Hiện nay, móng nông cho tháp điện gió thường sử dụng loại móng khối (trọng lực) có tiết diện tròn. Trường hợp móng đặt trên nền cát ($c = 0$), biểu thức (19) trở thành:

$$q_{ult} = \gamma \cdot D \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (20)$$

Việc tính toán ổn định móng khối cho tháp điện gió cần xét tới mức độ suy giảm độ bền do tải động. Sức chịu tải nền đất trong trường hợp

này được xác định theo biểu thức (20), nhưng thay φ bằng φ_{red} :

$$q_{ult}' = \gamma \cdot D \cdot N_q' + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma' \quad (21)$$

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng do độ bền của đất suy giảm khi chịu tải động đến độ ổn định, sử dụng hệ số ảnh hưởng (F_{inf}):

$$F_{inf} = \frac{q_{ult}}{q_{ult}'} \quad (22)$$

Hệ số F_{inf} có thể dùng để đánh giá mức độ ảnh hưởng của tải động với ổn định của móng khối. Khi $R_u \approx 0, I_{red} = 1$ (tác động của tải trọng động xuống nền đất chưa đủ lớn hoặc đất không có khả năng gia tăng U) thì $q_{ult}' \approx q_{ult}$, hay $F_{inf} \approx 1$ (xem như không ảnh hưởng). Trị số I_{red} càng nhỏ thì q_{ult}' càng giảm và F_{inf} càng tăng, nguy cơ mất ổn định của nền móng tăng theo.

3.2. Phương pháp đánh giá ổn định móng nông đặt trên nền đất nhạy cảm với tải trọng động

Trong điều kiện bình thường, Hệ số ổn định (F) là tỷ số giữa tải trọng giới hạn (q_{ult}) với tải trọng thực tế (q) (Richards et al., 1993):

$$F = \frac{q_{ult}}{q} \quad (23)$$

Khi móng được đặt trên nền đất nhạy cảm với tải trọng động, hệ số ổn định khi đó (F') được xác định theo biểu thức:

$$F' = \frac{q_{ult}'}{q} \quad (24)$$

Từ các công thức (22), (23), (24) ta có:

$$F' = \frac{F}{F_{inf}} \quad (25)$$

Biểu thức (25) được dùng để đánh giá độ ổn định của móng nông có xét tới hệ số ảnh hưởng do tải trọng động. Yêu cầu để nền đất ổn định là F' lớn hơn hệ số ổn định cho phép ($[F]$): $F' \geq [F]$.

4. Kết luận

Tháp điện gió là loại công trình làm phát sinh tải trọng động, khi được xây dựng trên nền cát bão hòa, ngoài việc phải đánh giá nguy cơ hóa lỏng của nền còn phải đánh giá khả năng giảm độ ổn định do sự gia tăng áp lực nước lỗ rỗng. Từ kết quả tổng hợp và phân tích lý thuyết, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Mức độ nhạy cảm của cát bão hòa với tải trọng động được phản ánh qua mức độ gia tăng tỷ số áp lực nước lỗ rỗng R_u . Ảnh hưởng của R_u với độ bền của đất được đánh giá qua hệ số bền I_{red} . Các thông số I_{red} và ϕ_{red} được sử dụng làm các chỉ tiêu đặc trưng cho độ bền của cát bão hòa có xét tới ảnh hưởng của tải trọng động;

- Việc tính toán sức chịu tải của cọc cho tháp điện gió cần kể tới hệ số giảm yếu (γ_{eq1} và γ_{eq2}), được xác định qua hệ số bền (I_{red});

- Đối với móng khối, độ ổn định của móng cần kể đến hệ số ảnh hưởng (F_{inf}) khi móng được xây trên nền đất cát bão hòa.

Để có cơ sở đánh giá ổn định nền móng tháp điện gió một cách tổng thể, cần phải có các nghiên cứu về khả năng gia tăng áp lực nước lỗ rỗng trong các loại đất nền, đặc biệt là lớp chịu lực, đồng thời có đối sánh giữa tính toán và quan trắc thực tế để có điều chỉnh phương pháp cho phù hợp.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã hỗ trợ kinh phí cho nghiên cứu này trong khuôn khổ đề tài mã số B2022 - MDA -14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Awad Ali Al-Karni, 2001. Shear Strength Reduction Due to Excess Pore Water Pressure. *International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 30 Mar 2001, Missouri University of Science and Technology.
2. Lu-Qing Yu, Li-Zhong Wang, 2015. Long-term dynamic behavior of monopile supported offshore wind turbines in sand. *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, 5, 80-84.

3. Subhamoy Bhattacharya, 2019. Design of Foundations for Offshore Wind Turbines. JohnWiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA,369.

4. Dobry R., Powell, D.J., Yokel, F.Y., Ladd, R.S., 1980. Liquefaction potential of saturated sand – the stiffness method. *Proceedings of the 7th World Conference on Earthquake Engineering*, Istanbul, Turkey, vol. 3, pp. 25–32.

5. Nguyễn Văn Phóng, etc, 2020. Assessment of pore-water pressure ratio effects on wind turbine foundation in Soc Trang coastal area. *National conference on Earth sciences and Natural resources for Sustainable Development (ERSD 2020)*. October 2020, Hanoi University of Mining and Geology.

6. Nguyễn Văn Phóng, etc, 2022. Phương pháp khôi phục trạng thái của mẫu đất rời trong thí nghiệm ba trục động, áp dụng cho đất loại cát khu vực ven biển Sóc Trăng. Kỷ yếu Hội nghị khoa học Toàn quốc acea-vietgeo 2021.

7. Nguyễn Văn Phóng, Nguyễn Thành Dương, 2023. Effect of cyclic stress ratio on the liquefaction resistance of fine sand in Soc Trang, Vietnam using cyclic triaxial test. *International Journal of GEOMATE*, Vol. 25, Issue 108, p216-223, Japan.

8. Vijay K. Puri, Shamsheer Prakash (2013). Shallow Foundations for Seismic Loads: Design Considerations. *Seventh International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*. April 29 - May 03, Chicago.

9. Võ Phán, Nguyễn Đức Huy, 2016. Assessment of load bearing capacity of liquefied sandy ground under raft foundation. *Journal of Science*, Ho Chi Minh City Open University, No. 51 (6) 2016