

# PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ ẨM ĐẾN SỨC CHỊU TẢI CỦA ĐẤT NỀN TẠI HUYỆN THỦ THỪA, TỈNH LONG AN

## The influence of moisture on bearing capacity of the ground in Thu Thua district, Long An province

Huỳnh Anh Kiệt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam  
anhkiet2207@gmail.com

**Tóm tắt** — Nghiên cứu phân tích sức chịu tải của nền đất ở khu vực huyện Thủ Thừa, tỉnh Long An khi xem xét sự thay đổi độ ẩm của nền đất hay thay đổi mực nước ngầm dựa vào TCVN 10304:2014 cho thấy: Sức chịu tải của đất nền chịu ảnh hưởng đáng kể đến điều kiện nước ngầm trong nền (hay độ ẩm của nền đất). Khi độ ẩm của đất tăng lên từ 35% đến 65%, sức chịu tải cực hạn của cọc giảm đáng kể từ 1338.66 kN đến 142.38 kN. Trong đó sức chịu tải giảm đáng kể trong khoảng độ ẩm thay đổi từ 35% đến 55%.

**Abstract** — The influence of moisture on bearing capacity of the ground in Thu Thua district, Long An province when considering the change in soil moisture or groundwater level based on TCVN 10304:2014 shows that: The bearing capacity of the ground soil is significantly affected by the groundwater conditions in the foundation (or soil moisture). When the soil moisture content increased from 35% to 65%, the ultimate bearing capacity of the pile decreased significantly from 1338.66 kN to 142.38 kN. In which the load capacity is significantly reduced in the humidity range from 35% to 55%.

**Từ khóa** — Sức chịu tải của đất, độ ẩm, huyện Thủ Thừa, the bearing capacity, soil moisture.

### 1. Đặt vấn đề

Huyện Thủ Thừa có diện tích tự nhiên 29.901 ha, cách thành phố Tân An khoảng 10 km và cách Thành phố Hồ Chí Minh 45 km. Đất đai của huyện Thủ Thừa hình thành từ hai loại trầm tích: (i) Trầm tích phù sa non trẻ Holocene và trầm tích cổ (ii) Pleistocene; trong đó chủ yếu là trầm tích phù sa non trẻ Holocene có chứa vật liệu sinh phèn. Đất trầm tích Holocene bao phủ khoảng 82,9% diện tích tự nhiên của huyện, nó phủ trùm lên trầm tích phù sa cổ. Nhìn chung, điều kiện địa chất huyện Thủ Thừa được thể hiện cụ thể trên mặt cắt địa chất công trình. Sức chịu tải là một trong những thông số cực kỳ quan trọng trong xây dựng kỹ thuật công trình, sức chịu tải của đất nền được các kỹ sư tính toán và xem xét hết sức kỹ lưỡng khi bắt đầu thi công công trình.

Có rất nhiều yếu tố tác động ảnh hưởng tới sức chịu tải của đất nền. Tuy nhiên yếu tố tác động lớn nhất đến sức chịu tải của đất nền chính là mực nước ngầm. Nước ngầm xuất hiện trong lòng đất ở phía dưới đất nền, vậy nên khi xây dựng bề mặt đất nền cho công trình cần đảm bảo được mực nước ngầm không ảnh hưởng đến sức chịu tải của đất nền, tránh tình trạng sụt lún khi qua thời gian sử dụng. Vì vậy, tác giả nghiên cứu “*Phân tích ảnh hưởng của độ ẩm đến sức chịu tải của đất nền tại huyện Thủ Thừa, tỉnh Long An*” để đề xuất giải pháp cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn, góp phần định hướng cho các chủ đầu tư, người thiết kế, cơ quan quản lý chất lượng xây dựng.

### 2. Cơ sở lý thuyết

#### 2.1. Ảnh hưởng của độ ẩm đến sức chịu tải của đất nền

Trong một công trình xây dựng, nền móng là phần kết cấu tiếp xúc trực tiếp với đất nền và phải gánh đỡ toàn bộ trọng lượng của công trình xây dựng.

Theo TCVN 9362-2012, kết cấu nền móng phải có khả năng chống lại cả biến dạng đất tức thời và lâu dài mà không gây ra dịch chuyển quá lớn trong các kết cấu móng.

Theo Onyancha (2011), sự thay đổi độ ẩm của đất dưới một móng công trình xây dựng có thể dẫn đến sự thay đổi đột ngột sức chịu tải của nền và móng. Độ lún có thể xảy ra khác nhau giữa các kết cấu và độ lún đó có thể xảy ra trong quá trình xây dựng hoặc khi một tòa nhà đang hoàn thiện và đi vào sử dụng.

Ngugi và cộng sự (2021) tiến hành khảo sát ảnh hưởng của độ ẩm của đất trong trường hợp khi ngập nước và khi không ngập nước đến độ lún của nền cho một số mẫu đất ở khu vực Nairobi và các vùng phụ cận ở Kenya. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Khi ảnh hưởng của độ ẩm đến độ biến dạng của nền, trong đó điều kiện ngập nước cho mức độ ảnh hưởng phi tuyến và đáng kể hơn. Hay nói cách khác trong điều kiện ngập nước, ảnh hưởng độ ẩm của đất nền đến sức chịu tải của đất nền có sự thay đổi đáng kể.

## 2.2. Lý thuyết tính toán sức chịu tải đất nền và ảnh hưởng của độ ẩm

### 2.2.1. Phương pháp tính dựa trên mức độ phát triển của vùng biến dạng dẻo trong nền:

Theo công thức của Boussinesq, các ứng suất chính tại một điểm M (2b, z) gây ra bởi tải băng phân bố đều dài vô hạn cường độ là p, có dạng như sau:

$$\sigma_1 = \frac{p}{\pi} (2\beta + \sin 2\beta)$$

$$\sigma_3 = \frac{p}{\pi} (2\beta - \sin 2\beta)$$

Trong đó:  $2\beta$  - góc nhìn từ điểm khảo sát về hai biên móng và z là chiều sâu điểm khảo sát tính từ mặt đáy móng. Chúng ta có thể sử dụng các công thức này để khảo sát ứng suất trong nền đất dưới móng băng có bề rộng b và độ sâu chôn móng  $D_f$  nhỏ ( $D_f$  càng lớn thì sai số càng lớn), trong khối đất có góc ma sát trong ( $\varphi$ ), lực dính đơn vị c và trọng lượng riêng là  $\gamma$ .

### 2.2.2. Phương pháp tính dựa trên giả thuyết cân bằng giới hạn điểm:

Prandtl (1921) là người đầu tiên quan sát trực tiếp hình dạng các mặt trượt đất nền bên dưới mô hình móng và đã đưa ra hình dạng giải tích của các mặt trượt đáy móng gồm các đoạn thẳng nối với nhau bởi các đoạn cong parabol.

Sau đó Buisman (1940); Meyerhof (1957); Hansen (1970) đã bổ sung thành phần ma sát và công thức sức chịu tải của đất nền. Theo đó, sức chịu tải của đất nền gồm:

Thành phần ma sát dưới đáy móng  $\frac{\gamma b}{2} N_\gamma$ , trong đó  $\gamma$  là trọng lượng riêng của đất từ đáy móng trở xuống hết phần nền.

Thành phần phụ tải hông  $qN_q$  với  $q = \gamma D_f$  là áp lực tác động bên hông móng ở cao trình đáy móng và  $\gamma$  của thành phần này là trọng lượng riêng của đất từ đáy móng trở lên mặt đất.

Thành phần lực dính  $cN_c$ , với lực dính c được chọn là của lớp đất ngay dưới mặt đáy móng. Terzaghi (1943) đề nghị chỉ sử dụng biểu đồ để xác định các hệ số sức chịu tải,  $N_\gamma, N_q, N_c$  cho đất chặt hay cứng. Đối với đất ít chặt hay dẻo mềm, nên thay các thông số chống cắt.

## 3. Phân tích sức chịu tải của nền theo sự thay đổi độ ẩm của đất

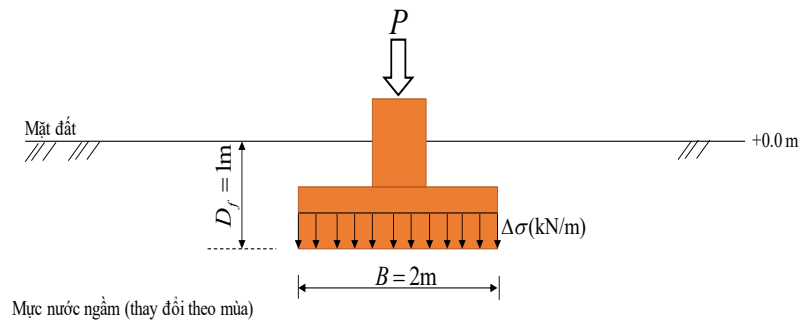
### 3.1. Mô tả công trình

Bài toán đặc ra tính toán sức chịu tải nền đất có xét tới ảnh hưởng của sự thay đổi độ ẩm của đất nền. Trong phần này tác giả tiến hành phân tích sức chịu tải của nền dưới móng băng.

Để khảo sát sức chịu tải của nền đất dưới móng băng khi xét sự thay đổi độ ẩm. Bài toán đặt ra là tính toán sức chịu tải nền đất dưới móng băng có bề rộng móng là  $B = 2m$ , chiều sâu chôn móng là  $D_f = 1m$ . Trong phần này các phương pháp tính toán sức chịu tải của nền dưới móng băng với sự thay đổi độ ẩm như sau:

Phân tích sự thay đổi sức chịu tải của nền dưới móng băng dựa vào sự thay đổi độ ẩm gây ra do ảnh hưởng của sự thay đổi mực nước ngầm. Giả sử mặt đất có cao độ là +0.0m và mực

nước ngầm trong nền dao động theo mùa. Nghiên cứu xét mực nước ngầm thay đổi từ  $-4.0$  m đến  $+0.0$  m. Sức chịu tải của nền dưới móng băng được tính toán theo hai cách như sau:



**Hình 1. Sơ đồ bố trí móng băng trên nền đất với sự thay đổi mực nước ngầm**

*Nguồn: Tính toán của tác giả*

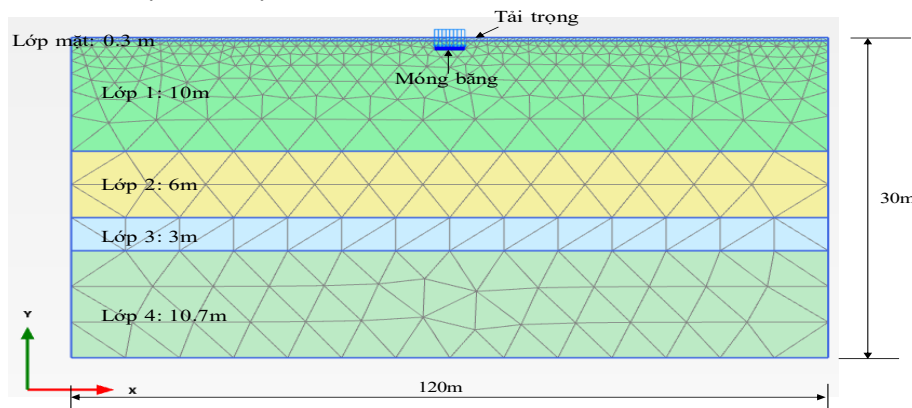
Phương pháp số phần tử hữu hạn (PLAXIS): Bao gồm bài toán 2D và 3D.

Lời giải giải tích theo công thức của Terzaghi (1943) với sự thay đổi mực nước ngầm.

Phân tích sự thay đổi sức chịu tải của nền dưới móng băng dựa vào sự thay đổi sức chống cắt của đất theo độ ẩm dưới móng băng theo độ ẩm.

Mô hình số 2D: Móng băng được mô hình trong chương trình Plaxis 2D (V2017).

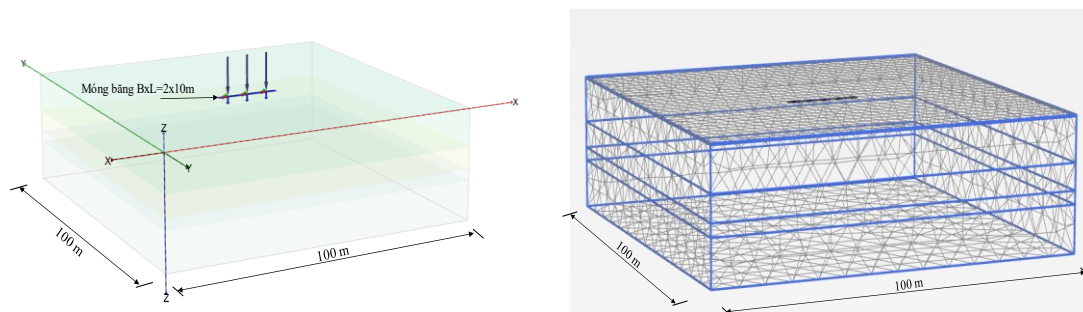
Ứng xử các lớp đất dưới móng băng được mô hình bằng mô hình Mohr-Coulomb. Móng băng được mô phỏng bằng phần tử Plate. Mô hình được chia lưới với phần tử tam giác 15 nút. Kích thước mô hình được thể hiện như hình 2.



**Hình 2. Mô hình số 2D của nền đất dưới móng băng**

*Nguồn: Tính toán của tác giả*

Theo mô hình số 2D ở hình 3 điều kiện biên như sau: Chuyển vị tại biên trái và biên phải được cố định theo phương ngang ( $u_x = 0$ ); chuyển vị tại biên dưới được cố định theo hai phương ( $u_x = u_y = 0$ ); điều kiện thoát nước bị không chế tại các biên, ngoại trừ biên trên.



**Hình 3. Đặc điểm mô hình số 3D của nền đất dưới móng băng**

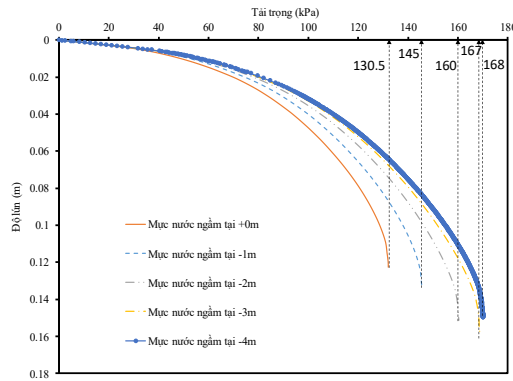
*Nguồn: Tính toán của tác giả*

Mô hình số 3D: Trong phần này móng băng cũng được mô phỏng trong chương trình Plaxis 3D (V2017). Đặc điểm mô hình số 3D của nền đất dưới móng băng thể hiện như hình 3. Tương

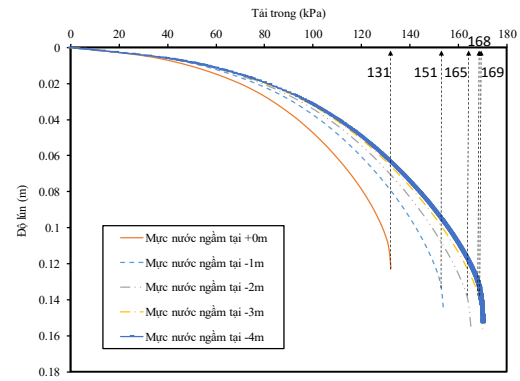
tự như trong mô hình 2D, ứng xử các lớp đất dưới móng băng cũng được mô hình bằng mô hình Mohr-Coulomb. Móng băng được mô phỏng bằng phần tử Plate 3D. Mô hình được phân tích với phần tử khối tam giác 15 nút. Kích thước mô hình được thể hiện như hình 3.

Hình 4 mô tả mô hình số 3D của nền đất dưới móng băng điều kiện biên như sau: Chuyển vị tại các mặt bên được cố định bằng 0 ( $u_x = 0$  hoặc  $u_y = 0$ , tương ứng cho hai phương x và phương y); chuyển vị tại biên dưới được cố định theo hai phương ( $u_x = u_y = u_z = 0$ ); điều kiện thoát nước bị khống chế tại các biên, ngoại trừ biên trên của mô hình.

### 3.2. Kết quả sức chịu tải của nền theo sự thay đổi độ ẩm



(a) Cách xác định sức chịu tải của nền cho trường hợp 2D



(b) Cách xác định sức chịu tải của nền cho trường hợp 3D

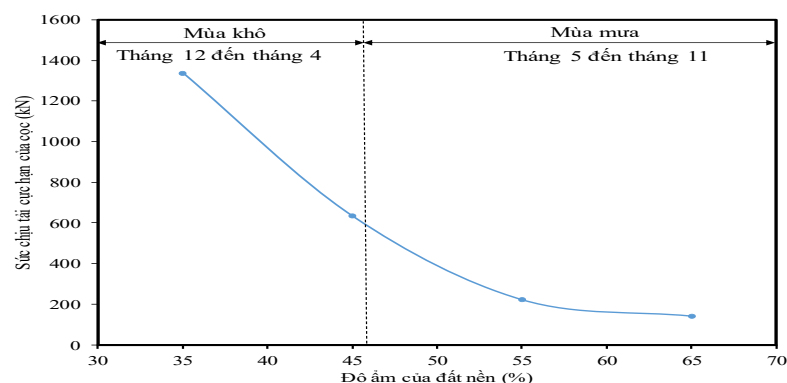
Hình 4. Cách xác định sức chịu tải của đất nền dưới móng băng theo kết quả phân tích số

Nguồn: Tính toán của tác giả

Hình 4 trình bày cách xác định sức chịu tải của nền cho hai trường hợp mô phỏng 2D và 3D với các trường hợp mực nước ngầm khác nhau, thay đổi từ -4 m đến +0.0 m tùy theo mùa. Kết quả phân tích cho thấy rằng, đối với trường hợp mô phỏng số 2D, giá trị sức chịu tải đơn vị của nền tăng từ 130.5 kN/m<sup>2</sup> đến 168 kN/m<sup>2</sup>, tương ứng sự giảm mực nước ngầm từ 0.0m xuống -4m. Trong khi đó giá trị sức chịu tải đơn vị của nền tăng từ 131 kN/m<sup>2</sup> đến 169 kN/m<sup>2</sup>, tương ứng với sự giảm mực nước ngầm từ 0.0m xuống -4.0 m trong phân tích 3D. Cả hai trường hợp phân tích số đều cho thấy rằng khi mực nước ngầm giảm (hay hàm lượng nước thay đổi trong đất) thì sức chịu tải tăng lên đáng kể.

### 3.3. Kết quả tính toán sức chịu tải của cọc theo độ ẩm

#### 3.3.1. Tính toán sức chịu tải của cọc theo độ ẩm dựa vào trạng thái đất:



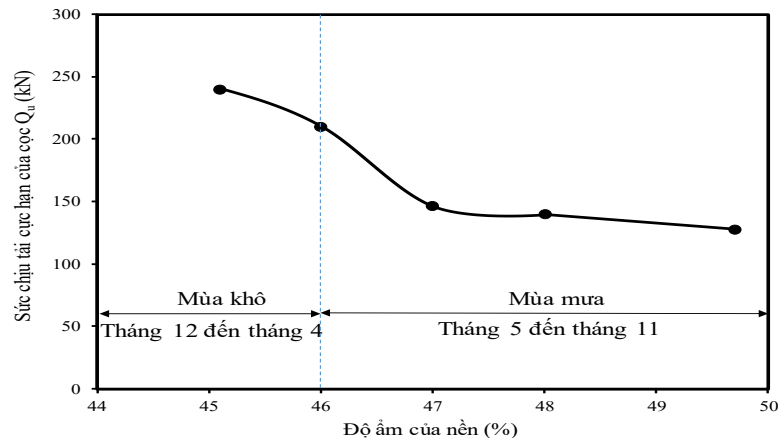
Hình 5. Sự thay đổi sức chịu tải cọc theo độ ẩm của đất nền tính theo trạng thái đất

Nguồn: Tính toán của tác giả

Từ hình 5 cho thấy sự thay đổi sức chịu tải cọc theo độ ẩm của đất nền tính theo trạng thái đất thể hiện sự thay đổi sức chịu tải của cọc theo độ ẩm của đất nền cho thấy rằng khi độ ẩm đất tăng từ 35% đến 55%, sức chịu tải trong cọc giảm đáng kể, từ 1338.66 kN đến 223.38 kN. Tuy nhiên khi độ ẩm cọc đất nền tăng lên gần bằng giới hạn nhão thì sức chịu tải có giảm nhưng không đáng kể từ 223.38 kN đến 142.38 kN.

Kết quả cho thấy rằng ảnh hưởng của độ ẩm của đất nền sẽ tác động đến sức chịu tải của cọc trong lớp đất đó.

### 3.3.2. Tính toán sức chịu tải của cọc theo độ ẩm dựa vào chỉ tiêu cường độ đất nền:



Hình 6. Sự thay đổi sức chịu tải cọc theo độ ẩm của đất nền tính theo chỉ tiêu cường độ đất nền

Nguồn: Tính toán của tác giả

Hình 6 cho thấy thay đổi sức chịu tải cọc theo độ ẩm của đất nền tính theo chỉ tiêu cường độ đất nền, thể hiện sự thay đổi sức chịu tải cọc theo độ ẩm nếu tính theo chỉ tiêu cường độ đất nền. Giống như cách tính theo trạng thái đất (chỉ số độ sệt), sức chịu tải của cọc giảm khi độ ẩm tăng. Kết quả cho thấy rằng sức chịu tải của cọc giảm đáng kể khi độ ẩm tăng từ 45.1% đến 47%. Tuy nhiên sức chịu tải của cọc sau đó giảm không nhiều khi độ ẩm lớn hơn 47%.

Bảng 1. Sức chịu tải cực hạn của cọc tính dựa vào sự thay đổi thông số cường độ của đất theo độ ẩm

| Độ ẩm | $c$ (kPa) | $\varphi(^{\circ})$ | $N_c$ | $N_q$ | $k_h$ | $f$    | $q_p$   | $Q_u$ (kN) |
|-------|-----------|---------------------|-------|-------|-------|--------|---------|------------|
| 48    | 11.8      | 6.5                 | 7.94  | 1.905 | 0.886 | 14.150 | 182.331 | 140.521    |
| 45.1  | 11.8      | 9.1                 | 9.09  | 2.44  | 0.841 | 14.937 | 220.795 | 240.321    |
| 49.7  | 13.7      | 8.5                 | 8.575 | 2.33  | 0.852 | 16.663 | 225.892 | 127.568    |
| 46    | 14.3      | 9.1                 | 9.09  | 2.44  | 0.841 | 17.437 | 243.520 | 210.237    |
| 47    | 8.7       | 9.5                 | 9.32  | 2.55  | 0.834 | 11.950 | 199.735 | 147.043    |

Nguồn: Tính toán của tác giả

Công thức tính sức chịu tải của cọc được tính (theo TCVN 10304:2014), trong đó cường độ sức kháng cắt (do ma sát đơn vị) của lớp đất trên thân cọc, được tính toán như sau:

$$f = k_h \sigma'_{v,z} \tan \delta + c$$

$k_h$  là hệ số áp lực ngang của đất lên thân cọc, trong trường hợp đất có kết cấu thường có thể sử dụng tính toán; trong trường hợp đất quá cứng có thể tính toán (theo Eurocode).

$$k_h = 1 - \sin \varphi$$

$$k_h = (1 - \sin \varphi) \sqrt{OCR}$$

Với  $\sigma'_{v,z}$  là ứng suất có hiệu tại thân cọc, tính cho giữa lớp đất cọc đi qua;  $\delta, c$  lần lượt là góc ma sát và lực dính giữa đất và cọc, thông thường cọc bê tông cốt thép có thể lấy 2/3 giá trị đó của đất. Trong nghiên cứu này, do chỉ tập trung nghiên cứu sức chịu tải theo độ ẩm, có thể giả sử  $\delta, c$  có giá trị bằng góc ma sát trong và lực dính của đất. Đối với cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc, có thể được tính toán như sau:

$$q_p = cN'_c + \sigma'_{v,p}N'_q$$

Trong đó  $c$  là lực dính dưới mũi cọc;  $\sigma'_{v,p}$  là ứng suất có hiệu tại mũi cọc. Các hệ số sức chịu tải ( $N'_c$ ;  $N'_q$ ) được tính dựa vào góc ma sát trong của đất dưới mũi cọc.

#### 4. Kết luận

Kết quả thu được từ các phương pháp cho thấy rằng khi độ ẩm trong đất giảm xuống thì sức chịu tải của đất nền tăng lên. Một số kết luận cụ thể như sau:

Đối với phương pháp phân tích 2D thì khi mực nước ngầm giảm từ 0.0m (ngay mặt đất) đến -4m thì sức chịu tải tăng từ 130.5 - 168 kN/m<sup>2</sup>, tương ứng tăng lên 28.7%.

Đối với phương pháp phân tích 3D thì khi mực nước ngầm giảm từ 0.0m (ngay mặt đất) đến -4m thì sức chịu tải tăng từ 131 - 169 kN/m<sup>2</sup>, tương ứng tăng lên 29%. Kết quả cho thấy thực tế rằng (thực tế là mô hình 3D), sự thay đổi mực nước ngầm ảnh hưởng đáng kể đến sức chịu tải của móng hơn mô hình biến dạng phẳng.

Khi độ ẩm của đất tăng lên từ 35% đến 65%, sức chịu tải cực hạn của cọc giảm đáng kể từ 138.66 - 142.38 kN. Trong đó sức chịu tải giảm đáng kể trong khoảng độ ẩm thay đổi từ 35 - 55%, tuy nhiên khi độ ẩm gần với giới hạn nhão thì sức chịu tải giảm không đáng kể.

Trong trường hợp tính toán sức chịu tải cọc theo chỉ tiêu cường độ với sự thay đổi độ ẩm cho kết quả tương tự. Sức chịu tải của cọc giảm đáng kể khi độ ẩm tăng từ 45.1 - 47%. Tuy nhiên sức chịu tải của cọc sau đó giảm không nhiều khi độ ẩm tăng.

Nghiên cứu chỉ xoay quanh vấn đề xét ảnh hưởng độ ẩm đến sức chịu tải của nền theo sự phân bố mực nước ngầm (điều kiện ngập nước). Kết quả tính toán và dự báo sức chịu tải chủ yếu dựa vào 3 phương pháp chính mà hiện nay đang sử dụng như phương pháp giải tích, phương pháp số bằng phần mềm Plaxis 2D và 3D. Kết quả cần được nghiên cứu thực nghiệm và thử tải hiện trường để so sánh với phương pháp đang áp dụng.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng (2012). *TCVN 9362-2012 Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*.
- [2] Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng (2012). *TCVN 4196:2012 Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm và độ hút ẩm trong phòng thí nghiệm*.
- [3] Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng (2014). *TCVN 10304:2014 Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [4] Buisman, A. S. K. (1940). *Grondmechanica*, Waltman, Delft, the Netherlands, p.243.
- [5] Hansen, J. B. (1970). *A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity*. Bulletin 28, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen.
- [6] Meyerhof, G. G. (1957). The Ultimate Bearing Capacity of Foundations on Slopes. *Proceedings, Fourth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, London, Vol. 1, pp. 384–387.
- [7] Ngugi, H.N., Shitote, S. M. & Ambassah, N. (2021). Effect of Variation in Moisture Content on Soil Deformation and Differential Settlement of Frame Structures in Nairobi Area and its Environs. *The Open Construction & Building Technology Journal*, 1874-8368/21.
- [8] Onyancha, C.K., Mathu, E.M., Mwea, S.K. & Ngecu, W.M. (2011). Dealing with sensitive and variable soils in Nairobi City. *IJRRAS*, vol. 9. 2011, no. 2, pp. 282-291. Available from: [IJRRwww.arpapress.com/Volumes/Vol9Issue2/IJRRAS\\_9\\_2\\_12.pdf](http://IJRRwww.arpapress.com/Volumes/Vol9Issue2/IJRRAS_9_2_12.pdf).
- [9] Prandtl, L. (1921). Über die Eindringungsfestigkeit (Härte) plastischer Baustoffe und die Festigkeit von Schneiden. *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, Vol. 1, No. 1, pp. 15–20.
- [10] Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Willey.

**Ngày nhận: 30/5/2022**

**Ngày duyệt đăng: 18/3/2023**