

Ứng dụng phần mềm Plaxis 3D lựa chọn chiều dài cọc ở khu vực có hang Các tơ

Application of Plaxis 3D software in selecting pile length in the Karst area

Hoàng Ngọc Phong

Tóm tắt

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng phần mềm Plaxis 3D để đánh giá sự ảnh hưởng của công trình bên trên thông qua hệ móng bè cọc tới đất xung quanh khu vực có hang Các tơ. Phần mềm được sử dụng để mô hình hóa điều kiện địa chất và mô phỏng tác động của phần thân công trình thông qua móng bè cọc. Mô hình lấy vào các thông số địa chất như lực dính, góc ma sát và trọng lượng đơn vị,... được thu thập từ báo cáo khảo sát địa chất. Phần mềm Plaxis 3D cho phép điều chỉnh chiều dài cọc và phân tích tác động của nó đến sự ổn định của công trình. Qua đây cho thấy phần mềm Plaxis 3D đã chứng tỏ là công cụ hiệu quả trong việc xác định chiều dài cọc phù hợp của móng bè cọc trong khu vực có hang Các tơ. Cho phép kỹ sư đưa ra quyết định lựa chọn chiều dài cọc để đảm bảo sự an toàn và ổn định cho móng bè cọc.

Từ khóa: Plaxis 3D, móng bè cọc, điểm tất lún

Abstract

This paper presents the results of a study on using Plaxis 3D software to assess the impact of a construction project on the surrounding soil through a pile foundation system in the Karst area. The software was used to model the geological conditions and simulate the impact of the structure on the soil through the pile foundation system. The model took into account geological parameters such as cohesion, friction angle, and unit weight, which were obtained from geotechnical survey reports. The Plaxis 3D software allowed for the adjustment of pile length and the analysis of its impact on the stability of the structure. This demonstrates that the Plaxis 3D software proved to be an effective tool in determining the appropriate pile length for the pile foundation in the Karst area, enabling engineers to make informed decisions to ensure the safety and stability of the foundation.

Key words: Plaxis 3D, pile foundation, bearing capacity

ThS. Hoàng Ngọc Phong

Bộ môn Địa kỹ thuật & Công trình ngầm
Khoa Xây dựng

Email: Ngocphongdkt@gmail.com

SĐT: 0385807456

Ngày nhận bài: 13/2/2023

Ngày sửa bài: 09/5/2023

Ngày duyệt đăng: 15/03/2024

1. Đặt vấn đề

Việc xây dựng móng công trình trong vùng địa chất phức tạp, có hang các tơ là khó khăn cho người thiết kế. Khi thiết kế các công trình ở khu vực có các tơ nên áp dụng các phương pháp xác định tương tác của kết cấu với nền, có tính đến kiểu hình thành và sụt lún các tơ. Để giải quyết bài toán này cần phải có thông tin chung về sự hiện diện của các tơ tại địa điểm xây dựng và mô hình tính toán cụ thể đánh giá ổn định của đất quanh hố các tơ. Việc nghiên cứu khả năng xây dựng công trình trên các tơ nhờ ứng dụng các phần mềm chuyên dụng là cần thiết, giúp đánh giá độ tin cậy độ dày của đất nền trên các khoảng trống các tơ, đảm bảo công trình hoạt động bình thường. Phần mềm Plaxis 3D V20 có thể dự tính được độ lún của móng, độ lún tại các độ sâu khác nhau trong nền đất, từ đó xác định được điểm tất lún. Như thế ta có thể xác định được chiều dài cọc hợp lý trong khu vực có hang Các tơ.

2. Mô hình vật liệu trong phần mềm Plaxis 3D

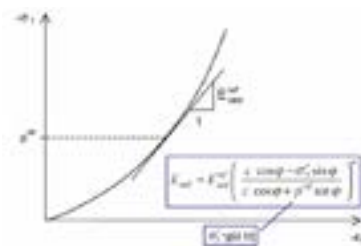
Plaxis 3D V20 là bộ phần mềm sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn, phân tích ổn định và biến dạng của kết cấu đất, đá trong lĩnh vực địa kỹ thuật công trình.

Plaxis hỗ trợ nhiều loại mô hình trong quan hệ của đất như Mô hình đàn hồi tuyến tính, mô hình Mohr-Coulomb, mô hình Hardening Soil, và còn nhiều mô hình khác.

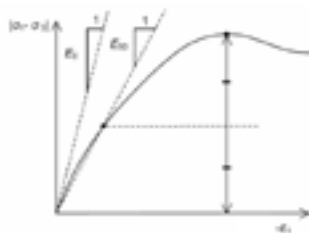
Ứng xử của đất là ứng xử không phục hồi được, có hiện tượng chảy dẻo và giãn nở khi chịu trượt. Vì vậy chỉ có lý thuyết dẻo mới mô tả được ứng xử của đất. Đây là mô hình số cho phép mô tả ứng xử không đàn hồi phức tạp và các điều kiện tiếp xúc khác nhau, ứng với các điều kiện địa chất và các đặt tính khác nhau của đất. Hardening Soil là mô hình đa mặt dẻo, cụ thể là đó là một mô hình hai mặt dẻo kết hợp, mặt dẻo trượt và mặt dẻo hình chóp mũ. Sự tăng bền phụ thuộc vào cả biến dạng dẻo và biến dạng thể tích. Khác với mô hình đàn hồi dẻo lý tưởng, mặt chảy dẻo của mô hình Hardening Soil không cố định trong không gian ứng suất chính mà nó giãn ra do biến dạng dẻo.

Bảng 1. Thông số mô hình Hardening Soil

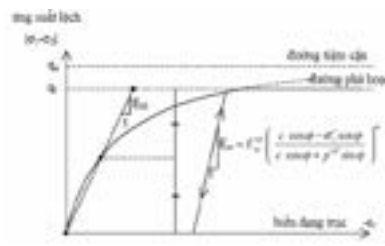
c	Lực dính hiệu quả
φ	Góc ma sát trong hiệu quả
ψ	Góc giãn nở
E_{50}^{ref}	Độ cứng thứ cấp trong thí nghiệm 3 trục
E_{oed}^{ref}	Độ cứng trong thí nghiệm 1 trục
m	Đất cứng $m = 0,5$, đất mềm $m = 1$ hoặc xác định dựa vào thí nghiệm nén 3 trục.
E_{ur}^{ref}	Độ cứng nén/nở ($E_{ur}^{ref} = 3E_{50}^{ref}$)
μ_{ur}	Hệ số poisson (mặc định $\mu_{ur} = 0.2$)
p^{ref}	ứng suất tham chiếu, (mặc định $R_f = 100(kN/m^2)$)
R_f	Hệ số phá hoại (mặc định $R_f = 0.9$)
$\sigma_{tension}$	Cường độ chịu kéo (mặc định $\sigma_{tension} = 0$)
$c_{increment}$	Số gia cường kháng cắt của vật liệu theo chiều sâu (mặc định $c_{increment} = 0$)



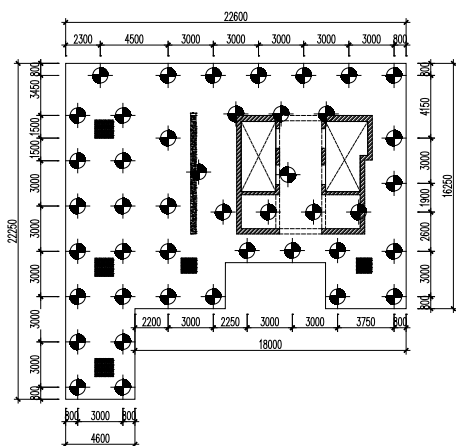
Hình 1. Biểu đồ quan hệ σ_1 và ϵ_1 [3]



Hình 2. Xác định E_{50}

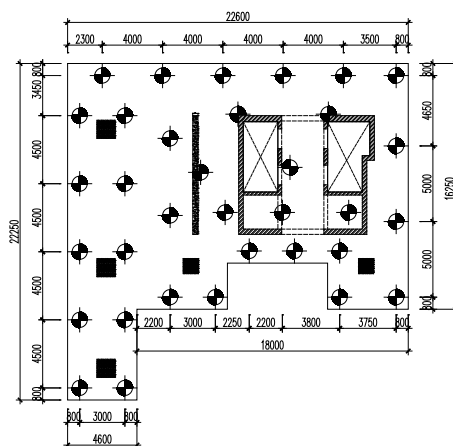


Hình 3. Đường cong ứng suất – biến dạng[3]



Phương án 1: cọc dài 25m, mũi cọc ở độ sâu 30,0m so với cốt tự nhiên, sức chịu tải cọc cọc là $P_{sct} = 6600\text{kN}$. Tổng số cọc trong đài là 43 cọc.

Hình 4. Mặt bằng móng bè cọc phương án 1



Phương án 2: cọc dài 30m, mũi cọc ở độ sâu 35,0m so với cốt tự nhiên, sức chịu tải cọc cọc là $P_{sct} = 8400\text{kN}$. Tổng số cọc trong đài là 34 cọc.

Hình 5. Mặt bằng móng bè cọc phương án 2

Có thể phân ra thành hai loại tăng bền là tái bền trượt (shear hardening) và tái bền nén. Tái bền trượt được dùng để mô phỏng biến dạng không phục hồi do ứng suất lệch gây ra được đặc trưng bởi module biến dạng trong thí nghiệm ba trục và được mô hình bằng mặt dẻo trượt. Trong khi đó tái bền nén được dùng để mô phỏng biến dạng không phục hồi do ứng suất nén đẳng hướng gây ra được đặc trưng bởi module biến dạng trong thí nghiệm nén Oedometer và được mô hình bằng mặt dẻo hình chóp mũ. Mặt dẻo trượt sử dụng quy luật chảy dẻo không tích hợp và mặt dẻo chóp mũ sử dụng quy luật chảy dẻo tích hợp. Trong mô hình Hardening Soil, không phải chỉ có một độ cứng như các mô hình khác, độ cứng của lần đầu chất tải, độ cứng đỡ tải và tái chất tải là khác nhau. Vì vậy, để ứng dụng phân tích bài toán lún ổn

định, tác giả sử dụng mô hình Hardning Soil, các thông số được xác định như trong bảng 1.

Cách chọn các tham số của mô hình: Ứng suất phụ thuộc vào độ cứng. Độ cứng nén 1 trục $E_{\text{oad}} = E_{\text{oad}}^{\text{ref}} (\sigma / p^{\text{ref}})^m$

+ Cách xác định E_{50}^{ref} , m.

Kết quả của thí nghiệm 3 trục tiêu chuẩn thoát nước:

$$E_{50} = E_{50}^{\text{ref}} \left(\frac{c \cdot \cos \varphi - \sigma'_3 \cdot \sin \varphi}{c \cdot \cos \varphi + p^{\text{ref}} \sin \varphi} \right)^m \quad p^{\text{ref}} = 100$$

$$E_{\text{ur}} = E_{\text{ur}}^{\text{ref}} \left(\frac{c \cdot \cos \varphi - \sigma'_3 \cdot \sin \varphi}{c \cdot \cos \varphi + p^{\text{ref}} \sin \varphi} \right)^m, \quad E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 3E_{50}^{\text{ref}}$$

Bảng A. Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng vào hệ thang máy

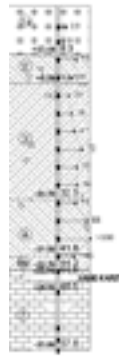
Tầng	Hệ vách	Tổ hợp	FX	FY	FZ	MX	MY
			kN	kN	kN	kN-m	kN-m
Hầm	Vách thang máy	TH1	262.65	-583.92	106540.9	43.25	5.29

Bảng B. Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng vào cột trục 14A, 14C, 14D, 15C, 17C

Tầng	Cột	Tổ hợp	FX	FY	FZ	MX	MY
			kN	kN	kN	kN-m	kN-m
Hầm	17C	TH1	-2.51	-56.96	9515.26	71.12	-2.75
Hầm	15C	TH1	-2.19	-56.45	9948.17	70.04	-2.30
Hầm	14C	TH1	25.14	-7.61	21337.60	-8.00	35.40
Hầm	14A	TH1	86.33	124.11	18688.97	-185.36	118.36
Hầm	14D	TH1	-59.93	-211.52	21932.35	266.54	-79.63



Hình 6. Mặt cắt địa tầng khai báo trong Plaxis 3D. Mực nước ngầm cách cốt tự nhiên là 7,0m [1].



Hình 7. Hình trụ hố khoan [1]



Hình 8. Mô hình hang Cáp tơ trong phần mềm Plaxis 3D. Hang Cáp tơ ở độ sâu 44.9m so với cốt tự nhiên, kích thước hang rộng khoảng 6m và cao 1,6m



Hình 9. Thông số cọc trong mô hình

Bảng 1. Bảng thông số đất nền

Tên lớp đất	Đơn vị	Lớp 1a	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 6b	Lớp 7
Material model		Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Drainage type		Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)	Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	kN/m ³	18.2	18.4	19.9	23	17.5	23
γ_{sat}	kN/m ³	18.5	18.7	20.1	23.5	17.8	23.5
E_{50}^{ref}	kN/m ²	7793	4.20E+04	4.88E+04	8.78E+04	1.84E+04	8.78E+04
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	kN/m ²	7793	4.20E+04	4.88E+04	8.78E+04	1.84E+04	8.78E+04
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	kN/m ²	2.34E+04	1.26E+05	1.47E+05	2.63E+05	5.51E+04	2.63E+05
power (m)		0.65	0.55	0.55	0.5	0.7	0.5
c_{ref}	kN/m ²	26.4	25.1	23.6	60	16	60
ϕ (phi)	°	18	17.9	18.6	20	15	20
ψ (psi)	°	0	0	0	0	0	0
v_{ur}		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
p_{ref}	kN/m ²	100	100	100	100	100	100
c_{inc}	kN/m ² /m	0	0	0	0	0	0
R_{f}		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
R_{inter}		1	1	1	1	1	1

3. Ứng dụng phần mềm plaxis 3D xác định chiều dài cọc của móng bè cọc trong khu vực có hang Cáp tơ

3.1 Giới thiệu công trình

Công trình có 1 tầng hầm và 28 tầng nổi, được xây dựng tại xã Nhuận Trạch, huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình. Móng khu vực thang máy là móng bè cọc, đường kính cọc là D=1000mm. Tải trọng tác dụng lên hệ cột vách:

+ Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng vào hệ thang máy (Bảng A).

+ Tải trọng tiêu chuẩn tác dụng vào cột trục 14A, 14C, 14D, 15C, 17C (Bảng B).

Để lựa chọn phương án chiều dài cọc hợp lý, tác giả lên 2 phương án đặt chiều sâu mũi cọc lần lượt là 30.0m và 35.0m so với cốt tự nhiên. Tương ứng với sức chịu tải của cọc D1000 thay đổi và số cọc trong đài thay đổi như bên dưới:

3.2 Địa chất công trình

Các lớp đất khảo sát từ trên xuống dưới được thể hiện ở hình 7

Thông số đất nền của các lớp đất khảo sát được thể hiện ở bảng 1

Bê tông cọc và đài móng sử dụng B35 có các thông số tính toán như sau:

Bảng 2. Thông số bê tông của đài móng và cọc

Tên	Loại vật liệu	γ (kN/m ³)	ν	E (kN/m ²)
Bê tông	Elastic	25	0.2	3.45E7

3.3 Mô hình kết cấu hệ móng bè cọc

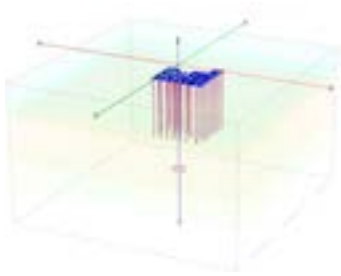
Mô hình móng bè cọc bằng phần mềm Plaxis 3D: Hình 10, 11, 12.

3.4. Kết quả phân tích

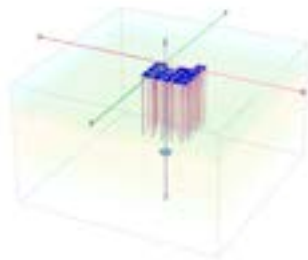
Hình 13, 14, 15, 16.

Độ lún của đài móng lớn nhất trong cả 2 phương án là $S_1=3,036\text{cm} < [S]=10\text{ cm}$ theo phụ lục E trong [3]. Vì vậy độ lún đảm bảo điều kiện độ lún tuyệt đối cho phép.

+ Độ lún của mặt cắt qua móng và ứng suất trong đất
Từ hình 20, hình 22, hình 24 và hình 26, ta nhận thấy ứng



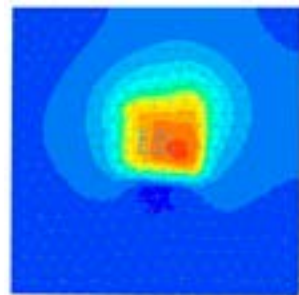
Hình 10. Mô hình 3D hệ đài cọc và hang Các tơ phương án 1



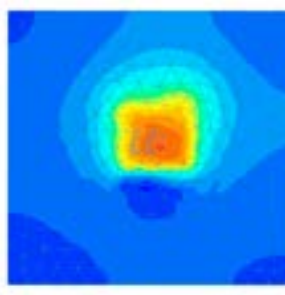
Hình 11. Mô hình 3D hệ đài cọc và hang Các tơ phương án 2



Hình 12. Kích thước mô hình



Hình 13. Độ lún móng trên mặt bằng của phương án 1



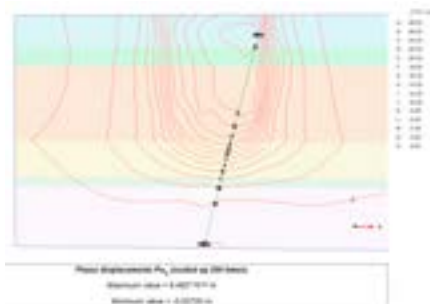
Hình 14. Độ lún móng trên mặt bằng của phương án 2



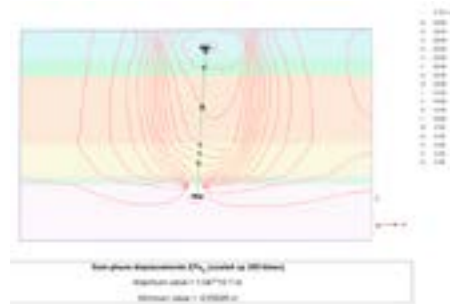
Hình 15. Chuyển vị của hệ cọc của phương án 1



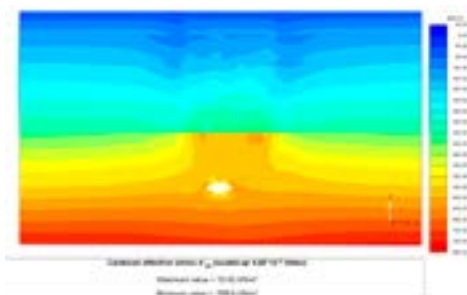
Hình 16. Chuyển vị của hệ cọc của phương án 2



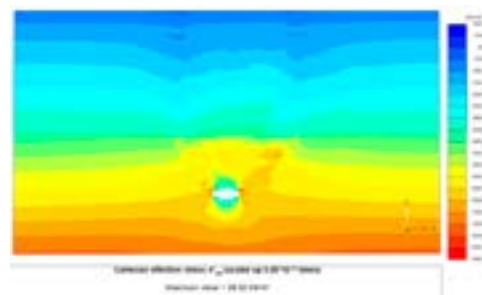
Hình 17. Độ lún của mặt cắt qua móng phương án 1



Hình 18. Độ lún của mặt cắt qua móng phương án 2



Hình 19. Ứng suất σ'_{zz} của mặt cắt qua móng trong phương án 1



Hình 20. Ứng suất σ'_{zz} của mặt cắt qua móng trong phương án 2

suất trong đất tại miệng hang Các tơ đã xuất hiện vùng biến dạng dẻo nên độ lún trên miệng hang Các tơ trong phương án 2 là 20.0mm (hình 18).

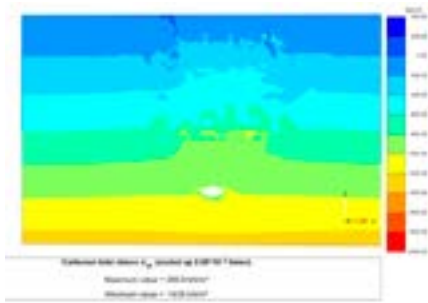
Với kết quả trong phương án 1, từ hình 19, hình 21, hình 23, hình 25 thì chưa xuất hiện vùng biến dạng dẻo. Độ lún trên miệng hang Các tơ là 2,0mm (hình 17).

Từ phân tích 2 phương án trên, ta nhận thấy khi sử dụng

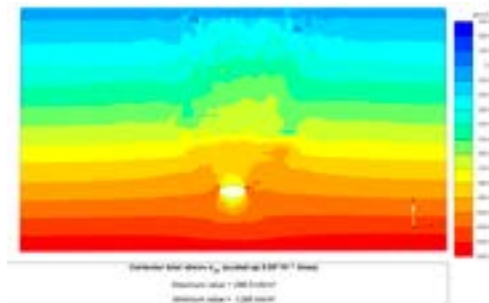
phương án cọc dài 30m cắm vào độ sâu 35.0m so với cốt tự nhiên không đảm bảo độ an toàn so với phương án cọc dài 25m cắm vào độ sâu 30.0m so với cốt tự nhiên.

4. Kết luận

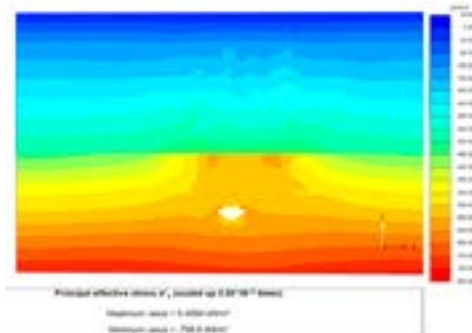
Kết quả phân tích hai phương án với độ dài của cọc khác nhau là 25m và 30m có độ lún trên miệng hang Các tơ lần



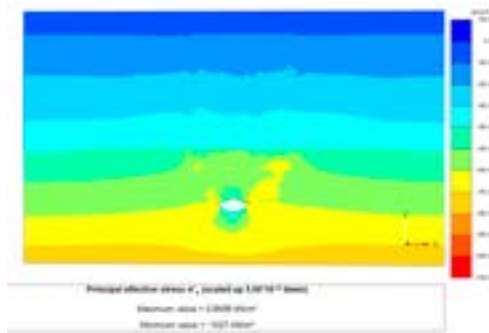
Hình 21. Ứng suất σ_{zz} của mặt cắt qua móng trong phương án 1



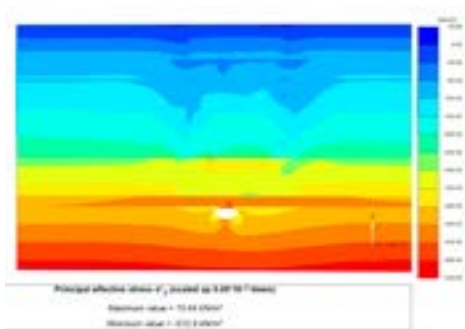
Hình 22. Ứng suất σ_{zz} của mặt cắt qua móng trong phương án 2



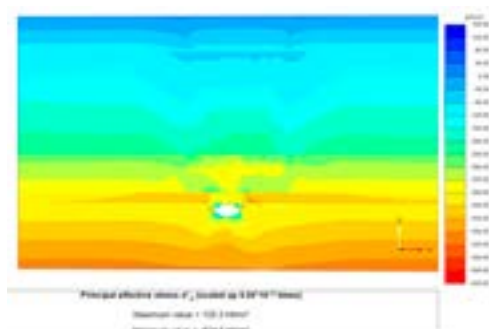
Hình 23. Ứng suất σ'_1 của mặt cắt qua móng trong phương án 1



Hình 24. Ứng suất σ'_1 của mặt cắt qua móng trong phương án 2



Hình 25. Ứng suất σ'_3 của mặt cắt qua móng trong phương án 1



Hình 26. Ứng suất σ'_3 của mặt cắt qua móng trong phương án 2

lượt là 2,0mm và 20,0mm, ngoài ra ứng suất trong đất tại miệng hang Các tơ đã xuất hiện vùng biến dạng dẻo trong trường hợp cọc dài 30,0m. Từ kết quả này, chúng ta có thể lựa chọn được chiều dài cọc hợp lý đảm bảo sự an toàn và ổn định cho công trình.

Phân tích mô hình số Plaxis 3D là phương pháp mô phỏng hiện đại, thể hiện rõ ràng trạng thái ứng suất của hệ móng cọc và nền đất có tồn tại hang Các tơ. Mô hình số cho cái nhìn tổng quan hơn về khả năng sụp đổ hang Các tơ, độ lún của móng tại khu vực này mà các phương pháp phân tích truyền thống khó có thể đạt được. Với mức độ chính xác cần thiết của các sơ đồ thiết kế móng cọc, có thể tiến hành phân tích đáng tin cậy về tác động của móng cọc và tạo ra một phương pháp phổ biến để tính toán ảnh hưởng móng cọc, có tính đến tất cả các yếu tố ảnh hưởng chính đến hang Các tơ./.

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo khảo sát địa chất tại xã Nhuận Trạch, xã Tân Vinh, huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình do Công ty cổ phần tư vấn địa kỹ thuật Đông A lập.
2. TCVN 9362:2012, Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình
3. TCVN 10304:2014, Móng cọc- Tiêu chuẩn thiết kế
4. Plaxis 3D Manual