

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH ĐÁY HỒ ĐÀO SÂU TRONG ĐIỀU KIỆN TẦNG CHỨA NƯỚC CÓ ÁP

Lâm Ngọc Quý* và Trần Thị Mỹ Hạnh

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Lâm Ngọc Quý (email: lamngocqui@mtu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 30/10/2022

Ngày nhận bài sửa: 10/11/2022

Ngày duyệt đăng: 14/11/2022

Title:

Study on methods to evaluate the stability of deep excavation bottom in pressured aquifer condition

Từ khóa:

Hồ đào sâu, ổn định đáy hồ đào, phương pháp cơ học, tầng nước có áp

Keywords:

Deep excavation, stability of deep excavation bottom, mechanical methods, pressured aquifer

ABSTRACT

The main focus of the content presented in this article is an evaluation of the stability of the bottom of the deep excavation due to changes in initial stress state and destruction by groundwater pressure. The results of mechanical calculations combined with a simulation study using the Plaxis 2D software are used to analyze, compare, and determine the appropriate depth to ensure stable conditions of deep excavation in the pressured aquifer conditions. The results of comparative analysis and calculations indicate that show that the maximum depth of the bottom of the excavation is 5.4 m, which is consistent with the simulation results by Plaxis 2D software, regardless of soil tensile strength. The calculated maximum depth of 7.1 m is unsafe since the real behavior of the ground is not taken into consideration.

TÓM TẮT

Trọng tâm chính của nội dung được trình bày trong bài báo này là đánh giá khả năng mất ổn định của đáy hồ đào sâu do sự thay đổi trạng thái ứng suất ban đầu và áp lực nước gây phá hoại. Các kết quả tính toán bằng các phương pháp cơ học kết hợp với việc mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D được sử dụng để phân tích, so sánh và tìm ra chiều sâu thích hợp của hồ đào trong điều kiện tầng chứa nước có áp đảm bảo điều kiện ổn định. Kết quả tính toán và phân tích so sánh cho thấy độ sâu đào tối đa của đáy hồ đào trong trường hợp bài toán cụ thể là 5,4 m, phù hợp với kết quả mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D không xét đến sức chống kéo của đất. Khi xét sức chống cắt của đất nền, độ sâu đào tối đa tính toán được là 7,1m là không an toàn do không xét đến ứng xử thực tế của đất nền.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi thi công hố móng cho các công trình, vấn đề ổn định hố đào móng sâu là một trong những yếu tố quan trọng cần phải tính toán để đảm bảo các điều kiện an toàn và tiến độ thi công. Khi đào sâu, trạng thái ứng suất – biến dạng của đất nền bị thay đổi. Theo cấu tạo địa chất của khu vực Thành phố Hồ Chí Minh và các vùng lân cận, bên trên thường có lớp sét (với các trạng thái khác nhau từ mềm đến

cứng) còn bên dưới là lớp cát với bề dày đáng kể. Lớp cát chứa nước và áp lực nước tác dụng vào đáy lớp sét được xem như không thấm. Khi bề dày lớp sét giảm đi do việc khai đào, áp lực nước trong tầng chứa nước có áp có thể gây phá hoại lớp sét, hiện tượng bục đáy hố đào có thể xuất hiện và gây mất ổn định công trình. Như vậy, việc đánh giá ổn định đáy hố đào sâu trong điều kiện tầng chứa nước có áp là vấn đề quan trọng cần tính toán trong thi công các công trình như tầng hầm nhà cao tầng, ổn định đáy

các công trình ngầm, hồ đào sâu trong các công trình giao thông, ụ tàu.

2. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH ĐÁY HỒ ĐÀO SÂU

2.1. Phương pháp Caquot và Kerisel (Caquot & Kerisel, 1948)

Theo lý thuyết của phương pháp Caquot và Kerisel, nếu độ cắm sâu xuống đất của tường chắn không đủ, mặc dù là trong tình huống không có nước, đáy hồ đào vẫn có nguy cơ bị trôi lên như Hình 1. Đáy hồ bị trượt theo đường cong ABC, tạo ra hiện tượng nâng cao đáy hồ lên. Lấy mặt phẳng đáy hồ làm mặt chuẩn, ứng suất theo chiều đứng tại điểm A bên phía không đào được xác định như sau:

$$q_1 = \gamma H \quad (1)$$

Ứng suất theo chiều đứng bên phía đào được xác định:

$$q_2 = \gamma D \quad (2)$$

Theo lý luận về đường trượt có thể suy dẫn ra biểu thức như sau:

$$q_1 = q_2 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) e^{\pi \tan \varphi} = q_2 K_p e^{\pi \tan \varphi}$$

Tức là:

$$D = \frac{H}{K_p e^{\pi \tan \varphi}} \quad (3)$$

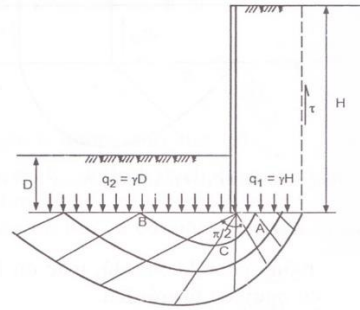
Trong đó:

q_1 - ứng suất theo chiều đứng tại điểm A bên phía không đào (kPa); q_2 - ứng suất theo chiều đứng tại điểm A bên phía đào (kPa); H - chiều cao của tường chắn (m); γ là dung trọng của đất (kN/m^3); φ là góc ma sát trong của đất ($^\circ$); D là độ sâu cắm vào đất của thân tường (m) và K_p là hệ số áp lực đất bị động,

$$\text{với: } K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Từ công thức (3) có thể thấy, khi góc ma sát trong rất lớn, độ cắm sâu cần thiết sẽ rất nhỏ. Theo phân tích của Terzaghi, khi $\varphi = 30^\circ$, nếu độ cắm sâu bằng không thì hệ số an toàn tương ứng là 8.

Trên thực tế, ứng suất theo phương đứng tại điểm A nhỏ hơn γH , bởi vì khi chảy dẻo xảy ra với một lượng lớn, lưng tường nhất định là có một dây đất lún xuống. Loại chuyển vị này sẽ gặp phải trở ngại là lực cản ma sát τ (kPa).

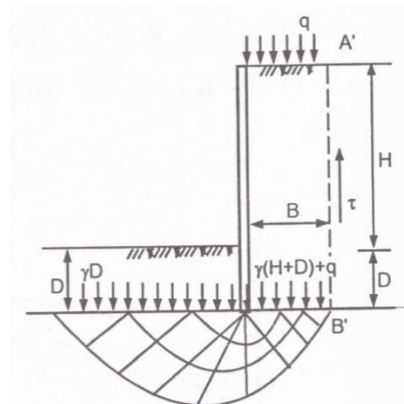


Hình 1. Sơ đồ tính toán chống trôi mặt đáy hồ móng theo Caquot – Kerisel

2.2. Phương pháp tính chống trôi đáy hồ đào sâu khi đồng thời xem xét cả c và φ

Trong nhiều công thức tính toán ổn định chống trôi khi kiểm tra hệ số an toàn chống trôi, chỉ đưa ra công thức thuần đất sét ($\varphi = 0$) hoặc thuần đất cát ($c = 0$), rất ít khi đồng thời xem xét cả φ và c . Hiện nhiên là, với loại đất sét bình thường, thì cường độ chịu cắt của khối đất phải bao gồm cả nhân tố c và φ (Bùi Trường Sơn, 2019).

Uông Bình Giáp ở Đại học Đồng Tế (Nguyễn Bá Kế, 2009) tham khảo công thức khả năng chịu lực của nền đất của Prandtl (1920) và Terzaghi (1943) và xem mặt phẳng ở đáy tường là mặt chuẩn để tìm khả năng chịu lực giới hạn thì hình dạng của đường trượt như Hình 2. Công thức sau đây (công thức 4) được kiến nghị để kiểm tra tính ổn định chống trôi của đáy hồ đào. Từ đó tìm được độ chôn sâu của thân tường.



Hình 2. Sơ đồ tính toán chống trôi khi xét đồng thời c và φ

$$K_L = \frac{\gamma_2 D N_q + c N_c}{\gamma_1 (H + D) + q} \quad (4)$$

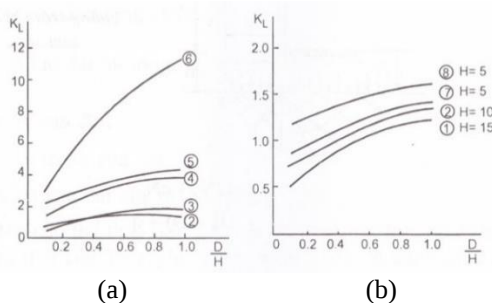
Trong đó: D - độ sâu chôn của thân tường (m); H - độ đào sâu của hố móng (m); q - tải phân bố

trên bề mặt (kPa); γ_1 – trị bình quân của trọng lượng tự nhiên của các lớp đất ở phía ngoài hố kể từ mặt đất đến đáy tường (kN/m³); γ_2 – trị bình quân của trọng lượng tự nhiên của các lớp đất ở phía trong hố kể từ mặt đào cho đến đáy tường (kN/m³) và N_q , N_c – hệ số tính toán khả năng chịu lực giới hạn của đất.

Khi dùng phương pháp này để kiểm tra hệ số an toàn chống trôi, do không kể đến tác dụng chống trôi lên của cường độ chịu cắt trên mặt A'B' trên Hình 2, nên hệ số an toàn K_L có thể lấy nhỏ hơn, thường có thể lấy $K_L \geq 1,2 - 1,3$.

Phần tử số trong công thức (4) không kể đến $\gamma B N_r/2$ trong công thức tính khả năng chịu lực giới hạn Terzaghi (Terzaghi, 1943), đó là vì việc xác định độ rộng B là vô cùng khó khăn. Khi không kể đến thành phần này thì công thức giản đơn hơn và thiên về an toàn.

Hình 3 trình bày các loại đường cong $D/H - K_L$ với các giá trị c, ϕ khác nhau. Từ Hình 3, có thể thấy rằng, đối với cùng một loại điều kiện đất nền, khi áp dụng cùng một hệ số an toàn chống trôi K_L như nhau thì đi đôi với việc tăng độ sâu hố đào, trị D/H cần thiết cũng phải tăng lớn hơn. Khi độ sâu hố đào giống nhau mà tỉ số D/H cũng giống nhau thì khi đất nền càng kém, hệ số an toàn K_L sẽ càng nhỏ. Kết luận như vậy là hợp lý do loại phương pháp kiểm tra chống trôi này trên căn bản là phù hợp với các loại điều kiện đất nền.



Hình 3. Quan hệ $K_L - D/H$ khi đồng thời kể đến cả c và ϕ

a. Đường cong $K_L - D/H$ ở điều kiện đất nền khác nhau (độ sâu hố đào đều là 10m);

b. Đường cong $K_L - D/H$ ở điều kiện đất nền giống nhau, nhưng độ sâu hố đào khác nhau

2.3. Phương pháp tính ổn định chống trôi đáy hố đào theo Goh (1994)

Ưu việt và hạn chế của phương pháp Goh (Goh, 1994) (Hình 4) so với các phương pháp vừa nêu trên đây gồm có:

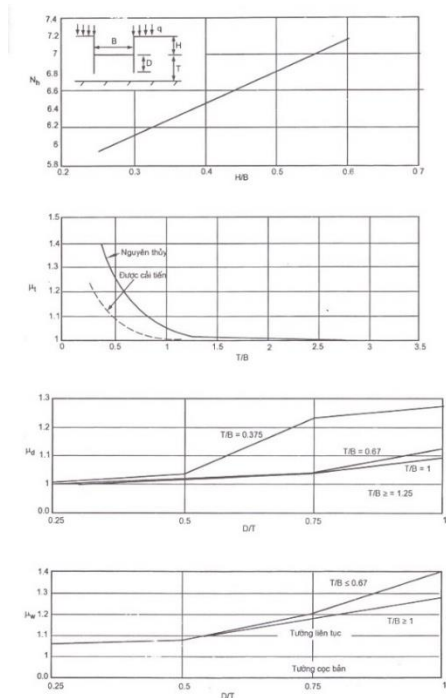
– Thích hợp áp dụng cho hố móng có một chiều dài lớn hơn nhiều so với chiều kia ($L \gg B$);

- Cho hố móng rộng ($B/H > 1$);
- Lực dính của đất không đổi ($c_u = \text{const}$);
- Không chắc chắn sử dụng c_u nào nếu c_u tăng theo độ sâu;
- Kể được hiệu ứng độ chôn sâu của tường (D);
- Kể được hiệu ứng độ dày của lớp đất sét (T);
- Kể được hiệu ứng độ cứng của tường (EI);
- Không kể được ảnh hưởng hình dạng hố móng (L/B);
- Độ tin cậy khi tường chôn hết ($D/T = 1$) là không chắc chắn;
- Không kể được sự trượt dọc theo tường phía trong hố đào.

Dựa vào những yếu tố trên, Goh (1994) đưa ra công thức tính ổn định chống trôi đáy hố đào như sau:

$$K = \frac{c_u N_h}{\gamma H + q} \mu_t \mu_d \mu_w \quad (5)$$

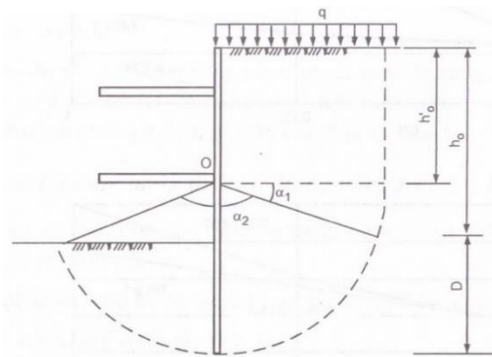
Trong đó: γ – trọng lượng đơn vị bình quân gia quyền của các lớp đất từ đáy hố đào đến bề mặt đất (kN/m³); q – tải trọng phân bố ở mép hố móng (kPa); N_h , μ_t , μ_d , μ_w – các thông số phụ thuộc lần lượt vào H/B , T/B , D/T và lấy theo biểu đồ trên Hình 4.



Hình 4. Biểu đồ để tính các thông số theo phương pháp Goh

2.4. Công thức tính ổn định chống trôi theo quy trình hố móng Thượng Hải (Nguyễn Bá Kế, 2009)

Theo phương pháp này, giả định là mặt trượt đi qua chân tường, đồng thời lấy hàng chống hoặc điểm neo dưới cùng làm tâm quay, kiểm tra ổn định chống trôi của phần đất ở đáy hố đào theo công thức (6) (Hình 5).



Hình 5. Sơ đồ tính toán chống trôi hố móng theo quy trình Thượng Hải

$$K_L = \frac{M_{RL}}{M_{SL}} \quad (6)$$

Trong đó: M_{RL} là moment chống trôi (kNm);
 $M_{RL} = R_1 K_a \tan \varphi + R_2 \tan \varphi + R_3 c$

$$R_1 = D \left(\frac{\gamma h_o^2}{2} + q h_o \right) + \frac{1}{2} D^2 q_f (\alpha_2 - \alpha_1 + \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 - \sin \alpha_1 \cos \alpha_1) - \frac{1}{3} \gamma D^3 (\cos^3 \alpha_2 - \cos^3 \alpha_1) \quad (7)$$

$$R_2 = \frac{1}{2} D^2 q_f + \left[\alpha_2 - \alpha_1 - \frac{1}{2} (\sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1) \right] - \frac{1}{3} \gamma D^3 [\sin^2 \alpha_2 \cos \alpha_2 - \sin^2 \alpha_1 \cos \alpha_1 + 2(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)] \quad (8)$$

$$R_3 = h_o D + (\alpha_2 - \alpha_1) D^2; \quad (9)$$

$$q_f = \gamma h'_o + q$$

Trong đó:

γ – trị bình quân gia quyền trọng lượng đơn vị các lớp đất nền kể từ mặt đáy tường vây giữ trở lên (kN/m³);

D – độ cắm sâu của tường vây giữ (m);

K_a – hệ số áp lực đất chủ động;

c, φ – trị bình quân gia quyền của lực dính (kPa) và góc ma sát trong của đất trên mặt trượt (°);

h_o – độ sâu đào hố móng (m);

h'_o – độ sâu cách mặt đất của hàng chống dưới cùng (m);

α_1 – góc kẹp nằm ngang giữa mặt hàng chống dưới cùng với mặt đào của hố móng (rad);

α_2 – góc tâm tròn của mặt trượt lấy điểm chống của hàng chống dưới cùng làm tâm (rad);

q – siêu tải mặt đất bên ngoài hố (kPa);

M_{SL} – moment gây trôi (kNm);

K_L – hệ số an toàn ổn định chống trôi, thường có thể lấy 1,7 – 2,5, quyết định bởi độ sâu hố đào và tính trọng yếu của hố đào.

3. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH ĐÁY HỐ ĐÀO BẰNG PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC VÀ PHẦN MỀM PLAXIS 2D

Trường hợp nghiên cứu: Vị trí xây dựng công trình nằm tại địa điểm 285, đường Cách Mạng Tháng Tám, Quận 10, TP. Hồ Chí Minh. Địa hình khá bằng phẳng, gần đường giao thông, thuận tiện cho việc thi công cũng như vận chuyển vật liệu xây dựng.

Mực nước ngầm vào mùa mưa xấp xỉ -2,8m.

Mực nước ngầm vào mùa khô xấp xỉ -6,0m.

Lớp đất	Chiều sâu đáy lớp (m)	Bề dày (m)	Ký hiệu đất	CỘT ĐỊA TẦNG
1	1,5 2,6	1,5		Đất lấp
2		1,1		Sét pha, ghi xanh, dẻo mềm
3		5,4		Sét nâu đỏ bị laterite hóa mạnh, trạng thái nửa cứng
5	8,0	31,5		Cát vàng, màu vàng, tím, hạt nhỏ, kết cấu chặt vừa

Hình 6. Sơ đồ hình trụ hố khoan

Do trong quá trình thi công hố móng, lớp đất 1,2 được đào bỏ. Lớp đất 3 còn lại có thể bị áp lực nước đẩy trôi. Đặc trưng cơ lý của lớp 3 – Sét màu nâu đỏ, bị laterite hóa mạnh, nửa cứng như Bảng 1.

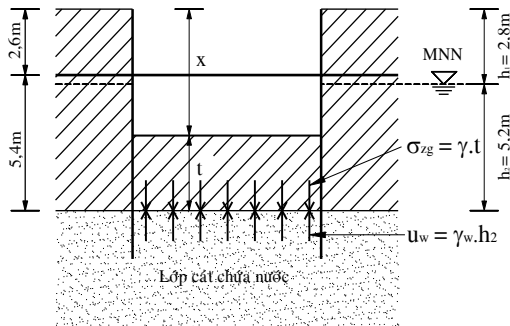
Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của lớp 3

TT	Chỉ tiêu cơ lý	Ký hiệu	Đơn vị	Trị tính toán
1	Độ ẩm tự nhiên	W	%	25,8
2	Khối lượng riêng tự nhiên	ρ	g/cm ³	1,99
3	Khối lượng riêng khô	ρ_d	g/cm ³	1,58
4	Khối lượng riêng hạt	ρ_s	g/cm ³	2,76
5	Hệ số rỗng	e	-	0,746
6	Độ lỗ rỗng	n	%	42,7
7	Độ bão hòa	S _r	%	95,6
8	Giới hạn chảy	W _L	%	45,3
9	Giới hạn dẻo	W _P	%	28,0
10	Chỉ số dẻo	I _P	%	17,3
11	Độ sệt	I _L	-	-0,133
12	Góc ma sát trong	φ	độ (°)	15°49
13	Lực dính đơn vị	c	kG/cm ²	0,356
14	Hệ số nén lún	a ₁₋₂	cm ² /kG	0,022
15	Mô đun tổng biến dạng	E ₀	kG/cm ²	190

3.1. Phương pháp cơ học

Khi bóc bỏ một phần đất đá trong quá trình khai đào hố móng, ứng suất do trọng lượng bản thân của lớp đất sét giảm đi, áp lực nước trong tầng chứa nước có áp gây nguy cơ bực đáy khi giá trị áp lực nước có thể vượt quá ứng suất do trọng lượng bản thân lớp đất còn lại. Xét trường hợp nguy hiểm là vào mùa mưa, mực áp lực nước ghi nhận được nằm cách mặt đất tự nhiên 2,8m.

Trong tính toán, độ ổn định của thành hố đào không được xét đến. Ngoài ra, do bề rộng đáng kể của đáy hố đào sâu trong thi công công trình có tầng hầm nên việc tính toán khả năng ổn định theo sơ đồ bài toán một chiều (Hình 7).



Hình 7. Sơ đồ tính toán ổn định đáy hố đào

Theo Hình 7 có “t” là chiều dày lớp sét trong phạm vi hố đào.

Trường hợp 1: để đáy hố đào sâu không bị áp lực nước đẩy trôi, ứng suất do trọng lượng bản thân của lớp sét phải đảm bảo lớn hơn ứng suất do cột nước từ dưới lên (Bùi Trường Sơn, 2019), tức là:

$$\gamma \cdot t \geq \gamma_w \cdot h_2 \tag{10}$$

Suy ra:
$$t \geq \frac{\gamma_w}{\gamma} \cdot h_2 \geq 2,6 \text{ (m)}$$

Như vậy, để đáy hố đào sâu ổn định thì chiều sâu đào tối đa (x) là 5,4m.

Trường hợp 2: xét đến yếu tố lực dính là đặc trưng của đất chống lại lực cắt hay kéo.

Để đáy hố đào sâu ổn định:

$$\gamma \cdot t + c \cdot t \geq \gamma_w \cdot h_2 \tag{11}$$

Trường hợp 3: xét độ bền sức chống cắt của đất bao gồm cả lực dính và góc ma sát trong thì độ sâu đào có giá trị lớn hơn.

Để đáy hố đào sâu ổn định:

$$\gamma \cdot t + c \cdot t + \frac{\gamma \cdot t}{2} \cdot K_0 \cdot \text{tg} \varphi \geq \gamma_w \cdot h_2 \tag{12}$$

Như vậy, độ sâu tối đa của đáy hố đào theo sơ đồ bài toán một chiều trong trường hợp đào vào mùa mưa và mùa khô được tổng hợp ở Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính toán độ sâu tối đa của hố đào khi thi công vào mùa mưa

Trường hợp tính	Độ sâu đào tối đa (m)
Bỏ qua sức chống cắt	5,400
Xét lực dính	7,080
Xét φ , c	7,100

Bảng 3. Tổng hợp kết quả tính toán độ sâu tối đa của hố đào khi thi công vào mùa khô

Trường hợp tính	Độ sâu đào tối đa (m)
Bỏ qua sức chống cắt	7,000
Xét lực dính	7,644
Xét φ , c	7,652

Tính hệ số an toàn chống đẩy trôi đáy hố móng theo bài toán một chiều (Bjerrum & Eide, 1956).

$$F = \frac{c_u N_c}{\gamma H} = 1,7$$

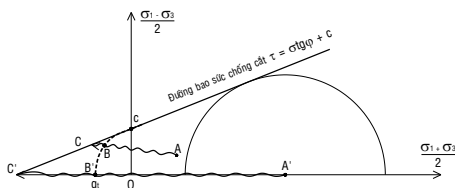
Với hệ số an toàn $F = 1,5$ thì độ sâu đào tối đa là 6,25m.

Tính toán ổn định chống đầy trời đáy hồ móng theo đề nghị của Prandtl (Puller, 1996; Kempfert & Gebreselassie, 2006; Ké, 2009).

$$K_L = \frac{\gamma_2 DN_q + cN_c}{\gamma_1 (H + D) + q} = 3,98$$

Từ kết quả tính toán này, ta thấy hồ móng hoàn toàn ổn định vì hệ số an toàn thường có thể được lấy: $K_L \geq 1,2 - 1,3$.

Để phân tích khả năng mất ổn định của đáy hồ đào sâu cần lưu ý rằng tại vị trí phân lớp giữa lớp sét và cát chứa nước, áp lực nước gây đầy trời và lớp sét bị “kéo” về phía trên. Trong trường hợp chịu kéo, tiêu chuẩn bền Mohr – Coulomb có thể không còn phù hợp. Thực vậy, tiêu chuẩn bền Mohr – Coulomb chỉ cho phép đánh giá sự phá hoại do cắt (Hình 8).



Hình 8. Sơ đồ đánh giá ổn định điểm khi khai đào

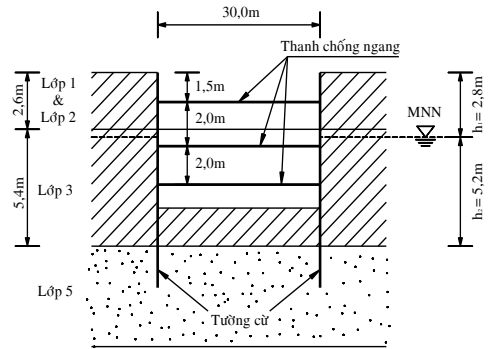
Trạng thái ứng suất ban đầu tại điểm phân lớp giữa lớp sét và cát có thể thể hiện như là điểm A (hay A'). Khi bóc bỏ một phần lớp sét, ứng suất do trọng lượng bản thân gây ứng suất đẳng hướng sẽ giảm. Điểm A (hay A') sẽ dịch chuyển về phía trái và đạt giá trị cân bằng khi tiếp xúc với đường bao giới hạn ($c - B - B'$). Như vậy, sự phá hoại sẽ xảy ra trước khi trạng thái ứng suất đạt đến vị trí $c - C - C'$. Các tính toán sự phá hoại do áp lực nước có xét đến sức chống cắt của đất có thể dẫn đến việc dự tính độ sâu đào sai lầm.

3.2. Tính toán ổn định đáy hồ đào bằng phần mềm Plaxis 2D

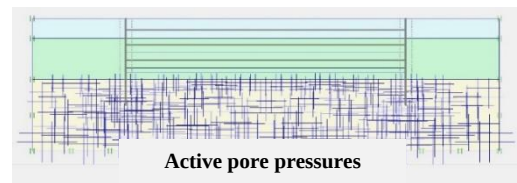
Việc đánh giá khả năng mất ổn định của đáy hồ đào sâu trong lớp đất sét bên trên tầng chứa nước có áp có thể thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn. Trong trường hợp này, phần mềm Plaxis 2D được sử dụng.

Do mục tiêu là đánh giá khả năng mất ổn định (bục đáy) do sự thay đổi trạng thái ứng suất ban đầu và áp lực nước gây phá hoại nên mô hình đàn hồi – dẻo lý tưởng (mô hình Mohr – Coulomb) được chọn

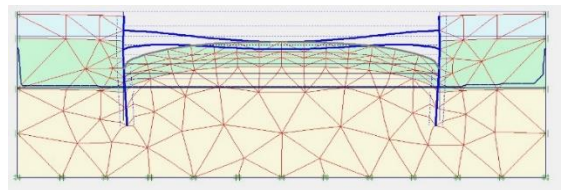
lựa để mô phỏng. Sơ đồ và các kết quả mô phỏng được thể hiện trên các Hình 9 đến Hình 13.



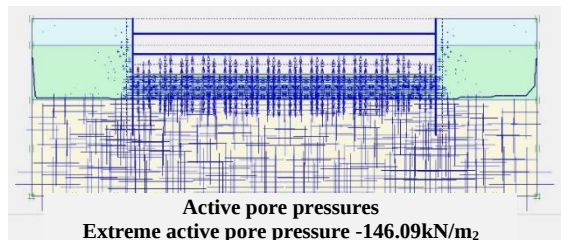
Hình 9. Sơ đồ bố trí hồ đào, tường cừ và thanh chống ngang



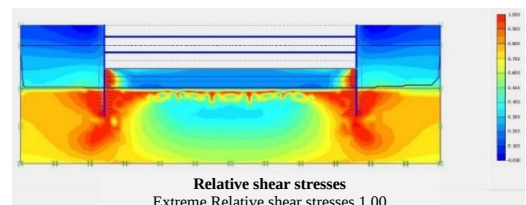
Hình 10. Trạng thái áp lực nước ban đầu



Hình 11. Chuyển vị phá hoại đáy móng khi đào đến độ sâu 5,5m



Hình 12. Áp lực nước lỗ rỗng khi đáy hồ bị phá hoại do bục đáy



Hình 13. Phạm vi vùng nguy hiểm khi xảy ra phá hoại do bục đáy

Từ kết quả mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D trên cơ sở mô hình Mohr – Coulomb có thể thấy rằng đáy móng bị phá hoại do áp lực nước của tầng chứa nước có áp đẩy trời trong khi sức chống kéo của đất không thể huy động được. Như vậy, phạm vi giới hạn của vùng ổn định ở đây không xét đến khả năng chống kéo của đất. Trong trường hợp này vùng giới hạn tương tự như đường O – c (Hình 8).

Khi đáy móng bị phá hoại, nước có thể trào ra bề mặt đáy hố đào (Hình 12) (khác biệt so với điều kiện ban đầu như ở Hình 10).

Khi vùng nguy hiểm liên tục (đường có giá trị bằng 1), đất nền bị phá hoại (Hình 13). Điều đáng ghi nhận là vùng dẻo xuất hiện tập trung ở hai bên đáy hố đào trong khi trong phạm vi rộng của đáy hố đào vùng này chỉ là một dải trong lớp cát sét với đáy lớp sét.

Kết quả mô phỏng còn cho thấy khi đào đến độ sâu 5,5m vào mùa mưa (ứng với độ sâu mực nước ngầm 2,8m) thì đáy hố đào bị phá hoại do bực đáy (Hình 11). Kết quả tính toán này phù hợp với kết quả tính toán bằng cách tính khi chỉ xét đến lực tác dụng vào lớp sét bỏ qua sức chống cắt của đất nền. Ở đây, cũng cần nói thêm rằng kết quả mô phỏng khi đào đến độ sâu 5,4m cho thấy khả năng ổn định của lớp sét ở đáy hố đào vẫn được đảm bảo.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả tính toán trên cơ sở những phương pháp đề nghị, phương pháp phân tích lực và mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D về khả năng ổn

định của đáy hố đào sâu trong điều kiện tầng chứa nước có áp có thể rút ra các kết luận như sau:

Khả năng mất ổn định đáy hố đào sâu có thể đo áp lực nước của tầng chứa nước gây trôi đáy.

Độ sâu đào tối đa của đáy hố đào trong trường hợp bài toán cụ thể là 5,4m phù hợp với kết quả mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D không xét đến sức chống kéo và sức chống cắt của đất.

Xét sức chống cắt của đất nền, độ sâu đào tối đa tính toán được là 7,1m là không an toàn do thực tế ứng xử kéo của đất nền.

5. KIẾN NGHỊ

Trong tính toán ổn định đất nền đặc biệt cho hố đào sâu cần quan tâm đến ứng xử thực tế tại các vùng nguy hiểm. Trong một số trường hợp, quy luật bền Mohr – Coulomb không phù hợp do không xét đến sức chống kéo của đất trong việc sử dụng độ bền sức chống cắt không còn hợp lý.

Khi tính toán độ ổn định hố đào sâu, ổn định đáy là vấn đề quan trọng cần quan tâm và sự phá hoại chủ yếu là do áp lực nước của tầng chứa nước. Trong một số trường hợp nếu không đánh giá được ảnh hưởng của áp lực nước, kết quả có thể có những sai lầm nghiêm trọng.

Cần nghiên cứu thêm về sự vận động sức chống kéo của đất trong ổn định đáy hố đào.

Trường hợp xuất hiện lớp sét yếu trên bề mặt, cần thiết kiểm tra khả năng chịu tải do tác dụng của khối đất xung quanh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bjerrum, L., & Eide, O. (1956). Stability of strutted excavations in clay. *Geotechnique*, 6, pp. 32-47.
- Caquot, A., & Kerisel, J. (1948). *Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations*. Published by Edition: Paris, Gauthier-Villard.
- Kempfert, H. G., & Gebreselassie, B. (2006). *Excavations and Foundations in Soft soils*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg.
- Kế, N. B. (2009). *Thiết kế và thi công hố móng sâu*. Nhà xuất bản Xây dựng.

- Goh, A. T. C. (1994). Estimating basal-heave stability for braced excavations in soft clay. *J Geotech. Engrg. Div., ASCE, 120(GT8)* pp. 1430-1436.
- Puller, M. (1996). *Deep excavations: a practical manual*. Published by Thomas Telford Publishing, Thomas Telford Services Ltd, 1 Heron Quay, London E41 4JD.
- Son, B. T. (2019). *Địa chất công trình*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soil mechanics*. Jolm Wiley, New York.