

## ĐÁP ÁN CHI TIẾT ĐỀ THI CUỐI HỌC KỲ II NĂM HỌC 2025-2026

Môn: Hồ đào sâu - Mã môn học: DEEX430818 - Thời gian: 90 phút

### BÀI 1 - 4.5 điểm

#### Nội dung đề chung:

Cho công trình hồ đào nhà cao tầng như Hình 1-3. Mặt bằng hồ đào kích thước  $31 \times 45$  m. Công trình có 2 tầng hầm; sàn hầm 1 ở cao độ -2.500 m, sàn hầm 2 ở cao độ -6.000 m, đáy đài móng ở cao độ -7.550 m. Tường hồ đào dùng cọc khoan nhồi D400. Hồ đào thi công theo công nghệ Bottom-up, có hai tầng giằng chống thép tại cao độ -1.200 m và -5.200 m, cùng các king-post bằng thép hình đặt trong cọc khoan nhồi tạm D600. Công trình có một mặt giáp đường và một mặt giáp khu dân cư; lớp đất trên cùng là sét yếu dày hơn 10 m.

### Câu 1a - 1.0 điểm

#### Nội dung đề:

Khi thi công hồ đào, tường hồ đào chịu các loại áp lực nào? Nêu vai trò của hệ giằng chống và king-post.

#### ĐÁP ÁN - 1.0 điểm

1) Các loại áp lực/tác dụng lên tường hồ đào (**0.3 điểm**):

**Ghi chú: Chỉ cần trả lời được từ 3/5 loại tải bên dưới là đạt 0.3 điểm**

|   | Loại áp lực/tác dụng             | Giải thích                                                                                                           |
|---|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Áp lực đất ngang phía sau tường  | Do khối đất bên ngoài hồ đào đẩy vào tường. Trạng thái áp lực có thể từ K0 đến Ka, tùy mức độ dịch chuyển của tường. |
| 2 | Áp lực nước ngầm                 | Nếu mực nước ngầm cao, nước tạo áp lực thủy tĩnh lên tường; khi có chênh lệch mực nước còn tạo dòng thấm vào hồ đào. |
| 3 | Tải trọng phụ trên mặt đất       | Tải do đường giao thông, xe máy thi công, vật liệu tập kết, nhà/công trình lân cận gây tăng áp lực ngang lên tường.  |
| 4 | Áp lực bị động phía trong hồ đào | Xuất hiện ở đoạn tường chắn dưới đáy đào, có tác dụng kháng lại chuyển vị của tường vào trong hồ đào.                |
| 5 | Lực từ hệ giằng chống            | Lực nén từ thanh chống truyền qua waler/dầm bo vào tường, tạo điểm tựa ngang cho tường trong từng giai đoạn đào.     |

2) Vai trò của hệ giằng chống **(0.3 điểm)** :

**Ghi chú: chỉ cần nêu đúng 2/3 ý là đạt điểm tối đa.**

- Tạo gờ đỡ ngang cho tường vây, hạn chế tường bị đất và nước đẩy vào phía hố đào.
- Giảm chuyển vị ngang và mô men uốn trong tường vây; qua đó giảm lún mặt đất và giảm ảnh hưởng đến công trình lân cận.
- Phân phối và truyền lực ngang từ tường này sang hệ chống, sang tường đối diện hoặc sang các điểm tựa trung gian.

3) Vai trò của king-post **(0.4 điểm)** :

**Ghi chú: chỉ cần nêu đúng 2/3 ý là đạt điểm tối đa.**

- Là cột chống đứng tạm để đỡ dầm giằng, dầm chống, sàn/cầu công tác và tải trọng thi công tạm thời.
- Giảm nhịp tự do của hệ dầm chống, giảm võng và giảm nguy cơ mất ổn định của hệ chống.
- Truyền tải trọng đứng tạm thời xuống cọc khoan nhồi tạm D600.

**Câu 1b - 1.25 điểm**

**Nội dung đề:**

Sắp xếp đúng trình tự thi công các công tác đã cho: <T1>, <T2>, <L1>, <L2>, <Đ1>, <Đ2>, <Đ3>, <BT1>, <BT3>, <BT2>.

**ĐÁP ÁN - 1.25 điểm**

**Ghi chú: chỉ cần ghi đúng thứ tự, không cần giải thích là đạt điểm tối đa. Sai một cặp liền kề trừ khoảng 0.15-0.25 điểm tùy mức độ ảnh hưởng đến logic thi công.**

| Mức độ trả lời                                                              | Điểm đề nghị  |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Đúng hoàn toàn trình tự                                                     | 1.25          |
| Sai 1 cặp liền kề nhưng không làm đảo logic lớn                             | Trừ 0.15–0.25 |
| Đào đúng nhưng tháo chống sai thứ tự                                        | Trừ 0.30–0.50 |
| Lắp chống sau khi đào quá sâu hoặc tháo chống trước khi có kết cấu thay thế | Trừ 0.50–0.75 |
| Trình tự mất logic thi công chính                                           | ≤ 0.50        |

Đ1 → L1 → Đ2 → L2 → Đ3 → BT1 → BT2 → T2 → BT3 → T1

| Bước | Ký hiệu | Giải thích kỹ thuật                                                                                         |
|------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Đ1      | Đào và vận chuyển đất đến cao độ -1.500 m để có không gian lắp hệ chống tầng 1.                             |
| 2    | L1      | Lắp dựng hệ giằng chống 1 ở cao độ -1.200 m.                                                                |
| 3    | Đ2      | Đào và vận chuyển đất đến cao độ -5.500 m để có không gian lắp hệ chống tầng 2.                             |
| 4    | L2      | Lắp dựng hệ giằng chống 2 ở cao độ -5.200 m.                                                                |
| 5    | Đ3      | Đào đến cao độ đáy hầm/đáy đài móng -7.550 m.                                                               |
| 6    | BT1     | Thi công đổ bê tông đài móng.                                                                               |
| 7    | BT2     | Thi công sàn hầm 2 và cột hầm 2 - hầm 1; kết cấu này bắt đầu thay thế vai trò chống đỡ của tầng chống dưới. |
| 8    | T2      | Tháo hệ giằng chống 2 sau khi sàn hầm 2/cấu kiện liên quan đủ cường độ và đủ khả năng chịu lực.             |
| 9    | BT3     | Thi công đổ bê tông sàn hầm 1; sàn này thay thế vai trò chống đỡ của tầng chống trên.                       |
| 10   | T1      | Tháo hệ giằng chống 1 sau khi sàn hầm 1 đủ cường độ và hệ kết cấu vĩnh cửu đủ khả năng làm việc.            |

**Nguyên tắc quan trọng:** đào tới đâu lắp chống kịp thời tới đó; không đào vượt sâu quá mức trước khi lắp chống; chỉ tháo chống khi kết cấu bê tông vĩnh cửu tương ứng đã đủ cường độ và có khả năng thay thế vai trò chống giữ tường vây.

#### Câu 1c - 1.25 điểm

##### Nội dung đề:

Nêu tối thiểu 5 hạng mục quan trắc cần áp dụng và mục đích của từng hạng mục. Vẽ dạng đường cong lún bề mặt đất từ tường vây ra phía ngoài.

##### ĐÁP ÁN - 1.25 điểm

**Ghi chú:** nêu đúng tối thiểu 5 hạng mục và mục đích 0.85 điểm; vẽ và giải thích đúng dạng đường cong lún 0.40 điểm.

|   | Hạng mục quan trắc               | Mục đích                                                                                    |
|---|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Inclinometer trong/sát tường vây | Đo chuyển vị ngang của tường theo chiều sâu, xác định vị trí và giá trị chuyển vị lớn nhất. |
| 2 | Mốc quan trắc chuyển vị đỉnh     | Đo chuyển vị ngang đỉnh tường; phát hiện sớm xu hướng tường dịch chuyển vào hố đào.         |

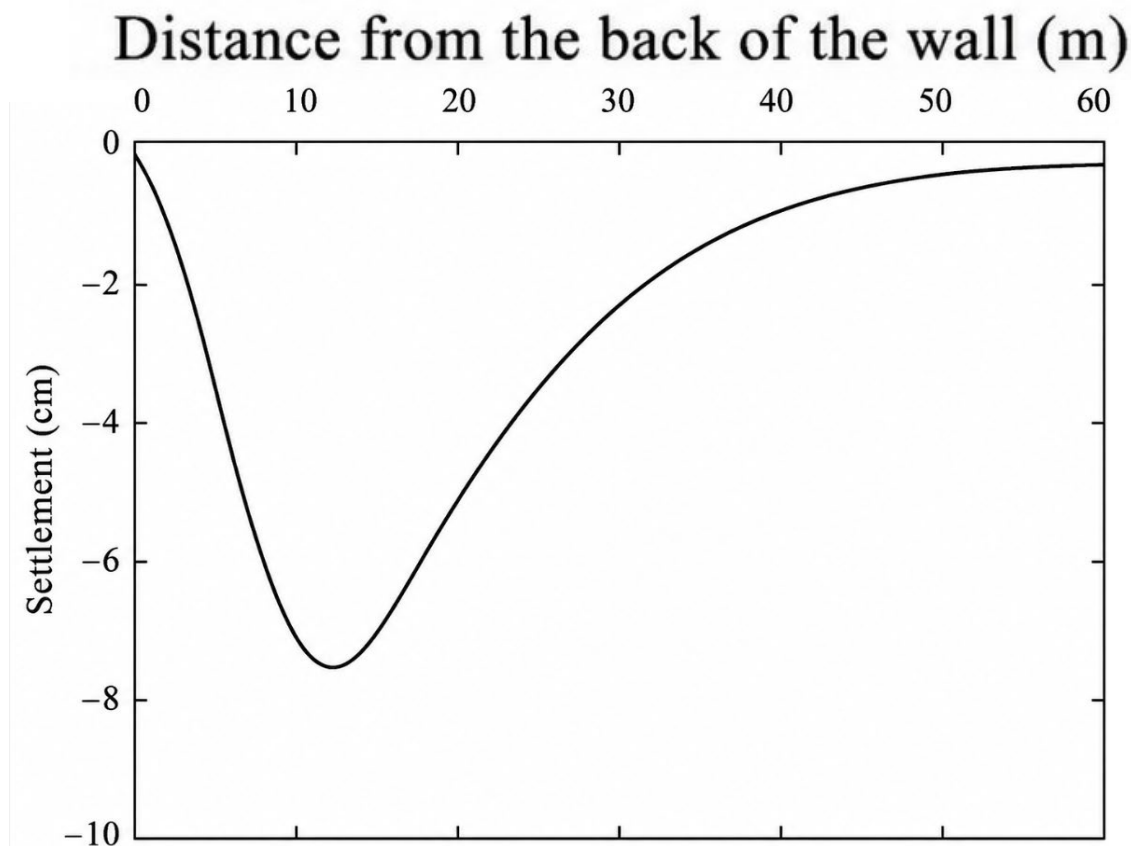
|   | Hạng mục quan trắc                           | Mục đích                                                                                              |
|---|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | tường                                        |                                                                                                       |
| 3 | Mốc lún bề mặt đất sau tường                 | Theo dõi rãnh lún mặt đất từ tường vây ra ngoài, phục vụ đánh giá vùng ảnh hưởng.                     |
| 4 | Mốc lún công trình lân cận                   | Kiểm soát lún và lún lệch của nhà khu dân cư/công trình liền kề.                                      |
| 5 | Tilt meter hoặc quan trắc nghiêng công trình | Theo dõi độ nghiêng của công trình lân cận, đặc biệt khi lún lệch phát triển.                         |
| 6 | Piezometer/ống đo mực nước ngầm              | Theo dõi mực nước và áp lực nước lỗ rỗng trong, ngoài hố đào; cảnh báo thấm, piping, uplift.          |
| 7 | Load cell trên thanh chống                   | Đo lực dọc trong thanh chống, phát hiện quá tải, phân bố lực bất thường hoặc mất hiệu quả kích chống. |
| 8 | Crack gauge                                  | Theo dõi bề rộng và tốc độ phát triển vết nứt trên công trình lân cận.                                |
|   | Quan trắc king-post                          | Theo dõi lún, nghiêng hoặc chuyển vị của cột chống tạm và dầm/cầu công tác.                           |

### **Dạng đường cong lún bề mặt đất điển hình *0.40 điểm*:**

Trục hoành x: khoảng cách từ tường vây ra phía ngoài. Trục tung S: độ lún. Đường cong thường có dạng rãnh lún, độ lún lớn nhất thường xuất hiện gần tường hoặc cách tường một khoảng ngắn, sau đó giảm dần khi ra xa hố đào.

$S$  = độ lún;  $x$  = khoảng cách từ tường vây ra ngoài;  $S_{max}$  xuất hiện trong vùng gần hố đào

Minh họa dạng đường cong:



#### Câu 1d - 1.0 điểm

##### Nội dung đề:

Trong công nghệ thi công Top-down, bộ phận nào đóng vai trò chống đỡ tường vây?  
So sánh với hệ chống tạm của công nghệ Bottom-up.

##### ĐÁP ÁN - 1.0 điểm

**Ghi chú: xác định đúng sàn tầng hầm BTCT là bộ phận chống tường vây 0.40 điểm; so sánh đúng ít nhất 3 tiêu chí 0.60 điểm.**

Trong công nghệ Top-down, các sàn bê tông cốt thép tầng hầm được thi công trước hoặc thi công từng phần theo chiều sâu và đóng vai trò như hệ chống ngang vĩnh cửu/tạm thời cho tường vây trong quá trình đào. Tường vây được chống đỡ thông qua sàn tầng hầm, dầm sàn, dầm biên và hệ cột/king-post. Đất được đào qua các lỗ mở thi công.

|   | Tiêu chí          | Bottom-up                                             | Top-down                                                |
|---|-------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 | Bản chất hệ chống | Dùng hệ chống tạm bằng thép: strut, waler, king-post. | Dùng sàn tầng hầm BTCT, dầm sàn và cột/king-post làm hệ |

|   | Tiêu chí            | Bottom-up                                                                       | Top-down                                                                                   |
|---|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                     |                                                                                 | chống ngang.                                                                               |
| 2 | Độ cứng chống ngang | Phụ thuộc tiết diện thanh chống, nhịp chống, liên kết và kích thước.            | Thường cứng hơn do sàn BTCT có độ cứng mặt phẳng lớn.                                      |
| 3 | Trình tự thi công   | Đào xuống đáy hố trước, sau đó thi công kết cấu từ dưới lên.                    | Thi công sàn từ trên xuống, vừa đào đất phía dưới vừa có thể thi công phần thân phía trên. |
| 4 | Không gian thi công | Bị cản trở bởi hệ chống thép, nhưng nhìn chung dễ quan sát và dễ đào hơn.       | Bị hạn chế bởi sàn và lỗ mở; yêu cầu tổ chức đào, thông gió, chiếu sáng phức tạp hơn.      |
| 5 | Tháo chống          | Phải tháo hệ chống tạm theo trình tự khi kết cấu vĩnh cửu đủ khả năng làm việc. | Sàn tầng hầm là kết cấu vĩnh cửu nên thường không cần tháo như chống thép.                 |

## BÀI 2 - 5.5 điểm

### Nội dung đề chung:

Cho hố đào có độ sâu  $H_e = 5.5$  m, độ sâu cắm chân tường  $H_p = 2.1$  m. Hố đào được giữ ổn định bằng cừ Larsen và hệ thanh chống bằng thép hình. Chiều cao tầng chống cuối cùng so với đáy hố đào là 2.1 m. Đất xung quanh hố đào đến dưới cao độ chân tường cừ là đất cát đồng nhất, mực nước ngầm ở sâu dưới chân tường cừ. Đất có  $\gamma = 18.4$  kN/m<sup>3</sup>,  $\varphi = 36^\circ$ . Bỏ qua ma sát giữa tường và đất.

### Dữ liệu tính toán:

| Đại lượng                               | Ký hiệu/công thức | Giá trị |
|-----------------------------------------|-------------------|---------|
| Độ sâu hố đào                           | $H_e$             | 5.5 m   |
| Độ sâu cắm chân tường                   | $H_p$             | 2.1 m   |
| Chiều sâu toàn bộ tường                 | $H = H_e + H_p$   | 7.6 m   |
| Chiều cao tầng chống cuối so với đáy hố | $h_s$             | 2.1 m   |
| Độ sâu thanh chống thấp nhất từ mặt đất | $z_s = H_e - h_s$ | 3.4 m   |

|                       |           |                        |
|-----------------------|-----------|------------------------|
| Trọng lượng riêng đất | $\gamma$  | 18.4 kN/m <sup>3</sup> |
| Góc ma sát trong      | $\varphi$ | 36°                    |
| Lực dính              | c         | 0                      |
| Ma sát tường - đất    | $\delta$  | 0                      |

### Câu 2a - 1.5 điểm

#### Nội dung đề:

Tính, vẽ biểu đồ áp lực chủ động phía sau tường và biểu đồ áp lực bị động phía trong hố đào.

#### ĐÁP ÁN - 1.5 điểm

**Ghi chú: tính đúng  $K_a$ ,  $K_p$  0.40 điểm; tính đúng giá trị áp lực đặc trưng 0.60 điểm; vẽ/điền tả đúng biểu đồ áp lực 0.50 điểm.**

Do đất cát, c = 0, mực nước ngầm ở sâu dưới chân tường và  $\delta = 0$ , dùng Rankine:

$$K_a = (1 - \sin\varphi)/(1 + \sin\varphi) = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) \quad \mathbf{0.20 \text{ điểm}}$$

$$K_p = (1 + \sin\varphi)/(1 - \sin\varphi) = \tan^2(45^\circ + \varphi/2) \quad \mathbf{0.20 \text{ điểm}}$$

$$\sin 36^\circ = 0.588; \quad K_a = 0.2596 \approx 0.260; \quad K_p = 3.8518 \approx 3.852$$

Áp lực chủ động phía sau tường tại độ sâu z tính từ mặt đất:

$$\sigma_a(z) = K_a \gamma z$$

Các giá trị đặc trưng:

**0.30 điểm**

| Vị trí     | Độ sâu                              | Áp lực chủ động                                 |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Mặt đất    | $z = 0$                             | $\sigma_a = 0$                                  |
| Đáy hố đào | $z = H_e = 5.5 \text{ m}$           | $\sigma_a = K_a \gamma H_e = 26.27 \text{ kPa}$ |
| Chân tường | $z = H = H_e + H_p = 7.6 \text{ m}$ | $\sigma_a = K_a \gamma H = 36.30 \text{ kPa}$   |

Áp lực bị động phía trong hố đào chỉ tính từ đáy hố đào xuống đến chân tường:

$$\sigma_p(z) = K_p \gamma (z - H_e), \text{ với } H_e \leq z \leq H_e + H_p$$

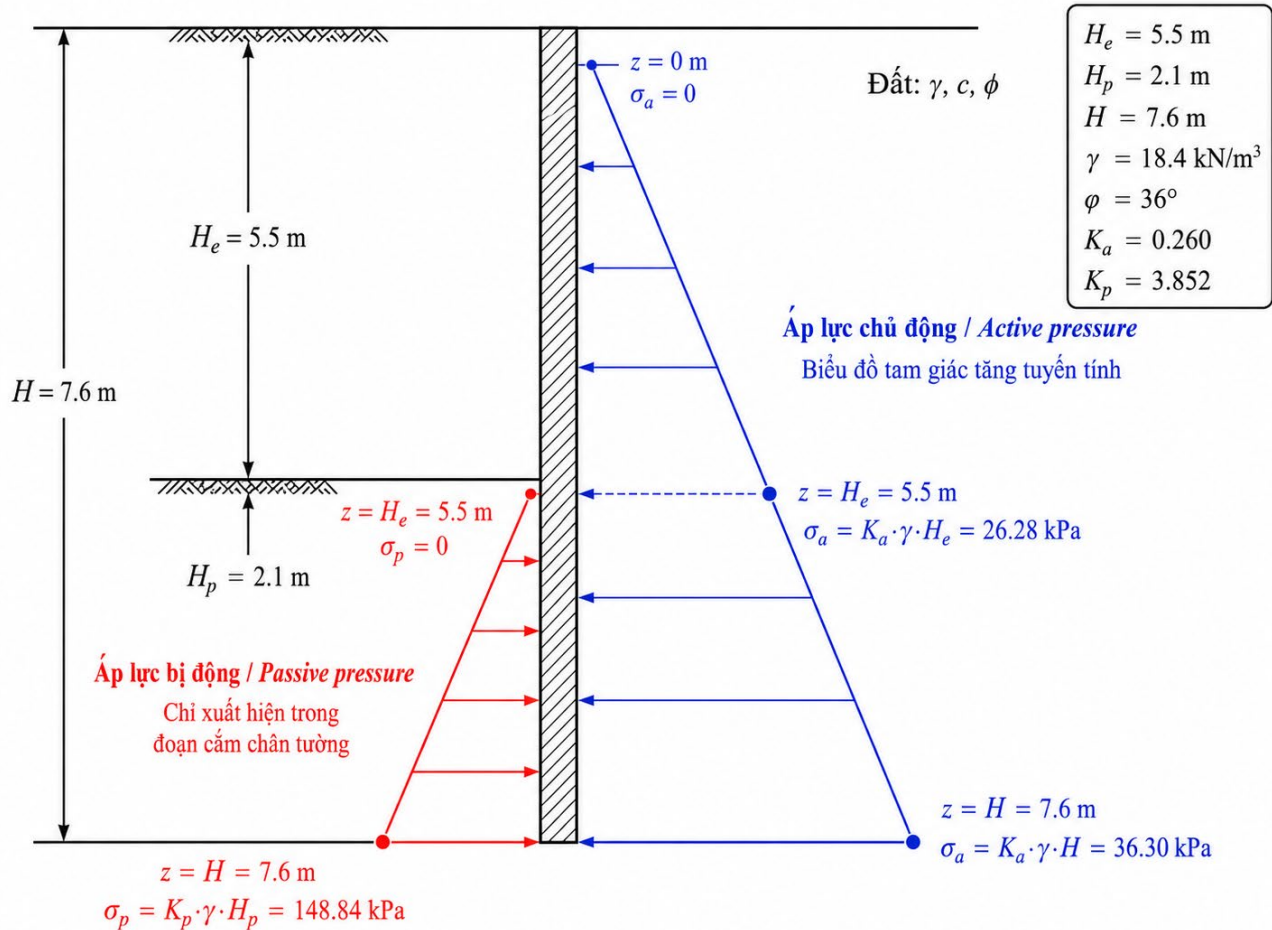
**0.30 điểm**

| Vị trí     | Độ sâu                    | Áp lực bị động                                   |
|------------|---------------------------|--------------------------------------------------|
| Đáy hố đào | $z = H_e = 5.5 \text{ m}$ | $\sigma_p = 0$                                   |
| Chân tường | $z = H = 7.6 \text{ m}$   | $\sigma_p = K_p \gamma H_p = 148.84 \text{ kPa}$ |

### Hình dạng biểu đồ **0.50 điểm**:

- Biểu đồ áp lực chủ động phía sau tường là tam giác tăng tuyến tính từ 0 tại mặt đất đến 36.30 kPa tại chân tường.
- Biểu đồ áp lực bị động phía trong hố đào là tam giác trong đoạn cắm chân tường, tăng từ 0 tại đáy hố đào đến 148.84 kPa tại chân tường.

Minh họa sơ đồ áp lực:



Phía sau tường:  $\sigma_a = K_a \gamma z$  tăng từ GL đến chân tường.

Phía trong hố đào:  $\sigma_p = K_p \gamma (z - H_e)$  chỉ xuất hiện dưới đáy đào, từ  $z = H_e$  đến  $z = H_e + H_p$ .

**Câu 2b - 2.0 điểm**

**Nội dung đề:**



Giải thích hiện tượng push-in. Kiểm tra an toàn push-in bằng cân bằng mô men quanh vị trí thanh chống thấp nhất, trong đó lấy mô men kháng uốn cho phép của tường  $M_s = 0$ , yêu cầu  $F_p \geq 1.2$ .

**ĐÁP ÁN - 2.0 điểm**

| Thành phần                                                                                                       | Điểm đề nghị |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. Giải thích hiện tượng push-in                                                                                 | 0.30         |
| 2. Nêu đúng công thức kiểm tra $F_p = M_r/M_d$ , ý nghĩa $M_d$ , $M_r$ , $M_s$ , điều kiện $F_p \geq 1.2$        | 0.30         |
| 3. Xác định đúng hình học: $H$ , $z_s$ , $h$ , $H_c$ , $H_p$                                                     | 0.25         |
| 4. Tính đúng áp lực tại tầng chống thấp nhất và tại chân tường: $\sigma_{a,s}$ , $\sigma_{a,H}$ , $\sigma_{p,H}$ | 0.25         |
| 5. Tính đúng $M_d$ , có thể bằng tích phân hoặc chia hình thang thành chữ nhật + tam giác                        | 0.45         |
| 6. Tính đúng $M_r = P_p L_p + M_s$                                                                               | 0.30         |
| 7. Tính đúng $F_p$ và kết luận đạt/không đạt                                                                     | 0.15         |
| <b>Tổng</b>                                                                                                      | <b>2.00</b>  |

1) Giải thích hiện tượng push-in **0.30 điểm**:

Push-in là hiện tượng tường cừ/tường chắn bị đẩy ngang vào phía trong hố đào do áp lực đất phía sau lớn hơn khả năng kháng của đất phía trong hố đào và đoạn tường cắm dưới đáy đào. Khi đào đất, đất phía trước tường bị lấy đi, áp lực chủ động phía sau còn tồn tại, trong khi áp lực bị động phía trong chỉ được huy động ở phần cắm chân tường. Nếu chiều sâu cắm tường không đủ, đất phía trong yếu hoặc hệ chống bố trí không hợp lý, tường có thể dịch chuyển mạnh vào hố đào, làm tăng lún đất phía sau và tăng nguy cơ mất ổn định tổng thể.

2) Cơ sở kiểm tra theo phương pháp gross pressure method **0.30 điểm**:

$$F_p = M_r/M_d = (P_p L_p + M_s)/(P_a L_a)$$

Trong đó:

- $P_a$ ,  $L_a$ : hợp lực áp lực chủ động phía ngoài tường nằm dưới thanh chống thấp nhất và cánh tay đòn của  $P_a$  đối với thanh chống thấp nhất.

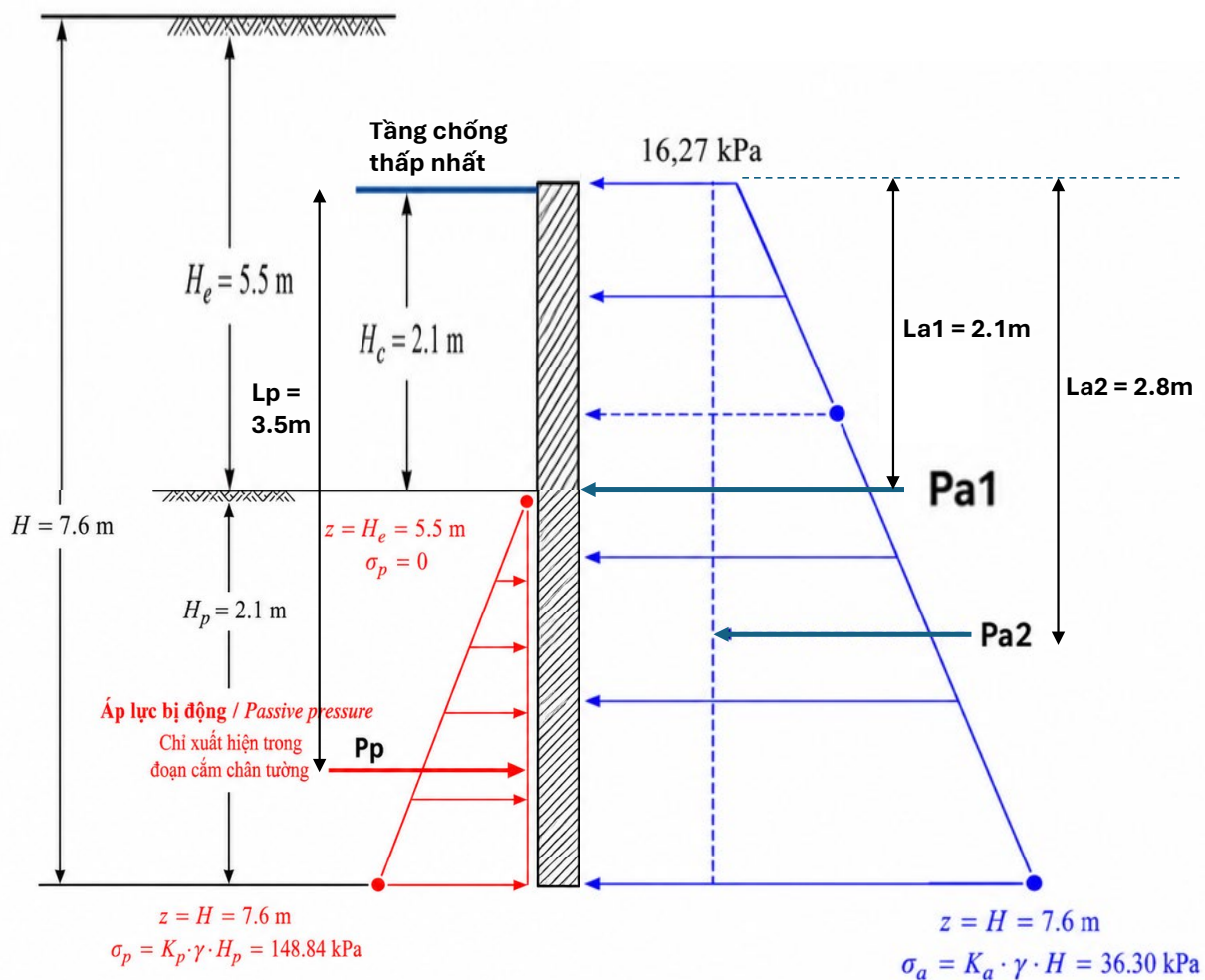
- $P_p, L_p$ : hợp lực áp lực bị động phía trong hố đào dưới đáy đào và cánh tay đòn của  $P_p$  đối với thanh chống thấp nhất.
- $M_s$ : mô men kháng uốn cho phép của tường, theo đề lấy  $M_s = 0$ .
- Điều kiện an toàn:  $F_p \geq 1.2$ .

**3) Xác định các đại lượng hình học *0.25 điểm*:**

$$H = H_e + H_p = 5.5 + 2.1 = 7.6 \text{ m}$$

$$z_s = H_e - 2.1 = 5.5 - 2.1 = 3.4 \text{ m}$$

Trong đó  $z_s$  là độ sâu của thanh chống thấp nhất tính từ mặt đất.



4) Mô men gây mất ổn định do áp lực chủ động bên dưới tầng chống thấp nhất :

$$Pa = 1/2 Ka \gamma (H^2 - z_s^2)$$

$$Pa = 1/2 \times 0.2596 \times 18.4 \times (7.6^2 - 3.4^2) = 110.35 \text{ kN/m}$$

$$z_a = [\int (z \cdot \sigma_a dz)] / [\int (\sigma_a dz)] = [(H^3 - z_s^3)/3] / [(H^2 - z_s^2)/2]$$

$$z_a = 5.77 \text{ m}; \quad La = z_a - z_s = 5.77 - 3.4 = 2.37 \text{ m}$$

$$Md = Pa La = 110.35 \times 2.37 = 261.22 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

**Lưu ý: Có thể chia lực phân bố hình thang phía sau tường chắn thành một phần phân bố hình chữ nhật và một phần phân bố hình tam giác có hợp lực lần lượt là Pa1 và Pa2 để tính Md.**

**Tính mô men gây mất ổn định (xét một đoạn tường dài 1m)**

**Áp lực chủ động phía sau tường nằm dưới tầng chống thấp nhất có dạng hình thang. Ta chia hình thang thành hai phần:**

Hình thang = hình chữ nhật + hình tam giác

**Thành phần hình chữ nhật**

**Chiều cao đoạn xét:**

$$h = 4.2 \text{ m}$$

**Chiều dài đoạn tường xét:**

$$b = 1.0 \text{ m}$$

**Cường độ áp lực đều của phần hình chữ nhật:**

$$\sigma_{a,s} = 16.27 \text{ kN/m}^2$$

**Lực chủ động phần hình chữ nhật:**

$$P_{a1} = \sigma_{a,s} \times h \times b$$

$$P_{a1} = 16.27 \times 4.2 \times 1$$

$$P_{a1} = 68.33 \text{ kN}$$

**Cánh tay đòn của  $P_{a1}$  đối với tầng chống thấp nhất:**

$$L_{a1} = \frac{h}{2}$$

$$L_{a1} = \frac{4.2}{2} = 2.1 \text{ m}$$

**Mô men gây mất ổn định do phần hình chữ nhật:**

$$M_{a1} = P_{a1} L_{a1}$$

$$M_{a1} = 68.33 \times 2.1$$

$$M_{a1} = 143.49 \text{ kN.m}$$

**Thành phần hình tam giác**

**Phần áp lực tăng thêm từ tầng chống thấp nhất đến mũi tường là:**

$$\Delta\sigma_a = \sigma_{a,H} - \sigma_{a,s}$$

$$\Delta\sigma_a = 36.30 - 16.27$$

$$\Delta\sigma_a = 20.03 \text{ kPa}$$

**hay:**

$$\Delta\sigma_a = 20.03 \text{ kN/m}^2$$

**Lực chủ động phần hình tam giác:**

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \Delta \sigma_a h b$$

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \times 20.03 \times 4.2 \times 1$$

$$P_{a2} = 42.06 \text{ kN}$$

**Cánh tay đòn của  $P_{a2}$  đối với tầng chống thấp nhất:**

$$L_{a2} = \frac{2}{3} h$$

$$L_{a2} = \frac{2}{3} \times 4.2$$

$$L_{a2} = 2.8 \text{ m}$$

**Mô men gây mất ổn định do phần hình tam giác:**

$$M_{a2} = P_{a2} L_{a2}$$

$$M_{a2} = 42.06 \times 2.8$$

$$M_{a2} = 117.77 \text{ kN.m}$$

**Tổng mô men gây mất ổn định**

$$M_d = M_{d1} + M_{a2}$$

$$M_d = 143.49 + 117.77$$

$$M_d = 261.26 \text{ kN.m}$$

**5) Mô men kháng do áp lực bị động dưới đáy hố đào:**

$$P_p = 1/2 K_p \gamma H_p^2$$

$$P_p = 1/2 \times 3.8518 \times 18.4 \times 2.1^2 = 156.28 \text{ kN/m}$$

$$L_p = 2.1 + 2H_p/3$$

$$L_p = 2.1 + 2 \times 2.1/3 = 3.50 \text{ m}$$

$$M_r = P_p L_p + M_s = 156.28 \times 3.50 + 0 = 546.97 \text{ kN.m/m}$$

**6) Hệ số an toàn push-in:**

$$F_p = M_r/M_d = 546.97/261.22 = 2.09$$

$$F_p = 2.09 > 1.2 \rightarrow \text{Đạt yêu cầu an toàn push-in}$$

Kết luận: với giả thiết bỏ qua nước ngầm trong câu 2b, bỏ qua ma sát tường-đất, lấy  $M_s = 0$  và tính theo phương pháp mô men quanh thanh chống thấp nhất, tường cừ đạt yêu cầu ổn định đẩy xô vào hố đào.

**Câu 2c - 0.75 điểm**

**Nội dung đề:**

Nếu hệ số an toàn push-in không thỏa mãn, nêu 2 biện pháp để tăng hệ số an toàn.

### ĐÁP ÁN - 0.75 điểm

**Ghi chú: nêu đúng 2 biện pháp 0.50 điểm; giải thích ngắn tác dụng của biện pháp 0.25 điểm.**

Nếu  $F_p < 1.2$ , cần tăng mô men kháng hoặc giảm mô men gây mất ổn định. Có thể nêu 2 trong các biện pháp sau:

|   | <b>Biện pháp</b>                                        | <b>Tác dụng kỹ thuật</b>                                                                                     |
|---|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Tăng chiều sâu cắm chân tường Hp                        | Làm tăng mạnh áp lực bị động $P_p$ và cánh tay đòn $L_p$ ; đây là biện pháp trực tiếp nhất để tăng Mr.       |
| 2 | Bổ sung tầng chống hoặc hạ thấp tầng chống cuối         | Giảm chiều cao không chống và giảm cánh tay đòn $L_a$ của áp lực chủ động đối với điểm chống.                |
| 3 | Gia cố đất phía trong hố đào dưới đáy đào               | Tăng sức kháng bị động và giảm biến dạng chân tường; có thể dùng jet grouting, soil mixing, cọc xi măng đất. |
| 4 | Giảm tải phía sau tường                                 | Không tập kết vật liệu, máy móc nặng gần mép hố đào; giảm áp lực chủ động phía sau tường.                    |
| 5 | Đào theo lớp mỏng và lấp chống kịp thời                 | Hạn chế tường chuyển vị trước khi hệ chống được huy động.                                                    |
| 6 | Tăng độ cứng tường hoặc chọn tiết diện cừ/tường lớn hơn | Giảm biến dạng, tăng khả năng chịu uốn và khả năng làm việc của tường.                                       |

*Barem đề nghị: nêu đúng 2 biện pháp 0.50 điểm; giải thích ngắn tác dụng của biện pháp 0.25 điểm.*

### Câu 2d - 1.25 điểm

#### Nội dung đề:

Sau mưa lớn, mực nước ngầm bên ngoài dâng đến gần mặt đất tự nhiên, trong khi bên trong hố đào tiếp tục bơm hạ nước để thi công khô. Dựa vào Hình 6, hãy giải thích cơ chế phá hoại do thấm và đề xuất biện pháp xử lý khẩn cấp.

### ĐÁP ÁN - 1.25 điểm

**Ghi chú: Nêu đúng cơ chế chênh lệch cột nước và dòng thấm 0.4 điểm (điểm 1, 2, 3, 4 bên dưới); giải thích đúng piping/boiling/xói ngầm và hậu quả 0.4 điểm (điểm 4, 5, 6 bên dưới); đề xuất biện pháp khẩn cấp hợp lý 0.45 điểm (chỉ cần nêu đủ 3/8 điểm bên dưới);**

| Thành phần                                                                              | Điểm đề nghị |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Nêu đúng nguyên nhân: mực nước ngoài cao, trong hố bơm hạ nước, tạo chênh lệch cột nước | 0.30         |
| Giải thích đúng dòng thấm qua khe tường/cờ hoặc dưới chân tường                         | 0.25         |
| Giải thích đúng piping/boiling/xói ngầm, mất hạt, giảm ứng suất hữu hiệu                | 0.25         |
| Nêu hậu quả: lún đất, nứt công trình lân cận, tăng chuyển vị tường, mất ổn định         | 0.15         |
| Đề xuất tối thiểu 3 biện pháp xử lý khẩn cấp hợp lý                                     | 0.30         |
| Giải thích ngắn mục đích của biện pháp                                                  | 0.15         |
| <b>Tổng</b>                                                                             | <b>1.25</b>  |

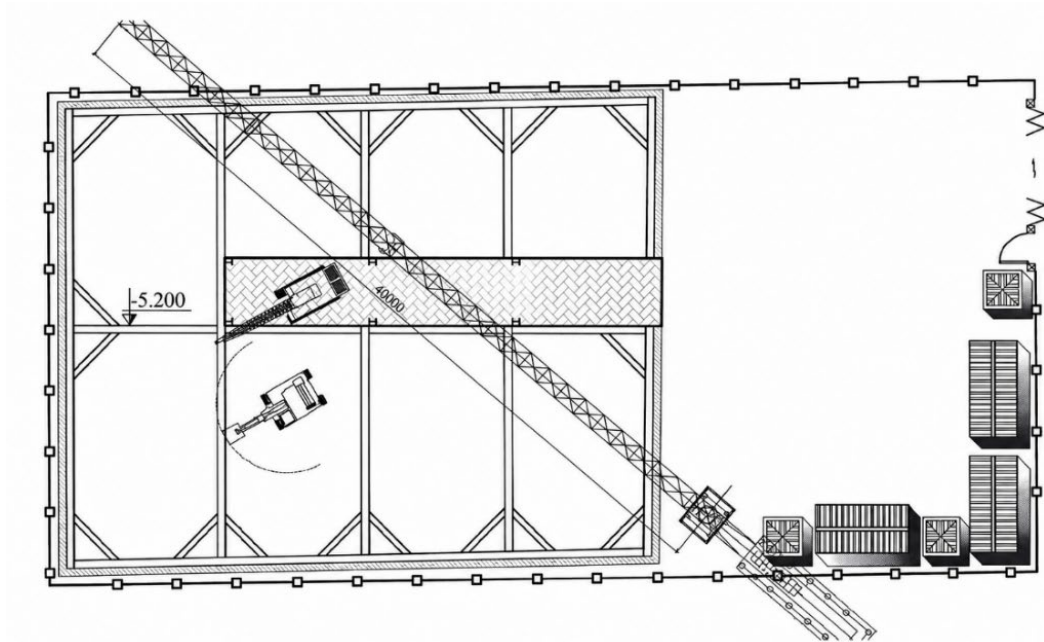
### **1) Cơ chế phá hoại do thấm (0.8 điểm):**

1. Sau mưa lớn, mực nước ngầm bên ngoài hố đào dâng cao, tạo cột nước lớn phía ngoài tường.
2. Bên trong hố đào tiếp tục bơm hạ nước để thi công khô, làm mực nước trong hố thấp hơn nhiều so với bên ngoài.
3. Sự chênh lệch cột nước trong - ngoài tạo gradient thủy lực lớn, nước có xu hướng chảy từ ngoài vào trong hố đào.
4. Nếu tiếp tục bơm và tiếp tục đào, tường có thể chuyển vị mạnh vào hố đào, hệ chống tăng lực bất thường, nguy cơ mất ổn định tổng thể tăng nhanh.
5. Nước có thể thấm qua khe giữa các cờ Larsen, qua khe giữa các cọc khoan nhồi đường kính bé, qua khuyết tật/nứt tường hoặc chảy vòng dưới chân tường nếu tường chưa cắm vào tầng cách nước.
6. Dòng thấm kéo theo hạt đất mịn, gây xói ngầm, nước đục, bùn chảy, sỏi cát/cát sỏi ở đáy hố đào.
7. Khi lực thấm hướng lên làm giảm ứng suất hữu hiệu, đáy hố có thể bị piping/boiling hoặc uplift; đất phía sau tường bị mất hạt, tạo rỗng, gây lún mặt đất và nứt công trình lân cận.

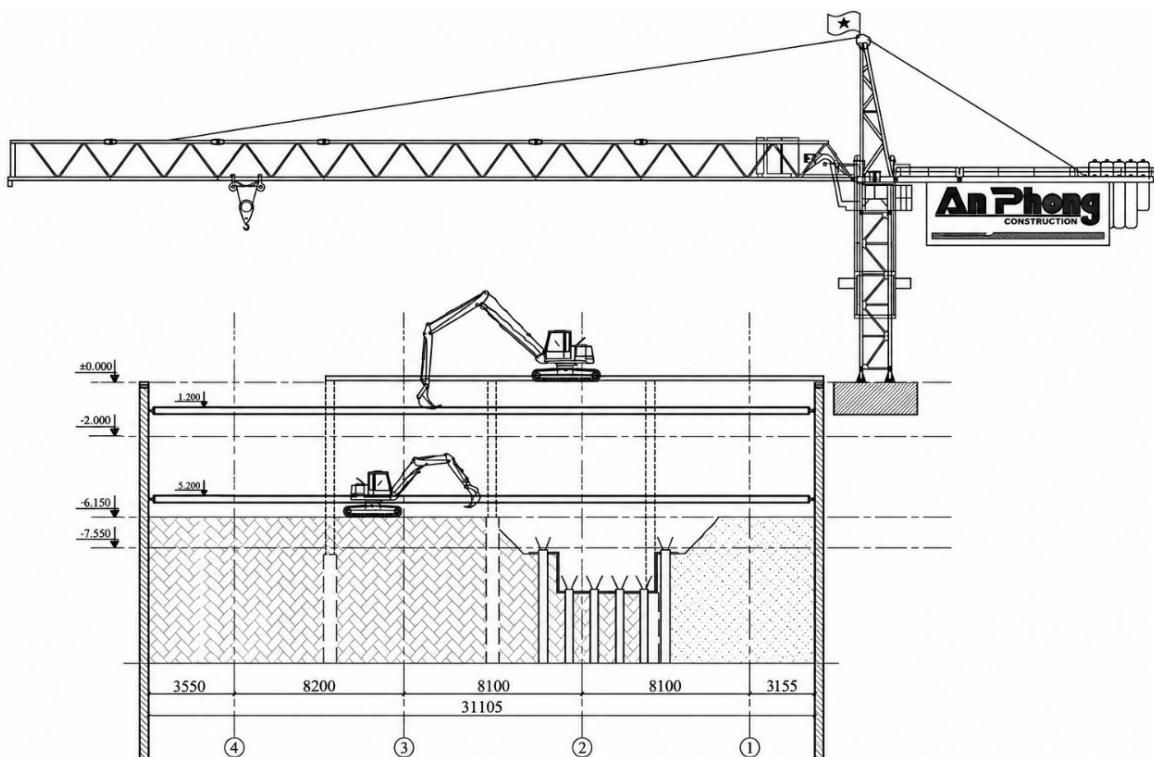
**2) Biện pháp xử lý khẩn cấp (0.45 điểm):**

|   | <b>Biện pháp xử lý</b>                                                        | <b>Mục đích</b>                                                                                             |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Dừng đào, khoanh vùng nguy hiểm, đưa người và thiết bị ra khỏi khu vực rủi ro | Ưu tiên an toàn con người và tránh tăng tải/dao động gần mép hố đào.                                        |
| 2 | Dừng hoặc giảm bơm hạ nước bên trong hố đào                                   | Giảm chênh lệch cột nước và giảm gradient thủy lực gây thấm.                                                |
| 3 | Cho nước vào hố đào có kiểm soát nếu piping/boiling mạnh                      | Cân bằng mực nước trong - ngoài để dập hiện tượng xói ngầm, tránh sụp phá nhanh.                            |
| 4 | Đắp bao cát, đá dăm, vải địa kỹ thuật tại điểm sủi/thấm                       | Tạo tầng lọc ngược, giữ hạt đất nhưng vẫn cho nước thoát, hạn chế xói ngầm.                                 |
| 5 | Đổ vật liệu phản áp ở đáy hố                                                  | Tăng áp lực phủ, tăng ứng suất hữu hiệu, chống uplift và boiling.                                           |
| 6 | Bơm vữa bít khe thấm hoặc xử lý sau tường                                     | Cắt đường thấm qua khe cừ, khe cọc hoặc vết nứt tường.                                                      |
| 7 | Bổ sung giếng giảm áp/relief wells hoặc hạ nước bên ngoài có kiểm soát        | Giảm áp lực nước bên ngoài một cách an toàn, tránh tạo gradient bất lợi vào trong hố.                       |
| 8 | Tăng cường quan trắc                                                          | Theo dõi mực nước, độ đục dòng thấm, chuyển vị tường, lún mặt đất, lực chống và vết nứt công trình lân cận. |

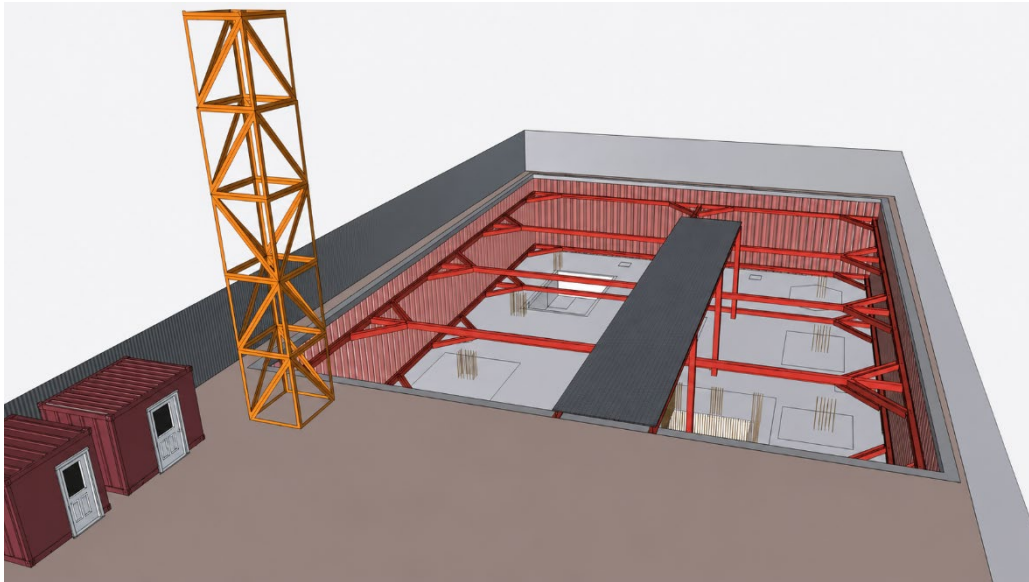




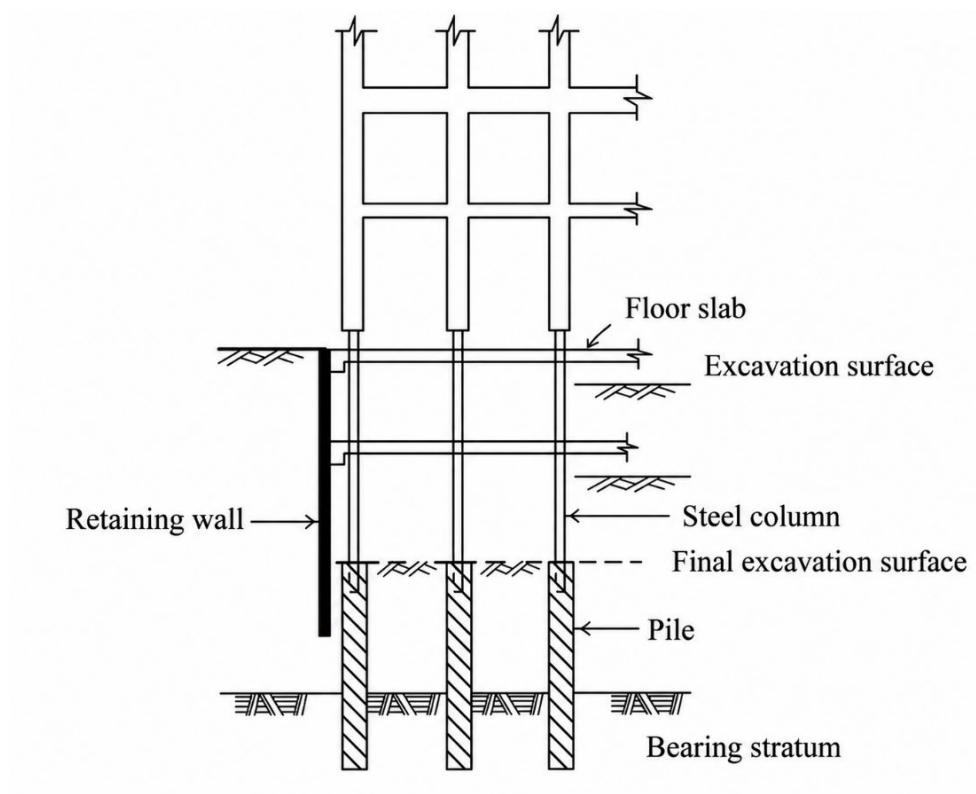
Hình 1 . Mặt bằng hồ đào



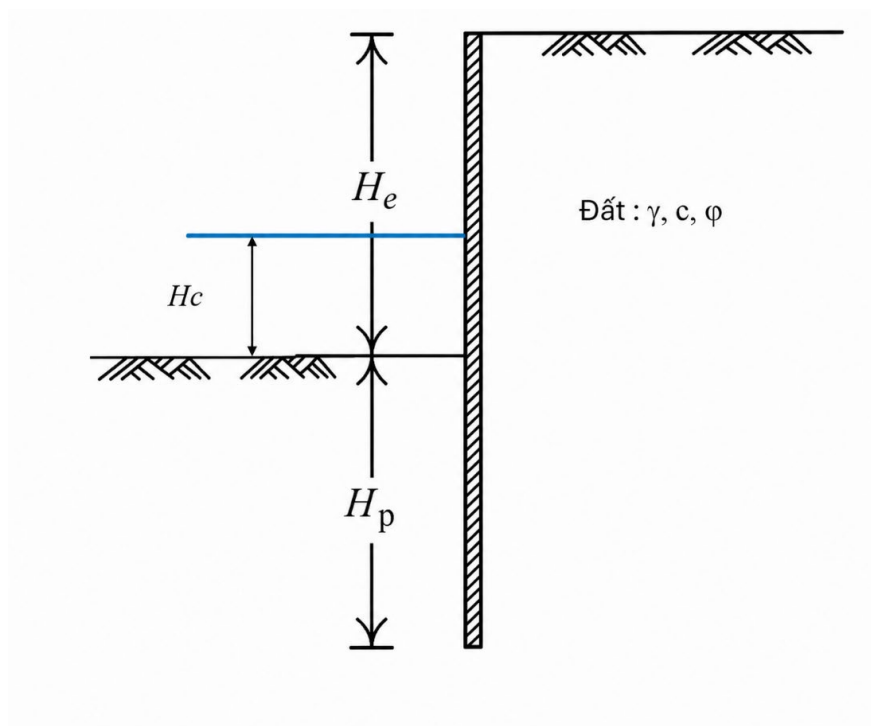
Hình 2 . Mặt cắt ngang hồ đào



Hình 3 . Phối cảnh hố đào



Hình 4 . Minh họa mặt cắt thi công Top-down



Hình 5 . Mặt cắt hố đào



Hình 6 . Sự cố hố đào do mực nước ngầm dâng cao và bơm hạ nước bên trong