

# NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH VÁCH HÀO THI CÔNG TRONG DUNG DỊCH BENTONITE THEO TRẠNG THÁI KHÔNG GIAN BA CHIỀU

Nguyễn Cảnh Thái<sup>1</sup>, Tô Quang Trung<sup>2</sup>

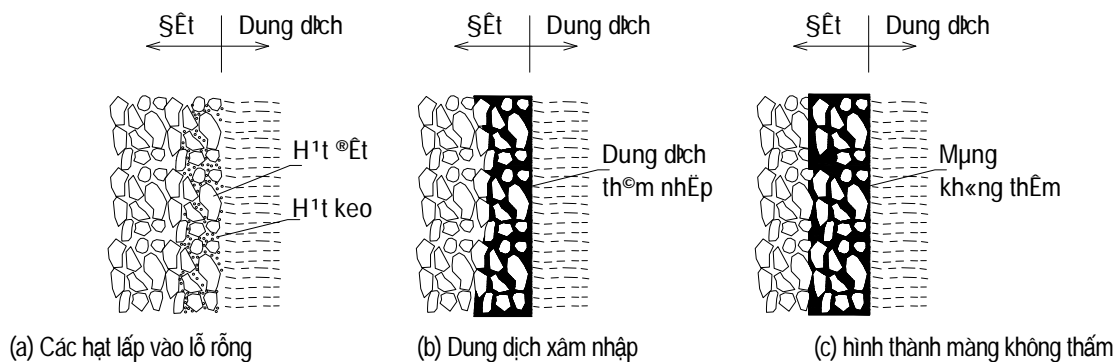
**Tóm tắt:** Tường hào bentonite là một giải pháp chống thấm mới áp dụng hiệu quả để xử lý thấm thân và nền dẽ, đập. Hào được đào trong dung dịch bentonite để giữ ổn định vách, Trong quá trình thi công dễ xảy ra hiện tượng mất ổn định vách hào. Do đó, việc tính toán ổn định vách hào trong quá trình đào cần đặc biệt được quan tâm. Trong bài báo này tác giả đi sâu nghiên cứu các ảnh hưởng của yếu tố không gian ba chiều, mức dung dịch trong hào, dung trọng của dung dịch đến sự ổn định của vách hào.

**Từ khóa:** Dung dịch Bentonite, ổn định, 3D, tường hào, chống thấm

## 1. Giới thiệu

Do chênh lệch về áp lực giữa dung dịch bentonite và nước ngầm. Trong quá trình này một số hạt chiếm chỗ ở các vị trí lỗ rỗng giữa các hạt đất trong vách hào (hình 1a). Cho đến

khi các hạt nhỏ này lấp đầy các lỗ rỗng của đất tạo nên một lớp màng đặc có hệ số thấm nhỏ. Màng này sẽ được tiếp tục phủ bởi một màng gồm các hạt bentonite gọi là màng bentonite (hình 1c). [2]



Hình 1: Quá trình hình thành màng bentonite ở vách hào

Trong tính toán ổn định hiện nay thường coi lớp màng bentonite phủ trên bề mặt vách hào là hoàn chỉnh (không thấm) và tác dụng giữ vách hào bằng áp lực thủy tĩnh của dung dịch.<sup>1</sup>

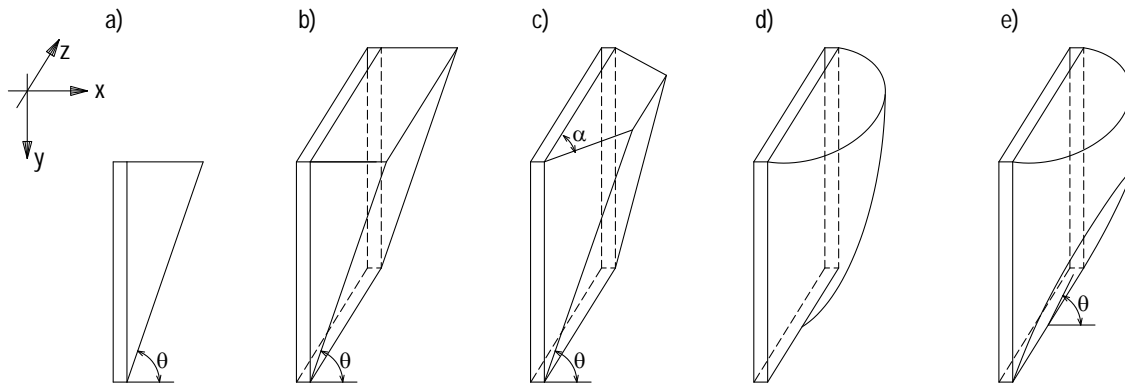
Đối với những hào xi măng - bentonite biện pháp đào hào theo từng panel ngắn và sâu, đối với hào đất - bentonite biện pháp đào thường đào thành hào dài rồi thay thế dung dịch bentonite bằng hỗn hợp cốt liệu. Các hào hẹp và ngắn thì ảnh hưởng của hai đầu hào đến ổn định vách hào lớn cho nên thường ổn định hơn các hào dài. Trong tính toán hiện nay nếu chỉ tính toán tường hào theo phương pháp hai chiều (2D) tức là bỏ qua hiệu ứng giữ ổn định của hai

đầu hào thì việc đánh giá các hào ngắn thường không chính xác. Bài báo này tác giả đi sâu nghiên cứu ảnh hưởng của không gian ba chiều đến sự ổn định vách hào và một số yếu tố ảnh hưởng đến ổn định vách hào như tỷ lệ chiều dài/độ sâu hào (L/H), dung trọng của dung dịch bentonite  $\gamma_{sl}$ , chỉ tiêu cơ lý của đất nền ( $\varphi$ , C).

## 2. Các nghiên cứu của nước ngoài về ổn định vách hào

Phương pháp cân bằng giới hạn đơn giản đầu tiên là phương pháp 2D nêm hình tam giác (hình 2a) với chiều dài hào vô hạn có thể được áp dụng (Nash và Johns) bằng cách sử dụng góc nghiêng của mặt trượt theo Coulomb  $\theta_r = \pi/4 + \varphi/2$ . Bằng cách này áp lực đất tác dụng lên nêm trượt được lựa chọn giá trị cao nhất. Hình dạng nêm trượt sát với mặt trượt thực tế hơn trong hình 2c-e.

<sup>1</sup> Đại học Thủy lợi  
<sup>2</sup> HV CH19



a) Nash và Johns (2D); b) Morgenstern và Amir-Tahmassebi; c) Washbourne; d) Tsai và Chang; e) Piskowski và Kowalewski.

Hình 2: Hình dạng của các nêm trượt đã được nghiên cứu

Cách đơn giản nhất để chuyển đổi mặt trượt dạng 2D sang 3D là nêm trượt hình 2b trên đó lực cắt được huy động trên tất cả các mặt của nêm trượt (Morgenstern và Amir-Tahmassebi). Washbourne biến đổi hình dạng của nêm trượt bằng cách giả sử góc  $\alpha = \pi/4 + \varphi/2$  là góc hợp bởi mặt trượt bên và bề mặt vách hào (hình 2c).

Mặt trượt 3D của Tsai và Chang sử dụng sát với thực tế hơn, dạng mặt trượt hình cong tròn và dạng lồi. Khối trượt trong tính toán được chia thành các phần tử hình hộp thẳng đứng như phân mảnh trong phương pháp tính 2D. Piskowski và Kowalewski đề xuất vào những năm 1960, khối trượt được tạo thành hình trụ đứng có mặt cắt ngang dạng elip và một mặt phẳng nghiêng cắt hình trụ này, đây là mặt trượt quan sát được trong quá trình thí nghiệm nén của cơ học đá. [4]

Từ phân tích trên, tác giả lựa chọn nghiên cứu khối trượt hình nêm có mặt cắt tam giác (hình 2b) để lập công thức tính toán ổn định vách hào trong dung dịch bentonite.

### 3. Tính hệ số an toàn vách hào

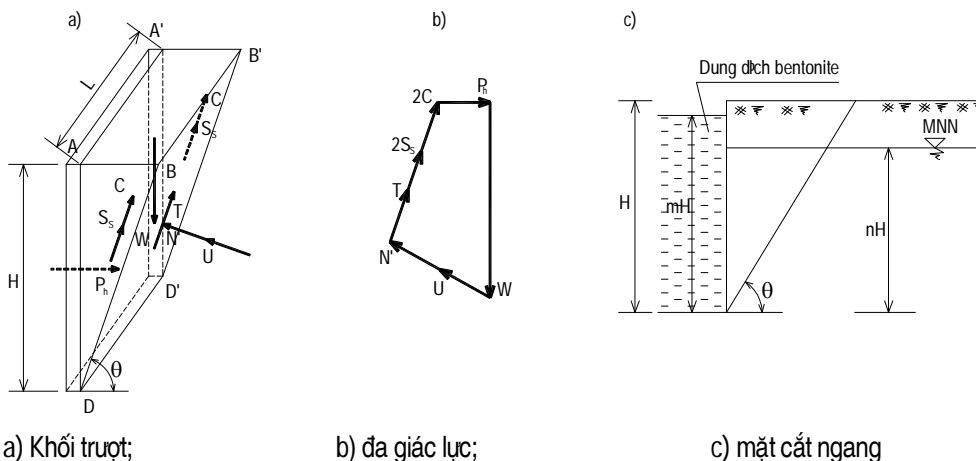
#### 3.1 Công thức tính ổn định mặt trượt hình nêm

##### 3.1.1 Các giả thiết tính toán

- Khối trượt hình nêm có mặt cắt tam giác (hình 3a), mặt trượt chính BDD'B' là mặt phẳng nghiêng một góc  $\theta$  so với phương nằm ngang và hai mặt bên hình tam giác ABD và A'B'D'.

- Khối trượt là một vật thể rắn không thấm nước, áp lực thủy tĩnh do nước ngầm tác dụng lên mặt trượt.

##### 3.1.2 Các lực tác dụng lên khối trượt hình nêm



a) Khối trượt;

b) đa giác lực;

c) mặt cắt ngang

Hình 3: Khối trượt hình nêm

Từ sơ đồ lực tác dụng lên khối trượt hình nêm trên ta thấy có khối trượt gồm các lực tác dụng sau:

W - trọng lượng của nêm (gồm cả phần trên nước và dưới nước);  $P_h$  - áp lực dung dịch

bentonite tác dụng lên bề mặt thẳng đứng của nêm; N - phản lực vuông góc lên mặt trượt; U - áp lực nước tác dụng lên mặt trượt; T - lực chống cắt huy động trên bề mặt trượt;  $C_s$  - lực

dính trên mặt bên của khối trượt;  $S_s$  - lực ma sát trên mặt bên của khối trượt.

Khi nêm đang ổn định thì lực chống cắt chỉ huy động một phần lực dính  $C_{mob}$  và góc ma sát  $\varphi_{mob}$ . Chúng có cùng tỷ lệ với lực dính  $C$  và góc ma sát  $\varphi$  của đất nền gọi là hệ số an toàn  $F_s$ :

$$F_s = \frac{C}{C_{mob}} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_{mob}} \quad (1)$$

nên lực chống trượt huy động tác dụng lên nêm trượt là  $C's$ ,  $S's$ ,  $T'$ ,  $P_h$ .

Các ký hiệu dùng trong quá trình lập công thức tính hệ số an toàn:  $L$  - Chiều dài khối trượt;  $H$  - Chiều cao khối trượt;  $\theta$  - góc nghiêng của mặt trượt chính;  $C_{mob}$ ,  $\varphi_{mob}$  - Lực dính và góc ma sát huy động trên mặt trượt;  $C$ ,  $\varphi$  - Lực dính và góc ma sát của đất nền;  $F_s$  - hệ số an toàn của khối trượt;  $T'$ ,  $N'$  - Lực chống cắt, phản lực huy động trên mặt trượt chính;  $C's$ ,  $S's$  - lực dính, lực ma sát huy động trên mặt bên;  $S_n$  - áp lực đất chủ động tác dụng trên mặt bên của khối trượt;  $K_c$  - hệ số áp lực đất chủ động của đất nền; [3,4,5]

$$W = (\gamma_w(1-n^2) + \gamma_{bh}n^2) \frac{H^2 \cot \alpha n \theta}{2} L \quad (2)$$

$$P_h = \frac{\gamma_{st}(mH)^2}{2} L \quad (3)$$

$$U = \frac{\gamma_n(nH)^2}{2 \sin \theta} L \quad (4)$$

$$T' = N' \tan \varphi_{mob} + C_{mob} \frac{H}{\sin \theta} L \left( N' \tan \varphi + C \frac{H.L}{\sin \theta} \right) \frac{1}{F_s} = \frac{T}{F_s} \quad (5)$$

$$\text{Với: } T = N' \tan \varphi + C \frac{H.L}{\sin \theta} \quad (6)$$

$$C'_s = \frac{H.H \cot \alpha n \theta}{2} C_{mob} = \frac{H^2 \cot \alpha n \theta}{2} \frac{C}{F_s} = \frac{C_s}{F_s} \quad (7)$$

$$\text{Với: } C_s = \frac{H^2 \cot \alpha n \theta}{2} C \quad (8)$$

$$S'_s = S_n \tan \varphi_{mob} = S_n \frac{\tan \varphi}{F_s} = \frac{S_s}{F_s} \quad (9)$$

$$\text{Với: } S_s = S_n \tan \varphi \quad (10)$$

$$S_n = \gamma K_c \frac{(1+3n^2-4n^3)H^3 \cot \alpha n \theta}{6} \quad (11)$$

$$- C \sqrt{K_c} (1+n^2)H^2 \cot \alpha n \theta + \gamma_{dn} K_c \cdot \frac{n^3 H^3 \cot \alpha n \theta}{6}$$

$$\text{Trong đó: } K_c = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi_{mob}}{2} \right); \quad (12)$$

### 3.1.3 Công thức tính hệ số an toàn vách hào

Di chuyển các lực tác dụng lên khối trượt vào mặt cắt ngang vuông góc với hào chứa trọng lực rãnh được đa giác lực như hình 3b.

Hệ số an toàn chống trượt của nêm được tính theo công thức sau:

$$F_s = \frac{T + 2S_s + 2C_s}{W \sin \theta - P_h \cos \theta} \quad (13)$$

$$\text{Với: } N' = W \cos \theta + P_h \sin \theta - U \quad (14)$$

Trong thành phần  $K_c$  của công thức có chứa  $\varphi_{mob}$ , do đó để tính toán hệ số an toàn theo công thức (3.11) cần phải tính lặp với các bước như sau:

- Giả thiết  $F_s^{gt}$ , tính  $\varphi_{mob}$  từ giá trị  $F_s^{gt}$  để xác định  $K_c$ ,

- Tính toán các thành phần trong công thức (13):  $T$ ,  $S_s$ ,  $C_s$ ,  $W$ ,  $P_h$  theo các giá trị  $\theta$  khác nhau và tính  $F_s$

- Xác định  $F_s$  nhỏ nhất, so sánh với giá trị  $F_s^{gt}$ .

Quá trình tính lặp này kết thúc khi giá trị  $F_s^{gt} \approx F_s$ .

Để đơn giản trong tính toán tác giả xác định

$K_c = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$  (tức  $F_{gt} = 1$ ) để xác định được giá trị  $F_s$  cần tìm.

### 3.2 Tính toán ổn định theo phương pháp PTHH

Với sự phát triển của khoa học về máy tính đến nay có nhiều phần mềm tính toán ổn định mái dốc nói chung được xây dựng trên lý thuyết về phần tử hữu hạn. Đây là phương pháp mạnh cho phép giải quyết nhiều bài toán có biên phức tạp. Trong tính toán ổn định vách hào tác giả sử dụng phần mềm Plaxis 3D tunnel là phần mềm địa kỹ thuật chuyên dụng để tính toán công trình ngầm như đường hầm, hào bentonite...

Sự ổn định chống lại phá hủy có thể định nghĩa bằng giá trị trung bình của hệ số an toàn. Hệ số an toàn thường được định nghĩa trong cơ học đất:

$$\text{Hệ số an toàn} = S_{\text{đất đá}} / S_{\text{cần thiết để cân bằng}}$$

Trong đó:  $S$  - biểu diễn độ bền cắt. Theo điều kiện Coulomb, hệ số an toàn là:

$$\text{Hệ số an toàn} = \frac{C + \sigma_n \tan \varphi}{C_r + \sigma_n \tan \varphi_r}$$

Trong đó:  $C$  và  $\varphi$  là các thông số độ bền của mô hình Mohr - Coulomb và  $\sigma_n$  là thành phần ứng suất pháp. Các thông số  $C_r$  và  $\varphi_r$  là các thông số độ bền giảm đủ để đạt được cân bằng. Trong trường hợp này lực dính kết và  $\tan(\text{góc ma sát})$  sẽ giảm theo cùng tỷ lệ.

$$\frac{C}{C_r} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_r} = \sum M_{sf}$$

Các thông số giảm độ bền được điều khiển bằng tổng  $\Sigma M_{sf}$ . Hệ số an toàn sau đó được xác định bằng giá trị của  $\Sigma M_{sf}$  tại điểm phá hủy. [1]

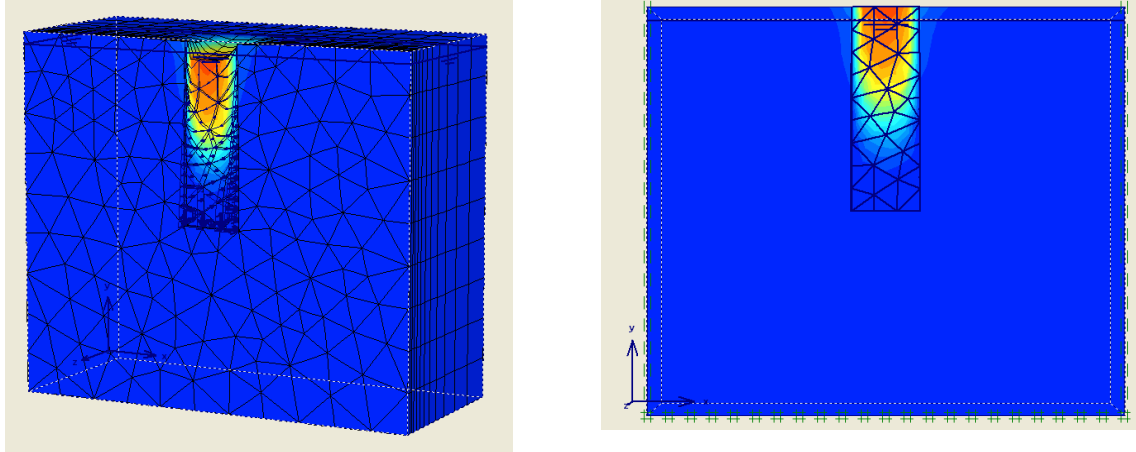
Ví dụ: Đất nền xung quanh vách hào được mô hình theo Mohr-Coulomb với các thông số bảng 1:

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của đất nền quanh vách hào

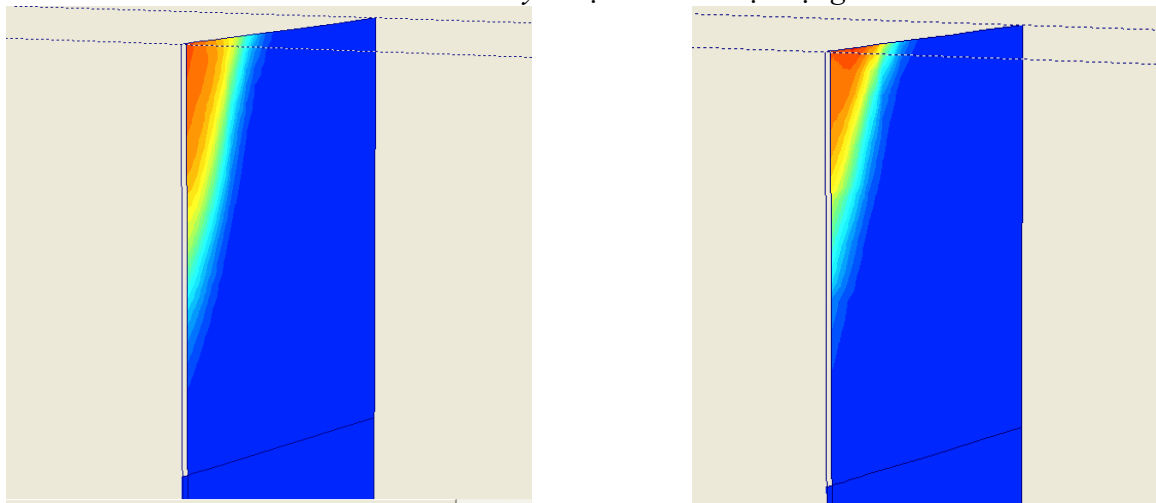
Ký hiệu đất	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{bh}$ (kN/m <sup>3</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (độ)	$\psi$ (độ)	E (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$
TH1.3	19	10	0,01	30	0	30 000	0.3

Các chỉ tiêu cơ lý khác của hào lấy theo mặc định của mô hình. Dung dịch bentonite có trọng lượng riêng:  $\gamma_{sl} = 10.5 \text{ kN/m}^3$

Kết quả tính toán ổn định vách hào,  $M_{sf} = 1.123$  và một số chuyển vị:



Hình 4: Lưới chuyển vị hào khi trượt dạng 3D



Hình 5: Chuyển vị tổng thể của mặt cắt giữ hào và mặt cắt gần đầu hào

#### 4. Kết quả tính toán, phân tích kết quả

Nghiên cứu ổn định hào trong nền đất ít dính (nền có hệ số thấm lớn). Các tổ hợp địa chất tính toán trong bảng 2.

Bảng 2. Tổ hợp địa chất đại diện tính toán

Tổ hợp	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{bh}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (độ)	C kN/m <sup>2</sup>
TH1.3	19	20	30	0
TH1.4	19	20	35	0
TH2.1	19	20	20	1

Tổ hợp	$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{bh}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (độ)	C kN/m <sup>2</sup>
TH2.2	19	20	25	1
TH2.3	19	20	30	1
TH2.4	19	20	35	1
TH3.1	19	20	20	2
TH3.2	19	20	25	2
TH3.3	19	20	30	2
TH3.4	19	20	35	2
TH4.1	19	20	20	5
TH4.2	19	20	25	5

#### 4.2 So sánh hai phương pháp cân bằng giới hạn (LEM) và phần tử hữu hạn (FEM)

Tác giả tính toán so sánh hai phương pháp

LEM và FEM với cùng số liệu đầu vào như nhau (xét trong đất ít dính) được kết quả như sau:

Bảng 3. Kết quả tính toán ổn định theo hai phương pháp

TT	H	L (m)	Tổ hợp	H <sub>sl</sub> (m)	H <sub>w</sub> (m)	s <sub>l</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	LEM		FEM		% sai số	
							F <sub>s</sub>	H <sub>tr</sub> (m)	F <sub>s</sub>	H <sub>tr</sub> (m)	ΔF <sub>s</sub>	ΔH <sub>tr</sub>
1	15	5	TH1.3	0	1	10.5	1.169	10.1	1.123	10.4	4.08	2.9
2	15	7.5	TH1.4	0	1	10.5	1.101	14.7	1.042	11.2	5.69	31.3
5	15	5	TH2.3	0	1	10.5	1.217	11.1	1.231	8.9	1.16	24.7
6	15	7.5	TH2.4	0	1	10.5	1.133	15	1.117	12	1.46	25.0
7	20	5	TH3.1	0	1.5	10.5	1.189	11.1	1.096	15.8	8.47	29.7
8	20	5	TH3.2	0	1.5	10.5	1.344	12.1	1.36	17.7	1.17	31.6
9	20	7.5	TH3.3	0	1.5	10.5	1.231	17.1	1.243	18	0.94	5.0
10	20	10	TH3.4	0	1.5	10.5	1.200	20	1.214	17.2	1.14	16.3

Thông qua tính toán cho thấy:

- Về kết quả tính toán ổn định có sai số không lớn giữa hai phương pháp tính toán.

- Về hình dạng mặt trượt theo mặt cắt ngang thì phương pháp FEM có dạng hình cong có bán kính lớn nên quan sát gần giống dạng tam giác, mặt cắt trượt nhỏ dần về hai đầu hào. Còn phương pháp LEM có mặt trượt hình nêm mặt cắt dạng tam giác không đổi suốt chiều dài hào.

- Về chiều sâu khối trượt: hầu hết các trường hợp tính của cả hai phương pháp đều tính toán ra chiều sâu khối trượt nguy hiểm nhất đều nằm lơ lửng nông hơn hào đào, do có tác dụng của hiệu ứng ba chiều của hào ngăn.

#### 4.3 Một số yếu tố ảnh hưởng đến ổn định vách hào

##### 4.3.1 Ảnh hưởng của hiệu ứng không gian ba chiều đến ổn định vách hào

Tính hệ số an toàn vách hào theo phương pháp cân bằng giới hạn với các chiều sâu hào và chiều dài hào thay đổi tương ứng với từng loại đất trong bảng 2. Trọng lượng riêng dung dịch bentonite:

$$\gamma_{sl} = 10.5 \text{ kN/m}^3; \gamma_{sl} = 11.0 \text{ kN/m}^3; \gamma_{sl} = 12.0 \text{ kN/m}^3.$$

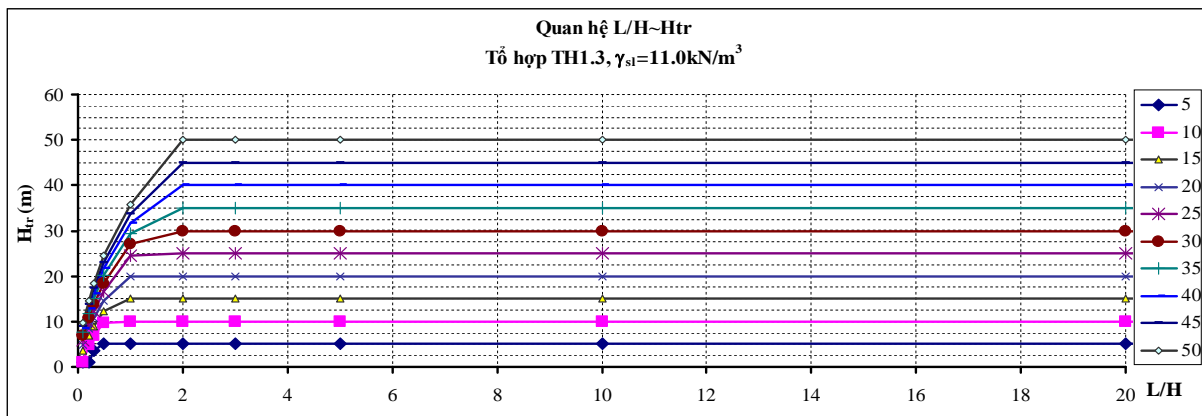
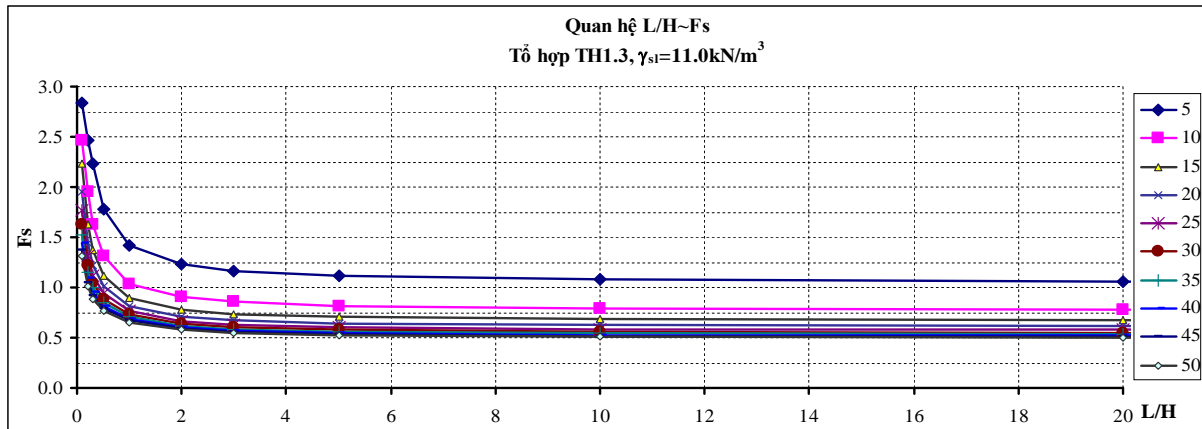
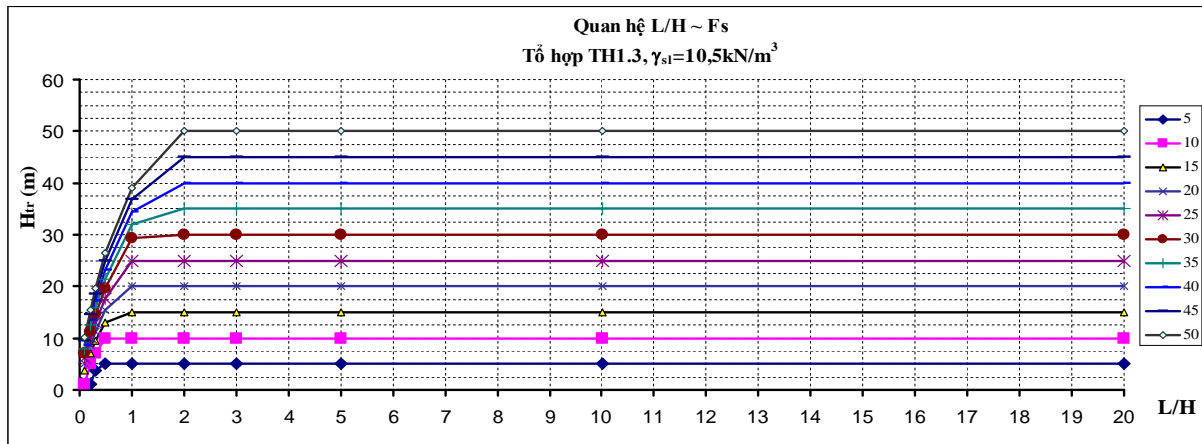
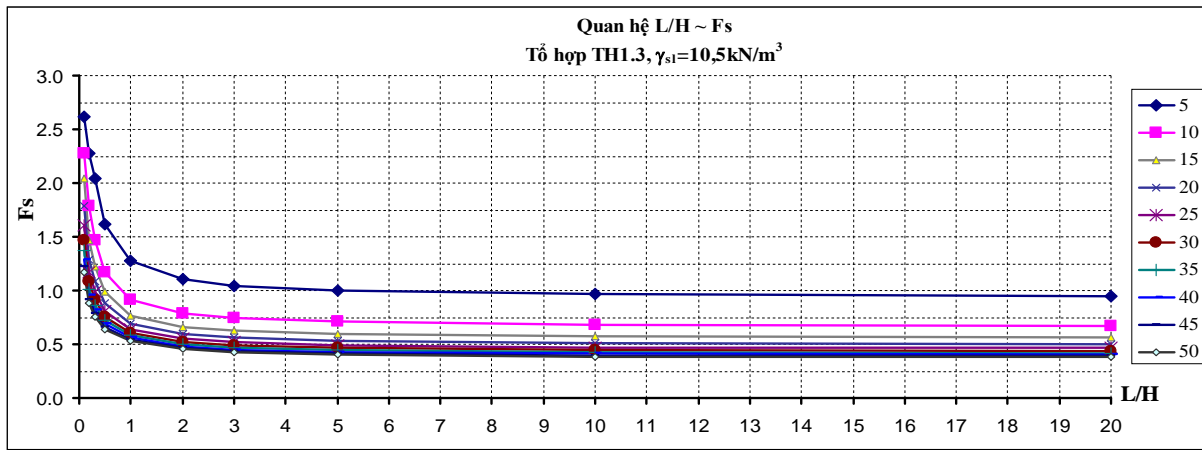
Mục dụng dịch bentonite bằng mặt đất tự nhiên, mực nước ngầm sâu hơn mặt đất 1m. Kết quả tính toán được vẽ thành dạng biểu đồ quan

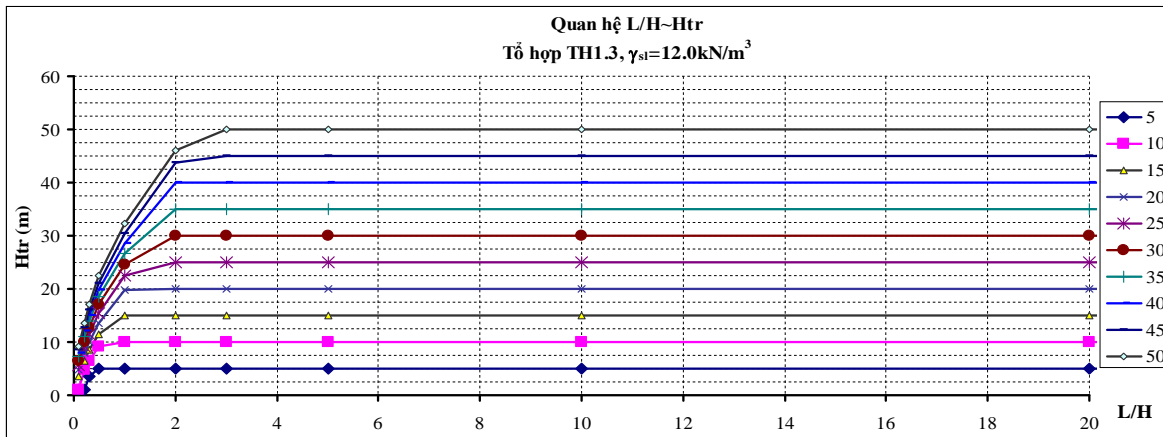
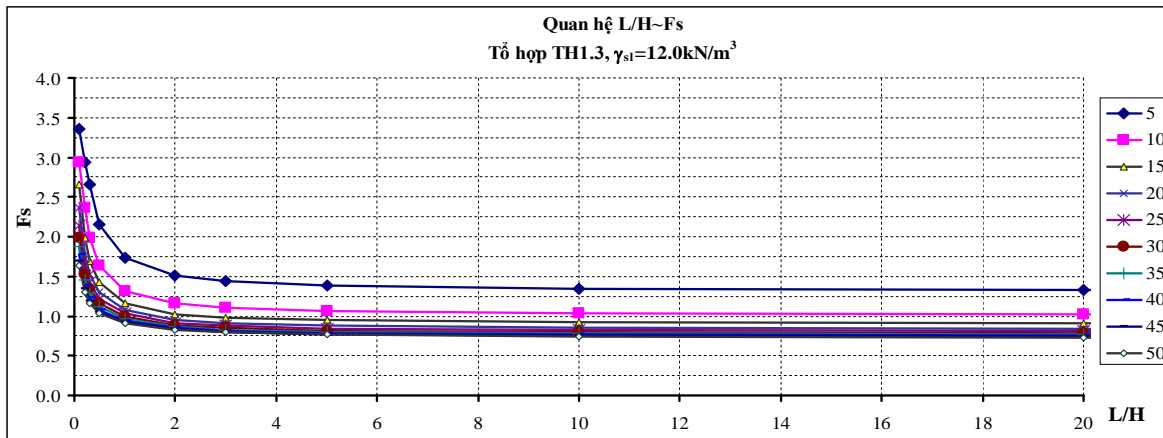
hệ  $L/H \sim F_s$  và  $L/H \sim H_{tr}$ .

Phân tích kết quả tính toán ổn định vách hào qua các tổ hợp kết quả ta thấy:

- Khi tỷ lệ  $L/H$  tăng lên thì hệ số an toàn vách hào giảm dần. Ban đầu hệ số an toàn giảm nhanh sau đó độ giảm nhỏ dần và tiến dần tới không đổi. Nếu coi sai số 5% của hệ số an toàn là sai số nhỏ thì ta thấy khi  $L/H \geq 10$  thì sai số giữa hệ số an toàn tính toán với trường hợp  $L = \infty$  nhỏ hơn 5% và khi  $L/H < 10$  thì hệ số an toàn có sai số so với trường hợp  $L = \infty$  lớn hơn 5% do khi chiều dài hào tăng lên thì ảnh hưởng của giữ ổn định của hai đầu hào giảm dần đến  $L/H \geq 10$  thì ảnh hưởng này nhỏ và có thể bỏ qua. Như vậy, khi tính toán ổn định vách hào với các trường hợp  $L/H < 10$  thì phải xét đến yếu tố không gian ba chiều đến ổn định (tính toán theo bài toán không gian) và khi  $L/H \geq 10$  thì chỉ cần tính toán với bài toán hai chiều (bỏ qua ảnh hưởng của hai đầu hào).

- Từ các biểu đồ  $L/H \sim H_{tr}$  cho thấy khi  $L/H < 3$  thì  $H_{tr}$  thường nhỏ hơn  $H_{hào}$  và khi  $L/H \geq 3$  thì  $H_{tr} = H_{hào}$ . Như vậy, mặt trượt nguy hiểm nhất trong trường hợp  $L/H < 3$  có thể không đi sâu tới đáy hào mà có thể cắt ngang thân hào.





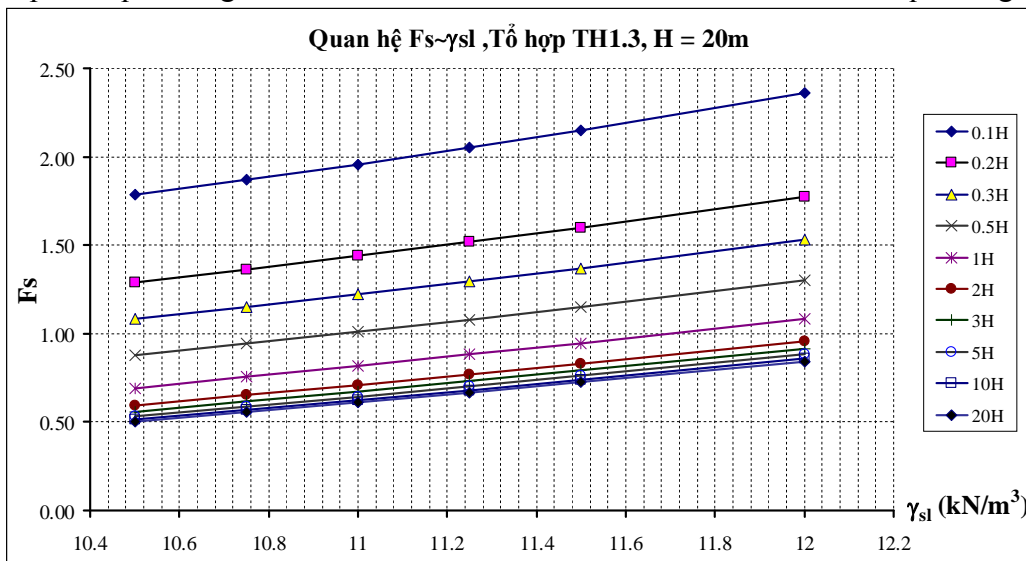
TH1.3:  $\gamma_w=19\text{kN/m}^3$ ,  $\gamma_{bh}=20\text{kN/m}^3$ ,  $\varphi=30(\text{độ})$ ,  $C=0\text{kN/m}^2$ ; Với:  $\gamma_{sl}=10.5\text{kN/m}^3$ ,  $\gamma_{sl}=11.0\text{kN/m}^3$ ,  $\gamma_{sl}=12.0\text{kN/m}^3$

Hình 6. Biểu đồ quan hệ L/H ~ Fs và L/H ~ Htr

#### 4.3.2 Ảnh hưởng của trọng lượng dung dịch đến ổn định vách hào

Yếu tố đóng vai trò quan trọng đối với ổn định vách hào là dung dịch bentonite trong hào mà thể hiện là trọng lượng riêng của dung dịch bentonite. Lập mối quan hệ giữa hệ số an toàn vách hào với

trọng lượng riêng của bentonite. Trường hợp tính hào đáy dung dịch bentonite, mực nước ngầm cách mặt đất 1m, số liệu địa chất là TH1.3:  $\gamma_w=19\text{kN/m}^3$ ,  $\gamma_{bh}=20\text{kN/m}^3$ ,  $\varphi=30(\text{độ})$ ,  $C=0\text{ kN/m}^2$ , chiều sâu hào  $H=20\text{m}$ , chiều dài hào biến đổi  $L/H=0,1 \div L/H=100$  được kết quả trong hình 7.



Trường hợp:

$H=20\text{m}$ ,

$H_w=1\text{m}$ ,

$H_{sl}=0\text{m}$ ;

TH1.3:

$\gamma_w=19\text{kN/m}^3$ ,

$\gamma_{bh}=20\text{kN/m}^3$ ,

$\varphi=30(\text{độ})$ ,

$C=0\text{kN/m}^2$

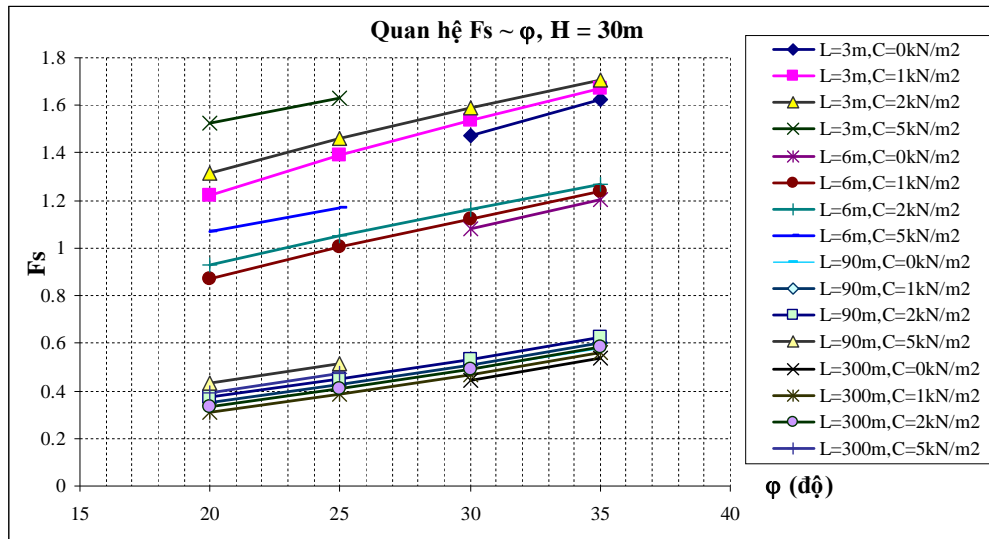
Hình 7:

Biểu đồ Fs ~  $\gamma_{sl}$

Từ biểu đồ hình 7 thấy khi tăng trọng lượng riêng của dung dịch bentonite thì ổn định vách hào tăng lên. Mức độ tăng của hệ số an toàn tăng nhanh hơn so với độ tăng của trọng lượng riêng dung dịch. Đánh giá này cho thấy khi muốn tăng hệ số an toàn của vách hào có thể tăng trọng lượng riêng của dung dịch bentonite.

#### 4.3.3 Ảnh hưởng của góc ma sát $\varphi$ và lực dính C với ổn định vách hào.

Xác định quan hệ giữa hệ số an toàn  $F_s$  và góc ma sát  $\varphi$ : Tiến hành xác định hệ số an toàn vách hào trong trường hợp kích thước hào, lực dính C được giữ không đổi và thay đổi góc ma sát  $\varphi$ . Chọn kích thước hào và lực dính như sau:  $H = 30\text{m}$ ,  $\gamma_{sl} = 10.5 \text{ kN/m}^3$ ,  $L/H = 0,1$  và  $0,2$  và  $C = 0; 1; 2$  và  $5 \text{ kN/m}^2$  góc ma sát thay đổi  $\varphi = 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ; 35^\circ$ . Kết quả tính thể hiện trong hình 8.



Trường hợp:

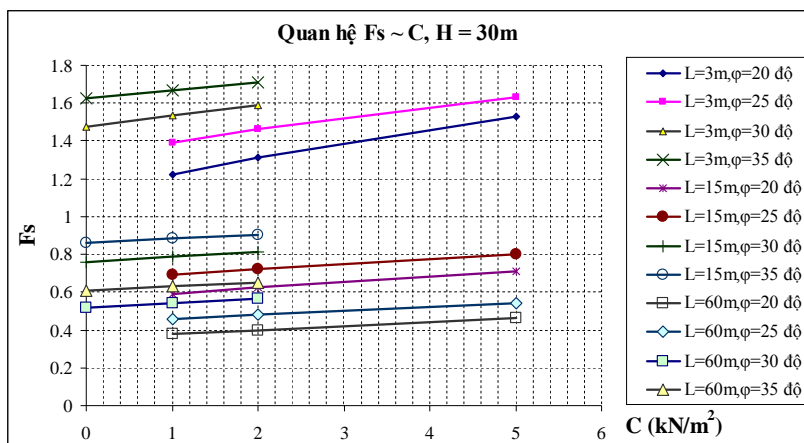
$H = 30\text{m}$ ,  
 $L = 3; 6;$   
 $90; 300\text{m}$ ,  
 $H_w = 1\text{m}$ ,  
 $H_{sl} = 0\text{m}$ ,  
 $C = 0; 1; 2$   
 và  
 $5 \text{ kN/m}^2$ ,  
 $\varphi = 20^\circ; 25^\circ;$   
 $30^\circ; 35^\circ$

Hình 8: Biểu đồ  $F_s \sim \varphi$  (độ)

**Nhận xét:** Khi góc ma sát  $\varphi$  (độ) tăng lên thì hệ số an toàn vách hào tăng lên - các đường trong biểu đồ đều là đường đồng biến và gần tuyến tính. Với những hào có chiều dài ngắn thì độ dốc của đường quan hệ dốc hơn so với những hào có chiều dài dài hơn. Tức là khi chiều dài hào tăng lên thì mức độ ảnh hưởng của góc ma sát  $\varphi$  (độ) của đất nền giảm dần. Giải thích vấn đề này là do ảnh hưởng giữ ổn

định của hai mặt cắt bên hào giảm dần khi chiều dài hào tăng lên.

Tương tự như đối với góc ma sát việc lập biểu đồ quan hệ giữa  $F_s$  và lực dính C. Tính toán hệ số an toàn cho một số kích thước hào và chỉ tiêu góc ma sát:  $H = 30\text{m}$ ,  $\gamma_{sl} = 10.5 \text{ kN/m}^3$ ,  $L = 3\text{m}; 15\text{m}; 60\text{m}; 300\text{m}$ ;  $C = 0; 1; 2$  và  $5 \text{ kN/m}^2$ ,  $\varphi = 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ; 35^\circ$ , thay đổi giá trị lực dính  $C = 0; 1; 2$  và  $5 \text{ kN/m}^2$ . Kết quả tính thể hiện trong hình 9.



$L = 3\text{m}; 6\text{m}; 90\text{m}; 300\text{m}$ ,  
 $H_w = 1\text{m}$ ,  
 $H_{sl} = 0\text{m}$ ,  
 $\varphi = 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ; 35^\circ$ ,  
 $C = 0; 1; 2$  và  $5 \text{ kN/m}^2$

Hình 9: Biểu đồ  $F_s \sim C$  ( $\text{kN/m}^2$ ), trường hợp  $H = 30\text{m}$ ,



**Nhận xét:** Quan hệ giữa Fs và lực dính C là đồng biến và có dạng gần như tuyến tính. Độ dốc của biểu đồ của hào ngắn ( $L = 3\text{m}$ ) dốc hơn độ dốc của các hào dài hơn ( $L = 15\text{m}$  và  $L = 60\text{m}$ ). Như vậy, khi tăng lực dính của đất nền thì mức độ tăng hệ số an toàn của các hào là không giống nhau và phụ thuộc vào chiều dài hào (tức là L/H). Khi L/H nhỏ khi tăng lực dính C mức độ tăng sự an toàn cao hơn so với hào có L/H lớn.

## 5. Kết luận

Nghiên cứu ổn định tường hào xét đến yếu tố không gian ba chiều trong đất ít dính được kết quả:

- Những hào có tỷ lệ  $L/H \geq 10$  khi tính toán hệ số an toàn vách hào có thể tính theo bài toán phẳng còn những hào có  $L/H < 10$  thì khi tính toán hệ số an toàn vách hào phải tính theo trạng thái không gian ba chiều.

- Những hào có tỷ lệ  $L/H < 3$  khi tính toán hệ số an toàn vách hào theo công thức hình nêm thì phải xét đến trường hợp nêm trượt có hệ số an toàn nhỏ nhất cắt ngang qua thân hào. Những hào

có tỷ lệ  $L/H \geq 3$  thì nêm trượt đi qua chân hào.

- Trọng lượng của bentonite ảnh hưởng đến sự ổn định của vách hào: Khi tăng hàm lượng bentonite thì sự ổn định vách hào tăng lên. Sự tăng ổn định này càng mạnh đối với những hào ngắn và giảm dần với những hào dài hơn.

- Các chỉ tiêu kháng cắt  $\phi$  và C của đất nền cũng ảnh hưởng đến ổn định vách hào. Mức độ ảnh hưởng phụ thuộc vào kích thước hào (cụ thể là tỷ lệ L/H). Khi L/H nhỏ thì độ ảnh hưởng càng lớn.

- Kết quả tính toán ổn định giữa phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp cân bằng giới hạn có sai số không lớn. Do đó trong trường hợp địa chất tương đối đồng nhất có thể sử dụng phương pháp cân bằng giới hạn để tính toán mà vẫn đạt được kết quả tin cậy.

- Các kết quả tính toán được xây dựng dưới dạng đồ thị giúp cho người thiết kế có thể sơ bộ lựa chọn dung trọng của dung dịch bentonite để đảm bảo vách hào ổn định trong quá trình thi công.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

1. Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Đỗ Ngọc Anh (2009), *Phương pháp số chương trình Plaxis 3D & UDEC*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội

2. Nguyễn Cảnh Thái & nnk (2012), Đề tài - Nghiên cứu nâng cao khả năng chống thấm hào Bentonite để xử lý nền và thân đập, Trường đại học Thủy lợi, Hà Nội.

3. R. Whitlow (1996), *Giáo trình cơ học đất*. Người dịch: Nguyễn Uyên, Trịnh Văn Cường, NXB Giáo Dục, Hà Nội.

### Tiếng Anh

4. Wlodzimierz BRZAKALA, Karolina GORSKA (2009), *On Stability Analysis of Slurry-Wall Trenches*, Institute of Geotechnics and Hydroengineering, Faculty of Civil Engineering Wroclaw University of Technology, Wybrzeze Wyspianskiego 27, 50-370 Wroclaw, Poland.

5. Wroclaw University of Technology, *Trench stability in cohesive soil*, Poland

### Abstract:

#### **A STUDY FOR STABILITY SLURRY TRENCH WALL SUPPORT BY BENTONITE SOLUTION USE THREE - DIMENSIONAL ELEMENTS**

*Bentonite slurry wall is a new technology for seepage control and can be applied effectively for of dykes, embankment dams and their foundation. The trench is excavated under bentonite slurry supporting. Trench failure can be occurred during excavation process. Therefore, the calculation of wall stability during trench excavation needs special attention. In this paper the authors study the effects of three-dimensional, height of slurry fill and slurry density to the stability of the trench walls.*

**Keywords:** *Bentonite slurry, stability, 3D, trench, antiseepage*

---

Người phản biện: PGS. TS. Lê Văn Hùng

BBT nhận bài: 26/9/2013

Phản biện xong: 12/1/2014