

TÍNH TOÁN ÁP LỰC ĐẤT DÍNH TÁC DỤNG LÊN TƯỜNG CHẮN TRONG TRƯỜNG HỢP MẶT TRƯỢT PHẪNG

Phạm Tường Hội

Trường Đại học Kỹ thuật

(Bài nhận ngày 19 /10/2000,

hoàn chỉnh sửa chữa ngày 24/11/2000)

TÓM TẮT: Dạng lũng thể trượt hình thành trong quá trình thí nghiệm mô hình tường chắn với đất sét Bình Dương cho thấy mặt trượt hình thành khi có phụ tải tác dụng thì không cố định. Hình dạng và kích thước của mặt trượt phụ thuộc vào kích thước và quá trình gia tải. Hai dạng mặt trượt xảy ra là mặt trượt phẳng và mặt trượt trụ tròn. Đối với cấp tải trọng tác dụng tăng chậm hoặc cấp gia tải nhỏ cho đến khi phá hoại thì mặt trượt là phẳng, sau lưng tường xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động tiếp giáp và gắn kết với tường thành một khối. Do sự xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động nên lực chủ động của đất dính tác dụng lên tường chắn thay đổi trị số và phương tác dụng. Trong bài viết này tác giả muốn đề xuất một kết quả tính lực chủ động tác dụng lên tường chắn trong trường hợp mặt trượt phẳng dựa theo kết quả thí nghiệm trên mô hình tường chắn.

1. NHỮNG CƠ SỞ THIẾT LẬP CÔNG THỨC:

- Căn cứ vào kết quả thí nghiệm trên mô hình kỹ thuật, quan sát chuyển vị, chụp ảnh quá trình hình thành mặt trượt, đo áp lực tác dụng lên tường.

- Qua các thí nghiệm với diện đặt tải cứng (bản thép) và rời (bản thép trên đệm cát) và với các bề rộng của diện đặt tải khác nhau cho thấy mặt trượt không cố định mà phụ thuộc vào diện đặt tải và quá trình gia tải. Trong tất cả các trường hợp đặt tải đều xuất hiện vùng tiếp giáp với lưng tường và gắn kết với tường thành một khối mà không có chuyển vị trượt tương đối giữa mặt tiếp giáp gọi là vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động.

- Với diện đặt tải đều khắp thì mặt trượt là cung tròn, phát triển từ chân của lưng tường chắn đến bề mặt của khối đất đắp thì vị trí mặt trượt cách lưng tường một khoảng $L_{max} = (0.8 \div 0.9)h$ (h: là chiều cao tường chắn), tương ứng góc $\varepsilon = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ cho loại đất sử dụng trong thí nghiệm.

- Với diện đặt tải cứng hoặc rời có bề rộng nhỏ hơn L_{max} thì mặt trượt xuất hiện từ chân của lưng tường chắn phát triển đến mép diện đặt tải. Trường hợp này dạng mặt trượt phụ thuộc vào quá trình gia tải:

+ Trường hợp quá trình gia tải chậm theo thời gian hoặc các cấp gia tải nhỏ cho đến khi phá hoại thì mặt trượt là phẳng xuất phát từ chân của lưng tường chắn phát triển đến mép của diện đặt tải.

+ Trường hợp quá trình gia tải nhanh theo thời gian hoặc các cấp gia tải lớn cho đến khi phá hoại thì mặt trượt là mặt cong (trụ tròn) xuất phát từ chân của lưng tường chắn phát triển đến mép của diện đặt tải.

- Trị số của tổng áp lực tác dụng lên tường và áp lực nước trong lỗ rỗng tại lưng tường trong quá trình gia tải thì biến thiên phụ thuộc vào chuyển vị của tường.

2. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN:

- Lãng thể trượt là một cố thể, không biến dạng và biến đổi thể tích trong quá trình hình thành mặt trượt.

- Hiện tượng trượt chỉ xảy ra trên 2 mặt:

Đối với trường hợp mặt trượt phẳng đó là 2 mặt phẳng một tiếp giáp với đất nền sau lưng tường, một tiếp giáp với vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động.

Lực dính được xem là phân bố đều trên 2 mặt trượt và có cùng trị số là c .

- Lực chủ động trên mặt trượt giữa lãng thể trượt và vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động nghiêng với phương pháp tuyến mặt trượt 1 góc φ và đi qua trọng tâm lãng thể trượt.

- Phản lực phần còn lại của đất nền tác dụng lên lãng thể trượt đối với trường hợp mặt trượt phẳng là lực R có phương tác dụng qua trọng tâm lãng thể trượt và nghiêng với pháp tuyến của mặt trượt một góc là φ .

3. THIẾT LẬP CÔNG THỨC TRƯỜNG HỢP $\alpha = \beta = 0$:

3.1. Xác định các kích thước hình học:

$$h_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_h = h_1 \cdot \cot g \varepsilon$$

$$(h - h_1) \cdot \operatorname{tg} \alpha_h = h_1 \cdot \cot g \varepsilon$$

$$h_1 (\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon) = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_h$$

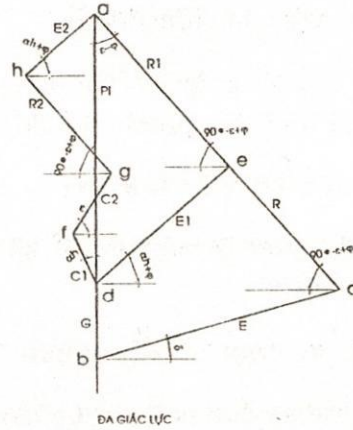
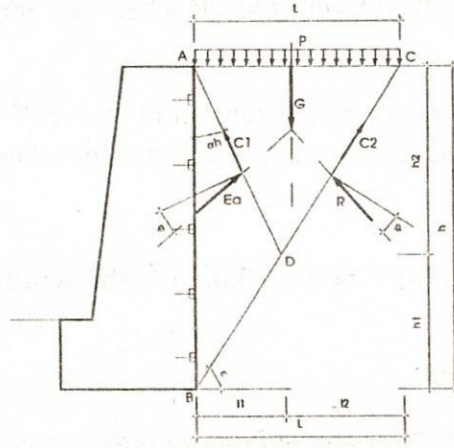
$$h_1 = \frac{h \cdot \operatorname{tg} \alpha_h}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon}$$

$$h_2 = h - h_1 = h - \frac{h \cdot \operatorname{tg} \alpha_h}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon} = \frac{h \cdot (\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon - \operatorname{tg} \alpha_h)}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon}$$

$$h_2 = \frac{h \cdot \cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon}$$

$$l_1 = h_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_h$$

$$l_1 = \frac{h \cdot \cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon} \operatorname{tg} \alpha_h$$



H1. Sơ đồ tính áp lực chủ động.

Diện tích vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động (ABD):

$$S_g = \frac{1}{2} \cdot h \cdot l_1 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \frac{h \cdot \cot g \varepsilon}{(\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon)} \operatorname{tg} \alpha_h$$

$$S_g = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \frac{\cot g \varepsilon}{(\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon)} \operatorname{tg} \alpha_h$$

Diện tích lăng thể (ABC):

$$S = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h$$

Diện tích lăng thể trượt (ADC):

$$S_c = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h_2 = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h \cdot \frac{\cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon}$$

3.2. Trường hợp không xét đến ảnh hưởng của vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động và ảnh của lực dính trên mặt trượt:

Từ đa giác lực (a-b-c) ta có:

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) = E \cdot \cos \delta$$

$$\Rightarrow R = E \cdot \frac{\cos \delta}{\sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow R \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + E \cdot \sin \delta = (G + P.l)$$

$$\Rightarrow E \cdot \frac{\cos \delta}{\sin(\varepsilon - \varphi)} \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + E \cdot \sin \delta = (G + P.l)$$

$$E = (G + P.l) \cdot \frac{\sin(\varepsilon - \varphi)}{\cos \delta \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + \sin \delta \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)}$$

Với:

$$G = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot S = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot l \cdot h$$

3.3. Trường hợp xét đến vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang áp lực bị động và không xét đến ảnh hưởng của lực dính trên mặt trượt (xác định E1):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_1 \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) = E_1 \cdot \cos(\alpha_h + \varphi)$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{E_1 \cdot \cos(\alpha_h + \varphi)}{\sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow R_1 \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + E_1 \cdot \sin(\alpha_h + \varphi) = (G_c + P.l)$$

$$\frac{E_1 \cdot \cos(\alpha_h + \varphi)}{\sin(\varepsilon - \varphi)} \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + E_1 \cdot \sin(\alpha_h + \varphi) = (G_c + P.l)$$

$$E_1 = (G_c + P.l) \cdot \frac{\sin(\varepsilon - \varphi)}{\cos(\alpha_h + \varphi) \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + \sin(\alpha_h + \varphi) \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)}$$

Với:

$$G_c = \gamma_w \cdot S_c = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h \cdot \gamma_w \cdot \frac{\cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon}$$

3.4. Trường hợp xét đến vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động và ảnh hưởng của lực dính trên mặt trượt:

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow C_1 \cdot \cos \alpha_h + C_2 \cdot \sin \varepsilon + R_2 \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + E_2 \cdot \sin(\alpha_h + \varphi) - (G_c + P.l) = 0$$

$$\Rightarrow R_2 \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) = (G_c + P.l) - E_2 \cdot \sin(\alpha_h + \varphi) - C_1 \cdot \cos \alpha_h - C_2 \cdot \sin \varepsilon$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{G_c + P.l}{\cos(\varepsilon - \varphi)} - \frac{E_2 \cdot \sin(\alpha_h + \varphi)}{\cos(\varepsilon - \varphi)} - \frac{C_1 \cdot \cos \alpha_h}{\cos(\varepsilon - \varphi)} - \frac{C_2 \cdot \sin \varepsilon}{\cos(\varepsilon - \varphi)}$$

$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow -C_1 \cdot \sin \alpha_h + C_2 \cdot \cos \varepsilon - R_2 \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) + E_2 \cdot \cos(\alpha_h + \varphi) = 0$$

$$\Rightarrow R_2 \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) = E_2 \cdot \cos(\alpha_h + \varphi) - C_1 \cdot \sin \alpha_h + C_2 \cdot \cos \varepsilon$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{E_2 \cdot \cos(\alpha_h + \varphi)}{\sin(\varepsilon - \varphi)} - \frac{C_1 \cdot \sin \alpha_h}{\sin(\varepsilon - \varphi)} + \frac{C_2 \cdot \cos \varepsilon}{\sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$\frac{G_c + P.l - E_2 \cdot \sin(\alpha_h + \varphi) - C_1 \cdot \cos \alpha_h - C_2 \cdot \sin \varepsilon}{\cos(\varepsilon - \varphi)} = \frac{E_2 \cdot \cos(\alpha_h + \varphi) - C_1 \cdot \sin \alpha_h + C_2 \cdot \cos \varepsilon}{\sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$E_2 \left(\frac{\cos(\alpha_h + \varphi)}{\sin(\varepsilon - \varphi)} + \frac{\sin(\alpha_h + \varphi)}{\cos(\varepsilon - \varphi)} \right) = \frac{G_c + P.l - C_1 \cdot \cos \alpha_h - C_2 \cdot \sin \varepsilon}{\cos(\varepsilon - \varphi)} + \frac{C_1 \cdot \sin \alpha_h - C_2 \cdot \cos \varepsilon}{\sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$E_2 [\cos(\alpha_h + \varphi) \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + \sin(\alpha_h + \varphi) \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)] =$$

$$= [(G_c + P.l) \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) - C_1 \cdot \cos \alpha_h \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) - C_2 \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) + C_1 \cdot \sin \alpha_h \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) - C_2 \cdot \cos \varepsilon \cdot \cos(\varepsilon - \varphi)]$$

$$E_2 = \frac{(G_c + P.l) \cdot \sin(\varepsilon - \varphi) + \Delta C_1 - \Delta C_2}{\cos(\alpha_h + \varphi) \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + \sin(\alpha_h + \varphi) \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)}$$

Với:

$$\Delta C_1 = C_1 \cdot [\sin \alpha_h \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) - \cos \alpha_h \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)]$$

$$\Delta C_2 = C_2 \cdot [\cos \varepsilon \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) - \sin \varepsilon \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)]$$

$$G_c = \gamma_w \cdot S_c = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h \cdot \gamma_w \cdot \frac{\cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon}$$

Thí dụ: Tính toán tường chắn đất thẳng đứng cao 6m. Đất đắp là đất sét, bề mặt nằm ngang, có các chỉ tiêu cơ lý như sau: $\gamma_w = 1.81T/m^3$, $c = 0.9T/m^3$, $\varphi = 16^\circ$, phụ tải $P = 3T/m^2$, $L = 4.5m$.

Cắt tường thành một dãy dày 1m để tính toán. Đối với đất sét $\alpha_h = 1.5\varphi = 24^\circ$.

Trường hợp 1: Không xét đến ảnh hưởng của vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động và lực dính:

$$\left. \begin{array}{l} \eta = 90^\circ \\ \beta = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \delta = \frac{\varphi}{2} = 8^\circ$$

$$G = \frac{1}{2} \gamma_w l h = \frac{1}{2} \cdot 1.81 \cdot 4.5 \cdot 6 = 24.435T$$

$$E = (G + P.I) \cdot \frac{\sin(\varepsilon - \varphi)}{\cos \delta \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + \sin \delta \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$E = (24.435 + 3 \times 4.5) \cdot \frac{\sin(53 - 16)}{\cos 8 \cdot \cos(53 - 16) + \sin 8 \cdot \sin(53 - 16)} = 26.11T$$

Trường hợp 2: Xét đến vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động và không xét đến ảnh hưởng của lực dính:

$$G_c = \gamma_w \cdot S_c = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h \cdot \gamma_w \cdot \frac{\cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon}$$

$$E_1 = (G_c + P.I) \cdot \frac{\sin(\varepsilon - \varphi)}{\cos(\alpha_h + \varphi) \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) + \sin(\alpha_h + \varphi) \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$G_c = \frac{1}{2} \cdot 4.5 \times 1.81 \times 6.0 \cdot \frac{\cot g 53^\circ}{\operatorname{tg} 24^\circ + \cot g 53^\circ} = 15.366T$$

$$E_1 = (15.366 + 3 \times 4.5) \cdot \frac{\sin(53^\circ - 16^\circ)}{\cos(24^\circ + 16^\circ) \cdot \cos(53^\circ - 16^\circ) + \sin(24^\circ + 16^\circ) \cdot \sin(53^\circ - 16^\circ)} = 17.398T$$

Trường hợp 3: Xét đến ảnh hưởng của vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động và lực dính:

$$G_c = \frac{1}{2} \cdot 4.5 \times 1.81 \times 6.0 \cdot \frac{\cot g 53^\circ}{\operatorname{tg} 24^\circ + \cot g 53^\circ} = 15.366T$$

$$l_1 = \frac{h \cdot \cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon} \operatorname{tg} \alpha_h \quad l_1 = \frac{6.0 \times \cot g 53^\circ}{\operatorname{tg} 24^\circ + \cot g 53^\circ} \operatorname{tg} 24^\circ = 1.679m$$

$$h_2 = \frac{h \cdot \cot g \varepsilon}{\operatorname{tg} \alpha_h + \cot g \varepsilon} \quad h_2 = \frac{6.0 \times \cot g 53^\circ}{\operatorname{tg} 24^\circ + \cot g 53^\circ} = 3.773m$$

$$l_2 = l - l_1 = 4.5 - 1.679 = 2.821m$$

$$C1 = c \cdot AD = c \cdot \sqrt{l_1^2 + h_2^2} = 0.9 \sqrt{1.679^2 + 3.773^2} = 3.717T$$

$$C2 = c \cdot DC = c \cdot \sqrt{l_2^2 + h_2^2} = 0.9 \sqrt{2.821^2 + 3.773^2} = 4.24T$$

$$\Delta C_1 = C_1 \cdot [\sin \alpha_h \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) - \cos \alpha_h \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)]$$

$$\Delta C_1 = 3.717 \cdot [\sin 24^\circ \cdot \cos(53^\circ - 16^\circ) - \cos 24^\circ \cdot \sin(53^\circ - 16^\circ)] = -0.836T$$

$$\Delta C_2 = C_2 \cdot [\cos \varepsilon \cdot \cos(\varepsilon - \varphi) - \sin \varepsilon \cdot \sin(\varepsilon - \varphi)]$$

$$\Delta C_2 = 4.24 \cdot [\cos 53^\circ \cdot \cos(53^\circ - 16^\circ) - \sin 53^\circ \cdot \sin(53^\circ - 16^\circ)] = 0$$

$$E_2 = \frac{(G_c + P.I). \sin(\varepsilon - \varphi) + \Delta C_1 - \Delta C_2}{\cos(\alpha_h + \varphi). \cos(\varepsilon - \varphi) + \sin(\alpha_h + \varphi). \sin(\varepsilon - \varphi)}$$

$$E_2 = \frac{(15.366 + 3 \times 4.5). \sin(53^\circ - 16^\circ) - 0.836 + 0}{\cos(24^\circ + 16^\circ). \cos(53^\circ - 16^\circ) + \sin(24^\circ + 16^\circ). \sin(53^\circ - 16^\circ)} = 16.558T$$

Kết quả : $E > E_1 > E_2$

4.KẾT LUẬN:

Từ công thức trên ta rút ra các kết luận sau:

- Lãng thể trượt không duy nhất mà phụ thuộc vào bề rộng L của diện gia tải: Đối với trường hợp tải phân bố đều khắp thì bề rộng lãng thể trượt là $L_{max} = (0.8 \div 0.9)H$ tức là $\varepsilon \approx 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ đối với đất dính sử dụng cho thí nghiệm mô hình. Trường hợp $L < L_{max}$ thì

$$\varepsilon = \arctg \frac{H}{L}$$

- Lực chủ động tác dụng lên tường giảm do:

+ Sự xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động.

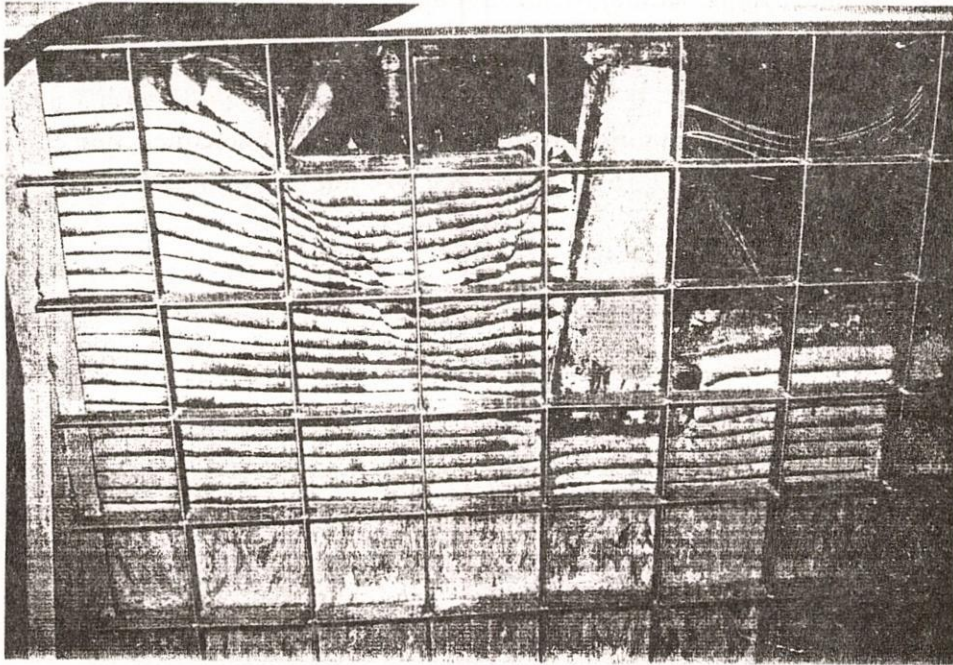
+ Trọng lượng bản thân lãng thể trượt giảm.

+ Do xuất hiện 2 thành phần lực dính C1 và C2 trên 2 mặt trượt.

- Do xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động ABD nên diện tích lãng thể trượt giảm dẫn tới G giảm, làm giảm áp lực chủ động tác dụng lên tường.

- Phương tác dụng của lực chủ động nghiêng với phương ngang một góc $(\alpha_h + \varphi)$ làm giảm thành phần theo phương ngang và tăng thành phần theo phương đứng của lực chủ động tác dụng lên tường. Đồng thời với việc xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động nên trong trường hợp đất dính tường chắn có độ ổn định cao hơn. Đối với đất sét theo kết quả thí nghiệm thì $\alpha_h \approx 1.5\varphi$. Trường hợp $\varepsilon = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$

thì $\Delta C_2 = 0$.



H2 : Lãng thể trượt trong thí nghiệm mô hình.

THE DETERMINATION OF COHESIVE-SOIL PRESSURE APPLYING ON RETAINING WALL IN CASE OF RUPTURE- SLIP PLANE.

Pham Tuong Hoi

ABSTRACT: *The formation of rupture prism in the model retaining wall experiment with Binh Duong white clay backfill indicated that the rupture slip surface by applied surcharge is not unique. The shape and dimension of rupture slip depend on the dimension and process of surcharges. There are two types of rupture slip surface: the rupture slip plane and slip circle. In case of low or small increased surcharges the rupture surface is the slip plane, the transition from active to passive pressure occurs on the back of retaining wall and is attached to it as a block. The active force is changed in magnitude and direction due to the occurrence of the transition from active to passive pressure. In this paper the writer would like to propose one result of determination of active force applying on retaining wall in case of rupture slip plane based on model test results*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bùi Anh Định. Cơ Học Đất. Xưởng In Trường Đại Học Giao Thông Vận Tải. Năm 1994.

[2] Joseph E. Bowles. Foundation Analysis And Design. McGraw-Hill International Edition. 1997.

[3] Marcel and André Reimbert. Retaining Structures. A Guide Of Engineering Design. Lavoisier Publishing Inc. 1989.

[4] P. Bilz - D. Franke - C. Pietsch. Earth Pressure of Soils with Friction And Cohesion. The Eleventh International Conference On Soil Mechanics And Foundation Engineering. San Francisco / 12-16 August 1985. Volume 2. Publications Committee of XI ICSMFE.