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

Phạm Tường Hội
Trường Đại Học Bách Khoa
(Bài nhận ngày 27/10/2000)

TÓM TẮT:

Thí nghiệm trên mô hình tường chắn với đất đắp là đất dính cho thấy mặt trượt hình thành phụ thuộc vào kích thước và quá trình gia tải. Có hai mặt trượt là mặt trượt phẳng và mặt trượt trụ tròn. Đối với cấp tải trọng tăng nhanh, tải tác dụng tức thì, hoặc cấp gia tải lớn cho đến khi phá hoại thì mặt trượt có dạng hình trụ tròn. Trong trường hợp này có 2 trường hợp phụ xảy ra: nếu bề rộng diện đặt tải $L \leq L_{max}$ thì có xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động ở phí lưng tường, nếu bề rộng diện đặt tải $L > L_{max}$, hoặc tải phân bố đều khắp thì không xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động ở lưng tường. Sự xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động làm lực chủ động tác dụng lên tường chắn thay đổi về trị số và phương tác dụng. Trong bài viết này tác giả muốn trình bày một kết quả tính lực chủ động tác dụng lên tường chắn trong trường hợp mặt trượt có dạng hình trụ tròn dựa vào kết quả thí nghiệm trên mô hình tường chắn với đất sét trắng Bình Dương.

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 với bề rộng diện đặt tải $L \leq L_{max}$ 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 trụ 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 bán kính cong $R \cong 1.5h$ cho loại đất sử dụng trong thí nghiệm. Trong trường hợp này không xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động sau lưng tường.

Với diện đặt tải cứng hoặc rời có bề rộng nhỏ hơn L_{max} thì mặt trượt trụ tròn 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:

- Lăng thể trượt là một cố thể, không biến dạng và biến đổi thể tích trong quá trình hình thành mặt trượt.
- Hiện tượng trượt xảy ra trong 2 trường hợp:

Đối vối trường hợp bề rộng diện đặt tải $L \le L_{max}$ thì xuất hiện 2 mặt trượt đó là 1mặt trụ tròn tiếp giáp với phần còn lại của đất nền sau lưng tường, và một mặt trượt phẳng tiếp giáp với vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động. Trường hợp $L > L_{max}$ mặt trượt là một mặt trụ tròn tiếp giáp giữa lăng thể trượt và phần còn lại của đất nền sau tường.

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 lăng 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 lăng thể trượt. Trường hợp không xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động, lực chủ động nghiêng với pháp tuyến lưng tường đứng một góc δ và đi qua trọng tâm lăng thể trượt.
- Phản lực phần còn lại của đất nền tác dụng lên lăng thể trượt đối với trường hợp mặt trượt trụ tròn là lực R có phương tác dụng qua trọng tâm lăng thể trượt và nghiêng với pháp tuyến của mặt trượt tại điểm đặt lực một góc là φ.

3. Thiết lập công thức trường hợp mặt trượt trụ tròn với $\alpha = \beta = 0$:

3.1 Trường hợp $L \le L_{max}$:

a. Xác định các kích thước hình học:

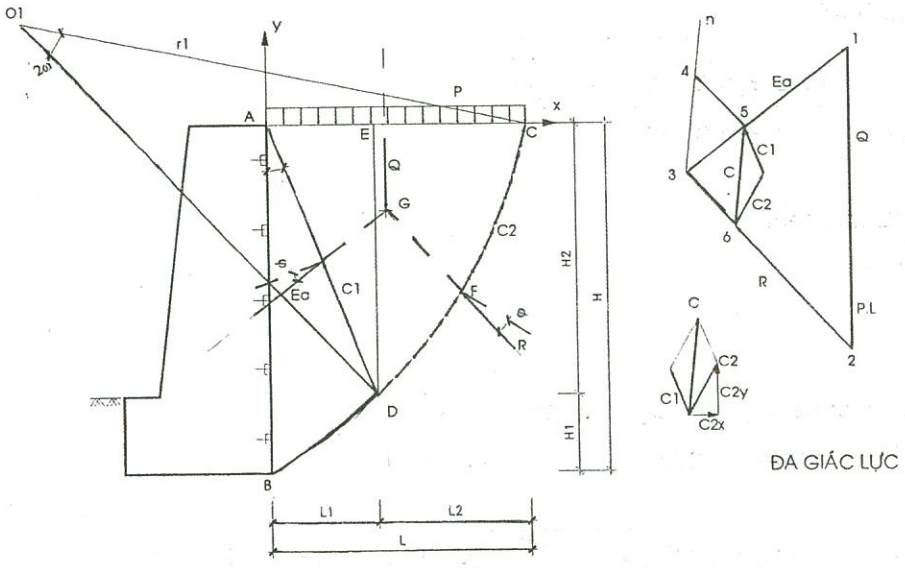
a.1. Xác định phương các thành phần lực:

Chọn hệ tọa độ vuông góc oxy với góc tọa độ đặt tại điểm A, đỉnh của tường chắn.

- Phương đường trục của C1 đi qua góc tọa độ và nghiêng với phương trục x một góc $(90^o-\alpha_h)$ có phương trình là:

$$y = \cot g\alpha_h . x$$

- Phương của lực chủ động Ea nghiêng với trục x một góc $(\alpha_h + \varphi)$.



SƠ ĐỒ TÍNH ÁP LỰC CHỦ ĐỘNG THEO PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG KHỐI

H1. Sơ đồ tính mặt trượt trụ tròn trường hợp có xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động.

- Phương trình đường trục của phản lực R:

Đường trục của R đi qua trọng tâm G của lăng thể trượt, phương trình có dạng:

$(y - y_G) = k(x - x_G)$

Phương trình chính tắc có dạng:

$kx - y + (y_G - kx_G) = 0$ là đường thẳng đi qua 2 điểm:

$x = 0 \rightarrow y = y_G - kx_G$

$$y = 0 \rightarrow x = x_G - \frac{y_G}{k}$$

Phản lực R được phân thành hai thành phần R_x và R_y với :

$$R_x = \frac{(x_G - \frac{y_G}{k})}{\sqrt{(y_G - kx_G)^2 + \left(x_G - \frac{y_G}{k}\right)^2}} R$$

$$R_y = \frac{(y_G - kx_G)}{\sqrt{(y_G - kx_G)^2 + \left(x_G - \frac{y_G}{k}\right)^2}} R$$

- Xác định k:

Khoảng cách từ tâm o_1 đến trục của R:

$$\frac{|kx_o - y_o + (y_G - kx_G)|}{\sqrt{k^2 + 1}} = R\sin\varphi$$

$$|kx_o - y_o + (y_G - kx_G)|^2 = (k^2 + 1)R^2 \sin^2\varphi$$

Phương trình trên cho nghiệm:

$$k = \frac{(x_G - x_o)(y_G - y_o) \pm R\sin\varphi\sqrt{R^2\sin^2\varphi + \overline{o_1G}^2}}{(x_G - x_o)^2 - R^2\sin^2\varphi}$$

Trường hợp lực chủ động:

$$k = \frac{(x_G - x_o)(y_G - y_o) - R\sin\varphi\sqrt{R^2\sin^2\varphi + \overline{o_1G}^2}}{(x_G - x_o)^2 - R^2\sin^2\varphi}$$

- Xác định điểm D:

Tọa độ điểm D được xác định bởi:

$$y = \sqrt{R^2 - (x - x_o)^2} + y_o$$

$$y = \cot g\alpha_h x$$

Hay:

$$R^2 - x^2 + 2xx_o - x_o^2 = \cot g^2\alpha_h . x^2 - 2y_o . \cot g\alpha_h . x + y_o^2$$

$$(\cot g^2\alpha_h + 1)x^2 - 2(y_o \cot g\alpha_h + x_o)x + (y_o^2 + x_o^2 - R^2) = 0$$

Chọn nghiệm:

$$x = L_1 = \frac{(y_o \cot g\alpha_h + x_o) + \sqrt{(y_o \cot g\alpha_h + x_o)^2 - (\cot g^2\alpha_h + 1)(x_o^2 + y_o^2 - R^2)}}{\cot g^2\alpha_h + 1}$$

Từ đó xác định được:

$$y = H_2 = \frac{\cot g\alpha_h(y_o \cot g\alpha_h + x_o) + \cot g\alpha_h\sqrt{(y_o \cot g\alpha_h + x_o)^2 - (\cot g^2\alpha_h + 1)(x_o^2 + y_o^2 - R^2)}}{\cot g^2\alpha_h + 1}$$

$$L_2 = \frac{L(\cot g^2\alpha_h + 1) - (y_o \cot g\alpha_h + x_o) - \sqrt{(y_o \cot g\alpha_h + x_o)^2 - (\cot g^2\alpha_h + 1)(x_o^2 + y_o^2 - R^2)}}{\cot g^2\alpha_h + 1}$$

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow$$

$$E_a\cos(\alpha_h + \varphi) + c(L_2 - L_1) - R\frac{x_G - \frac{y_G}{k}}{\sqrt{(y_G - kx_G)^2 + \left(x_G - \frac{y_G}{k}\right)^2}} = 0.$$

$$\Rightarrow R = \frac{\left[E_a\cos(\alpha_h + \varphi) + c(L_2 - L_1)\right]\sqrt{(y_G - kx_G)^2 + \left(x_G - \frac{y_G}{k}\right)^2}}{\left(x_G - \frac{y_G}{k}\right)}$$

b. Thiết lập phương trình cân bằng:

$$\sum Y = 0 \Leftrightarrow$$

$$E_a\sin(\alpha_h + \varphi) + 2ch_2 - (Q + PL) + R\frac{y_G - kx_G}{\sqrt{(y_G - kx_G)^2 + \left(x_G - \frac{y_G}{k}\right)^2}} = 0$$

$$\Rightarrow R = \frac{\left[(Q + PL) - E_a\sin(\alpha_h + \varphi) - 2cH_2\right]\sqrt{(y_G - kx_G)^2 + \left(x_G - \frac{y_G}{k}\right)^2}}{(y_G - kx_G)}$$

$$\frac{\left[E_a\cos(\alpha_h+\varphi)+c(L_2-L_1)\right]}{\left(x_G-\frac{y_G}{k}\right)}=\frac{\left[(Q+PL)-E_a\sin(\alpha_h+\varphi)-2cH_2\right]}{\left(y_G-kx_G\right)}$$

$$-k\left[E_a\cos(\alpha_h+\varphi)+c(L_2-L_1)\right]=\left[(Q+PL)-E_a\sin(\alpha_h+\varphi)-2cH_2\right]$$

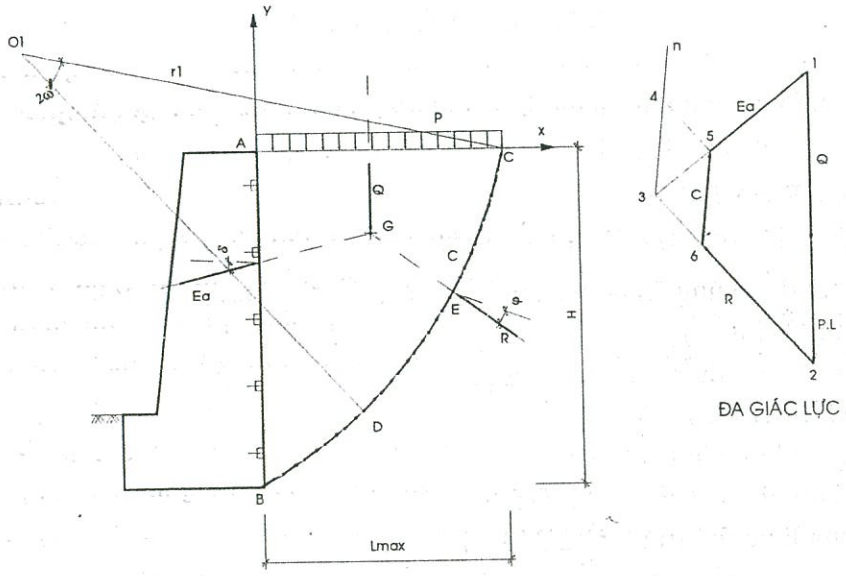
$$E_a\left[-k\cos(\alpha_h+\varphi)+\sin(\alpha_h+\varphi)\right]=(Q+PL)-c\left[2H_2-k(L_2-L_1)\right]$$

$$E_a=\frac{(Q+PL)-c\left[2H_2-k(L_2-L_1)\right]}{-k\cos(\alpha_h+\varphi)+\sin(\alpha_h+\varphi)}$$

3.2 Trường hợp $L > L_{max}$, hoặc tải phân bố đều khắp:

Bằng cách chứng minh tương tự, trong trường hợp bề rộng diện gia tải $L > L_{max}$, hoặc tải phân bố đều khắp, sau lưng tường không hình thành vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động nên phương trình xác định lực chủ động tác dụng lên tường chắn như sau:

$$E_a=\frac{(Q+PL_{max})-c(H-kL_{max})}{\sin\delta-k\cos\delta}\qquad \text{với: } L_{max}=\frac{H}{tg(45^o+\varphi/2)}$$



ĐA GIÁC LỰC

SƠ ĐỒ TÍNH ÁP LỰC CHỦ ĐỘNG THEO PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG KHỐI

H2. Trường hợp L > Lmax, hoặc phụ tải phân bố đều khắp.

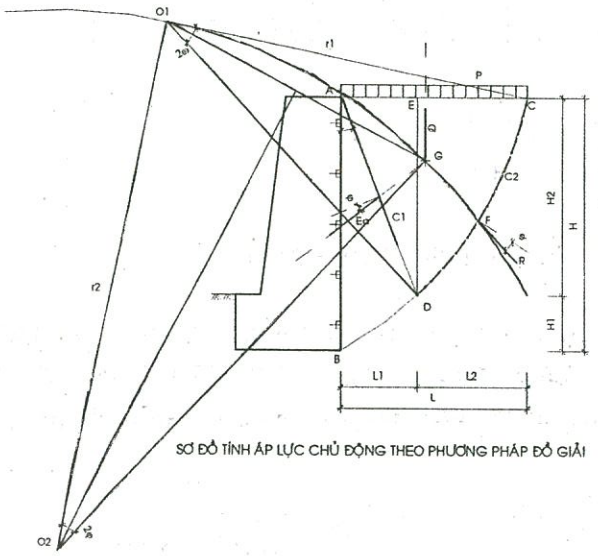
c. Phương pháp đồ giải:

Từ o_1 vẽ 2 cung tròn bán kính r_2 với:

$$r_2=\frac{o_1G}{2\sin\varphi}$$

giao nhau tại o_2. Từ o_2 vẽ cung tròn với cùng đường kính r_2 cắt mặt trượt trụ tròn tại F. GF là phương của phản lực R. Đa giác lực được vẽ với trị số và phương của hợp lực C của các thành phần lực dính đã biết: Từ 1 đến 2 vẽ vectơ của phụ tải và trọng lượng bản thân lăng thể trượt. Từ 2 vẽ đường thẳng theo phương R, từ 1 vẽ đường thẳng theo phương E_a, hai đường giao

nhau tại 3. Từ 3 vẽ đường thẳng 3-n theo phương của hợp lực C, trên 3-n chọn điểm 4 với 3-4 = C, từ 4 vẽ đường thẳng song song 2-3 cắt 1-3 tại 5, từ 5 vẽ đường thẳng song song 3-4 cắt 2-3 tại 6. 2-6 chính là vectơ phản lực R và 5-1 là vectơ lực chủ động E_a cần tìm.



H3. Phương pháp đồ giải.

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 , φ = 16^o, phụ tải P = 3T/m^2, L = 4.5m. Mặt trượt cong R = 8.845m.

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

Trường hợp 1: Có xét đến vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động.

Xác định các kích thước hình học:

Chọn hệ tọa độ oxy gốc tại điểm A đỉnh tường:

Tọa độ tâm cong: O1(-4.159, 1.807).

Tọa độ giao điểm giữa hai mặt trượt: D(2.015, -4.526).

Diện tích tiết diện lăng thể trượt: F = 11.515m^2.

Tọa độ trọng tâm của lăng thể trượt: G(2.314, -1.597).

$$k = \frac{(x_G - x_o)(y_G - y_o) - R\sin\varphi\sqrt{R^2\sin^2\varphi + \overline{o_1G}^2}}{(x_G - x_o)^2 - R^2\sin^2\varphi}$$

$$k = \frac{(2.314+4.159)(-1.597-1.807) - 8.845\sin 16^o\sqrt{8.845^2\sin^2 16^o + (6.473)^2 + (-3.404)^2}}{(2.314+4.159)^2 - 8.845^2\sin^2 16^o}$$

$$k = -1.136$$

Lực chủ động tác dụng lên tường chắn:

$$E_a = \frac{(Q+PL) - c\left[2H_2 - k(L_2 - L_1)\right]}{-k\cos(\alpha_h + \varphi) + \sin(\alpha_h + \varphi)}$$

$$E_a = \frac{(11.515x1.81 + 3.0x4.5) - 0.9\left[2x4.526 + 1.136(2.485 - 2.015)\right]}{1.136\cos(24^o + 16^o) + \sin(24^o + 16^o)}$$

$$E_a = 16.996T$$

Nếu không xét đến ảnh hưởng của lực dính:

$$E_a = \frac{11.515x1.81 + 3.0x4.5}{1.136\cos(24^o + 16^o) + \sin(24^o + 16^o)} = 22.698T$$

Trường hợp 2: Không xét đến ảnh hưởng của vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động.

- Xác định các kích thước hình học:

Diện tích lăng thể trượt: F = 17.707m2

Trọng lượng lăng thể trượt: $Q = F\gamma_w = 17.707x1.81 = 32.07T$

Trọng tâm lăng thể trượt: G(1.741,-2.286)

$$k = \frac{(x_G - x_o)(y_G - y_o) - R\sin\varphi\sqrt{R^2\sin^2\varphi + \overline{o_1G}^2}}{(x_G - x_o)^2 - R^2\sin^2\varphi}$$

$$k = \frac{(1.741 + 4.159)(-2.286 - 1.807) - 8.845\sin 16^o\sqrt{8.845^2\sin^2 16^o + (5.9)^2 + (-4.093)^2}}{(1.741 + 4.159)^2 - 8.845^2\sin^2 16^o}$$

$$k = -1.477$$

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

$$E_a = \frac{(Q + PL) - c(H - kL)}{\sin\delta - k\cos\delta}$$

$$E_a = \frac{(32.05 + 3.0x4.5) - 0.9(6.0 + 1.477x4.5)}{\sin 8^o + 1.477\cos 8^o}$$

$$E_a = 21.342T$$

Trường hợp không xét đến ảnh hưởng của lực dính:

$$E_a = \frac{(32.05 + 3.0x4.5)}{\sin 8^o + 1.477\cos 8^o}$$

$$E_a = 28.450T$$

So sánh kết quả tính E_a:

	Xét đến lực dính	Không xét đến lực dính
Xét đến vùng chuyển tiếp	16.996 T	22.698 T
Không xét đến vùng chuyển tiếp	21.342T	28.450 T

4.KẾT LUẬN:

Từ thí nghiệm trên mô hình và việc thiết lập công thức xác định E_a bằng phương pháp cân bằng khối, ta rút ra các kết luận sau:

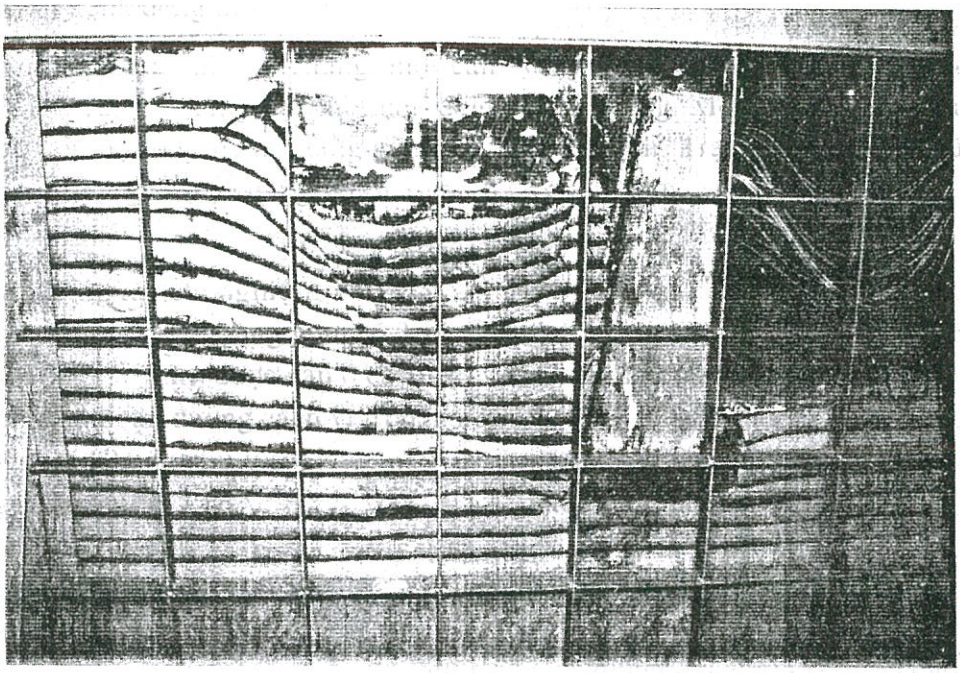
Trong trường hợp mặt trượt trụ tròn, phương tác dụng của lực chủ động thay đổi, trị số của lực này lớn hơn so với trường hợp mặt trượt là phẳng.

Với mặt trượt trụ tròn, khi bề rộng diện gia tải $L \le L_{max}$, thì nơi tiếp giáp với lưng tường có xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động. Khi $L > L_{max}$, hoặc tải phân bố đều khắp thì không xuất hiện vùng này ở sau lưng tường chắn

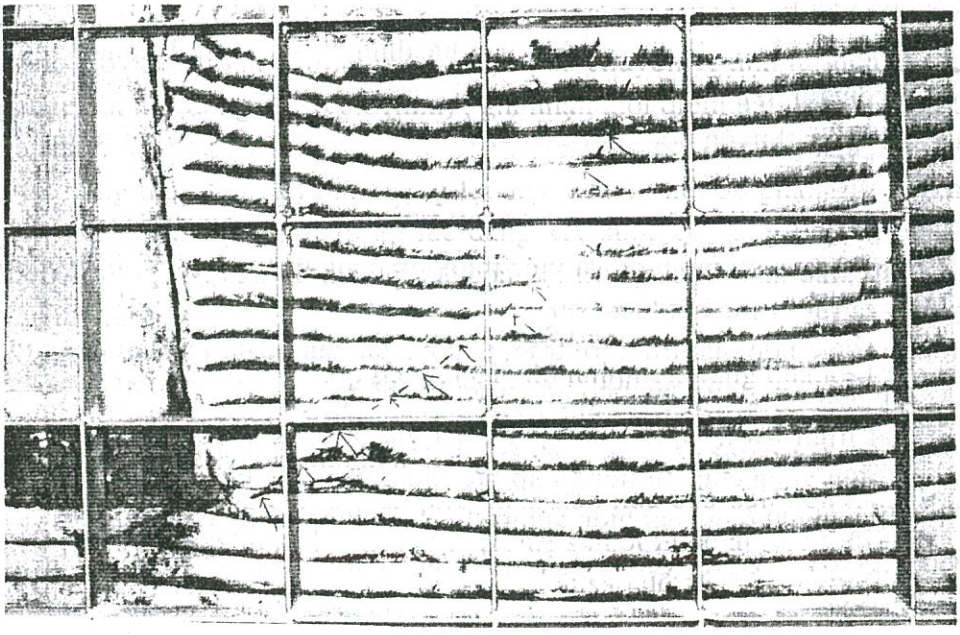
Do xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động, lực chủ động tác dụng lên tường giảm vì:

+ Trọng lượng bản thân lăng thể trượt giảm.
+ Do xuất hiện 2 thành phần lực dính C1 và C2 trên 2 mặt trượt.

Phương tác dụng của lực chủ động nghiêng với phương ngang một góc $(\alpha_h + \varphi)$ trong trường hợp có xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động làm giảm thành phần theo phương ngang và tăng thành phần theo phương đứng cuả 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 $\alpha_h \approx 1.5\varphi$.



H4. Lăng thể trượt trường hợp L≤ Lmax



H5. Lăng thể trượt trường hợp L > Lmax hoặc tải phân bố đều khắp.

DETERMINATION OF COHESIVE-SOIL PRESSURE APPLYING ON RETAINING WALL IN CASE OF RUPTURE-SLIP CIRCLE

Pham Tuong Hoi

ABSTRACT: *The model retaining wall experiments with cohesive backfill indicated that the formation of rupture slip surface by applying surcharges depends on the dimension and process of surcharges. Two types of slip surface are slip plane and slip circle. In case of quick, immediate or large increased surcharges, the rupture surface is the slip circle, there are two cases of occurrence: if width of surcharge $L \leq L_{max}$, the transition from active to passive pressure occurs on the back of retaining wall. If $L > L_{max}$, or uniform surcharges, the transition from active to passive pressure does not occur. The active force 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 present one result of determination of active force applying on retaining wall in case of rupture slip circle based on model test results with Binh Duong white clay.*

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.