

VỀ MỘT PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH ĐỂ TÍNH ÁP LỰC ĐẤT CHỦ ĐỘNG KHI ĐỘNG ĐẤT

Ts. Phan Dũng

I. Đặt vấn đề

- 1.1. Đối với các công trình dưới dạng tường chắn đất thì áp lực đất chủ động và bị động là các ngoại lực chủ yếu nhất và quan trọng nhất cần được xác định chính xác.

Trong điều kiện bình thường, các áp lực đất này gồm áp lực chủ động tĩnh P_A và áp lực bị động tĩnh P_P . Khi xảy ra động đất các lực quán tính của khối lăng thể trượt sẽ làm tăng P_A đến giá trị áp lực chủ động động P_{AE} và ngược lại, làm giảm P_P đến giá trị áp lực bị động động P_{PE} và đây thường là nguyên nhân chính gây sụp đổ công trình tường chắn.

Theo cách phân tích như thế ta dễ dàng hiểu rằng phương pháp luận của lời giải bài toán áp lực đất chủ động và bị động (tĩnh cũng như động) là rất giống nhau và về mặt thực hành bài toán động có liên quan đến lời giải của bài toán tĩnh.

- 1.2 Trước khi làm quen với các phương pháp tính toán áp lực đất động, ta cần phải nói đến một số khái niệm cơ bản sau:

1. Về hệ số động đất k :

Gia tốc đỉnh thiết kế của dao động động đất được xem là gia tốc trung bình trong toàn bộ khối đất đắp sau tường, ký hiệu a , có quan hệ với gia tốc trọng trường g theo biểu thức sau:

$$a = k \times g \quad (1)$$

Trong thực tế thiết kế, gia tốc này được phân tích thành các thành phần thẳng đứng a_v và nằm ngang a_h :

$$a_v = k_v \times g \quad (2)$$

$$a_h = k_h \times g \quad (3)$$

Từ đó suy ra giá trị các hệ số động đất thẳng đứng k_v và nằm ngang k_h được xác định bởi:

$$k_v = \frac{a_v}{g} \quad (4)$$

$$k_h = \frac{a_h}{g} \quad (5)$$

Như vậy, theo (4) và (5), các hệ số động đất này là đại lượng không thứ nguyên mà nếu nhân với trọng lượng của một vật thể nào đó sẽ nhận được lực quán tính tựa tĩnh (dùng trong tính toán công trình tường chắn khi động đất).

Cần chú ý rằng giá trị hệ số động đất thiết kế nằm ngang k_h là rất quan trọng, được chọn phụ thuộc vào chuyên vị giới hạn của công trình, hệ số gia tốc đỉnh của đất tại nơi xây dựng và các tham số khác đặc trưng cho dao động của đất. Việc chọn giá trị hệ số động đất thiết kế thẳng đứng k_v là một vấn đề rất phức tạp, xin xem ở các tài liệu chuyên khảo

2. Về trạng thái cân bằng giới hạn (chủ động và bị động) của khối đất đắp sau tường trong điều kiện động đất:

Như ta đã biết, trong điều kiện tĩnh, khối đất đắp sau tường sẽ đạt đến trạng thái cân bằng giới hạn (chủ hoặc bị động) khi tường thực hiện một chuyển vị bằng

hoặc lớn hơn chuyển vị có hiệu (chủ hoặc bị động). Tường chắn làm việc trong điều kiện động đất thì quan hệ giữa áp lực đất với chuyển vị diễn ra như thế nào là một vấn đề đã được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Các kết quả thí nghiệm của Ichihara và Matsuzawa (1973) cũng như của Sherif và Fang (1983) đã cho phép giải đáp câu hỏi trên: quy luật biến đổi của áp lực đất nằm ngang theo chuyển vị của tường hầu như giống với những gì xảy ra trong điều kiện tĩnh. Như thế, khi tính toán áp lực đất trong điều kiện động đất ta có thể chấp nhận giá trị chuyển vị có hiệu của điều kiện tĩnh.

Ngoài ra, từ kết quả thí nghiệm tường chắn cứng, thẳng đứng, chuyển dịch tịnh tiến, Sherif, Ishibashi và Lee (1982) đã đề xuất công thức thực nghiệm đối với chuyển dịch ngang có hiệu Δ_{AE} của tường để trong khối đất đắp xảy ra trạng thái cân bằng giới hạn chủ động:

$$\Delta_{AE} = (7 - 0,13\Phi^0)10^{-4}h \quad (6)$$

1.3 Theo Nazarian và Hadjan (1979) thì các lý thuyết tính áp lực đất – động có thể xếp thành 3 nhóm lớn:

1- Lời giải tĩnh hoặc tựa tĩnh dựa trên điều kiện cân bằng giới hạn của lăng thể trượt được xem như một cố thể.

2- Lời giải dựa trên lý thuyết sóng đàn hồi.

3- Lời giải dựa trên lý thuyết đàn hồi - dẻo và phi tuyến

Trong khuôn khổ hướng đi của bài viết, chúng tôi sẽ thảo luận về các phương pháp tính áp lực đất chủ động – động thuộc nhóm thứ nhất.

II. Một số nét lớn về các phương pháp tính áp lực đất chủ động – động : P_{AE}

Mục này không phải là tổng quan của vấn đề nghiên cứu mà dựa trên các tài liệu có được, chúng tôi xin nêu rất vắn tắt một số cách tính áp lực chủ động động thường gặp trong thực tế thiết kế công trình.

2.1 Phương pháp Mononobe – Okabe (1929)

Giống như lý thuyết áp lực đất của Coulomb (1776), Mononobe – Okabe chấp nhận các giả thiết sau:

- Mặt trượt là một mặt phẳng, tạo với phương nằm ngang một góc α_{AE} .
- Tường dịch chuyển đủ lớn để đất đắp sau tường đạt được trạng thái cân bằng giới hạn chủ động: $\Delta \geq \Delta_{AE}$.
- Sức chống cắt của đất đắp rời – khô đồng nhất là sức chống cắt Coulomb và được huy động đầy đủ trên toàn bộ mặt trượt.
- Lăng thể trượt chủ động là một cố thể nằm trong trạng thái cân bằng giới hạn dưới tác dụng của các lực:
 - + Trọng lượng bản thân của nêm trượt W.
 - + Các lực quán tính thẳng đứng $k_v W$ và nằm ngang $k_h W$.
 - + Phản lực của khối đất tĩnh lên nêm trượt R.
 - + Áp lực chủ động của đất, là áp lực mà ứng với α_{AE} thì có giá trị lớn nhất, P_{AE} .

Các công thức chủ yếu:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma h^2 (1 - k_v) K_{AE} \quad (7)$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\Phi - \Psi - \theta)}{\cos \Psi \cos^2 \theta \cos(\Psi + \theta + \delta) \left[1 + \left(\frac{\sin(\Phi + \delta) \sin(\Phi - \Psi - \beta)}{\cos(\delta + \Psi + \theta) \cos(\beta - \theta)} \right)^{0,5} \right]^2} \quad (8)$$

$$\Psi = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{1-k_v} \right] \quad (9)$$

$$\alpha_{AE} = \Phi - \Psi + \tan^{-1} \left[\frac{-\tan(\Phi - \Psi - \beta) + C_{1AE}}{C_{2AE}} \right] \quad (10)$$

$$C_{1AE} = \left\{ [\tan(\Phi - \Psi - \beta)] [\tan(\Phi - \Psi - \beta) + \cot(\Phi - \Psi - \theta)] \times [1 + \tan(\delta + \Psi + \theta) \cdot \cot(\Phi - \Psi - \theta)] \right\}^{0.5} \quad (11)$$

$$C_{2AE} = 1 + \left\{ [\tan(\delta + \Psi + \theta)] \cdot [\tan(\Phi - \Psi - \beta) + \cot(\Phi - \Psi - \theta)] \right\} \quad (12)$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma h^2 (1-k_v) K_{AE}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\Phi - \Psi - \theta)}{\cos \Psi \cos^2 \theta \cos(\Psi + \theta + \delta) \left[1 + \left(\frac{\sin(\Phi + \delta) \sin(\Phi - \Psi - \beta)}{\cos(\delta + \Psi + \theta) \cos(\beta - \theta)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

$$\Psi = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{1-k_v} \right]$$

$$\alpha_{AE} = \Phi - \Psi + \tan^{-1} \left[\frac{-\tan(\Phi - \Psi - \beta) + C_{1AE}}{C_{2AE}} \right]$$

$$C_{1AE} = \left\{ [\tan(\Phi - \Psi - \beta)] [\tan(\Phi - \Psi - \beta) + \cot(\Phi - \Psi - \theta)] \times [1 + \tan(\delta + \Psi + \theta) \cdot \cot(\Phi - \Psi - \theta)] \right\}^{0.5}$$

$$C_{2AE} = 1 + \left\{ [\tan(\delta + \Psi + \theta)] [\tan(\Phi - \Psi - \beta) + \cot(\Phi - \Psi - \theta)] \right\}$$

Chú ý rằng, Richards và Elms (1979) đã chứng minh được điều kiện tồn tại của K_{AE} là:

$$k_h > (1-k_v) \tan(\Phi - \beta) \quad (13)$$

** Trình tự tính toán:*

- 1- Tính góc quán tính động đất ψ là góc được tạo bởi vectơ tổng hợp của ba vectơ: W , $k_v W$ và $k_h W$ với phương thẳng đứng. Giá trị của góc ψ phụ thuộc vào giá trị của các hệ số động đất nằm ngang k_h và thẳng đứng k_v .
- 2- Tính hệ số áp lực đất chủ động động K_{AE} .
- 3- Tính giá trị áp lực đất chủ động động P_{AE} .
- 4- Sau cùng là xác định tham số α_{AE} .

2.2 Phương pháp tính tương đương của I. Arango (1969):

Dựa trên phương pháp Mononobe – Okabe, có thể nhận xét trực quan rằng nếu quay nêm trượt quanh mặt phẳng trượt trong đất một góc bằng đúng góc quán tính động đất ψ thì vectơ tổng hợp của các vectơ W , $k_v W$, $k_h W$ sẽ trùng với phương thẳng đứng. Khi đó, áp lực chủ động động có thể được tính như tựa tĩnh.

Như vậy, hệ số áp lực đất chủ động động sẽ được tính qua hệ số áp lực đất tĩnh, K_A theo biểu thức sau:

$$K_{AE} = K_A(\beta^*, \theta^*) \times F_{AE} \quad (14)$$

Trong đó:

$$\beta^* = \beta + \psi \quad (15)$$

$$\theta^* = \theta + \psi \quad (16)$$

$$F_{AE} = \frac{\cos^2(\theta + \psi)}{\cos \psi \cos^2 \theta} \quad (17)$$

2.3 Phương pháp đơn giản của Seed và Whitman (1970)

Khi nghiên cứu trường hợp tường chắn có $\theta = \beta = 0$, đất đắp rời, các tác giả này đề nghị một cách tính đơn giản sau:

$$P_{AE} = P_A + \Delta P_{AE} \quad (18)$$

$$\Delta P_{AE} = \Delta K_{AE} \times \frac{1}{2} \gamma h^2 \quad (19)$$

$$K_{AE} = K_A + \Delta K_{AE} \quad (20)$$

$$\Delta K_{AE} = \frac{3}{4} k_h \quad (21)$$

Các ký hiệu mới:

ΔP_{AE} = gia lượng của áp lực đất chủ động khi động đất.

ΔK_{AE} = gia lượng của hệ số áp lực đất chủ động khi động đất.

γ = trọng lượng đơn vị của đất đắp.

h = chiều cao của tường.

** Trình tự tính toán:*

- 1- Tính hệ số áp lực đất chủ động tĩnh K_A .
- 2- Tính gia lượng hệ số áp lực đất chủ động ΔK_{AE} .
- 3- Tính giá trị hệ số áp lực đất chủ động K_{AE} .
- 4- Tính áp lực đất chủ động P_{AE} .

2.4 Xét tải trọng phân bố đều trên mặt đất đắp q_s :

Ở các cách tính áp lực đất chủ động nêu trên tải trọng q_s chưa được kể đến. Dựa trên cơ sở của lý thuyết áp lực đất động của Mononobe – Okabe, Chang và Chen (1982) đã đề nghị công thức sau:

$$P_{AE} = K_{AE} \left\{ 1 + \frac{2q_s}{\gamma h} \left[\frac{\cos \theta}{\cos(\beta - \theta)} \right] \right\} \times \frac{1}{2} [\gamma(1 - k_v)] h^2 \quad (22)$$

Trong các trường hợp tường chắn phức tạp hơn, người ta khuyên nên sử dụng phương pháp nê-m trượt.

2.5 Phương pháp nê-m trượt:

Như đã nói ở giả thiết thứ tư của lý thuyết Mononobe – Okabe, thực chất của phương pháp này là định trước một số mặt trượt, gọi α_i là góc của mặt trượt thứ i , từ sự cân bằng của nê-m trượt ta tính được áp lực đất P_i . Áp lực đất chủ động sẽ được chọn:

$$P_{AE} = \text{MAX}[P_i(\gamma, \phi, \psi, \theta, \beta, \delta, \alpha, \dots)] ; \quad (23)$$

và góc α_i tương ứng sẽ là α_{AE} .

Nội dung thực hành của phương pháp này sẽ được trình bày thông qua ví dụ ở cuối bài.

2.6 Ghi chú:

- 1- Các ký hiệu được dùng ở những mục trước xin xem chú giải ở hình 1.
- 2- Bổ sung thêm về điểm đặt của áp lực đất chủ động – động Y_{AE} từ [1] như sau:

- ① Trường hợp tường dịch chuyển ngang – tịnh tiến:
Sherif, Ishibashi và Lee (1982) đề nghị:

$$Y_{AE} = \frac{(P_A)(0,42h) + (\Delta P_{AE})(0,48h)}{P_{AE}} \quad (24)$$

- ② Trường hợp đỉnh tường quay quanh mép dưới của đáy tường:
Theo Seed và Whitman (1969) dùng biểu thức sau:

$$Y_{AE} = \frac{(P_A)(\frac{1}{3}h) + (\Delta P_{AE})(0,6h)}{P_{AE}} \quad (25)$$

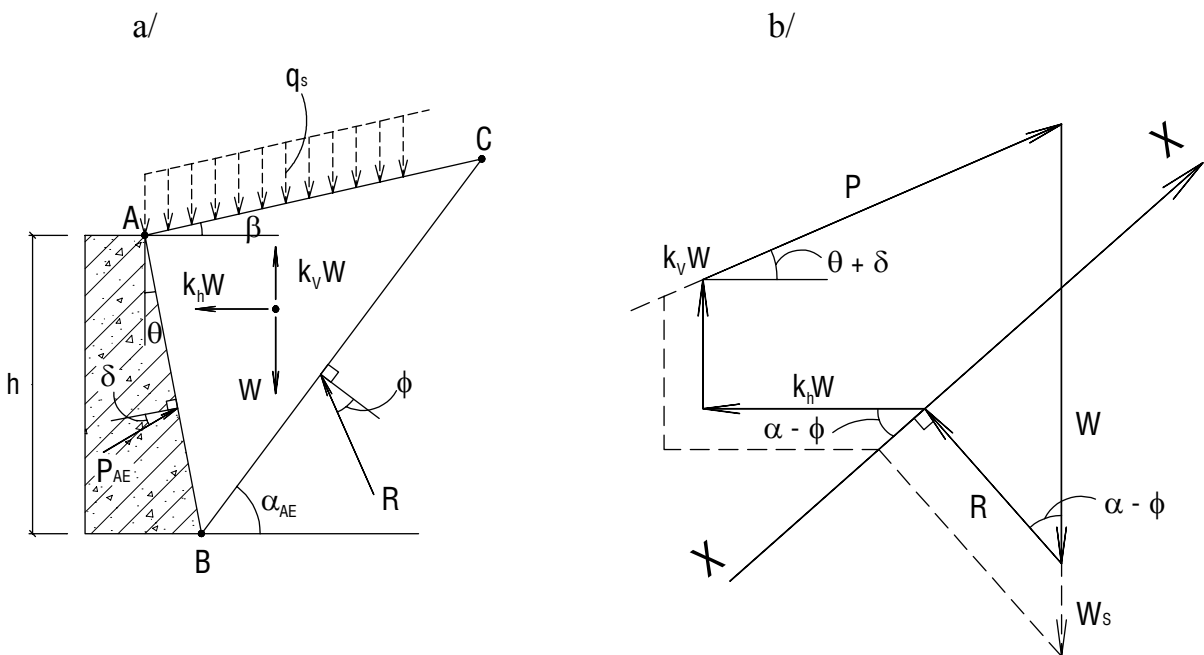
Hai đẳng thức (24) và (25) cho thấy $Y_{AE} > Y_A = \frac{1}{3}h$ như đã được nhiều kết quả thí nghiệm xác nhận. Các nhà khoa học cho rằng điều đó hợp lý vì lực quán tính khi động đất phân bố tập trung ở phần trên của lăng thể trượt chủ động.

- 3- “Nêm trượt” là phương pháp mạnh nhưng ở nhiều bài toán, việc tìm giá trị cực đại của áp lực đất chủ động phải dựa trên cách khảo sát phương án.
- 4- Nhằm làm phong phú thêm các phương pháp tính toán, phần còn lại của bài viết này sẽ trình bày một cách tính áp lực chủ động động dựa trên nguyên lý cực trị trong toán học để tìm góc α_{AE} rồi từ đó tính được P_{AE} [7]. Theo lý thuyết áp lực đất lên tường chắn, ta có thể gọi đây là phương pháp trực tiếp hay phương pháp giải tích

III. Phương pháp giải tích để tính áp lực đất chủ động – động của đất:

3.1 Các điều kiện tính:

1. Chấp nhận các giả thiết của Mononobe – Okabe.
2. Xét một tường chắn tuyệt đối cứng có lưng tường dốc (θ nhỏ), đất đắp là vật liệu hạt, khô và đồng nhất.
3. Sơ đồ tính toán và đa giác lực khép kín như hình 1 (ϕ là góc ma sát trong của đất đắp, còn δ là góc ma sát ngoài trên lưng tường AB).



Hình 1: Của Mononobe – Okabe

- a- Các lực tác dụng lên lăng thể trượt khi động đất
- b- Đa giác lực khép kín

3.2 Xây dựng công thức tính áp lực đất chủ động động P.

Kẻ trục X-X vuông góc với phản lực R và tổng hình chiếu tất cả các lực lên trục này phải thỏa mãn điều kiện cân bằng, nghĩa là:

$$\sum X = 0 \quad (26)$$

Triển khai (24):

$$\frac{P \cos(\theta + \delta)}{\cos(\alpha + \delta)} + P \frac{\sin(\theta + \delta)}{\sin(\alpha - \phi)} - W \sin(\alpha - \phi) - k_h W \cos(\alpha - \phi) + k_v W \sin(\alpha - \phi) = 0 \quad (27)$$

Biến đổi (27) thành:

$$P[\cos(\theta + \delta) + \sin(\theta + \delta)\text{tg}(\alpha - \phi)] - W[(1 - k_v)\text{tg}(\alpha - \phi) + k_h] = 0 \quad (28)$$

rồi rút P ra, ta nhận được:

$$P = \frac{W[(1 - k_v)\text{tg}(\alpha - \phi) + k_h]}{\cos(\theta + \delta) + \sin(\theta + \delta)\tan(\alpha - \phi)} \quad (29)$$

Trường hợp tải phân bố đều q_s chất đầy trên mặt nêi thì (29) có dạng:

$$P = \frac{(W + W_s)[(1 - k_v)\text{tg}(\alpha - \phi) + k_h]}{\cos(\theta + \delta) + \sin(\theta + \delta)\text{tg}(\alpha - \phi)} \quad (30)$$

Ở đây:

W_s = lực thẳng đứng do tải phân bố trên toàn bộ mặt đất đắp của nêi trượt gây ra.

Các công thức (29) và (30) hoàn toàn trùng khớp với các công thức ở phụ lục A trong [2].

3.3 Nguyên lý cơ bản của cách giải tích:

1. Phân tích công thức (30) thành:

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3 \quad (31)$$

Với:

$$P_1 = W + W_s \quad (32)$$

$$P_2 = (1 - k_v)\text{tg}(\alpha - \phi) + k_h \quad (33)$$

$$P_3 = \frac{1}{\cos(\theta + \delta) + \sin(\theta + \delta)\text{tg}(\alpha - \phi)} \quad (34)$$

$$\text{Đặt } z = \text{tg}\alpha \quad (35)$$

Lúc này, nếu ký hiệu f là hàm số, thì (30), (31) và (32) có dạng:

$$P_1 = f_1(z) \quad (32')$$

$$P_2 = f_2(z) \quad (33')$$

$$P_3 = f_3(z) \quad (34')$$

Do đó P theo (31) sẽ phụ thuộc vào z:

$$P = f_1(z) \times f_2(z) \times f_3(z) = f(z) \quad (36)$$

Giá trị z_{\max} sẽ tìm được từ điều kiện:

$$\frac{dP}{dz} = \frac{df(z)}{dz} = 0 \quad (37)$$

Rồi nhờ (35), tính được α_{AE} .

2. Giá trị lớn nhất của áp lực chủ động sẽ thu được khi thế z_{\max} vào (36):

$$P_{AE} = f(z_{\max}) \quad (38)$$

3.4 Các công thức cuối cùng

1. Biểu thức $P_1 = W + W_s$

Giả định mặt trượt BC tạo với phương nằm ngang góc α , thì các góc của tam giác nêi trượt ABC bằng:

$$\left. \begin{aligned} \widehat{A} &= 90^\circ + (\beta - \theta) \\ \widehat{B} &= 90^\circ + (\theta - \alpha) \\ \widehat{C} &= \alpha - \beta \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

Chiều dài các cạnh:

$$\left. \begin{aligned} \overline{AB} &= \frac{h}{\cos \theta} \\ \overline{AC} &= \frac{h}{\cos \theta} \times \frac{\cos(\theta - \alpha)}{\sin(\alpha - \beta)} \end{aligned} \right\} \quad (b)$$

Trọng lượng nê m trượt:

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} \gamma \times \text{diện tích tam giác ABC} \\ W &= \frac{1}{2} \gamma \frac{h^2}{\cos^2 \theta} \cos(\beta - \theta) \frac{\cos(\theta - \alpha)}{\sin(\alpha - \beta)} \end{aligned} \quad (c)$$

Tải trọng W_s :

$$\begin{aligned} W_s &= \overline{AC} \times q_s \\ W_s &= q_s \times \frac{h}{\cos \theta} \times \frac{\cos(\theta - \alpha)}{\sin(\alpha - \beta)} \end{aligned} \quad (d)$$

Thế (c) và (d) vào trong (32), ta được:

$$P_1 = \left[\frac{1}{2} \gamma \frac{h^2}{\cos^2 \theta} \cos(\beta - \theta) + q_s \frac{h}{\cos \theta} \right] \frac{\cos(\theta - \alpha)}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (39)$$

$$\text{Đặt: } K = \frac{1}{2} \gamma \frac{h^2}{\cos^2 \theta} \cos(\beta - \theta) + q_s \frac{h}{\cos \theta} \quad (40)$$

Viết lại (39):

$$P_1 = K \frac{\cos(\theta - \alpha)}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (41)$$

Thực hiện các biến đổi lượng giác, có chú ý đến (35) và đặt:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \cos \theta \\ A_2 &= \sin \theta \\ A_3 &= \cos \beta \\ A_4 &= \sin \beta \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

Ta nhận được dạng cuối cùng của (41) theo (32')

$$P_1 = K \frac{A_1 + A_2 z}{A_3 z - A_4} \quad (43)$$

2. Biểu thức P_2 :

$$\text{Đặt: } k_v^* = 1 - k_v \quad (44)$$

Thực hiện biến đổi lượng giác (33) có chú ý (35):

$$P_2 = k_v^* \frac{z - \text{tg} \phi}{1 + \text{tg} \phi z} + k_h \quad (45)$$

Đặt:

$$\left. \begin{aligned} B_1 &= k_h - k_v^* \text{tg} \phi \\ B_2 &= k_v^* + k_h \text{tg} \phi \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

Dạng cuối cùng của (33) theo (33') là:

$$P_2 = \frac{B_2 z + B_1}{1 + \text{tg} \phi z} \quad (47)$$

3. Biểu thức P_3 :

Thực hiện biến đổi lượng giác (34) có chú ý (35) và đặt:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \cos(\theta + \delta) - \sin(\theta + \delta)\text{tg}\theta \\ C_2 &= \cos(\theta + \delta)\text{tg}\phi + \sin(\theta + \delta) \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

Dạng cuối cùng của (34) theo (34') là:

$$P_3 = \frac{1 + \text{tg}\phi z}{C_1 + C_2 z} \quad (49)$$

4. Biểu thức P:

Thế (43), (47) và (49) vào (31), ta được:

$$P = K \left[\frac{A_2 B_2 z^2 + (A_1 B_2 + A_2 B_1)z + A_1 B_1}{A_3 C_2 z^2 + (A_3 C_1 - A_4 C_2)z - A_4 C_1} \right] \quad (50)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{Đặt : } T_1 &= A_2 B_2 \\ T_2 &= A_1 B_2 + A_2 B_1 \\ T_3 &= A_1 B_1 \end{aligned} \right\} \quad (51)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{và: } M_1 &= A_3 C_2 \\ M_2 &= A_3 C_1 - A_4 C_2 \\ M_3 &= A_4 C_1 \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

Dạng gọn của (50) sẽ là:

$$P = K \left[\frac{T_1 z^2 + T_2 z + T_3}{M_1 z^2 + M_2 z - M_3} \right] \quad (53)$$

5. Lập phương trình tìm z_{\max} :

Theo điều kiện (37) với phần trong ngoặc đứng của (53), ta có thể viết:

$$\frac{dP}{dz} = \frac{df(z)}{dz} = \frac{d}{dz} \left[\frac{T_1 z^2 + T_2 z + T_3}{M_1 z^2 + M_2 z - M_3} \right] = 0 \quad (54)$$

Triển khai (54) và đặt:

$$\left. \begin{aligned} a &= M_2 T_1 - M_1 T_2 \\ b &= M_1 T_3 + M_3 T_1 \\ c &= M_2 T_3 + M_3 T_2 \end{aligned} \right\} \quad (55)$$

Ta nhận được phương trình bậc hai của Z như sau:

$$az^2 - 2bz - c = 0 \quad (56)$$

Nghiệm của phương trình này là:

$$z_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - ac}}{a} \quad (57)$$

Nghiệm z được chọn có giá trị dương và nhỏ nhất.

3.5 Trường hợp tải trọng phân bố đều cục bộ trên mặt đất đắp:

1. Tải trọng phân bố đều trên mặt đất đắp, điểm đầu của tải cách đỉnh tường r_1 :

Cũng như lý thuyết Coulomb, tải trọng phân bố trên mặt đất không ảnh hưởng đến giá trị của góc mặt trượt chủ động – động α_{AE} . Do đó ta tính được:

$$\frac{h_{r1}}{\cos \theta} = \frac{\cos(\theta - \alpha_{AE})}{\sin(\alpha_{AE} - \beta)} r_1 \quad (58)$$

Lúc này (40) trở thành:

$$K = \frac{1}{2} \gamma \frac{h^2}{\cos^2 \theta} \cos(\beta - \theta) + \frac{q_s}{\cos \theta} (h - h_{r1}) \quad (59)$$

2. Tải trọng phân bố đều trên mặt đất đắp, điểm đầu của tải cách đỉnh tường r_1 , còn điểm cuối của tải cách đỉnh tường r_2 ($r_2 < AC$)

Nhờ dạng (58) tìm được h_{r2} ($h_{r2} < h$).

Sử dụng công thức (59) để tính K với chú ý rằng h được thay bởi h_{r2}

IV. Ví dụ

4.1. Ví dụ 1:

Giải lại ví dụ số 7, trang 85 trong [2], tóm tắt số liệu đầu vào như sau:

* Về tường: $h = 6,096 \text{ m}$
 $\theta = 0^\circ$

* Về đất đắp:

$$\gamma = 18,84 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$\beta = 6^\circ$$

$$\delta = 3^\circ$$

* Về tải trọng: $q_s = 0$

* Về động đất: $k_h = 0,1$

$$k_v = 0,067$$

Giải:

1/. Tính các đại lượng A trong (40):

$$A_1 = 1$$

$$A_2 = 0$$

$$A_3 = 0,994522$$

$$A_4 = 0,104529$$

Từ (44): $k_v^* = 0,933$

Từ (46): $B_1 = -0,438669$

$$B_2 = 0,990735$$

Từ (48): $C_1 = 0,968414$

$$C_2 = 0,628897$$

2/. Tính các hệ số của phương trình (53):

Từ (51): $T_1 = 0$

$$T_2 = 0,990735$$

$$T_3 = -0,438669$$

Từ (52): $M_1 = 0,625452$

$$M_2 = 0,897371$$

$$M_3 = 0,101227$$

3/. Tính các hệ số của phương trình (56):

$$a = -0,619657$$

$$b = -0,274366$$

$$c = -0,29336$$

4/. Lập và giải phương trình (56):

$$0,619657 z^2 - 0,548732 z - 0,29336 = 0$$

Nghiệm được chọn:

$$Z_{\max} = 1,26098$$

$$\alpha_{AE} = 0,900317 \text{ rad.} = 51^\circ 58' 43''$$

5/. Tính K theo (40):

$$K = 348,141 \text{ kN/m}$$

6/. Tìm giá trị áp lực đất chủ động – động tác dụng lên tường chắn đã cho:

Sử dụng kết quả tính được của các đại lượng T, M, Z_{\max} và K thế vào (53):

$$P_{AE} = 139,357 \text{ kN/m}$$

7/. So sánh kết quả:

Tham số	Cách giải kiến nghị	Theo [2]
α_{AE} , (độ)	51,5843	51,58
P_{AE} , (kN/m)	139,375	139,467

4.2. Ví dụ 2:

Giải lại ví dụ 1 ở mục 4.1 nhưng tải trọng phân bố đều khắp trên mặt đất đắp: $q_s=10 \text{ kN/m}^2$

Giải:

1/. Tính hệ số K theo (40):

$$K = 409,101 \text{ kN/m}$$

2/. Áp lực đất chủ động lúc này bằng:

$$P_{AE} = 163,779 \text{ kN/m}$$

3/. Giá trị P_{AE} theo (22) của Chang và Chen (1982):

$$P_{AE} = 163,803 \text{ kN/m}$$

4.3. Ví dụ 3:

Giải lại ví dụ ở mục 4.2 nhưng tải trọng phân bố đều trên mặt đất đắp $q_s=10 \text{ kN/m}^2$ cách đỉnh tường A : $r_A=1,5 \text{ m}$

Giải:

Thế số vào (58) ta được:

$$\frac{h_r}{\cos \theta} = 1,72419 \text{ m}$$

Và K theo (59) bằng:

$$K = 391,859 \text{ kN/m}$$

Cuối cùng, áp lực chủ động sẽ bằng:

$$P_{AE} = 158,038 \text{ kN/m}$$

4.4. Ví dụ 4:

Cho một tường chắn cứng thẳng đứng cao $h = 7,722 \text{ (m)}$, mặt đất nằm ngang, đất đắp khô - rời với các tham số sau:

$$\gamma = 18.6514 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 35^\circ$$

$$\delta = 0$$

$$q_s = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$k_h = 0.202022$$

$$k_v = 0.1$$

Tính áp lực chủ động của đất theo cách tính kiến nghị và phương pháp nê-m trượt.

Giải:

1/. Tóm tắt kết quả theo cách kiến nghị:

$$A_1 = 1$$

$$A_2 = 0$$

$$A_3 = 1$$

$$A_4 = 0$$

$$k_v^* = 0,9$$

$$B_1 = - 0,428167$$

$$B_2 = 1,04146$$

$$C_1 = 1$$

$$C_2 = 0,70021$$

$$T_1 = 0$$

$$T_2 = 1,04146$$

$$T_3 = - 0,428167$$

$$M_1 = 0,70021$$

$$M_2 = 1,0$$

$$M_3 = 0$$

$$a = - 0,729241$$

$$b = - 0,299807$$

$$c = - 0,428167$$

$$Z_{\max} = 1,2807$$

$$\alpha_{AE} = 0,907859 \approx 52^\circ$$

$$K = 149,24 \text{ kN/m}$$

$$P_{AE} = 55,6387 \text{ kN/m}$$

2/. Tóm tắt kết quả của phương pháp nêm trượt:

STT	Danh mục các đại lượng tính	Biến đổi các đại lượng tính theo góc α , (độ)			
		50	51	52	53
1	$\text{tg}\alpha$	1,19176	1,2439	1,27995	1,32705
2	$\text{tg}(\alpha - \phi)$	0,26795	0,286746	0,305732	0,32492
3	$B^* = 0.9\text{tg}(\alpha - \phi)$	0,24115	0,25071	0,275159	0,292429
4	$B = B^* + k_h$	0,443172	0,460093	0,477181	0,494451
5	$A^* = \frac{1}{2}\gamma h^2 + q_s h$	149,24	149,24	149,24	149,24
6	$A = \frac{A^*}{\text{tg}\alpha}$	125,227	120,852	116,598	112,46
7	$P = A \times B$	55,4969	55,6031	55,6385	55,6059

Vậy: $\alpha_{AE} = 52^\circ$
 $P_{AE} = 55,6385 \text{ kN/m}$

4.5. Nhận xét:

Từ kết quả của các ví dụ nêu ở mục này có thể rút ra một số nhận xét ban đầu như sau:

- 1- Các kết quả tính theo cách kiến nghị rất trùng khớp với các phương pháp khác.
- 2- Khối lượng công việc tính toán nhẹ nhàng hơn và dễ dàng hơn.

2. Kết luận:

5.1. Dựa trên nguyên lý của phương pháp "trực tiếp" tính toán áp lực đất tĩnh đã được thực hiện trong [6], [7], chúng tôi đã xây dựng lời giải giải tích cho trường hợp áp lực đất chủ động khi động đất. Bằng cách như thế, bài toán áp lực đất bị động động có thể được giải không mấy khó khăn ngay cả với dạng phức tạp của bề mặt đất đắp cũng như tải trọng q_s tác dụng cục bộ trên đó.

Chỉ cần tìm được giá trị góc mặt trượt giới hạn α_{AE} là ta tính được áp lực đất chủ động động tác dụng lên tường chắn.

Việc biết được giá trị của α_{AE} đầu tiên trong quá trình tính toán có một ý nghĩa thực tiễn quan trọng đối với người thiết kế. Thêm vào đó, công việc tính toán dường như nhẹ nhàng hơn vì vấn đề mấu chốt chỉ là lập và giải một phương trình bậc hai.

Những điều nêu trên có lẽ là thế mạnh của cách tính kiến nghị ở bài báo này.

5.2 Như cách đặt bài toán ban đầu, đất đắp là vật liệu không dính, khô (không bị ngập nước) và đồng nhất. Đây là bài toán cơ bản vì hai lý do: thứ nhất là khi thiết kế tường chắn ở vùng có động đất thì việc dùng vật liệu không dính (dạng hạt) làm đất đắp sau tường hầu như phổ biến; thứ hai là đất đắp bị ngập nước và không đồng nhất sẽ được quy đổi về đồng nhất bằng những biện pháp gần đúng có thể chấp nhận được trong thực tế thiết kế. Chi tiết những vấn đề này có thể tìm đọc trong các tài liệu như [3], [4].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. B. M. Das:
Principles of Soil Dynamics
PWS-KENT Publishing Company, Boston, 1993.
- [2]. R.M. Ebeling and E.E.Morrison:
The Seismic Design of Waterfront Retaining Structures
U.S.Amy Corps of Engineers, Technical
Report ILT-92-11/NCEL TR - 939, 329p.
- [3]. Seismic Design Guidelines for Port Structure
Working Goup No. 34 of the Marintime Navigation Commission International
Navigation Association- A.A. Balkema Publishers, 2001.
- [4]. Y.S. Au-Yeung ang K.K.S.Ho:
Gravity Retaining Walls Subject to Seismic Loading
GEO REPORT No. 45, 1994.
- [5]. “Tiêu chuẩn kỹ thuật Công trình cảng Nhật Bản” – Hội Cảng – Đường thủy Thềm
lục địa Việt Nam biên dịch, Hà Nội, 2004.
- [6]. Phan Dũng:
“Một cách đơn giản để đánh giá mức độ giảm áp lực bị động do mặt đất nghiêng”.
Nội san: Khoa học và Giáo dục, No. 4 – 2003 – Trường Đại học Dân lập Kỹ
thuật – Công nghệ TP.HCM, trang 32-37.
- [7]. Phan Dũng:
“Một cách tính áp lực chủ động của đất”
Tạp chí Thông tin Khoa học và Kỹ thuật, No. 2 – 2003, trường Đại học Giao
thông Vận tải Tp.HCM, trang 15-21.
- [8]. Phan Dũng:
“Một cách tính áp lực đất chủ động khi động đất”.
Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải, No. 2/2006, Trường Đại học
Giao thông Vận tải Tp. Hồ Chí Minh, tr.18-23.