

BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ SỐ: 18061

Danh sách các chủ bằng độc quyền tiếp theo:

2. Phạm Phú Vinh (VN)

Bộ môn Địa kỹ thuật - Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

3. Vũ Lê Minh (VN)

Bộ môn Công nghệ và Quản lý Xây dựng - Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội



(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)



(51)⁷ E02D 1/00

(13) B

(21) 1-2015-01511

(22) 27.04.2015

(45) 25.1.2018 358

(43) 26.10.2015 331

(76) 1. PHẠM HỮU SY (VN)

Bộ môn Địa kỹ thuật - Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

2. PHẠM PHÚ VINH (VN)

Bộ môn Địa kỹ thuật - Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

3. VŨ LÊ MINH (VN)

Bộ môn Công nghệ và Quản lý Xây dựng - Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

(54) PHƯƠNG PHÁP PHÂN THỜI PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH MÁI DỐC GIẢI BẰNG TÍCH PHÂN

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp phân thời phân tích ổn định mái dốc giải bằng tích phân. Thay vì mô phỏng mặt trượt là cung trụ tròn như các phương pháp hiện có sáng chế đề xuất mô phỏng mặt trượt dạng cung ellipsoid - dạng mặt trượt thường xảy ra trong thực tế, bằng cách dùng thuật toán. Sau khi đổi biến đưa về dạng cung tròn, dùng phương pháp tích phân để giải, vì vậy bài toán trở nên rất đơn giản, mỗi đại lượng cần giải tìm trở thành một phương trình bậc nhất một ẩn. Nhờ mô phỏng mặt trượt phù hợp thực tế và giải bằng tích phân, sáng chế không những cho kết quả chính xác hơn mà còn có thể áp dụng giải ngược để truy tìm nguyên nhân trượt của các sự cố đã xảy ra.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp phân thoi phân tích ổn định mái dốc trong xây dựng để tính toán thiết kế các mái đào, mái đắp bảo đảm ổn định cho công trình

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong thực tế xây dựng thường phải tính toán ổn định mái dốc để thiết kế các mái đào, mái đắp. Phương pháp thường được sử dụng là cung trụ tròn. Phương pháp này được Petterson đề xuất đầu tiên năm 1916, được các nhà khoa học Terzaghi, Fellenius, Janbu, Bishop, Spencer, Morgenstern, Price...tiếp tục phát triển và hiện nay được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Nội dung của các phương pháp này hiện nay được trình bày trong các sách giáo khoa của các trường đại học trên thế giới. Ở Việt Nam có thể tìm thấy trong các sách giáo khoa môn Địa kỹ thuật, Địa chất công trình, Cơ học đất, Thủy công của các trường Đại học Mỏ - Địa chất, Thủy lợi, Kiến trúc, Xây dựng, Giao thông...Có thể tóm tắt nội dung của phương pháp như sau. Khi mái dốc mất ổn định nó sẽ trượt gây nên sự cố, vì vậy nhiệm vụ đặt ra là phải tính toán, thiết kế để bảo đảm mái dốc ổn định. Trong thực tế trượt thường xảy ra theo mặt ellipsoid, trên mặt cắt có dạng cung ellip (Hình 1a), tuy nhiên như vậy thì không giải được nên để đơn giản hóa bài toán mặt trượt được giả thiết là cung trụ tròn, trên mặt cắt thể hiện là cung tròn (Hình 1b). Để tính toán chỉ xét một lát cắt có chiều dày 1 đơn vị. Chia lát cắt đó thành các thoi có chiều dày như nhau, mỗi thoi sẽ có trọng lượng W_i . Tương đối với mặt trượt đã giả thiết nó được phân tích thành hai lực thành phần là áp lực N_i vuông góc với mặt trượt và lực T_i song song với mặt trượt (Hình 3). Để chống lại sự mất ổn định đất nền sẽ huy động sức kháng cắt thông qua góc ma sát trong φ và lực dính c . Vì cơ chế trượt là trượt xoay nên khi phân tích ổn định mái dốc hệ số ổn định được đánh giá theo cân bằng mômen:

$$K = \frac{M_{ct}}{M_{gt}} = \frac{\sum W_i \cos \alpha_i \tan \varphi + \sum c l_i}{\sum W_i \sin \alpha_i} \quad (1)$$

trong đó K là hệ số ổn định của mái dốc; M_{ct} , M_{gt} lần lượt là mômen chống trượt và gây trượt; W_i là trọng lượng của thoi đất thứ i ; α_i là góc nghiêng của đáy thoi so với mặt nằm ngang; φ và c lần lượt là góc ma sát trong và lực dính của đất; l_i là chiều dài đáy của thoi thứ i . Việc giải tìm hệ số K không đơn giản vì trong công thức trên chỉ mới biết φ và c , còn ba đại lượng chưa biết là W_i , α_i và l_i . Nếu chia n thoi thì có $3n$ ẩn số, phương trình bất định. Để giải bài toán các nhà khoa học đã dùng phương pháp sai phân để tính. Các thoi là hình hộp chữ nhật đáy là mặt cong, khi tính thể tích của thoi do sử dụng phương pháp sai phân nên đã bỏ qua phần mặt cong đó mà chỉ tính phần giới hạn bởi mặt phẳng, chấp nhận sai số. Để hạn chế sai số phải tăng số thoi lên, đồng nghĩa với việc phải tăng số phép tính lên.

Phương pháp đã biết nêu trên có những yếu điểm sau:

1. Mặt trượt tính toán không phù hợp thực tế, được giả định là cung trụ tròn trong khi thực tế là cung ellipsoid dẫn đến kết quả tính toán có sai số phụ thuộc vào loại đất. Đất càng yếu cung trượt ellip càng bị “kéo giãn”, sai số tính toán càng lớn.
2. Phương pháp giải là sai phân nên khi tính thể tích của các thoi buộc phải coi mặt đáy là mặt phẳng, bỏ qua phần giới hạn bởi mặt cong của đáy, vì vậy góp phần làm cho sai số của kết quả tính càng cao hơn.
3. Vốn dĩ phương pháp sai phân khối lượng tính toán đã là rất lớn, để hạn chế bớt sai số do bỏ qua phần giới hạn bởi mặt cong của đáy thoi nói ở điểm 2 phải chia thoi rất nhỏ dẫn đến khối lượng tính toán càng lớn hơn, bởi vậy người tính toán không thể tự tính được mà thường phải dùng các phần mềm thương mại lập sẵn, không chủ động trong tính toán của mình.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đưa ra được một phương pháp tính toán ổn định mái dốc cho khối trượt dạng tổng quát để phù hợp thực tế hơn, giải bằng tích phân đơn giản hơn, cho kết quả chính xác hơn so với các phương pháp đã biết.

Bản chất của sáng chế là mô phỏng mặt trượt bằng phương trình giải tích dạng tổng quát ellipsoid (dạng mặt trượt phổ biến trong thực tế) thay vì dạng cung trụ tròn như trước đây, sau đó đổi biến số đưa về dạng cung tròn để đơn giản hóa bài toán khi giải. Bước tiếp theo là phân chia khối trượt thành các thoi thẳng đứng có chiều dày không đổi cũng bằng phương trình giải tích. Bước thứ ba là tiến hành tính toán các thông số của các thoi: thể tích của thoi, chiều dài cung của đáy thoi, góc nghiêng của đáy thoi so với mặt phẳng ngang. Tất cả đều giải bằng tích phân. Kết quả thu được đều là phương trình một biến chỉ phụ thuộc bán kính cung trượt R và tham số chủ định chiều dày thoi t nên rất đơn giản. Cuối cùng, từ các kết quả tính được lập cân bằng mômen xác định hệ số ổn định mái dốc.

Để làm rõ bản chất kỹ thuật của sáng chế hãy so sánh với các phương pháp đã biết. Trong phương pháp đã biết mặt trượt mô phỏng bằng hình học dạng cung trụ tròn (Hình 1), chia thoi cũng bằng hình học và xác định các thông số bằng sai phân. Chính vì thế để tìm hệ số ổn định phải giải hệ phương trình nhiều biến siêu tĩnh rất phức tạp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1a là hình vẽ thể hiện khối trượt dạng ellipsoid, trong hệ tọa độ XOY là cung ellip.

Hình 1b là hình vẽ thể hiện khối trượt dạng bán cầu được chuyển đổi từ ellipsoid, trong hệ tọa độ mới xoy là cung tròn.

Hình 2 là hình vẽ thể hiện mặt cắt tính toán của phương pháp phân thoi giải bằng tích phân.

Hình 3 là hình vẽ thể hiện góc nghiêng đáy thoi

Mô tả chi tiết sáng chế

Bản chất kỹ thuật của sáng chế có thể được mô tả chi tiết thông qua các bước tính toán như sau:

Bước 1. Mô phỏng một khối trượt. Khối trượt được mô phỏng bằng các phương trình toán học:

Phương trình mặt đáy của khối trượt:

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1 \quad (2)$$

Phương trình mặt nghiêng của khối trượt (mặt nghiêng của mái dốc):

$$Y = mX - p \quad (3)$$

Phương trình mặt ngang phần trên đỉnh của mái dốc:

$$Y = d \quad (4)$$

Phương trình mặt ngang phần chân khối trượt:

$$Y = h + d \quad (5)$$

trong đó a và b là các bán trục của ellip; d là cao độ của bề mặt ngang của đỉnh mái dốc, h là chiều cao của mái dốc; m là hệ số góc của phương trình mặt nghiêng của mái dốc; p là hệ số tự do (xem hình 1a).

Đổi biến số, đặt $X = \frac{\sqrt{ab}}{b} x; Y = \frac{\sqrt{ab}}{a} y; \sqrt{ab} = R$; R là bán kính của cung trượt được chuyển đổi từ cung ellip. Các phương trình trên sẽ trở thành:

$$x^2 + y^2 = ab = R^2 \quad (6)$$

$$y = \frac{am}{b} x - \frac{ap}{R} \quad (7)$$

$$y = \frac{ad}{R} \quad (8)$$

$$y = \frac{a(h+d)}{R} \quad (9)$$

Bước 2: Phân thời khối trượt. Chia khối trượt thành các thời thẳng đứng bởi đường thẳng có phương trình: $x = it$ với i là số tự nhiên chạy từ gốc tọa độ, t là giá trị khoảng chia thời cố định, $it \leq R$ (Hình 2). Với cách phân chia thời như trên sẽ có các loại thời sau đây:

1/ Các thời có mặt trên tròn vện trong mặt phẳng ngang.

2/ Các thời có mặt trên nằm tròn vện trong mặt phẳng nghiêng

3/ Các thời nằm ở mép bờ dốc hoặc chân của khối trượt có mặt trên một phần là mặt phẳng ngang, một phần là mặt nghiêng.

Đáy của mỗi thời nghiêng với mặt phẳng ngang một góc α_i (Hình 3). Các thời chịu tác dụng của lực trọng trường tạo nên trọng lượng thời, ký hiệu W_i . Tương đối với mặt trượt W_i được phân tích thành hai lực thành phần T_i và N_i (Hình 3):

$$T_i = W_i \sin \alpha_i; N_i = W_i \cos \alpha_i \quad (10)$$

Bước 3: Tính các đại lượng của các thời.

Tính trọng lượng của thời:

$$W_i = \gamma \cdot S_i \quad (11)$$

trong đó W_i là trọng lượng thời, γ là trọng lượng riêng của đất; S_i là thể tích của thời, xét trong không gian hai chiều chính là diện tích thời và được tính theo các công thức sau :

Đối với các thời có mặt trên là mặt ngang nằm ở phần đỉnh khối trượt:

$$S_{i(\text{ngangđỉnh})} = \int_{it}^{(i+1)t} \left(\frac{ad}{R} + \sqrt{R^2 - x^2} \right) dx = \frac{ad}{R} \int_{it}^{(i+1)t} dx + \int_{it}^{(i+1)t} \sqrt{R^2 - x^2} dx =$$

$$\frac{adt}{R} + \frac{1}{2} \left[(i+1)t \sqrt{R^2 - (i+1)^2 t^2} + R^2 \arcsin \frac{(i+1)t}{R} - it \sqrt{R^2 - (it)^2} - R^2 \arcsin \frac{it}{R} \right] \quad (12)$$

Đối với các thời có mặt trên là mặt ngang nằm ở chân khối trượt

$$S_{i(\text{ngangchân})} = \int_{it}^{(i+1)t} \left(\frac{a(h+d)}{R} + \sqrt{R^2 - x^2} \right) dx = \frac{a(h+d)}{R} \int_{it}^{(i+1)t} dx + \int_{it}^{(i+1)t} \sqrt{R^2 - x^2} dx =$$

$$\frac{a(h+d)t}{R} + \frac{1}{2} \left[(i+1)t \sqrt{R^2 - (i+1)^2 t^2} + R^2 \arcsin \frac{(i+1)t}{R} - it \sqrt{R^2 - (it)^2} - R^2 \arcsin \frac{it}{R} \right] \quad (13)$$

Đối với các thời có mặt trên là mặt nghiêng:

$$S_{i(\text{nghieng})} = \int_{it}^{(i+1)t} \left(\frac{am}{b} x - \frac{ap}{R} + \sqrt{R^2 - x^2} \right) dx = \frac{am}{b} \int_{it}^{(i+1)t} x dx - \frac{ap}{R} \int_{it}^{(i+1)t} dx + \int_{it}^{(i+1)t} \sqrt{R^2 - x^2} dx =$$

$$\frac{am}{2b} \left[(i+1)^2 t^2 - (it)^2 \right] - \frac{apt}{R} +$$

$$\frac{1}{2} \left[(i+1)t \sqrt{R^2 - (i+1)^2 t^2} + R^2 \arcsin \frac{(i+1)t}{R} - it \sqrt{R^2 - (it)^2} - R^2 \arcsin \frac{it}{R} \right] \quad (14)$$

Đối với thời nằm ở mép hoặc ở chân của mái dốc có mặt trên một phần là mặt phẳng ngang, một phần là mặt phẳng nghiêng, phần nào lớn hơn thì cho thời thuộc loại đó. Vì số lượng chỉ một thời nên sai số rất không đáng kể.

Tính độ dài cung của đáy thỏi:

Độ dài của đáy mỗi thỏi là độ dài cung chắn giữa hai điểm $x_i = it$ và $x_{i+1} = (i+1)t$. Với phương trình tham số $x = R \cos \varphi$; $y = R \sin \varphi$, điểm x_i sẽ ứng với góc φ_i , điểm x_{i+1} sẽ ứng với góc φ_{i+1} . Độ dài đáy thỏi sẽ bằng:

$$l_i = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \sqrt{(-R \sin \varphi)^2 + (R \cos \varphi)^2} d\varphi = R(\varphi_i - \varphi_{i+1}) \quad (15)$$

trong đó $\varphi_i = \arccos \frac{it}{R}$; $\varphi_{i+1} = \arccos \frac{(i+1)t}{R}$

Tính góc nghiêng của đáy thỏi:

Để xác định góc nghiêng của đáy mỗi thỏi lấy đạo hàm của phương trình đáy thỏi tại điểm giữa của đáy thỏi:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{\sqrt{R^2 - x^2}} \rightarrow \alpha_i = \arctan \frac{(i+1/2)t}{\sqrt{R^2 - (i+1/2)^2 t^2}} \quad (16)$$

Bước 4: Tính hệ số ổn định

Thay các kết quả tính của các đại lượng kể trên vào công thức (17) để tính hệ số ổn định của mái dốc:

$$K = \frac{M_{ct}}{M_{gt}} = \frac{\sum W_i \cos \alpha_i \tan \varphi + \sum c l_i}{\sum W_i \sin \alpha_i} \quad (17)$$

Nếu $K \geq 1$ thì mái dốc ổn định ; $K < 1$ thì mái dốc mất ổn định

Để minh họa dưới đây trình bày một ví dụ tính toán:

Bảng 1. BẢNG CÁC THÔNG SỐ DÙNG TÍNH TOÁN

a (m)	b (m)	$\varphi = 18^\circ$	d (m)	h (m)	c (kN/cm ²)	γ (t/m ³)
20,0	16,0	0,3249197	-1	-14	3,5	1,65
m	t (m)	R (m)	$a(h+d)t/R$	adt/R	$am/2b$	apt/R
0,624869	1	17,8885438	-16,77051	-1,118034	0,39	13,97600914
X_0 (m)	$y = ad/R$	$y_0 = aY_0/R$	am/b	$x_0 = X_0 b/R$	$Y_0 = h$ (m)	p (m)
-4	-1,11803	-16,77051	0,7810867	-3,577709	-15	12,5005226

BẢNG 2. BẢNG TÍNH TOÁN HỆ SỐ ỔN ĐỊNH

i	S_i (ngang)	S_i (nghieng)	L_i	α_i	N_i	T_i
-5	0.540210		1.033399	-0.254289	0.280303	-0.224225
-4	0.769825		1.019863	-0.196926	0.404740	-0.248524
-3		1.781864	1.010053	-0.140213	0.945914	-0.410888
-2		2.675550	1.003669	-0.083951	1.429357	-0.370180
-1		3.512670	1.000522	-0.027954	1.882468	-0.162000
0		4.293757	1.000522	0.027954	2.301059	0.198023
1		5.018810	1.003669	0.083951	2.681196	0.694386
2		5.687298	1.010053	0.140213	3.019137	1.311460
3		6.298129	1.019863	0.196926	3.311277	2.033240
4		6.849601	1.033399	0.254289	3.554102	2.843065
5		7.339308	1.051103	0.312522	3.744138	3.723289
6		7.764007	1.073601	0.371873	3.877912	4.654877
7		8.119409	1.101771	0.432633	3.951897	5.616873
8		8.399884	1.136855	0.495151	3.962462	6.585688
9		8.597990	1.180644	0.559858	3.905797	7.534067
10		8.703757	1.235796	0.627309	3.777833	8.429562
11		8.703490	1.306429	0.698239	3.574114	9.232094
12		8.577687	1.399306	0.773678	3.289621	9.889837
13		8.297091	1.526459	0.855155	2.918480	10.331624
14		7.814272	1.711964	0.945133	2.453442	10.451184
15		7.042255	2.013845	1.048100	1.884786	10.068213
16	5.750710	5.780665	2.632159	1.174192	1.190949	8.752142
		$\Sigma =$	24.44163		56.710027	101.817444
					$K =$	1.021160

Để ứng dụng sáng chế một cách công nghiệp trong thiết kế mái dốc quy trình tính toán như sau:

1. Mở máy tính, tạo một file mới của EXCEL và một file mới của AutoCAD đặt tên công trình. Lập bảng tính như ví dụ đã nêu. Các thông số tính toán tại các cột được tính theo các công thức như đã nêu trong phần lý thuyết ở trên. Trong file AutoCAD vẽ hệ trục tọa độ Descartes.
2. Nhập các thông tin của mái dốc vào “Bảng các thông số cần tính toán” gồm: góc ma sát trong φ , lực dính c , trọng riêng của đất γ , tang của góc nghiêng của mái dốc cần tính toán thiết kế m , cao độ đỉnh của mái dốc d , cao độ chân của mái dốc h , tọa độ của chân mái dốc x_0, y_0 , chiều dày thời t .
3. Căn cứ trạng thái của đất chọn các trục của cung trượt tiềm năng a, b theo bảng 3 và nhập vào bảng 1 - Bảng các thông số dùng tính toán. Việc chọn các trục a, b quyết định tính chính xác của kết quả bởi vì tương quan giữa chúng liên quan đến hình dạng của mặt trượt và góc nghiêng ổn định của mái dốc. Về lâu dài cần phải có nghiên cứu tổng kết từ thực tiễn để lập bảng tương quan a/b phù hợp đối với từng loại đất, quy định thành tiêu chuẩn xây dựng. Bảng này sẽ thay thế bảng hệ số ổn định cho phép trong phương pháp truyền thống. Trước mắt kiến nghị bảng tương quan sau đây:

Bảng 3. Tương quan các trục của mặt trượt theo loại và trạng thái của đất

Loại đất	Tên đất	Trạng thái của đất	a/b
Đất tự nhiên	Sét	Cứng	1
		Nửa cứng	1,12

		Đẻo cứng	1,27
		Đẻo mềm	1,41
	Sét pha	Cứng	1
		Nửa cứng	1,18
Đẻo cứng		1,37	
Cát pha	Đẻo mềm	1,60	
	Cứng	1	
		Đẻo	2
Đất đắp đầm nén	Giảm các giá trị nêu trên xuống 30% trừ đất ở trạng thái cứng		

Bảng 2 đã được xác lập trên cơ sở bảng “Hệ số an toàn ổn định nhỏ nhất của mái đập” trong tiêu chuẩn TCVN 8216 : 2009 - Thiết kế đập đất đầm nén mà được trích dẫn ngay dưới đây.

Bảng 4. Hệ số an toàn ổn định nhỏ nhất của mái đập $[K_{cp}]$ theo TCVN 8216 : 2009

Điều kiện làm việc (tổ hợp tác dụng)	Cấp đập			
	I	II	III	IV~V
Bình thường (cơ bản)	1,50	1,35	1,30	1,25
Đặc biệt	1,20	1,15	1,10	1,05

Đi kèm với bảng này có yêu cầu thêm là hệ số ổn định phải lớn hơn giá trị trong bảng nhưng không được lớn hơn 20% đối với đập cấp I và II, 15% đối với đập cấp III trở xuống.

4. Từ các số liệu đã nhập vẽ mái dốc cần tính toán thiết kế và bán kính cung trượt R mà máy tính đã xác định. Chú ý rằng bản vẽ AutoCAD thể hiện chế độ tính trong hệ tọa độ mới xoy do đổi biến, vì vậy, các thông số như h , d , tọa độ chân mái dốc x_0, y_0 đều phải đổi theo; độ nghiêng của mái dốc khi vẽ cũng không phải là m mà là am/b .

5. Chia thoi trong bản vẽ AutoCAD theo chiều dày đã nhập ở trong bảng. Xác định số thoi có mặt trên là mặt ngang và mặt trên là mặt nghiêng và bố trí bảng tính theo số lượng thoi đó. Việc xác định số lượng từng loại thoi có thể bằng cách đếm trực tiếp trên hình vẽ AutoCAD hoặc bằng giải tích như sau. Giải hệ các phương trình (6) và (9) xác định được x_1 , (7) và (9) xác định được x_2 , (7) và (8) xác định được x_3 , (8)

và (6) xác định được x_4 . Số thoi mặt trên ngang sẽ bằng $\frac{x_1 x_2}{t}$; $\frac{x_3 x_4}{t}$; số thoi mặt trên nghiêng sẽ bằng

$\frac{x_2 x_3}{t}$. Các phép tính này đều làm tròn đến hàng đơn vị.

6. Thao tác tính toán trong bảng, lấy kết quả hệ số ổn định nhập vào bảng 5.

7. Thay đổi các hệ số a , b tuân thủ bảng 3 để thay đổi R , lặp lại bước 6, lấy các kết quả hệ số ổn định tương ứng với từng giá trị R_i nhập vào bảng 5. Số lần thay đổi R tùy thuộc ý muốn của người tính nhưng phải bảo đảm sao cho giá trị R biến đổi trong một miền đủ rộng để tìm được quy luật biến đổi của hệ số K .

8. Thay đổi các giá trị x_0 và y_0 để chuyển sang vị trí tâm trượt mới. Lặp lại các bước 6, 7, lấy kết quả K nhập vào bảng 5 cho đến khi trường phân bố tâm trượt đủ rộng xác định được quy luật biến đổi của hệ số K .

9. Xác định hệ số ổn định nhỏ nhất vừa đủ lớn hơn 1. Nếu các hệ số ổn định tính được nhỏ hơn 1 hoặc hệ số nhỏ nhất lớn hơn 1 quá nhiều, thay đổi m và lặp lại quy trình tính từ đầu.

Bảng 5. Bảng kết quả tính toán hệ số ổn định mái dốc

Tọa độ tâm trượt		Bán kính cung ellip		Bán kính cung trượt, m	Hệ số ổn định
x_0	y_0	a	b	R	K

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Hiệu quả đạt được của sáng chế là có được một phương pháp tính toán ổn định mái dốc chính xác hơn phương pháp đã biết, không những thế, nó có thể dùng giải ngược để phân tích nguyên nhân gây trượt - một khả năng mà phương pháp đã biết không áp dụng được, có thể phân tích cụ thể hơn như sau:

1. Sáng chế đã mô phỏng mặt trượt dạng cung ellip phù hợp thực tế hơn, cho kết quả chính xác hơn.

Phương pháp đã biết tính ổn định mái dốc dưới dạng cung trụ tròn bất kể loại đất và trạng thái của đất. Sáng chế đưa ra phương pháp tính tổng quát hơn tùy từng loại đất. Với đất ở trạng thái cứng thì khi tính toán khai báo $a = b$, mọi tính toán sẽ trở về dạng cung trụ tròn. Với đất yếu hơn, từ nửa cứng trở đi, khi đó $a > b$, sẽ mô phỏng cung trượt ellip. Nếu trong trường hợp đó mà dùng phương pháp đã biết coi nó là cung trụ tròn, khi đó mái dốc thiết kế có độ nghiêng là hệ số góc của phương trình (7) tức là $\frac{am}{b}$ trong

khi thực tế mái dốc chỉ ổn định với hệ số góc là m của phương trình (3) và như vậy sẽ nguy hiểm cho công trình. Điều đó giải thích vì sao từ trước tới nay khi áp dụng phương pháp phân thoi để thiết kế cho mái đắp thì không xảy ra sự cố trượt vì đất được đầm chặt với độ ẩm tối ưu xấp xỉ độ ẩm giới hạn lãn, mặt trượt gần với cung trụ tròn nhưng khi thiết kế cho mái đào thì ngược lại vì là đất tự nhiên độ ẩm cao hơn, đất kém chặt và yếu hơn, mặt trượt sẽ có dạng cung ellip nên thường hay xảy ra sự cố.

2. Phương pháp của sáng chế giải bằng phép tích phân làm cho việc tính toán đơn giản hơn, cho kết quả sát thực tế hơn.

Như trên đã phân tích, phương pháp đã biết giải bằng sai phân, đối với mỗi thoi phải lần lượt giải tìm ba đại lượng là W_i , α_i và l_i , phân tích lực xác định N_i và T_i rồi mới lấy tổng để xác định hệ số ổn định, vì vậy khối lượng tính toán rất lớn. Ngoài ra, khi tính thể tích của mỗi thoi chỉ tính được phần giới hạn bởi đáy phẳng mà bỏ qua phần giới hạn bởi mặt cong của đáy, để hạn chế sai số phải chia thoi rất nhỏ làm cho khối lượng tính toán càng tăng lên. Trong sáng chế này đã dùng phương pháp tích phân nên khắc phục được tất cả các nhược điểm đó, cụ thể là sau khi đã lấy tích phân, mỗi đại lượng kê trên đều trở thành phương trình bậc nhất một ẩn chỉ phụ thuộc R vì vậy bài toán trở nên đơn giản và cho kết quả chính xác hơn do tính được thể tích của cả phần mặt cong, đồng thời dễ dàng thay đổi R để tìm $K_{\min, \min}$. Ví dụ nêu trên đã minh chứng điều đó. Bất kỳ một kỹ sư nào cũng có thể tự lập được bảng tính cho mình mà chỉ trong phạm vi một trang A4.

3. Sáng chế cho phép giải ngược để truy tìm nguyên nhân gây trượt mà phương pháp đã biết không giải quyết được.

Một trong các nhiệm vụ của việc điều tra sự cố trượt đã xảy ra là giải ngược bài toán để phân tích nguyên nhân gây trượt. Sau khi xảy ra trượt nếu có hai hố khoan khảo sát xác định được độ sâu mặt trượt (Y_1 và Y_2) và hoành độ của chúng (X_1 và X_2), thay vào công thức (17) sẽ có hệ hai phương trình bậc nhất hai ẩn, từ đó giải tìm được các trục a và b . Sử dụng thêm các điều kiện địa hình mái dốc trước khi trượt (m và d) sẽ xác định được mặt trượt đã xảy ra, từ đó tính toán xác định đúng hệ số ổn định của mái dốc ứng với mặt trượt đã xảy ra để phân tích nguyên nhân. Trường hợp có nhiều số liệu hố khoan khảo sát thì dùng phương pháp bình phương bé nhất để tìm a , b sẽ càng chính xác hơn. Phương pháp đã biết luôn quy mặt trượt về dạng cung trụ tròn cho nên không làm được việc này.

Yêu cầu bảo hộ:

1. Phương pháp phân thối phân tích ổn định mái dốc giải bằng tích phân bao gồm các bước như sau:
 - Chọn các bán trục a, b (tùy loại đất), lập phương trình giải tích mô phỏng cung trượt ellip và các mặt biên khác nhau của khối trượt:

$$\text{Phương trình mặt đáy của khối trượt: } \frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1$$

$$\text{Phương trình mặt nghiêng của khối trượt: } Y = mX - p ;$$

$$\text{Phương trình mặt ngang phần trên đỉnh của mái dốc: } Y = d$$

$$\text{Phương trình mặt ngang phần chân của khối trượt: } Y = h + d$$

trong đó a và b là các bán trục của ellip; h là chiều cao của mái dốc, d là cao độ của bề mặt ngang của đỉnh mái dốc; h là chiều cao của mái dốc; m và p lần lượt là hệ số góc và hệ số tự do của phương trình mặt nghiêng của mái dốc (xem Hình 1a).

Đổi biến số để đưa về dạng cung tròn: $X = \frac{\sqrt{ab}}{b}x; Y = \frac{\sqrt{ab}}{a}y; \sqrt{ab} = R$, trong đó R là bán kính của cung tròn. Các phương trình trên sẽ trở thành:

$$x^2 + y^2 = ab = R^2; \quad y = \frac{am}{b}x - \frac{ap}{R}; \quad y = \frac{ad}{R}; \quad y = \frac{a(h+d)}{R}$$

- Chia thối bằng phương trình giải tích: $x = it$, trong đó i là số tự nhiên, t là chiều rộng của thối
- Tính các thông số của thối bằng phép tích phân:
Thể tích của thối có mặt trên là mặt ngang nằm ở đỉnh khối trượt:

$$S_{i(\text{ngangđỉnh})} = \int_{it}^{(i+1)t} \left(\frac{ad}{R} + \sqrt{R^2 - x^2} \right) dx = \frac{ad}{R} \int_{it}^{(i+1)t} dx + \int_{it}^{(i+1)t} \sqrt{R^2 - x^2} dx =$$
$$\frac{adt}{R} + \frac{1}{2} \left[(i+1)t \sqrt{R^2 - (i+1)^2 t^2} + R^2 \arcsin \frac{(i+1)t}{R} - it \sqrt{R^2 - (it)^2} - R^2 \arcsin \frac{it}{R} \right]$$

Thể tích của thối có mặt trên là mặt ngang nằm ở chân khối trượt:

$$S_{i(\text{ngangchân})} = \int_{it}^{(i+1)t} \left(\frac{a(h+d)}{R} + \sqrt{R^2 - x^2} \right) dx = \frac{a(h+d)}{R} \int_{it}^{(i+1)t} dx + \int_{it}^{(i+1)t} \sqrt{R^2 - x^2} dx =$$
$$\frac{a(h+d)t}{R} + \frac{1}{2} \left[(i+1)t \sqrt{R^2 - (i+1)^2 t^2} + R^2 \arcsin \frac{(i+1)t}{R} - it \sqrt{R^2 - (it)^2} - R^2 \arcsin \frac{it}{R} \right]$$

Thể tích của thối có mặt trên là mặt nghiêng:

$$S_{i(\text{nghiêng})} = \int_{it}^{(i+1)t} \left(\frac{am}{b}x - \frac{ap}{R} + \sqrt{R^2 - x^2} \right) dx = \frac{am}{b} \int_{it}^{(i+1)t} x dx - \frac{ap}{R} \int_{it}^{(i+1)t} dx + \int_{it}^{(i+1)t} \sqrt{R^2 - x^2} dx =$$
$$\frac{am}{2b} \left[(i+1)^2 t^2 - (it)^2 \right] - \frac{apt}{R} +$$
$$\frac{1}{2} \left[(i+1)t \sqrt{R^2 - (i+1)^2 t^2} + R^2 \arcsin \frac{(i+1)t}{R} - it \sqrt{R^2 - (it)^2} - R^2 \arcsin \frac{it}{R} \right]$$

Độ dài cung của đáy thối:

$$l_i = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} \sqrt{(-R \sin \varphi)^2 + (R \cos \varphi)^2} d\varphi = R(\varphi_i - \varphi_{i+1})$$

$$\text{trong đó } \varphi_i = \arccos \frac{it}{R}; \varphi_{i+1} = \arccos \frac{(i+1)t}{R}$$

Góc nghiêng của đáy thỏi:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{\sqrt{R^2 - x^2}} \rightarrow \alpha_i = \arctan \frac{(i+1/2)t}{\sqrt{R^2 - (i+1/2)^2 t^2}}$$

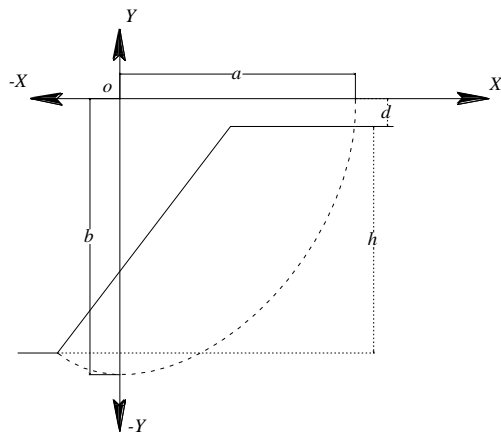
Trọng lượng của thỏi:

$$W_i = \gamma \cdot S_i$$

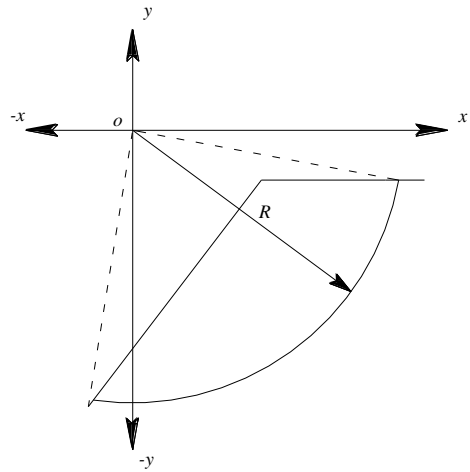
- Tính hệ số ổn định của mái dốc theo cân bằng mômen:

$$K = \frac{M_{ct}}{M_{gt}} = \frac{\sum W_i \cos \alpha_i \tan \varphi + \sum c l_i}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

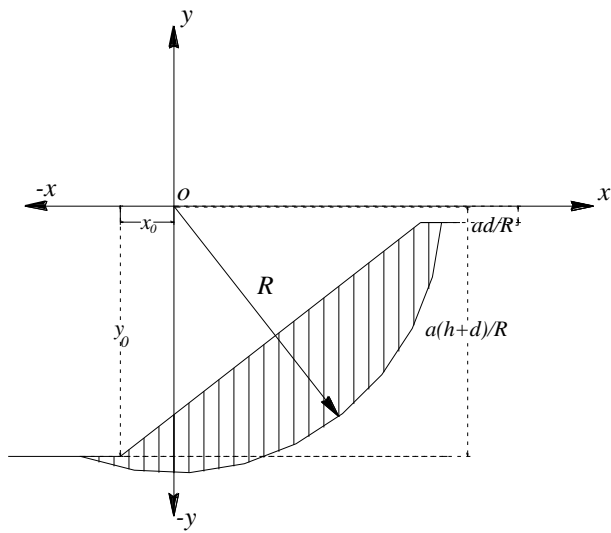
Nếu $K \geq 1$ thì mái dốc ổn định ; $K < 1$ thì mái dốc mất ổn định



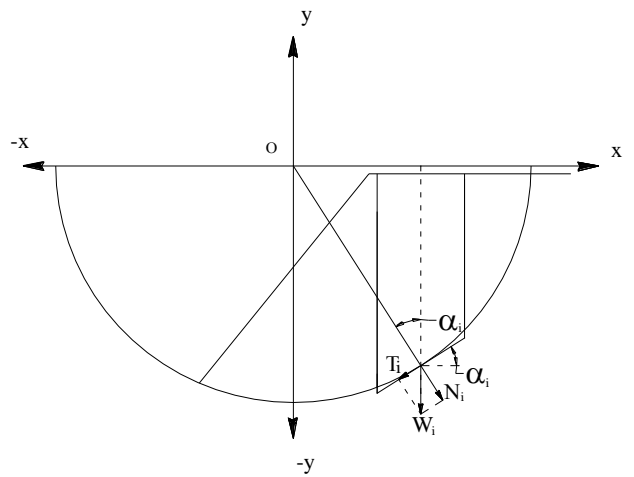
Hình 1a



Hình 1b



Hình 2.



Hình 3