

KIỂM TOÁN ĐỘ ỔN ĐỊNH TRƯỢT ĐẤT ĐÁ TRÊN SƯỜN DỐC, MÁI DỐC

NGUYỄN ĐỨC LÝ

Sở Khoa học và Công nghệ Quảng Bình

Lịch sử loài người đã chứng kiến và phải chịu bao thảm họa đau buồn về tổn thất của cải, cơ sở hạ tầng và nhân mạng... vì trượt lở đất đá trên sườn dốc.

Trượt lở đất đá trên sườn dốc, mái dốc gây nhiều tác hại lớn đến công trình, phát triển kinh tế - xã hội, môi trường và nhân sinh như: phá vỡ trạng thái cân bằng môi trường và môi trường địa chất, phá huỷ các công trình xây dựng, giao thông, thủy lợi, thủy điện, khai thác, dân sinh và các công trình phát triển kinh tế - văn hoá - xã hội khác có liên quan gây sập, sụt, trượt các hầm lò, khoang và các via trong khai thác khoáng sản; gây ách tắc giao thông, làm giảm diện tích đất canh tác nông - lâm nghiệp và đất xây dựng công trình, gây khó khăn trong việc chọn địa điểm xây dựng công trình, địa điểm di dân, thiệt hại lớn về người và tài sản...; làm tăng giá thành xây dựng do phải duy tu, bảo dưỡng công trình sau khi bị dịch chuyển trọng lực gây ra, kéo dài thời gian thi công; làm giảm công năng của các công trình; cung cấp nguồn vật liệu để gây nên lũ quét, lũ bùn đá phá huỷ nhiều công trình và dân sinh; quá trình dịch chuyển trọng lực đất đá trên sườn dốc là một trong những tai biến địa chất khủng khiếp có nguy cơ lớn đối với các công trình, kinh tế - xã hội, môi trường và nhân sinh, gây tổn thất vô cùng to lớn cho nền kinh tế, tính mạng và tài sản của nhân dân.

Trượt lở đất đá trên sườn dốc là một dạng của tai biến địa chất, thực chất đó là quá trình dịch chuyển trọng lực các khối đất đá cấu tạo sườn dốc từ trên xuống phía dưới chân sườn dốc do tác động của các nguyên nhân (trọng lực bản thân khối đất đá trượt, tải trọng ngoài, áp lực thủy

tĩnh, áp lực thủy động, lực địa chấn và một số lực khác) làm mất trạng thái cân bằng ứng suất trọng lực và biến đổi tính chất cơ lý của đất đá đến mức làm mất ổn định sườn dốc.

Quá trình trượt lở đất đá trên sườn dốc gây phá huỷ sườn dốc, cải biến hình dạng kể cả cấu trúc của chúng và chỉ dừng lại khi khối đất đá bị dịch chuyển đạt tới vị trí cân bằng với hệ số ổn định $> 1,0$.

Sự dịch chuyển trọng lực đất đá trên sườn dốc có thể xảy ra theo một hoặc vài mặt trượt nào đó. Mặt trượt có thể là mặt phẳng, mặt cong hay mặt gãy khúc.

Hình dạng mặt trượt trong đất đá có khác nhau tùy thuộc vào đặc tính cơ lý và địa chất công trình đất đá cấu tạo tầng phủ (tầng đất đá bị phong hoá) và cấu trúc, đặc tính của lớp đá gốc phía dưới.

Trong đất đá đồng nhất, mặt trượt có dạng hình lõm, lõm đồng đều và gần giống với cung tròn hình trụ.

Trong đất đá không đồng nhất, hình dạng mặt trượt phụ thuộc vào nhiều yếu tố và có thể là: mặt đá gốc, hoặc bề mặt bên dưới của đá bị phong hoá mạnh (đới tàn tích), bề mặt các lớp mỏng đất đá mềm yếu như: đất sét, đá sét, đất sét pha, cát kết chứa sét..., mặt khe nứt hoặc mặt của cả hệ thống khe nứt, đới vụn nát kiến tạo (tầng phủ) và thường có dạng phẳng hoặc kết hợp bậc thang - phẳng, dạng lượn sóng...

Các phương pháp kiểm toán độ ổn định sườn dốc

Cơ sở của phương pháp kiểm toán độ ổn định sườn dốc là dựa trên các phương pháp nghiên cứu trạng thái cân bằng của các khối đất đá cấu

tạo nên nó. Các phương pháp đó được quy ước gọi là phương pháp kiểm toán độ ổn định của sườn dốc. Tuy nhiên, như ta thường thấy, phương pháp kiểm toán chỉ được sử dụng ở giai đoạn nghiên cứu chi tiết các khối trượt và luôn luôn được kết hợp với các phương pháp địa chất truyền thống khác nhau. Tách rời khỏi các phương pháp đó, phương pháp kiểm toán biến thành một hệ thống bài toán hình thức, không phản ánh được tình hình thực tế của sự cân bằng các khối đất đá.

Cơ sở của các phương pháp kiểm toán để đánh giá độ ổn định của sườn dốc là xác định tỷ số giữa ứng lực gây ra dịch chuyển và ứng lực giữ lại, tác dụng lên đất đá của sườn dốc. Như đã đề cập ở trên, tỉ số đó thường được biểu thị bằng hệ số ổn định η .

$$\eta = \frac{\sum_{giu}}{\sum_{gtr}}$$

Do bản chất đặc biệt của hiện tượng trượt, việc kiểm toán độ ổn định của nó về thực chất cũng khác với nhiều phương pháp đang được sử dụng trong cơ học kết cấu, khi thiết kế nhà và công trình. Trong kiểm toán độ ổn định trượt, điều quan trọng là phát hiện tác động tương đối của những lực quyết định mức độ cân bằng của các khối đất đá, khuynh hướng của các dịch chuyển nguy hiểm có thể xảy ra. Độ chính xác của các kiểm toán được quyết định không chỉ bằng giá trị của những đại lượng thu nhận được trong kiểm toán mà còn được quyết định bởi cách xét đến điều kiện địa chất thực tế có ảnh hưởng đến sự phát triển hiện tượng trượt.

Việc kiểm toán độ ổn định trượt theo cân bằng khối thể được tính toán theo nhiều phương pháp chính xác hoặc gần đúng của nhiều tác giả khác nhau và thường tập trung vào bốn phương pháp cơ bản đó là: phương pháp lý thuyết cân bằng giới hạn, phương pháp kiểm toán độ ổn định khối trượt có mặt trượt phẳng nằm nghiêng, khối trượt có mặt trượt gãy khúc và phương pháp kiểm toán độ ổn định của các khối trượt có mặt trượt lõm quy ước là cung tròn hình trụ.

1. Phương pháp lý thuyết cân bằng giới

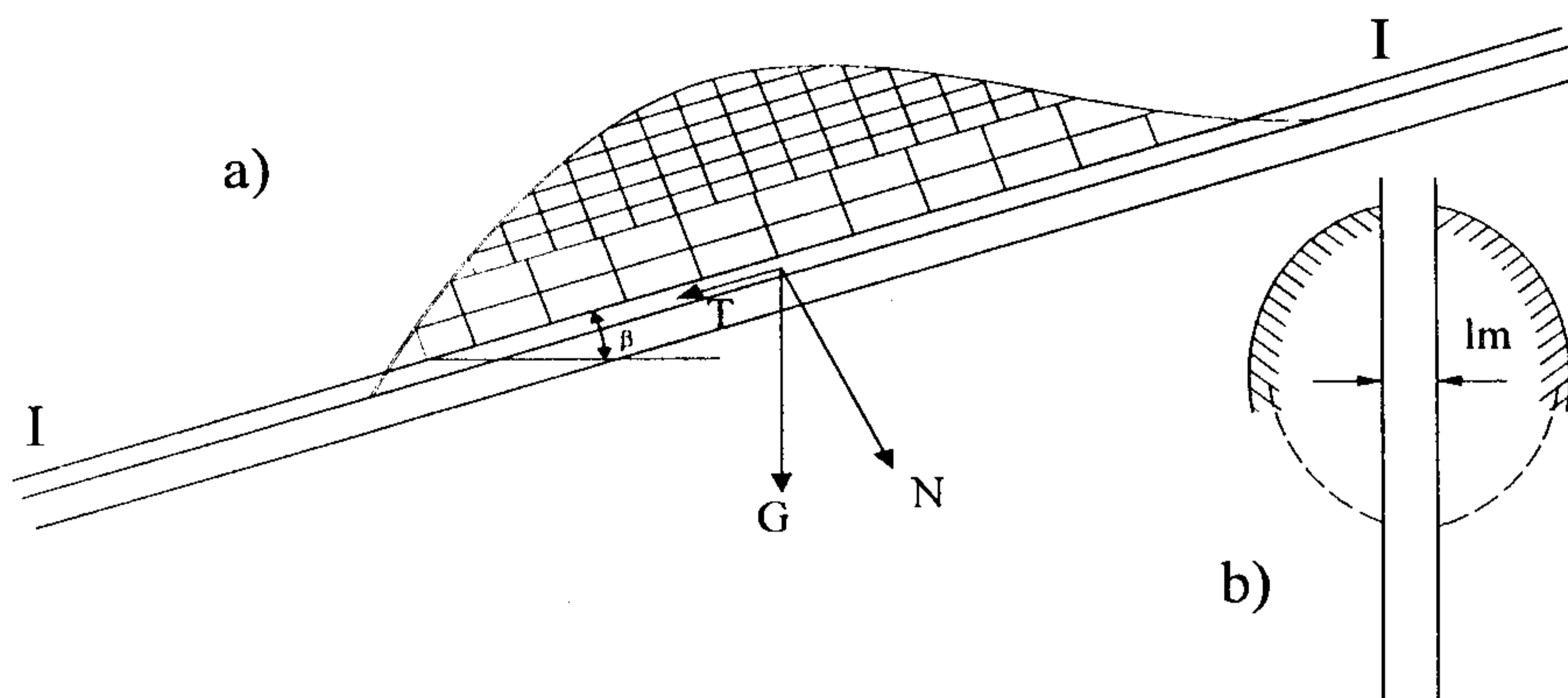
hạn V.V.Xokolovsky

Cơ sở của phương pháp kiểm toán này là lý thuyết cân bằng giới hạn của môi trường đồng nhất, đẳng hướng hay còn được gọi là môi trường rời. Trong lý thuyết cân bằng giới hạn của môi trường rời, người ta giải quyết hai nhiệm vụ: 1) khi điều kiện cân bằng giới hạn thỏa mãn ở mọi điểm của một miền nào đó thuộc môi trường rời; 2) khi điều kiện cân bằng giới hạn thỏa mãn không phải ở tất cả mọi điểm của một miền nào đó thuộc môi trường rời, mà chỉ dọc theo ranh giới bên trong của nó. Một trong những chuyên gia lớn nhất trong lĩnh vực cơ học đất đá - Giáo sư X.X.Goluskevits (năm 1948) đã nhận xét: “Trường hợp mà môi trường rời ở trong trạng thái ứng suất giới hạn tại tất cả mọi điểm đôi khi cần được xem như là một trường hợp riêng có thể có, thậm chí là hạn hữu của cân bằng giới hạn. Vì thế, tốt hơn hết là coi trọng trạng thái cân bằng giới hạn của một khối thuộc môi trường rời như trạng thái mà ranh giới bên trong của nó làm mặt trượt”.

Việc mô tả các phương pháp dựa trên lời giải chặt chẽ của lý thuyết cân bằng giới hạn đã được đề cập trong nhiều tác phẩm về cơ học đất của V.V.Xokolovxky, X.X.Goluskevits. Phương pháp kiểm toán này rất phức tạp và công phu, cho nên trong thực tiễn sản xuất ít được áp dụng và nếu có thì chủ yếu là để kiểm tra, so sánh các kết quả nhận được bởi các phương pháp gần đúng khác, tức là phương pháp chuẩn, chính xác nhưng hạn chế sử dụng vì nó chỉ phù hợp với đất đồng nhất, tính toán phức tạp.

2. Phương pháp kiểm toán độ ổn định của khối trượt có mặt trượt phẳng nằm nghiêng

Phương pháp này thường được áp dụng cho sườn dốc cấu tạo từ đất đá không đồng nhất mà trong cấu trúc địa chất của nó có ranh giới chia tách hoặc đới yếu rõ ràng trong sự phân lớp của đất đá; những ranh giới này định hướng bất lợi, tức là nghiêng về phía chân sườn dốc hoặc được thành tạo do các khe nứt nghiêng. Khối trượt kiểu này có mặt trượt phẳng, bậc thang nằm nghiêng hoặc hơi lượn sóng. Sơ đồ kiểm toán độ ổn định khối trượt có mặt trượt nằm nghiêng được minh họa ở Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ kiểm toán khối trượt có mặt trượt nằm nghiêng

Trước hết, xác định các đại lượng thành phần lực T và N, rồi lập phương trình cân bằng, xác định hệ số ổn định của khối trượt:

$$\eta = \frac{N \tan \varphi + CL}{T} = \frac{G \cdot \cos \beta \cdot \tan \varphi + CL}{G \cdot \sin \beta}$$

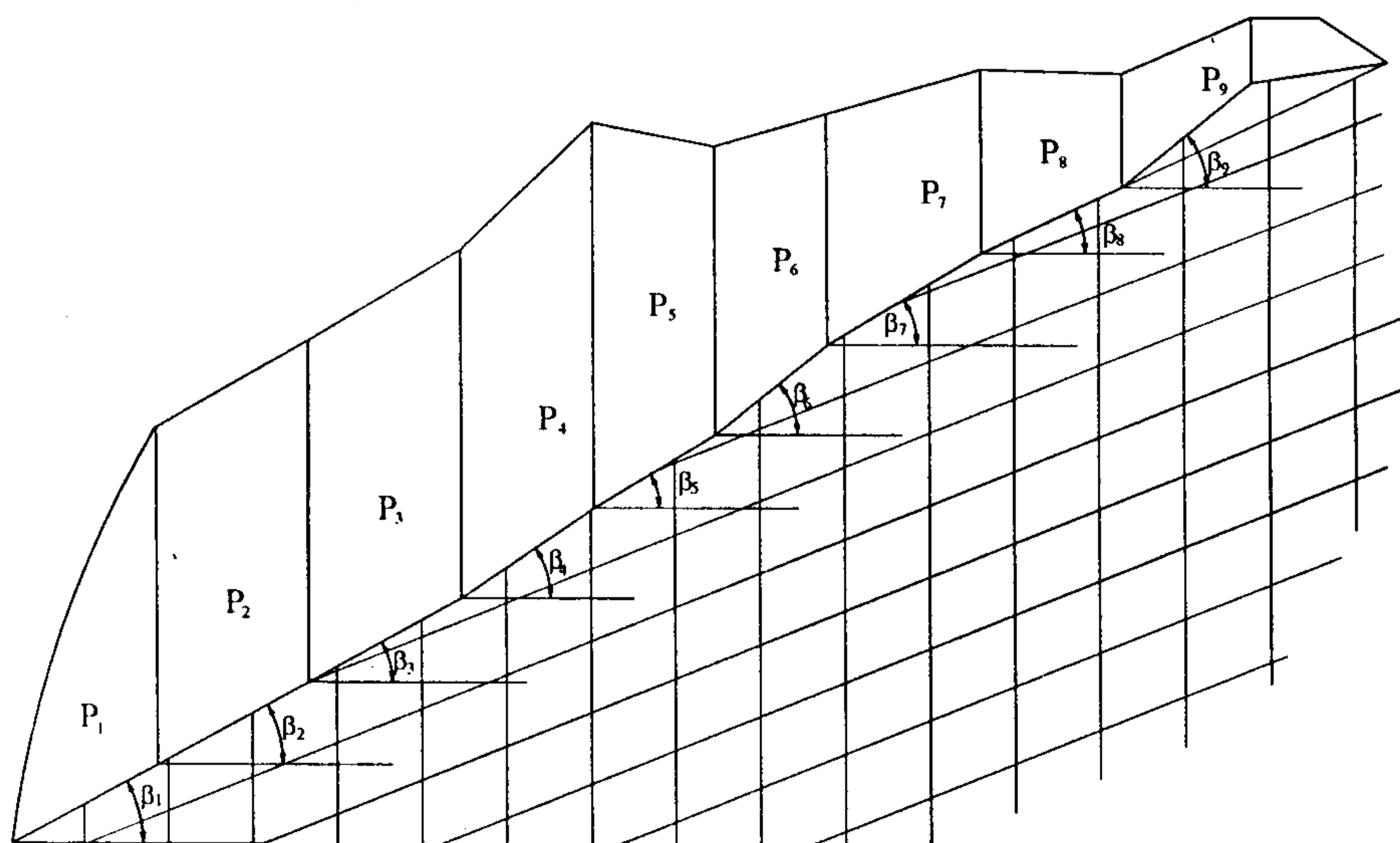
Nếu khối trượt nằm trong trạng thái cân bằng giới hạn thì hệ số ổn định bằng 1. Nếu lực giữ vượt quá lực cắt, khối trượt sẽ ổn định và hệ số ở trường hợp này sẽ lớn hơn 1.

Thông thường khi kiểm toán, người ta không tiến hành kiểm toán cho toàn bộ khối trượt mà chỉ cho 1 khối đất đá có chiều rộng 1m được tách ra theo mặt cắt địa chất kiểm toán (Hình 1), nên ta có:

$$\eta = \frac{\gamma_m \cdot h \cdot \cos \beta \cdot \tan \varphi + C}{\gamma_m \cdot h \cdot \sin \beta}$$

3. Phương pháp kiểm toán độ ổn định khối trượt có mặt phẳng gãy khúc

Nếu mặt mềm yếu (mặt tiếp xúc) có dạng gãy khúc thì mặt trượt có thể là một phần theo mặt tiếp xúc đó, một phần khác theo các mặt khe nứt đất đá.



Hình 2: Sơ đồ kiểm toán khối trượt có mặt trượt nằm nghiêng không đồng nhất (bậc thang-phẳng)

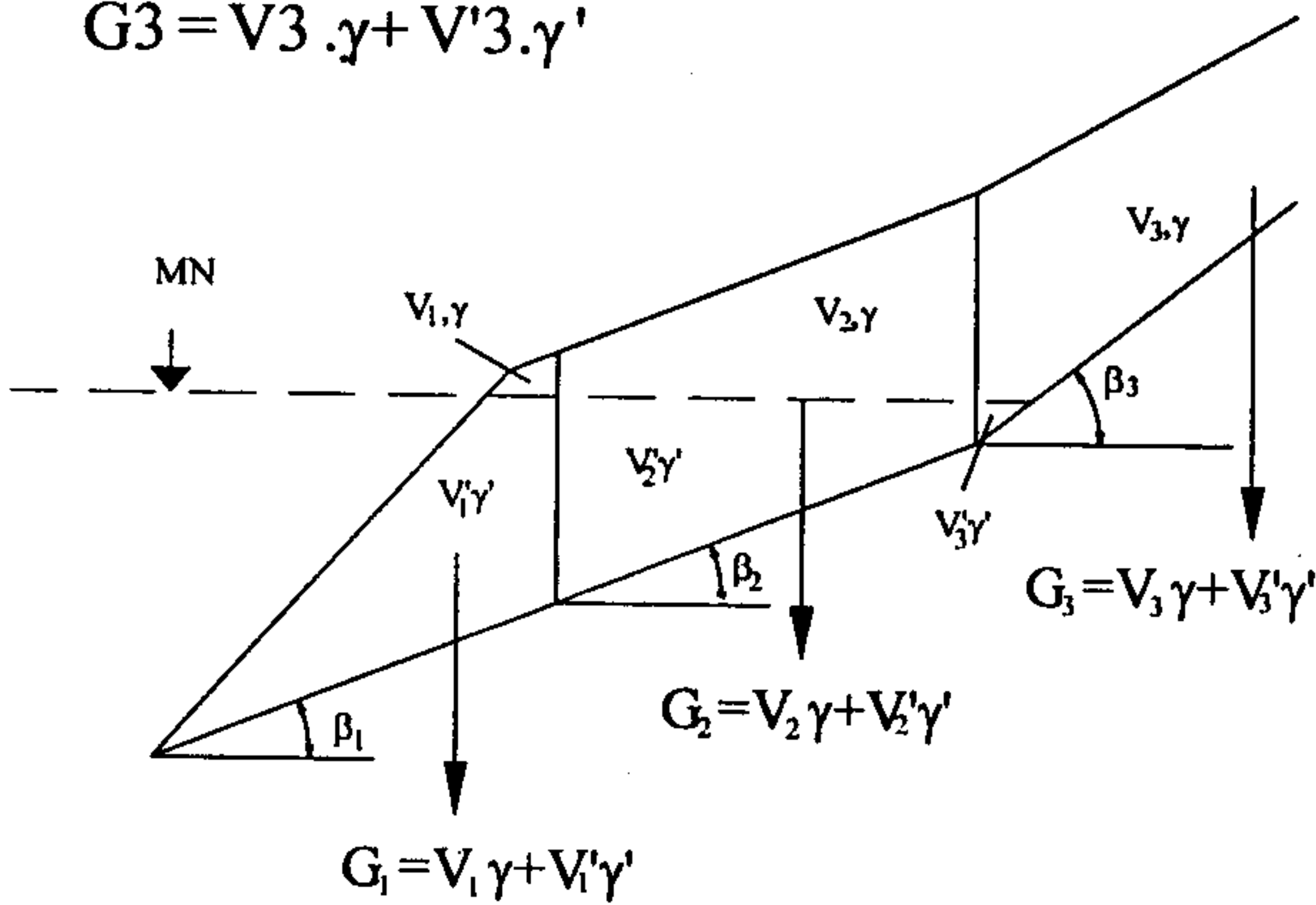
Sơ đồ kiểm toán độ ổn định khối trượt có mặt trượt nằm nghiêng không đồng nhất (bậc thang - phẳng) do G.M.Sakhuniantx đề xuất và được biểu thị ở Hình 2.

Hệ số ổn định của khối trượt:

$$\eta = \frac{\sum f \cdot N_i + C \cdot \sum l_i}{\sum T_i} = \frac{\sum G_i \cdot \cos \beta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + C \cdot L}{\sum G_i \cdot \sin \beta_i}$$

Nếu một phần khối trượt nằm dưới mực nước ngầm (Hình 3), thì trọng lượng các khối đất đá được tính theo công thức tương ứng dưới đây:

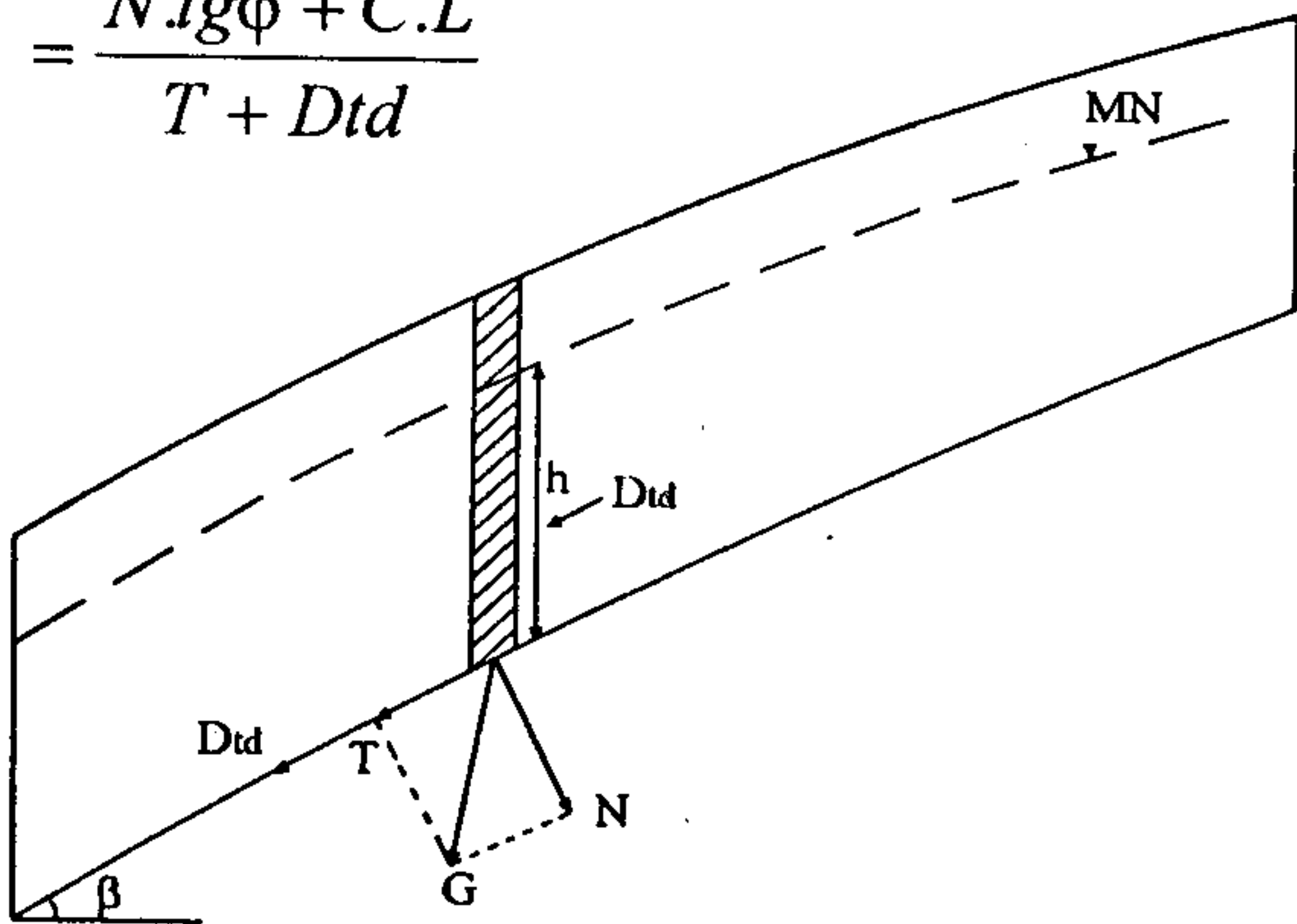
$$\begin{aligned} G_1 &= V_1 \cdot \gamma + V'_1 \cdot \gamma' \\ G_2 &= V_2 \cdot \gamma + V'_2 \cdot \gamma' \\ G_3 &= V_3 \cdot \gamma + V'_3 \cdot \gamma' \end{aligned}$$



Hình 3: Sơ đồ xác định trọng lượng của các khối đất đá cấu tạo nên khối trượt có phần dưới bị ngập nước

Nếu có tác động của áp lực thủy động (Hình 4) thì hệ số ổn định của khối trượt được xác định theo công thức:

$$\eta = \frac{N \cdot \operatorname{tg} \varphi + C \cdot L}{T + D_{td}}$$



Hình 4: Sơ đồ phân tích tác động của áp lực thủy động Dtd đối với quá trình dịch chuyển đất đá trên sườn dốc.

Kiểm toán độ ổn định khối trượt khi bị tác động của áp lực thủy động có thể tính toán theo phương pháp khác, được dựa trên cơ sở áp lực thủy động làm giảm góc ma sát trong của đất đá, trong kiểm toán sử dụng giá trị góc ma sát trong quy đổi (ảo) φ_{qd} (N/N.Maxlov, năm 1955), với $\beta = \gamma_{dn} / \gamma_{tn}$

$$\varphi_{qd} = \beta \cdot \varphi$$

Ở những vùng địa chấn, khi kiểm toán độ ổn định trượt cần xét tới mức độ địa chấn. Người ta thường coi tác động của các lực địa chấn sẽ xảy ra theo phương bất lợi nhất (G.M. Sakhuniantx, các năm 1953, 1961). Trong trường hợp đó, hợp lực P của trọng lực P_g và lực địa chấn P_s sẽ là:

$$P = \sqrt{P_g^2 + P_s^2}$$

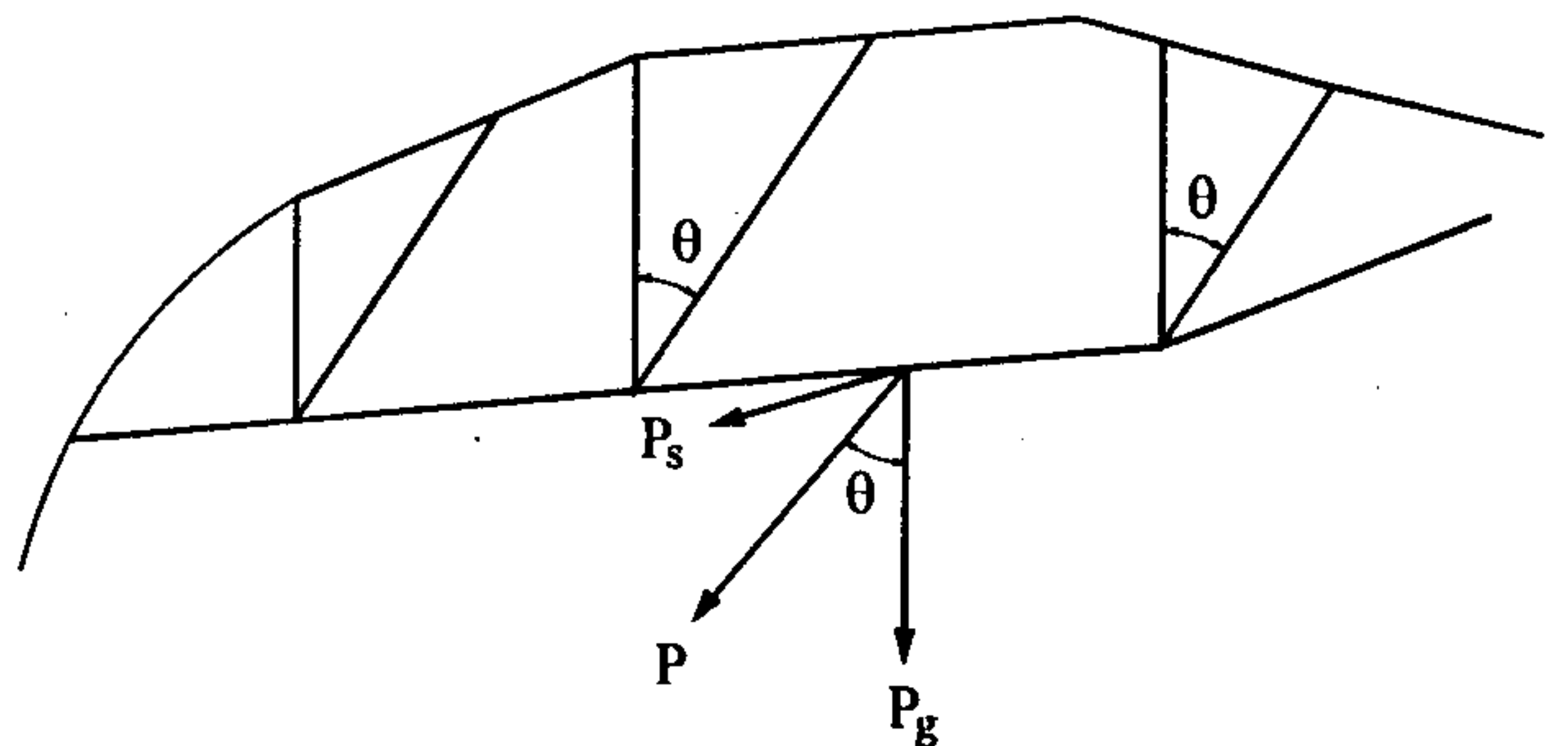
Lực địa chấn P_s được xác định từ biểu thức: P_s = ma = K_sP_g

$$\text{Do đó: } P = P_g \sqrt{1 + K^2}$$

Góc nghiêng θ của lực P so với phương thẳng đứng được xác định từ biểu thức:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{P_s}{P_g}$$

Bước tiếp theo của quá trình kiểm toán độ ổn định của trượt ở vùng địa chấn không có gì khác biệt với phương pháp đã được trình bày ở trên, chỉ có việc thay trọng lực P_g bằng lực P. Khi phân chia khối đất đá trượt thành nhiều khối nhỏ, ta kẻ các đường phân chia không phải thẳng đứng, mà nghiêng với phương thẳng đứng một góc θ .



Hình 5: Sơ đồ kiểm toán ổn định của khối trượt có xét tới lực địa chấn

4. Phương pháp kiểm toán độ ổn định của khối trượt có mặt trượt cung tròn hình trụ

Phương pháp này được áp dụng để kiểm

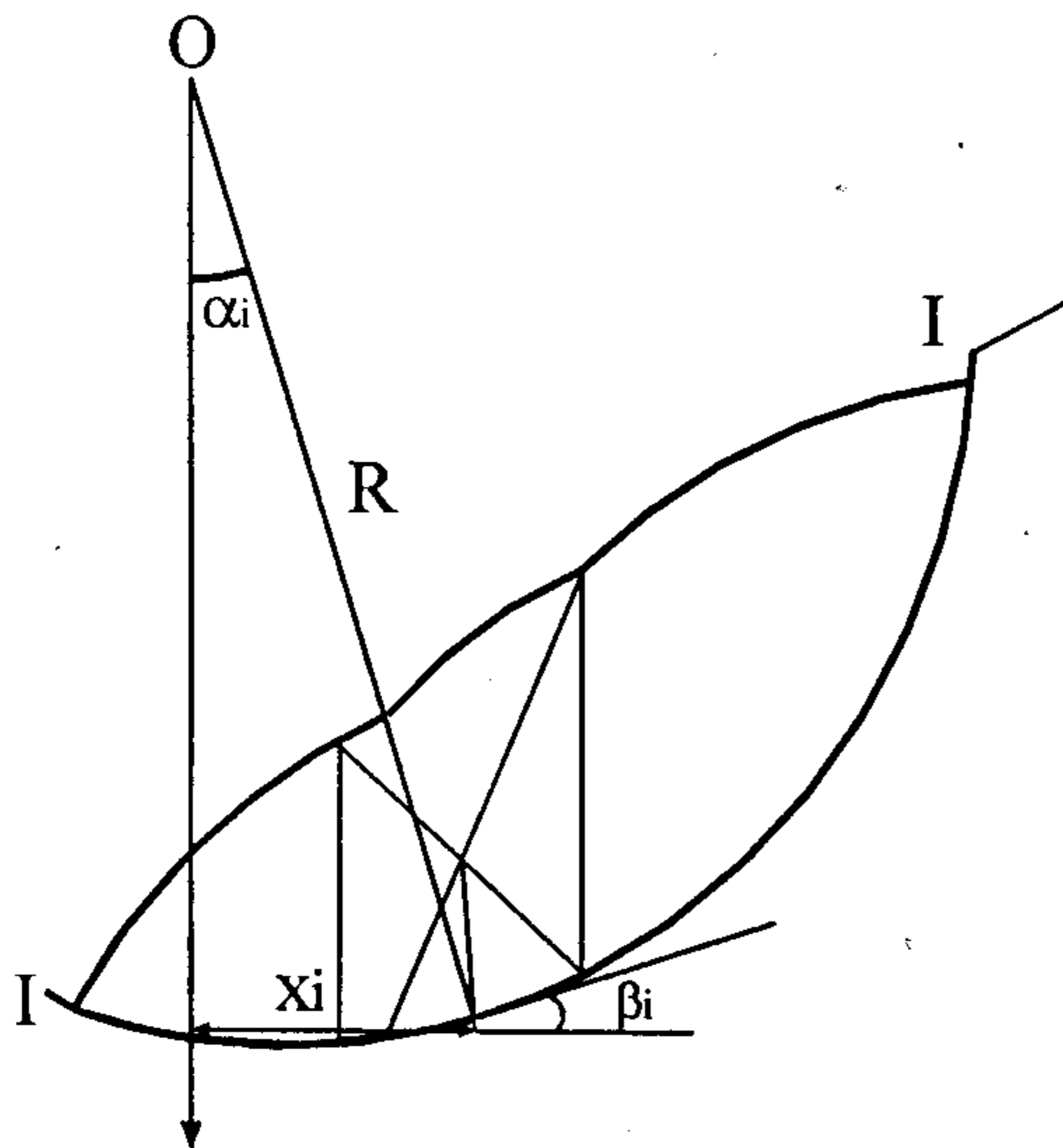
toán độ ổn định của sườn dốc, mái dốc cấu tạo từ đất đá đồng nhất, đẳng hướng, không hề có ranh giới phân tách rõ ràng. Trong trường hợp này, mặt trượt thường có dạng lõm được quy ước là dạng cung tròn hình trụ.

Phương pháp được sử dụng phổ biến và rộng rãi là phương pháp V.Felenius hoặc M.N.Goldstein, A.V.Bishop...

Bản chất của phương pháp là dựa trên cơ sở cân bằng giới hạn của các khối đất đá theo mặt trượt thông qua sự cân bằng moment lực giữa moment lực quay (moment trọng lực) và moment lực giữ (moment lực ma sát và lực dính kết):

$$\eta = M_{giữ} / M_{quay}$$

Cơ sở phương pháp là xác định dựa theo thêm trượt chính hoặc khe nứt có trên sườn dốc và điểm tương đối đứng tại chân của nó. Giữa 2 điểm đó, mặt trượt được vẽ với bán kính bất kỳ. Với nhiều mặt trượt dự kiến được xác định, mặt trượt có hệ số ổn định bé nhất được xem là mặt trượt hiện thực nhất.



Hình 6: Sơ đồ xác định góc nghiêng trung bình của mặt trượt trong phạm vi mỗi khối nhỏ

Hệ số ổn định trượt:

$$\eta = \frac{\sum fN_i + C.L}{\sum T_i}$$

Trong đó: $L = \frac{\pi}{180} \cdot R \cdot \omega$ là độ dài đường cong trượt

$$\sin \alpha_i = \frac{x_i}{R} \quad R - \text{Bán kính đường cong trượt}$$

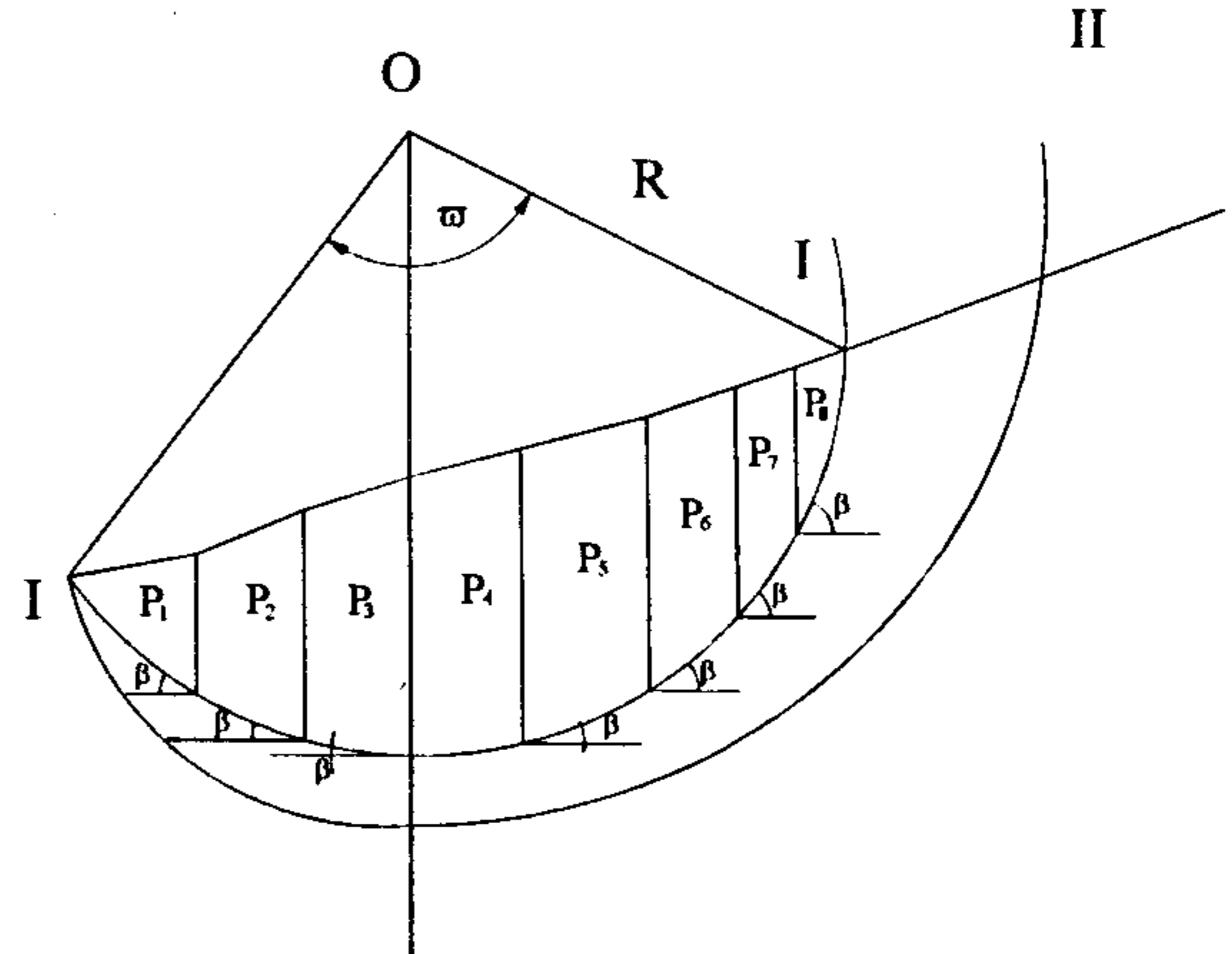
ω - Góc ở tâm

x_i - Khoảng cách từ tâm khối trượt (i) đến đường thẳng góc (đường thẳng đứng qua tâm O của cung trượt).

Khi kiểm toán khối trượt có mặt trượt lõm dạng cung tròn hình trụ trong điều kiện có tác động của áp lực thủy tĩnh, áp lực thủy động, địa chấn thì cũng tính toán theo phương pháp như đã trình bày ở trên đối với phương pháp kiểm toán khối trượt có mặt nghiêng.

Phương pháp này được ứng dụng cho các khối trượt kiến trúc không theo mặt có sẵn và một phần trượt cắt sâu. Ở các loại trượt này, bề mặt trượt thường có dạng lõm, lõm đều đặn, được quy ước là cung tròn hình trụ.

Sơ đồ kiểm toán độ ổn định của khối trượt có mặt trượt cung tròn hình trụ được thể hiện ở Hình 7.



Hình 7: Sơ đồ kiểm toán ổn định của khối trượt có mặt trượt cung tròn hình trụ; I-I; I-II - các mặt trượt

Trong trường hợp này, cũng như các trường hợp khác, sự kiểm toán cũng được tiến hành với khối chiều rộng 1m và được tách ra theo mặt cắt địa chất. Bởi vì mặt trượt I - I (cũng như I - II, I - III,...) ở các địa điểm khác nhau thì có góc nghiêng không đồng nhất, nên khối trượt trên mặt cắt địa chất phải được chia thành nhiều khối nhỏ 1, 2, 3,...i sao cho chiều rộng của các khối nhỏ đó bằng khoảng 0.1 bán kính đường cong trượt R. Như đã xác định, với chiều rộng như vậy của các khối nhỏ, việc kiểm toán đạt được mức độ chính xác khá thỏa đáng.

Cần lưu ý rằng ở những khối nhỏ mà góc β_i ngược hướng với sườn dốc thì T_i có vai trò như lực giữ, nên được lấy dấu âm.

5. Phương pháp kiểm toán độ ổn định của mái dốc gồ gề

Phương pháp kiểm toán độ ổn định của sườn dốc cấu tạo từ đất đá không đồng nhất trên mặt trượt tiềm năng (mặt trượt tiềm năng trong trường hợp này chưa được xem là mặt trượt chính thức nhưng có thể trở thành mặt trượt khi mà theo ranh giới đó hệ số ổn định trượt bé hơn 1).

Những ranh giới này định hướng bất lợi, nghiêng về phía chân sườn dốc, hoặc được thành tạo do các khe nứt nghiêng, mặt phân lớp bất lợi...

Phương pháp kiểm toán độ ổn định của mái dốc gồ gề tựa cũng tương tự như sơ đồ kiểm toán độ ổn định của khối trượt có mặt trượt nằm nghiêng.

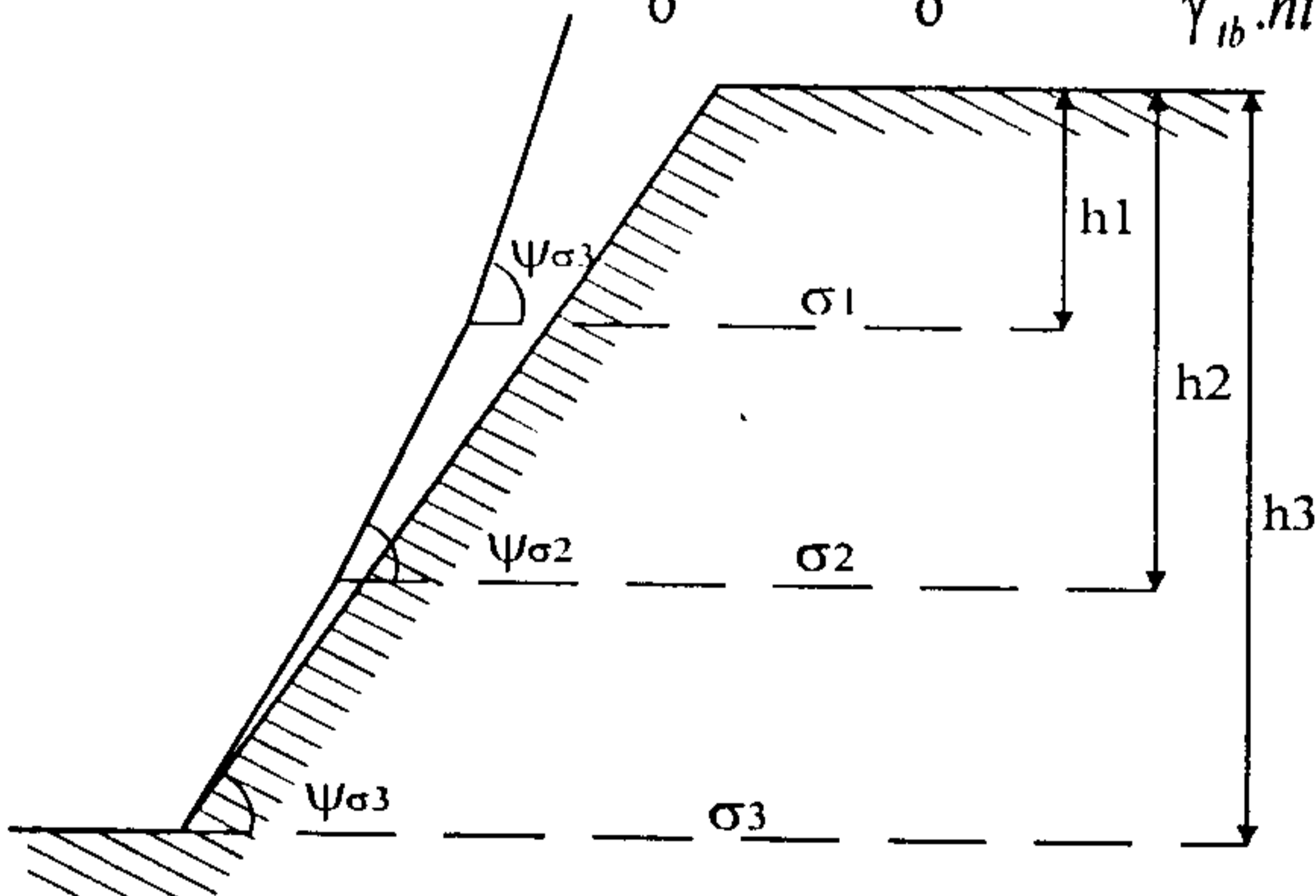
Khác với phương pháp trên là trên mặt cắt địa chất kiểm toán người ta đưa lên không phải mặt trượt đã được phát hiện mà một hay nhiều mặt trượt dự kiến có thể xảy ra.

6. Phương pháp đánh giá độ ổn định của sườn dốc và mái dốc theo N.N.Maxlôv (Phương pháp Fp)

Đây là phương pháp thiết kế mái dốc gần đúng được gọi là phương pháp mái dốc cùng độ bền hay là phương pháp Fp (Hình 8). Mái dốc được gọi là cùng độ bền khi mà ở bất kỳ tiết diện ngang nào, độ ổn định đất đá cấu tạo nó cũng được bảo đảm, có nghĩa là:

$$\eta = \frac{tg\psi\delta}{tg\alpha} = 1$$

Trong đó: $F = tg\psi\delta = \frac{\tau}{\delta} = tg\varphi + \frac{C}{\delta} = tg\varphi + \frac{C}{\gamma_{tb} \cdot hi}$



Hình 8: Sơ đồ đánh giá độ ổn định của sườn dốc và mái dốc theo phương pháp N.N.Maxlôv

Để đảm bảo $\eta_i > 1$ thì $\alpha_i < arctg\left(tg\varphi + \frac{C}{\gamma_{tb} \cdot hi}\right)$

Khi kiểm toán độ ổn định của sườn dốc, mái dốc cần sử dụng giá trị các đặc tính địa chất công trình trong mùa bất lợi nhất - mùa mưa lũ, tức là trong điều kiện đất đá bị bão hoà nước.

Để có thể dự tính được mức độ ổn định của sườn dốc cần phải điều tra xác định vị trí tương đối chính xác của mặt trượt, các chỉ tiêu cơ lý của đất ở trạng thái tính toán (trường hợp bất lợi nhất), đồng thời cần xét ảnh hưởng của đầy đủ các yếu tố, đặc biệt là tính chất và thành phần thạch học đất đá cấu tạo của tầng phủ và tầng đá gốc, bề dày tầng phủ, góc dốc mặt trượt, tác động của nước mặt (nước mưa chảy tràn) và nước ngầm (khối lượng thể tích, góc nội ma sát, lực dính kết ở trạng thái tự nhiên và bão hoà nước).

Đối với các sườn dốc, đặc biệt là sườn dốc tuyến đường giao thông vùng miền núi, phương pháp kiểm toán độ ổn định theo mặt trượt nằm nghiêng là phù hợp và đúng với thực trạng điều kiện địa chất công trình khu vực, bởi lẽ: đất đá cấu tạo sườn dốc khu vực này thuộc loại không đồng nhất và mặt trượt thường nằm nghiêng.

Vấn đề cần lưu ý, trượt trên sườn dốc vùng miền núi chủ yếu là trượt phẳng hoặc gãy khúc theo mặt phẳng nằm nghiêng, nên việc sử dụng bệ, dè phản áp trong giải pháp phòng chống không những không có tác dụng mà ngược lại là vật gia tải (tải trọng ngoài) hỗ trợ cho quá trình trượt, vì bệ và dè phản áp có tác dụng tích cực trong điều kiện trượt theo cung tròn hình trụ (đối với đất đá đồng nhất) và với nguyên lý cân bằng moment gây trượt, chống trượt.

Trượt là tai biến địa chất nguy hiểm, phân bố rộng rãi, luôn luôn bám sát hoạt động của con người trên sườn dốc, mái dốc đặc biệt trên các tuyến đường giao thông vùng miền núi... Vì vậy, việc nghiên cứu hiện tượng trượt lở đất đá trên sườn dốc và kiểm toán độ ổn định trượt có một ý nghĩa vô cùng quan trọng trong quá trình thi công xây dựng công trình nói chung và đường giao thông nói riêng, kể cả khi đưa vào khai thác sử dụng... nhằm tránh những thiệt hại và tai hoạ khủng khiếp do trượt lở đất gây ra đối với công trình, kinh tế - xã hội, môi trường và nhân sinh.

N.Đ.L