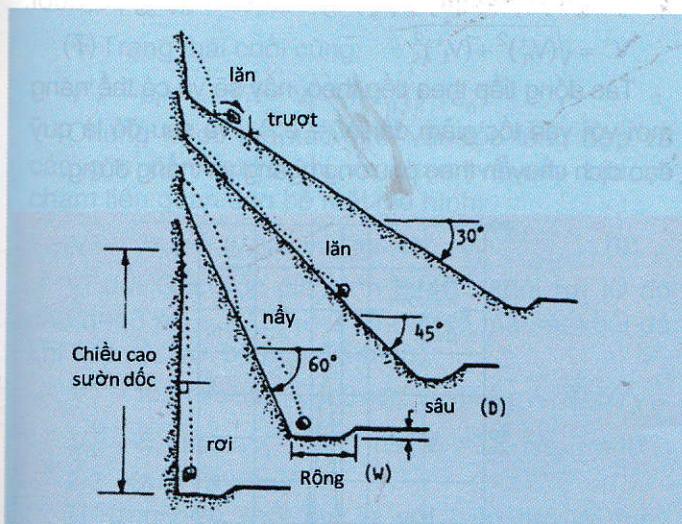


KÍCH THƯỚC HÌNH HỌC CÁC KHỐI ĐÁ VÀ NGUY CƠ MẤT ỔN ĐỊNH BỜ MỎ VÀ SƯỜN DỐC

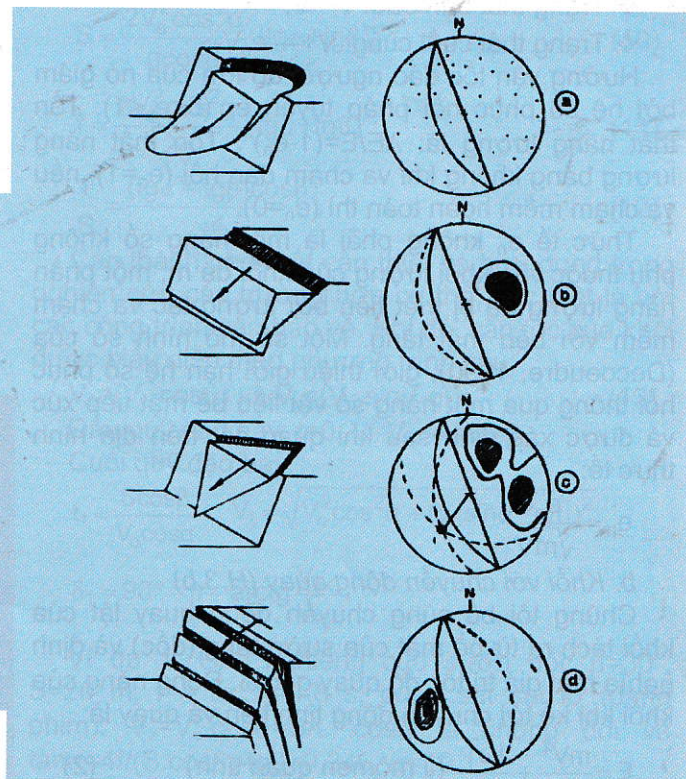
TS. NGUYỄN ANH TUẤN, TS. VŨ ĐÌNH HIẾU
 Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Các hiện tượng mất ổn định và rui ro do đá sụt lở, lăn và đổ trên bờ mỏ sườn dốc của đá cứng nứt nẻ mà nó kéo theo hiện tượng sụt lở, lăn, văng các khối với năng lượng động học lớn. Những ảnh hưởng tác hại do các hiện tượng mất ổn định này lên địa hình và các công trình bên dưới, xung quanh có thể phá hủy không thể kiểm soát và với hạn. Đồng thời, rui ro do mất ổn định này rất khác nhau về khối lượng, kích thước khối, quỹ đạo, phạm vi ảnh hưởng của đường đi của các khối đá sụt lở, lăn và đổ trên bờ mỏ và sườn dốc.

Mục tiêu của bài báo là dự báo, chỉ dẫn các khối sụt lở từ lúc sinh ra trên bờ mỏ, sườn dốc đến quỹ đạo của nó trong không gian cho đến khi nó dừng lại trên mặt địa hình hoặc gặp chướng ngại ngăn giữ (H.1). Quá trình phân tích các sự kiện riêng rẽ ở mức độ địa cơ học trong trạng thái không hiểu biết hoàn toàn (không rõ ràng) các số liệu thực tế.



H.1. Quỹ đạo sụt lở của các khối đá trên sườn dốc (Ritchie 1963)



H.2. Những mô hình đứt gãy trên sườn tầng đá cứng theo Hoek và Bray (1981): a) trượt dạng cong tròn; b) trượt trên một mặt; c) trượt trên 2 mặt; và d) đổ lật

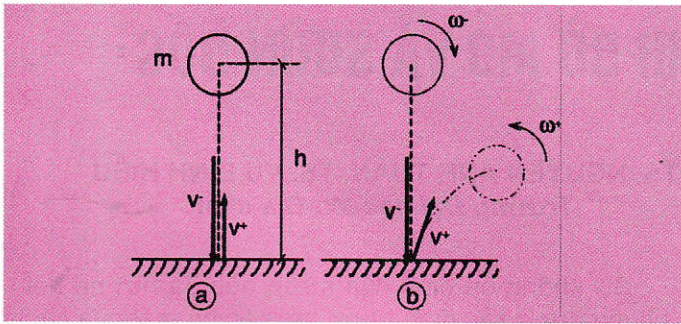
1. Ổn định của các khối lật, đổ của các khối trên sườn dốc

1.1. Mô hình đứt gãy

1.2. Tiếp xúc-va chạm

1.2.1. Va chạm pháp tuyến tại bề mặt địa hình (sườn tầng)

a. Khối không quay (H.3.a)



H.3. Va chạm pháp tuyến với mặt phẳng, khối tròn không (a) hoặc quay (b)

Với khối tròn rơi thẳng đứng từ chiều cao h, động năng của khối có khối lượng m là:

$$E = mgh = \frac{mV^2}{2}, \text{ trong đó } v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

Va chạm được quan sát rất khác nhau giữa trạng thái ban đầu và trạng thái cuối cùng trong khoảng thời gian rất ngắn:

- ❖ Trạng thái ban đầu: $V = -V$;
- ❖ Trạng thái cuối cùng: $V = -e_n V$.

Hướng vận tốc đảo ngược, độ lớn của nó giảm bởi hệ số phục hồi pháp tuyến e_n ($0 < e_n < 1$). Tổn thất năng lượng là: $\Delta E/E = (1 - e_n)^2$. Tổn thất năng lượng bằng không khi va chạm đàn hồi ($e_n = 1$), nếu va chạm mềm hoàn toàn thì ($e_n = 0$).

Thực tế e_n không phải là một hằng số không phụ thuộc vào khối lượng của khối đá m, một phần năng lượng đã bị triệt tiêu bởi tương tác va chạm mềm với bề mặt tầng. Một số mô hình số của (Decoeudre, 1990), giới thiệu giới hạn hệ số phục hồi thông qua một hằng số vật liệu bề mặt tiếp xúc và được xác định sau khi quan sát trên địa hình thực tế:

$$e_n' = \frac{e_n C}{\sqrt{mV}}$$

b. Khối với chuyển động quay (H.3.b)

Chúng tôi bổ sung chuyển động quay lật của khối tách ra từ bề mặt của sườn tầng (dốc) và định nghĩa một giá trị tốc độ quay góc ω . Động năng của khối khi kể tới chuyển động tịnh tiến và quay là:

$$E = \frac{mV^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} \quad (J \text{ mômen quán tính}) \quad (2)$$

Chuyển động rơi tự do theo chiều thẳng đứng không thay đổi nhưng sinh ra mômen ma sát của tiếp xúc của khối theo quỹ đạo rơi, va chạm và nảy trên bề mặt sườn tầng, với vận tốc tiếp tuyến V_t .

Với một khối hình cầu bán kính r, $J = 2.m.r^2/5$. Phương trình va chạm của khối cầu sẽ là:

$$\begin{cases} m(V_t^+ - V_t^-) = I \\ m(\omega^+ - \omega^-) = I.r \end{cases}$$

Từ đó: $(2/5)r(\omega^+ - \omega^-) = -(V_t^+ - V_t^-)$ (3)

Những tính chất của tương tác va chạm không đàn hồi:

$$V_t^+ = -e_n V_t^- \quad (4)$$

$$\frac{m(V_t^+)^2}{2} + \frac{2mr^2(\omega^+)^2}{5} = \frac{m(V_t^-)^2}{2} + \frac{2mr^2(\omega^-)^2}{5}$$

$$(V_t^+ - V_t^-)(V_t^+ + V_t^-) = \frac{2}{5}r^2(\omega^+ - \omega^-)(\omega^+ + \omega^-) \quad (5)$$

Do đó, chúng ta có:

$$(V_t^+ + V_t^-) = r(\omega^+ + \omega^-) \quad (6)$$

$$\begin{cases} V_t^+ = \frac{3}{7}V_t^- + \frac{4}{7}r\omega^- \\ \omega^+ = -\frac{3}{7}\omega^- + \frac{10}{7}V_t^- \end{cases}$$

Với trường hợp của chúng tôi, $V_t^- = 0$, các trạng thái của khối cầu được mô tả như sau:

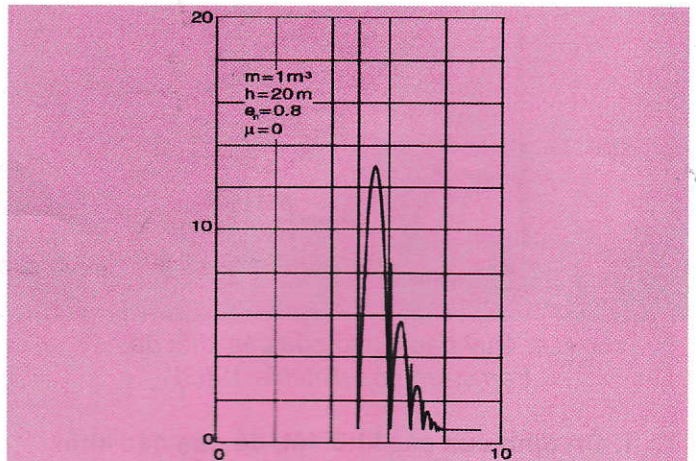
- ❖ Trạng thái ban đầu: $V_n^- = V = \sqrt{2gh}, V_t^- = 0, \omega^- = \omega$;
- ❖ Trạng thái cuối cùng:

$$V_n^+ = -e_n V_n^-, V_t^+ = \frac{4r\omega^-}{7}, \omega^+ = -\frac{3}{7}\omega^-$$

Khối trượt lở với vận tốc ban đầu với hướng quay ngược, và quỹ đạo bay của khối dạng parabol:

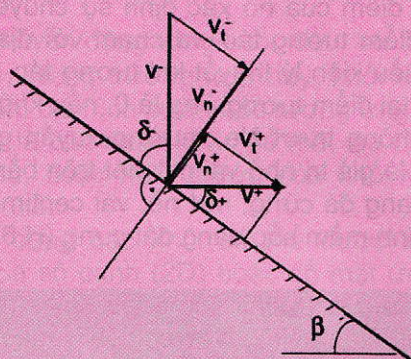
$$V^+ = \sqrt{(V_n^+)^2 + (V_t^+)^2} \quad (7)$$

Tác động tiếp theo tiếp theo, nảy sẽ và có thể năng mới với vận tốc giảm dần $V_n = -e_n^2 V$, và sau đó là quỹ đạo dịch chuyển theo phương ngang và thẳng đứng.



H.4. Quỹ đạo va chạm đàn hồi của khối (ngôn ngữ lập trình tính EBOUL-EPFL)

2. Tương tác của khối với mặt phẳng nằm ngang



H.5. Tương tác nghiêng lên mặt phẳng sườn dốc góc góc β

2.1. Khối không quay (H.5)

Khối chuyển động rơi theo phương thẳng đứng từ mức cao hơn khi tiếp xúc với mặt nghiêng gồm 2 thành phần:

$$V_n = (V \cdot \cos\beta) \text{ và } V_t = (V \sin\beta) \quad (8)$$

Sau va chạm, vận tốc theo phương pháp tuyến trước và sau là $V_n^+ = -e_n V_n$

Vận tốc thành phần theo phương tiếp tuyến giảm dần bởi lực ma sát thông qua hệ số ma sát μ tại điểm tiếp xúc khối và địa hình, nếu chấp nhận ma sát là tỷ lệ một phần của xung lực tiếp tuyến mà nó không tổn thất trong quá trình va chạm: $m(V_n - V_n^+) = m V_n(1 - e_n)$, được coi là vận tốc trước và sau va chạm giữa các khối:

❖ Trạng thái ban đầu:

$$V_n^- = (\sqrt{2gh} \cos\beta); V_t^- = (\sqrt{2gh} \sin\beta)$$

❖ Trạng thái cuối cùng:

$$V_n^+ = -e_n V_n^-, V_t^+ = V_t^- - \eta V_n^-(1 - e_n)$$

Chúng ta có thể xác định vận tốc tổng hợp và các góc đến trước khi va chạm và nảy sau va chạm liên quan đến bề mặt địa hình:

$$V = \sqrt{(V_n^+)^2 + (V_t^+)^2} \text{ và } \text{tg}\delta = V_n^+ / V_t^+ \quad (9)$$

Ví dụ: Góc dốc địa hình $\beta = 40^\circ$, khối rơi từ độ cao $h = 10 \text{ m}$, $e_n = 0.6$, $\mu = 0.35$ (hệ số ma sát khối đá khi tiếp xúc với bề mặt địa hình).

$$V_n^+ = 10.7 \text{ m/s}, V_t^- = 9.0 \text{ m/s}, V = 14.0 \text{ m/s}, \delta = 50^\circ.$$

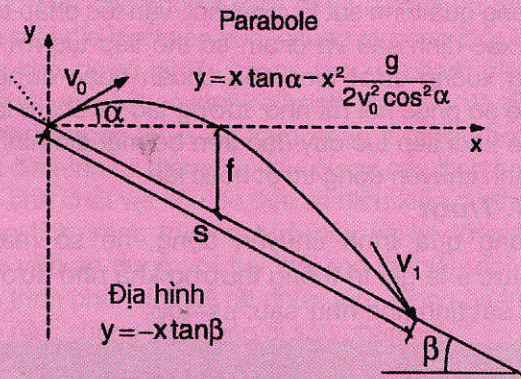
$$V_n^+ = -6.4 \text{ m/s}, V_t^- = 7.5 \text{ m/s}, V = 9.8 \text{ m/s}, \delta = 40^\circ.$$

2.2. Khối và quay

Trường hợp khối sệt lợ với hiện tượng quay được xử lý bởi tổng hợp 2 điều kiện nêu trong mục 3.2.2 và 3.3.1, được xác định với vận tốc \vec{v} và tốc độ quay của khối khi va chạm và quay, cũng như các thông số về góc dốc của địa hình β và hệ số phục hồi pháp tuyến e_n , hệ số ma sát giữa khối và bề mặt địa hình μ .

2.3. Quỹ đạo bay của khối đá

Nếu bỏ qua lực cản không khí, những phương trình chuyển động của chất điểm tại thời điểm bất kỳ được áp dụng cho một khối xuất phát từ một điểm tương tác và chạm với vận tốc V_0 nghiêng một góc α với phương nằm ngang, (H.6).



H.6. Quỹ đạo bay của chất điểm dạng parabol

Với địa hình sườn dốc ổn định với góc β so với phương nằm ngang, biểu thức mô tả dạng $y = -x \cdot \text{tg}\beta$, chúng ta dễ dàng tìm thấy chiều dài này S , xác định song song với sườn dốc địa hình và chiều cao bay lớn nhất f so với địa hình, được xác định là:

$$S = \frac{2V_0^2 \cos^2 \alpha}{g \cos \beta} (\text{tg}\alpha + \text{tg}\beta); \quad (10)$$

$$f = \frac{2V_0^2 \cos^2 \alpha}{2g} (\text{tg}\alpha + \text{tg}\beta)^2; \quad (11)$$

$$\frac{f}{S} = \frac{(\text{tg}\alpha + \text{tg}\beta) \cos \beta}{4}. \quad (12)$$

Các thành phần rất cần thiết và hữu dụng trong nghiên cứu các trường hợp cụ thể, đặc biệt là với các công trình cần bảo vệ. Khi đó, vận tốc của khối được biểu diễn theo phương trình sau:

$$V_x = (V_0 \cdot \cos\alpha) \text{ và } V_y = (V_0 \cdot \sin\alpha - gt). \quad (13)$$

Đầu quỹ đạo bay: $t = 0, V = V_0, \delta_0 = \alpha + \beta$

Cuối quỹ đạo bay:

$$t_1 = \frac{S \cos \beta}{V_0 \cos \alpha}; V_1 = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + (V_0 \sin \alpha - gt_1)^2}$$

$$\delta_1 = 90^\circ - \beta + \arctg \frac{V_{1x}}{V_{1y}}$$

Ví dụ 1: Góc nghiêng của sườn dốc $\beta = 30^\circ$, $S = 20 \text{ m}$, $f = 4 \text{ m}$, $t_1 = 1.8 \text{ s}$, quan sát sụt lở (dạng phim). $V_x = V_0 \cdot \cos\alpha = S/t_1 \cdot \cos\alpha$ là không đổi và $\tan\alpha = 4f / (S \cdot \cos\beta) - \text{tg}\beta = 0.346, \alpha = 19.1^\circ$

Đầu quỹ đạo bay: $V_{y0} = 3.3 \text{ m/s}; V_0 = 10.2 \text{ m/s}; \delta_0 = 49^\circ.$

Cuối quỹ đạo bay: $V_{y1} = -14.3 \text{ m/s}; V_1 = 17.3 \text{ m/s}; \delta_1 = 26^\circ.$

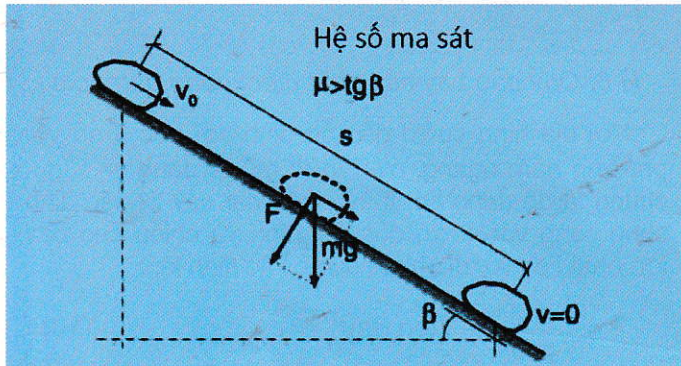
Ví dụ 2: góc nghiêng sườn dốc $\beta=40^\circ$, vận tốc sau va chạm thứ nhất (tính theo ví dụ ex.3.3.1): $V_0=9.8 \text{ m/s}$, $\delta_0=40^\circ$, $\alpha=0^\circ$, $S=21.4 \text{ m}$, $f=3.45 \text{ m}$, $t_1=1.67 \text{ s}$, $V_1=19.1 \text{ m/s}$ và $\delta_1=19^\circ$.

3. Trượt và lăn

Trong quá trình sụt lở của khối, vận tốc pháp tuyến được xác định sau va chạm có thể tiếp tục rơi theo hướng xuống dưới theo tiêu chuẩn hoặc dừng lại, nếu hệ số phục hồi rất nhỏ: tương tác va chạm là tạm thời và khối tiếp tục quỹ đạo trên bề mặt địa hình bởi quá trình chuyển động trượt hoặc lăn.

3.1. Trượt

Trong quá trình chuyển động, hệ số ma sát động lực μ là giá trị thông thường khá nhỏ dưới giá trị ma sát tĩnh tính như sau: $\mu_s=tg\phi$.



H.7. Trượt của khối với tốc độ ban đầu V_0 .

Trên mặt nằm nghiêng một góc β (H.7), khối chuyển động ở thời điểm $t=0$ với tốc độ ban đầu V_0 theo các phương trình chuyển động như sau:

$$m \frac{dV}{dt} = mg \sin\beta - \mu mg \cos\beta \quad (14)$$

$$m \frac{dS}{dt} = V(t) = V_0 - g t (\mu \cos\beta - \sin\beta) \quad (15)$$

Nếu $\mu < tg\beta$ khối đột ngột chuyển động nhưng với gia tốc đều không đổi.

Nếu $\mu > tg\beta$ khối trượt chậm lại.

Khối dừng lại bởi:

$$\frac{dS}{dt} = V(t_1) = 0, \quad t_1 = \frac{V_0}{g(\mu \cos\beta - \sin\beta)} \quad (16)$$

Khoảng cách mà khối di chuyển đến khi dừng lại được xác định theo công thức:

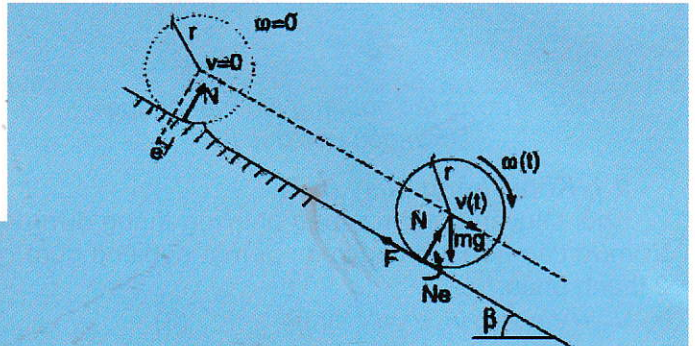
$$S = \frac{V_0^2}{2g(\mu \cos\beta - \sin\beta)} \quad (17)$$

Năng lượng bị triệt tiêu bởi ma sát mà nó bằng tổng thế năng và động năng của khối:

$$E_{\text{frott}} = \mu mg S \cos\beta = mg S \sin\beta + \frac{mV_0^2}{2} \quad (18)$$

3.2. Lăn

Lực cản khi lăn của khối là do sự biến dạng địa hình, đặc điểm của nó xác định sự chuyển dịch e của các điểm tương tác, va chạm với địa hình tại đó theo điều kiện lý thuyết khi tương tác, va chạm thị tốc độ tại điểm tương ứng là 0, nếu không trượt. Độ bền chống trượt N_e , thường xuyên gọi là ma sát lăn. e là giá trị nhỏ vài milimét trên bề mặt địa hình có dạng đá cứng, nứt nẻ; vài centimét với bề mặt địa hình mềm sộp dạng đất cứng (H.8).



H.8. Lăn của khối dạng cầu, không có tốc độ ban đầu

Điểm tương tác, các lực tồn tại và xuất hiện là ứng lực pháp tuyến N , tiếp tuyến của lực ma sát F và ứng lực N_e .

Chuyển động của khối có thiết diện trong (khối dạng cầu) với tốc độ ban đầu bằng không, trên mặt phẳng nghiêng gồ ghề được mô tả theo hệ phương trình sau (Favre, 1947):

$$\begin{cases} m \frac{dV}{dt} = m \frac{d\omega}{dt} r = mg \sin\beta - F \\ 0 = N - mg \cos\beta \quad N = mg \cos\beta \\ J \frac{d\omega}{dt} = Fr - Ne \end{cases} \quad (19)$$

Từ hệ phương trình trên, chúng ta có:

$$F = \frac{mg(J \sin\beta + m \cos\beta e r)}{J + m r^2} \quad (20)$$

Với $J = \frac{mr^2}{2}$ cho khối dạng đĩa;

$J = \frac{2mr^2}{5}$ cho khối dạng hình cầu).

$F = \frac{mg}{3} (\sin\beta + 2 \frac{e}{r} \cos\beta)$ cho khối dạng hình đĩa

$F = \frac{mg}{7} (2 \sin\beta + 5 \frac{e}{r} \cos\beta)$ cho khối dạng khối

hình cầu

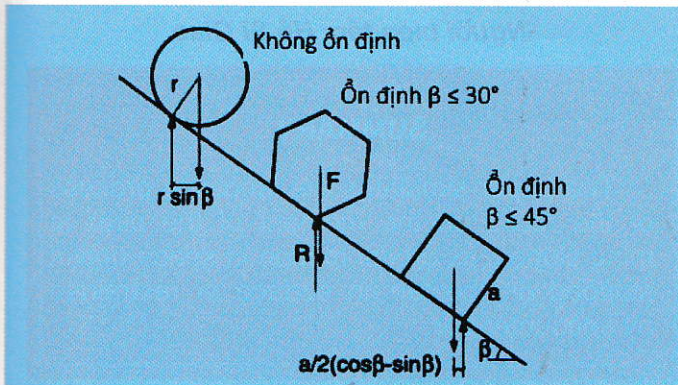
Tốc độ chuyển dịch, song song với sườn dốc, được xác định:

$$V = \frac{2g}{3} (\sin\beta - \frac{e}{r} \cos\beta) t, \text{ cho khối dạng đĩa;}$$

$$V = \frac{5g}{7} \left(2\sin\beta - \frac{e}{r} \cos\beta \right) t, \text{ cho khối dạng hình cầu.}$$

Khi chuyển động với gia tốc đều, trừ trường hợp $e > r \cdot \tan\beta$. Trong trường hợp này, khối dừng lại và không lăn, địa hình sườn dốc tương ứng trong điều kiện này là dốc thoải hoặc bề mặt địa hình sấp và mềm yếu, hoặc kích thước của khối với đường kính rất nhỏ.

Hình dạng các khối có thể được định nghĩa thông qua số cạnh (2D) hoặc số mặt ứng với các khối (3D). Hình dạng của khối ảnh hưởng đến ổn định trên sườn dốc được thể hiện trên hình (H.9).



H.9. Ảnh hưởng của hình dạng khối tới độ ổn định của nó trên sườn dốc

Điểm tương tác theo lý thuyết quay quanh một điểm (góc), một cạnh của khối và tác động lên bề mặt của sườn dốc β không vượt quá nửa số góc tính từ tâm của khối $\alpha = 108^\circ/n$ với n là số cạnh của mặt cắt diện ngang của khối đa giác.

Hình lục giác Khối ổn định với $\beta < 30^\circ$;

Hình vuông Khối ổn định khi $\beta < 45^\circ$;

Không kể tới ảnh hưởng của lực kháng lăn và khả năng trượt.

3.3. Lăn với trượt

Với ảnh hưởng của hiện tượng lăn, cần phải kể tới hệ số trượt μ của khối trên bề mặt địa hình thoải mãn điều kiện sau:

$F \leq \mu N$ hoặc (trường hợp khối dạng đĩa)

$$(\sin\beta + 2\frac{e}{r}\cos\beta) \leq \mu \cos\beta \quad (21)$$

Nếu μ được xác định thì nó cần thỏa mãn:

$$\text{tg}\beta \leq 3\mu - 2\frac{e}{r} \text{ (hoặc } \text{tg}\beta \leq 7\mu - 2\frac{e}{r} \text{)} \quad (22)$$

Nếu điều kiện này không thỏa mãn, khối sẽ trượt trong quá trình quay. Chúng ta thu được chuyển động với gia tốc đều, các thông số được xác định như sau:

$$N = (mg \cdot \cos\beta); \quad (23)$$

$$F = (\mu mg \cos\beta); \quad (24)$$

$$V = [g(\sin\beta - \mu \cos\beta)t]. \quad (25)$$

Sẽ không có chuyển động khi $\mu \geq \text{tg}\beta$, với giả thiết ban đầu là khối không có vận tốc ban đầu.

4. Tương tác trên bề mặt bãi thải, hay sườn dốc có đá bờ rời

Ngược lại nảy trên sườn dốc nơi mà các vận tốc sụt lở của các khối bị lệch đi và một phần giảm bớt trên mặt địa hình tiếp xúc, chúng ta quan tâm tới điều kiện khối dừng lại khi tương tác, va chạm trên sườn bãi thải với khối có khối có trọng lượng m và tốc độ v . Động lực học P và độ xâm nhập z giữa khối và bề mặt địa hình tại điểm tiếp xúc được các định luật thuộc vào tính chất vật liệu đổ thải và điều kiện đổ thải. Nếu phân tích trong trường hợp này và kể tới các điều kiện trên áp dụng với bãi thải mỏ lộ thiên nói chung, quá trình phân tích sẽ rất phức tạp. Trong phạm vi bài báo này, chúng tôi không đi sâu phân tích.

5. Ứng dụng

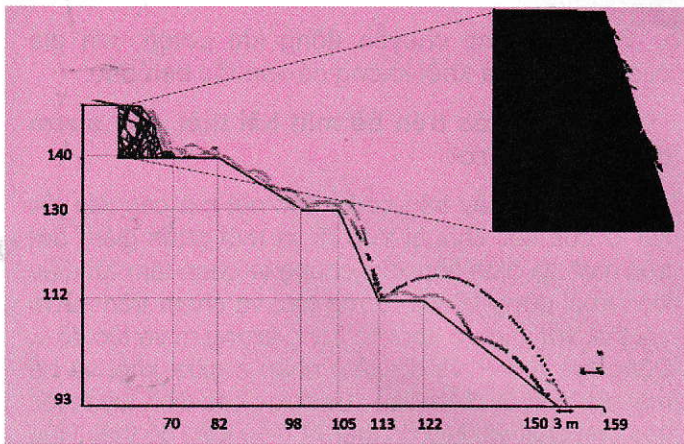
Sự vận động của tự nhiên đối với các sườn dốc, vách núi và các sườn dốc đá cứng nứt nẻ là nguyên nhân sinh ra các khối đá mất ổn định (ngẫu nhiên) và các khối hoặc tảng lăn có kích thước lớn.

Các khối riêng lẻ (từ vài centimet đến vài mét) va chạm-nảy hoặc lăn trên sườn dốc, như trong các điều kiện tảng, khối lăn với kích thước khác nhau từ vài milimet đến vài mét khối, vật liệu sụp đổ với tốc độ lớn trên một khoảng cách tác động lớn tương ứng.

Lực tương tác giữa các thành phần xuất hiện giữa khối đá và bề mặt sườn dốc sẽ dự báo quỹ đạo bay, di chuyển và nảy (phục hồi) phức tạp, do đó quá trình mô phỏng quá trình này là rất phức tạp.

Chúng tôi xử lý và can thiệp vào dự đoán và xác định các rủi ro bằng kỹ thuật thăm dò, khảo sát để thu thập số liệu mỏ địa chất với các thông số đặc trưng về cấu trúc, phân lớp và độ ổn định của sườn dốc. Từ đó xác định kích thước hình dạng của các khối có khả năng mất ổn định, sụt lở có thể xảy ra trong phạm vi nghiên cứu.

Với sự phát triển của công nghệ mô phỏng và ứng dụng các thuật toán mô hình mã nguồn mở, chúng tôi mô phỏng quá trình tương tác, va chạm và quỹ đạo bay của các khối mất ổn định. Từ đó xác định các thông số cần thiết ảnh hưởng tới phạm vi phá hủy, ảnh hưởng của vùng sụt lở và cụ thể cho từng khối có kích thước khác nhau. Với phương pháp mô phỏng thống kê ngẫu nhiên, chúng tôi xác định được tần suất xuất hiện các khối mất ổn định, vị trí, khối lượng từng khu vực nghiên cứu. Cách tiếp cận này cho phép chúng tôi xác định và đo đạc các thông số về kích thước vùng phá hủy và rủi ro đá văng, đá rơi và có các biện pháp bảo vệ công trình.



H.10. Quỹ đạo chuyển động và va chạm của các khối mất ổn định trên tầng

6. Kết luận

Sự sụt lở mất ổn định các khối phụ thuộc vào đặc tính cơ học phá huỷ của các khối có khả năng mất ổn định trên bờ dốc và vai trò của các hiện tượng động lực học mà chúng có thể mô tả thông qua các hoạt động khoan nổ mìn, vận tải, thải đá, nước mặt-ngầm,... Do đó, vấn đề mô phỏng tối ưu các điều kiện thực tế là rất cần thiết đặc biệt là mô hình 3 chiều.

Hiện nay, các mô hình số có ưu việt rất lớn trong ứng dụng phân tích các thông số đánh giá mức độ ổn định và nguy cơ rủi ro mất ổn định ảnh hưởng tới môi trường và các công trình cần bảo vệ trong điều kiện địa hình, địa chất phức tạp các chi phí thăm dò khảo sát là rất lớn và nhiều trường hợp là không thực hiện được.

Nghiên cứu mô phỏng động lực học áp dụng cho môi trường đất đá cứng nứt nẻ (các yếu tố ảnh hưởng tới hiện tượng và va chạm và tương tác giữa các khối và bề mặt địa hình sườn dốc. Các kết quả ban đầu này cho phép nghiên cứu và định hướng nghiên cứu các rủi ro về mất ổn định các sườn dốc với các khối đá rời rạc có thể lăn, trượt và bay-nảy khi tiếp xúc với bề mặt sườn dốc. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Asof, M., 1991. Étude du comportement mécanique des massifs rocheux fractures en blocs (méthode à l'équilibre limite): réalisation et application. LAEGO, p.142.
2. Baroudi, H. et al., 1992. Bench stability in open pit Mines: A methodology for jointed Rock masses. In Regional Conference on fractured and jointed rock masses. Lake Tahoe, California, p7.
3. Baecher, G.B. & Christian, J.T., 2003. Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering John Wiley&Sons, ed., England: Wiley.

4. Nguyen, A.T, Merrien-SouKatchoff, V., Vinches, M. (2015). Rockfall hazard form DFN modeling of benches stability analysis with a stochastic approach. Proceedings of the international workshop on Advances in surface mining for environmental protection and sustainable development, Hanoi, Vietnam, p. 97-108. ISBN: 978-604-913-423-4.

5. Nguyen, A.T., Merrien-Soukatchoff, V. & Vinches, M., 2014. Grouping discontinuities of fractured rock mass into main sets: consequences on the stability analysis of open pit benches. In D. 2014, ed. DFNE 2014. Vancouver, Canada, pp. 1-8.

Người biên tập: Hồ Sĩ Giao

SUMMARY

The paper simulates the landslide process of the rocks on the moment of the birth at mine slopes, its orbital motion in space until it stopped on the terrain surface or restrained by encounter bar.

ĐỀ TÀI THAM KHẢO

1. Chỉ có bậc thông thái mới biết rõ được mình là người ngu dốt. *Victor Hugo.*
2. Con người được sinh ra để sống chứ không phải để sửa soạn sống. *Boris Pasternak.*
3. Hãy giải thích cho tôi hiểu về một hạt cát, tôi sẽ giải thích cho về ông trời. *Lammenais Abbé.*
4. Người nào không còn biết ngạc nhiên gì nữa cả thì nên xem người ấy như đã chết, vì mắt họ đã mờ. *Albert Einstein.*
5. Những nhà giáo giỏi nhất là những người biết tự biến mình thành cây cầu để mời học trò họ vượt qua. *Nikos Kazantzakis.*
6. Đọc sách nhiều mà đụng đầu đọc đó là huỷ hoại tinh thần. Đọc ít nhưng đọc kỹ ta sẽ tìm ra được chân lý cho cuộc đời. *Munsch Roger.*
7. Làm thầy thuốc làm thì giết một người, làm thầy địa lý làm thì giết một họ, làm chính trị làm thì giết một nước, làm văn hoá làm thì giết cả một đời. *Lão Tử.*

VTH sưu tầm