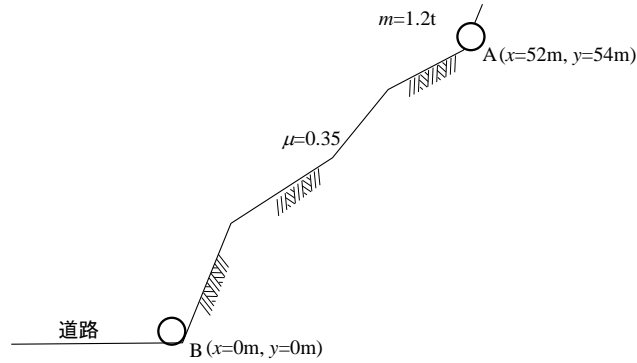


「落石対策の計画研修」演習問題 解答

【問1】斜面上のA地点(x=52m、y=54m)が落石発生源である。ここから質量 $m=1.2t$ の石が落下したとして、道路脇のB地点(x=0m、y=0m)での落石の速度 V および運動エネルギー E を求めよ。ただし、等価摩擦係数は $\mu=0.35$ 、回転エネルギー係数は $\beta=0.1$ とする。



計算式

斜面勾配 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{54}{52} = 1.04$ $\theta = \tan^{-1}(1.04) = 46.1^\circ$

落石の落下高 $H=y=54m$

落石の速度 $v = \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right)} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 54 \times \left(1 - \frac{0.35}{1.04}\right)} = 26.5m/s$

落石の運動エネルギー

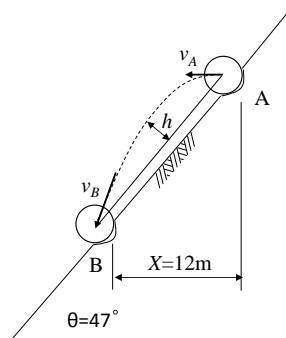
$$E = mgH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right) (1 + \beta) = 1.2 \times 9.8 \times 54 \times \left(1 - \frac{0.35}{1.04}\right) (1 + 0.1) = 463kJ$$

別解 $E = \frac{1}{2}mv^2(1 + \beta) = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 26.5^2 \times (1 + 0.1) = 463kJ$

落石の速度 $V=26.5 \text{ m/s}$

落石の運動エネルギー $E=463 \text{ kJ}$

【問2】斜面上のA点とB点に落石による衝突痕が残されていた。AB間の水平距離は $X=12m$ であった。落石はA点から水平に飛び出し、B点に着地したものとして、飛び出し速度 v_A 、着地速度 v_B 、最大跳躍量 h を求めよ。ただし、斜面の傾斜角は $\theta=47^\circ$ とする。



計算式

飛び出し速度

$$v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot X}{2 \sin \theta \cos \theta (1 + \tan^2 \theta)}} = \sqrt{\frac{9.8 \times 12}{2 \times \sin 47 \times \cos 47 \times (1 + \tan^2 47)}} = 7.4 \text{ m/s}$$

着地速度

$$v_d = v_0 \sqrt{1 + 4 \tan^2 \theta} = 7.4 \times \sqrt{1 + 4 \times \tan^2 47} = 17.5 \text{ m/s}$$

最大跳躍量

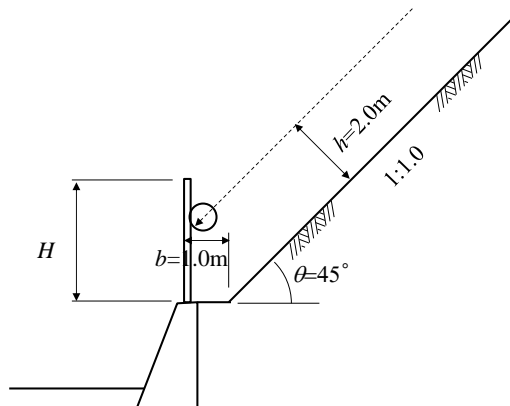
$$h = \frac{X \sin \theta}{4} = \frac{12 \times \sin 47}{4} = 2.2 \text{ m}$$

飛び出し速度 $v_A = 7.4 \text{ m/s}$

着地速度 $v_B = 17.5 \text{ m/s}$

最大跳躍量 $h = 2.2 \text{ m}$

【問 3】勾配 1:1.0 で切土した法面の下端に重力式擁壁を施工し、その天端に落石防護柵を設置する。落石の最大跳躍量を $h=2.0\text{m}$ 、擁壁上端の小段幅を $b=1.0\text{m}$ としたとき、落石防護柵の高さ H はいくらかが必要か。



計算式

$$H \geq \left(\frac{h}{\cos \theta} - b \tan \theta \right) \times 1.5 = \left(\frac{2.0}{\cos 45} - 1.0 \times \tan 45 \right) \times 1.5 = 2.7 \text{ m} \Rightarrow 3.0 \text{ m}$$

落石防護柵の高さ $H = 3.0 \text{ m}$

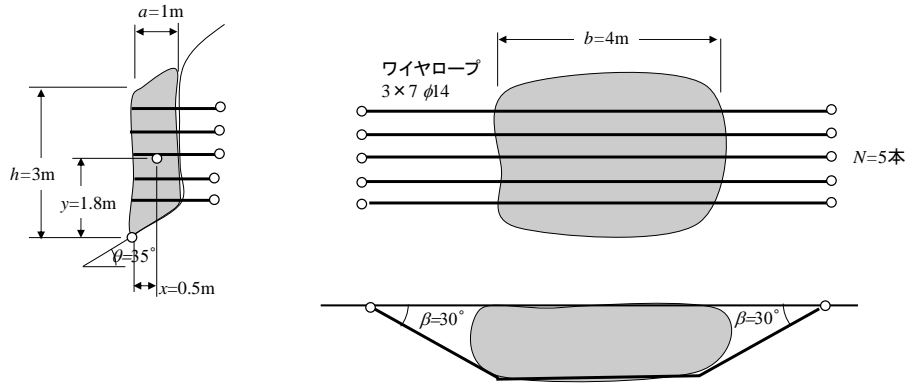
【問 4】下図に示すような不安定な岩塊が斜面上に存在する。岩塊の体積は $V=12\text{m}^3$ 、重量は $W=312\text{kN}$ 、岩塊のつま先から重心までの水平距離は $x=0.5\text{m}$ 、鉛直距離は $y=1.8\text{m}$ 、斜面の傾斜角は $\theta=35^\circ$ である。

地震時の計水平震度は $k_H=0.12$ 、岩塊の底面と地盤の摩擦角は $\phi=25^\circ$ 、粘着力は $c=0$ (無視する)、ワイヤロープの破断荷重は $T_b=98.1$ として、下記の 4 つの設問に答えよ。

- (1) 地震時における滑動に対する安全率を求めよ。
- (2) 地震時における転倒に対する安全率を求めよ。

(3) 地震時の滑動安全率 $F_s=1.2$ を確保するために必要な抑止力 P を求めよ。ただし、ワイヤロープは水平に設置するものとする。

(4) ワイヤロープ(3×7φ14)は、平面角 $\beta=30^\circ$ で5段配置するものとし、ワイヤロープの破断に対する安全率を求めよ。



計算式

(1) 滑動に対する安全率

$$F_s = \frac{c \cdot A + W(\cos \theta + k_H \sin \theta) \tan \phi}{W(\sin \theta + k_H \cos \theta)} = \frac{0 + 312 \times (\cos 35^\circ + 0.12 \times \sin 35^\circ) \times \tan 25^\circ}{312 \times (\sin 35^\circ + 0.12 \times \cos 35^\circ)} = 0.62 < 1.2 \quad \text{N.G.}$$

(2) 転倒に対する安全率

$$F_s = \frac{x}{k_H y} = \frac{0.5}{0.12 \times 1.8} = 2.3 > 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(3) 必要抑止力($F_s=1.2$ 、 $\alpha=0$)

$$P = \frac{F_s \cdot W(\sin \theta + k_H \cos \theta) - W(\cos \theta + k_H \sin \theta) \tan \phi - c \cdot A}{\sin(\theta - \alpha) \tan \phi + \cos(\theta - \alpha)}$$

$$= \frac{1.2 \times 312 \times (\sin 35^\circ + 0.12 \times \cos 35^\circ) - 312 \times (\cos 35^\circ + 0.12 \times \sin 35^\circ) \times \tan 25^\circ - 0}{\sin(35^\circ - 0) \tan 25^\circ + \cos(35^\circ - 0)} = 118.0 \text{ kN}$$

(4) ワイヤロープの破断に対する安全率

ワイヤロープ張力($\beta=30^\circ$ 、 $n=5$)

$$T = \frac{P}{2n \sin \beta} = \frac{118.0}{2 \times 5 \times \sin(30^\circ)} = 23.6 \text{ kN}$$

ワイヤロープの破断に対する安全率

$$F_s = \frac{T_b}{T} = \frac{98.1}{23.6} = 4.2 > 3.0 \quad \text{O.K.}$$

滑動に対する安全率 $F_s=0.62$

転倒に対する安全率 $F_s=2.3$

必要抑止力 $P=118.0 \text{ kN}$

ワイヤロープの破断に対する安全率 $F_s=4.2$