

斜面崩壊の発生機構に関する研究

岐阜大学 学生員 ○藤岡 一頼
 岐阜大学 学生員 富田 和広
 岐阜大学 正員 田中祐一朗

1. はじめに 近年、山地の荒廃のため降雨による斜面崩壊が頻発している状態である、その対策の一つとして警報装置の使用が挙げられる。つまり斜面崩壊を予知することにより、災害を最低限にいとめることができる。そのためには斜面崩壊の発生機構についての説明が必要であり、本研究では、降雨の浸透による山腹地下水の水面形を明らかにし、斜面のすべりに対する安全率を計算することにより、斜面崩壊の発生機構を解明しようとするものである。

2. 斜面のモデル化 本研究では、図-1のような斜面モデルを考え次の1~6のような仮定を用いる
 1. 斜面の角度 θ 、崩壊土層の厚さ D は一定とする。2. 崩壊土層の土質は均一とする。3. 降雨は斜面に対して一様であるものとする。4. 土中水の流れはダルシーの法則に従うものとする。5. 土中水の流れは2次的とする。6. 崩壊年は基盤に平行とする。

3. 地下水面形方程式 降雨の浸透によって形成される地下水が崩壊の要因を作っている、地下水面形の説明が必要となってくる。

単位幅当たりの地下水の連続条件より、

$$nS_i = nS_{i-1} - Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

が成り立つ、 S_i :現在の地下水面形の面積、 S_{i-1} :事前に貯蓄していた地下水面の面積、 Q_1 :地下水面に流入する降雨による浸透水の水量、 Q_2 :地下水面から流出する水量、 n :土粒子の空隙率である

ここで Q_1, Q_2 は仮定2, 3より

$$Q_1 = r t L \cos \theta \quad (2)$$

$$Q_2 = n u t H \quad (3)$$

r :降雨強度、 t :降雨時間、 L :斜面長、 θ :斜面の角度、 u :地下水の流速、 H :地下水深である。

地下水の流動は、ダルシーの法則に従うものとするので地下水の流速 u は、

$$u = -k \frac{2 \sin \theta + \frac{\cos^2 \theta - \sin^2 \theta}{\cos \theta} \cdot \frac{dH}{dX}}{1 - \tan \theta \cdot \frac{dH}{dX}}$$

ここで、 k :透水係数である。

(1),(2),(3)より時刻 i における地下水深 H_i は、

$$H_i = a R_i + b H_{i-1} \quad a = \frac{L \cos \theta}{n(2 k t \sin \theta + L)} \quad b = \frac{L}{2 k t \sin \theta + L}$$

これは、漸化式の形なので、一般項の形で表わすと地下水面形方程式として

$$H_i = a \sum_{k=1}^i \{b^{i-k} \cdot R_k\} \quad (a)$$

が得られる。これにより地下水面形の時間的変化の状態が明らかとなる。

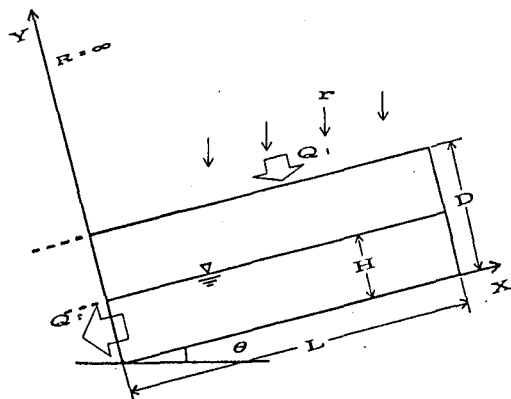


図-1 斜面のモデル化

4. 斜面崩壊発生条件式 斜面崩壊の発生条件は、基面に作用する土の自重による斜面を滑ろうとする応力がせん断応力 τ を超える場合である。そこで、次の仮定を用いる。1. 土のせん断強さはクーロンの式で表わすことにする。2. 土中に作用する全ての力は2次元的に作用するものとする。

$$W \sin \theta \geq \tau \quad (4)$$

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (5)$$

ここで、 W :土の自重、(5):クーロンの式である。

図-2に示すような力の多角形より

$$\sigma' = [H_1 \gamma' + (D - H_1) \gamma] \cos \theta$$

$$\tau = [H_1 \gamma' + (D - H_1) \gamma] \sin \theta$$

ここで、 γ :単位体積重量、 γ_s :飽和単位体積重量、 γ' :水中単位体積重量である。

以上の式により水深を求めると

$$H_1 = \frac{c' \sec \theta - D \gamma (\tan \theta - \tan \phi')}{(\gamma_s - \gamma) \tan \theta + (\gamma - \gamma') \tan \phi'} \quad (b)$$

となり、(a) $\geq$ (b) となれば斜面崩壊が発生することになる。したがって、

$$a \sum_{k=1}^n \{b^{1-k} \cdot R_k\} \geq \frac{c' \sec \theta - D \gamma (\tan \theta - \tan \phi')}{(\gamma_s - \gamma) \tan \theta + (\gamma - \gamma') \tan \phi'}$$

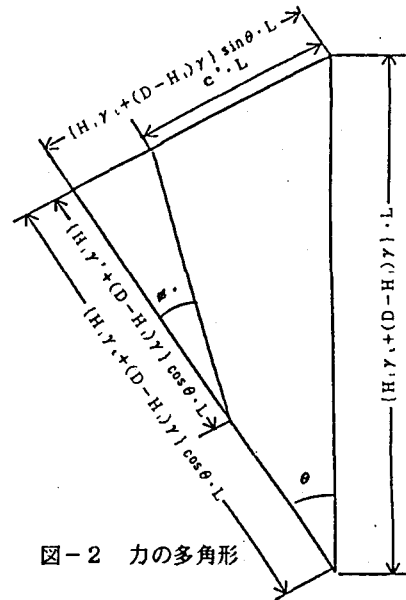


図-2 力の多角形

5. 斜面崩壊実験 図-3に実験装置を模式的に示す。基面に不透水層としてベントナイトを敷き、その上に均一な珪砂(平均粒径0.1mm)を敷き、人工降雨を与えた。降雨量は転倒マス型雨量計により測定し、適当な間隔に設置したマンメーターにより、地下水深の時間的変化を測定した。

図-4は実験結果の一部を示したものである。崩壊は一時に発生せず、下部より階段状発生した。キレツの入った時刻(点線)は、いずれも地下水の水位上昇が現われ始めてから、約1時間程度遅れて発生していることが判る。

なお、理論式と実験値との適合性等詳細は講演時に述べることにする。

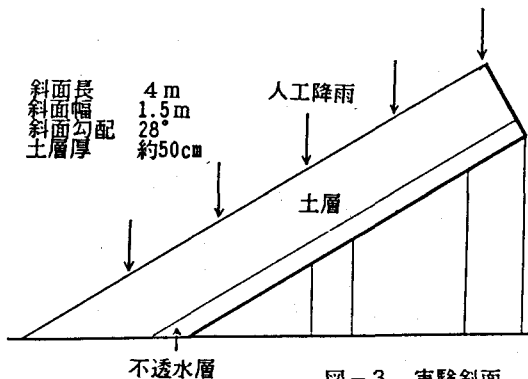


図-3 実験斜面

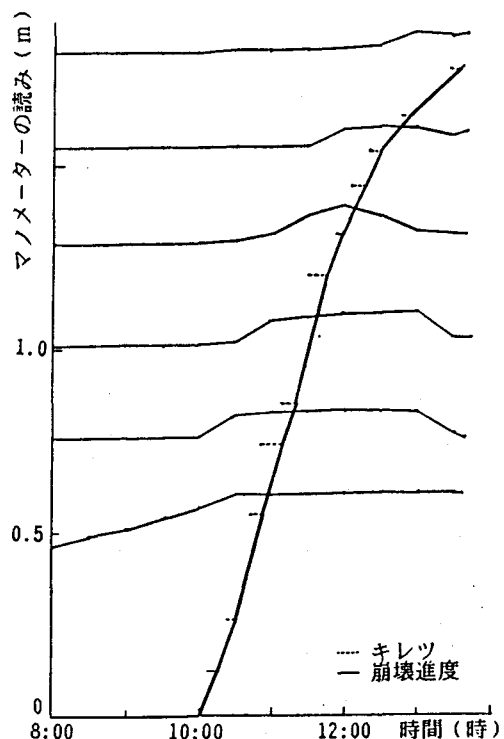


図-4 水位の上昇と崩壊時間との関係