

II-104 降雨による山腹地下水の形成と斜面崩壊

岐阜大学 ○正員 田中祐一郎
森組 正員 小沢 昭二

1. はしがき

近年、降雨による斜面崩壊が頻発し、その対策が急務とされている。本研究は降雨量の測定のみから、崩壊の発生を予知しようとした、若干の検討結果について報告する。

2. 降雨による山腹地下水の形成

図1に示すように、水平面に対し θ だけ傾いた基面上にX軸を、それに垂直にY軸をとり、X、Y方向の流速成分をそれぞれ u 、 v とする。地下水流はDarcy則に従うものと仮定すると、 u は次式で与えられる。¹⁾

$$u = -k \frac{2 \sin \theta + \frac{\cos \theta^2 - \sin^2 \theta}{\cos \theta} \frac{dH}{dx}}{1 - \tan \theta \frac{dH}{dx}} \quad (1)$$

ここに k は土の透水係数である。図2に示すように、斜面を分割した素片について、 r なる降雨量は全て地中に浸透するものと考えて水の質量保存則を適用すると、

$$n S_{i,j} = n S_{i-1,j} + Q_{1,j} + Q_{2,j+1} - Q_{2,j} \quad (2)$$

$$Q_{1,j} = r \cdot t \cdot (x_{j+1} - x_j) \cos \theta \quad (3)$$

$$Q_{2,j} = u_{i,j} \cdot t \cdot H_{i,j} \quad (4)$$

ここに n は土の有効空隙率である。図3に示す1969年の黒部湖上流域での降雨データを用い、初期条件 $S_{i-1,j} = 0$ 、境界条件は斜面上流端（ $j = n+1$ ）で $x_{n+1} = L$ 、 $H_{n+1} = 0$ より、以下順に $j = n-1$ 、 $n-2$ 、 $\dots$ と下流方向へ斜面長（ L ）全体にわたって計算を行う。計算された地下水面以下の貯流量を用い、 $i+1$ と時間ステップを増すことにより各時刻での地下水面形は図4に示すように求められる。

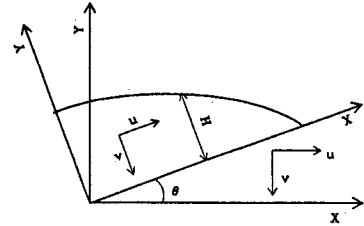


図1 斜面と座標系

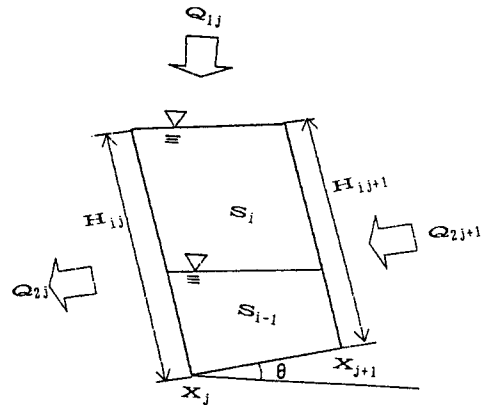


図2 分割片と地下水面形のモデル

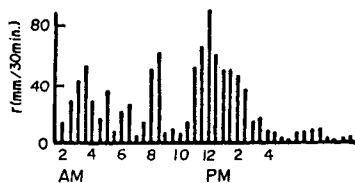


図3 刈安峠での降雨量 (mm/30min)

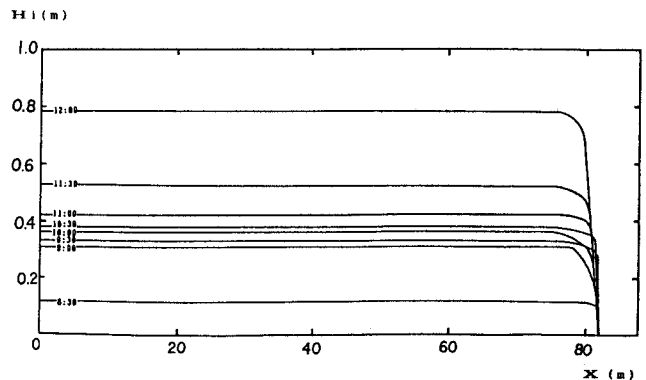


図4 地下水深 H_i の時間的变化

3. 簡易分割法による崩壊発生条件

土質力学での斜面安定解析では、円弧すべりによる方法が用いられる。このうち最も簡単な簡易分割法は、図5に示すように k 個に分割した土塊のうち j 番の分割片に対し、クーロンの応力表示によると、

$$T_j = C + P_j \tan \Phi \quad (5)$$

分割片のすべり円弧の中心 O' の周りの、活動に抵抗する力のモーメント M_r と滑動を起こそうとする力のモーメント M_f は

$$M_r = R T_j \quad (6)$$

$$M_f = R (P'_j \tan \Phi + C Q_j) \quad (7)$$

$$P'_j = P_j - U_j \quad (8)$$

となる。土塊全体に対してすべり破壊に対する安全率 F_m は、

$$F_m = \frac{\sum M_r}{\sum M_f} = \frac{\tan \Phi \sum_{j=1}^k (P_j - U_j) + C \sum_{j=1}^k Q_j}{\sum_{j=1}^k T_j} \quad (9)$$

で与えられる。ここに C は土の粘着応力、 Φ は内部摩擦角、 Q_j は分割片の弧の長さ、 U_j は先の地下水による間隙水圧で地下水面形から求められる。崩壊の発生条件は $F_m = 1$ として与えられることになる。ここで問題な点は、すべり円弧の半径 R が未知なことで、 R によって崩壊発生条件は種々変化する。そこで先の黒部のデータを用い、 R の値を変化させて崩壊発生時間と R の関係を調べたものが図6である。この図から、 R が大きくなる程崩壊が発生し易いことがわかり、実用的には $R = \infty$ とすればよいと思われる。

4. むすび

以上の結果、

- 1) 地下水面形は上流端付近を除いて、基面に平行となり、降雨強度 r に比例して変化する。
 - 2) 円弧すべりの半径は実用上無限大とすればよく、これは基面上の土層全体がすべることを意味する。
- 今後は不均質地層に対する検討が必要である。

参考文献 1) 小沢昭二、岐阜大学昭和62年度卒業論文

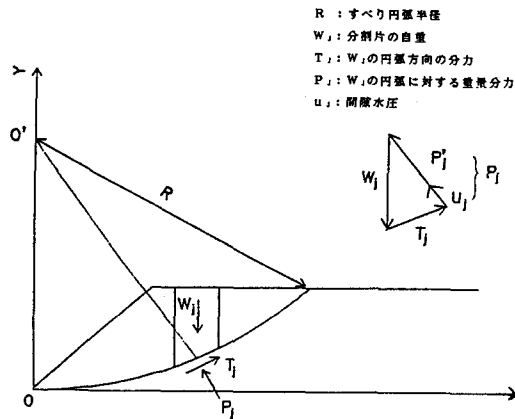


図5 簡便分割法

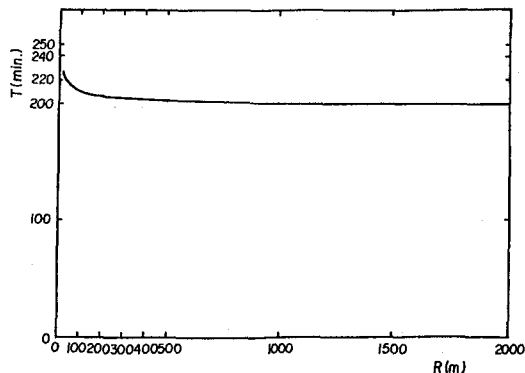


図6 すべり円弧半径と崩壊時間との関係