

II-290

V字型斜面における崩壊の発生（2）

岐阜大学工学部 正員 田中祐一朗
大垣市役所土木部 岡田信彦

1. はしがき

平坦な斜面よりも、V字型斜面の方が中央部での地下水に側方流の供給を受けるだけ流量が多く、崩壊も発生し易いと考えられる。このような場合の中央部の地下水面形と崩壊の発生について著者らの一人は先に理論的考察を行い、昨年の国際砂防シンポジウムに発表した¹⁾。その妥当性を検討する目的で、図-1に示すような実験装置を用い実験を行った。この装置はコンクリートスラブ面上に木製のV字型斜面を作成し、その上に一様な厚さに砂を敷いたものである。そのため、先端に斜面の三角形部分が形成されるのは避けられず、先の理論にはこの境界条件を取り入れていないことから、理論と実験との一致は十分でなかった。本研究はこの境界条件を考慮することにより、理論の修正をはかったものである。

2. V字型斜面のモデル

図-2に示すような、V字型をなした不透水基面上に、一様な厚さDなる砂を敷いた斜面を考える。地下水の流れ方向に θ_x 、左右方向に θ_y なる角度で斜面は一樣に傾いている。図-3はその右半分を取り出して示したものであり、最初水平に置かれた平面を、原点を中心にx方向へ θ_x 、y方向へ θ_y だけ2度回転した平面である。地表面に降った降雨は最初鉛直に浸透し、基面に達した後方向を転じて、斜面の最急勾配である $Q'O$ 方向に向う地下水流（Darcy則を用いる）となるものとする。

以上の手順に従い幾何学的考察を行うことにより、最急勾配をなす角度 α は次のように求められる²⁾。

$$\tan \alpha = \frac{L_x \sin \theta_x + L_y \sin \theta_y \cos \theta_x}{\sqrt{(L_x \cos \theta_x - L_y \sin \theta_x \sin \theta_y)^2 + (L_y \cos \theta_y)^2}} \quad (1)$$

3. 先端部における地下水

3-1. 雨水が基面から H_c だけ貯まった場合 降雨による浸透水が基面に達した時点から時刻を計測することになると、図-4のように H_c だけの水深になる時刻は、降雨強度を r 、土の空隙率を λ とすると

$$t = \lambda^{1/3} H_c / r \quad (2)$$

となる。降雨による水の供給量を Q 、先端部分への浸透量を Q_c とすると、先端部分から流出する水量は近似的にManning式の成立を仮定するとその表面流の水深 H は次のように求められる。

$$H = \left[\frac{2Mr t D - M \lambda H_c^2 (S_r - S_{r0})}{(\cos \theta_y / 2)^{2/3} \tan^{3/2} \theta_x t} \right]^{3/5} \quad (3)$$

ここで M : Manningの粗度係数、 H_c : 斜面中央部での地下水深である。

3-2. 側方流の流入が始まったときの先端部の地下水深 図-4に示すように側方流の流量はその水深 h として、

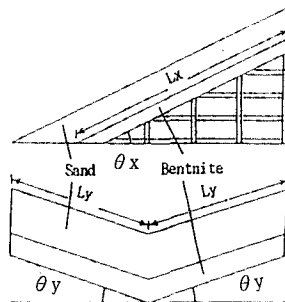


図-1 実験斜面

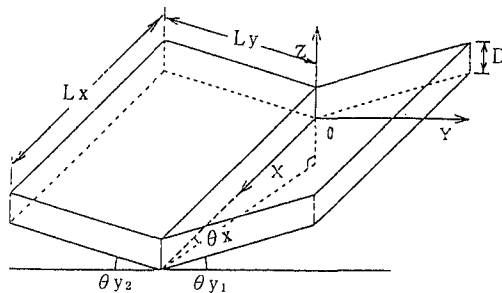


図-2 V字型斜面のモデル

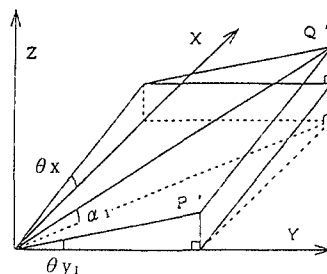


図-3 地下水の流下方向

$$Q_{sh} = h^2 K \tan \theta_x / \tan \theta_y \quad (4)$$

となる。この流入量を考慮して、3-1の場合と同様に考えると表面流の水深 H' は

$$H' = \left[\frac{2^{2/3} M \tan^{1/2} \theta_y}{t \cos^{2/3} \theta_y} \left\{ \frac{2 D r t - \lambda (S_r - S_{r0}) H_s^2}{2 \tan \theta_x} B - K \tan \theta_x \frac{h^2}{\tan \theta_y} \right\} \right]^{3/8} \quad (5)$$

と求められる。ここに S_{r0} ：初期含水比、 S_r ：時刻 t の含水比、 D ：斜面の土厚、 B ：表面流の流路幅である。

4. 斜面中央部での地下水流

図-5に示すように、 $OB_0'A$ に降った雨は中央部に集まって地下水流となるが、他の部分に降った雨は先端部から流出して、中央部の地下水流の形成には無関係となる。このことを考慮して中央部の地下水深 H_c は次のように求められる。

$$H_c = h + H_s = \left(H_s^2 + \frac{L_x L_y r \tan \theta_y}{K \tan \theta_x} \right)^{1/2} \quad (6)$$

ここに h は側方流による水深で次式の解として求められる。

$$h^2 + 2 H_s h - \frac{\tan \theta_y}{K \tan \theta_x} L_x L_y r = 0 \quad (7)$$

この地下水深 H_c が土層厚 D となった時、地表面流が形成され、 $H_c = D$ の条件を用いることにより、表面流が流れ出す時間 t_s 、およびその位置 x_s が決定される。また先程と同様に、Manning式を仮定することにより、地表面流の水深 H も計算できる。このようにして地表面流の水深が求まると、それによる掃流力 $\tau = \rho g H I$ も計算でき、この τ が土の平均粒径による限界掃流力 τ_c より大きくなった時、土粒子は流出し、階段状崩壊³⁾が発生する。

5. むすび

以上の理論的考察結果を階段状崩壊の発生した実験結果により、その妥当性について検討した結果を図-6に示す。図に見るように、定量的にはまだ若干の問題があるようである。これはスプリンクラーで降雨を与えたため、風の影響を受けたこと等実験値にも精度上問題があったせいと考えられる。しかし、斜面全体が崩壊せず、やがて一定の状態となり、これ以上は崩壊は進行しない等全体の傾向は良く合っているものと思われる。崩壊の現象が以上のように $\text{cm} \cdot \text{sec}$ の単位で論じられる可能性が出てきた意味は大きいものと思われる。最後に本研究を行うに際し、ご協力いただいた青木和幸氏（大日コサルツ）に厚くお礼申し上げます。

参考文献 1) Y. Tanaka, Proc. International Sabo Symposium, pp. 433-438, (1995). 2) 岡田信彦、V字型斜面における斜面崩壊の発生条件、平成7年度岐阜大学工学部卒業論文（1996）。3) 田中祐一郎、後藤功次、階段状崩壊の発生とその堆積機構、岐阜大学工学部研究報告、第43号, pp. 1-6, (1993)。

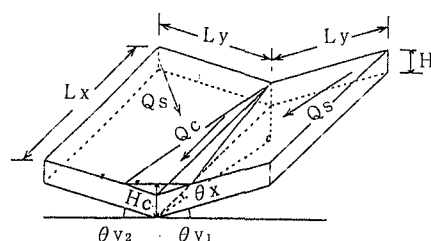


図-4 地下水流のモデル

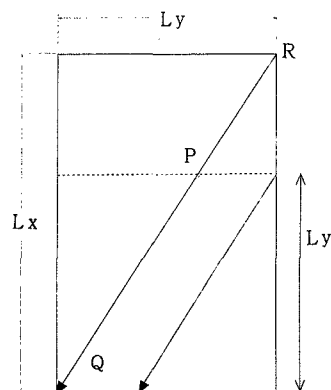


図-5 側方流の流入の様子

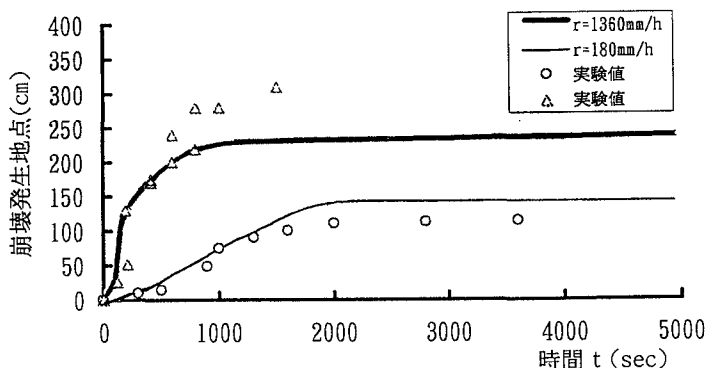


図-6 崩壊発生地点の変化