

階段状斜面崩壊の発生とその堆積

岐阜大学工学部 学生員 ○後藤 功次
 岐阜大学工学部 学生員 倉知 信実
 岐阜大学工学部 正 員 田中祐一朗

1. はじめに

近年、住宅地の丘陵地への接近に伴い、土砂災害が増加の傾向にある。こうした災害を軽減する対策の一つとして、発生の予知による避難方策が重要視されるようになった。この予知の信頼性を高めるためには、現象に関する我々の知識が重要となる。本研究は崩壊現象の一つである、階段状崩壊の発生機構とその堆積のメカニズムについて若干の検討を行ったものである。

2. 崩壊形態

斜面崩壊には全層崩壊と階段状崩壊の二種類の形態がある。前者は降雨により形成された地下水の水位が斜面の土質諸量の条件によって決定されるその斜面の限界水位を越えたとき、土層全体が一時に崩れ落ちる現象である。それに対し、後者は降雨による浸透水が不透水基面に蓄えられ、飽和状態となり、それを越える降雨は表面流となって斜面を流下する。粒径が小さいとき、この表面流による掃流力が限界掃流力を越える場合、砂粒子は移動する。この土砂の流出により、上方の土砂は支持力を失い、上方へと小崩落が後退して行く現象を階段状崩壊と名付けることにする。限界摩擦速度 u_c は岩垣¹⁾の限界掃流力の式を用いることによって求めることができる。次に摩擦速度 u を算定するために、図-1のような斜面先端部分をモデル化する。降雨強度 r のうち、透水係数 k を越える降雨量については浸透することができず、表面流となって流出することから浸透距離 Dw は次のようになる。

$r < k$ のとき

$$Dw = \frac{rt}{n(S_r - S_{re})} \quad (1)$$

$r \geq k$ のとき

$$Dw = \frac{kt}{n(S_r - S_{re})} \quad (2)$$

n : 土の間隙率 S_r, S_{re} : 飽和度

また降雨量 Q は

$$Q = \frac{rtDwB}{\tan\theta} \quad (3)$$

土中への浸透水の流入量 Q_s は

$$Q_s = \frac{n(S_r - S_{re})Dw^2B}{2\tan\theta} \quad (4)$$

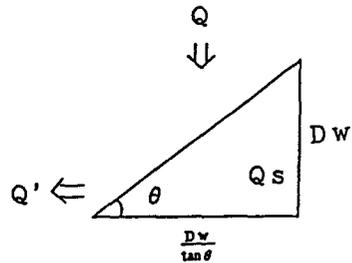


図-1 斜面先端モデル

斜面先端よりの流出量 Q' は $Q' = Q - Q_s$ となる。また、 Q' の水深を H 、流速 v とすると連続の式より

$$Q' = vHBt = Q - Q_s \quad (5)$$

が成立する。ここで、表面流速 v はマンニングの平均流速式を用い、(5)式に(1)(2)(3)(4)式を代入して、水深 H を求めると次のようになる。

$r < k$ のとき

$$H = \frac{Mr^2t}{2n(S_r - S_{re})\tan^{3/2}\theta} \quad (6)$$

$r \geq k$ のとき

$$H = \frac{Mk(2r - k)t}{2n(S_r - S_{re})\tan^{3/2}\theta} \quad (7)$$

M : マニングの粗度係数

水深Hに比べて流路幅Bは十分に広いので径深 $R = H$ として掃流力 τ_0 及び摩擦速度 u_* を求める。

$$\tau_0 = \rho g R I = \rho g H I \quad (8)$$

ρ : 水の密度、 I : 動水勾配

$$u_* = \sqrt{\tau_0 / \rho} \quad (9)$$

上記のように得られた摩擦速度 u_* と限界摩擦速度 u_{*c} とを比較し、 $u_* > u_{*c}$ の関係式が成立することが階段状崩壊を引き起こす条件である。

3. 階段状崩壊モデル

階段状崩壊は降雨の浸透と深く関係があるという点に着目して崩壊モデルを図-2のように考える。斜面の先端が点Bで、これを原点に取り、鉛直方向にZ軸、斜面に向かって水平方向にX軸の座標系を取る。浸潤線Dwは(1)(2)式を用いる。

また、堆積勾配 ψ は高橋²⁾の土石流の堆積勾配で置き換えることにする。

$$\tan \psi = \frac{C \cdot (\sigma - \rho)}{C \cdot (\sigma - \rho) + (1 + h/d)} \cdot \tan \phi \quad (10)$$

ϕ ; 土の内部摩擦角、 ρ ; 水の比重、
 σ ; 土の比重、 C ; 静止堆積土層の土の容積濃度、 h ; 表面流の水深

浸潤線が既に基面に到達している部分の土砂は流動状態にあると仮定し、点Cの上にあたる斜面上の点をDとおき、D点から堆積勾配 ψ の線を引き、この線により生じた流出土砂三角形ABDは同じ斜面から流出したものであるから、同じ体積分だけ削り取られなければならない。

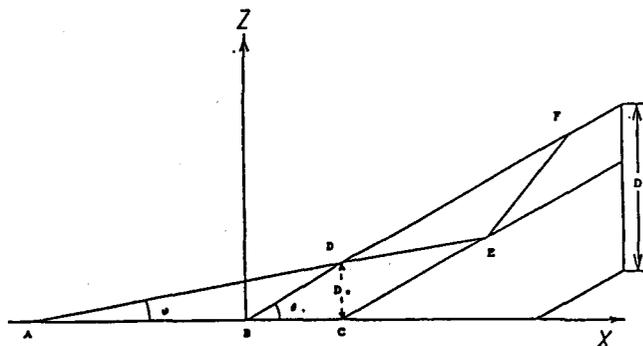


図-2 階段状崩壊モデル

なければならない。つまり、堆積土量三角形ABDと崩壊土量三角形DEFが等しいという関係が成立するはずである。そして、崩壊土砂は、浸潤線よりも上であることから三角形DEFが決定する。土量が等しいことから崩壊地点Fを求める。以上の事を式で表すと次のようになる。

土砂流出先端距離 : 線分AB

$$AB = Dw \left[\frac{1}{\tan \psi} - \frac{1}{\tan \theta} \right] \quad (11)$$

任意の時間の斜面下から崩壊している地点までの距離 : 線分BF

$$BF = \frac{Dw}{\cos \theta \cdot \tan \psi} \quad (12)$$

土砂流出距離 : 線分AE

$$AE = \frac{Dw}{\cos \psi} \left[\frac{1}{\tan \theta - \tan \psi} + \frac{1}{\tan \psi} \right] \quad (13)$$

4. あとがき

モデルに即した模型実験を行った結果、この階段状崩壊モデルは崩壊の様子をある程度良好に表している。実験結果と理論との比較については、講演時に発表する。

【参考文献】 1) 岩垣雄一 限界掃流力に関する基礎研究 土木学会論文集 第41号

2) 高橋 保 土石流の停止・堆積機構に関する研究(1) 京大防災研究所年報 第22号