

土石流の発生機構に関する研究

岐阜大学工学部 正会員 河村 三郎
岐阜大学大学院 学生会員 〇星野 正文

1. はじめに 人工降雨により発生させた土石流は、流水により発生させた土石流と形態が多少異なるようである。流水により発生した土石流については、従来から、多くの実験的、理論的研究がなされてきた。著者らは、降雨の浸透により、斜面の堆積物が流動し土石流となる現象について、実験的研究を行った。実験は、実験水路に砂を一樣な厚さに敷き、水路全域に人工降雨を降らせるという方法をとっている。このような実験によって得られた結果について、若干の考察を行ったので、ここに報告する。

2. 実験装置および実験方法 実験水路は、図-1のような、透明なアクリル製の幅15cm、高さ20cm、長さ4mのものである。水路床には、滑動を防ぐために、 $D_{50} = 0.43\text{mm}$ の砂をはりつけ粗度を与えた。降雨装置は水路全域にほぼ等しい強度の降雨を降らせることができるようにしてある。実験は、水路こう配を 15° 、 20° 、 25° 、 30° の4種類について行い、それぞれの水路こう配に対し、敷厚を5、7.5、10cmとし、実験砂を水路全長に敷いて行

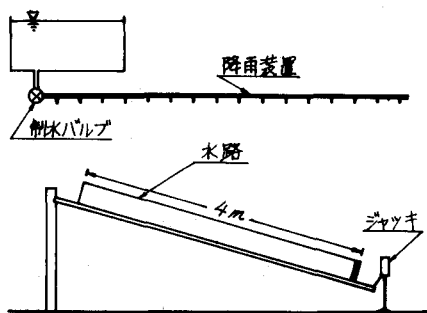


図-1 実験水路

った。各水路こう配、敷厚に対し、 $500 \sim 1500\text{mm/hr}$ の降雨強度の人工降雨を5種類程度降らせた。このような方法で発生させた土石流を、モータードライブカメラと8ミリカメラで撮影し、土石流先端部の形状、盛り上がり高さ、流速を測定した。土石流発生時間は、降雨を降らせ始めてから、堆積層が流動し始めるまでをストップウォッチで測定し、土石流発生時間とした。土石流先端部の平均容積濃度は、流下中の土石流先端部をビーカーですくって、その濃度を測定し、土石流先端部の平均容積濃度($C_m, \%$)とした。

3. 土石流の発生 斜面堆積層に降雨が浸透することによって、浸透流が発生する。さらに、降雨が継続すれば、浸透流の水位が上昇し、やがて、自由水面が堆積斜面に接するようになる。浸透流が地表面に接するような厚さの堆積層においては、表面流の発生とともに、作用するせん断力が抵抗力

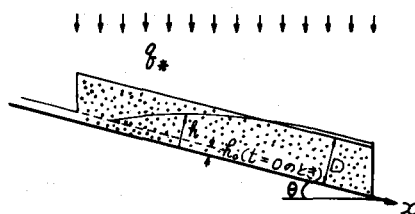


図-2 定義図

を上回り、流動する。表面流が発生した流れは、早い中間流であり、Darcyの法則が成立するとすると、

$$\frac{V}{k} = \sin\theta - \frac{\partial h}{\partial x} \cos\theta \quad (1) \quad \text{連続式は} \quad \lambda \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial(hV)}{\partial x} = g_*(t) \quad (2)$$

ここに、 g_* =降雨と斜面からの流入量、 λ =空けき率である。

式(1)と式(2)から、

$$\frac{\partial h}{\partial x} = -\frac{k}{\lambda} \frac{\partial}{\partial x} [h \sin\theta - h \cos\theta \frac{\partial h}{\partial x}] + \frac{g_*(t)}{\lambda} \quad (3)$$

右辺第一項は、第二項に比して無視できるので、

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{g_*(t)}{\lambda} \quad (4)$$

したがって、

$$h = \frac{1}{\lambda} \int g_*(t) dt + C \quad (5)$$

① $g_*(t) = \text{constant} = g_*$ のとき

図-2のように、 $t=0$ のとき $h=h_0$ として、式(5)を積分すると、
$$h = \frac{g_*}{\lambda} t + h_0 \quad (6)$$

表面流が発生する時間を T 、その時の砂層高を $h=D$ とすると、
$$T = \frac{\lambda(D-h_0)}{g_*} \quad (7)$$

雨水流入が斜面上のみの場合は、 $g_* = \gamma \cos \theta$ (8) となる。ここに、 γ は降雨強度である。

(ii) $g_*(t) = at^N$ のとき (ただし $N > 1$)

$$T = \left[\frac{(1+N)\lambda(D-h_0)}{Na} \right]^{1/(1+N)} \quad (9)$$

つぎに、堆積層の流動化については、高橋らは、流動化層が粒子の衝突によって分散を起し、堆積層が静止している場合の充てん濃度よりも小さい濃度になって、元河床上にのりあがるものと考えて、土石流先端部の平均容積濃度を与える式として、次式を求めている。

$$C_m = \frac{\tan \theta}{(\gamma_p - 1)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad (10)$$

ここに、 C_m = 土石流先端部の平均容積濃度、 ϕ = 堆積層の内部摩擦角、 γ_p = 土粒子の比重である。

4. 実験結果と考察 図-3は、土石流発生時間と表面流発生時間の関係を示すものである。ほぼ、式(7)

の関係が成り立つようである。しかしながら、大部分のデータが図中の $T = \lambda D / \gamma \cos \theta$ の直線より下にプロットされている。このことは、表面流が発生する直前に、土石流が発生することを示している。

図-4は、土石流先端部の平均容積濃度 C_m と、水路こう配の関係を示したものである。図からわかるように、人工降雨により発生させた土石流は、式(10)の関係と多少異なった傾向を示している。図中には、上流端からの給水によって発生させた土石流のデータも、参考までにプロットしてある。

降雨による実験は、実験材料が砂だけであるため、上流端給水による場合、および降雨による場合の両者を比較できなかった。今後、粒径、内部摩擦角の異なった材料について実験を行い、さらに降雨発生を時間的に変化させて(式(9)の場合)実験を行い、得られた結果を検討していきたい。

<参考文献>

1) 高橋：土石流の流動に関する研究 第31回土木学会年次講演会論文集 II-163

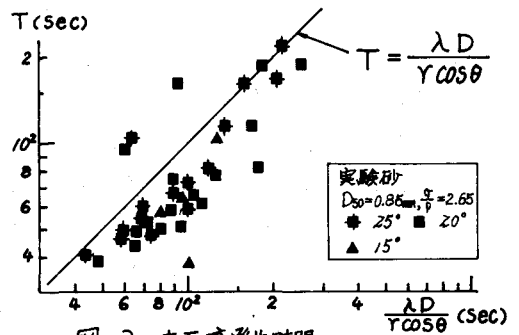


図-3 土石流発生時間

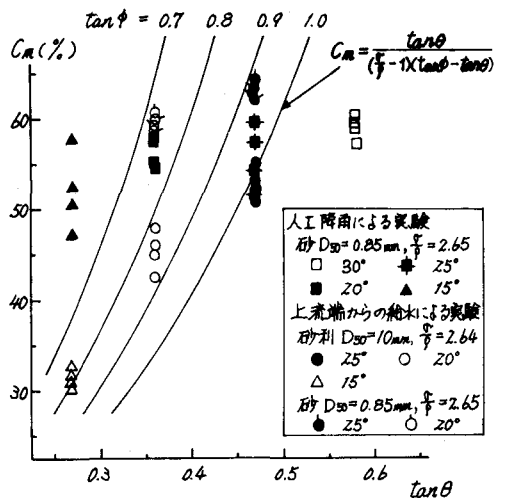


図-4 土石流先端部の平均容積濃度