

急傾斜水路における土砂の移動

京都大学防災研究所 正員 矢野勝正
 京都大学工業教員養成所 正員 大同淳之
 京都大学防災研究所 正員 角野 繪

1. 緒 言 溪流における土砂流出を増大させる要因として、泥水の効果および一般に集合運搬と呼ばれる輸送形態の2つが考えられる。泥水が土砂輸送に果たす役割は決して軽視できないが、巨石と数百mにわたって輸送する現象を説明するにはいたっていないようである。一方、集合運搬については、その言葉は多くの機会にふれられているが、その機構はほとんど明らかにされていない。このことは、実際の現象の観測が困難であるために、実態が把握されておらず、また集合運搬の発生を期待して行なわれた実験も、往々にしていわゆる掃流現象の領域に終始して、実験水路の規模では容易に砂れきの集合運搬としての現象を作り出すことがむづかしかったことにも起因する。著者らは、急傾斜水路で人工軽量骨材の砂れきの上に水と流したとき、堆積砂れきが波状にもり上りながら流下する現象が生ずることを見い出した。この砂れきの移動形態と、溪流において発生する砂れきの集合運搬の一形態と見なし、その発生限界と移動機構について、二、三の実験を行なった。また、集合運搬の形式で移動してきた砂れきが、扇状地に堆積する過程についても若干の実験を行なったのでその結果について報告する。

2. 実験装置および方法 実験に用いた水路は、幅25 cm、高さ45 cmおよび長さ約3.5 mの鋼製水路で片面約2.8 mの部分ガラス張り、横から写真撮影が可能ないようにしてある。上流側は金あみを挿入して堰から流入してきた水が土砂層内に一様に浸透できるようにし、下流側は閉塞されている影響をふせぐため、長さ30 cmおよび厚さ10 cmのスポンジを入れて砂層中の移動を生じたとき末端でも動けるよう考慮した。また、水路底面には $d_{50}=4\text{ mm}$ の砂をはりつけて、境界面の摩擦が砂層内のせん断抵抗より小さくなるのをふせいだ。実験に用いた砂れきは人工軽量骨材で、粒径15 mmおよび比重1.29である。河床の砂れきの移動状態は、モータードライブカメラで1/2 sec間隔でガラス面より撮影した。また、堆積過程の実験水路は、幅20 cm、高さ30 cmおよび長さ7 mの鋼製水路で上流側に貯水槽をそなえている。上述水路と同様に、河床に $d_{50}=4\text{ mm}$ の砂をニスづけして粗面とした。こう配は1/4である。

3. 実験結果とその考察 実験は主として、河床が現河床よりもり上る現象の発生または砂れき層内のびずみの発生の有無に重点をおいて行なった。実験から観察された現象の様子はつぎのようである。この人工軽量骨材の砂れきでは、こう配(ただし静止摩擦角以下のこう配)および最初の砂れきの敷厚さの如何にかかわらず、砂れき中が完全に水で飽和されても、床面に水が浸透するまでは、砂れきの移動がおこらない。一方、若干の水が河床面ににじみでると、掃流形式で土砂が移動しはじめる。このときの水深は、粒径または粒径の1/2程度で、全面的に表面流が生じていないので、転動してきた砂れきは表面流のせ

き止めの役目をはたし、その上流側では水深が増して掃流現象はますますさかんになり、下流側では、せき上げ効果のため水流は砂層中にもぐってしまい、表面流がなくなって、せき上げ効果をますます助長する。このせき上げがある程度進むと、上流側に湛水した水の水圧によって砂層中にもひずみが生じ、砂層内にすべり面を形成し、このすべり面から上部の砂が下流側の砂層の上にのりあげていく。河床面では、掃流現象で砂れきの波形を下流に押し下げているから、すべり面の位置も次第に下流に動く。この現象は、かなりゆるいこう配 ($i=0.056$) でも発生し、若干のもり上りと、砂層内の砂れきの移動が観察された。図-1は砂れき層内の粒子の移動

状況を示したものである。砂れき層内の記号は $1/2$ sec 間に粒子が移動した距離および方向を表わしており、クレスト後方では、ほゞ一樣に砂れきが移動しているが、前面では砂れきが上方に移動し、砂れき層内にひずみが生じていることがわかる。このことは、砂れきが掃流のみで輸送されているのではなく、いわゆる集合運搬の形で移動していることを示している。図-2は砂れき堆のクレストの高さの流下距離に関する変化を示したものであり、流下距離の増加にともな

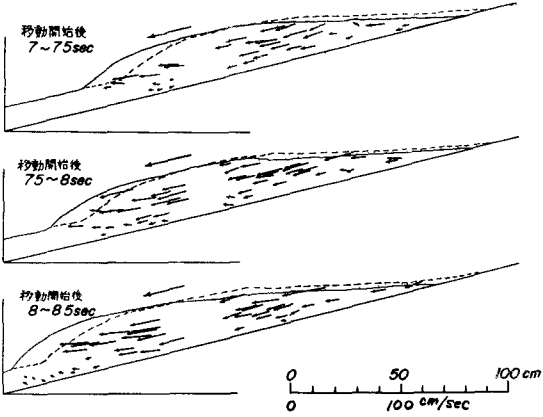


図-1 砂れき層内の粒子の移動状況

なっていて砂れきのもり上り高さは増加している。図-3は砂れき堆のクレストの移動速度と 4.5 sec 間の平均速度としてあらわしたものであり、かなりのばらつきが見られるが、流下距離の増加につれて移動速度は増加の傾向にある。このような形式で

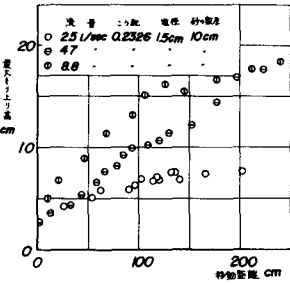


図-2 クレストの高さ

の流下距離に関する変化移動してきた砂れき堆が、平面に堆積する場合の形状を検討したものが図-4である。縦軸は平面に土砂が堆積したときの流下方向の距離とそれの直角方向の距離との比を表わしたものであり、横軸は殺波の水量である。堆砂高 5 cm の場合は堆砂高 10 cm の場合よりも掃流力が同一水量では大なるため、砂れきは遠方まで運ばれて堆積する。最後に、有益な助言をいただいた土屋助教授および種々討議に加わっていただいた道上助手に感謝するとともに、実験を手伝っていただいた京大大学院学生白川君に感謝の意を表す。

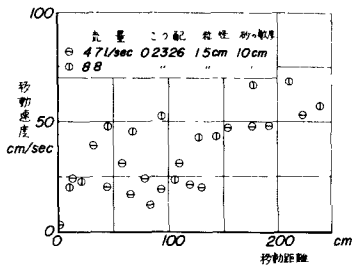


図-3 移動速度の変化

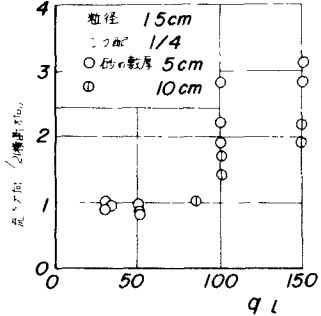


図-4 堆積砂れきの大きさ