

急傾斜水路における土砂の移動(II)

京都大学防災研究所 正員 矢野 勝正

(株)新日本技術コンサルタント 正員 角野 稔

1. はしがき 流水による土砂の輸送形式は、各個運搬と集合運搬の2つに大別され、土石流あるいは山津波という言葉で表わされている土砂流出の形態は、集合運搬によって土砂移動が行われれると考えられている。著者らは、昨年度関西支部年次講演会にて、軽量骨材を用いて集合運搬としての砂れきの移動形態について二、三の実験結果を報告した。今回は山砂利を用いて前回の報告と同様な実験を行なったのでその結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法 実験に用いた水路は、幅40cm、深さ30cmおよび長さ約15mの鋼製のもので、片面ガラス張りである。こう配は水平から約1/2まで変化できるようになっており、流量は上流端の水槽より流入させた。また、水路底面には実験に使用した砂れきと同一砂れきとを接着し、境界面の摩擦が砂れき層内のせん断抵抗より小さくならないよう考慮した。水路の上流側は金網を挿入し、水槽から流入してきた流水が砂れき層内に一様に浸透できるようにし、下流側は下流端からの浸蝕を防ぐために砂れき層厚と等しい高さまで土砂止めをもうけた。流下現象の撮影には、モータードライブカメラを使用した。また、この実験に使用した砂れきは粒径0.75cm、比重2.55のぼー様山砂利である。

3. 実験結果とその考察 a) 砂れき層内のすべり面の発生限界: 水路河床上に敷厚約5cm、10cmおよび15cmの3通りの砂れきと敷きなうべ、上流側からさめめてやつくり流量を増加させていき、砂れきが移動開始するまで続け、その後その流量を持続させ砂れきの移動状況を観察した。実験水路の機能上、最急こう配0.4/3まで適当に変化させた。図-1は砂れきが集合運搬として移動したときの流量とこう配との関係と敷厚ごとに整理しプロットしたものの一例である。その結果、この砂れきが集合運搬形式で流下する限界こう配は、ほぼ0.33ぐらいで、こう配が0.286のときは、砂れき層内は浸透流で飽和されその後流量を増加させても砂れき面上を環流で砂れきは流下し、蛇行が生じ小山の発生は見られなかった。この図には集合運搬形式で砂れきが流下したときの値のみ記した。この限界こう配付近での砂れきの移動状況は、ほぼ砂れき層内は浸透流で飽和され、その後流量の増加により、最初掃流形式で砂れきが移動を開始し砂堆を形成する。

この砂堆の上流側では水深は粒径の2~3倍程度であるが、下流側では表面流は生じない。この砂堆の高さは後述する実験の場合ほど高くなるが、せいぜい敷厚の1/2程度であるが、この砂堆の長さはかなりの距離にわたって続く。こう配が急になるにしたがって表面流が少なくなり、こう配0.4/3の場合は表面流が生じないでそれ以前に砂れきが移動し、砂堆を形成しながら流下する。一般に粘着力なり砂からなる斜面に浸透流がある場合に、斜面が安定な限界こう配には、砂の水

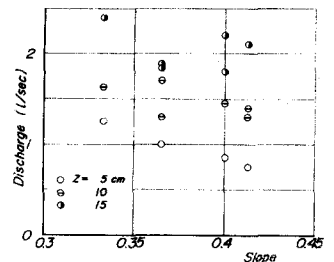


図-1 砂れきが移動開始時の流量とこう配との関係

中単位重量を γ_s , 飽和単位重量を γ_s , 砂の内部摩擦角を ϕ とすると, $\tan \phi_c = (\gamma_s/\gamma_s) \tan \phi$ (1) であらわれる。すなわち, 透水がばりとき安定であった領域が, 浸透によってすでに不安定な状態になっており, 流量の増加によりすべりをおこすものと思われる。従来, この種の斜面の安定実験では, 斜面の法線が開放の状態になっていたため, 下方から崩落する現象が数多く観察されているが, もし下流端が支えられている斜面であるならば, この実験で示されるように, 上方から小さいすべりが斜面上をより上げ, つぎのすべり面の荷重となり崩落することになる。このように考えると, 砂層内に移動の生ずる限界は式(1)の限界こう配 i_c が一つの規準となる。この実験砂れきの水中内部摩擦角は約 0.343 であるから, ほぼ実験結果と一致する。したがってこの配が危になると, すべての砂れきが飽和しなくても限界こう配以上となり砂れきは流下することになる。しかし土砂の移動量は, すべて同時に移動するのではなくて, かなりの量が残され, むしろその砂れきが掃流によって砂堆の通過後運ばれるものが多い。しかし現在の資料では移動土砂の集合運搬と掃流運搬とは判明しない。

この急こう配水路において生ずる単一砂堆の発達過程: 前述したように砂れきの移動は, 浸透流の有無によってかなり影響されることがわかった。ここではその浸透流を変化させて砂れきの移動現象を解析したものである。この実験における土砂の移動は表面流によって始まり, 砂堆を形成する。砂堆の上流側では水深を増し下流側では表面流が消失して, まるまる砂堆の発達を助長し, 一般の移動床にみられる砂堆の移動と同じように砂堆背面の砂をはくりして砂堆前面に堆積し, 砂堆を次第に下流に移動させる。ただ一般の砂堆と異なるところは, 砂堆の背面にだけ流れが生じ, 下流側では表面流が生じないことである。図-2 は砂堆の先端が移動する時間的変化を示したものの一例であってこの配 0.400 , 敷厚 10cm とするものである。図中の記号は表-1 に示すように最初参考流と

	この配	敷厚 cm	初期流量 l/sec	最終流量 l/sec
Run 1-1	0.400	10	1.20	3.50
Run 1-2			0.80	
Run 1-3			0	

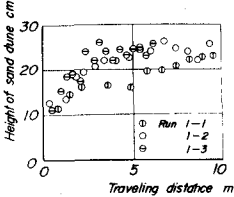
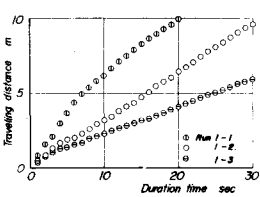


図-2 砂堆の先端が移動する時間的変化

図-3 砂堆の頂上の距離的变化

表-1 実験条件
して流量を流しておきその後急激に流量を増加させたときの実験結果である。この図から明らかなことは, 浸透流の存在が砂れきの移動にかなり影響し, Run 1-1 の場合にはその速度が変化しているが, このことは最初掃流運搬が卓越して, その後集合運搬に移行していくものと思われる。次に砂堆の頂上が流下するにつれてどのように変化するかを示したものが図-3 である。この図によれば砂堆の頂上は流下とともに急激に増加していくが, ある程度流下すると増加率は減少する傾向にある。しかし, 実験時の観察によるとその砂堆の長さは時間の経過とともに長くなっていく傾向がみられる。最後に, この実験を行なうにあたって種々御教示下さった大阪府立工専大同助教授に感謝するとともに, いろいろと討議に参加して下さいた砂防研究室の皆さんに心から謝意を表す。