

日本大学工学部 正員 木村 喜代治
同 正員 〇高橋 迪夫

1. は し が き

急勾配上の土砂が水分を含み、この水分が増大してある量になると流動化し、いわゆる集合運搬を形成するが、勾配が緩やかであると、上流からの水分の供給があつたとしても集合運搬とはならず、流れは土砂の表面を流れ、通常の河川の流れとなる。もちろん、この流れが限界掃流力以上であれば掃流土砂は存在するが、しかし、これは集合運搬ではない。したがって、土砂の集合運搬に関する問題として、勾配がどの程度以上になれば水分の供給によって集合運搬を形成するか、言い換えれば、土砂が集合運搬を形成する限界の勾配はいくらかを知ることは、非常に興味深い問題と考えられる。

この問題については、粒径の比較的大きな底質土砂に対する矢野・大同・角野各氏の報告⁽¹⁾、また、移動層中に含まれる砂の濃度を求めることにより検討を加えている大同氏の報告⁽²⁾等がある。我々も前年の年次講演会において、集合運搬の限界勾配に関して一部報告⁽³⁾したが、水路の可傾装置の構造上、細かい数値を得ることはできなかった。そこで、今回はアクリル製水路を用い、また、可傾装置を改善し、土砂が集合運搬の形式によって運搬される限界の勾配を実験的に更に細かく調べることにした。しかしながら、実験によりこの勾配の限界点を見出すということは仲々困難なことであるので、流動部、特にその先端部の発達過程に着目し、流動先端部高の流下距離による変化と水路勾配との関係を、供給水量および底質土砂の粘土含有の割合を種々変化させることによって求めた。

2. 実験方法

実験水路は、長さ400 cm、幅5 cmのアクリル製のものを用い、水路底面には人工的な粗さを与えるために網目の大きさを1.8 mm、針金の太さを0.3 mmの網を敷いた。また、底質土砂として砂(粒径0.3~0.6 mm、比重2.64)だけのものと、砂に粘土(セリサイト、比重2.81)2.5%を加えたものを用い、それぞれに初期含水比25%の水を加えて10 cmの厚さに敷き均した。これに、上流より流量 $Q=30.0, 40.0, 50.1, 59.9 \text{ cm}^3/\text{s}$ の4種類の水を定常的に流し、水路勾配を 10° ($\tan i = 0.176$) から 20° ($\tan i = 0.364$) まで 1° 間隔で変化させ、その各々について測定を行なった。

測定は、水路の上流端より100 cmのところを基点として、この基点より240 cmまで40 cm 毎に流動先端部の高さを測定した。同時に、流下速度を測定し、流下状況を観察し写真に撮った。

3. 実験結果および考察

底質土砂として砂だけを用いた場合の流動先端部高 h (cm) と流下距離 l (cm) との関係を、流量 $Q=30.0 \text{ cm}^3/\text{s}$ について表わしたのが図-1である。他の流量に対しても同様な傾向を示している。この図より明らかなように、水路勾配 $\tan i = 0.249$ 以下では h は発達することなく、 l にかかわらずほぼ一定の値を示している。すなわち、この勾配以下では、土砂は各個運搬形式で運搬されているということが言える。しかしながら、勾配が0.268になると、わずかではあるが h の値は l にほぼ比例して増加するのがみられるようになり、これは流下状況の観察によっても、はっきりと認められる。さらに、これより勾配が大きくなると、勾配の増加と共に h の発達の割合は大きくなっていく。すなわち、勾配が0.268以上では、土砂は集合運搬形式で運搬されているということが言える。したがって、集合運搬の限界勾配は0.249と0.268との間にあると考えられる。これを求めるために、各々の勾配における $h-l$ 直線の勾配を $\varphi = \Delta h / \Delta l$ として、水路勾配との関係を求めてみ

ると、図-2の①のようにほぼ直線で表わすことができ、この直線と $\varphi=0$ （すなわち、 $f_i = \text{const.}$ ）との交点の勾配の読み0.257が土砂を集合運搬形式で運搬する限界の勾配であると考えることができる。他の流量についても同様に $\varphi - \tan i$ の関係を求めてみると、図-2の②～④のように表わすことができる。この図より、流量の違いによって φ の大きさにはそれ程顕著な影響は表われていないが、流量の増加に伴って限界勾配は小さくなるようである。

次に、粘土2.5%を含有した底質土砂を用いた場合の $f_i - l$ の関係を流量 $Q = 30.0 \text{ cm}^3/\text{s}$ について求めてみると、砂だけの場合と同様に図-3のようになり、これより、 $\varphi - \tan i$ の関係は図-4のように表わされる。これらの図より、底質土砂が砂だけの場合に比較すると、 f_i の発達は全体的に小さくなっており、また、限界勾配も各流量共少しずつ大きく表われていることがわかる。これらは、粘土の影響によって流動性、粘着性が増しにくめと考えられる。

以上の結果より、種々の実験条件における集合運搬の限界勾配の値をまとめてみると、表-1のようになる。

底質粘土含有率 $Q(\text{cm}^3/\text{s})$	0 %	2.5 %
30.0	0.257	0.260
40.0	0.244	0.249
50.1	0.242	0.247
59.9	0.238	0.243

表 1 限界勾配 ($\tan i$)

<参考文献>

- (1) 矢野勝正・大同淳之・角野稔：土石流の発生限界に関する実験，京都大学防災研究所年報，第10号B，昭42.3.
- (2) 大同淳之：堆積物の集合流動の発生限界，第17回水理講演会講演集，昭48.2.
- (3) 木村喜代治・高橋通夫：土砂の集合運搬に関する二・三の実験，第27回年次学術講演会，昭47.10.

