

九州大学工学部 正員○橋本 晴行
九州大学工学部 正員 橋 東一郎
日本鋼管 山本 行範

I. まえがき 土石流の先端に巨レキが集中してくることはよく知られた土石流の特徴のひとつである。これについては、従来、粒子間の衝突力による逆グレイディング現象に起因するとする考え方^{1) 2)}や土石流段波先端での圧力勾配によるとする説などがあるが、いずれもその説明としては十分ではない。従って本研究では、その機構を明らかにするための第一歩として、詳細な実験的観察を行ったものである。

II. 実験方法 粒径 $d = 4.6\text{mm}$ (密度 $\sigma = 2.59\text{g/cm}^3$)、 8.1mm ($\sigma = 2.63\text{g/cm}^3$)、 14.7mm ($\sigma = 2.61\text{g/cm}^3$) の3種の均一な砂レキ粒子を基礎的材料とし、実験Run 1では 4.6mm と 14.7mm の粒子を容積比 $V_s : V_L = 4 : 1$ で混合した材料を、Run 2では 4.6mm と 8.1mm の粒子を $V_s : V_L = 4 : 1$ で混合した材料を、Run 3では 4.6mm と 14.7mm の粒子を $V_s : V_L = 1 : 1$ で混合した材料をそれぞれ河床材料とした。上記の材料を長さ7m、幅20cmの水路に厚さ10cmで均一に敷き、予め水で飽和させておいてから、上流端から単位幅流量 $200\text{cm}^2/\text{s}$ で急激に給水して土石流段波を発生させた。粒子の速度分布や、大粒子の個数分布は上流から $x = 5\text{m}$ の側壁35cm区間を、大粒子の軌跡は $x = 4.2\text{m}$ の側壁1m区間をそれぞれ16mm高速度カメラで撮影して求めた。さらに下流端では土石流を先端部から後続部にかけて採取し、輸送されてきた小粒子と大粒子の混合比を求めた。

III. 実験結果 1) 小粒子が多い場合 採取した土石流における大粒子の全粒子に対する容積比 $V_L/(V_s + V_L)$ もRun 1について先端から後続にかけて示したのが図1である。先端ほど輸送される大粒子の割合が高いことが分る。Run 2についても同様である。土石流先端部の輸送砂における $V_L/(V_s + V_L)$ もRun 1, 2について示したのが図2である。低勾配ほど、且つ粒径比が大きいほど先端部の大粒子の輸送の割合は高くなることが分る。次に撮影した16mmフィルムより、流動層を水深方向に等分割して、面積 $A = 2\text{cm} \times 35\text{cm}$ の側壁に接触する大粒子の個数 N_L を読み取り、個数密度 $D_N = N_L/A$ を求めさらに原河床の D_{N0} で無次元化した結果が図3である。表面ほど大粒子が多いという逆グレイディング現象が明白である。また先端部では後続部に比較して個数密度が高い。これらは図1

の結果を裏づけるものである。即ち、先端部で輸送される大粒子の割合が大きいのは、逆グレイディング現象によって表面付近に集中した大粒子が速い表面速度で先端部に集中してくることによると考えられる。

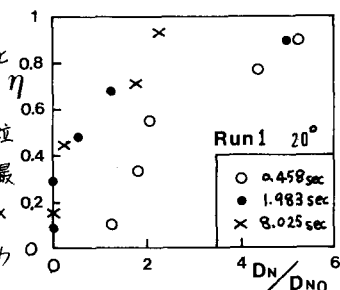
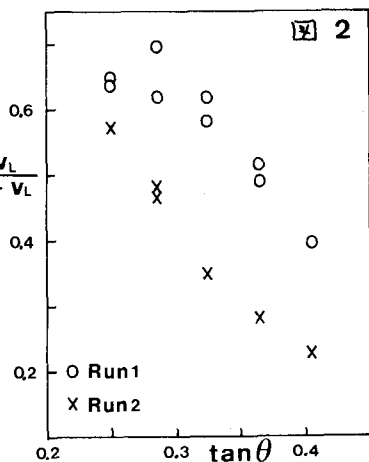


図 3

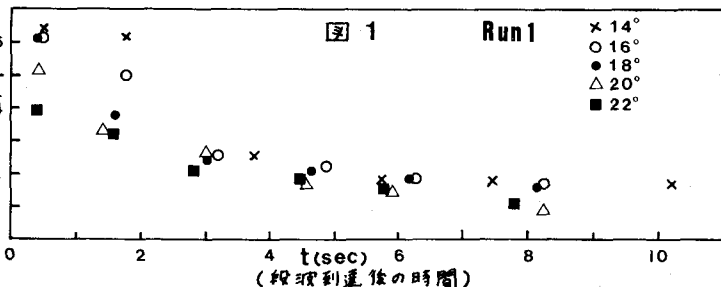
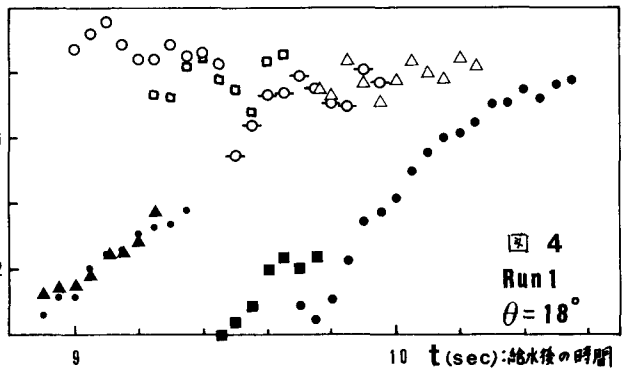
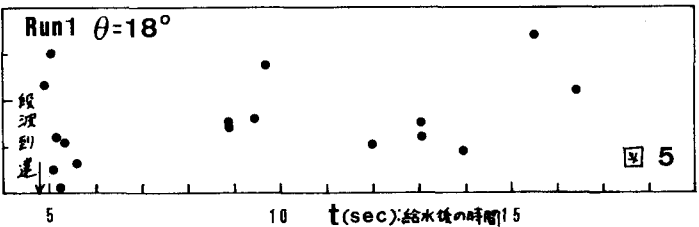


図 1

逆グレイディングが生じる過程を調べるため、Run 1 の 1 m 区間を撮影した 16 mm フィルムより大粒子を追跡し、粒子の河床からの高さを局所水深で無次元化したものの時間変化を示した例が図 4 である。図の黒ぬき記号は移動開始後の大粒子の軌跡であり、白ぬき記号は上流側から撮影区間に流れて来た大粒子の軌跡である。静止していた大粒子は移動開始後ある時間を経たのち上昇軌道に入る事が分る。一方表面付近の大粒子は、ほぼ表面に沿って移動している。静止していた粒子が移動開始後上昇軌道に入るときの η の時間的变化率を図 4 より、直線近似して求めた結果が図 5 である。追跡可能な粒子が少いたため明白な傾向は見られないうが、しいてあげれば、先端到着後では上昇率の低い粒子が多いが、後続流では上昇率は概して高いようである。



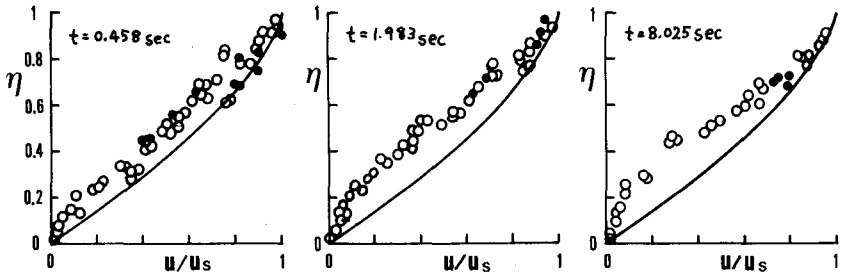
粒子が上昇する機構については、²⁾ 粒子間の衝突力によるものとする考えが $\frac{\Delta \eta}{\Delta t}$ あるが、その基本において図 6 の実線で示される速度分布を前提としている。しかし実験値は一般にそれに適合しておらず、上述の考え方は必ずしも妥当であるとは思われない。



2) 大粒子が多い場合

図 7 は Run 3 における土石流の流動層において大粒子と小粒子の高さの時間的变化を示したものである。大粒子に比較して小粒子は落下していることが分る。従って接触する大粒子間の間隔が

Run 1 $\theta = 20^\circ$ ●: $d = 14.7 \text{ mm}$, ○: $d = 4.6 \text{ mm}$, t: 線形到着後の時間 図 6



ふり回りの役割をなし、その間隔をぬって小粒子が下方へ落下することにより、逆グレイディング現象が生じるものと考えられる。

IV. あとがき 逆グレイディング現象は、小粒子が多い場合は大粒子が上昇することにより、大粒子が多い場合は小粒子が落下することにより生じる。しかし前者の機構については今後の課題である。

(参考文献) 1) 大同: 第 18 回水理講演会論文集, 1974. 2) Takahashi, T; J.H.Y. ASCE. Vol 106, 1980 3) 平野・岩元・猿渡: 第 22 回水理講演会論文集, 1978.

