

京都大学大学院 塩野祐司
 京都大学農学部 水原邦夫
 京都大学農学部 武居有恒

○ はじめに 土石流の流動式について高橋は、Bagnold が粒子運動の激しい領域において提案した、 $P = a_i \cos \delta \times \lambda^2 d^2 (\frac{dy}{dy})^2$ ①、 $T = \tan \delta P$ ② なる式を開水路定常等流に対して適用し、 $a_i \cos \delta \times \lambda^2 d^2 (\frac{dy}{dy})^2 = C_d (\delta - P) g (h - y) \cos \theta$ ③ $a_i \sin \delta \times \lambda^2 d^2 (\frac{dy}{dy})^2 = \{C_d (\delta - P) + P\} g (h - y) \times \sin \theta$ ④ という釣合式より、両式が成立するための条件より流下濃度を与える式 $C_d = \frac{P \tan \theta}{(\delta - P)(\tan \delta - \tan \theta)}$ ⑤ および、平均流速式 $U = \int_0^h dx \left[g \sin \theta / a_i \sin \delta \cdot \{C_d + (1 - C_d) \frac{P}{\delta}\} \right]^{1/2} R^{3/2}$ ⑥ を与えている。本研究においても同様の考え方にもとづき、実験的に土石流の土砂濃度、流速、流速分布につき測定を行ない検討を加えた。

○ 実験の概要 実験は図-1のように、長さ700 cm 幅7.5 cm 高さ20 cm の両側面アクリル樹脂製の水路に、相対として底面に粒径約1 mm の粒子を接着したものにおいておこなった。水路 (I: 20° ~ 15°) に均一な濃度に攪拌した標準砂 ($d_m: 0.2 \text{ mm}$ $G: 2.6$) を上流端より定常的に供給し、その流下過程を観察すると同時に、土砂容積濃度の測定および、水路側面より16 mm ムービーカメラにより、流動状態を検討するために混入した粒子の撮影を行なった。

○ 実験結果および考察

土砂濃度 土石流において定常状態でないもので、洗掘または堆積をしながら流下するのであるが、本実験においては固定床であるために、堆積を行なったものについて土砂濃度の検討を行ない、定常状態で流下したと思われる土砂濃度の推定を行なったところ、I = 20° において $C_d = 47\%$ 、I = 17° において 43%、I = 15° において 42% という結果が得られた。これらの値を⑤式において検討を行なうと、I = 20° において $\tan \delta = 0.643$ 、17° において $\tan \delta = 0.602$ 、15° において $\tan \delta = 0.559$ となり、勾配 (土砂濃度) によって $\tan \delta$ の値が異なることが認められた。

流速 ⑥式により実験値の検討を行なう。Bagnold によると定数 a_i は、 $\lambda < 12$ に対しては $a_i = 0.042$ 、これより大きい λ に対しては a_i は急激に大きくなり $\lambda = 17$ において $a_i = 0.24$ となるとし、 a_i は濃度の関数となるとしている。また高橋の実験においても、この値を流速式⑥に代入し検討を行ない、その値をほぼ妥当なものとしている。しかしながら、本実験において得られた値について a_i を求めてみると、表のごとく、その値は 10^2 オーダーも大きな値となった。これは、Bagnold が求めた①式において、衝突を行なう粒子の個数について考慮がなされていないために、粒径の小さい材料の場合、このような結果が生じるものと思われる。この点については粒径の大きな材料においてさらに検討を進める予定である。また Bagnold が急激に a_i が大きくなる限界の λ についてみるとこれを標準砂の場合にあてはめるとその限界は容積濃度において 44% となりややその傾向が認められるものと思われる。Bagnold の示したこの値は、粒子が占める最粗密度に相当するものと思われる。

流速分布 流速分布は図に示すとうりであって、 $I = 17^\circ, 15^\circ$ のものについては、 $(dy/dy)^2$ に比例する Dilatant 流体とみなせるが、土砂濃度の高い $I = 20^\circ$ については、降伏値をもつ Dilatant 流体とほぼみなされる。これは自由表面をもった流れにおいては、 (dy/dy) は流れの表面近くにおいては0に近くなるから、粒子濃度均一という仮定から表面付近にせん断されない plug の部分が形成されることは考えられることであり、濃度が高いものほどこの影響が著しいと思われる。また流速分布をきつ部分についての (dy/dy) は各勾配共にほぼ一定の値を示し $(dy/dy) = 50 \frac{dy}{dy}$ であって、この値が粒子流となりうるための (dy/dy) と与えているものについて、異なる粒径においてさらに検討する必要がある。

○ 参考文献

- 1) Bagnold, R.A: Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluids under shear, Pro. Roy. Soc. of London 225 Ser.-A, 1954
- 2) 高橋保: 土石流の発生と流動に関する研究, 京大防災研年報 No. 20-B, 1977

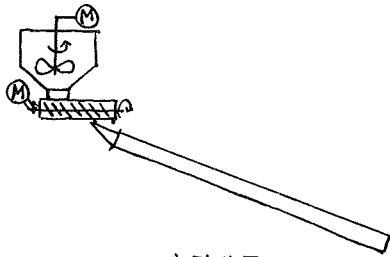


図-1 実験装置

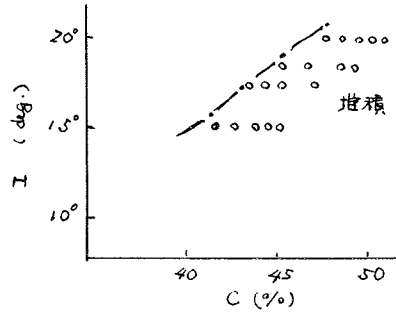


図-2 流下土砂濃度

表-1 実験結果

I(deg)	C% sand	ai
20°	47	0.643 4.8
17°	43	0.602 4.3
15°	42	0.559 2.9

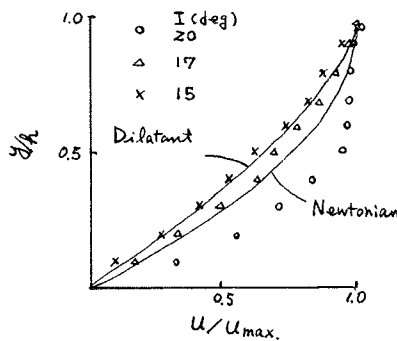


図-3 流速分布