

高濃度泥流の制御に関する実験的研究

名城大学理工学部 正員 新井宗之
 名城大学大学院 学生員 越智 輝

1. はじめに：高速度カメラにより高濃度泥流の流速変動の計測結果によると流動は乱流構造を有していることを著者らは明らかにして来ている¹⁾。高濃度泥流を制御することは防災上の観点からも非常に重要である。高濃度泥流に高い吸水力・ゲル強度をもつ吸水剤を添加することによる流動がどのように変化するかを実験的に検討し、その制御に有用であることを明らかにする。

2. 実験の概要：長さ8m 幅15cm 深さ25.5cmの滑面直線水路

(図-1)を傾斜17°に設置し、上流端より給水給砂槽より高濃度泥流を供給している。給水槽は泥流を円滑に流出させるため電動攪拌機を設けた。水と砂はあらかじめ重量を測定し攪拌機の中へ混入させる。容積濃度が一樣になるよう十分混ぜた後に直線水路に流入する。流動中の濃度は別途実験を行い濃度変化を明らかにしている。吸水剤は流出口より2.57m下流にて泥流先頭部水面へ混入させた。流下状況は2台の8mmカメラを使用し、1台は水路下流端からの流出量を測定し、もう1台は泥流先頭部を水路上流から下流まで追跡した。また泥流の水路への堆積形状も測定した。

使用した実験砂は中央粒径 $d_{50} = 0.34\text{mm}$ 、比重 $G_s = 2.6$ である。また実験の容積濃度は $c = 0.35, 0.40, 0.45$ で行った。また給砂給水容量は約20lである。吸水剤はアクリル系の吸水剤で50, 60, 70g用いた。なお吸水剤の性状は外観が白色粉末で吸水能は185(cm/g)であり、その特性を図-2に示す。

3. 実験結果：図-3は水路上部での流入量と水路下部での流出量についての関係を容積濃度別に示したものであり、図-4は実験終了後の水路上に残る堆積土砂の形状を表している。また図-5は流下する泥流の先頭部の流速変化を表した。このような関係から容積濃度 $C=0.35$ では流入量と流出量がほぼ同じであり、吸水剤を最も多く加えた場合でも、この水路の流下中に停止することなくほぼ全てが流下していることがわかる。流速はある地点で急速に減少していることから吸水された先端部の泥流は後続の泥流に押し流される流況も生じている。一方 $C=0.45$ では水路下流端からの流出量がなく水路上に堆積している。また流速は吸水剤混入直後から急激に減速している。堆積形状においては水深の10倍以上の堆積高となっており吸水された土砂の上を後続泥流が乗り越えようとしたものの後続泥流も吸水作用に合い堆積土砂上に堆積を繰り返す結果になったものと思われる。泥流流下濃度が $C=0.40$ の場合は吸水剤の量により流出される量に変化が見られ吸水剤の量を増すと流出量が減少する結果になった。また堆積は流下方向において幅広く、流速の変動についても激しいことや実験状況からも先頭泥流を後続の泥流が押し流したり乗り越えたりする複雑な流下状況を示した。

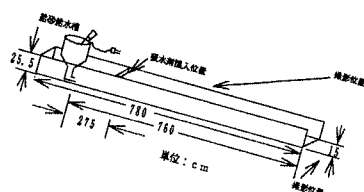


図-1 実験水路

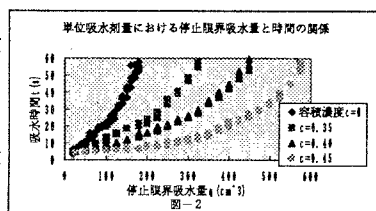


図-2

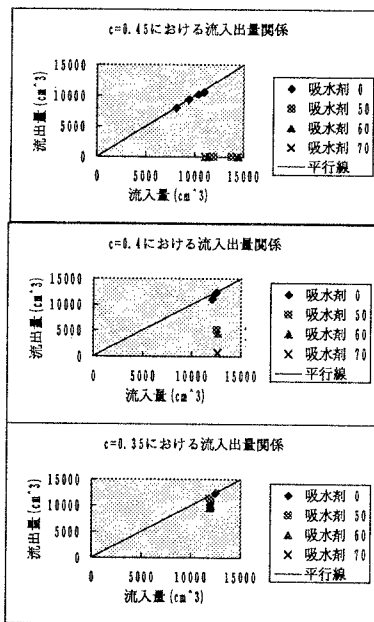


図-3

4. 考察：泥流の流下状況は上記3で触れたが、吸水剤を水面より混入した泥流先頭部と後続の泥流に分けることができる。ここでは吸水剤を加えた泥流先頭部について検討する。吸水剤を直接混入した泥流 V_1 とは、吸水剤混入時間中に通過した泥流のことで式(1)に表すことができる。またこのときの濃度（この場合、容積濃度）を c とすると、実際の水量 v_1 は式(2)のようになる。また単位吸水剤量が t 秒間に v_1 の吸水を行うことから吸水剤量 m で t 秒間で吸水する量は mv_1 となり、式(2)より式(3)、(3)'のようである。式(3)は吸水能が完全にはたらく状態であり、実験の範囲では流動は停止する。一方式(3)'は一部吸水を行う状態であり、一部流動・一部停止の状態である。実験結果はいずれも式(3)'の条件を満足している。そこで停止条件について検討する。図-2から流動はほぼ充填濃度以下で起こることを示しており、このことから逆に停止は容積濃度 c_d が充填濃度を超えると起こると考えられる。そこで吸水剤混入後の容積濃度（式(4)）について、 $t = \Delta t$ とすると容積濃度 $c = 0.45$ では充填濃度を超えることを示した（図-6）。このことは図-4の $c = 0.45$ での堆積状況について混入直後に堆積が始まることにも対応している。さらに泥流は容積濃度が充填濃度になると停止するとして $c = 0.35, 0.40$ について、停止に要する時間との関係は図-7のようである。これは停止するための吸水剤の量は吸水速度には関係なく吸水する量にのみ関係することを示している。

5. おわりに：以上高濃度泥流の制御について吸水に直接作用する泥流について検討を行い吸水剤による給水効果により、流動機構が変化し停止・堆積することのあることを実験的に明らかにした。今後その混合過程、応力構造変化過程を明らかにして行きたい。

$$V_1 = Bhu\Delta t \cdots (1) \quad v_1 = (1-c)V_1 \cdots (2)$$

$$v_1 - mv_1' \leq 0 \cdots (3) \quad v_1 - mv_1' > 0 \cdots (3)'$$

$$c_d = \frac{cV_1}{V_1 - mv_1'} \cdots (4)$$

ここに、 B ：水路幅、 h ：水深、 u ：時間平均流速、

Δt ：吸水剤混入時間

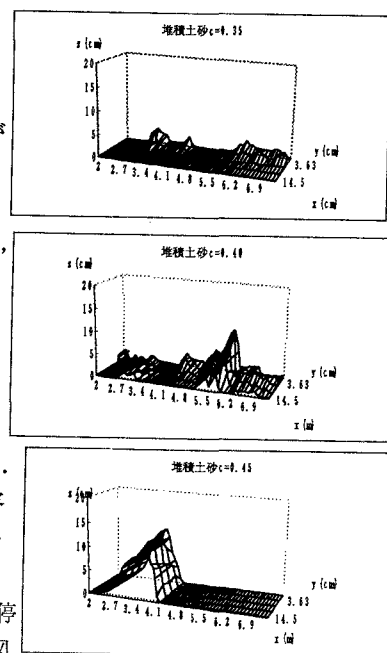


図-4

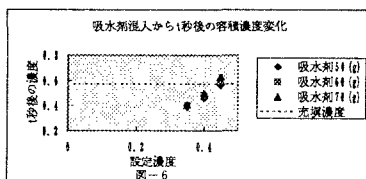


図-6

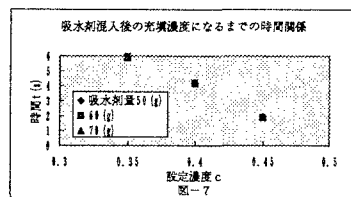


図-7

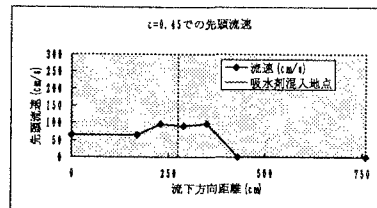
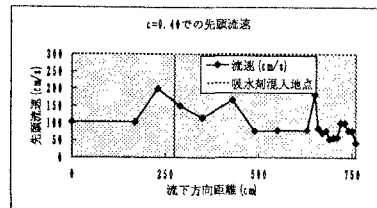
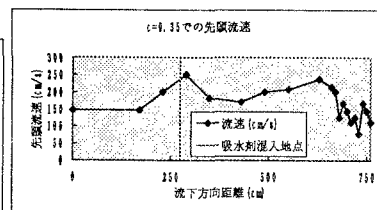


図-5