

九州大学工学部 正 平野宗夫
九州大学工学部 正 羽田野装義
九州大学工学部 学 梅尾信之

1. まえがき

ダムの築造は河川の治水・利水に対して大きな威力を發揮しているが、反面種々の問題をひきおこしていることも事実である。洪水時にダム湖に流入した濁水が長期間池内に滞留し、それにともない濁水の長期放流がなされるという、貯水池濁度の長期化現象もその1つで最近特に問題視されるようになった。

濁水が貯水池に流入した場合、流入部で激しい混合がおこるため、貯水池内における濁水塊の挙動は流入部での攪拌混合に強く支配される。濁水問題に対して種々のモデルを用いた解析がなされているが、この攪拌混合の割合に適切な値を仮定して計算が行なわれている。本研究は、流入部における混合について若干の実験を行ない、簡単なモデルにより計算を行なったものである。

2. 実験およびその結果

(1) 実験装置と方法

実験に用いた水路は図-1に示すような長さ4m、幅0.2m、越流せき位置の水深0.35mの片面アクリル張り2次元水路である。実験は所定の勾配にして水道水を満たしておき、既知濃度・流量の着色塩水を上流から流入させて行なった。また、定常な密度流が形成されたのち、潜り桌より下流の奥の流速分布と濃度分布を測定した。塩分濃度は採水後、電導度を測定して求め、流速分布はウォーターアレーを投入し、ビデオでそのすじの变形をよむことにより求めた。

(2) 実験結果

(a) 流況 本実験では流入直前のFr数が3.8~9.2の射流状態で流入させたため跳水が起こって水面は激立ち、その影響もあってか潜り桌は前後に変動していた。また、潜り桌下流の領域では傾斜フリュームが形成されており、その上層の清水の部分では混合に寄与する逆流が生じていた。さらに、下層流の先端部が下流端のせきに達したのち、上流へと段波状に逆上するが、ほぼ同時にフリュームの流速の減少がおこるようである。一方、流入端から潜り桌までの領域では着色塩水の大きく渦まいた状態がみられ、上層部における逆流ははっきりしなかった。

(b) 流速分布・濃度分布 上述の方法で測定した流速分布および濃度分布の1例を示したのが図-2および3である。

図より両方とも傾斜フリューム特有の分布を示していることが認められる。なお、これらの分布はいずれも測定位置によって異なると思われるが、測定位置は両方とも潜り桌下流0.84mである。

図1 実験水路

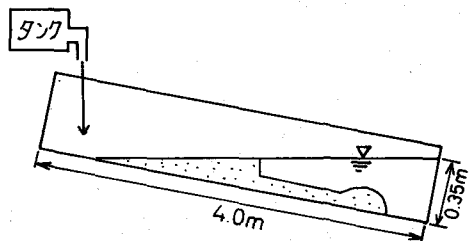
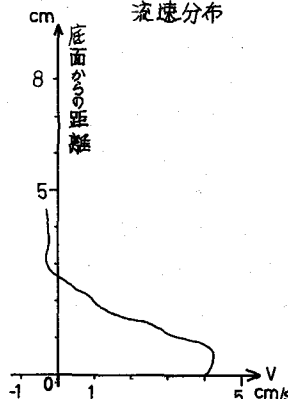
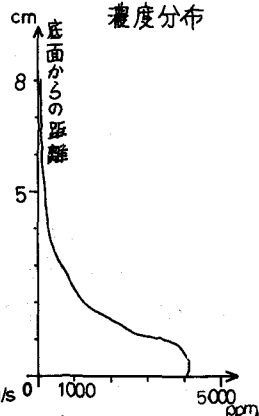


図2 流速分布



$Q=4.65 \text{ cm}^3/\text{s}$
 $I=0.108$

図3 濃度分布



$C=9752.4 \text{ ppm}$
潜り桌下流0.84m

3. 理論的考察

貯水池流入部の流れを図-4のようなモデルで考え、 $\cos\theta=1.0$ とし、フジネス近似を用いて解析する。潜り臭を挟み近接し合う鉛直断面で囲まれる領域の全水深をコントロールボリュームとしてこの領域に連続式を考えると式①となる。

$$u_1 H_p + u_2 (H_p - d) = u_3 d \quad \text{--- ①}$$

ここに、 u_1 、 u_2 および u_3 はそれぞれ潜り臭の直上流の平均流速、潜り臭下流での逆流の平均流速およびフリュームの平均流速、 H_p および d はそれぞれ潜り臭での水深およびフリュームの流動厚さであり、混合率を γ 供給水の単位幅流量を q とすれば、

$$q = u_1 H_p, \quad \gamma q = u_2 (H_p - d), \quad (1+\gamma)q = u_3 d \quad \text{--- ②'}$$

また、この領域にモーメントの式を適用すると、

$$\rho u_3^2 d + \rho u_2^2 (H_p - d) - \rho u_1^2 H_p = \frac{1}{2} \Delta \rho g (H_p^2 - d^2) \quad \text{--- ②}$$

ここに、 $\Delta \rho$ は混合後の水と清水との密度差で、混合前の密度差を $\Delta \rho_1$ とすれば $\Delta \rho = \Delta \rho_1 / (1+\gamma)$ である。

式②および②'より流速を消去して、

$$F_{H_1}^2 \cdot \frac{H_p}{d} + F_{H_2}^2 \cdot \frac{H_p}{H_p - d} - F_{H_1}^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{H_p^2} (H_p^2 - d^2)$$

ここに、 $F_{H_1} = (g^2 / \Delta \rho g H_p^3)^{1/2}$ 、 $F_{H_2} = (r^2 g^2 / \Delta \rho g H_p^3)^{1/2}$ 、 $F_{H_3} = ((1+\gamma)r^2 g^2 / \Delta \rho g H_p^3)^{1/2}$ であり、さらに F_{H_2} 、 F_{H_3} は消去され

$$F_{H_1}^2 = \frac{(1 - d/H_p)(1 - d^2/H_p^2)}{2 \{ d/H_p - 2(1+\gamma) + (1+\gamma)^2 / \gamma \}} \quad \text{--- ③}$$

一方、上と同じような鉛直断面で囲まれる領域のうち、水面から $H_p - d$ の部分をコントロールボリュームとして運動量の式を次式④のようにおき、これに上と同様の操作をすれば式⑤が得られる。

$$\rho u_2^2 (H_p - d) = \frac{1}{2} \Delta \rho g (H_p - d)^2 \quad \text{--- ④} \quad F_{H_1}^2 = \frac{1}{2r^2} (1 - d/H_p)^3 \quad \text{--- ⑤}$$

式③、⑤より F_{H_1} を消去して得られた r に関する2次方程式を解き、物理的意味を考慮して負号を採用すると、

$$r = \frac{-(1 - d/H_p)^2 - (1 - d/H_p) \sqrt{d/H_p (1 - d/H_p)}}{1 - 2 d/H_p - d^2/H_p^2} \quad \text{--- ⑥}$$

以上の関係式の適合性をみるために計算値と実測値をプロットしたのが図-5および6である。なお、実測値として r は下層流の流速分布から求め、 d は色素からよみとったものを使った。図-6中 $F_{H_1}^2 = g^2 / \Delta \rho g H_p^3$ である。図より計算値と実測値はよく一致している。また、 r の値は0.2~1.3程度であり、応答的なものと考えられる。

4. あとがき

以上より、潜り臭付近の諸量の間の関係は本モデルである程度説明がつくと考えられるが、どのような入力に対してどのような流れが実現されるのかという問題はまだ残されており、今後これを解明していくつもりである。最後に、本研究にあたり実験およびデータ整理に熱心に協力して頂いた大学院生、赤司淳也氏に心から謝意を表します。

《参考文献》 1) 平野・羽田野・赤司；第33回土木学会年講概要集，1978，P395

図4 モデル

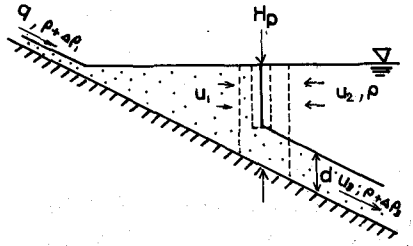


図5 $d/H_p \sim r$

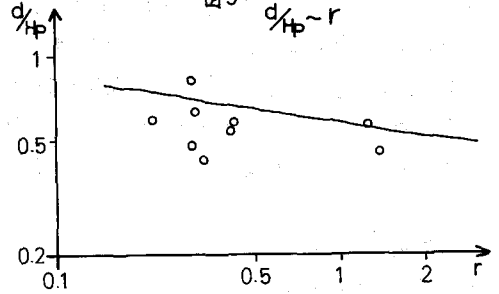


図6 $d/H_p \sim F_{H_1}^2$

