

空気混入噴流の速度減衰について

西日本工業大学 正 〇赤司 信義 正石川 哉
山口大学工学部 正 斎藤 隆

—はじめに— 河川段落下流部の流れと等からの落下水は、水面突入時の多量の空気の混入及び下流水深に対応した流れの拡散により著しく減衰されることはよく知られているが、これまでに、水脈の突入によってどの程度の気泡量が混入されるのか、又気泡混入率の違いによってどの様な減衰特性を示すのか統一的な説明を試みたものはほとんどない。自由落下水脈による空気混入は水脈周辺より水脈中に侵入するものであるから、本文はもどり噴流周囲より空気を混入させることにより、速度減衰特性がどの様になるのか明らかにしようとしたものである。

—実験装置の方法— 図1は実験装置の概略を示している。ノズル幅 B_0 は 2.2 cm で、空気注入孔はノズル先端より 1 cm の位置に、 $\phi 0.5\text{ mm}$ のステンレス管を奥行方向 1 cm 間隔に設けている。空気はコンプレッサーより調圧弁、空気分岐室、ビニール管、ステンレス管を通じて注入した。空気注入量は調圧弁からの管を水槽中につけガラスびんにより空気を補装し測定した。流速測定には径 3 mm のプロベラ流速計と、又ボイド率測定には二相流測定器（日本精造工業製）を使用した。実験は噴出された気泡群が底板に衝突しない状態を対象として行われた。

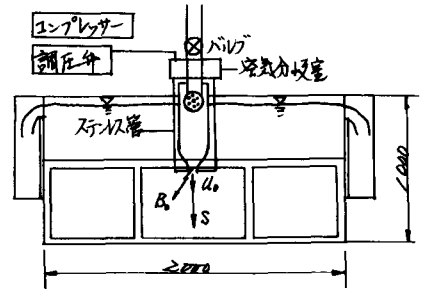


図1 実験装置概略図

—実験結果— 図2は気泡混入状況の概略図である。噴流軸周囲に侵入した気泡はある一定距離までは下降するが、その後の気泡群は水流速度の減少に伴い、水流から離脱する。離脱気泡は鉛直には上昇せず、気泡下降域での噴流の連行作用により若干噴流軸に引き寄せられ小形で上昇する。図3はボイド率測定結果の一例で、図4-aは速度分布、bはボイド分布を示している。気泡の上昇下降限界線は見えにくいので、ボイ

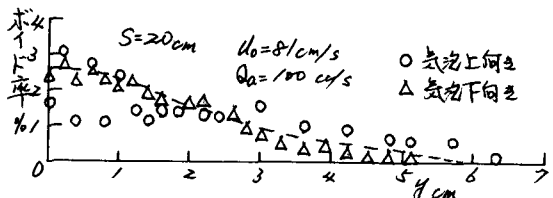


図3 ボイド分布測定結果

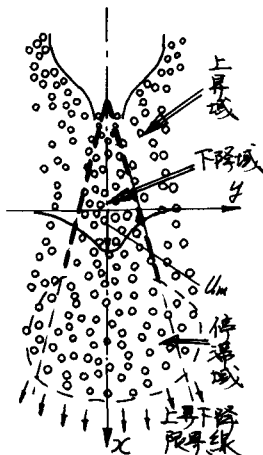


図2 気泡混入概略図

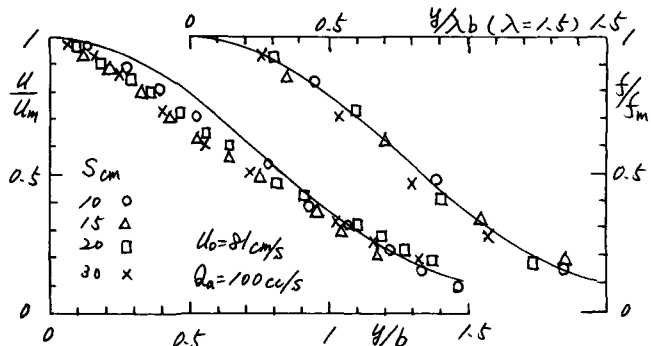


図4 速度分布とボイド分布

ド測定はノゾグを上向き、下向きに合わせ
て測定した結果を示している。速度分布は、
 $u/u_m = \exp(-y^2/b^2) \dots (1)$ と
ポイド分布は $f/f_m = \exp(-y^2/\lambda^2 b^2) \dots (2)$
と比較している。図5は噴流幅 (u_m/e 流速
束の幅)、図6は最大流速の変化を示してい
る。噴流幅の振がりに顕著な差異を認めにく
いが最大流速(軸上流速)は体積流量比が2
~5% であり急激に減少することがわかる。
— 速度噴流としての取り扱い — 気流停滞
域の形成、上昇域と下降域の存在などを考慮
すは空気混入噴流を軽一流体下方に放出
さる速度噴流として取り扱うことも可能で
ある。ここでは Morton (1958, JFM)
の方法を二次元速度噴流に適用して空気混入
噴流特性を検討してみる。基礎式としては、
質量保存則、運動量保存則、軌道角値保存則
で、次式で示される。αは連行係数である。

$$\frac{dQ}{dx} = 2\alpha u_m, \quad \frac{dM}{dx} = 2 \int_0^{y_0} \frac{p_0 - p}{p_0} g dy, \quad \int_0^{y_0} \frac{p_0 - p}{p_0} g u dy = \text{一定} \quad \dots (3) \quad \dots (4) \quad \dots (5)$$

上式を解くにあたり、速度及び密度分布を(1)、(2)式で
仮定する。ここで

$$M_* = \frac{M}{M_0}, \quad Q_* = \frac{(1+x^2)^{1/2} |By|^{1/2}}{2\alpha^{1/2} M_0} Q, \quad x_* = \sqrt{2} \alpha^{1/2} (1+x^2)^{1/2} \frac{|By|^{3/2}}{M_0} x$$

とおくと上式は、次式と変形され、

$$\frac{dQ_*^2}{dx_*} = M_*, \quad \frac{dM_*^2}{dx_*} = -Q_*$$

上式を解くと

$$x_* = 2^{1/3} \int_{M_*}^1 \frac{M_*}{(1-M_*^2)^{1/3}} dM_*, \quad Q_* = 2^{1/3} (1-M_*^2)^{1/3}$$

となり、これらの関係を図7に示している。又この結果
をもとにして、最大流速と噴流幅の計算値を図5、6中
に実線と示している。噴流幅の変化は流速測定上の問題
もあつて定かには述べられぬ。が、最大流速の変化は本解
析法を利用することでもある程度説明がなされるものと
考える。

— おわりに — 流速測定精度の問題、気流移動速度の
未測定などもあり、実験的検討を十分に行い得なかつた
が、今後、実際の自由落下水噴流実験に計画し、その
減衰機構を明らかにしていきたい。

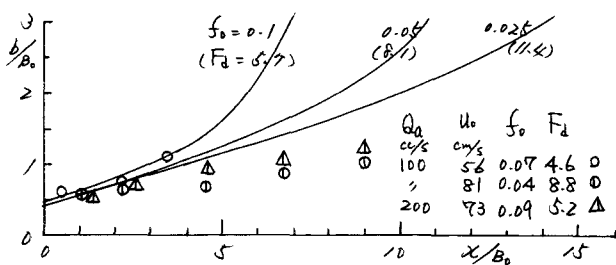


図5 噴流幅 (u_m/e 流速束) の変化

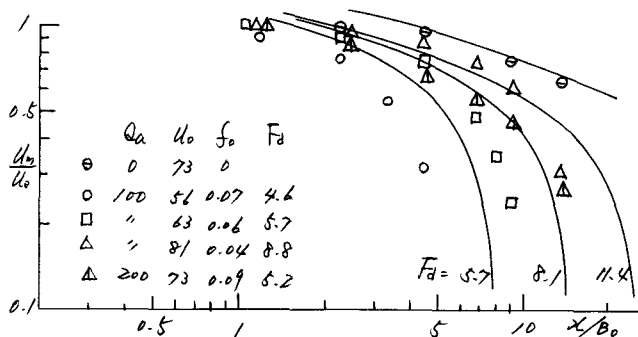


図6 最大流速の変化

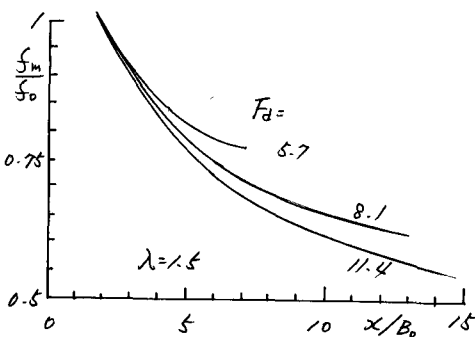


図8 軸上ポイド率の変化

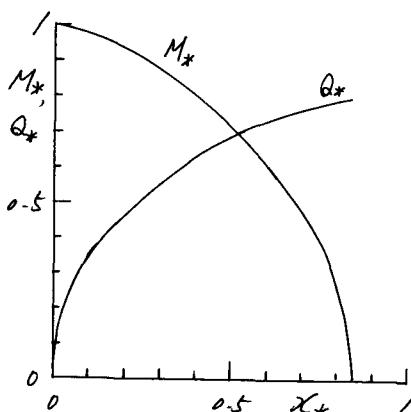


図7 $M_*, Q_* \sim x_*$