

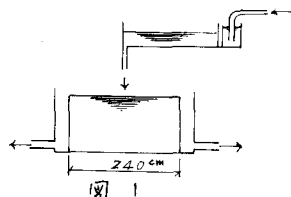
東北大学工学部 正員 ○坂本龍雄

運輸省 正員 村上和男

水面上に自由落下する水の流れが、水中に多量の空気を連行することは、一般によく見られる現象であるが、アーチダムのこう水吐のような場合には、これが減勢池におけるエネルギーの逸散に有効であり、圧力トンネルに渓流取水の水を注入する場合には、トンネル内の流れに気泡が含まれて悪影響を生じる。この問題について、室内実験を行なったので報告する。

実験装置および実験方法

図1に示すように幅2 cm 長さ50 cm の長方形断面ノズルから鉛直下方に水を自由落下せしめ、これを幅60 cm の長方形断面の水路に受け、水深約1 m 間における、空気混入量と下向き平均流速とを測定した。図2はノズルの断面である。



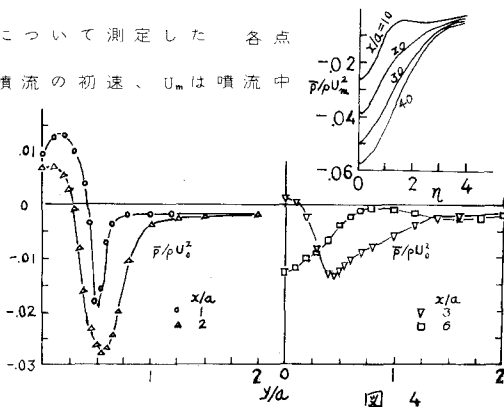
水中に空気が混入すると、その混入量に応じて、混合体の電気抵抗が増加するという理論を適用したミネソタ大学の方法により、空気の混入量を測定した。また、空気の混入している流れの流速の測定には、適当な方法ではないが、簡便のためピトー管を用いた。

空気連行の機構

水道の給水柱から、少量の水を自由落下せしめるときは、表面張力の影響が大きく、また、流れの中心の移動も少ないので、突入する点の水面は図3のように盛り上っているが、流量を次第に増加すると、盛り上りはなくなり、逆に水面が低下する。そして、その水面低下の箇所から、空気の混入が始まるが、流量が更に増加すると、自由落下水の表面に凹凸が生じたり、中心線の変動が生じ、水面に音を発生して、空気の混入が著しくなる。このような自由落下流による空気の連行は、水中に突入する高速流の運動量の拡散により、静水との接触面付近に低圧部が生じ、これが原因で、水面から空気を引き込むものと考えられる。

図4は Miller と Cominings が、二次元自由噴流について測定した 各点の平均圧力を示している。この図において U_0 は噴流の初速、 U_m は噴流中

心の平均流速、 ρ は流体の密度、 $\eta = y/b$ y は噴流中心からの横断距離、 b は噴流の幅、 x は噴流始点からの距離である。 $x/a \leq 3$ の場合には $y/a = 0.5$ すなわちスリットから噴出するジェットの外縁にそって、著しい低圧が現われている。しかし $x/a \geq 6$ では、低圧部は噴流の中心に移っている。自由落下流で、空気を、



混入する場合には、この低圧部に空気が引き入れられるものと思われる。

実験結果とその考察

図5は、自由落下高 32.5 cm の場合、水中における噴流の各断面内、流れの方向の平均流速をピトー管で測定した結果である。これによれば、空気混入流の場合にも、流速分布の相似性が認められる。その他の落下高の場合も同様である。したがって $U/U_m = \exp\{-K(y/x)^2\}$ (1)

と置くことができる。定数 K の値は、自由落下高によって異なり、ノズルが水中に潜没している場合 51.6 であるが、落下高が 52.5 m の場合には、17.7 となり、その間、落下高にはほぼ比例して、直線的に減少している。これは、空気による浮力のため、拡散幅が広がっていることを示している。

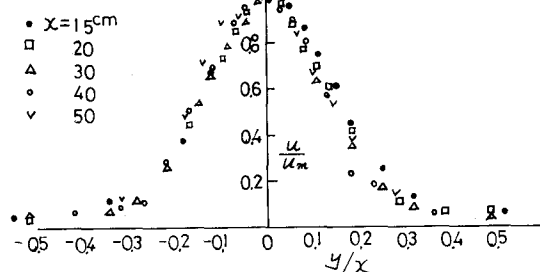


図-5

図6は気水混合体の密度を示したものである。xの小さい位置において $y=1$ すなわちノズルの縁付近に空気の混入量が大きく、低圧部に空気の混入する傾向が、若干現われている。

自由落下流による空気混入流は、重力噴流の一種とみることがができる。重力噴流については、一般

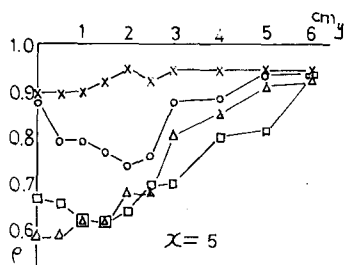
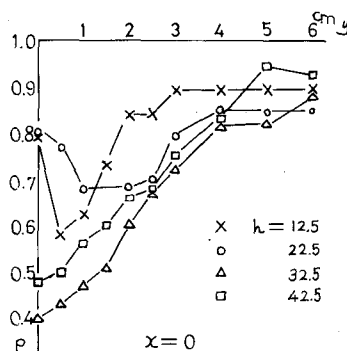


図 6

に次式が適用できるものとされている。

$$\Delta\rho/\Delta\rho_m = \exp\{-\mu K(y/x)^2\} \quad (2)$$

$\Delta\rho$ は周囲の流体との密度差 $\Delta\rho_m$ は噴流中心線上の密度差である、図7は、実験によって得られた値を(2)式と比較するためにプロットしたものである。図に示されている曲線は、流速分布を示している。密度差の分布の拡がりかたが、流速分布よりはるかに大きいことがわかる。すなわち $\mu < 1$ である。 μ の大きさ、すなわち絶対値は、水深 x の増大とともに減少する傾向が見られる。しかし、自由落下高 h の違いについては、あまり差がないようである。

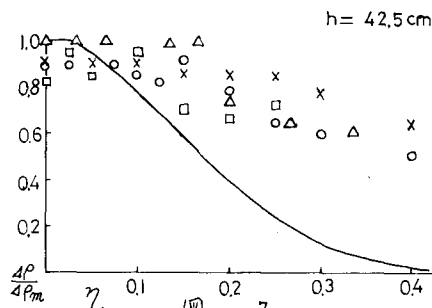
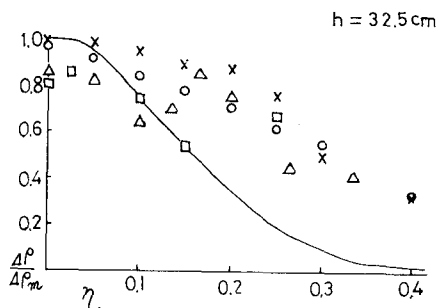
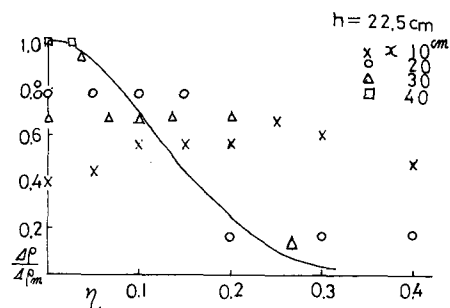


図 7