

II-226

貯水池密度流の潜り点の水利条件に関する研究

東京電機大学理工学部大学院 学生員 塚原 千明
 東京電機大学理工学部 正会員 有田 正光
 東京電機大学理工学部 正会員 廣沢 佑輔

1. 研究の目的 貯水池密度流は負の浮力を持って斜面上に表層放出される密度噴流の問題の工学的応用例である。貯水池密度流の潜り点における水利条件を正確に把握することは工学的に重要である事から従来より多くの研究者によって検討されてきたが、従来提案されてきたそれらに関する推定式は相互に異なるものであった。これは現象の流体力学的メカニズムが正しく把握されていないために生じたものであると考えられる。

一方、有田等¹⁾は正の浮力を持って斜面上に表層放出される密度噴流は斜面勾配： S および放出密度フルード数： F_{ρ} の影響を強く受けて流動形態が大きく変化し、その結果として密度界面形状、上下層混合量、上層厚などの流れの諸量が極めて大きな影響を受けることを明らかにしている。本研究においては負の浮力を持って斜面上に表層放出される密度噴流の場合にも同様の議論が可能であるとの立場に立て、その基礎的ケースである鉛直二次元の場合を取り扱う。

2. 実験の概要 実験装置は図1に示すように幅：5cm、長さ：150cm、高さ：20cmの透明アクリル性の実験水路を貯水槽に接続したものである。実験は淡水を満たした水路中に計温・計量された塩水を染料で可視化して放出することによって実施した。実験においては放出密度フルード数： F_{ρ} を $F_{\rho}=0.5\sim 7.0$ 、斜面勾配： S は $S=1/3, 1/4, 1/5, 1/7, 1/10, 1/20, 1/30, 1/40, 1/50$ の9種として、 F_{ρ} および S を種々変化させた。

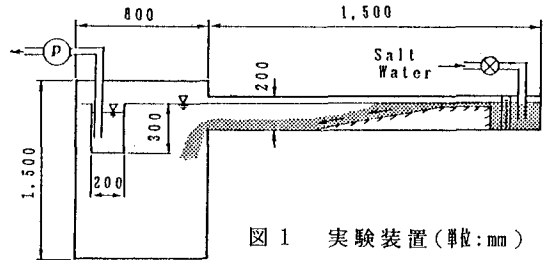


図1 実験装置（単位：mm）

なお今回の実験で使用した塩水の濃度は0.3%程度である。

3. 潜り点水深および密度フルード数に関する従来の研究

貯水池密度流の潜り点水深： h_p および密度フルード数： F_{ρ} を求める事は多くの研究者によって取り扱われてきた。 h_p および F_{ρ} に関する研究の代表的なものとして板倉・岸²⁾、江頭・芦田³⁾、福岡・福岡・中村⁴⁾、菅・玉井⁵⁾の研究があげられる。それらの研究の中で、板倉・岸は潜り点における水利条件は $F_{\rho}=1$ である事を提案している。一方、江頭・芦田の推定式には斜面勾配： S が含まれていることが特徴である。また福岡・福岡・中村はBenjamin⁶⁾のcavity flowの理論を念頭に置いて $F_{\rho}=0.5$ とした。さらに、菅・玉井は $F_{\rho}=0.65$ を提案しているが、これは彼等の実施した実験結果より求められたものである。いずれにしても過去の研究結果は相互に大きく異なるものである。この事より従来の研究結果はそれぞれの研究者の使用した実験水槽および実験条件の範囲でのみ正しいものであると見做すことが出来ると考える。

4. 実験結果と考察 本章においては実験結果とその考察について示す。ところで本報においては実験結果よりの F_{ρ} の値の算定に当たっては上下層混合を無視した。このような取り扱い方は潜り点近傍における混合が大きい実験ケースの場合は結果に影響を及ぼす可能性があるが、上下層混合のほとんどは潜り点より下流側で生ずるものであるので全体としてその結果生ずる実験誤差は小さいものであると考えた。

図2は $S \geq 1/10$ 、図3は $S \leq 1/20$ の実験ケースの F_{ρ} と S の値の変化に基づく F_{ρ} の値の実験結果をプロットしたものである。両図に示すように F_{ρ} 値は F_{ρ} のみならず S の影響を強く受けることが分かる。以下に両図よりの得られる知見について箇条書きにして示す。

① $S \geq 1/10$, $0 \leq F_{do} \leq 1$ の領域では $F_{dp} = F_{do}$ と近似され S の効果は認められない。この領域では上層水が水路中に侵入している。② $S \geq 1/10$, $F_{do} > 1$ の領域では F_{do} の増加とともに F_{dp} の値が急激に小さくなる事、および S が小さい程 F_{dp} の値が大きくなっていくことが認められる。③ $S \leq 1/20$, $0 \leq F_{do} \leq 1$ の領域では $S \geq 1/10$ のケースと異なり、 F_{dp} が $F_{dp} = F_{do}$ とはならない事及び S が小さい程小さな F_{do} で $F_{dp} = F_{do}$ の線から離れる事が分かる。④ $S \leq 1/20$, $F_{do} > 1$ の領域では $S \geq 1/10$ のケースと同様に F_{do} の増加とともに F_{dp} の値が小さくなるが、 $S \geq 1/10$ のケースとは逆に S の値が小さくなると、 F_{dp} の値が小さくなる。⑤ S の値が十分小さく、かつ F_{do} の値が比較的大きくなると F_{dp} の値は Benjamin の理論解である $F_{dp} = 0.5$ の値に漸近する傾向が認められる。⑥ 以上に記述するように $S \geq 1/10$ と $S \leq 1/20$ で F_{do} に対する F_{dp} の値の挙動が大きく異なる。この事は $1/20 < S < 1/10$ の間で流況のメカニズムが大きく変わる事を意味していると考えられる。

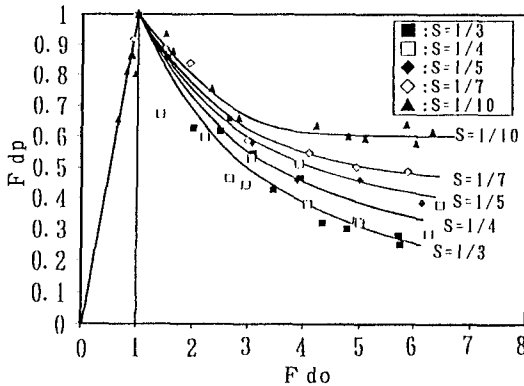
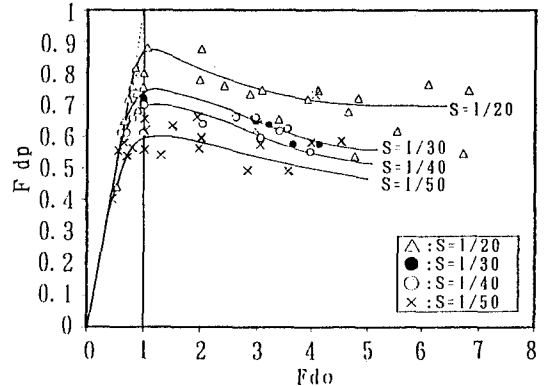
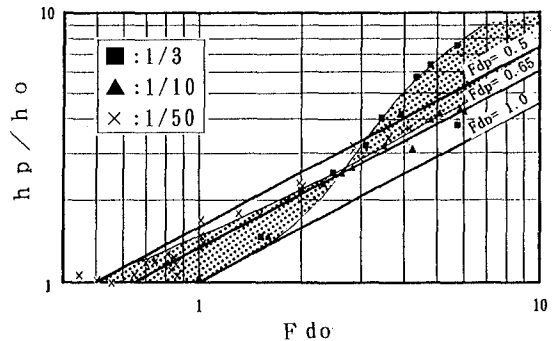

図2 F_{do} と F_{dp} の関係 ($S \geq 1/10$)

図3 F_{do} と F_{dp} の関係 ($S \leq 1/20$)

図4は今回の実験で使用した斜面勾配の中で最大の $S = 1/3$ 、最小の $S = 1/50$ およびその中間的な $S = 1/10$ のケースの h_p に関する実験データをプロットし、かつデータのばらつく範囲をメッシュで示したものである。同図中に板倉・岸の $F_{dp} = 1.0$ 、菅・玉井の $F_{dp} = 0.65$ 、福岡等の $F_{dp} = 0.5$ の推定式が与える線を示している。同図より明らかな様にデータは $F_{dp} =$ 一定のライン上には存在しない。

5. 結論 本報は貯水池密度流の潜り点の水理条件に関する実験結果とその考察を示したものである。

実験の結果、 F_{do} の値は F_{do} と S により大きく変化する事を明らかにした。この事より従来の研究結果はそれぞれの研究者の使用した水路および実験条件の範囲でのみ正しいものであると考えた。さらに、 $1/20 < S < 1/10$ で流れのメカニズムが大きく変化する等の新しい知見を明らかにした。

参考文献 1) 有田正光, 樺沢健一郎, 廣沢佑晴: 水工学論文集第37巻, pp. 419-425, 1993. 2) 板倉忠興, 岸力: 第16回自然災害科学総合シンポジウム, pp. 233-234, 1979. 3) 江頭進治, 芦田和男: 第15回自然災害科学総合シンポジウム, pp. 481-482, 1978. 4) 福岡捷二, 福岡祐介, 中村健一: 土木学会論文報告集, 第302号, pp. 55-65, 1980. 5) 菅和利, 玉井信行: 第25回水理講演会論文集, pp. 631-636, 1981. 6) Benjamin, T. B: J. F. M., Vol. 31, Part2, pp. 209-248, 1968.


図4 h_p/h_o と F_{do} の関係