

II - 262

貯水池密度流の潜り点に関する実験的考察

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

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流される密度噴流の工学的応用例である。貯水池密度流の潜り点の水理条件を求めることは工学的に重要であることから、従来より多くの研究が実施されてきた。しかしながらそれらの結果は相互に大きく異なるものであった。この点を念頭に置き著者等は広範囲な水理条件の基で実験を実施して、潜り点の水理条件について検討している¹⁾。本研究はその続報である。

2. 実験結果と考察 本章においては既報の実験結果に今回実施した実験結果を加えて潜り点における水理条件についてより詳細に考察する。

図1は著者等の実験結果より斜面勾配: S - 放出密度フルード数: F_o の平面上に潜り点の密度フルード数: F_p を三次元的にプロットしたものである。同図に示されるような F_p の値の S と F_o の値に対する強い依存性は潜り点近傍の流況が大きく変化することがその原因であると考えられる。この観点に立って本研究においては潜り点近傍の密度界面形状および流況の観点からType I ~ Type IVの4種のタイプに分類した。以下にそれぞれのタイプについて簡単に説明する。

Type Iは静穏な密度界面を持ち上層の下層流に対する侵入長が極めて長い密度楔タイプ、Type IIは短い密度楔の上層侵入の下流に密度カレントが接続しているタイプ、Type IIIは潜り点近傍で上下層の激しい混合を伴う密度カレントが発生するタイプ、Type IVは上層密度噴流が急激に潜り込むタイプであり、正の浮力を持って表層放出される密度噴流の内部跳水に対応する場合である。従って、Type IVの無次元水深: h_p/h_o (= 潜り点水深/放出口水深)は $h_p/h_o = 1/2 \cdot \{(1 + 8F_o^2)^{1/2} - 1\}$ で与えられる。

図2は今回実施した実験結果より得られた F_o - S 平面上における h_p/h_o の値の三次元的挙動を示している。同図に示すように実験データは F_o および S が極めて小さい領域を除き h_p/h_o の値が内部跳水の解より小さ

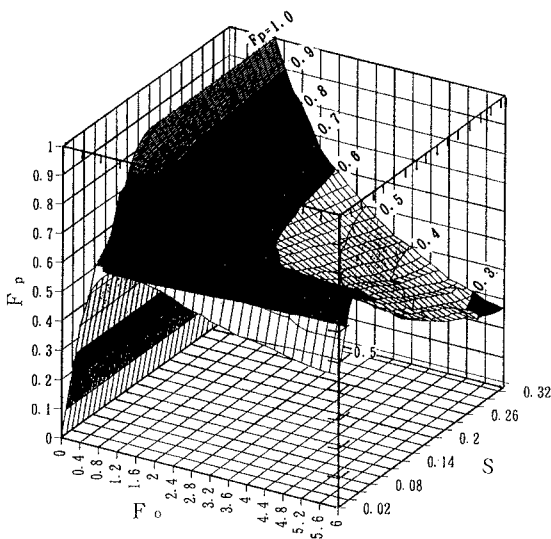


図1 $S - F_o$ の平面上の F_p の値

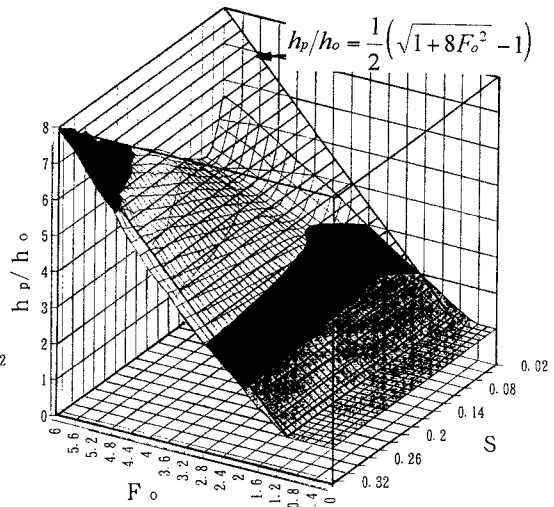


図2 $S - F_o$ の平面上の潜り点水深: h_p/h_o

いこと、 S が大きい領域 ($S \sim 1/3$) ではほぼ内部跳水の解に一致することが認められる。また、 S が $S \sim 1/3$ より小さくなると h_p/h_o の値が小さくなってゆくことが認められるが、これは斜面勾配が小さくなると水表面と底面との間の空間が完全な内部跳水の発生のためには不十分であること、さらには文献 [2] の解析に示すように底面に掛かるせん断力は潜り点水深を減少させるように働く事が原因であると考えられる。また、 S の小さな領域で潜り点水深が大きくなるのは同領域の潜り込み現象が密度楔の発生によって支配される領域であると考えられる (文献 [2] 参照)。

図3、図4は現象をより良く理解するために水深： h および流量： q に関する無次元量、 $h^* = h/\ell_m$ 、 $q^* = q/q_m$ 、(ここに、 $\ell_m = h_o \cdot F_o^{4/3} (1 + 0.5 F_o^{-2})$ 、 $q_m = q_o F_o^{2/3} (1 + 0.5 \cdot F_o^{-2})$) を導入して潜り点水深を整理したものである。両図中の $O \rightarrow A$ 、 $O \rightarrow B \rightarrow A$ はそれぞれ密度噴流および内部跳水の理論解の与える曲線を示している³⁾。また、両図中に破線で $F_p = \text{一定}$ の理論線も併せて示している。図3は今回実施した実験中で斜面勾配が大きいケース ($S \geq 1/10$)、図4は斜面勾配が小さいケース ($S \leq 1/20$) の実験結果を示している。斜面勾配が大きいケースの実験データはかなりばらついていて、ほぼすべてのデータは内部跳水の理論曲線が与える h^* の値 (曲線： $O \rightarrow B \rightarrow A$) より小さく、かつ $F_p = 1$ を与える跳水水深より大きい位置にプロットされていることが分かる。一方、図4の斜面勾配が小さいケースにおける実験データはほぼすべてのデータが $0.5 \leq F_p \leq 1$ の範囲にプロットされていることが分かる。また、平均的には $F_p \sim 1/1.5$ で近似しうる。なお、この結果は菅・玉井⁴⁾ の潜り点の水利条件についての実験結果、 $F_p \approx 0.65$ に極めて近いものとなっている事は興味深い。

3. 総括 実験結果より潜り点における水利条件が斜面勾配： S と放出密度フルード数： F_o に応じて大きく変化する事を示した。また、その原因を流動形態が大きく変化するためであるとし、密度楔タイプから内部跳水タイプまでの4種のタイプに分類して考える事を提案した。この観点に立って $S - F_o$ 平面上の無次元潜り点水深： h_p/h_o の値の三次元的挙動を示すグラフ上に内部跳水タイプ (Type IV) を与える平面を併せて示し、実験結果とその平面とのずれの原因を流動タイプの概念を導入して説明した。さらに、無次元パラメータを導入して実験データを整理し、すべてのデータは内部跳水を与える曲線より小さく、かつ $F_p = 1$ を与える曲線より大きい事、さらには斜面勾配が小さい場合 ($S \leq 1/20$) の F_p の値は $F_p \approx 1/1.5$ で近似しうる事を明らかにした。

参考文献

- 1) Arita, M., Soga, M. and Tukahara, C.: Proc. of China-Japan Bilateral Sympo. on Fluid Mech. and Management Tools for Environment, pp. 88-95, 1994.
- 2) 有田正光：第50回年次講演会概要集, pp. 1-2, 1995. 投稿中
- 3) Arita, M., Jirka, G. H. and Tamai, N.: Jour. of Hy. Res., Vol. 24, No. 5, pp. 333-345, 1986
- 4) 菅和利, 玉井信行：第25回水利講演会論文集, pp. 631-636, 1981.

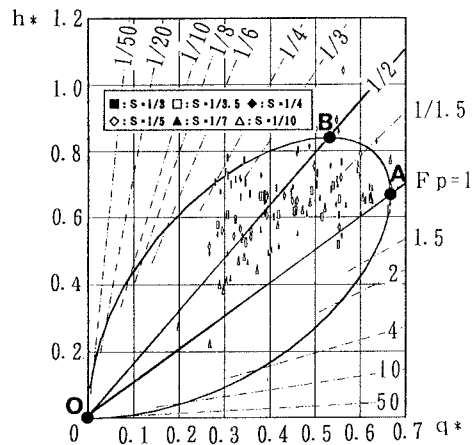


図3 潜り点水深 ($S \geq 1/10$)

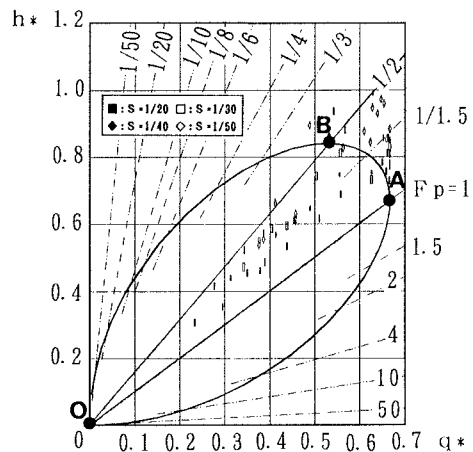


図4 潜り点水深 ($S \leq 1/20$)