

エアカーテンによる塩水楔の遡上阻止に関する研究

東京電機大学大学院 学生員 清水武広
 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 中井正則

1. はじめに

河道内を長く遡上する塩水楔は周辺地域に塩水害を引き起こす。塩水害を防止するための最も有効な手段は、塩水楔の遡上距離そのものを短くすることである。河口部付近にエアカーテンを設置する方法は河幅が比較的狭い場合など、同装置を管理し易い場合には、塩水楔の遡上を阻止する有効な手段となりうるものと考えられる。本報はこの方法の効果を実験的に検討したものである。

2. 実験方法

実験には、長さ12m×幅5cm×高さ20cmの2次元直線水路を用いた。水路下流端には、海域からの海水の侵入を模擬するための塩水放出口を取り付けた。エアカーテン発生装置はアクリル製パイプ(内径8mm)に直径0.6mmの孔を1cm間隔であけたものであり、これを水路下流端より160cmの位置に設置した。

実験は空気を放出する場合としない場合の両方について行った。実験では、水路上流側より淡水を流し、また、下流端より塩水を放出した。現象が定常状態に達した後に、現象の観察・撮影、ならびに塩水楔形状の測定を行った。表1に実験ケースを示す。

表1 実験ケース

ケース名	淡水流量 q_f (cm^3/s)	淡水密度 ρ_f (g/cm^3)	塩水密度 ρ_s (g/cm^3)	平均水深 H (cm)	空気流量 q_a (cm^3/s)	レイノルズ数 Re	河川密度フルード数 Fr
Case1	40.58	0.9994	1.0032	15.93	0~2.05	4100	0.33
Case2	50.61	0.9994	1.0073	15.98	0~3.33	5100	0.29
Case3	60.15	0.9996	1.0102	16.05	0~4.15	6000	0.29
Case4	79.99	0.9998	1.0103	16.15	0~2.49	8000	0.38
Case5	20.24	0.9998	1.0034	15.72	0~3.32	2000	0.17
Case6	20.45	1.0000	1.0070	15.78	1.25~4.17	2000	0.13
Case7	19.76	0.9999	1.0106	15.63	2.09~3.35	2000	0.10

注) q_f, q_a は単位幅流量である。

3. 実験結果と考察

図1はCase5における空気放出の有無による塩水楔形状の違いを示している。同図よりわかるように、エアカーテンにより塩水楔の遡上距離が大きく短縮されている。また、その効果は空気流量が大きいほど強くなっている。

図2は空気流量 q_a と塩水楔長 L の関係を示したものである。同図より、それぞれのケースにおいて塩水楔の遡上をエアカーテンの位置で完全に阻止するための空気流量が明らかである。なお、Case6では塩水楔の遡上は完全には阻止できないが、 $q_a > 2.5(\text{cm}^3/\text{s})$ 程度の空気流量によって楔長を大幅に短縮できる。

本実験で得られた塩水楔の流動形態（空気を放出した場合）をTypeA~Cに分類し、表2に示す。同様のタイプ分類は浅枝・有田・Pham¹⁾によっても提案されているが、本研究ではTypeBにおいて上流側に塩水楔が再形成されることが新たに確認された。

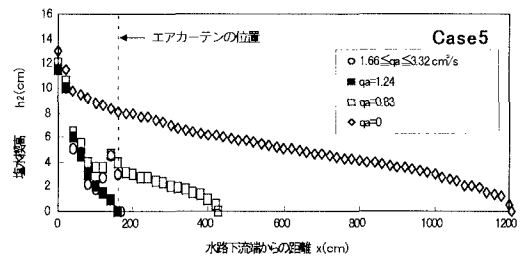
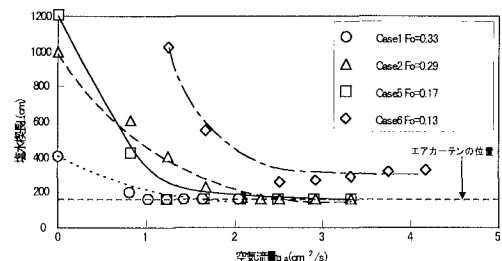


図1 空気放出の有無による塩水楔形状の違い

図2 空気流量 q_a と塩水楔長 L の関係

Key words : Saline Wedge , Air curtain , River densimetric Froude Number

〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911 FAX 0492-96-6501

表2 各種の流動形態（空氣の放出がある場合）

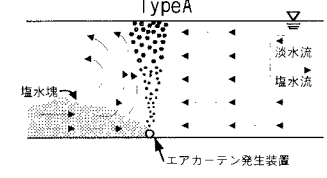
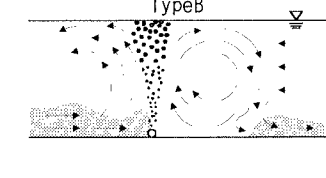
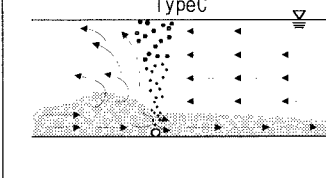
TypeA	TypeB	TypeC
		
〈特徴〉 遡上する塩水楔をエアカーテンによって完全に阻止する。 〈出現条件〉 淡水流量 q_f が大 空気流量 q_a が大	〈特徴〉 エアカーテンにより上昇した塩水の一部が上流側に達し、再び塩水楔を形成する。 〈出現条件〉 淡水流量 q_f が小 空気流量 q_a が大	〈特徴〉 遡上する塩水楔がエアカーテンを突き破って上流へ遡上していく。 〈出現条件〉 淡水流量 q_f が小 空気流量 q_a が小

図3は F_a と F_o をパラメータにしてTypeA～Cの出現状況を示したものである。ここで、 F_a と F_o は次式で定義されている。

$$F_a = \frac{(q_a g)^{1/3}}{(g h_a \Delta \rho / \rho_f)^{1/2}} \quad (1) \quad F_o = \frac{q_f}{(\Delta \rho / \rho_f g H^3)^{1/2}} \quad (2)$$

F_a は空気泡の上昇力のスケールと塩水の侵入力のスケールとの比であり（ $\Delta \rho$:塩水と淡水の密度差、 h_a :エアカーテンの位置における下層塩水の層厚）、また、 F_o は河川密度フルード数である。

図3(a)～(c)は塩水楔の長さ L がそれぞれ $L=300\sim 400\text{cm}$ 程度、 $L=1000\sim 1200\text{cm}$ 程度、および $L>1200\text{cm}$ の場合である。なお、図中のTypeAC, BCはそれぞれTypeAとC、TypeBとCの境界付近の現象であることを意味している。同図(a)、(b)の場合には、TypeAとCの境界線は右下がりになり、塩水楔の遡上を阻止するために必要な空気流量は F_o が小さいほど大きくなる。これは F_o が小さいほど遡上塩水流量が大きくなるためであり、妥当な結果と言える。また、同図(c)ではTypeBが現れているのに対して、(a)、(b)では出現していない。しかし、図(a)、(b)の場合にも、ごく狭い領域において同タイプが生じる可能性があり、再度の検討が必要である。

ところで、浅枝ら¹⁾は F_a と塩水流量/淡水流量: $Z(=q_s/q_f)$ をパラメータにして各流動形態の出現状況を示した。実河川においては塩水流量 q_s を知ることが一般に難しく、一方、 F_o を推定することは比較的容易であることを考えると、本研究では（パラメータに F_o を用いたことにより）エアカーテンの効果を現地に即した形で表現していると言える。なお、Arita and Jirka²⁾の理論を用いて F_o より q_s を予測することが可能である。

4. まとめ

本研究では、水路内にエアカーテンを設置した場合の塩水楔の流動形態をTypeA～Cの3種類に分類し、各タイプの出現条件を F_a 、 F_o の2つのパラメータを用いて示した。しかし、研究結果には不十分な点もあり、さらに詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 浅枝・有田・Pham:土木学会論文集, No.572/II-40, pp.23-31, 1997.
- 2) Arita and Jirka: J. Hydr. Engrg., ASCE, vol.113, No.10, pp.1229~1263, 1987.

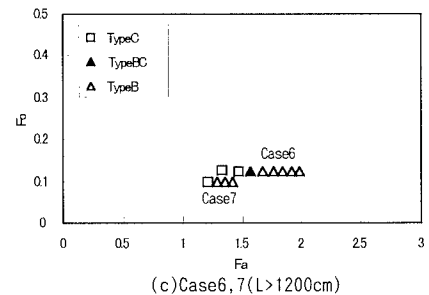
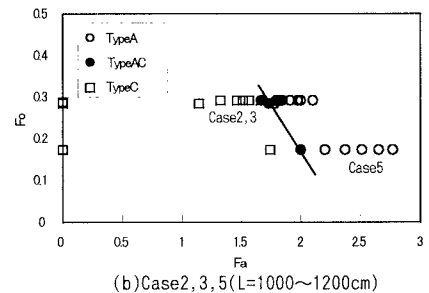
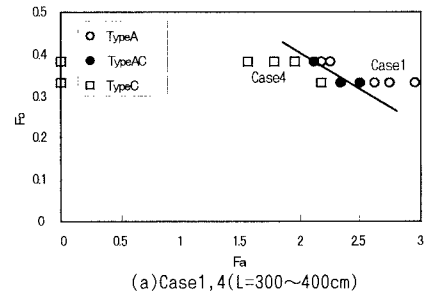


図3 TypeA～Cの出現状況