

塩水楔遡上防止工に関する研究

東京電機大学理工学部大学院 学生員 古谷 智史
東京電機大学理工学部 正会員 有田 正光

1. 研究の目的 河川中に河口から侵入する塩水楔の遡上距離を短くする技術の開発は工学的に重要であると考えられる。本研究においては河床に堰を設置して塩水楔の遡上距離を減少させようとする工学的な手法について実験的に検討する。また、検討の結果提案した手法が極めて効果的なものであることを示す。

2. 遡上防止工の原理と実験装置・実験要領 本研究における塩水楔遡上防止工の基本原理解は図1に示すように境界層の排除厚に等しい高さの堰を河床に設置して水路底面付近で流速の欠損部を持つ境界層流れを堰によって加速し、堰地点で一様流を得る事により、長さが極めて長いという特徴を持つ密度楔を長さの短い密度カレントに変化させて塩水楔の遡上を阻止しようとするものである¹⁾。

実験は長さ:654cm, 幅:5cm, 高さ:20cm 透明アクリル製の矩形断面水路を使用して実施した。実験においては上流から淡水を流すとともに下

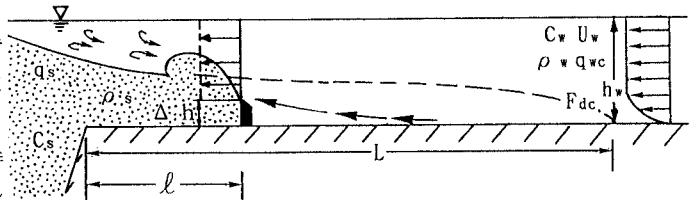


図1 堰を使用した塩水楔遡上防止工の概念

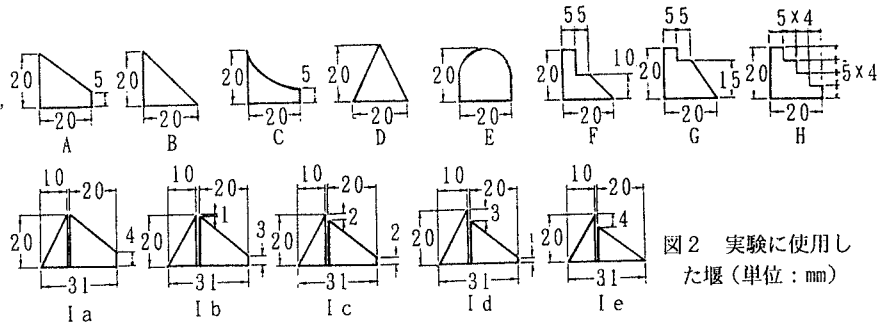


図2 実験に使用した堰(単位: mm)

流端河口部の下層よりアニリンブルーで着色された濃度: $C_s \approx 0.5\%$ の塩水を上流に向けて放流した。

本報の実験のために準備した13種の模型の概要を図2に示す。実験に当たってはいずれの堰も模型右側を河川上流部に向けて設置した。同図に示すようにすべての堰は高さ: $\Delta h = 20\text{mm}$ に設計してある。従って堰の高さが境界層の排除厚: δ となるように実験における水路水深: h_w は河川上流部の境界層流れの流速分布が $1/7$ 乗則に従うと考えると, $h_w = 8\Delta h = 8\delta = 16\text{cm}$ の一定とした。同図でType A~Hの堰は単一構造体である。また, Type IはType Aの変形タイプであり, 二個の部品の1mmの間隙から少量の淡水もしくは塩水を取水することによって塩水楔遡上阻止効果をより高めようとする概念を使用するものである。

3. 実験結果と考察 今回の実験においては堰の河口からの距離: l はすべてのケースで $l = 20\text{cm}$ に一定とした。これは塩水楔長の20%程度の長さである。また, 紙面の都合により実験結果の詳細は割愛するが, 流れの条件によっては塩水楔長を10%程度にまで減少させることが明らかになった。ここでは, この様に効果的な堰の形状の影響及び境界層取水の影響の実験結果について以下に示す。図3はType A~Hの堰の境界河川密度フルード数: F_{dc} , つまり, 堰の設置によって塩水の遡上を阻止しうる最小の密度フルード数: $F_{dc} = q_w / (\epsilon gh_w^3)^{1/2}$ の値を比較したものである。実験では無次元欠損密度: ϵ , 水路水深: h_w を一定としたので F_{dc} がより小さいことは河川流量: q_w が小さいこと, つまり堰による塩水楔の遡上阻止効果がより大きいことを意味している。同図に示す3ケースの実験結果より全体としてType AもしくはType Hが最も塩水楔阻止効果が顕著である事が分かる。これは両タイプの堰がスムーズな縮流が得られ, かつ河床付近の極めて流

速の遅い部分を上流側へ反転させうる構造になっている為と考える。

また、図4はType Iの堰の概念を示すものである。同図に示すように堰の頂部より堰上に発生する境界層の極めて流速の遅い部分の淡水を取水する事によって堰頂の密度流に対する接近流速を速め、堰による遡上阻止の効果をより高めようとするものである。図5はType Ia～Ieの実験結果より得られた F_{dc} の値と単位幅当たりの堰頂からの吸込み流量： $q_{su}(cm^2/s)$ の関係を示している。同図に示すように塩水楔遡上防止効果が最も顕著であるのはType Ieである。これは同タイプが塩水の吸い込みが極めて小さく、境界層の流速欠損部を効率的に吸い込むことが可能な構造になっているためと考えられる。また、吸い込み停止状態： $q_{su}=0$ から q_{su} を増加させると、一旦、遡上阻止効果が高まった後、再び低下することが認められる。この現象は境界層の流速欠損部のみを吸い込む状態から塩水をも併せて吸い込む状態への遷移に伴って生ずる現象と考えられる。

図6はType A～Hの堰の中で比較的良好な結果が得られたType

A, B, Hの堰の実験結果と共にType I中のType Ia, Ic, Ieの F_{dc} に関する7ケースの実験結果の比較を示すものである。なおType Iのケースは本来、境界層吸い込みを目的としたものであるが、ここでは堰形状の効果を調べるために境界層吸い込みを実施していない。同図より明らかなようにType Ieの効果が最も顕著であることが認められる。この事は本研究において検討した堰の中ではType Ieを使用した上で境界層取水をする手法が最も塩水楔遡上阻止効果が期待しうることを示している。

4. 総括 本研究は河川中の塩水楔の遡上を阻止することを目的として、堰を底面に設置する手法およびその効果を促進する為の境界層の取水を併用する手法について実験的に検討したものである。実験の結果、いずれの堰を使用した場合でも大きな塩水楔遡上阻止効果が認められたが、特にType Ieの堰を使用した上で境界層取水する手法が最も効果的であることが判明した。

参考文献 1) Jirka, G. H. and Arita, M.: J. F. M., Vol. 177, pp. 187-206, 1987.

謝辞：本研究の実験の実施に当たっては東京電機大学廣沢佑嘯講師の協力を得た。記して謝意を表す。

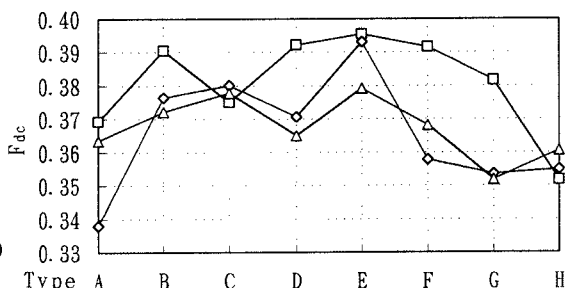


図3 Type A～Hの遡上防止効果の比較

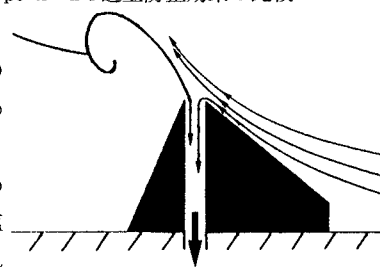


図4 境界層吸い込みを併用した塩水楔遡上防止工の概念

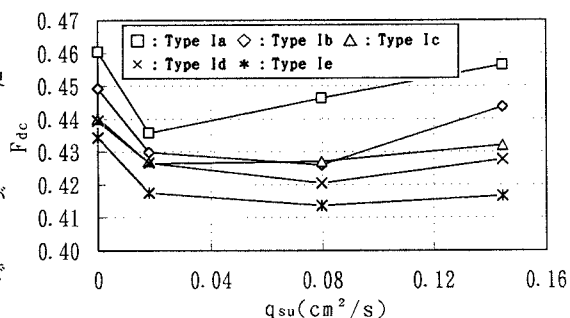


図5 吸い込み量： $q_{su}(cm^2/s)$ と限界密度フルード数

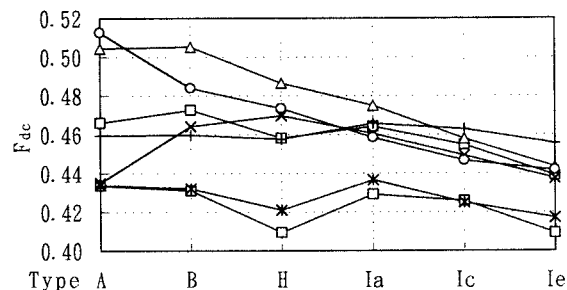


図6 Type A, B, H, Ia, Ic, Ieの堰の遡上阻止効果の比較