

II-223

河口部潜り堰による塩水侵入制御に関する実験的研究

大阪大学六学院 学生員 李 文沃
大阪大学工学部 正 員 室田 明

1. はじめに

塩害を防ぎ、あるいは淡水資源を確保する目的で塩水楔の侵入を抑制するため、河口部において河道を横断して堰（特に潜堤）を設ける場合を対象とする。その際堰の上流側に残された塩水の迅速で完全な除去手法が問題となる。河口部での塩水が成層化されている場合、潜堤(submerged weir)を設置すれば、洪水時の疎通能の確保や舟運のために自ら堰高に制約がある。このような河口潜り堰に相当するsillを設けて残留塩水の排除に深く関係する堰の上流面で生じる界面の洗掘過程を実験的に検討し、洗掘機構の解明を試みたものである。

2. 実験装置及び方法

用いた実験水路は水路床勾配が 1/22.5 の固定床で、長さ 800cm、幅 10cm、高さ 25cm の透明アクリル製の矩形断面開水路であって、海に相当する長さ 274cm、幅 183cm、高さ 91cm の鋼製の水槽の中央に連結されている。水槽に一定濃度の塩水を満たした後淡水を水路の上流端から流して塩水楔を形成させるが、連行による界面低下をなくするため水槽の下流端底部より塩水補給を行い、楔先端及び界面位置が定常に達してからsillを水路内に静かに設けた。sillは厚さ 2cmの長方形のアクリル製で、水路の全幅に亘って直立に設けたが、高さは界面水深に応じて変化させた。sillの位置は初期の実験では変化させたが、その以降は河口から上流 100cmの所に固定した。洗掘深及び洗掘形状はsillの設置前の界面位置を基準とし、設置後の界面の変位及び楔長さの時間的変化を観測した。界面の変動は2台のサーボ水位計で測定し、ペン書きレクチグラフによって記録した。なお楔長さ及び界面水深を 5~10分毎に目視により測定した。sillの上流面での渦運動及び界面低下の様子は可視化手法を用い、ビデオ撮影後解析した。実験条件の範囲は表1のようである。

3. 結果及び考察

表1. 実験条件

(1) sillの上流面での界面変動

河口での 全水深 (cm)	相対密度差	淡水流量 (cm ³ /sec)	楔長さ (cm)	Re 数	楔先端での密度 Froude数 (F_0')	sillの突出高さ (h_s-h_2)/ h_1
20.15	0.0138 ~ 0.0240	207.6 ~ 431.8	293 ~ 340	1438 ~ 3136	0.240 ~ 0.488	-3.067 ~ 0.759

図1 (a) ~ (d) はsillの設置時からのその上流面で生じる界面変動の時系列の一例である。横軸はsillの設置時からの経過時間を、縦軸は設置前のsillの上流面での界面変位を示すが、(a) から (d) へゆくほどsillの界面上の突出高さ(h_s-h_2)/ h_1 が大きくなっている。この図からsillを設置した直後には急な界面低下が生じ、それによる界面の変位はsillの界面上の突出高さまたは楔先端での密度Froude数 F_0' に依存することが分かる。このようなsillの上流面での界面変動は塩水楔により構成される内部振動に相当する固有周期を有すると考えられる。図1 (d) の場合、sillの設置によるこのような界面振動は 3分以内に収まり、その以降はsillの上流面での渦運動(roller)と関連した20~50秒の卓越周期の界面変動が見られる。

(2) sillの上流面での洗掘深の経時変化

sillの設置高さが界面より下である場合には、sillは楔の長さ及び界面形状に全く影響しない。しかし、sillの高さを界面まで高くすると図2で見られるようにsillの上流側に残された塩水の体積が時間的にわずかに減少する。ここに、 T_s は最終洗掘深（または平衡洗掘深）であり、 V_i はsill

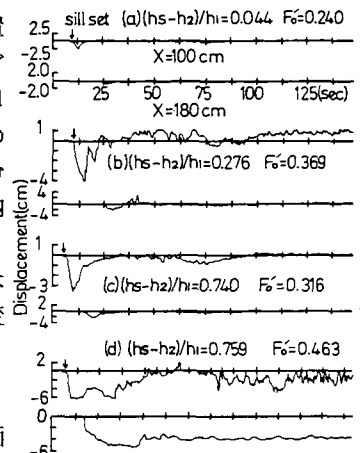


図1. sillの設置によって生じるその上流面での界面変動の時系列

の設置前のその上流面での塩水の体積を示す。この図から、sillを河口に設けた場合が残留塩水の除去に最も効率的であり、初期残留体積の約2割程度除去可能であることが分かる。なおsillの高さが界面より高い場合には、図3（a）、（b）で示されているように時間経過とともに界面洗掘が徐々に進行し、最終的にはsillの上流側の塩水が完全に除去される。図中の点線は洗掘進行の結果、最初に界面に合わせて設けたサーボ水位計の針先が水路床に当たった時点を示す。なお○印及び□印を塗りつぶしたのはビデオによって読み取った目視界面である。この結果より、sillの上流面での界面洗掘の経時変化はほぼ線形であることが分かる。

また図3（a）では洗掘進行に伴ないsillの上流面での渦運動によって界面付近で希釈された流体と当初から残存する塩水との間に密度勾配が生じ、新たな界面が形成されることが分かる。

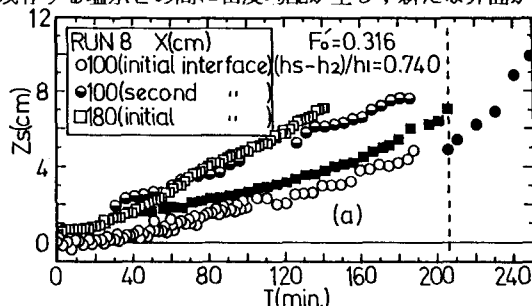


図3.(a),(b) sillの上流面での界面洗掘深の経時変化
(3) sillの上流面での渦径の経時変化

図4は可視化手法より読み取ったsillの上流面での渦径 D_v の経時変化を、sillの突出高さ (h_s-h_2) で無次元化して表したものである。この図から渦のスケールは密度Froude数やsillの界面からの突出高さに関係なく洗掘進行に伴なって単調に大きくなることが分かる。このことから渦による循環が時間的に変化しない限り、渦による掃流力はある限界まで減少して行くことが予想される。

4. おわりに

図5は前述したsillの上流面での界面洗掘深の経時変化をsillの界面からの突出高さで無次元化したものである。この結果では、明らかにRun 9の場合が他の実験Caseに比べ洗掘深の経時変化が最も遅いことが分かる。それには前述した図3(b)で見られるように初期に生じる急激な洗掘の結果、流れの剥離領域が大きくそのため渦のスケールは大きくなるが、渦による実際の掃流力はそれほど大きくなりえないことが一つの原因として考えられる。したがって、sillの上流面での界面洗掘機構を解明するためには洗掘進行に伴うsillの上流面での渦や流れによる掃流力の変化を定量的に評価する必要がある、今後の課題である。

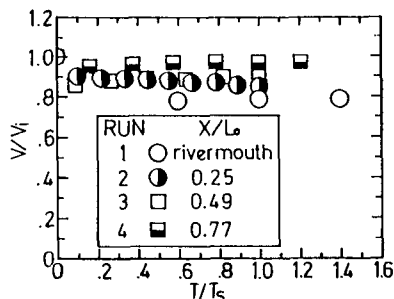


図2. sillの上流面における残留塩水の体積の経時変化

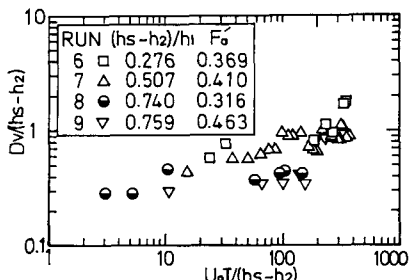
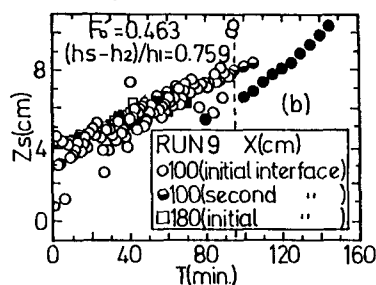


図4. sillの上流面での渦径の経時変化

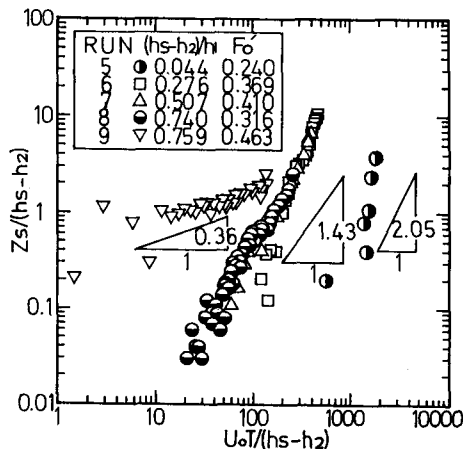


図5. sillの界面からの突出高さ (h_s-h_2) で無次元化した経過時間と界面洗掘深との関係