

II-236

鉛直分布を有する塩水の水門からの侵入について

芝浦工業大学工学部 正員 菅 和利
 芝浦工業大学大学院 学員 川面 博
 東京大学 工学部 正員 玉井信行

1. はじめに

ゲートから侵入する塩水の挙動については、lock exchange flow として研究されており、Brook Benjaminは完全流体としての取り扱いにより、先端の移動速度 C を算定する式を提案している。

$$F_d^2 = \frac{(2 - \psi)(1 - \psi)}{1 + \psi}, \quad F_d = \frac{C}{(\Delta\rho \cdot gY/\rho)^{1/2}}, \quad \psi = Y/H$$

玉井らはゲートの開度及び塩水層の遡上阻止を目的とした凹み部が先端の移動速度に及ぼす効果について実験的に検討した。又室田らは lock exchange flow のデータを用いてdam-burst analogy での抵抗係数 $K = C/\sqrt{g'H}$ について検討を加え、くさび先端の速度に及ぼすシルの効果を論じた。

これらの研究は2層流を対象としていたが、実際の現象では鉛直方向に密度分布を有する場合が多く、本研究では緩混合状態の海水が水門を侵入する場合の挙動を実験的に検討し、従来の2層流での結果と比較したものである。又塩水遡上阻止を目的として、ゲートより1mの地点にシル、凹み部を設置した場合の先端部の移動速度についても併せて検討を加えた。なお本報告ではゲートを全開にした場合を主として報告するが、ゲートの開度と成層構造を相互に変化させた場合の結果については発表時に示すこととする。

2. 実験装置及び実験方法

実験は長さ4.5m、幅0.2m、高さ0.4mの片面透明塩ビ板の水平水槽を用い、水槽中央部に塩水と淡水を隔離する、手動で瞬時に引き揚げることの出来るゲートを設置した。塩水槽側にはスカーレット、ウォーターブルーなどで着色した塩水で2又は3層の成層状態を作った。このゲートを瞬時に全開すると同時にビデオで塩水、淡水の交差して侵入していく様子を撮影した。 $X = 70\text{cm}$ の地点で試作した電導度計とトレーサー法により塩分分布、流速分布をそれぞれ測定した。

塩水の遡上阻止を目的として、ゲートより1mの地点に高さ10cmのシルを設置した場合と、長さ10cmの凹み部を設置した場合について成層状態の効果を検討した。

3. ゲート付近の流況

塩水槽を均一の塩水で満たした場合には図-1(a)のようなlock exchange flowが生じる。他方塩水槽を2層、3層に成層させれば場合にはゲートを開けた瞬間、まず下層塩水が侵入し、その後遅れて図-1(b)で示すように上層部の低濃度塩水がフロントに引き込まれ、先端部を追いかけて侵入する。

4. 結果及び考察

塩水槽を単層にした場合の先端部移動速度の場所的变化を示したのが図-2である。lock exchange flowを形成した後の移動速度は、後方からの塩水の

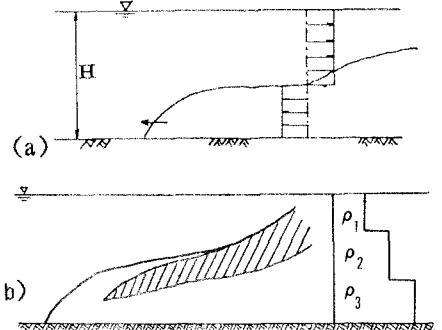


図-1 ゲート付近の流況

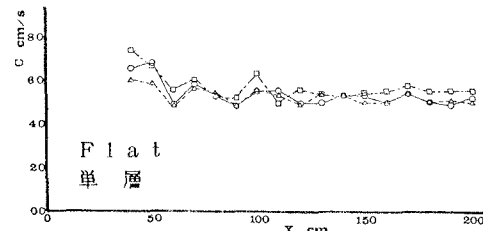


図-2 先端部移動速度

補給，周囲水の取り込みによる先端部の希釈，抵抗等がバランスして短い移動距離で一様速度になることが知れる。又この場合にはBrooke Benjaminの結果とよく一致している。塩水槽側が3層に成層している場合の先端部移動速度の場所的变化を示したのが図-3である。侵入初期には単層の場合と同じ挙動をするが，侵入が進行すると移動速度が僅かながら減少することが見られる。これは流況の説明で述べたように，鉛直分布の存在により後方から上層部の低密度の塩水が中間層を形成して先端部に侵入するために，先端部の密度が低下し，圧力勾配，抵抗等のバランスが単層の場合と異なるためと思われる。

塩水侵入阻止の目的で $X=1\text{m}$ の地点に高さ 10cm のシルを設置した場合の移動速度を示したのが図-4，5である。図-4は塩水槽が単層の場合であり，侵入する塩水の定常部の厚さ h がシルの高さより厚い場合に対応している。この場合にはシルに達した先端部はシルを乗り越えて侵入することが出来るためにこの地点での混合も小さくシルの効果は局所的なものとなる。この地点で移動速度が減少するが先端部が通過すると塩水層の中に埋没するためにその後シル無しの値に回復する。図-5は塩水槽を2層にした場合であり，侵入塩水の厚さはシルの高さよりも低くなった。この場合にはシルに達した先端部は激しく混合を生じながら乗り越え，その後再び先端部を形成して進行するために移動速度が減少する。

成層の影響により侵入する塩水層の厚さが単層の場合の水深の $1/2$ とは異なる。図-6はゲートより

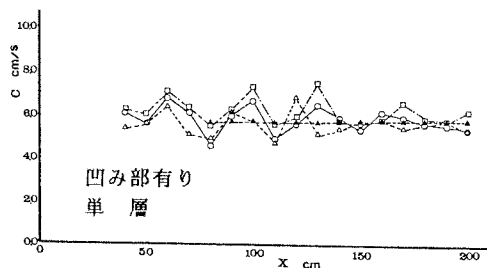


図-6 先端部移動速度（凹み）

1m の地点に凹みを設置した単層の場合の結果を示したものである。侵入する塩水量に比べて凹みの体積が小さいので，単層の場合には瞬時に凹み部を塩水が通過するために，貯留効果、凹み部を這い上がる時の減速効果は殆ど見られない。成層状態を変化させ下層流の厚さを変化させた結果を図-7に示す。実験の水利条件では，定常部の層厚 h が 9cm 以下の場合には凹み部の効果は顕著に表われた。このことは玉井らも指摘しているように，凹み部を満たしてこの地点を通過する塩水量と凹み部の体積に依って効果が決定されることを示している。

<参考文献> 1) 玉井ら，第30回年講，pp.442-443，2) 室田ら，第11回海講，pp.131-136

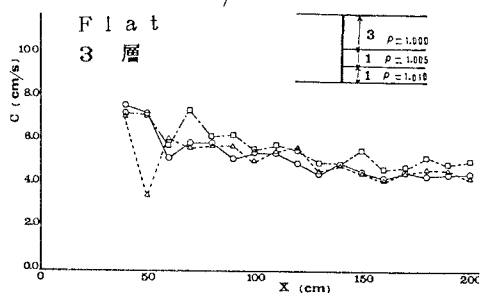


図-3 先端部移動速度（3層）

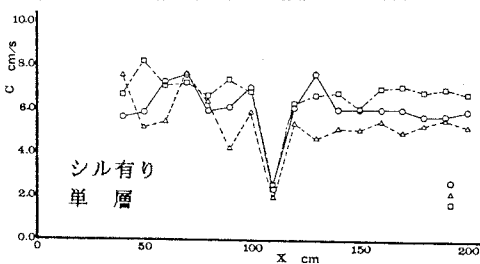


図-4 先端部移動速度（シル）

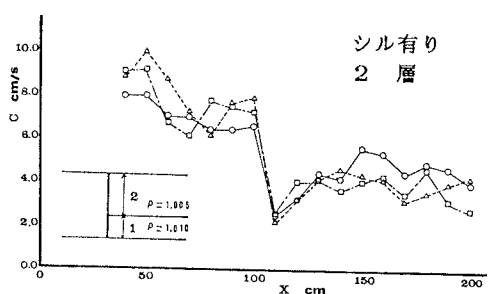


図-5 先端部移動速度（2層，シル）

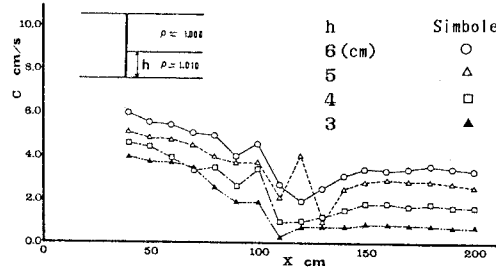


図-7 先端部移動速度（2層，凹み）