

中央開発株式会社 正会員 堀川 仁  
 埼玉大学 工学部 正会員 林 泰造  
 タイヤコンサルタント 柴田 幸男

はじめに

近年、河口よりの取水や塩水侵入防止のため、河口せきが多く建設されるようになってきているが、その結果生ずべき塩水くさび侵入長の変化の量的把握が必要である。本研究は、弱混合タイプの塩水くさびの基本式を、適当な無次元パラメーターを使って整理し、又、相似率を導き数値計算を行なった。さらに、特殊に設計された実験装置によって、定常塩水くさびに関する河床勾配の影響を検討すると共に、非定常塩水くさびの界面、逆上距離の時間的变化を実験的に検討した。

1. 基礎式の無次元化

無次元パラメーターを  $\sigma = X/UT$  ( $X = H_0/i_0$ ,  $U = \sqrt{gh}$ ),  $\beta = H_0/h_{10}$  ととり、2層流についての基礎式を無次元化すると、上層および下層の流れについての連続方程式は

$$\sigma \frac{\partial u_1}{\partial t} + \frac{\partial u_1 h_1}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\sigma \frac{\partial u_2}{\partial t} + \frac{\partial u_2 h_2}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

上層および下層の流れについてのエネルギー方程式は

$$\sigma \frac{\partial u_1}{\partial t} + \frac{\partial h_1}{\partial x} + \frac{\partial h_2}{\partial x} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + \beta \left( \frac{i_{f1}}{i_0} - 1 \right) = 0 \quad (3)$$

$$\sigma \frac{\partial u_2}{\partial t} + (1-\epsilon) \frac{\partial h_1}{\partial x} + \frac{\partial h_2}{\partial x} + u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + \beta \left( \frac{i_{f2}}{i_0} - 1 \right) = 0 \quad (4)$$

とわかる。ここで無次元量を表わす ' ' は記述の都合上省略するが、 $u_1, u_2$  は  $U$  で、 $h_1, h_2$  は  $h_{10}$  で、 $t$  は  $T$  で、 $x$  は  $X$  で無次元化してある。

—— 記号の説明 ——  
 $u_1, u_2$  ; 上, 下層の無次元流速  
 $h_1, h_2$  ; 上, 下層の無次元水深  
 $t$  ; 無次元時間  
 $x$  ; 下流方向にと、た無次元距離座標  
 $i_{f1}, i_{f2}$  ; 上, 下層の内部摩擦勾配  
 $i_0$  ; 河床勾配  
 $H_0$  ; 河口端平均全水深  
 $h_{10}$  ; 平均海面時における下流端上層の限界水深  
 $T$  ; 潮汐周期  
 $g_N$  ; 単位幅当りの淡水流入流量

2. 模型の相似則

実験模型の縮尺を添字の量について、 $K$ を用いて表わすと、 $K_\sigma, K_\beta,$   
 $K_{\frac{u_1}{i_0}}, K_{\frac{u_2}{i_0}}$  をそれぞれ 1 ととって、 $K_{g_N} = K_{h_1} \cdot K_{u_1}$  および、  
 $K_{H_0} = K_h$  の関係式より以下の相似式が導かれる。

$$\epsilon_m = K_{i_0}^{\frac{4}{3}} \cdot K \quad (5) \quad g_{NM} = K_{i_0}^{\frac{2}{3}} \cdot K_h^2 \cdot g_N \quad (6)$$

$$X_m = \frac{K_{H_0}}{K_{i_0}} \quad (7) \quad T_m = \frac{K_h^{\frac{2}{3}} (K_{i_0}^{\frac{4}{3}} \cdot K_h)^{\frac{1}{6}} \cdot T}{(K_h \cdot K_{i_0}^{\frac{2}{3}})^{\frac{1}{6}} \cdot K_{i_0}} \quad (8)$$

$$f_{bm} = \frac{K_{i_0}^{\frac{1}{3}}}{K_h} \cdot f_b \quad (9)$$

$$\epsilon = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1}$$

$\rho_1, \rho_2$  ; 上, 下層の密度  
 $f_b$  ; 水路床摩擦抵抗係数

3. 実験装置

2の相似則に従い、実際河川に対応し得る非定常塩水くさび実験装置を設計した Fig. 1. この実験装置の特色は、無限大の表面積を持つ海面を模擬するために、水槽に塩水面と同じレベルで上下するゲートを設け、水路より流入した淡水が速やかに外部に排出されるしくみになっている点である。Fig. 1 では塩水部分を点で示してある。

4. 定常塩水くさび  
相似則を検討する  
ために、定常塩水くさ  
びの実験結果と数値計  
算結果を比較したものが  
Fig. 2 である。この  
グラフでは、横軸に上  
流方向への距離座標を

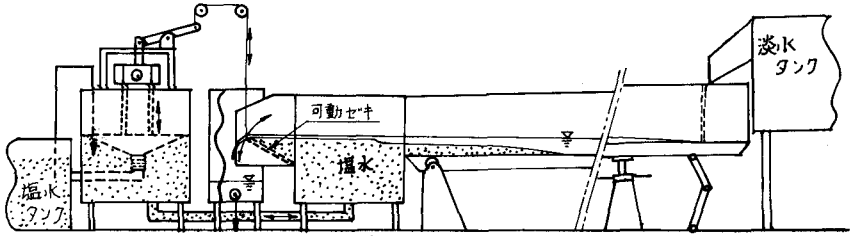


Fig.1 実験装置の概略

とり、縦軸に水深をとり実験結果を実線で、数値計算結果を破線で  
示してある。又、実験データは  $H_{0m} = 2.7 \text{ cm}$ ,  $\epsilon_m = 0.025$ ,  
 $g_{NM} = 0.68 \text{ cm}^2/\text{s}$ ,  $l_{0m} = 1/200$  である。この結果では  
数値計算結果の方が実験結果よりも小さくはなっているが、これは  
水路側壁の影響を考慮する上で、上層が乱流であるとして計算し  
たためであり、実際には層流を流れており、それがここでの差の  
大きな要因と考えられる。

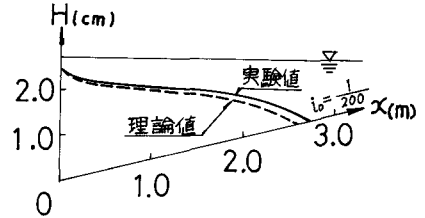


Fig.2 実験値と理論値の比較

河床勾配の塩水くさびに対する影響を検討するために、  
水路床勾配を  $1/250$ ,  $1/200$ ,  $1/160$  に変化させた実  
験結果を Fig. 3 に示す。この河床勾配は実際河川では  
それぞれ  $1/12500$ ,  $1/10000$ ,  $1/8000$  に相当し、  
 $H_{0m} = 3.0 \text{ cm}$ ,  $\epsilon_m = 0.0276$ ,  $g_{NM} = 0.814 \text{ cm}^2/\text{s}$   
の場合の結果である。この結果より、河床勾配は塩水く  
さびの先端部分においてその影響が大きく、特に塩水くさ  
びの遡上距離に影響をもつということが判る。

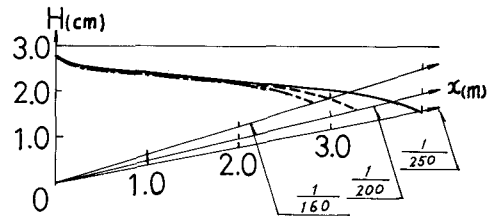


Fig.3 塩水遡上の勾配による影響

#### 5. 朝夕振動のある非定常塩水くさび

塩水くさびの非定常運動について、河口端で朝夕振動を与え、  
それがくさびの中央部付近の下層水深と遡上距離にどのように  
影響するかを実験し、その結果を Fig. 4 に示す。この結果  
は  $H_{0m} = 3.43 \text{ cm}$ ,  $\epsilon_m = 0.024$ ,  $g_{NM} = 0.920 \text{ cm}^2/\text{s}$ ,  
 $T_m = 92 \text{ sec}$  の場合であり、グラフの横軸には経過時間;  
 $t$  を朝夕周期;  $T$  で、縦軸にはそれぞれ河口端水深;  $h$   
を河口端平均全水深;  $H_0$  で、また河口から 4 m 地点の下層水  
深をその平均水深で、くさびの遡上距離とその平均値で無次元  
化した値をとってある。この結果より、朝夕振動は塩水くさ  
びの中央部付近までは位相ほぼ等しく伝わるが、水深の変化  
は大きくなり、又、くさびの遡上距離の変化については、後退  
する速度の方が遡上する速度よりもやや大きいことが認められ  
た。

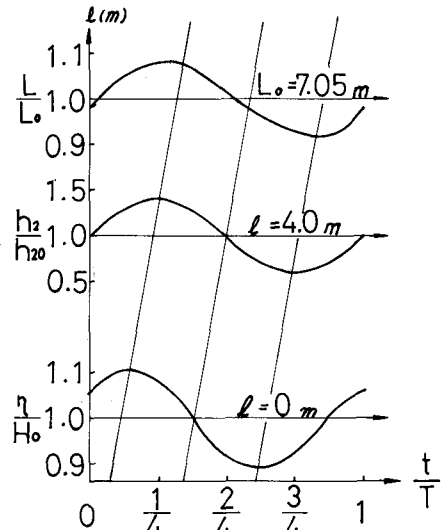


Fig.4 非定常塩水くさび

最後に、本研究は埼玉大学工学部地盤水理実験施設を進めら  
れたものである事を記して、佐藤邦明助教授に謝意を表わすものであります。