

東北工業大学 正員 相原 昭 洋  
東北工業大学 正員 阿部 至 雄

1. まえおき

釜石湾の湾口に大水深を有する津波防護堤の建設が計画されているが、昭和42年に津波防護堤が完成した大船渡湾の例によれば、防護堤開口部水深が深ければ、春季から秋季にかけて水温の低い水塊が形成されるという報告がなされており、釜石湾において環境の変化を招くような海水の停滞が開口部水深が深い夜層において生ずることの懸念されている。そこで、夜層の深層水の海水交流促進に対する管路を埋設することの効果および捨石マウンドの透水性について実験に基く若干の検討を試みた。

2. 実験施設および実験方法

実験に使用した水路は長さ5m、幅0.3m、高さ0.8mの二次元往復流開水路である。相似律はフルード則を用い縮尺は水平 $1/400$ 、鉛直 $1/400$ とした。朝夕および津波に対する実験では水深43mに設置した管路を通したのみ海水交流が生ずると仮定し、朝夕の周期12hr 25minに対し潮差を0.5, 1.0, 1.45, 2.0 mに変化させ、また、津波の周期16min, 30min, 40minに対し波高を0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 mまで変化させたときの湾内水位の上昇量から交流量を求め、さらに、交流範囲は写真から判断した。次に、湾内外に生ずる密度差を大船渡湾の例を参考に $\rho = 5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ と仮定して密度流場を設定したときの管路(設置水深40m, 55m)、および捨石マウンド(空げき率42%, 粒径40~47.6cm、天端幅32m、底部幅190m、高さ35m)を通して湾外へ流出する量を躍層の位下から求めた交流量とした。また、湾口水深はいずれもmとして実験を行なった。

3. 実験結果および考察

1) 朝夕および津波による海水交流量

湾内外の水位を同一レベルとし、湾外の水位を各潮差、波高まで周期に応じて上昇させた時に湾内に流入する海水量を求めて示したのが図-1である。図によれば、周期が長く、波高が大きくなる程流入量は多くなり、また、単位時間当りの流入量は周期が短く波高が大きい程多くなる。しかし、朝夕による海水交流量は半周期当り $10^5 m^3$ 程度であり、津波によるそれは半周期当り約 $10^6 m^3$ である。釜石湾の容量を $10^8 m^3$ 前後とすればその0.1%~0.01%程度の交流量であり、そのときの海水交流範囲は各経過時間毎に撮影した写真より求めた結果によれば堤体より高々300m~700mの湾内で生ずる程度であった。

2) 密度流効果による海水交流量

密度差に基づく管路を通した海水交流量を求めて示したのが図-2である。交流量はそれぞれ密度差が大きくなり、埋設管の設置水深が深い程多くなるが、密度差による交流量の差違よりも、埋設管設置水深による差違の方が大きく表われていることから交流量は、埋設管の設置水深により影響されると言える。また、交流量は管一本当り $10^6 m^3$ のオーダーである。なお、図中の実線は、微小時間 $dt$ の間に生ずる交流量 $Q$ を定常と仮定し、

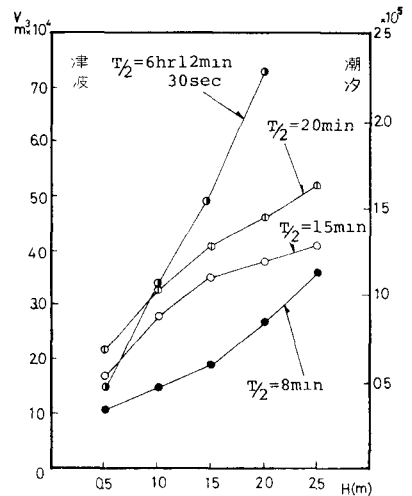


図-1 朝夕および津波による半周期当りの海水交流量(管路)

$$t = - \int_{H_1}^{H_2} \frac{A}{Q} dz = \frac{2A\sqrt{f_0 + f_1 + f_2 a}}{a\sqrt{2g\{(G-g)/\rho_0\}}} \left( \frac{H_2}{2} - H_1 \right) \quad f_0 = 1.0, f_1 = 0.5, f_2 = 0, a: \text{管断面積}, A: \text{湾内面積}$$

より躍層の低下量 ( $\Delta H = H_2 - H_1$ ) と降下時間との関係を求め、 $\Delta H = A \frac{\sum V}{m \cdot 10^6}$  を乗じた値をその降下時間に生じた交流量として示したものである。簡単な計算から求めた値であるが、実験値の傾向をよく説明しており、概略的交流量を知る上で有用である。

次に、密度流効果による捨石マウンドを通して生じた水交流量を図-4に示した。海水交流量は単位幅当たり  $10^4 m^3$  程度のオーダーであるが、その多くは初期の段階 (0~2日間) で生じ、それ以後の時間当りの海水交流量は急速に減少する。初期段階、丁度、湾内の躍層が捨石マウンド天端より上に位置する間であり、主にマウンド天端付近の捨石内を通して交流が生じる。さらに、躍層が低下しマウンド幅の効果が卓越してくるにつれ、捨石マウンドからの海水交流量は少なくなる。

### 3) 捨石マウンドの透水係

本実験に使用した捨石マウンドの透水係数を、 $Re \leq 4$  の場合  $k = \frac{V}{\epsilon}$ 、 $Re > 4$  の場合  $k = \frac{V}{\epsilon}$  (但し  $I = \frac{d^3}{4\epsilon}$ 、 $V = \frac{Q}{A}$ 、 $Re = \frac{Vd}{\nu}$ ) によって求める。この際、長さ  $d$  は仮想的流路長  $L$  の取り方が問題となる。

ここでは、流れに対する抵抗係数  $S = d(\frac{d^3}{4\epsilon}) / (\frac{V}{\epsilon})$  とレイノルズ数  $Re$  の関係を既往の研究例と対比することにより仮想的流路長  $L$  について検討した。すなわち図-4は、仮想的流路長を  $L = 0.7D + l_1$  ( $l_1 \gg D$ )、 $L = \alpha l_1 + l_1$ 、 $L = l_1$  (但し、 $\Delta h$ : 湾内外の水位差、 $l_1$ : マウンド天端幅 (不透水層)、 $D$ : マウンド高さ) とし  $S$  を算出し、 $Re$  との関係で示したものである。この  $Re-S$  の関係より仮想的流路長は  $L = l_1$  と仮定した。その時の透水係数は  $0.32 \sim 0.77 m^2/sec$  (模型で  $3.2 \sim 7.7 cm^2/sec$ ) である。

### 4. あとがき

堤体に管路を設け深層水の交流を図る場合平常潮流により交流が促進され、津波に対しては通水しにくいことと望まれるが、今回の実験結果によれば、管路を通しての津波時における海水交流範囲は、堤体より高々  $400m$  ほどであり、防波堤の機能は保全され、さらに密度流効果を加われば、深層水の交流には一層有利になると考えられる。他方、捨石マウンドのみに深層水の交流を求めることはむずかしいと思われる。

最後に、本研究を進めるに当り東北工業大学教授 沼田 淳先生には多くの助言を賜った。また、運輸省第1港湾建設局横浜調査設計事務所 諸氏には資料提供を含め多大の援助を賜った。また実験、資料整理に際し、本学学生、松本一寿、水野 薫、東海林誠吾の諸氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を表したい。

### 参考文献

- 1) 海岸災害研究ニユース第20号, 1976, pp.47-52
- 2) 運輸省第1港湾建設局横浜調査設計事務所「石屋高潮堤達水模型実験報告書」第1報 (昭和37年5月17日) p.3, 第2報 (昭和38年3月) p.1

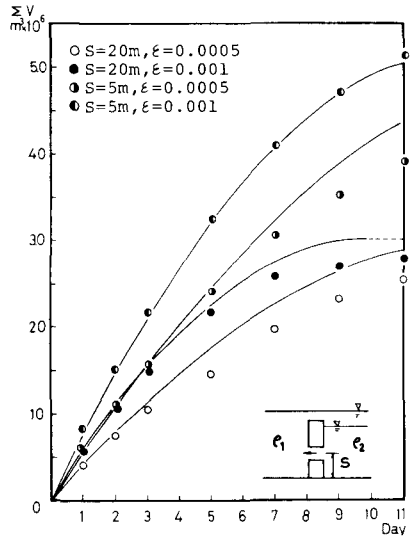


図-2 密度流効果による海水交流量 (管路)

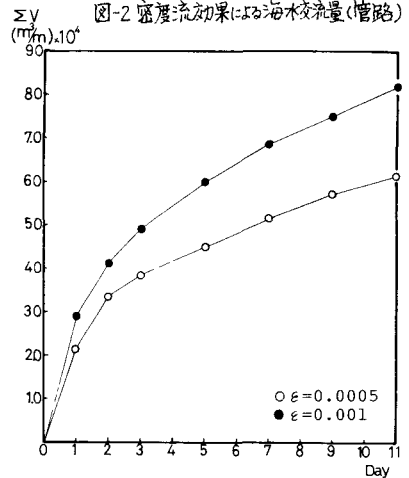


図-3 密度流効果による海水交流量 (捨石マウンド)

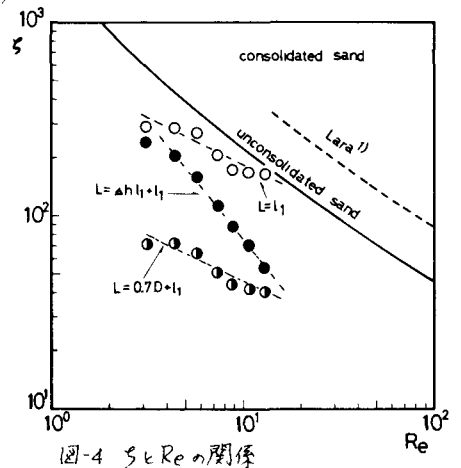


図-4 S と Re の関係