

渦流制御による海水交換促進効果について

(独法)水産総合研究センター水産工学研究所 正会員 大村 智宏
 愛媛大学工学部環境建設工学科 正会員 中村 孝幸
 愛媛大学大学院 学生会員 大井 邦昭

1. まえがき

本研究は、閉鎖性海域となり易く流入汚濁負荷の大きい港湾、漁港水域における水質・底質環境の維持、改善を目的として、かつ高い防波機能を有する海水交換促進型防波堤の開発を目指したものである。消波機構および平均流の発生機構としては、波動エネルギーを効率的かつ効果的に渦流等のエネルギーに変換するとともに、渦流による流体の輸送を制御する方法を検討した。ここでは、その機構の有効性について、水理模型実験と数値実験の両者により明らかにする。

2. 実験装置および実験方法

まず、海水交換型防波堤の基本構造として、遊水室内のピストンモード波動運動に起因する反射波の低減効果を期待した図-1(a)に示す異吃水2重壁式構造の堤体を用いた。次に、基本構造に加え、遊水室内の渦流の制御を目的として没水平版を設置した構造(図-1(b))と、さらに重力式構造で通水部が長くなる場合を想定して没水平版を岸側に延長した構造(図-1(c))の計3機種を用いた。想定模型縮尺は1/10~1/20程度である。

水理模型実験は、図-2に示すように、堤体前後で水位差が生じないように水平床上部・下部にて流体が循環する水路を用いた。図-1に示す模型堤体通水部の最後面を検査断面とし、L型電磁流速計を用いて水平・鉛直流速を測定した。作用波は、目標入射波高Hが5~10cm、周期Tが1.2s~1.95sの6種、規則波である。水深hは40cmと一定にした。

3. 流速および通水機能

図-3、4に図-1(a)(b)の堤体について計測した水平流速の時系列を示す。図中では冲向きへの流速を負と定義している。この図より、異吃水2重壁式防波堤では正負の流速振幅がほぼ等しいのに対して、没水平版を設けると負の流速の方が大きく、冲向きへの流れが卓越するようになる。

図-5は流速の時間平均から求めた単位幅輸送流量Qと、L/B(波長堤体幅比)との関係をまとめたものである。先と同様、図中では冲向きへの流量を負としており、N-S式の直接解法であるVOF法(CADMAS-SURF Ver.4.0)による数値計算結果も併せて示す。ここで、流量Qは進行波による半周期間の移動水塊量HL/2πで除した無次元流量Q*で表示してある。この図より、没水平版を設けると、全ての周期帯で冲向きの平均流を生じることが明らかとなった。水理模型実験結果からは、特に長周期の条件になるとQ*が増大しており、没水平版を延長することにより、さらにQ*が増大することがわかる。

図-6にVOF法により求めた水平流速時間波形を、実測点以外の2点を含む4点について示す。この図

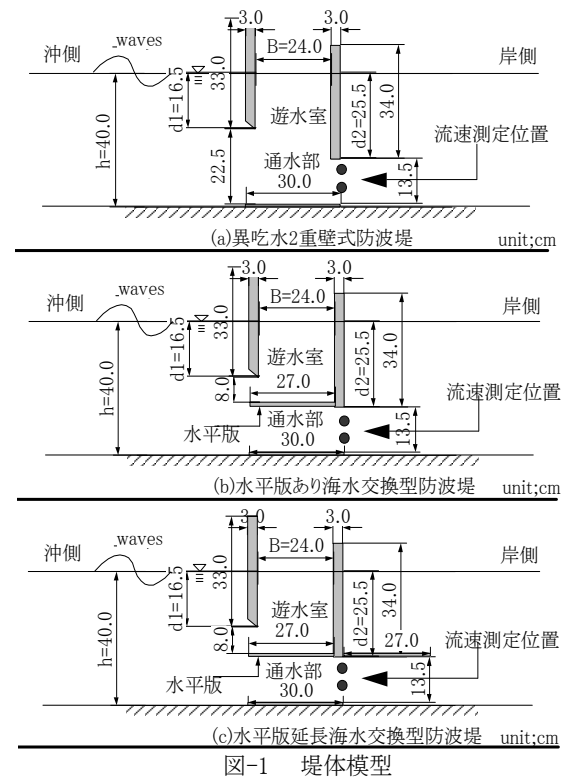


図-1 堤体模型

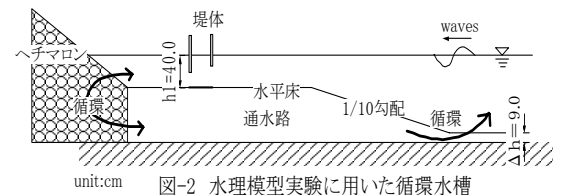


図-2 水理模型実験に用いた循環水槽

キーワード 海水交換型防波堤、没水平版、ピストンモード波動運動、渦流制御、VOF法、集中渦モデル

連絡先 (〒314-0421 茨城県鹿島郡波崎町海老台 電話 0479-44-5939 FAX0479-44-1875)

より、流速振幅は水理実験結果よりも正負ともに絶対値が大きいことが認められる。これは、渦流に起因する乱流の影響などが考慮されていないことやメッシュサイズ（水平方向 1.0cm、鉛直方向 0.5cm）の影響が考えられる。しかしながら、通水部の流速は実験・計算結果ともに、水底に近いほど沖向き流速が小さくなるなど定性的な傾向は一致している。

4. 平均流の発生機構

一般的に、平均流の発生する原因としては、水位差による導水がよく知られている。このため、本実験においても平均水位を測定結果に基づき精査したが、堤体前後の両水域において有意な水位差は見られなかった。このことより、平均流の発生は、ピストンモードにより形成される強い渦流によるものと考えられる。そこで、**図-7** に流況観測の結果に基づき考察した発生機構を示す。通水部の流体は、水平版の存在により押し波時よりも引き波時に発生する渦（**図中**の時計方向回転渦）の影響をより強く受けるため、波1周期間で平均すると結果的に沖側に輸送されると考える。

なお、水平版による付加的な効果として、流体の鉛直運動を抑制することにより、透過波が低減することを確認している。没水平版を延長すると、透過波のエネルギーが低減されて、結果として沖側への平均流が増大すると推察する。

5. 集中渦モデルによる平均輸送流量

渦流により引き起こされる輸送流量 Q を近似的に推定するため、簡単な集中渦モデルを想定した。このとき、以下の仮定を用いた。①渦流は単一の渦糸で近似でき、その循環量の時間変化は垂下版下端からの境界層剥離により供給される渦度の集積度合いで表される。ただし、供給時間は半周期間を最長とする。②集中渦は、垂下版下端と同一高さの位置に形成され、移動しない。③垂下版下端の境界層外縁の流速は、減衰波理論により推定できるなどである。

このような集中渦モデルより算定した流量を**図-5**に併せて示す。この図より、 Q^* は、ほぼ実測流量と同程度のオーダーであるが、反射波の低減の著しい $L/B=10$ 付近で極大を示すなど定性的な相違が見られる。また、同図中には VOF 法による数値計算結果も示しているが、相違が認められることから、今後、引き続き検討を行う必要がある。

6. 結語

二重壁式防波堤の遊水室内に没水平版を設置することにより、実用上有効な沖向き平均流を生成することができる。このとき、没水平版は、押し波時に前面垂下版の下端から形成される渦の遊水室内への集積および周辺場へ水粒子運動の抑制を果たすなど、渦流の制御に役立つ。

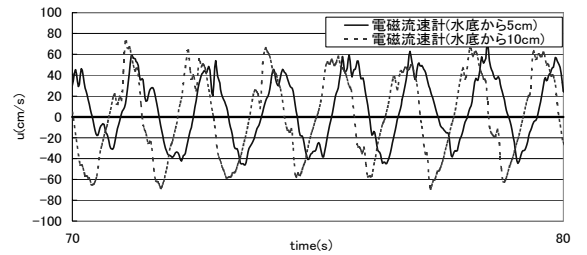


図-3 流速時間波形【T=1.4s H=10cm】
異吃水2重壁式防波堤

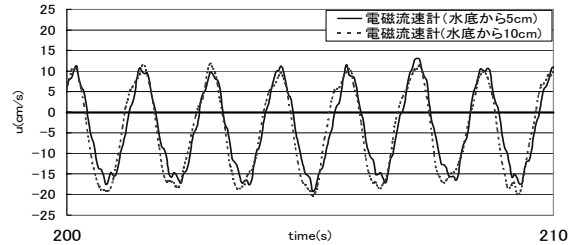


図-4 流速時間波形【T=1.4s H=10cm】
水平版あり海水交換型防波堤

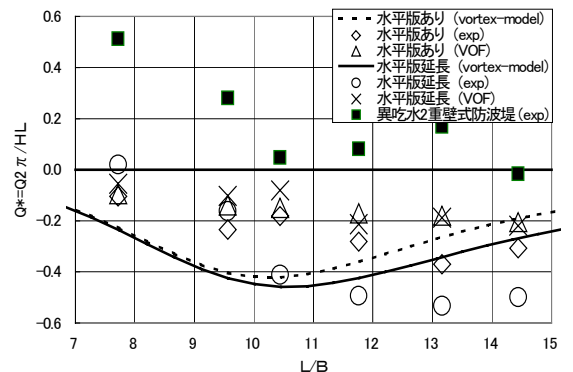


図-5 1波あたりの輸送流量

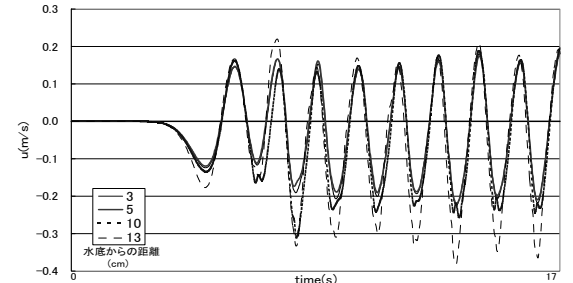


図-6 水平流速時間波形(n-s式)【T=1.4s H=10cm】
水平版あり海水交換型防波堤

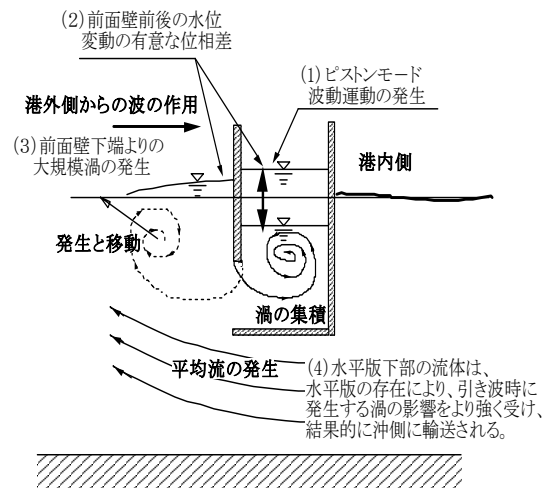


図-7 没水平版による平均流の発生機構