

II - 96

潮流の弱い閉鎖性海域における循環流の促進方法

大成建設技術研究所 正員 ○高山百合子

同上 正員 上野 成三

同上 正員 大谷 英夫

同上 正員 勝井 秀博

1. はじめに

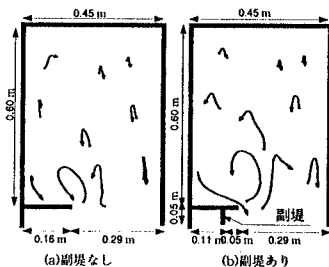
閉鎖性海域の循環流の形成には湾口部で発生する大規模渦（以下、湾口渦と呼ぶ）が重要な役割を果たす。湾口部の潮流が強い場合、一對の湾口渦が発生し渦のペアリングにより湾奥方向へ自走する。その結果、湾内で循環流が発達する¹⁾。著者らは、この湾口渦に着目して剥離渦発生構造物を用いた海水交換促進工法を提案した²⁾。その機構は、湾口部に流れが剥離しやすい構造物を設置して湾口渦を強化させることにより、循環流・海水交換を増大させるものである³⁾。しかし、湾口部での潮流が極端に遅い場合、湾口渦が弱く渦のペアリングによる自走が起これないため、循環流が発達しない。そこで、本研究では、潮流が弱い場合でも循環流を発達させる新しい方法として、湾口部に副堤を設ける工法を提案し、水理実験と数値計算により本工法の循環流増大の機構と効果を検討した。

表-1 模型湾諸元

湾寸法（長さ×幅）	0.6×0.45m
湾口幅	0.29m
水深	0.08m
潮汐周期	30s
潮汐振幅	0.004m

2. 副堤の設置による湾内循環流の変化

水理実験により湾口部に副堤を設置すると循環流が増大することが確認された。ここではその一例を示す。ここで言う副堤とは、湾口部の岬や堤防の沖側に設置した突堤状の構造物を指す（図-1）。実験条件は表-1に示す通りで、循環流パターンを示す指標である $(R/W)^2=0.1$ となり、Kashiwaiによると循環流が発達しない条件である。図-1では、副堤ありなしでの上げ潮からスタートした1周期間のトレーサの軌跡を比較した。副堤なしの場合、トレーサの軌跡は短く循環流がほとんど発達しない。これに対して、副堤ありの場合、湾口付近のトレーサの軌跡が長く、循環流が発達することが分かる。以上より、副堤を設置することにより、通常では循環流が発達しない潮流が弱い条件でも、循環流が増大できることが確認された。

図-1 湾内の循環流の比較
（トレーサ実験）

3. 副堤による循環流増大のメカニズム

副堤により循環流が増大する機構を数値計算により検討する。計算手法は2次元浅水流方程式の差分モデルをベースにしたものである⁴⁾。計算条件は、現地スケールで行い（図-3）、外洋側の開境界で潮位（振幅0.4m）を作用させた。副堤ありなしで湾口渦の自走過程を比較する（図-2）。図中の位相 t/T は上げ潮開始時を基準とした。まず、 $t/T=0$ では、副堤ありの場合、下げ潮時に形成された湾口渦が湾のやや外側へ位置する。これに対して、副堤なしの場合、湾口渦は副堤近傍の湾口部側の領域に位置する。これは、副堤の鏡像効果により湾口渦がトラップされるためである。 $t/T=0.11$ になると、副堤なしの場合湾口渦の位置はほとんど移動しないのに対して、副堤ありの場合湾口渦が湾内方向へ移動する。 $t/T=0.32$ になると、副堤なしの場合、上げ潮による新たな湾口渦が発達しはじめ、下げ潮時の渦が湾口部に留まっている。これに対して、副堤ありの場合、湾内へ流入する強い流れが発生する。この流れの発生過程をよく見ると、下げ潮時

閉鎖性海域、潮流、循環流、湾口渦

〒245 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL045-814-7234 FAX045-814-7253

の湾口渦が湾奥方向へ移動し、上げ潮時の湾口渦と対になって湾内に移動する様子が見られる。すなわち、強い流入流れは渦対の自走により生じることが分かった。

以上より、副堤により循環流が増大する機構をまとめる。まず、下げ潮時の湾口渦が副堤によりトラップされ、次に、この渦と上げ潮時に新たに発生した渦とのペアリングにより、自走が生じて、湾内に循環流が発達する。これは、従来の湾口渦による循環流が、上げ潮時に形成される開口部両端の2つの渦の自走が原因であったのに対して、本工法では下げ潮と上げ潮による開口部一端の2つの渦の自走を利用しており、新しい循環流の形成手法と言える。

4. 副堤による流況改善効果

図-3に副堤なしとありの循環流（潮汐残差流）を比較する。副堤なしの場合、湾内側の湾口渦は湾口付近に留まっており、湾内に大きな循環流は見られない。副堤ありの場合、湾内に大きな循環流が形成されていることがわかる。

図-4に湾内の物質の拡散状況を比較する。湾内が濃度100の仮想物質で満たされているとして計算を開始し、10潮汐後の結果を図示した。副堤なしに比べて副堤ありの方が、濃度の低下が生じる範囲は大きい。よって、循環流の発達により湾内の広い範囲で物質の拡散が増大することが確認できた。しかし、湾内濃度の低下幅は、副堤ありより副堤なしの方が大きい。これは、副堤ありの場合、下げ潮時に湾内水の流出により発生した湾外の湾口渦が湾内へ再流入するため、湾内外の海水交換が減少することが原因である。よって、副堤による循環流増大は海水交換にとっては有効でないことが分かる。しかし、湾内の循環流が増大すると、成層や貧酸素化が弱まったり、よどみにゴミが集積しにくくなるなどの効果が期待でき、本工法が有効であると考えられる。

5. まとめ

湾口の潮流が弱く循環流が発達しない条件の閉鎖性海域において、副堤を用いた循環流の促進方法を示した。本工法は、湾外に形成される湾口渦を副堤により湾口部にトラップさせ、湾内側の湾口渦とペアリングにより自走させるもので、湾口部の潮流が弱い閉鎖性海域で循環流が発達する可能性を示した。

<参考文献>

- 1) Kashiwai, M (1984): Tidal residual circulation produced by a tidal vortex, Part I, Life-history of Japan, Vol. 40, pp279-294.
- 2) 大谷ら (1994): 湾口渦の制御による水平循環流改変に関する一考察, 第49回年講Ⅱ-438, pp876-877.
- 3) 大谷ら (1995): 湾内水平循環流増大のための湾口剥離点操作による湾口渦の制御, 第50回年講Ⅱ-413, pp826-827.
- 4) 大谷ら (1995): 流況制御のための湾口渦と水平循環流に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第42巻, pp1221-1225.
- 5) 大谷ら (1996): 湾口渦強化による閉鎖性海域の循環流の形成方法, 第1回環境流体シンポジウム講演論文集, pp437-438.

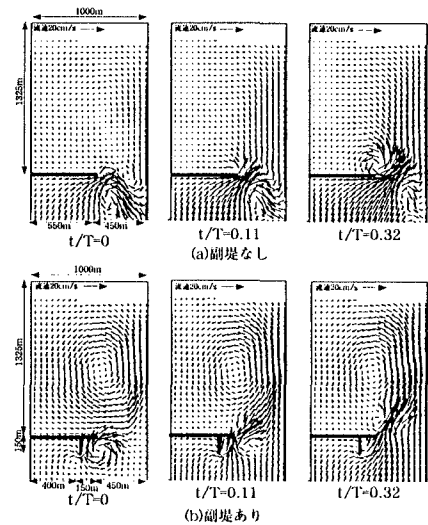


図-2 湾口渦の自走過程の比較

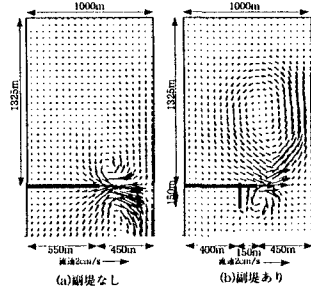


図-3 潮汐残差流ベクトル

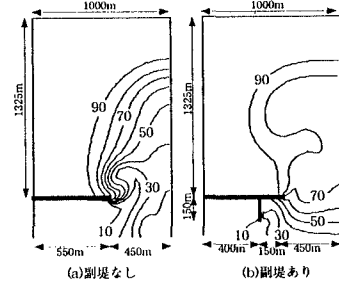


図-4 湾内の物質拡散