

II-438

湾口渦の制御による水平循環流改変に関する一考察

大成建設(株)技術研究所 正員 大谷 英夫 高山百合子
同 正員 石野 和男 正員 勝井 秀博
中国工業技術研究所 正員 宝田 盛康 正員 山崎 宗広

1. はじめに 湾口操作により、湾内の潮汐残差流を強くし、海水交換率を上げることができるといわれている¹⁾
2) 潮汐残差流の強度を上げるには、潮流から残差流への渦度の変換、残差流自身による渦度輸送を効率的に行う必要がある。それには潮流から残差流へ渦度が最も変換される湾口部を改変することが得策であると考えられる。鳴門海峡のように突出した湾口背後では潮流が剥離することにより渦対が形成される。Kashiwai³⁾、大西⁴⁾らはそれらの渦対のvortex-amalgamationにより潮汐残差流が形成されると説明している。すなわち、渦度の変換、輸送を増大させるには、湾口部の渦を何らかの方法で制御すればよいと期待される。本研究では、模型湾内の流れを可視化することにより、湾口部の渦と湾内の循環流の関係を考察した。
2. 実験方法 長さ1.48m、幅0.97m、高さ0.19mの小型平面水槽内に、表-1に示す諸元の湾を作成した。潮汐は、水槽端に設置された幅40cmの堰の上下動で発生させた。堰では絶えず越流するように、ポンプで一定量の水を水槽内へ汲み上げた。可視化方法は、レーザーライトシートを水槽側面より水面に照射し、水面に浮かべたイオン化樹脂を、水槽上方に設置したカメラおよびビデオカメラで撮影した。写真撮影は、湾内の流れが十分定常状態に達した後、上げ潮スタート時に開始し、6秒間隔、シャッタースピード4秒、1周期(72秒)あたり12コマで実施した。図-1に、各ケースの湾口構造物とその設置状況を示す。

表-1 模型湾諸元

湾寸法(長さ×幅)	0.97 × 0.97 m
湾口幅	0.2 m
湾口長	0.5 m
水深	0.1 m
潮汐周期	72 sec
潮汐振幅	0.01 m
最大流速(湾口部)	0.038 m/s

3. 実験結果および考察 (1) 湾口部の渦と水平循環流の関係 写真-1に case1, 写真-2に case2 の流況を示す。(a)はスタートから5/12周期後の上げ潮時、(b)は10/12周期後の下げ潮時の流況である。case1の上げ潮時(写真-1(a))には、湾内への流れが湾口背後で剥離し、2つの渦が形成されている。流入した湾外水は、湾奥まで到達せず、湾はほぼ中央部で写真下方に向きを変える。下げ潮時(写真-1(b))には、湾口背後の渦は湾外に流出する。流れは湾口軸方向(湾口横断面に対して直角方向)で、その流速分布は湾口横断方向に一樣である。このため、一周期間の湾内の流れは、湾口軸方向の振動流が卓越し、湾内全域にわたる水平循環流は見られない。case2では、湾全域にわたる水平循環流を形成させるために、三角柱を湾口に設置し湾口部の渦度を増大した。写真-2から湾全域にわたる強い循環流が反時計まわりに形成されているのが分かる。上げ潮時(写真-2(a))に見られる剥離渦は、case1(写真-1(a))に比べ湾口から離れた位置に形成され、また、一周周期前に形成された湾口のL側(写真参照)の渦がさらに湾奥へ移動している。下げ潮時(写真-2(b))にもL側の渦は湾口から流出せず湾内の循環流に取り込まれる。また、湾口部の流れは、case1(写真-1(b))では湾口軸方向の流れであったのに対し、湾口L側方向からの流れのみが流出し、湾口横断面では大きく偏った流速分布となる。case1とcase2を比べて、この水理条件で湾内の水平循環流を強める要因として、①下げ潮時に湾口部の流れが湾口L側に偏流すること、②上げ潮時に形成される渦が湾口から離れた位置に形成されること、が考えられる。(2) 水平循環流形成に対する渦の振舞い case3(写真-3)は、湾口部で偏流を強制的に発生させるため上げ潮、下げ潮に対して開閉するゲートを設置した。すなわち、上げ潮時に湾口軸方向に流入させ、下げ潮時には湾口のL側方向からの流出を卓越させるようにした。写真-3(a)、(b)で分かるように、湾全域にわたる水平循環流が形成され、湾口部での偏流が水平循環流の形成に効果を持つことが分かった。case4(写真-4)は、剥離渦を湾口から離れた位置に形成する目的で、2本の三角柱を湾口背後に設置した。写真-4から湾内に水平循環流が形成されたことが分かる。上げ潮時(写真-4(a))に、三角柱背後に渦が形成され、下げ潮時(写真-4(b))も渦は流出しない。これは大西ら³⁾が明らかにしているように、渦対は自己誘導速度により湾奥へ向った速度成分を有するからである。しかも、渦対の自己誘導速度は、下げ潮時に湾口へ向う湾口軸方向の流速成分を減少させると同時に、湾口L側の流れを卓越させ、あたかもcase3のゲートのように振舞っている。その結果として、渦の生成と循環流による渦の輸送がうまくバランスし、水平循環流が形成されたものと考えられる。case2で見られた水平循環流も同様の渦の効果から形成されたものと考えられる。

5. まとめ 水平循環流が形成された湾では、上げ潮時に湾口軸方向に流入、下げ潮時に湾口付近の偏流が顕著になること、また、湾口渦はこれらの現象に効率良く振舞うことを明らかにした。今後は、水平循環流制御構造物の開発を進めると共に、海水交換に対する効果を明らかにしていきたい。なお、本研究は、通産省中国工業技術研究所と民間4社(中国電力(株)、大成建設(株)、五洋建設(株)、ブリジストン(株))による官民連帯共同研究「海域環境制御のためのミチゲーション技術の確立に関する研究」の一環である。

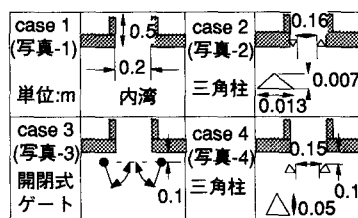


図-1 湾口部

<参考文献>

- 1) 上嶋ら(1991)：流況制御構造物設置による流況制御技術の効果検証実験，海岸工学論文集第38巻，pp851-855
- 2) 村上ら(1993)：潮汐エネルギーを利用した海水交換促進に関する水理模型実験，水工学論文集第37巻，pp. 441-418
- 3) Kashiwai(1984)：Tidal residual circulation produced by tidal vortex, Part 1. J. Oceanogr. Soc Japan, 40, pp.279-294
- 4) 大西ら(1980)：Landsat リモートセンシングを導入した海峡部海水交換現象の研究，土木学会論文集第298号，pp.63-75

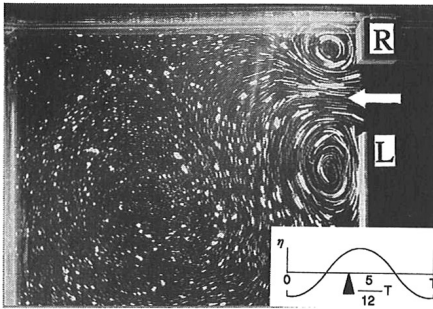


写真-1(a) case 1 5/12T

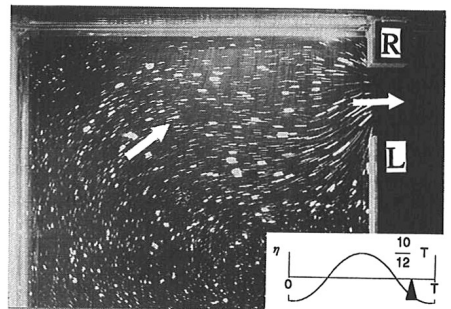


写真-1(b) case 1 10/12T

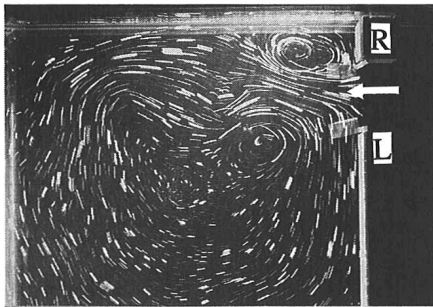


写真-2(a) case 2 5/12T

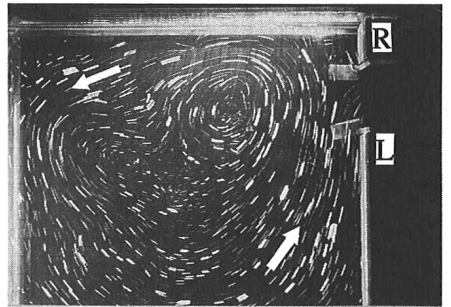


写真-2(b) case 2 10/12T

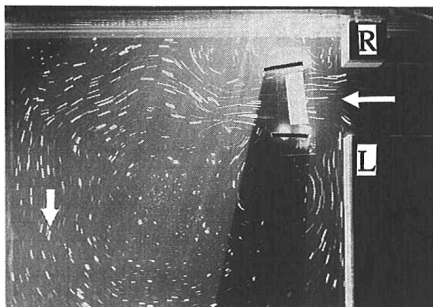


写真-3(a) case 3 5/12T



写真-3(b) case 3 10/12T

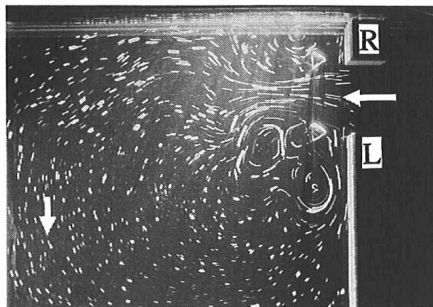


写真-4(a) case 4 5/12T

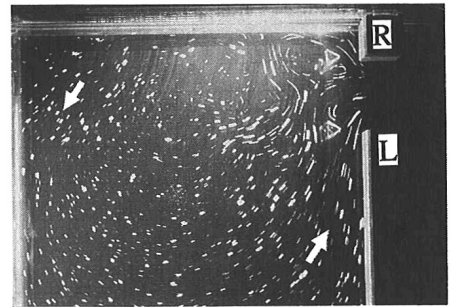


写真-4(b) case 4 10/12T