

第 部門 スリット付き二重鉛直平板堤体の海水交換機能に関する研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○笠井康裕
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 折橋恒春
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 角野昇八
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 森 信人

1. 緒言

一般に防波堤は静穏度を高めることが主要な目的であるため、波浪制御特性、及び耐波特性が主眼に設計される。このため、透過性が極めて低く、特に防波堤によって閉鎖された港湾内では海水の流動が妨げられ、水質の低下が問題となっている。近年では、この問題を解決するため、港内に外海の海水を取り入れて定常的な流れを発生させる海水交換型防波堤が提案されている。建設コストや費用対効果を考慮すると、単純な構造でかつ機能性の優れた海水交換型防波堤が求められているが、有効な形状はまだ確立されていない状況である。

スリット付き鉛直平板堤体は、海水交換型防波堤の中でもシンプルな構造を持ち、これまでに、スリット付き1重及び2重鉛直平板堤体に関する数値計算と水理模型実験が折橋ら、恩地によって行われている^{1), 2)}。しかし、これらのモデルでは現実的に要求される海水交換が得られず、より効率的な流況制御が必要とされている。

本研究では2重鉛直平板堤体に水平板を付加することによる、海水交換機能の制御に関して、数値計算及び水理模型実験により検証を行った。

2. 水理模型実験及び数値計算概要

数値計算には、基礎方程式に連続式とReynolds平均型Navier-Stokes方程式を、乱流モデルに高Reynolds型k- ϵ モデルを、自由表面にVOF法を用いた数値波動水路(CADMAS-SURF)を用いた³⁾。水理模型実験は、50m造波水槽(幅2.5m、高さ1.5m)で行い、水路(堤体)幅2.0m、水深1.0mとし幅0.5mの循環部を設置した。表1に模型の緒元を示す。数値計算は表1の全モデルを、実験は網掛け部のモデルを対象とした。図1に模型の概略図を示す。スリット開口率は水深の10%、開口位置は表1における $z1$ と $z2$ の間(cm)とした。模型は造波機から24mの地点に設置し、流速の計測には二成分電磁流速計(KENEK製)及び超音波式流速計(NORTEK製)を用いた。

表 1 模型緒元

名称	スリット位置 $z1-z2$ (cm)	開口率 α (%)	堤体長 l (m)	水平板長 $l1$ (m)
HCC	45-55, 45-55	10, 10	1.0	-
HUL	75-85, 10-20			-
HLU	10-20, 75-85			-
HUL-25L	75-85, 10-20			0.25
HUL-50L	75-85, 10-20			0.50
HUL-25U	75-85, 10-20			0.25
HUL-50U	75-85, 10-20			0.50
CAISSON	75-85	10		-

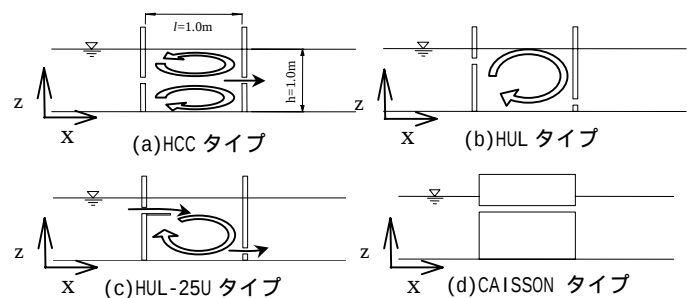
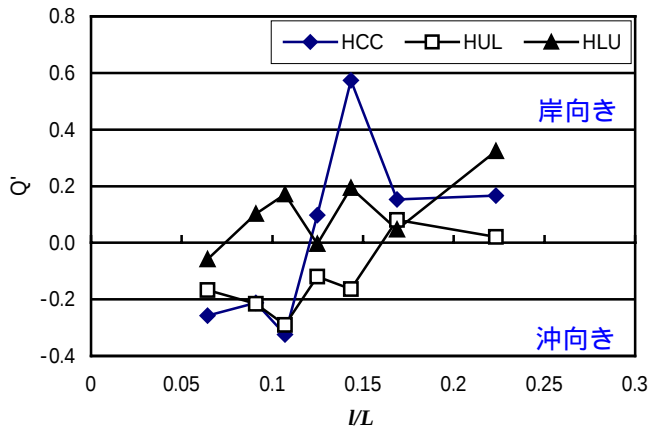
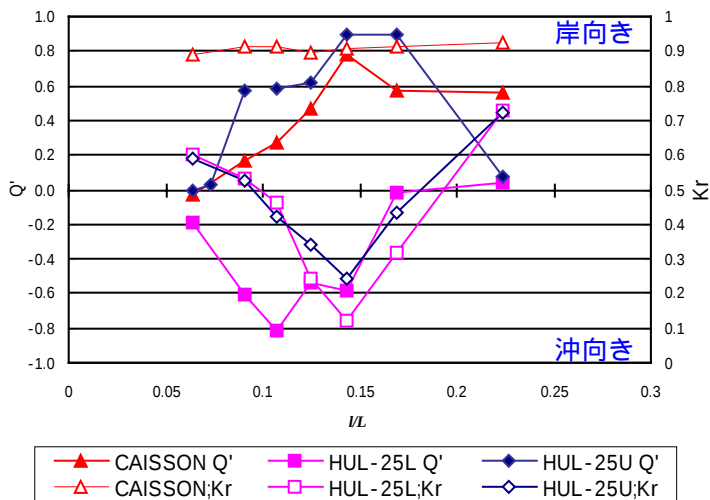


図1 模型概略図及び定常渦、平均流の概念図

速計(NORTEK製)を用いた。サンプリング周期はそれぞれ0.02s, 0.1sとし、反射波の影響を除くため、造波直後の5波程度が通過後、波動が定常となった状態で、実験では5波の、数値計算では10波の沖岸方向の平均流速 u から平均流量 Q を求めた。入射波浪条件は、波形勾配 $H/L=0.01$ とし、周期 $T=1.8\sim 5.1$ s、波長 $L=4.48\sim 19.71$ mの範囲で与えた。ただし、水理模型実験では造波機のパフォーマンス上、周期の長いものに関しては一部波形勾配を $H/L=0.002\sim 0.005$ に変更して実験を行った。

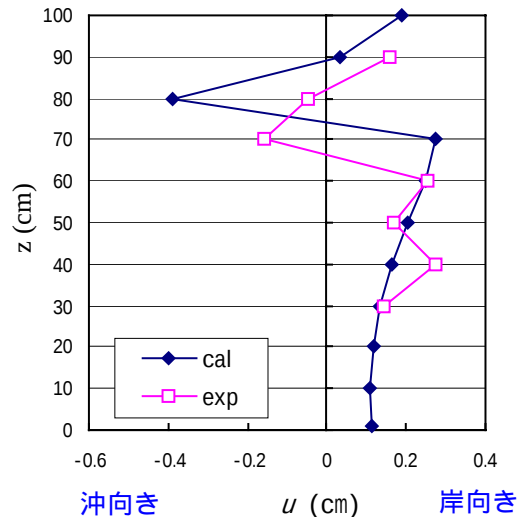
3. 水理模型実験及び数値計算結果

図2に示すのは、数値計算により得られた2重鉛直平板堤モデルと流量 Q の比較結果である。縦軸は進行波の質量輸送量 Q_0 で無次元化した流量 Q' 、横軸は相対堤体長 l/L を示す。この結果より、本研究で扱ったどの2枚鉛直平板モデル間にも海水交換効果の差異は認められなかった。ただし、HCCモデルでは、一部の

図2 二重鉛直平板モデルの流量 Q' と l/L の関係図3 水平板モデルの流量 Q' 、反射率 K_r と l/L の関係

周期帯($l/L = 0.15$)で岸向きの平均流が卓越する結果となった。これは、遊水室内に図1(a)に示すような渦が定在し、この渦が平均流を卓越させていると考えられる。これは、折橋らによって示された結果とも合致する。一方、スリット位置を変化させた図1(b)に示すように HUL, HLU モデルでは、HCC モデルよりも比較的広い周期帯において大規模な渦が定在していたが、遊水室内で循環するのみで平均流には大きな影響を与えていない結果となった。そこで、この遊水室内に発生する渦流れを一方の平均流に効率的に転換するために、開口部に水平板を設置したモデルを考案し(図1(c))、その効果を検討した。その結果、HUL-L モデルでは沖向きに、HUL-U モデルでは岸向きに流れを誘起することがわかった(図3)。また $l/L=0.15$ 付近で反射率も低い値となっており、波浪制御機能についても一般的な海水交換型防波堤であるケーソンモデルと比べ有利な結果が得られた(図3)。

平均流の誘起が最も顕著だと思われたこの2種類の水平板モデルに関して、数値計算結果の妥当性を検討

図4 流速の水平方向成分 u の鉛直方向分布 (HUL-25L, $T=2.5s$)

するため、水理模型実験を行った。その結果、数値計算と水理模型実験の流速分布は同様の傾向を示した(図4)。また、流量 Q' についても数値計算結果と実験値を比較した。その結果、HUL-Lモデルについての実験結果が数値計算と同様に沖向きの平均流を示すのに対し、HUL-Uモデルについての実験結果が数値計算と沖向きの流れを示した。また、両モデル共に数値計算結果より実験結果は沖向きに流れが強く出る結果となった。

4. 結言

数値計算の結果より、二重鉛直平板堤体に水平板を設置することで $l/L=0.1 \sim 0.2$ において海水交換の流向、流量を制御することが可能であることがわかった。また、このモデルではケーソンモデルより低反射率であることなど波浪制御機能も十分に有していることがわかった。水理模型実験により数値計算結果の妥当性について検討した。その結果流速分布が定性的に同じ傾向を示した。しかし流量に関しては、水理実験の測定がまだ難しく、検討が必要である。

参考文献:

- 1) 折橋恒春・恩地正憲・山野貴司・角野昇八：波動により平板スリット周辺に発生する一方向平均流とその誘起機構の計算，海岸工学論文集，第51巻，pp.676-680，2004
- 2) 恩地正憲：波動場に設置された鉛直壁面のスリット通過平均流に関する実験的研究，大阪市立大学工学部土木工学科卒業論文，2004
- 3) (財)沿岸開発技術研究センター：数値波動水路の開発・研究，沿岸開発技術ライブラリーNo.12，2001