

愛媛大学大学院 理工学研究科 学生会員 ○岡田 修平
 愛媛大学大学院 理工学研究科 正会員 中村 孝幸
 (株) 荒谷建設コンサルタント 正会員 佐伯 信哉

1. はじめに

閉鎖性の内湾域では、長年の汚濁負荷の増加や蓄積により富栄養化が進行し、水温成層が発達する夏季においては水質の悪化が問題となっている。本研究は、密度成層場が発達したときの閉鎖性内湾域において、未利用な常時の波エネルギーを活用し、水塊の鉛直混合を促進することによる環境改善型護岸の開発を目指すものである。既に著者らは、主に常時波浪が作用するときの一樣密度場における低反射式鉛直混合促進型護岸の効果について検討してきた。その際、遊水室の断面寸法や前面垂下版の断面形状に着目し、波浪制御効果ならびに鉛直混合特性などについて、実験および理論の両面から明らかにした。ここでは、密度成層場において堤体前面の垂下版形状に着目し、その混合効果および混合特性を検討する。さらに、堤体まわりの流速場について、PIV 法による画像解析を介して把握するとともに、鉛直通水路における流速と堤体まわりの塩分濃度の関係についても明らかにする。最後に、密度成層の破壊メカニズムについて流況特性より考察する。

2. 研究概要

ここでは、現地海域として密度成層が発達した夏季の閉鎖性内湾を想定した。(1) 成層化した海域のモデル化は、夏季における東京湾や大阪湾における表層と底層の塩分と水温の実測データを参考にし、二層による密度成層場(上層:淡水, 下層:塩水)とした。(2) 鉛直混合促進型護岸の構造は、著者らの従来の研究から没水平板に開口部を設けた形状構造とした。堤体前面の垂下版形状は、2種類の構造型式(右下がりくさび形, 右上がりくさび形)を採用した(図-1)。想定した波条件は、閉鎖性内湾域での常時波浪に相当する周期 $T_p=3.5s$ 、波高 $H_p=30cm$ 程度とした。(3) 実験は、2次元造波水槽に模型堤体(縮尺 1/15 を想定)を設置し、密度成層場におけるそれぞれの堤体による流体密度の時空間特性を把握するために計3台の塩分濃度計を用いた。鉛直通水路内における流速は、電磁流速計により計測した。さらに、密度成層の破壊メカニズムを検討するため、堤体まわりの流況を可視化して解析した。

3. 主要な結論

(1) 垂下版の形状により、造波直後の2層の混合特性が異なる(図-2)。右下がりくさび形の堤体では、遊水室内の水塊が鉛直通水路を通して鉛直下向きに輸送され、希釈混合された水塊が密度界面に沿って内部波

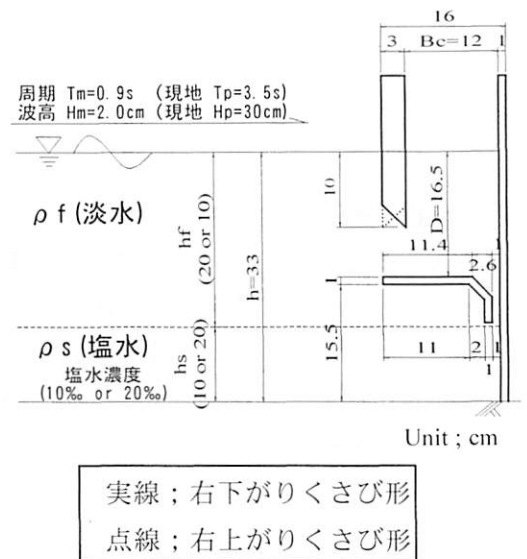


図-1 模型堤体の構造

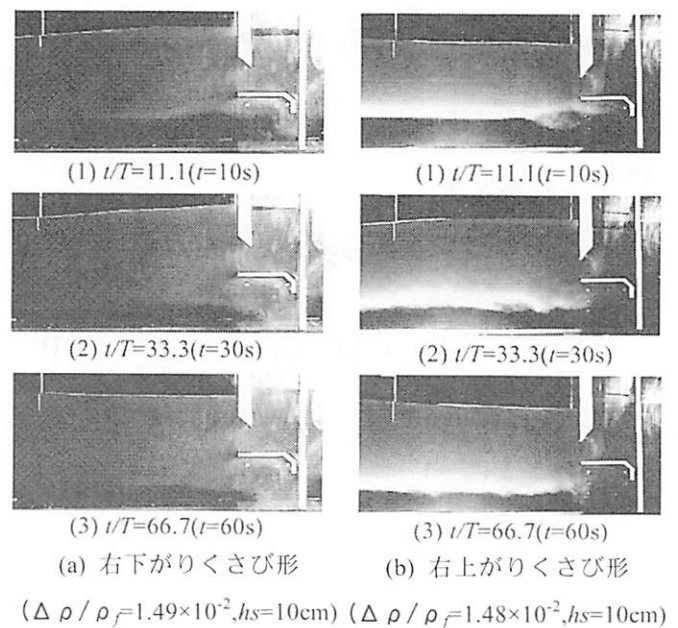
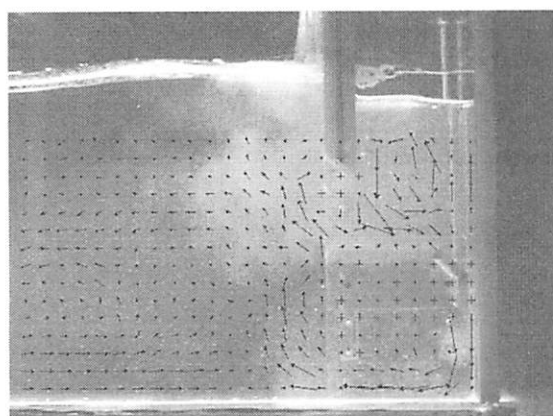
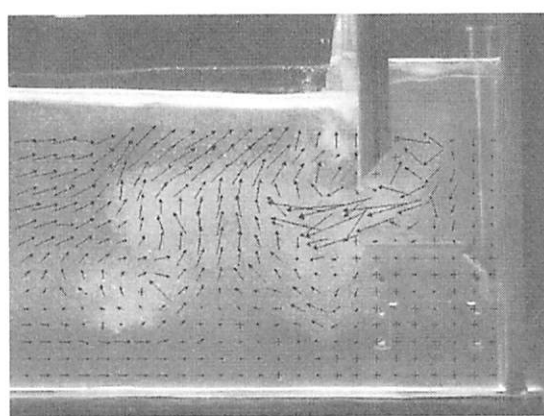


図-2 堤体まわりの2層の混合状況



(a) 右下がりくさび形 (1 周期間)

($\Delta \rho / \rho_f = 1.51 \times 10^{-2}$, $h_s = 10 \text{ cm}$, $t/T = 200$, $t = 180 \text{ s}$)

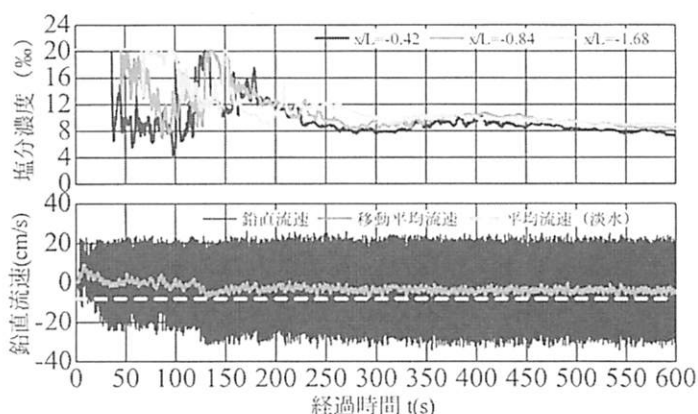


(b) 右上がりくさび形 (引波時の半周期間)

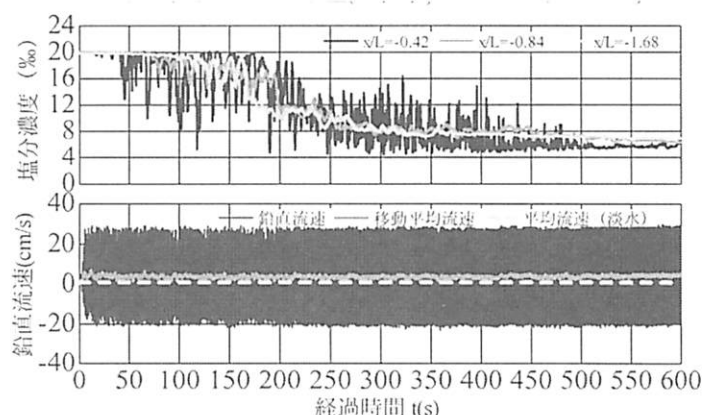
($\Delta \rho / \rho_f = 1.49 \times 10^{-2}$, $h_s = 10 \text{ cm}$, $t/T = 200$, $t = 180 \text{ s}$)

図-3 PIV 法による堤体まわりの平均流速の解析結果

となり冲向きに伝達する。一方、右上がりくさび形の堤体では、遊水室内の水塊が垂下版に沿うジェット流により密度境界をせん断するとともに塩水層へ貫入する。(2) 図-3 は、PIV 法による画像解析からそれぞれの堤体まわりの流速場を検討したものである。右下がりくさび形の堤体(図-3(a))では、鉛直通路からの鉛直下向きの平均流により没水平板の下側で時計回りの循環流が形成される。また、右上がりくさび形の堤体(図-3(b))では、引波時に発生する垂下版形状に沿ったジェット流により、密度界面をせん断および貫入する流れが生成される。(3) 図-4 より、垂下版形状に関わらず堤体に最も近い場所の塩分濃度が初めに変動し、順次冲向きにその変動が伝播する。成層状態は、いずれの堤体においても2層成層状態より連続成層へと変遷し、造波後 $t=900 \text{ s}$ ($t/T=1000$) でほぼ一様密度場となる。図には無いが、直立壁では4000波造波後に至っても、成層破壊が見られないことを実験で確認している。右上がりくさび形堤体では、鉛直通路よりの水塊が、没水平板の下側に移流・拡散するとともに希釈混合され、密度界面に沿った内部波が冲向きへ伝達することで混合が促進する。一方、右上がりくさび形堤体では、垂下版下端からのジェット流に伴う渦流れが、密度界面をせん断や貫入により鉛直混合が進行し、冲向き流れが伝達することで鉛直混合が促進する。提案する構造体は、密度成層場においても有意な混合効果が期待できると考える。



(a) 右下がりくさび型 ($\Delta \rho / \rho_f = 1.51 \times 10^{-2}$, $h_s = 10 \text{ cm}$)



(b) 右上がりくさび型 ($\Delta \rho / \rho_f = 1.48 \times 10^{-2}$, $h_s = 20 \text{ cm}$)

図-4 鉛直通路における流速と低層塩分濃度の関係

参考文献

佐伯信哉・中村孝幸(2008): 低反射式鉛直混合促進型護岸の効果と循環流の発生機構について, 海岸工学論文集, 第55巻, pp.1236-1240.