

## 第II部門

## 可視化実験によるスリット付鉛直平板周辺の流況特性と海水交換量の解明

大阪市立大学工学部 学生員 友成 達也  
 大阪市立大学院工学研究科 笠井 康裕  
 大阪市立大学院工学研究科 正会員 森 信人  
 大阪市立大学院工学研究科 フェロー 角野 昇八

## 1. 諸言

港湾等に建設されている防波堤は、港湾内の静穏度を高めるため、消波機能を最優先した構造となっている。このため、波浪の進入は抑えられ、港湾内の静穏度は確保されるものの、港内の流動も抑えられるため、閉鎖性の高い水域となっている。そこで、従来の波浪制御機能を維持しつつ、周辺海域の海水循環を促進することのできる海水交換防波堤の開発が盛んに行われている<sup>1)</sup>。

海水交換防波堤に関する研究の1つとしてスリット構造物がある。例えば折橋ら<sup>2)</sup>は、水平スリットを有する鉛直平板を対象に水理模型実験もしくは数値シミュレーションによる研究を行い、鉛直平板周辺の流れについて解明してきた。一方、鉛直にスリットを設けた鉛直平板に関しては、これまでに鉛直平板に作用する波力の算定等が行われているが<sup>3)</sup>、周辺の流況や海水交換率等、海水交換機能の評価は行われていない。

本研究では、水平または鉛直にスリットを設けた1枚鉛直平板を対象に、模型実験を行い、両タイプのスリット付鉛直平板周辺の流況について考察する。さらに、両堤体の海水交換量について評価する。

## 2. 実験概要

## (1) 実験水槽及び実験模型

水理模型実験は、長さ20.0m、幅0.5m、高さ0.5mの2次元造波水槽を用いた。水深は0.2mで一定とした。スリット模型は開口部が2cm（水深の10%）になるように水槽に設置した。スリットの形状には、鉛直平板に水平にスリットを設けたもの（以下、水平タイプと記述）と鉛直にスリットを設けたもの（以下、鉛直タイプと記述）を用いて実験を行った。図1にそれぞれの模型の概略図を示す。

## (2) 可視化実験の概要

スリット付鉛直平板周辺の流れの断面分布を2種類の可視化手法により計測した。LIF法によりスリット周辺の流況を定性的に評価し、主に海水交換の影響範囲について検討する。具体的には、平板の沖または岸側に蛍光染料を投入し、スリットを通過した蛍光染料が拡散する様子をビデオカメラで撮影した。撮影範囲は構造物を中心として水槽の岸沖方向に±45cm、奥行

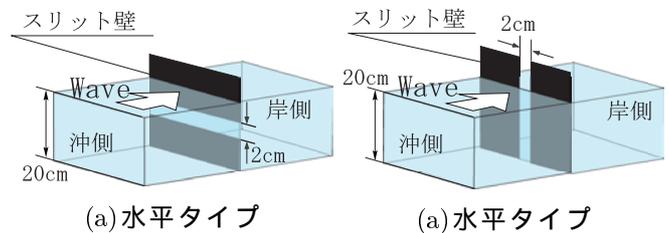


図1: スリット付鉛直平板模型概略図

表1: 実験波浪条件

Case	$T$ [s]	$L$ [m]	$C$ [m/s]	$H$ [cm]	$h/L$	$H/L$
1	0.63	0.59	0.94	0.59	0.33	0.01
2	0.80	0.90	1.13	0.90	0.22	0.01
3	1.12	1.40	1.25	1.40	0.14	0.01

き方向に40cmとした。スリット付近の流況についてはPIV法により速度分布を含めてより詳細に定量的に評価する。水平タイプについては、鉛直方向に鉛直平板とレーザー光が直角に交わるように水槽底面からレーザーを照射し、水槽側面から高速度カメラを用いて撮影した。鉛直タイプについては、水平方向に鉛直平板とレーザー光が直角に交わるように水槽側面からレーザーを照射し、水槽下面から高速度カメラを用いて撮影した。また、鉛直タイプを対象とした実験では、流れの3次元性を考慮して、水面から5cmずつ離れた3断面をそれぞれ高速度カメラで撮影した。

## (3) 実験条件

入射波は規則波とし、周期 $T=0.63\sim 1.12$  s、波形勾配 $H/L=0.01$  ( $H$ :入射波高,  $L$ :波長)となるように造波させた。表1に波浪条件を示す。表中の $h=0.2$ mは水深,  $h/L$ は相対水深である。PIV計測時の高速度カメラの撮影条件は撮影間隔が水平、鉛直タイプともに125(frame/s)、シャッター速度1/125(s)として、3072枚撮影した。

## 3. スリット付近の流況

## (1) 蛍光染料の拡散する距離

LIF法による実験から得られた結果から、蛍光染料がスリットを通過し、水平方向に拡散する距離を測定しスリットの形状による蛍光染料の水平方向への拡散距離の違いを比較する。図2に入射波周期が $T=1.12$ sの

ケースにおける両模型タイプにおいて一定時間(20波)に蛍光染料が水平方向に拡散した距離 $R$ (cm)を水深 $h$ (cm)で無次元化した値を示す。正,負の値はそれぞれ沖側から岸側,岸側から沖側方向への染料の拡散を示している。図より,水平タイプと鉛直タイプで,スリット形状による蛍光染料の最大拡散距離に違いはないことがわかる。また,岸沖両方向きにほぼ同じ距離拡散しており,20周期後には,水平方向に水深の3倍程度まで到達していることがわかる。

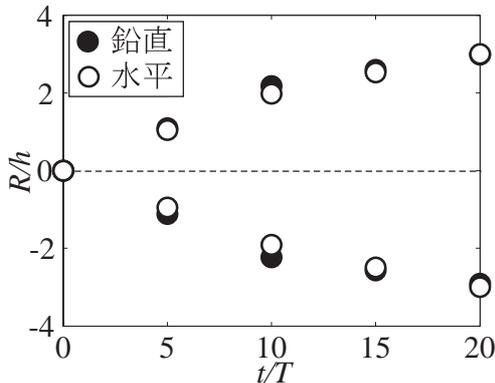


図 2: スリットを通過した蛍光染料の拡散距離

(2) 位相平均流速による比較

PIV法により得られたスリット周辺での流速から,位相平均流速を求めた。図3に鉛直タイプの $T=1.12s$ , $z=10cm$ ( $z$ :水深)における平板周辺の位相平均流速ベクトル図を示す。図の左側が沖側を,黒い部分はスリット壁を示している。縦軸,横軸はそれぞれ奥行き方向の長さ $y$ (cm)とスリット壁からの距離 $x$ (cm)を示している。図3より,岸沖両側ともにスリットから生成される噴流によりスリットから上下で対になった渦が生成され,その渦が周囲の大規模な流れによりスリットから離れる方向に移流されていることがわかる。最終的にこの渦は遠方で消滅し,再びスリット近傍で渦が生成され,同じ現象が周期的に繰り返されている。また,岸側でも時間遅れを伴い,沖側と同じ流況が再現されることがわかった。

4. 海水交換量の算定

スリット形状による海水交換機能の違いを評価するため,水平,鉛直タイプそれぞれにおけるスリットを通過する流量の比較を行った。流量は,流速の測定方法によって誤差を伴うと考えられたため,前節で示した位相平均流速をもとに求めた時間平均流速のスリット部の流速(A),位相平均流速をもとに仮想的にスリット壁周辺に配置した粒子の移動から求めた流速(B),LIF法による実験から得られた蛍光染料の拡散距離の時間変化の微分値から求めた流速(C)からそれぞれ単位幅あたりの流量を求め,スリット形状による比較を行う。表2はその結果であり,どの測定方法でも,定常的に流れは沖向きに発生していた。また,

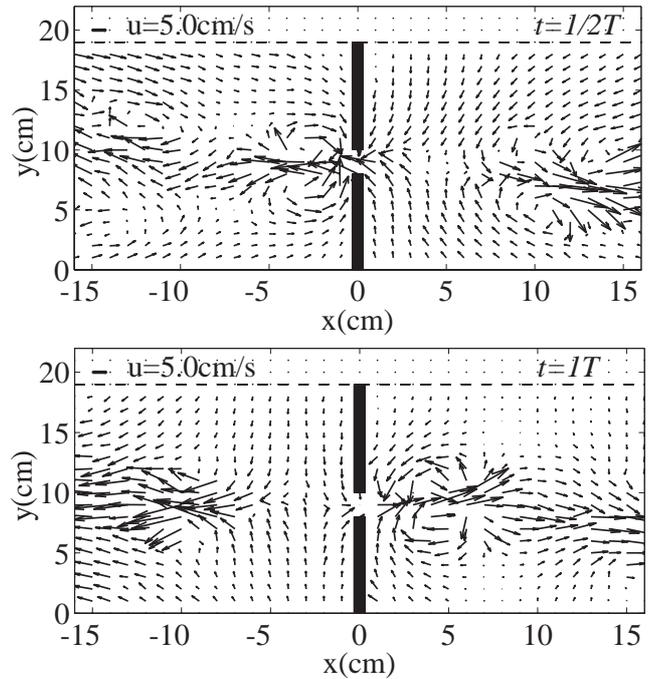


図 3: 位相平均流速ベクトル図,鉛直タイプ, $T=1.12s$ ,水深中央部

表 2: 模型タイプ別沖向き流量

	A[cm <sup>3</sup> /s/cm]	B[cm <sup>3</sup> /s/cm]	C[cm <sup>3</sup> /s/cm]
水平	8.75	6.25	5.46
鉛直	0.30	6.75	5.35

鉛直タイプのスリット部の流速から求めた流量のみ小さい値になっている。これは,スリット部の流速が速く,また鉛直方向の流れが起こっていたため,PIVでスリット部の流速を精度良く測定できなかったためだと考えられる。仮想粒子の移動と蛍光染料の拡散からそれぞれ求めた単位幅あたりの流量はほぼ同じであり,これらの結果から平均流量についてスリット形状による違いは,ほとんどないことがわかる。

5. 結言

本研究で得られた成果は以下のようにまとめられる。

- スリットを通過した蛍光染料が水平方向に拡散する範囲は,鉛直タイプの $h/L=0.33$ において岸沖両側に20波通過時で水深の3倍程度である。
- 定常的に沖方向への流れが発生しており,海水交換は沖向きに発生している。
- 蛍光染料の拡散速度,仮想粒子の移動量から求めた海水交換量はスリットの形状により大きな違いは見られなかった。

参考文献

- 1) 小田ら(1995):波浪によるパイプ式透過堤の海水導入特性,第42回海岸工学論文集,pp.1116-1120.
- 2) 折橋ら(2006):スリット式海水交換防波堤の海水流動制御特性に関する基礎的研究,大阪市立大学大学院都市系専攻,博士論文.
- 3) 浦島ら(1994):縦スリット壁に作用する波力に関する基礎的研究,第30回海岸工学論文集,pp.298-299.