

II - 27

波動場に設置された鉛直板群が流体運動に及ぼす影響

大阪市立大学 学生会員 山上雅実
 大阪市立大学 正会員 小田一紀
 大阪市立大学 正会員 重松孝昌

1. はじめに

近年は、景観に配慮した没水形式の波浪制御構造物が利用される機会が増加しているように思われる。著者らは、人工海藻やフラップボードに代表されるような多数の板材から構成される没水構造物の波浪・漂砂制御機構を解明することを目的として、水面変動も解析することができるモデルを既に開発しており、変形しない鉛直板が単独で設置された場合についてモデルを適用し、この種の研究には水面を含めた解析が必要であることを示している¹⁾。本研究では、波動場に剛な鉛直板が複数枚設置された場合についてモデルを適用し、鉛直板群近傍における流体運動の解析を行った結果について報告する。

2. 計算手法および計算条件

本研究では、標準型 $k-\varepsilon$ 乱流モデルを用いて、自由水面をも含めた鉛直板群周辺の流体運動を解析した。計算手法の詳細については、参考文献 1) を参照されたい。計算領域は、水深 $h = 50\text{cm}$ 、水平方向に $5L$ (L : 波長) とし、その中央の水底に高さ $d/h = 0.2$ の鉛直板を設置間隔 $l/L = 3/50$ で、1, 2, 3, 5 枚設置した。計算領域の沖側端では周期 $T = 1.79(\text{s})$ 、波形勾配 $H/L = 0.03$ (H : 波高) の Stokes の第 3 近似解の水面位置、圧力および水粒子速度を与え、岸側端では Sommerfeld の放射条件を課した。計算メッシュは、 $\Delta x/L = 1/50$ 、 $\Delta z/L = 1/20$ 、タイムステップは $\Delta t/T = 1/64$ として計算した。

3. 計算結果

図-1 は鉛直板を 5 枚設置した場合の流速ベクトルを示したもので、(a) は波の山が鉛直板の上を通過する位相時、(b) は波の谷が通過する位相時のベクトル図である。同図よりわかるように、波運動による水粒子速度が大きい位相時でも鉛直板に挟まれた領域では流速が小さくなっていることが分かる。このことから、 $d/h = 0.2$ 程度の低い鉛直板であっても、鉛直板群設置帯の底面近傍では静穏な領域が形成されることがわかる。図-2 は、同条件における一周周期平均流速ベクトル図である。計算結果によれば、最沖側 (図の左側) の鉛直板の沖側では岸向き流速が大きく、両端の鉛直板の岸側では単一鉛直板の場合にみられるような、明確な時計回りの循環流が発生していること分かる。それ以外の鉛直板の岸側では循環流が形成されているもののあまり明確なものではなく、下向き成分が比較的大きく上向き成分が弱い流れとなっている。

次に、鉛直板を複数枚設置した場合の流速から何も設置していない場合の流速を差し引いた流速の一周周期平均を等値線図を示したものが図-3 および図-4 である。図-3 は鉛直板が 3 枚、図-4 は 5 枚の場合で、(a) は水平成分、(b) は鉛直成分を示している。

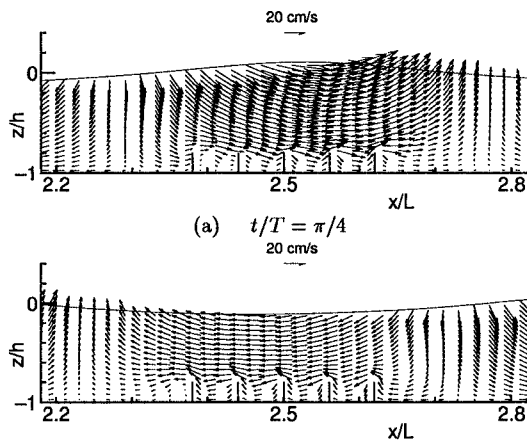


図-1 流速ベクトル (鉛直板 5 枚)

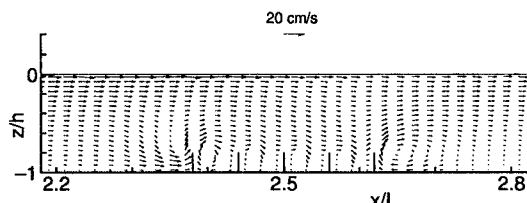


図-2 一周周期平均流速ベクトル (鉛直板 5 枚)

Keyword: 鉛直板群, 人工海藻, 数値計算, $k-\varepsilon$ モデル

連絡先: 〒558 大阪市住吉区杉本 3-3-138 Tel.& Fax. 06-605-2733

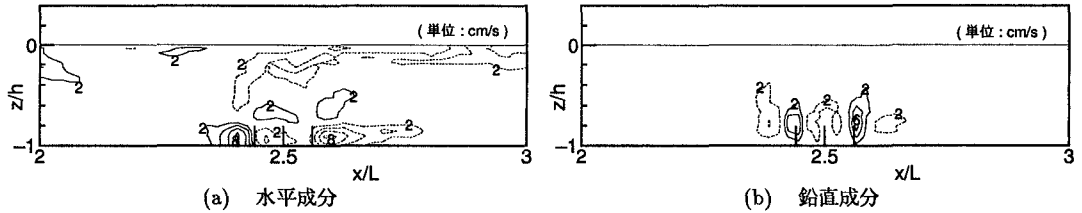


図-3 3枚の鉛直板近傍の一周期平均流速

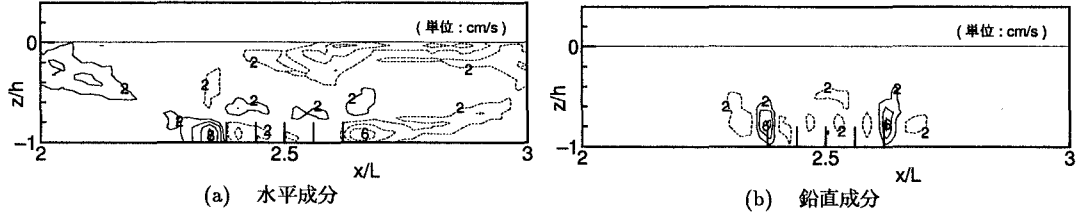


図-4 5枚の鉛直板近傍の一周期平均流速

それぞれ岸向き，上向きを正の方向として，実線は正の，破線は負の値を有することを表している．両図(a)より，鉛直板群の直上層部では波動場だけの場合よりも岸向きの，水面付近では沖向きの流れが生じており，鉛直板の設置枚数が多いほど流体場に及ぼす影響範囲は広範囲になっていることがわかる．また，最沖側の鉛直板の岸側には沖向き流速が発生しているが，他の鉛直板に挟まれた領域ではほとんど水平成分がないことがわかる．鉛直成分に着目すれば(両図(b))，両端の鉛直板付近で上向き成分が生じているが，鉛直板群設置帯内の板間では下向きの流れが発生していることがわかる．

すなわち，鉛直板を複数枚設置することによって鉛直板の直上近傍で岸向きの，また鉛直板間では鉛直下向きの流れが誘起されることになり，砂の移動という観点から見れば鉛直板設置帯への堆積が促進されると考えられる．また，鉛直板群の岸沖両端の鉛直板近傍では比較的速い水平流が発生すると同時に鉛直上向きにも流れが生じており，人工海藻設置帯の端部に見られる洗掘現象はこのような平均流と密接な関係があるものと推察される．

表-1は鉛直板設置帯内の平均流速を $u_0 = \pi H/T$ で無次元化したもので，鉛直板の枚数 N による変化を示したものである．表-1より，鉛直板の枚数が増える程，鉛直成分は下向きに大きくなり，水平成分は岸向きに大きく(負の場合はその絶対値が小さく)なることがわかる．すなわち，鉛直板を複数枚設置することによって，鉛直板群設置帯内では岸向きかつ鉛直下向きの流れが大きくなることがわかる．

表-1 鉛直板設置帯内の平均流速

	z/h	$N=2$	$N=3$	$N=4$
$\frac{\bar{u}}{u_0}$	-0.875	0.61	0.84	0.81
	-0.825	-0.04	0.26	0.30
	-0.925	-0.61	-0.25	-0.16
	-0.975	-1.19	-0.81	-0.67
$\frac{\bar{v}}{u_0}$	-0.875	-0.12	-0.37	-0.46
	-0.825	-0.14	-0.30	-0.43
	-0.925	-0.12	-0.24	-0.39
	-0.975	-0.05	-0.10	-0.16

4. 結論

本研究では，自由水面までを含めた鉛直板群近傍の流体運動の数値計算を行い，その結果を基に鉛直板群設置帯内の平均流速について考察した．その結果，ここで行った計算条件の範囲内では設置する鉛直板の枚数を多くするほど岸向きかつ鉛直下向きの流れが大きくなることが明らかになった．ここでは，設置する鉛直板の枚数が比較的少なかったが，今後は，鉛直板の枚数をさらに増やして検討を行うとともに，鉛直板の高さや設置間隔による影響・流体力を受けて変形するような板群近傍の流体運動について解析を行う予定である．

参考文献

- 1) 小田ほか(1996)：一様水深波動場に設置された鉛直板周りの流れ場の数値解析，海岸工学論文集，第43巻，pp.111-115.