

大阪大学 工学部 正員○小野正順

大阪大学 工学部 正員 出口一郎

大阪大学大学院 学生員 松本 忠

1. はじめに；底設構造物の一つである魚礁は，通常円筒型や角型などの波向の影響を小さくする方向性の少ない3次元形状を有している．また，魚礁の集魚機能は魚礁設置に伴う流況変化に関係するため，3次元物体まわりの流況特性をあらかじめ予測しておく必要がある．このような観点より本研究では，2次元流動場を精度良く予測できる SOLA 法¹⁾ を3次元流動場へ拡張し，魚礁の構成部材として多く用いられている板部材を対象とし，有限長の鉛直平板まわりの流況特性について数値的検討を行った．

2. 3次元物体まわりの流況の数値計算法；3次元物体まわりの流況の数値計算は，2次元物体まわりの渦流れが計算できる SOLA 法¹⁾ を3次元振動流場に拡張して計算を行った．基礎式は，式 (1) - (4) に示す連続式と N-S 方程式である．

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = D = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g_x + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + g_y + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial y} + \frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + g_z + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

ここに， u, v, w は x, y, z 方向の流速， D は発散， p は圧力， ν は渦動粘性係数をそれぞれ示す．

数値計算は有限差分法を用い，移流項には dornier 差分を用い，拡散項には2次の中央差分を用いる．計算手順は N-S 方程式である式 (2) - (4) を用いて時間更新された u, v, w を計算する．計算された u, v, w は連続式である式 (1) を満足しないため，各セル内の発散 D を式 (1) を用いて計算する．各セル内の発散 D を0に収束させるため圧力及び流速を式 (5) 及び u の場合のみを示すと式 (6)，(7) を用いて修正し，この修正は各セル内の発散 D が0に収束するまで繰り返される．

$$\delta p = -D \left\{ 3\Delta t \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} + \frac{1}{\Delta z^2} \right) \right\} \quad (5)$$

$$u_{i,j}^{n+1} = u_{i,j}^n + \Delta t \delta p^n / \Delta x \quad (6) \quad u_{i-1,j}^{n+1} = u_{i-1,j}^n - \Delta t \delta p^n / \Delta x \quad (7)$$

境界条件は，上流側で $u=U \sin(2\pi t/T)$ ， $v=w=0$ の条件で，下流側では一つ上流側の値に等しいとする自由流出の条件としている．他の側面での境界条件は，slip の条件とした．構造物の条件は，構造物内及び構造物境界面法線方向の流速を0として与えた．

3. 計算条件；計算対象の構造物は，有限長さ b の底設された頂高 d ，厚さ 0.5cm の鉛直平板である．鉛直平板は $b=5\text{cm}, d=9.6\text{cm}$ と $b=20\text{cm}, d=9.6\text{cm}$ の2種類の平板を用いた．2種類の平板に作用させた振動流は，流

Masanobu ONO

Ichiro DEGUCHI

Tadashi MATSUMOTO

速振幅 $U=7.5\text{cm/s}$, 周期 $T=1.4\text{s}$ である。頂高を代表長さとした K.C. 数 $UT/d=1.1$ である。水深は 40cm で一定とした。

4. 底設された有限長さの鉛直平板まわりの流況特性；図-1は平板の頂高の半分の位置の高さの水平面での断面図の流速反転時 ($t/T=1.0$) の流況を示す。図 (a) は $b=5\text{cm}, d=9.6\text{cm}$ の平板の場合、図 (b) は $b=20\text{cm}, d=9.6\text{cm}$ の平板の場合を示す。両図を比較すると、平板両端部で発生する剥離渦の規模にそれ程差異はなく、渦径は $5\text{--}6\text{cm}$ 程度である。一方、図-2は平板の有限長さの真ん中の鉛直面での断面図の流速反転時 ($t/T=1.0$) の流況を示す。図より、鉛直板頂部で形成される剥離渦は板の長さにより大きく異なる。板の長さの短い図 (a) の場合渦径は $2\text{--}3\text{cm}$ と小さく、板の長さの長い図 (b) の場合渦径は $7\text{--}8\text{cm}$ と大きい。これらのことより平板周りの渦流れは、板頂部及び板両端部からの剥離流れにより形成されており、細長く鉛直方向に長い平板は板頂部より板両端部からの剥離流れが卓越している。一方、縦横比が $1:2$ の板については底面が鏡像条件であるため、底面境界のない無限流体中に縦横比が同じ平板を流れに直角に配置した場合と等価な条件となる。その結果、板頂部と板両端部からの剥離渦は同程度の大きさのものが形成されると考えられる。

【参考文献】 1)高橋亮一 編著：コンピューターによる流体力学＜演習＞（株）構造計画研究所,1982,275p.

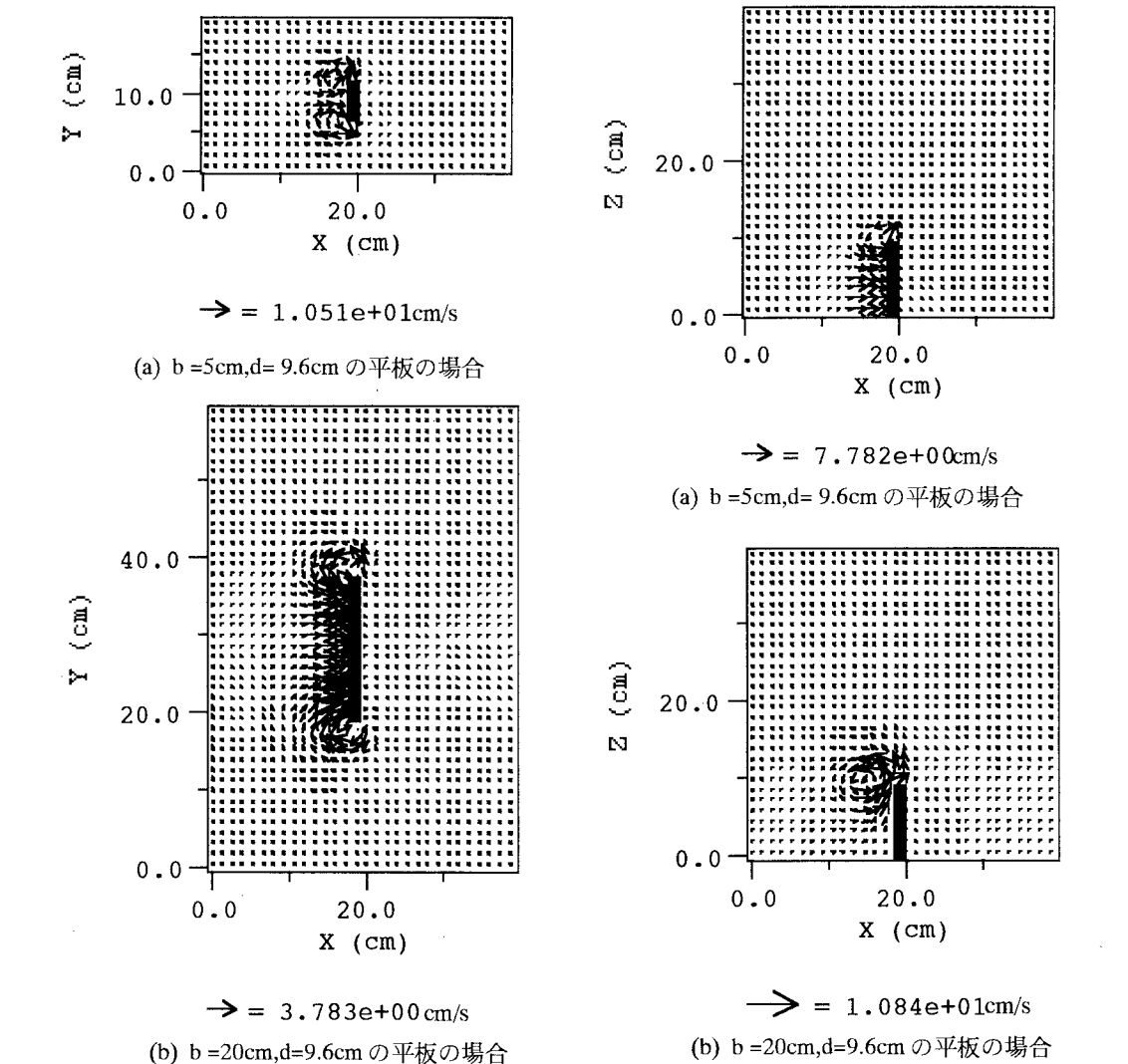


図-1 有限長の鉛直板周りの流況の平面図($t/T=1.0$) 図-2 有限長の鉛直板周りの流況の断面図($t/T=1.0$)