

II-358

密度成層場の底面構造物周辺における局所流況と混合現象

阪神高速道路公団 正 員 西出浩明

神戸大学工学部 正 員 道奥康治

神戸市立工業高専 正 員 辻本剛三

1. はじめに

成層化した海域において栄養塩に富む底層水を海底構造物により湧昇させる研究がこれまでなされてきた。対象海域において実物大の現場実験を行うことが最も有効な手段と思われるが、水質輸送機構の普遍的な知見を得るために十分なケース数の実験を行うことは困難である。一方、水理模型実験による検討も種々行われてきたが、往復振動流が作用する密度成層場における現象の再現や計測は様々な技術的問題をともなう。著者らは、第一段階として均質密度場を対象として往復振動流が作用する構造物周辺の局所流況に関する水理実験¹⁾と $k-\epsilon$ 乱流モデル解析を行った²⁾。これより実験で観測された局所流況が解析的に再現されることを確認した。本報では、乱流モデルを密度成層場へ適用し、往復振動流によって誘起される構造物周辺の流況や成層破壊過程などについて検討する。

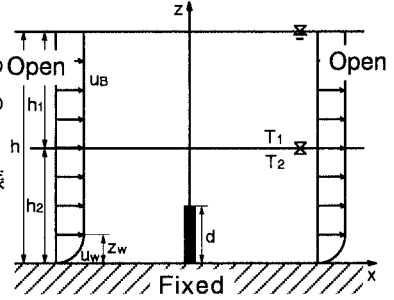
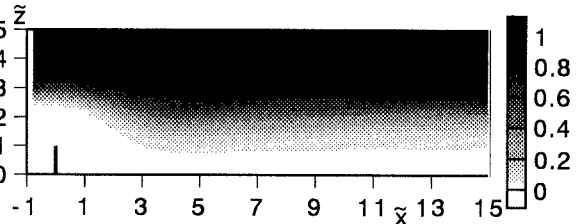


図-1 対象とする密度場

図-2 一様流場における密度分布
($Re=4000, Ri=1.88, \bar{h}=5.0, h_2=2.5$)

2. 対象とする流れ場と解析方法

図-1に示すような二層系密度場の振動流を $k-\epsilon$ 乱流モデルにより記述する。領域中央に高さ d の二次元構造物を設置する。水表面は rigid-lid、壁面および構造物表面の固定境界上では non-slip とする。左右両端の開放境界のうち、壁面近傍については、近似的に滑面乱流の抵抗則と対数流速分布則を用いて流速分布 $u_0(z)$ と壁面層厚 z_w を求め、 $0 \leq z \leq z_w$ の範囲で振動流速 $u_w(z, t) = u_0(z) \sin(2\pi f t)$ を与える。

$z_w \leq z \leq h$ の上方領域については一様分布の振動流速 $u_B(t) = (2\pi f s) \sin(2\pi f t)$ を境界条件として与える。ここで f は振動流の周波数である。初期においては流速・乱れともなく、上下層水温 (T_1, T_2)、上下層厚さ (h_1, h_2) の二層系密度場を考える。このような系において、無次元支配パラメーターは、(1) 無次元水深:

$\tilde{h} = h/d$, (2) 無次元下層水深: $\tilde{h}_2 = h_2/d$, (3) KC 数: $KC = U_0/L_0 f = 2\pi f s / f d = 2\pi \tilde{s}$, (4) Richardson 数:

$Ri = \alpha g \Delta T d / U_0^2 = \alpha g \Delta T d / (2\pi f s)^2$, (5) Reynolds 数: $Re = U_0 L_0 / \nu = 2\pi f s / \nu$, 等である。既往の現場実験の諸元を

参考にしてここでは、 $\tilde{h}=5$ の場合を対象とする。

3. 一方向流における実験結果³⁾ との比較検証

密度成層場を対象とした研究としては、一方向流で行われた今村らの実験³⁾がある。本解析を検証するために、左右境界で定常な流速分布: $u_w(z) = u_0(z)$ for $0 \leq z \leq z_w$, $u(z) = u_B = \text{const.}$ for $z_w \leq z \leq h$ を与え、上記の実験と同じ水理条件のもとに解析を行った。密度分布は図-2のように得られ、今村らの実験で得られた密度界面形状と定量的にも良好に一致することを確認した。

4. 振動流場における流況と密度界面形状

振動流場においては時間とともに鉛直混合が進行して密度分布は時々刻々変化する。図-3は振動開始後三周期目の位相 $\theta = 3\pi/2$ における流速ベクトル・渦度分布・密度分布を二種類の Richardson 数 $Ri = 1.12, 3.35$, 下層厚さ $\tilde{h}_2 = 1.0, 2.5$ に対して示したものである。なお、いずれのケースも $Re = 1,047$, $KC = 6.28$, $\tilde{h} = 5$, で

ある．a)とb)を比較した場合，Richardson数の大きなa)では顕著な渦構造は見い出されないのに対し，b)では明確な渦があらわれている．また，下層厚さの大きいc)とd)ではa),b)に比べ渦径が大きい．このことは渦度分布からも確認され，密度成層の浮力効果が大きいほど渦や乱れの発達を抑制することがわかる．また，成層破壊におよぼす Ri の影響を見るために，a)-b)間あるいはc)-d)間を比較すると， Ri が小さい一すなわち密度成層効果の小さい場合には成層破壊がより早く進行することがわかる．密度成層場の往復振動流を実験的に再現し計測することは困難であるが，本解析により様々な成層条件・振動流条件に対して流れ・密度・乱流構造の情報を知ることが可能となった．

参考文献

- 1) 西出・坂本・道奥・辻本：振動流中の構造物周辺における局所流の実験，第49回土木学会年講，1994．
- 2) 西出・道奥・辻本：底面構造物周辺における振動流況と乱流構造，土木学会関西支部年講，1995．
- 3) 今村・大竹・山本：湧昇流発生構造物の湧昇特性に関する研究，五洋建設技術研究所年報，Vol.19，1990．

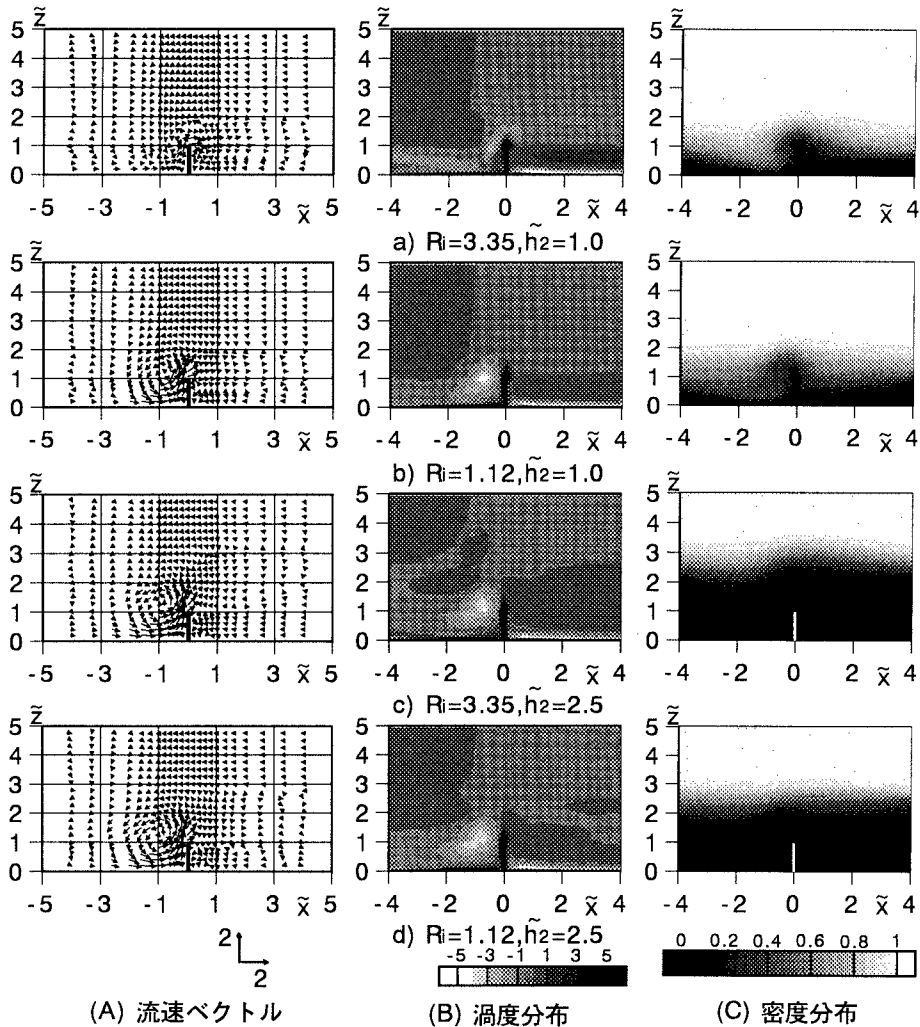


図-3 3周期目同位相 $\theta=3\pi/2$ における流速ベクトル，渦度分布，密度分布
($KC=6.28, Re=1,047, \tilde{h}=5.0$)