

五洋建設(株)技術研究所

正員 有富 範伊

"

" 森井 伸正

"

" 大竹 臣哉

1. さえがき

200海里経済水域の設定, および過去2度にくわたる石油危機を経て, 我国の水産業は遠く外洋に出て獲る魚業から資源管理型のつくり育てる漁業へと方向転換を図っている。

良好な漁場環境の条件としては, 対象魚種によって異なるが, 適度な水温, 塩分濃度の他に植物プランクトンによる基礎生産量の増大があげられる。海洋における食物連鎖の中で, 植物プランクトンが増殖するためには栄養塩と光が必要不可欠であるが, 一般に, 栄養塩は深層ほど高濃度で存在し, 表層は乏しい。

ところが, 地球規模で見ると, ペルー沖, カルフォルニア沖など湧昇系の発生する海域では, 底層の高栄養塩が表層に運ばれるため, 基礎生産力が高く良好な漁場となっている。

本報告は, 海域の基礎生産力を高め良好な漁場環境を造成することを目的とした湧昇系発生礁の開発に関して行った水理模型実験の内容と結果をまとめたものである。実験の結果, 長短2種類の直立型構造体を流れに直角に並列配置することにより, 効率的な上昇性の渦流を発生し得ることを発見した。その概要を以下に報告する。

2. 実験装置と方法

実験は, 長さ50m, 幅60cm, 高さ1.2mの循環式鋼製水槽(水路勾配 $\alpha=0$)で行った。流速の測定には, 位相差方式の3次元超音波式流速計(振動子間27mm)を用いた。水深Hは50cmで一定, 流量は, 0.6, 1.27, および4.5 m^3/min の3段階変化させた。

使用した模型は, 断面が逆T字型の直立構造体で, 高さDは, 2.5, 5, 10および15cmである。本実験で用いた座標系を図-1に示す。

X, Y, Z方向の局所平均流速をU, V, Wとし, それぞれの変動成分を $\bar{u}$, $\bar{v}$, $\bar{w}$ とすると, 例えば乱れ強度のX成分 $\bar{u}$ は $\bar{u}$ のr.m.sとして式(1)で, また, 乱れ強度 $\bar{\epsilon}$ は式(2)で定義される。

$$\bar{u} = \sqrt{\frac{\sum (u_i - \bar{u})^2}{N}} \quad \text{----- (1)}$$

$$\bar{\epsilon} = \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2 + \bar{w}^2} \quad \text{----- (2)}$$

実験では, サンプリングタイム0.2secでデータ個数 $N=600$ 個について $\bar{u}$, $\bar{v}$, $\bar{w}$ を求めた。

さらに, 流れ場全体の乱れ強度 Φ を, 無次元座標 $X/D (=x)$, $Y/D (=y)$, $Z/D (=z)$ について次式で定義する。

$$\Phi = \int_x \int_y \int_z \frac{\bar{\epsilon}}{U_*} d\epsilon d\eta dx \quad \text{----- (3)}$$

ここに, U_* : 摩擦速度

3. 湧昇系の発生メカニズム

図-2は, 流速分布と染料による流れの可視化から明らかになった湧昇系の発生メカニズムを模式的に示したものである。

逆T字型直立の両端に側壁を設けると, 両側壁から分離する水平渦と,

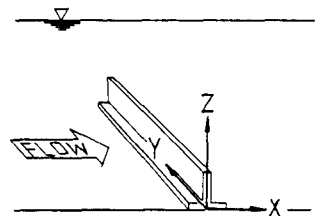


図-1 座標系

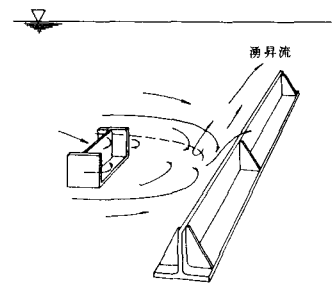


図-2 湧昇流の発生原理

衝立頂から分離する鉛直渦とが、Reattachment Point (以下、R.P.)付近で合成され、写真-1に示すような間欠的な渦流が発生する。そのR.P.に長い衝立を設置すると、上記の渦流は写真-2に示すように水面へ向って上昇することがわかった。

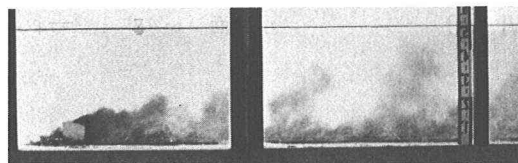


写真-1 側壁付衝立の後流域の染料拡散状況

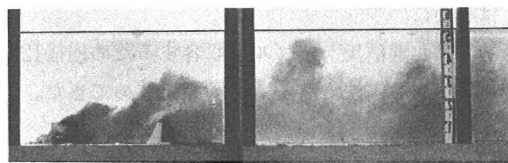


写真-2 長・短衝立による湧昇流発生状況

4. 水理特性

図-3は、直径が2mmのポリプロピレンビーズ（鉛粉を混入した発光塗料により、比重を約1.0に調整したもの）をトレーサとして シャッタ速度1秒で撮影した写真から瞬間流速分布を求めたものである。

下流側の長い衝立上で急激な上昇流が生じていることがわかる。このような上昇渦の発生頻度は、観測の結果約10秒に1回の割合であったが、図-4に示すレイノルズ数 Re の時間系列データからほぼ同様の頻度で z 軸方向に水粒子の運動が起きていることがわかる。

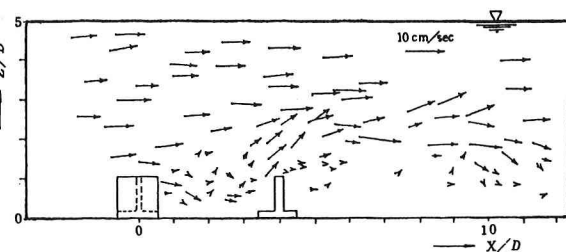


図-3 瞬間流速分布

式(3)を水路中央断面($Y/D = \text{Const.}$)における $X/D = 0, 5, 10, 20, 40$ および $Z/D = 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 4.0$ について離散化し、後流域の2次元総乱れ強度 Φ として求めた結果が、図-5である。

遮へい率（水深 H に対する模型高 D の割合）と Φ とは一次的な関係にあるが、例えば遮へい率が2倍になっても Φ は1.6倍程度しか増大していない。

ところが、図-6に示したように、遮へい率 D/H が0.1以下の場合、乱れ強度 Φ は下流側 $X/D=40$ において表層の値が小さく、衝立による遮へい効果が表層まで及んでいないことが明らかである。

したがって、遮へい率 D/H は0.15~0.20程度に設定すれば十分と思われる。

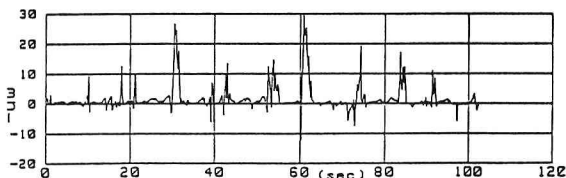


図-4 -uwの時系列（長衝立上、 $Z/D=2.5$ ）

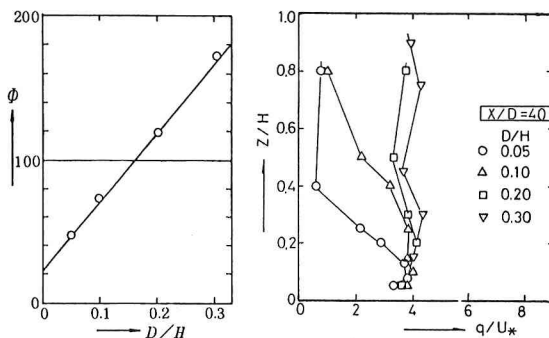


図-5 遮蔽率と Φ の関係

図-6 相対乱れ強度分布

5. あとがき

本報告では断面の制約上省略したが、衝立構造物の最適断面形状、衝立に対する来流の影響、 Re 数の影響、および上昇渦の鉛直方向の物質拡散能力についても検討した。

なお、この湧昇流発生機は海水混合促進構造物として実海域に沈設され、昭和60年度、追跡調査が実施される予定である。