

II-585 構造物周辺の湧昇流機構の研究

芝浦工業大学工学部 正 員 菅 和利
東急建設 正 員 山谷康彦

1. まえがき

環境問題への取り組みの一環として、自然エネルギーを利用した漁場の開発は、取る漁業から作る漁業への転換を促進させてきた。海底に沈殿している高濃度の富栄養物質を太陽光の達する海面近くまで湧昇させ、光合成を利用したプランクトンの増殖をはかり、漁場を開発するプロジェクトもその一つである。海底に人工構造物を設置し、湧昇流を発生させる方法についても、その形式が種々提案されている。いずれの構造物の形式も、物体の後方に形成される強い上昇流を有した組織渦を利用したものである。

本研究では、種々の構造物周辺の湧昇流の機構を比較検討することにより、組織渦を効率的に利用しうるための総合化を目的としている。

2. 構造物周辺の流れ

構造物の形式には、マウント型、つい立て型などの種々のものが提案されているが、河川の底面から発生し、水面に激しくぶつかるボイルなどの自然の中にみられる強い上昇流に着目すると、図-1(a)のようなV字型構造物によって発生する組織渦を利用する方式が最も効果的と考えられる。

図-1(a)には、可視化による構造物周辺の組織渦の様子を図示している。V字型の両端の下流側に剝離による強い渦が発生し、この両端の渦がV字の辺に沿って引き延ばされるとともに、V字の頂点に向かって集中する越流によって下流側の上方に放出される。このように渦は引き延ばされることにより馬蹄形の軸をもつ渦が形成され、強く引き延ばされる渦の頭の部分の渦度が強くなる。両端に脚をもって伸びる渦軸の回転が、外側では下向き、内側では上向きのために、互いに上昇させようとする作用が働く。これによって強い上昇流を発生させると同時に、全体として鉛直の大きくて強い循環流を形成する。このような組織渦の役割により底質の物質を拡散し、湧昇流に乗って上方に輸送することができる。この渦はある周期をもって発生しており、成層流中でも湧昇流は長時間上昇した位置を保つことができる。このようにV字型構造物では、発生する組織渦の上昇効果と流れの集中効果の相乗効果により強い上昇流を発生させることができる。

V字型の頂角が大きくなると図-1(d)の、つい立て型に近づき、小さくなると、流れ方向に立てたつい立て型に近づく。共に上記の二つの効果が減少するので、直角の場合が相乗効果を最も大きくすることが実験で知られている。この二つの効果を利用する類似な形式としてY字型、X字型などが考えられ、これらは変化する潮流の向きに対して有効である。V字型を基本としてこれらY字型、X字型での湧昇効果を実験的に検討した。

3. 実験装置及び実験の概要

実験では幅0.3m、長さ5mのガラス水路を用い、水路底に高さ3cmの構造物を設置し、流れの可視化を行った。形状による効果を検討するために、V字型の高さ(D)と長さ(L)を変化させたときの各位置での湧昇高さの時間平均を図示したのが図-2である。

L/D を大きくした方が、越流する流れの効果、流れの集中の効果が大きくなるが、 L/D が3~4の値でそれらの効果はほぼ一定となることが知られた。以下の実験では $L/D=3$ の場合について、形式のちがいを比較検討することとした。また構造物としては図-1に示すような4タイプで実験を行った。

構造物周辺の流れ構造の測定にはトレーサー法を用い、主流速成分、鉛直成分を測定し、等高線図を作成した。

4. 結果及び考察

4-1 湧昇量について

構造物から50cmと70cmの距離の区間で、構造物高さの四倍の高さ以上に不連続に湧昇する体積を測定し、時間平均したのが図-3である。湧昇量の点から効果を評価すると、直立型は論外として、V、Y、X字型は、渦による上昇効果と流れの集中効果を利用しようとするものであるが、これらの効果を最もよく利用できるのがV字型で、次がY字型であり、X字型の場合には能力が多少低下することが分かる。

Y字型の場合には、直角V字型の場合に比べて流れの集中の度合いが減少するが、機構としては渦による上昇効果と流れの集中の効果の相乗効果によるものであるために、V字型との差は見られない。潮流の向きの変化に対して最も効果的なX字型は、クロスする部分に死水域が生じるために、両端部分の下流で生じた渦が辺に沿って引き延ばされることなく互いに独立して下流するために、馬蹄形渦へと十分に発達せず、流れの集中の度合いも低いためにV、Y字型よりも能力が低下している。

4-2 構造物周辺の鉛直速度成分

V字型とX字型構造物周辺の鉛直速度成分の等高線図を図-4に示した。図中黒く塗りつぶした部分は鉛直速度成分が1.2cm/s以上の部分で、強い湧昇流の生じている場所を示している。横軸0の地点に構造物があり、縦軸は構造物高さで無次元化したものである。V構造物の下流上方に強い湧昇流が生じているが、X型構造物の場合には構造物から離れた下流の底面近くの狭い範囲で湧昇流が生じており、上記の湧昇量の結果と一致している。これらの結果は、一方向の流れに対するものであり、設置に当たっては現地での潮流の変化の具合を加えて、総合的に判断する必要がある。

本研究は、人工湧昇流開発利用研究会の助成を受けて行ったものである。

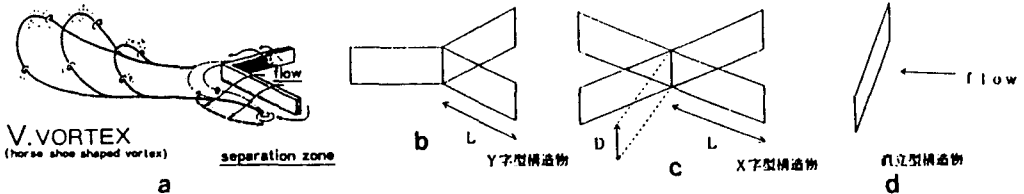


図-1 流れの模式と構造物の形式

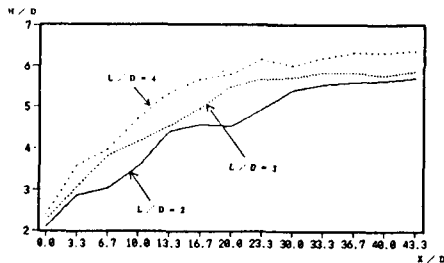


図-2 構造物の縦長比

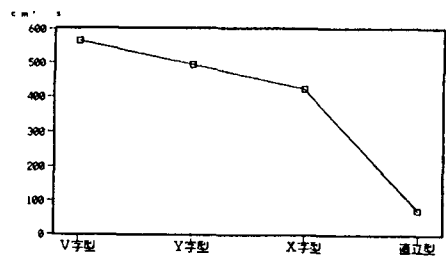


図-3 構造物の形式と湧昇量

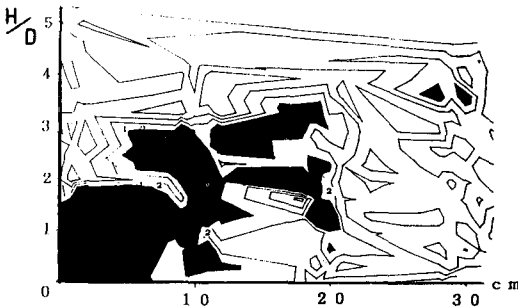


図-4(a) V構造物鉛直速度成分

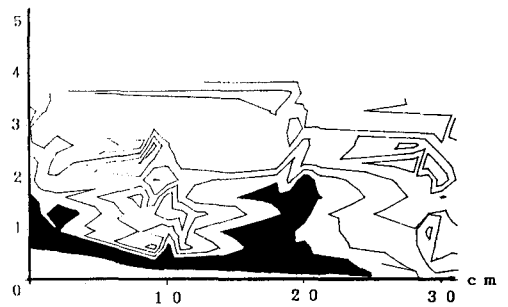


図-4(b) X構造物鉛直速度成分