

(VII-29) 負圧を利用した海水循環促進工法に関する基礎的実験(第二報)

運輸省港湾技術研究所海洋環境部主任研究官 正会員 古川 恵太*
運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所環境課 非会員 小林 茂雄**
運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所環境課 非会員 安原 晃**
運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所環境課 非会員 赤星 昭宏**

1. はじめに

これまでに海域におけるクリーンな水質改善工法として負圧を利用した海水循環促進工法について検討してきた。この工法は潮汐などの流れのエネルギーを利用し鉛直循環を促進するもので、原理は次の通りである。

一様流中に導水管を設置すると管上端部に剥離渦が発生し運動エネルギーの消散により圧力が低下する。この管上端部に発生する負圧を利用して底層部の貧酸素水塊を表層部に揚水する(図-1)。この工法は直接的な海水浄化工法として効果が期待でき、特別な動力を必要とせず維持・管理が容易であるという特徴がある。

第一報¹⁾において負圧型導水管による導水機構を把握した。

本研究ではこれまでの検討により課題として挙げた導水管形状と管内流速の関係の把握、模型縮尺効果の把握を目的として基礎的な実験を行った。

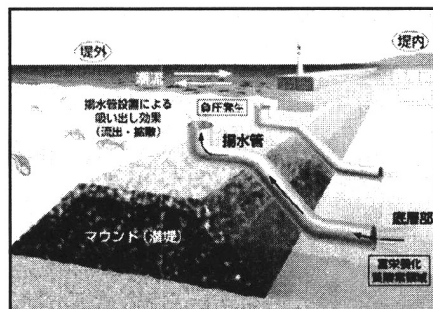


図-1 負圧を利用した海水循環工法

2. 実験方法

実験水槽は循環流発生装置付き二次元長水路を使用し、図-2に示すように水路内にピットを設け、海洋における流れがある表層部と流れのない底層部を擬似的に再現した。実験は導水管の流れに対して直角に設置し水路内に循環流を発生させ、導水管上端部に流れの剥離現象に伴う負圧を発生させた。この負圧によって発生した導水管内流速、導水管内圧力の変化および導水管上端部における流れの乱れを目視及び流速計、圧力計を用いて測定した。

1) 導水管上端部形状の検討

上端部形状の変更により揚水効率向上が可能か検討した。縮尺1/30水理模型を用いて、実験水槽は長さ50m*高さ1.2m*幅0.6mを使用し、10タイプの管形状について実験を行った。接近流速はフルード相似則に基づき現地換算で5,10,15,20,25cm/sの5ケースとした。

2) 模型縮尺効果の検討

模型縮尺効果を把握するため縮尺1/10で水理模型実験を行い、縮尺1/30の実験結果と比較を行った。実験水槽は長さ55m*高さ3m*幅8mを使用し、接近流速はフルード相似則に基づき現地換算で5,10,15,20,25cm/sの5ケース、実流速で15,30cm/sの2ケースとした。

なお、管形状は導水管上端部形状が角柱ラップ型及び円柱ラップ型のタイプについて検討した。

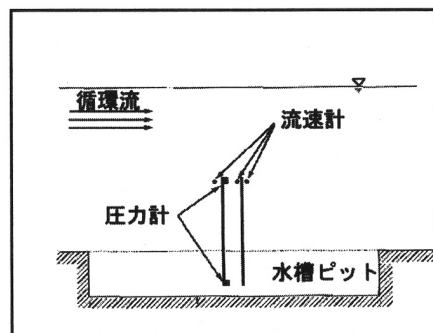


図-2 水理模型実験水槽

キーワード：海水交換、潮流、負圧力、導水管、渦、水理模型実験

*連絡先：〒 239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1

**連絡先：〒 231-0003 横浜市中区北仲通 5-57 横浜第二合同庁舎 13F

3. 主な実験結果と考察

1) 導水管上端部形状

実験を行った全タイプの中では導水管上端部形状を角柱ラッパ型とした場合の揚水効率が最も良かった。基本形(ストレートな円柱形)と角柱ラッパ型の揚水効率を比較したグラフを図-3に示す。角柱ラッパ型の水理実験において観察された渦を図-4に示す。渦は導水管上端部前面から規則的に発生し、前面で剥離した渦は全タイプ中で最も規模が大きく流下とともに大きくなって成長していった。

実験の結果から導水管上端部形状の変更による揚水効率向上が可能であり、次のことが明らかとなった。

- ① 導水管上端部を広げた方が揚水効率は良い結果となる。
- ② 揚水効率は複雑な渦を発生させる形状より、規則正しい渦を発生させる形状の方が高い。
- ③ 導水管上端部の形状は円柱より角柱の方が良い。
- ④ 小さな切り欠きより大きな形状変更の方がより良好な揚水効率を得ることができる。

2) 模型縮尺効果

現地規模の揚水量を推定するために、これまでにを行った縮尺1/30および1/10の実験結果より、フルード相似則を用いて現地揚水量を計算したところ、両者の現地揚水量計算結果は一致しなかった。よって、これまでの水理模型実験結果には模型縮尺効果が存在することが明らかとなり、何らかの補正が必要であることが明らかとなった。

3) 機構の定式化

これまでの実験結果を基にして、縦軸に管内流速から求めたレイノルズ数 $Re(v)=(vD/\nu)$ をとり、横軸の接近流速から求めたレイノルズ数 $Re(U)=(UD/\nu)$ との関係を整理したものが図-5である。図から $Re(U)>6000$ では両者の関係をほぼ直線上に整理することができるとともに、ほぼ比例関係にあることが明らかとなった。この図から関係式を導くことにより、 ν を導くことができる。これにより $Re(U)>6000$ では模型縮尺の効果を考慮せずに統一的に管内流速 v を算定できるものと考えられる。

角柱ラッパ型

$Re(v)=0.6Re(U)-908$
 $v=0.6U-908\nu/D \quad (Re(U)>6000)$

円柱ラッパ型

$Re(v)=0.3Re(U)+1742$
 $v=0.3U+1742\nu/D \quad (Re(U)>6000)$

(v :管内流速 U :接近流速 D :管径 ν :動粘性係数)

4. おわりに

本研究では揚水効率の良い導水管形状が判明した。また機構の定式化を行うことで現地揚水量の推定が可能となった。これらの検討結果を基にして、今後現地適用を目指した、設計法・施工法の検討を進める予定である。

参考文献

1) (社)土木学会関東支部編 第26回関東支部技術研究発表講演概要集 負圧を利用した海水循環促進工法に関する基礎的研究 p314-315

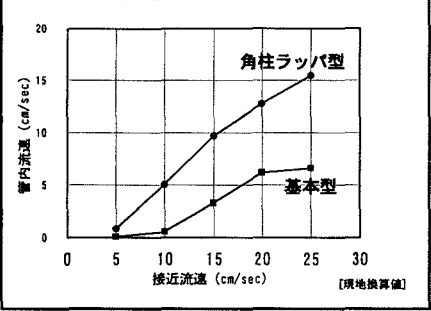


図-3 揚水効果の比較

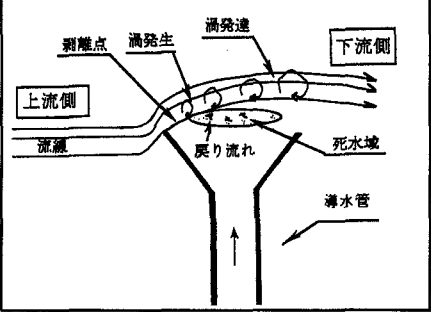


図-4 剥離渦模式図(角柱ラッパ型)

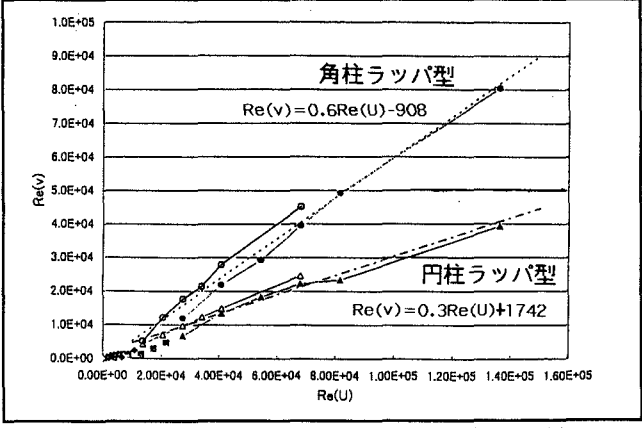


図-5 $Re(v)=(vD/\nu)$ と $Re(U)=(UD/\nu)$ との関係