

津波による水位低下時の取水路内における流況解析

大成建設(株) 正会員 ○伊藤 一教
 大成建設(株) 正会員 片倉 徳男
 大成建設(株) 大黒 雅之

1. 目的

東海, 東南海, 南海地震に伴う津波は, 太平洋沿岸に位置する産業施設に大きな影響を与えられ, 巨大地震に伴う津波対策は事業継続性の観点から重要な課題である. 種々の産業施設では, 海水を取り込み冷却水などとして利用している. 例えば, 発電所の冷却水がその一例であり, 海水は取水路から冷却対象機器へポンプにより送られ放水口から排出される. 機器を冷却する目的で海水を利用する場合, 津波来襲時の引き波により水位が低下しても, 取水路内の水位はポンプの取水限界水位を下回らない取水路を設計する必要がある. つまり, 想定した津波の引き波による取水路内の流況(水路内水位や流況)を把握することは, 取水路の設計において必須となる.

そこで, 本稿では取水路に津波の引き波が作用した流況を対象として数値解析と水理模型実験を実施し, 両者を比較することで上述の設計に対する数値解析の適用性を検討した.

2. 研究内容

(1) **数値解析** 解析の対象としたモデル水路を図-1に示す. モデル水路は取水口が4条で構成され, 水路中央部が2条になったのちポンプ部で再度4条になる形式とした. 数値解析は気液二相の三次元乱流解析でスキームは有限体積法である. 自由表面はVOF法で解析し, 乱流モデルは標準 $k-\varepsilon$ モデルを適用した. 解析格子は非構造メッシュを用いた. ポンプの初期取水流量は $50\text{m}^3/\text{s}/\text{台}$ とした. ただし, ポンプ位置の水位がポンプ呑み口下端にまで低下すると空気を吸い込むため取水流量は低下する. 津波の初期水位は水路床版下端より4.2m上方に設定した. 解析手順は計算開始とともにポンプで取水し, 海側水位は初期値4.2mから5mの範囲で変化させた.

図-2に流況の解析結果を示す. 水路中央部は斜流で流れ2条から4条になる部分で跳水が発生していることや隔壁での跳ね上がりが再現できている.

(2) **水理模型実験** 図-3に実験装置の側面図を示す. 実験は水路の片側半分を水路内に縮尺1/52で作成した. 海側水位は水位調整装置を負圧にすることで予め水柱を発生させ, この水柱の高さを制御することで取水口位置での水位変化が解析結果と同じになるようにした. ポンプの呑み口は水路内水位が低くなると写真-1のように空気を吸い込むようになるため, ポンプと呑み

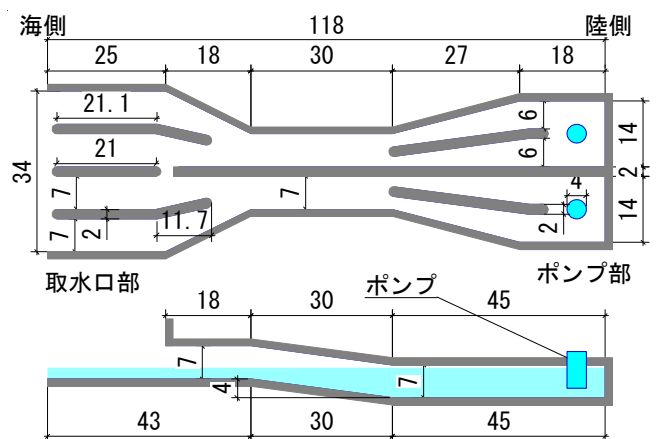


図-1 モデル水路 単位[m]

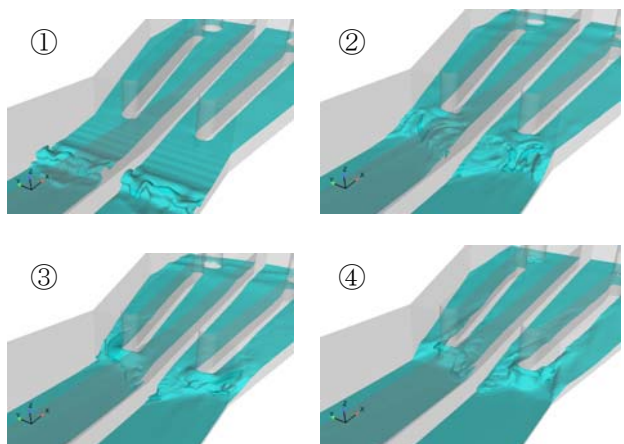


図-2 解析結果のスナップショット

キーワード 津波, 引き波, 取水路, 数値解析

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター 水域・環境研究室 TEL045-814-7234

口の間にチャンバーを介して取水した。計測項目は、取水路内の水位である。

(3) 考察 図-4 は解析結果と実験結果の流況を比較したもので、両者ともに水路中央にある隔壁の上流側で跳水が発生し、水路幅方向に斜めの分布がついている。これより、数値解析が流況を定性的に再現していることがわかる。図-5 に水位の時系列を比較する。W1 の水位は境界条件であり、解析結果と模型実験で一致すべきであるが、 $t=2.5\text{s}$ までは概ね一致したもののそれ以後は若干差異があった。測点 W2 から W7 の水位変化は解析結果と実験結果で良好に一致した。W3 の $t=4\sim 5\text{s}$ 付近で顕著な差異があるが、これは隔壁で跳ね上がった水位を捕らえた部分であり、解析では跳ね上がりの最高値を示し、実験では水位計が必ずしも最高値を捕らえていないことによる差異である。また、W3, W6, W7 では $t=6\text{s}$ 以後の差異が大きい。これは、解析においてポンプの取水量を境界条件として与えているため水と空気を強制的に吸い続けるのに対し、実験ではポンプ呑み口からの空気量が多くなると取水能力が低下するため両者に差異が現れたものと考えられる。

3. 結論

津波の引き波時を対象にした取水路内の流況解析を実施し、その適用性を実験結果と比較することで確認した。水位が低下するとポンプ呑み口からは水と空気が同時に取水されるが、この現象をも気液二相解析により考慮できたため、解析結果は水路内の水位変動を良好に再現した。今回の検討は跳水にともなう激しい流況を対象としたが、解析結果は水位変化を良好に再現しており、数値解析の高い適用性を確認することができた。

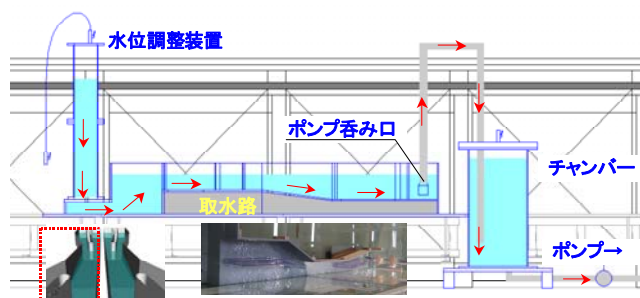


図-3 水理模型実験装置

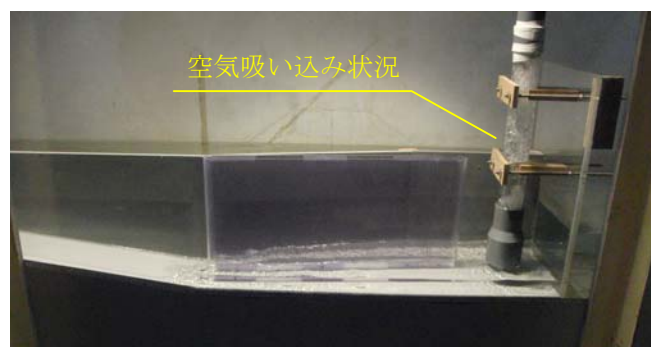


写真-1 空気吸い込み状況

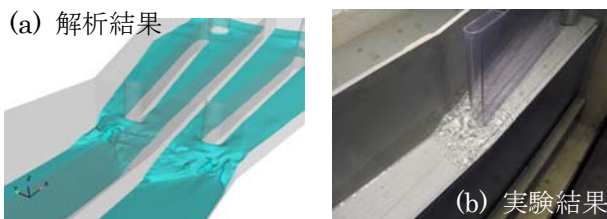


図-4 解析結果と実験結果の流況比較

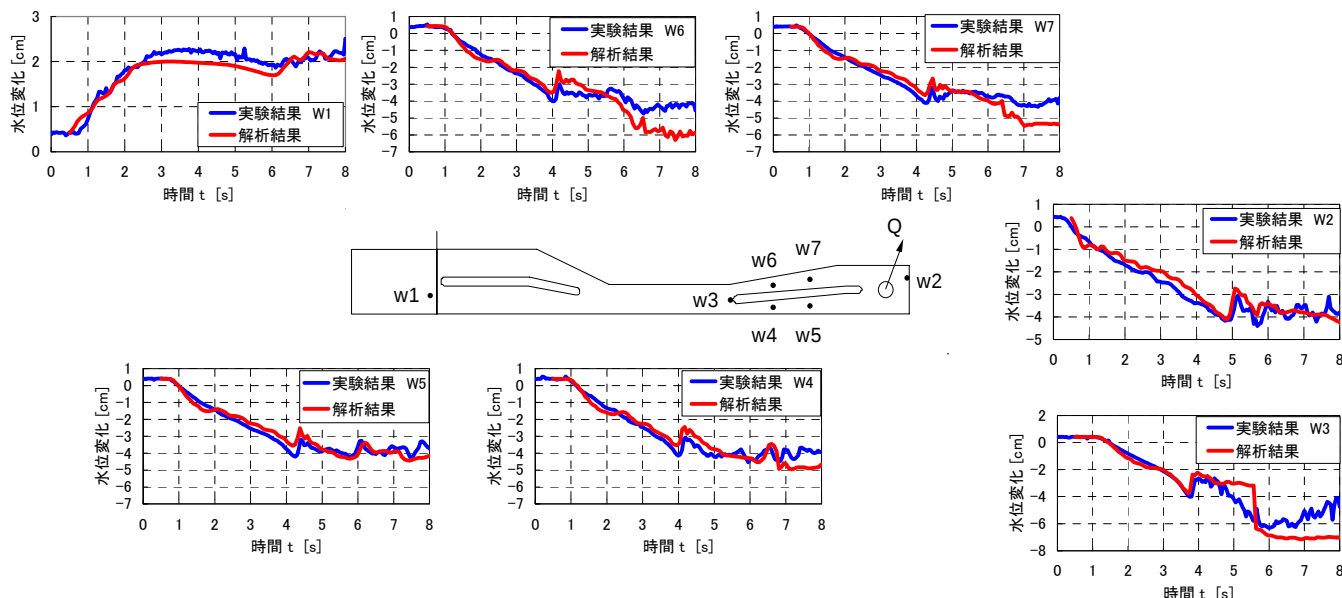


図-5 水位の時系列比較