

OpenFOAM を用いた造波水路における通過波の再現性に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○高橋昌伸 岩前伸幸 鈴木一輝 上平雄基

1. 背景および目的

近年、水理模型実験の代替として VOF 法や粒子法に基づく数値流体解析が海洋・水理分野の実務においても用いられつつある。これらの解析手法の活用については港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年改訂）¹⁾においても言及されているが、その利用にあたっては水理模型実験との比較による妥当性の検証が不可欠となる。本稿では、自社実験施設の代替として数値流体解析を用いるための初期検討として、ピストン型造波装置による造波実験とオープンソース・ソフトウェアである OpenFOAM を用いた数値流体解析の比較を行った結果を報告する。

2. 実験条件

実験は、鹿島技術研究所の直線造波水路（長さ 60m、幅 1.2m、深さ 1.8m）を用いて行った。図-1に示すように、水路内には海面模擬斜面（急勾配部 1/10、緩勾配部 1/100）を設置し、ピストン式造波装置により周期 1.81 秒、波高を 2cm、5cm、10cm の 3 通りに変化させた規則波を造波した。水路の 13 箇所（W01～W13）において水位変動をサンプリング周波数 50Hz で計測した。また、あわせて、造波板の変位時系列をモーションキャプチャシステム（ノビテック社製）により計測した。

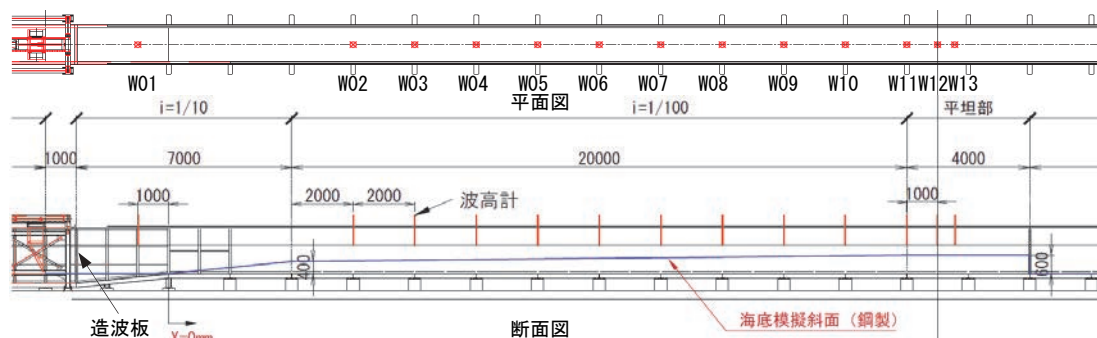


図-1 造波水路のセットアップ

3. 計算条件

計算は、ESI OpenCFD 社の OpenFOAM (v2112) に造波ソースと反射波を吸収する境界条件等を追加した olaFlow²⁾を用いて行った。計算格子は、OpenFOAM の blockMesh と snappyHexMesh を用いて作成した。長さ方向の格子分割数は 800、格子幅は 0.05m、深さ方向は、格子分割数 72、等間隔格子幅 0.025m としたケースと格子分割数 144、不等間隔格子幅 0.0087m～0.017m としたケースの 2 ケースの格子を作成した。また、造波には、実験で計測した造波板の変位を olaFlow の wavemakerMovement 境界と movingWallVelocity 境界に与えた。なお、本計算は 2 次元体系で行い、時間刻みは自動で計算時間は 120 秒間、クーラン数の上限は 0.3 とし、乱流モデルは使用していない。

4. 結果および考察

水位変動幅の時系列変化の一例として、波高 5cm のケースの W01、W02、W03 の位置における水位変動幅の計測値と計算値を比較したものを図-2に示す。同図より、いずれの計測位置においても、計測値と計算値は概ね一致していることがわかる。W01 では、深さ方向の解像度の違いによる明確な差異は見られないが、W02 と W03 では、不等間隔格子で格子分割数を 2 倍にしたケースの方が計測値により漸近している。

全計測位置において、0.1 秒毎の水深の計測値と計算値を波高毎に比較したものを図-3に示す。同図から、波高が大きいほど水深の計算値のばらつきは、大きくなっているが、いずれの波高においても全体的な傾向と

キーワード 造波水路, 規則波, OpenFOAM

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-485-1111

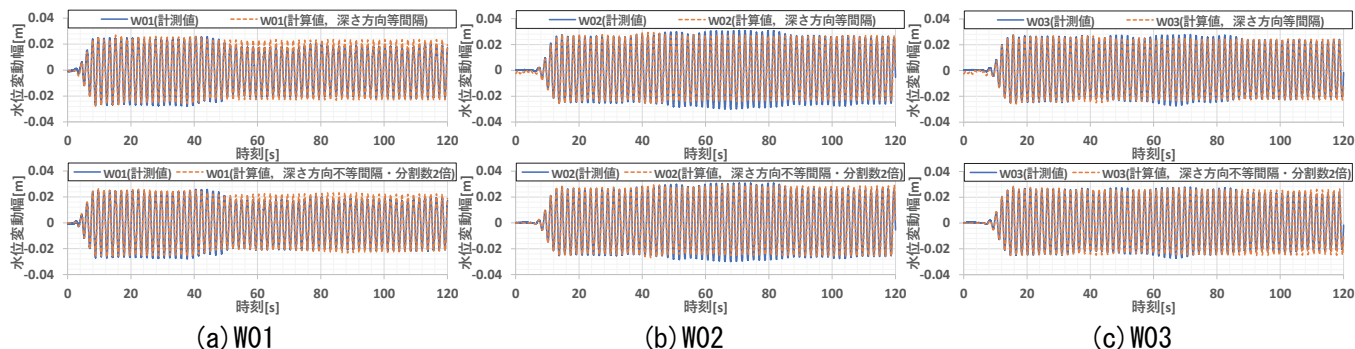


図-2 波高 5cm のケースにおける水位変動幅の時系列変化の比較

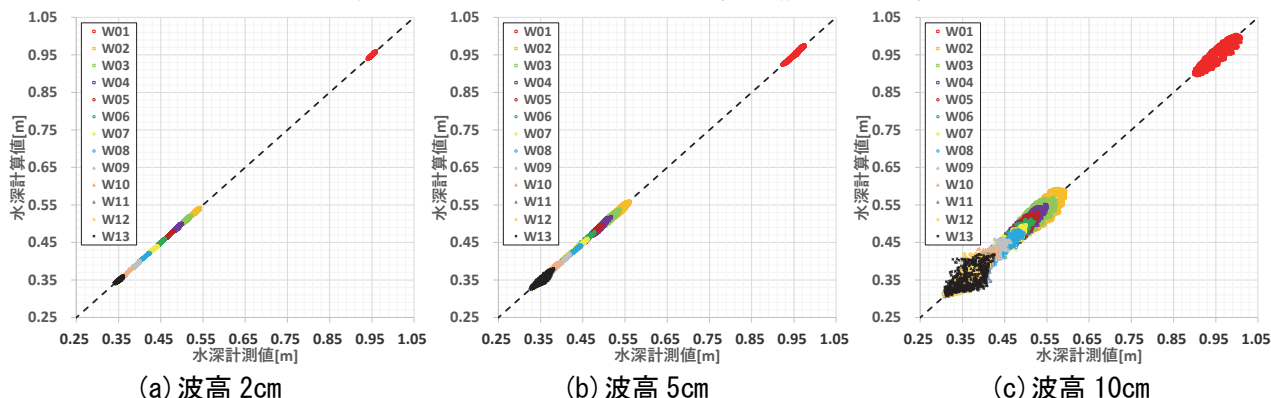


図-3 全計測位置における水深の比較（計算値，深さ方向不等間隔・分割数 2 倍）

しては比較的良く一致していることがわかる。

最後に、波高毎の水深の二乗平均平方根誤差を各計測位置と全計測位置で算定したものを図-4に示す。同図(a)より、二乗平均平方根誤差は、急勾配部から緩勾配部に向かって概ね大きくなっており、深さ方向の格子解像度が大きい方が各計測位置の二乗平均平方根誤差は概ね小さくなっていることがわかる。また、同図(b)より、波高が小さいほど、二乗平均平方根誤差は小さくなっていることがわかる。深さ方向の格子解像度による違いは、波高 10cm の場合に顕著に見られ、格子解像度が大きい方が誤差は明確に小さくなっている。

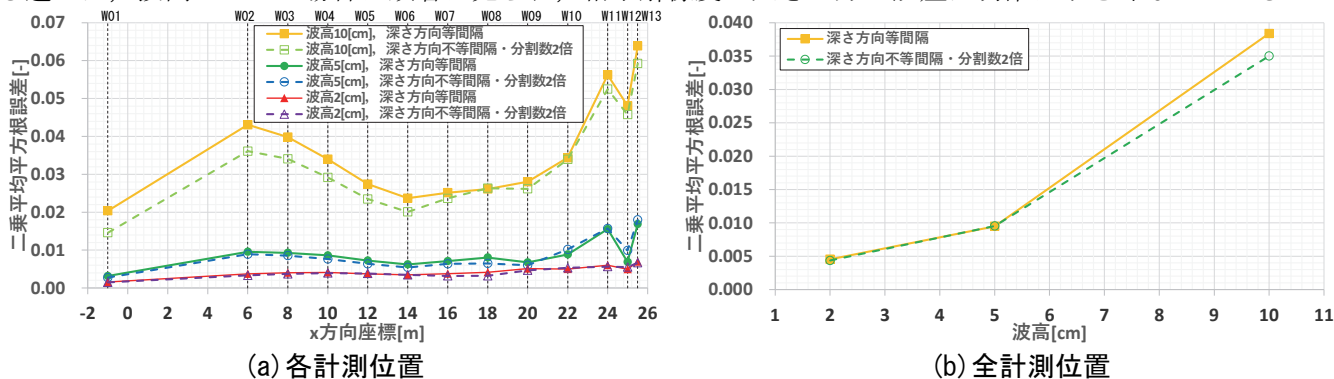


図-4 水深の二乗平均平方根誤差

5. まとめ

本稿では、OpenFOAM を用いた造波水路における規則波の再現性に関する検討を行い、波高が 2, 5, 10cm のケースで計測値と計算値が概ね一致し、深さ方向の格子解像度を大きくすることで計測値に対する誤差が小さくなることがわかった。今後は、不規則波を対象としたケースや構造物に作用する波圧および波力の評価について検討を進めていく予定である。

参考文献

- 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月），公益社団法人日本港湾協会，2018.
- Higuera, P. : CFD for waves Software, <https://doi.org/10.5281/zenodo.1297013>, 2017.