

越波式波力発電装置の遡上部の数値計算

八戸高専 学生会員 ○須田山 綾介
 八戸高専 正会員 小屋畑 勝太
 八戸高専 正会員 南 将人

1. 目的

海洋に潜在する膨大な波力エネルギーを定常的に取り出すべく、越波型波力発電を対象に実験が続けられてきた。本研究は、入射条件(波高と周期)を変えることによる越波の有無について、数値計算を用いた再現計算を実施した。越波に関する模型実験の水位記録 4 ケースを入射波の境界条件として用い、各ケースで越波の有無の再現性の検討を行った。

2. 再現計算対象の形状

再現対象とした実験は、中河¹⁾による水理実験室内の造波機付き開水路の実験結果とした。使用した模型形状を熱流体解析ソフトで作成した。計算用のメッシュ数は、全 6,300 個とした。作成した模型モデル、メッシュ分割図を図 1 および 2 に示す。

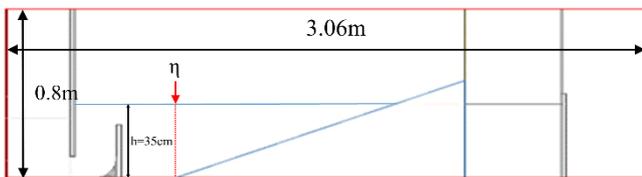


図 1 模型モデル

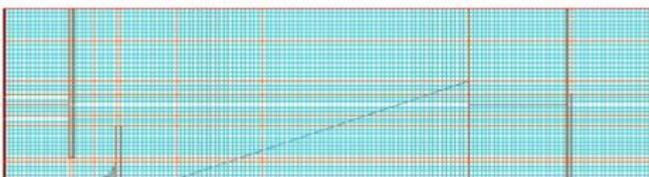


図 2 メッシュ分割図(Nx=153,Ny=40)

3. 再現計算

3.1 越波の有無の検討

越波の有無は、熱流体解析ソフトで行った数値解析の計算結果を動画で確認し、また越波流量を算出した。碎波に伴う乱流モデルにはプラントルモデルを用いた²⁾。計算に使用した入射境界条件は、越波流量に関する模型実験の水深 d=35cm における越波の有無である。各ケースにおける入射波高、周期、越波の再現性の結果を表 1 に示す。

表 1 波の周期と波長および越波の結果

Case	波高H(cm)	周期T(s)	実験	計算
1	7.9	0.80	越波有り	越波有り
2	8.2	0.80	越波無し	越波無し
3	5.8	1.44	越波有り	越波有り
4	5.6	1.44	越波無し	越波無し

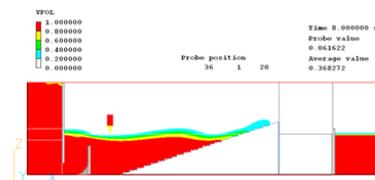


図 3 ケース 1 (H=7.9cm、T=0.80s、越波有り)

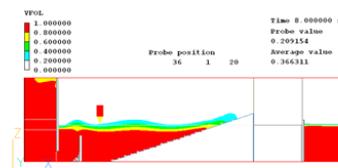


図 4 ケース 2 (H=8.2cm、T=0.80s、越波無し)

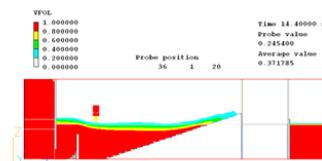


図 5 ケース 3 (H=5.8cm、T=1.44s、越波有り)

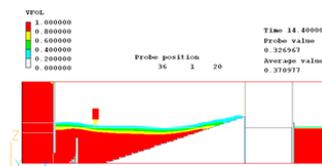


図 6 ケース 4 (H=5.6cm、T=1.44s、越波無し)

キーワード 波力発電、数値解析、乱流モデル、越波量、Overtopping、Power generator

連絡先 〒039-1192 八戸市大字田面木字上野平 16-1 建設環境工学科 南将人 Tel:0178-27-7310

実験で越波が確認できたケース 1 とケース 3 では再現計算においても越波を再現する事が出来た。しかし、今回実験装置における越波有り無しの境界となる条件を用いており、越波量が少なく集水桝全体に水が貯留するまでには至らなかった。

ケース 2 とケース 4 は実験時に越波が発生していない条件である。再現計算においても越波は発生していない。ケース 2 は実験時に遡上部で砕波を起こし越波が起こらなかったケースである。再現計算の動画においても遡上する波と斜面を遡下する波がぶつかり合い斜面部で砕波の様子が確認できた。

実施した 4 ケースについては、越波を再現する事が出来た。しかし、越波流量については、かなり実験値を下回っている傾向がみられ、砕波後の挙動のモデルの修正が必要である。

以上、越波の有無に関しては、模型実験と同様の結果が得られ熱流体解析ソフトを用いた再現計算が可能である。

3. 2 水位変化の計算

斜面沖側法線位置での自由水面の水位変化(図 1 の η 位置)を算出し、実験時の平均波高と比較した。水位の算出には、ケース 1 の計算結果を用い、Volume Of Fluid (VOF 値)を使用し自由水面の水位変化を算出した。VOF 値は、0.1~0.3 の 3 種類を使用し、各 VOF 値で得られた水位変化のグラフを実験値の水位変化を比較した。結果を図 7 に示す。

VOF 値 0.1 (格子 10%が水塊)では、最大水位と最小水位がほぼ一定なのに対し、0.2 および 0.3 では一定の間隔で最大水位が低く算出されている。さらに水位の最大値、最小値ともに実験結果よりも高く算出され上方向に推移していることがわかる。この原因として VOF 値が拡散して初期水深が $h=35\text{cm}$ よりも高い位置となっていることが考えられる。周期は全ての VOF 値において実験値と一致した。さらに表 2 に計算値と実験値の平均波高をまとめた。

全ての VOF 値で越波の再現を確認することができた。しかし各 VOF 値で得られた平均波高を実験値と比較すると差が生じている。各 VOF 値における平均波高の再現率は VOF 値 0.1 で約 90%、0.2 で約 80%、0.3 で約 60%となった。平均波高の差も 0.6cm と小さい。これより水位変化を再現するには VOF 値 0.1 を用いれば良いといえる。今回は計算条件としてケー

ス 1 の一種類を対象として比較的周期の短いケースのみの結果である。今後さらに長い周期の計算結果などの異なる条件を計算した上で越波流量の算出等に有用な最適な VOF 値の選択が必要である。

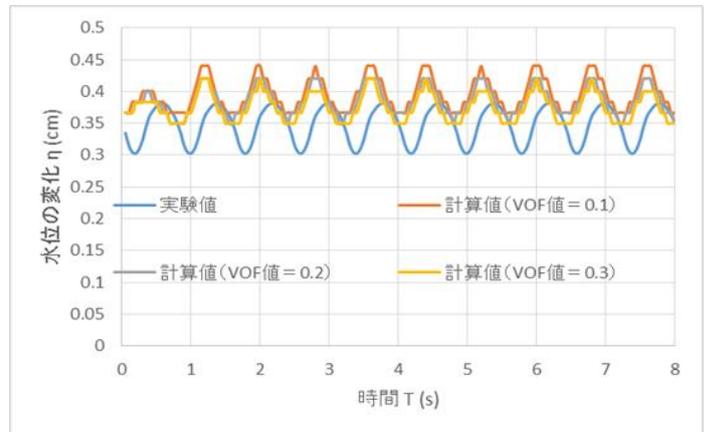


図 7 水位変化の実験値と計算値の比較

表 2 実験値と計算値の平均波高の比較

	平均波高 Have(cm)	計算値/実験値	越波再現
計算値(VOF値=0.1)	7.3	0.92	○
計算値(VOF値=0.2)	6.6	0.84	○
計算値(VOF値=0.3)	5.0	0.63	○
実験値	7.9		

($H=7.9\text{cm}$, $T=0.80\text{s}$, $h=35\text{cm}$)

4. まとめ

熱流体解析ソフトを用いて遡上等の数値計算を行い、模型実験の再現性を検討した。越波の有無については実施した 4 ケースにおいて実験結果と計算結果が一致した。乱流場にプラントルモデルを適用すると模型実験と同様の結果が得られ波高と周期を変化させることによる越波の再現が可能である。

また、水位変化の再現性は、VOF 値 0.1 は再現率が約 90%と VOF 値 0.2、0.3 に比べて高く、この時の計算値と実験値の平均波高の差は、0.6cm と非常に小さい値となった。このことから波高の再現に関しても模型実験とほぼ同様の結果が得られ、自由水面の水位変化は VOF 値 0.1 を用いる事で実験値と同程度の精度が得られる事が判った。

参考文献:1)中河裕也、他:「越波式波力発電装置の越波量に関する模型実験」、日本沿岸域学会研究討論会 2014、講演概要集、Vol. 27, 8-1. 2)山部祐也、他:「越波式波力発電装置の遡上と越波の数値計算」、日本沿岸域学会研究討論会 2014、講演概要集、Vol. 27, Vol. 27, 8-2.