

消波ブロックを考慮した自由表面流れ解析*

八戸工業大学 古里春花

日本工営株式会社 野島和也

八戸工業大学 尾崎壮一

八戸工業大学 高瀬慎介

1. はじめに

津波や高潮時における港湾構造物への波の影響を軽減するために、消波ブロックが設置されている。これらの消波ブロックを対象とした自由表面流れを考慮した解析は数多く行われているが、それらの多くは、消波ブロックを多孔質体とモデル化して解析が行われている。しかし、多孔質体での解析は、消波ブロック群の間を流れる水の流れの速度分布などは考慮されていないため、これを確認するためには、消波ブロックを直接モデル化した解析を行う必要がある。

そこで本研究では、消波ブロック単体を CAD によりモデル化し、個別要素法を用いて消波ブロック群の配置を計算する。その後、配置を考慮したメッシュを作成し、自由表面流れ解析を行い、消波ブロック群周辺の流速分布を確認して本モデル化の有効性について検討を行った。

2. 解析方法概要

(1) 個別要素法を用いた消波ブロック解析

消波ブロックのモデル化には FreeCAD²⁾を用いた。寸法については株式会社不動テトラ¹⁾の 2t 型テトラポッドを 1/25 に縮小した寸法を参照し、個別要素法を用いるため表面にメッシュを作成し節点に球体を配置した。図-1 にモデル化した消波ブロックを示す。

シミュレーションによる消波ブロックの初期配置を図-2 に示す。208 個の消波ブロックを用いて 1 列あたり 8 個ずつ、下段から 6, 5, 4, 3, 3, 2, 2, 1 列のおおむねピラミッド型に配置している。また、下から 2, 4, 5, 8 段目については、消波ブロックを 180 度回転させて配置した。

以上の初期条件から実際に消波ブロックを自重に従って落としていく。最終的な状態が図-3 である。条件としては、最下段を固定し、その他は剛体運動をする設定にした。

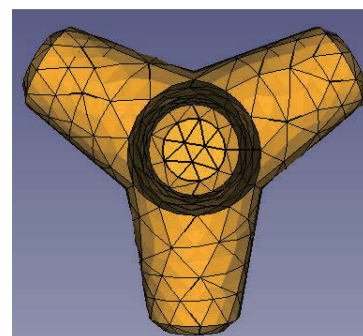
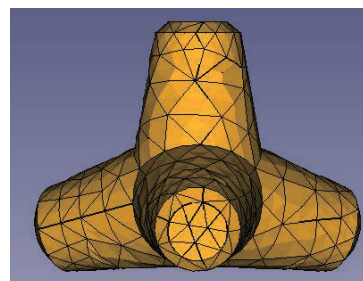


図-1 モデル化した消波ブロック

* Free surface flow analysis considering wave-dissipating blocks by Haruka Furusato, Kazuya Nojima, Soichi Ozaki, Shinsuke Takase

(2) 自由表面流れ解析

解析に用いる水路を図-4に示す。初期条件として、水路と消波ブロック群に作成するメッシュは消波ブロックが配置されている周辺は0.02m、自由表面付近流付近は0.03m、水路上部は0.5mの大きさとした。また、解析条件は、水深、周期、波高を変化させて表-1のとおり5ケース行った。なお、解析はOpenFOAM³⁾を用いた。

3. 解析結果

自由表面流れについて解析した結果のケース1、ケース4を図-5、図-6に示す。図-5は消波ブロック群前後の時間と水面高さの関係をまとめたものである。周期の違いにより異なる結果を示し、周期が1秒のケース4では消波ブロック群前方と比較して後方で水面高さの減少を確認できたものの、周期2秒のケース1ではそのような効果はみられなかった。

また、図-6に水路中心部の、ブロック群周辺の流速ベクトルを示す。各ケースで左上は波が到達する直前、右上は波が到達したとき、左下は波の去り際、右下は新しい波が到達したときである。全ケースで波が到達してから去るまでの間に消波ブロック群後方に渦が形成されていた。この渦は消波ブロックの隙間を流れた流体と越流した流体との流速差によって生じていると思われる。周期1秒のケース4では、渦が発達する前に次の波によりかき消されていたのに対し、周期2秒のケース1では渦と次の波の越流が重なり、より高い波に変化していた。

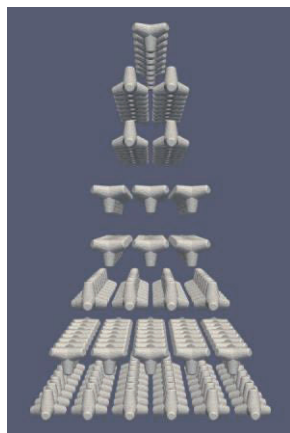


図-2 消波ブロック設置のための初期配置

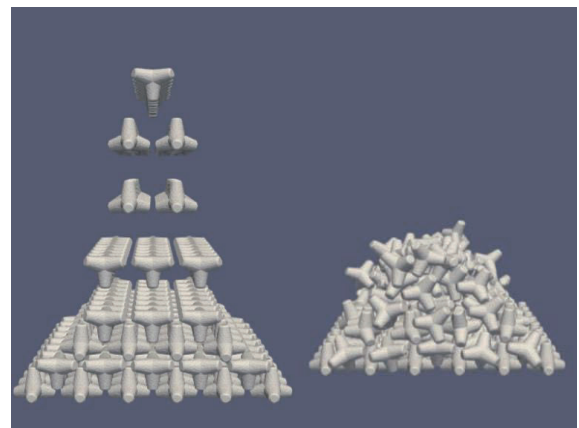


図-3 設置した消波ブロック

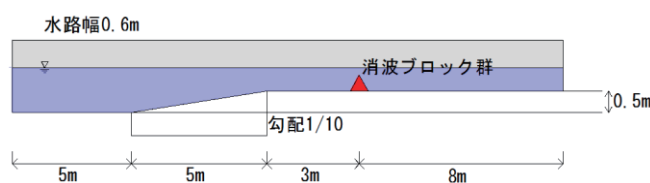


図-4 自由表面流れ解析に用いた水路

表-1 解析したケースの条件

ケース番号	波高 [m]	周期 [s]	水深 [m]
1	0.3	2	0.7
2	0.3	2	0.8
3	0.2	2	0.7
4	0.3	1	0.7
5	0.2	1	0.7

4. まとめ

本研究では、CADによりモデル化した消波ブロックを、個別要素法を用いて配置を計算して設置し、その後に自由表面流れを行った。その結果、消波ブロック群に自由表面流れを作用させたとき、消波ブロック群後方の渦の発達の違いで、周期により消波ブロック群前後の水面高さの増減に差ができることを確認した。また、消波ブロック群中では流速が増加することも分かった。

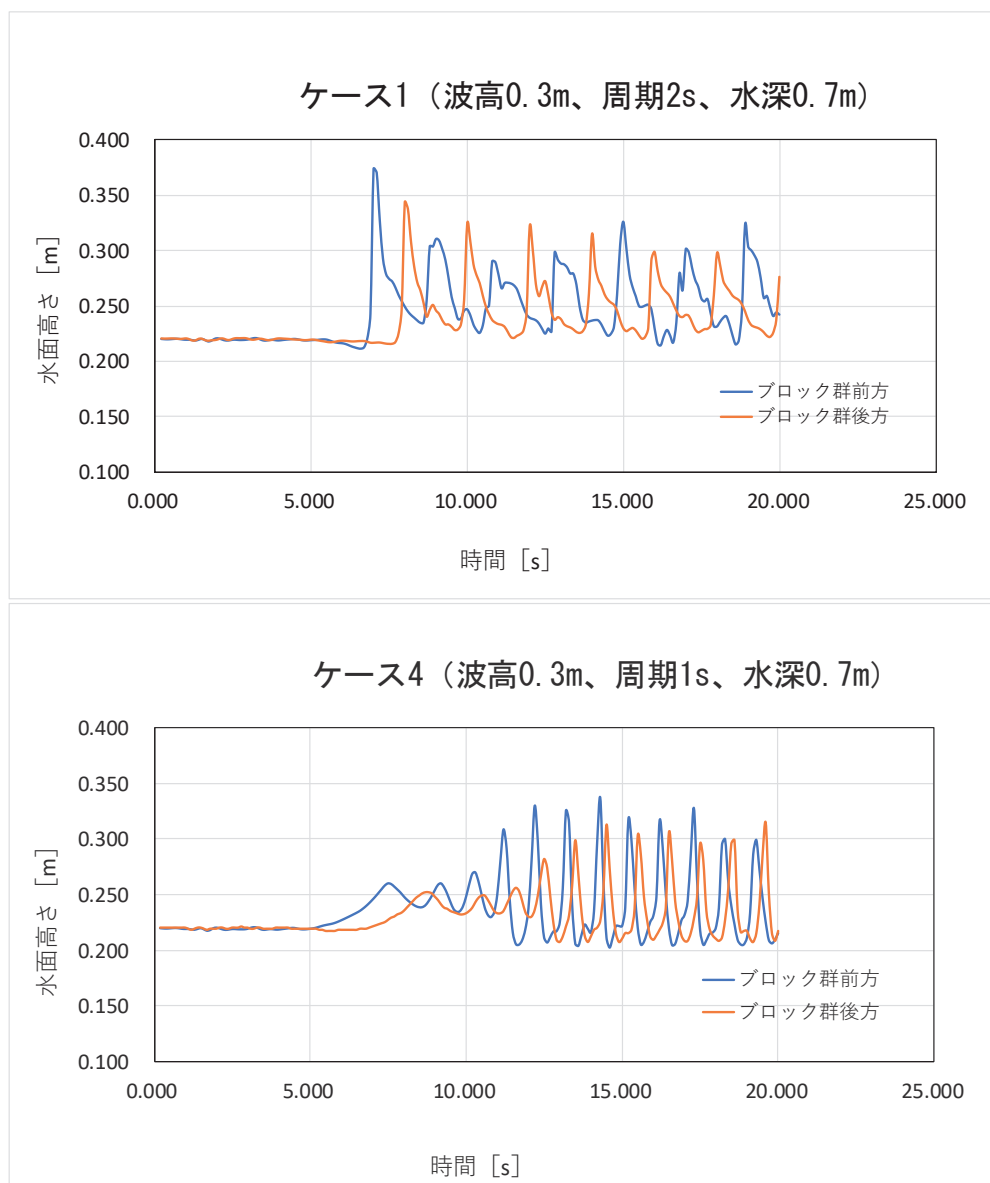
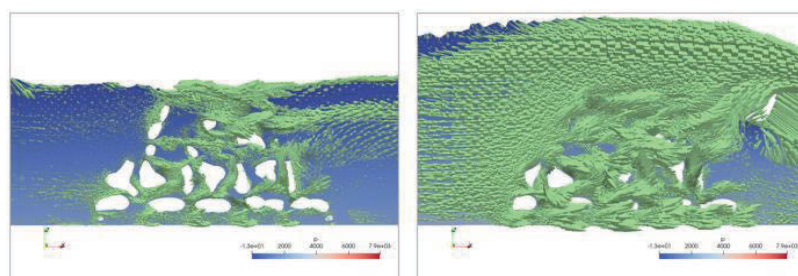
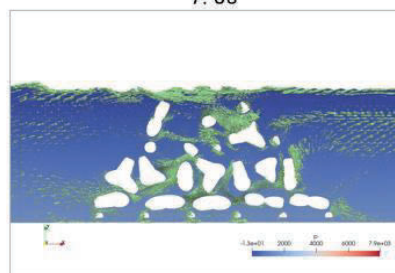


図-5 消波ブロック群前後の時間と水面高さの関係

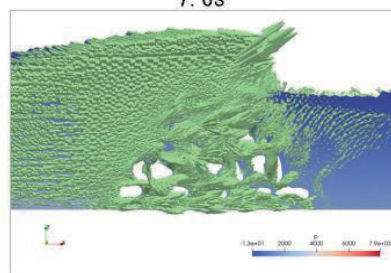


7. 3s

7. 6s

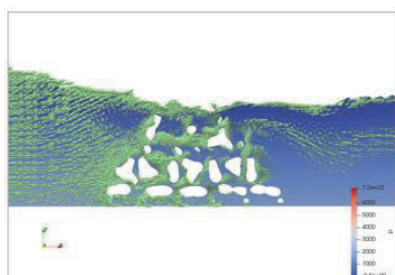


8. 9s

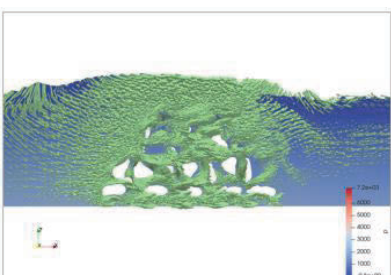


9. 4s

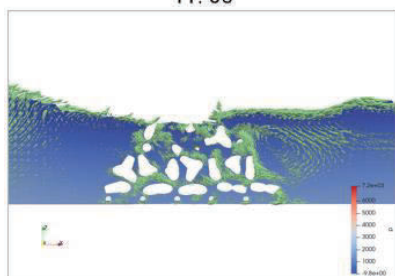
ケース1 (波高0.3m、周期2s、水深0.7m)



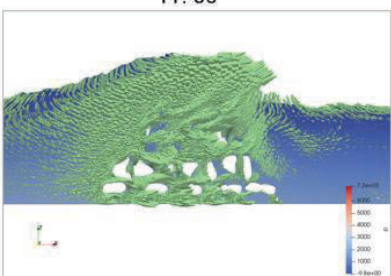
11. 5s



11. 8s



12. 4s



12. 8s

ケース4 (波高0.3m、周期1s、水深0.7m)

図-6 ブロック群周辺の流速ベクトル

参考文献

1) 株式会社不動テトラ テトラポッドの形状図・寸法表

https://www.fudotetra.co.jp/wp-content/uploads/2019/04/tetrapod_fig03.pdf2) <https://www.freecad.org/>3) <https://www.openfoam.com/>