

SPH-DEM 手法を用いた波浪場のブロック挙動解析

豊橋技術科学大学 学生会員 ○伊藤 志龍
 豊橋技術科学大学 正会員 松田 達也, 三浦均也

1. 目的

砂面上に施工された離岸堤や消波工等の消波ブロックは、これまでに波浪作用等により沈下被害が発生し、消波機能の低下を招いている¹⁾。既往の研究では、水路実験や現地調査等により原因の解明を試みているが、現象が複雑であることから詳細な要因が明らかとなっていない。

そこで本研究では、波浪による海底地盤の有効応力変化および流れによるせん断力を考慮した消波ブロックの挙動を明らかとするため、造波水路実験および粒子法の数値実験を行っている。本稿では、粒子法に関する数値実験について、まず、不透水床上に設置したブロックの波浪場の挙動を対象とし、造波水路実験をベンチマークとしての再現性を検討した結果を報告する。

2. 造波水路実験によるブロック挙動検討

2.1 実験概要

波浪場におけるブロック挙動を検討するため、造波水路実験を行った。造波水路概略図を図-1に示す。

造波装置から約 10.9m 位置に 1:10 のスロープを設置し、その背後に水平の不透水床を設置した。対象とするブロックはコンクリート製（比重 2.3）で 1 辺 0.1m の立方体とした。ブロック設置水深は 0.5m とし、作用波は周期 1.6s、波高 0.14m の規則波とした。波高計、流速計により波挙動を計測した。ブロックに加速度計と水圧計を設置し、挙動を観測した。

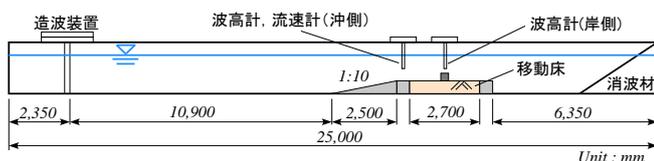


図-1 造波水路概略図

2.2 実験結果

図-2 にブロックに作用した波圧を示す。微小振幅波理論により算出した波圧と比較した結果、所定の波浪場を再現できていることを確認した。

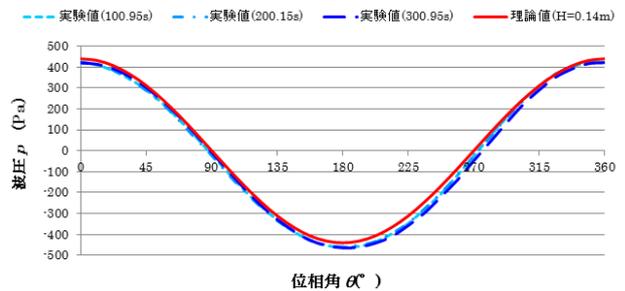


図-2 ブロックに作用する波圧（理論解との比較）

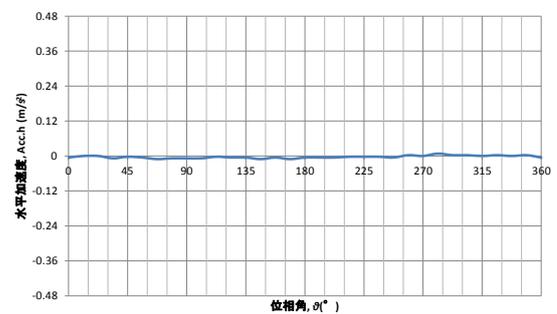


図-3 ブロックの水平加速度応答 (t=100.95-102.55s)

図-3 に、ブロックの水平方向の加速度値を示す。加速度値に変化が見られなかった。目視においてもブロックに変位が見られなかったこと、得られた波力からも滑動しない条件であることから、加速度値の応答は正確であると考えられる。

3. 粒子法による造波水路実験の再現解析

3.1 粒子法

粒子法は流体を極めて多数の粒子の集合体とみなし、個々の粒子の運動を観測する Lagrange 法で連続体の運動を記述する。計算点が空間を移動できる粒子であることが大変形問題や固体-液体連成問題に対応できる要因であり粒子法の最も大きな特長の 1 つである。本研究では、オープンソースである DualSPHysics²⁾を用いて、SPH-DEM カップリング手法により固液連成問題の計算を行う。

3.2 解析概要

数値実験の初期状態を図-4に示す。図中赤い四角で示した部分にブロックを設置した。本解析ではピストンを用いて造波を 5 秒間（3 波分）行い、解析

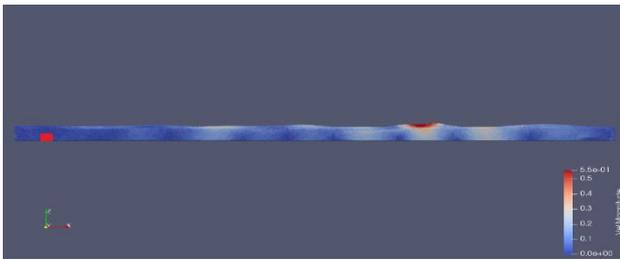


図-4 数値実験の初期状態

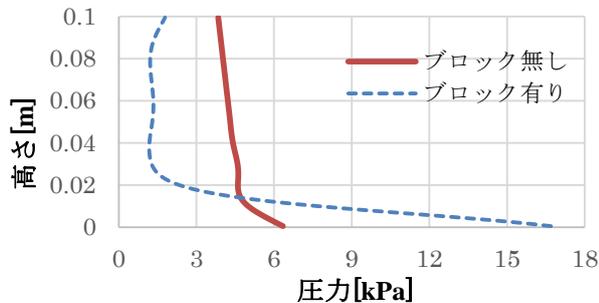


図-6 ブロック設置位置近傍の水圧分布

時間は 10 秒とした。ブロックは反射波の影響を受けないよう $x=1\text{m}$ に設置し、水路長は 15m とした。ブロックはコンクリートブロックの諸言を用い、比重 2.3 で 1 辺 0.1m の立方体とした。粒子径を 0.01m とし、水深 0.5m で周期 1.6s 、波高 0.14m の規則波を作用させた。

3.3 解析結果と考察

a) 波高変動

ブロック有無に伴う波高の変動を図-5 に示す。波高にブロック設置の影響はないことがわかる。

b) ブロック周辺の水圧分布

ブロックの有無に伴うブロック設置位置近傍の水圧分布を図-6 に示す。

ブロックの設置は流体の水圧分布に影響を及ぼすことがわかる。特に、ブロックを設置することで水路床付近の圧力が急激に上昇した。この原因は、ブロック下角付近の流体粒子が波により移動したブロックの下に入り、圧力が急激に上昇したためである。現在、ブロックの初期設置方法として、初期にブロックと境界を接触して配置すると解が発散することから、境界からブロックの底面を 0.05m 離して設置している。

c) ブロックの変位

図-7 に波浪によるブロックの変位を示す。造波水路実験では作用波によるブロックの変位はみられな

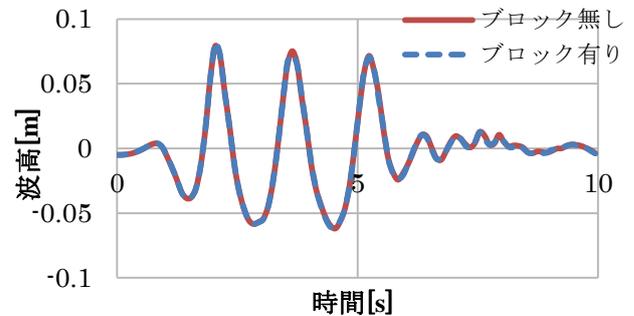


図-5 ブロック設置位置の波高比較

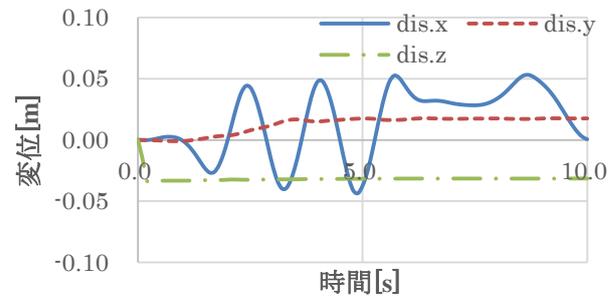


図-7 ブロック変位

かったが、本実験では約 0.05m の水平移動が確認できる。この理由として、前述したとおり、ブロック-境界間に水粒子が入ることで水路とブロックの摩擦が考慮されていない可能性があり、ブロックは移動しやすい状態になっていたと考えられる。

4. 結論

本研究では、大変形問題へ適用可能な粒子法を用いて、波浪場のブロック挙動解析を実施した。造波水路実験の結果から明らかなように数値実験でのブロックは動きやすい状況にあることがわかった。この理由としては、ブロック-境界床間の水粒子が大きく関連していると考えられる。現段階においては、流体挙動の再現性はよいが、固体挙動の面においては、初期状態の設定も含め、課題があると考えられる。今後は、移動物体と境界間の問題解決を先ず検討していきたい。

謝辞：本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金研究活動スタート支援 26889035，基盤研究(C)17K06553 の助成を受けたものであり、ここに記し感謝の意を表す。

参考文献：1) 孔間弾性波探査法による離岸堤の埋没状況に関する考察:第 32 回海岸工学会講演会論文集,西田仁志ら, 1985. 2) DualSPHysics

(<http://www.dual.sphysics.org/>) 20181207 閲覧。