構造物群との衝突を伴う多数の漂流物輸送の 模型実験に対する多相場解析手法の適用性 Application of Multiphase-Computational Method to Experiments for Transported Many Floating Objects Colliding with Structures

 ○鳥生大祐・牛島 省・井唯博吏・柳生大輔・森 信人 Adi PRASETYO・安田誠宏・平石哲也・間瀬 肇
○Daisuke TORIU, Satoru USHIJIMA, Hiroshi ITADA, Daisuke YAGYU, Nobuhito MORI, Adi PRASETYO, Tomohiro YASUDA, Tetsuya HIRAISHI, Hajime MASE

In this study, the hydraulic experiments for transported many floating objects colliding with structures were conducted with Hybrid Tsunami Open Flume in Ujigawa, DPRI, Kyoto University. The applicability of a multiphase-computational method (MICS) was discussed with the obtained experimental results. As a result, it was confirmed that the computational method enables us to predict transportations of the floating objects colliding with the structures and each other. In particular, calculated time histories of distributions regarding the floating objects were generally in agreement with those of experiments.

1. はじめに

2011 年に発生した東日本大震災における津波 被害の事例として,流出した車両やコンテナなど の衝突による構造物の損傷が報告されている.し たがって,津波によって輸送される漂流物の挙動 を予測することは防災上重要と考えられる.

本研究では、構造物群との衝突を伴う多数の津 波漂流物輸送の水理実験を行った.また多相場の 数値解析手法 MICS¹⁾を用いて同様の条件で数値 計算を行い、漂流物の重心位置について比較を行 った.

2. 水理実験の概要

本研究では、京都大学防災研究所の津波再現水 槽²⁾を用いて実験を行った.水槽の寸法および漂 流物と構造物の配置を図1に示す.なお、本実験 は実スケールの1/40を想定している.

構造物として 6 個の鉄製の立方体(40×40×40 [cm]), 漂流物として 36 個の木片 (5×5×10 [cm], 平均密度 671 [kg/m³])を図1のように台座の水平 部に配置した.また,初期水深として 0.70 [m]を 与えた.水の流入量については 2.0 [m³/s]とし,水 槽上流端の流入口(0.2×2.0 [m²])から 75 秒間流入 させた.

以上のような条件で同様の実験を3回行い (case 1, case 2, case 3), 漂流物が輸送されていく 過程を装置の上方からビデオカメラで撮影した.



3. 数値解析の概要

3.1 数值解析手法

本研究では、3次元固気液多相場の数値解法 MICS¹⁾を用いて構造物群との衝突を伴う多数の 漂流物輸送の数値計算を行った.

MICS ではまず,気液相の支配方程式¹⁾を非圧 縮性流体の解法を用いて解く.漂流物と構造物, 台座は剛体として扱う.漂流物は四面体要素を用 いる T型固体モデル¹⁾で表現し,漂流物表面に接 触判定球を配置して接触力を計算する.また,漂 流物に働く流体力は流体・固体間の力学的な相互 作用を考慮して計算する¹⁾.構造物および台座の 表面は三角形要素から構成され,接触判定球は配 置せず,漂流物との接触力の計算にはこの三角形 要素と漂流物の接触判定球を用いる³⁾.





3.2 計算条件

計算領域を図2に示す.初期水深は0.2[m]とし, 底部に1.8×4.0[m²]の流入領域を設定した.流入流 速は水のフロントの速度が実験と近くなるように 8.56×10⁻³[m/s]とした.また,上部は開放領域とし, 底部からの水の流入に伴い上部から空気が流出す るように設定した.漂流物と構造物・台座間の静 止,動摩擦係数は0.60とした.計算格子数は各方 向に400×210×70とした.計算プログラムはMPI を用いて並列化されており,各方向のプロセス数 を20×7×2とし,並列数は280とした.

4. 実験および計算結果の比較

まず、水のフロントの位置について比較した. 水がスロープの終端(図1,図2の $x_1 = 0$)に達 した時刻をt' = 0[s]と定義すると、t' = 8, 15[s]に おいて水のフロントの位置は概ね一致した.

次に、漂流物の重心点位置の時間変化を図3に 示す.なお、図1と図2の点線L上(x_1 =0.8かつ 1.4 < x_2 < 1.8および2.2 < x_2 < 2.6)を漂流物が最初 に通過した時刻をt''=0[s]とした.図3より、 計算の方が漂流物の進行が若干遅いようにみられ るものの、両者の分布は概ね一致した.なお、各 実験において漂流物は計算と比較して広範囲に分 布する傾向となった.その原因の一つとして、実 験では台座の表面粗度が一様でなかったため、各 漂流物の流れ始める時刻に差異が生じたことが考 えられる.

5. まとめ

本研究では,津波再現水槽を用いて構造物群と の衝突を伴う多数の漂流物輸送の水理実験を行い,



図3 各時刻における漂流物の重心点位置

多相場の数値解析手法 MICS を用いた計算結果と の比較を行った.その結果,実験において漂流物 は計算よりも広範囲に分布する傾向となったもの の,構造物間における漂流物の挙動を概ね再現で きることを確認した.

謝辞:本研究は京都大学防災研究所の一般共同研究(課題番号:27G-04)で実施しました.

参考文献

 牛島省,福谷彰,牧野統師:3次元自由水面流中の接触を伴う任意形状物体運動に対する数値解法, 土木学会論文集 B, Vol. 64, No.2, pp. 128-138, 2008.
平石哲也,森信人,安田誠宏,東良慶,間瀬肇: 京都大学防災研究所津波再現装置の特性,自然災害 科学, Vol. 34, No. 1, pp. 15-21, 2015.

3) 青木一真,井唯博吏,牛島省,鳥生大祐,柳生大 輔:構造物および地表面との衝突を伴う多数の津波 漂流物輸送の数値実験,土木学会論文集(A2),2015 (採録決定済).