

陽的 MPS による建物に及ぼす陸上遡上津波波圧に関する数値シミュレーション

岩手大学 学生会員 ○山内千里, 正会員 小笠原敏記

1. はじめに

2011 年の東北津波を受け、将来的な地震津波被害軽減の対策を考えるにあたり、今後は津波の建物に及ぼす作用波圧を明確にし、建物の耐力評価の確立が必要である。実験では実験施設による条件の制約が伴う一方、数値解析では条件設定が比較的容易だが計算精度と計算時間の問題が生じる。

本研究では、陽的な計算のみで非圧縮性流れのシミュレーションが可能な MPS（陽的 MPS）法を用いる。この陽的な解法は、従来の半陰的解法と異なり、代入操作のみのため圧力のポアソン方程式を解く必要がなく、汎用性が高いと考えられる。しかしながら、粒子法で見られる圧力振動の問題が生じることから、計算結果の取り扱いについて検討する。

2. MPS 法

MPS 法とは、連続体を粒子の集合として捉え、主な物理法則を粒子間の関係式に置き換えることで離散化し、これらの関係式によって各粒子の状態を時間ステップ毎に計算する手法である。このアルゴリズムは、初期場を決定した後に既知の値を利用して、時刻を進めた未知の値を求めている。非圧縮性流体の支配方程式として NS 方程式を用いる。この方程式中の圧力項を求める際に、従来の半陰的解法ではポアソン方程式を解く必要があるが、陽的 MPS 法では、代入式を解くことで圧力項を計算する。従って、計算速度の向上が可能である。このとき、圧力波は流体中を音速で進むため、パラメータとして任意の音速を用いる。詳細は大地ら(2010)を参照されたい。

3. 数値計算の概要

図-1 のような水槽（長さ 10.0m, 高さ 0.8m, 幅 1.0m）を粒子の集合体によって再現した初期場を作製し、流体粒子に重力加速度のみの力を与えて、水柱崩壊を発生させる。水槽内に構造物を仮定した粒子（一辺

表-1 計算条件

粒子間距離 (m)	0.02
終了時間 (s)	5.0
時間刻み幅 (s)	0.001
出力間隔 (s)	0.050
音速 (m/s)	22.0

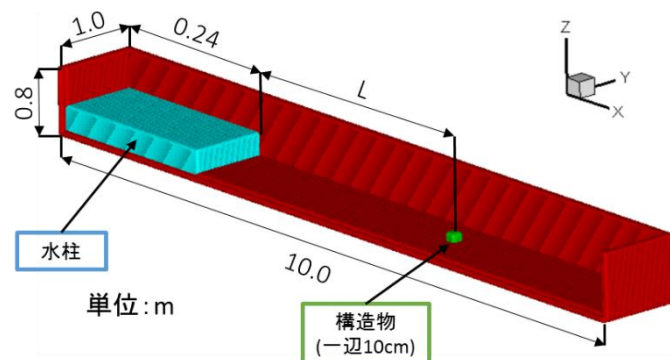


図-1：数値水槽

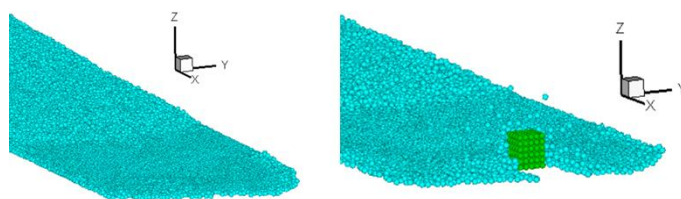


図-2：t=2.10sにおけるシミュレーションの様子

(左：構造物なし, 右：構造物あり)

10cm の立方体)を断面中央に設置する。なお、貯水位は $H=20, 25, 30\text{cm}$ に、水塊の先端と構造物間の距離は $L=415, 455, 505\text{cm}$ とそれぞれ変化させて数値計算を行う。表-1 に主な計算条件を示す。

4. 計算結果と考察

図-2 は、構造物の有無における段波の空間分布を示す。なお、計算条件は $H=30\text{cm}$, $L=455\text{cm}$ である。構造物なしでは、一様な段波が流れ込んでいるが、構造物ありでは、段波が構造物に衝突することによって、その前面で水位が上昇すると共に、構造物を回り込むような流れが生じていることが分かる。

キーワード：津波, 陽的 MPS

連絡先：岩手県盛岡市上田 4 丁目 3-5

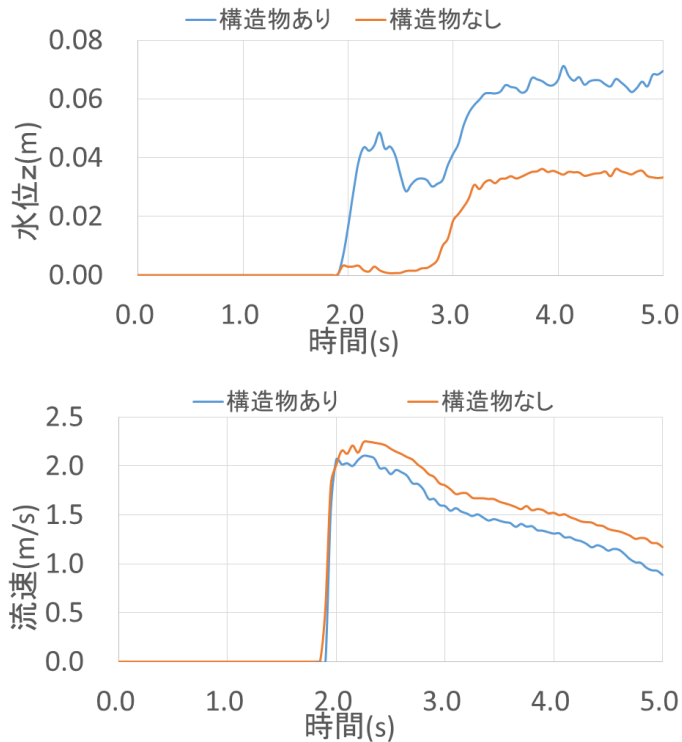


図-3：水位と流速の時間変化
(上：水位，下：流速)

図-3 に構造物の有無における水位および流速の時間変化を示す。なお、計測位置は構造物手前部分 $x = 6.93 \sim 6.95\text{m}$ である。構造物なしの場合、水位は $t = 2.0\text{s}$ のあたりから徐々に上昇し、その後一様な水位になる。構造物ありの場合、上昇開始地点は構造物なしのときと一致しているが、衝突の影響で顕著な水位上昇が生じ、その後、高い水位が継続していることが分かる。次に、流速に注目すると、構造物なしでは、 $t = 2.0\text{s}$ の前から急増した後、徐々に減衰しているが、構造物ありでは、流速の上昇過程は似ているが、構造物なしに比べ全体的に流速が小さくなる。この原因として、構造物に衝突して反射した戻り流れが、進行方向の速度に影響を与えたためと考えられる。

図-5 は、図-4 の構造物前面の中央底面の粒子(赤色)における圧力の時間変化の計算値を示す。衝撃波圧と持続波圧を明確に区別することができない上に、圧力振動が起きていることが分かる。これらの問題を解消するため、着目した粒子(赤色)の両隣にある粒子(青色)の計算値を用いた空間平均を行い、加えて 0.25s 間隔で時間平均の処理を行った結果を図-6 に示す。なお、図中の青色の実線は、同条件の及田ら(2017)の水理実験で得られた値を示す。時空間平均を施すと圧力振動が緩和され、衝撃波圧を明確にすることが可能となる。しかしながら、水理実験の値に比べて2倍程度過大評

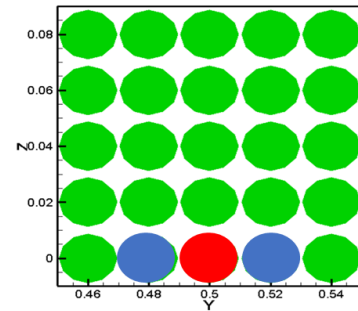


図-4：流下方向から見た構造物前面の粒子配置

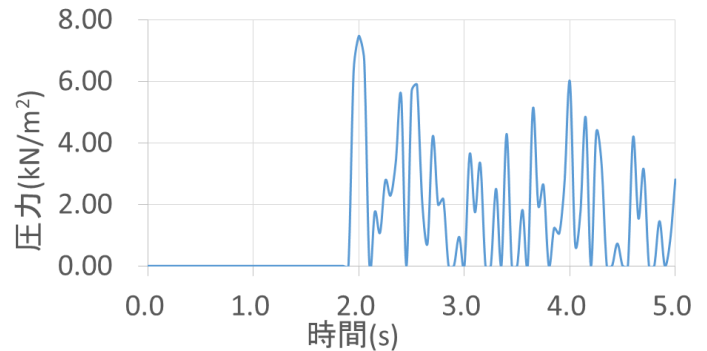


図-5：圧力の時間変化(実測値)

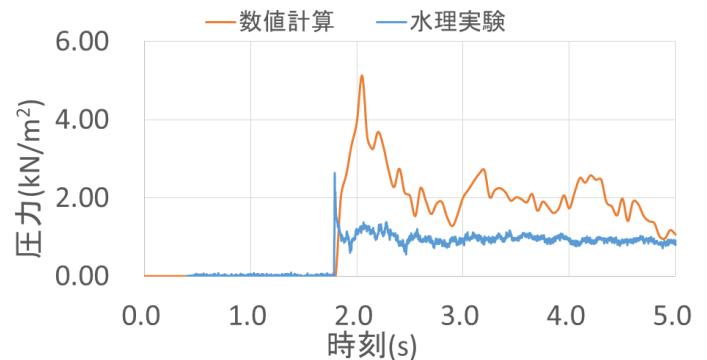


図-6：圧力の時間変化(中央底面とその両隣の構造物粒子による空間平均、0.25s 間隔で時間平均)

価される。この原因として、本計算では、流体粒子と壁面との間で引き起こされる摩擦を考慮していないことが考えられる。

以上より、対象とする空間と時間を考慮することにより、陽的 MPS 法の計算結果を陸上遡上津波の氾濫計算に適用できる可能性を示唆した。

参考文献

- 1) 大地雅俊，越塚誠一，酒井幹夫(2010)：自由表面流れ解析のためのMPS陽的アルゴリズムの開発，日本計算工学会論文集，No20100013
- 2) 及田一樹ら(2017)：建物に及ぼす衝撃波および持続波の圧力分布に関する水理実験，土木学会東北支部技術研究発表会