MPS 法による津波段波発生数値水槽の開発

岩手大学　学生会員　○小松広幸，正会員　小笠原敏記

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって，多くの建物が甚大な被害を受けた．震災以降，建物耐力評価式の確立のため，多くの実験が行われてきた．蓄積される実験データを活用すべき数値水槽の開発が望まれる．様々な計算手法が開発されているが，粒子法の一つである MPS 法は，水面変動の激しい現象に適用できるだけでなく，流体と固体をそれぞれ粒子として扱えるため，同時解法が比較的容易にできる利点がある．

そこで本研究では，MPS 法を用いた津波段波発生数値水槽の開発を試みる．計算負荷を軽減させるため，鉛直 2 次元場の数値水槽を開発し，水理実験による津波段波の浸水深や流速などの各諸量との比較を行う．そして，2 次元計算の適用性を検証する．

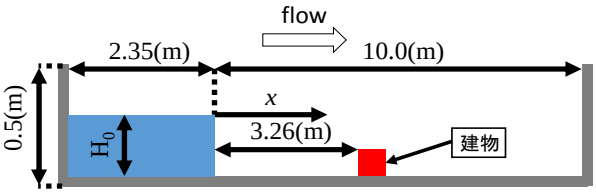
2. 数値計算の概要

MPS 法は，連続体を有限個の粒子によって表すラグランジュ的手法であり，粒子間の相互作用の強さに重みを考慮した粒子間相互作用モデルとして勾配モデル，発散モデル，ラプラシアンモデルが用いられる．また，圧力のポアソン方程式には，田中・益永（2008）が提案した疑似圧縮性の効果を考慮する．

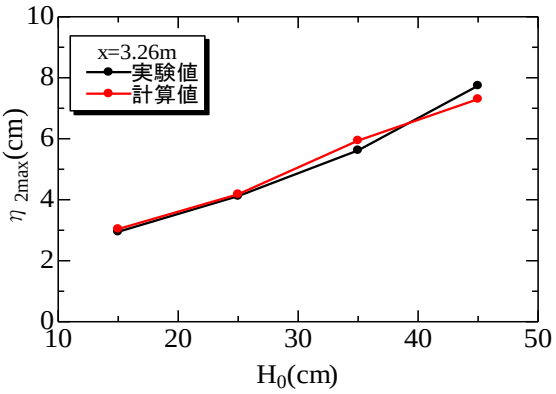
図−1 は，水理実験で用いた開水路に相当するように構築した数値水槽を示す．水柱の高さを初期貯水位 H_0 とし，その高さを 15，25，35，45cm の 4 ケース設定し，建物あり・なしのそれぞれの条件で計算を行った．計算に用いた最大の粒子数は 19910 であった．

3. 解析結果

図−2 は，建物なしの条件における数値計算と実験による x=3.25m での最大浸水深 η_{2max} の比較を示す．最大浸水深は，初期貯水位 H_0 の高さに依存して，単調に増加することがわかる．また，数値計算結果は，実験値とよく一致しており，津波段波の現象を再現できているものと言える．次に，建物ありの条件における x=3.25m での浸水深 η_2 の時間変化の比較を**図−3** に示す．初期貯水位 H_0=15cm および 35cm の何れにおいても，数値計算では実験で顕著に見られる建物衝突時のせり上がりによる急激な水位上昇を表現できていない．また，その後の時間波形では，建物を越流する H_0=35cm の場合，計算結果と概ね一致する．一方，建物を越流しない H_0=15cm の場合，計算値では t=4s から水位が上昇し，一定の水位がしばらくの間持続されていることがわかる．この結果は，時間の経過に伴い水位が徐々に減少するような実験結果を再現できていないと言える．さらに，**図−3** と同条件における底面から高さ 5~15mm の範囲における流速 u の時間変化を**図−4** に示す．初期貯水位に関わらず，最大流速は，実験値に比べてかなり小さくなるだけ



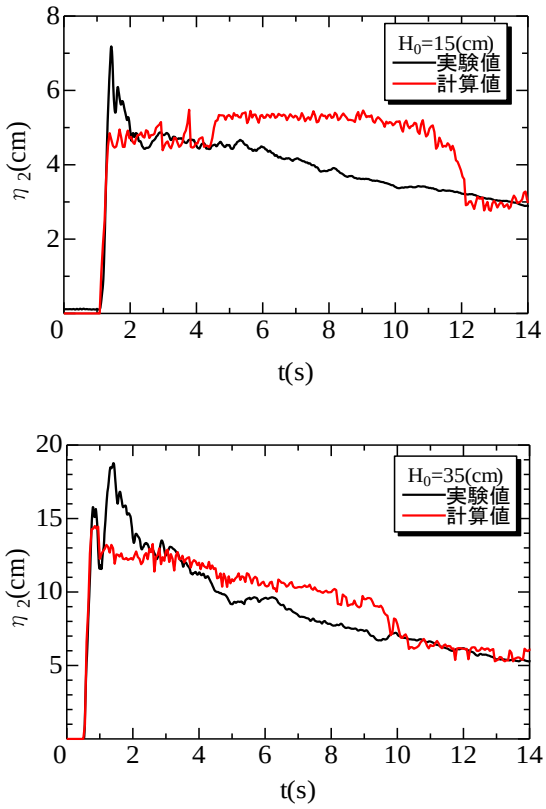
図−1 数値水槽の概要



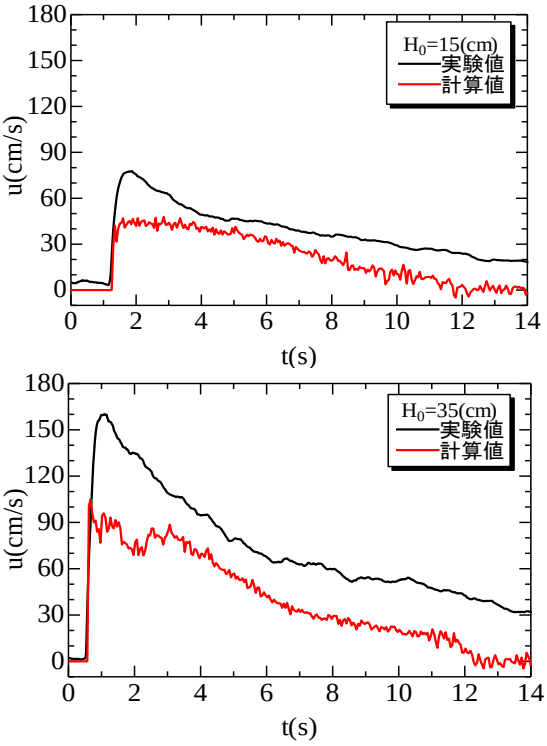
図−2 建物なしにおける各初期貯水位 H_0 での最大浸水

キーワード　MPS 法，津波段波，数値水槽

岩手県盛岡市上田 4-3-5　岩手大学工学部社会環境工学科　・e-mail：togasa@iwate-u.ac.jp

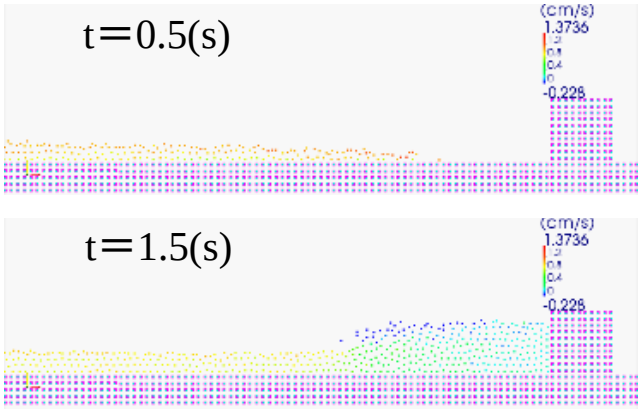


図−3　建物前面における浸水深 η_2 の時間変化の比較
（上段：H_0=15cm，下段：H_0=35cm）



図−4　建物前面における流速 u の時間変化の比較（上段：H_0=15cm，下段：H_0=35cm）

でなく，計算値は全体的に実験値よりも過小評価されていることがわかる．この原因を明確にするため，H_0=15cm での数値計算による津波段波の空間波形と流速分布を正として暖色系で表す．流速分布を図−5



図−5 建物前面付近の空間波形および流速分布

に示す．なお，段波進行方向の流速津波段波の先端部分が建物に到達する前の時刻 t=0.5s では，流速は当然ながら進行方向になるが，建物衝突後の時刻 t=1.5s では，建物前面付近の流速は負となり，逆向きの流れになる．鉛直二次元場の計算であるので，建物側面を迂回するような流れを表現できないため，建物衝突に伴い逆向きの流れが実験よりも卓越し，段波のせり上がりを抑制させると共に，建物前面付近の水位を増加させ，一様な水位が維持されるようになると推測される．越流するような計算条件でも，建物前面で逆流の影響が水位および流速の低下を引き起こすものと考えられる．

4. まとめ

粒子法を用いて 2 次元場の津波段波水槽の開発を行い，水理実験による段波の計測値を基に，本計算結果の再現性を検証した．建物なしの条件では，段波は 2 次元性が強い現象であるため，2 次元場の計算でも実験の再現性が可能であることを示した．しかしながら，建物ありの条件では，建物周りの流れを再現できないことによって，浸水深および流速において実験値よりも過小評価となり，再現性が難しいと言える．

参考文献

田中正幸，益永孝幸（2008）：疑似圧縮性効果による MPS 法の安定化と圧力の平滑化，Transactions of JSCES,No20080025.