

# MPS 法による消波工の減衰性能に関する評価

長岡技術科学大学大学院 非会員 鈴木 樹  
長岡技術科学大学大学院 学生会員 池内 正敏  
長岡技術科学大学大学院 正会員 細山田 得三

## 1. はじめに

粒子法は複雑な水面形や、非定常性の高い複雑乱流場において広く用いられている。消波工に関する数値計算において、今まではDEM (Distinct Element Method) を取り入れた手法が一般的とされていたが、近年、粒子法では消波工のモデルをポーラス体として再現する方法が検討されている。一方、粒子法で消波工等の透過層の空間に疑似抵抗力を付与することで、透過層の再現を試みる例などがあり<sup>(1)</sup>、その適用性が確認されつつあるが、実務上は複雑な仮定を必要としないより簡易的な手法で消波工を再現することが望ましい。

以上より本研究では、MPS 法による2次元解析で簡易的に消波工を再現することを試みた。また、ポーラス体による流体の減衰特性を水路模型実験の結果と比較し、MPS 法によりモデル化したポーラス体の消波性能について評価することを目的とした。

## 2. MPS 法の消波計算への適用について

MPS (Moving Particle Simulation) 法は、粒子法の1つであり流体や構造物などの連続体の挙動を数値シミュレーションするための計算手法である。近年、海岸工学分野では、このようなMPS法の特徴を活かし、飛沫を伴う砕波のような複雑な現象への適用が行われている<sup>(2)</sup>。しかしながら、造波装置を使用した消波計算のような波の現象に対してさえも他の手法に比べ研究が遅れているのが現状である。

本研究で使用するMPS法のソルバーは、越塚らが開発したMPS法<sup>(3)</sup>ベースに造波水路に適用した。

## 3. 水路模型実験

### (1) 実験条件

水路実験は長さ18m、幅0.5mの造波水路で行った。図-1は造波水路の2次元モデルであり、水槽端部に緩衝材による消波工が設置してある。水路の各位置には波高計(KENEK:CHT6-40型)を設置しており、それぞれ、造波版前面にWG1、消波工から1.0mの位置にWG2、消波工前面にWG3を設置し、造波時の波高を刻々観測した。

表-1は本実験の実験条件である。波の周期と振幅は造波板により制御し、振幅は0.42mで固定値とした。また、消波工前面での波の撮影を行うことで、消波工の影響による波の挙動を観察した。

表-1 水路実験時の実験条件

水深 H(m)	周期 T(s)	消波工の空隙度
3.0	1, 2	約 0.7
4.0		
5.0		

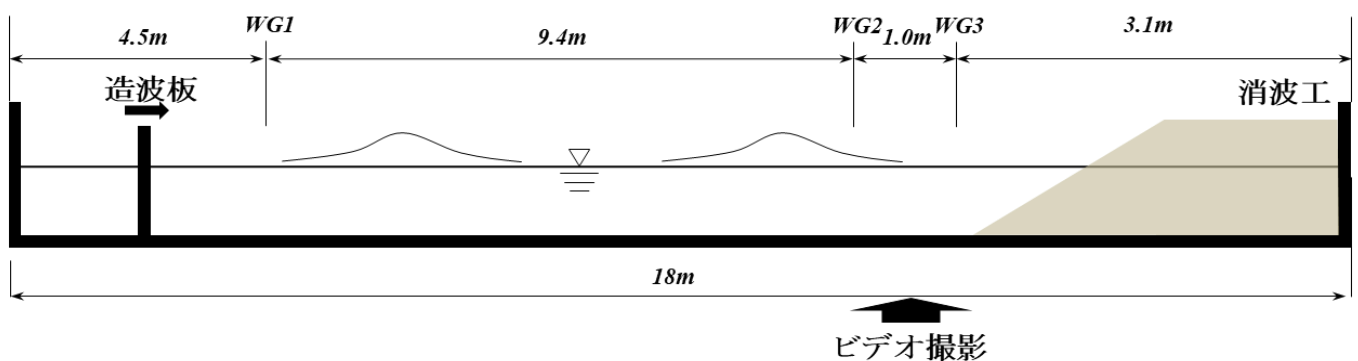


図-1 造波水路の2次元モデル

#### 4. MPS 法による再現計算

##### (1)消波工のモデル化

今までの波の減衰を考慮する数値計算では、消波工を DEM によりモデル化し、直接的に波を減衰させる方法が一般的であった。しかし、消波工を粒子法によるポーラス体としてモデル化した場合の方が実現象に即しており、より現実的な消波方法であると考えられている。本数値計算では、図-2 のように粒子を用いて消波工をポーラス体にモデル化し、数値シミュレーションを行った。

図-2 の case2 の消波工は、水路実験での緩衝材と同様の消波性能を仮定してモデル化を行った。波が消波工に入射したときに遡上し、海浜砂浜と同様の反射を引き起こすことを想定した case である。

case3, case4 の消波工はそれぞれ、空隙率 0.5, 0.3 に設定してモデル化を行った。消波工内に自由水面を持たせることで、波のエネルギーを減衰させる効果を期待した。

##### (2)計算条件の設定

表-2 に MPS 法で造波計算するための計算条件を示す。ポーラス体の消波性能の検証にあたり、水深  $H$  と周期  $T$ 、ポーラス体の諸条件を変えて数値計算を行った。計算対象の形状は、2次元水路の水槽端部に消波工をモデル化したポーラス体を設置したものであり、造波板から規則波を約 10 波、ポーラス体に作用させた。初めにポーラス体を設置しない状態(case1 とする)で通過波検定を行い、次にポーラス体の諸条件を変更し、各条件下における流体の挙動について考察する。

なお現状において本手法は、粒子径や影響範囲等の設定が変化すると、再度パラメータスタディを行わなければならないため、波浪条件とモデル条件以外は同条件で計算を行っている。

#### 5. 諸条件下における消波効果の比較

図-3-1 は、水深  $H$  が 0.5(m)、周期  $T$  が 2(s) の条件による実験波形、図-3-2 は実験と同条件でポーラス体の空隙率を適宜変更した数値計算で得られた波形である。0.3(m)、0.4(m)での計算結果と比較して波の波形が分かりやすいことから、0.5(m)、2(s)での計算結果について考察する。粒子間隔は 0.05(m)、計算間隔は 0.001(s)とし、造波水路全体に波が伝わり、かつ

消波工からの反射波が観測可能な 10(s)まで計算した。

MPS 法による消波工の消波性能を考察するために、「水路実験と数値計算結果の波形の比較」、「消波工の違い(case 別)による波形の比較」を行う。本論文では定量的な考察ではなく、波の波形のみで考察する。

##### (1)水路実験と数値計算結果の波形の比較

図-3 より実験波形と計算波形を比較すると、case2 での波形が実験波形とおおよそ似通った形をしていることが分かる。これは実験で使用した消波工が緩衝材であり、case2 の消波工と酷似した形状であったためと考えられる。case3 と case4 においては、造波

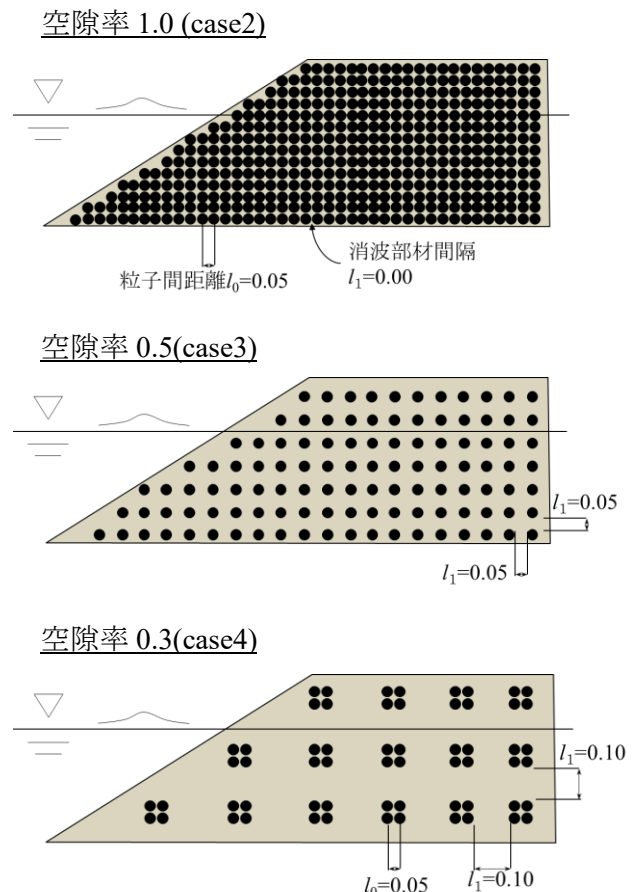


図-2 消波工のモデル

表-2 計算条件

水深 $H$ (m)	周期 $T$ (s)	ポーラス体の空隙率
3.0	1, 2	設置なし(case1), 1(case2), 0.5(case3), 0.3(case4)
4.0		
5.0		

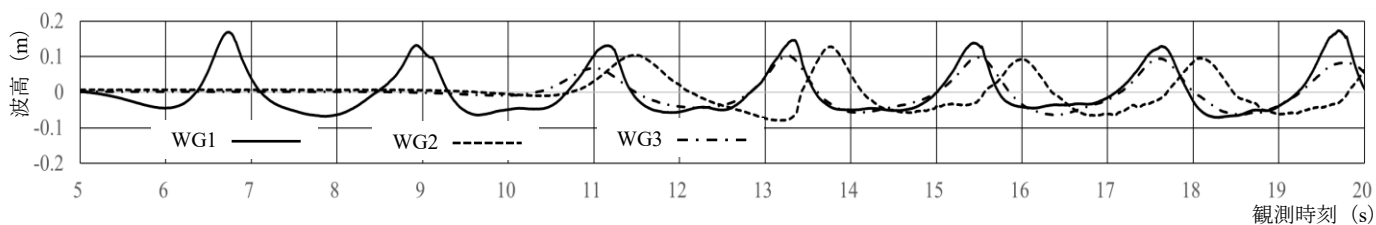
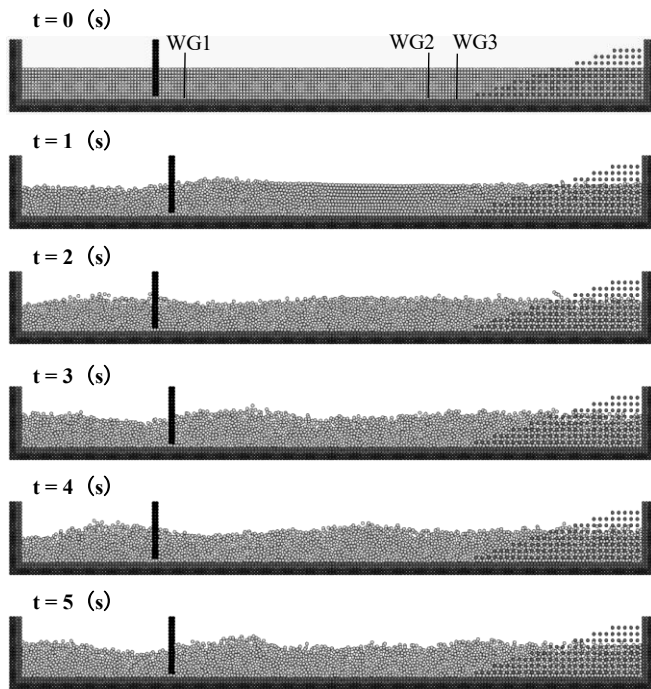
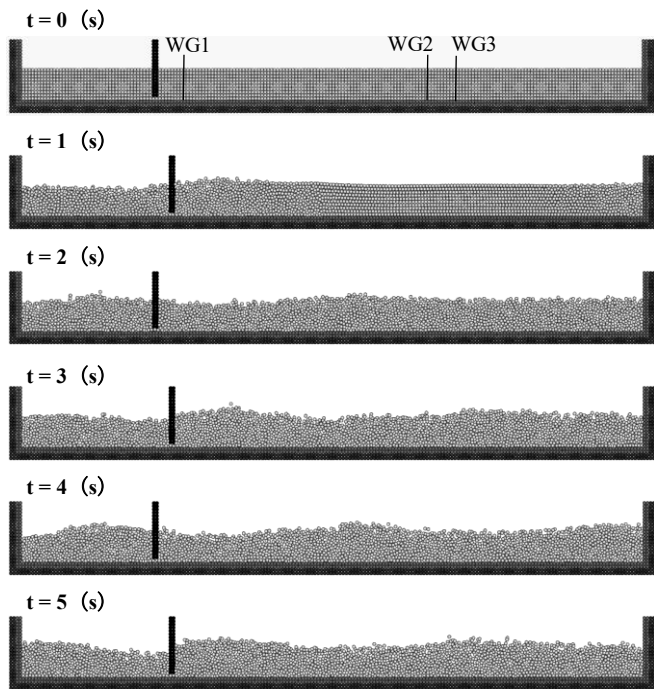


図-3-1 水路実験により観測した波の波形（水深 0.5m, 周期 2s）

消波工設置なし (case1)

消波工の空隙率 0.5 (case3)



消波工の空隙率 1.0 (case2)

消波工の空隙率 0.3 (case4)

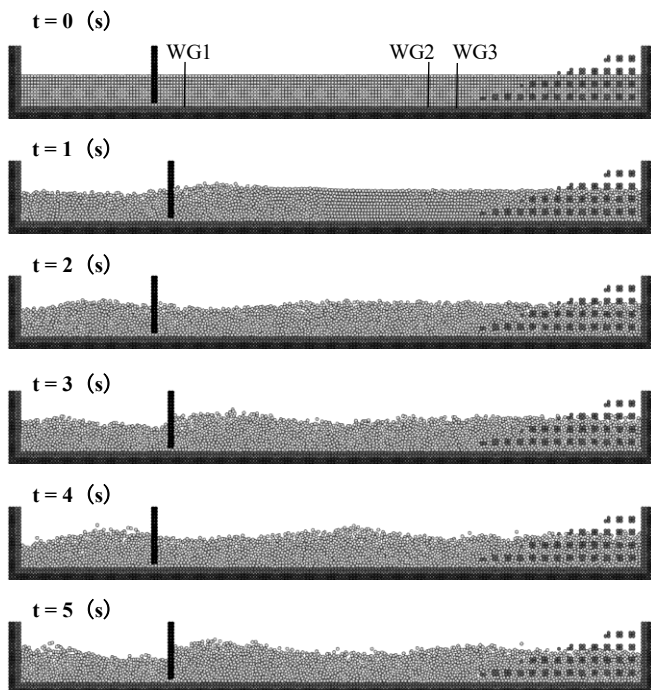
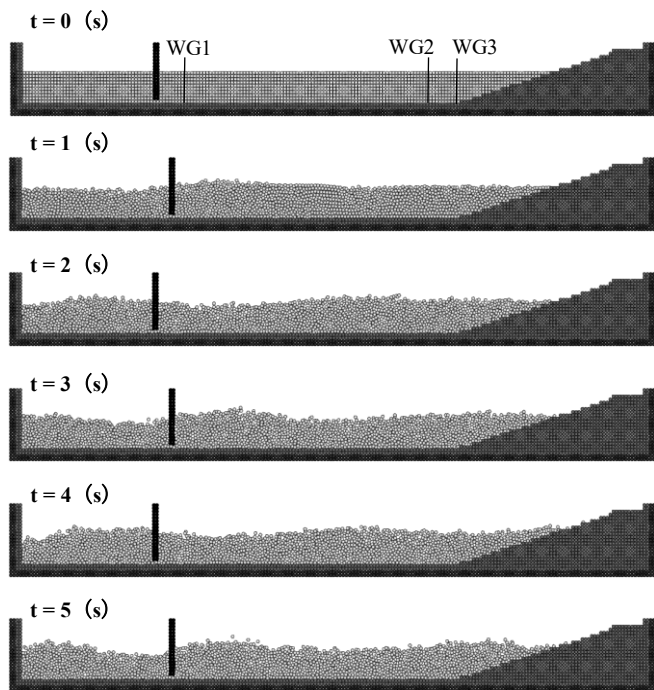


図-3-2 MPS 法により計算した波の波形（水深 0.5m, 周期 2s）

表-3 実際の各構造物の反射率

	反射率
直立壁	約 1.0
消波ブロック堤	約 0.4
砂浜海浜	約 0.2

板前面の WG1 の波形がほぼ一致している。しかし、消波工前面の WG3 の波形が、実験で観測した WG3 よりも小さいことより、実験で使用した緩衝材による消波工よりも MPS 法でモデル化したポーラス体による消波工の方が高い消波性能を有することを確認できた。

#### (2)消波工の違い(case別)による波形の比較

消波工を設置せずに通過波を観察した case1 では、造波した後に WG3 付近で WG1 と同等の波形が見受けられた。表-3 より直立壁の反射率は完全反射の 1.0 であるので、実現象に即した波の挙動が見受けられたと考察する。

消波工に空隙を持たない case2 では、造波した後に波が消波工を遡上している。case2 と似た消波対策工として海浜砂浜が挙げられるが、表-3 より砂浜の反射率約 0.2 を精度よく再現しているといえる。

case3 と case4 は、ほぼ同じ波形を示しており、消波工内に粒子が入り込むことで、波が減衰していることが分かる。

数値計算による消波工別の波の減衰性能は、case2 > case3 ≒ case4 > case1 となり、実現象の波の反射をおおよそ再現しているといえる。

## 6. まとめと今後の課題

本研究では 2 次元 MPS 法を使用して、簡易なモデルで消波工を再現した。造波装置により発生させた波の波形を実験波形と数値計算波形で比較し、消波工による波の減衰特性についても考察した。これより得られた結論と課題を以下に示す。

- ・MPS 法で消波工をモデル化することにより、実象に即した波の波形を再現することが確認できた。
- ・MPS 法により直立壁や海浜砂浜、波ブロック堤を再現した結果、おおよそ実現象に即した波の反射を再現することができた。

・本研究における粒子法プログラムに関する課題として、様々な空隙率の消波工を再現するために粒子間距離をさらに短くすること、3 次元計算に拡張することを挙げる。

#### 参考文献

- (1) SPH 法による消波ブロック被覆堤の簡易モデルの提案,古牧大樹・西畑剛・森屋陽一, 土木学会論文(海岸開発),Vol.68,No.2,I\_282-I\_287,2012
- (2) 新たな勾配計算手法を取り入れた MPS 法の進行波への適用性に関する研究,渡邊忠尚・入部綱清・仲座栄三,土木学会論文集 B3 (海洋開発),Vol.67,No.2,2011
- (3) 粒子法入門,越塚誠一・柴田和也・室谷浩平,丸善出版株式会社,2014