

簡易越波対策工の効果に関する数値シミュレーションの試み

九州大学 学生会員 ○中谷 和博
 九州大学 正会員 山城 賢
 九州大学 児玉 充由
 (株) 東亜建設工業 正会員 武田 将英
 (株) 東亜建設工業 正会員 倉原 義之介

1. はじめに

地球温暖化による台風の強大化や海面上昇の影響で、将来的に越波の発生頻度が高まり、これまで越波が生じていなかった護岸においても越波が発生するようになることが考えられる。このような越波被害の増大の対策としては、パラペットの嵩上げやテトラポッドなどの消波工の設置などが考えられるが、設置する空間や地形の制約、社会情勢の変化に伴う国や自治体の財政悪化などにより、これらの対策工を新設するのは困難な場合も考えられる。このような観点から、著書らは既存の護岸に、**図-1**に示すような円柱状のものを係留する低コストかつ簡易な越波対策工（以後、簡易越波対策工と呼ぶ）を提案し、水理模型実験により



図-1 簡易越波対策工

より効果が期待できることを示した（岡ら¹）。本対策工を実用化するためには、水理模型実験により多くのことを検討する必要があるが、検討の一部を数値シミュレーションにより行うことができれば非常に効率的である。本研究では、簡易越波対策工の越波低減効果を数値シミュレーションで再現することを試みた。

2. 数値シミュレーションの概要

2.1 DualSPHysics

計算には、オープンソースとして公開されている DualSPHysics v4.2²⁾を使用した。

DualSPHysics は粒子法の一つである SPH 法(Smoothed Particle Hydrodynamics)による流体解析ソルバーである。計算格子を作成する必要がなく、ラグランジュ法であるので対流項を計算しなくてよい。粒子法は、格子法を用いた有限要素法や有限体積法では計算が困難である激しい碎波や水塊の分裂、水しぶきなど大変形を伴う現象を計算することができる。また DualSPHysics は GPU による並列計算が可能であり、数十万個を超える粒子を扱う大規模なシミュレーションを比較的容易に実施することも利点の一つである。なお、DualSPHysics には越波した流体粒子の個数や体積を出力する機能があり、本検討でも使用した。

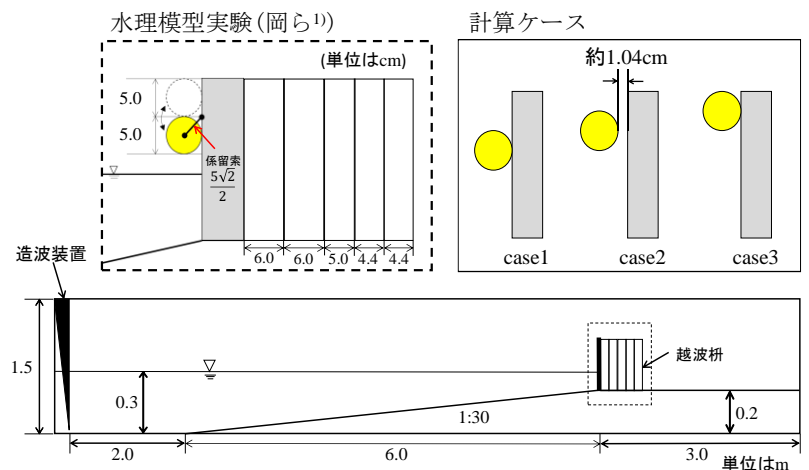


図-2 計算領域

また DualSPHysics は GPU による並列計算が可能であり、数十万個を超える粒子を扱う大規模なシミュレーションを比較的容易に実施することも利点の一つである。なお、DualSPHysics には越波した流体粒子の個数や体積を出力する機能があり、本検討でも使用した。

2.2 計算条件

岡ら¹による水理模型実験を参考に、**図-2**に示す断面二次元の計算領域を設定した。対策工は、水理模型実験では直径 5cm の円柱を護岸の壁面に係留しており波によって上下に動く。現状では DualSPHysics v4.2 で係留索を再現することができず、対策工を固定した計算しかできない。そこで、対策工の位置を変え越波流量を

計算し、その平均をとることで対策工の効果をある程度表せないか考えた。対策工の位置は、実験での対策工の稼働範囲で最も下に位置する場合(case1)、中央にある場合(case2)、最も上に位置する場合(case3)の3通りに設定し、対策工がない場合(case0)を加え4ケースとした。計算における人工粘性モデルの粘性係数は0.01とし、その他の計算条件については表-1に示す。入射波はBretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波で、有義波高は0.14m、有義周期は1.58秒に設定した。ただし、本計算では造波板で反射吸収制御を行っていないため、多重反射が生じており、この点については今後の改善が必要である。

3. 数値シミュレーションの結果

図-3に、各ケースについて波が護岸に作用する瞬間のスナップショットを示す。流体の色は個々の粒子の速度を表しており、青は速度が小さく、赤は速度が大きい。図-4は各ケースの越波流量と、case0に対する越波流量の比を示している。図中の黒線はcase1からcase3の越波流量比の平均値(約0.144)を示している。case0は対策工がなく直立護岸で、大きく越波が生じている。case1では、小さい波については対策工が打ち上げを防ぐが、大きい波では波が対策工を乗り越えて越波する様子が見られ、case1~3のうち最も越波の低減量が小さかった。case2では、対策工が波の打ち上げを防いで越波を低減を確認できたが、対策工と護岸の隙間から波が打ち上がって越波する様子がみられた。case3では、大きい波についても打ち上げを防ぎ、波返しのように波をはね返す様子がみられ、越波は生じなかった。以上の結果から、DualSPPhysicsを用いた数値シミュレーションにおいても、簡易越波対策工の越波低減効果が示された。

4. おわりに

本研究では、SPH法による流体解析ソルバーDualSPPhysics v4.2を使用した数値シミュレーションで簡易越波対策工の越波低減効果を検討できることを示した。岡ら¹⁾の実験と本検討での数値シミュレーションでは、詳細な条件が異なるため越波流量を直接的には比較できないが、越波流量比について比較すると、数値シミュレーションでの越波流量比の平均は約0.144であり、岡ら¹⁾の実験結果(0.067~0.321)と同程度の越波流量比が得られた。このことから、本シミュレーションは本越波対策工の効果を検討するうえで有用であるといえる。

参考文献

1) 岡 昂作, 山城 賢, 武田 将英, 松田 信彦, 江口 三希子(2018): 簡易越波対策工に関する基礎的研究, 平成30年度土木学会全国大会年次学術講演会概要集 CD-ROM
 2) Crespo AJC, Domínguez JM, Rogers BD, Gómez-Gesteira M, Longshaw S, Canelas R, Vacondio R, Barreiro A, García-Feal O (2015). DualSPPhysics: open-source parallel CFD solver on Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH), Computer Physics Communications, Vol.187, pp.204-216

表-1 計算条件

粒子間距離	0.2cm
総粒子数	458,058個
液体粒子数	445,551個
造波時間	50秒
計算時間間隔	0.1秒

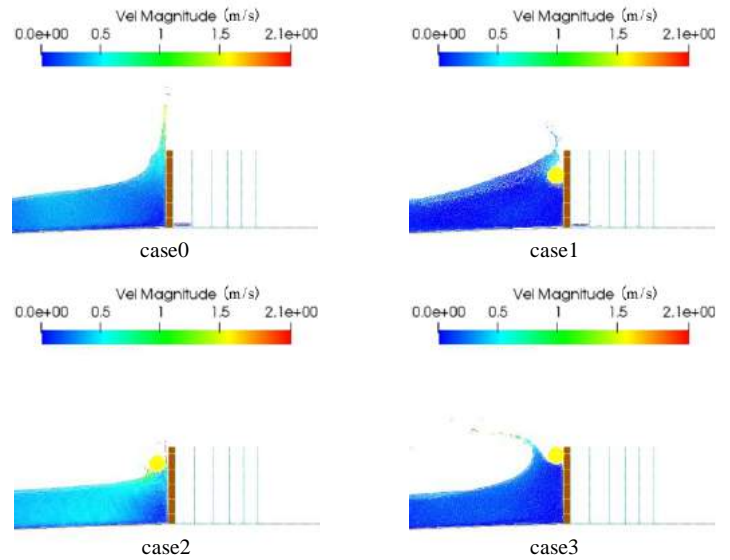


図-3 波が護岸に作用する状況

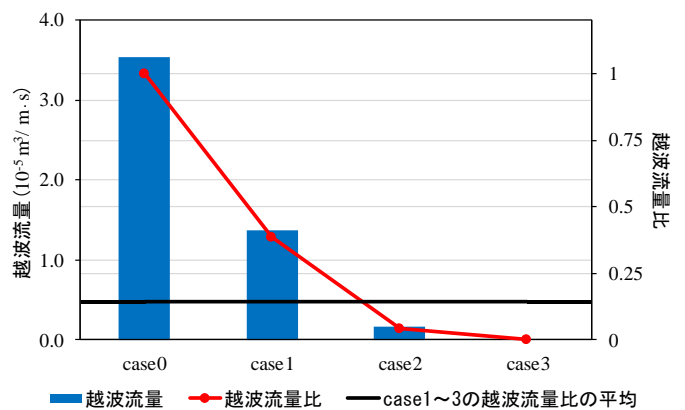


図-4 越波流量と越波流量比