

簡易越波対策工の数値シミュレーションに関する基礎的検討

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

東亜建設工業（株） 正 会 員 原 知聡, Ain Natasha Balqis,
倉原義之介, 武田将英

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、これまで越波が生じていなかった護岸においても将来的に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加の対策としては、護岸の嵩上げや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。以上の観点から、近年既設の護岸に越波低減効果を持つ対策工を付加する簡易な越波対策工が開発されている。著書¹⁾は図-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越波低減効果が期待できることを示し、また、数値シミュレーションにより越波低減効果を評価できることを確認した。しかし、当時の数値シミュレーションでは係留索を再現できず、対策工を固定した簡易な条件での計算であった。越波低減効果の詳細な検討には数値シミュレーションによる対策工の挙動の正確な再現が必要である。本研究では数値シミュレーションによる係留索を含む簡易越波対策工の挙動の再現を試みた。



図-1 簡易越波対策工模型

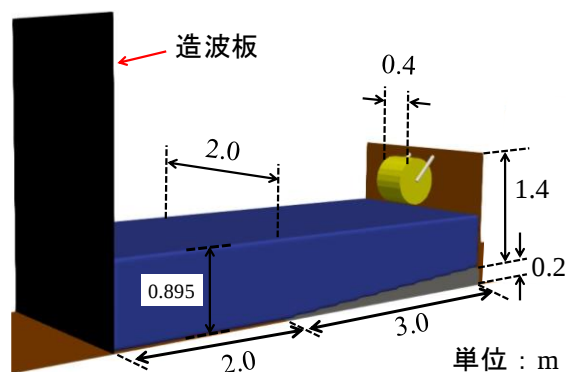


図-2 計算領域

2. 簡易越波対策工の概要

本越波対策工は円柱型の構造物を2本の係留索で既存の護岸に吊り下げるもので、波に追従して上下に動く点が特徴である。また運搬や施工、交換、維持管理が容易に行えることを考慮しており、陸側からの景観も妨げない。著書¹⁾は水理模型実験により本対策工が6割以上の高い越波低減効果を有することを確認した¹⁾。

3. 数値シミュレーションの概要

図-2に計算領域を示す。シミュレーションモデルには、オープンソースであるDualSPHysics v4.4²⁾を使用した。DualSPHysicsは粒子法をベースとしており、砕波や越波などの大規模な変形が計算可能である。本対策工の係留索にはロープの使用を想定しており、水理模型実験では釣り糸を使用した。DualSPHysics v4.4では釣り糸を直接表現できないが、Project Chronoと呼ばれる機構モデルが実装されており、物体と物体をジョイント

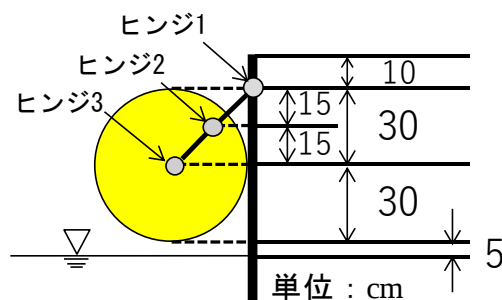


図-3 対策工拡大図

キーワード 簡易越波対策工 機構モデル 数値シミュレーション

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号 1003 号室 沿岸海洋工学研究室 TEL 092-802-3415

で連結して運動を計算する機能がある．この機能を用いて，係留索を2本の同じ長さの棒状の剛体（半径 2.5cm，長さ 15√2cmの円柱）と3つのヒンジで表現し護岸と対策工に連結した．ジョイント部のヒンジは球形でヒンジ点を中心に三次元的にあらゆる方向に動くことができる．また，ヒンジを設定する際のパラメーターとして *stiffness value* と *damping value* があり，それぞれねじり剛性と減衰係数を意味しており，これらのパラメーターの設定により対策工の動きが変化する．本計算では，この2つのパラメーターを調整し，係留索の再現を試みた．なお，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．数値シミュレーションにおける対策工の寸法は直径 60cm，長さ 40cm の円柱で，対策工と係留索は比重を 0.05 に設定した．入射波は Jonswap スペクトルを有する不規則波で有義波高 0.8m，有義周期 2.0 秒とし，造波板で反射吸収制御を設定した．

4. 数値シミュレーションの結果

まず，(*stiffness value* , *damping value*)=(0 , 10)と設定したケースでは，エラーが生じ計算ができなかった．次に，図-3 の片側の係留索のヒンジ2のみ(*stiffness value* , *damping value*)=(0 , 10)とし，それ以外のヒンジは(*stiffness value* , *damping value*)=(0 , 0)と設定したところ，図-4 に示すようにヒンジ2の挙動が不自然で，係留索を再現できなかった．その後，パラメーターの設定について試行錯誤し，(*stiffness value* , *damping value*)=(50 , 0)と設定した．図-5 は数値シミュレーションと水理模型実験¹⁾で波が対策工に作用する様子を比較したものである．数値シミュレーションと水理模型実験では対策工の寸法や比重，水槽の大きさ，有義波高，有義波周期などの条件が異なるため，厳密には比較できないが，数値シミュレーションにおいて，実験と同様に対策工が波によって持ち上げられ，波の打ち上げを遮る様子が再現されていることがわかる．さらに，対策工が波によって上昇する際に生じる対策工と護岸の隙間から波の一部が打ち上がる様子についても確認された．以上のことから，DualSPHysics により，剛体とヒンジを組み合わせ，パラメーターを適切に設定することで，簡易越波対策工の挙動を再現できることがわかった．

5. おわりに

本研究では，DualSPHysics と Project chrono を用いて，著書らが提案している簡易越波対策工の挙動を再現が可能であることを示した．今後は簡易越波対策工の実用化に向けて，水理模型実験の補完として数値シミュレーションでも越波低減効果，係留索に掛かる張力，作用波の波力などについて検討を進める予定である．

- 1) 中谷 和博，山城 賢，児玉 充由，武田 将英，倉原 義之介，原 知聡，西山 大和(2019)：新たな越波対策工の提案とその効果に関する基礎的研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.75，No.2，pp.I_145-I_150.
- 2) Canelas, R. B., Brito, M., Feal, O. G., Dominguez, J. M., & Crespo, A. J. C. (2018). Extending DualSPHysics with a Differential Variational Inequality: modeling fluid-mechanism interaction, Applied Ocean Research, Vol.76, pp88-97.

表-1 計算条件

総粒子数	1,090,931 個
液体粒子数	959,607 個
粒子間距離	20 mm
造波時間	25 秒
計算時間間隔	0.05 秒

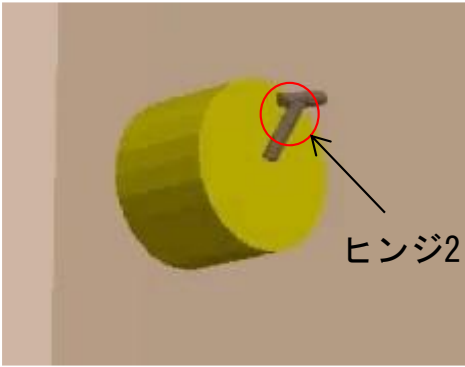


図-4 ヒンジ2のみ *damping value* を 10 と設定したときの結果

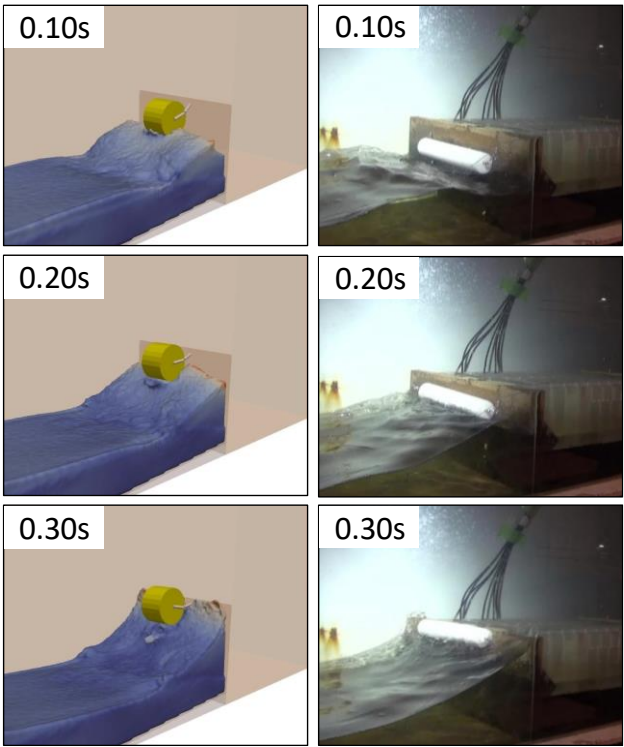


図-5 波が対策工に作用する様子（左：数値シミュレーション，右：水理模型実験）