

礫浜海岸に設置された消波ブロック周辺の波浪場の再現計算に関する一検討

岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○ 岩月 雄登
 岐阜工業高等専門学校 正 会 員 菊 雅美
 名古屋大学 正 会 員 中村 友昭

1. 研究の背景と目的

近年, 日本の海岸では, 海岸から土砂が減少して汀線が後退していく海岸侵食が問題となっている. 海岸侵食が発生する要因として, ダムなどの構造物の建設がさかんに行われた結果, 山および河川から海岸へ流れ込む土砂量が低下したこと, 海岸線に大きく長い防波堤や消波堤が設置されたことによる海岸への土砂の供給の減少などが挙げられる. 海岸侵食が進行していけば, 海水浴場といった憩いの場の閉鎖, 地引き網や伝統行事などの場の消失という利用面での問題が発生する. また, 動植物の生息地としての海浜がなくなることによる周辺の生態系への影響も懸念されている. さらに, 海浜には波の力を弱める効果があるため, 海浜が後退することで波の威力が軽減されなくなり, 背後地への越波や浸水などの危険性が高まるという問題もある. 三重県南部に位置する七里御浜井田海岸でも侵食が問題となっている. 礫浜上には写真-1 に示すような消波ブロックが設置されているが, その効果は明確になっていない.

大内¹⁾は, 水理模型実験において地形変化計測に画像解析手法の一つである SfM/MVS (Structure from Motion/Multi View Stereo ; 多視点ステレオ写真測量) 技術を適用することで, 礫浜上の消波ブロックの機能性について検討することを試みた. その結果, 消波ブロックの有無による最終地形に差異はなかったものの, 地形変化の過程において違いがみられた. 消波ブロックによって礫浜の堆積が促進されるのであれば, 侵食対策に有効であるといえる. しかし, 地形変化の過程の違いをもたらす波浪場については, 計測の困難さなどから詳細な検討には至っていない.

そこで, 本研究では, 消波ブロック周辺の流速など

に着目しながら, 消波ブロックが礫浜の波浪場および地形変化に与える影響について考究することを目的とする.

2. 数値計算モデル FS3M

本研究では中村ら²⁾が開発した数値計算モデル FS3M を用いた. 本モデルでは, 3 次元流体・構造・地形変化を計算可能である. 図-1 に示すように, FS3M はメインソルバーである Large-Eddy Simulation(LES)に Volume of Fluid(VOF)法を改良した VOF モジュール, 掃流砂と浮遊砂の輸送に伴う地形変化の計算を行う底質輸送(Sediment Transport ; 以下 ST)モジュールが, LES との関係性を考慮できるように Two-Way カップリング手法により組み込まれている. FS3M における計算手順を以下に示す.

1. LES モデルを実行し, 流速場 (実流速ベクトル $\overline{v}_i^n$ と圧力 $\overline{p}_i^n$) を計算する.
2. LES モデルで得られた流速場を用いて VOF モジュールを実行し, 気液界面を特定する.
3. 流速場および気液界面を用いて ST モジュールを実行する.
4. VOF モジュールと ST モジュールで得られた値を再び LES モデルに適用して計算を行う.
5. 手順 2~4 を計算終了時刻まで繰り返す.

3. 断面計算による水理実験の再現計算

消波ブロック周辺の波浪場を検討する前段階として, 水理模型実験における碎波波高や遡上高を再現するためのパラメータ調整を行う必要がある. そこで, 消波ブロックを置いていない条件下で, 水中安息角・崩壊開始角・崩壊完了角などのパラメータを変化させた断面計算を行い, 水理模型実験結果との比較から, 各パラメータの妥当性を検証した.



写真-1 七里御浜井田海岸における消波ブロックの様子

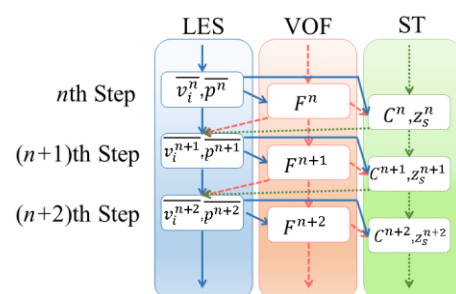


図-1 Two-way カップリング手法

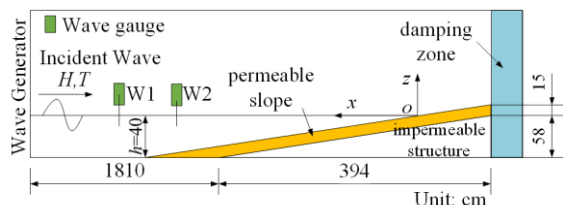


図-2 数値計算モデルの概略図

表-1 パラメータの検討ケース

	Case 1	Case 2
angle of repose	32 °	28 °
angle for starting sand slide	32 °	28 °
angle for ending sand slide	31.99 °	27.99 °

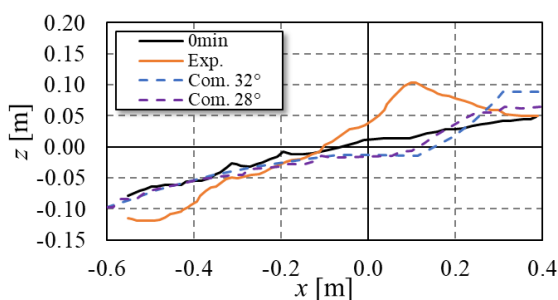


図-3 造波 20 分後の地形に対する実験と計算の比較

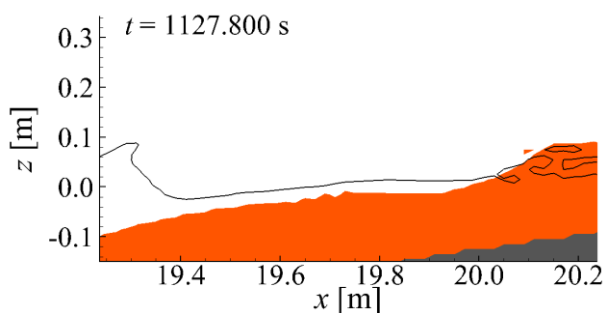


図-4 造波 20 分後付近における砕波の様子

3.1 計算条件

計算領域の概略を図-2 に示す. 大内¹⁾の実験をもとに, 1/7 の一様勾配を有する不透過斜面上に 15 cm 厚で比重 2.65 の礫を敷きならした地形を設定した. x 方向および z 方向の計算格子はそれぞれ, $\Delta x = 2$ cm, $\Delta z = 1$ cm の等間隔とし, $x < 0$ m および $x > 21.02$ m は減衰領域とした. 波浪条件は, 水深 $h = 40$ cm のもと, 周期 $T = 1.7$ s, 波高 $H = 8$ cm の規則波とした. 地形変化に影響を及ぼすパラメータについては, 表-1 に示すように, 中村・水谷³⁾を参考に設定した Case 1 と値を変化させた Case 2 について検討した.

3.2 地形変化の再現性

図-3 に, 造波 20 分後の地形について, 実験と計算の比較を示す. 同図から, 数値計算では, $x = -0.1 \sim$

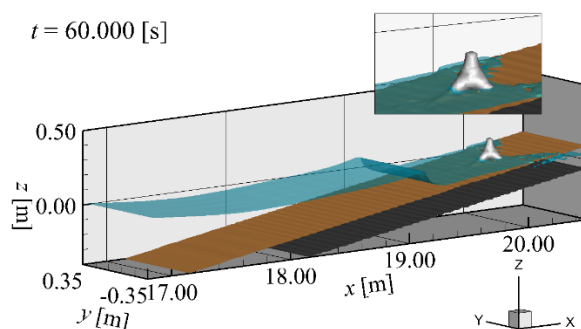


図-5 3 次元計算の結果

0.2 m にかけて侵食が生じている様子が確認できる. さらに, $x = 0.2$ m より岸側では, 堆積が発生していることがわかる. しかし, 実験結果と比較すると, 汀線後方で形成されるバームの位置および高さに差異が認められる. また, 実験では, $x = -0.6 \sim -0.4$ m で生じる砕波によって侵食が生じている一方, 数値計算では地形変化が認められない. 図-4 に例示するように, 実験と同様, 数値計算においても砕波が生じているものの, Case 1 および Case 2 とともに, $x = -0.1$ m より沖側では初期地形とほとんど変わっておらず, 堆積および侵食は発生していない. この理由として, 入射波に対して崩壊開始角が小さすぎた, もしくは崩壊完了角が大きすぎた結果, 砕波による礫の移動がほとんど生じなかったことが考えられる. そのため, 数値計算によって水理模型実験の地形変化を再現するには, 地形変化をもたらすパラメータの設定値についてさらなる検討が必要である.

4. 3D モデルを用いた波浪場の計算

波浪場に及ぼす消波ブロックの影響を検討するには, 3 次元計算が必要となる. そこで, 前章で述べた Case 1 の条件の下, 消波ブロックを置いた 3 次元計算を試行した. 計算結果の一例を図-5 に示す. 同図から, 消波ブロックの形状が計算領域中に良好に表現されていることが確認できる. さらに, 波が消波ブロックを回り込むように遡上していることがわかる. パラメータの検討が完了した後に, 3 次元計算によって消波ブロックを設置した検討を行い, 地形変化の過程に差異を生じさせている消波ブロック周辺の波浪場について考究していく.

参考文献: 1) 大内誠直: 礫浜に設置された消波ブロックの機能性評価に関する研究, 岐阜工業高等専門学校平成 29 年度卒業論文, 32p., 2017. 2) 中村友昭, 水谷法美: 海上を浮遊するコンテナの風による漂流挙動に関する数値シミュレーション, 第 26 回数値流体力学シンポジウム概要集, pp.1-11, 2012. 3) 中村友昭, 水谷法美: 津波の越流による海岸堤防裏法尻の洗掘に関する大規模実験の数値シミュレーション, 第 29 回数値流体力学シンポジウム概要集, pp. 1-10, 2015.