

蛍光砂を用いた波打ち帯の漂砂の可視化実験

Visualization Experiment of Sediment Transport using Fluorescence Sand in Swash Zone

函館工業高等専門学校
函館工業高等専門学校

○学生会員
正会員

若佐和美 (Kazumi Wakasa)
宮武 誠 (Makoto Miyatake)

1. はじめに

波打ち帯の漂砂は、前浜勾配の急峻化や浜崖の形成といった海岸侵食現象に直接影響するため、漂砂の移動特性の解明は急務であり、これまで数多くの研究¹⁾²⁾が行われている。しかし、波打ち帯の漂砂移動は、遡上時及び引き波時における水塊が非常に希薄であることに加え、前浜砂層内の地下水位変動及びそれに伴う前浜浸透流に大きく影響されるため³⁾、現象の複雑さや測定の困難さにより、地形変化量から逆算する場合が多く、波の遡上・流下に伴い発生する漂砂移動を直接計測した研究は見当たらない。

本研究では、波の遡上・流下に伴い発生する時々刻々の漂砂の移動特性を検証すべく、砂浜の一部を蛍光砂で置換し、ブラックライトを照射することで段波一周期における波打ち帯の漂砂の可視化実験を行った。この可視化実験の結果及び宮武ら(2012)の不飽和砂層域の水分保持特性を組み込んだ無次元掃流力モデルを用いて前浜砂層域の飽和・不飽和を考慮に入れた波打ち帯の漂砂移動特性を検証する。

2. 段波作用下時の蛍光砂を用いた漂砂の可視化実験

実験は、図-1に示す可傾斜式2次元開水路内に長さ250cm、高さ24cm、後浜天端10cmを有する斜面勾配1/10の砂浜模型を作製して行った。砂浜模型の底質砂は、中央粒径 $d_{50}=0.1\text{mm}$ 、比重 $s=2.68$ の珪砂を用いた。静止水深5cmのもと模型斜面後浜にはそれぞれ5cm及び15cmの後浜水位を与え、図中に示す初期地下水位を形成することにより、砂浜斜面を不飽和・飽和状態にした上で、沖側から初期のゲート水位40cmの段波を入射させた。また、静水時汀線より岸側50cm地点の砂面表層には厚さ1cm、岸沖方向10cmで水路断面方向一様に蛍光砂(緑色)を敷設し、暗転した実験室内でブラックライトを照射することにより、その軌跡をデジタルビデオカメラにより撮影した。

波の遡上・流下に伴う蛍光砂の軌跡を撮影した動画は、0.033秒間隔でDIB形式のRGB画像へ変換した。このRGB画像に画像処理を施し、蛍光砂(緑色)に相当する緑の色相のみを抽出し、256階調白黒濃淡画像へ変換した。流水中の濃淡濃度は、底質蛍光砂の濃淡値に対する流水中の濃淡値の割合で評価する。この濃淡濃度は予め行った実験により、流水中の漂砂濃度とよい相関関係があることが分かっている。

3. 不飽和砂層域を包含した無次元掃流力モデル

今回使用した宮武ら(2012)による無次元掃流力モデルは、越智ら(2011)の遡上波変形と飽和・不飽和浸透流の結合数値解析モデルに加え、Turner and Masselink(1998)による透過斜面のシールズ数に、不飽和砂層域の水分保湿度を考慮した透過斜面の無次元掃流力モデルである。本研究では、上述した実験と同様の数値水路を作製し、実験

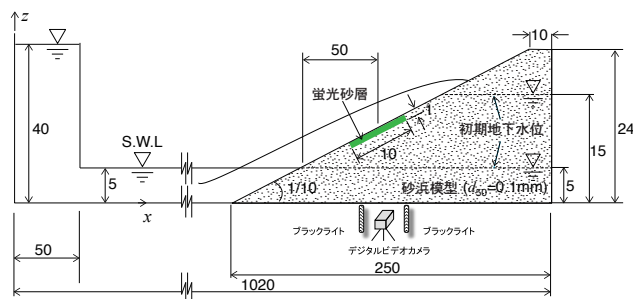


図-1 模型実験装置

と同様の後浜水位5cm及び15cmを与え、砂浜斜面が不飽和及び飽和の場合の計算を行った。

4. 飽和・不飽和を考慮した波打ち帯の漂砂移動特性

図-2は、宮武ら(2012)の解析モデルを用いた無次元掃流力の計算結果である。不飽和斜面が初期地下水位5cm、飽和斜面が初期地下水位15cmの結果を示し、どちらも透過斜面の場合である。比較のために不透過斜面の計算結果も示す。不飽和斜面の無次元掃流力は、不透過斜面に比して岸向きに減じ、沖向きに増加する。一方、飽和斜面の無次元掃流力は不飽和斜面の場合と比較すると、岸向き及び沖向きでともに増加する。この結果、初期地下水位が高い状態にある飽和斜面の場合、波打ち帯の漂砂移動は、不飽和斜面に比して岸向き及び沖向きでともに活発化するものと考えられる。

図-3及び図-4は、実験によって得られた遡上時及び引き波時における濃淡濃度である。図-3は初期地下水位5cmの場合、図-4は初期地下水位15cmの場合を示し、前述の図-2において飽和斜面と不飽和斜面で無次元掃流力に明確な差が現れる時間帯のものをそれぞれ表示する。遡上時の濃淡濃度は、遡上波到達時に最も高くなり、その後、遡上波水塊とともに岸向きに輸送される。図-3及び図-4の遡上時を比較すると、濃淡濃度は飽和斜面の方が高く推移しており、特に底質付近では蛍光砂層とほぼ同程度の濃度が発生していることがわかる。前述したように、この濃淡濃度は流水中の漂砂濃度と相関があることから、岸向きの漂砂移動は飽和斜面で大きくなるものと考えられる。一方、引き波時の濃淡濃度は、濃度の分布から、掃流砂及び浮遊砂形式で沖向きに輸送されているのが見て取れる。遡上時に底質付近で高く分布していた濃度は、引き波時になると浮上し、水表面よりやや下方で高く分布している。特に飽和斜面の方がその傾向が顕著であり、不飽和斜面に比してより多くの漂砂を沖向きに輸送したことを示唆している。以上の結果から、本実験で得られた濃淡濃度は、不飽和斜面に比して、飽和斜面の方が高く推移しており、波

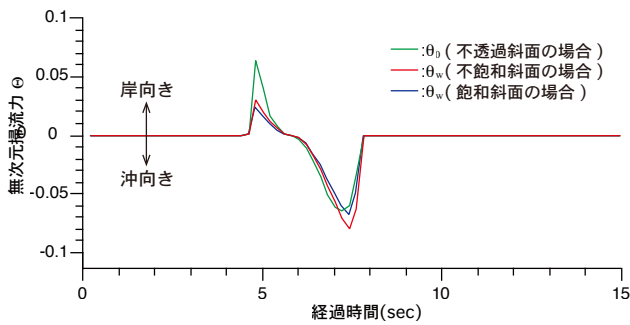


図-2 無次元掃流力 (計算値)

打ち帯の漂砂移動を岸向き及び沖向きでともに活発化させる前述の数値解析の傾向とほぼ一致する。

図-5 は, 1pixel あたりの蛍光砂層の体積に濃淡濃度を乗じ, 単位幅あたりの流水中における蛍光砂の体積を算出して時系列変化を表示したものである。飽和及び不飽和斜面でともに, 遡上時よりも引き波時の方が漂砂移動量は大きくなる。また, 不飽和斜面に比して, 飽和斜面の方が, 岸向き及び沖向きでともに漂砂移動量は増加しており, 前述の数値解析及び実験結果の傾向と一致する。これは, 不飽和斜面に比して, 飽和斜面の方が砂層の水分保持状態が高いため, 浸透流が減少し, 滲出流が増加することによって, 浸透流が減少することによって, 砂粒子の有効自重を増大させる効果が小さくなり, 岸向きの漂砂量を増加させる。また, 滲出流が増加することによって, 砂粒子の有効自重に付加的な揚力が働き, 沖向きの漂砂量を増加させると推察される。

5. 結論

本研究で得られた主要な結論は以下のとおりである。

- (1) 不飽和砂層域を包含した無次元掃流力モデルを用いた数値解析結果より, 波打ち帯における無次元掃流力は, 不飽和斜面に比べ飽和斜面の方が岸向き及び沖向きでともに増加する。
- (2) 実験で得られた濃淡濃度及び漂砂移動量により, 波打ち帯における漂砂移動は不飽和斜面に比べ飽和斜面の方が高く, この結果は数値解析の傾向と一致する。

参考文献

- 1) 清水隆夫, 池野正明 (1996): swash zone における波毎の岸沖漂砂量と前浜地形変化について, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 511-515.
- 2) Butt, T., Russell, P., Turner (2001): The influence of swash infiltration-exfiltration on beach face sediment transport: onshore or offshore?, Coastal Eng., Vol. 42, No. 1, pp. 35-52.
- 3) 宮武誠, 藤間聡 (2004): 波打ち帯の侵食・堆積過程に及ぼす前浜地下水の流動特性, 土木学会論文集, No. 764, pp. 51-61.
- 4) 越智聖志, 宮武誠, 木村克俊 (2011): 段波の遡上に伴う前浜浸透流の流動特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, pp. 111-115.
- 5) 宮武誠, 木村克俊, 越智聖志 (2012): 不飽和特性を考慮した前浜浸透流が波打ち帯の漂砂移動に及ぼす影響, 土木学

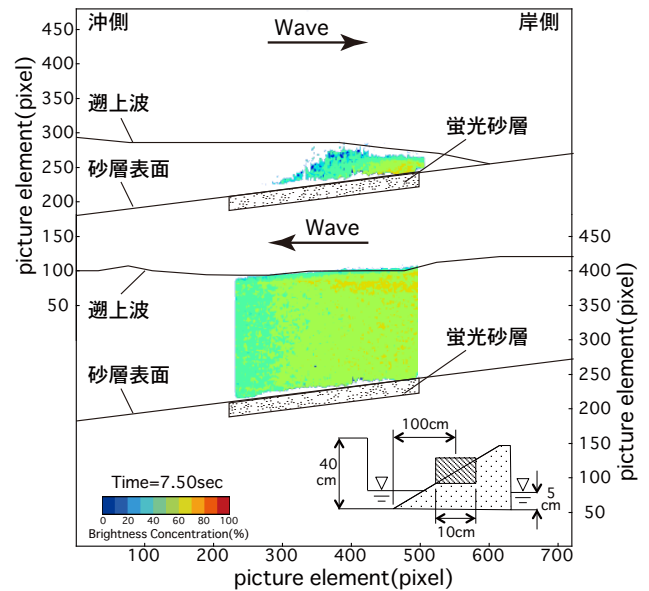


図-3 濃淡濃度 (初期地下水位 5cm)

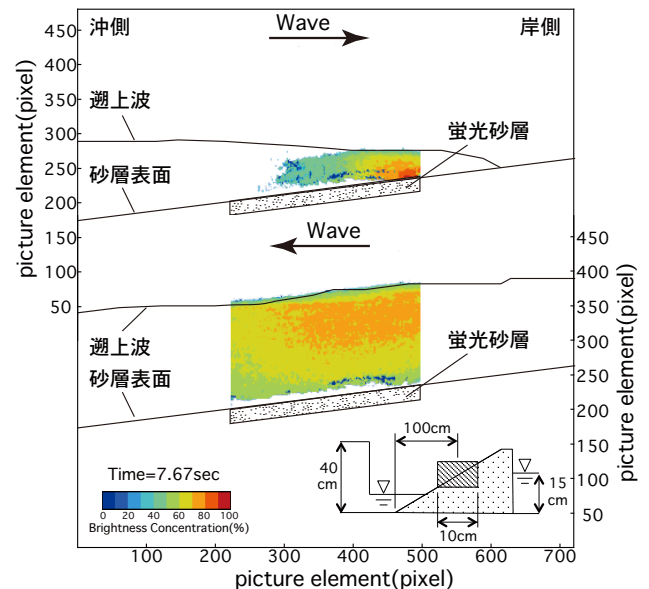


図-4 濃淡濃度 (初期地下水位 15cm)

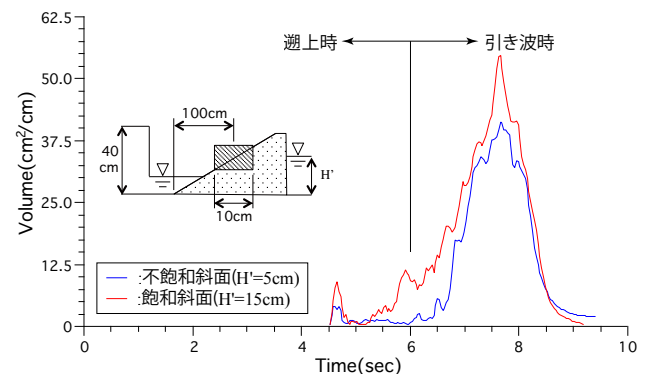


図-5 単位幅あたりの流水中における蛍光砂体積

会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 68, pp. I_086-I_090.

- 6) Turner, I.L. and Masselink G. (1998): Swash infiltration-exfiltration and sediment transport, J. Geophys. Res., Vol. 103, pp. 30813-30824.