

粗粒度底質における波打ち帯の漂砂移動特性

Characteristics of Sediment Transport in Swash Zone under Coarse-Grained

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

和田 京果 (Kyoka wada)
宮武 誠 (Makoto Miyatake)

1. はじめに

荒天時波浪により遡上斜面で生じる前浜勾配の急峻化や浜崖の形成といった海岸侵食現象は、底質の粗粒化を伴うため、その特性の解明には混合粒径下での波打ち帯の漂砂移動特性の把握が不可欠である。混合粒径下での漂砂移動に関する研究¹⁾²⁾は、過去にシートフロー漂砂の鉛直分級過程を主体に数多く行われているものの、遡上波水塊が高速かつ非常に希薄な水深であることに加え、波の遡上・流下に伴い砂層表面で生じる浸透・滲出流の影響を受ける波打ち帯の漂砂移動に関しては、十分な議論がされていないのが現状である。

近年、養浜対象とする海岸に構成する底質よりも粒径の大きな粗粒材を投入し、投入土砂の汀線への歩留まりを高める粗粒材養浜の有効性が現地観測によって確認されている³⁾。しかし、粗粒度底質下での波の遡上・流下運動及びそれに伴う浸透・滲出流の応答性といった遡上斜面の水理特性、ならびにその領域での漂砂移動特性に関しては十分な検討が行われておらず、海浜安定化プロセスを十分に説明するまでには至っていない。

これに対し、著者ら⁴⁾は単一粒径に限定されるが、底質を粗粒径で取り扱った波打ち帯の漂砂移動に関し、段波作用下における蛍光砂の可視化実験を行うとともに、遡上波変形と飽和 - 不飽和浸透流の結合数値解析モデル及び透過斜面の無次元掃流力モデルによる数値計算から、底質を粗粒径とした場合、浸透・滲出流の増加に伴い底質に作用する揚力効果は増加するが、底質砂自重の増大に伴い、その影響は消失することを指摘している。

本研究は、粒径毎に異なる色相の蛍光砂を敷設した混合粒径下の砂浜斜面に孤立波を作用させた模型実験を実施し、粗粒度とした混合粒径下の砂浜斜面の飽和度に応じた波打ち帯の漂砂移動特性及びそれに伴う縦断地形変化過程との関係を明らかにする。

2. 粗粒度底質下での波打ち帯の漂砂移動可視化実験

2.1 粗粒度の混合粒径砂に対する濃度変換曲線の妥当性

本実験で使用する粗粒度配合の混合粒径砂を表-1に示す。本研究は、各粒径において表中の色相を有する蛍光砂を用いて、波打ち帯の粗粒度底質における漂砂量を宮武ら⁵⁾が行った画像計測法により計測するにあたり、各粒径に対する濃度変換曲線(図-1)が粗粒度の混合粒径砂に適用できるか否かを定常循環流実験によって調べた。図-2は水槽側面からハイスピードカメラによって得た画像から各色相に対する濃淡値を求め、濃度変換曲線により変換した浮遊砂濃度と濁度計による浮遊砂濃度の

表-1 底質条件

中央粒径 d_{50} (mm)	蛍光砂 (色)	混合粒径の 割合(%)
0.12	緑(G)	13.3
0.28	青(B)	33.3
0.42	赤(R)	53.4

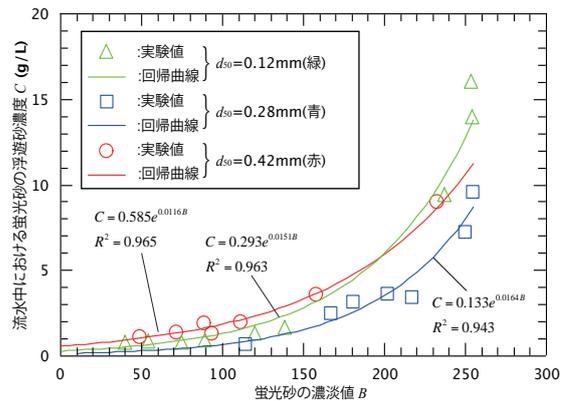


図-1 各粒径に対する濃度変換曲線

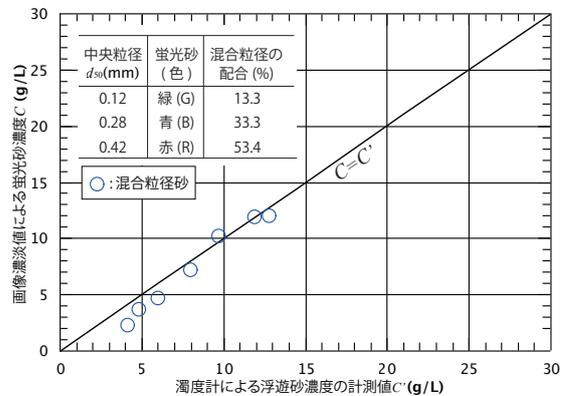


図-2 画像濃淡値と計測値による浮遊砂濃度の比較

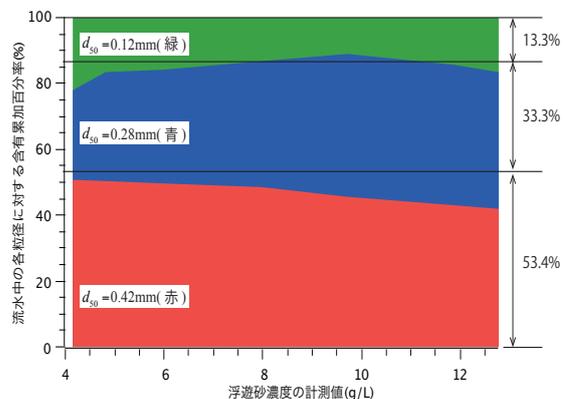


図-3 混合粒径下の各粒径に対する含有累加百分率

計測値を比較したものである。画像の各色相から濃度変換曲線により粒径別に求めた蛍光砂の浮遊砂濃度の合計値は、粗粒度の混合粒径下においても計測値を概ね妥当な精度で評価できることが認められる。図-3に示す浮遊砂中の各粒径の含有累加百分率では、投入した混合粒径の配合割合にほぼ一致することから、混合粒径下の浮遊砂に含まれる各粒径の割合も概ね良好な結果で評価できることを確認した。

2. 2 蛍光砂を用いた漂砂可視化実験の概要

実験は、2次元造波水路内に海底勾配1/10の砂浜模型を作製し飽和及び不飽和とした状態で行った。実験方法及び条件の詳細は、宮武ら⁵⁾による可視化実験に一致させた。但し、砂浜を構成する底質砂及び斜面上に敷設した蛍光砂は、前出の表-1に示す粗粒度の混合粒径砂を使用した。混合粒径下での蛍光砂量は、得られた静止画から前述で妥当性を確認した画像計測法により求めた。これより、粗粒度とした混合粒径下における砂浜斜面の飽和度に応じた波打ち帯の漂砂移動特性及びそれに伴う縦断地形変化との関係を明らかにする。

3. 結果と考察

3. 1 粗粒度底質下での地下水位変動特性

図-4及び図-5は後浜貯水槽の水深を30cm及び5cmとしてそれぞれ砂浜斜面を飽和及び不飽和とした場合における孤立波1波目の地下水位の経時変化を示す。図中には参考のため配合を細粒度とした底質($d_{50}=0.12\text{mm}$ が53.4%、 $d_{50}=0.28\text{mm}$ が33.3%、 $d_{50}=0.42\text{mm}$ が13.3%)の結果も一緒に提示する。配合を粗粒度とした場合、飽和斜面の地下水位は遡上波の到達とともに上昇した後、速やかに降下しており、細粒度の場合とほぼ同様な変動特性を有している。異なる点としては、その変動量にあり、細粒度の場合よりも大きくなっていることが認められる。このことから、遡上斜面で生じる浸透・滲出流速は底質の粒度が粗くなるに従い、大きくなるものと考えられる。一方、不飽和斜面の地下水位は底質の粒度に関わらず、上昇後、高い水位を維持しており、遡上時に浸透した水が砂層内に貯留されることが認められる。両粒度の地下水位を比較すると、配合を粗粒度とした場合の地下水位の方がより高い位置で水位を維持していることから、より多くの浸透水が砂層内に貯留されていると考えられる。

以上の粗粒度底質の飽和・不飽和斜面による地下水流動特性が、波打ち帯の漂砂移動及び地形変化に及ぼす影響を考察する。

3. 2 粗粒度の混合粒径下における波打ち帯の漂砂移動特性

図-6及び図-7は砂浜斜面を飽和及び不飽和とした場合における孤立波1波目の画像濃淡値から求めた単位幅あたりの遡上波流水中に含まれる蛍光砂量の経時変化を示す。粗粒度底質の蛍光砂量は、両斜面ともに引き波時に生じる滲出流による揚力効果が影響して、遡上時よりも引き波時で大きくなる傾向にある。この蛍光砂量に対

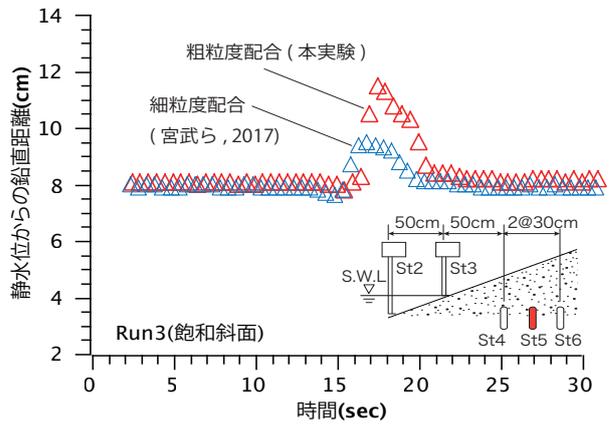


図-4 地下水位の経時変化 (飽和斜面, 第1波目)

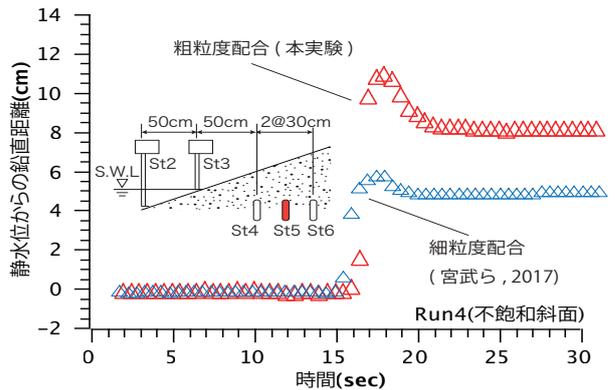


図-5 地下水位の経時変化 (不飽和斜面, 第1波目)

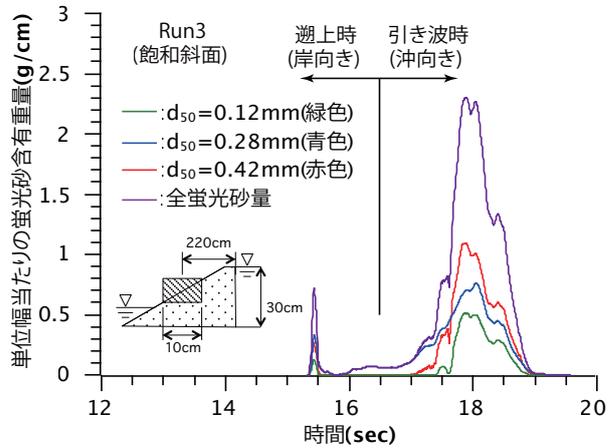


図-6 蛍光砂量の経時変化 (飽和斜面, 第1波目)

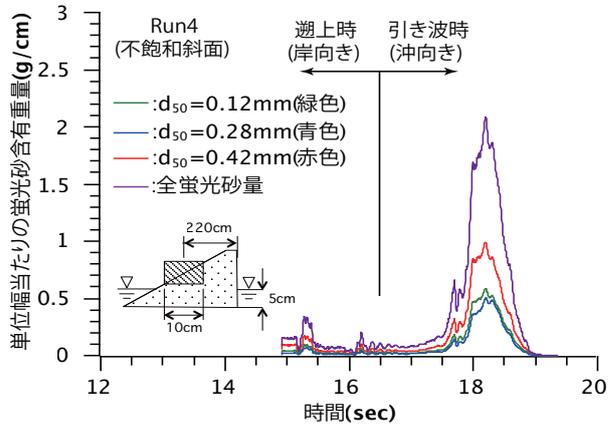


図-7 蛍光砂量の経時変化 (不飽和斜面, 第1波目)

する各粒径の含有割合は底質を構成する配合割合に応じており、粗粒分が最も多くなっている。遡上時に着目して、両斜面の蛍光砂量を比較すると、飽和斜面でその総量が多くなっている。これは実験開始時において地下水位が静水位よりも高い位置にあるため、砂浜斜面では冲向きの飽和浸透流が恒常的に発生し、遡上時の浸透流速を減じた結果、底質砂自重の低下が巻き上げを助長したものと考えられる。これに対して不飽和斜面の場合、定常飽和浸透流がない分、遡上斜面での浸透効果が高まり、蛍光砂量の発生量が極端に小さくなっている。

一方、引き波時は粒径別に見ると、粗粒分は飽和・不飽和斜面に関わらず、ほぼ同程度の発生量になっているが、蛍光砂量の総量で見ると飽和斜面でやや高い傾向にある。この違いは主に、細粒分によるものであり、実験開始時に恒常的に発生する冲向きの飽和浸透流に加え、飽和度の増加に伴い引き波時の滲出流が大きくなり、底質に作用する揚力効果がより一層高まったことに起因するものと考えられる。しかし、粗粒分に関しては、飽和・不飽和斜面による違いは見られないことから、これらの影響は消失しているものと考えられる。

3. 3 縦断地形変化に及ぼす影響

孤立波 10 波作用後の地形変化を図-8 に示す。これより両斜面による縦断地形変化に大きな違いはなく、飽和・不飽和斜面による影響は小さい。両斜面において蛍光砂層区間より後浜の更に高い位置及び静水時汀線より沖側で堆積が見られるが、実験終了時におけるブラックライト照射下での底質写真による判読の結果、後波側の堆積は主に粗粒分によって形成され、沖側の堆積は細粒分を多く含んでいる。このことから粗粒材は底質の飽和度によらず遡上斜面に留まり、底質の安定化に寄与しているものと考えられる。

4. 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) 粗粒度とした底質における飽和・不飽和斜面の地下水位は細粒度底質と同様な変動特性を有しているが、その変動量は細粒度底質の場合より大きくなる。これは、飽和斜面で生じる浸透・滲出流速を増速させるとともに、不飽和斜面での浸透水の貯留量を増加させていることを示唆している。
- (2) 粗粒度底質における波打ち帯の漂砂移動は、遡上時において各粒径ともに飽和・不飽和斜面の影響を受け、発生量は増減するが、引き波時は粒径に応じて異なる移動特性を有している。飽和・不飽和斜面の影響を受ける細粒分に対し、粗粒分ではその影響がほぼ消失し、斜面の飽和度に関わらず発生量は同程度となる。

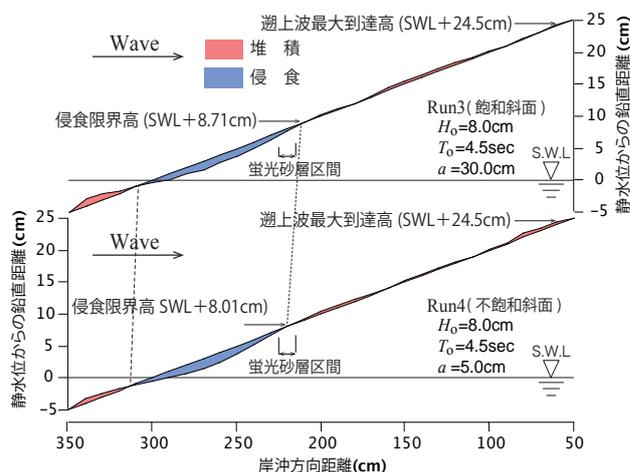


図-8 孤立波 10 波作用後の縦断地形変化

(3) 粗粒度底質における縦断地形変化は、飽和・不飽和斜面で大きな違いはなく、斜面の飽和度による影響は小さい。粗粒分の多くは後浜の遡上斜面に多く留まり、底質の安定化に寄与していることが確認された。

今後は、細粒配合の実験結果も含め、混合粒径下での漂砂移動に関する数値解析モデルを構築するとともに、底質の粒度に応じた縦断地形変化を予測する手法について検討する所存である。

謝辞: 本研究は学術研究助成基金助成金 基盤研究(c) (課題番号 16K06521) の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 酒井哲郎, 後藤仁志, 沖 和哉, 高橋智洋: 混合粒径シートフロー漂砂の鉛直分級過程の可視化実験, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp. 516-520, 1999.
- 2) 福濱方哉, 山本幸次, 宇多高明, 芹沢真澄, 石川仁憲: 混合粒径砂を用いた大型水路実験による縦断形変化の再現と予測, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp. 446-450, 2006.
- 3) 石井秀雄, 中村友和, 宇多高明, 高橋 功, 大木康弘, 熊田貴之: 粗粒材養浜による砂浜の安定化に関する現地実験, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp. 681-685, 2006.
- 4) 宮武 誠, 阿部翔太, 木村克俊, 越智聖志: 底質粒径による飽和・不飽和浸透流が波打ち帯の漂砂移動に及ぼす影響, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 69, No. 2, I_076-I_080, 2013.
- 5) 宮武 誠, 成田郁史, 木村克俊, 越智聖志, 佐々真志, 白水 元: 混合粒径下における波打ち帯の漂砂移動特性, Vol. 73, No. 2, p. I_541-I_546, 2017.