

### 人工浅場の地形変化と間隙水圧変動の時間変化に関する一考察

名古屋大学高等研究院 正会員 中村 友昭  
名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 根笹 裕太  
名古屋大学大学院工学研究科 正会員 水谷 法美

1. はじめに：浚渫土砂の利活用のために人工浅場の造成が注目を集めている。しかし、浚渫土砂は細粒分を多く含むため底質の安定性が懸念されており、中村ら（2012）は細粒径の材料から成る人工浅場を対象に水理模型実験を行い、地形変化を論ずる際には内部間隙水圧の考慮が不可欠であることを指摘するとともに、その効果を考慮した修正 Shields 数により地形変化の傾向を評価できることを示した。しかし、地形変化が間隙水圧変動に与える影響を含む地形変化と間隙水圧変動の相互作用の検討は十分でない。本研究では、水理模型実験を通して浅場の地形変化過程を底面流速と間隙水圧の時間変化の観点から考究する。

2. 水理模型実験の概要：名古屋大学にあるピストン型造波装置を備えた造波水槽（長さ 25 m，幅 2.22 m，深さ 1 m）の中に、図-1 に示すように一様斜面を有する不透過床，中央粒径  $d_{50}$  の珪砂から成る浅場（高さ 0.20 m，天端幅 2.0 m，法面勾配 1/20），砂留用鉛直壁（高さ 0.20 m）を設置した。入射波は規則波とし，入射波高  $H_i$ ，入射波周期  $T$ ，静水深  $h$ ，中央粒径  $d_{50}$  を変化させた表-1 に示す計 8 ケースの実験を行った。各実験ケースでは，波作用前，波作用 1 分後，10 分後，30 分後，60 分後，300 分後に造波を一旦停止して地形の計測を行うとともに，図-1 に示す位置に設置した水位計，流速計（初期の浅場表面から 0.01 m 上方），間隙水圧計を用いて造波開始直後と造波停止直前の 1 分間の水位，流速，間隙水圧変動の計測を行った。水理模型実験の詳細は中村ら（2012）を参照されたい。

表-1 実験条件

Case	$h$ [cm]	$H_i$ [cm]	$T$ [s]	$d_{50}$ [mm]
1	27.5	2.5	1.0	0.10
2		6.5		
3		2.5		
4	6.5			
5	27.5	6.5	1.6	0.10
6	22.5			
7	27.5	6.5	1.0	0.20
8	22.5			

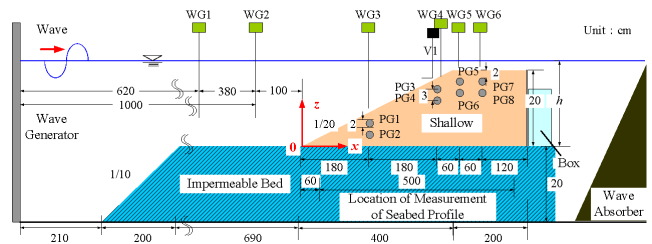


図-1 実験装置の概略図 (WG1~WG6：水位計，PG1~PG8：間隙水圧計，V1：流速計)

3. 結果と考察：図-2 に波作用 30，60 分後の浅場表面の高さ  $z$  及び地形変化量  $\Delta z$ （堆積を正）の空間分布を，図-3 に波作用開始後 0~30 分と 30~60 分の各 30 分間の漂砂量  $q$ （岸向きを正）を示す。ここで，地形測定範囲沖側端部 ( $x = 0.60$  m) での地形変化が十分に小さく  $q = 0$  であると仮定し，漂砂の連続式に基づいて各時間の  $\Delta z$  から  $q$  を求めた。図-2 と図-3 より，Case 3 では堆積があまり見られず， $q$  が岸向きに生じている一方で，Case 4 は沖側に堆積が生じ， $q$  が沖向きに卓越しており，それぞれ地形変化の傾向が異なっている。

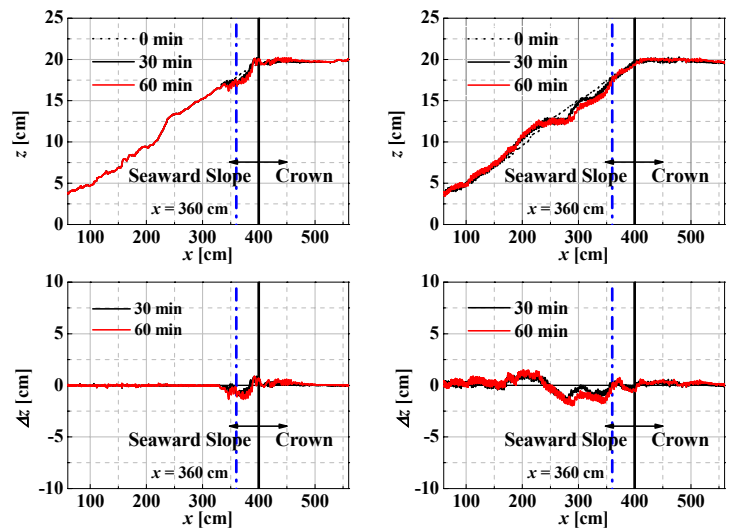
漂砂現象に与える間隙水圧変動の影響を調べるために，図-2 に示すように両ケースとも若干侵食が生じており，図-1 に示すように流速の測定位置でもある  $x = 3.6$  m 地点に焦点を当てる。図-4 に， $x = 3.6$  m での Shields 数  $\phi_d$ （岸向きを正）と相対鉛直有効応力比  $\gamma$  の関係を示す。ここで， $\gamma$  は，PG3 と PG4 の間隙水圧変動の計測値から浅場表層の鉛直有効応力  $\sigma$  を求め，その  $\sigma$  を  $\gamma = (\sigma'_0 - \sigma) / \sigma'_0$  ( $\sigma'_0$  は  $\sigma$  の初期値を， $\gamma = 1$  は液状化を表す) に代入して求めた。図-4 より，中村ら（2012）が波作用開始直後の 0~1 分について確認している  $\phi_d$  と  $\gamma$  の負の相関は，時間が経過した波作用開始 30~31 分後においても変わらないことが分かる。このことから，どの時間においても沖向きの底面流速が生じているときに浅場表層内の鉛直有効応力が低下し砂粒子間の拘束力が弱まることで，沖向きへの底質の移動が助長される可能性が示唆される。

キーワード 人工浅場，地形変化，漂砂，間隙水圧，底面流速，水理模型実験  
連絡先 〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学高等研究院 TEL: 052-747-6519

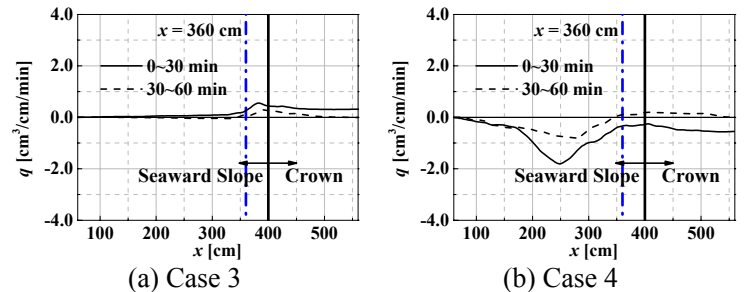
そこで、底質の移動が助長される効果を考慮して検討するため、 $x = 3.6 \text{ m}$  での  $\varphi_d$  と修正 Shields 数  $\varphi_{dm}$  (岸向きを正) の時間変化を図-5 と図-6 に示す。なお、 $\varphi_{dm}$  は Sumer ら (2011) によって提案された底質表層の間隙水圧変動の影響を考慮して修正した Shields 数である。図-5(a)より、Case 3 では  $\gamma$  の変動に伴う  $\varphi_d$  と  $\varphi_{dm}$  の差が若干認められるものの、その差は小さく、 $\varphi_{dm}$  は限界 Shields 数 (赤色横線) を若干岸向きに超えている程度であることから、図-3(a)に示すように  $x = 3.6 \text{ m}$  での  $q$  が小さく、図-2(a)に示すように地形変化も小さいことが分かる。また、図-4(a), 図-5(a), 図-6(a)より、時間の経過とともに  $\varphi_d$  と  $\gamma$  の大きさが若干減少したことに伴って  $\varphi_{dm}$  の変動も若干小さくなり、岸向きの  $\varphi_{dm}$  が限界 Shields 数を越えた量も小さくなったことから、図-3(a)に示すように岸向きに生じていた  $q$  も減少していることが確認できる。一方、図-5(b)と図-6(b)より、Case 4 では特に波作用開始直後において  $\gamma$  の変動の影響が顕著であり、 $\gamma$  の変動に伴う  $\varphi_d$  と  $\varphi_{dm}$  の差が沖向きに大きくなっている。また、図-5(b)より、波作用開始直後において、移動限界を超えた  $\varphi_d$  は岸向きに卓越しているが、内部間隙水圧変動の影響を考慮した  $\varphi_{dm}$  は沖向きに卓越しており、図-3(b)に示した波作用開始直後~30分後において沖向きに生じている  $q$  と対応している。さらに、図-4(b), 図-5(b), 図-6(b)より、 $\varphi_d$  と  $\gamma$  の大きさが時間の経過とともに減少したことに伴って  $\varphi_{dm}$  も減少したことから、限界 Shields 数をほとんど超えておらず、図-3(b)に示すように  $q$  も減少し、ほぼゼロになっていることが確認できる。

以上より、時間の経過に伴う  $\varphi_{dm}$  の変化と  $q$  の傾向の変化の対応を示すとともに、時間の経過によらず間隙水圧変動の影響を考慮することの重要性を示した。

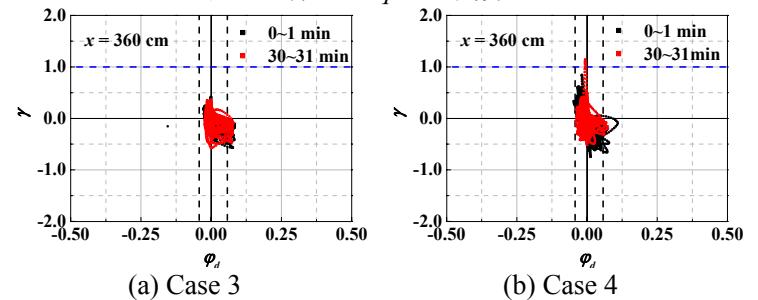
**参考文献** : [1] 中村ら (2012) : 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68, No. 4, 印刷中。 [2] Sumer, B. M., et al. (2011): *J. Geophys. Res.*, Vol. 116, C01008, 15p.



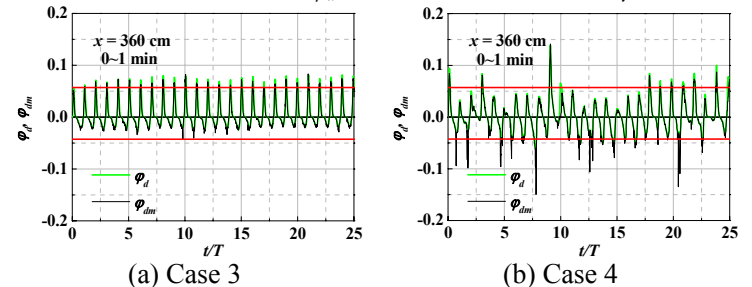
(a) Case 3 (b) Case 4  
図-2 波作用 30, 60 分後の浅場表面の  $z$  と地形変化量  $\Delta z$  の空間分布



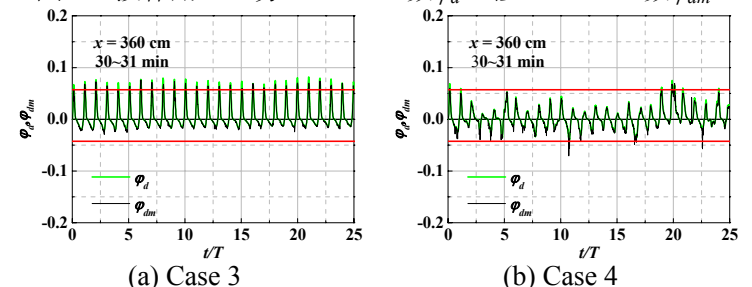
(a) Case 3 (b) Case 4  
図-3 漂砂量  $q$  の空間分布



(a) Case 3 (b) Case 4  
図-4 Shields 数  $\varphi_d$  と相対鉛直有効応力比  $\gamma$



(a) Case 3 (b) Case 4  
図-5 波作用 0~1 分の Shields 数  $\varphi_d$  と修正 Shields 数  $\varphi_{dm}$



(a) Case 3 (b) Case 4  
図-6 波作用 30~31 分の Shields 数  $\varphi_d$  と修正 Shields 数  $\varphi_{dm}$