

波浪による沿岸砂州の形成に関する数値シミュレーション

鳥取大学大学院工学研究科 学生員 ○阿部 達也
鳥取大学大学院工学研究科 正会員 梶川 勇樹

鳥取大学大学院工学研究科 正会員 檜谷 治

1. はじめに

一般に日本海側に河口を持つ河川は、沿岸部に一度流出した土砂が冬季波浪によって河口部に押し戻され河口砂州を形成している。この河口砂州は、河口域の土砂動態に大きく影響しており、周辺の海岸侵食に影響を及ぼしている。鳥取県に位置する千代川河口部においても、河口砂州が形成されており、河口部の東側にある鳥取砂丘海岸の侵食特性に影響を及ぼしている。

そこで本研究では、波浪による河口砂州の変動特性を再現できる数値解析法を開発する目的で、まず波浪による海浜変形を再現するモデルを構築し、従来行われた実験値を再現することで数値計算法の妥当性を検証した。

2. 数値解析モデルについて

本研究で用いる数値計算法は基礎方程式に FAVOR 法を導入し、計算格子に Collocated 格子を適用したものである。渦動粘性係数の評価に関しては、従来より様々な分野で適用されている標準型 k-ε2 方程式モデルを採用した。地形変動に関して本研究では、流砂に対して一様粒径の掃流砂のみを対象とした。流砂量式については、海域部および河川を対象とした様々な式が提案されており、河川および波浪場を含めた広範囲な領域に適用可能な流砂量式は未だに提案されていない。そこで、本研究では、河川において信頼性の高い芦田・道上式を採用した。地形変動は流砂の連続式で算出した。数値計算法はコロケート格子上における HSMAC 法とほぼ同様である。¹⁾

3. 実験結果と数値計算結果との比較

今回計算の対象としたのは、図-1 に示す 2 次元波浪水槽内で、表-1 に示す定常波を 10 時間作用させた実験結果である。²⁾ 実験条件は、図 2 および図-3 に示すように、砂が一方的に沖へ移動する侵食型 (Type I) と

<連続式>

$$\frac{\partial(A_x u)}{\partial x} + \frac{\partial(A_z w)}{\partial z} = 0$$

<基礎方程式>

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial(A_x u u)}{\partial x} + \frac{\partial(A_z u w)}{\partial z} \right\} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{V} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left\{ 2A_x \nu_e \frac{\partial u}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ A_z \nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right\} \right]$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial(A_x w u)}{\partial x} + \frac{\partial(A_z w w)}{\partial z} \right\} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{V} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left\{ A_x \nu_e \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ 2A_z \nu_e \frac{\partial w}{\partial z} \right\} \right]$$

<k-ε 2 方程式>

$$\begin{aligned} \frac{\partial k}{\partial t} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial(A_x u k)}{\partial x} + \frac{\partial(A_z w k)}{\partial z} \right\} &= \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(A_x \nu_k \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_z \nu_k \frac{\partial k}{\partial z} \right) \right\} + G_s - \varepsilon \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial(A_x u \varepsilon)}{\partial x} + \frac{\partial(A_z w \varepsilon)}{\partial z} \right\} &= \frac{1}{V} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(A_x \nu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_z \nu_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \right\} + C_1 \frac{\varepsilon}{k} G_s - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} \end{aligned}$$

<芦田・道上式>

$$\frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 17\tau_*^{3/2} \left(1 - K_c \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right) \left(1 - \sqrt{K_c \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}} \right)$$

<地形変動>

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial q_B}{\partial x} = 0$$

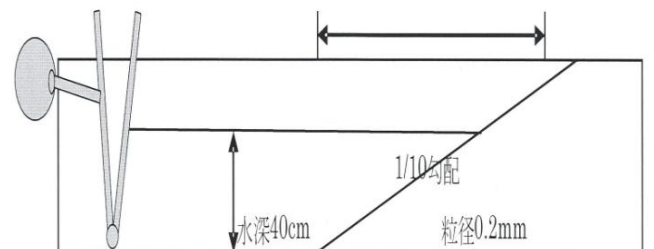


図-1 中村による実験装置の概要

なる波浪条件である。計算条件を表-1 にまとめて示す。
 図-4 は流れ場の計算結果の一例で、10 時間後の流況を示したものである。2.6m付近で砕波が発生していることが分かる。次に、10 時間波を作用させた後の地形変動の様子を図-5 に、10 時間後での波の1 周期平均の掃流砂量の場所的变化を図-6 に示す。図-5 より計算結果は実験値に見られる侵食型の傾向を示し、波の遡上域以外は良く実験値を再現できているものと思われる。なお、波の遡上域が侵食される特性については、十分再現できておらず、今後の課題として残った。

4. まとめ

本数値計算モデルで、侵食型の波浪条件を与えた実験条件では、海浜変形を精度良く再現できることが分かった。今後、堆積型の波浪条件や浮遊砂を考慮する必要がある現地スケールの再現計算を実施する予定である。

【参考文献】

- 1) 酒井宏紀：河口部における波浪による河床変動の数値計算手法, 第 62 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 2010
- 2) 中村友昭：沿岸砂州の形成と移動に関する基礎的研究, 鳥取大学卒業論文, 2007

表-1 計算条件

波高 $H(m)$		0.05
周期 $T(sec)$		0.9
流れの計算時間間隔 $\Delta t(sec)$		0.002
地形変動の計算時間間隔 $\Delta t_z(sec)$		1
メッシュ間隔	$\Delta x(m)$	0.02
	$\Delta z(m)$	0.01
マニング粗度係数		0.015
粒径(m)		0.017

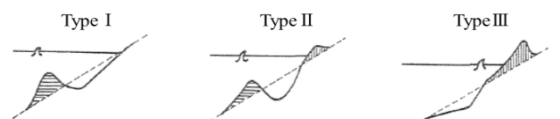


図-2 類型化された地形変化のパターン

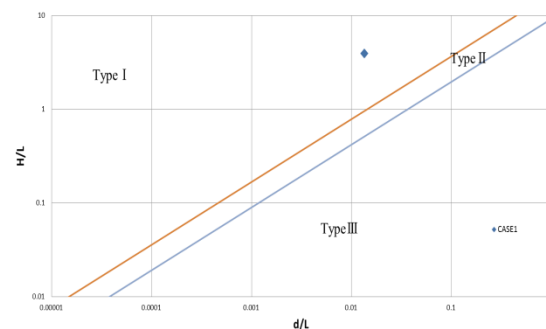


図-3 海浜変形のタイプ分け

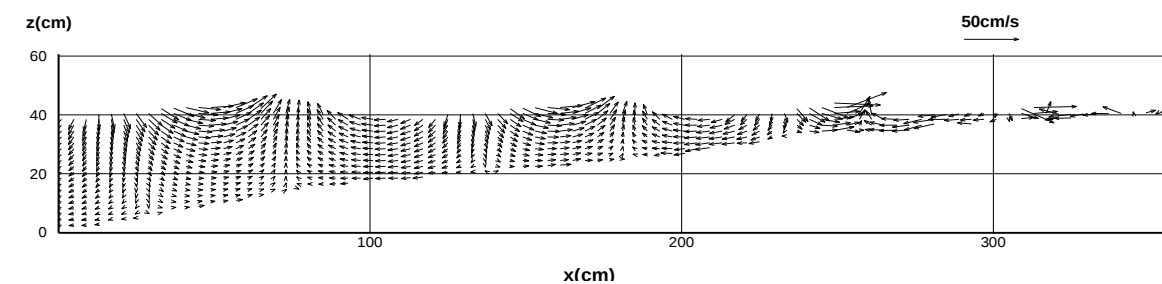


図-4 10 時間後の流況

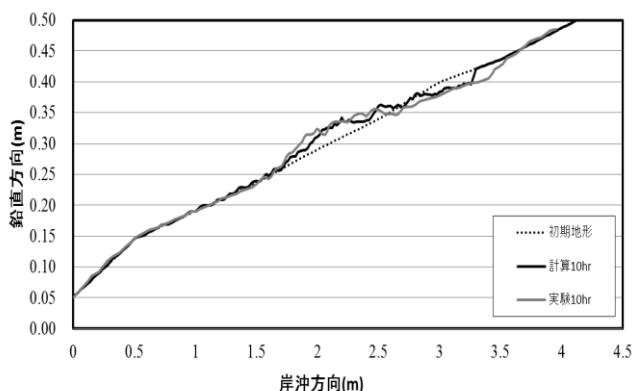


図-5 縦断面地形

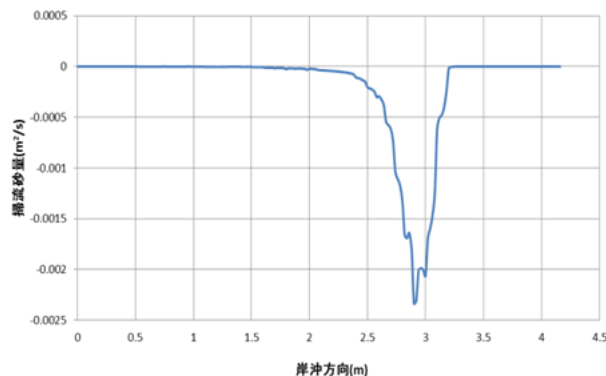


図-6 1 周期平均の掃流砂量の場所的变化