

波と流れによる航路埋没に関する実験

大阪大学 学生員 ○張 基成

大阪大学 正会員 小野 正順

大阪大学 正会員 出口 一郎

大阪大学 正会員 榎木 亨

1. はじめに

海岸における漂砂移動は、海岸侵食、河口閉塞、航路及び港口埋没等の問題を引き起こす。特に、航路・港口のように波・流れが空間的に大きな勾配をもって変化する領域の水深変化においては、漂砂移動の非平衡性が重要な役割を果たす。近年、浮遊砂の非平衡性を考慮した水深変化モデルがいくつか提案されているが、いずれも浮遊砂濃度に対しては近似的な取り扱いが行われており、また、実験的な研究もほとんど行われていない。本研究では、航路・港口埋没の高精度数値予測法を構築する第1歩として、同一方向に進行する波・流れが航路を直行する場合に生ずる航路周辺及び航路内での浮遊砂濃度の空間分布について移動床水理模型実験による検討を加え、数値計算で求められる浮遊砂濃度分布の検証を行うための資料とした。

2. 航路埋没機構とその予測方法に対する考え方

上述のような波と流れが航路を直行する場合においては、航路内で水深が急変することから、航路周辺の流体運動も空間的に大きく変化する。このような状態における底質の輸送と水深変化の様子を模式的に図-1に示す。図中に示す航路上流端に原点をとり、流下

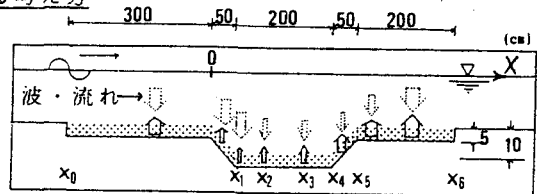


図-1 実験水槽

方向に x -軸をとった座標系において、 $x < 0$ 及び $x > x_5$ の領域では、水深は一樣とし、定常状態の現象を考える。このとき、 $x < 0$ の領域における浮遊砂濃度分布は、空間的に平衡状態にある（底部からの浮上・沈降フラックスは等しい）と考えられる。 $0 < x < x_1$ の航路上流側斜面では、水深が増加することにより、平均流速及び波浪による水粒子速度（すなわち底部せん断力）が減少し、底部からの底質の巻き上げ量も減少する。しかし、上流からは巻き上げ量以上の浮遊砂が輸送されてくることによって、底質の沈降（堆積）が生ずる。一方、航路下流側斜面上では、逆に水深が流下方向に減少することによって、流下方向に巻き上げ量が増加するにもかかわらず輸送されてくる浮遊砂が少ないために、巻き上げ量が沈降量を上回り、侵食（水深増加）が生ずる。

このように、航路周辺では、浮遊砂の非平衡性が重要な役割を果たす。したがって、航路の埋没も含めた航路周辺における水深変化を予測するためには、このような航路周辺で生ずる浮遊砂濃度の非平衡性を、十分な精度で予測可能なモデルを構築する必要がある。本研究では、このような予測モデルを構築する第1歩として、航路周辺における浮遊砂濃度の非平衡性が如何なる形で現れ、その結果どのような水深変化が生ずるか、ということについて2次元移動床実験を行って検討した。

3. 航路周辺の浮遊砂濃度分布と水深変化に関する実験

実験は、片面ガラス張りの2次元造波水路（長さ 30m、幅 0.7m、高さ 1m）内に模型航路（のり勾配 1:5、深さ 0.1m、幅 2m）を設置して行った。模型航路は、図-1に示す座標系で、 $x_0 = -3.0\text{m}$ ~ $x_6 = 5\text{m}$ の間を厚さ 5cm の移動床とし、 $x_1 = 0.5\text{m}$ 、 $x_4 = 2.5\text{m}$ 、 $x_6 = 3\text{m}$ とした。模型底質は中央粒径 $d_{50} = 0.035\text{cm}$ 、 0.02cm の2種類を使用した。なお、上流側の移動床範囲（ $x = -3\text{m}$ ）は、航路上流端（ $x = 0$ ）における浮遊砂濃度が平衡状態に達するまでに必要となる距離（なじみ距離）を、予め鉛直2次元移流拡散方程式の高精度数値解析法によって計算し、決定したものである。流れは造波板側からポンプで給水し、他端から排水することによって発生し、断面平均流速は 10cm/sec 及び 15cm/sec の2ケースとした。

また一樣水深部の水深は 20cm とし、実験波は波高 7cm 、周期 1.25sec 及び 1.5sec の規則波

Kiseong BAE, Masanobu ONO, Ichiro DEGUCHI, Toru SAWARAGI

を用いた。全実験ケースは4ケースである。浮遊砂の濃度分布はサイフォンにより底部から0.3~7.3cmの高さの間の8点で同時採水することによって測定した。採水量は1点につき約180ccである。地形変化は抵抗式砂面計を用いて測定した。

4. 航路周辺の浮遊砂濃度分布

図-2、3は、実験2における航路上流側及び下流側で測定された浮遊砂の濃度分布を示す。なお、実験条件は図中に示す通りであり、図-3には、航路上流端（B点）における浮遊砂濃度分布も、比較のために示してある。航路上流側斜面（E、F点）では、さきに述べた理由により、底質の巻き上げ（基準点濃度）が減少する。この影響は、底部に近い領域（ $z < 4\text{cm}$ ）で顕著に現れ、底部近傍でB点における濃度分布からの減少が生じている。航路下流側斜面においては流下方向に水深が減少することによって底質の浮上が増加し、G点から流下につれて底部近傍から濃度が回復し、B点の濃度分布に近づく。

図-4、5は、実験4における航路上流及び下流側で測定された浮遊砂濃度分布を示す。この場合は、実験2と比較して底質が細かく、なじみ距離も長くなるために、D点に至ってようやく浮遊砂の濃度が平衡状態に達する。航路上流側斜面を流下するにつれて、やはり底部に近い領域（ $z < 5\text{cm}$ ）から濃度低下が始まる（図-4）が、実験2ほど顕著ではない。図-5に示す下流側での濃度分布も、実験2と同様、流下につれて底部の濃度が増加し、D点における平衡状態の濃度分布に漸近する。しかし、実験2とは異なり、航路底部においても砂澁が発生し、それによる底質の浮上があるため、実験2ほど大きな浮遊砂濃度の非平衡性は生じていない。

以上の考察より、航路周辺の水深変化部で生ずる非平衡状態の浮遊砂の鉛直方向濃度分布及びその流下方向変化の実態が明らかになった。したがって、航路の埋没状況を予測するためには、航路上流側斜面近傍で生ずる浮遊砂濃度の非平衡性によって引き起こされる濃度の欠損を精度良く再現できるような数値モデルを開発する必要がある。なお、このような非平衡状態の浮遊砂濃度の空間分布形状は、適当な水平及び鉛直方向拡散係数と、基準点濃度を用いると、さきに述べた鉛直2次元移流拡散方程式の高精度数値計算法によって十分な精度で予測できることが明らかにされている。しかし、造波時間が短かったこともあり、航路内では顕著な水深変化（堆積）は生じなかったが、今後このような浮遊砂濃度の特性を考慮して、航路埋没の予測手法を確立する予定である。また、浮遊砂拡散係数及び基準点濃度をいかにして推定するかということが今後に残された問題点であり、さらに実験的な検討を継続して行く予定である。

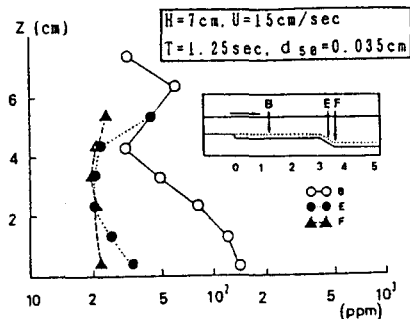


図-2 浮遊砂の濃度分布

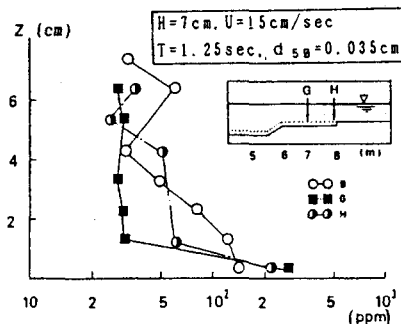


図-3 浮遊砂の濃度分布

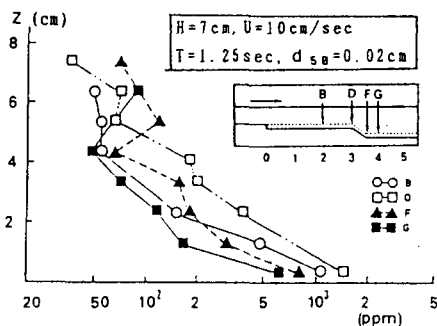


図-4 浮遊砂の濃度分布

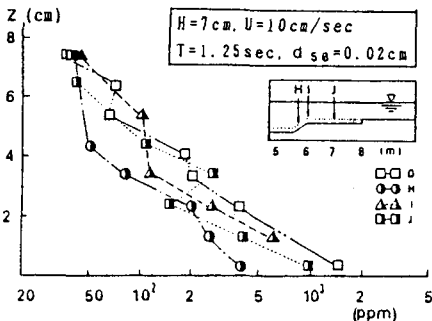


図-5 浮遊砂の濃度分布