

シルテーション対策用潜堤の航路埋没防止機能に関する研究

九州大学 学生員○竹内伸夫 青木聡 森本剣太郎 Rahman Hidayat  
九州大学大学院 正会員 入江 功 小野信幸

1. 研究の背景と目的

シルテーション現象とは、粘土・シルトなどの細かい粒子からなる泥土が波や流れによって運ばれ、航路などに堆積する現象である。航路埋没に対して潜堤が有効であることは、熊本港での実績により知られているが、船舶航行の安全性を向上させるために、潜堤高をできる限り低くする工夫が必要とされている。著者らは昨年度までに、埋没防止効果の高い潜堤断面形状を模索するために、浮泥の流動状況を詳細に観察することが可能な実験水槽(Slim-tank)を用いて、種々の実験を行ってきた。

図-1 に示すような潜堤の断面形状に対して、波や流れが作用する条件の下で、浮泥の流動状況を検討し潜堤周辺に生じる渦の形成と埋没防止効果に深い関係があることが分かった。特に潜堤上を越流する浮泥が渦によって静水と攪拌混合されると浮泥濃度が低下して沈降速度が遅くなるため航路に堆積しにくくなることが分かった。逆に、航路の外側で浮泥が堆積している側では渦の発生を抑制して浮泥を乱さない方が、埋没防止効果が高められるため、逆T字型と雨滴型を組み合わせさせた逆V字型潜堤を埋没防止に最適な形状として提案した。しかし、潜堤高を低くすることを考えると、相対的に浮泥の越流量が大きくなるため、越流浮泥の濃度低下を促す工夫が必要となる。本研究では濃度低下を促す渦を効果的に強化するために、逆T字型と逆V字型潜堤を複数設置として、それぞれを組み合わせた場合の潜堤周辺の流れ場を解析し、埋没防止効果が高まる条件を考察した。

2. 数値解析の概要

2.1 基礎式

潜堤周辺の流れ場の計算は、以下に示す流れ関数に関するポアソン方程式および渦度輸送方程式を用いた。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega$$

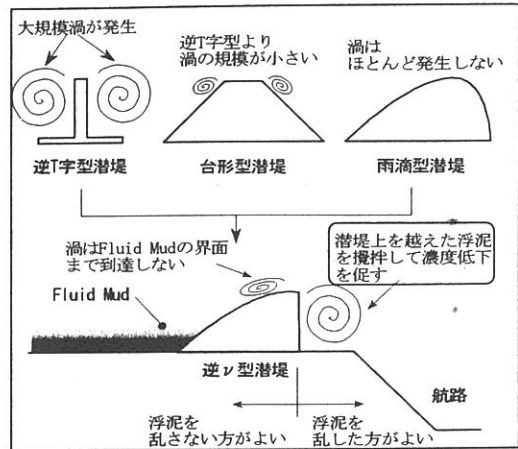


図-1 各潜堤周辺の渦の様子

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \omega}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial y} = (\nu + \nu_t) \nabla^2 \omega$$

ここで、 $\phi$ は流れ関数、 $\omega$ は渦度、 $\nu$ は動粘性係数、 $\nu_t$ は渦動粘性係数、 $\nabla^2$ :ラプラシアンである。乱流場における Reynolds 応力は、Prandtl の混合距離理論でとり扱えるものとして次式で評価した。

$$\nu_t = C(\kappa l)^2 \left| \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial v}{\partial x} \right|$$

ここで、 $\kappa = 0.40$  はカルマン係数、 $l$ は底面および潜堤からの距離を示し、調整パラメータ  $C$  には  $0.35$  を与えた。以上の方程式から有限要素法の定式化を行い、解析を行った。

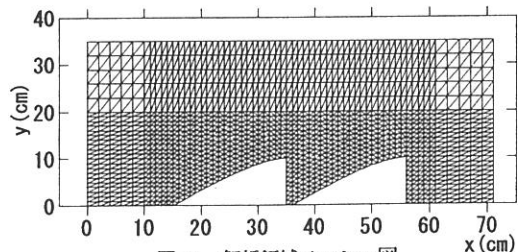


図-2 解析領域メッシュ図

2.2 境界条件

図-2は水深40cmとしたとき、たて35cm、横70cm解析領域のメッシュ図の一例である。境界条件として振動流場(振動振幅3.5cm、周期2秒)での解析を行うため、上部および側方境界の $\phi$ と $\omega$ は微小振

幅波理論および一次元乱流解により求めた。下部の境界は $\phi=0$ とし、 $\omega$ はThomのスキームで与えた。

### 2.3 複列潜堤の配置状態

計算条件は図-4に示すような、潜堤高 $h_s=10\text{cm}$ の逆T字型、逆 $\nu$ 型を組み合わせ複列化したもので複列逆T(TT)、複列逆 $\nu$ ( $\nu\nu$ )および $\nu$ とTを組み合わせたもの( $\nu T$ )の3種類を表-1に示す潜堤間隔の場合について解析した。

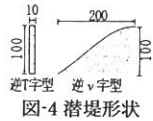


表-1 解析ケース

潜堤の組み合わせ	D/h <sub>s</sub> (潜堤間/潜堤高)
TとT (TT)	0.5, 1, 1.5, 2, 3
$\nu$ と $\nu$ ( $\nu\nu$ )	2
$\nu$ とT ( $\nu T$ )	2

### 3. 解析結果

#### (1) 潜堤間隔について

図-5に位相 $t=\pi$ (流れが右向から左向きへと変わる瞬間)におけるTTの間隔 $D/h_s$ を変えた時の流れ関数のコンター図を示す。二つの潜堤間の渦の形成状況を見ると $D/h_s$ が大きくなるほど潜堤間に形成される渦の規模も大きくなり、 $D/h_s=1.5$ から3では、ほぼ同規模の渦が形成される。渦が十分発達するにはある程度の潜堤間隔が必要であり、潜堤間隔が小さすぎると攪拌効果が小さくなり、逆に、形成される渦の規模よりも大きすぎると潜堤間に浮泥が堆積するおそれがある。

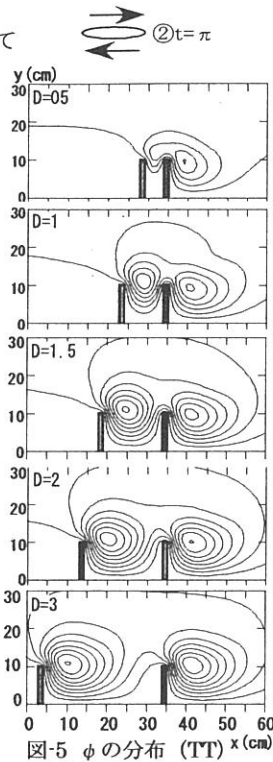


図-5  $\phi$ の分布 (TT)  $x(\text{cm})$   
 $\Delta\phi=10\text{cm}^2/\text{s}$

#### (2) 潜堤の組み合わせについて

図-6の左に①位相 $t=0$ 、右に②位相 $\pi$ におけるTT、 $\nu\nu$ 、 $\nu T$ ( $D=2$ )の流れ関数のコンター図を示している。破線部より左が浮泥堆積側、右が航路側と想定している。

位相①の時は浮泥堆積側においてTTでは大規模

な渦が底面付近にまで発生している。一方 $\nu\nu$ 、 $\nu T$ では発生する渦の規模は小さく、 $\nu$ 潜堤頂部にとどまる。潜堤間においてはTT、 $\nu T$ では大規模な渦が発生するが、 $\nu\nu$ では渦の規模も小さく潜堤頂部にとどまる。

位相②の時は潜堤間ではTT、 $\nu T$ 両方ともに大規模な渦が発生する。 $\nu\nu$ では潜堤間が狭いため渦の発達が阻害されている。航路側ではTT、 $\nu\nu$ 、 $\nu T$ ともに大規模な渦が形成されるが $\nu\nu$ が若干小さい。

濃度低下を促す渦を効果的に強化し埋没阻止効果をも高めるためには、浮泥堆積側では渦の形成を抑制し、潜堤間・航路側では渦を発生させる組み合わせるべきであるため、 $\nu T$ の組み合わせが効果的であると考えられる。

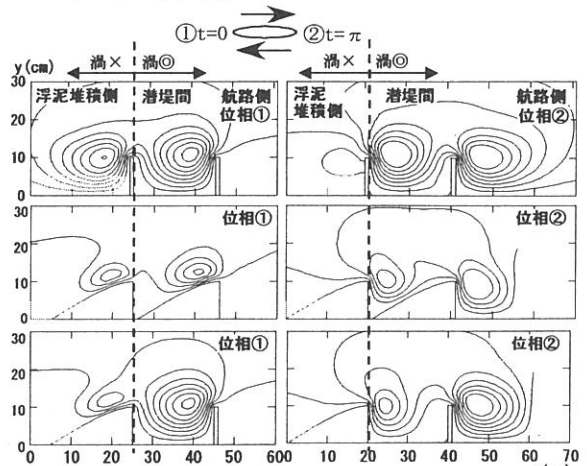


図-6  $\phi$ の分布 (TT,  $\nu\nu$ ,  $\nu T$ )  $\Delta\phi=10\text{cm}^2/\text{s}$   $x(\text{cm})$

### 4. 結語

数値計算の結果により浮泥堆積側に逆 $\nu$ 字潜堤を、航路側に逆T字潜堤を配置した場合が効果的に航路埋没を阻止すると思われる。発表の際は浮泥流動の数値計算結果とあわせて発表する予定である。

(謝辞) 本研究で用いたプログラムは、熊本大学の滝川 清教授のご指導によるものである。ここに記して感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) Mehta, A.J. (1989): On Estuarine Cohesive Sediment Suspension Behavior, Journal of Coastal Research, Vol.94, No.C10, pp.14,303-14,314
- 2) 滝川 清・米村浩介・前田孝久 (1991): 砂漣形成過程における底面境界層の解析, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 1-5