

波作用下における底面乱流境界層の特性

熊本大学工学部 正員 滝川 清
 熊本大学工学部 正員 山田 文彦
 熊本大学工学部 正員 外村 隆臣
 熊本大学大学院 学生員 ○矢沢 岳
 熊本大学工学部 学生員 西山 宏一

1. はじめに

砂漣の様な大きな粗度を有する海底面近傍においては、波の運動により流れの剝離、渦の発生、拡散といった複雑な乱流場が形成されている。このような複雑な流況を把握する事は、境界層内のエネルギー逸散や底質移動の機構を解明する上で重要である。

本研究は、底面剪断力を実測すると共に、水面波形からDeanの流れ関数理論により得られる流速を境界層外縁の境界条件に用いて有限要素法解析を行い、より現実に近い波の作用下における砂漣上の境界層の特性について検討を加えるものである。

2. 乱流境界層の有限要素法解析

底面に沿って波の進行方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸の 2 次元領域を考える。基礎式として、N-S 方程式を x 、 y 方向に微分し圧力項を消去した渦度方程式と、渦度と流れ関数で表した連続の式を用いる。

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = (\nu + \nu_T) \nabla^2 \omega \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = -\omega \quad (2)$$

ここで、 ν は動粘性係数、 ν_T は渦動粘性係数である。渦動粘性係数はPrandtlの混合距離理論で表されるものとして、次式で評価する。

$$\nu_T = l^2 \left| \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \frac{\partial u}{\partial y} \right|^{1/2} \quad l = \kappa y^* \quad (3)$$

ここで、 κ はKarman定数、 y^* は底面からの距離である。上の 2 つの基礎式を用いてGalerkin法により数値解析を行う。なお、Galerkin法による基礎式の定式化は文献(1)に詳しい。

3. 結果と考察

実験は幅 50 cm、長さ 3.8 m の 2 次元造波水槽を用いて、底面形状が平坦な場合と、水路床に砂漣長 1.2 cm、砂漣高さ 2 cm の固定砂漣を設置した場合の 2 通りについて行った。波の条件は周期 2 秒、波高 1.2 cm、水深 40 cm とした。

数値解析は、この時の水面波形の実測値をもとに、Deanの流れ関数法を用いて境界条件を作成した。また底面においては流速 0 cm/s とし、渦度はBrileyのラグランジュ多項式に基づいて与えた。解析領域は、水平方向に 40 cm、鉛直方向に 1.2 cm とし、水平方向に 80 分割、鉛直方向に 20 分割し、底面近傍では細かく分割した。時間ステップ間隔は 1/100 s とした。

図-1 は、底面形状が平坦な場合の、底面剪断力の数値解析値と、水用剪断力計による実測値を 1 周期にわたって示したものである。水面波形に対して、位相が進んでいる事がみとれる。

図-2 は、底面が砂漣形状である場合の、砂漣頂部における底面剪断力である。底面が平坦な場合に比べ、底面に大きな剪断力が働いている事がわかる。また、波の進行方向に対して負の掃流力が大きく働いていると思われる。なお、剪断力の実測と数値解析結果の差異については、砂漣上での渦の発生、消滅等、流況と密接に関連しており、さらに詳細な検討が必要である。

図-3 は、砂漣の図中の位置における水平流速、剪断力の鉛直分布を各位相ごとに示したものである。横軸については、それぞれ微小振幅波理論を用いたときの線形層流解による境界層外縁流速と底面剪断力の振幅に対する比で表している。(c) の砂漣頂部では、底面近傍の流速の最大値はかなり大きな値

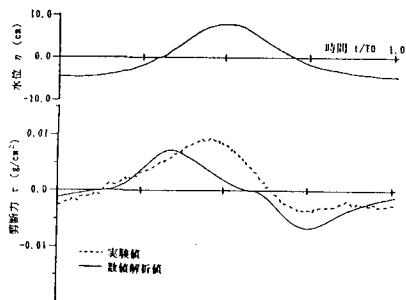


図-1 平面水路床における
底面剪断力の時間変動

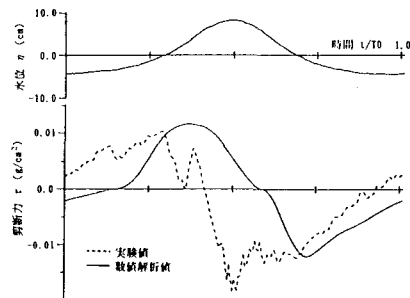


図-2 砂漣水路床の砂漣頂部における
底面剪断力の時間変動

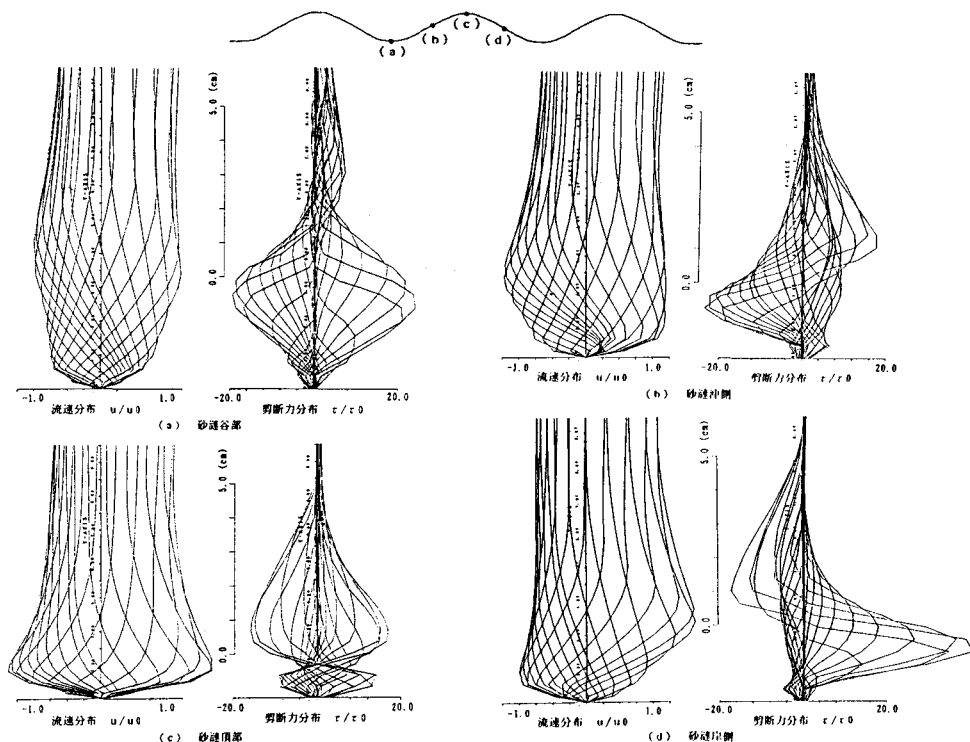


図-3 流速、剪断力の鉛直分布

となっており、大きな掃流力が働いていると思われる。また、(a)に示す砂漣の谷や(b)(d)では、砂漣高さ付近の位置で大きな剪断力が作用しており、渦による乱れ、エネルギー逸散が顕著であると思われる。

4. おわりに

砂漣上の境界層の特性についていくつかの興味ある結果が得られた。他の詳細な結果は講演時に発表の予定である。今後はさらに境界層の内部特性を定量的に評価する予定である。

<参考文献>

- (1) 滝川 清、米村 浩介、前田 孝久：砂漣形成過程における底面境界層の特性

海岸工学論文集 第38巻(1)，1991，pp.1~5