

砂漣形成過程における底面乱流境界層の特性

熊本大学 工学部 正会員 滝川 清
 熊本大学 大学院 学生員○前田 孝久
 熊本大学 工学部 学生員 矢沢 岳

1 まえがき

砂漣のような複雑な形状を有する海底面近傍においては、波の運動により流況が周期的に変化し、渦の発生、放出、消滅、流れの剥離といった複雑な乱流場が形成されており、このような複雑な流況を把握することは、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。そこで本研究は、実験により実測して得られた砂漣を対象として有限要素法解析を行い砂漣の遷移過程における境界層の特性について検討を行ったものである。

2 有限要素法による底面乱流境界層の解析

解析には水平右向き方向に x 軸、鉛直上向き方向に y 軸の 2 次元領域を考える。基礎式として取り扱い易さから $N-S$ 方程式を x 、 y で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。

$$\nabla^2 \phi = -\omega \quad (1)$$

$$\partial \omega / \partial t + \partial \phi / \partial y * \partial \omega / \partial x - \partial \omega / \partial x * \partial \phi / \partial y = (\nu + \nu_T) \nabla^2 \omega \quad (2)$$

ここで ν は動粘性係数、 ν_T は渦動粘性係数である。 ν_T は取り扱い易さから Prandtl の混合長理論で表されるものとして次式で評価する。

$$\nu_T = l^2 [(\partial u / \partial y + \partial v / \partial x) * \partial u / \partial y]^{1/2} \quad l = \kappa y^*$$

ここで κ はカルマン定数、 y^* は底面からの距離である。上の 2 式を用いて Galarkin 法により解析を行う。なお、Galarkin 法による基礎式の定式化は文献(1)に詳しい。

3 計算結果と考察

表-1 計算ケース

数値解析の対象とした実験の条件は右表に示すとおりである。

ケース	波高(cm)	周期(s)	水深(cm)
1	10.0	1.5	40.0
2	10.0	2.5	40.0

実験は幅 50 cm、長さ 38 m の 2 次元造波水槽を用いて行い水槽底面に長さ 2 m にわたって豊浦標準砂を敷き詰め、まずある周期の波をおこし砂漣が完全に形成された後に別の周期の波を入射させ砂漣の遷移過程を観察し、その底面形状を用いて数値解析の対象とした。解析領域は水平方向に 40 cm、鉛直方向に 20 cm とし、水平方向に 80 分割、鉛直方向に 15 分割、また時間分割を 1/200 とした。以下の各図は実験ケース 1 を対象とした計算結果で、図-1、図-3、図-5 は最初の波により砂漣が形成されたとき、図-2、図-4、図-6 は形成された砂漣上に周期 2.5 s の別の波を入射させた直後のものである。各図の(a)は波峰および波谷の通過直後の位相における流速ベクトル図で、実験で観察されるような波峰、波谷通過からやや遅れて形成される砂漣背後の渦が実験と一致して再現されている。各図の(b)は底面剪断力の水平方向の分布を示したもので、波峰通過後においては第 1 波入射時(図-1、図-3)は、スケールの小さい渦の発生により底面剪断力は砂漣の谷部分で渦の影響により主流と逆向きに働くが、砂漣頂部付近では主流の影響が大きく主流と同じ方向の剪断力が働いているものと思われる。第 2 波入射時(図-2、図-4)には、砂漣背後にスケールの大きい渦が発生し底面での剪断力はこの渦により支配され主流とは逆向きに働くものと思われる。図-5、図-6 は破線内に配置された粒子の 1 周期後の位置を示したもので、第 1 波入射時(図-5)は渦により底面付近で乱れがみられる。第 2 波入射時(図-6)には渦のスケールが大きいため底面付近の粒子は大きく分散されている。

ケース 1

ケース 2

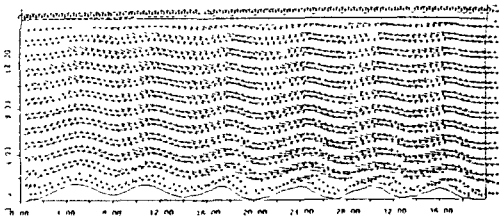


図-1(a) 流速ベクトル図

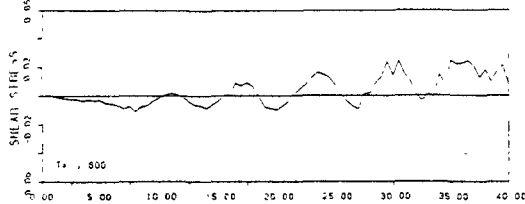


図-1(b) 底面剪断力図

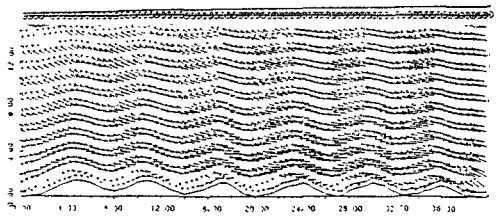


図-3(a) 流速ベクトル図

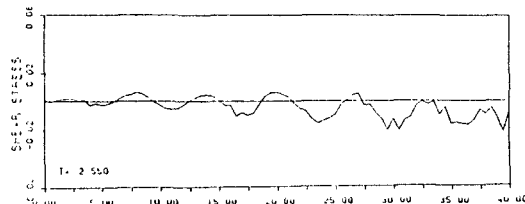


図-3(b) 底面剪断力図

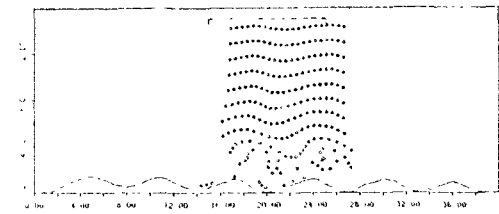


図-5 水粒子の輸送

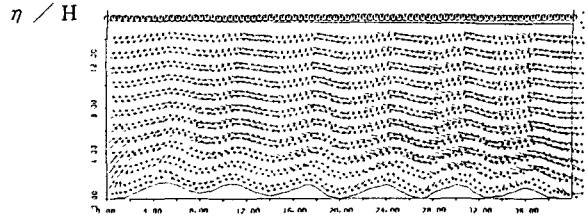


図-2(a) 流速ベクトル図

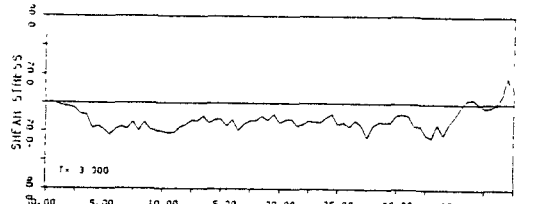


図-2(b) 底面剪断力図

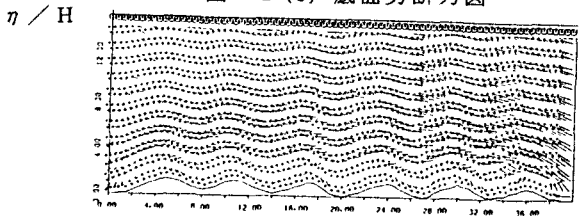


図-4(a) 流速ベクトル図

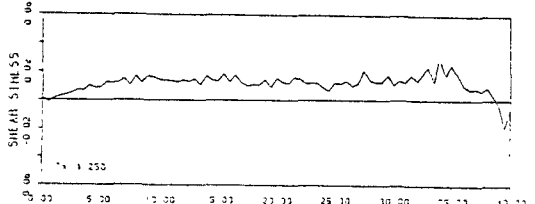


図-4(b) 底面剪断力図

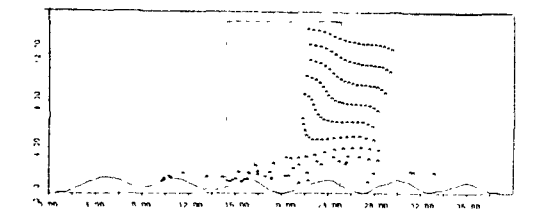


図-6 水粒子の輸送

4 おわりに

砂澱の遷移過程における境界層の特性についていくつかの興味深い所見が得られた。他の結果については講演時に発表予定である。今後はさらに様々な条件下で解析を行い境界層の内部特性を定量的に明らかにするつもりである。

<参考文献>

- (1) 滝川 清, 金 南亨, 五ノ谷 清一: 波動場における任意海底面上の境界層の解析 第36回海岸工学論文集 p11~15, 1989