

II-257

有限要素法による河口砂州付近の流れの解析

柳熊谷組 正員 ○矢沢成尚
 東北大学工学部 正員 真野 明
 東北大学工学部 正員 沢本正樹

1. はじめに

河口付近の水位や流量は、河川計画などにおいて重要であるが、その流れは河川流、海浜流、波などの影響を受け、非常に複雑である。また河口砂州も河口付近の流れに大きな影響を及ぼす。そこで、河口砂州付近の水位などを数値計算により予測することは工学的に重要である。本研究では、河口部を単純にモデル化した模型を用いて実験を行ない、計算値との比較を行なった。計算は有限要素法で行なったが、通常のGalerkin法で移流項が支配的な流れを解析すると、解の不安定性が問題となる。この問題を解決するために、Taylor-Galerkin法^{(1),(2)}を用いて計算を行なった。

2. 実験

実験水槽を、図-1、図-2に示す。河床は水平、海底勾配は1/30、河道幅は50cm、流量は1600cm³/sとした。砂州は右岸から河道に直角に突き出た砂州とし、河口に長方形の箱をとりつけたものである。この箱の大きさを変えることにより、河口の開口幅を変えることができる。実験は、開口幅を変えて3通り行なった。砂州がない場合をCASE1、開口幅が20cm、10cmの場合を各々CASE2、CASE3とし、各ケースとも水深と流速を測定した。測定範囲は河口から上流側に100cm、下流側に60cmの範囲で、水深はポイントゲージ、流速は5mmのプロペラ流速計で測定し二点法により平均流速を求めた。

3. 支配方程式

支配方程式は、浅水方程式を用い、水表面での摩擦を無視すると次式のようになる。

$$\frac{\partial q_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_1} \left[\frac{q_1^2}{H} \right] + \frac{\partial}{\partial x_2} \left[\frac{q_1 q_2}{H} \right] + f \frac{\sqrt{q_1^2 + q_2^2}}{H^2} q_1 + gH \frac{\partial (H-h)}{\partial x_1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial q_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_1} \left[\frac{q_1 q_2}{H} \right] + \frac{\partial}{\partial x_2} \left[\frac{q_2^2}{H} \right] + f \frac{\sqrt{q_1^2 + q_2^2}}{H^2} q_2 + gH \frac{\partial (H-h)}{\partial x_2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_1}{\partial x_1} + \frac{\partial q_2}{\partial x_2} = 0 \quad (3)$$

ここで、 q_1, q_2 は x_1, x_2 方向の単位幅流量、 H は全水深、 f は摩擦係数である。(1),(2),(3)をTaylor-Galerkin法によって定式化した。境界条件は、上流で流量を、下流で水深を与えた。計算格子は、三角形の1次要素で、CASE1が170要素、107節点、CASE2、CASE3が490要素、286節点である。 f は0.011とした。

4. 実験値と計算値の比較

ここでは、CASE2の実験値と計算値の比較を行なう。図-3に流速ベクトルを、写真-1に可視化による流況を示す。開口部に向かって縮流加速していく様子や砂州の上流端からの剥離の様子がよく再現されている。図-4、5はそれぞれ開口部中央を通る断面、開口部右岸を通る断面での流速の変化を表わしている。全体的に計算値はよく実験値を再現していると言えよう。しかし詳細に見ると、沖側、開口部で差が現れている。これらはそれぞれ、沖側の噴流、急縮部の剥離を表現する水平せん断力が式(1),(2)に含まれ

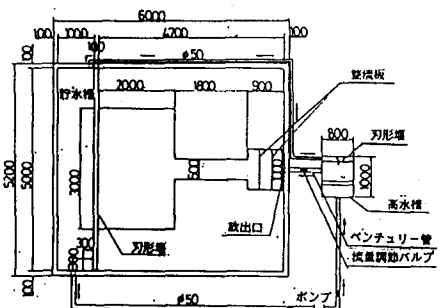


図-1 実験水槽(平面図)(単位mm)

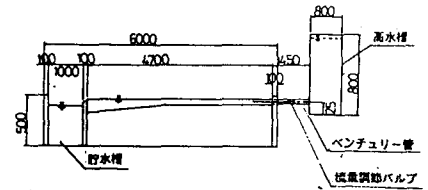


図-2 実験水槽(立面図)(単位mm)

ていないことが影響している。さらに、開口部では計算による横断方向の流量の誤差が増加しており、複雑な流況に対応してさらに要素を小さくする必要がある。

図-6, 7はそれぞれ開口部中央と開口部右岸の水位を表わしている。どちらも実験値と計算値がよく合っていて、特に砂州によるせき上げ水位はよく再現されている。

5. おわりに

流速と水位の計算値と実験値を比較した結果、水位はよく一致しているが流速は一致しないところがある。流速については、支配方程式に水平方向の渦動粘性を入れるともっとよい結果が得られると考えられる。また、計算の精度を上げるために計算格子の再検討も必要である。

【参考文献】1)J.Donea:A Tayler-Galerkin Method for Convective Transport Problems, International Journal for Numerical Method in Engineering, Vol.20, 101-119, 1984.

2)R.Löner, K.Morgan and C.Zienkiewicz: The Solution of Non-Linear Hyperbolic Equation Systems by the Finite Element Method, International Journal for Numerical Method in Fluids, Vol.4, 1043-1063, 1984.

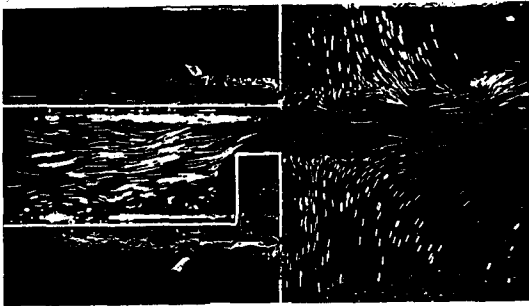


写真-1

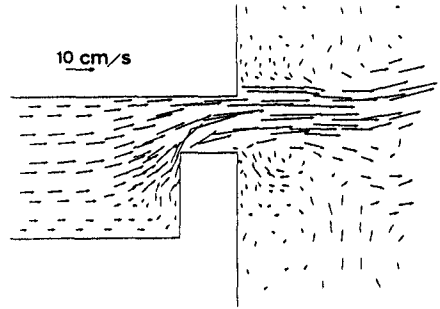


図-3 流速ベクトル

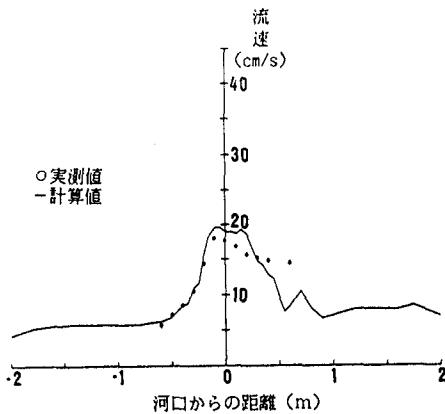


図-4 開口部中央の流速

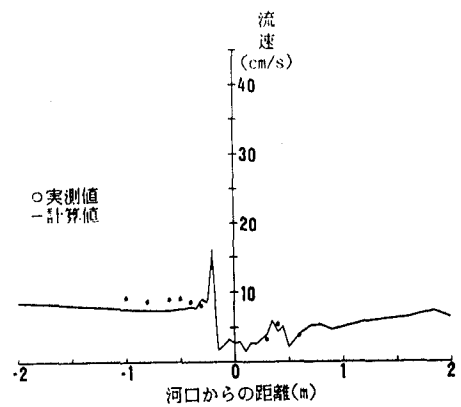


図-5 開口部右岸の流速

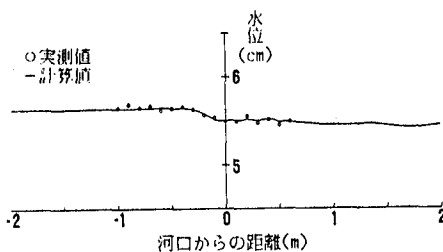


図-6 開口部中央の水位

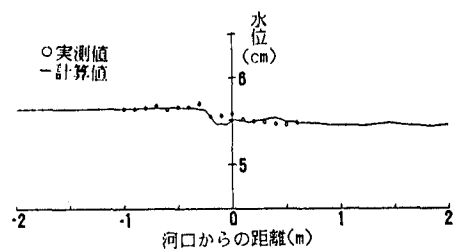


図-7 開口部右岸の水位