

II-168 階段式水路への SUPG・FEM によるマルチレベル・マルチセル・モデルの適用

日本建設コンサルタント 正会員 張 敏燕
 同上 正会員 川崎 俊太
 同上 正会員 上原 七司

1、はじめに

著者らはチエサピーク湾モデル⁽¹⁾を参考に、FEM を用いたマルチレベルモデルを提案し、これを河口部一般河道⁽²⁾と模型水路^{(3),(4)}に適用し、3Dモデルとしての有用性を示した。

今回、このモデルを拡張してマルチレベル・マルチセル（multi-level & multi-cell）モデルを作成し、魚道等で想定される急勾配を持つ階段式水路に適用し成果を得たので報告する。

なお、適用にあたっては3Dモデル流況中に部分的に高速な流れが生じ、計算不安定になるので、計算の安定化のため、SUPG (Streamline Upwind/Petrov-Galerkin)法を採用した。また、本計算結果の水理的妥当性については、なお、一層の検討を行なっている。

2、解析手法

マルチレベル・マルチセル・モデルとは、各プールをセルとして、各々マルチレベルモデルを適用し、表層で各プール間を連続させるモデルである。

本解析は、SUPG法の重み関数を Hughes 等が採用した当初の形式の重み関数⁽⁶⁾として

$$\phi_l = \phi_l + \kappa(1 + u \cdot \Delta) \phi_l, \quad \kappa = \alpha |L|/|u|, \quad (1)$$

を考えた。ここで、 L は要素の大きさの代表値、 u は流れの速度ベクトル、 α は適切に選ぶべき定数である。 ϕ は補間に用いる形状関数、 I は単位行列である。式(1)の関数は $u = [h, p, q]^T$ の次元に関係しないので第1層だけではなく、第2層以下にも適用できる。一方、Berger 等⁽⁶⁾は2次元流況解析の場合に、式(1)の形式に基づいて、特性行列をもつ重み関数を提案した。

$$\phi_l = \phi_l + \alpha \left(L_x \frac{\partial \phi}{\partial x} B + L_y \frac{\partial \phi}{\partial y} C \right) \quad (2)$$

ここで B, C は方向を定める特性行列である。この関数は U の次元に関係し第2層以下には適用できない。著者等は同じ特性行列の考えを第2層以下にも拡張してマルチレベル・モデルを作成した。

3、解析結果

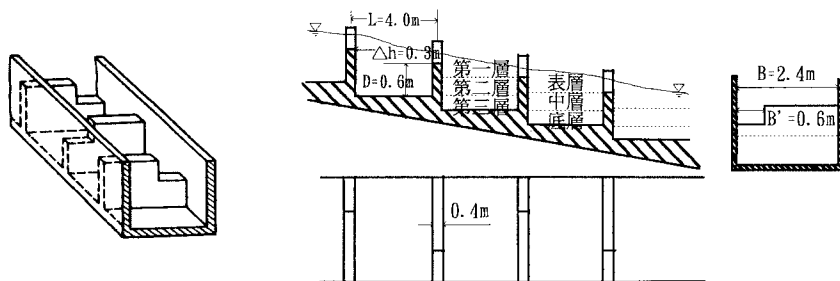


図1 階段式水路の概略図⁽⁷⁾

本解析は、図1に示す階段式水路を用いて計算を行なった。水路の形状としては、隔壁間隔 $L=4.0\text{m}$ 、隔壁間の段差 $\Delta h=0.3\text{m}$ 、水路の幅 $B=2.4\text{m}$ 、切欠きの長さ $B'=B/4=0.6\text{m}$ とコンクリート幅 0.4m 、セル内の深さ $D=0.6\text{m}$ とし、これを二層に分割し、一つのセルとしては表層の一層を加え合計三層に分割した。なお、これらの諸元については、文献⁽⁷⁾の事例を参考にした。本解析では $\Delta x=0.2\text{m}$ 、 $\Delta y=0.2\text{m}$ の等間隔のメッシュとした。メッシュの鳥瞰図を図2に示す。境界条件としては、上流端には単位幅当たり流量 $q=0.1\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ 、

側面はスリップ、隔壁面はノースリップ、下流端には水位を与えた。

図3は、各層毎の平面流速分布を示す。図4は階段式水路の左岸と右岸での縦断流速分布を示す。図3、4より、上流より流入した流れは各セル毎に、三次元流況を示している。1) 切欠き部分で落下、セル内から切欠き部分への上昇流、次のセル内では切欠き部分からの落下に伴う下降流の状況が表われている。2) 各セル毎の三次元流況は同一ではなく、各セル毎に異なる結果が認められる。

4、おわりに

今回、作成したマルチレベル・マルチセル・モデルは部分的に高速な流れが混在し、かつ3D流況をもつ階段式水路に適用した結果、その流況は定性的にほぼ妥当なことがわかった。現在、定量的により詳細な検討を実施中であるので後日報告したい。

参考文献

- (1) B.H.Johnson, etal: ASCE J. of Hydraulic Eng., Vol.119, No.1, pp.2-20, 1993.
- (2) 張、川崎、上原：第22回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp.122-123, 1995.
- (3) 張、川崎、上原：河道の水理と河川の環境シンポジウム論文集、pp.101-107, 1995.
- (4) 張、川崎、上原：第23回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp.236-237, 1996.
- (5) A.N.Books, T.J.R.Hughes: Computer Method in Appl. Mech. And Eng., Vol.32, pp.199-259, 1982.
- (6) R.C.Berger, R.L.Stockstill: ASCE J. of Hydraulic Eng., Vol.121, No.10, pp.710-716, 1995.
- (7) 廣瀬、中村：魚道的设计、山海堂、p.29, p.50, 1995.

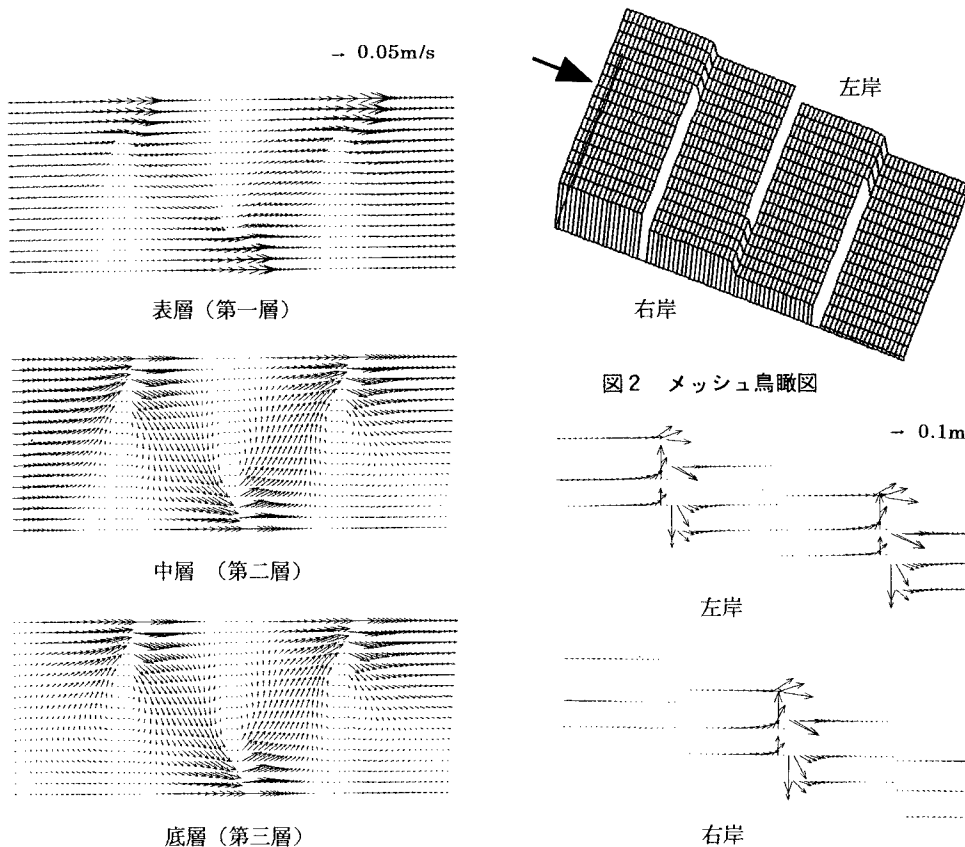


図3 層別の平面流速ベクトル図

図4 左右岸縦断流速ベクトル図