

形状抵抗を設けた模型水路における流水の挙動の数値解析の試み

中部電力株式会社 正会員 土山 茂希
中電工事株式会社 正会員○鈴木 隆
中部電力株式会社 正会員 後藤 孝臣
中電工事株式会社 正会員 佐藤 公己

1. はじめに

矩形断面水路の底面に半球状の突起物と円柱状の突起物をそれぞれ設けた実験水路を使用し、その水理実験（流量一定条件）を数値シミュレーションにより模擬し、その解析結果と計測結果とを対比する事により解析精度を検証するとともに数値モデル化に当たっての留意点や工夫を要する点等を明らかにした。

2. 数値解析手法の概要

流体は非圧縮性を仮定し、運動方程式、連続の式、乱流エネルギー・乱流消失率の式を基礎式とする。また、自由表面の計算はVOF法を用いている。

3. 検討対象とした実験水路の概要

実験水路の諸元等、概要を図-1に示す。流水の抵抗は半球状と円柱状のものをコンクリートで作成して実験水路底面に固定した。抵抗体の詳細を図-2に示す。

4. 解析条件

上流側からの流入条件を一様流入として解析した。上流端条件が突起物周辺の流速に及ぼす影響を軽減するため、実験水路より水路モデルは上流側に長くした。表-1に、計算条件を示す。初期水位は半球状の半径20cm±5cmとし、15cmと25cmを設定した。以下に半球状・形状抵抗の場合の解析結果を報告する。

5. 解析回数と解の安定性

図-3に半球周辺（ $\theta=20^\circ$ ）における解析値（水位と流速）の経時変化を例示する。解析対象は一定流量下の水理実験であり、解析結果に定常的な値に近いものを求めた。このため、図-3に示すような水位と経時変化から、1500サイクル～1800サイクルの6秒間の値を計算結果とした。

6. 解析結果と実験値の比較

図-4～6に水深が25cmの半球状の場合について、全体の流動と水位変動の解析結果を示す。図-6は、水位と流速の計算結果を統計処理し、平均値と±2σの計算範囲を示した。水位や流速の計算値は、形状抵抗により下流部で実験値と差異が見られる。

7. まとめ

計算精度を高めるために、今後は初期条件の再検討および球状の形状を正確に表現することなどが必要となるが、特に突起物下流の流速変動および水位変動をスペクトルにより比較する事を試みる。これにより、水位変動と流速の関係を調べ、突起物が流動に与える影響のメカニズムについて明らかにしていく予定である。

表-1 計算条件一覧

項目	設定
計算領域と座標系	X, Y, Z 方向に 40m×2m×0.4m の領域とする。なお、座標系はデカルト（直線直交）座標と一般化座標の2種類とした。 X:水路流水方向、Y:水路幅方向 Z:鉛直方向を示す。
計算要素数	119(x)×37(y)×22(z) 総数… 96,866
境界条件	上流端 0.2m/s の流速一定 下流端 自由流入流出 壁・底 対数則条件 構造物 対数則条件
物性値 (流体部)	水(20℃)の物性を用いる。 密度 998.2kgf/m ³ 粘性係数 1.002×10^{-3} Pa・s 比熱 4181.6J/K・kg 熱伝導率 6.10×10^{-1} W/m・K 体膨脹係数 2.100×10^{-4} 1/℃
初期水位	0.15m, 0.25m の2種類
移流項の精度	1次精度の風上差分
乱流モデル	k-ε 方程式モデル
時間刻み	時間間隔一定 (t=0.02秒)

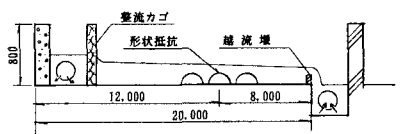


図-1 実験装置概要図 単位 (mm)

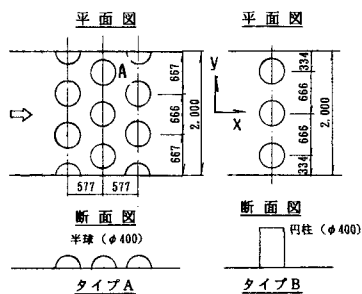


図-2 形状抵抗詳細図
単位 (mm)

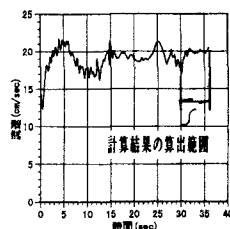
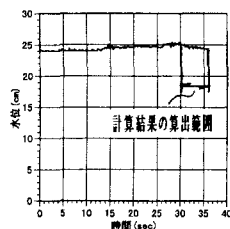


図-3 水位と流速の経時変化 (目-2のA点)

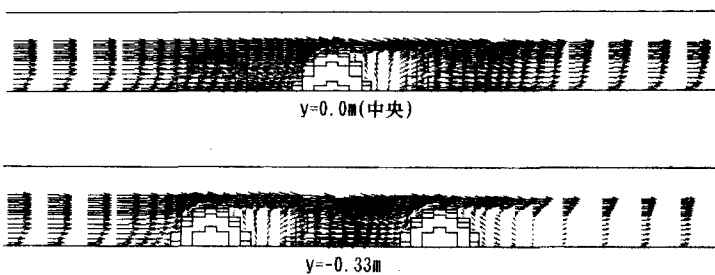
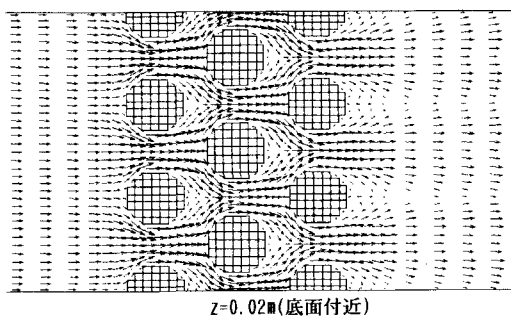
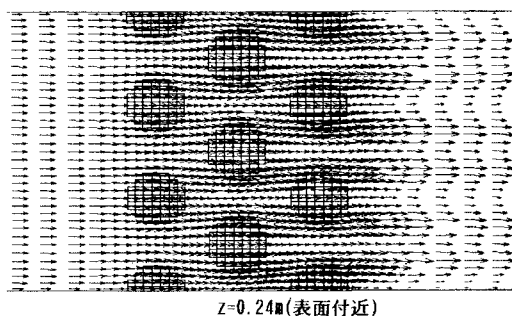


図-4 側面流速ベクトル (t=36s)

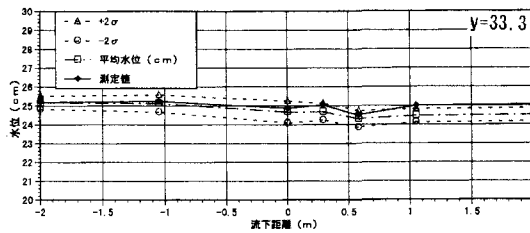
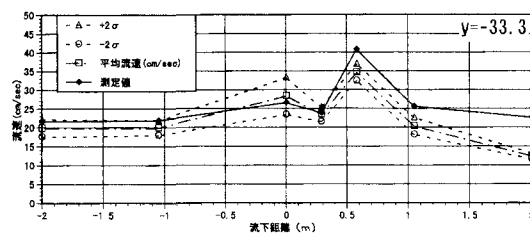
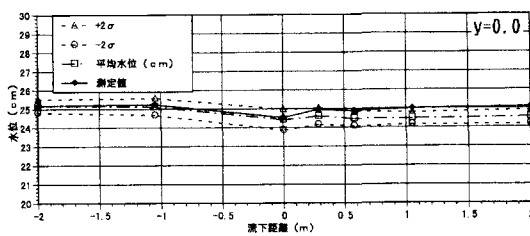
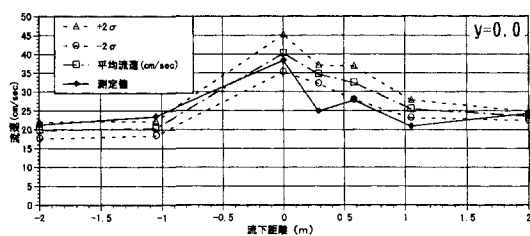


z=0.02m(底面付近)



z=0.24m(表面付近)

図-5 平面流速ベクトル (t=36s)



(a) 流速

(b) 水位

図-6 水位と流速の実験結果との比較