

(株)西日本旅客鉄道 正会員 濱口寛光

(株)アジア航測 正会員 中谷剛

岐阜大学工学部 正会員 田中祐一朗

## 1. はじめに

複数の水制工による閉鎖性領域において、水制工の設置角度や水制間隔の違いは、水制工周辺の流れに重要な影響を及ぼすと考えられる。そこで本研究では、水制工2基による3種類の閉鎖性領域を考え、設置角度及び水制間隔が流れ構造に及ぼす影響について数値解析により検討した。

## 2. 計算手法

**2.1 基礎方程式** 水制工周辺の流れにおいては河川構造物と流れの相互作用による渦を伴う流れが重要であることから、基礎方程式としてはある程度乱流モデルを考慮したものを採用する必要がある。そこで本研究では、乱流の数値解析として広く利用されている $k-\epsilon$ モデルを採用する。また、水制工の設置角度を変えていることもあり、数値計算としては複雑な境界条件にも対応できる任意座標系を採用することが望ましいと考えられる。

**2.2 数値解析手法** 本研究では、衝撃波捕獲法として知られるMacCormackスキームを用いる。この方法は、各段階で後退或いは前進差分を用いることで空間及び時間に関して二次の精度を保つことが可能となる。そして、この順序は逆にすることもでき、本研究では、予測子段階に後退差分、修正子段階に前進差分を用いる。また、MacCormackスキームは、不連続部分において物理的に無意味な数値振動が生じる。その振動を制御するために、本研究では、Hartenによって提唱されたTV-DをMacCormackスキームに適用する。

**2.3 境界条件** MacCormackスキームでは、予測子段階および修正子段階で後退差分或いは前進差分を用いるため、基本的には三角スキームであり、境界における新しい時刻の値を求めることはできない。そこで水深の境界値をBox法を採用して、連続式のみを満足させる。上流端の場合には $(u^k h) = \text{const}$ と与え

ることで水深を求めることができる。下流端では限界水深の条件を与える。また、壁面近傍においては壁関数を用いる。

## 3. 計算条件

**3.1 計算ケース** 計算モデルとしては、1/1000勾配、水路長12.4m、水路幅0.4mの固定床直線水路を設定した。また、Manningの粗度係数 $n$ を0.01とし、長さ0.08m、幅0.005mの水制工を上流から5.5m、5.9mの水路右岸に位置するものとして、これを格子点の一部として計算に取り込んだ。計算ケースは、水制工2基を水路側壁から垂直に突き出た直角水制工と、直角水制工に対して15度内側に傾斜させた水制工と直角水制工に対して入口部の間隔を変えずに15度内側に傾斜させた水制工(以降順にケース1, 2, 3と呼ぶ)の3ケースについて計算した。水路壁面及び水制工壁面でNon slip conditionとし、壁面近傍において壁関数を使用した。

**3.2 初期条件** 渦動粘性係数一定( $\nu_t = 1.0 \times 10^{-4}$ )の計算を行いそれを初期条件として与えた。また、乱流エネルギー、散逸率には初期条件で与えた流速に応じた値を与えることが望ましく、RastogiとRodiによって提案された式によって与える。

## 4. 結果と考察

図-1(a)~(c)に閉鎖性領域内部の水深分布、図-2(a)~(c)に閉鎖性領域内部の流速ベクトル、図-3(a)~(c)に閉鎖性領域入口での流出入流量を示す。図-3において横軸は上流側水制工頂部からの距離を表す。

図-1を見ると、ケース2で水深低下が著しく次いでケース3, 1の順となっている。局所的な水深低下が見られる領域はいずれも下流側水制工の左岸側である。図-2を見ると、大きな流速で下流側水制工付近から閉鎖性領域内部に流入し、上流側水制工に向かうにつれ流速は小さくなっている。主要な渦の長さはケース1で約0.23m、ケース2で約0.25m、ケース3で

約2.2 mである。併せて、図-3をみると、各ケースにおいて最大の流出地点が異なることがわかる。ケース2では水路上流端より5.60 m地点付近で大きく流出しているが、ケース1, 3では、これといった最大流出地点はなく、5.50 m～5.80 mの領域で流出している。また、上流側水制工付近で、ほとんど流速のない領域がある。この領域のサイズは、ケース3が最も大きく、以降ケース1, 2の順に小さくなっている。閉鎖性領域入口部での水交換に要する時間の比較を行うと、ケース1では水交換時間9.23秒、ケース2では水交換時間8.92秒、ケース3で水交換時間10.07秒となっている。ほとんど流速のない領域を考慮すると水交換にこれよりも時間がかかるであろう。

## 5. おわりに

本研究により、標準型 $\kappa-\epsilon$ モデルでは、定常的な循環流は再現できるが、渦の発振等の非定常現象は再現できない。閉鎖性領域のサイズが、長さ：幅＝5：1程度であれば、同じ形状では入口部の大きい方が、入口部の大きさが同じならば主流に沿った形状の方が、水交換に時間を要する等のことが確認できた。

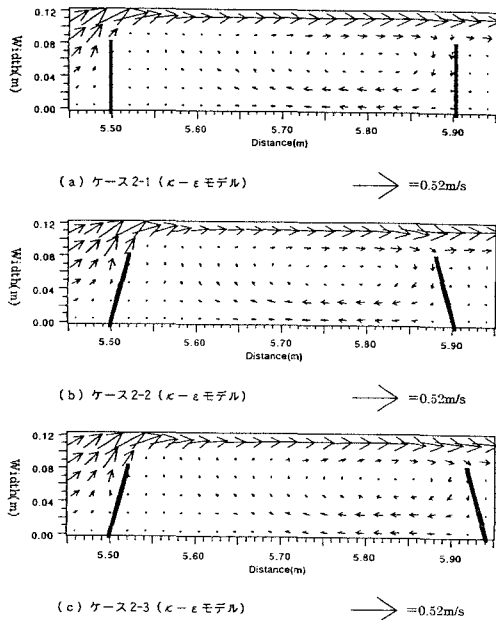


図-2 閉鎖性領域内部の流速ベクトル ( $\kappa-\epsilon$ モデル)

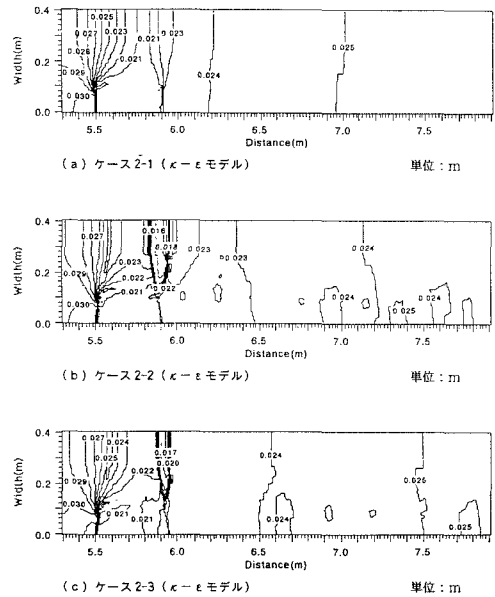


図-1 閉鎖性領域周辺の水深分布 ( $\kappa-\epsilon$ モデル)

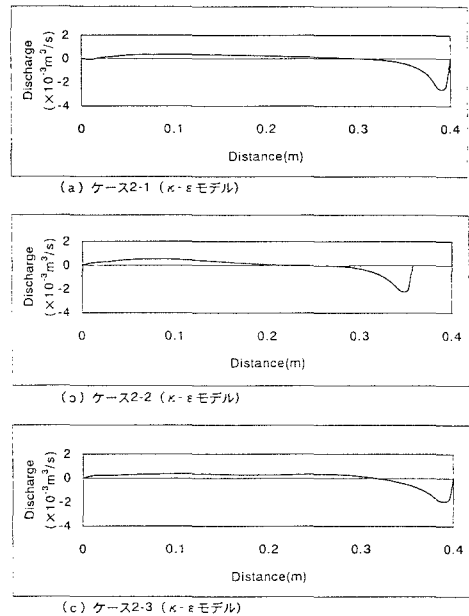


図-3 閉鎖性領域入口での流出流量 ( $\kappa-\epsilon$ モデル)