報文: iRIC NaysCUBE による三次元性の流れの再現検証

株式会社ドーコン	河川部		正会員	工修	○長谷川覚也
株式会社ドーコン	河川環境部		正会員		堀岡和晃
北海道大学大学院コ	〔学研究院	准教授	正会員	工博	木村一郎

1. はじめに

近年,河道の二極化が維持管理上の課題となってい る.しかし現在のところ,その要因の十分な解明には 至っていない.これまでの研究報告によれば,二極化 の要因は,土砂,樹木,岩河床,三次元性の流れなど 様々な要素が相互作用した結果であると推測できる. 本報は,これらのうち三次元性の流れに着目したもの である.三次元モデルによる流況解析は,iRICソフト ウエア¹⁾に搭載されている NaysCUBE ソルバー²⁾の普 及に伴い,これまでよりはるかに容易となった.しか しながら,NaysCUBE ソルバーの再現精度を検証した 事例は少なく,特に実河川規模における再現精度につ いては明らかにはなっていないという課題がある.

本報は、三次元流況解析モデルである NaysCUBE の 再現精度を明らかにすることを目的として、既往文献 にある実験水路及び用水路の三次元性の流れの観測値 と計算値を比較した結果を報告するものである.

2. 検討概要

観測値は, 福岡ら³⁾による弯曲実験水路における第 一種二次流 (CASE-1), 禰津ら⁴⁾による直線水路 (琵琶 湖疎水)における第二種二次流 (CASE-2), 同じく直線 水路 (愛知用水)における主流速の等流速線 (CASE-3) として示される, グラフの読み取り値とした.

計算値は、これらの既往文献の水路形状・水理条件 に NaysCUBE の計算条件を合わせた計算結果とした.

本報に示す全ての計算条件は,乱流モデルを二次非 線形 k-εモデル,移流項の空間差分スキームを三次精 度 TVD MUSCL とした.なお,NaysCUBE のバージョ ンは, 3.00.6 64bit (2014/5/19)である.

3. 計算条件及び計算結果

3-1 弯曲実験水路(CASE-1)

水路形状は,水路幅 B=1.0m,最大水深 h=0.08m の

逆三角形横断,曲率半径 r=4.5m の一様弯曲水路とした (図-1).水理条件は,流量 Q=0.018m³/s,底面の粗度 係数 n=0.0165,壁面の粗度係数 n=0.010 とした.

評価地点における計算結果では、観測値同様に第一



キーワード iRIC, NaysCUBE, 三次元流況解析, 実験水路, 用水路, 再現検証 連絡先 〒004-8585 北海道札幌市厚別区厚別中央1条5丁目 (株) ドーコン 河川部 TEL 011-801-1587 種二次流が確認された(図-2). その横断方向成分について観測値と比較すると,ある程度の差異はみられるものの鉛直方向分布形状は概ね一致した(図-3).

3-2 直線水路(琵琶湖疎水)(CASE-2)

水路形状は,水路幅 B=17.5m,水深 h=2.2m の直線 一様矩形水路とした.水理条件は,平均流速 U_m=0.36m/s,連続式より流量 Q=13.86m³/s,底面の粗 度係数 n=0.030,壁面の粗度係数 n=0.010,河床勾配 i=0.00004076,周期境界条件は主流方向で"あり",周 期境界条件時の流量を"勾配で調整"とした.

計算結果では、観測値同様に第二種二次流が確認された(図-4).観測値と比較すると、第二種二次流セルの発生数はともに5つで一致し、その回転方向も左岸端を除く5つ中4つで一致した(図-4).また、横断面 平均値で除して無次元化した河床せん断応力でがつ横 断方向分布形状についても概ね一致した(図-5).



3-3 直線水路(愛知用水)(CASE-3)

水路形状は,水路幅 B=4.1m,水深 h=1.6mの直線一 様矩形水路とした.水理条件は,平均流速 U_m=0.42m/s, 連続式より流量 Q=2.76m³/s,底面の粗度係数 n=0.020, 壁面の粗度係数 n=0.020,河床勾配 i=0.00003770,周期 境界条件は主流方向で"あり",周期境界条件時の流量 を"勾配で調整"とした.

計算結果では,観測値同様に最大流速点の降下現象 が確認された(図-6).また,流速 Uを最大流速 U_{MAX} で除して無次元化した U/U_{MAX}の等値線は,観測値の横 断面分布形状を概ね表している(図-7).



4. おわりに

本報では、iRIC NaysCUBE を用いた三次元流況解析 の計算値と、実験水路及び用水路の流れの観測値を比 較した.その結果、本モデルは第一種二次流、第二種 二次流、流速の横断分布及び最大流速点の降下現象に ついて表現可能かつ一定の精度で再現可能であること を明らかとした.なお、NaysCUBE と同じ基礎方程式 を用いることにより、気体の馬蹄形渦の実験値を良好 に再現した報告⁵⁾があることから、本モデルは馬蹄形 渦についても表現可能であると推測できる.今後は馬 蹄形渦についても検証していきたい.

参考文献

- 1) iRIC: http://i-ric.org/ja/ 2) 木村一郎: iRIC 三次元ソルバー NaysCUBE Ver.2 Solver Manual 第四版, 2012.
- 3)福岡捷二,西村達也,三宮武,藤原剛:緩傾斜河岸を配置した河道湾曲部に流れと河床形状,土木学会論文集, No.509/II-30, 155-167, 1995.2.
- 4) 禰津家久, 冨永晃宏, 中川博次: 河川乱流の野外計測と2 次流に関する研究, 土木学会論文集 No.467/II -23, P49-56, 1993.5.
- 5)木村一郎,細田尚,音田慎一郎:柱状流線型構造物周辺の 三次元乱流構造に対する非線形 k-モモデルの適用性,応用 力学論文集 Vol.6, pp.811-818, 2003.8.