

II-192

矩形断面蛇行開水路流れの乱流構造解析

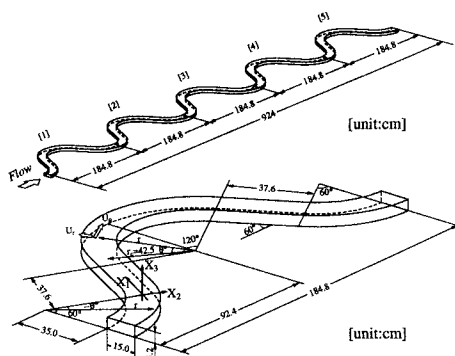
宇都宮大学大学院 学生員 佐藤亮輔
 宇都宮大学大学院 正 員 杉山 均
 宇都宮大学工学部 秋山光庸

1. 緒 言

いくつかの曲がり形状より構成される蛇行開水路流れは多くの自然河川に見られる典型的な流れ場である。しかしこうした流れ場についてレイノルズ応力分布の予測までも含め数値解析した研究はその形状、乱流構造の複雑さゆえ未だ報告されていない。そこで本研究では、レイノルズ応力までも詳細に測定した武藤-塩野-今本-石垣⁽¹⁾の実験を対象に数値予測することを目的とする。

2. 解析手法

2.1 対象実験： 解析対象とした武藤ら⁽¹⁾の矩形断面を有する単断面蛇行開水路の実験装置概略図、ならびに計算座標系を Fig.1 に示す。蛇行開水路は図に示すように5周期の蛇行水路により構成され、その1周期の長さは184.8cm でその全長は924cm となる。さらにその半周期蛇行開水路は曲がり角 60° 、曲がり半径 $r_c = 42.5\text{cm}$ の曲がり開水路と37.6cmの直線開水路より構成されている。開水路断面は矩形断面形状を有し、その河床幅は15.0cmである。平均水深は5.2cmと報告している。レイノルズ数は代表速度に断面内主流方向平均速度、代表寸法に径深 R の4倍を取った値で $Re = 21,900$ である。



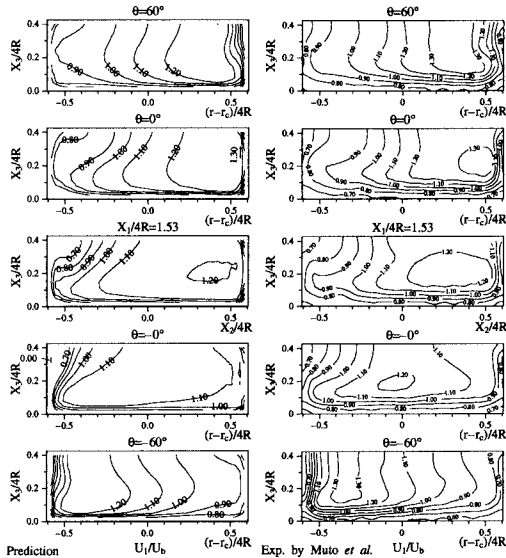


Fig.2 主流方向等値線図の比較

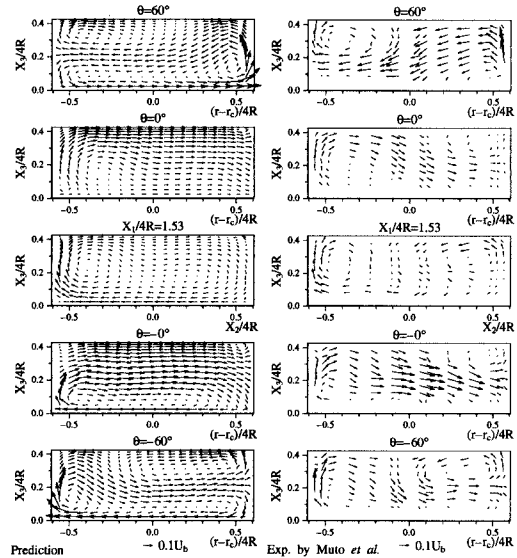


Fig.3 二次流れベクトル線図の比較

壁に向かう力との大小により流れ場は大きく変化するが、蛇行開水路の場合外壁に生成される大きな圧力勾配により主流方向速度の移動が内壁側に抑制されたものと解釈できる。

次に二次流れベクトルを両結果にて比較したものを Fig.3 に示す。比較図は上流側からの断面を示している。また計算結果に関してはベクトルの判別が容易なように格子点数を少なくして表示している。 $\theta = -60^\circ$ の実験結果より自由水面近傍の $(r-r_c)/4R = -0.1$ から 0.5 にて反時計回りの渦と、その渦を回り込むように内壁から外壁に向かう二次流れが認められる。計算でも同様のパターンを再現している。先にこの断面で最大主流方向速度は内壁に生成されることを示したが自由水面近傍の渦はその移動を抑制している。

$\theta = -0^\circ$ では遠心力の影響が顕著となり内壁から外壁に向かう二次流れが支配的となることが両結果より認められる。直線開水路に流入すると遠心力の作用がなくなるため二次流れは減衰すると予測されるが、実験、計算ともにこの傾向が認められる。ただし計算では一つの渦が流れ場を形成しているのに対し実験では二つの渦が認められ異なっている。 $\theta = 0^\circ$ では曲がり外壁に高い圧力勾配が存在することにより外壁から内壁に向かう二次流れが生成される。実験では河床壁の $(r-r_c)/4R = -0.5$ 近傍で河床壁から自由水面に向かう二次流れの上昇が認められ、計算も同様の現象を予測している。 $\theta = 60^\circ$ に至ると実験、計算ともに二次流れのパターンは $\theta = -60^\circ$ 断面を下流側から透視したパターンと同一となる。

4. 結 論

- (1) 蛇行開水路では最大主流方向速度は流路内壁に認められるが本解析は定性的にも定量的にもこの現象を予測した。
- (2) 二次流れは第一曲がり開水路で内壁から外壁へ、第二曲がり開水路では外壁から内壁に向かい形成されるが計算もそのパターンを良好に予測した。

参考文献

- (1) 武藤, 塩野, 今本, 石垣, 京大防災研究所年報, 第 38 号 B-2, pp.561-580, 1995
- (2) Rodi, W., Z. Angew. Math. Mech., 56, pp.219-221, 1976
- (3) Launder, B.E., Reece, G.J. and Rodi, W., J. Fluid Mech., vol.68, pp.537-566, 1975
- (4) 杉山, 秋山, 芹沢, 機論, 56-531, B, pp.3328-3335, 1990