

湾曲複断面水路における流れの水理学的検討

長崎大学大学院 学生員 ○中島 隆信  
長崎大学工学部 正員 野口 正人

1. まえがき

近年、都市域における社会基盤整備が急速に進められており、それにともなって、国民生活の質の向上が叫ばれるようになってきた。河川整備に関しても、河川景観あるいは流域生態系への影響等、質的な配慮が必要とされており、多自然型工法が多用されるまでになっている。

ところで、今後さらに河川整備を進めていく上では、人工的に整備された複断面水路における流れを明らかにしておくことが重要である。特に、多自然型工法がこれからのわが国における河川整備の主流となりつつあることを考えると、その必要性は今後益々高くなるものと思われる。これらのことから本研究では、湾曲複断面水路における流れを取り上げ、水理学的に検討することとした。

2. 有限要素法を用いた数値シミュレーション・モデルの概要

複断面水路における流れは、空間的な粗度係数の違い等の理由により3次元적であり、本来的には数値計算もそのように取り扱われるべきであるが、ここでは、実用上のことも考慮して以下の方程式を取り挙げた。

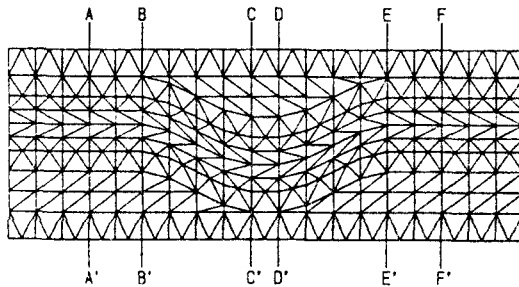
$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (h \cdot U_\nu)}{\partial x_\nu} = 0 \quad (\nu = 1, 2) \quad \dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial U_\mu}{\partial t} + U_\nu \frac{\partial U_\mu}{\partial x_\nu} = -g \frac{\partial H}{\partial x_\mu} - \frac{1}{h} \frac{\tau_{\mu b}}{\rho} \quad (\mu, \nu = 1, 2) \quad \dots\dots(2)$$

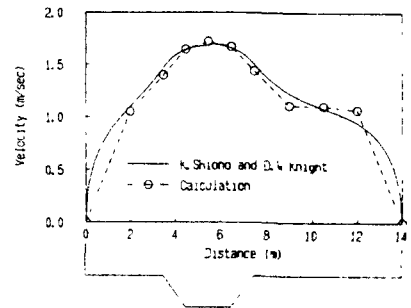
本モデルでは、(1)、(2)式をガレルキン法を用いて離散化し、時間方向にExplicit型の解法を用いることによって複断面水路における流れが求められる。なお、離散式の詳しい説明は紙面の都合で省略する。

3. 湾曲複断面水路への適用

本計算の対象領域は湾曲複断面水路とし、この領域全体を【図-1】に示される三角形有限要素に分割した。



【図-1】 計算領域

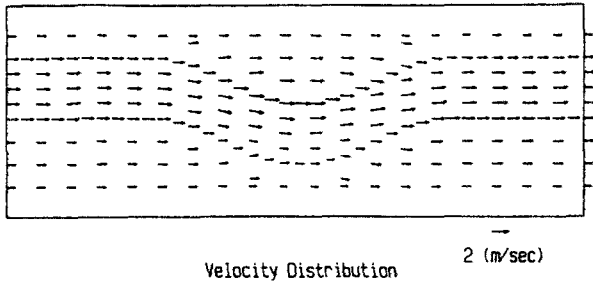


【図-2】 流速分布 (数値解と解析解との比較)

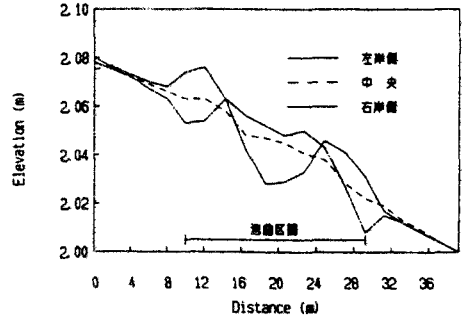
まず、本計算の境界条件の妥当性を検証するため、直線部分における横断方向の流速分布をK.ShionoとD.W.Night が提案する流速分布式<sup>1)</sup>と比較した図を【図-2】に示す。本図より、両者は良く一致していることが分かり、本計算の境界条件は妥当なものであると言える。

【図-3】は、本モデルによって得られた速度ベクトルの空間分布を示しており、低水路から高水数への乗り上げ、高水数から低水路への落込み等、湾曲複断面水路特有の流況が見られる。

また、本モデルによって得られた水位の縦断方向の変化を低水路左岸側、中央、右岸側に分けて示せば、【図-4】のようである。この図より、低水路中央での水位がほぼ一様に変化しているのに対して、左岸側、右岸側の水位は水路の湾曲のために大きく変動していることが分かる。

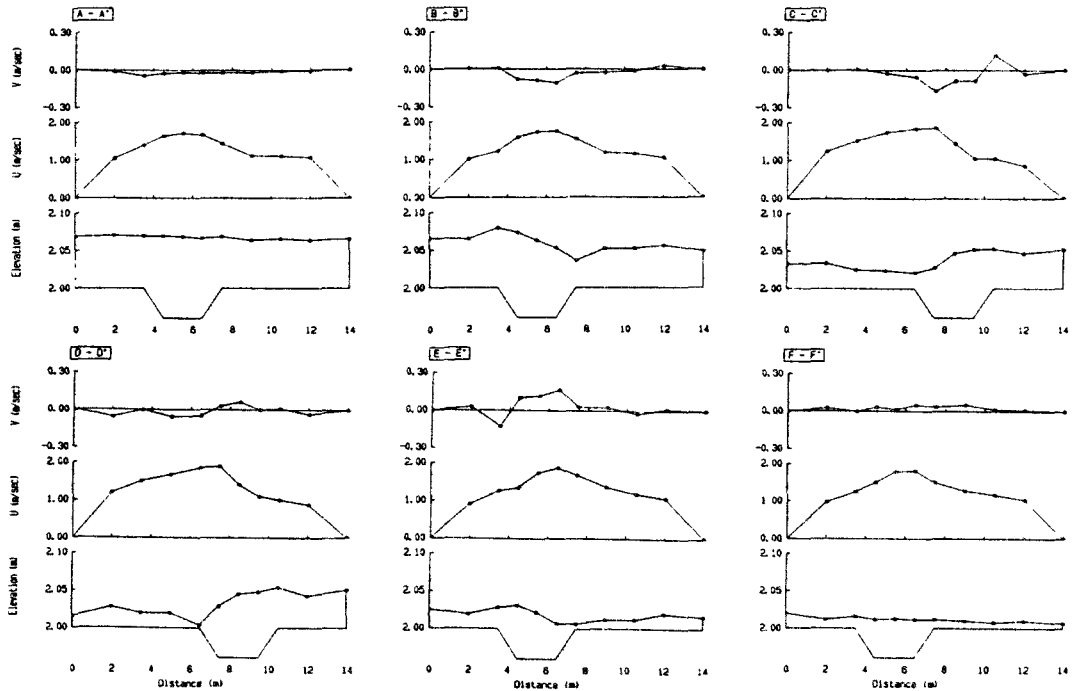


【図-3】 速度ベクトルの空間分布



【図-4】 水位の縦断方向の変化

【図-5】は、【図-1】に示されたそれぞれの断面での水位、流下方向ならびに横断方向の流速 $U$ 、 $V$ の横断分布を表したものである。水位、 $U$ とも湾曲流の特徴を良く表しており、特に $U$ については、最大流速が湾曲部の内側で発生していることが分かる。また、 $V$ については、その値が湾曲部において比較的大きくなっており、複断面水路に形成される2次流の一つの大きな要因になっているものと考えられる。



【図-5】 水位、流速の横断分布

#### 4. あとがき

上述された結果より、本数値モデルは、湾曲複断面水路における湾曲流の挙動を比較的良く表しており、有効なモデルであると言える。このモデルを用いれば、空間的に粗度係数が変化するような流れのシミュレーションが容易にされるが、実用計算のためには、輸送係数の評価等、残された問題もあり、これらについては今後検討したい。

#### 参考文献

- 1) K. Shiono and D. W. Knight (1988) : Two Dimensional Analytical Solution for a Compound Channel, Pro. 3rd Int. Sym. on Refined Flow Modelling and Turbulence Measurements, IAHR, pp.503-510