

高知工業高等専門学校 学生会員 ○笹岡良治
高知工業高等専門学校 正会員 岡田将治
高知工業高等専門学校 正会員 山崎利文

1. 序論

三又は、江戸時代初期に土佐藩家老として新田開発に尽力した野中兼山が開いた用水路である。昔そのままの石積みが残し、現在でも一樹の農業用水として使用されている。三又では上井堰からきた水を、十善寺溝、町溝、東野溝の三つの大きな溝と小さな二つの溝、原田溝、武市溝の五つに分水している。本研究では、三又の分流現象に着目し、分水路において水路の形状や下流端水位、粗度係数などの条件が分水率に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. ADCP を用いた流況測定

現在の三又分水路の流況(各溝への分水率)を調べるために、トータルステーションを用いて水路周辺の3次元形状を計測し、ADCPを用いて流量、河床形状、流速測定を行った。写真-1はADCPを用いた流況観測の様子を示したものである。三又を流れる水量は上流側のゲート操作によって変化するが、流量観測を行った2005年10月22日(土)の11:30-14:30の間は流量変化が見られなかった。本研究では分流前を2断面、東野溝との分流および町溝と十善寺溝の分流の合計6断面の計測を行った。流量の算定には同じ断面を繰り返し測定し、測定値が10%以内に収まる4回分の平均値を観測値とした。流速測定時の設定では、水深が40cm程度であったことから、水深方向の層厚を2cmとして、計測層数を20層とした。図-1は測量結果から作成した三又分水路の形状と、ADCPで測定した実測流速ベクトル図と各溝の流量、分水率を示したもので、図-2は図-1の断面⑥の流速分布を示している。図-1、図-2より、主流は水路中央よりも左側に偏っていることがわかる。また流速は水路中央で最も大きい値を示し、1.5m/sから2m/sとなっている。右岸近傍では流速がほぼ0か小さな逆流が生じていることがわかる。観測結果は分流前が1.407m³/s、1.428m³/sで最初の分流で東野溝に0.526m³/s、本川に0.937m³/sという結果であった。これらの和が1.463m³/sであることから誤差3%以内で流量計測ができていることがわかる。また、町溝には0.660m³/s、十善寺溝には0.308m³/sが分流している。つまり分水率は東野溝に約35%、町溝に約44%、十善寺溝に約21%という結果になった。



写真-1 ADCPによる流量観測

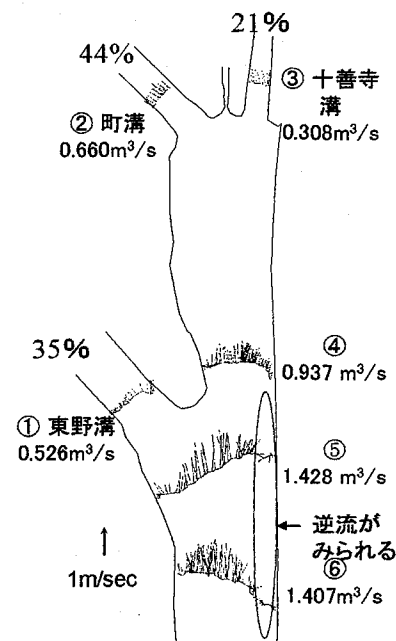


図-1 ADCPで測定した実測流速ベクトル (各断面の値は流量を示す)

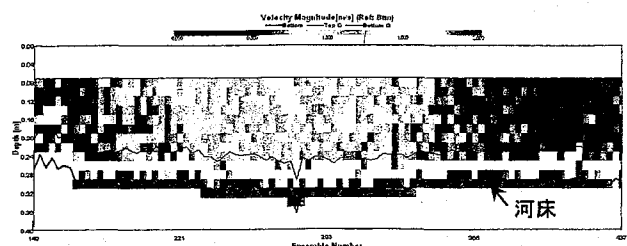


図-2 図-1の断面⑥の横断流速分布

3. 平面二次元流況解析

測量データ, ADCP 測定結果を用いて平面二次元流況解析¹⁾を行った。解析に用いた基礎式を図-3 に示す。基礎式に以下のような境界条件を設定して解析を行った。上流端流量=1.463 m³/s, 下流端水位=8.750m, マニングの粗度係数=0.020, 渦動粘性係数に関する係数=0.3 とした。上流端流量は ADCP 測定結果から得た流量を用いて, 下流端水位は最も下流側の河床高に水深 42cm をプラスした値を設定し, 粗度係数はコンクリート護岸が多いことから 0.02 と設定した。

図-4 は解析結果から作成した上流側の水位分布と水深方向に平均化した流速ベクトル図である。図-4 から主流は水路中央よりも左側に偏っていることがわかる。また ADCP 測定結果でも生じていた右岸近傍の逆流も再現できている。解析結果からは東野溝に 0.257 m³/s (20%), 町溝に 0.684 m³/s (50%), 十善寺溝に 0.435 m³/s (30%) という結果を得た。水位分布では右岸では水位が低くなってから分流前に水位が高くなっていることがわかる。このため逆流が生じていると考えられる。野中兼山は東野溝への流量を増やすために淀み域を作ったと考えられる。

4. 結論

表-1 は ADCP 測定結果と解析結果のそれぞれの各溝への分水率を示したものである。測定結果と解析結果で分水率に大きな差が見られた。解析結果には示していないが計画分水量である 2.101 m³/s を上流端流量として解析を行ったが, 分水率に変化は見られなかった。このことから, 河床形状が分水率を決定するのに重要な要因であるということがわかる。解析結果と ADCP 測定結果解析で差が生じたのは河床形状のデータが少なすぎたためであると考え, 再度測量をし, 河床形状のデータを増やして解析を行ったが, 分水率に大きな変化は見られなかった。更に河床形状を測量し解析を行う必要がある。境界条件では, 河床粗度はコンクリート護岸の場所が多いことから断面一律に $n=0.02$ を与えたが, 実際には断面一律ではなかった。また, 下流端水位は最も下流側の河床高に水深 42cm をプラスし, どちらの水路にも同じ下流端水位を与えて解析を行ったが, 分流後の下流端水位は異なっている可能性がある。このようなことが原因で測定結果と解析結果に差がでたと考えられる。

ADCP を用いた測定を測定断面を増やして行うこと, また, 下流端水位, 粗度係数の値を変えて解析を行い, それらが解析結果にどれだけ影響するのかを明らかにすることが今後の課題としてあげられる。

参考文献

- 1) 細田尚、長田信寿、村本嘉雄：移動一般座標系による開水路非定常流の数値解析、土木学会論文集 No. 533/II-34、pp. 267-272

連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_s}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}(-\overline{u'^2}h) + \frac{\partial}{\partial y}(-\overline{u'v'h})$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_s}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}(-\overline{u'v'h}) + \frac{\partial}{\partial y}(-\overline{v'^2}h)$$

図-3 解析に用いた基礎式

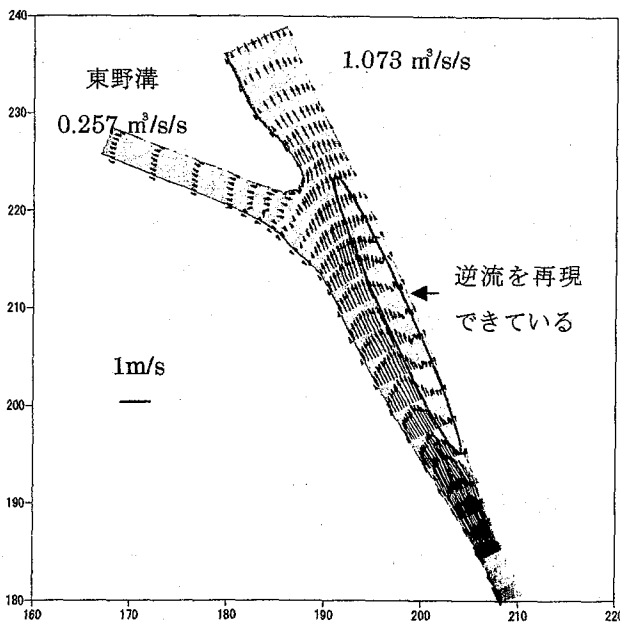


図-4 上流側の水位分布と流速ベクトル図 (解析結果 $Q=1.463\text{m}^3/\text{s}$ の場合)

表-1 三又分水路の各溝への流量と分水率 (上流端流量 $Q=1.463\text{m}^3/\text{s}$ の場合)

	東野溝	町溝	十善寺溝
ADCP	0.526 m ³ /s	0.660 m ³ /s	0.308 m ³ /s
測定結果	35%	44%	21%
解析結果	0.257 m ³ /s	0.684 m ³ /s	0.435 m ³ /s
	20%	50%	30%