

複断面水路の水利特性に関する研究

京都大学防災研究所 正員 工博 芦田和男
 京都大学防災研究所 正員 工修 高橋 保
 京都大学大学院 学生員 ○竹元忠嗣

1. はしがき 我国の河川は複断面形状をとる場合が多いが、その流れの様相はきわめて複雑であり、その河道効果についても詳細は明らかにされておらず、河道維持あるいは洪水流に対する効果の解明が要請されている。本報告はこの問題を解明する第一歩として実験的に複断面定常等流の特性を把握すると共に、この種の流れに対する今後の研究推進の方向を明らかにしようとしたものである。

2. 実験概要 (1) 実験装置および方法 実験水路は幅60cm、高さ19cmの低水路の両側に幅120cmの横断方向に水平な高水敷を対称に接続した長さ50mのコンクリート製複断面水路で、低水路・高水敷共にこう配は $1/1000$ である。流速分布の測定はピトー管と傾斜マノメーターを用いた。(2) 実験ケース 実験ケースは表-1のとおりであり、実験1は流れが低水路のみの場合、実験2~4は全断面を流れる場合である。実験精度は堰による検定流量と流速分布による積分流量とから誤差は3%以内と考えられる。なお低水路のManningの粗度係数は0.0101である。

表-1 実験の種類

実験ケース	堰流量 Q_0 ℓ/sec	積分流量 Q_1 ℓ/sec	Q_1/Q_0	低水路 水深 cm	高水敷 水深 cm
実験 1	71.1	69.1	0.972	16.97	
実験 2	89.0	86.4	0.971	20.36	1.27
実験 3	110.4	111.2	1.015	22.16	3.00
実験 4	143.4	146.4	1.021	24.05	4.72

3. 実験結果とその考察 図-1は実験4について流速の鉛直分布を横断方向の各点で求めたものであるが、低水路と高水敷の境界面付近から低水路中央に向かって分布形の歪みが顕著である。すなわち低水路の流速は側壁のごく近傍の側壁効果の大きい部分を除いて水面近くで減少している。これは高水敷の流水が、境界面を通して混合し、低水路の流水に対して抵抗として作用することを示している。このような混合の状態は境界面に散布したアルミニウムの粉末や色素の運動からも確認することができた。各実験ケースに対する断面平均流速、最大流速、表面最大流速と水深との関係を図-2に示す。断面平均流速のうち水深が小さい方の二点は等流計算からもとめた。高水敷以上に水位が上昇すると、各流速は急激に低下し、高水敷上の水深が大きくなると回復する傾向が見られる。このことは高水敷上の水深が小さい間は運動量の交換に基づいて生ずる抵抗が低水路のみの流れの場合に比してかなり大きく、高水敷上の水深が増加すると共に複断面の特性が失われていき、それ自体一つの合成低水路の状態に接近していくためと考えられる。したがっ

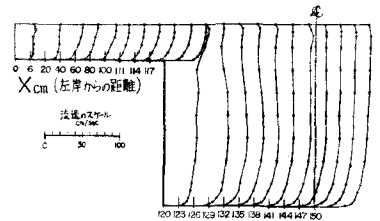


図-1 流速の鉛直分布(実験4)

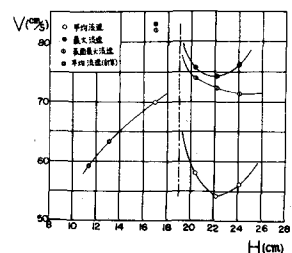


図-2 流速・水深曲線

て運動量の交換による効果は水深が小さい場合に重要となってくるものと思われる。

図-3は実験4に対する各断面における水深方向の流速分布を示す。図の直線は滑面水路に対する対数分布の理論曲線である。低水路と高水敷との境界面 ($X=120$) 付近を除いて低水路高水敷共に比較的に対数分布に近似している。しかし境界面付近では低水路の側壁の影響および高水敷上の流水の混合の影響によって対数分布から離れ、高水敷側においても流速の増加の様子がみられる。横断方向の平均流速は図-4に示すようである。境界面での低水路側の平均流速はその両側の断面の平均流速よりも小さくなっている。これは低水路の側壁近傍での流速が遅れるため、平均流速が小さくなるものと考えられる。

なお図-4の曲線は滑動粘性係数が水深と流速の積に比例ずるとして求めた平均流速の横断分布形状である。実験値は曲線よりも低水路側では小さく、高水敷側では大きくなっており、計算値と実験値とはかなり差がある。この計算においては乱流混合の効果は鉛直方向、水平方向のいずれにも同一であると仮定しているためにこのような結果がでてきたと考えられ、これから低水路と高水敷の境界面における横断方向の混合効果が特に重要であることが分る。

なお高水敷側の様な分布曲線部分にはほぼ二次元流の場合の値を示しており、実際の流速は低水路側との混合効果のため二次元流の値よりも大きくなっている。

前述したように高水敷上で流速が二次元流とした場合の流速より大きくなることは、従来の断面分割による流量計算方法では導くことはできない。また低水路側では高水敷による抵抗効果を考慮しない場合には流量評価が過大になるであろう。図-5は従来の断面分割方法による流量の計算値と実験値とを比較したもので、全流量と低水路部分の流量はいずれも計算値がかなり大きくなっている。ただしこの場合、低水路の流量計算には低水路と高水敷の境界における摩擦抵抗はないと仮定して計算しており、もしこの境界に適切な粗度を与え、また高水敷側には下流方向へのshearを与えるならば断面の分割によっても正しい流量計算ができるであろう。境界面における粗度としては従来、低水路の潤辺の粗度と同一であるとして計算されている場合もあるようであるが、このように計算してもなおこの実験においては低水路流量が過大となり、実際にはもっと大きな抵抗を考えなければならぬ。したがって複断面水路における流量計算を行なうという実用的な問題に対しても特に高水敷上の水深が比較的小さい場合には低水路との境界面における横断方向の流水の混合効果を定量的にも把握することが重要であり、今後のより詳細な検討を必要とする。

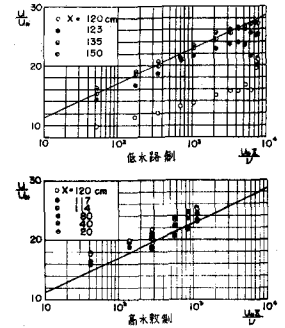


図-3 対数分布(実験4)

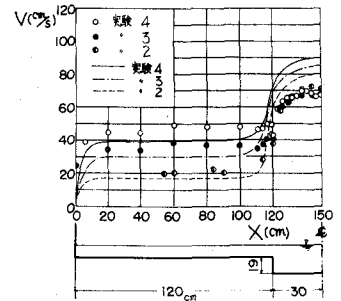


図-4 横断方向の平均流速

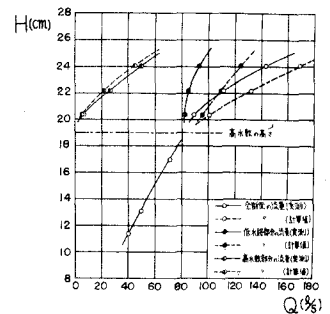


図-5 水深-流量曲線