

名古屋工業大学 学生員 神谷昌文

名古屋工業大学 正 員 富永晃宏

1. まえがき 電磁流速計を用いた直線の中規模の開水路流れの計測によって、流れの3次元構造は二次流や乱れの内部構造に至るまで実験室水路の結果とよく一致し、レイノルズ数によらない開水路乱流構造の相似性が確認されるとともに、実スケールの流れ場では電磁流速計によって乱流計測が十分可能であることがわかった^{1), 2)}。そこで、用水路などの断面形状や壁面の整った水路において、実験室では得ることの困難な流れ場の計測を行い基礎的なデータを収集することが可能になると考えられる。湾曲部の乱流構造に関する基礎データは極めて少ないことから、本研究では、愛知用水の湾曲部において計測を行ったものである。

2. 計測水路および方法 計測は名古屋市緑区大高町の愛知用水文久山開水路で行われた。水路条件を表-1に示す。水路はコンクリート製の長方形断面で、計測地点の水路断面図を図-1に、平面図を図-2に示す。A地点は湾曲部内の橋で、B地点は湾曲終了後36.5m下流の直線部の橋である。流速計は $\phi=6\text{mm}$ の2成分電磁流速計と1成分流速計(いずれも計測技研製)を組み合わせた計測システムを用いた。すなわち2成分プローブで(u,v)成分を、1成分プローブで(w)成分を計測し、この2本のプローブは5cm離して一体として移動するようにセットされた。移動装置は、 $\phi=40\text{mm}$ の支柱に沿って $\phi=20\text{mm}$ のプローブ支持棒をスライドできるようにしたものである。サンプリング周波数は20Hzで計測時間は205秒とした。

3. 計測結果とその考察

3.1 湾曲部(A地点) 湾曲部の等流速線を図-3に示す。湾曲開始からわずかに 40° の位置にもかかわらず、最大流速位置はかなり外岸側に存在し、ここから内岸側に向かって直線的に急激な減少を示している。従来の実験結果によれば^{3), 4)}、この位置では自由渦的な挙動を示し内岸側が高速になるが、この場合は強制渦となっている。この水路は水路幅・曲率半径比が小さく、また水路幅水深比が小さいため、遠心力の効果が顕著でなく、水面の横断勾配も無視できるほど小さいことが影響していると考えられる。二次流については

表-1 水路条件

	流量 Q (m^3/s)	水路幅 B (m)	水深 h (m)	平均流速 U _m (m/s)	レイノルズ数 Re $4RU_m/\nu$	Froude数 Fr $U_m/\sqrt{gh}$
A地点	3.67	4.10	1.35	0.665	2.0×10^6	0.18
B地点	3.20	4.10	1.40	0.559	1.7×10^6	0.15

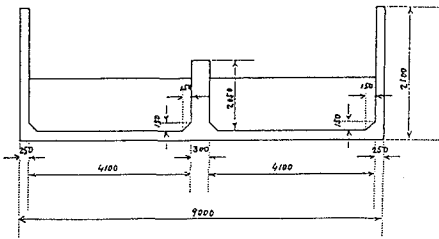


図-1 計測水路断面図

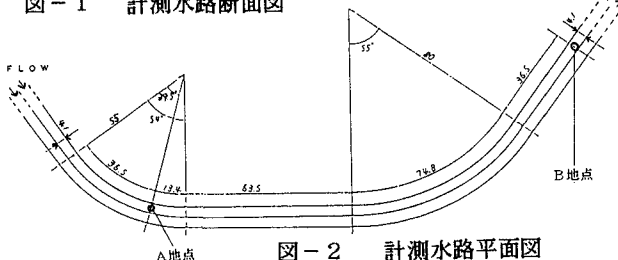


図-2 計測水路平面図

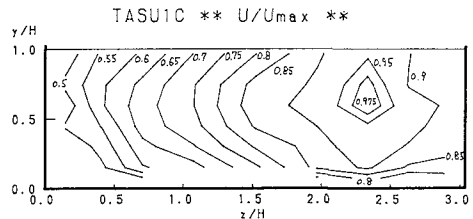


図-3 主流速等値線(湾曲部)

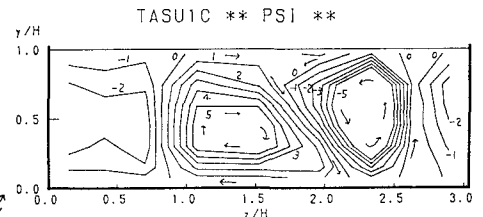


図-4 二次流流線図(湾曲部)

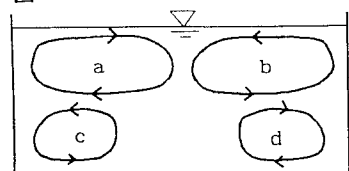


図-5 直線開水路の二次流パターン

横断方向流速 W より計算した流れ関数の等値線を図-4に示す。2つの大きな縦渦構造が明確に認められ、図-5に示した直線開水路の一般的縦渦構造と比較すると、aの水面渦が水路中央部へ移動し水深規模の渦に発達し外岸側底面に潜り込むように流れ、外岸側ではbの水面渦と同じ向きを持つ渦が発達している。湾曲部に特有の水面で外岸へ向かい底面で内岸へ向かう単一の二次流とは異なり、直線開水路でみられる乱れに起因する二次流の影響が強く残っていると考えられる⁵⁾。乱れ強度3成分の分布を図-6に示す。 u'/U_x は水路中央から外岸にかけての底面近くと内岸側壁近傍でほぼ直線水路と同様の値を示すが、壁から離れてもあまり減少せず相対的に大きな乱れを示している。 v'/U_x は非常に特徴的な分布を示し、内岸よりでは底面と水面で小さく半水深付近で大きい中膨らみの分布となり、中央領域では一様な分布に近い。 w'/U_x は底面近くはやはり直線水路の値に近く、内岸側と最大流速点付近で小さくなり、全体に水面近くの値が大きい。

3.2 湾曲部下流(B地点) 湾曲下流の直線部の主流速等値線を図-7に示す。湾曲終了後約35m下流にもかかわらず、最大流速位置は湾曲部とほぼ同じく外岸側の $z/H=2.25$ 付近にある。しかし、全体に横断方向の流速差は小さくなり、底面近傍は一様化し壁面摩擦が支配的な流れ構造になっている。二次流の流れ関数の等値線を図-8に示す。内岸側では直線開水路の二次流構造と同様な構造に回復しているが、その規模、強さともに直線水路の場合より大きい。外岸側はまだ湾曲部の構造が残る不明確となっている。図-9は乱れ強度 u' の等値線である。平均流速と同様にまだ湾曲の影響が残っているが、最大流速付近では湾曲部で大きかった乱れが通常のレベルにまで回復している。ここではしだいに直線水路の構造に近づきつつあるといえるが、完全に対称な分布になるにはかなりの流下距離を要するものと思われる。

4. あとがき 今回計測した湾曲部は、幅・水深比および幅・曲率半径比が小さいケースであり、この場合湾曲直後においても強制渦的挙動を示し外岸側が高速になる。また、二次流は直線水路に存在する二次流の影響が強く残っていることが確認された。流れ方向の変化過程を詳細に検討することはできなかったが、今後さらに計測を継続して行きたい。最後に、計測に御協力頂いた水資源開発公団・愛知用水総合事業部、東海支所の皆様および計測に携わって頂いた当時名工大水工研学生の皆様に感謝の意を表します。

<参考文献>1)富永ら：土木学会第46回年講、1991、2)富永：ミシホジウム「流れと流砂の同時計測」、1991、12、3)村本ら：京大防災研年報第8号、1965、4)玉井ら：土木学会論文報告集、331、1983、5)Bathurst, J.C. et al.: J. Hydraulic Div. ASCE, vol.105, No. HY10, 1979.

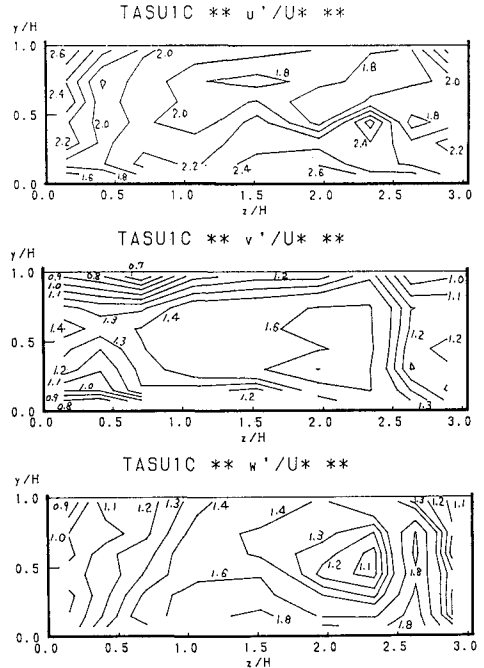


図-6 乱れ強度分布(湾曲部)

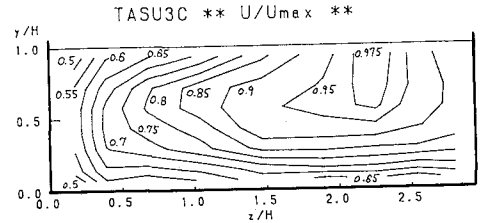


図-7 主流速等値線(湾曲部下流)

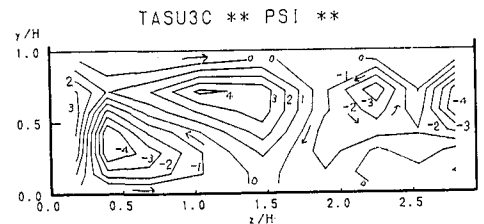


図-8 二次流流線図(湾曲部下流)

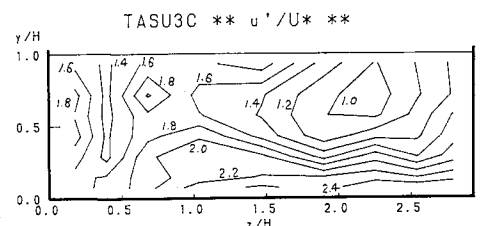


図-9 乱れ強度分布(湾曲部下流)