

水路蛇曲部における側壁領域の乱流構造

徳山 高専 正員 ○渡辺勝利*

大成博文*

佐賀孝徳*

中電技術ツツカ 正員 前田邦男**

1. はじめに

湾曲あるいは蛇行した流路の側壁付近の流れは極めて複雑な3次元乱流であり、その解明は水工学的に重要な課題である。そこで、本研究では、水路線形が直線から蛇行へ移行する水路乱流の側壁領域における、組織構造および二次流れの特徴を流れの可視化法を用いて考察し、いくつかの興味深い知見を得た。

2. 実験装置および方法

実験には、図-1のような直線水路と蛇行水路を連結した水路を使用した。本水路の断面1から10までの区間(水路蛇曲部と呼ぶ)の側壁領域において、流れの可視化実験、LDVによる流速計測を行った。可視化実験では、図-2のようなDPTVを用いた。本手法の詳細は文献1)に詳述してあるのでここでは省略する。DPTVを適用した縦断面位置を図-3に示す。実験条件は、水深(H)を4.0cm、レイノルズ数($Re=U_m H/\nu$, U_m :断面平均流速, ν :水の動粘性係数)を4000、水路勾配を1/1000に設定した。

3. 実験結果および考察

図-4は、断面7, 10の左岸側壁から対岸方向へ4.0cm($Z_L/H=1.0$)の位置における主流速 $\bar{U}$, 乱れ強度(u', v'), レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の鉛直方向分布である。同図には直線開水路の側壁領域の流れとの比較のために、佐賀ら²⁾, 瀬津ら^{3), 4)}の計測結果を付記した。同図(a)より、蛇曲水路の外岸側壁付近の主流速 $\bar{U}$ は、水表面付近で減速する分布特性を有し、直線開水路乱流の側壁付近の結果とは大きく異なっている。(b)の乱れ強度 u' は、瀬津らの結果³⁾よりもやや大きい。断面ごとの差は半水深以上の領域で発生している。また、断面10では、中央と比較して、半水深以上でより大きな値を示している。これらの傾向は(c)の v' においても同様で、壁から離れた領域で顕著な相異が発生している。この相異は、(d)の $-\overline{uv}$ においても明らかであり、壁から離れた領域で $-\overline{uv}$ の減少および負値の発生が顕著である。このように、外岸部では水表面付近の減速、負の速度勾配と負レイノルズ応力の発生、 u' , v' の半水深以上での増大が顕著な特徴として明らかである。

図-5に、外岸側壁領域における縦断面位置L1~L3におけるDPTVの結果を示す。同図(a)L1は、凸岸下流の側壁近傍の流れの縦断面であり、断面4付近で側壁に沿って斜めに上昇するLSS(SD①)が観察される。このLSSは、断面4と5の中間域付近で水表面に達し、その後は水表面付近で流下方向に長く、集中して連なる形象(SD②~SD④)を呈している。また、L2, L3の断面においても、大規模な塊状のLSSの集中領域(SD⑤~SD⑦)が観察される。これらのL1~L3の大規模なLSS集中領域(SD①~SD⑦)は相対的に低速域、そしてその下部の染料が存在しない領域は高速域であることが、同図(b)の瞬時主流速 U の等値線図から明らかである。この等値線図の注目点の第1は、最高速度が壁近くで $0.2 < y/H < 0.5$ に発生していることであり、L2およびL3の断面においては、その最高速度が断面平均流速 U_m と同程度の領域も出現している。また、その高速域には、流れ方向に小変動しながらも非常に長い、水深の5~6倍程度(水路蛇行の4分の1波長)を越える大規模な構造的な存在性がある。第2は、壁近くで、流れ方向に高速、低速を交互に繰り返す、小スケールの変動性が認められることである。

上述の高速域とその上下部の低速域の境界では、負および正の瞬時速度勾配を形成している。そのせん断構造を同図(c)で考察する。このせん断領域の特徴の第1は、負のせん断領域が組織構造の縦断面形象の周辺に形成されることである。L1においては、LSS(SD②~④)に沿って負のせん断領域が流れ方向に長く分布し、それらが流れ方向に連なって大規模な負のせん断領域を形成している。L2, L3においても、水表面に形成された大規模組織構造の周辺部に負の高せん断領域が形成されていることが明らかである。第2は、底壁付近に正の高せん断層が流れ方向に長く形成され、上述の負のせん断領域とともに大規模な2重せん断構造が形成され

Key Words : *turbulent structure, coherent motion, flow visualization, shear structure, turbulent meandering flow*

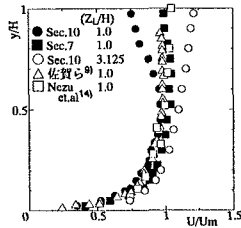
* 〒745 山口県徳山市久米高城3538 TEL (0834)29-6326 FAX (0834)728-9813

** 〒734 広島県広島市南区出汐2丁目3-30 TEL (082)255-5501 FAX (082)256-1968

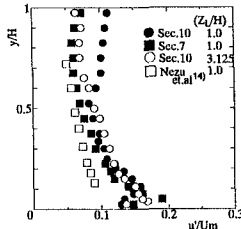
ていることである。この二重せん断構造の特徴は、壁近くで正の高せん断層が y 方向に狭い領域($y/H < 0.25$)で形成され、壁から離れた領域($0.25 < y/H < 1.0$)で、 y 方向に広く相対的に弱い負のせん断層が形成されることにある。

参考文献

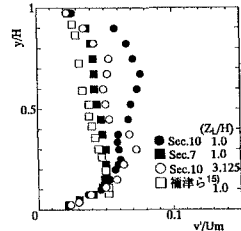
- 1) 渡辺ら：水工学論文集，第37巻，pp.829～832，1993.
- 2) 佐賀ら：土木学会論文集，第443号/II-18，pp.55～63，1992.
- 3) Nezuら：Turbulent Shear Flows 4, Springer-Verlag, pp.246-260, 1985.
- 4) 楠津ら：土木学会論文集，第369号/II-5，pp.89～98，1986.



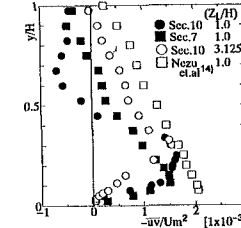
(a)主流速分布



(b)乱れ強度分布(u')



(c)乱れ強度分布(v')



(d)レイノルズ応力分布

図-4 流速計速結果



図-1 実験水路概略

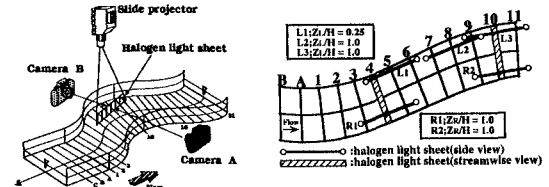


図-2 DPTV概略

図-3 DPTV縦断面可視化位置

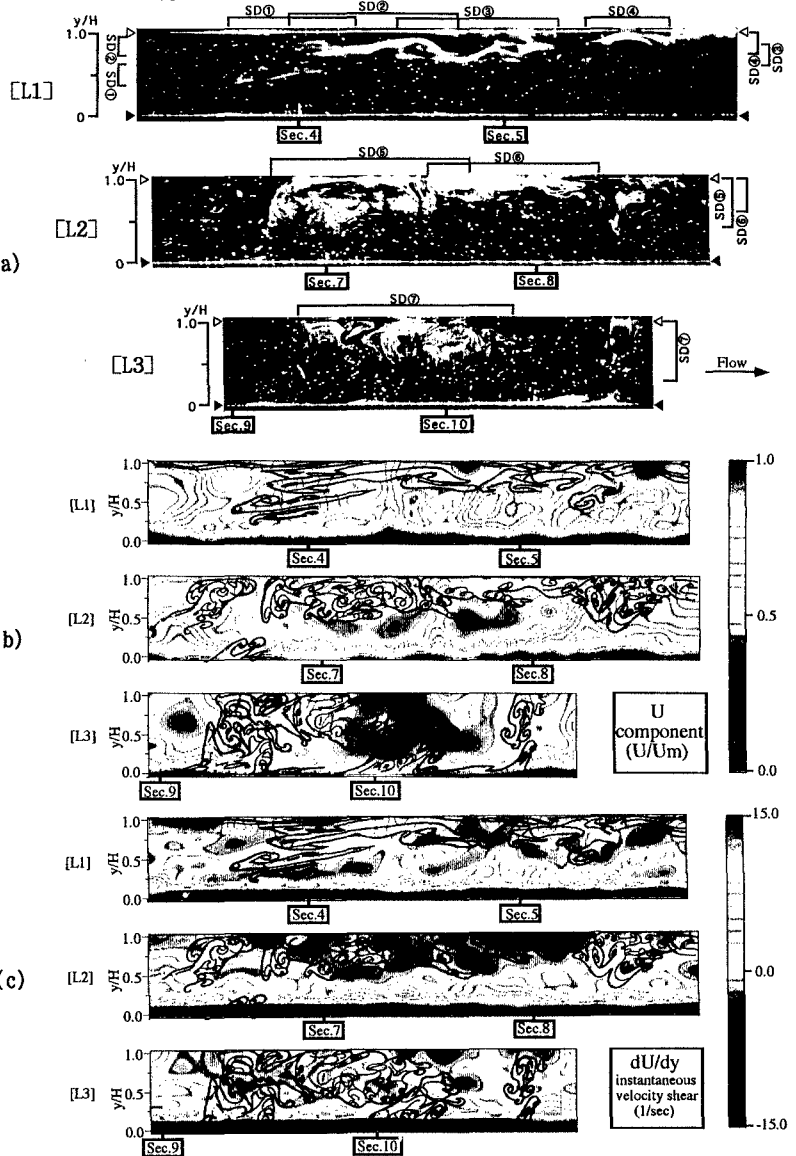


図-5 L1～L3におけるDPTVの結果