

埼玉大学大学院 学生員 〇千代田 将明  
 埼玉大学工学部 正員 池田 駿介  
 東京大学工学部 正員 浅枝 隆  
 東京工大工学部 正員 田中 昌宏

### 1, はじめに

従来, 室内実験による蛇行流の流れに注目した研究はいくつかなされているが, 乱れ量に対する測定はほとんど行われていない。本研究では, 乱れの測定が容易である空気蛇行流を用いて実験を行ない, 平均量について述べるとともに乱れ量にも触れ, 空気蛇行流の流れの特性について考察する。

### 2, 実験の概要

今回行った実験は, 実河川の幾何形状を考慮して設計された風路において行われた。風路の諸元は, 風路中心軸が平均流下方向となす最大偏角  $\bar{\theta}_0 = 45^\circ$ , 蛇行長  $L = 308\text{cm}$ , 風路中心軸の最小曲率半径  $R_{\min} = 62.4\text{cm}$ , 蛇行波長  $\lambda = 265\text{cm}$ , 風路幅  $B = 30\text{cm}$ , 風路高さ  $H = 5\text{cm}$  である。風路の中心軸は, Sine-generated Curve に従い蛇行は2周期半である。風路の全体図を図-1に示す。測定部は2周期目から下流に1周期であって, 測定は前述の測定部1周期を25個に等分割する25個の横断面に対して, 2成分測定用の熱線流速計とピトー管を用いて行なった。測定部の測定断面呼称を図-2に示す。平均風速  $5.3\text{m/s}$ , レイノルズ数  $7500$  であった。

### 3, 主流速分布

図-3は, 主流速の鉛直方向分布を  $\theta = 0^\circ \sim 180^\circ$  の間で,  $\theta = 30^\circ$  おきに表示したものである。ただし図中の値は平均摩擦速度で無次元化した値を示してある。風路における流れは, 水平中央面を境として上下対象な流れの状態となる。したがって, 風路半断面で流速分布を見れば, 開水路で測定されるものと類似な分布となる。図-3において, 2種類の流速分布が現れる。すなわち, 風路の中央近くで流速が最大となる分布と, 風路中央近くでなく上下壁面近くで流速が最大となる分布である。後者は, 弯曲部の後半の内岸で現れ, 流下に従って前者の分布に近づく。前者の分布は, 後者の分布が現れない位置すべてで現れる。後者の分布は, 連続弯曲水路における実験において, Yen<sup>1)</sup>, 王井<sup>2)</sup> も同様な結果を得ている。

### 4, 静圧分布

図-4は, 風路入口の断面中央の静圧と各測定点の静圧の差圧を示したもので, その差圧は風路入口の断面中央の流速を用いて無次元化してある。図-4によれば, 蛇行流路では流線が曲率を有するために風路横断方向に圧力変化を生じ, 局所的に流れの加速や減速を生じている。すなわち, 内岸では前の弯曲から続いて弯曲部の3

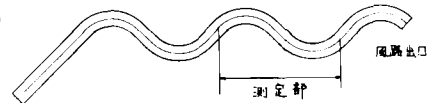


図-1. 風路の全体図

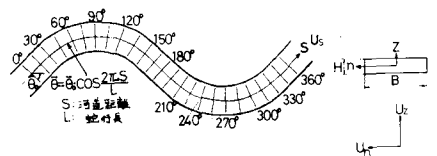


図-2. 測定断面呼称図

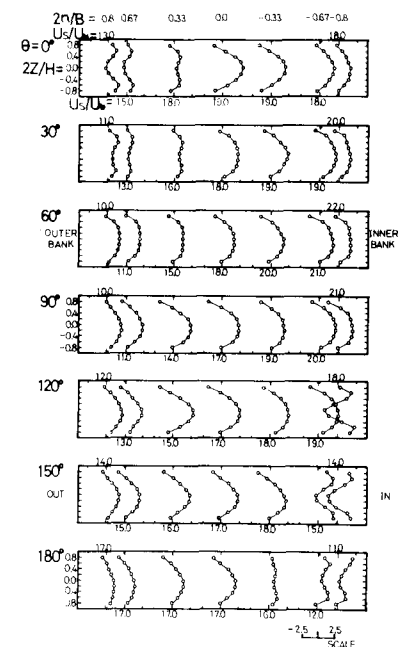


図-3. 鉛直方向の主流速分布図

分の2付近まで、具体的には、 $\theta = 0^\circ \sim 120^\circ$ ， $\theta = 180^\circ \sim 300^\circ$ 付近まで加速されるが，その位置から圧力勾配が逆勾配になっていて，主流が急激に減速される。ここには図として示さないが，主流速の横断方向分布によれば，主流の加速，減速域と静圧分布の勾配とはよく一致する。したがって圧力勾配の変化によって主流速が変化すると言える。さらにその関係を調べるために縦断方向の運動方程式の各項を評価してみると，圧力項： $1/\rho \cdot \partial P / \partial s$ が大きくなる位置で，主流の加速，減速を示す項： $U_s \cdot \partial U_s / \partial s$ が大きくなっており，このことから圧力勾配の変化が主流速に影響を与えていると考えられることができる。

#### 5. レイノルズ応力

図-5は、鉛直方向への運動量の拡散を示すレイノルズ応力 $-\overline{u_s u_z}$ の鉛直方向の分布を $\theta = 0^\circ \sim 180^\circ$ の間で、 $\theta = 30^\circ$ おきに示したものである。ただし図中の値は、摩擦速度を用いて無次元化した値を示してある。図-5によれば、風路の大部分において、 $-\overline{u_s u_z}$ は鉛直方向に見たとき直線的に分布し、運動量の拡散は、水平中央面付近から一様に上下壁面付近に向っていることがわかる。ところが、弯曲部の後半の内岸では、 $-\overline{u_s u_z}$ はこの様な分布とならない。すなわち、水平中央面付近では、 $-\overline{u_s u_z}$ は前述した分布と逆勾配になっていて、上下壁面近くから水平中央面付近に向って運動量の拡散があることを示している。この分布は流下に従って、前述した直線的な分布に近づいて行き、次の弯曲部の前半の外岸に残留する。さらに乱れの状態を調べるために、乱れエネルギーを縦断方向に見てみると、運動量の拡散の状態が変化している風路断面より少し遅れて乱れエネルギーが増加している。そこで乱れエネルギーの輸送方程式中の評価可能な、乱れエネルギーの各生産項を見てみると、直線流路などでは決して大きな項とならない、主流の加速、減速による生産と、2次流の発達、減衰による生産が大きな値になったり、負の生産になったりして乱れの構造が変化していることがわかった。この乱れの構造の変化も、 $-\overline{u_s u_z}$ の分布に代表される様な運動量の拡散の状態を変え、流れを複雑にしていると考えられる。

#### 6. おわりに

蛇行流路内の流れには、運動量の移流、縦断方向の圧力勾配の局所的変化、 $-\overline{u_s u_z}$ の分布に代表される様な運動量の拡散状態の変化があり、そのために、その流れは極めて複雑な状態になっていることがわかった。

#### 参考文献

- 1) Yen, B.C : Inst. of Hyd. Research, The Univ. of Iowa, 1965
- 2) 王井・池内・山崎 : 土木学会論文報告集第331号, 1983

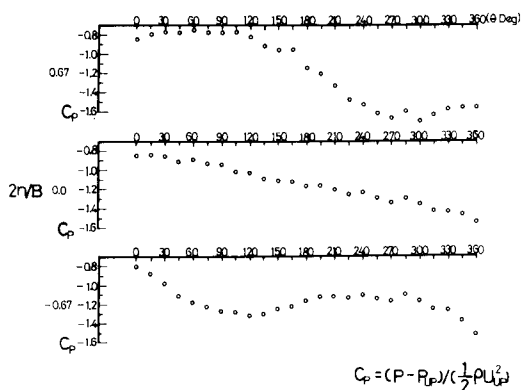


図-4. 縦断方向の静圧の分布図

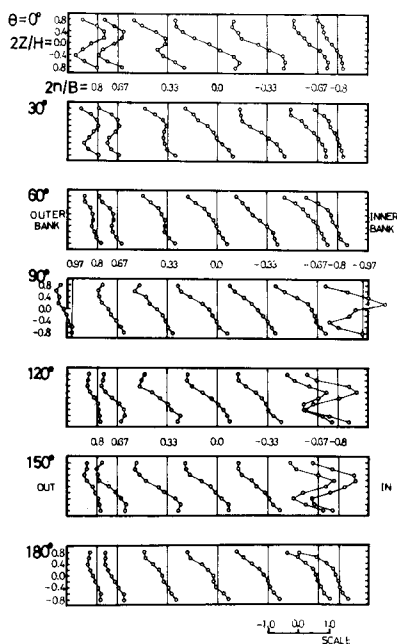


図-5. 鉛直方向の $-\overline{u_s u_z} / U_*^2$ の分布図