

非越流型水制群を有する開水路流れの水面振動

熊本大学大学院 平川 隆一
熊本大学大学院 大本 照憲

1. はじめに

水制を設置することによって水制域に水面振動が発生した場合には不明な点が多く、水面振動の流れ場に与える影響について検討した研究は少ない。本研究では非越流型水制群を水路両岸に対象に設置した流れ場に於いて、水制群先頭部の1基目と2基目の水制間隔を変化させることによって水面振動が大きく異なることに着目し、水制群先頭部に発生した水面振動が平均流特性や乱れ特性に与える影響について検討を行った。

2. 実験装置および実験方法

本実験に使用した水路は、長さ10m、幅400mm、高さ200mmの変角配型の循環式直線水路である。計測部は、側壁からレーザ光が照射可能なように全面がアクリル製となっている。水路勾配は $i=1/1000$ に設定した。座標系は図-1に示すように、水制群の右岸根付け部を原点に取り、流下方向をx軸、横断方向をy軸とし、それぞれに対応した流速成分をuおよびvとする。水制は直方体のステンレス片を使用し、大きさは長さ $L=100\text{mm}$ 、高さ $H=75\text{mm}$ 、幅 $B=16\text{mm}$ である。それを、水路両岸に対して直角に其々21基ずつ設置している。表-1に実験条件を示す。2基目以降の水制設置間隔は、水制長の2倍にあたる $D=200\text{mm}$ としている。流量は $Q=2.0\text{ l/s}$ に設定し、下流端の堰を調整することによって、11基目の水制設置断面水路中央の水深を $h_m=40\text{mm}$ とした。

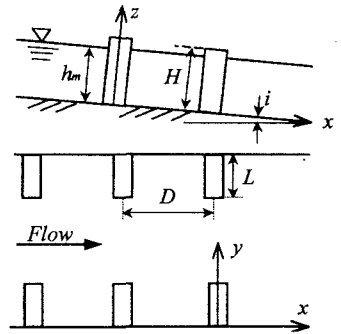


図-1 水制配置図

表-1 実験条件

項目	R-20	R-30
水路勾配 i	1/1000	1/1000
流量 $Q(\text{l/s})$	2.0	2.0
水路幅 $W(\text{mm})$	400	400
水深 $h_m(\text{mm})$	40	40
水制長 $L(\text{mm})$	100	100
水制高さ $H(\text{mm})$	75	75
水制設置間隔 $D(\text{mm})$	1~2基間	200
	2基目以降	300
代表流速 $U_1(\text{m/s})$	0.25	0.25
フルード数 Fr	0.4	0.4

水面変動の計測には、超音波変位計を使用した。その際、超音波変位計をそのまま使用すると空間分解能は2cm程度だったため、センサをアルミ製の円筒に装着し、空間分解能を8mmまで向上させている。計測結果は、サンプリング周波数20Hz、1測点のデータ個数は512に設定した。

流速の計測には、非接触型の代表的な画像処理法であるPIV法を用いた。光源にYAGレーザを用い、シート光の厚さを1mm、パルス間隔を5000 μs に設定し、水路側方から壁面に垂直に水路全幅に亘って照射した。流速のサンプリング周波数は15Hz、1計測面での画像データは1000枚、計測時間は、33.3secであった。なお、トレーサとして粒径30 μm 、比重1.02のナイロン粒子を使用した。計測位置は、水制群上流から1基~2基目の水制間である。

3. 実験結果

水制域全体の水面振動の特徴を見るために、水制群中央部にあたる11基目~12基目において水面振動を計測した。その結果、水制一区画内の水面形は水路中央に節を持ち、水路両岸に腹を持つ横断方向の波が周期的に変動している様子が確認された¹⁾。

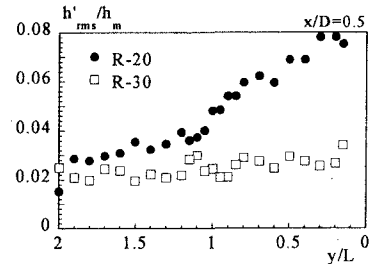


図-2 水面振動の標準偏差の横断分布

(1~2基間)

水制群中央部におけるこのような現象は、水制群設置領域の上流にあたる水制1基目において水面振動を引き起こす原因のあることが予想される。1基～2基間の水制間中央部における水面振動の標準偏差の横断分布を図-2に示す。これより、上流側の水制設置間隔を水制長の2倍にした方が、水制長の3倍で設置したときよりも水制域内に生じる水面振動が大きくなることが分かる。このときの水面振動の経時変化を図-3に示す。計測位置は水制群1基目根付け部 ($x/D=0.1, y/L=0.2$) である。両ケースとも振動は周期的であるが、振幅が異なる。水制群先端部の間隔を30cmにしたケース R-30 の場合には、水面振動の振幅は高々水深の約4%であるのに対し、水制間隔を20cmに設置したケース R-20 の場合には、振幅は水深の12%まで達している。

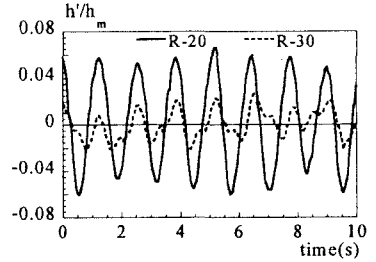


図-3 水面振動の経時変化

図-4には、水制群中央部 ($x/D=0.5$) での主流速の横断分布を示す。水面振動が強いケース R-20 と弱いケース R-30 において水制域内の主流速に顕著な差は無いが、主流域では、R-20 に較べて R-30 で大きくなることが認められる。

図-5には、横断方向流速の極大値発生位置における横断分布を示す。極値の発生位置は両ケースとも水制先端から水制長の約40%水制域内に入ったところに現れている。極大値の大きさは、水面振動が顕著に現れたケース R-20 では水面振動が弱いケース R-30 の約1.5倍である。また、主流部の $y/L=1.5\sim 2.5$ においては横断方向流速は R-30 では微弱であるのに対して R-20 では横断方向に中央でゼロとなる直線分布で無視できないことが分かる。

図-6には、レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ の横断分布を示す。x座標は極大値が現れた位置である。この図より、極大値の発生位置は両ケースとも水制先端より水制長の約30%主流部側に在り、その大きさは水面振動が生じたケース R-20 は水面振動が弱いケース R-30 の1.6倍にも達する。

4. 結論

以上の実験から得られた、主な結論を以下に示す。

- 1) 非越流型直角水制群を水路両岸に対称に設置し、兩岸の渦の相互干渉が強い場合には規則的な水面振動が発生し、水制設置区間の上流域では水制間隔の水制長の対する比 D/L が2の場合には、 $D/L=3$ に比べて振幅は3倍の値を示した。
- 2) 1基目と2基目の水制間において、水面振動の主流速 U への影響は小さい。しかし、水面振動の横断方向の時間平均流速成分 V への影響は強く、 V の極大値は水面振動が弱い場合 R-30 に比べて、水面振動が強い場合 R-20 では1.5倍の大きさを示した。
- 3) 乱れによる運動量輸送 $-\overline{u'v'}$ の極大値は、R-20 では R-30 の1.6倍であった。

参考文献

- 1) 大本照憲, 平川隆一: 非越流型水制群を伴う開水路流れの水面振動と乱れ特性, 応用力学論文集, Vol.4, pp.533-540, 2001.

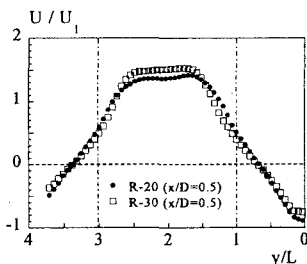


図-4 主流速の横断分布

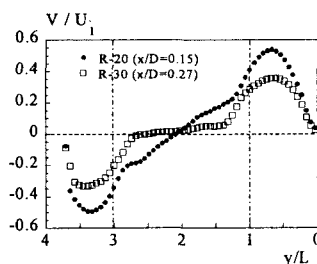


図-5 横断方向流速の横断分布

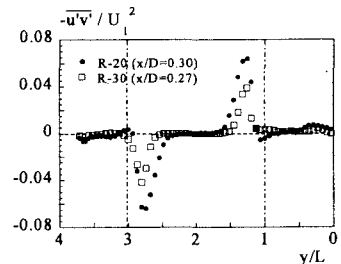


図-6 レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ の横断分布