

## II-158 台形低水路を有する複断面開水路の乱流構造

群馬大学大学院 学生員 角田吉章  
群馬大学工学部 正 員 富永晃宏  
群馬大学工学部 正 員 江崎一博

1. まえがき 著者らはこれまでに複断面開水路の乱流構造をホットフィルム流速計及びレーザー・ドップラー流速計を用いた計測によって明らかにしてきた<sup>1), 2), 3)</sup>。低水路が長方形の場合は二次流構造が明確に認められ、その重要性が指摘されたが、低水路が台形の場合は以前のホットフィルム流速計による計測結果<sup>2)</sup>では二次流構造が明確ではなかった。そこで本研究ではレーザー・ドップラー流速計を用いて低水路が台形の場合の複断面開水路流を計測し、二次流構造及び乱流構造の変化について検討したものである。

2. 実験装置及び方法 実験水路は幅40cm、長さ12.5mで、その中に低水路側壁の傾斜が1:2となるように塩ビ製の高水敷を片岸に設置した。水路断面形状とその寸法を図1に示す。実験条件は表1に示すとおりで、これには比較のために低水路が長方形のケースも示した。実験方法は、以前の長方形複断面水路の場合と同様であり、これについては文献3)を参照されたい。

3. 実験結果とその考察 (1) 二次流構造 図2に今回得られた二次流ベクトル図を長方形複断面のケースとともに示す。長方形複断面の場合、 $h/H=0.5$  のとき接合部エッジから強い斜め上昇流（最大主流速の約4%）が発生し、これに伴い低水路渦、高水敷渦が形成された。台形複断面の場合、同様に接合部から斜め上昇流の発生が認められるが、その大きさは最大主流速の約2%と小さくなっている。高水敷渦は同様に形成されているが、低水路渦は非常に弱くなっている。この結果は大略的には前回のホットフィルムによる結果（側壁傾斜は1:1）と一致しているが、傾斜側壁に沿って下降する大きな流れは今回はみられなかった。一方、 $h/H$  が小さいときは、低水路内において、台形複断面では長方形複断面の場合とは全く逆向き、水面で低水路中央から接合部へ向かい傾斜側壁に沿って下降する二次流が明確に認められる。さらに高水敷水深を小さくしたケース（ $h/H=0.11$ ）においても同様の二次流が認められた。これは台形開水路の側壁と水面で挟まれた領域に発生する二次流<sup>4)</sup>と同じメカニズムで発生した二次流が、複断面で高水敷の流れとの相互作用がある場合に、より発達したものと考えられる。

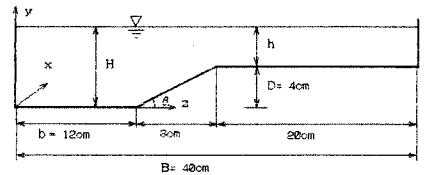


図1 複断面水路断面図

表1 実験条件

| CASE | Angle of inclination $\theta$ (°) | Flow depth of main channel H (cm) | Flow depth of flood plain h (cm) | Maximum velocity $U_{max}$ (cm/s) | Friction velocity $U_x$ (cm/s) | Mean bulk velocity $U_m$ (cm/s) | Reynolds number $Re(x10^4)$ | Froude number $Fr$ |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| SC43 | 26.6                              | 7.97                              | 3.97                             | 31.6                              | 1.35                           | 24.1                            | 4.01                        | 0.273              |
| SC45 | 28.6                              | 5.02                              | 1.02                             | 25.9                              | 1.09                           | 19.1                            | 1.87                        | 0.272              |
| SC21 | 90                                | 8.00                              | 4.00                             | 38.9                              | 1.64                           | 34.9                            | 5.45                        | 0.393              |
| SC31 | 90                                | 8.05                              | 2.00                             | 35.8                              | 1.41                           | 28.8                            | 3.68                        | 0.324              |

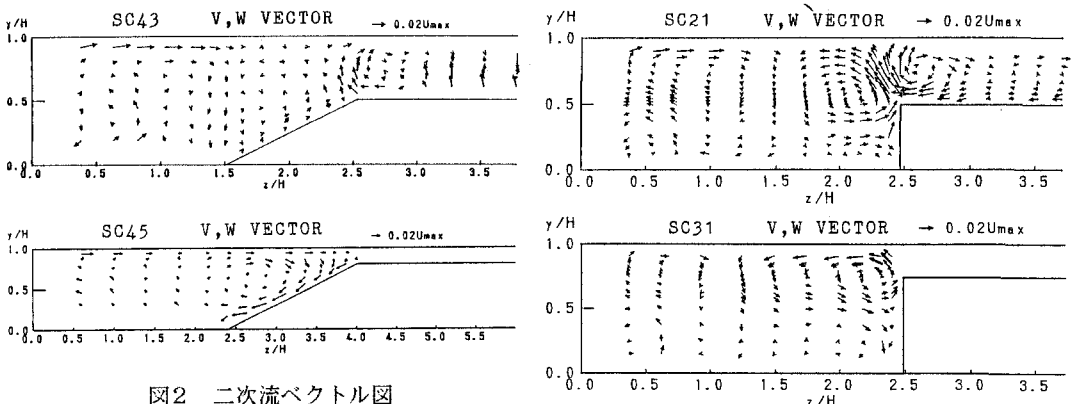


図2 二次流ベクトル図

(2) 平均主流速の構造 図3に主流速コンターを示す。台形複断面においても等値線は斜め上昇流の影響によって接合部エッジで水面に向かって突出する現象がみられるが、これは長方形複断面よりも緩やかである。また、低水路の隅角部が加速されており、そこから接合部にかけて緩やかに減速するという分布を示している。高水数水深が小さいとき、長方形低水路では水面付近が減速され、最大主流速位置が下降するのに対し、台形低水路では二次流の変化に伴いこれがみられなくなる。また、平均主流速は底面および傾斜側壁について

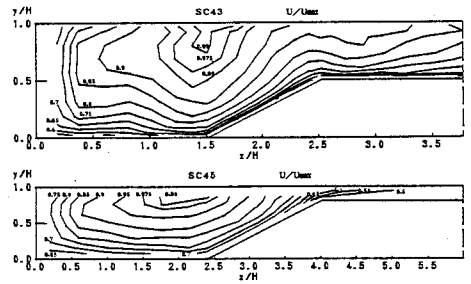


図3 主流速コンター

て底面近傍のみならず水面近くまで対数則によく従い、接合部付近で対数則からの著しいずれを示す長方形複断面と対照的に台形複断面では低水路と高水数の運動量交換による局所的な影響が小さいといえる。

(3) 底面せん断応力分布 図4は対数則から求められた底面せん断応力 $\tau$ の横断分布である。 $h/H=0.5$ のとき分布形は長方形複断面とほぼ同様であり、低水路隅角部近傍と接合部近くの高水数上にピークが現れるが、台形複断面では高水数上の値が長方形複断面に比べて若干小さい。 $h/H=0.2$ のとき、高水数上ではやはり接合部に近づくにつれて急激な増大を示し、低水路からの運動量輸送が大きいことがわかる。

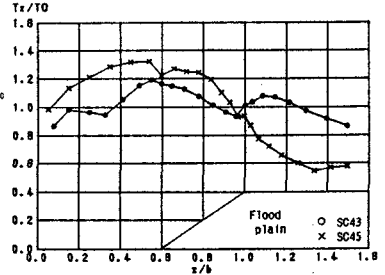


図4 底面せん断応力分布

(4) 乱れ特性 図5にレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ 、 $-\overline{uw}$ のコンターを示す。 $-\overline{uv}$ の値は低水路底面及び接合部上でピークをとり、傾斜側壁上で小さな値となるが、長方形複断面でみられたような接合部近傍の負の領域はみられなくなる。一方、高水数上の $z/H \geq 3$ の領域で $-\overline{uw}$ が大きな値をとっている。 $-\overline{uw}$ の値は傾斜側壁上で負となり、高水数上の接合部ごく近傍で正のピークが現れる。図6に乱れ強度 $u'$ 、 $v'$ 、 $w'$ のコンターを示す。 $u'$ の等値線は接合部エッジから傾斜側壁上全体にわたって突出する傾向にあり、平均主流速の傾向とは異なる。また、低水路と傾斜側壁のコーナーに向かった突出が顕著である。次に $v'$ の値はやはり傾斜側壁上で大きな値となり、低水路コーナーで減少し、低水路中央でまた大きな値となって、横断方向に激しい変化がみられる。また $v'$ は全体的に通常の2次元開水路流れの乱れ配分率に比べて大きな値となっている。これに対し、 $w'$ の値は特に接合部近傍及び傾斜側壁上での増大がみられず、傾斜側壁上の接合部近くでむしろ極小値をとる傾向にある。

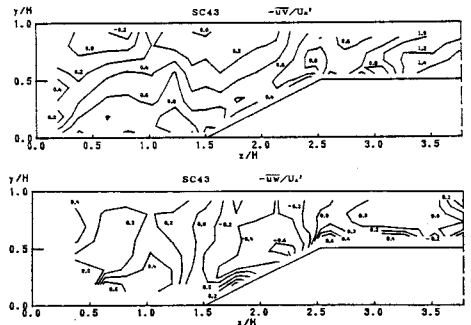


図5 レイノルズ応力コンター

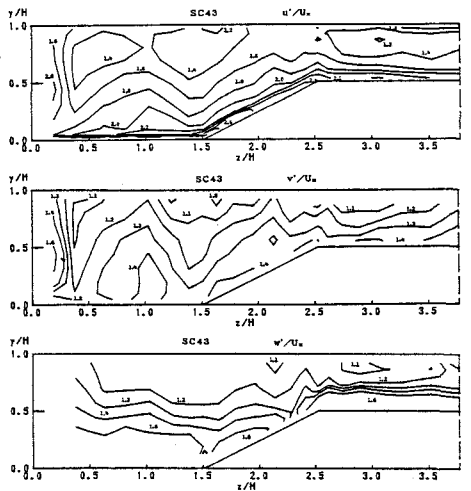


図6 乱れ強度コンター

4. あとがき 複断面流れの低水路側壁の傾斜角の違いによって、低水路の二次流構造に違いが認められた。これは高水数水深が小さくなるほど顕著となり、側壁傾斜による乱れの非等効効果に変化したことによると思われる。この点については、今後乱流モデルによる数値計算によって検討する必要がある。【参考文献】1)Tominaga et al: 3rd RFM Symp., Tokyo, 1988. 2)富永ら:第33回水理講演会論文集、1989. 3)Tominaga et al: 23rd IAHR Simp., Ottawa, 1989. 4)富永ら:土木学会論文集、第381号、1987.