

日本大学工学部 正 員 長林 久夫  
日本大学工学部 正 員 木村 喜代治

表-1 測定水理量一覧

| case | H (cm) | B (cm) | B/H  | Q (cm <sup>3</sup> /s) | U <sub>m</sub> (cm/s) | I       | γ (cm <sup>2</sup> /s) | R (cm) | Re = U <sub>m</sub> R/γ | Fr = U <sub>m</sub> /gR | U <sub>1R</sub> |
|------|--------|--------|------|------------------------|-----------------------|---------|------------------------|--------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| A-1  | 5.0    | 9.97   | 2.0  | 1730                   | 34.8                  | 0.00167 | 0.00184                | 2.49   | 0.779×10 <sup>4</sup>   | 0.704                   | 2.02            |
| A-2  | 10.0   | 9.97   | 1.0  | 4260                   | 42.8                  | 0.00167 | 0.001464               | 3.32   | 0.937×10 <sup>4</sup>   | 0.750                   | 2.33            |
| A-3  | 15.0   | 9.97   | 0.67 | 7500                   | 50.4                  | 0.00166 | 0.000962               | 3.73   | 1.95×10 <sup>4</sup>    | 0.834                   | 2.46            |
| A-4  | 20.0   | 9.97   | 0.50 | 10600                  | 53.4                  | 0.00166 | 0.000956               | 3.98   | 2.22×10 <sup>4</sup>    | 0.855                   | 2.55            |

1. はじめに 開水路の流れの場合は自由水面および側壁面によって規定されており、二次流を含めた大規模渦構造の複雑な乱流場となっている。本研究は複数の境界面を有する開水路の流れの場を把握するために、形状の比較的に簡単な長方形開水路における乱流計測から、境界面の役割と水路横断面内の流体輸送についての検討を行うものである。実験は表-1に示す通りで長さ15m、幅10cmの長方形開水路の等流状態にて行った。用いた座標系は流下方向にX軸、上方にY軸、側壁より横方向にZ軸とし、それぞれに対応する流速成分をU, V, Wとする。各方向成分の乱流計測は二成分ホットフィルム流速計によって行った。

2. 水路横断面内での流体輸送について 水路横断面内での流体輸送は水路隅角部に何う二次流の存在として良く知られている。これは図-1に示す様に底面と側壁の隅角部での等流速線の歪みとして見られるが、B/Hの小さな水路においてはその発生個数や分布状況にも不明な点が多い。特に底面側を除く中央部と水面側での分布については抵抗則を決定するうえにおいて検討が必要である。

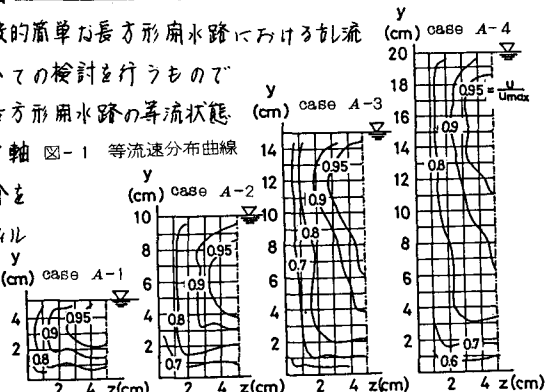


図-2 流速分布の検討

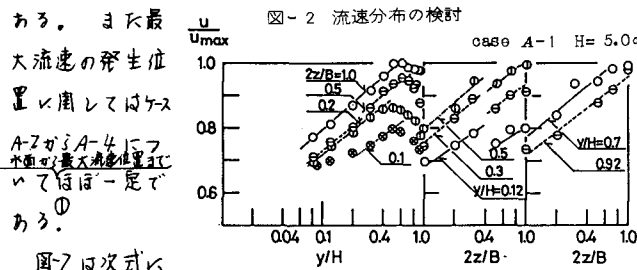
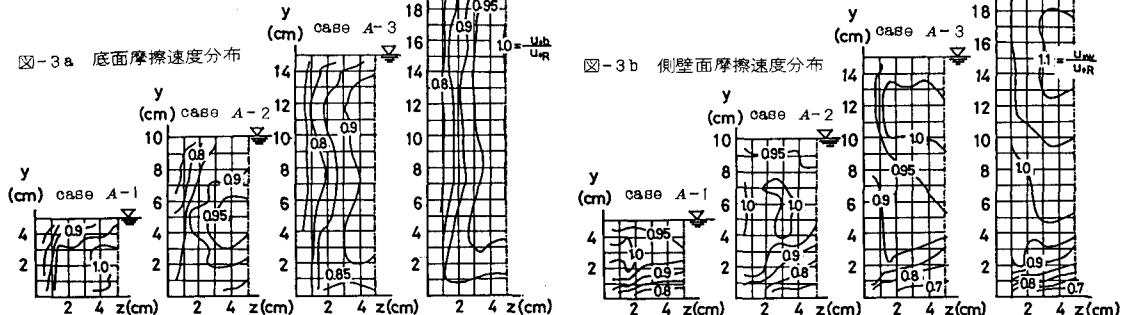


図-2は式(1)を示すように対数則  $U/U_{\max} = 5.5 + 5.75 \log_{10}(U_{\max} y / \nu)$ ,  $U/U_{\max} = 5.5 + 5.75 \log_{10}(U_{\max} z / \nu)$  を適用したもので、図中の直線は対数則の分布を示すものである。ケース1の水路中央部における底面からの分布は比較的良好に対数則を示すがケース4になると  $y/H < 0.1$  と  $0.2 < y/H < 0.7$  の範囲に2つの直線が見られ、1つの直線上に2つの摩擦速度が存在する

図-3 周面摩擦速度の検討



ことになり不合理であるが、速度の遅い流体が隅角部から水路中央部へ輸送されることを考慮すると理解される。またこの様に側壁で複数の摩擦速度が存在する領域は壁面近くにおいても見られ分布に合った流体の輸送が考えられる。

図-3は各点の流速に対応する摩擦速度を対数則より逆算したものを等強度線として示している。図-3aの底面摩擦速度の分布に強度の強い領域が水路中央部から対角線状に隅角部へと向ってあり、流速分布の等速線と比較するとその変化はより大きく主流乱流強度に類似している。図-3bは側壁面の摩擦速度の分布であり、これにより中央部付近の流れの状況が良く把握される。

図-4、図-5は断面および側壁面のレイノルズ応力の分布を示している。水路横断面内の流体輸送がない場合の等速線は各々の壁面に対して平行である。よってここには流体輸送の結果としての分布が描かれている。図-4aの底面側の分布状況はケースA-2, A-3, A-4において一定の強度を有しており、壁面が等相度を持つ場合の隅角部での二次流の強度と形状はほぼ同一であろう。図-4bは側壁面からの流れの発達状況を良く示しており、 $H=10\text{cm}$ 以上においては底面から $y=6\text{cm}$ の高さでほぼ側壁から水路中央部に達するのが見られる。この地点より上方では側壁間を流るが中央部間の等速線のゆがみが見られ、この分布に合った流体輸送が考えられる。図-5はレイノルズ応力を壁面平均摩擦速度  $u_{\tau R} (= \sqrt{gRI})$  の2乗で無次元化したものである。完全に発達した開水路の二次元等流におけるセリ断応力の直線分布より、この項は底面で1、水面でゼロを通過する直線となる。ケースA-1の底面側の分布において水路中央部の側壁では対数分布でも見られるように最大流速位置を通過する直線で示されている。

側壁付近に向うに従いより低い位置で壁の領域になる側壁側の応力  $-u'v'/u_{\tau R}$  は流速が対数則では示されるがその部分での応力は屈曲しており完全に発達していない状態を示している。またケースA-4の底面側の分布については水路中央部付近でいくつかの直線部分が見られるが、この直線部分は必ずしも流速分布のそれとは一致していない。側壁側の応力は最大流速付近において直線となり良く発達した状態を示している。

### 3. おわりに

長方形開水路の横断面内の流体輸送について流速分布およびレイノルズ応力の分布を中心に検討したが、これより断面、側面が等相度の場合には底面側の隅角部における二次流は形状、強度とも同程度のものをもち、断面内の流体輸送は流速分布よりも、より強くレイノルズ応力を含む流れの特性量に影響することになった。

〈参考文献〉 ① 長林木村「長方形開水路における側面摩擦に関する一検討」土木学会東北支部 昭和58年3月

② 長林木村「アルミ粉懸濁液を用いた流速計測による開水路断面乱流場可視化」流れの可視化シンポジウム 昭和58年7月

