

種々の断面形状における開水路流れの内部構造について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
消 防 庁 正 員 久 下 俊 夫
建 設 省 正 員 〇 吉 野 清 文

本報告は、種々の断面形状を有する開水路流れの水理特性を解明するための第一段階として、長方形、三角形および複断面形状の流れに着目し、その内部構造とくに平均速度場の特性について実験的検討を行なったものである。なお、速度計測は2成分用X型ホットフィルム流速計を用い、データはサンプリング周波数 $f_s=20\text{Hz}$ 、データ数 $N=500$ 個で処理されている。

1. 長方形断面開水路流れ

図-1は流れ方向の平均速度 U の鉛直分布を示したものであり、横軸には無次元距離 Uz/ν が用いられている。ただし、 $U_f(\equiv\sqrt{gRI})$ 、 g :重力加速度、 R :径深、 I :路床勾配)は摩擦速度、 z は底面からの距離、 ν は動粘性係数である。図より知れるように、 $0.34 \leq y/(B/2) < 1.0$ の領域においては半水深付近での折れ曲がり現象がみられるもののそれぞれの領域で直線性が保持され、対数則の適用性がうかがえる。また、この範囲では側壁による影響を受けず二次元流れとしての取扱いが可能になると理解されるが、 $0 < y/(B/2) < 0.34$ においては側壁の影響を受けており対数則は適用されなくなる。

さらに、図-2は横断および鉛直方向の平均速度 V および W を合成速度ベクトルで、 U を等速度線で表したものである。図によると、側壁近傍に自由表面から側壁と底面との隅角部へ、隅角部から底面に沿って水路中央部に向う顕著な2次元流が存在し、その影響により等速度線がひずめられる様子が認められる。しかしながら、従来より木下¹⁾によって提案されている水深スケールの並列らせん流の存在は本実験においては明確に判別しがたくなっている。これは $\sqrt{V^2+W^2}/U_f$ の値そのものが小さく計測誤差の問題も考えられるが、計測の対象となっている二次元流れとみなせる領域では二次流を固定する要因が側壁以外には存在しないため二次流は不安定に変動しており、点計測では明確に捉えることができないためと考えられ、今後、流れの可視化法な

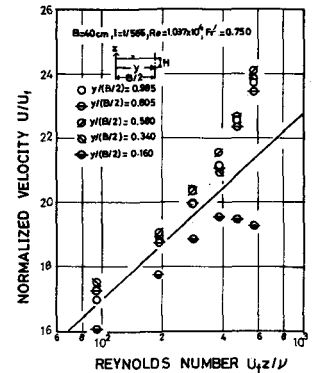


図-1

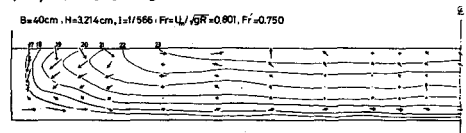


図-2

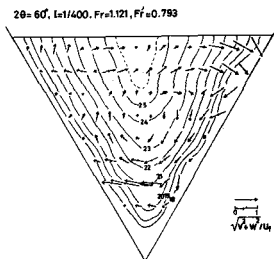


図-3

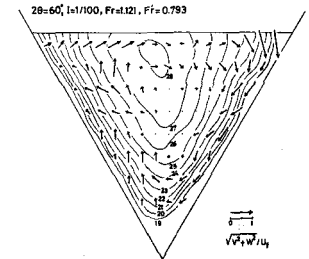


図-4

と併用することにより詳細な検討が必要である。

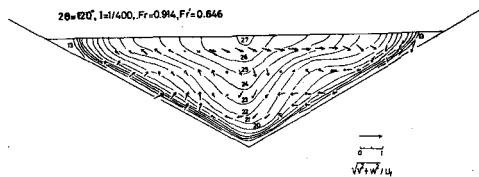


図-5

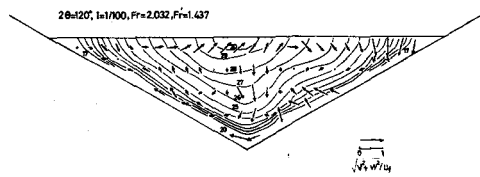


図-6

2. 三角形断面開水路流れ
図-3～6は三角形断面の頂角 2θ が 60° および 120° の2種の場合についてそれぞれ常流および射流状態での等速度線と速度ベクトルを示したものである。常流および射流の断面形状は水深と同一にすることによって相似となるように留意されている。図より知れるように、いずれの場合についても断面内に

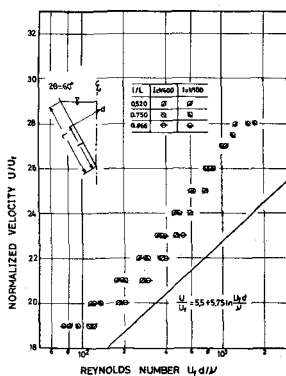


図-7

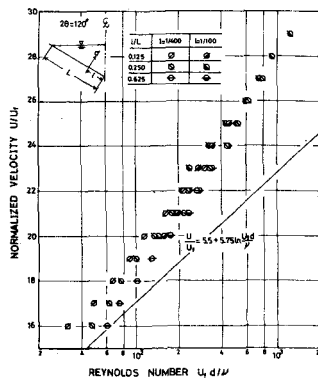


図-8

1個の大きな二次流が存在しているようであり、従来の正方形風洞の隅角部に発生する二次流から類推されるような頂角に支配される二次流のパターンも明確に

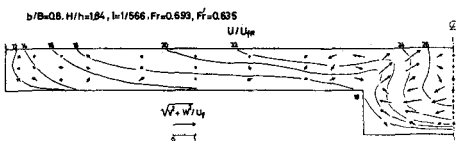


図-9

認めることはできなかった。この速度ベクトルの傾向を常流と射流について比較すると、とくに $2\theta = 60^\circ$ の場合、 $\sqrt{v^2 + w^2}/U_\delta$ の値は同等であるがその分布形状は多少異なっている。これは射流での最大流速点が自由表面下に下っており、二次流を側壁に押し付けるような形になるためと考えられる。また、吉川ら²⁾はLauderおよびYing³⁾による正方形風洞の実験結果から二次流は断面形状のみの関数となると予測しているが、本実験によれば流れの状態によってかなり変化することが知れる。図-7および図-8は側壁に垂直な方向におけるUの分布を示したものであり、図よりほぼ対数則の適用性がうかがわれる。

3. 複断面開水路流れ

図-9は高水敷幅 b が16cmの場合の複断面流れにおける等速度線および速度ベクトルを示したものである。従来より、着者ら⁴⁾が指摘しているように高水敷先端近傍から低水踏自由表面に向う斜昇流およびその近傍に低速度領域が存在するのが認められる。しかしながら、今回は b が比較的大きいため低水踏内では1個の二次流の存在しか認められず、高水敷上中央部においても顕著な二次流の存在は認められない。

今後、これらの断面形状と二次流との関係について定量的検討を加えるため、より詳細な実験を行なっていく予定である。

参考文献

1) 木下：写真測量，vol.6, No.1, 1967.

2) 吉川・池田：土木学会論文報告集，250, 1976.

3) Launder, B.E. & W.H. Ying: J. Fluid Mech., 54, (1972).

4) 今本・久下：京大防災研年報，17B, 1974.