

開水路複断面流れに関する実験的研究 (4)

—内部構造の相似性に関する検討—

京都大学防災研究所	正員	今本博健
京都大学防災研究所	正員	久下俊夫
京都大学大学院	学生員	○吉野清文

1. はじめに

著者らは、従来より種々の断面形状を有する複断面流れの抵抗特性および内部構造について検討してきた^{1),2),3)}が、本報告では、大きさの異なる相似形状の複断面流れを対象に平均速度分布および乱れ速度分布を計測し、複断面流れにおける内部構造の相似性について実験的検討を加える。

2. 実験装置および方法

本実験では、表-1に示されるように、水路幅 $2B=100,40$ および 20 cm の3種の水路を用い、高水数幅・水路半幅比 $b/B=0.8$ 、高水数高・水路半幅比 $b/B=0.1$ の場合について、低水路床面を基準とした水深と水路半幅との比 H/B が 0.184 となるよう流量を調節し、いずれも相似形状の開水路複断面流れを対象とし、コンカル型ホットフィルム流速計あるいは超小型プロベラ流速計を用いて平均および乱れ速度計測を行ったものであり、データ処理におけるサンプリング周波数 $f_s=3.2\text{ Hz}$ 、データ数 $N=100$ とされている。

3. 平均および乱れ速度の横断分布特性

図-1は、高水数上の半水深の高さ $z/H=0.772$ で計測された平均および乱れ速度の横断分布を示したものであって、横断分布形状の比較に便利なよう、縦軸の速度を対数表示するとともに、任意の平行移動が行われている。図より知れるように、平均速度 U は、側壁から離れるにしたがって増加し、相対横断距離 $y/B=0.2\sim0.6$ でほぼ一定値をとり、高水数先端付近でかなり顕著な極大および極小値を示したのち、低水路内で急激に増加し、水路中央部で最大値をとっている。また、やや不明瞭ではあるが、高水数上の平均速度分布には数個の極大および極小値の存在が認められる。一方、乱れ速度 u' は、側壁近傍で極小値を示したのち、側壁から離れるにしたがって急激に増加し、高水数上でかなり複雑な変化をみせ、数個の極大および極小値の存在することが知れるとともに、高水数先端から低水路内にやや入ったところで顕著な極大値をとり、水路中央部に向けて減少している。

以上の速度分布特性を速度場の3次元性より検討するとつぎのようである。高水数先端付近における低平均・高乱れ速度の存在は、既報¹⁾の3次元的速度計測によってその存在が確かめられた斜昇流に関連するものであって、高水数上の流れと低水路内の流れとを分離するとともに、斜昇流付近では流体の混合が著しく、複断面流れにみられるもっとも特徴的な現象である。また、高水数上の平均速度分布における極大あるいは極小値の発生位置は、高水数先端付近を除いて、いずれも乱れ速度分布における極大値の発生位置と一致し高水数上に形成された2次流の上昇あるいは下降部に対応するもの

表-1 水理条件

Case	2B	I	Q	H	$Re=U_m R/\nu$	$Fr=U_m/\sqrt{gR}$	U_1/U_2
A	100	1/400	30.070	9.124	22,500	0.901	1.174
B-1	40	1/400	2.393	3.685	4,710	0.691	1.346
B-2	40	1/100	5.592	3.680	11,000	1.620	1.323
C	20	1/400	0.337	1.836	1,310	0.555	1.278

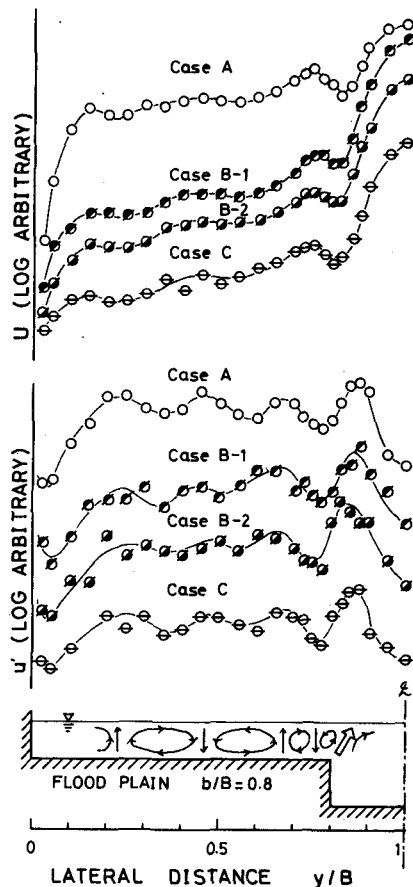


図-1

と考えられるが、詳細についてはさらに検討が必要である。

以上のように、平均あるいは乱れ速度の定性的な横断分布形状はいずれもきわめてよく類似しているが、定量性についてはつぎのようである。すなわち、速度計測の行われた高さ ($z/H = 0.772$) における低水路内の平均速度 U_1 と高水数上の平均速度 U_2 との比をそれぞれについて算定すると表-1 のようになり、 U_1/U_2 とレイノルズ数あるいはフルード数との間に明瞭な関係は見出されず、本実験によって定量的検討は行えない。したがって、開水路複断面流れの内部構造の相似性について定量的検討を行うには、さらに広範囲の水理条件下における実験が必要であるとともに、相互の相似性の検討に用いるべき速度の無次元化法についての考察が必要である。

4. 平均および乱れ速度の鉛直分布

開水路複断面流れにおける平均および乱れ速度の鉛直分布特性について検討するため、表-1 に示した4種の水理条件下における水路中央部 ($y/B = 1$) での計測結果を示すと、図-2 および図-3 のようである。

図-2 では、平均速度分布への対数則の適用性について検討するため、便宜上、摩擦速度として低水路内の水深 H および路床勾配 I_b によって定められる $U_{*H} = \sqrt{gHI_b}$ を用いて平均速度 U を無次元化するとともに低水路床面からの距離 z を H で無次元化している。図より知れるように、高水数高 ($h/H \approx 0.54$) より十分低い領域ではいずれについても対数則がよく適用されるが、 $z/H > 0.4$ の領域では高水数上の流れの影響により対数則から離れたし、 $z/H \approx 0.7$ 付近から自由表面に向けて U は減少している。

図-3 は、2次元開水路流れにおける乱れ強さ v' の鉛直分布に用いられる普遍関数表示法を用いて⁴⁾、本実験における v' の計測結果を示したものである。平均速度分布についてと同様に、高水数高より低い $z/H < 0.54$ の領域では、路床面近傍を除き $v' / \{U_{*H} (U/U_{*H})^{1/3}\}$ は $(z/H)^{-1/3}$ に比例して減少するという2次元開水路流れの場合に比較的類似した特性を有するが、 $z/H > 0.54$ では複雑な挙動を示し、乱れ速度が大きくなる領域の存在が知れる。なお、 $z/H < 0.54$ の領域でも、定量的には2次元開水路流れと異なり $v' / \{U_{*H} (U/U_{*H})^{1/3}\}$ は z/H のみによって一義的に定まらず、縮率、レイノルズ数あるいはフルード数等に関係すると考えられるが、本実験では実験ケースも少なく、水理条件も限られているため、これらの関係を見出すことは困難である。

以上のように、本報告では、開水路複断面流れの内部構造について実験的検討を行うため、複断面形状が相似で、大きさあるいは路床勾配の異なる場合に平均および乱れ速度分布を計測し、これらの横断および鉛直分布形状は定性的には比較的よく類似していることが知れたが、定量的には結論が得られず、今後さらに詳細な検討をつづける予定である。

参考文献

- 1) 今本，久下：複断面流れの水理特性に関する基礎的研究，京大防災研年報，17B，1973。
- 2) 今本，久下，吉野：開水路複断面流れに関する実験的研究 (1)，関西支部年講，1976
- 3) 今本，久下，吉野：開水路複断面流れに関する実験的研究 (2)，土木学会年講，1976。
- 4) 今本：開水路流れにおける乱れの基本的特性について，土木学会論文報告集，197，1972。

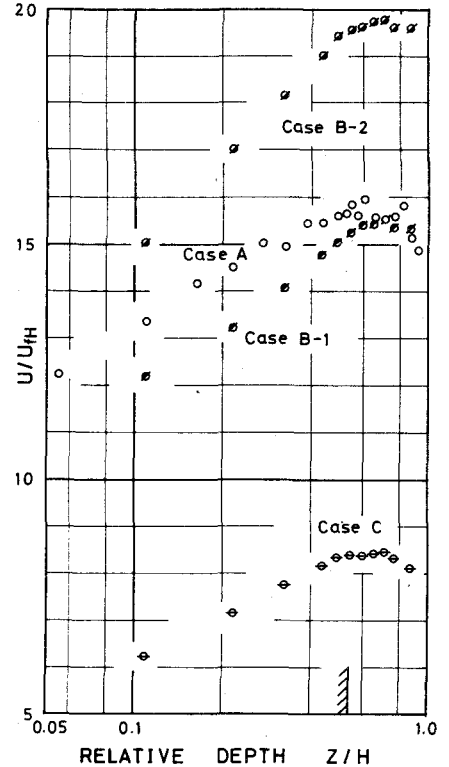


図-2

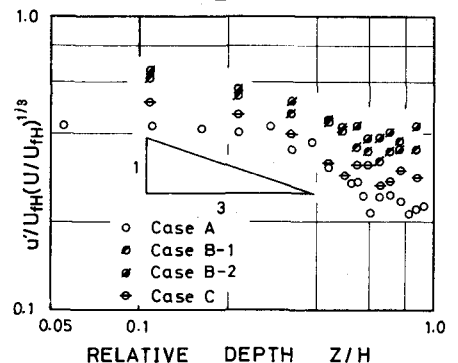


図-3