

狭窄部における流れの鉛直構造について

新潟大学大学院 自然科学研究科 学生会員 ○塩谷 翼
新潟大学大学院 自然科学研究科 学生会員 田所 祐輝
新潟大学 BDA 研究センター 正会員 茂木 大知
新潟大学災害・復興科学研究所 正会員 安田 浩保

1 はじめに

等流において実測と模型実験の対比から縦断流速の鉛直分布を良好に記述することができるモデルとして対数分布則が知られている。一方で、不等流の縦断流速の鉛直分布についての研究は少なく不等流における流速の鉛直分布の適正な扱いは難しい。著者ら¹⁾は、狭窄部ような流れを再現した模型実験において縦断流速の鉛直分布を測定し、狭窄部下流側で対数分布則とは大きく異なる分布を持つことを確認した。しかし、流路中心部のみでの測定であったため、得られた流速分布に対して十分な水理学的説明はできておらず、より詳細な測定を実施する必要があると考えた。そこで本研究では狭窄部に起因する不等流における水理構造の解明を目指し、より詳細な流速の鉛直分布を実施した。

2 模型実験概要

2.1 実験条件

本研究では、不等流の流速の鉛直分布を明らかにすることを目的に模型実験を実施した。既往研究¹⁾と同様に水路幅の変化の再現のために図-1の茶色で示したような構造物を兩岸に一对で設置した。構造物は底辺が42cm、高さが9cmの二等辺三角形の形状のものを設置した。また通水条件は共に流量3L/s、勾配1/150とした。

2.2 測定方法

流速の測定についても既往研究と同様にLDVを用いて行なった。測定箇所は流速の空間的な分布を確認するために既往研究で実施した箇所に加えてすでに実施した測定点から右岸側に10cmずらした箇所に設定した。

3 実験結果

測定によって得られた結果を図-2に示す。図上段は中心測線における測定結果を示しており、図下段では右岸側測線における測定結果を示している。図上段では青色、図下段では緑色で示した線は、それぞれの条件の各測定点で得られた各水深における縦断平均流速の値を示している。また、水色と黄緑色で着色された範囲は各水深における平均流速の 2σ 区間を示している。

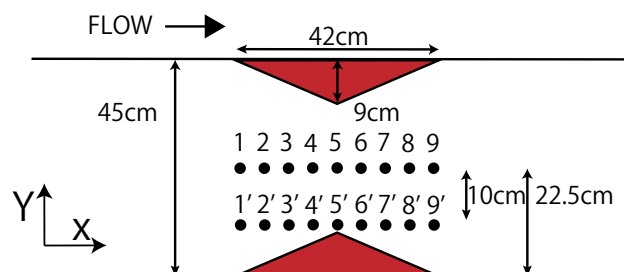


図-1: 実験水路と測定点の座標系

3.1 狭窄部上流側

まずは、測定点1から4までの水路幅が減少していく区間に着目する。水路幅が減少していく区間では、両条件ともに同程度の流速の規模であり縦断平均流速の鉛直分布は水面付近で流速が大きく底面付近で流速が小さいという特徴を持ち、直線的で切り立った形状となっていることが確認できる。一方で、異なる点としては右岸側で得られた結果の方が水面付近と底面付近の流速の差が見られるがその差はわずかである。これらの結果から、狭窄部上流側では、狭窄部の存在が縦断平均流速に与える影響が小さいことが示唆された。

3.2 最狭部

最も水路幅が狭くなる箇所では、縦断平均流速の鉛直分布は水路幅が減少していく区間のそれと同じような傾向が見られるが、流速の 2σ 区間に着目すると、中心側右岸側ともに底面付近で他の水深よりも変動幅が大きくなっていることが確認できる。このことから最も水路幅が狭くなる箇所でも、狭窄部が存在することによる影響は小さいことが考えられる。また、中心よりも右岸側の方が平均流速が大きくなっていることが確認できる。

3.3 狭窄部下流側

次に、水路幅が大きくなっていく区間に着目する。中心で得られた縦断平均流速分布は流下していくにつれ、底面付近で流速が大きくなるような特徴的な分布となることが確認でき、対数分布則とは大きく異なる分布となっている。一方で、右岸側では一部の測定点で底面付近の流速が大きくなっているが、全体として底面から水面にかけて一様の

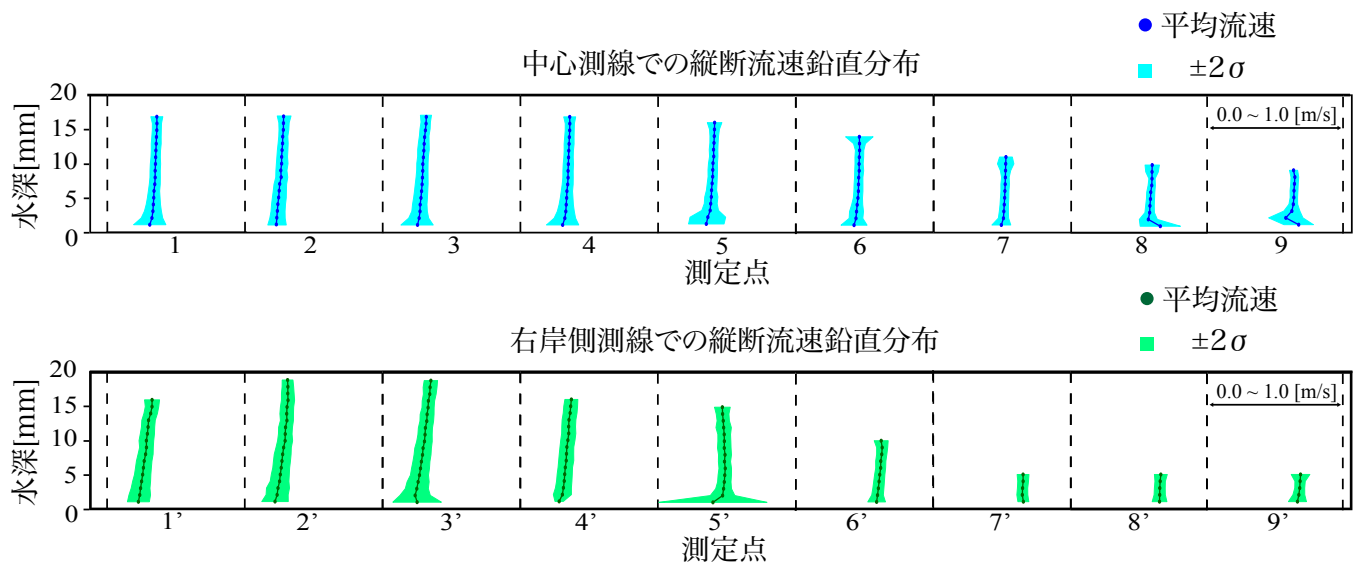


図-2: 各測線における縦断流速の鉛直分布の比較

流速となっていることが確認できる。また、最も水路幅が狭くなる箇所と同様に右岸側の方が平均流速が大きくなっていることが確認できる。水路幅が大きくなっていく区間では、中心の測線と右岸側の測線で異なる縦断流速の鉛直分布を持つことが確認でき、両測線ともに対数分布則とは大きく異なる分布となっていることから、狭窄部の下流側では狭窄部が存在の影響がより顕著になることが考えられる。また、水深は流下していくとともに減少していくことが確認でき、右岸側の測線で顕著であり縦断方向の水面勾配も大きくなっていることが確認できる。横断方向の水深分布に着目すると中央と比べて右岸側の水深が低く水深差があることも確認できる。

4 考察

水路幅が減少していく区間では、対数分布則と同様の縦断流速の鉛直分布を持つことが確認でき、水路幅の減少による影響が少ないと考えられる。その要因として挙げられることは、静水圧が成立すると見做せるほど水面勾配の変化が小さいことである。加えて、上流側の測定点では縦断断面平均流速の値の変化も少ないため、水路勾配がエネルギー勾配とほぼ一致することが推測できる。

一方で、水路幅が拡大していく区間では、対数分布則とは異なる分布となったが、これは流れの非静水圧性に起因するものだと考えられる。中心測線では同程度で、右岸側では水路幅が大きくなり始めたあたりで水面勾配が大きくなっていることが確認でき、流線を考えれば、鉛直方向の流速が無視し得ない大きさを持つ流れであると言える。ここまで大きな勾配を持つ流れで静水圧が成立するとは考え

にくく、狭窄部下流側で何らかの圧力勾配が生じているのだと推測できる。

また、中心の測線と右岸側の測線で水深差が生じた理由は狭窄部によって流れが中心に集められたためだと考えられる。仮に、下流側が空間的变化を持たない流れであればその水深差は解消されていくはずであり、その過程で側岸に流れが生じるため横断方向の流速が卓越することが推測できる。

従来から知られているように狭窄部下流側を扱う際には三次元性を考慮する必要がある、適正な扱いをしなければならないことが示唆された。

5 まとめ

本研究では不等流の流速分布の知見を得るために模型実験を通じて不等流条件での流速の鉛直分布を測定した。狭窄部が存在することによる影響は上流側では小さいが下流側では場所によって縦断流速の鉛直構造や水深が変化するような複雑な構造となり影響が大きいことが確認でき、流れの解析を行う上で三次元性を考慮する必要があることが示された。今回の実験は縦断方向の流速の測定のみを実施し、そこから考察を行ったが、検証のためには横断方向や鉛直方向の流速を測定する必要がある。また、今後は勾配や拡縮の程度などを変数に実験ケースを増やすことで、狭窄部をもつ流れにおける水理構造の解明を進めていきたい。

参考文献

- 1) 塩谷翼、茂木大知、安田浩保: 堰上げ背水と低下背水における流れの鉛直構造、第 41 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会概要集