

II-107

急勾配階段状流れの2次流構造について

第一復建株式会社 正 員 ○成合功光*
 熊本大学工学部 正 員 大本照憲**
 熊本大学工学部 正 員 矢北孝一
 熊本大学大学院 学生員 長屋孝介

1. はじめに

急勾配水路において階段は、効果的なエネルギー減勢施設として利用されてきたが、近年では、景観効果や水質浄化機能も有することから注目を集めている。しかし、その流れの内部構造に関しては不明確な点が多く、既存の研究においても内部構造に着目したものは少ない^{1),2)}。著者らは、これまで急勾配階段状水路の内部構造の解明を目的に実験を行い³⁾、流れの3次元性を確認した。

本研究では、急勾配階段状水路における乱流構造の解明を目的に、流速変動を測定し、2次流特性および乱れ特性について実験的検討を試みた。

2. 実験装置および方法

実験に用いた模型水路は、勾配を1/10に設定した長さ6.0m幅40cmの亚克力製可変勾配水路である。ステップ高は1.0cm（ステップ長さは10cm、図-1参照）とした。流速の測定はX型熱膜流速計を使用し、2成分（x方向とy方向、x方向とz方向）同時計測を行った。計測は、サンプリング周波数100Hz、1測点のデータ個数を4096に設定して行い、空気混入を考慮してデータ処理を行った。測定位置は、流れ場が平衡状態に達した位置で、流下方向の3点（ $x=4, 6, 8\text{cm}$ ）において、底面から鉛直方向に3点（ $z=1, 2, 3\text{mm}$ ）測定した。また、流量は、目視観察により底面および水面にウロコ状のパターンが顕著に現れ、かつ、センサーでとらえることが可能であると思われる 1.6 l/s （単位幅流量 $=40\text{ cm}^2/\text{sec}$ ）に設定した。実験条件を表-1に、この流量における水面形を図-2に示す。

3. 実験結果と考察

図-3に各地点での主流速 U の横断分布および同位置での水深を示す。 $\bar{U}$ は水路床から各高さにおける横断方向の平均値である。なお、データにばらつきがみられることから、 $z=1, 2, 3\text{mm}$ のデータより加重回帰曲線を作成し、流速成分や乱れの強さの定性的な傾向を確認した。 $x=4\text{cm}$ の位置は、ステップから剥離した主流が再付着し、その後横断方向に一樣になる地点であり、ここにおける主流速は、 $y=0\text{cm}$ で極大値に、 $y=\pm 2\text{cm}$ で極小値をもつ波状性があることがわかる。 $x=6\text{cm}$ および $x=8\text{cm}$ では、水面形が流下方向に $y=0\text{cm}$ で極小値に、 $y=\pm 2\text{cm}$ で極大値にもつ波状性があり、主流速は水面形の波状性と逆位相になる傾向があることがわかる。

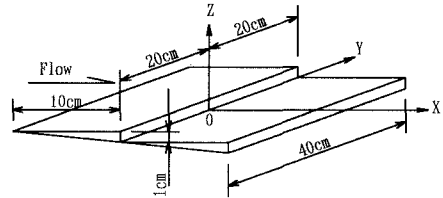


図-1 模型水路（階段部分）

表-1 実験条件

項 目	実験値
流量 $Q(\text{l/s})$	1.6
限界水深 $h_c(\text{cm})$	1.18
水路勾配 I	1/10
フルード数 Fr	2.80
レイノルズ数 Re	4000
ステップ高 $D(\text{cm})$	1.0
ステップ長 $L(\text{cm})$	10.0

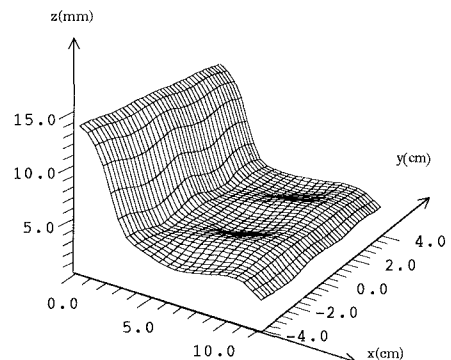


図-2 水面形

キーワード：急勾配階段状水路，2次流，3次元構造，乱流

連絡先 *：〒812-0016 福岡市博多区博多駅南3丁目5-28 Tel:092-431-9181 Fax:092-431-0726

**：〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1 Tel:096-342-3543 Fax:096-342-3507

図-4に、各地点の2次流の横断方向成分 V を $\bar{U}$ で無次元化したものを示す。 $x=4\text{cm}$ の底面付近($z=1\text{mm}$)における加重回帰曲線を見ると、図-3で示した主流速の極大値($y=0\text{cm}$ 付近)の位置から離れる特性があり、主流速の極小値($y=\pm 2\text{cm}$ 付近)の位置に向かう特性があることが示唆される。また、 $x=6\text{cm}$ においては $x=4\text{cm}$ と同じ傾向がみられるが、 $x=8\text{cm}$ ではその特性を把握することはできなかった。

図-5に、主流方向の乱れの強さ $\sqrt{u'^2}$ を $\bar{U}$ で無次元化したものを示す。これを見ると、 $x=4, 6, 8\text{cm}$ ともに主流速および2次流の横断方向成分と類似した波状性はみられず、今回の実験ではその特性は十分に把握できていないと考えられる。

4. おわりに

本実験では、熱膜流速計を用いて急勾配階段状水路流れの2次流特性および乱れ特性の確認を行い、主流速および2次流の横断方向成分（底面付近）の特性を確認することができたと考えられるが、乱れの強さに関してはその特性を十分に把握するまでには至らなかった。今後、追実験等でその特性の検証を行う予定である。

参考文献：1) H.Chanson : Hydraulic Design of Stepped Cascades, Channels, Weirs and Spillways, Pergamon, Australia, 1994

2) 橋本, 安田, 大津 : 階段状水路における流れの特性について, 土木学会第53回年次学術講演会概要集, pp.660-661, 1998

3) 大本, 成合, 矢北, 長屋 : 急勾配階段状水路における流れの内部構造, 第43回水工学論文集, pp.305-310, 1998

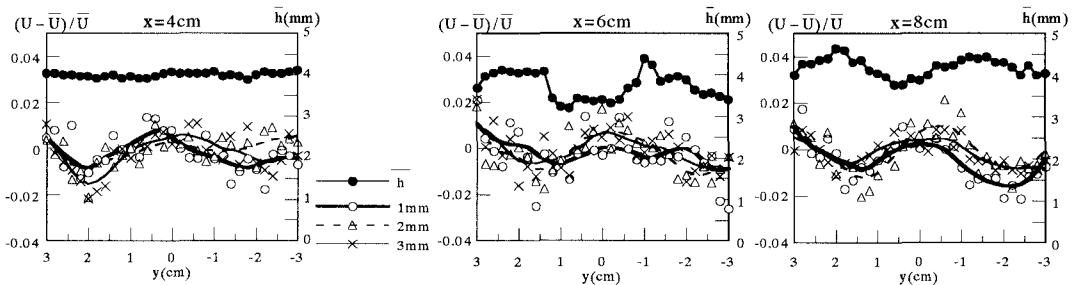


図-3 主流速の横断分布

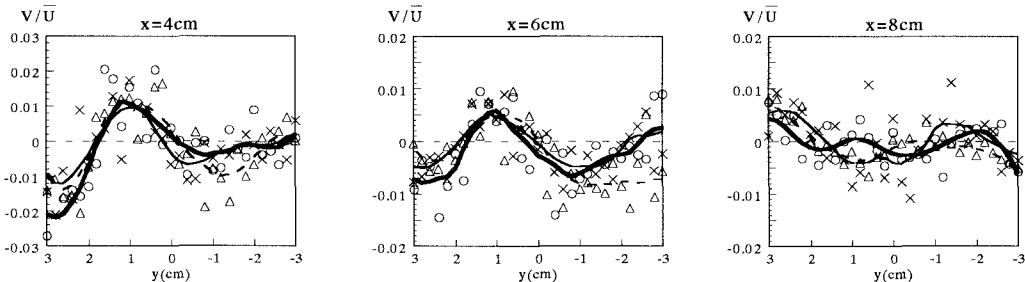


図-4 2次流の横断方向成分の横断分布

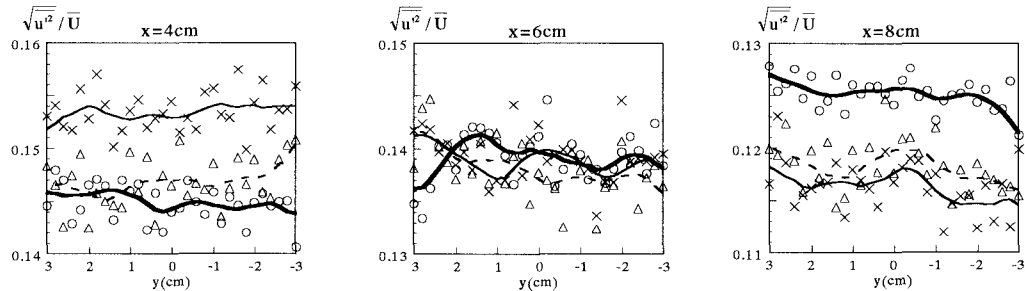


図-5 乱れの強さ ($\sqrt{u'^2}$) の横断分布