

急勾配階段状水路における加速流の乱流特性

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
 熊本大学工学部 学生員 吉松秀敏

1. はじめに

著者らは、急勾配階段状水路における流れの内部構造の解明を目的に実験的検討を行い、水路勾配 1/10 における Skimming Flow の平均流特性および乱れ特性について考察した¹⁾²⁾。本研究では、勾配 1/100 の階段状水路において観察された水路中央部の衝撃波の干渉に伴う急激な水面の上昇に着目し、その減速と加速を伴った流れの内部構造について実験的検討を行った。

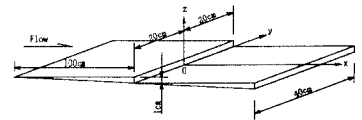


図-1 模型水路(階段部分)

2. 実験装置および測定方法

実験は、全長 10m の総アクリル製可変勾配水路を使用した。水路勾配は 1/100 で、階段部分は図-1 に示すようにステップ高を 1cm、ステップ長を 100cm とし、その比を水路勾配に一致させている。流速の測定は、X 型熱膜流速計を用いて 2 成分同時計測を行い、水面形の測定には超音波水位計を用いた。計測は、サンプリング周波数 200Hz、1 測点のデータ個数を 4096 に設定した。また、一般に階段流れは空気の連行を伴った気液混相流であることから、データ処理は流速計からの応答電圧が 0V 付近を示したものは除外して統計処理を行った。測定位置は、水路上流端より 6m 下流のステップ(以下 StepB とする。)および 7m 下流のステップ(以下 StepA とする。)で行った。実験条件を表-1 に示す。

表-1 実験条件

項目	実験値
流量 Q(ℓ/s)	5.0
限界水深 hc(cm)	2.52
限界流速 vc(cm/s)	50.0
水路勾配 I	1/100
フルード数 Fr	1.76
レイノルズ数 Re	11000
ステップ高 D(cm)	1.0
ステップ長 L(cm)	100

3. 実験結果と考察

表-1 の実験条件における水面形の鳥瞰図を図-2 に示す。StepA の水面形をみると、階段形状と同位相の水面形でシートフロー状¹⁾に流下する。また、ステップ上の水深は、全区間において限界水深を下回り射流を呈している。また水面には、側壁から約 27°、波高約 2.5mm の衝撃波が発生し、 $x/L=0.5$ 付近で交差している。StepB では、側壁で発生した約 18° の衝撃波の干渉が顕著にあらわれ、 $x/L=0.55\sim 0.75$ の水路中央部において、水面の上昇が発生した。その部分の水深の縦断方向変化を示したものが図-3 である。ここでは $x/L=0.58\sim 0.75$ において限界水深以上の水深がみられ、部分的に常流領域を形成している。図-4 に StepB にみられた水面の上昇部の主流速 U の鉛直方向変化を示す。これをみると、主流速は水深が増大する $x/L=0.55\sim 0.65$ では減速流となり、水深の減少する $x/L=0.65\sim 0.75$ では加速流となっている。図-5 に示す鉛直方向の流速成分 W の鉛直方向変化を見ると、流速が減速する区域では上昇流を生じ、加速する区域は下降流が発生している。図-6 に乱れ強さ $\sqrt{u'v'}$ の鉛直方向変化を、図-7 に乱れ強さ

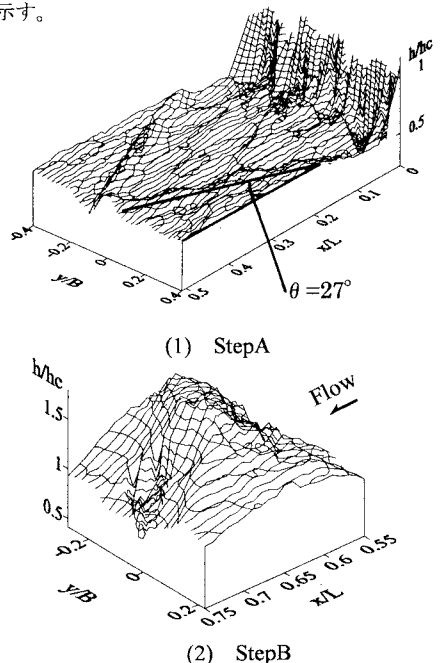


図-2 水面形の鳥瞰図

$\sqrt{w'^2}$ の鉛直方向変化を示す。 $\sqrt{u'^2}$ は減速域での乱れ強さが加速域より大きくなっている。 $\sqrt{w'^2}$ についてみると、底面付近において減速域での乱れ強さが加速域より大きくなっている。 また、 $\sqrt{w'^2}$ では、加速域は底面付近が最も小さく、鉛直上方に急激に増大した後、鉛直方向に一様化している。 減速域は壁面付近が最も大きく、鉛直上方に向かうにつれて直線的に小さくなる。 図-8 に $-\overline{u'w'}$ の鉛直分布を示す。 これから、減速域では開水路乱流で見られる底面付近が最大となる分布となった。 また、加速域においても同様の分布をみせるが、最大値が減速域よりも底面から離れている。 図-9 に水面の上昇部での横断方向の流速成分 V の横断方向変化を示す。 これをみると減速域($x/L=0.61$)では、流れが水路中心に収束し、その傾向は底面から離れるにつれて強くなっている。 頂点($x/L=0.65$)では、水面付近では水路中心に流れが収束し、鉛直下方に向かうに従ってその傾向は弱まり、逆に底面付近において水路中央から側壁方向に発散する。 加速域($x/L=0.69$)では、底面近傍において水路中央から側壁方向に発散するその傾向が強く現れている。

4. おわりに

急勾配階段状水路に発生した急激な水面の上昇に着目し、その減速と加速を伴った流れの内部構造について示した。 また、この結果は跳水現象の内部構造の解明の手がかりになると考える。 しかし、この水面形の発生条件、要因については未だ不明な部分が多い。 これは今後の課題であると考えている。

参考文献： 1) 大本，成合，矢北，長屋：水工学論文集第43巻，1999，pp.305-310。 2) 成合，大本，矢北：水工学論文集第45巻，2001，掲載予定。

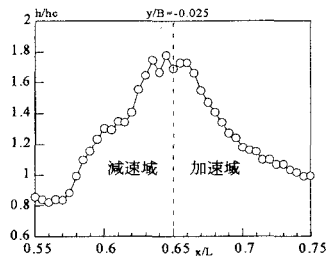


図-3 水深の流下方向変化

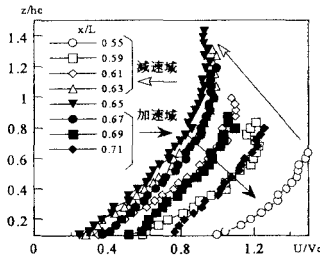


図-4 U の鉛直分布

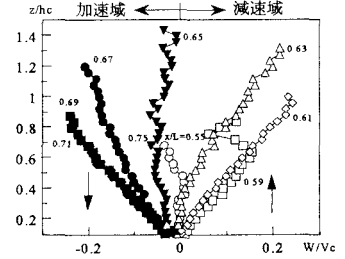


図-5 W の鉛直分布

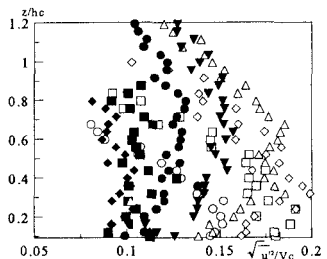


図-6 $\sqrt{u'^2}$ の鉛直分布

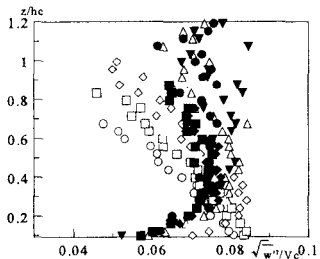


図-7 $\sqrt{w'^2}$ の鉛直分布

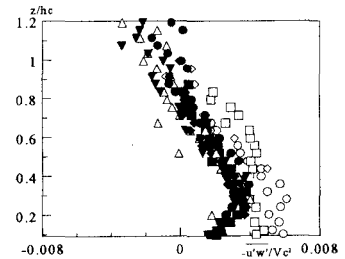


図-8 $-\overline{u'w'}$ の鉛直分布

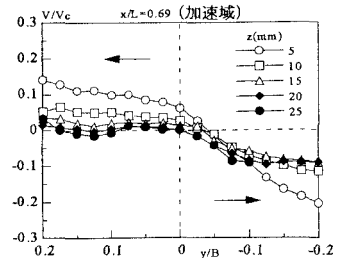
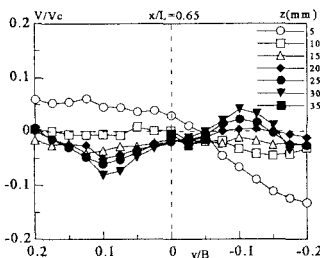
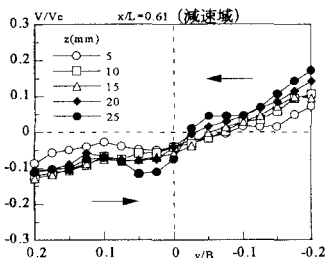


図-9 V の横断方向分布