

(II-39) 階段状水路における Skimming flow の空気混入特性

日大理工 正 高橋正行

日大理工 正 安田陽一

日大理工 正 大津岩夫

はじめに

急勾配水路を流下する高速流を減勢させる方法の一つとして階段状水路が用いられる。また、最近では景観・親水性を考慮した水路として階段状水路が利用されている。一般的に空気混入された流れが、階段状水路上で生じることが知られている。従来、階段状水路における空気混入された流れは、空気混入率[空気の量/(水の量+空気の量)]の分布¹⁾²⁾などが示されているものの不明な点が多い。ここでは、階段状水路の各ステップでエアークケットが生じることなく、常に隅角部近くで渦が形成される Skimming flow の流況(図 1)を対象とし、広範囲な水路傾斜角のもとで流れの空気混入特性について実験的検討を加えた。

実験方法

実験は階段状水路の傾斜角を変化させ($\theta=19^\circ$ 、 30° 、 55°)、Skimming flow の流況において階段状水路上の水面形がステップの凹凸に影響される場合($0.5 \sim 0.6 \leq s/d_c \leq 0.9$)³⁾を対象に行われた。階段状水路流れの空気混入率を知るため、点電極型ボトメ計(カマックス社製)を用いた(採取間隔 5s、採取時間 60s)。

Skimming flow における空気混入特性

流れの空気混入率は水路傾斜角 θ 、ステップ高さ s 、単位幅流量 q (もしくは限界水深 $d_c[d_c=(q^2/g)^{1/3}]$)、クレスト天頂部からの鉛直流下方向距離 H によって変化する(図 2 参照)。

擬似等流状態における水路中央部での空気混入率の分布の一例を図 3 に示す。図 3 に示されるように edge section (a-a 断面)と corner section (b-b 断面)とで空気混入率の分布形状が異なる。また、corner section における仮想底面近くの空気混入率は edge section と比べると大きな値を示している。この違いは水路の傾斜角が大きくなるにしたがって顕著となる。

与えられた水路傾斜角 θ に対して、断面平均された空気混入率 C_{mean} と相対鉛直流下方向距離 H/d_c との関係を図 4 に示す。なお、断面平均された空気混入率は次式を用いて求められる。

$$C_{\text{mean}} = \frac{1}{y_{0.9}} \int_0^{y_{0.9}} \bar{C} dy$$

ただし、 y は仮想底面からの垂直高さ、 $\bar{C}$ は $y=y$ での空気混入率、 $y_{0.9}$ は空気混入率が 90% となる y の値(水面に

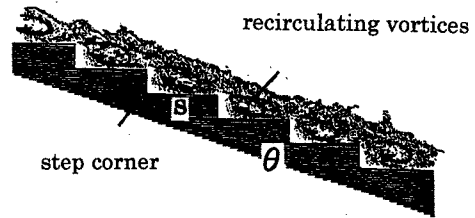


図 1 Skimming flow

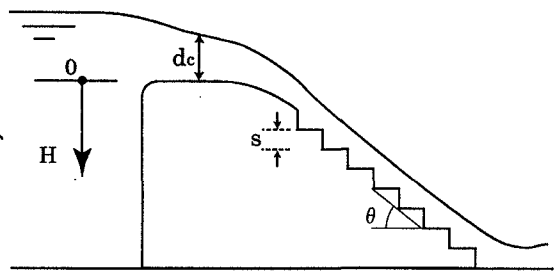


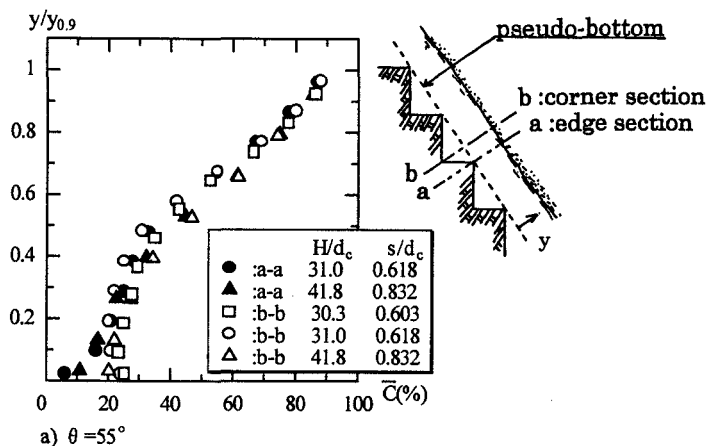
図2 定義図

キーワード：空気混入、階段状水路、射流、流水抵抗

〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8

Tel.03-3259-0683

Fax.03-3259-0409



a) $\theta = 55^\circ$

対応)。図4に示されるように、断面平均された空気混入率 C_{mean} は相対鉛直流下方向距離 H/d_c によって変化し、擬似等流状態に到達すると一定となる。また、水路傾斜角 θ が大きくなると擬似等流状態における断面平均された空気混入率 C_{mean} は大きな値を示す。

相対鉛直流下方向距離 H/d_c と空気混入率の分布形状との関係の一例を図5に示す。図5に示されるように、空気混入率の分布形状は擬似等流状態に到達するまで変化し、擬似等流状態に到達すると同一な形状を示す。

まとめ

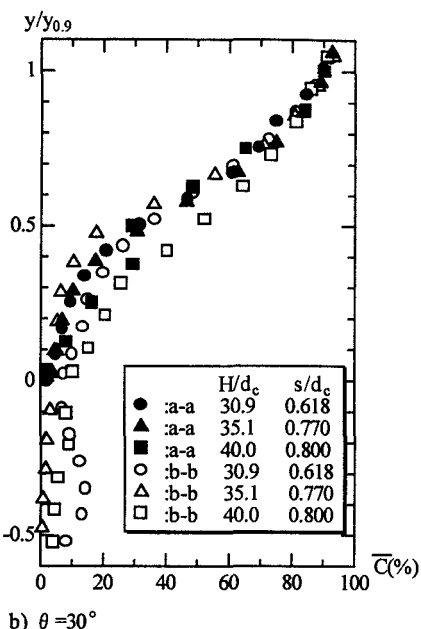
Skimming flow における空気混入の特性について以下のことが実験的に明らかにされた。

1. edge section と corner section では、空気混入率の分布形状は異なる。また、仮想底面近くで両者の空気混入率を比較すると corner section の空気混入率が大きな値を示し、水路傾斜角が大きくなるにしたがい、この違いが顕著となる傾向を示した。

2. 与えられた水路傾斜角 θ および相対ステップの高さ s/d_c に対して相対鉛直流下距離 H/d_c と断面平均された空気混入率 C_{mean} との関係が示され、擬似等流状態に到達するまでの変化傾向が示された。また、その場合の空気混入率の分布形状が示された。

参考文献

- 1) Chamani, M.R. and Rajaratnam, N., "Onset of skimming flow on stepped spillways", *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, 125(9), pp.969-971, 1999.
- 2) J. Matos et.al, "Characteristic depth and pressure profiles in skimming flow over stepped spillway". Proc. of XXVIII IAHR Cong., Graz, B14, 1999.
- 3) 安田, 大津, 埜渡, "階段状水路における Skimming flow の流水抵抗について", II-106 土木学会第54回年次学術講演会, pp.212-213.



b) $\theta = 30^\circ$

図3 edge section と corner section における空気混入率の分布形状

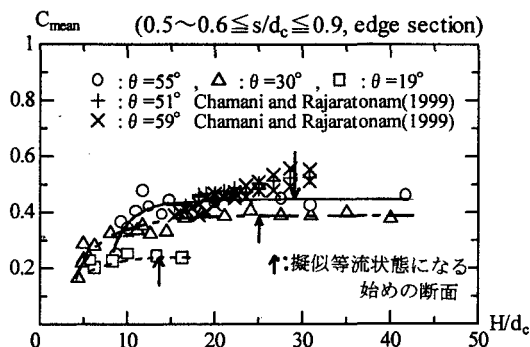


図4 相対鉛直流下方向距離と空気混入率との関係

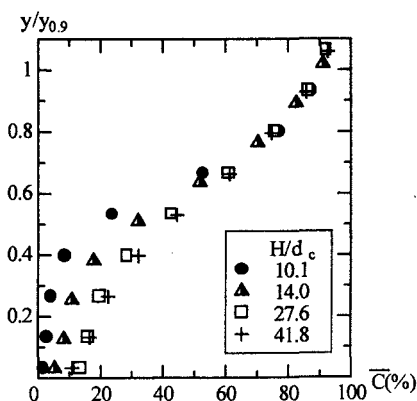


図5 相対鉛直流下方向距離と空気混入率の分布形状との関係