

日大院・理工 学 松田 淳
 日 大・理工 正 安田 陽一
 日 大・理工 正 大津 岩夫

1. まえがき

ダムや堰等から流下する流れが潜り込む場合、その流況は水路傾斜角 θ 、下流水深 h_d によって様々に異なる¹⁾。特に、傾斜角、下流水深が大きい場合、跳水は形成されず高速流が水路床に沿って下流側遠方まで達し、広範囲にわたって逆流域が形成され、その逆流に巻き込まれ溺死するなどの水難事故が報告されている²⁾

(この現象は *drowning machine* と呼ばれている³⁾)。そのため、水工構造物周辺の水環境を考える上で、潜り込む流れの逆流域を減少させる必要がある。

本研究では、水路傾斜面を階段状にすることによって射流から常流へ遷移する長さが短くなることを明らかにした。また、階段状水路を用いることによって、滑面水路において跳水が形成されない条件においても跳水の形成が認められることを示した。

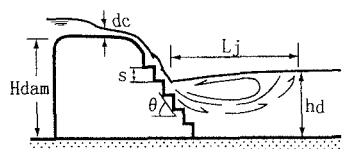


図-1 定義図

2. 流況

滑面傾斜水路において射流から常流に遷移する流れの流況は、傾斜角 θ が 19° 以下と 23° 以上とで異なる¹⁾。 $0^\circ \leq \theta \leq 19^\circ$ の場合、表面渦が水路傾斜面と水平面とにまたがって形成される流況から下流水深を大きくしていくと、表面渦が傾斜面上で形成される。すなわち、常に跳水の形成が認められる。 $\theta \geq 23^\circ$ の場合、表面渦が水路傾斜面と水平面とにまたがって形成される流況から下流水深を大きくすると、傾斜面上で表面渦を伴う

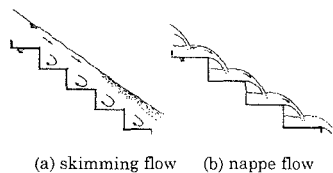


図-2 流況

流況は形成されず、高速流が水路床に沿って下流側遠方まで達し広範囲にわたって逆流域が形成される。すなわち $\theta \geq 23^\circ$ 場合、下流水深が大きくなると跳水は形成されない。

傾斜角および下流水深が大きくても跳水の形成が認められるように傾斜面上を階段状水路にして検討を行った。ここで、本研究においてはステップ隅角部に常に渦が形成される流況 (*skimming flow* 図-2 (a)⁴⁾) を対象として実験を行った。図-3 に示されるように $19^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$ においても常に表面渦を伴う潜り込み流れが形成され、滑面水路の場合と異なり常に跳水の形成が認められる。

一方、 $\theta = 5.7^\circ$ の場合、 $\theta \geq 19^\circ$ の場合と異なりステップを越える流れが水路床と平行に流れるため、表面渦を伴う潜り込む流れ(図-3 (a)、(d))だけでなく、水路床に沿って波状を呈する流況(図-3 (b))、ステップ直下流で定常的な wave を呈する流況(図-3 (c))が観察される。すなわち、段落部において射流から常流へ遷移する流れ⁵⁾と同様の流況が観察される。

3. 遷移長

遷移部の長さ L_j/dc を eq.(1)の関係で整理したものを図-4,5 に示す。

キーワード：跳水、階段状水路、減勢工

連絡先：住所 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 TEL. 03 (3259) 0668 FAX. 03(3259)0409

$$L_j/dc = f(\theta, H_{dam}/dc, h_d/dc) \quad (1)$$

ここで、遷移部終端の位置は常に逆流域が見られなくなった最初の断面とする。

図-4.5 に示されるように、与えられた θ および H_{dam}/dc に対して階段状水路の場合、遷移部の長さ L_j/dc は滑面水路の場合に比べて短くなる。これは、階段状水路を用いることによって遷移部始端での流入射流が滑面水路に比べて大きく乱され、またステップの凹凸がデフレクターの機能を有し、主流が水路床に沿って流れることなく水面に向かって上昇し易くなるためと考えられる。 $\theta=30^\circ$ の場合、滑面水路の場合と階段状水路の場合とを比較すると L_j/dc の差は相対下流水深 h_d/dc が大きくなるにつれて大きくなる。また、 $\theta=5.7^\circ$ の場合、 L_j/dc は与えられた H_{dam}/dc に対して h_d/dc によらず一定となる。これは、 $\theta=30^\circ$ の場合と異なり、下流水深が大きくなっても各ステップ上で跳水が形成されるようになるため、遷移長は相対下流水深によらず一定となるものと考えられる。

遷移部の長さを eq.(2) の関係で整理したものを図-6 に示す。

$$R_{L_j} = L_j(\text{step})/L_j(\text{smooth}) = f(\theta, H_{dam}/dc, h_d/dc) \quad (2)$$

図-6 に示されるように $\theta=5.7^\circ$ の場合、滑面水路と階段状水路での遷移長の比 R_{L_j} は、相対下流水深によらず一定となる。一方、 $\theta=30^\circ$ の場合、 R_{L_j} は相対下流水深が大きくなるにつれて小さくなる。また、相対下流水深が小さくなると、滑面水路と階段状水路での遷移部の長さは、共に顕著な表面渦が形成されるため、ほとんど変わらなくなる。

4. まとめ

傾斜面上を階段状水路にすることによって、 $\theta=30^\circ$ 、 55° においても常に跳水の形成が認められ、特に下流水深が大きくなるほど滑面水路の場合との違いが大きくなることを明らかにした。 $\theta=5.7^\circ$ の場合、階段状水路を用いることによって表面渦を伴う潜り込む流れだけでなく、波状を呈する流況や定常的な wave を呈する流況が観察されることを示した。水路傾斜面を階段状にすることにより遷移部の長さは、与えられた θ 、および H_{dam}/dc のもとで滑面水路の場合に比べて常に短くなることを明らかにした。

【記号説明】

θ : 傾斜角、 H_{dam} : ダムの高さ、 s : ステップの高さ、 dc $[=(q^2/g)^{1/3}]$: 限界水深、 q : 単位幅流量、 g : 重力加速度、 L_j : 遷移長、 h_d : 水平水路床から測定された下流水深、 $R_{L_j} [=L_j(\text{step})/L_j(\text{smooth})]$: 滑面水路と階段状水路の遷移長の比、 $L_j(\text{step})$: 階段状水路における遷移長、 $L_j(\text{smooth})$: 滑面水路における遷移長

【参考文献】

- 1) Ohtsu, I., and Yasuda, Y., (1991), "Hydraulic Jump in Sloping Channels", Jour. of Hydr. Engrg., ASCE, 117(7), pp.905-921.
- 2) 馬場、佐藤、(1998), "水難事故における河川のフェイルセーフ機能に関する研究", 第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, 土木学会, pp.297-302.
- 3) Leutheusser, H.J. and Birk, W.M., (1991), "Drown proofing of overflow structures", Jour. of Hydr. Engrg., ASCE, 117(2), pp.205-213.
- 4) 橋本、安田、大津、(1998), "階段状水路における流れの特性について", 第53回年次学術講演会講演概要集第2部、土木学会, pp.660-661, II-330.
- 5) Ohtsu, I., and Yasuda, Y., (1991), "Transition from Supercritical flow at an Abrupt Drop", Jour. of Hydr. Res. 129(3), pp.309-328.

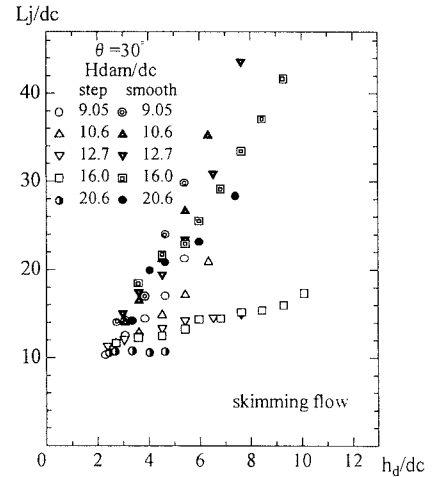


図-4 遷移部の長さ

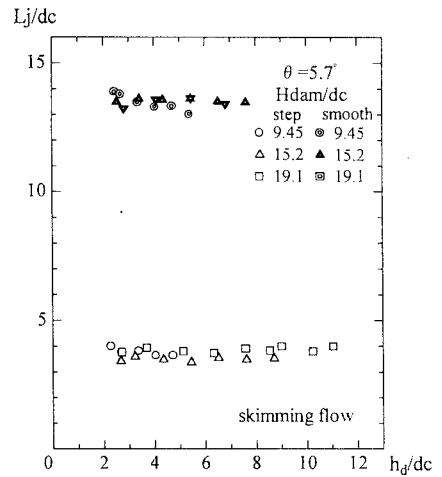


図-5 遷移部の長さ

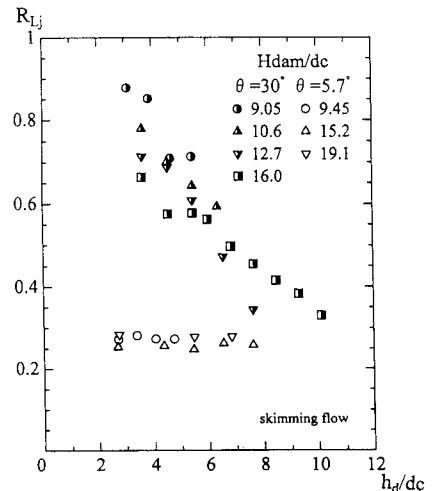


図-6 滑面水路と階段状水路

との遷移部の長さの比