

建設省土木研究所 正員 村岡 敬子

正員 高須 修二

正員 桑原 幹郎

1. はじめに

水路断面が急激に変化する急拡部の水理については、多くの研究がなされており、一定勾配水路における比較的小さいFrを対象とした水脈の広がりについては、いくつかの推定式が報告されている。このような急拡部の流れは、流入勾配に対して下流側の勾配が緩勾配であれば、水脈の広がり角度は更に大きくなる。実際、ダムの減勢工の設計にあたり、水脈を広げて単位幅流量を小さくするために、水路勾配を変化させたり、補助構造物を用いて部分的に勾配を変化させるなどの手法が用いられている。

本研究では、これら側面の拘束から解放された水脈の拡幅形態について、水理模型実験および解析によって明らかにしていくとともに、その形態を段波の理論式を用いて推定することを試みた。

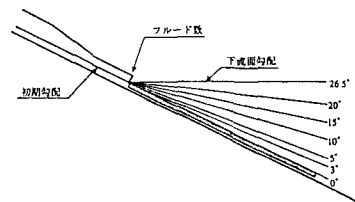


図-1 模型概念図

2. 実験方法

実験モデルの概念図を図-1に示す。初期流入勾配および出口部における水脈の厚さは、十分な長さを持った矩形管路で設定され、出口直下において勾配を変化させた。出口より下流には反りの無い透明アクリル板を用い、またその表面には水際線における表面張力の影響を抑えるために活面剤を塗布した。初期勾配は1:2を主体とし、初期フルード数6および1.4について下流面勾配を変化させ、水面形の計測をポイントゲージにより行った。

3. 側方の拘束から解放された水脈の変化

矩形管路から解放された水脈は、中央部に拡幅の影響を受けない部分を残しながら、重力と表面張力の影響を受けて側方から徐々に広がってゆく。下流に流下するにしたがい水脈の中央部も側方の影響を受けるようになると

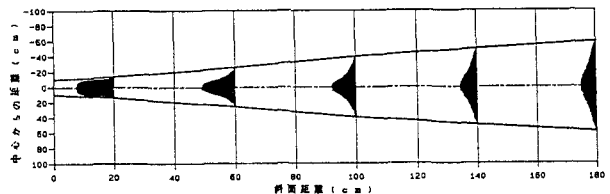


図-2 側方の拘束から解放された水脈の変化

もに、水脈の両端には薄いひれ状の膜が広がっていく。（図-2）

4. 段波の理論式を用いた水脈の拡幅水面形の推定

静水状態が保たれているプールの壁の一面が瞬時に決壊したとき、流出方向の上流側に負段波が、下流に向かって正段波が伝搬する。その流出水面形の理論式は、下流水位が無い場合、次のように示される。

$$x/(t \cdot \sqrt{g \cdot h_1}) = 2 - 3\sqrt{h/h_1} \quad \dots \dots \text{式(1)}$$

ここに、 x : 決壊位置を始点とする流下距離、 t : 決壊時からの経過時間、 g : 重力加速度、 h_1 : 段波の影響の及ばない領域におけるプール内水深、 h : 任意の断面の水位。

一方、側方の拘束から解放された水脈の横断方向の初期流速は0であり、時間の経過とともに重力などの外力が作用して拡幅するものと考えられる。そこで、式(1)に示される段波による水面形との比較を行った。実験模型の下流面には活面剤を塗布しており表面張力の影響は小さいと仮定し、また摩擦損失を無視すれば、外力として重力加速度のみを考慮すればよい。よって、

$$t = \{-v_0 + \sqrt{(v_0^2 + 2\alpha y)}\} / \alpha \quad \dots \text{式(2)}$$

$$\alpha = g \sin(\tan^{-1} S - \theta)$$

となる。ここに、 v_0 :管出口部の流速、 y :主流の流下距離、 S :主流の流下勾配

式(1)、(2)より求めた理論値と側方の水面形を図-3である。出口直下の水面形および側方の拡幅形状は、極めて近い値を示している。しかし、下流にいくに従い、中央部の水深が下がるために理論式とは遠ざかる傾向を示す。これは、流出された水脈が十分な幅を持っていないこと、重力による加速で水深自体が小さくなっていくことによる。

段波による低下水面は、理論上では経過時間に関係なく常に決壊位置において $4/9h_0$ の定点で交わるが、実験で得られた水面形も、若干のばらつきはあるもののほぼこの地点で交わる。この傾向は、下流面勾配を有するケースにおいても同じであることから(図-4)、水脈の拡幅現象は、下流面勾配の有無に関わらず段波の理論式を用いることによって明らかにすることが可能であると考えられる。

出口に近く、中心部が側方からの影響を受けていないと考えられるケースについて、下流面勾配の違いによる水面形を比較したものが(図-5)である。出口から近いために、測点までの経過時間はほぼ同じであるため、段波の水面形はほぼ同じとなる。一方、実験で得られた水面形は、下流面勾配が緩やかになるほど、拡幅し、また拡幅部の水脈厚も大きくなる。

4. おわりに

以上の検討により、拡幅部の横断水面形は、段波の理論式を用いることによって推定できると考えられる。今後は水脈の幅、フルード数等についても実験のケースを増やしていくとともに、段波の理論式に加速による水深の変化等も加味していく必要がある。

参考文献

- 1) 本間・安芸:物部水理学 岩波書店1962
- 2) 村岡・桑原:勾配変化を伴う急拡水路の水脈の拡幅形態 土木学会第48回年次学術講演会 平成5年9月

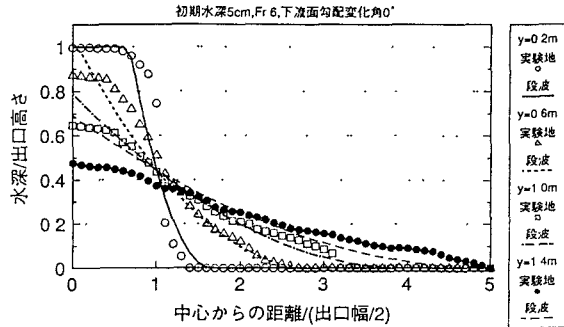


図-3 段波の水面形と実験値の比較(1)

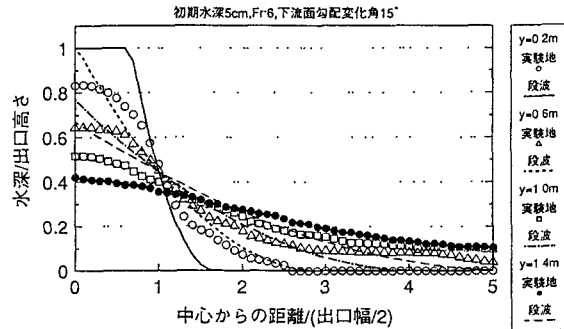


図-4 段波の水面形と実験値の比較(2)

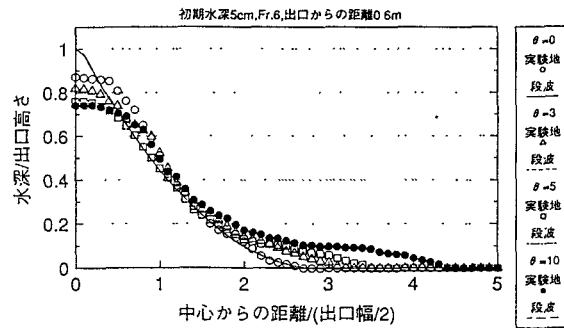


図-5 下流側勾配による水脈の拡幅の変化