

秋田大学 学生員 ○大森 勉  
秋田大学 正 員 松富 英夫

## 1. はじめに

著者らの一人のダム破壊流れの先端軌跡に関する理論<sup>1)</sup>において、理論と実験値がよく一致するようにして評価された抵抗係数値が本来の抵抗係数値として妥当なものであるかどうか検討を行って、みる必要がある。また、予め近似的にでもその抵抗係数を推定出来るようにしておく事はその理論の有用性を高めることにもなり、この流れの抵抗則を検討することは重要である。そこで、本研究は滑面と粗度を有する粗面の2種の底面条件に対する広範なダム破壊流れの実験を行い、各実験の抵抗係数を評価し、その大小と分布特性を調べることでこの流れの抵抗則の検討を行うことにする。

## 2. 実験装置及び方法

実験には水平に設置された鋼製矩形水路（高さ0.5m、幅0.3m、長さ11.5m）を用いた。ダムとしては手動の引き上げ式ゲートが用いられ、水路下流端から6mのところに設置されている。ゲート下流側の底面は、滑面と粗面の2種類とし、前者は水路の底面を利用し、後者は水路横断方向に高さ $b=5mm$ の木製の角柱粗度（ $5 \times 5 \times 300mm$ ）を間隔 $s=5cm$ で設置して抵抗の影響を大きくした。また、経時的流れ先端位置読み取りのため水路壁面（ガラス製）には5cm間隔のメッシュが刻まれている。さらに、ゲート下流側水深調節のため、水路下流端には取りはずし可能な堰が取り付けられている。この実験装置の概要を図-1に示す。

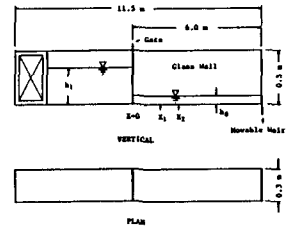


図-1 実験装置

実験ケースは、ゲート下流側水深 $h_0$ を0.02mに固定し、上流側水深 $h_1$ を0.20m、0.25m、0.30m、0.35m、0.40mとした5ケースの計10ケースであり、実験は各々のケースに対して3回行い、その平均値を実験値とした。流れ先端軌跡の測定にはビデオ・システムを用い、その解析は1/60秒まで読み取り可能なビデオ・モーション・アナライザーによつた。また、本論文での理論モデルを図-2に示す。なお、図中の記号や理論の詳細については参考文献1)、2)を参照されたい。

## 3. 考察

本研究対象流れで形成される段波（ただし、段波背後には比較的一様な水位が長く続いている）は、抵抗の影響等のために厳密には定常ではない。しかし、第1近似的には、Stoker理論で評価される諸水理量がこの流れの代表的な水理量と見なされ、従来の開水路定常等流に対する抵抗則が近似的に成立しているものと考えられる。そこで、これらの水理量を用い、著者らの一人の流れ先端軌跡に関する理論が実験値によく一致するようにして評価された抵抗係数の分布を示したものが図-3、図-4である。これ等の図中には既報<sup>1),2)</sup>のデータも黒丸印で示されている。これらの図はそれぞれ滑面と粗度を有する粗面に対するものである。図-3中の実線は滑面開水路に対する次式である。

$$K = \frac{U_b^2}{U_*^2} = \left[ 3.0 + 5.75 \log_{10} \left( \frac{U_* H_0}{\nu} \right) \right]^2 \quad (1)$$

ここで、 $K$ :抵抗係数、 $U_b$ :摩擦速度、 $U_*$ :Stoker理論による水粒子速度、 $H_0$ :段波水深、 $\nu$ :水の動粘性係数で、ここでは便宜的に $0.01 \text{ cm}^2/\text{s}$ を用いる。

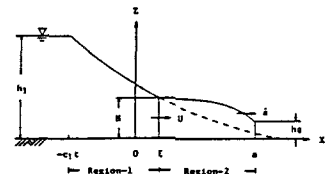


図-2 理論モデルと記号

この図によると、理論と実験値とがよく一致するようにして評価された抵抗係数は、式(1)のそれよりも若干

大きめの値を示しているが(但し、式(1)の $H_0$ の代りに径深を用いれば、もっと両者はよく一致する)、ほぼ同じ値となった。これは、理論での抵抗係数が本来の抵抗係数であること、その抵抗係数はStoker理論で予測される水理量を用いれば、従来の開水路定常等流に対する抵抗則で近似的に推定されることを示している。

粗度の場合の抵抗係数を開水路定常等流の抵抗則と比較しようとするとき、粗度の等価粒径 $k_s$ の評価という問題が生じる。この問題は、流れの基面をどこと考えるかという問題と同義になり、この評価の確たるものはまだ存在していない。そこで本研究では、定常等流に対する足立の実験式<sup>3)</sup>と従来のその他の実験結果を用いて等価砂粒径の評価を行い、本研究対象流れの抵抗則を検討することにする。

足立の粗度に対する等価砂粒径評価式は、

$$\frac{k_s}{k} = 23.7 \left(\frac{S}{k}\right)^{-0.26} \left(\frac{H}{k}\right)^{-0.02} (S/H)^{0.8} \quad (2)$$

式(2)を次の開水路定常等流の抵抗則

$$K = [6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{H}{k_s}]^{-2} \quad (3)$$

に代入すれば粗度に対する抵抗則として次式を得る。

$$K = [1.50 \log_{10} (\frac{S}{k}) - 1.91 + \{5.75 + 0.12 (\frac{S}{k})^{0.8} \} \log_{10} (\frac{H}{k})]^{-2} \quad (4)$$

式(4)が図-4中に破線で示されている。この図によると理論と実験値とがよく一致するようにして評価された抵抗係数と式(4)との差は非常に大きい(約2倍)。

一方、足立によ、てまとめられた従来の実験結果によれば、 $S/k = 10$ の時には $k_s/k \approx 4.4$ と評価される。これを式(3)に用いた時のものが図-4中の実線である。この場合は式(4)に比較して理論と実験値とがよく一致するようにして評価された抵抗係数値に比較的近い値を示すが、それでもやや大きい傾向にある。滑面の場合と同じ傾向になるためには、 $k_s/k$ 値がもっと小さく約2.5以下にならなければならない。 $S/k = 10$ 近くでの $k_s/k$ の変化率は非常に大きいので流れの諸条件のわずかな変化でこのような値( $k_s/k \approx 2.5$ )は取り得るものと考えられる。この問題については今後の詳細な検討を待つ必要がある。

#### 4. むすび

滑面に対する本研究対象流れの抵抗係数は、Stoker理論で予測される水理量を用いて、従来の開水路定常等流に対する抵抗則で近似的に推定されることを確認した。しかし、粗度を有する粗面に関しては、抵抗係数を推定する際に不確定な要素が含まれており、今後の詳細な検討を待つ必要がある。

(参考文献)

- 1) 松置英夫：下流水深を有する場合のダム破壊流れについて，土木学会論文集，第363号/Ⅱ-4，P79～86，1985。
- 2) 松置英夫：下流水深を有するダム破壊流れ先端部の水筒形，土木学会論文集，第375号/Ⅱ-6，P161～169，1986。
- 3) 足立昭平：人工粗度の実験的研究，土木学会論文集，第104号，P33～44，1964。

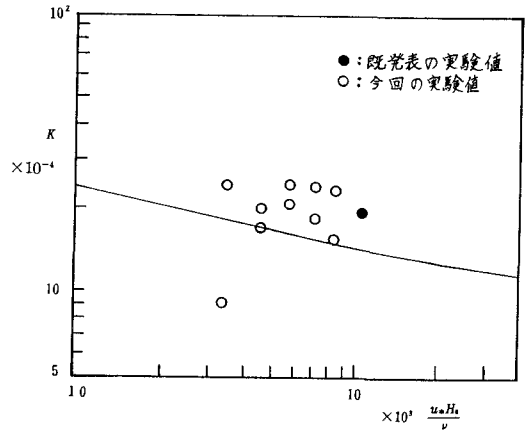


図-3 抵抗係数の分布 (滑面)

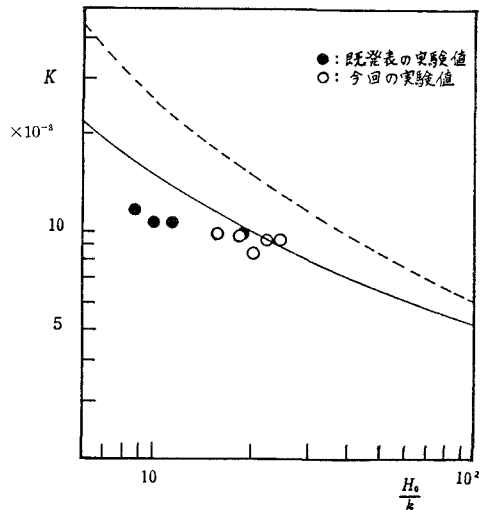


図-4 抵抗係数の分布 (粗面)