

末武川ダム常用余水吐の水利実験

○ 山口大学 本名 元 山口県庁 伊藤 竜彦
山口県庁 林 勝則 山口大学 斎藤 隆

末武川ダムは末武川総合開発事業の一環として建設される多目的ロックフィルダムである。常用余水吐は図-1に示すようなオリフィス形式のものであるが、放流孔直下流における底面が上に凸な曲面となっているので、放流孔断面における流れは遠心力の影響を受ける。放流孔断面における遠心力の影響は、従来の実験結果から適当に流量係数を推測することで考慮されているのが通常で、その挙動については疑問が残されている。

本研究は、底面の曲率を考慮した流れの基礎方程式を模型実験で得られた水面形状を境界条件として数値積分することで流量係数を求め、実験結果と比較し、底面に負圧が発生する限界条件を実験的に検討したものである。

図-2に示す微小要素について考える。流線に直交する n 軸方向の力の釣合式は次式と書ける。

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = -g \cos \theta + \frac{V^2}{R} \quad (1)$$

放流孔近傍のみを考えるので、流れを無渦運動とすると、

$$E + S + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + y \cos \theta w \quad (2)$$

$\partial n / \partial y = \cos \psi$ なることを考慮すると、式(1)

(2) より次の基礎式が得られる。

$$\frac{\partial V^2}{\partial y} + \frac{2V^2}{R} \cos \psi = 2g (\cos \psi \cos \theta - \cos \theta w) \quad (3)$$

$y = h$ で $V = V_s$ なる境界条件を用いると、

$$\frac{V}{V_s} = \exp(\Gamma) \sqrt{1 - \frac{2gh}{V_s} \int_1^y \frac{\cos \psi \cos \theta - \cos \theta w}{\exp(\Gamma)} d\eta} \quad (4)$$

$$\Gamma = \frac{h}{E} \int_1^y \frac{\cos \psi}{R/E} d\eta \quad (5)$$

y 軸に直交する流速成分を積分して

$$\frac{q}{\sqrt{2gE}} = \frac{V_s}{\sqrt{2gE}} \frac{h}{E} \int_0^1 \frac{V}{V_s} \cos \psi d\eta \quad (6)$$

図-1 実験装置

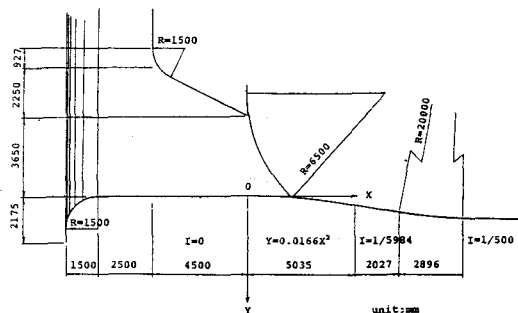


図-2 座標と記号

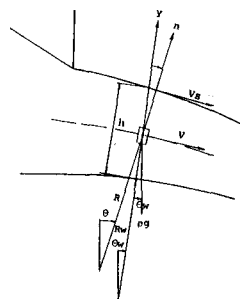
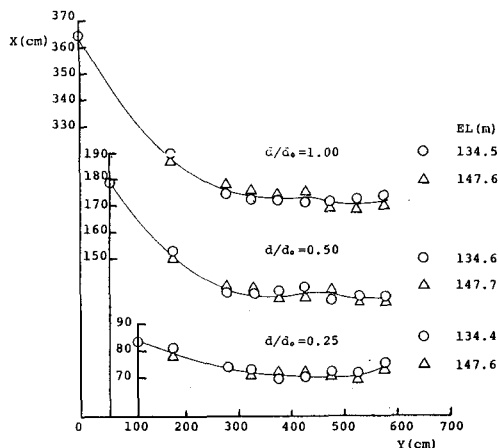


図-3 水面形状



放流孔中心から貯水池水位までの高さをEとして
流量係数Cは次式で定義する。

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2gE} \cdot h \cdot B} = \frac{Q}{\sqrt{2gE} \cdot h \cdot B} \cdot \sqrt{\frac{E}{E}} \quad (7)$$

上の各式を計算するためには、各点の流線の曲率半径Rならびにy軸とn軸の偏角 ψ を議る必要がある。これらを水面形状から推測することにする。

図-3は放流孔ゲートの開度、ならびに貯水池水位を変えて測定した水面形状である。図より、放流孔直下流れ部の水面形状は貯水池水位によってほとんど変わらない。図中に示した平均水面形状から、放流孔ゲート端における水面形の曲率半径Rs、ならびに水面勾配 θ_s を求めたものが図-4、5である。

越流流流の場合と同様にR、 θ の分布を次のように仮定することにする。

$$\frac{R - R_w}{R_s - R_w} = \alpha \eta^2 + \beta \eta \quad (8)$$

$$\frac{\theta - \theta_s}{\theta_s - \theta_w} = \psi_s = \eta \quad (9)$$

式(4)～(7)に α 、 β を代入して、数値積分して求めた流量係数値が図-6である。図中の実験描点と比較して、 α 、 β の値については今後更に検討する必要があるが、両者の一致はきわめて良好である。

放流孔下流部流れにおいて遠心力の影響で、床面に負圧が発生するので、床面の圧力分布を測定した結果が図-7である。図より放流孔ゲートの開度 d/d_o が小さい程、また貯水池水位が高い程床面の圧力が低下している。

放流孔ゲートの開度 d/d_o と貯水池水位とを系統的に変えて実験を行ない、床面に負圧が発生する限界条件を求めた結果が図-8である。図中の描点よりも下側における条件では負圧が発生し、描点より上側の領域においては床面に負圧の発生はみられない。図の結果より、本余水吐のゲート開度 d/d_o は0.5以上に開けて操作することが望ましく、できれば、ゲート部の床面は放流流速が速いので、本余水吐のように曲面にすると流量係数は大きくなるが、負圧発生の点からは平面にする方が振動等に対して安全である。

図-4 $R_s \sim d/d_o$

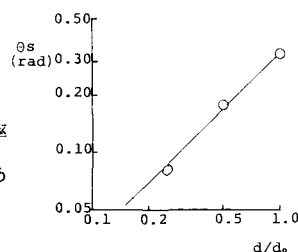


図-5 $\theta_s \sim d/d_o$

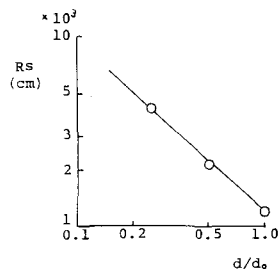


図-6 流量係数

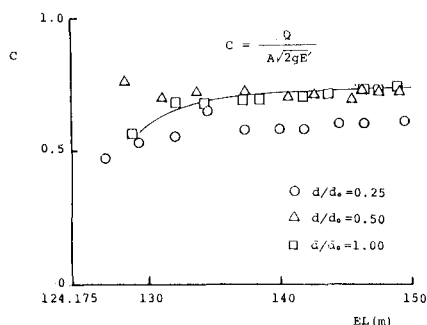


図-7 壁面圧力分布

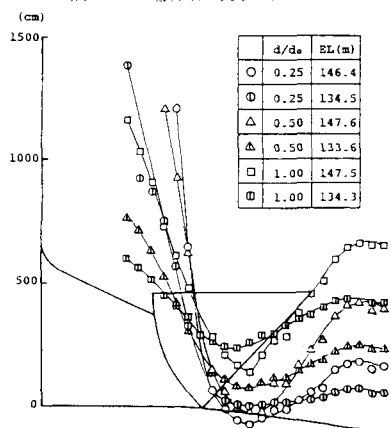


図-8 負圧の発生限界

