

II-208

ダム取水口予備ゲートのダウンプル特性に関する実験研究

川崎重工業（株） 正員 裾本龍雄 正員 門屋大二
正員 坂井康一 正員 鬼束博文

1. はじめに

ダム取水口の入口に設置される予備ゲートや、管路の途中に設置される流量調節用ゲートの操作荷重を決定するには、ゲート自重やローラ・水密ゴム等の摩擦荷重の他に、ダウンプル力を考慮する必要がある。ダウンプル力は、ゲートで流量制御を行う際に高速で水が流れることによって生じるゲート底面の圧力低下とほとんど圧力が低下しないゲート上面の圧力との不均衡によって発生する。したがって、このダウンプル力は、ゲート下部形状と水理条件によって左右され、ゲートの構造諸元が決定されたとしても、なかなか定量的には評価しにくい性質のものである。そこで、取水口の設計に一般的に採用される4面ベルマウス方式と1面ベルマウス方式の両方を対象として、予備ゲートのダウンプル特性を広範囲のゲート形状について調査すべく、一連の水理実験を行った。本報告では、各ゲートのダウンプル係数を提示し、ゲート下部形状との関係や取水口形状の影響などについて述べる。

2. 実験概要

実験は図1に示すように、4面および1面ベルマウス方式放流管に対する、取水口予備ゲートのダウンプル力に各種パラメータ（ゲート厚 t 、底面傾斜角 θ 、リップ長 e 、開度 a または b 、水位 H ）が、如何なる影響をおよぼすかという点を調査の主観点として実施された。

(1) 実験装置

図2に実験装置の構成と水槽の構造について簡単に示す。実験水槽の諸元は、幅1.4m、長さ4m、深さ3.8mである。放流管模型は管軸が底から0.5m上方となるようセットした。

(2) 模型

実機に対し縮尺1/20程度のものを想定し、放流管を4面ベルマウス方式（図3）1体、1面ベルマウス方式（図4）1体の計2体を製作した。ベルマウス形状は、4面ベルマウス方式および1面ベルマウス方式とも次式に示す楕円形状を採用した（ X 、 Y の単位はcm）。

$$Y = 5 \sqrt{1 - (X/20 - 1)^2} \quad (0 \leq X \leq 20) \dots\dots\dots (1)$$

4面ベルマウス方式の実験は、最初に給気管なしの場合の実験を行い、後にダウンプルに与える給気の影響を調査するために、給気管が付いた場合の実験を行った。1面ベルマウス方式に対する実験は、すべて給気管付きとした。

ゲートは、表1に示すような下部形状のものを使用した。 θ を4種類、 e を3種類に変化させた。 t はすべて8cmで、 r/t は0.4に固定した。ゲート底面中央には圧力分布計測用のピエゾメータが14~17個設置されている。

(3) 実験方法

H は、2.9mと1.4mの2種類と

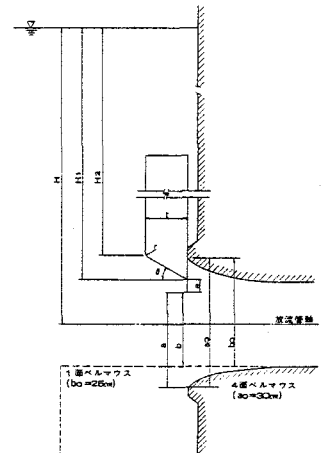


図1

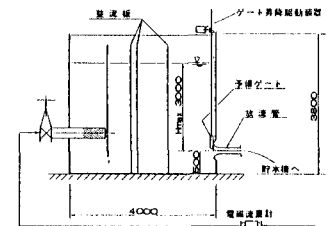


図2 実験装置

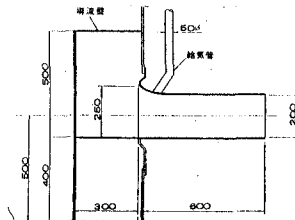


図4 1面ベルマウス方式模型

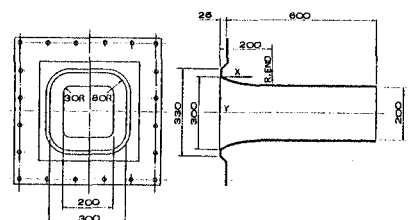


図3 4面ベルマウス方式模型

した。ゲート開度は、4面および1面ベルマウス方式とも全開から3cmピッチで降下させた。所定の開度で、流量と水位が安定した後、計測を開始した。

3. 実験結果

ダウンプル係数 C_{dp} を次式のように定義した。

$$C_{dp} = F_{dp} / w \cdot H \cdot B \cdot t \quad (2)$$

$$F_{dp} = F_d - F_u \quad (3)$$

$$F_d = w \cdot B \cdot t \cdot (H_1 + H_2) / 2 \quad (4)$$

$$F_u = w \cdot B \cdot \int_0^t P(x) \cdot dx \quad (5)$$

ここに、 F_{dp} はダウンプル力、 F_d は水圧による下向き力、 F_u は上向き力、 $P(x)$ はゲート底面中央の各点における圧力である。以上によって求めた C_{dp} とゲート開度との関係を図5～図11に示す。

(1) 4面ベルマウス方式における C_{dp}

給気管のない場合の C_{dp} を図5と図6に示し、給気管のある場合との比較を図7と図8に示す。4面ベルマウス方式では給気管の有無にかかわらず、 C_{dp} にピークが存在し、潜り流出から自由流出へ変化する直前で C_{dp} は最大となる。

給気管があると、ない場合よりも大きなゲート開度で C_{dp} はピークをもち、その値は小さくなる。

(2) 1面ベルマウス方式における C_{dp}

ゲート全開時においても給気が行われ、いかなるゲート開度でも、潜り流出になることはなかった。結果として C_{dp} にピークは現われず、ゲート全開時付近で C_{dp} は最大となった。

また、取水口形状に関係なく、 θ が大きいほど、また e/t が大きいほど C_{dp} は小さくなると言える。

図11と図12は、4面ベルマウス方式と1面ベルマウス方式における最大ダウンプル係数 C_{dpmax} と θ の関係について、水位と管出口開口率をパラメータにして示したものである。4面ベルマウス方式も1面ベルマウス方式も C_{dpmax} は水位の影響をあまり受けないと言えるが、1面ベルマウスにおいて、管出口開口率が100%のとき、 e の小さいゲートでは最大0.08程度の差が現れる。

表1 ゲート模型一覧表

θ	0°	20°	30°	45°
12m	① ゲート	② ゲート	③ ゲート	④ ゲート
24m	⑤ ゲート	⑥ ゲート	⑦ ゲート	⑧ ゲート

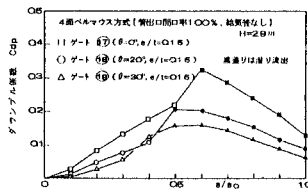


図5

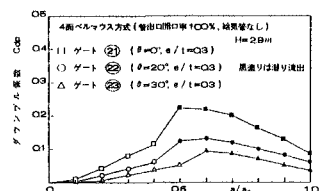


図6

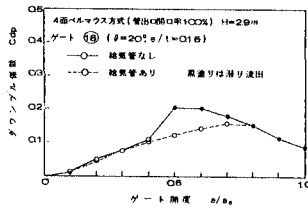


図7

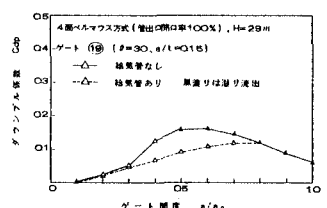


図8

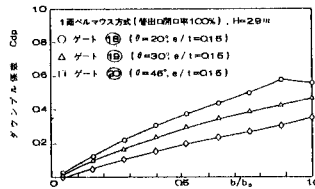


図9

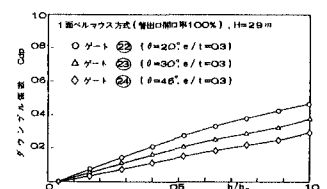


図10

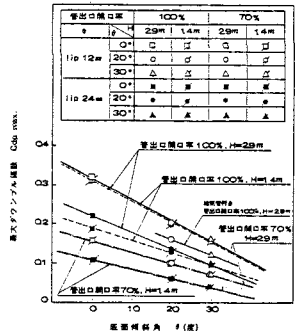


図11

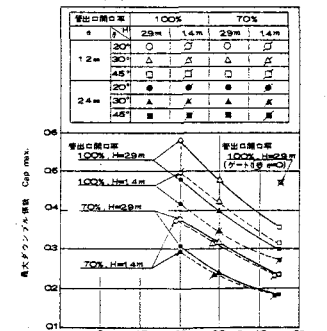


図12