

II-149

ダム放流管予備ゲートのダウンプルフォース

(Down-Pull Force on the Guard Gates for Dam Outlet Conduits)

(株) 日立造船 正員 伊崎昭一郎
建設省土木研究所 正員 柏井 条介

1. はじめに 管路式放流設備の管路入口には、管路や流量調節用ゲート(主ゲート)の点検、補修及び主ゲートの故障による緊急時の流量遮断のため予備ゲートが設けられるが予備ゲートにより流水遮断を行う場合、ゲート底面上には比較的流速の速い流れが存在し、静水下にある場合と比べて圧力が低下する。この圧力低下により生じる下向きの力がダウンプルフォースと呼ばれるもので流水遮断時の予備ゲート操作荷重を検討する上での重要な因子である。

本研究は一面ベルマウス式放流管予備ゲートで、ゲート底面が円弧と直線およびリップ(図-1)で構成される場合を対象に、ダウンプルフォースと底面傾斜角 θ 、リップ長 l の関係を調査したものである。

2. 水脈がハク離しないゲート底面形状 ゲート底面において水脈がハク離するとゲート底面の圧力は大気圧となり、ダウンプルフォースが大きくなる。また、水脈が離れる時点でダウンプルフォースが急激に変化することが予想されるため、まず水脈のハク離しないゲート開きと θ 、 l の関係を調査した。ここで水脈のハク離とはゲート底面に水が存在していない状態をいい、水が存在する境界層のハク離と区別した言葉である。

水脈がハク離した状態と付着した状態の臨界のゲート開き a は初期の流れの状態が付着しているか、ハク離しているかで異なり、ハク離している場合の臨界のゲート開き $a_A <$ 付着している場合の臨界のゲート開き a_B である。流水遮断時の操作においては初期の流れは付着しており a_B が限界の状態に対応するが、 a_B はギリギリの限界であること、このゲート開きでは負圧が大き

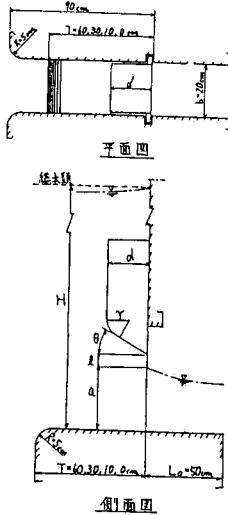


図-1 水理実験モデル

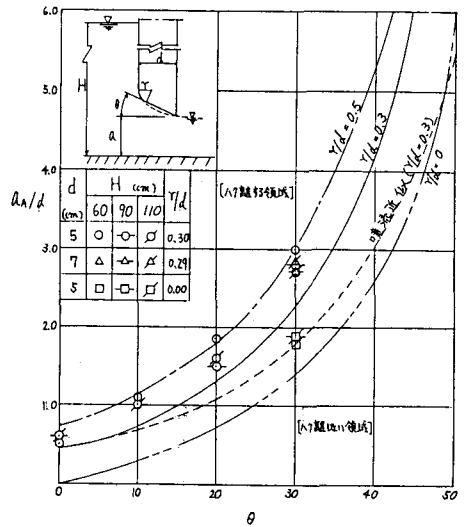


図-2 リップ長 $l=0$ の水脈のハク離限界
($T/d \geq 8.6$)
表-1 ゲート底面形状

γ-1365	d (mm)	θ (°)	γ (mm)	λ (mm)	γ/d	λ/d
A	7	30	2.0	0~2	0.29	0~0.29
B	7	40	2.0	0~3	0.29	0~0.43
D	5	0	1.5	0~3	0.30	0~0.60
E	5	10	1.5	0	0.30	0
F	5	20	1.5	0~3	0.30	0~0.60
G	5	30	1.5	0~3	0.30	0~0.60
H	5	0	0	0~3	0	0~0.60
I	5	30	0	0	0	0

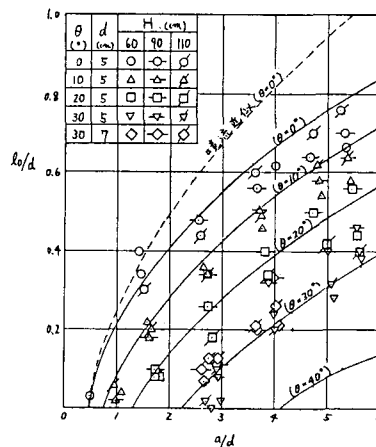


図-3 リップの有る場合の水脈のハク離限界
($T/d \geq 2$, $r/d = 0.3$)

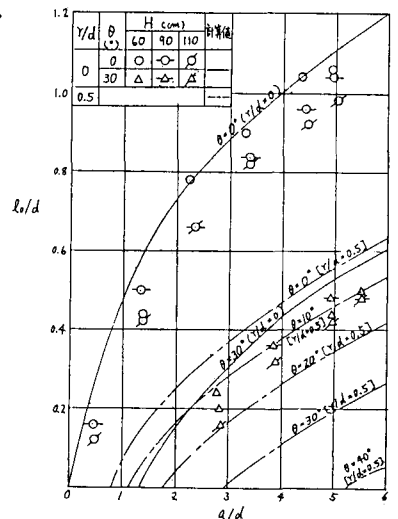


図-4 リップの有る場合の水脈のハク離限界
($T/d \geq 2$) (r の影響)

くダウンプルフォースが大きいこと等から以下では安全を考えて a_A について検討を行った。結果を図-2~4に示す。なお、検討は表-1に示す各形状に対しゲート下流を開水路流として行った水理実験（プロット点）およびハク離位置（通常は上流円弧内にある）を実験で求め2次元ポテンシャル流れとして境界要素法により計算した数値実験（実線、鎖線）により行っているが、計算値は実験値と比較的良好一致している。図中の破線は鋭縁オリフィスからの噴流水面形より求めたものであるが実験値との差はかなり大きい。

図-2はリップが無い場合のものでプロット点（又は線）上方がハク離する領域、下方がハク離しない領域である。 θ 、および上流円弧半径 r が大きい程大きなゲート開きまで水脈がハク離しないことがわかる。また、図-3、4はそれぞれ r/d (d ; ゲート厚) $= 0.3$ 、 $r/d = 0, 0.5$ の場合の a_A と ℓ 、 θ との関係を求めたもので、図-2と逆に点（又は線）上方がハク離しない領域、下方がハク離する領域である。以上の図より水脈がハク離しないゲート底面形状を求めることができる。なお、図-2~4は上流水路長 T が十分大きい場合のもので T が小さくなるとハク離領域は小さくなる。また、 a_A に対する貯水位の影響は小さい。

3. ダウンプル特性 ダウンプルフォースの特性は次式で定義される無次元量ダウンプル係数で表される。

$$C_{dp} = F_{dp} / (w b H d) = \int_a^b \{H - (p/w + z)\} dx / (H d)$$

ここに、 F_{dp} ; ダウンプルフォース、 w ; 水の単位体積当り重量、 H ; ゲート敷面を基準とした貯水池での総水頭、 b ; ゲート幅、 $p/w + z$; ゲート敷面を基準としたゲート底面上のある点のピエゾ水頭である。 C_{dp} は、放流特性を表す無次元量である流量係数 $C = Q / (b a \sqrt{2 g H})$ (Q ; 流量) と圧力分布特性を表す無次元量である圧力降下係数 $C_d = \{H - (P/w + z)\} / \{V_0^2 / (2 g)\}$ (V_0 ; ゲート下流端断面での平均流速) の平均値 $\overline{C_d} = (\int_a^b C_d dx) / d$ により

$$C_{dp} = C^2 \overline{C_d}$$

として表される。種々のゲート形状に対する C^2 と $\overline{C_d}$ をそれぞれ図-5、6に示す。図中の曲線群は前述の数値実験によって得られた計算結果である。図-5よりゲート底面形状が同じならば C^2 と a/H はほぼ直線関係にあることがわかり θ 、 ℓ が大きい程 C^2 は小さくなる。但し ℓ はある程度以上大きくなっても C^2 はあまり変化し

なくなる。また、計算値と実験値は比較的良好一致している。図-6より $\overline{C_d}$ は a/d が大きい程大きくなることわかる。また、 θ 、 ℓ が大きい程 $\overline{C_d}$ は小さくなる。計算値と実験値は $\theta = 40^\circ$ 及び各 θ の $\ell = 0$ の場合を除きかなりの差が生じているが、この場合のゲート底面圧力はほぼ一定となっており、境界層のハク離と再付着に伴う渦がゲート底面全域に及んでいるものと思われる。なお、図-5、6は T が十分大きい場合のものである。また、 C_d は $H/a \geq 5$ では殆ど変化はなく図-6はその領域での値である。

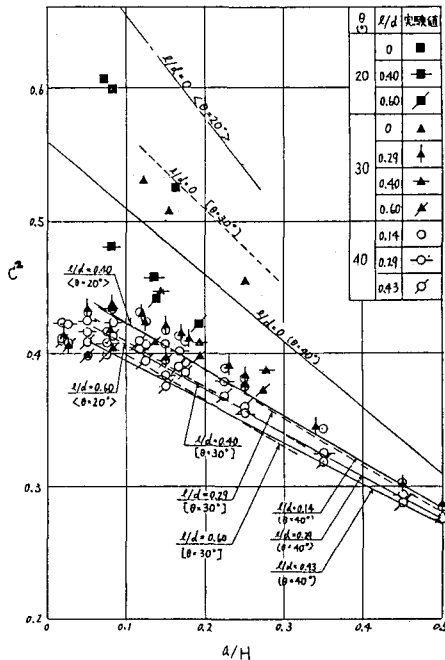


図-5 C^2 の実験値と計算値の比較
($T/a \geq 2$, $T/d \geq 8.6$, $r/d = 0.3$)

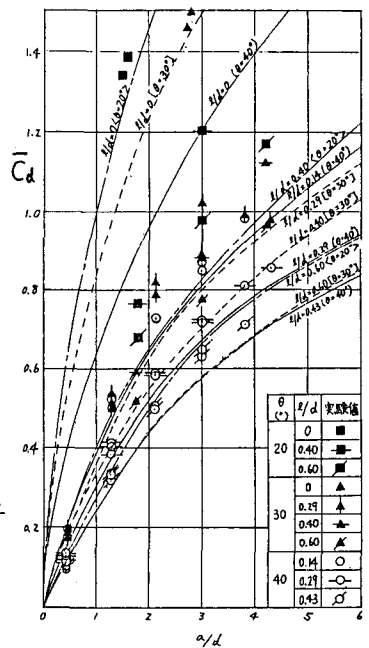


図-6 $\overline{C_d}$ の実験値と計算値の比較
($T/a \geq 2$, $T/d \geq 8.6$, $H/a \geq 5$, $r/d = 0.3$)