

II-175

水門のダウンプルフォース特性

三井造船(株) 正員 高原 康一
建設省土木研究所 正員 高須 修二
建設省土木研究所 正員 新屋敷 隆
三井造船(株) 高木 芳朗

1. はじめに

ダムに設置される予備ゲート等を対象としたダウンプルフォースの実験的研究は、過去数多く行われており、それらの研究によってその特性も明らかにされてきた^{1) 2)}。しかしながら、その特性は放流時の流出形態が自由流出である場合に言及したものであるため、水門のように流出形態が一般的に潜り流出となるような場合については、未だ明確でないと云わざるを得ない。そこで、本研究では水門で代表されるプレートガーダ構造のゲートを例にとり、上下流の水位条件やゲート形状等の諸因子がダウンプルフォースに与える影響について調査することとした。以下に調査の結果を報告する。

2. 実験概要

図1に実験モデル概念図、表1に実験を行ったゲート模型の底面形状を示す。実験は、二次元水路（幅70cm×高さ1m×長さ16m）にゲート模型を設置して行い、各ゲート底面形状別に上流水位 $H_1=60\text{cm}$ ($H_1/d=3.53$) 40cm ($H_1/d=2.35$)、下流水位 $H_2=0, 0.6H_1\sim 0.9H_1$ の条件を与え、上流水位に対して90%の開度まで10%開度毎に流量とゲート底面圧力の測定を行った。但し、上下流の水位はゲート開度に係らず常に一定とした。流量は送水管に設置した電磁流量計にて測定し、ゲート底面上の圧力はゲート下端桁に設置してあるピエゾメータに連結したマノメータの値を読みとって算出した。なお、ピエゾメータはゲート戸溝部による影響を考慮し、ゲート下端桁中央部に設置した。ゲートの各桁には桁面積の約2%にあたる給排水孔を設けてある。

3. 実験結果

(1) 流量係数：図2に開度 a/H_1 に対する流量係数 C の変化の一例を示す。流量係数 C は、流出形態によって異なった変化をみせる。流出形態が自由流出である場合には、開度 a/H_1 が大きくなるにしたがって減少し、潜り流出である場合には、逆に増加する。潜り流出にあたっては、下流水深 H_2 が高くなるほど流出係数 C は小さくなる。双方ともリップ長 l の長い方が、またゲート下端桁上流に円弧 r を設けた方が、若干ではあるが流量係数 C は全体的に小さくなる。上流水深 H_1 を高くすると、自由流出においてはその減少率が、潜り流出においてはその増加率が緩やかになる。但し、上流水深 H_1 が変化しても同開度であれば流量係数 C の値は変わらない。

(2) 圧力降下係数：図3及び図4にゲート底面の圧力降下係数(C_d)分布の一例を示す。図の横軸は、ゲート下端桁上流端から各測点までの距離 x を扉体厚 d で除して無次元化してある。図から明かなように、ゲート

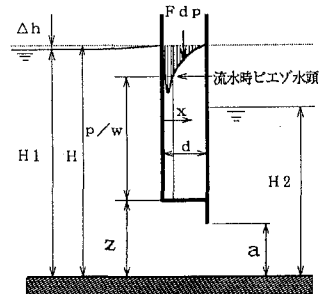
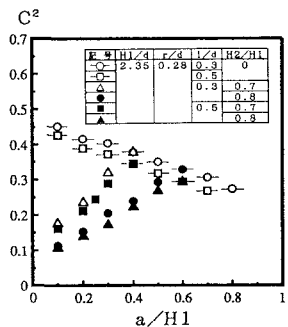


図1 実験モデル概念図

表1 模型の底面形状

	type	d cm	l cm	r cm	l/d	r/d
A	A-00	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	A-01	17.0	1.7	0.0	0.1	0.0
	A-03	17.0	5.1	0.0	0.3	0.0
	A-05	17.0	8.5	0.0	0.5	0.0
	B-00	17.0	0.0	4.8	0.0	0.28
B	B-01	17.0	1.7	4.8	0.1	0.28
	B-03	17.0	5.1	4.8	0.3	0.28
	B-05	17.0	8.5	4.8	0.5	0.28

図2 a/H_1 と C^2 の関係

下端桁上流の円弧 r の有無によってその分布は異なり、円弧 r が無い場合にはゲート底面全体にほぼ一様な分布となるのに対し、円弧 r が有る場合には上流円弧部でピークとなるような分布となる。圧力降下係数 C_d は、どの測点においても円弧 r の有無によらずゲート開度 a/H_1 が大きくなるにしたがって大きくなるが、開度 $a/H_1=0.6$ 付近で最大となり、それ以降は逆に小さくなる。また、リップ長 l が長くなれば小さくなり上流水深 H_1 が高くなれば大きくなる。下流水深 H_2 の影響はほとんど無く、潜り流出であっても自由流出とほぼ同じ大きさとなる。

(3) 平均圧力降下係数：図5にゲート開き a に対する平均圧力降下係数 C_d の変化の一例を示す。一般に圧力降下係数 C_d を $x = 0 \sim d$ まで積分することで算出される¹⁾ 平均圧力降下係数 C_d は、圧力降下係数 C_d と同様、ゲート開度 a/H_1 が大きくなるにしたがって大きくなり、上流水深 H_1 が高くなれば大きくなるがある開度でピークを迎える。また、リップ長 l が長くなれば小さくなり、ゲート下端桁上流に円弧 r を設ければ更に小さくなる。下流水深 H_2 の影響はほとんど無く、常に自由流出時の値とほぼ同じとなる。

(4) ダウンブル係数：図6にゲート開き a に対するダウンブル係数 C_{dp} の変化の一例を示す。ダウンブル係数 C_{dp} は、流量係数 C と同様、流出形態によって異なった変化をみせる。自由流出の場合も潜り流出の場合もゲート開き a が大きくなるにしたがって大きくなるが、自由流出の場合においては、ある開度でピークを迎え、それ以降は逆に小さくなるような変化をみせる。潜り流出にあたっては、下流水深 H_2 が高くなるほどダウンブル係数 C_{dp} は小さくなる。また、ダウンブル係数 C_{dp} は上流水深 H_1 が高くなれば大きくなるがリップ長 l を長くすれば小さくなり、ゲート下端桁上流に円弧 r を設ければ更に小さくなる。

4. まとめ

図7に操作条件と流出形態の関係図を示す。流出形態が潜り流出であると想定して設計されてきた水門においても、操作条件によっては自由流出になり得ることを表している。 H_2/H_1 が比較的小さい時に自由流出となるような操作を行った場合、ダウンブルフォースは従来の設計値をかなり上回ることが図6により予想される。従って、水門に作用するダウンブルフォースを決定する際には、ゲートの下端形状以外にも操作条件等を充分考慮しなければならないと言える。本報が今後の設計の一助となれば幸いである。

参考文献：1) 柏井ら：ダムゲートのダウンブルフォース — 一面ベルマウス式放流設備予備ゲートを例として —，土木技術資料，Vol. 28，No. 10，1986 2) 柏井ら：ダム放流管予備ゲートのダウンブル特性，土木技術資料，Vol. 29，No. 11，1987

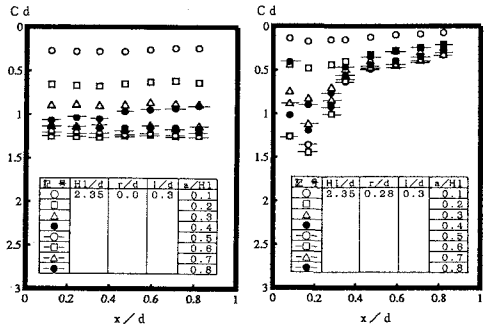


図3 Cd分布(A-Type) 図4 Cd分布(B-Type)

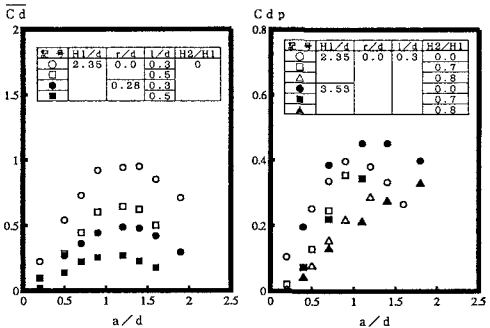


図5 aとCdの関係 図6 aとCdpの関係

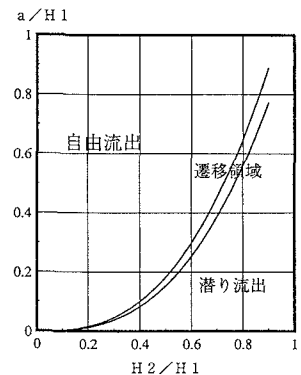


図7 流出形態と操作条件