

ライジングセクターゲートに作用する流体力と操作荷重の軽減

中国地方整備局 岡山河川事務所 調査設計課 速水優一

【要旨】

一級河川旭川の放水路である百間川の河口には、高潮防御、内水排除及び塩害防止を目的として昭和42年に設置された6門、総径間120mの引き上げ式水門がある。平成4年に百間川の配分流量が1,200m³/sから2,000m³/sに改訂されたことにより、新たに水門を増設する必要性が生じた。増設水門の形式は、景観、経済性及び施工性などからライジングセクターゲートを計画している。しかし、このゲートは国内でも事例が少なく、詳細な水理特性及び荷重特性について明らかになっていないのが現状である。このため、本検討では、二次元水理模型を用いて水理特性及び荷重特性を把握するとともに、操作荷重軽減のための水抜き穴の配置について検討を行った。

1. ライジングセクターゲートの概要

ライジングセクターゲートの基本構造は(図-1)に示すように、扉体の両端が円盤となっており、この円盤を回転させることにより開閉を行うものである。そのため、引き上げ式ゲートのようにゲートを巻き上げるためのピアが不要となる。

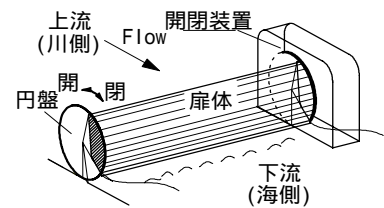


図-1 ライジングセクターゲートの概要図

ライジングセクターゲートには、オーバーフロー式とアンダーフロー式がある。(図-2)

百間川河口水門は防潮ゲートであり、防食の観点からスキンプレートとなる円筒面が下流側に配置され、オーバーフロー式とすると構造規模が大きくなることからアンダーフロー式とした。

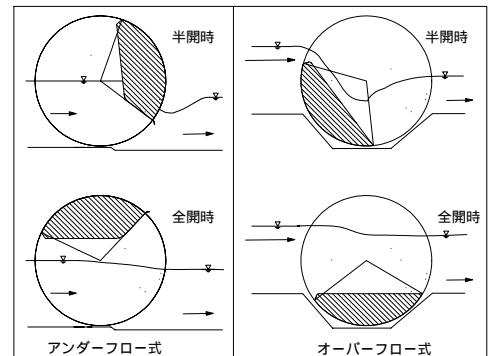


図-2 ライジングセクターゲートの分類

新設する水門の諸量を(表-1)に、断面を(図-3)に示す。

表-1 増設水門の諸元

項目	諸元
純径間	33.4m
総径間	100.2m(3門)
扉高	6.9m
扉体半径	4.55m
敷高	TP-2.20m

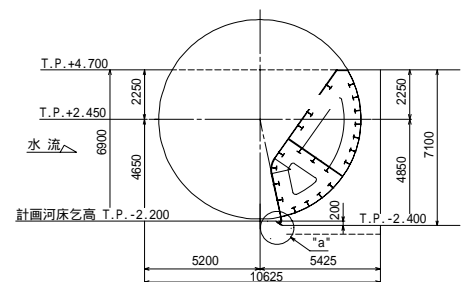


図-3 ライジングセクターゲート断面図

2. ゲートの開閉荷重

ライジングセクターゲートには流水の作用によって扉体に作用する外水圧と、扉体内にたまった水重による力が作用する。ゲートにて流水を制御しようとする、流れは加速され、扉体に作用する外水圧が低下し、水重による力の方が大きくなり、ゲートに鉛直下向きの力が働く。この力はダウンプルフォースと呼ばれるもので、ライジングセクターゲートの場合は、開閉操作が中心軸周りの回転運動となるために、開閉荷重の設定にあたって重要な要素となる。

ダウンプルフォースの軽減策として、扉体に水抜き穴を設ける方法がある。これは、扉体に水抜き穴を設けることによって、壁面に作用する圧力と扉体内の水による力とをバランスさせて、ダウンプルフォースを軽減するものである。

3. 実験概要

実験は、幅 70cm、長さ 15m の二次元水路に縮尺 1/10 で再現したゲート模型を設置し実施した。模型の概要を(図 - 4)、(写真 - 1)に示す。

実験で用いた水門の操作水位は(図 - 5)に示すとおりである。荷重の増加はゲート放流により扉体に作用する圧力の低下に起因する。そのため、開閉荷重が最も大きくなるのは洪水時であると予想されるため、洪水時の水位条件にて実験を行う。

実験はまず、水抜き穴がない場合(以下、扉体密閉時)の放流機能及び扉体に作用する外水圧の調査を行った。続いて、モーメント荷重を軽減させる目的で設置する水抜き穴の最適配置方法について検討を行った。実験条件は(表 - 2)のとおり。

計測項目は、水位、ゲート開度、放流量、扉体に作用する圧力(扉体に埋設したピエゾメータによる計測)、扉体内水位である。なお、圧力計測は(図 - 6)の位置で実施した。

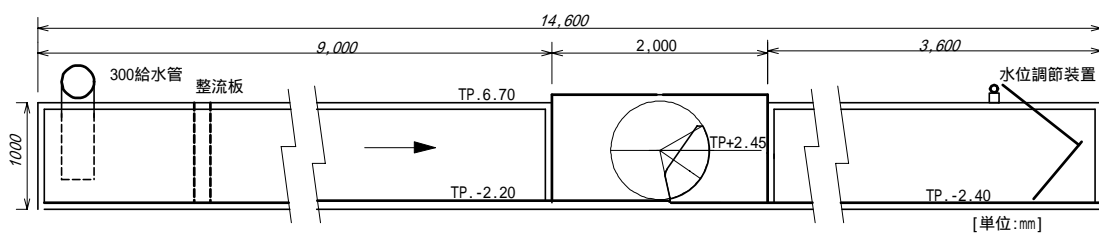


図-4 模型概要図

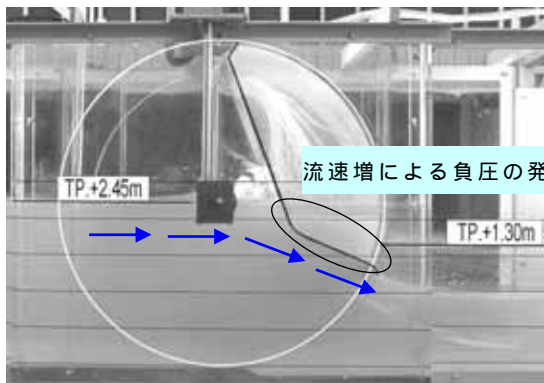


写真-1 実験例(回転角 56°)

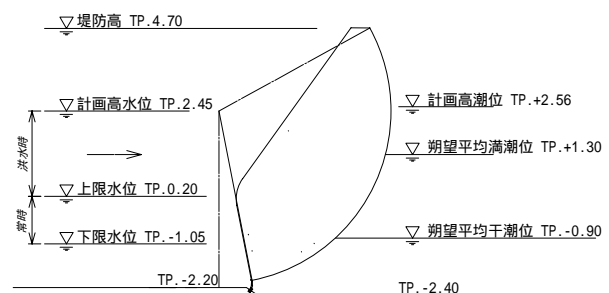


図-5 百間川河口水門の操作水位

表-2 実験条件

諸量	実験条件
上流水位	計画高水位 TP2.45m
下流水位	朔望平均満潮位 TP1.30m
回転角	7, 14, 21, 28, 35, 37, 39, 42, 49, 56, 60 の11開度
水抜き穴	ケース1: No. 1° I'V' 位置 ケース2: No. 1° I'V' 位置 ケース3: No. 1° I'V' 位置 ケース4: No. 及び 1° I'V' 位置(2孔)

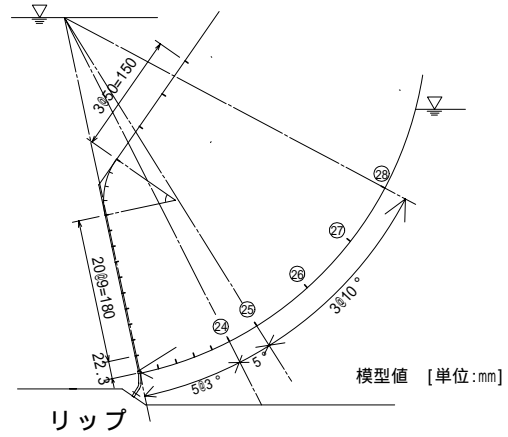


図-6 ピエゾ配置

4. 実験結果

扉体密閉時の扉体に作用する外水圧の計測結果を(図-7)に示す。回転角42°まではピエゾ水頭の最低値はリップ近傍にて発生し、それよりも回転角が大きくなると上流円弧付近で発生する。最低圧力がゲート開度の増加に伴ってゲートリップから円弧部に移るのは、ゲート開度が小さい場合には円弧部での流速そのものが小さく圧力低下量も小さいのに対し、ゲート開度が大きくなるに従って円弧部での流速が大きくなり圧力低下量も大きくなるためである。

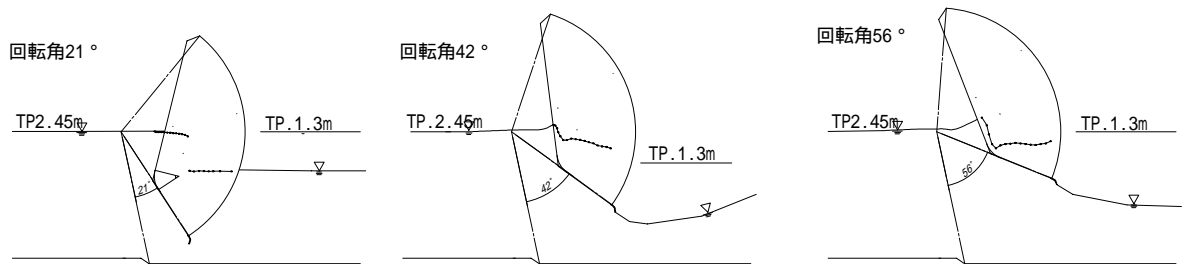


図-7 圧力計測結果

ライジングセクターゲートの開閉操作は扉体の回転運動で行い、開閉荷重は回転軸周りのモーメントにより定まる。(図-8)に扉体に作用する外水圧と扉体内の水重による力の差分により与えられる合力モーメント荷重M、扉体内水重によるダウンブル、外水圧の作用によるアップリフトを示す。

ゲート回転角の増加に伴い、水重によるダウンブルは減少し、外水圧の作用によるアップリフトも減少するが、ダウンブルの減少率に比べ、アップリフトの減少率が大きくなっている。その結果、回転角が大きくなると合力のモーメントも大きくなる。

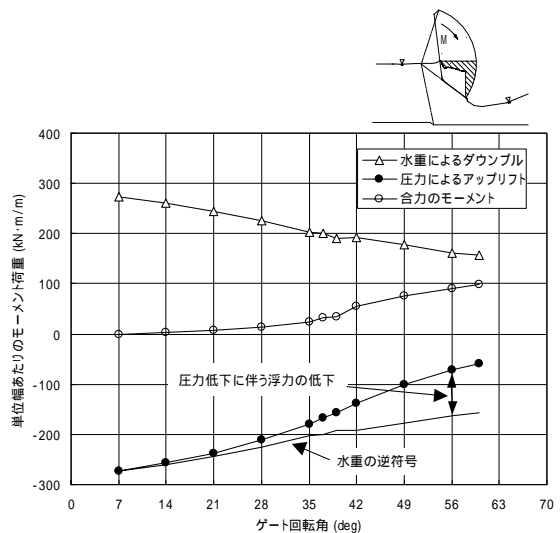


図-8 扉体に作用する荷重(密閉時)

5. 開閉荷重の軽減策

一般的なシェルゲートでは開閉荷重(主としてダウンプルフォース)の軽減策として、シェル下面板に水抜き穴を設けている。これは扉体に穴を設けることで扉体内水位を低下させ、ダウンプルフォースを軽減させるものである。

ライジングセクターゲートの場合には、ゲートの回転とともに圧力分布形状と、モーメントの距離が変化するために、シェルゲートと同じ設計手法を用いることが難しい。開閉荷重を軽減するには(図-8)の水重によるダウンプルのモーメントが外水圧の作用によるアップリフトとつり合うような扉体内水位となることが望ましい。

(図-10)に水抜き穴を設けて実験した場合(4ケース)のモーメントの比較を示す。

水抜き穴の最適位置としては、回転角の変化に伴うモーメントの変動が小さく、かつ絶対値が小さいものが有利であると考え、シェル下面板中央付近のNo. 1の位置が最適と考えられる。

よって、増設水門には、案1の位置に、直径300mmの水抜き穴を横断方向に1.35mのピッチで設けることとする。

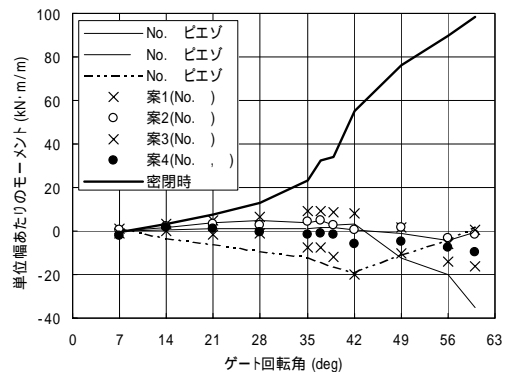


図-9 モーメントの比較

6. 終わりに

ライジングセクターゲートの荷重特性について検討した結果、扉体に作用する圧力の分布形状が得られれば、開閉荷重を軽減する水抜き穴の配置が求められることが確認された。

ライジングセクターゲートは景観性、耐震性に優れており、今後の発展が期待される形式のゲートである。今後の課題としては、より一層系統だった設計手法を確立するための技術開発が必要である。