

# 自動開閉式ゲートの流量係数に関する考察 - 1

*A study on AutoGate coefficient of Discharge*

(株)北海道水工コンサルタンツ 正会員 佐々木 真 (Makoto Sasaki)  
 堀江 秀亮 (Hideaki Horie)  
 (財)河川環境管理財団 フェロー 長谷川 和義 (kazuyoshi Hasegawa)

## 1. はじめに

北海道の管理する樋門は、平成 17 年 3 月末で 4,800 基程度あり、その半数が 1975 年～1990 年にかけて建設されたものであるため、今後、集中して改築が発生することが予想される。また、維持管理費の多くが樋門の維持管理に掛かる費用(巻上げ機・ゲートの塗装等)であるため、樋門の維持管理費の削減が課題となっている。

このため、北海道では、建設費の低減と維持管理費の削減や操作人の高齢化等を背景として「自動開閉式ゲート」を検討することとなった。

樋門のゲートに求められる機能は、「計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とする」「樋門のゲートは、確実に開閉ができ、十分な水密性を有し、流水に著しい支障を与える恐れのない構造とする」とされている。

しかし、「自動開閉式ゲート」については、上記の樋門ゲートに求められる機能を検証したものが無いため、ゲートの確実な開閉に不安が残る現状にある。

本報告では、施工済みの「自動開閉式ゲート」を用いたフィールド試験を行い、ゲートによるセキ上げの影響と流量係数の検討を行った。

また試験は、現地条件の制約等から非定常状態にならざるをえなかった。

## 2. フィールド試験場の概要

フィールド試験場の概要を図-1に示す

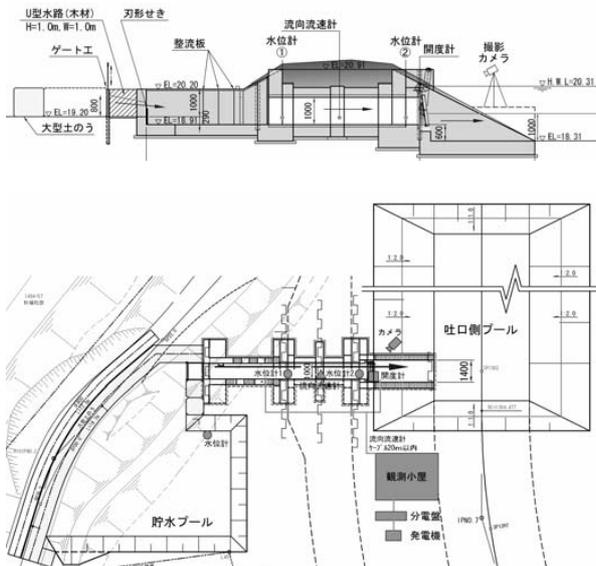


図-1 実験概要図

樋門管径	1,000
樋門長	14.15m
本体延長	5.0m
貯水プール	10.9m × 6.6m × 1.0m V= 77m <sup>3</sup>
吐口プール	20.0m × 6.0m × 1.9m V=372m <sup>3</sup>
刃形せき	h=0.30m
水位計	本体 2ヶ所(呑・吐口端部から各 1m) 貯水プール 1ヶ所
流向流速計	本体 1ヶ所(本体中央)
開度計	自動開閉式ゲート 1ヶ所

## 3. 自動開閉式ゲート挙動試験

一般にフラップゲートなどの流量係数は、以下の式<sup>1)</sup>で求められている。

・満流  $Q = y \cdot B \cdot d_a \sqrt{2g}$   
 $x < 0.8, y = 1.02$

$x < 0.8, y = 1.02 - 2.42(0.88 - x)^3$   
 ただし  $x = 3\sqrt{H_0} / D$  で、 $H_0 > D$  の場合は、 $H_0 = D$

・常流  $Q = y \cdot B \cdot H \sqrt{2g}$   
 $x < 0.8, y = 0.98$

ただし  $x = 3\sqrt{H_0} / D$  で、 $H_0 > D$  の場合は、 $H_0 = D$

・限界流  $Q = 1.7y \cdot B \cdot H_0^{3/2}$   
 $y = 0.88 \sim 0.94$

Q: 流量, y: 流量係数, B: 水門幅,  $d_a$ : 水門高, g: 重力加速度,  $\Delta$ : 水位差, H: 吐口水深,  $H_0$ : 管内水深

自動開閉式ゲートは、図-2に示すとおり、ゲート背面にあるフロートに作用する浮力の影響により、ゲートの重心位置が変化し、ゲートが開閉する仕組みである。このため、自動開閉式ゲートの流量係数は、一般式と異なることが予想される。

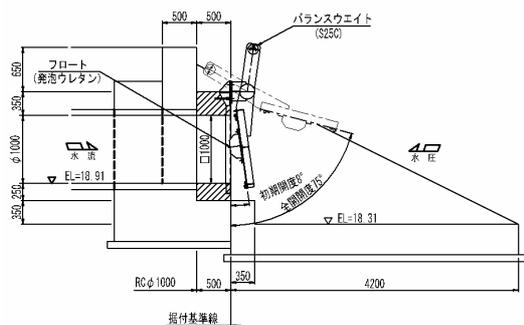


図-2 自動開閉式ゲート側面図

試験は、ゲートを引き上げ、ゲート抵抗のない状態(ゲート開放状態)とゲートフリー(ゲート作用状態)とした2パターンで各4回実施した。

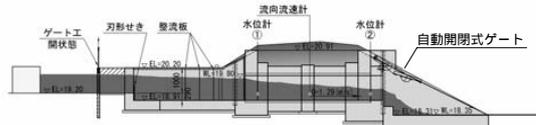


図-3 ゲート開放状態(ゲート抵抗なし)

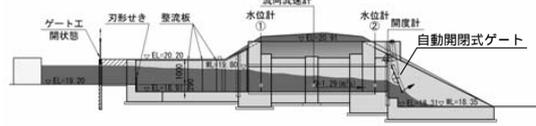


図-4 ゲート作用状態(ゲート抵抗あり)

試験およびデータ整理は、以下のように実施した。

- ・貯水プールの初期水位を計測後、ゲート工を引上げ、樋門内に水を流入させる。(樋門流入量は、貯水プールの水位変化と刃形セキの越流量から推定) (図-5 参照)
- ・樋門流入量の決定(刃形セキの越流量の照査) (図-6 参照)
- ・樋門内水位の平滑化 (図-7~10 参照)
- ・検討対象流量および時間の設定(図-11~14 参照)
- ・ゲートによるセキ上げの検討 (図-15, 16 参照)
- ・ゲートの流量係数の検討 (図-17, 18 参照)

### 3.1. 刃形せき越流量による管内流量の想定

貯水プール計測水位から、全幅せきの越流公式により貯水プールからの流出量を算出した。

計測データは、微少な振動をとまなっているため、移動平均フィルターにより平滑化した。移動平均は、貯水プールの長さから対象時刻の前後を5秒(n:250個)として行った。

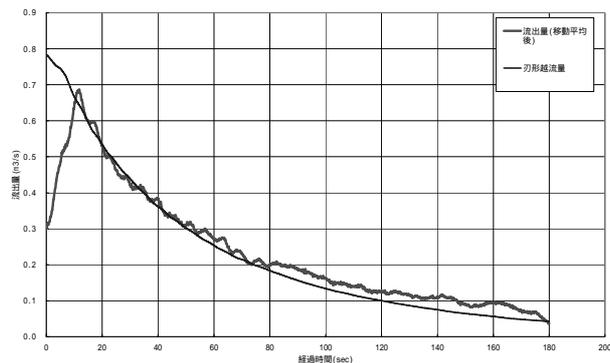


図-5 貯水プールの流量変化

### 3.2. 刃形せき越流量の照査

全幅せきの越流公式の流量係数に対して、補正係数(0.5~1.5)を乗じた越流量を算定して、貯水量の変化と比較検討を行った。

流量の大きい範囲( $Q > 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ )では、公式の流量係数(補正係数 1.0)と貯水量変化から算定した流出量は良く一致している。また流量が小さくなると、公式の流量係数を大きめに補正しないと、貯水量変化から算定した流出量と適合性が悪い。

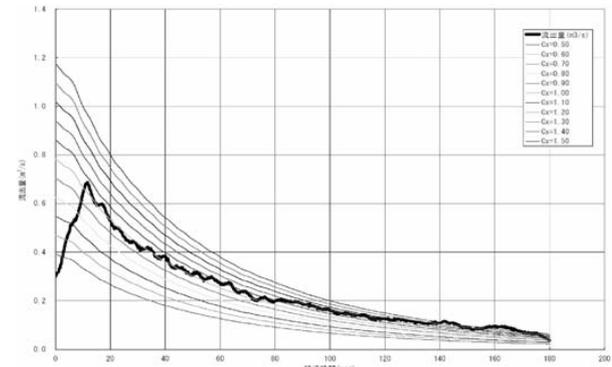


図-6 補正係数を乗じた越流量と貯水量変化からの算定流出量

### 3.3. 樋門内計測水位の検討

樋門内水位の計測データも、移動平均フィルターにより平滑化した。移動平均は、プール水位と同様に、対象時刻の前後を5秒(n:250個)として行った。

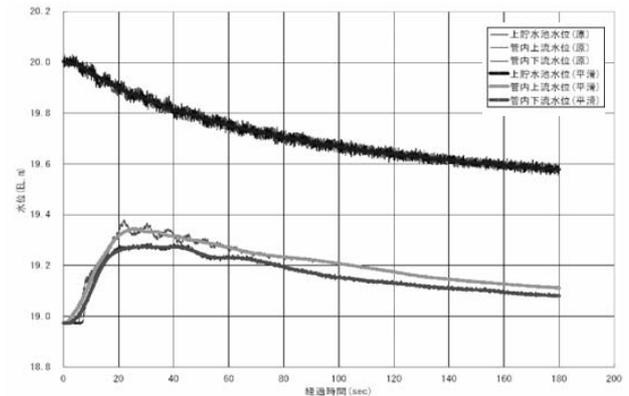


図-7 ゲート開放状態(水位)

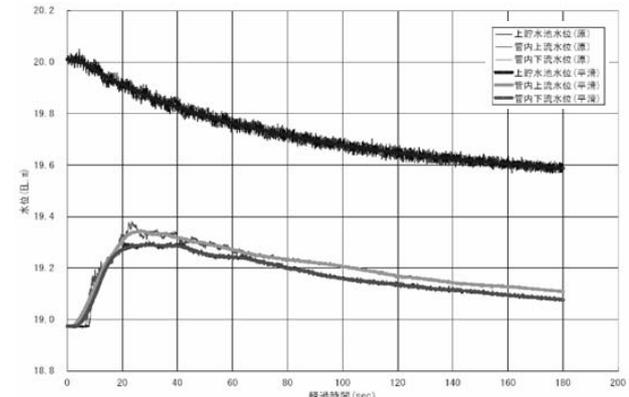


図-8 ゲート作用状態(水位)

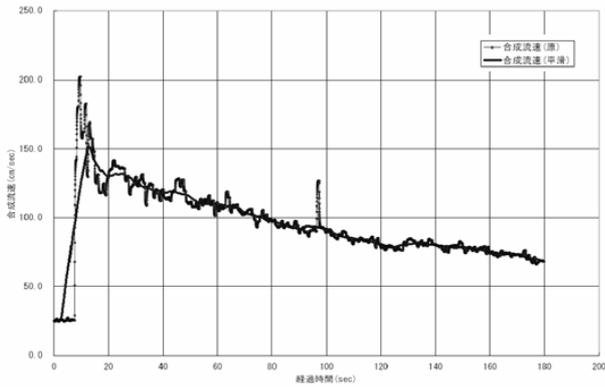


図-9 ゲート開放状態(流速)

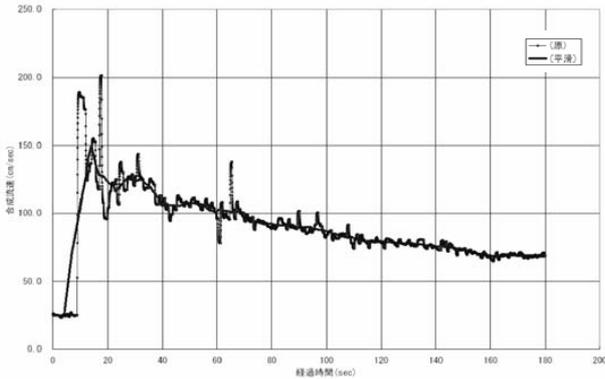


図-10 ゲート作用状態(流速)

### 3.4. 検討対象水位流量の決定

検討対象流量は、計測流量と刃形セキの公式から求められる流量を補正なしで使用することとしたため、各時の貯水プール・呑口側・吐口側水位を下図(図-11～13)のとおり決定した。

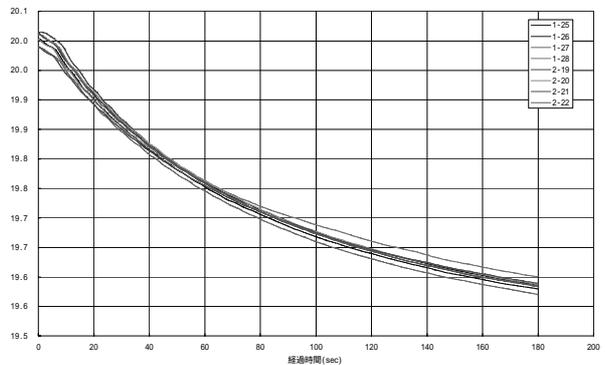


図-11 貯水池の水位

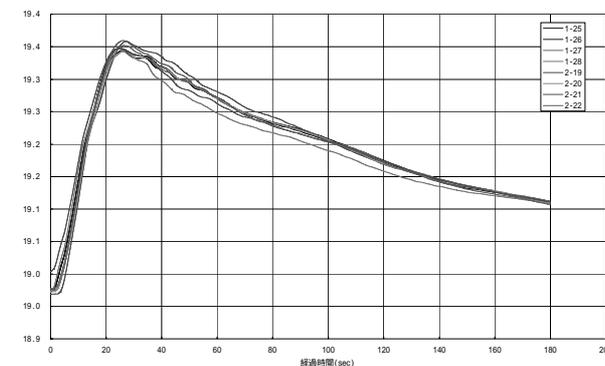


図-12 呑口側水位計位置における水位

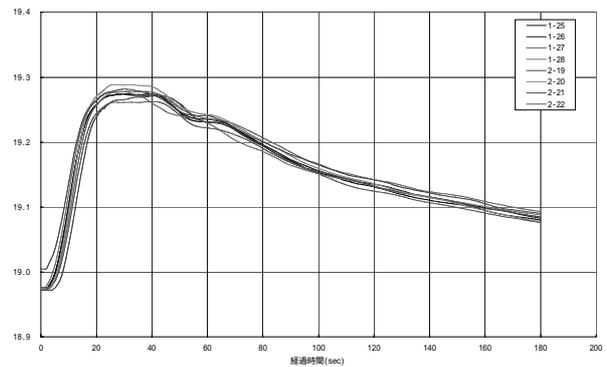


図-13 吐口側水位計位置における水位

### 3.5. 検討対象時間の選定

ゲート越流状況の分析は、管内の流れが定常流れとして見なすことができる時間帯を対象とする。具体的には、下流水深が実験開始直後の射流流れから常流流れに移行して、かつ低下背水の影響が消え、エネルギー勾配が安定する  $T_s$  : 40 秒付近から、刃形せきの越流公式が適用可能な範囲である  $T_e$  : 70 秒付近までの範囲とした。

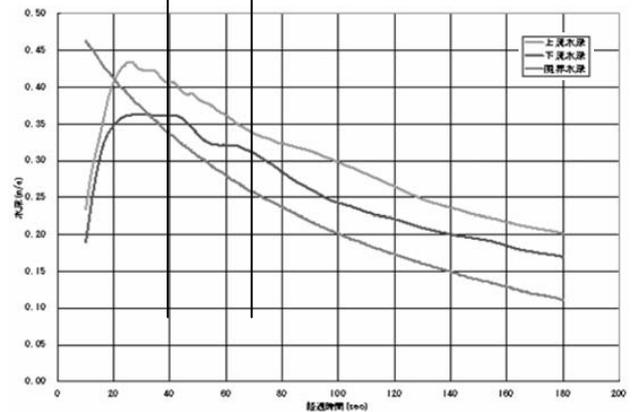
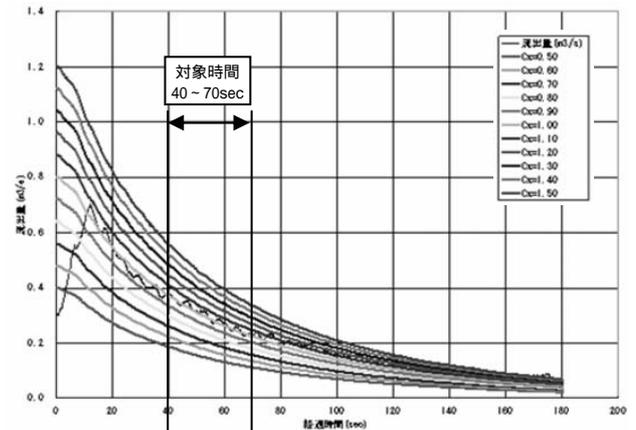


図-14 吐口側水位計位置における流量

### 4. 自動開閉式ゲートのセキ上げの検討

検討対象時間内のデータを対象として、自動開閉式ゲートによる樋門内の水位への影響の検討を行った。

表-1のとおり、管内水深 40cm 程度で 8mm 程度であり、ゲートによるセキ上げは考慮する必要のない範囲であると推測される。

表-1 管内水位比較表

流下流量 (m <sup>3</sup> /s)	0.3636	0.3039	0.2581	0.2197
ゲート姿勢	解放状態(1-25~1-28)平均			
上流水深 (m)	0.4023	0.3784	0.3552	0.3332
下流水深 (m)	0.3607	0.3365	0.3231	0.3077
水位差 (m)	0.0416	0.0419	0.0321	0.0255
ゲート姿勢	作用状態(2-22~2-25)平均			
上流水深 (m)	0.4123	0.3857	0.3618	0.3379
下流水深 (m)	0.3628	0.3406	0.3239	0.3093
水位差 (m)	0.0495	0.0451	0.0379	0.0286
セキ上げ量 (m)	0.0078	0.0032	0.0058	0.0031

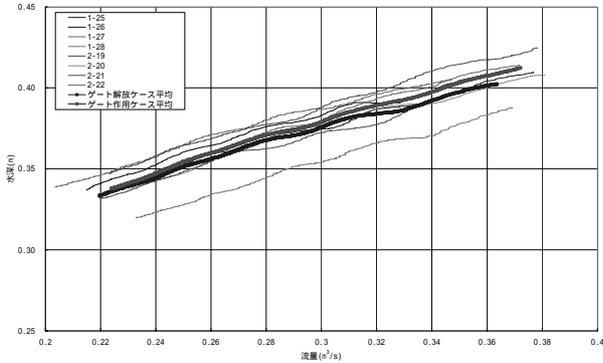


図-15 呑口側水位比較図

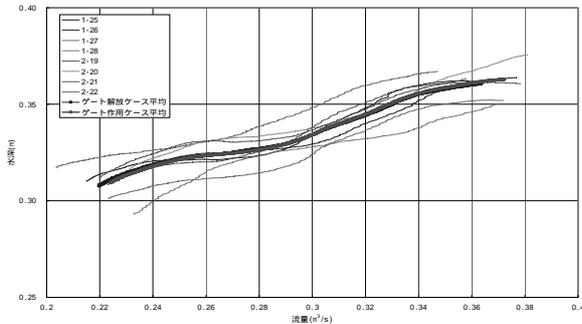


図-16 吐口側水位比較図

5. 自動開閉式ゲートの流量係数の検討

これまで自動開閉式ゲートの流量係数は、式-1 に示した一般式を用いて検討されてきたが、設計上の安全性は確認されていない現状にある。このため本検討では、限界流状態における自動開閉式ゲートの流量係数の検討を行った。

図-18 に示す検討結果から、0.292m<sup>3</sup>/s 以上の流量において一般式の流量係数を自動開閉式ゲートの設計に用いることは、設計上の安全側であることが確認された。

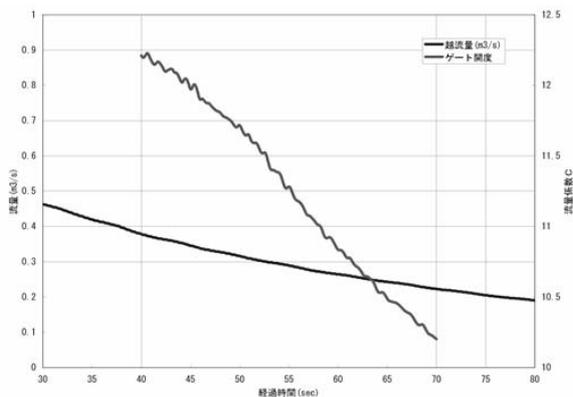


図-17 流量係数算出図

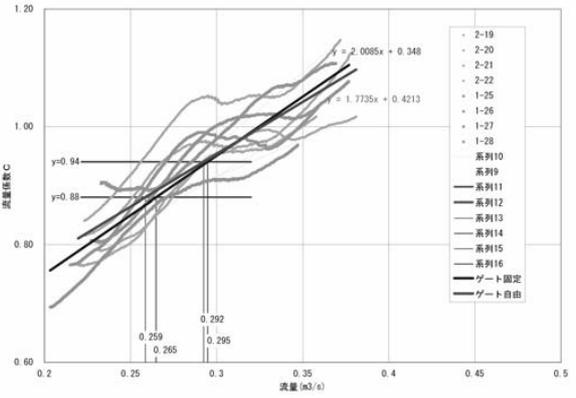


図-18 流量係数比較図

6. まとめ

本検討では、貯水プールの規模等の制約条件から一定の流量・ゲート開度に対して「自動開閉式ゲート」によるセキ上げによる影響とゲートの流量係数を検証した。本検討の範囲内では、ゲートによるセキ上げの影響は小さく樋門断面を決定するに当たっては影響を及ぼさないことが確認された。

また、自動開閉式ゲートの流量係数に関しては、計画排水流量等を対象とした場合、一般式を用いても設計上の安全性が確保されていることが確認された。

しかし、今後は樋門満水流量までの検討を行い、ゲートによるセキ上げの影響と流量係数を再検証する必要がある。

また流量係数に関しては、定常流による実験結果をから、自動開閉式ゲートの流量係数を設定する必要もあると考える。

さらに「自動開閉式ゲート」は、ゲートの確実な開閉に対して、ゲート前面の土砂堆積の影響が大きく作用するため、この検討も重要になる。

今後、樋門建設費の低減や維持管理費の削減等を目的として「自動開閉式ゲート」の採用を検討する必要性が増えていくと思われる。本報告が、「自動開閉式ゲート」の採用条件を確立するための一端を担えれば幸いである。

謝 辞

最後に、フィールド試験に対して協力して頂いた北海道建設部の関係者に対して、心から謝意を表します。

参考文献

- 1) 水理公式集 (昭和 46 年改訂版)
- 2) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 排水(平成 18 年度)