

オートゲート（無動力自動開閉ゲート）

小野寺 哲 男・笹 山 耕 司

河川の樋門用ゲートとして開発したオートゲートは、堤防の内外での水位差により自動的に扉体の開閉を行う機能を有した門柱レスゲートである。豪雨などによる洪水時においても樋門の操作人が現場での開閉操作を行わずとも、ゲートの無動力自動開閉機能により樋門施設としての機能を十分発揮している。また、東日本大震災以降は、無動力自動開閉機能が高く評価され、海岸などに設置される津波対策用ゲートとしても数多く採用されている。本稿では、開発技術の概要・目的、構造および特徴などについて紹介する。
キーワード：樋門、自動開閉、無動力、無人化、バランスウェイト、フロート

1. はじめに

従来の樋門用ゲートとしては、引上げ式ゲート（図-1）が多く採用されているが、この形式のゲートは操作人が現場まで行き、人為的にゲートの開閉操作を行わなければならない。昼夜問わずの出水時のゲート操作は非常に危険が伴うため、ゲートを閉められない事態も発生している。また、近年は、短時間で記録的な集中豪雨が頻発している事もあり、樋門ゲートの自動開閉化が重要視されており、特に樋門の中でも中小規模の樋門においては無動力自動開閉ゲートの設置が増えてきている。

2. 概要・目的

オートゲートは、豪雨や台風などにより河川が増水した時に、堤内地への河川水の逆流を防ぐための樋門

用ゲートとして開発されたゲート設備である。オートゲートは水の力と浮力を利用し、河川が増水した時には自動的に扉体が閉塞し洪水から堤内地を守り、また、河川の水位（外水位）が低下すると自動的に扉体が開放し、堤内地側（内水側）に溜まった水を速やかに排水する無動力自動開閉タイプの門柱レスゲートである。自動開閉ゲートの従来技術としては、フラップゲート（図-2）が一般的によく使用されている。しかし、フラップゲートは、水が流れていない時は扉体が閉塞しており、また排水量の少ない時には僅かに扉体が開くだけで、ゴミなどの浮遊物が流れてきた場合は停滞させてしまう。そのため排水の障害や不完全閉塞を起こしやすく、設置箇所が限定されていた。そのような中でオートゲートは、引上げ式ゲートおよびフラップゲートの問題点を同時に解決した製品であり、様々な現場で採用できる逆流防止用のゲート設備である。



図-1 引上げ式ゲート



図-2 フラップゲート

3. オートゲートの構造

オートゲート（図-3）は、上記のフラップ形式のゲートにバランスウエイトやフロートなどを取付けて、従来のフラップゲートの問題点を解消し、自動開閉の信頼性を高めるための様々な改良が加えられたゲート設備である。通常、扉体とバランスウエイトが約8°開放した状態でバランスを取っている。回転軸を介して扉体の反対側にバランスウエイトを取り付け、シーソーの原理により扉体の開閉力を軽減させている。このバランス機能により、通常時でも速やかな排水性能を有し、内水排除時には扉体を大きく開放し大流量の排水を行い、ゴミなどの浮遊物も同時に流下させることができる。また、外水位が上昇した逆流防止時は、扉体の背面に取り付けているフロートの働きにより、扉体を無動力で自動閉塞させる事ができるゲート設備である。

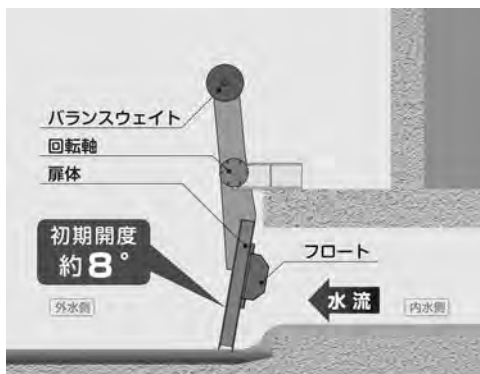


図-3 オートゲート

(1) オートゲートのメカニズム

(a) 通常時

扉体の前方に回転軸を配置する事で扉体自体の重心が回転軸の後方へと移動するが、前傾したバランスウエイトと釣り合って停止する位置は、図のように扉体が約8°開放した状態になる（図-4、式-1）。

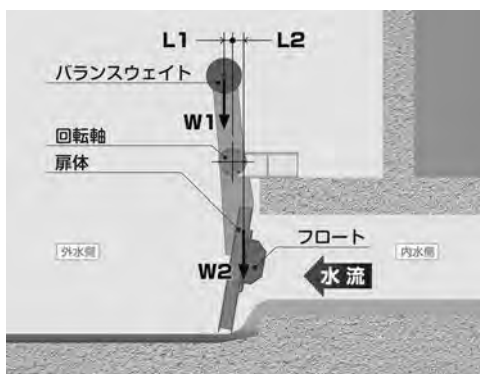


図-4 通常時のモーメントのつり合い

$$W1 \times L1 = W2 \times L2$$

(ウエイト自重のモーメント) (扉体自重のモーメント)

式-1 通常時のモーメントのつり合い

(b) 内水排除時

流水の動水圧を受けて扉体が開いてくると、バランスウエイトの回転モーメントが扉体を開く方向に作用するので微少な水位差においても扉体を大きく開放する事ができる（図-5）。また、フロートに接水すると扉体はさらに開放するが、水の流が停滞すると扉体の開度は速やかに通常時の状態に戻る（式-2）。

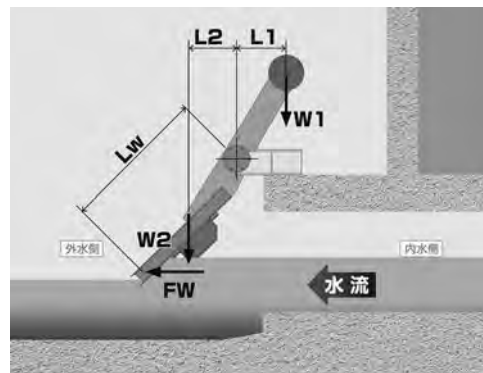


図-5 内水排除時のモーメントのつり合い

$$W1 \times L1 - W2 \times L2 = Fw \times Lw \times \cos \theta$$

(水圧による開モーメント)
(θ: ゲートの開度)

式-2 内水排除時のモーメントのつり合い

(c) 逆流防止時

水位が上昇すると、扉体の浮力とフロートの浮力は、扉体が閉じる方向の回転モーメントとして作用し、逆流を生じさせる前にゲートを閉塞させる（図-6）。ゲートを閉塞させる水深は、フロートの取付位置で、ある程度調整することが可能である。（開口高さの70%水深を標準とし、最少40%まで）ゲートが閉塞後に外水位が内水位より下がった場合は、扉体が

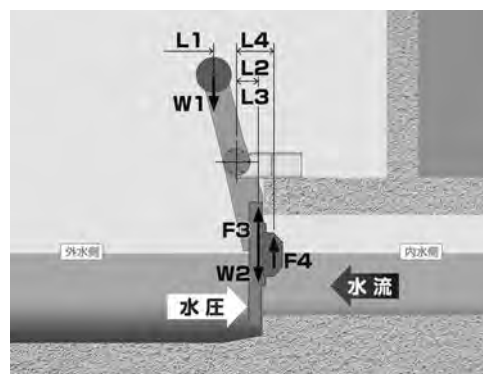


図-6 逆流防止時のモーメントのつり合い

$$W2 \times L2 - W1 \times L1 \leq F3 \times L3 + F4 \times L4$$

(扉体及びフロートの
浮力による閉モーメント)

式一 逆流防止時のモーメントのつり合い

微小開放し内水を排水し始める (式一)。

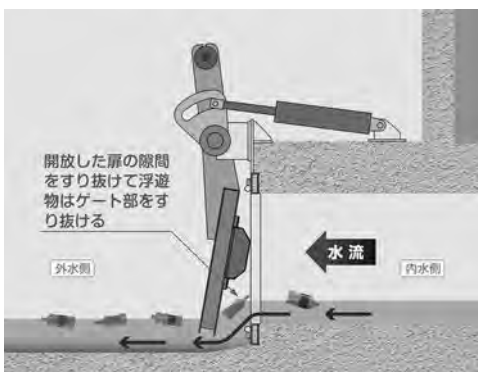
(2) オートゲートの特徴

(a) 的確な自動開閉動作

- ① 僅かな内外水位差にも反応する。
 - ・ バランスウエイトの効果により、扉体の開閉力が大幅に軽減されている。
 - ・ ゲートの開閉時に水密ゴムが摺動する事がない。
- ② 水の流れが停滞していてもフロートの浮力で自動閉塞する。
低水位では開放している扉体も、水位が上昇すると、フロートの浮力により水位差が生じなくても自動で閉塞する。
- ③ 逆流防止及び内水排除時の扉体の自動開閉が的確なタイミングで行われるので、操作の無人化が可能である。

(b) 狭雑物の対策

- ① 通常時は扉体が約 8° 開放しているのので、微小流量時においても流れてくる浮遊物を流下させる (図一七)。また、浮遊物をゲート付近に滞留させない事により、狭雑物による不完全閉塞を起こしにくい。



図一七 浮遊物の流下状況

- ② 内水排除時は扉体の開放角度が大きいので、増水時の多量な浮遊物も流下させる。
- ③ 万一狭雑物を挟み込んだ場合は、強制開閉装置による開閉操作により扉体を開放し、狭雑物の挟み込みを取り除き流下させる (図一八)。

(c) 堆積土砂の対処

- ① スムーズな排水が土砂の堆積を低減する。扉体の常時開放と開閉力軽減が排水時の流れを障害しな



図一八 強制開閉装置による挟雑物の除去

いので、流速の低下によるゲート付近での沈砂が発生しにくい。

- ② 強制開閉装置による開閉操作により、堆積土砂のフラッシングが可能である。扉体を強制的に閉塞させ排水を貯留し、一気に扉体を開放させる事で水が噴出し、堆積物の清掃ができる (図一九)。



図一九 強制開閉装置による堆積土砂のフラッシング

(d) 容易な維持管理

- ① 扉体を開放させて点検が可能である。
オートゲートは強制開閉装置により、扉体を開放させた状態で点検・整備が行える。また、強制開閉装置が不要な場合は、維持管理用にレバールック等を設置することも可能である。
- ② 土砂堆積が生じてても、強制開閉装置を使用して堆積物のフラッシング清掃が可能である。
- ③ ローラゲート (引上げ式ゲート) と比較してオートゲートは構成部品数が少なく、点検整備が容易である。
オートゲートは、ローラゲートの主要構成部品である、主ローラ・補助ローラ・ローラ軸・軸受・取外し戸当り等の部品が無いので点検箇所が少ない。
- ④ 引上げ式ゲートのようにゲート開閉時に水密ゴムが摺動しないので水密ゴムの摩耗が少なく、長期間にわたり良好な水密が確保できる。

表-1 引上げ式ゲートとオートゲートの対比

対比項目	引上げ式ゲート	無動力自動開閉ゲート
操作タイミング	水位の状況を見て人為判断で操作を行なうため、深夜の突発出水などでは操作タイミングを逃す場合がある。	内外水位の変動に合わせて無動力で自動開閉するため操作タイミングを逃す心配がない。
動作の確実性	人為操作を行なえる状況では動作の確実性は高いが、土砂堆積及び流木等が介在する場合や操作ミス等のリスクは残される。	通常は内外水位差に合わせて自動開閉を行う。また内水位差がない場合でも、水位が上昇しフロートに接水するとフロートの浮力でゲートは閉塞する。操作員がいないので土砂堆積や流木等による不完全閉塞が発生しても、直ぐに対処できないというリスクがあるが、不完全閉塞を減少させる対策を講じている。
災害発生時	電動操作の設備では停電時の操作に関するトラブルリスクが発生しやすい。また、操作員が増水時避難を行なった場合にはゲート操作に課題が残る。	無動力開閉なので停電等の影響を受ける事がなく、災害発生時後も問題なく動作機能することが期待できる。

(3) オートゲートの採用メリット

- (a) 引上げ式ゲートとの比較 (表-1)
- (b) フラップゲートとの比較

- ①扉体の常時開放により通常時の排水を妨げる事が無く浮遊物の流下性も良く、不完全閉塞を起こし難い。
- ②バランスウエイトの作用により開閉力が軽減され、優れた排水性を誇る。
- ③開閉装置を設ける事ができ、強制的な開閉操作により信頼性を高めることができる。

4. 使用・適用事例 (写真-1, 2)

オートゲートの設置には、一般的な樋門以外にも「無動力自動開閉」という特性から、以下のような条件の箇所に適したゲートである。

- ①水位変動が激しく、頻繁にゲートの開閉操作が必要な箇所。
- ②近くに操作人や動力源(電気)が無い箇所。
- ③周辺との景観を考慮し、門柱を不要としたい箇所。

- ④海岸部で津波対策用のゲートが必要な箇所。

5. オートゲートからの展開

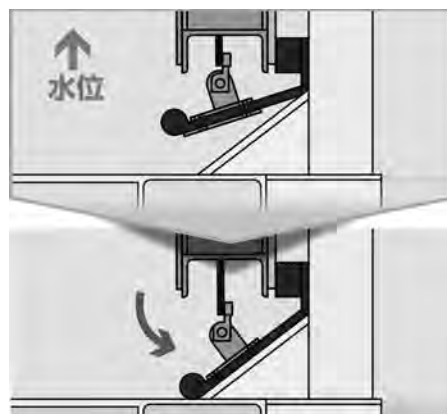
オートゲートは構造上、下部の水密を確保するために、敷段差が必要である。しかし、樋門敷高と河川の



写真-1 設置状況 1 (津波対策用ゲート)



写真—2 設置状況 2 (津波対策用ゲート)



図—13 下端揺動ゴム

河床高との関係上、敷段差を確保できないケースがある。また、既設引上げ式ゲートをオートゲートに改修する際に、敷段差を設けるため、川表水路を作り直す必要があった。そのような問題を解決するために敷段差の不要な自動開閉ゲートとして「オートゲートステップレス バタフライフロート (NETIS 登録 No: HK-190010-A)」(図—12)を開発した。

このゲートは基本的にはオートゲートのメカニズムを採用しているが、扉体の内部に収納した内部フロートの昇降動作により下端揺動ゴムを開閉させてフラットな水路でも水密を確保できる構造としている(図—13)。既設樋門の改修工事では、既設の水路をほぼそのまま再利用できることもあり、工事費の大幅な削減や工期の短縮が可能な新たな製品である。



図—12 オートゲートステップレス バタフライフロート

6. おわりに

オートゲートの納入は全国に広まっており、1998年度の3基に始まり、2015年度には1年間で200基以上を納入し、初年度からの累計では全国で2,200基を超える実績となった。

これは、オートゲートの機能と安全性が樋門ゲート設備として客先の信頼を得たことであると考えられる。また、近年多発している記録的な集中豪雨などによる急激な水位上昇の頻発化や操作人の安全性の問題から、このオートゲートが更に注目を集めている。

オートゲートが自然災害を最小限にする無動力自動開閉ゲートとして更に普及するよう、今後も引き続き製品改良を行っていききたい。

JCMMA

【筆者紹介】

小野寺 哲男 (おのでら てつお)
旭イノベックス㈱
土木鉄構事業部 製品開発課



笹山 耕司 (ささやま こうじ)
旭イノベックス㈱
土木鉄構事業部 製品開発課

