

樋門用簡易フラップゲート

古本 光宣

豊国工業 鉄構本部 技術部



堤防に設けられる逆流防止用樋門には、従来、引上式ゲートやフラップゲートが多く用いられている。引上式ゲートは、止水性は優れるが、構成要素が多いため経済性に劣る。また、近年、高齢化や急激な自然変化による操作遅れにより、機能を発揮できなくなる事態がおきている。一方、フラップゲートは、水位による自然開閉が可能なため操作員が不要であり、開閉装置がなく経済性に優れている。ただし、塵芥などの流下物が開口部に挟まり、不完全閉塞となる恐れがある。以上より、樋門に求められる性能は、操作が確実であり、経済的に優れていることが肝要である。このような観点から、無人・無動力で確実に開閉する高機能のフラップゲートを開発した。

テーマ 樋門、逆流防止、無人無動力、フラップゲート

1. 開発の背景

(1) 九州地方整備局のガイドライン

新たな樋門用ゲートを開発した背景として、平成22年3月に九州地方整備局から公表された「樋門の無動力化と共同管理に関するガイドライン」がある。

このガイドラインでは、近年の樋門を取り巻く懸案事項として、以下の3点を記している。

- ・サラリーマン世帯の増加や高齢化、過疎化等の社会環境の変化による、委託操作員の不足
- ・2,500を超える施設の維持管理費不足
- ・操作遅れの無い閉動作への対応

これらの懸案事項を解消すべく、「樋門のゲート設備の無動力化」をガイドラインとして制定している。

ただし、無動力ゲートの採用にあたっては、以下の2つの制約条件を定めている。

- ・内空面積・・・2㎡以下
 - ・背後地の土地利用の重要度
・・・耕作地、床下浸水20戸未満など
- 具体的な選定フローは、図-1の通りである。

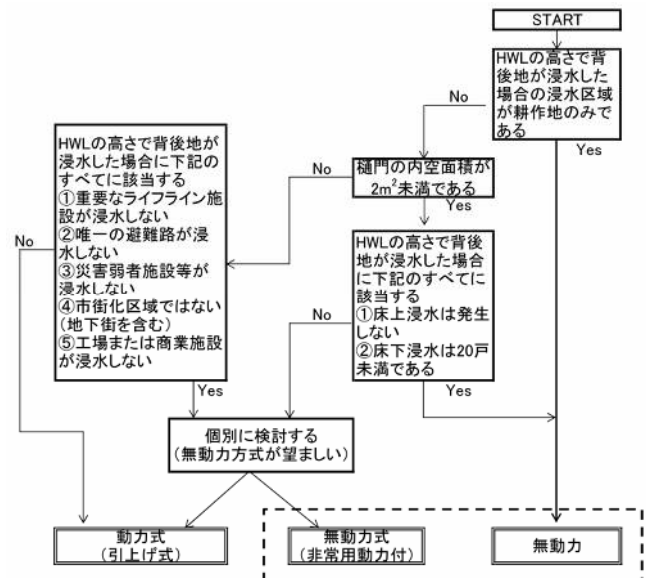


図-1 無動力ゲート選定フロー

(2) 東日本大震災の教訓

東日本大震災において、津波遡上により河川に氾濫が生じ、堤防に設置された樋門の緊急時における操作の危険性が注目された。なおかつ、そのような緊急時におけるゲート操作の確実性も、被害を最小限とするために重要性が再確認されている。

以上の背景があり、以下の2点を開発ポイントとして樋門用新型ゲートの開発を行うこととした。

＜開発ポイント＞

- ・無人無動力かつ締切力確保
- ・コスト縮減

2. 新型ゲートの構造概要

前述の開発ポイントを考慮し、以下の特徴のある新型ゲートを開発した。

従来の引上式ゲートと比較して

- ・無人無動力
- ・コスト縮減
- ・景観を損なわない

従来のフラップゲートと比較して

- ・内水排除に有利
- ・逆流防止に有利

新型ゲートは、様々な規模や土木形状に対応可能なように、3タイプを考案した。

以下に、新型ゲートの構造概要を紹介する。

(1) ネオフラップⅠ型

ネオフラップⅠ型は、従来のフラップゲートのように扉体の上部に回転軸を設けた構造である。回転軸を介して扉体の反対側にはバランスウェイト兼フロートを設けていることを特徴とするゲートである。

ゲート規模は基本的に小形ゲートまでとする。

以下に、各水位条件におけるネオフラップⅠ型の作動状況を説明する。

1) 常時（内水からの流量が少ない場合）

常時は、図-2 **常時**に示すように、扉体とバランスウェイトが釣り合った状態を保ち、扉体は開状態となる。そのため、内水側からの流水に浮かんで流れてくる塵芥等が扉体に引っ掛かることがない。よって、外水側の水位が上昇する際、塵芥を挟み込む懸念がある従来のフラップゲートと比較すると、より確実にゲートを閉塞することが可能となる。

2) 内水排除時（内水側水位が上昇した場合）

内水位が上昇してくると、扉体には流水による力が作用するため、図-2 **内水排除時**のように、扉体は流水に応じて開状態となる。また、扉体とバランスウェイトとが釣り合おうとするため、開動作はスムーズな動きとなる。

3) 洪水時（外水側水位が上昇した場合）

洪水時には外水側水位が上昇するため、内外水位差により扉体は閉塞する。その際、扉体とバランスウェイトは釣り合った状態のため、比較的小さな水位差で閉塞することが可能である。また、バランスウェイトはフロート機能を併せ持つため、図-2 **洪水時**のように、水につかると浮力が発生する。そのため、従来のフラップゲートに無い締切力が発生し、無動力でより確実に閉塞することが可能となる。

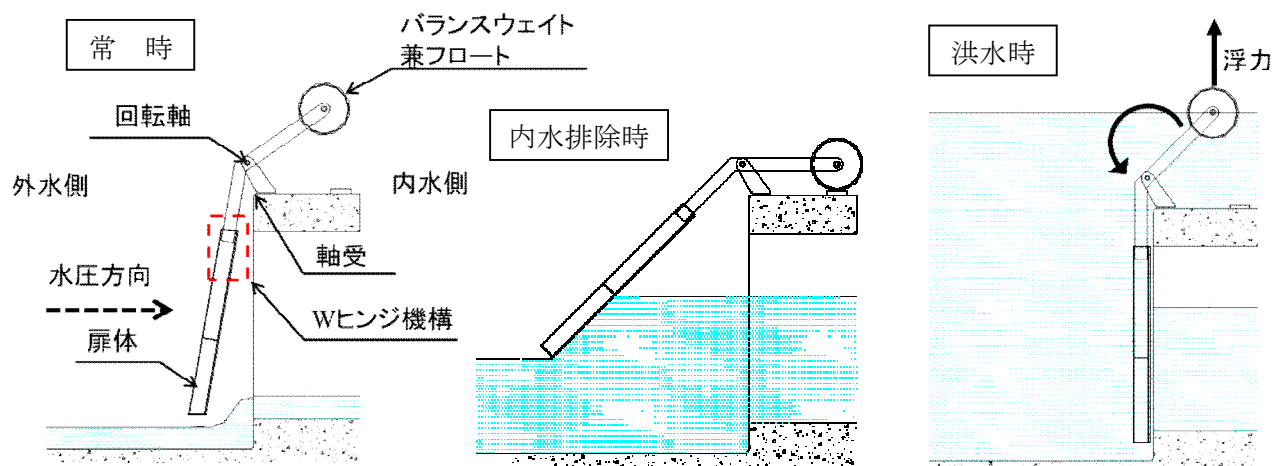


図-2 ネオフラップⅠ型状態図

(2) ネオフラップⅡ型

ネオフラップⅡ型は、Ⅰ型と同様に扉体上部に回転軸を設けた構造である。Ⅰ型と異なる点は、バランスウェイトが回転軸に近く、また、カウンタウェイトを有していることが挙げられる。さらに、扉体本体を浮力体とする特徴を持つ。

ゲート規模は、基本的に小型ゲートまでとする。

以下に、各水位条件におけるネオフラップⅡ型の作動状況を説明する。

1) 常時（内水からの流量が少ない場合）

常時は、図-3「常時」に示すように、扉体・バランスウェイト・カウンタウェイトが釣り合った状態を保ち、扉体は開状態となる。そのため、Ⅰ型と同様に、従来のフラップゲートと比較して、より確実にゲートを閉塞することが可能となる。

2) 内水排除時（内水側水位が上昇した場合）

内水位が上昇してくると、図-3「内水排除時」のように、扉体は流水に応じて開く状態となる。また、扉体とバランスウェイトとが釣り合おうとするため、開動作はスムーズな動作となる。

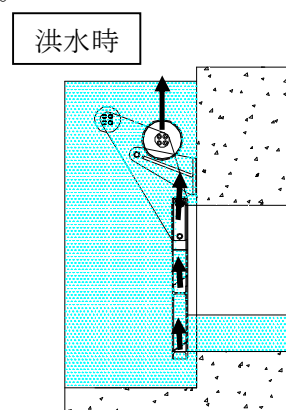
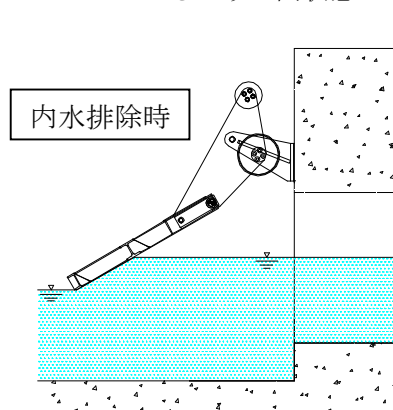
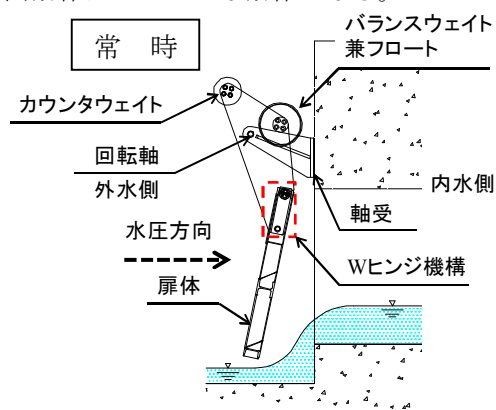


図-3 ネオフラップⅡ型状態図

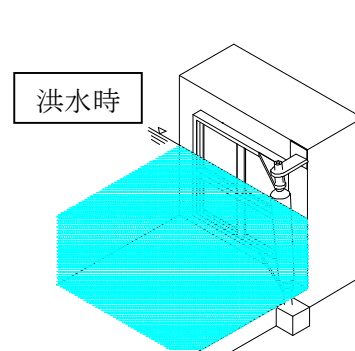
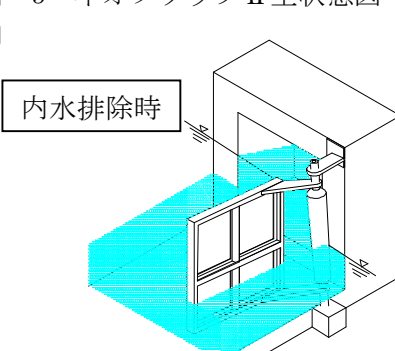
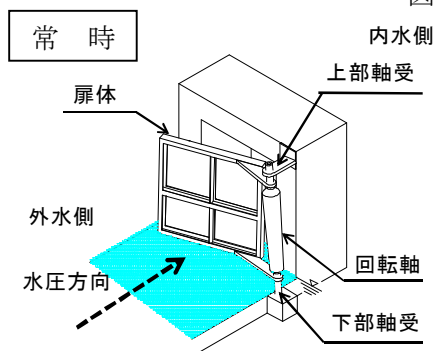


図-4 ネオスイング状態図

3) 洪水時（外水側水位が上昇した場合）

Ⅰ型と同様に開モーメントと閉モーメントのバランスがとれているため、洪水時には比較的小さな水位差により扉体は閉塞する。また、図-3「洪水時」に示すように、浮力体である扉体とバランスウェイト兼フロートの浮力により、従来のフラップゲートに無い締切力が発生し、無動力でより確実に閉塞することが可能となる。

(3) ネオスイング

ネオスイングは、扉体側面に回転軸を設けたゲートで、従来のスイングゲートに近い構造である。回転軸上方を扉体側かつ外水側に傾斜させた構造であることを特徴とする。

本ゲートは、中形ゲートにも適用可能である。

以下に、各水位条件におけるネオスイングの作動状況を説明する。

1) 常時（内水からの流量が少ない場合）

常時は、図-4「常時」に示すように、回転軸が傾斜しているため、扉体は重心位置が最も低い位置となるように開状態となる。

2) 内水排除時（内水側水位が上昇した場合）

内水位が上昇してくると、扉体には流水による力が作用するため、図-4 **内水排除時**のように、扉体は流水に応じて開く状態となる。内水からの排水量が減ると、扉体は常時の寸開位置までスムーズに動作する。

3) 洪水時（外水側水位が上昇した場合）

外水位が上昇してくると、図-4 **洪水時**に示すように、内外水位差により扉体は閉塞する。内外水位差がなくなれば、扉体は常時の寸開位置までスムーズに動作する。

(4) 各ゲートの特徴

前項にて各ゲートの構造概要を説明したが、それぞれ以下に記す特徴があり、特徴を活かした選定を行う必要がある。

ネオフラップⅠ型

- ・ 構造が単純で安価である。
- ・ 樋管上部に装置の設置スペースが必要。
- ・ 洪水時、フロートによる締切力が確保可能。
- ・ 有効面積 10m²程度まで対応可能。

ネオフラップⅡ型

- ・ 樋管出口の壁面に設置可能。
- ・ Ⅰ型に比べ、コンパクト。
- ・ 洪水時、フロートによる締切力が確保可能。
- ・ 有効面積 10m²程度まで対応可能。

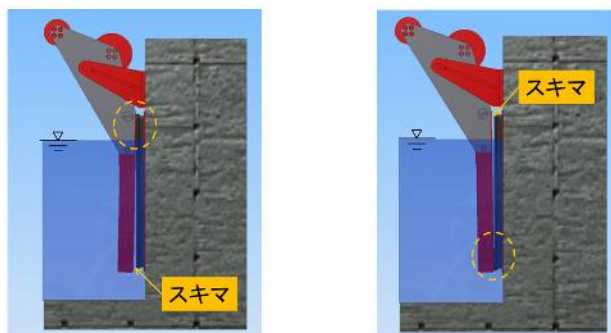


図-5 一般的なヒンジ構造

ネオスイング

- ・ 開閉動作は、内外水位差のみによる。
- ・ 中形のゲートにも適用可能。

(5) その他の特徴

1) ダブルヒンジ構造

扉体本体と扉体を吊るアームの連結部の構造が、一般的なヒンジ構造である場合、回転軸中心位置の製作および据付精度がシビアに求められ、誤差が大きいと、図-5 のように扉体が均一に水密面にあたらず、止水性能を確保できない。

そこで、ネオスイングⅠ型・Ⅱ型は、上部を固定ヒンジ、下部を可動ヒンジとしたダブルヒンジ構造を採用している。下部の可動ヒンジは軸に比べ穴が大きくなっており、上部の固定ヒンジを中心として軸と穴の隙間分の回転運動が可能となっている。この構造により、止水性の向上を図ることができる。

2) 強制開閉機構

オプションとして、維持管理時や非常時の操作に有効な強制開閉機構を設けることも可能である。強制開閉機構は、油圧シリンダ、油圧配管、手動ポンプユニットから構成される。

3. 実機による作動確認試験

ネオフラップⅠ型とネオフラップⅡ型は、有効面積 1.0m×1.0m の実機を製作し、作動確認試験を行った。以下に作動確認試験の結果を報告する。

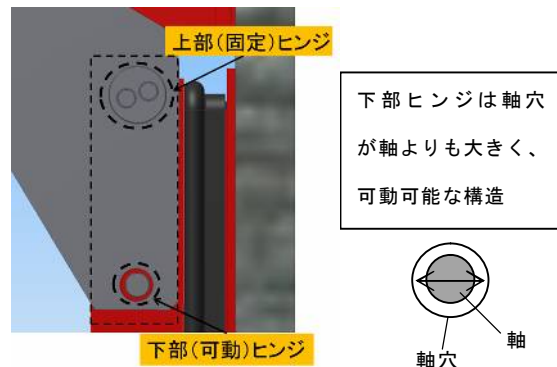


図-6 ダブルヒンジ構造

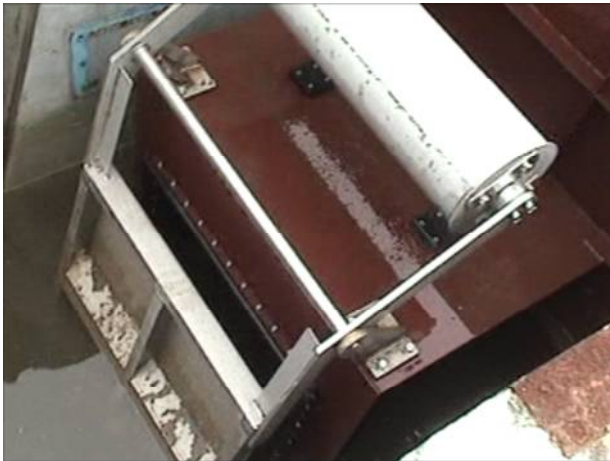


写真-1 ネオフラップ I 型 作動確認装置



写真-2 ネオフラップ I 型 作動確認中



写真-3 ネオフラップ II 型 作動確認装置

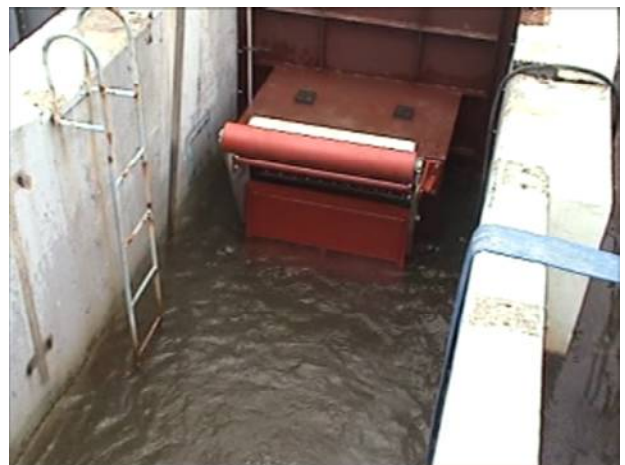


写真-4 ネオフラップ II 型 作動確認中

ネオフラップ I 型の作動確認試験状況写真を、写真-1, 2 に示す。また、ネオフラップ II 型の作動確認試験状況写真を、写真-3, 4 に示す。

各々の作動確認試験では、以下の内容の確認を行った。

- ・ 常時開度の確認
- ・ 外水位上昇時の閉塞状況確認
- ・ 閉塞状態から内外水位差減少に伴う開動作の確認

いずれの確認も、計算値とほぼ合致しており、動作的に問題ないことを確認している。また、止水性についても極めて良好な結果が得られている。

ネオスイングについては、アクリル模型による作動確認を行い、基本動作に問題がないこと確認した。

4. 今後の展望

冒頭で説明したように、操作員の高齢化や不足により、ゲートの無動力化の必要性は極めて重要な課題となる。

当面は、1 号機の受注・施工を目指す。また、施工後にはモニタリングを行い、実運用に問題がないことを確認する。

紹介した新型ゲートが、河川整備事業の一端を担い、社会貢献に寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) 九州地方整備局: 樋門の無動力化と共同管理に関するガイドライン