

ドルフィンゲート（ライジングセクタゲート）の 開発・事例紹介

福島 憲明

株式会社IHIインフラシステム 水門技術部 設計課



近年、堰・水門・ダムにおいて、周辺環境との調和が求められ、景観設計が重視されてきている。従来形式の水門扉では、門柱や操作室が周辺の構造物より上方に突出しているため、景観を阻害する場合がある。当社は、堰・水門・ダムなどに設置される水門扉に適用でき、門柱を低くできる流量調節可能な回転式ゲート（当社の開発形式名称：ドルフィンゲート）の開発に取り組み、実用化を達成した。本稿ではドルフィンゲート（一般形式名称：ライジングセクタゲート）の開発経緯・内容、特長、設備構成、開閉機構および工事事例を紹介する。

ドルフィンゲート，ライジングセクタゲート，油圧モータ・ラック式

1. はじめに

近年、河川景観を損なわない河川施設の実現への要望が高まり、特に河川を横断して設置される堰などの設備においては堤防からの突出感を極力押さえることができる水門扉（ゲート）が要求される。

当社では堰・水門・ダムに設置されるゲートに適用でき、門柱（ピア）を低くできる流量調節可能な回転式のドルフィンゲート（ライジングセクタゲート）の開発に取り組み、実用化を達成した。

本稿ではドルフィンゲートの開発経緯・内容、特長、設備構成、開閉機構および工事事例を紹介する。

2. 開発経緯・内容

当社では景観と調和するゲートのニーズに応えるため、イギリスのテムズバリア（1984年完成）を参考として、1992年からドルフィンゲートの開発を開始した。



図-1 従来の引上式ゲート



図-3 イギリスのテムズバリア

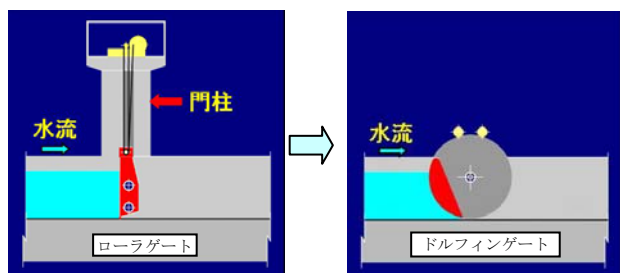


図-2 形式比較



図-4 テムズバリア開閉装置部

ドルフィンゲートの形式は大きく「越流形」と「引上形」に分類される。図-5にドルフィンゲートの形式の概略図を示す。開発当初は主に堰に使用される

越流形を主体に越流先端形状や背面板角度などの水理特性、掘り込み部の排砂特性、構造系などについて水理模型実験や構造解析を実施し、最適な越流面形状などのゲート形状や土木形状を検証した。

また、開閉装置のコンパクト化を図るため、油圧モータ・ラック式の開閉装置を独自開発した。さらに多様性を高めるため、主に水門に使用される引上形への適用化を図った。図-6に油圧モータ・ラック式開閉装置の写真を示す。

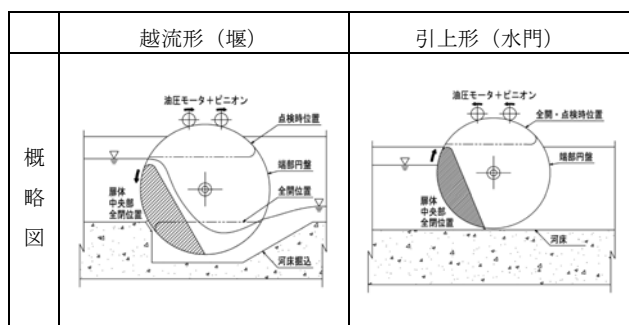


図-5 ドルフィンゲートの形式

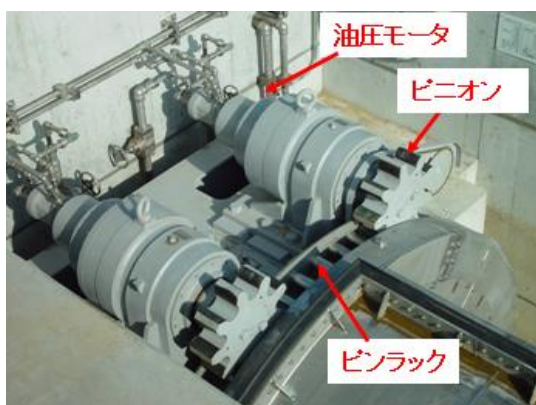


図-6 油圧モータ・ラック式開閉装置

3. 特長

ドルフィンゲートの主な特長は次のとおりである。

①堰・水門など広範囲に利用が可能

扉体の回転角度に制限がないためさまざまな目的に適用可能である。

②操作性に優れ流量・水位が容易に調節可能

扉体の回転により連続的な開度設定が可能で、越流による流量調整、上流水位の設定・維持が容易にできる。

③排砂が容易

河床掘り込み部にたまった土砂は越流や下端放流の掃流力で排砂可能であり、扉体操作による機械力も期待できる。

④安定性に優れたシンプルな土木構造で景観設計が可能

ピアレスとなるため安定性・耐震性に優れ、土木構造がシンプルかつ経済的となるとともに、ピアがあることによる圧迫感や景観阻害がなく景観に優れる。

⑤開閉装置がコンパクトで維持管理が容易

開閉装置の機構（構成機器、部品）がシンプルかつコンパクトとなり、維持管理が容易となる。

⑥長径間にも適用可能

扉体は剛性の高いシェル構造としているため、長径間ゲートにも適用可能である。

⑦波圧の変動に強い機構

扉体端部の中心軸による両端ピン支承のため、河口部における波圧の変動にもガタつきはない。

4. 設備構成・開閉機構

(1) 扉体

扉体はシェル構造の扉体中央部、端部円盤および中心軸から構成され、水圧・堆砂圧等を扉体中央部で受け端部円盤を介し中心軸に伝達する。中心軸は扉体に作用する荷重を堰柱に伝達するとともに扉体の回転中心となる。図-7に設備構成、図-8に荷重伝達経路を示す。

端部円盤の外周上には開閉装置の油圧モータ出力軸に取付けるピニオンとかみ合うピンラックを配置する。

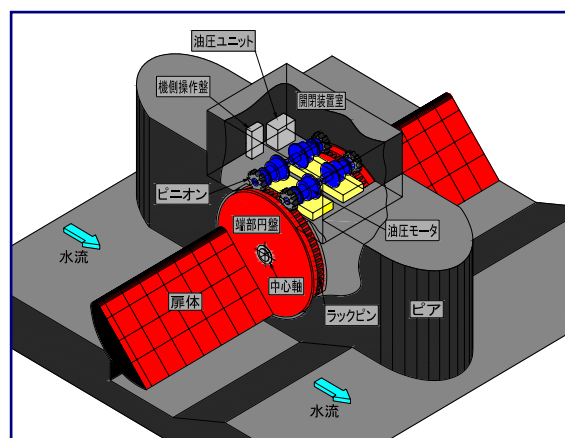


図-7 ドルフィンゲートの設備構成



図-8 荷重伝達

(2) 戸当り

戸当りは底部および側部戸当りで構成される。4方水密の構造も可能であり、その場合には上部にも戸当りを設置する。水密ゴムはゲートの使用方法、維持管理性等によって異なるが、一般的には越流形では戸当り側、引上形では扉体側に設置する。

(3) 開閉装置

開閉装置は油圧ユニット、油圧モータ、ピニオン、開閉装置架台、油圧配管などで構成される。油圧を動力とし油圧モータ、ピニオンを作動し、端部円盤に配置するピンラックとかみ合うことで扉体の開閉を行う。図-9に開閉機構を示す。

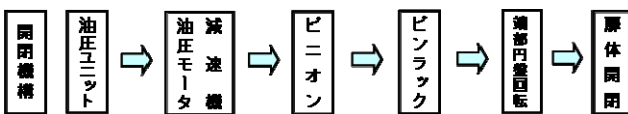


図-9 開閉機構

5. 工事例

次表に工事实績一覧を示し、各工事の概要を以下に示す。

表-1 工事实績一覧

発注者	施設名称	純径間	有効高	門数	形式 (用途)	完成年
北海道開発局	永山取水ゲート	10.0	2.0	1	越流形 (堰)	1998
愛知県	広口池南水門	15.0	3.85	1	越流形 (堰)	1999
愛知県	4号放水路水門	22.0	3.9	2	越流形 (堰)	2000
中部地整	住吉水門	12.5	9.05	1	引上形 (水門)	2002
東北地整	大谷地水門	13.95	2.45	1	引上形 (水門)	2003
兵庫県	大谷川水門	11.0	3.84	1	引上形 (水門)	2005
九州地整	小森野閘門	10.0	2.8	1	越流形 (堰)	2007
中国地整	百間川河口水門 (増設水門)	33.4	6.9	3	引上形 (水門)	2011

(1) 永山取水ゲート

本ゲートは北海道開発局が石狩川改修事業の一環として旭川市内の永山床止めの一部に建設された。

設置目的は、常時はゲート上流に設置された取水口からの取水を確保するための水位維持を行い、洪水時にはゲートを全開とし取水口前面の土砂を流水の掃流力によって排除し、常時取水が可能な状態にすることである。

本設備の設置地点は、親水公園として整備されるため、周辺に豊かな自然環境に調和できるゲート設備が求められた。そのニーズに対応できる本ゲート形式が我が国で初めて採用された。

【設備仕様】

- 門数 : 1門
- 寸法 : 純径間10.0m×有効高2.0m
- 水密形式 : 戸当り側3方ゴム水密
- 開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
(油圧モータ2台片側駆動)
- 開閉速度 : 平均0.3m/min
- 扉体主要材質 : ステンレス鋼 (SUS304)



図-10 永山取水ゲート（下流から見る）

1998年11月に据付工事が完了し、1999年1月に現地にて実証実験を行った。試験の目的は、排砂機能、ゲート操作性能および流水によるゲートの動的特性を調査し、本設備の安全性を確認するとともに運用開始後のゲート操作要領を確立することであった。

試験の結果は次のとおりである。

- ・取水口前面の土砂はすべて掃流された。ゲート直下流の掘り込み部の土砂もほとんど掃流され、排砂機能を十分発揮していることを確認した。
- ・実機試験時と水理模型実験時の扉体越流面に作用する圧力分布はほぼ同様の傾向を示した。
- ・扉体中央部スキンプレート面に対する接線方向と法線方向の振動加速度はきわめて微小であり、たわみ振動および中心軸周りのロッキング振動も問題にならないことが確認できた。

本試験によって、ゲートの安全性はもとより、排砂機能についても十分その機能を発揮していることが確認でき、得られた各種データによって操作要領も確立できた。

(2) 広口池南水門（領内川水門）

広口池南水門（領内川水門）は、「日光川改修工

事全体計画」に基づき、2級河川日光川と1級河川木曾川を結ぶ日光川放水路において、中継地点である広口池下流端の領内川に次の目的のために設置された。

- ・平常時は広口池の水位を必要水位に維持する。
- ・洪水時は広口池の水位上昇にともないゲートを下降させ全開とする。
- ・放水路の稼働時はゲートを上昇させ全閉とし領内川からの逆流を防止する。

【設備仕様】

門 数 : 1門
 寸 法 : 純径間15.0m×有効高3.85m
 水密形式 : 戸当り側3方ゴム水密
 開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
 (油圧モータ2台片側駆動)
 開閉速度 : 平均0.3m/min
 扉体主要材質 : ステンレスクラッド鋼
 ステンレス鋼 (SUS304)



図-11 広口池南水門（下流から見る）

(3) 日光川放水路 4号放水路水門

4号放水路水門は、2級河川日光川の洪水対策として計画された4号放水路の流入口（広口池）に設置され、放水路稼働時に日光川流域の洪水を最大55m³/sに流量調節して4号放水路に流下させることを目的としている。

【設備仕様】

門 数 : 2門
 寸 法 : 純径間22.0m×有効高3.9m
 水密形式 : 戸当り側3方ゴム水密
 開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
 (油圧モータ2台片側駆動)
 開閉速度 : 平均0.3m/min
 扉体主要材質 : ステンレスクラッド鋼
 ステンレス鋼 (SUS304)



図-12 4号放水路水門（下流から見る）

(4) 住吉水門

住吉水門は既設水門の改築工事にともない揖斐川右岸に設置された。常時全開とし、洪水・高潮で揖斐川の水位が上昇した際に全閉とする防潮を目的とした水門である。

河川の景観・周辺整備計画を基に、地域の歴史的、文化的背景を考慮したデザインテーマから水門設備の設計コンセプトは「設備を目立たせないこと」とされ、次の理由から本ゲート形式が採用された。

- ・景観に優れ、扉体天端から一切突起物がない設計が可能である。
- ・扉体を自重降下で閉鎖させることができ、洪水・高潮時に確実にゲートを閉めることができる。
- ・土木構造を含めコンパクトな配置が可能となる。

【設備仕様】

門 数 : 1門
 寸 法 : 純径間12.5m×有効高9.05m
 水密形式 : 扉体側3方ゴム水密
 開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
 (油圧モータ2台片側駆動)
 開閉速度 : 平均0.3m/min
 扉体主要材質 : ステンレス鋼 (SUS304, 316)



図-13 住吉水門（全閉）



図-14 住吉水門（全開）

(5) 大谷地水門（山王江水門）

大谷地水門は、東北地方整備局が宮城県志田郡鹿島台地区の「水害に強いまちづくり事業」の一環として、二線堤と山王江排水路が交差する箇所に設置した、二線堤内への氾濫水の制御を目的とした水門である。

【設備仕様】

門 数 : 1門
 寸 法 : 純径間13.95m×有効高2.45m
 水密形式 : 扉体側4方ゴム水密
 開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
 (油圧モータ2台片側駆動)
 開閉速度 : 平均0.3m/min
 扉体主要材質 : ステンレス鋼 (SUS304)



図-15 大谷地水門（全開）

(6) 大谷川水門

大谷川水門は兵庫県が大谷川河川対策事業の一環として大谷川河口部に設置したものである。常時全開とし、高潮時に全閉とする防潮水門である。

本設備の設置場所周辺は民家が密集していることから、ピアがあることでの圧迫感を排除し、景観上の配慮から本ゲート形式が採用された。

【設備仕様】

門 数 : 1門
 寸 法 : 純径間11.0m×有効高3.84m
 水密形式 : 扉体側3方ゴム水密
 開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
 (油圧モータ2台片側駆動)
 開閉速度 : 平均0.3m/min
 扉体主要材質 : ステンレス鋼 (SUS304)



図-16 大谷川水門（全開）

(7) くるめ舟通し（小森野閘門）

筑後川は古くから舟運が開けており、くるめ舟通しは地域再生計画の一環として、平常時は遊覧船等の運航を行い、地震時等災害発生時は緊急輸送路として人道支援、施設復旧を行うことを目的として改修設置された。



図-17 くるめ舟通し全景（上流から見る）

くるめ舟通しは、設置条件、舟通し機能、洪水時

の閘室内外水位差条件化での操作性，景観性，経済性，維持管理性等から形式選定が行われ，上流閘門ゲートに本ゲート形式，下流閘門ゲートにマイタゲートが採用された。

【設備仕様】

門 数 : 1門
寸 法 : 純径間10.0m×有効高2.8m
水密形式 : 戸当り側3方ゴム水密
開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
(油圧モータ2台片側駆動)
開閉速度 : 平均0.3m/min
扉体主要材質 : ステンレス鋼 (SUS304)



図-18 上流閘門ゲート (下流から見る)

(8)百間川河口水門 (増設水門)

百間川は，岡山市に注ぐ旭川の放水路として築造された一級河川であり，旭川，百間川の治水計画の見直しにより，百間川の洪水流下能力増強を目的として，児島湾に面した百間川河口部の既設水門（ローゲート6門：純径間20.0m×扉高6.0m）の左岸側に増設水門が設置された。

百間川河口水門は，洪水対策，内水排除，高潮対策を目的とし，常時全閉として塩害防止と高潮に備え，洪水時に全開とし百間川の洪水を安全に流下させるとともに，内水増水時にゲート全開として干満差を利用して内水排除を行う。

本設備は，景観の向上，軟弱地盤に対する安定性・耐震性の向上等から本ゲート形式が採用された。

【設備仕様】

門 数 : 3門
寸 法 : 純径間33.4m×有効高6.9m
水密形式 : 扉体側3方ゴム水密

開閉装置形式 : 油圧モータ・ラック式
(油圧モータ4台片側駆動)
開閉速度 : 平均0.3m/min
扉体主要材質 : 普通鋼 (SM400)
ステンレス鋼 (SUS316)



図-19 百間川増設水門 (全門全開)



図-20 百間川増設水門 (新2号全開)

6. おわりに

ドルフィンゲートは堰，水門，ダムゲートの広範囲に適用可能で，全開状態でも堤防等から突出することなく景観との調和が可能となるゲートである。今後，様々な地域において環境・景観に配慮しつつ安全，安心を担う設備として使用されることを期待する。

以 上