

利根機場切換ゲート更新設計について

古平 崇

元 関東地方整備局 霞ヶ浦導水工事事務所 工務第二課（〒300-0812 茨城県土浦市下高津2-1-3）

現 関東地方整備局 江戸川河川事務所 施設管理課（〒278-0005 千葉県野田市宮崎134）

霞ヶ浦導水事業及び霞ヶ浦開発事業との共同施設である利根機場は、利根川と霞ヶ浦双方向に水を行き来させる役割を担う特殊な揚水機場で1985年度に完成している。

双方向への水の流れは切換ゲートにて行っているが、設備特有の条件に加え、設置から約30年が経過し、多くの不具合を抱えている。

今回、切換ゲートにおける不具合の改善を行うと共に、今後の維持管理費の低減を目的とした更新設計を行うものである。

キーワード 霞ヶ浦導水事業、扉体更新、省合金二相ステンレス鋼

1. はじめに

那珂川、霞ヶ浦および利根川は、水資源の安定的かつ広域的な供給等に重要な役割を果たし、流域の産業・経済の発展に寄与している。しかし、産業の発展や都市化の進展によって、霞ヶ浦等の水質汚濁、那珂川や利根川における渇水の発生など、さまざまな問題が発生するようになり、流域全体で水質浄化、安定した水資源の確保に向けた取り組みが進められている。

霞ヶ浦導水事業は、那珂川、霞ヶ浦および利根川を繋ぎ、時期に応じて相互の導送水を行うことによりそれぞれの河川の流況を改善する流況調整河川であり、河川湖沼の水質浄化、流水の正常な機能の維持及び都市用水の供給の確保を図ることを目的とする事業である。

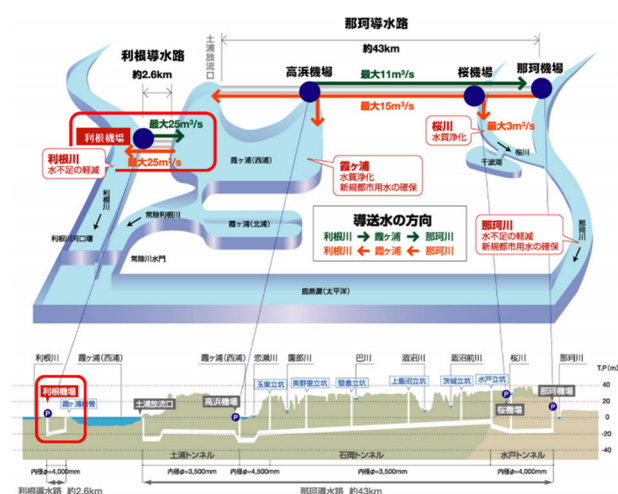


図-1 霞ヶ浦導水事業模式図

2. 利根機場の概要

利根機場は、霞ヶ浦と利根川を結ぶ利根導水路の施設で、利根川から霞ヶ浦への導水と、霞ヶ浦から利根川への送水を設置されたポンプ設備にてそれぞれ25m³/sの水の流れを行う機場である。



写真-1 利根機場全景

3. 切換ゲートの役割

利根機場には3台のポンプが設置され、それぞれ吐出方向が固定されており、吸込側の水路から吐出側の水路へ吐出する構造となっている。

導水と送水を切り換える際には、吸込側水路と吐出側水路に設置された切換ゲートの開閉状態を交互に行うことによって、流水方向の切り換えを行う。

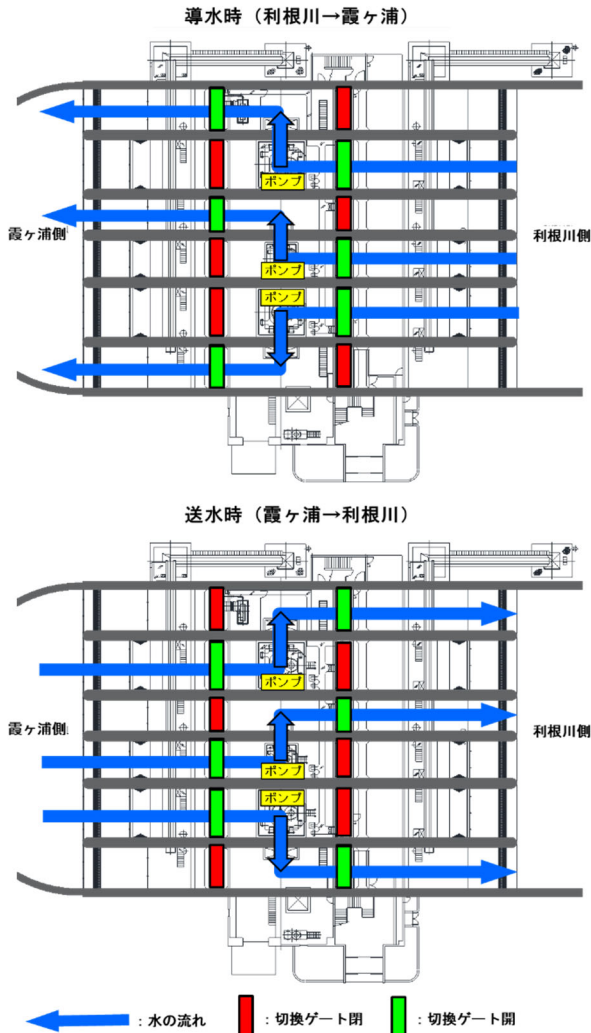


図-2 導送水模式図

4. 切換ゲートが抱えている課題

4-1. 水密ゴムの劣化・損傷頻度

切換ゲートは両面水密構造となっており、流水を遮断するという目的から、常に水密ゴムを押し潰しながら稼働する構造となっている。このことから水密ゴムへの過度な負担が生じているため、一般的な構造のゲートに比べ、劣化・損傷頻度が著しい状況にある。

過去に摩擦が軽減する皮膜を形成した水密ゴムへの交換を行ったが、一時的な効果が得られたものの、劣化・損傷頻度過多の要因解決には至らなかった。

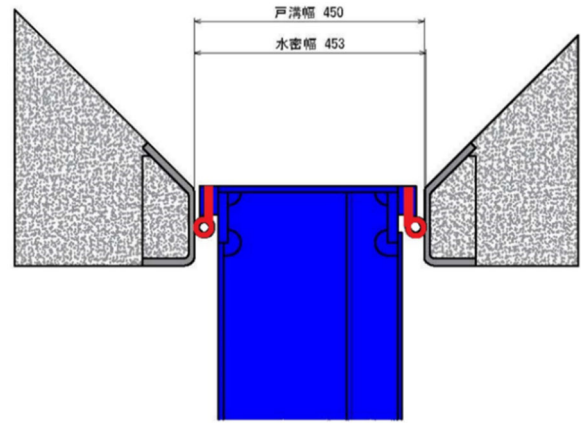


図-3 水密構造図 (既設)



写真-2 水密ゴム破損状況

4-2. 中間振止金具の腐食

切換ゲートは、扉体と開閉装置を1門当たり2本の連結棒(現状:スピンドル棒)により吊り下げられ、開閉を行っている。

扉体と開閉装置間長に距離がある場合、扉体全閉時に、連結棒の座屈を防止する目的で、中間振止金具を設けることとなっている。

中間振止金具はステンレス鋼を用いているが、土砂等付着物による酸素濃淡電気腐食による孔食の発生、アンカー耐力低下により、中間振止金具が脱落するという事象が生じた。

当該号機他、他ゲートの中間振止金具においても同様な腐食が確認されたことから、全12門について、

脱落防止の観点から、中間振止金具の撤去を行った。

これにより、閉時において連結棒の座屈が懸念されることから、操作には十分注意しながら操作を行う旨の周知徹底が図られている。

4-3. 扉体の腐食

切換ゲートは常時水没していることから、全体的に腐食の進行が著しい。

一般的に一般構造用圧延鋼材（SS400）等を用いる場合、主要強度部材は腐食を考慮した板厚としている。

今回、連結棒と扉体を固定している吊金物の著しい腐食の進行に加え、前記した水密構造による開閉時の過度な抵抗により腐食部の欠損が進行している。



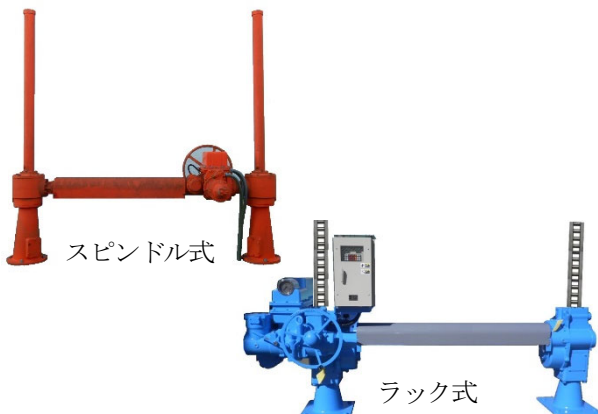
写真－3 扉体吊金物腐食・欠損状況

4-4. 開閉装置規格

切換ゲートの開閉装置はスピンドル式を用いている。設置当時は一般的な選定であったが、現在同規模のゲートではラック式の採用が主流となっている。

ラック式はスピンドル式に比べ、機械効率が優れているほか、電力の供給が絶たれた際に自重降下が可能であり、危機管理面で優位となる。

今回の切換ゲート更新において、扉体自重や水密方式の変更に合わせ、開閉装置選定の検討を行う。



写真－4 開閉装置

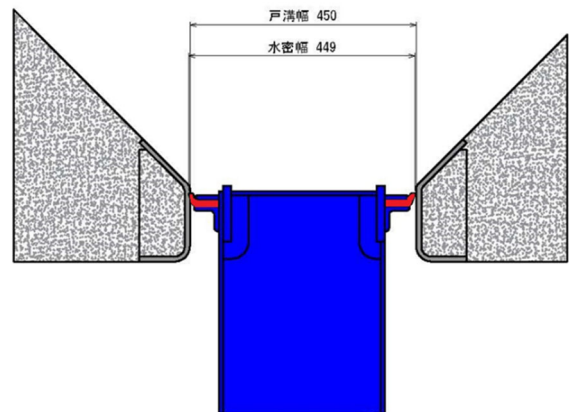
5. 切換ゲート不具合改善更新内容

5-1. 水密方式

ゲート設備における水密構造は扉体構造と戸当り構造を合わせて設計することが理想的であるが、戸当りは土木構造に埋設されており、戸当り構造を変更するには大幅な費用がかかるため、既設戸当り構造を生かす前提で扉体水密構造を検討した。

既設の扉体に採用しているP型の水密ゴムは、主に河川における逆流防止を目的とした樋管等の後面四方水密構造の扉体で用いられ、水圧が作用した際に良好な水密が保たれる形状であるが、利根機場における切換ゲートのように、扉体が稼働する際に常時押し潰され、水密ゴムの耐圧方向と異なる方向に負荷がかかる構造においては適していないと判断される。

そこで、水門等の側部水密に用いられるL型ゴムの採用を検討した。L型ゴムはその形状から戸当りとの摺動に対しP型ゴムよりも優れており、両面に設置するため、必要な水密も確保出来ることから、L型ゴムによる水密構造を用いることとした。



図－4 水密構造図（更新）

5-2. 中間振止金具形式

利根機場はその構造から、中間振止金具を設置した場合、常時水没状態となるため、点検を行うにも都度、潜水士による点検を行うこととなる。

ワイヤーロープ式の開閉装置を選定すれば中間振止金具は不要であるが、設備規模、イニシャル・ランニングコスト、グリスの塗布が必須となることによる環境影響面からワイヤーロープ式開閉装置の選定は適していない。

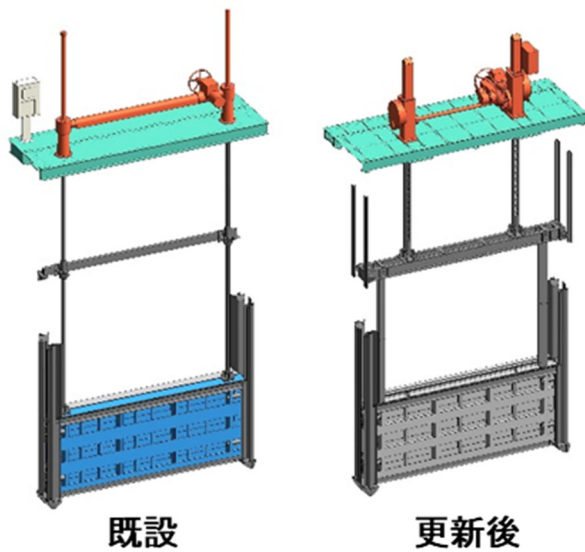
また、屈曲式やチェーン式等特殊な機構を持つラック式開閉装置においては、イニシャルコスト、開閉装置設置必要面積、駆体構造面から採用は見送られた。

現在、開閉装置メーカーでラインナップされている

ゲート用開閉装置（ラック式、スピンドル式）はどの製品においても切換ゲートで採用する場合、中間振止金具が必要となる。

扉体と開閉装置間の連結棒が長くなることによって中間振止金具が必要となるため、扉体における連結棒接続箇所を延長する構造（支持金物と呼称）を用いることで、連結棒を短く設定し、中間振止金具を要しない構造の設計を行った。

これにより開閉装置にかかる対象重量が増加傾向となるが、開閉装置規格が上がらない範囲の構造とした。支持金物は扉体に追従して昇降し、扉体全開時に没水範囲外となるため、点検も行えることとなる。



図ー5 中間振止金具概要図

5-3. 扉体材質

切換ゲートはその設置位置から、全開状態においても常時水没しているため、腐食の進行が著しく、更に目視点検が出来ない設備である。

このことから更新後の扉体材質は普通鋼よりも耐食性の優れたステンレス鋼を採用する。

ステンレス鋼は普通鋼より耐食性に優れているが、機械的性質面から普通鋼で製作するよりも重量が増加傾向になる。

扉体重量が増加すると開閉荷重が大きくなるため、扉体を開閉させる開閉装置の規格が大きくなり、鋼材数量の増加も含めるとイニシャルコストが増加することとなる。

ステンレス鋼の種類で、2015年にJIS規格に追加された二相ステンレス鋼という種類がある。

二相ステンレス鋼は従来用いられてきた一般的なステンレス鋼（SUS304）に比べ、強度が約2倍あり耐食性にも優れており、価格面でも従来のステンレス鋼と同等であることから、近年採用事例が増加している。

今回の切換ゲート更新においても扉体材質に二相ステンレス鋼を採用することにより、扉体重量を既設の普通鋼扉体重量以下に抑えられ、耐食性においては既設扉体以上の性能を有することとなる。

鋼材種類		扉体自重	開閉装置規格	耐食性	評価
普通鋼	SS400	4,150kg	150KN	△	△
ステンレス鋼	SUS304	4,750kg	200KN	○	○
二相ステンレス鋼	SUS821L1	3,840kg	150KN	◎	◎

表ー1 材質別扉体重量・開閉装置規格比較表
(G2、G5ゲート例)

5-4. 開閉装置形式

既設開閉装置はスピンドル式であるが、機械効率の良いラック式を採用することによって、電動機容量の低減が図られる。これにより電力使用量の低下に加え、部品交換コスト低下等維持管理費の低減が図られるほか、自重降下機能が追加されることにより危機管理面の向上に繋がる。

ゲート名	純径間×有効高 (m)	設置箇所	開閉装置規格・電動機容量	
			既設 スピンドル式	更新後 ラック式
G1, G6	5.00×2.00	利根川側	150kN 3.7kW	150kN 2.1kW
		霞ヶ浦側	150kN 3.7kW	150kN 2.1kW
G2, G5	6.00×3.00	利根川側	200kN 5.5kW	200kN 1.9kW
		霞ヶ浦側	150kN 7.5kW	200kN 1.9kW
G3	3.75×1.40	利根川側	75kN 2.2kW	75kN 1.0kW
		霞ヶ浦側	75kN 3.7kW	75kN 1.0kW
G4	4.50×2.00	利根川側	100kN 3.7kW	100kN 1.4kW
		霞ヶ浦側	100kN 3.7kW	150kN 2.1kW

表ー2 開閉装置規格別電動機容量比較表

6. おわりに

今回の切換ゲートの更新設計にあたり、新技術の活用、独自性な構造を考案することによって、更新コストを最小限に抑え、抱えている不具合を一掃し、更に今後の維持管理費の低減を図った更新設計となった。

国土交通省が管理する機械設備関連施設は高度経済成長期の昭和40年代から急速に増加し、昭和50年代をピークに整備されたものが多く、現在は設備更新の1つの目安とされる設置から40年を超えている設備が全体の約5割を占め、10年後には全体の約8割を占めることとなる。

今後の設備更新時においても、長期間稼働したことにより発覚した不具合について原因を把握し、更新時において改良することにより、今まで以上の長寿命化を図り、維持管理費の低減に努めていきたい。