

頭首工の構造および稼働方法

外山 正幸・團 邦男

頭首工は灌漑用水を安定取水するために欠かすことのできない施設であり、利水機能上の重要施設である。我が国の経済発展とともに整備されてきたストックは、老朽化が進んでいるため、初期機能を維持するための整備や、延命化対策が重要な課題となっている。本報告では、頭首工の構造や稼働方法を紹介した上で、昨今の社会的要求である、景観や環境負荷低減ならびに維持管理の一手法について説明する。
キーワード：頭首工、景観、作動油、維持管理

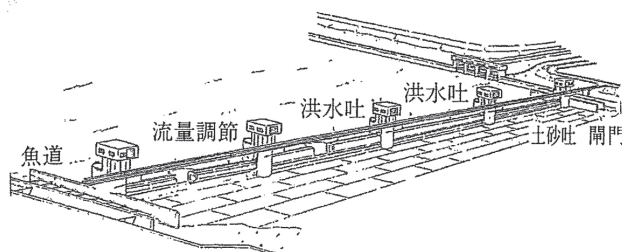
1. はじめに

わが国の重要な社会基盤である水門施設は、経済成長とともに整備されてきたが、その機能や設置目的は様々でない。水門施設を大きく分類すると、洪水処理を目的とした治水施設、上水・工業用水・灌漑用水を取水する利水施設、電源開発のための発電用水門施設に分類される。近年、生活水準の向上と産業の発展に伴い、河川施設に対する市民の要望が高度化・多様化してきており、水門施設においても、周辺景観への配慮や環境負荷低減、更には逼迫した財政下におけるコスト縮減対策など、従前の機能に対する付加価値が要求される。

ここで紹介する頭首工は、主に灌漑用水を取水する利水施設に位置付けられ、河川水を用水路に導水するための施設であり、通常、取水位を調節するための取水堰、取水設備、付帯施設及び管理施設から構成され、我が国特有の急流河川から安定取水するために、利水機能上欠かすことのできない重要施設である。このような頭首工を取り巻く状況を踏まえ、以下に設備の特徴について概説する。

2. 頭首工の構成

頭首工は、取水堰（洪水吐、流量調節、土砂吐）、船通し閘門、魚道、取入口などから構成される。代表的な事例を図一に示す。



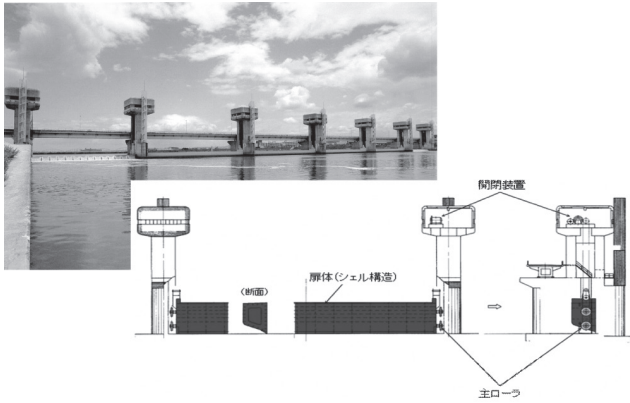
図一 代表的な頭首工の構成事例（「水門工学」より引用）

3. 頭首工の種類と景観・環境への配慮

頭首工の主要設備のうち、取水堰は取水に必要な取水位を確保するためにあり、機能面のみならず周辺の景観や環境へ与える影響が大きい、最も重要な設備である。可動部取水堰の形式には、ローラゲートや起伏ゲートなどがある。

ローラゲートは最も一般的な水門形式であり、扉体両端の端縦桁に主ローラを取り付け、全水圧荷重を支持するとともに、戸溝内を円滑に昇降させることが可能な設備である。しかし、ゲートを引き上げるための門柱があり（図一2）、周辺景観を阻害する可能性があることに加え、開閉操作室がトップヘビーとなることから、重厚なイメージを軽減するため、操作室を極力小さくしたり、丸みを持たせたりする設計により、違和感の軽減を図っている（写真一1）。

また、景観を阻害しにくい門柱レス設備として、起伏ゲートがある（写真一2）。起伏ゲートはフラップゲートとも呼ばれ、回転ヒンジの形式で分類されるが、ここでは下ヒンジについて説明する。扉体の下端部に回転ヒンジを設け、この部分とコンクリートに固定し



図一 2 機能性とコストを重視した従来水門の例



写真一 1 機能性と景観との調和に配慮した例



写真一 2 起伏ゲートの施工例

た支承金物をピン結合し、起立・倒伏して開閉操作することで、河川水の貯留と放流を行う方式である。

起伏ゲートは、一般に扉体下流の河床に埋設した油圧シリンダにより開閉操作を行うことから、門柱を必要としないため、設置する周辺の風景を阻害することがなく、景観に優れている。

一方で、油圧設備の作動油に鉱物油を使用した場合は、油圧シリンダや油圧配管が破損したときに、鉱物油が河川や土壌を汚染するため、環境への負荷リスクも存在する。このため、近年では万一、作動油が河川や土壌へ漏油しても、自然界の微生物によって分解される、生分解性油圧作動油の採用も増えてきている。作動油の特性を表一 1 に示す。

しかし、地球環境にやさしい生分解性油は、鉱物油

表一 1 作動油の諸特性

| | | 鉱物油 | 生分解性油 | |
|--------|--------------|------|-------|---------|
| | | | 菜種油 | 合成エステル油 |
| 対環境 | 生分解性(%) | ~20 | 80~ | 90~ |
| | 毒性 | △ | ○ | ○ |
| | 水溶性 | × | × | × |
| 油特性 | 加水分解安定 | ○ | × | ○ |
| | 酸化安定性 | ○ | △ | ○ |
| | 低温流動点(℃) | ~-20 | -25 | -30 |
| 使用上の特性 | 鉱物油と混合の経年安定性 | — | ○ | ○ |
| | 経済性 | 安価 | 高価 | 高価 |

に比べて高価であることに加え、耐用年数が短いという欠点があり、採用のメリットが小さかった。

かつて主流であった、菜種油に添加剤を加えた生分解性油圧作動油では、耐久性に係わる添加剤材料にも毒性を含むものが使えないことから、酸化安定性の不足により短寿命であった。

一方、近年の合成エステル系ベースの生分解性油圧作動油では、長期耐久性も確保されてきている。

また、平成 16 年には生分解性油圧作動油について、(社)日本建設機械化協会規格 JCMAS P 042「建設機械用生分解性油圧作動油 HKB」の規格制定により、建設機械用としての要求性能が確保され、普及したことにより比較的low価格となってきた。

その一方で、生分解性油圧作動油といえども、政府の規制に従って鉱物油と同じく特別廃棄物処理をしなければならないなど、一般鉱物油と同様の制約があるため、飛躍的な普及に至っていないのも実情であり、今後の開発が望まれる。

4. 頭首工の開閉装置

水門設備の操作を行う開閉装置は、大別すると機械式と油圧式の 2 形式に分けられる。形式をさらに細分化し、その特徴についてまとめたものを表一 2 に示す。

前項では、油圧式の作動油について説明したため、ここでは頭首工での採用例の多い、ワイヤロープウインチ式開閉装置について、一般的な設備との差異を中心に述べる。

水門設備では何らかの不具合によって開閉機能が損なわれた場合、下流域に与える影響が甚大なものとなる。また一般的な設備とは異なり、年間を通じてほぼ停止状態にありながら、出水などが発生した際には確実に動作することが求められる。さらに使用環境が河川のような異物の流下が多いところであることから、噛み込みなどの発生に対して設備を破損から守る必要

表一2 水門設備の開閉装置形式

| 形式名 | 機械式 | | | 油圧式 | | |
|------------|-------------|--------|------|-------|-------------|--------------|
| | ワイヤロープウィンチ式 | スピンドル式 | ラック式 | シリンダ式 | シリンダワイヤロープ式 | 油圧モータワイヤロープ式 |
| 適用される水門の寸法 | 中～大型 | 小型 | 小～中型 | 中型 | 小型 | 中～大型 |
| 適用される水門の水圧 | 低圧水圧バランス | 低～高圧 | 低～高圧 | 高圧 | 低圧水圧バランス | 低圧水圧バランス |
| 高揚程への対応 | ○ | × | × | × | ○ | ○ |
| 自重降下 | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 頭首工での採用例 | 多数あり | 少ない | 少ない | 少ない | 少ない | 少ない |

がある。

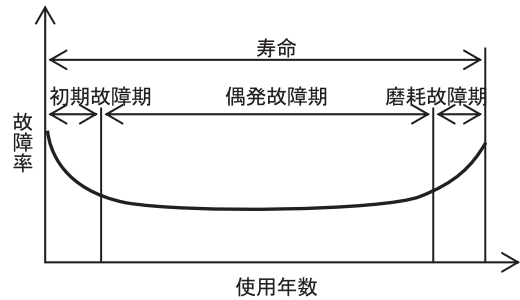
以上の状況をふまえ、水門設備の開閉装置では、次のような対策を行うことによって設備の信頼性向上を図っている。

- ①制動機の二重化：動力ラインに制動機をできる限り別形式で2基設ける。
- ②途中開度の扉体が始動時に落下せぬよう、電動機は直入式とし、始動トルクは定格トルクの200%以上とする。また時間定格は連続を標準とする。
- ③異物噛み込み時の強度確保のため、電動機の最大トルクは定格トルクの250%以下とする。
- ④部材の安全率は、引張強度に対して5（せん断については8.7）以上とする。また最大トルク時の荷重については、降伏点または耐力の90%以下とする。

このように、水門施設の開閉装置は、日常の確実な動作はもちろんのこと、いつ・どこでも発生し得る自然災害に対しても、緊急時の確実な開閉が可能な機能を保有している。

5. 施設の維持管理

水門設備の寿命は、一般的に40年～50年といわれており、近年、高度経済成長期に設置された多くの水門設備が、一斉に老朽化による設備更新または大規模改修時期を迎えている。一方、水門メーカーの撤退や団塊世代の水門技術者の大量退職により、経験豊富な技術者が急減しており、水門技術者の経験と勘に支えられたこれまでの保守管理の継続が困難となっている。一般に機械装置の故障は、図一3に示すとおり初期故障期、偶発故障期、摩耗故障期の3つに分けられる。今後、設備老朽化に伴う摩耗故障の急増が危惧されているが、厳しい財政状況中、こうした老朽化設備



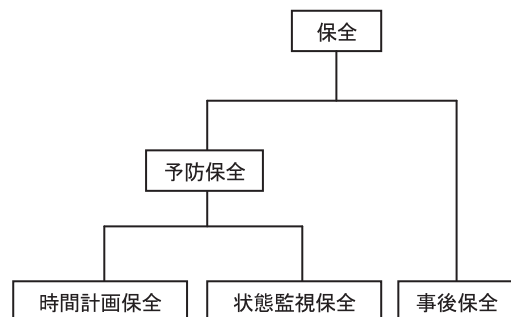
図一3 故障率曲線

の長寿命化や更新需要の平準化が喫緊の課題となっている。

(1) 維持管理の現状

設備保全の種別について図一4に示す。設備保全は、設備使用中の故障を未然に防止し、設備を常時使用可能状態に維持する予防保全と、設備が機能低下もしくは機能停止した後に使用可能状態に回復する事後保全に分けられる。また、予防保全の中でも、予定の時間計画に基づき計画的に実施される時間計画保全と、使用中の動作値および傾向を監視して実施される状態監視保全に分類される。頭首工では、その設備の重要性から予防保全が求められ、状態監視保全により保守管理されるのが理想的であるが、対象機器の特性や従来の点検方法では設備状態を定量的かつ継続的に把握することが困難であり、時間計画保全に頼らざるを得ないところが多くなっている。

頭首工の点検では、実際に運用している状態を定量的かつ継続的に記録し、この結果についてトレンド管理を行うことが理想である。しかしながら、現状の動作点検においては、点検のための操作いわゆる管理運転による動作状況の確認が行われるため実運用とは異なる条件での運転となることが多く、真に設備の実態を把握しているとは言い難い。また、その記録も断続的であり、かつ管理運転の頻度も少ないため、設備状態のトレンド管理を行うために十分なデータとなっていない。設備の劣化傾向を把握するには、点検方法や



図一4 点検の種別

定量的な評価基準の統一が必要であるが、現状の点検では定量的な評価ではなく、良・否のみの判定である場合も多い。また、人が介在することにより点検箇所やその記録にも微妙に差異が生じるため点検結果にばらつきが生じ易く、同一基準による設備の長期傾向管理は困難である。

(2) これからの点検

近年、ITの進歩はめざましく、ダムゲート等では国土交通省の施設を中心に「操作支援システム」や「故障診断システム」等、設備管理者の業務を支援するシステムが導入されている。今後の施設の維持管理においてもIT活用による業務支援は有効な手段であり、維持管理業務の合理化に大きく寄与するものと考えられる。例えば、設備稼働状態における各種データから設備状態を定量的に把握する「状態監視システム」や、図-5に示すような整備時期や更新時期についての判断までを支援する「維持管理支援システム」等が考えられる。維持管理支援システムでは、従来からある運転記録や故障記録、点検整備記録等に、設備の稼働状態を示す特性データの連続記録が追加されることに

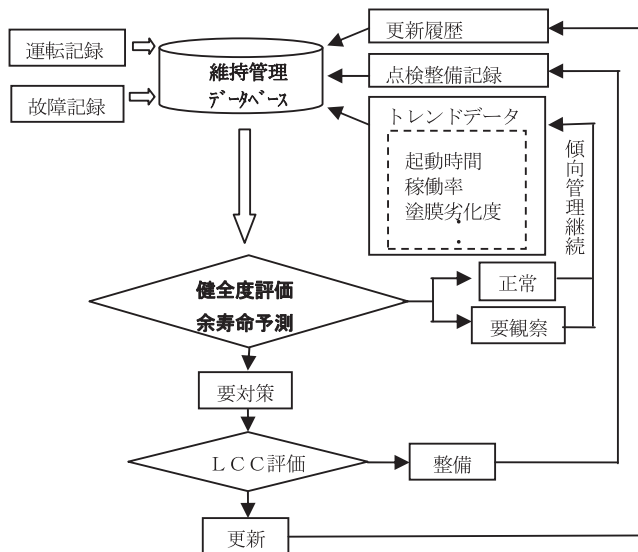


図-5 「維持管理支援システム」の概念

より、設備状態をこれまで以上に正確かつ定量的に把握することが可能で、さらにデータの蓄積・分析が進み、将来的に余寿命予測が可能となれば、合理的な整備内容の組合せやその時期の決定にも役立ち、老朽化設備の長寿命化や更新需要の平準化に大きく寄与するものと思われる。

6. おわりに

頭首工に対する環境負荷低減や景観への配慮等、市民要求の高まりとは反対に、管理者の人手不足や高齢化、維持管理・更新に対する財源の不足など、中・長期的な維持管理に対する問題は多い。

このような状況下で、既存ストックの延命ならびに合理的な設備の管理は、必要不可欠な問題である。今後も、環境にやさしく、維持管理のしやすい水門施設の改良・開発を重ねていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 水門環境防災技術研究会「水門工学」編纂委員会：水工学
- 2) ダム堰施設技術基準委員会：ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）

【筆者紹介】

外山 正幸（そとやま まさゆき）
日立造船株
機械・インフラ本部 水門部
部長代理



團 邦男（だん くにお）
日立造船株
機械・インフラ本部 水門部
グループ長代理

