

ゲートワイヤロープ保守点検の機械化と運用

ゲートワイヤメンテナンスシステムによる精密点検

齋藤 勲

水門設備のゲートワイヤロープ保守点検は、総足場もしくは吊りゴンドラや高所作業車を使用した高所近接作業によるものが多く見られるが、このような人力による保守点検は作業員の点検技量に依存する部分が多く、点検品質の標準化や定量的な健全度評価が極めて困難である。

また、高所作業床からの墜落災害、洗い油の河川滴下といった環境汚染など様々なリスクが不可分となる作業でもある。

そこで当該作業の機械化を図り、均一で精度の高い保守点検品質を担保しつつ、安全や環境にも配慮したゲートワイヤメンテナンスシステム（以下「当システム」という）を開発した。本稿では、当システムの概要と運用方法について紹介する。

キーワード：水門、ワイヤロープ点検、機械化

1. はじめに

水門設備の構成要素であるゲートワイヤロープは、「設備機能に致命的な影響のある機器・部品」として最重要部品に分類されているものの、点検整備に関しては他の主要部品と比較して低位に見られる傾向にある。

従来の保全方法としては、人力による劣化グリスの清掃（除去）・点検・給油（新規グリス塗布）が行われているが、多くの設備では作業員が容易に近接できる位置にロープがある事が少ないだけでなく、人力作業ではロープに手が届く範囲でしか作業ができないなどの欠点もあり、確実に精度の高い点検・整備を行うことは非常に難しい状況にある。

特に手作業では、劣化グリスを完全に除去することは困難なため、ゲートワイヤロープの寿命に大きな影響を及ぼすニップ断線（谷部の素線切れ）を発見することは極めて難しい。

従って、予防保全の対象となる重要な設備（設備区分レベルⅠ・Ⅱ）¹⁾のゲートワイヤロープについては、年次点検とは別に数年に一度、精密点検や健全度評価（診断）を実施することが望ましいと考える。

2. ゲートワイヤロープメンテナンスシステムによる精密点検

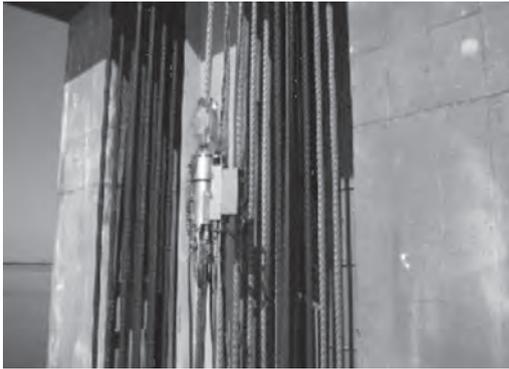
(1) システム概要

当システムは、従来人力で実施（写真—1）していたゲートワイヤロープの清掃・点検・給油作業を機械化したシステム（写真—2）であり、それぞれに特化した装置をワイヤロープ上で昇降させることにより、作業員が高所近接することなく、安全な業務の遂行を実現するものである。

また、洗い油を用いない劣化グリスの完全除去や、ロープ全周の連続点検・測定、圧力給油など、人力作業では実現困難な点検品質を可能としたシステムである。



写真—1 従来のゴンドラ等による手作業



写真一 二 当システムによる機械施工



写真一 五 油水分離・高圧洗浄ユニット (○印)

(2) システム構成

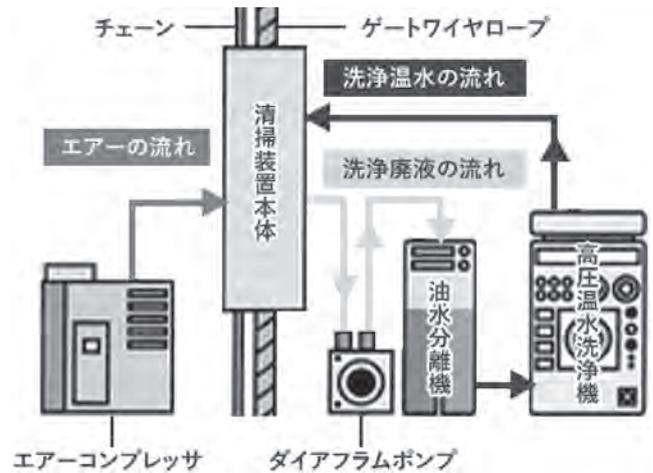
(a) 清掃 (洗浄)

洗浄装置 (写真一 三) はゲートワイヤロープを高圧温水にて洗浄することにより、ロープ表面に固着した劣化グリスを完全に除去できる (写真一 四)。そのため、素線やストランド谷部の点検が確実にできるとともに、新規グリスの塗布給脂を効果的に実施することが可能である。

また、洗浄時に発生する排水は洗浄装置内の排水口から油水分離機 (写真一 五) へと回収し、油脂分を分離後に加温、再利用される (図一 一)。

(b) 点検 (カメラ点検, 外径測定)

カメラ点検装置 (写真一 六) は4台の CCD カメラ



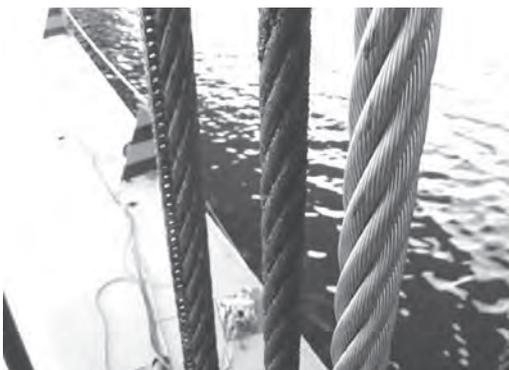
図一 一 洗浄システム概要



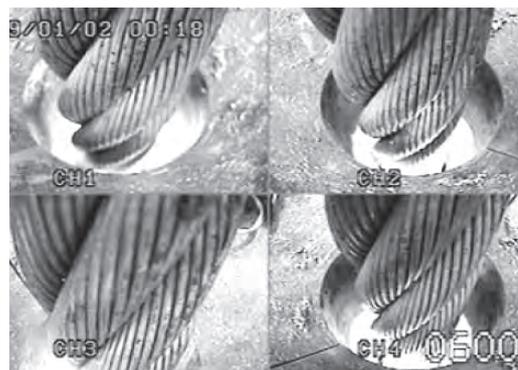
写真一 三 洗浄装置



写真一 六 カメラ点検装置



写真一 四 洗浄前 (左) 洗浄後 (右)



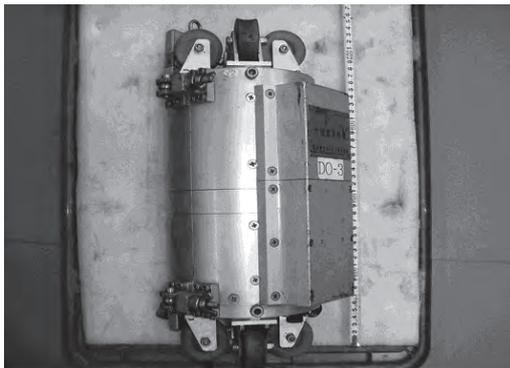
写真一 七 モニター画像



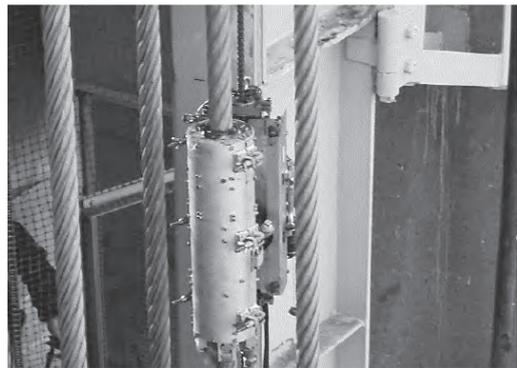
写真—8 モニター目視点検状況



写真—10 給油ポンプ



写真—9 外径測定装置



写真—11 給油装置

を内蔵しており、そこから得られる画像には、ロープ全周を同時に確認できる4画面表示(写真—7)と素線1本の状況まで確認できる1画面拡大表示があり、これらを適宜使い分けることにより、迅速かつ的確にモニター目視点検(写真—8)が可能となる。

モニター画面には常に点検開始位置からの距離が表示され、変状箇所的位置を即座に特定することが可能である。また、画像は録画ユニット内で記録メディアに保存される。外径測定装置(写真—9)は最小2mmピッチの連続測定により、ワイヤロープ全体の細り、扁平などの変状状況を定量的に評価することが可能である。また外径データは専用PCに記録、保存される。

(c) 給油

ワイヤロープへのグリス給油は給油ポンプ(写真—10)を用い、給油装置(写真—11)の加圧室へ一定の圧力で送られ、ワイヤロープストランドの奥まで圧力給油される。

従来の手作業による給油と比べ、ロープ全面に密着した均一なグリス給油が可能(写真—12)となり、腐食劣化の抑止による延命効果が期待できる。



写真—12 給油仕上がり状況

3. ゲートワイヤロープメンテナンスシステムの有効性

(1) 劣化グリスの完全除去

手作業によるロープ清掃の場合、時間かけて清掃してもワイヤロープの谷部はおろか表面のグリスさえも完全に除去することは困難である。これを除去するには洗い油などを用いる方法もあるが、河川滴下時の環境への影響やロープへのダメージが大きいため、完全除去が可能な当システムの効率性や施工品質などの有効性は高いと考える。



写真-13 めっき層の損失状況

(2) 当システムによる洗浄の副次的効果

当システムの洗浄は約9 Mpa、80℃の温水で高圧洗浄するため、手作業では完全に除去しきれないロープ表面の浮錆も除去可能であり、ワイヤロープの延命化に大きく影響するめっき層の状況(写真-13)を確実に把握することができる。

(3) 圧力給油の効果

手作業による給油の場合、グリス缶から手持ち缶に小分けし刷毛などで塗布することから、グリス内に空気が混入され密着性が低下し剥離しやすくなってしまふ。

当システムによる圧力給油では、グリス缶から外気に触れることなく直接ワイヤロープへ一気に圧力塗布されるため、密着性の高い給油が可能である。

下図は、手作業と機械圧入を比較した劣化促進試験の結果である。素線切れへの抵抗力では手作業に比べ19%向上(図-2)し、錆への抵抗力においても手作業の倍にあたるめっき残存率(図-3)を誇っており、機械圧入による密着性の高い給油効果が認められている。

(4) 当システム適用の効果

(a) ワイヤロープ点検精度の向上とワイヤロープの延命化

劣化したグリスを完全に除去できるため、めっき層の状態、素線切れや扁平などの変状状況が詳細に確認可能となり点検精度が極めて向上する。

また、グリス缶から直接ワイヤロープへ圧力給油することで密着した均一なグリス塗布が可能となり、ワイヤロープ寿命の延命化が期待できる。

(b) 安全性の確保と足場コストの削減

ワイヤロープの点検給油に使用していたゴンドラや総足場が不要となり、足場コストが削減される。また、高所近接作業が無くなることで作業員の安全にも寄与する。

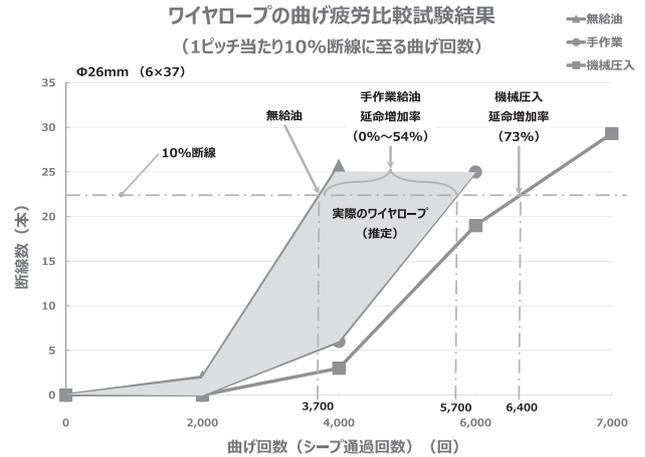


図-2 劣化促進試験によるグリス圧力給油の効果 (素線切れへの抵抗力)

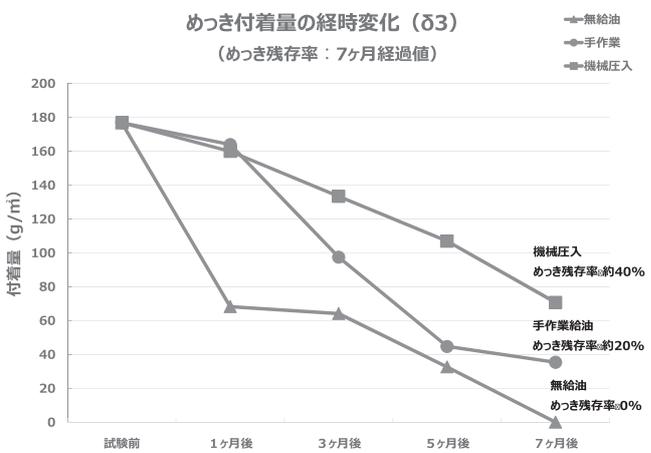


図-3 劣化促進試験によるグリス圧力給油の効果 (錆への抵抗力)

(c) 環境保全

当システムでは、高圧温水で劣化グリスを溶かして洗浄するため、洗い油の河川滴下による環境汚染リスクが低減する。また、発生する洗浄排水は排水ポンプにより回収し、油水分離プラントにて油脂を分離後、加温され洗浄水として循環させ再利用する。

グリス給油についても圧力給油で行うため密着度が高く、剥離による河川への油脂流出リスクが低減される。

4. ゲートワイヤメンテナンスシステム運用上の条件

当システムの運用方法については、装置を自走させて保守点検を行う「装置自走式」と、装置を固定して保守点検を行う「装置固定式」の、二つに大別される。

二つの運用方法にはそれぞれに付帯する運用上の条件があるため、それらを表-1~4に示す。

表-1 対象ゲートの設備条件

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
設備の条件	ワイヤ	ロープ径	φ 20 mm ~ φ 60 mm	
		ロープ間隔	約 15 cm 程度以上	ロープとロープとの間隔は各装置をセットする関係で、ゲート全閉状態でワイヤに張力がない状態では、レバーブロック等で間隔を確保することも可能
	ゲート	ゲート揚程	15 m ~ 20 m 程度まで	洗浄水圧の関係のため、洗浄ユニットと洗浄装置の高低差
		車両の近づき	200 m 以内	洗浄ユニット等と作業対象ゲート間の距離 車両がゲートに近づけない場合、配線等の許容距離
	グリス	グリスの種類	一般のグリスならば可能	

表-2 当システムの各装置性能

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
装置の性能	共通	簡易足場	簡易足場が必要	ゲートシーブ部に装置脱着作業用の簡易な足場が必要
		各装置の自走	駆動装置に各装置をセット	ゲート上部のドラム部からチェーンを垂らし、モーター駆動の駆動装置をかませ、遠隔操作で昇降、下降させる
	洗浄装置	作業自走速度	1.5 m / 分程度	洗浄は、1 往復 (2 回洗浄) が基本 モリブデン系等の固着グリスなどは、2 ~ 3 往復必要な場合がある
		洗浄水	80℃の温水	ボイラーで温水にする
			洗浄水圧 9.4 Mpa	洗浄装置内部の洗浄室で、ワイヤ全面洗浄可能な 4 本の洗浄ノズルにより洗浄
			タンク容量	300 リットル
		廃油水の完全回収	洗浄後の廃油水は、装置内の漏れ止めパッキン及びエアカーテンで装置からの漏れ出しを防止 ダイヤフラムポンプで廃油水を装置内から分離槽まで運搬 3 回の油水分離を行い、廃油は産廃処理、水は洗浄再利用	
	点検装置	点検自走速度	1.5 m / 分程度	CCD カメラ 4 台で、ワイヤ全面を撮影、録画 洗浄装置の上部にセットして、洗浄と同時作業可能
	外径測定装置	測定自走速度	1.5 m / 分程度	ワイヤ断面 XY 十字方向に、自走して連続測定する ワイヤの細り、扁平等を把握、ワイヤ取替基準と照査
	給油装置	給油自走速度	1.0 m ~ 3.0 m / 分程度	グリスポンプにより、装置内部のグリス圧力室に送り込み、圧力塗布する
		給油圧力	0.1 Mpa	
		グリスの種類	一般のグリス	あまり、液状なオイルや固形なグリスは不可
		グリス塗布量	0.1 kg/m ~ 0.2 kg/m	ワイヤ径により塗布量は違うが、m 当たりの換算表を参照

表-3 装置自走式の適用条件

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
洗浄・点検・給油作業	装置自走式	作業条件・方法	ゲートが動かせない	駆動装置により、ワイヤに沿って各装置を自走させて作業
		作業員	5 名 ~ 6 名程度	装置の脱着 2 名、油水分離装置操作 1 名、装置制御 1 名、ワイヤ上限確認等監視員 1 名、各補助員 1 名 (簡易足場設置、手作業 (ドラム余巻等の清掃点検給油) を機械施工と同時に施工する場合は、別途作業員 (2 名 ~ 3 名) が必要)
	機械施工不可箇所	ドラム直下のスラブ部 ゲートシーブ内と直近部	ドラム直下 ~ スラブコンクリート部 (装置が入っていない範囲)	
	装置の脱着	ワイヤ巻き数ごと	ワイヤ 1 本当たり、洗浄・点検 (同時施工)、外径測定、給油ごとに各装置の脱着 上記作業を、巻き数ごとに繰り返し作業	
	実作業日数	3 日 ~ 5 日 / 門	揚程 10 m 程度、片側ワイヤ 6 本掛けのゲートを想定し、洗浄・点検 (2 日 ~ 3 日)、外径測定・給油 (1 日 ~ 2 日) 作業以外に、準備 (1 日)、撤収 (1 日) を要します	

表一4 装置固定式の適用条件

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
洗浄・点検・ 給油作業	装置固定式	作業条件・方法	ゲートが動かせる	各装置をドラム直下に固定させ、ワイヤを動かして作業
		作業員	4名程度	装置脱着、調整、監視2名、油水分離装置操作1名、装置制御1名（その他、別箇所の機械施工不可部の手作業及びドラム余巻の清掃点検給油、装置固定用足場設置等がある場合は、2～3名必要）
		機械施工不可箇所	ゲート全開	ドラム～ゲートシーブ間、上部固定シーブ～ゲートシーブ間、固定端～ゲートシーブ間のワイヤは手作業
		装置の脱着	各作業ごと	ワイヤ1本当たり、洗浄、点検、給油ごとに各装置の脱着 上記作業を、左右岸シーブごとに繰り返し作業
		実作業日数	3日/門	揚程10m程度、片側ワイヤ6本掛けのゲートを想定し、片側洗浄、点検、給油（1.5日）作業以外に、準備（1日）、撤収（1日）を要します

5. 水門設備以外への適用

当システムは水門設備以外のワイヤロープにも適用可能となっており、対象設備条件や需要家の要望に添った内容を提供している。

当システムの条件に適合すれば、給油のみ、カメラ点検のみといった個別運用にも対応している。

(1) スカフォードのキブル用ワイヤロープの例（写真—14）



写真—14 装置固定式によるキブル用ワイヤロープの保守点検状況

(2) テーマパークのアトラクション用ワイヤロープ（カメラ点検のみ）の例（写真—15）



写真—15 水平に展開したアトラクション用ワイヤロープのカメラ点検状況

(3) 新規ゲートワイヤロープへの設置前給油（圧力給油のみ）の例（写真—16）



写真—16 新規ゲートワイヤロープへの給油状況

6. おわりに

河川用ゲート設備は、高度成長期の整備に合わせて集中的に設置され、多くの設備が設置から40年以上経過し老朽化が進んでいる²⁾一方で、自然環境や現場条件に対して確実な操作や稼働をしなければならず、厳しい財政状況の中での確かな点検・整備の実施による機能保持が求められている。

しかしながら我が国では労働力人口の減少が進み、なかでも建設業における若手入職者の減少、作業従事者の高齢化は顕著であり、熟練点検技術者不足は設備管理者にとって非常に深刻な問題となっている。

当システムはすべての作業で標準化されており、均一で精度の高い保守保全を提供するばかりでなく、設備管理者にとって「今」必要な情報を提供することが可能である。当システムの運用により、諸問題解決の一助となれば幸いである。

《参考文献》

- 1) 「ダム用ゲート設備等点検・整備・更新マニュアル（案）」国土交通省、平成 30 年 3 月
- 2) 「河川用ゲート設備点検・整備・更新マニュアル（案）」国土交通省、平成 27 年 3 月



【筆者紹介】

齋藤 勲（さいとう いさお）
東京電設サービス㈱
土木事業本部 土木保全工事センター
課長

