

平成28年度

## 頭首工におけるワイヤロープの診断技術の有効性について

室蘭開発建設部 農業開発課 ○稲本 晃  
羽原 信也

頭首工やダムのワイヤロープ診断は、農業水利施設の機能保全の手引き（頭首工ゲート設備）によると、概略診断では目視調査、詳細診断ではノギスによる外径計測となっており、ロープ内部の断線・腐食及び、断面積減少等による強度の確認ができない状況となっている。

このため、ストックマネジメント技術高度化事業で実施した、ワイヤロープ診断技術に関する調査内容、調査結果、有効性を報告する。

キーワード：全磁束測定法、長寿命化

### 1. はじめに

ワイヤロープの交換時期は、水門鉄管技術基準、農業用施設機械設備等補修の手引きにおいて、「ワイヤロープ評価基準」が示されており、

- ①ロープ径の減少が公称径の7%以上で交換する。
  - ②ロープ1より間において素線の断線が10%以上で交換する。
  - ③キンク、部分的にかご状になったもの及び腐食については交換する。
- とされている。

今回は、建設後41年、改修後23年を経過した頭首工のワイヤロープを対象に、従来の機能診断では判別できない腐食状況を把握するため、全磁束測定法による残存強度を定量的に評価し、水門鉄管技術基準、農業用施設機械設備等補修の手引きによる「ワイヤロープの評価基準」との検証を行い、今後の交換時期設定の参考とするための調査を行った。

本報では、今回実施した、調査内容、調査結果、全磁束測定法の有効性を報告する。



図-1 三石地区位置図



写真-2 歌笛頭首工全景

### 2. 対象施設の概要

国営かんがい排水事業三石地区（以下、「本事業」という。）は、北海道日高郡新ひだか町において、昭和46年度から平成4年度にかけて実施した。

水田への安定的な用水補給を行うため、ダム1箇所、頭首工1箇所、用水路1条を造成し、また、畑の過湿を解消するため、排水路2条を造成している。

試験施工対象施設である歌笛頭首工は、本事業により、1975（昭和50年）に造成された。

### 3. 診断技術検証箇所

ワイヤロープの診断検証は、歌笛頭首工の鋼製ローラーゲートに使用されているワイヤロープを対象として調査を実施した。

今回は、現地にて行う展開調査、工場で行う断線調査、ロープ引張試験の他に、全磁束測定法による

腐食調査を実施して検証を行った。

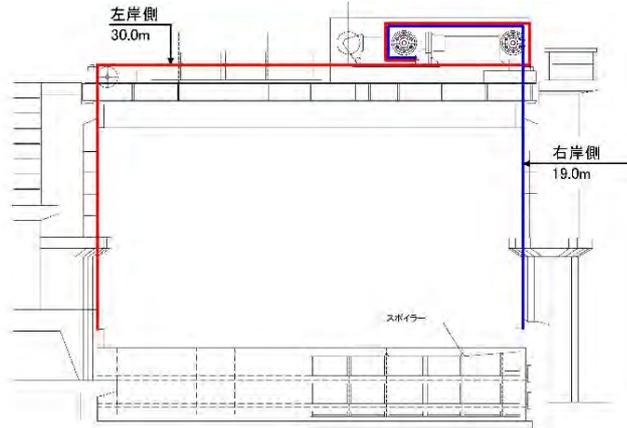


図-3 調査箇所図

#### 4. 診断技術検証結果

##### (1) ワイヤロープ展開調査

はじめに、現地において、ワイヤロープ展開調査を実施した。調査は、ワイヤロープのソケット口元から3.0m間隔で外観写真、ワイヤロープの径を測定した。

調査結果は左岸側、右岸側に軽微な摩耗が見られるが、大きな損傷は見られなかった。ワイヤロープの外径は、左岸側のソケット口元から24.0mの地点で公称径を下回っていることが確認できた。

現地展開調査の結果、左岸側の1箇所の径が基準値から外れているが、その他は両岸共に基準値を満足している。



写真-4 現地展開調査全景

##### (2) ワイヤロープ断線調査

ワイヤロープを水平方向に張り、ロープテスタ（漏洩磁束法）を設置し、断線の目安となるように最外層素線と同一径の素線をはりつけ基準断線（サンプル値）を設置し、ウインチを用いてロープテスタを動かし全長を調査した。測定結果は図-6の通りであり、左岸側、右岸側に基準断線に相当する異

常波形は見られず、素線断線はないと判断される。



写真-5 ロープテスターによる断線調査

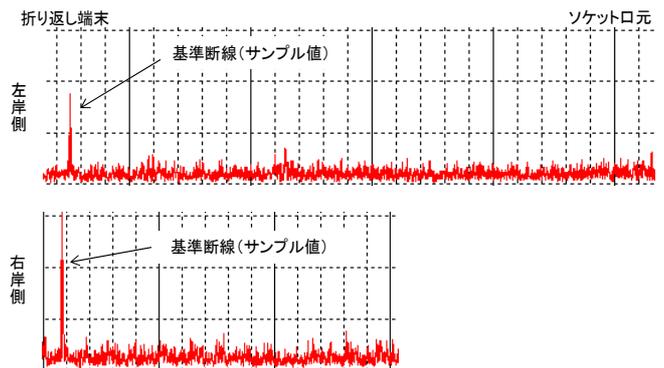


図-6 ロープテスターによる断線調査結果

##### (3) 試料採取位置

全長調査の結果から局部的な大きい損傷は無かったので、図-4の通り構造上劣化しにくいシリンダー内を健全部とし、劣化しやすいシーブ追加部とソケット近傍部をそれぞれ採取し、試験試料とした。

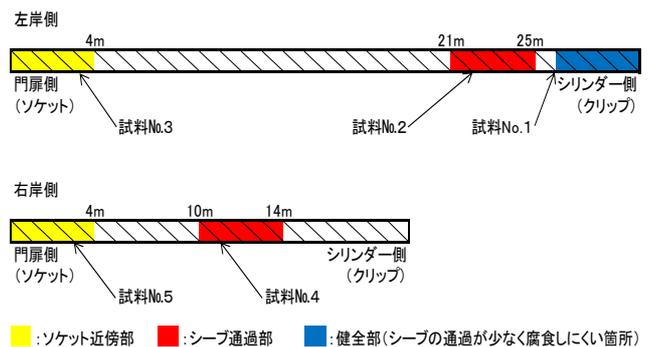


図-4 試料採取位置図

##### (4) ロープ引張試験

試料採取した箇所での引張試験を行った。引張試験は3000kN引張試験機を使用し、残存強度、伸長率を調査した。測定結果は表-7の通りであり、残存強度は全試料とも規格値を上回っていたが、試料NO.3のソケット部では破断時伸び率が1.19%と、低水準になっており、衝撃力に弱くなっていた事が推

察される。

表-7 引張試験結果

項目 試料	ロープ径 (mm)	残存強度率	伸長率
	33.50 ~ 35.85	【100%以上】	【2.20%以上】
No.1 (健全部)	平均= 33.82 公称径比 +0.94%	112.27	2.25
No.2 (左岸シーブ近傍)	平均= 33.62 公称径比 +0.36%	113.00	2.56
No.3 (左岸ソケット近傍)	平均= 34.78 公称径比 +3.83%	111.91	1.19
No.4 (右岸シーブ近傍)	平均= 33.83 公称径比 +0.97%	113.72	2.13
No.5 (右岸ソケット近傍)	平均= 35.09 公称径比 +4.73%	113.36	2.63

(5) 全磁束測定法による調査

全磁束測定法はワイヤロープの中を流れる磁束を測定し、磁束と断面積の比例性によってロープの強磁性体部（亜鉛部を除く鋼部分）の断面積及びその変化の評価、赤錆などの腐食や摩耗などの広がりを持った損傷の評価に有効な非破壊検査方法である。

①調査方法

ワイヤロープを強く磁化すると、ワイヤロープ内に磁束が流れ、磁化器中央部に配置した磁束測定器のサーチコイルに誘導起電力が発生する。この起電力をフラクスメータによって時間積分して磁束測定し、同時に磁界測定器に内蔵されたホール素子によって磁界の強さを記録する。

電流を可変できる電源装置を用いて、0A→+75A→0A→-75A→0Aと、電流を与えたときの磁界の強さと磁束の関係は、図-8に示す磁化曲線となり飽和漸近領域では磁界の強さと磁束の関係は、ほぼ直線となる。この範囲のデータを一次回帰し、一定の磁界の強さでの(+)側と(-)側の磁束の絶対値での平均値を測定磁束とすると、これがワイヤロープの断面積に比例する。

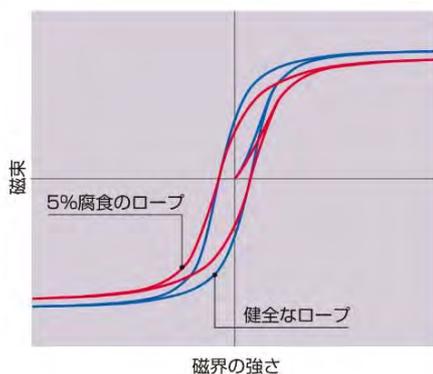


図-8 磁化曲線図 (比較イメージ)

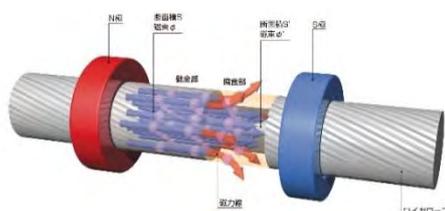


図-9 ワイヤロープに流れる磁束の模式図

測定位置はワイヤロープ断線調査と同様に、健全部、シーブ追加部及びソケット近傍部を測定した。

各試料から得られた磁化曲線より、一定の磁界の強さにおける磁束を求め、両方の絶対値の平均を測定磁束とし、健全部の測定磁束とシーブ追加部及びソケット近傍部の測定磁束を比較し、各試料の腐食率を求めた。



写真-10 全磁束測定法調査機器

②調査結果

全磁束測定法による調査結果を表-11に示す。調査結果から、左岸側と右岸側ともに腐食率がほぼ0%であり、腐食の進行は見られないと考えられる。

腐食と引張強度低下率の判断基準は、図-12に示す断面積損失率と引張強度低下率の関係より判断することとした。

ワイヤロープの交換基準は、強度が規定破断力の80%、すなわち強度低下率20%以上の時にワイヤロープを交換することが多い。

このため全磁束測定法では、強度低下率が20%、腐食率（断面積減少評価値）が5%を超えた場合は、ワイヤロープの交換が必要であると判断している。

表-11 全磁束測定法調査結果

試料 No.	腐食率[%]
試料No.1(左岸側、健全部)	-
試料No.2(左岸側、シーブ通過部)	0.0
試料No.3(左岸側、ソケット近傍部)	0.0
試料No.4(右岸側、シーブ通過部)	0.0
試料No.5(右岸側、ソケット近傍部)	0.0

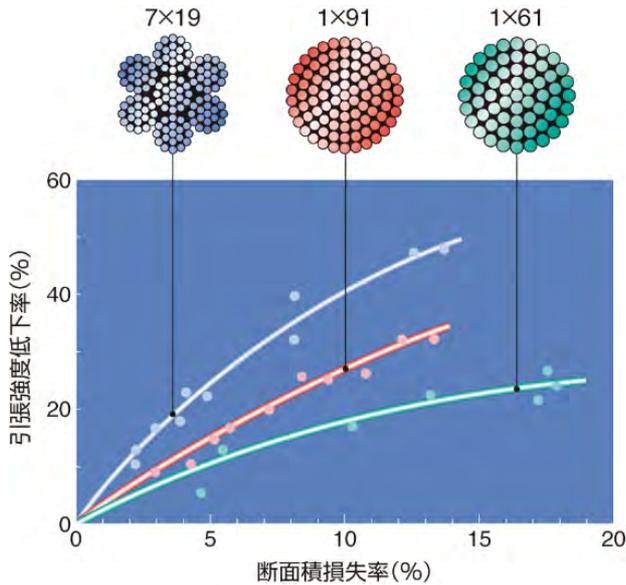


図-12 断面積損失率と引張強度低下率の関係図

## 5. まとめ

### (1) 現地展開調査

現地展開調査の結果は、左岸側の1箇所の径が基準値を不足しているが、その他は両岸共に基準値を満足しているため、健全度はS-3～S-4と考えられる。

### (2) 工場内検査(断線調査及びロープ引張試験)

外観上、残油状況は全体的にはやや少な目で、一部にめっきの減少に伴う軽微な錆の点在と、軽微な摩耗も確認されたが、断線はなかった。内部の残油状況も全体的にやや少な目で、軽微な圧痕と黒錆の散在を確認したが、断線はなかった。また、ロープテスタによる全長の断線調査でも断線は確認されなかった。

ロープ引張試験において、残存強度は全試料とも規格値を上回っていたが、試料NO.3では破断時伸び率が1.19%と、低水準になっており、衝撃力には弱くなっていた事が推察される。

全磁束測定法による腐食調査では、試料NO.2～5の全ての試料で腐食率が0.0%で、素線の腐食はなく健全であると判断できる結果となった。

本地区のワイヤロープは、1992年(平成4年)9月に改修工事で交換され、約23年が経過している。外観上、表面及び内部には大きな損傷がなく、全磁束

測定においても腐食は確認されなかったが(健全度S-4相当)、素線の機械的性質の一部は劣化傾向にあり、ロープ破断試験において伸長率が低水準な事も確認された(健全度S-3～S-4相当)。

これらを総合的に判断すると、工場内検査でのワイヤロープの健全度としては、“S-3～S-4”相当であると考えられる。

## 6. おわりに

本調査は、ワイヤロープの機能診断において、腐食状況の定量的な評価を行うため、全磁束測定による腐食率の測定を行った。その結果、腐食率は0.0%の結果となり、外観調査と一致し腐食進行は、ほばないものと考えられる。

今回、全磁束測定法で機能診断を実施することで腐食の有無により断面積損失率と引張強度低下率の関係により、ワイヤロープの交換時期を判定できるため本調査の有効性があると考えられる。

今後の課題としては、全磁束測定法により機能診断を実施する際に、腐食率を定量的した健全度評価の指標が必要であると考えられる。

したがって、今回の調査を継続的に実施していくためには、腐食の発生しているワイヤロープでの検証を行うとともに、ワイヤロープ交換基準を踏まえた機能診断調査表の作成が必要であると考えられる。

謝辞：本調査を行うにあたって、調査の協力、資料等の提供をいただいた東京製綱テクノの関係者の皆様に対して、紙面を借りて深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) 水門鉄管技術基準 水門扉編, (社) 水門鉄管協会
- 2) 農業用施設機械設備等補修の手引き, 農林水産省
- 3) 農業水利施設の機能保全の手引き(頭首工ゲート設備), 農林水産省
- 4) 吉田好孝, 横沼庸助, 前田泰男, 若狭信明, 守谷敏之: 吊橋ハンガーロープ(C.F.R.C)の全磁束法による非破壊調査と強度試験, 土木学会第55回年次学術講演概要集, 平成12年
- 5) 健全度診断, 東京製綱テクノス

