

インクラインのワイヤーロープ交換 に学ぶ攻めの維持管理

嶋原 謙二

関東地方整備局 相模川水系広域ダム管理事務所 施設管理課

(〒252-0156 神奈川県相模原市緑区青山宇南山2145-50)

宮ヶ瀬ダムには、インクラインが設置されており、ダム管理者がダム堤体下流面点検のためさらには観光客の移動手段として使用している。

インクライン定期点検の際にワイヤーロープ素線に浮きが見られ、調査の結果ワイヤーロープ交換基準に近づいていることが判明した。

これまで約6年に1度交換していたワイヤーロープが4年半で交換が必要になった原因と対策及びそこから学べるダム維持管理について考察する。

キーワード ダム管理設備、維持管理、長寿命化、コスト縮減

1. 背景

相模川水系広域ダム管理事務所が管理する宮ヶ瀬ダムには、ダム建設時のコンクリート運搬に使用したインクラインの一部を利用した堤体外点検設備(以下インクラインとする)が設置されており、ダム管理者がダム堤体下流面及びダム下流部法面を点検するために用いている。

一方で宮ヶ瀬ダムは首都圏から近くダム周辺に年間155万人(令和元年度)が訪れる観光地となっているが、ダム近傍駐車場の収容能力が大型車10台、普通車9台と限られているため、ダム下流側に近接している県立あいかわ公園駐車場(大型車24台、普通車657台)を活用している。そして県立あいかわ公園に駐車し来訪した観光客がダム下とダム上の移動手段として、インクライン(表-1)を用いている。(図-1)

インクラインの運行及び日常の維持管理を公益財団法人宮ヶ瀬ダム周辺振興財団が実施し、国はインクラインの機能回復のための工事及び機能維持のための定期点検を実施している。



図-1 インクライン全景

表-1 インクライン諸元

項目	
駆動方式	電動機駆動ワイヤーロープ巻掛方式
積載量	3,000kg/台(46人乗り)
走行速度	60m/分
レール長	216m
高低差	121m
搬器大きさ	2,665mm(幅)×5,100mm(長)×6,158mm(高)
設置年月	平成10年10月

今年度の定期点検の際にワイヤーロープ素線浮きの進行が見られ、調査の結果ワイヤーロープ交換基準に近づいていることが判明した。

これまで約6年に1度交換しているワイヤーロープが4年半で交換が必要になった原因と対策及びそこから学べるダム維持管理について考察する。

2. ワイヤーロープ交換にいたる経緯と問題点

本設備は鉄道事業法に準じて毎月専門業者による点検を実施している。「鋼索鉄道における鋼索交換基準」ではロープの使用限度が下記のとおり規定されており、点検の中で基準に対する現状と傾向管理をおこない、交換基準に達する前にワイヤーロープの交換を実施している。

① ロープ断面積の減少

ロープの摩耗、内部腐食又は断線によってロープの

断面積が、使用開始時の80%以下に減少したとき。ただし、ロープの摩耗及び内部腐食による断面減少は、そのロープ径の減少によって減少した面積（ロープ径減少率11%を断面減少20%とする。）とし、断線による断面減少は、そのロープのよりピッチの6倍の長さにおける破断素線の断面積とする。

② ロープの断線

ロープの断線が始まって、その後素線の断線数が短時日の間に増加する傾向があるとき。

③ ロープ素線の摩耗

素線の表面摩耗によって、外層素線の50%以上のものの直径が、使用開始時の直径の2/3以下になったとき。

今回、点検の中で台車端末部付近でワイヤーロープ素線の浮きが見られるようになり、経過観察を行っていた。(図-2)

しかし昨年度末から、これまでコロナの影響で減っていた乗車人数が増え、運転回数が増えたため、詳細な調査を実施した結果、断面減少率が交換基準である20%に近い19.6%になっていることが判明したため早急にワイヤーロープを取り替えることが必要になった。



図-2 ワイヤーロープ素線の浮きの状況

確認の結果、前回ワイヤーロープは平成30年3月に交換しており、交換を決めた令和4年8月時点で約4年半が経過していた。

インクラインの運用を平成11年11月23日に始めて23年近くが経過するなか、これまで約6年でワイヤーロープを交換してきた。

しかし今回は通常より早い時期でのワイヤーロープの交換となるばかりでなく、素線浮きという初めての現象であった。

そのため事実確認したところ、4年半前のワイヤーロープ交換時にそれまでとは異なる仕様のワイヤーロープを採用していたことが分かった。

仕様を変更した理由は、それまでワイヤーロープを交換していた理由が「ワイヤーロープの素線断線による断

面の減少」だったため、長寿命化を目的により断線しにくいワイヤーロープを選定したためであった。

そのため「シール型ロープ」から同じロープ径でも断面積が大きく対疲労性に優れ破断力に強い「シール型異形線ロープ」に仕様変更していた。(図-3)

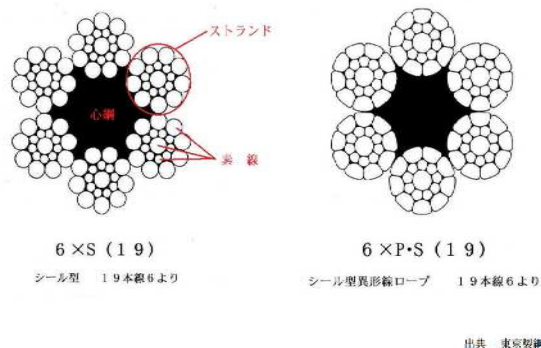


図-3 ワイヤーロープ断面比較図

しかし実際は仕様を変えたことによりワイヤーロープ交換間隔が短くなってしまった。

そのためワイヤーロープの素線浮きの原因を突きとめるとともに、どんな形状のワイヤーロープが良いのか検討する必要が生じた。

3. 問題解決のためのプロセス

調査の結果、素線の浮きは2号台車端末付近だけに発生しているのがわかった。

そのためなぜ2号台車付近にだけ素線の浮きが発生するのか原因を特定するために下記を実施した。

(1) 設備の特性分析

インクライン設備は、1号台車と2号台車がつるべ式につながっている。このため通常の運転状態では、下に下がった台車側のロープは緩み、上に上がるロープは絞られる。そのため上に上がる際、ロープのより方向に約90度ねじれが生じることが観察される。

しかし、下に下がる際にねじれは解消されているため通常であればねじれが蓄積することはなく、これまでも20年間素線浮きが発生することはなかった。

(2) ワイヤーロープの特性分析

従来の「シール型ロープ」と新規採用した「シール型異形線ロープ」の断面を比較した。

その結果従来の「シール型ロープ」ではストランド同士が線接触しているのに対し、新規採用した「シール型異形線ロープ」では面で接触し、ストランド間で発生したねじりが摩擦抵抗により元に戻りにくいことが予想さ

れた。また素線同士も同様で摩擦抵抗が大きいと、素線同士がねじれた場合元に戻りにくいと予想された。

(3) メーカーヒアリング

この予想を元に当該設備の特性を熟知しているインクライン製作メーカーとワイヤーロープの特性を熟知しているワイヤーロープメーカーへヒアリングを行った。

その結果、ワイヤーロープの断面形状変更によって、運転中にストランド同士及び素線同士にねじれが発生した場合、摩擦抵抗力が大きいと、ストランドや素線が元に戻らずにねじれが蓄積し、ロープの浮きが発生した可能性が高いという見解が得られた。

(4) 検証（再観察）

上記(1)～(3)で得られた結論が的を得ているのか、製作メーカーの立ち会いの下、設備やワイヤーロープの観察・検証を実施した。

その結果、シーブに出入りするワイヤーロープがロープのよりに沿ってねじられては元に戻っている様子が観察されたが、1号台車、2号台車でねじれの違いを観察することはできず、どうして2号台車にだけねじれが蓄積するのかは分からなかった。

しかし、4年半かかって少しずつねじれが蓄積していくことを考えると、シーブ(縦、横)の取り付け位置や角度でねじれの発生の仕方が異なることは大いに考えられることであり、むしろ大きな原因はねじれが戻っていた「シール型ロープ」を「シール型異形線ロープ」に交換したことで、ロープ自身の自由度がなくなりねじりの蓄積がすすんだ可能性が最も高いことが関係者の共通認識となった。

4. 新しいワイヤーロープの選定

これまでの検討結果を踏まえ、最初は元の「シール型ロープ」へ戻すことを考えた。それは施設管理者として、一般のお客様が利用されるので、安全に安全を期する気持ちが強く波風の立たない元の仕様に戻すことが最も選択しやすいからである。

しかし、今回の調査考察により問題は素線破断と断面形状によるねじれの蓄積にあることが分かったので、それらに対応することで、ワイヤーロープの長寿命化が図れることが予測できた。

そこでさらに、次の2つの条件を満たすワイヤーロープについて検討を進めた。

- ① ストランド間及び素線間の摩擦力が低いもの
ストランド間及び素線間の自由度があり、ねじれの蓄積を防ぐことができるもの。

- ② ロープ素線が破断しにくいもの
同じロープ径でも耐疲労性に優れ、柔軟性に富み耐摩耗性に優れた破断しにくいもの。

ワイヤーロープメーカーに条件を満たすワイヤーロープの有無について照会をかけたところ、「ウォーリントンシール形」ワイヤーロープを紹介された。(図4)

- このワイヤーロープの特徴は、
- ・ストランド間同士及び素線同士が線接触しているため、ワイヤーロープ内でストランドと素線が回転し、ねじれの蓄積を防ぐことができる。
 - ・同じロープ径で、「シール型ロープ」に比べ素線の1本1本が細く柔軟性があり、耐疲労性と耐摩耗性に優れている。

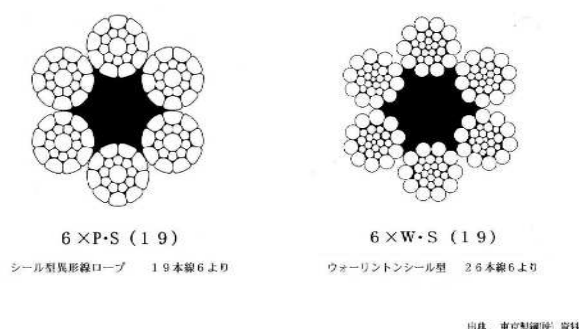


図4 ウォーリントンワイヤーロープ断面図

ウォーリントンワイヤーロープの採用により以下の効果が期待できる。

- ① ランニングコストの低減
ウォーリントンシール型ワイヤーロープはシール型ワイヤーロープに比べ、材料費が3%ほど割高になるが、予想では9年ほど使用できると思われるため、交換工賃(200円/回)も含めウォーリントンシール型ワイヤーロープを使用した方が維持管理費が安くなる。(表1)

表-1 ロープの材料費比較表

ロープ型	材料費(千円)	使用年数(年)
シール型	1,550	6
シール型異形	1,840	5
ウォーリントン	1,600	9(予想)

φ 30×250m

- ② ワイヤーロープ変更にとまなう別の可能性
素線の破断とねじれの問題が解決するならば、次回のワイヤーロープ交換は「ロープの伸びによる断面積の減少」により交換になることが予想される。ウォーリントンシール型ワイヤーロープとシール型ワイヤー

ロープの断面積と破断力は等しいことから、これまでのシール型ワイヤーロープの傾向管理によれば交換基準に達するのは約9年後である。

しかし現場の経験に依れば、同じ断面積と同じ破断力を持つワイヤーロープでもウォーリントンシール型ワイヤーロープはシール型ワイヤーロープに比べ伸びにくい性質を持っていると考えられている。もしこの経験測が正しいなら、ワイヤーロープの寿命がさらに延びることになるだけでなく、シール型異形ワイヤーロープで見られたように、ワイヤーロープの切詰が必要なくなる可能性がある。

したがって、ワイヤーロープの寿命がさらに伸び、切詰費用が低減されるとともに、切詰作業そのものがなくなることにより、作業上の危険やインクラインの運転停止期間がなくなるため、その効果は数値上のコスト縮減幅より大きくなる可能性がある。（表2）

表-2 ワイヤーロープの切詰費用

ロープ型	切詰費(千円)	切詰間隔(年)
シール型	1,000	3
シール型異形	切詰必要なし	
ウォーリントン	切詰必要なし(可能性)	

5. まとめ

今回ワイヤーロープを交換するにあたって、元の「シール型ロープ」に戻すことも1つの選択肢であった。

しかし、設備管理者として現状維持で満足することなく、設備点検者及びメーカーと意思疎通を図りながら現状把握に務めたこと、さらには原因追及と改善を目指した調査検討を進めたことが費用削減と安全性の向上をもたらす可能性をひきだしたと言える。

今後は取り替えたワイヤーロープが、予想どおり経年変化が進み、結果として9年以上使用できることを確認する予定である。

また宮ヶ瀬ダムにおいて、ワイヤーロープを用いたゲート設備等がインクライン以外に8施設ある。これから高齢化社会を迎え、維持管理費の削減及び新技術（新製品を含む）を用いた維持管理の効率化は今取り組まなければならない必要事項である。今回のインクラインでのワイヤーロープの取組を教訓にコスト縮減や維持管理の効率化を目指して、各設備のワイヤーロープの使用方法や設備特性を分析しながら丁寧に検討を進めていきたい。