

雪沢大橋ケーブル破断への対応と今後の維持管理について

秋田県観光文化スポーツ部交通政策課	技師	神田 隆仁
建設部道路課	主査	船木 孝仁
雄勝地域振興局建設部工務課	主幹	高橋 昌平
北秋田地域振興局建設部企画調査課	副主幹	高野 優
萩形ダム管理事務所	主査	越前谷 宏昭

1. はじめに

雪沢大橋は、秋田県北秋田地域振興局管内にある主要地方道大館十和田湖線（通称：樹海ライン）の大館市雪沢地内に位置する、3径間連続エクストラードロードPC箱桁橋（平成13年1月竣工）である。図-1に示すように、支間中央部の主塔を通したケーブル全16本（8本@2面）によって橋桁を支持する構造となっている。

平成23年6月6日にケーブル全16本のうち、長木川上流側の下から5段目のケーブルの破断が確認され、通行車両の安全を確保するため同日全面通行止めとした。写真-1に発見時の状況を示す。その後、ケーブルの破断原因調査、破断していない残りのケーブル（以下、残存ケーブル）の健全性調査、ケーブルの交換を経て、平成24年9月26日に供用を再開している。

本報告は、秋田県が行った雪沢大橋ケーブル破断への対応と今後の維持管理について述べる。

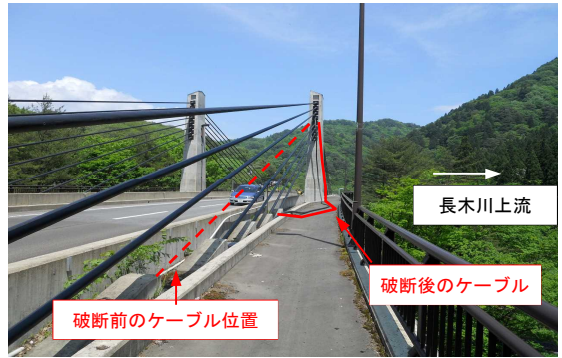


写真-1 ケーブル破断時の状況

2. ケーブルの概要

当ケーブルは工場製作品であり、写真-2に示すように7本より線（素線φ5.1mm）19束のPC鋼より線をポリエチレン被覆材で保護して構成される。ケーブル端部は、図-2に示すように所定範囲のポリエチレン被覆を剥ぎ取ってからのマンションと呼ばれる定着具が取り付けられる。この際、マンションの付け根部に残る裸鋼材の範囲に対して、グリスや防食テープ等により防食加工が施される。

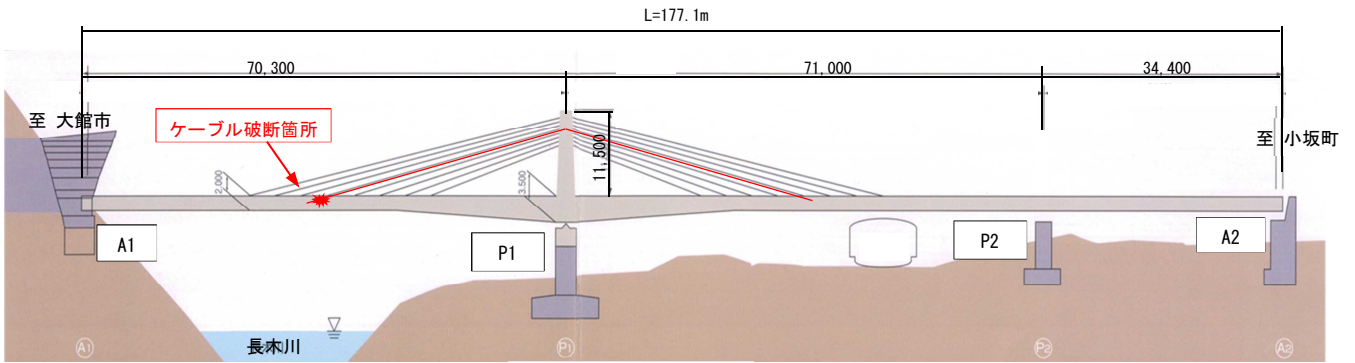


図-1 全体側面図

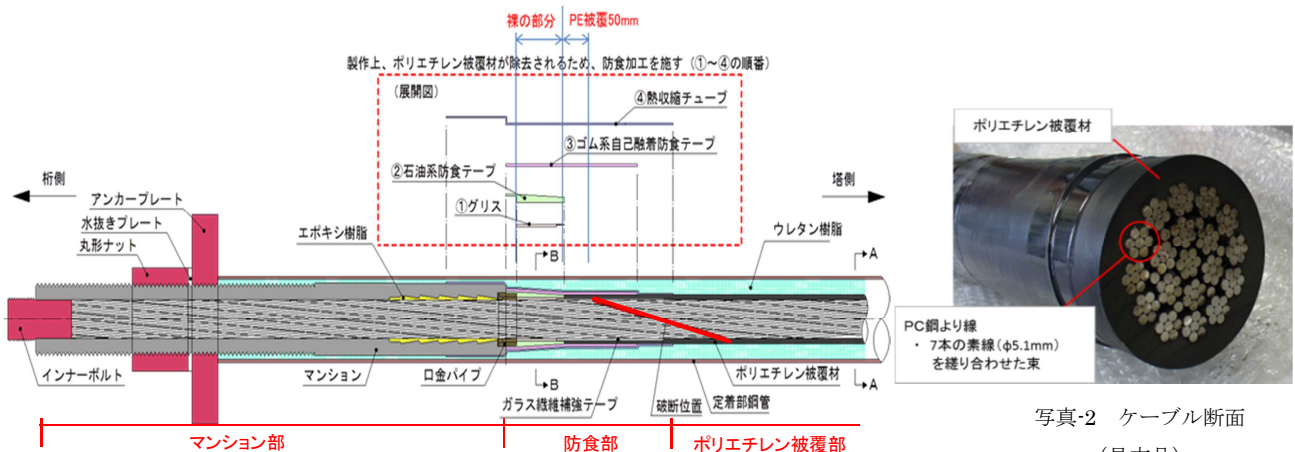


図-2 ケーブル端部詳細図

写真-2 ケーブル断面
（見本品）

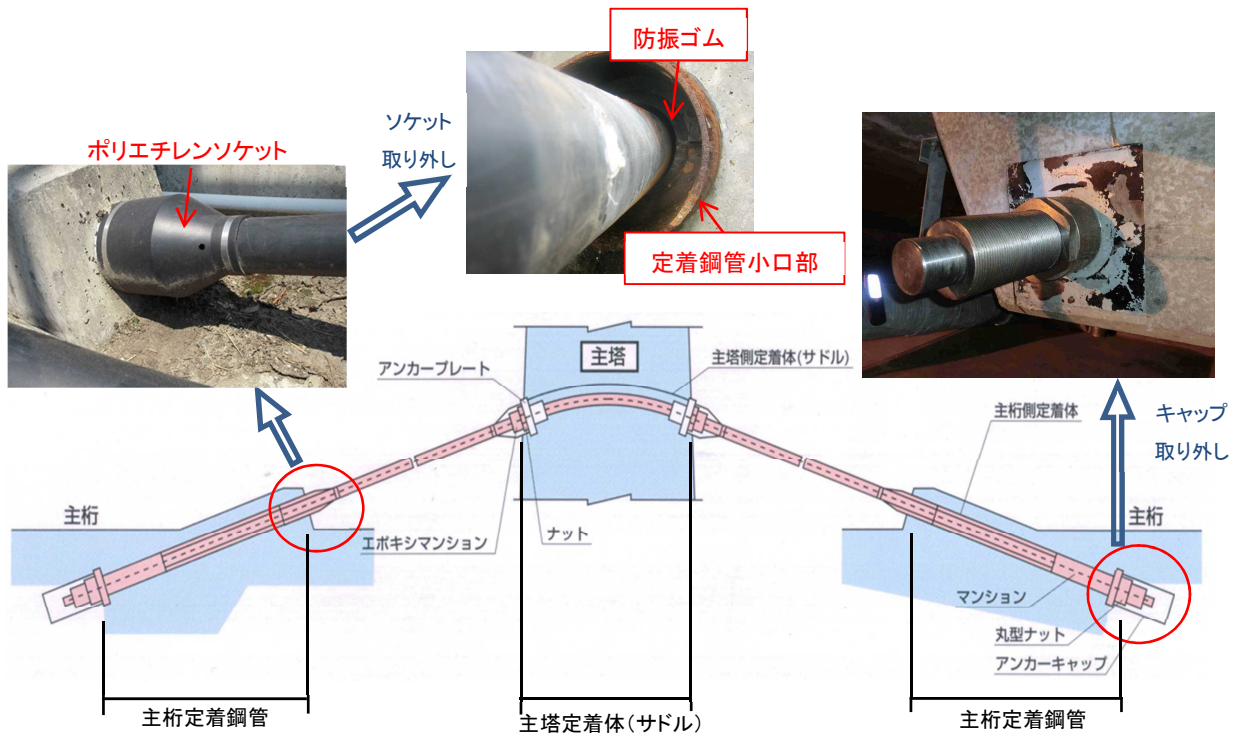


図-3 ケーブル定着側面図

図-3にケーブル定着側面図を示す。ケーブルは主塔サドル内を通し、箱桁の上床版に埋め込んだ定着鋼管内に挿入して所定の張力を導入後、マンションにナットを取り付けて主桁に定着する。ケーブル定着後の定着鋼管内及びマンション先端部に被せたアンカーキャップ内には、マンション防錆のためウレタン樹脂を充填する。定着鋼管の小口部にはケーブルの振動防止ゴム(防振ゴム)を取り付けた後、ポリエチレンソケットで覆う。

3. ケーブルの破断原因調査

破断したケーブルについて現地調査及び解体調査を行った結果、ケーブル破断は、写真-3に示すようにケーブル防食部近傍においてPC鋼より線が著しく腐食したことにより生じたことが分かった。鋼管小口部で滞水が確認されたことや、ケーブル破断箇所のPC鋼より線から塩分が計測されたことから、外部から定着鋼管内に浸入した水の影響を受けたものと考えられる。



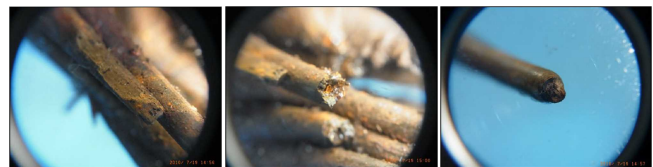
写真-3 破断ケーブル

解体したケーブルは室内に運び込み、破断した材片の確認や電子顕微鏡を用いた破断面の観察(写真-4)などの詳細調査により破断に至るメカニズムの究明にも努めた。防食部材においてケーブル破断以前からあったものと想定される傷を認めたものの、鋼管内に浸入した水が、どのようにしてPC鋼材より線に接触したかは明らかにできなかった。

4. 残存ケーブルの健全性確認

定着鋼管内への水の浸入と管内での滞水は、破断したケーブルのみならず、残存ケーブルにおいても同様に想定された。残存ケーブルが既に腐食していることも否定できなかったため、これらの健全性についても何らかの方法で確認する必要性が生じた。

残存ケーブルの健全性の確認方法として、強制振動法^{※1}による固有周期の測定や、全磁



①応力腐食破断(60本) ②応力腐食破断(68本) ③しぼり破断(5本)

	凡例	形状	調査	抽出
破面の種類	○		60	6
	●		68	6
	△		5	3
合計			133	15

写真-4 電子顕微鏡による破断面調査



写真-5 引き抜き後防食部



写真-6 PC鋼より線表面の点状の錆

束法^{※2}による非破壊での腐食検知を試みたものの、いずれの方法も鋼材の腐食が比較的進行していて、ある程度の断面欠損を生じた状態でなければ感知が難しく、残存ケーブルの健全性の判定に至るものではなかった。

検討の結果、ケーブル抜き取りによりケーブル防食部の部材を剥がしてPC鋼より線表面を直接目視する方法が残った。残存ケーブルを引き抜くためには、定着鋼管内で硬化したウレタン樹脂を予め除去する必要がある。ケーブル本体を傷付けず、ウレタン樹脂のみを除去する方法として、水の影響が懸念されたものの、ウォータージェット工法(以下:WJ工法)が最も効果的であった。

WJ工法によりウレタン樹脂を除去し、引き抜いたケーブルは、防食部が乱れている場合もみられた(写真-5)。引き抜きの際に鋼管内に残ったウレタン樹脂が引っ掛かり、抵抗となって防食部に影響したものと考えられる。防食部材を剥ぎ取って目視したPC鋼より線表面には、点状の錆がみられた(写真-6)。錆は比較的新しい時期に生じたものと判断され、ウレタン除去作業に使用したWJ工法の水の影響も否定できなかった。これらのことから、定着鋼管内に充填するウレタン樹脂はマンション防錆を目的とする一方で、ケーブルの維持管理上は支障をきたす場合があると考えられる。

5. ケーブルの復旧における重点対策

ケーブルの復旧にあたっては、一連の調査検討を踏まえ以下1)~3)のことを重点事項とした。以降、各項目の内容について述べる。

- 1) 雨水、ケーブルの伝い水、融雪水等を鋼管内部に浸入させないための「鋼管小口部の止水対策」
- 2) ウレタン樹脂の充填によらない「マンションの防錆処理」
- 3) 仮に鋼管内に水が浸入した場合の「定着鋼管内の水抜き対策」

1) 鋼管小口部の止水対策

ケーブル定着後、写真-7に示す手順で鋼管小口部の止水対策を行った。まずケーブルと鋼管小口部の隙間に弾性シール材を充填する(手順①, ②)。その後、ケーブルと鋼管をウレタンシートで覆い、その上から防食用ビニルテープを巻いて密閉した(手順③)。最外層のケーブルゴムカバーの設置では、その接触部に両面ブチルテープを巻いて接着固定するようにした(手順④)。

以上のように、鋼管小口部では水の浸入を完全に阻止する目的で、三重防水構造を施している。



写真-7 鋼管小口部の止水対策

また、併せてケーブルの伝い水対策や、均しコンクリートによる鋼管小口近傍の橋面の勾配修正を行った。

2) マンションの防錆処理

ウレタン充填によるマンションの防錆は、ケーブルの維持管理に支障をきたす場合が考えられる。ウレタン充填によらないマンションの防錆が可能となれば、ケーブルの引き抜き調査や老朽化による交換も容易となる。

そこで、ウレタンを充填する本来の目的であるマンションの防錆の代替策として、工場でのケーブル製作段階において「亜鉛アルミニウム擬合金溶射」を実施し防錆処理を行った(写真-8)。

なお、亜鉛溶射によるマンションの防錆は、現在では一般的な仕様となっている。



写真-8 亜鉛溶射したマンション



写真-9 定着鋼管内の水抜き

3) 定着鋼管内の水抜き対策

定着鋼管内に水を滞りさせないことにより、ケーブルと水の接触は避けられる。このため、万が一一定着鋼管内に水が浸入した場合でも、鋼管内から水が抜けるように溝切りワッシャーを使用した水抜き孔を設けることとした。このことはマンション防錆を亜鉛溶射にし、定着鋼管内へのウレタン樹脂の充填を不要としたことで可能となった(写真-9)。

7. 今後の維持管理

雪沢大橋における今後の維持管理については、「秋田県橋梁点検マニュアル(案)(平成17年3月秋田県建設交通部道路課)」に、雪沢大橋特有の構造の点検項目を追加した「雪沢大橋における橋梁点検マニュアル(案)(平成25年3月秋田県北秋田地域振興局建設部)」としてまとめている。

年1回の点検として、鋼管小口部の止水工と箱桁内定着部の水抜き孔について目視確認を行うほか、5年に1度の定期点検では、高所作業車による主塔及び斜材ケーブルの近接目視確認に加えて、強制振動法により計測したケーブルの固有周期と、ケーブル交換完了時におけるケーブル固有周期の初期値を比較することで経年変化を確認する計画としている。

8. まとめ

雪沢大橋は、ケーブル破断に伴う全面通行止めから、約1年4ヶ月の期間を経て供用を再開している。

ケーブルの破断原因であるPC鋼より線の腐食は、鋼管小口部から浸入した水の影響によるものと考えられたことで、同様の設置環境にある残存ケーブルについても健全性を確認する必要性が生じた。これらの調査の実施にあたっては、外から目視できない部位を確認することの議論と手法検討に多くの時間を費やしている。結果として調査で得られた知見を基に、ケーブル復旧時におけるマンションの防錆構造の見直しや、三重防水及び定着鋼管内の水抜き孔といった止水対策工を実施したことのほか、秋田県独自ではあるが、昨今の「予防保全型維持管理」にも対応し得る固有の橋梁点検マニュアルを作成したことに大きな意義があると言える。

【謝辞】雪沢大橋の調査、復旧に係わった関係者の方々に深く感謝申し上げます。

- ※1 ケーブルに振動を与え、加速度計による振動評価から固有周期を求める方法。得られた周波数特性よりケーブル張力を推算することも可能。
- ※2 鋼材に電流を流して磁場を発生させ、その中にある磁束量を計測する方法。健全な鋼材と計測数値を比較することで断面欠損程度を把握することが可能。

※ 参考文献

- 1) 雪沢大橋(仮称)の設計と施工 プレストレストコンクリート vol.42 No.5 2000.9
- 2) 雪沢大橋破断ケーブル調査報告書 秋田県 2011.12
- 3) 雪沢大橋ケーブル健全性調査報告書(案) 秋田県 2012.11