

現場に学ぶメンテナンス No. 27

ニールセンローゼ橋のケーブル素線破断時の対応事例

1. はじめに

ニールセンローゼ橋等のケーブル構造を有する橋において、ケーブル部材は橋の耐荷性能上極めて重要な役割を担っており、ケーブル部材の破断は、橋梁全体の安全性に深刻な影響を与える重大な損傷です。ケーブル本体や定着部の防食機能が劣化すると、ケーブルの腐食が進行し破断に至ることがあります。本稿では、ニールセンローゼ橋のケーブルの素線が腐食により破断し、道路管理者からの技術相談に対して国土技術政策総合研究所及び土木研究所が技術的助言を行った事例を取り上げ、対応の留意点等を紹介しします。

2. 中津川橋の損傷概要

山形県飯豊町に位置する主要地方道米沢飯豊線の中津川橋（写真-1、図-1）は、山形県が管理する1973年建設のニールセンローゼ桁（支間長180.6m）＋単純鋼箱桁（支間長52m）で、ダム建設に伴う付け替え道路として建設された橋の1つです。内陸山間地域に架かる橋で、冬季には、凍結防止剤が散布されています。ケーブルはφ5mmの素線61本又は70本が並行に束ねられてお



写真-1 橋梁全景とたるみが確認されたケーブル

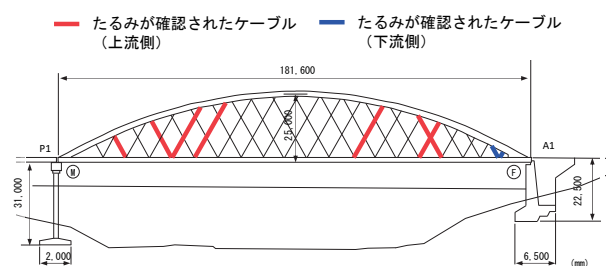


図-1 一般図とたるみが確認されたケーブル箇所

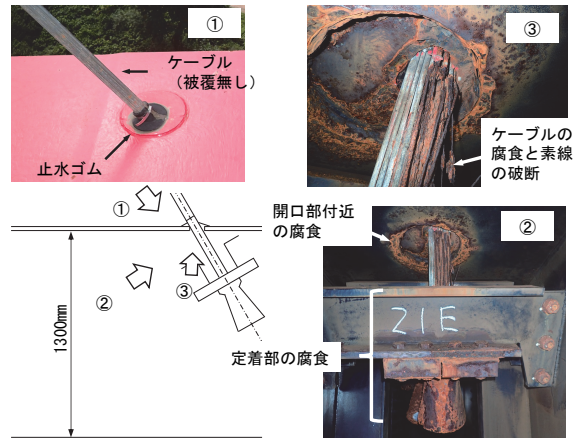


写真-2 ケーブル定着部周辺で確認された素線の破断り、素線表面は溶融亜鉛めっきにより覆われているものの、ケーブル表面にはカバーやポリエチレン被覆などの防食処理が行われていません。

2020年8月に写真-1及び図-1に示すように、ケーブルのたるみが発見され、下弦材内部の調査を行った結果、たるみが確認されたケーブルの全てで腐食による素線の破断が確認されました（写真-2）。腐食は、箱桁上フランジの開口部付近やケーブル及び定着部等で確認されました。また、雨天時には素線内部からの水の析出が確認されました。このため、素線の破断は、水がケーブルと止水ゴム間又は素線内部を伝って下弦材内部に侵入し、腐食が進行して生じたものと推定しました。腐食の進行には、凍結防止剤に含まれる塩分の影響も考えられます。なお、定期点検では近接目視が基本であり、箱断面の内部に入りケーブル定着部も近接して状態を確認することが重要です。

3. 対応の経緯

3.1 緊急措置

いずれのケーブルの腐食環境は同様と考えられ、素線内部からの水の析出が確認されたことを踏まえると、全てのケーブルにおいて内部で腐食が進行している可能性が否定できません。腐食の程度を正確に把握できていないため、いずれのケーブルでも破断する可能性があるとした上で対

処する必要があります。また、ニールセンローゼ橋は内的高次不静定構造であり、建設時に導入されたケーブル軸力の推定は特に困難であり、加えて素線に破断が生じている場合には橋全体の応力状態の推定はさらに困難です。このように安全性の保証ができないことから緊急措置として通行止めを行いました。そして、鋼材は低温環境下では脆性破壊が生じやすくなるため冬季までに対策を終えることが望ましいことを踏まえ、応急措置の検討を優先し、詳細調査は並行して進めました。

3.2 詳細調査

本橋のような吊り構造形式の橋は、ケーブルの破断が生じた場合に、橋全体の形状の変化が現れやすい構造形式です。このため、3Dレーザスキャナを用いた橋全体の形状計測と、トータルステーション（以下「TS」という。）を用いた弦材の高さ計測を行い、素線破断前の橋の形状データはないものの、素線が破断したことでねじれ等が生じていないことを確認しました。また、取得したデータは、後述する応急措置の実施後の比較や、監視の際の初期値としても活用しました。

3.3 応急措置

地震の影響や活荷重の影響によるケーブルの破断は突発的に生じ、破断が生じた場合には、橋全体の応力状態が変化し、ケーブルやその他部材の破壊が連鎖的に生じ、落橋に至る可能性があります。一方、前述のように橋の応力状態の推定は困難であり、応力状態を推定して補強する措置方針では客観的な説明が難しいと考えられます。また、突発的なケーブルの破断の予兆を常時モニタリングでとらえることにも限界があります。そこで、仮に突発的にケーブルが破断したとしても、極力応力状態を変化させず、橋の形状を保つような措置方針を検討しました。具体的には既設のケーブルとは別途のバックアップ材を設置することとしました。

現在は、コンピュータや構造解析ソフトの能力が発達し、詳細にモデル化して解析することが可能になっています。しかし、モデル化には限界があることなども考えて、説明性と即応性の高い対応方針も比較検討することが重要です。

ケーブルでバックアップすると剛性が小さいた

め、荷重が盛り替わった際に伸びてしまい、その結果、橋全体の応力状態が変わる可能性があります。このため、相対的に剛性の高いPC鋼棒を採用しました。設置方法は様々考えられるものの確実に効果を発揮するように、既設ケーブルの定着部の近傍に定着部材をボルトで既設部材と接合し、既設ケーブルと並行にPC鋼棒を配置しました（写真-3）。PC鋼棒に作用する力は、ケーブルの設計張力に不均等係数を考慮した値とし、PC鋼棒単独でも抵抗できるよう諸元を決定しました。また、既設ケーブルの破断時に応力が即座に盛り替わるよう、また、隣接部材の応力状態に影響がでないことへも配慮して、たるみを除去できる程度の若干の張力を導入しました。

バックアップ材の設置後、想定通りに機能していることを確認するために、荷重車載荷試験を行い、既設部材とバックアップ材の張力の変化を計測しました（写真-4）。計測した結果、バックアップ材の負担割合は5～6割となっており荷重が分担できていることを確認しました。また、3DスキャナとTSの計測結果の応急措置前後の比較を行い、大きな差異がないことを確認しました。

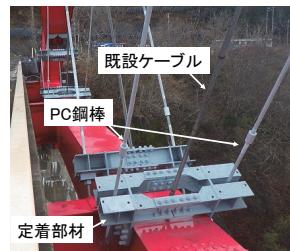


写真-3 バックアップ材(PC鋼棒)設置状況



写真-4 荷重車による載荷試験の状況

4. おわりに

本橋は、2020年8月28日の全面通行止め後、詳細調査と応急措置を行い、約3か月後の12月7日に通行止めを解除し、定点カメラからの常時監視とTSによる変位のモニタリングを行いながら供用しています。本復旧では、防食方法の改善も含めケーブル更新を行う予定です。本事例が他の道路橋の維持管理の参考になれば幸いです。