

現場に学ぶメンテナンス

吊橋の主ケーブル一部破断時の対応事例

1. はじめに

吊橋の主ケーブルの破断は、橋梁全体の安全性に深刻な影響を与えうる重大な損傷です。一方で、長期間にわたり供用されるなかで、主ケーブル本体や定着部の防食機能が劣化すると、主ケーブルの深刻な腐食から破断に至ることもあります。

本稿では、吊橋の主ケーブルの一部が破断した事例を取り上げ、その経緯と対応における留意点について紹介します。

2. 原田橋の損傷概要

国道473号の原田橋（図-1）は、浜松市が管理する1956年建設の吊橋（鋼単径間補剛吊橋、橋長138.8m、幅員5.5m）で、1939年（昭和14年）の基準（設計活荷重T-9）で設計され、地域の生活道路や観光資源として活用されてきました。

主ケーブルはφ65mmのワイヤーロープで、計6本あります。1本の主ケーブルは、素線37本をより合わせたストランド7本で構成されています。なお、心材には強度を期待していません（図-2）。

2012年4月、主ケーブルのロープの1本で、6本のストランドのうち1本が定着部付近で破断しているのが確認されました（図-1、写真-1）。

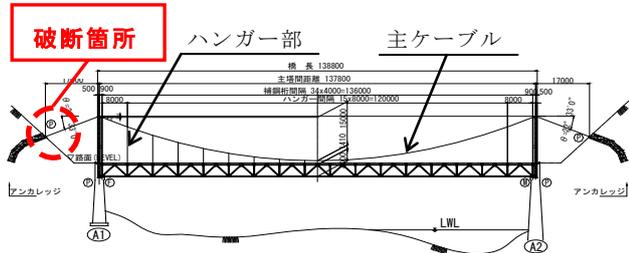


図-1 原田橋一般図と主ケーブル破断箇所

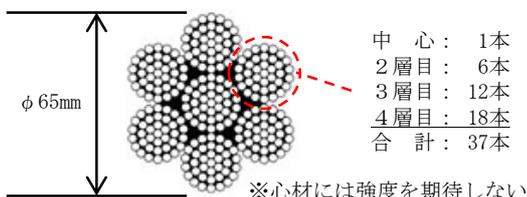


図-2 主ケーブル断面構成

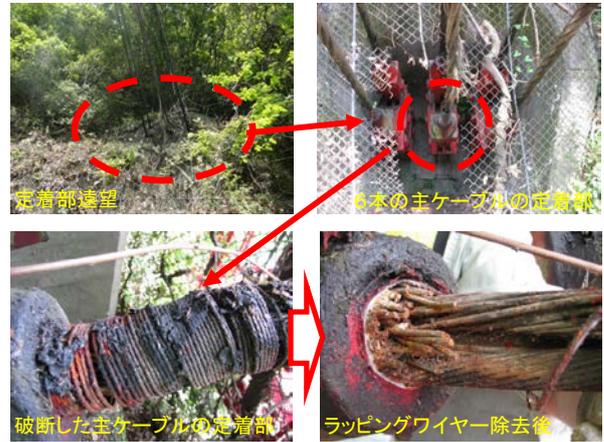


写真-1 主ケーブル破断状況

破断箇所は定着ソケットの直近で、防錆材やラッピングワイヤーで覆われており、ロープ表面を直接見ることが難しい箇所でした。また、定着部背面のアンカーは斜面の岩盤に埋め込まれ、破断箇所を覆うように落石防護網が施工されており、そのままでは近接目視で見える範囲にやや制約があった可能性があります。

橋の構造や防食仕様によっては、このように外観目視できても、腐食が疑われる内部までは視認できない場合や、橋の建設後に設置された構造物によって点検に制約が生じている場合があります。必要な点検ができたかどうかを判断し、必要に応じて追加調査を行うことも検討することが重要です。また、周囲の状況などから腐食の局所的な進行も疑って評価することが重要です。

3. 対応の経緯

3.1 緊急措置

破断したロープ以外も防食仕様や定着部の環境条件に大きな違いはないと考えられ、同様の腐食が進行している可能性も否定できず、また破断したロープの影響の橋全体の耐荷力への評価も困難であったことから、全面通行止めが行われました。

吊り構造形式の橋では、吊材が破断すると、その影響が橋全体に及びます。現象が複雑なため、

結果的に残った部材がどのような応力状態となり、どの程度安全余裕があるのかは、詳細調査や検証を行うことなく判断することは極めて困難です。また、古い年代の鋼材は、現在の鋼材と品質が異なり腐食によって脆性的に破断することもあるため、それを予測することも困難です。

部材の破断など耐荷力に影響のある損傷が生じた場合は、対策までの間は少なくとも損傷発見時よりも応力が緩和される状態に移行させることが安全確保上重要です。本橋の場合は、通行止めにより自動車荷重分の応力低減措置を行った上で、詳細調査と応急措置の検討が進められました。

3.2 詳細調査

耐荷力に関わる深刻な損傷が生じた場合、橋の状態を把握する上で、橋全体の正確な形状を把握することが有効な場合があります。特に、本橋のような吊り構造形式の橋や大規模な橋では、重要な部材の破断は変位に現れやすく、本来の形状に対してどのように形状や位置が狂っているのかを把握することで解析的に橋全体の応力状態を比較的精度良く推定することができます。

本橋では、正確かつ簡便に位置が把握できる3Dレーザースキャナ測量（撮影した範囲のすべての座標値を設定することが可能）による測定を行いました（写真-2）。その結果、立体フレーム解析によって、建設当時及び過去の補修補強工事の記録からの事故前の状態の再現を通じて、現況の耐荷力の推定を短時間で行うことができました。本橋のように建設後に補修補強が行われていると、建設当時の記録が残されていても補修補強の記録が残されていないと現況の正確な推定は不可能です。このように、供用期間中の様々な記録が建設当時の記録と共に確実に保存されていることは、適切な維持管理をするために極めて重要です。

また、全主ケーブル定着部のラッピングワイヤーを除去し、防錆材の劣化状況やロープの腐食状況を確認しました。一方、ロープは多数の素線からなるため、内部の腐食状況を外観から把握することはできません。そのため、全磁束法（鋼材中を通る磁束を測定し、磁束と断面積の比例性より磁性体部（非腐食部）の断面積を評価する方法）による腐食の推定も行いました（写真-3）。



写真-2 3Dレーザースキャナによる測量結果



写真-3 全磁束法による腐食状況調査

これらの調査の結果、破断したロープ以外では破断の危険性がある程の深刻な腐食の可能性は小さいと評価されました。

3.3 応急措置

詳細調査と並行して、供用再開に向けた対策の検討が進められました。安全性の確保のためには、深刻である可能性は小さいものの一定の腐食があることに加え、非破壊検査の限界や材料の信頼性も考慮する必要があります。これらを考慮した結果、元の主ケーブルとは別系統のセーフティケーブルを設置することとなりました（写真-4）。信頼性を保証できる対策を行う上では、このように既存部材に頼らない別途の対策を、信頼性の保証された新しい材料や構造のみで行うことが有効かつ合理的な方法となる場合があります。



写真-4 セーフティケーブル設置状況



写真-5 通行止め解除

4. おわりに

詳細調査と応急措置の後、本橋は2012年4月24日～6月25日の約2ヶ月間の通行止めを解除し、車両重量、走行位置の制限とモニタリングを行うという条件付きながらも供用を再開できました（写真-5）。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。

国土交通省国土技術政策総合研究所
道路研究部道路構造物管理研究室長 玉越隆史
(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター
橋梁構造物研究グループ 上席研究員 村越 潤
国土交通省中部地方整備局道路部
道路保全企画チーム 道路構造保全官 高橋 仁
浜松市土木部道路課