

吊り橋の健全性診断の事例

1. はじめに

高知県北西部の大渡ダム大橋（写真-1，図-1）は、仁淀川町管理の中央径間240mの補剛トラス吊り橋（橋長444m）です。架設後31年が経過し、鋼部材は広く塗膜が劣化し、コンクリートにもひびわれや石灰分の析出が確認されるなど、劣化の進行が疑われる状況でした（写真-2）。

本稿では、国が自治体を支援して技術的助言を行う直轄診断が行われた本橋を例に、古い特殊橋の健全性診断における留意点の一部を紹介します。



写真-1 全景

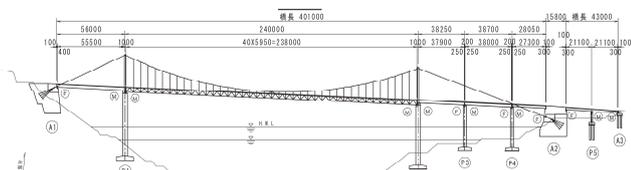


図-1 大渡ダム大橋

2. 診断

2.1 既存資料の分析と反映

道路橋は、同構造形式でも橋毎に特性は異なります。特に吊り橋のような特殊形式では架設や設計の方法、建設年代、架橋条件等にも構造特性は大きく左右されます。そのため健全性を正しく診断する上で関連情報をどれだけ多く参照して反映させられるのかが大きな鍵となります。本橋でも、診断にあたって調査計画段階を含む関連情報を可能な限り広く収集して診断の参考としました。

例えば、本橋周辺には広く地すべり地形が存在し、ダム関連での着眼も含めて詳細な調査と対策が行われており、このような条件の下で本橋の下部工は直接基礎で施工された後に湛水されていました（写真-3）。吊り橋では橋台の安定が将来にわ

たり健全性の生命線であり、現地調査とこれらの資料の分析を踏まえた結果、地すべり対策工の現況精査と橋台位置の正確な測量等による地盤の異常や不安定要素のないことの確認が橋本体の健全性評価に不可欠であると判断されました。



写真-2 防食工の劣化状況



写真-3 周囲の地すべり対策

中央径間の桁は、当時長大橋への応用を念頭に逐次剛結送り出し工法という特殊な方法で架設されていました。その結果、架設時の桁連結にヒンジ結合も用いる一般的な方法による場合に比べて、桁や吊材で架設時と完成時の応力差が大きく、特にハンガーロープは完成系で大きな安全余裕のあること、余裕量は部材毎に差が大きいこともわかりました。これは、詳細調査や補修補強の際の仮設計画、補強等の際に留意すべき不測の部材破壊などに対する安全対策の内容を左右する極めて重要な情報です。一般橋にも共通しますが、特に特殊橋や大規模橋の診断では可能な限り広範に情報を収集分析して反映することが重要といえます。

2.2 特殊性の見極めと専門性の確保

特殊形式の橋では、設計や架設手法、設計原理などが一般的な橋と大きく異なることがあります。吊り橋である本橋も、例えば一般的な橋の点検要領にない部材や部位も多くあり、診断の際にはこれらの役割や特徴の正確な把握が不可欠です。

吊り橋の桁は主ケーブルに固定されたケーブルバンド（以下「バンド」という。）から懸垂されたハンガーで支持されています（写真-4）。バンドは主ケーブルとの摩擦力で固定されていますが、多数の素線を束ねた主ケーブルを締め付けたバンドのボルト軸力は経年とともに徐々に低下します。そのため通常は供用後にボルトの再締め付けが必要となりますが、軸力低下の速度や程度、それが安全率低下に及ぼす影響は橋毎に異なり、再締め付け

現場に学ぶメンテナンス

の必要性の判断にはボルト軸力の計測や抜け量の予測など、高度な専門技術が不可欠です。因みに通常の点検要領にはこのような特殊な事項は記載がなく、定期点検に際しても専門家の介入は不可欠です。なお本橋は、資料の分析から再締付けが必要な状態である可能性があるかと判断されました。



写真-4 ケーブルバンドとボルト 写真-5 鋼棒やピンの例

本橋ではケーブルや鋼棒やピン、防食防水工などに実績も少なく現在は使われない特殊な材料も使われています(写真-5)。例えば重要な構造部材である鋼棒も製造方法によって特性は違い、応力履歴の推定や亀裂の有無、腐食形態などをその特性に照らして慎重に評価する必要があります。

特に、ピン端部やロッドのねじ部などは応力集中しやすい構造を採用している点を踏まえ、診断では亀裂に着目した評価が行われました。

このように古い橋の診断では、様々な切り口で特殊性に着目した検討を行い、早い段階で安全で合理的な点検や調査のための計画立案や的確な診断に必要な専門性を見極めを行い、専門的知見や技術が投入されるようにすることも重要です。

2.3 プロセス全体を俯瞰した合理的な対応

現在とは材料も構造も異なる古い橋の診断には目視や一般的な非破壊検査では得られない情報が求められることもあります。ただし破壊検査や載荷試験、一部部材の応力解放などの調査を行うには、大規模な足場や部材補強が必要となるなどの制約もあります。本橋でも、ケーブルシステムの健全性把握は特に重要ですが、多数の素線できたハンガーや主ケーブル内部の外観からの推定には限界がある一方で、高度な非破壊検査や防食工の撤去には大がかりな足場も必要であり直ぐには実施できない状況でした(写真-6)。

このような場合でも、損傷部位の分布や構造の特徴から腐食や疲労などの着目する損傷発生メカニズムや進展シナリオを絞り込んで状態推定の信頼性を向上させることは可能です。本橋ではバ



写真-6 主ケーブルとハンガーロープの腐食部の外観
 シンドとの境界付近の被覆劣化部で一部露出させた主ケーブルの状態から主ケーブルに腐食のあることが確認されましたが、バンド部の防食工の劣化状態や損傷箇所の分布とケーブル角度との関係、ケーブル一般部の塗装劣化の傾向などから主ケーブル内部で構造安全性に深刻な悪影響を及ぼすまでの腐食が生じている可能性は低いと判断されました(写真-7)。またケーブルシステム全体で早期の防食機能の回復が必要な状態であることに加えて、バンドのボルト軸力の確認も必要であり、いずれ相当規模の作業足場の確保が不可避であることなど、今後想定される調査や補修補強工事などの一連の対処工程を検討した結果、診断時点で主ケーブル内部の詳細調査を先行実施することは必要性も高くなく経済性の観点からも合理的でないと考えられました。



写真-7 主ケーブル防食工の劣化の例

このように既設橋の診断では、入手できている最新情報を元に調査から補修補強に至るプロセス全体を俯瞰した検討とその見直しを常に行うことが、リスク低減と経済性をより高いレベルで両立させるためには重要となります。

4. おわりに

大渡ダム大橋は、現在対策工事が進められていますが、本例が今後の道路橋の維持管理の参考になれば幸いです。

研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部
 橋梁研究室長、現 土木研究所構造物メンテナンス研究センター
 上席研究員 玉越隆史
 研究当時 土木研究所構造物メンテナンス研究センター
 現 首都大学東京 都市環境学部 教授 村越 潤
 国土交通省四国地方整備局 道路部道路構造保全官 樹田雄樹