

Keywords | 維持管理, 損傷調査, 補修対策, 吊ケーブル

鋼単弦ローゼ桁橋のケーブル損傷調査、補修対策について



宮坂 匠
設計計画本部 社会基盤部 保全技術・構造系グループ 課長代理
(RCCM—鋼構造及びコンクリート)
t.miyasaka@shinnihon-cst.co.jp



古野 昌吾
設計計画本部 社会基盤部 保全技術・構造系グループ 課長
(技術士 建設部門—道路/RCCM—鋼構造及びコンクリート)
furuno@shinnihon-cst.co.jp

1 はじめに

(1) 江戸川区における橋梁施設の取り組み

我が国の橋梁施設は、高度経済成長期に多く建設されており、全国の橋梁数(2m以上)は約70万橋とされている。また、今後建設から50年を超える橋梁数は急激に増加することになり、その割合は平成25年4月時点では全体の18%であるが、平成35年には43%、平成45年には67%にも及ぶと言われている。図-1に我が国の50年経過施設の割合を示す。

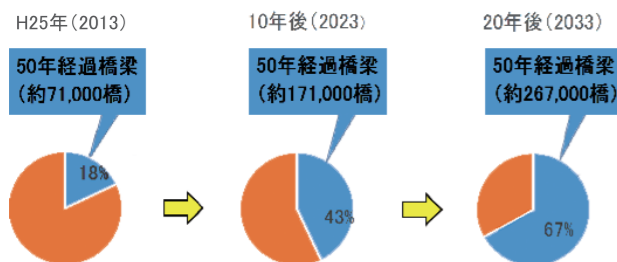


図-1 建設後50年以上経過する橋梁の割合
(出典:国土交通白書 平成26年度)

江戸川区では、57の橋梁(道路橋、歩道橋、溝橋)及び2箇所の大型カルバートを管理しており、そのうち、建設後50年以上を経過した老朽化橋梁の割合は26%(15橋)であり、20年後には40%(23橋)に増加する。このように今後急速に老朽化が進む管理橋梁等に対して、従来の事後保全型の維持管理を継続した場合、維持管理コストが膨大となり、適切な維持管理を続けることが困難となる。

これに対応するため、平成23年5月に「江戸川区橋梁長寿命化修繕計画」を策定し、従来の事後保全型の修繕及び架替えから、予防保全型の修繕及び架替えへと円滑な政策転換を図っており、今後も橋梁等の長寿命化並びに修繕・架替えに関わる費用の縮減を図りつつ、地域の道路網の安全性・信頼性を確保している。

(2) 対象橋梁の概要

対象橋梁である葛西駅広場連絡橋は、東京メトロ東西線葛西駅の南側に、東西の駅出入口を連絡するために架橋され、橋梁下は環状7号線が通過している。橋梁は竣工後32年が経過しており、橋梁下を通過する環状7号線は、日中の交通量が非常に多く、重要幹線道路を跨ぐ当該橋梁の損傷が与える影響は甚大である。写真-1に橋梁概況を示す。



橋長	L=50.0m
幅員	W=5.0m
竣工年度	1984年
上部構造形式	鋼単弦ローゼ桁橋
下部構造形式	張出式橋脚
基礎形式	P C 杭

写真-1 橋梁概況

(3) 対象橋梁の損傷および対応

過年度の点検結果では、箱桁内部に著しい漏水・滞水が見られた。また、ケーブル表面に腐食及び、錆汁を伴う遊離石灰が見られ、その規模は大きく「橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修を行う必要がある損傷」と判定されていた。

これを踏まえ、本業務の詳細調査を行なう前に、発注者側で箱桁内部のケーブル(全9本)の損傷状況の事前調査を行った結果を表-1、写真-2に示す。

表-1 ケーブルの損傷状況

番号	径	損傷状況	対応
1	38.9mm	腐食、素地露出	詳細調査
2	37.7mm	腐食、素地露出	詳細調査
3	38.4mm	腐食一大	取替え
4	37.7mm	腐食一大	取替え
5	37.5mm	良好	—
6	37.6mm	腐食	詳細調査
7	37.7mm	良好	—
8	36.4mm	腐食一大	取替え
9	37.7mm	腐食	詳細調査

初期径: φ38mm



写真-2 ケーブルの腐食状況

事前調査の結果、取替えを要する損傷が見られたため、本業務でケーブルの詳細調査(外観目視、レプリカ試験、錆の成分分析)を行い、損傷程度、損傷原因を把握し、補修対策を実施した。また、施工計画として橋梁下の環状7号線の交通に影響のないケーブル交換工法の提案を行った。

本稿では点検業務で発見した損傷への対応として、ケーブルの損傷調査、補修対策、取替え方法について報告するものである。

2 ケーブルの損傷調査

(1) ケーブルの損傷評価方法および課題

ケーブルの腐食は、橋面との接続部にあるシール材の劣化により、ケーブルを伝って箱桁内に漏水したことが原因であることから、腐食の評価箇所を箱桁内と橋面部に区分し、評価することとした。

ケーブルの腐食レベルを評価するにあたり、外観目視による評価方法に加え、レプリカ法(鋼材の腐食等により断面欠損した欠損量を、型取りした印象材から測定する方法)による断面欠損率の測定を行った。これにより、健全部との比較を行なうことで腐食レベルについて定量的な評価を行なうことが可能となる。また、この断面欠損率を算出することで、ケーブル交換の照査において

現況をモデル化する際に、ケーブルの断面定数に断面欠損率を反映させ、橋梁の現在の状況を忠実に再現することが出来た。図-2に本件で設定した断面欠損率と腐食レベルの関係を示す。

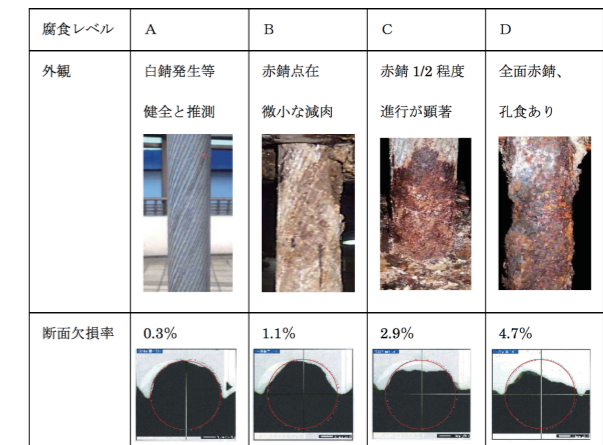
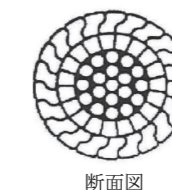


図-2 断面欠損率と腐食レベルの関係

しかしながら、本橋梁で使用のケーブルはロックドコイルロープを使用しており、内部鋼線の腐食状況は外観目視やレプリカ法のみでは確認できない状況であったため、内部鋼線の損傷状況の把握が課題であった。図-3に既設ケーブルの概要を示す。



断面図

種類	ロックドコイルロープ
引張強度	σu=1570N/mm ²
弾性係数	E=157kN/mm ²
引張荷重	C型φ38:1270kN

図-3 既設ケーブルの概要

(2) 渦流探傷試験による課題への対応

コイル内に電圧を流すことで磁場を発生させ、損傷のある鋼材に接近させると、磁場の乱れから電圧値に変化が生じる。渦流探傷試験はこの現象を利用して、鋼材に損傷がある場合にその損傷程度を判定することが可能である。図-4に渦流探傷試験の概要、図-5に渦流探傷試験結果の一例を示す。

これにより、外観目視やレプリカ試験結果では損傷が見られない状況でも、測定値に変化が見られたことから、ケーブル内部の損傷に対しても定量的に評価することが出来た。

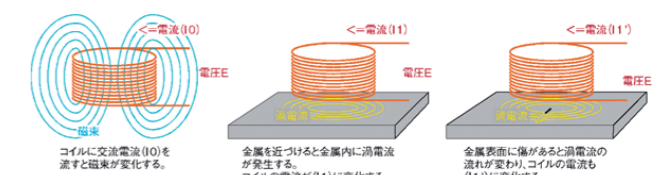


図-4 渦流探傷試験の概要

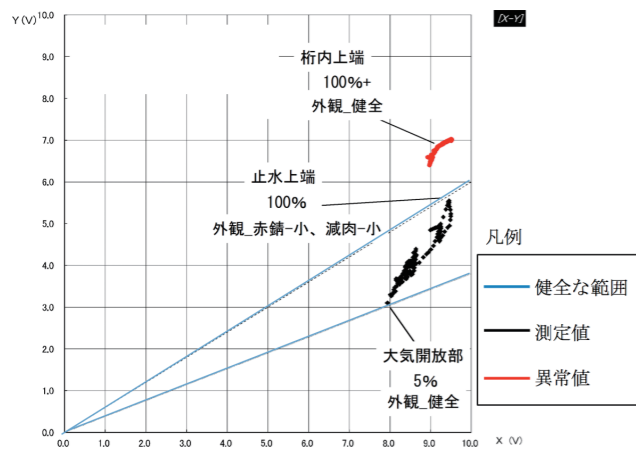


図-5 渦流探傷試験結果

(3) 損傷原因の究明

損傷の原因究明を目的に、ケーブル表面に付着している錆を採取し、電子線の照射による元素の割合分析(EDX分析)、X線の照射による錆の種類の特異(X線回折)及び顕微鏡による拡大撮影(SEM分析)を行なった。大気環境における腐食促進成分として、CL(塩素)とS(硫黄)が挙げられており、調査の結果、全9本中2本で塩素成分が見られ、そのうち1本では塩化物イオンが存在する環境下で生成されるβ-FeOOHが見られたため、雨水に含まれる塩分により腐食が発生したものと確認できた。図-6にEDX及びSEMによる分析結果を示す。

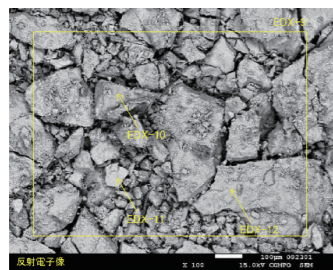
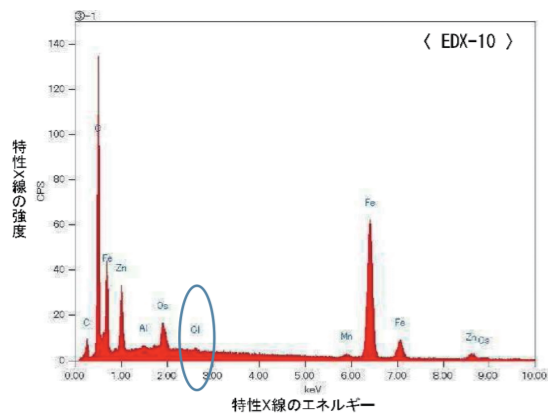


図-6 EDX及びSEMによる分析結果

3 ケーブル交換時の検証

竣工時の計算書を元にモデル化し、ケーブルを1本撤去した状態に作用する、各部材毎の応力を照査する

ことで、ケーブル交換時の安全性を検証した。

ここで前述のレプリカ法によるケーブルの断面欠損率を計算モデルに反映させることで、現状での鋼材腐食を考慮した応力照査を行なった。なお、検討ケースはケーブルを1本ずつ交換することを想定し解析を行った。図-7にモデル図を示す。

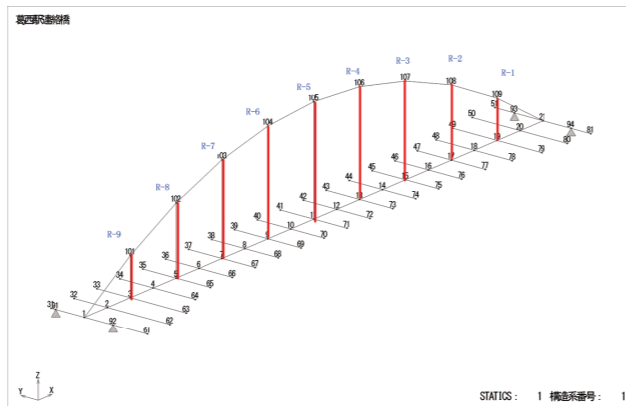


図-7 モデル図

照査する部材は、補剛桁、アーチリブ及びケーブル本体で行なった。

補剛桁の照査では、竣工時のモーメントに対しケーブル⑦の交換時のモーメントが最大となり、竣工時に対する比率は1.3倍に増加した。そこで、竣工時の断面計算を確認したところ、許容値に対する発生断面応力度は45%程度と、鋼材にかなり余裕が見られたため、上記比率を加算しても応力的に問題ないことが確認できた。これは、桁の断面形状が総幅員とのバランス及び、ケーブル定着により桁高が決定している予想されることから、ケーブル撤去時も問題ないものと判断した。

アーチリブの照査では、竣工時に対しケーブルを撤去した状態では、モーメントの比が14.3倍に増加した。また、断面計算を行なった結果、許容値に対し約40%の超過が見られた。鋼材降伏点との比較では許容値が1.7倍となるため問題はないものの、より安全に作業を行なうため、対策を講じる必要性が確認できた。

ケーブル本体では、竣工時で既に許容値の93%程度の軸力が作用していたため、1本減らすことにより他のケーブルにかかる軸力が増加し、検討の結果安全率を満足しない結果となった。

以上の結果から、補剛桁は自立するものの、アーチリブ、ケーブルにも作用力が働いており、ケーブルをはずすと許容値に満たない結果となることが確認できた。そのため、ケーブルの撤去時はあらかじめ補強または仮受けを行なう必要性が確認できた。

4 課題と今後の対応

(1) ケーブル交換時の課題

詳細調査の結果、ケーブル全9本中7本に交換を要する損傷があるため、ケーブルの交換工法を設定する。交換のためには竣工時と同工法である、ベント基礎による仮受け設置が一般的であるが、橋梁下を通過する環状7号線の交通への影響が大きく、採用が困難であった。

また、ケーブル交換後にセンターホールジャッキによる緊張作業を伴うが、桁下のマンホールを外し、ケーブル先端にジャッキを設置する場合は、橋梁下に吊足場を設置する必要がある。しかし大型車両の通行制限が出来ないため、如何に橋梁下への影響の少ない工法でケーブルを交換させるかが課題となった。

(2) 仮受け用ケーブルの課題とその対応

橋梁下の交通に影響なくケーブル交換を行う工法として、交換するケーブルの両端に別途仮受け用ケーブルを設置し、既存ケーブルに架かる反力を仮受けした後、損傷したケーブルを交換する工法を提案した。図-8に仮吊材概要図を示す。

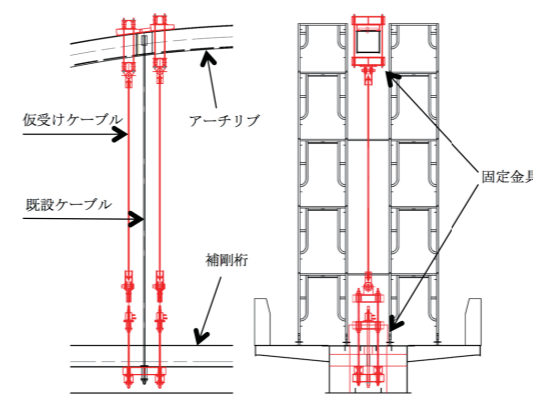


図-8 仮吊材概要図

アーチリブ固定用金具と桁吊用金具を2本のPC鋼棒で固定し、アーチリブ側は上下の固定梁で挟み込み4本のPC鋼棒で固定させた。補剛桁側は床版を貫通させた4本のPC鋼棒にH鋼材を固定し、そのH鋼材を既設橋の横桁に固定させた。また、アーチリブ側は高さ調整用金具を設置することで、リブ本体の傾斜に対応させるとともに、添接版による補強を行なうことで、仮設反力に対応させた。

竣工時の緊張作業は、桁下のマンホールを開放し、センターホールジャッキを直接ケーブルに接続することで緊張作業を行っていたが、現在の交通事情により、別の方法で緊張作業を行なう必要があった。

本件では仮吊材の伸びや鋼材のひずみ等のロスは発生するが、緊張金具一式を床版上に配置することで、桁下の空間制限の問題を解決し、また、箱桁内での緊張作業を伴わない方法を提案した。

ケーブルの緊張管理は、竣工時からの経年による劣化や変形等もあるため、竣工当初のケーブル反力をそのまま使用する事は不可能である。その対処として、荷重による管理に加えて、比高差による高さ管理を併用させることを提案した。現状における主要点の標高をあらかじめ計測し、施工時の管理高に設定した。また、直接ケーブルを緊張していないため、仮吊材の伸び、鋼材のひずみ等の発生を考慮した緊張力を算出し、緊張作業を行なうことを提案した。

5 おわりに

本件と同様に高度経済成長期に架橋された鋼単弦ローゼ桁橋は全国に多く存在し、本件のようにケーブルを伝って箱桁内に漏水を発生させるケースは多いものと想定する。今回は渦流探傷試験を用いることで、ケーブル内部の損傷を把握できたこと並びに、床版上に緊張金具一式を配置することで、桁下の交通への影響の無い交換方法を提案することができたが、より少ないコストで対策を行なうことが可能となれば、より多くの橋梁に対して補修対策を行なうことが可能であるものとする。このため、継続的な点検や、IT技術等の活用による効率的且つ効果的な点検を実施することで、施設機能の継続的な維持改善を図ることが有効であると共、我々建設コンサルタントに与えられた課題と考える。

更には老朽化施設の増大、少子高齢化に伴う熟練技術者の減少、厳しい財政状況等、社会経済情勢の変化を鑑みると今後より一層、点検→補修への効率化を進める必要があると考える。

今後は、多くの課題を抱えながらも維持管理の重要性は更に高まることを踏まえ、点検の効率化によるコスト削減を達成するために日々研鑽し、社会貢献に努める所存である。

謝辞：本業務の遂行にあたり、江戸川土木部保全課のご指導・ご支援を賜り、職員の皆様に、心より感謝申し上げます。