

専用断線ゲージを用いた疲労き裂進展の遠隔監視手法の検討

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○齋藤 豪

(一財) 首都高速道路技術センター 安川 和利

1. はじめに

鋼道路橋は5年に1回の定期点検が義務づけられており、多くの疲労き裂は定期点検で発見されている。発見された疲労き裂は、緊急性や進展性により補修補強の要否が判定され、処置する必要がないと判定されたものは、経過観察として次回点検時まで対策は見送られる。

次回点検時まで疲労き裂の進展状況をモニタリングすることが可能であれば、経過観察と判定した疲労き裂が万一進展しても、それを把握することができるため、経過観察という処置方針に対する安全性が担保される。また、進展性を把握できることから、今後の補修計画に反映することができると考えられる。

疲労き裂の進展を調査する方法としては、直接、人が接近して磁粉探傷試験(MT)を行う方法が一般的であるが、この方法によるモニタリングでは、その都度、点検員がアクセスすることや、高架橋では機械足場の使用や交通規制を伴う場合が多いため、高コストになり高頻度で調査することが難しい。

この他の方法として、K値ゲージを用いた進展予測手法の研究^{1) 2) 3)}も進められているが、システム全体が高価であることやゲージサイズが大きく実橋への適用が難しいなどの課題がある。

筆者ら⁴⁾は、き裂の進展により断線する検知線をき裂先端部に設置し、その情報を現場に設置したモバイル端末(以下、データ伝送装置)により定期的に(例えば一日2回)伝送することで、遠隔でき裂進展を監視する手法の開発を行っている。この方法は伝送する情報が断線の有無というシンプルな情報であることから、データ伝送装置の性能を省電力化、低コストにすることができ、現場での適応性が確認されている。検知線を複数平行に配置した断線ゲージ(以下、き裂進展監視ゲージ)(図-1)の開発により、さらに、き裂の進展速度も調査可能としている。

しかしながら、これまでは通信端末の消費電力量の大きさから1年半程度しかモニタリングできない課題があった。経過観察と判定された疲労き裂を監視対象とする場合を考慮すると、定期点検の間隔5年間はカバーできるものが望ましい。近年、LPWA(Low Power Wide Area)と呼ばれる、消費電力を抑えて遠距離通知を実現する通信方式のサービスが提供されるようになった。き裂遠隔監視システムでは、Sigfoxと呼ばれるLPWAを採用することで、計算上5年以上の期間稼働することが可能になった。

本稿は、専用の断線ゲージを用いたき裂遠隔監視技術について報告するものである。

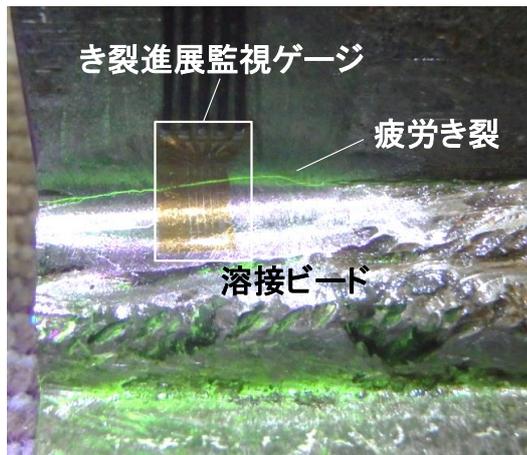


図-1 き裂進展監視ゲージを用いた疲労き裂の進展監視事例(試験体)

2. き裂遠隔監視システムの概要

①き裂進展監視ゲージ

き裂進展監視ゲージの特徴を以下に記載する。また、ゲージの寸法図と写真を図-2に示す。

- ・狙った位置に設置できるように、片側にリード線を配線し、取り回しを容易にしている。
- ・き裂先端に対する向きは、リード線の線のつなぎ方で変えられるため、貼り易い向きで設置できる。
- ・サイズは11 mm×6 mmと小さく、狭隘部への設置が可能である。

キーワード 鋼道路橋, メンテナンス, 疲労き裂, モニタリング

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目10番11号 (一財) 首都高速道路技術センター TEL 03-3578-5765

- ・設置方法はひずみゲージと同様の方法で、設置表面を清掃の上、シアノアクリレート系接着剤を用いて行う。このことから、ひずみゲージ接着経験者であれば容易に設置可能で、特別な技術を要しない。
- ・き裂の進展により、0.5 mm 間隔に配置された線が順に断線し、1.5 mm までの進展を監視可能である。図-2 において①の断線から、②の断線までに要した日数は、き裂が 0.5 mm 進展するのに要した日数であり、定期的に遠隔送信される情報の断線時の日時から、日数を確認できるため、き裂進展速度を算出できる。
- ・き裂の進展により検知線が断線し、精度良く進展情報を取得できることは、コンパクト・テンション試験片を用いた疲労試験により確認している（図-3）。進展を検知したらビーチマークを導入するようにしており、破面のビーチマークと検知線の位置を比較すると高い相関で一致していることが確認できる。誤差は 0.03 mm 程度であり、これは検知線の幅に相当するもので、実用的に問題のない誤差と考えられる。
- ・なお、断線ゲージの特性からモード I の表面のき裂を対象としている。

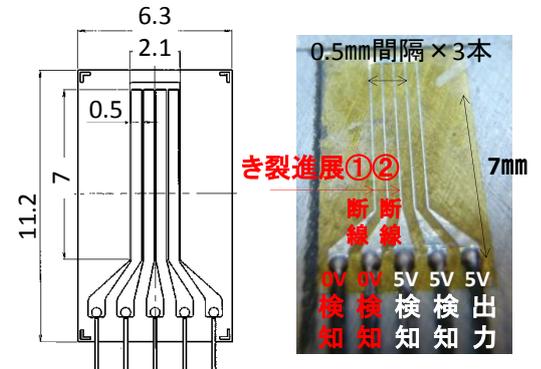


図-2 き裂進展監視ゲージ

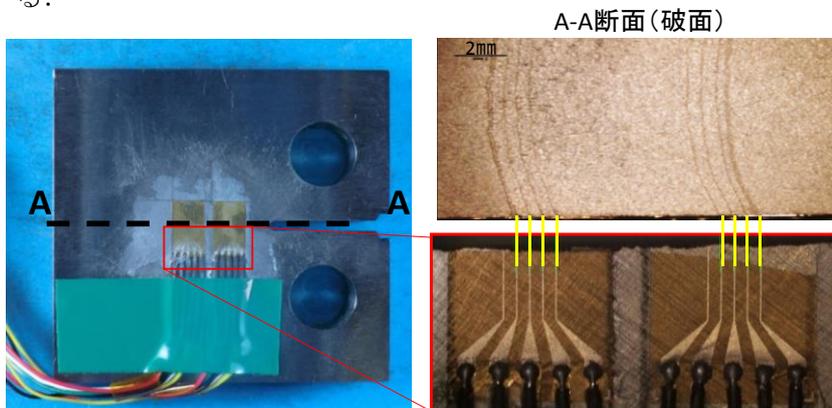
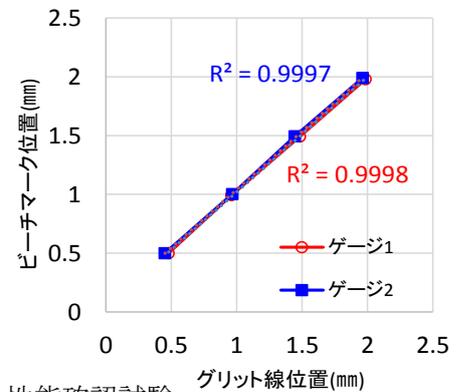


図-3 コンパクト・テンション試験片による性能確認試験



②データ伝送装置

データ伝送装置は電源のないところに設置し、センサからの情報を Sigfox 通信網によりインターネット接続して、情報を伝送する（図-4）。1日に2回データを送信し、内蔵電池により5年間稼働することができる。Sigfoxは都市部を中心に広範囲のエリアをカバーしており、電波状況が悪い箱桁内に設置する場合は、ロッドアンテナを開口部に引き出すことで通信可能である。機器の重さは約250gで、簡易な方法で桁に設置可能である。1台でき裂進展監視ゲージ2枚の情報を送信可能である。装置は傾斜計や距離計などの情報送信も可能であり、また、疲労き裂以外の断線式のセンサ（例えば地震時の桁落下の検知など）を開発することで、様々な用途での活用が考えられる。



図-4 データ伝送装置

3. まとめ

通信方式の省電力化により、これまで不可能であったモニタリング方法の採用が可能になった。現段階で、定期点検間隔5年間のき裂進展の遠隔監視に適用できると考えている。

参考文献

- 1) 山上ら：K値ゲージを用いた疲労亀裂進展予測手法の精度検証，土木学会第67回年次学術講演会，2012
- 2) 塚本ら：点検時に適用可能な疲労き裂進展性診断装置の開発，土木学会第71回年次学術講演会，2016
- 3) 齊藤ら：疲労き裂への応力拡大係数解析ひずみゲージの適用，土木学会第71回年次学術講演会，2016
- 4) 安川ら：遠隔モニタリングシステムを用いた疲労き裂の進展監視手法の検討，土木学会第68回年次学術講演会，2013