

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

首都高速道路(株) 正会員 益子直人 (一財) 首都高速道路技術センター 安川和利
 首都高速道路(株) 正会員 鈴木寛久 (一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○斎藤 豪
 首都高技術(株) 福島貴仁

1. はじめに

近年、高度成長期に大量に建設された社会資本が老齢化の時期を迎え、鋼構造物においては疲労き裂(図-1)の発生が顕在化し問題となっている。疲労き裂は、通常、定期点検により発見され、発見時のき裂長さなど損傷状態に応じて、補修・補強の要否とその緊急性が判別される。定期点検は、都市内の主要幹線道路では5年に一度程度実施されることが一般的であり、処置方針として経過観察と判断された損傷は次回点検時にその進行状況を監視することになる。しかし、疲労き裂の場合は脆性破壊の問題や、ライフサイクルコストの観点から、経過観察されずに早期に処置される場合が多い。仮にき裂の進展性が詳細にわかれば、より適切な時期に、適切な補修が行え、より高度に、より効率的に維持管理が行えると考えられる。

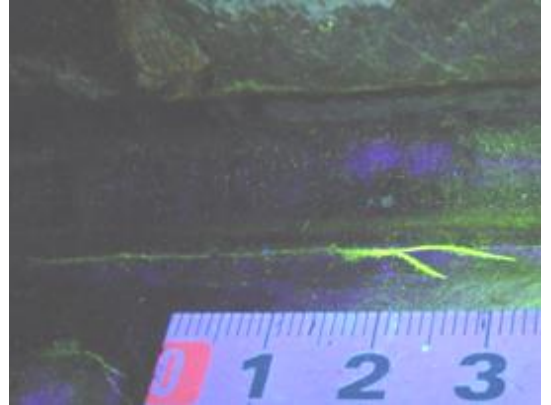


図-1 疲労き裂(例)

疲労き裂の進展状況を監視するには、損傷に接近し磁粉探傷試験(以下、MTという。)により追跡監視を行う方法がある。この場合、検査者が接近して調査する必要がある、コスト面から高頻度に行うことは難しい。当開発グループ¹⁾は、高頻度にき裂の進展を監視する手法として、き裂の遠隔モニタリングシステムの検討を行っている。橋梁を遠隔にモニタリングする手法としては、MEMSなどを活用して加速度を計測するものや、長期的にき裂の発生を監視するシステムなどが各機関で研究されているが、当グループでは1~2年程度の期間において、き裂先端(あるいはルート部)に対するき裂進展監視を遠隔で行い、き裂の進展速度など進展性を調査するシステムの検討を行っている。本稿は、その一例としてスマートフォンのアプリケーションを活用したき裂の遠隔監視システムによるモニタリングについて報告するものである。

2. 調査および開発の目的

疲労き裂の詳細な進展監視により以下が可能となり、疲労損傷の管理の効率化が図れると考える。

①き裂の緊急性の判別

疲労き裂の進展速度を監視することで、応急補修の要否など緊急性の確認を行う。また、き裂の進展速度を調査することで、状態に応じ“経過観察”という判断が可能になり、恒久補修をより計画的に行うことが可能になる。

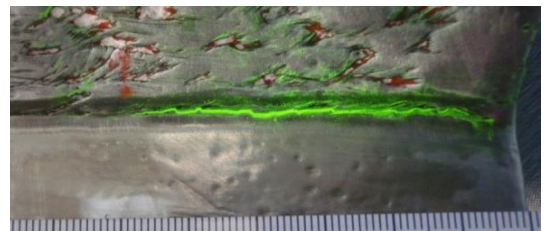


図-2 溶接欠陥(例)

②き裂進展性の判別

き裂損傷として報告されているものの中には、建設時の溶接欠陥(図-2)で当時から現在に至るまでき裂として進展していないものが含まれている。この種のものを判別し補修の要否を判定できる。また、疲労で進展しない表面残存きずが、地震時に進展しないか監視できる。

③補修・補強効果確認、問題の早期フィードバック

応急補修や恒久補修により、き裂の再発が懸念される溶接ルート部の露出や残存き裂がある場合、補修・補強後にき裂の早期再発の有無を調査することで効果が確認できる。早期にき裂が生じる補修・補強方法の場合、その問題を早期に発見し、フィードバックすることが可能になる。

キーワード 疲労き裂, 診断, 遠隔モニタリングシステム, スマートフォン
 連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 一般財団法人首都高速道路技術センター TEL 03-3578-5765

3. システムの構成

き裂遠隔監視技術を可能とするシステム(図-3)は、き裂を検知する①センサ部と、その情報を現場内で伝送する②データ伝送装置、データ伝送装置からの情報を集約し、公衆回線を用いて事務所へ伝送する③モバイル端末により構成される。各部の詳細について述べる。

①センサ部：センサ部はき裂の進展により検知線が破断する断線ゲージを使用している(図-4)。本検討用に専用のゲージを開発し現在性能を確認中である。断線ゲージは、剛性樹脂ベースにフォトエッチング技術により電気抵抗線を検知線としてプリントしたものである。検知線を複数線配置することで進展ごとに断線を検知できるようにしている。各検知線はセパレートし、検知線毎に1チャンネルとしてデータ伝送装置に接続しているため、各検知線の断線情報は、通電「1」、断線「0」の簡易な情報として識別することができる。

②データ伝送装置：データ伝送装置の役割は、一定間隔において、センサ部に通電を行い断線の有無を検知し、その情報を③モバイル端末に集約するものである。市販の製品や、汎用のワンチップマイコンなどを利用している。図-5は、デジタル10chの自社製作のデータ伝送装置で費用は約1万円である。伝送方法は、ZigBeeやBluetoothモジュールにより電送している。

③モバイル端末：コスト面から汎用製品を使用している。初期ではモバイルPCを使用していたが、より省電力なものとして、現在スマートフォンを使用している(図-6)。スマートフォンには開発した専用アプリケーション(NTTソフトウェア(株)製)をインストールし、データ伝送装置より受信した情報(最大7台×10ch)を3G回線によりメール転送している。これにより、事務所での机上監視や、モバイル機器によるユビキタス監視が可能となっている。開発したアプリケーションは、省電力機能があり単体で2週間、自動車などのバッテリーを外部電源として接続した場合は、計算上1年半程度連続稼働が可能である。

このシステムの特徴としては、検知する情報を簡単にすることで測定器としてのデータ伝送装置の機能を簡略化できること、および汎用機器を活用することで低コストにできることである。システムは接近しMTを行うより大幅に低コストであることが要求される。低コスト化が実現されたことで、き裂遠隔監視モニタリングによる疲労き裂の詳細な進展監視が可能となった。

4. まとめ

スマートフォンのアプリケーションと専用の断線ゲージを用いたシステムの開発により、疲労き裂の進展の短期的な遠隔モニタリングが可能になった。

備考：1)なお、本検討グループは、首都高速道路(株)を筆頭にシステムの開発を首都高技術(株)、(一財)首都高速道路技術センターの3者で行っており、ゲージ部の開発については東京測器研究所(株)を含む4者で行っている。

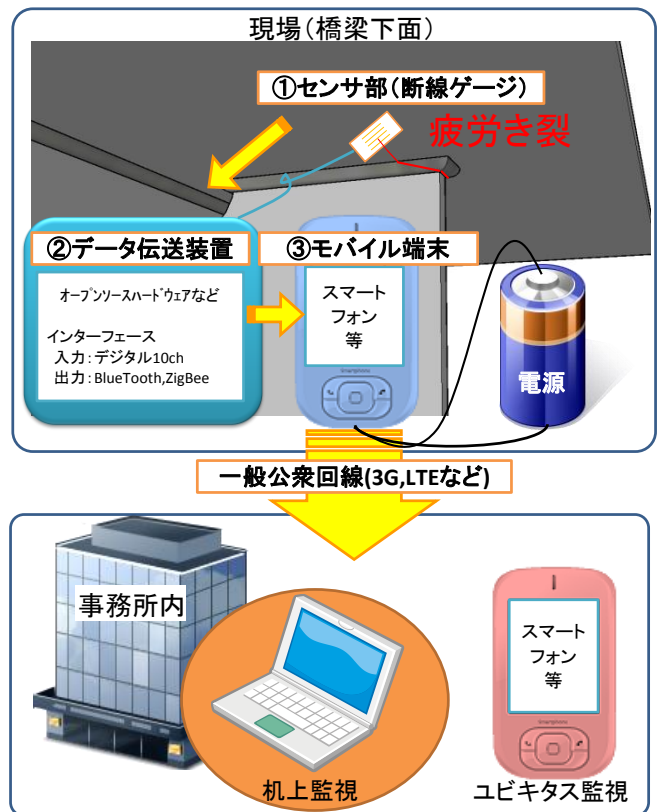


図-3 システム構成

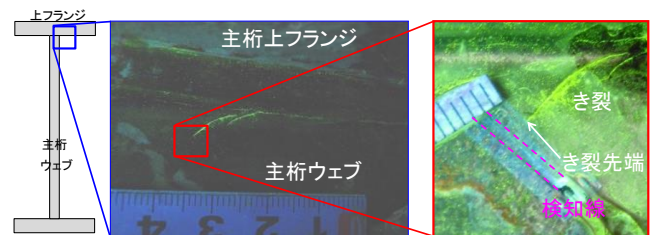


図-4 断線ゲージによるき裂の監視状況

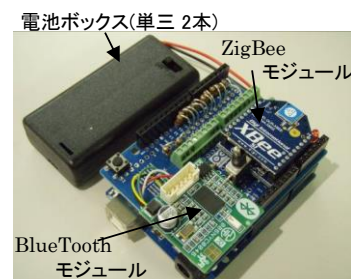


図-5 データ伝送装置
(自社製作)

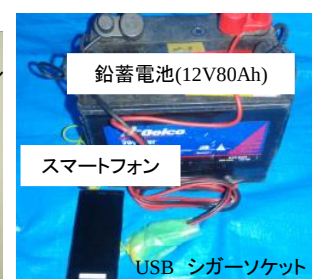


図-6 スマートフォンと
外部接続バッテリー