

破断検知線による鋼構造物疲労損傷モニタリング手法の開発

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○伊藤 裕一
日本車輛製造(株) 松尾 昌武
日本車輛製造(株) 蔣 立志

1. はじめに

鋼構造物には様々な疲労損傷が発生する。疲労損傷に対する維持管理手法は種々あるが、一般的には定期的な目視検査で損傷を発見し補強・補修を行う手法が用いられることが多い。しかし、目視検査には見逃し・手遅れの危険性がつきまとい、これを補完する維持管理手法が望まれる。筆者らは鋼構造物に発生する疲労損傷を目視検査によらず早期かつ安価に発見可能なモニタリング手法を開発したので報告する。

2. 従来の疲労損傷モニタリング手法と課題

図1に従来の疲労損傷モニタリング手法を、疲労損傷を検知するタイミングとセンサー数の観点から整理して示す。この分類によればモニタリング手法は疲労損傷が進展し安全性に影響がでる直前で検知するタイプ（以後、水際検知タイプ）と、疲労損傷発生の前後で検知するタイプ（以後、早期検知タイプ）の2種類に大別される。水際検知タイプはセンサー数が少ないため経済的であるが、検知時にまだ安全性が確保されているかが課題である。

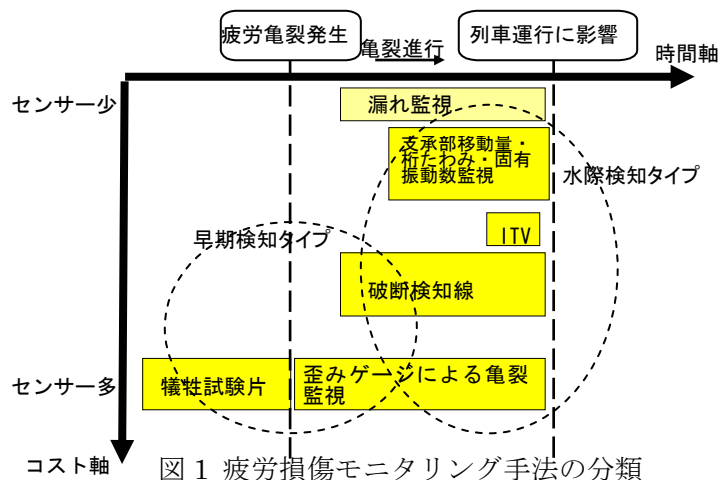


図1 疲労損傷モニタリング手法の分類

早期検知タイプは安全性の確保は容易であるが、一般にセンサーを疲労損傷発生個所に近接して設置する必要があるためセンサー数が多くなりがちで、経済性に課題がある場合が多い。

3. 新たな破断検知型モニタリング手法の提案

筆者らは破断検知線を予め鋼構造物の疲労損傷が想定される個所に亀裂進展方向を跨ぐように接着し、破断検知線の断線により鋼構造物に発生した疲労損傷を検知するモニタリング手法を考案した。破断検知線は2本の導線からなり断線位置はTDR（Time Domain Reflectometer）法で特定する。使用例を図2に示す。本方法は設置が容易な導線式破断検知線の特徴と、OTDRと組み合わせ破断位置特定ができる光ファイバー式破断検知線の特徴を併せ持ち、早期検知タイプでありながら、比較的安価に設置・運用ができることが特徴である。

4. 破断検知線の接着方法

本手法が成立するためには、①十分な亀裂検知性能をもつこと②長期間安定して性能が維持できること③他の維持管理手法に比べ十分コスト競争力を持つこと の3条件をそれぞれ満足する必要がある。これらは、接着剤の選定を含め破断検知線の接着方法に大きく影響を受ける。例えばシアノアクリレート系接着剤で無塗装の金属上に破断検知線を接着すれば良好な亀裂検知性能が得られることが知られており、疲労試験の制御にしばしば用いられるが、同接着剤は耐水性に劣り長期間の屋外使用には適さない。また塗装上に破断検知線を接着して所要の亀裂検知性能が得られればコスト的に有利である。筆者らは最適な接着方法を見出すため、耐候性に優れた様々な接着剤で塗装付を含む小型疲労試験体に破断検知線を接着し、疲労亀裂の進展に伴い検知線が断線した時の検知線位置の亀裂開口幅の差異等から接着方法毎の検知性能を検証した。実験結果の一部を図3に示す。ここで断線時の亀裂開口幅が小さいほど、高い亀裂検出性能を持つことを意味する。試験の結果、

キーワード 鋼構造物, 疲労損傷, モニタリング, 破断検知線, 接着

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山1545番33 東海旅客鉄道(株)技術開発部コンクリートG TEL0568-47-5374

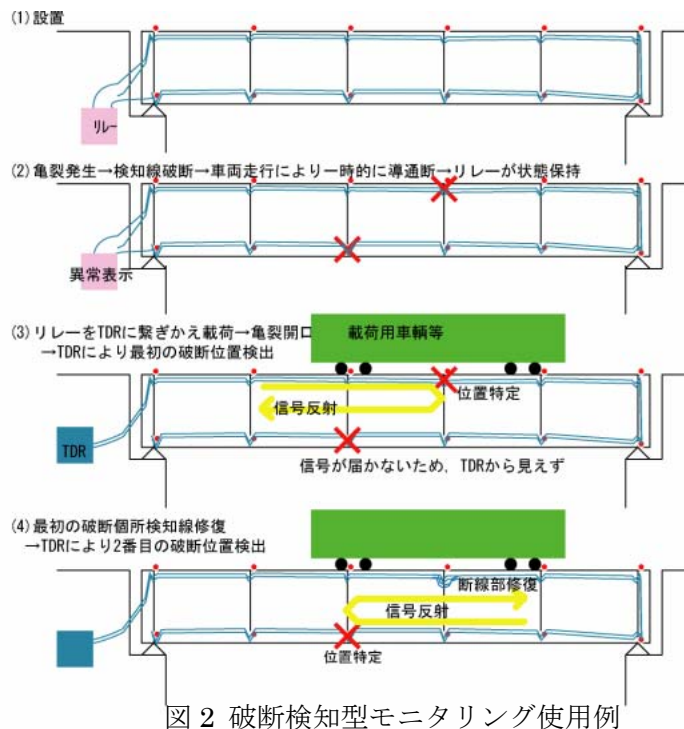


図2 破断検知型モニタリング使用例

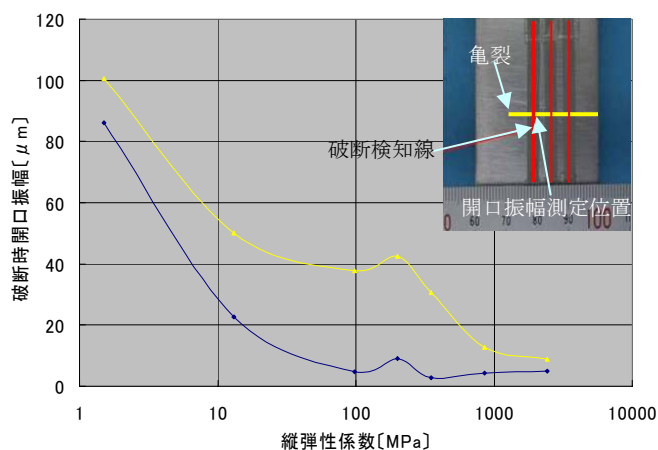


図3 縦弾性係数と破断時亀裂開口振幅の関係



写真1 破断検知線剥離状況（疲労試験時）

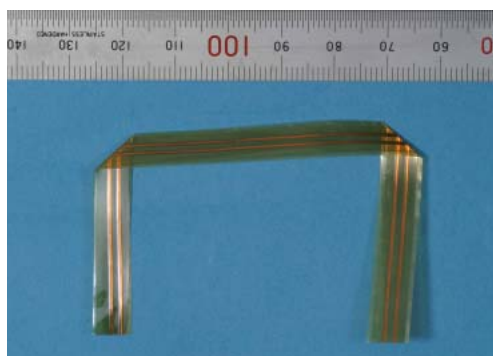


写真2 プレハブ破断検知線

接着剤の鋼材及び導線被覆材からの剥離（写真1）を抑えることが検知性能の向上につながることで、接着剤の種類・接着方法・導線径により亀裂検知性能が大きく異なるが、剥離をしない前提で亀裂検知性能は縦弾性係数と接着剤の厚みで整理できることが明らかとなった。すなわち、破断検知線の接着方法として

では、鋼材・破断検知線と十分な接着性能を有する縦弾性係数が高い接着剤を薄く使用することが望ましい。さらに塗装面の上に破断検知線を接着しても亀裂を検知できる接着方法も見出せた。

5. プレハブ破断検知線の開発

TDR法適用の前提となる2本の導線であるが別々に接着することは煩雑であり、2本まとめかつ耐候性も付与するため、前項で検討した接着条件を踏まえ表皮の間に2本の導線を接着剤で固定したプレハブ破断検知線を考案した。完成品を写真2に示す。表裏の区別がないため折り返しにより方向を変えられ、疲労試験により塗装面上に接着しても十分な亀裂検知性能を有することを確認した。

6. 実橋試験施工

今回開発したモニタリング手法は促進耐候性試験等で耐久性を確認した後、東海道新幹線の鋼橋の一部に適用している。破断検知線には前項で紹介したプレハブ破断検知線を用い、縦桁2本の疲労損傷想定箇所に接着した。破断検知線の端部には、瞬間的な断線をリレー保持メールで構造物管理者に通報する装置を取付けた。導線断線の原因が疲労損傷か腐食かは導通の時系列変化により判別できる。なお原稿執筆時点で破断検知線の動作実績はない。