

撤去桁の疲労載荷試験におけるモニタリング技術検証 (その3) 低周波3軸加速度の多点同期計測による疲労損傷解析

能美防災(株) 正会員 ○皆川翔輝 遠藤義英 山岸貴俊
前田建設工業(株) 正会員 小原孝之
(国研)土木研究所 正会員 廣江亜紀子 松尾健二 山口岳思

1. はじめに

全国には70万以上の橋梁が存在し、維持管理における点検補助・補修確認の技術高度化、及びコスト縮減を目的としたモニタリングシステムの早急な開発が望まれている。本研究では、近年の高性能化が著しいMEMS型低周波3軸加速度センサを用いたモニタリング技術の確立を目指している。著者らは既に、実在RCT桁橋に対して載荷試験、及び劣化促進試験を行い、加速度情報から抽出した物理量が構造物の力学的挙動を捉え、疲労損傷に伴う相関を示すことを確認した¹⁾。実在RCT桁橋は架け替え工事に伴い撤去されたが、その際に桁のみを切り出して疲労載荷試験を行い、モニタリング技術検証のために再活用した。本稿では、載荷による疲労損傷の解析結果を報告する。

2. 加速度計測システムと得られる物理量

モニタリングに用いる自社製作センサは、重力加速度を含む3軸加速度(周波数範囲: DC ~ 20 Hz, 分解能: 0.06 μ G)を計測できるよう高精度化されており、重力方向の計算による「傾き」、時間軸方向の2階積分による「活荷重変位」、周波数軸への直交変換による「周波数スペクトル」の異なる3つの物理量を算出できる。また、複数センサの時間同期計測ができる計測システムを開発し、多点間の厳密な同時刻の各物理量を算出できるようにした。これにより、例えば振動モード解析などが行えるようになった。

3. 試験概要とセンサ配置

載荷試験装置を用いて、桁が終局に至るまで繰り返し荷重を載荷した。桁の疲労損傷の進行を確認するために、予め規定した載荷回数への到達時点または変状が表れた時点で静的載荷試験、及び加振試験を行った。加速度センサは図1のように桁底面に5つ配置した。桁の諸元、試験条件、及びリファレンス計測値(たわみ[mm], 主筋4本のひずみ[μ])などは連編(その1)の概要を参照のこと。

なお、載荷 1,849 回時点でせん断ひび割れの進行による桁の変形が顕著となり、被りコンクリートが剥落した。剥落箇所にはセンサ No.4 が設置されていたため、後述する物理量の算出結果に欠損があることに注意されたい。

4. 疲労損傷の進行に伴う物理量の変化

まず、静的載荷試験の載荷前と除荷後で橋軸方向の傾きの差を求め、残留たわみ角[deg]を算出した。図2に載荷回数と残留たわみ角の関係を示す。載荷 1,000 回以降で顕著にセンサ No.5 の残留たわみ角が増加し、損傷が進行する様子を捉えられている。次に、加振試験により生じた減衰自由振動を用いて周波数スペクトルを算出し、疲労損傷の進行に応じた卓越振動数[Hz]を調べた。図3に載荷回数と卓越振動数の関係を示す。なお、既報¹⁾にて桁の卓越振動数がセン

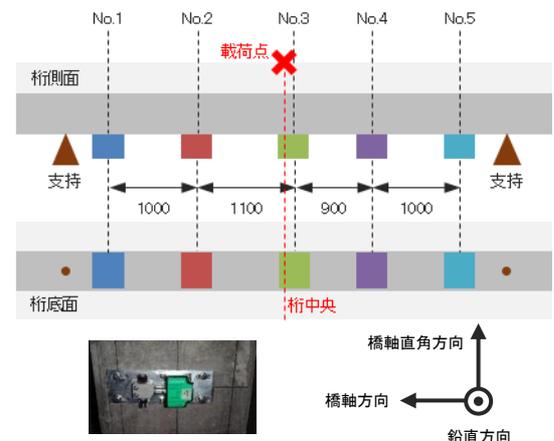


図1. 加速度センサと桁への配置位置

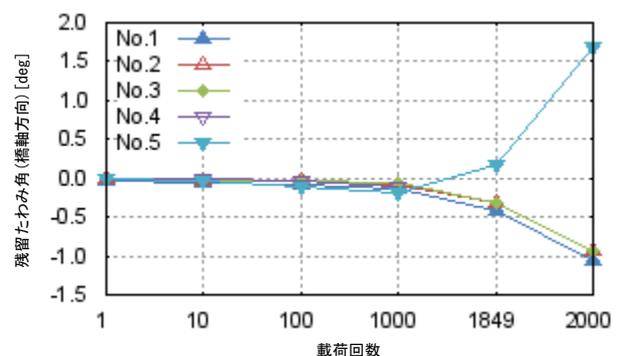


図2. 載荷回数と橋軸方向の残留たわみ角の関係

連絡先 〒341-0038 埼玉県三郷市中央 1-18-13 能美防災(株) 研究開発センター 先進技術研究室 TEL 048-954-2374

キーワード モニタリングシステム, 撤去桁, 3軸加速度センサ, 多点同期計測, 疲労損傷

サ位置に依らないことを示したが、本試験でも同様だったため、センサ No.3 のみの結果を示している。 載荷 100 回以降で卓越振動数が低下し始めており、残留たわみ角と同様に剛性が低下した様子を捉えられている。これらの2つの物理量は、構造的劣化の進行に伴うたわみ、及びひずみのリファレンス計測値の変化傾向を良好に捉えられており、主桁の供用末期の耐久性、安全性の指標として実橋梁へ適用できる可能性がある。

最後に、繰り返し載荷試験の載荷1回毎の活荷重変位[mm]を算出し、載荷回数との関係を調べた。図4に活荷重変位と載荷回数の関係を示す。載荷回数の増加に伴い活荷重変位が単調増加していき、載荷1,849回を境に急増する現象を観測している。センサ No.4 の活荷重変位に大きなばらつきがあるが、これはセンサ設置付近の被りコンクリートが桁本体と切り離され片持ちに近い状態となり、繰り返し載荷とは異なる振動が混入した影響によるものと推察される。次に、図5に載荷時の各センサの変位履歴を0.05[s]毎にプロットして桁の変形性状を可視化したものを示す。右側スパンにせん断変形が卓越する様子が確認できる。これらの結果は、リファレンス計測値のたわみの傾向と合致しており、本試験での不動梁を利用した変位計測と同等の性能を有する可能性が示唆された。実橋梁への適用として、主桁の恒常的な剛性低下モニタリング、及び多点同期計測による剛性低下位置の推定に活用できる可能性がある。

5. まとめ

撤去した RCT 桁橋の主桁を用いて繰り返し載荷試験を行い、低周波3軸加速度の多点同期計測による疲労損傷解析を行った。得られる物理量と載荷回数の関係を調べた結果、構造的劣化の進行に伴うリファレンス計測値の変化傾向を良好に捉えられており、実橋梁への適用が有効である可能性を示せた。今後は、実橋梁の長期計測試験を実施し、適用可能性の精査を行っていく予定である。

謝辞

本研究は、モニタリングシステム技術研究組合 (RAIMS) が実施した研究であり、内閣府の「SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の成果である。

参考文献

[1] 皆川, 遠藤, 中野, 長澤, 山岸, 中津井, 杉谷: コンクリート桁橋におけるモニタリング技術活用の検討 (その2) 低周波加速度解析による力学的挙動の評価, 土木学会第72回年次学術講演会概要集, CS14-021, pp41-42, 2017.09

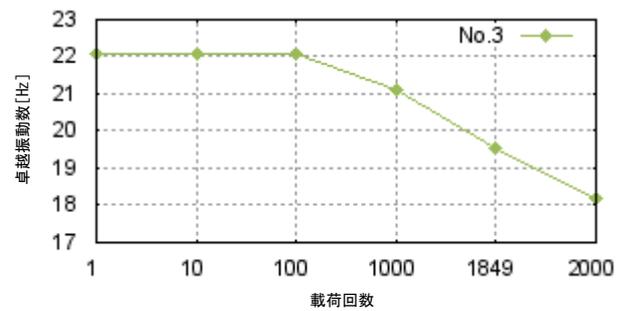


図3. 載荷回数と卓越振動数の関係

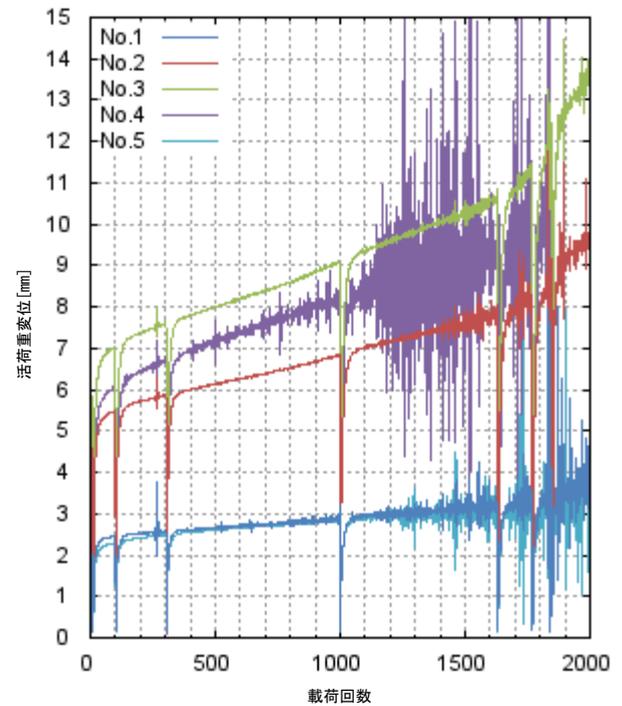


図4. 載荷回数と活荷重変位の関係

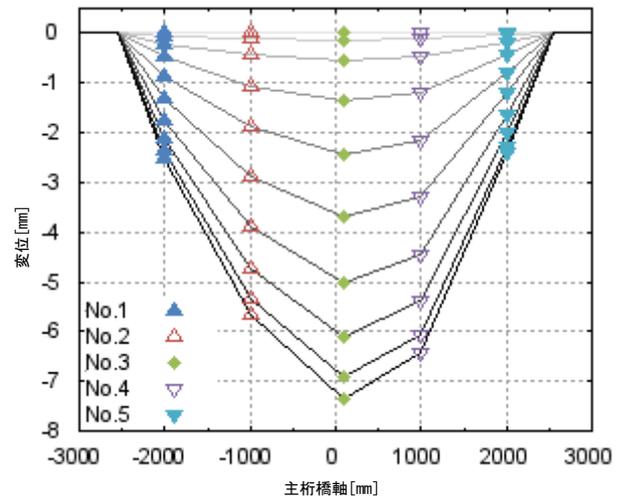


図5. 載荷時の桁の変形性状例(載荷201回目)