

輪荷重走行試験による RC 床版の疲労劣化に関するモニタリング技術の検討 (その6) 各種分析方法とモニタリングデータによる疲労劣化の評価

富士通(株) 正会員 ○金児 純司, 梅宮 茂良, 梅田 裕平, 北島 弘伸, 菊地 英幸
鹿島建設(株) 正会員 新井 崇裕, 古市 耕輔
モニタリングシステム技術研究組合 正会員 廣江亜紀子

1. はじめに

平成 27 年度床版モニタリング実験¹⁾で得られた連続計測データに各種の分析手法を適用し, 疲労劣化評価を行った。まず, 文献 1) の結果を踏まえてリファレンス用に採取されたデータ間の相関分析を行い, 疲労劣化の進行と関連づけることができる変状を明らかにした。つぎに, モニタリング用の加速度センサ²⁾によって採取された連続計測データに対してトポロジカルデータ解析³⁾を適用し, モニタリングデータと劣化進行に関連するものとして抽出された変状との関係を分析した。

2. リファレンスデータの分析

リファレンス(静的計測)データの分析結果として, 移動荷回数 1,001 回から 5,000 回の間で損傷程度 c から d に, 移動荷回数 5,001 回から 15,000 回の間で損傷程度 d から e に, それぞれ実験床版の疲労劣化が進行し, 全実験期間の最初の三分の一(実験第一段階)が終了した時点で, 損傷程度 e に至っていると報告されている¹⁾。

本節では, この分析結果を踏まえて, リファレンス連続計測データを分析し, 静的荷点(移動荷回数 100 回, 1,000 回, 5,000 回, 15,000 回)の間で発生した劣化進行に関連する変状を明らかにする。リファレンスとして連続計測されたのは, たわみ, ひび割れ幅に加え, 実橋梁のモニタリングでは測定が困難な, 鉄筋ひずみ, コンクリート内部ひずみに関する項目である。

まず, 動的計測値の推移を図-1~図-4に示す。図-1と図-2からは, たわみとひび割れ幅について移動荷回数 30,000 回付近で変状(急増)を読み取ることができる。図-3と図-4からは, 鉄筋ひずみとコンクリート内部ひずみについて, 移動荷回数 3,000 回, 同 10,000 回, および同 30,000 回付近で変状を読み取ることができる(移動荷回数 30,000 回以上では計測不能となっている)。

これらの変状から劣化進行に関わるものを抽出するために相関解析を実施した。リファレンス連続計測データ間の相関関係を分析した結果, 全実験期間中, たわみとひび割れ幅の間の相関は強いままであったのに対し, 劣化進行するにつれ, コンクリート内部ひずみおよび鉄筋ひずみとたわみの間の相関は弱くなることが分かった。

文献 1) の分析結果, およびリファレンス連続計測データ間の相関解析の結果により, 損傷程度 c から d への劣化進行, および損傷程度 d から e への劣化進行に関わる変状は, 鉄筋ひずみ, コンクリート内部ひずみによるものと結論づけることができる。

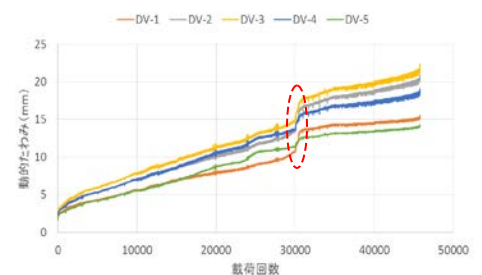


図-1 動的たわみ

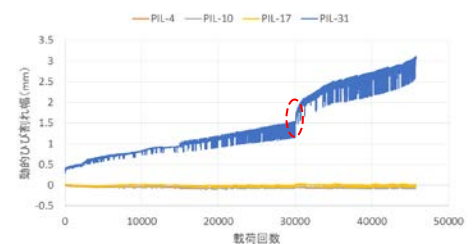


図-2 動的ひび割れ幅

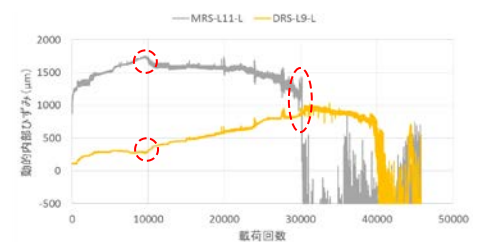


図-3 動的内部ひずみ(下面)

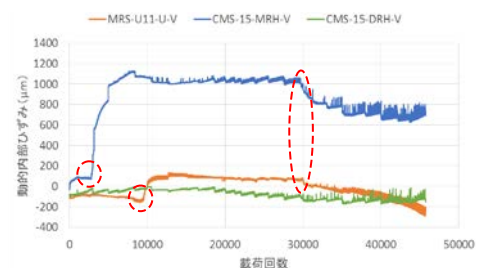


図-4 動的内部ひずみ(上面)

キーワード RC 床版, 疲労劣化, 輪荷重走行試験, 加速度センサ, トポロジカルデータ解析

連絡先 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1 (株)富士通研究所 人工知能研究所 TEL 044-754-2674

3. モニタリングデータの分析

リファレンスデータから実験床版の劣化進行に関わる変状の一端を捉えることができた。本節では、全実験期間を連続的にモニタリングしていた加速度センサ²⁾がこれらの変状をどう捉えていたかを分析する。分析に当たっては加速度センサデータを移動载荷1回ごとの振動パターンデータとして切り分け、劣化進行に伴って振動パターンの変化を捉えるというアプローチを採用した。そのための手段として、図-5に概説するトポロジカルデータ解析³⁾を導入した。

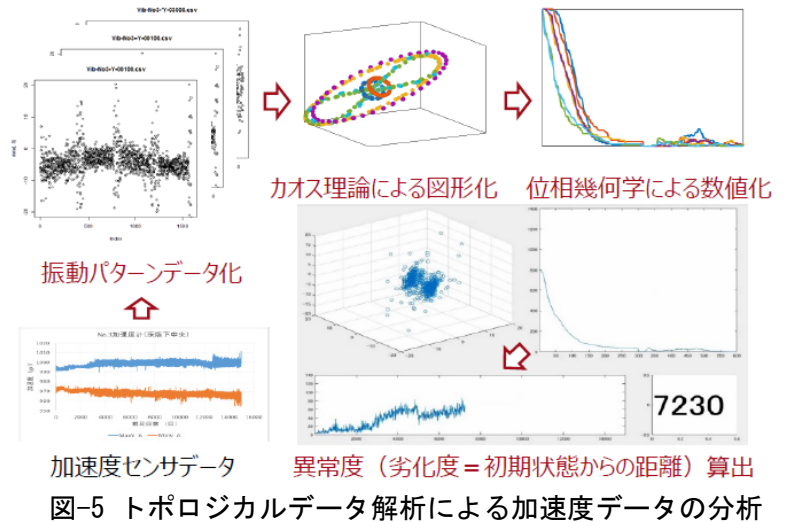


図-5 トポロジカルデータ解析による加速度データの分析

分析結果は図-6～図-8に示すとおりである。

図-6～図-8の左下部では異常度の値と内部ひずみの推移を重ねてプロットしており、異常度が急変した時点を縦線で明示している。図-6は実験開始直後の健全な状況を示している。図-7は移動载荷回数3,000回付近(赤点線丸印)で、損傷程度cからdへの劣化進行が捉えられたことを示している。図-8は移動载荷回数9,700回付近(赤点線丸印)で、損傷程度dからeへの劣化進行が捉えられたことを示している。図-8左下部に示す移動载荷回数7,600回付近(青点線丸印)の異常度急変は、劣化進行の予兆といえる。図-6と図-7～図-8を比較すると、劣化進行に伴い振動パターンデータから得られた図形(青点の集合体)の二分割傾向が顕著となり、それに対応して振動データの二つの値への収斂傾向が顕著になっている。

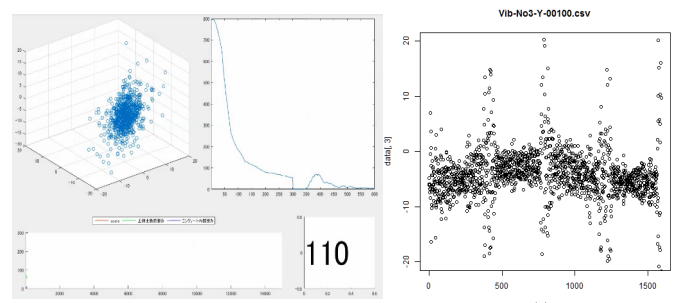


図-6 移動载荷回数100回付近の分析と振動データ

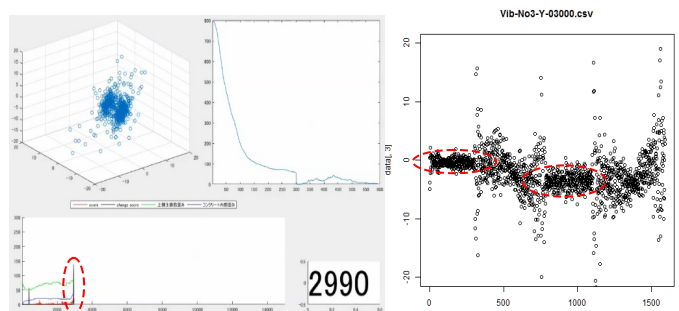


図-7 移動载荷回数3,000回付近の分析と振動データ

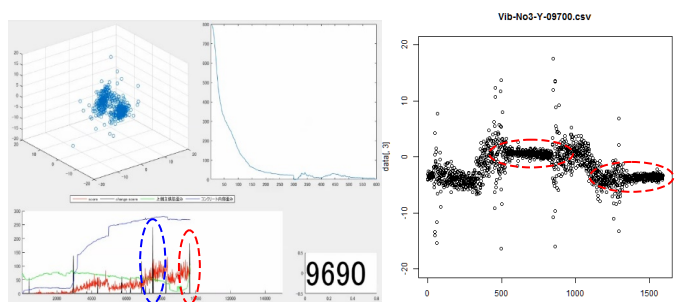


図-8 移動载荷回数9,700回付近の分析と振動データ

4. まとめ

床版の適切な位置に加速度センサを設置のうえ、現実的なモニタリング期間に採取されたデータに対しトポロジカルデータ解析を適用することで、モニタリング時点のRC床版の損傷程度がc以上か否かを判定できる可能性があることが分かった。今後、実橋梁への適用可能性を検証してゆく。

謝辞

本報告は、モニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)が実施した研究によるものである。分析対象としたモニタリングデータは、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」委託事業研究のために能美防災(株)製の加速度センサで取得され、ご提供いただいたものである。

参考文献

- 1) 古市, 新井, 岩井, 小原: 輪荷重走行試験によるRC床版の疲労劣化に関するモニタリング技術の検討 (その1) 試験の概要とリファレンス計測による損傷程度の評価, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, pp.71-72, 2016.
- 2) 遠藤, 皆川, 山本, 山岸: 輪荷重走行試験によるRC床版の疲労劣化に関するモニタリング技術の検討 (その2) 低周波3軸加速度センサによるRC床版の疲労損傷解析, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, pp.73-74, 2016.
- 3) <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2016/02/16.html>