

光ファイバセンサによる道路橋 RC 床版の疲労損傷度評価に関する実験的検討

日本大学 学生会員 ○小野 貫太郎 原田 恵史郎 正会員 前島 拓 フェロー会員 岩城 一郎
(一財)首都高速道路技術センター 正会員 水谷 亮勝 日揮(株) 正会員 門 万寿男

1. 目的

道路橋 RC 床版は大型車の繰返し载荷により疲労損傷してひび割れが進展し、そこに水が浸入することで急激に破壊に至る。このため、供用中の RC 床版の損傷を早期に検知して、これに応じた維持管理を行う必要がある。しかし、従来の評価指標である床版のたわみ計測や目視によるひび割れ観察では、床版の急速な損傷を捉えることは難しい。そこで本研究では、RC 床版供試体下面に光ファイバセンサを十字に設置した状態で輪荷重走行試験を実施し、光ファイバセンサで計測される縦横断方向のひずみと従来の損傷度評価指標の関係を整理した上で、光ファイバセンサによる道路橋 RC 床版の疲労損傷度評価を試みた。

2. 実験概要

図-1 に供試体概要を示す。本実験に使用した供試体は水セメント比 64.3%の複鉄筋 RC 床版供試体(3000×2000×160mm)であり、図中の位置で床版下面に長さ 1m の光ファイバセンサを十字に設置した。また、図中の青線範囲内に常時水を湛水させた状態で試験を行った。輪荷重走行試験時における計測項目は、活荷重たわみ、総たわみ、床版下面のひび割れ観察、強制振動試験による共振周波数、光ファイバセンサによる縦横断方向のひずみである。図-2 に载荷ステップを示す。本実験では実橋におけるランダム荷重を考慮した段階荷重方式を採用した。図より、STEP1、2 では 10kN 毎に 100 回走行させた後、規定荷重にて 5 万回走行させた。STEP3 は同様の段階载荷後に総たわみが 1mm 増加した時点、STEP4 は総たわみが 5mm を示した時点までとし、STEP5 は押抜きせん断破壊まで载荷した。なお、各段階の走行回数はマイナー則を仮定して、基本荷重 98kN の走行回数(等価繰返し走行回数)に換算した。

3. 実験結果及び考察

図-3 に等価繰返し走行回数と各試験結果の関係を示す。なお、図中には同配合の水張り状態で輪荷重走行試験を行った既往の試験結果¹⁾を併記している。試験開始時の圧縮強度は本床版が 28.2MPa、既往床版が 26.7MPa であった。図より、活荷重たわみは既往の床版と同様の挙動であり、走行回数の増加に従い徐々に活荷重たわみが増加した。その後、920 万回(STEP4 終了時)で疲労限界に達し、STEP5 の走行回数 1076 万回で押抜きせん断破壊に至った。ひび割れ密度は STEP2 以降に増加する傾向であり、活荷重たわみと同様に STEP4 以降に顕著な増加を示した。共振周波数比(走行回数 0 回の共振周波数と各段階における共振周波数の比)は、STEP3 で低下傾向を示しており、この段階で床版内部にひび割れ等の損傷が生じたものと考えられた。その後、STEP4 からは低下が顕著となった。光ファイバによる床版下面の平均ひずみ振幅²⁾(走行試験時の最大ひずみと最小ひずみの差分)は、縦横断方向の差はほとんどなく、STEP1～3 では概ね緩やかに平均ひずみ振幅が増加する傾向であった。一方、STEP4、5 では平均ひずみ振

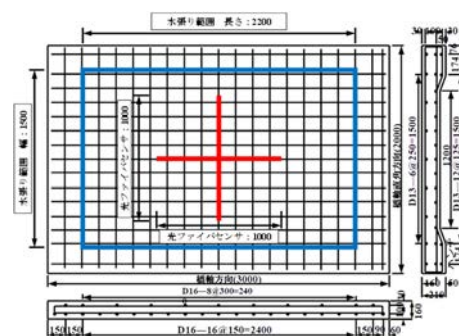


図-1 供試体概要

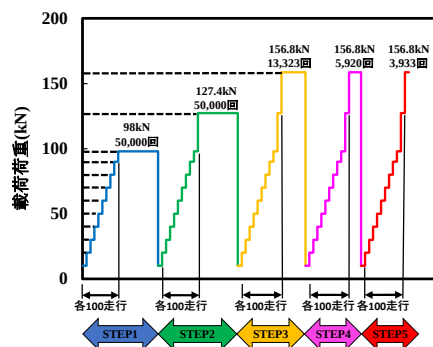


図-2 载荷ステップ

キーワード 輪荷重走行試験、光ファイバセンサ

連絡先 連絡先：福島県郡山市田村町徳定字中河原 1、電話 024(956)8721

幅の増加が顕著であり、活荷重たわみおよびひび割れ密度の増加傾向と整合する結果であった。一方、STEP4、5では平均ひずみ振幅の増加が顕著であり、活荷重たわみおよびひび割れ密度の増加傾向と整合する結果であった。図-4にひび割れ密度、活荷重たわみと平均ひずみ振幅との関係を示す。図より、これらは高い相関関係にあり、光ファイバセンサにより平均ひずみ振幅を計測することで、従来の評価指標と同様に、RC床版の損傷度を評価し得ることが示された。図-5に橋軸方向と橋軸直角方向の平均ひずみ振幅の比と等価繰返し走行回数の関係を示す。図より、STEP1では走行回数の増加に伴い平均ひずみ振幅比が徐々に増加する傾向であった。これは、初期载荷で橋軸方向にひび割れが生じたが、その後の载荷試験により橋軸直角方向へひび割れが進展したことに起因する。その後、STEP2、3では一定に推移したが、STEP4から急激に平均ひずみ振幅比が大きくなる傾向であり、この段階で1.0を超えた。これは、共振周波数比の低下した走行回数と一致しており、平均ひずみ振幅比の計測から、床版が疲労限界状態に至る前段階でその兆候を捉えられる可能性が示唆される。なお、STEP5では疲労破壊に至るまで平均ひずみ振幅比が急増した。

4. まとめ

本研究により、光ファイバセンサによる床版下面の縦横断方向ひずみの計測は、従来の活荷重たわみやひび割れ密度と同様にRC床版の損傷度評価が可能であることを明らかとした。また、平均ひずみ振幅比を計測することで、RC床版が疲労限界に至る前段階において、その兆候を検知し得る可能性が示唆された。今後は、本実験結果をより詳細に分析し、ランダム荷重が生じた際の損傷度評価手法について検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 子田康弘ら(2020)：輪走行作用を受ける道路橋 RC 床版の疲労損傷過程に関する実験的検討、構造工学論文集 A、66A、pp733-740
- 2) 門万寿男ら(2015)：長尺光学セトランドセンサを用いた道路橋 RC 床版の疲労損傷度評価に関する研究、土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造)、Vol.71、No.4、pp33-327

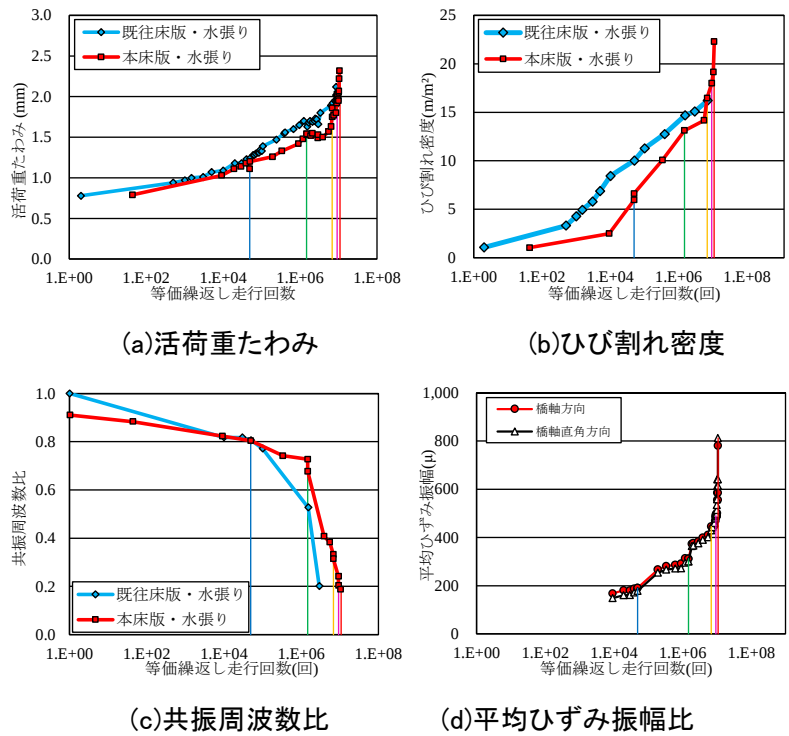


図-3 輪荷重走行試験結果

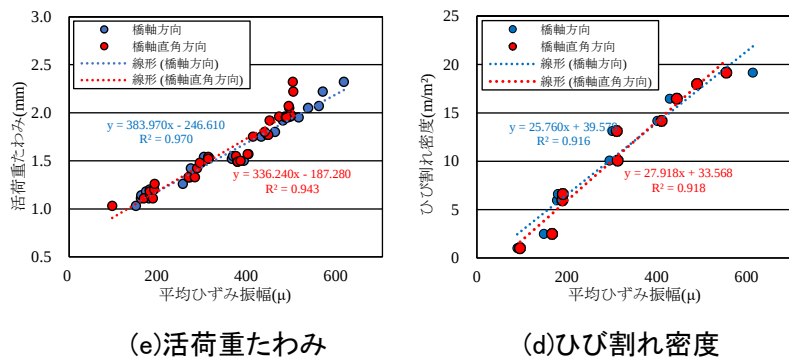


図-4 活荷重たわみ、ひび割れ密度-平均ひずみ振幅

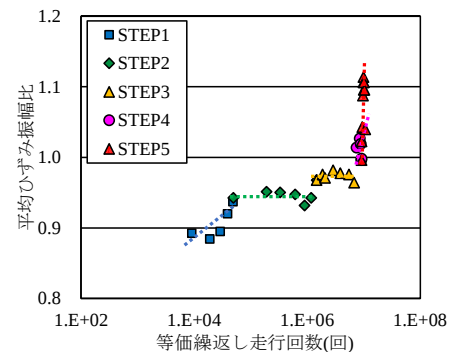


図-5 平均ひずみ振幅比-走行回数