

光ファイバ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検討

日揮(株) 正会員 ○門 万寿男
 (株)福山コンサルタント 正会員 中野 聡
 日本大学工学部 正会員 子田 康弘
 日本大学工学部 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

わが国の交通インフラを構成する重要な構造物の一つである橋梁は、供用後 30 年以上経過した橋梁が多く、重交通荷重の繰り返しによる RC 床版の疲労損傷などの劣化が顕在化しつつある。このため、床版の劣化度を知るための床版の疲労損傷評価指標の提案は、橋梁の維持管理上極めて重要と考える。本研究では、構造物の長期連続モニタリングが可能な光ファイバセンサシステムを RC 床版に適用し、本システムによる疲労モニタリングの有用性を確認するとともに、光ファイバセンサによる床版下面の縦断方向ひずみを横断方向ひずみで除した値（振幅比）と従来の疲労損傷の評価に用いられるひび割れ密度や活荷重たわみ¹⁾との関係を整理し、ひずみ振幅比を指標とした床版の疲労損傷度評価の可能性を検討した。

2. 実験概要

本実験では、写真-1 に示す架台移動式輪荷重走行試験機を用いた疲労試験により、RC 床版供試体下面における縦断方向（走行方向）および横断方向（走行直交方向）のひずみを計測し、ひずみ振幅比を求めた。まず、図-1 に供試体形状と光ファイバセンサ設置位置を示す。図より、供試体の寸法は長さ 3000mm、幅 2000mm、床版厚 160mm である。本実験に使用した光ファイバセンサは、長さ 1m の光学ストランドであり、コンクリート表面にひび割れが発生した後も計測が可能となる。計測ひずみは、光ファイバセンサによる輪荷重走行中のストランドの伸縮量を測長で除して求めた等価ひずみである。実験に使用した供試体は、水セメント比 66%としたコンクリート(圧縮強度 34.4MPa)であり、輪荷重走行試験前に塩害促進試験を行った供試体である。輪荷重走行試験は基本荷重を 98kN に設定し、既定の回数毎に荷重を 29.4kN ずつ増加させる段階荷重方式を採用した。供試体の支持条件は、軸方向(走行方向)の 2



写真-1 架台移動式輪荷重走行試験機

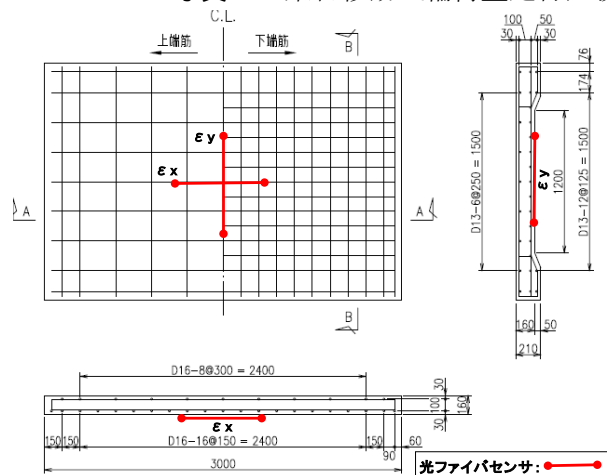


図-1 供試体形状および光ファイバセンサ設置位置

2 辺を単純支持、軸直角方向の 2 辺を弾性支持とした。光ファイバセンサによるひずみ計測は、目標走行回数に達した後、98kN を載荷させた輪荷重走行中に動的に計測した。そして、ひずみ振幅比は、式(1)により縦断方向ひずみ振幅を横断方向ひずみ振幅で除して算出した。

$$\theta = \epsilon_x / \epsilon_y \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 ϵ_x : 縦断方向ひずみ振幅、 ϵ_y : 横断方向ひずみ振幅である。

この他の計測項目は、目標走行回数終了時点での供試体中央に 98kN を静的載荷した際の活荷重たわみと供試体下面のひび割れ密度である。

3. 実験結果及び考察

まず、計測は供試体が疲労限界に達した等価繰返し走行回数¹⁾である 110 万回まで実施した。図-2 と図-3 のそれぞれに、等価繰返し走行回数と、ひずみ振幅比およびひび割れ密度、ひずみ振幅比および活荷重たわみの関係を示す。ひずみ振幅比は、等価繰返し走行回数が 1 万回を超えた段階から増加傾向を示し、ひび割れ密度の増加と調和する傾向を示している。これと同様にひずみ振幅比と活荷重たわみの関係も調和傾向を示した。

図-4 に、ひずみ振幅比とひび割れ密度の関係を示す。図より、载荷初期のひび割れ密度 $3.2(\text{m}^2)$ 以下では、ひずみ振幅比は 0.88 から 0.76 に低下する傾向でひび割れ密度との相関性も認められないが、以降はひび割れ密度の増加とともにひずみ振幅比も増加し両者の関係も高い相関性を示した。

図-5 に、ひずみ振幅比と活荷重たわみの関係を示す。図より、図-4 と同様の傾向で载荷初期のひずみ振幅比は低下するが活荷重たわみ 1.65mm 以降は、高い相関性を示した。载荷初期のひずみ振幅比が大きくなる理由は、この段階では床版の劣化が進行しておらず主鉄筋及び配力筋に発生するひずみの割合が同程度であるため大きい振幅比を示すものと考えられる。このため、RC 床版に疲労による損傷が現れ始めると光ファイバセンサにもとづくひずみ振幅比は、疲労損傷の経過を捉えていると判断され、床版下面のひずみモニタリングによりひずみ振幅比を指標とした疲労損傷評価の可能性が示された。

4. まとめ

本研究より、床版下面に光ファイバセンサを設置することにより比較的容易にひずみ振幅を計測することが可能で疲労モニタリングシステムの有用性を確認した。そして、縦断方向および横断方向のひずみに基づくひずみ振幅比は、ひび割れ密度や活荷重たわみの増加とともに大きくなり RC 床版の疲労損傷評価の指標になり得ると考えられた。今後は、更なる疲労試験のデータを蓄積するとともに実橋による検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 松井繁之:道路橋床版—設計・施工と維持管理—, 森北出版, 2007.

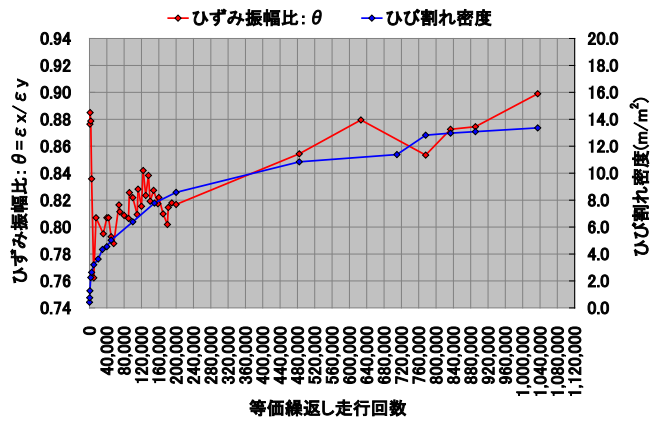


図-2 等価繰返し走行回数とひずみ振幅比, ひび割れ密度の関係

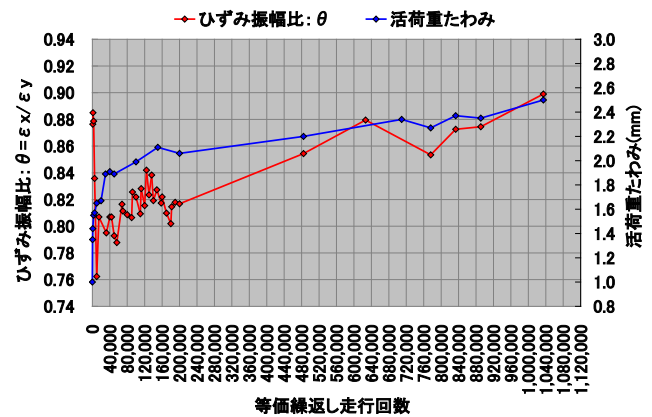


図-3 等価繰返し走行回数とひずみ振幅比, 活荷重たわみの関係

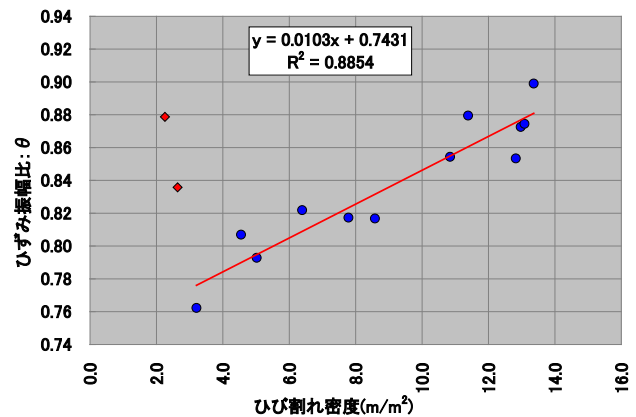


図-4 ひずみ振幅比とひび割れ密度の関係

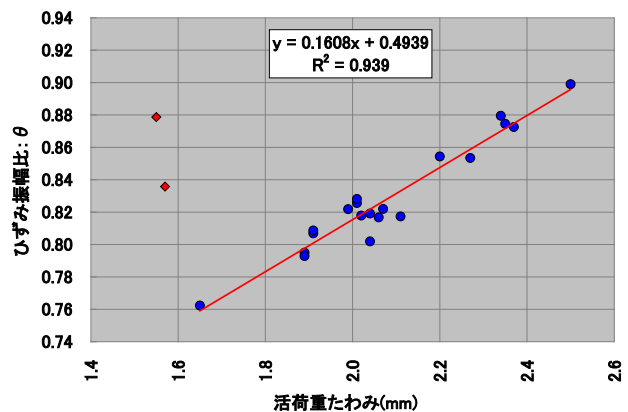


図-5 ひずみ振幅比と活荷重たわみの関係