

輪走行作用下における RC 床版の疲労損傷過程に関する検討

日本大学大学院 学生会員 ○島野 孝則 (株)NIPPO 正会員 前島 拓 日本大学 正会員 子田 康弘
日本大学 フェロー 岩城 一郎 東京大学生産技術研究所 正会員 田中 泰司

1. はじめに

道路橋 RC 床版の耐疲労性に関する研究は、床版下面のひび割れ損傷より、疲労単独の作用によって破壊に至る過程について評価がされてきた¹⁾。しかし、床版の終局状態に至る水平ひび割れや床版上面の砂利化などの発生原因または過程については、十分に解明されていないため、著者らは疲労損傷機構の解明に資するデータ取得のため、輪走行の繰返しによる RC 床版の疲労破壊過程を様々な計測技術を駆使し、主にひずみに関する詳細な分析を行ってきた²⁾。本研究では、昨年度の研究結果を踏まえ、新たに床版鉛直方向のひずみ計測も取り入れて床版内部の疲労損傷過程を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

図-1 に、供試体形状、および鉛直ゲージ位置と共振周波数測定位置を示す。図より、供試体の寸法は、長さ 3000mm、幅 2000mm、厚さ 160mm である。輪荷重走行試験は、床版上面を湛水状態とする水張り試験で行った。その範囲は床版中央 2200mm×1400mm の範囲に土手を作製し、5mm 程度の水を湛水させた。計測としては、まず埋込型ゲージ(基長 60mm、東京測器社製)は水平ひび割れと斜めひび割れの発生が予想される輪走行下の上側主筋位置と輪走行範囲外における床版高さの中央位置に対して、28 箇所設置した。次に、共振周波数計測は、強制振動試験により測定した³⁾。この測定箇所は、輪走行範囲内で 11 箇所、輪走行範囲外で 14 箇所の計 25 箇所とし、測定を走行回数 10 万回毎と疲労限界時に行った。輪荷重走行試験は、基本荷重を 98kN とし、規定の走行回数で荷重を 29.4kN 増加させる段階荷重方式を採用した。試験時の計測項目は、目標走行回数終了時に 98kN を静的に載荷と除荷した際の活荷重たわみ、共振周波数、鉛直方向ひずみなどである。なお、本供試体のコンクリートの圧縮強度は 26.7MPa、ヤング係数が 24.2GPa であった。

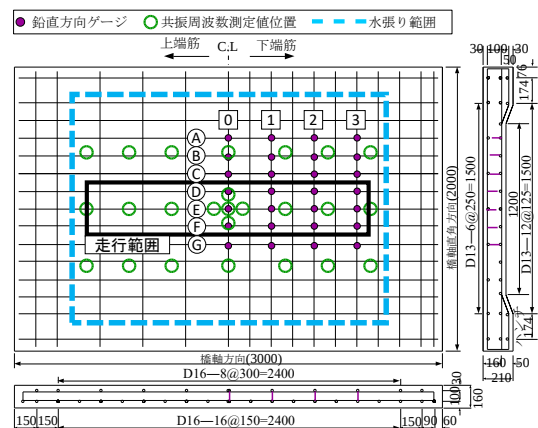


図-1 供試体形状および各種計測位置

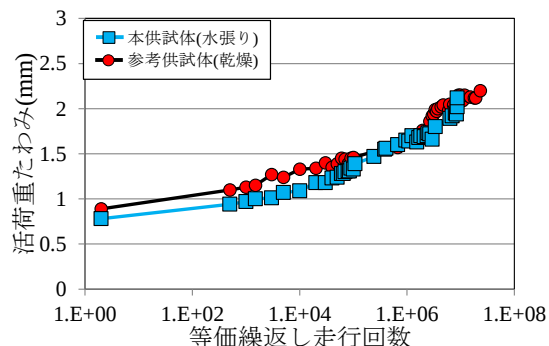


図-2 活荷重たわみ-等価繰返し走行回数

3. 実験結果および考察

図-2 に、活荷重たわみと等価繰返し走行回数を示す。図中には、既往の供試体(乾燥状態、 f'_c : 33.4MPa、 E_c : 25.0GPa)の結果を参考値として示した。図より、本供試体は、既往の参考供試体と同様の活荷重たわみの増加傾向であり、当研究室における健全 RC 床版の疲労損傷過程にあると判断された。疲労限界は、参考供試体が等価繰返し走行回数 2300 万回であったのに対し、本供試体は等価繰返し走行回数 860 万回であった。これは、水の影響により損傷が促進されたためであると考えられる。

図-3 に、共振周波数比と等価繰返し走行回数を示す。共振周波数比とは、各走行回数で測定された共振周波数を走行回数 0 回で測定された共振周波数で除した値である。図より、輪走行範囲内では、走行回数の増加とともに共振周波数比が低下した。これに対して、走行範囲外の共振周波数比は、疲労限界までほとんど低下することがなかった。これより、輪走行下における疲労による損傷は、明らかに輪走行範囲内から始まり、その損傷の進展も

キーワード RC 床版, 輪走行, 疲労破壊, 水平ひび割れ

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8721

走行範囲内が顕著であり、疲労限界直前に輪走行範囲外へ損傷が広がるような傾向であると考えられた。図-4に、鉛直方向ひずみと等価繰返し走行回数を示す。図中の凡例はゲージ位置を表す(図-1参照)。図より、床版中央付近の0-Dは、輪走行開始直後から 300μ を超えるひずみが発生し、ひずみの増加は疲労限界まで続く傾向であった。つまり、輪走行範囲においては、早期に水平ひび割れが発生している可能性が示唆された。また、鉛直ひずみの増加の開始は、走行範囲の床版中央から床版端部に向けて順次生じ、疲労限界に近づくにつれ軸直角の側面方向のひずみが増加するような傾向であった。図-5に、各等価繰返し走行回数で測定された0ラインの鉛直ひずみ分布を示す。図より、鉛直ひずみ分布は、走行回数10万回において床版中央付近が最大値となる凸型分布であり、これが走行回数の増加とともにひずみの値が増加しながら最大値が軸直角方向に広がる分布へと変化した。このひずみ分布の変化は、床版中央付近で走行回数の少ない段階から水平ひび割れが発生し、これが次第に橋軸直角方向に進展したものと推察された。また、ひずみの値は、疲労限界に近い800万回走行時には約 3000μ にも達した。すなわち、この種のひび割れはひび割れ開口を伴いつつ輪走行範囲から外側へ広がるものと考えられた。なお、図中の-500mm位置のゲージ(図-1のA)は、疲労限界直前で約 500μ (800万回)から 2200μ (850万回)に急増した。これは、斜めひび割れが疲労破壊直前に急激に進展したためと考えられた。このように疲労限界は、水平ひび割れが輪走行範囲を中心に広がることで定まり、その後、輪荷重によって床版が破壊した形態が押抜きせん断破壊として見て取れる可能性が示唆された。なお、+125mm位置のひずみに明確な増加はないがひび割れがこのゲージを完全には横断しなかったためと考えている。図-6に、共振周波数比と鉛直ひずみの関係を示す。図より、鉛直ひずみの増加とともに共振周波数比が低下するような傾向を示した。すなわち、共振周波数比の低下は、水平ひび割れや斜めひび割れの発生とその進展を評価し得ると考えられた。

4. まとめ

本研究より、床版中央で発生した水平ひび割れが走行回数の増加とともに橋軸方向に進展し、次に橋軸直角方向に広がることで疲労限界に達する可能性が示された。今後は、同様な計測を乾燥状態の供試体においても実施し、疲労損傷過程を解明するとともに、その再現性を確認する予定である。

謝辞：本研究は、SIP「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」(研究代表者：前川宏一)により行われたものである。共振周波数の測定は、東北大学 内藤英樹准教授の協力により実施した。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1)松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持理，森北出版，2007
- 2)島野孝則ら：輪走行作用下におけるRC床版のひずみおよび損傷状態に関する検討，土木学会第71回年次学術講演会概要集，V604，2016
- 3)前島拓ら：共振周波数の低下に着目した実道路橋RC床版の疲労損傷度評価，構造工学論文集，Vol.61A，pp.777-787，2015

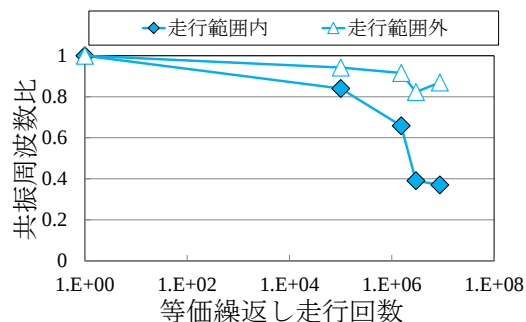


図-3 共振周波数比-等価繰返し走行回数

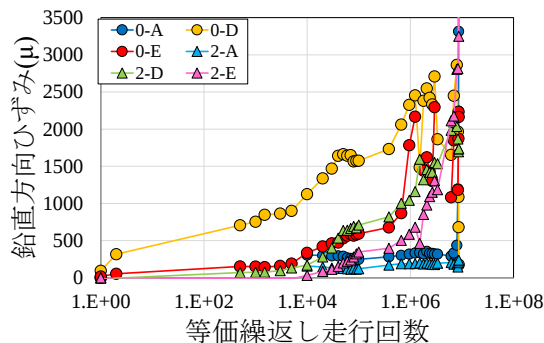


図-4 鉛直方向ひずみ-等価繰返し走行回数

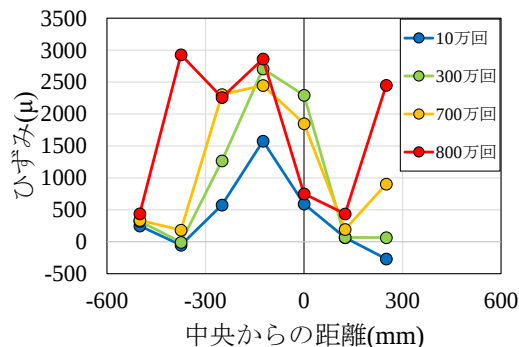


図-5 鉛直方向ひずみ分布(0ライン)

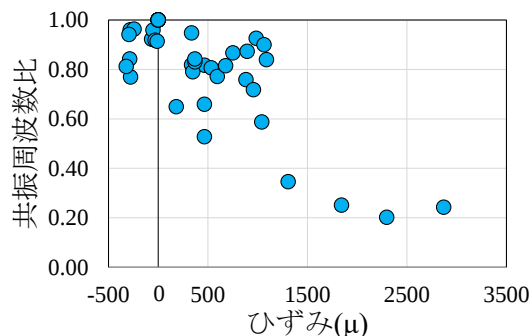


図-6 共振周波数比-鉛直方向ひずみ