

振動試験に基づく実道路橋 RC 床版の疲労損傷評価

東北大学	学生会員	○八嶋宏幸	東北大学	学生会員	土屋祐貴
			東日本高速道路	正会員	山口恭平
		ネクスコ・エンジニアリング東北		正会員	早坂洋平
東北大学	正会員	内藤英樹	東北大学	フェロー	鈴木基行

1. はじめに

我が国の社会基盤構造物は一斉老朽化を迎える段階にあり、近年、道路橋コンクリート床版（以下、RC 床版）においても疲労による内部損傷が顕在化している。RC 床版では外観に変状が現れてから抜け落ちに至るまでの期間が極めて短いため、内部損傷を早期に検知し、健全性を評価できる非破壊検査手法の確立が望まれている。

これに対して、著者らは小型加振器を用いた RC 床版の非破壊検査手法の開発に取り組んできた¹⁾。提案技術は、調和振動を与えることによって床版厚さ方向の縦振動を励起させ、部材の局所的な共振曲線（周波数-応答加速度関係）を得ることで内部ひび割れの検知する。これまでの検討により、アスファルトを介して測定する場合でも、RC 床版を直接測定する場合と同様に内部ひび割れの検知が可能であることが示された。しかし、これまでの検討は主に上面からの測定を行っており、床版下面からの測定についての検討が不足している。

供用中の道路橋 RC 床板を測定する際に、上面からの測定では交通規制などが必要であるため、床版下面からの測定が望ましい場合がある。本研究では、RC 床板下面から内部ひび割れを検知することを目的として、内部ひび割れを有する撤去床板を上面・下面から測定し、得られた共振周波数について整理した。

2. 撤去床板による基礎検討

主に積雪による凍害や融雪剤散布による塩害劣化により撤去された O 橋と、主に交通荷重による疲労損傷により撤去された M 橋の撤去床板について振動試験を行った。いずれもアスファルト舗装がある。本実験では、掃引周波数 500 ～ 10,000Hz、小型加振器の最大加振度振幅 1m/s^2 、測定時間 18 秒を基本とした。健全時の共振周波数の理論値を算出する際にはコンクリートの縦波伝搬速度を $4,000\text{m/s}$ 、アスファルトは文献²⁾から $2,800\text{m/s}$ と仮定した。

○ 橋から撤去した床板の寸法は 2,000mm × 6,300mm, 床板厚さは 260mm であり, そのうち 65mm は繊維補強コンクリートにより増厚されている. この撤去床板に対し, 図-1 に×印で示すように上面から計 16 点, 下面から計 6 点測定を行った. 測定点の間隔は 700mm とした. 振動試験により得られた共振周波数を, 上面から測定したものは黒字で, 下面から測定したものは赤字で図-1 に示す. また側面から目視確認

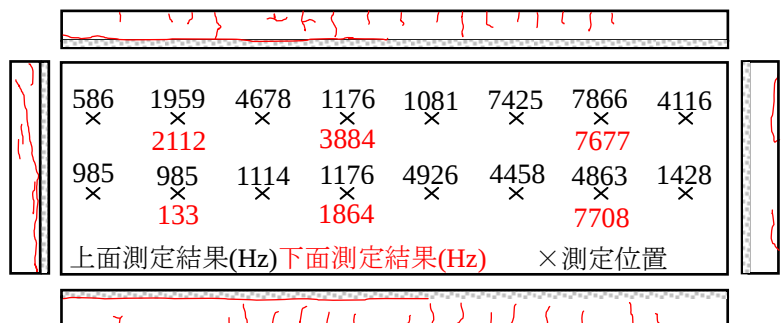


図-1 O橋の撤去床板の測定結果（健全理論値：7,692Hz）

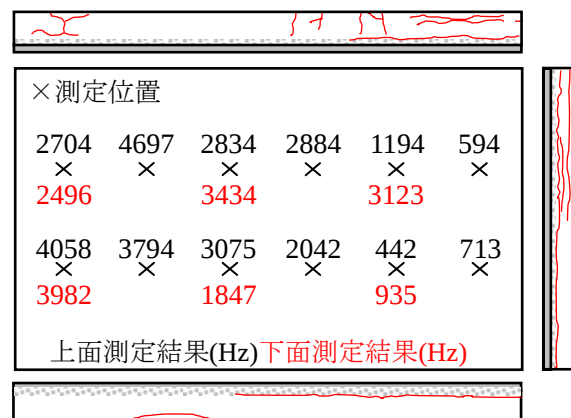


図-2 M橋の撤去床板の測定結果(健全理論値:6.021Hz)

キーワード：RC床板，振動試験，共振周波数，内部ひび割れ

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL：022 (795) 7449 FAX：022 (795) 7448

できるひび割れ図を図-1 に示す。上面からの測定結果を見ると、側面から水平ひび割れが確認できる箇所において共振周波数が著しく低下しており、繊維コンクリートで補強されている場合においても床板内部のひび割れを検知できることが示された。さらに下面からの測定結果を参照すると、上面からの測定結果から推定できる劣化分布と概ね同様の傾向を示しており、下面からでも床板内部のひび割れを検知できることが示された。

M 橋から撤去した床板の寸法は 2,550mm × 4,300mm、床板厚さ 300mm であり、そのうち 75mm はアスファルトである。また O 橋と同様に厚さ 65mm は繊維補強コンクリートにより増厚されている。M 橋の撤去床板に対する測定点、上面からの測定結果、下面からの測定結果、側面からのひび割れ性状を図-2 に示す。上面からの測定結果と下面からの測定結果を比較すると、それぞれの測定結果の傾向は側面から確認できる内部ひび割れの密度の傾向と概ね対応しており、M 橋においても下面からの測定により RC 床板内部の劣化性状を把握できることが示された。以上の結果から、提案手法を用いることで床板の劣化要因やアスファルトの有無に依らずに下面から床板の内部ひび割れを検知できる可能性が示された。

3. 道路橋の現場試験

提案手法の実用可能性を検討するため、高速道路で供用されている K 橋の現場試験を行った。設計床版厚は 250mm であり、舗装工事中であるため舗装がない状態で測定した。現場試験の状況を写真-1 に示す。本橋は舗装工事を行うにあたり、事前に打音検査や電磁波レーダーによる損傷位置同定を行っている。振動試験は事前調査による健全箇所と劣化箇所において 2 車線の内 1 車線のみを規制した車両走行下で行った。本実験では、掃引周波数 1,000~1,500Hz、加振器の加速度振幅 1m/s^2 、測定時間 18 秒を基本とした。

得られた共振曲線の一例を図-3 に示す。健全箇所の理論値は 7,582 Hz であるのに対して、事前調査で健全と判断された箇所では 6,925 Hz であり、概ね健全である。一方事前調査で異常が確認されていた劣化箇所では 2,073Hz と周波数が著しく低下した。

なお、提案技術は加振周波数が既知であるため、それ以外の応答を外乱として容易に除去できる。そのため、追い越し車線は車両走行中であつたが、これらの振動の影響を受けずに測定を実施することができた。



写真-1 測定状況 (K 橋)

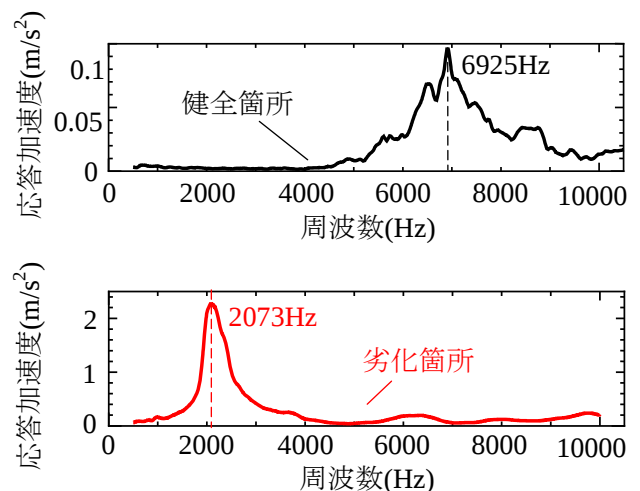


図-3 共振曲線 (K 橋現場試験)

4. 結論

本研究では、撤去床版の実測と、道路橋の現場試験において振動試験を行い、提案する強制加振試験による RC 床版の内部損傷の評価を試みた。撤去床版の実測では、アスファルト舗装の有無や劣化要因に依らず床版下面からの測定でも損傷を評価できる可能性を示した。高速道路の現場試験では、車両走行時であっても振動試験が可能であり、床版内部の損傷を検知できる可能性を示した。

参考文献

- 1) 内藤英樹, 斉木佑介, 鈴木基行, 岩城一郎, 子田康弘, 加藤潔: 小型起振機を用いた強制加振試験に基づくコンクリート床版の非破壊試験法, 土木学会論文集 E2, Vol.67, No.4, pp.522-534, 2011.
- 2) 池田幸史, 鈴木哲也, 大津政康: 共鳴法における劣化コンクリートの動弾性係数に関する考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, 2004.