

### 鋼板補強された鋼道路橋 RC 床版の健全性点検技術

オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○古賀秀幸  
 オリエンタルコンサルタンツ 安倍 敦  
 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

道路橋 RC 床版では、耐荷力不足や経年劣化への対策として、床版下面を鋼板や炭素繊維シートなどによって補強されることが多い。補強後は補強箇所の健全性や再劣化の有無を確認するため、点検による経過観察が重要である。

しかし、床版下面が補強材によって覆われている場合、目視点検では床版下面のひび割れ性状、漏水・遊離石灰などの損傷が確認できないことが多い。著者ら<sup>1)</sup>は、加振器を用いて鋼板や炭素繊維シート、アスファルト舗装の上から、**図-1**に示すように床版の局所的な縦振動(重複反射波)を励起し、共振周波数の低下により床版内部の損傷を評価する手法を研究している。

本報告は、床版下面が鋼板補強された鋼鈹桁橋に対して、実橋計測試験を行い、本手法の健全性点検技術への適用性を検討したものである。

#### 2. 強制加振試験の概要

対象橋梁は、主要幹線道路の河川に架かる道路橋であり、**写真-1**に示す1953年に竣工した単純鋼鈹桁橋・3連で、橋長76.9m、全幅員8.0m、床版厚さ250mm、舗装厚さ50mmである。本橋は、上下線2車線で供用されており、床版下面は鋼板接着補強が行われている。実橋試験の事前に行った目視点検と叩き点検では、橋面の舗装の異常や補強鋼板のうき・腐食、漏水・遊離石灰などが見られた。

第2径間(スパン25m)を対象として、桁下の足場から床版下面に対して、上向き方向に**図-1**の強制加振試験を行った。測定状況を**写真-2**に示す。厚さ1mmの両面テープを介し、加振器を床版下面(鋼板面)に接触させて振動を加えた。加振器は手で支持し、機械的な固定はしていない。

このとき、床版の加振点付近に加速度センサを接触させ、床版の振動数を測定した。本試験の加振は、周波数帯域2000~8000Hzに一樣の強度をもつホワイトノイズを与える加振方法(以下、ランダム加振)とした。この周波数帯域におけるパワースペクトル密度は、 $0.015 \text{ G}^2/\text{Hz}$ を基本として作成した。加速度波形の振幅は、どの周波数帯も同じで、 $100 \text{ m/s}^2$ 程度であった。10秒間のランダム加振による床版の応答を測定した後、複数回のデータの平均化処理を行って、周波数応答関数を解析した。

なお、測定は格間毎に9点、 $4 \times 7 = 28$ 格間(全252点)に対し行った。また、補強鋼板のうきのある箇所では、測定していない。

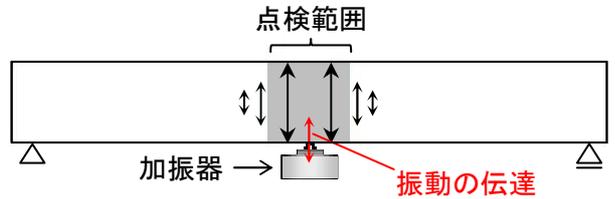


図-1 強制加振試験の概略図



写真-1 対象橋梁



写真-2 床版下面からの計測状況

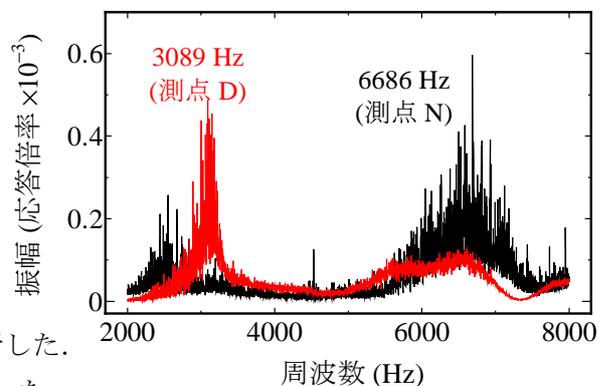


図-2 実橋試験による周波数応答関数

キーワード 鋼板補強, 床版, 振動試験, 健全性評価

連絡先 〒980-0811 仙台市青葉区一番町4丁目6-1 TEL: 022-215-5625 FAX: 022-215-5626

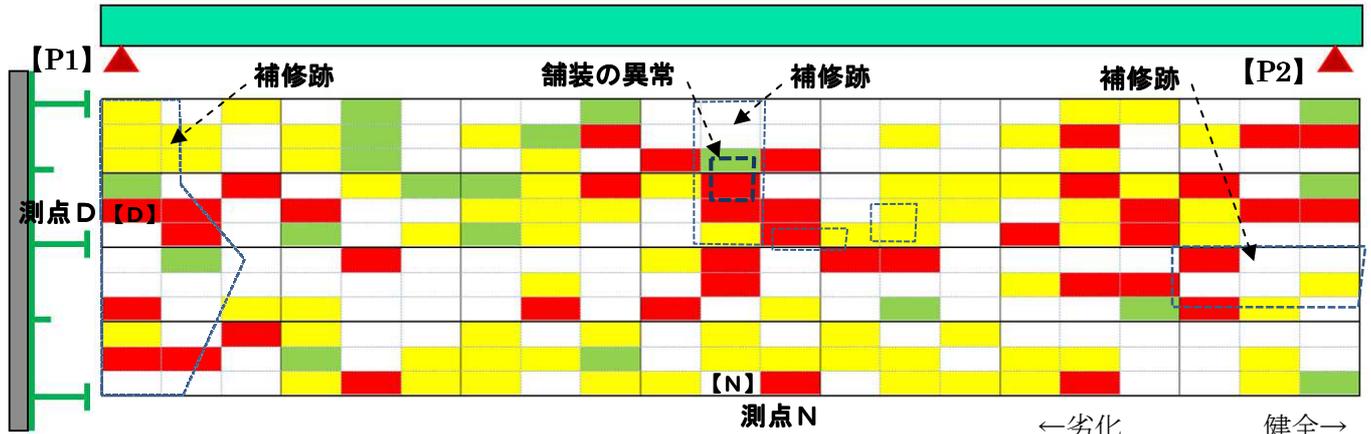


図-3 道路橋 RC 床版の剛性分布(共振周波数比による損傷マップ)

3. 実橋における強制加振試験結果

強制加振試験によって得られた床版の周波数応答関数の一例を図-2 に示す。図-2 の縦軸は、加振器の加速度を基準とした応答倍率を示す。異なる 2 測点での測定値は、いずれも明確な応答のピークが現れており、測点 D (3089 Hz) と測点 N (6686 Hz) が共振周波数として得られた。アスファルト舗装を考慮した床版の共振周波数の目安は、式(1)により算定できる<sup>1)</sup>。

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{2L_c}{v_c} + \frac{2L_a}{v_a}} \quad (1)$$

ここで、 $f$  は共振周波数、 $T$  は舗装上面と床版下面の往復にかかる時間(固有周期)、 $L_c$  と  $L_a$  はそれぞれ床版と舗装の厚さ、 $v_c$  と  $v_a$  はそれぞれコンクリートとアスファルトの縦波伝搬速度である。

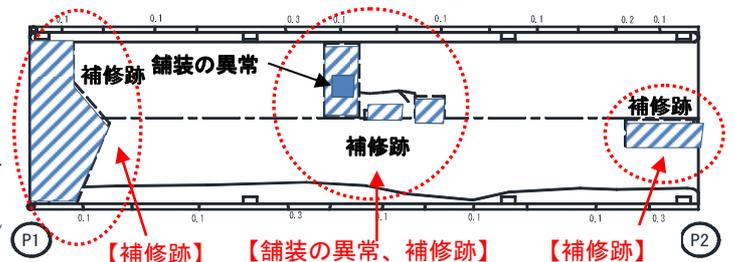


図-4 橋面の損傷図(補修跡等)

コンクリートとアスファルトの縦波伝搬速度<sup>3)</sup>を  $v_c$  4000 m/s と  $v_a$  2800 m/s に仮定した共振周波数の算定値は 6222 Hz となる。図-2 の測点 N (6686 Hz) が算定値と概ね対応したことから、健全箇所と判断される<sup>1)</sup>。

一方、図-2 の測点 D (3089 Hz) は、算定値よりも低い共振周波数(約 50% に低下) が測定された。床版内部の空隙やひび割れなどによって共振周波数が低下することから、測点 D は損傷箇所と判断される<sup>1)</sup>。

本試験で測定した 252 測点の結果を図-3 に示す。測定は全体で 8 時間程度を要した。解析は 252 個のデータの平均値を求め、平均値から 20% 以上離れたデータを破棄し、共振周波数の基準値  $f_m$  (6779Hz) を求めた。図-3 は  $f_m$  を基準とする共振周波数比を色分け表示したものである。コンクリート標準示方書<sup>2)</sup>では凍害に対する耐久性の観点から相対動弾性係数(剛性) 70% を規定しており、これに相当する共振周波数比 0.85 を健全性判定の閾値と考えた。さらに、剛性 25% と 50% に相当する共振周波数比として、0.5 (赤色) と 0.75 (黄色) に区分した。

以上より、図-3 は鋼板補強され、目視点検が困難な床版の剛性分布(損傷マップ)を示している。

目視点検による橋面の損傷図を図-4 に示す。図-4 と図-3 の損傷箇所(赤:0.5 以下,黄:0.5~0.7)を対比すると、図-4 の舗装の異常や補修跡等は桁端部と支間中央付近に生じており、図-3 の損傷箇所と概ね一致する。

4. まとめ

小型加振器を用いて、道路橋 RC 床版に対し、健全度を調べる実橋試験を行った。その結果、鋼板補強によって床版下面が目視点検できない事例に対し、非破壊試験によって床版の剛性分布(共振周波数比による損傷マップ)を示すことができた。本手法は、軽量小型加振器の使用と、ホワイトノイズを用いたランダム加振により測定時間の短縮を図ったことが特徴で、車両走行の振動影響下でも測定精度を低下させることなく、桁下から床版の点検(計測)が実施できた。今後も本手法による道路橋の実橋試験などを行い、実用化に繋げることを考えている。

【参考文献】：1) 内藤英樹, 齋木佑介, 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, 522-534, 2011.

2) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編, 2012

3) Sansalone, M. and Streett, W. B. : Impact Echo, Bullbrier Press, Ithaca, N. Y., pp.156-166, 1997.