

インパクトエコー法に基づく RC 床版内部の水平ひび割れの検出

岐阜大学 (大阪大学大学院) 学生会員 内田慎哉, 大阪大学大学院 正会員 鎌田敏郎, 岐阜大学 正会員 六郷恵哲
 中日本高速道路㈱ ○正会員 三山 敬, K&T こんさるたんと 正会員 肥田研一

1. はじめに

近年, 既設 RC 床版や上面増厚補強を施した RC 床版において, 疲労による劣化事例が顕在化している. この場合の主たる損傷形態は, 切断面での観察の結果, 既設コンクリート内部あるいは既設コンクリートと増厚コンクリートとの境界面における水平ひび割れであることが明らかとなっている. しかしながら, コンクリート内部に生じる水平状のひび割れは外観目視では確認が困難であり, これを正確に検出可能な検査法の確立が望まれている.

そこで本研究では, 経年劣化した橋梁から上面増厚を施した RC 床版を切り出し, インパクトエコー法による水平ひび割れの検出を行うとともに代表的な測定点で削孔を行い, 目視により把握できた実態との対応を比較検証した.

2. 調査対象とした床版の概要

中日本高速道路㈱が管理する子野川橋は, 昭和 50 年に供用され, 中央自動車道の園原 IC~中津川 IC に位置する橋長約 150m の 5 径間連続非合成桁橋である. 図-1 に子野川橋の側面図を示す. 子野川橋の床版は, 車両の大型化や凍結防止剤の散布による塩害などにより著しく損傷していたため, 供用後約 22 年経過した平成 9 年度に超速硬スチールファイバーコンクリートにより上面増厚補強を施した後, 50mm のアスファルト舗装部を設けた床版 (舗装部も含めた床版厚さは 290mm) である. 上面増厚補強された床版は, その後も車両の繰り返し荷重を受けることにより再劣化したため, 平成 17 年度に床版取替工事のために撤去された. 調査対象とした床版は, 撤去された床版から比較的レベルひび割れの少ない床版 (床版 1) と, 外観上水平ひび割れが多いもの (床版 2) とを目視により選定し, 両床版を橋軸方向および橋軸直角方向に対して, それぞれ 2000mm および 2500mm となるように切断したもの (図-2 参照) である. 子野川橋から採取した床版 1 および 2 の位置を図-1 に示す.

3. 調査概要

3.1 インパクトエコー法

インパクトエコー法によるコンクリート内部の水平ひび

割れの評価原理を図-3 に示す. この手法は, 水平ひび割れの位置を, 打撃により得られた受信波の周波数スペクトルから評価するものである. その評価にあたっては, 周波数スペクトルにおける縦波共振によるピーク周波数を活用する. なお, 図中における床版厚や水平ひび割れによる縦波共振周波数は, 以下の式により算出される.

$$f_{\text{床版厚}} = V/2T \quad (1)$$

$$f_{\text{ひび割れ}} = V/2d \quad (2)$$

ただし, $f_{\text{床版厚}}$: 床版厚によるピーク周波数, $f_{\text{ひび割れ}}$: 水平ひび割れによるピーク周波数, V : 縦波の伝播速度, T : 床版厚, d : コンクリート内部の水平ひび割れまでの深さ.

インパクトエコー法による計測位置間隔は, 床版橋軸方向および橋軸直角方向いずれの場合も, 250mm 間隔で 5 点とし, 合計で 25 点である (図-2●印). 本調査は, 実橋での調査を想定して床版下面側から実施した. そのため, H 形鋼および角材を用いて架台を組み上げ, その上に切り出した床版を設置した. なお, 計測にあたっては, 得られた結果に計測実施者の主観が入らないように, いずれの床版においても切断面をブルーシートで覆い隠し, 床版に発生しているひび割れを把握できないようにした.

3.2 目視調査

インパクトエコー法によって推定した水平ひび割れの発生位置を検証するため, いずれの床版においても, 図-2 中の○印 (5 箇所) において削孔し, 目視調査を行った.

4. 調査結果

床版 1 および 2 で計測されたピーク周波数から, 床版厚および水平ひび割れまでの深さを算出し, これをコンター図として図-4 にまとめた. 凡例の値は, 床版の裏面 (インパクトエコー法の実施箇所) からの深さを示している.

この図における床版 1 では, 計測によって得られた周波数スペクトル上のピーク周波数を基に, 式(1)および(2)を用

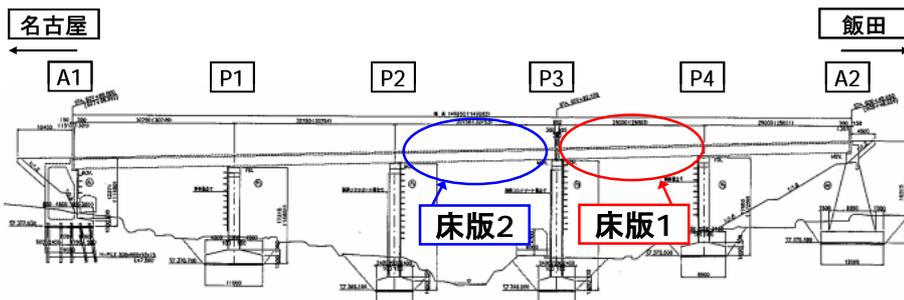


図-1 子野川橋側面図

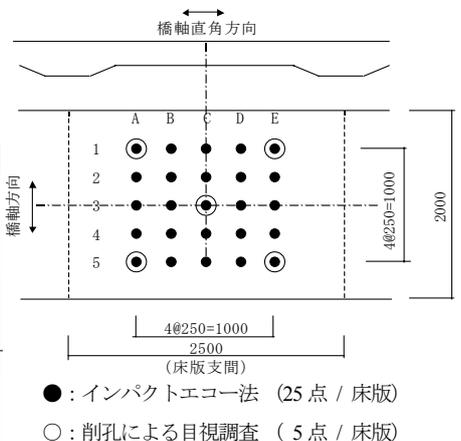


図-2 供試体形状と調査測点

キーワード RC 床版, 疲労, 水平ひび割れ, 非破壊評価, インパクトエコー法

連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL06-6879-7618

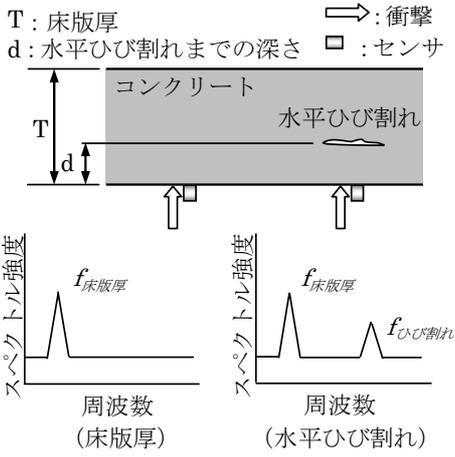


図-3 インパクトエコー法の概念図

表-1 インパクトエコー法による水平ひび割れ深さ推定値および削孔結果

計測箇所		インパクトエコー法 (mm)	削孔 (mm)
床版 1	A1	215	240
	A5	290	—
	C3	185	240
	E1	240	240
	E5	235	—
床版 2	A1	115	30,150,240
	A5	80	140,240
	C3	155	210,260
	E1	165	240
	E5	240	—

— : ひび割れなし

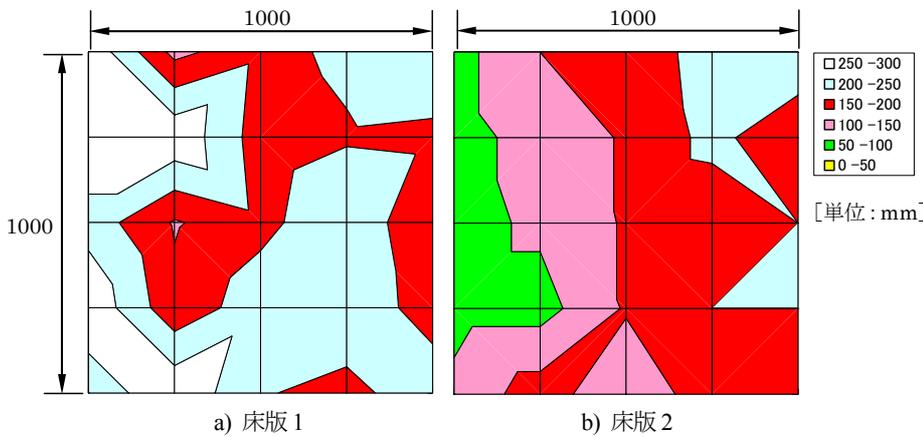


図-4 コンター図

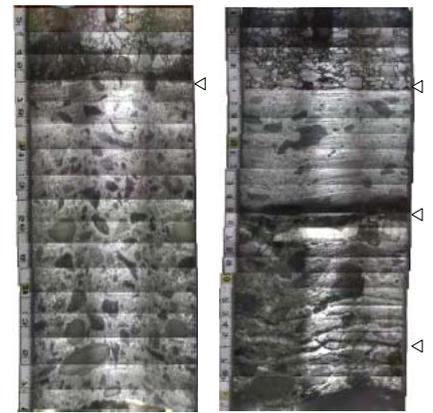


写真-1 削孔による目視調査結果

△ : ひび割れ発生位置

写真-1 削孔による目視調査結果

いて板厚あるいはひび割れまでの深さを推定すると、床版下面から 150~200mm, 200~250mm および 250~300mm の深さに大別される。これらのうち、推定したひび割れまでの深さが 250~300mm の場合は、周波数スペクトルにおいて床版厚に起因するピーク周波数が卓越したと考察できる。一方、150~200mm の場合は、既設床版厚がおよそ 200mm であることを考慮すると、床版内部に水平ひび割れが発生しているものと考えられる。また、深さ 200~250mm では、床版下面からアスファルト舗装部と上面増厚部の境界面までの深さがおよそ 240mm であるため、舗装部と増厚部との界面において水平ひび割れが存在し、これにより弾性波が反射して縦波共振が生成されたと思われる。なお、ピーク周波数から算定された水平ひび割れ深さは、明らかに床版内部のものが少ない結果となった。これより、床版 1 では、疲労による損傷は非常に少なく、比較的健全な床版であることが推測できる。これに対して、床版 2 においては、床版 1 同様、舗装部と増厚部との界面からの反射によるピーク周波数(深さにして、200~250mm)を確認できるものの、既設床版内部の水平ひび割れと考えられるピーク周波数(深さにして、50~200mm)が支配的になっていることがわかる。これより床版 2 は、繰り返しの交通荷重などによる疲労損傷程度が大きい床版である可能性が高いと思われる。

表-1 に目視調査結果をインパクトエコー法の結果と併

せて示す。床版 1 における削孔の結果、舗装面と上面増厚部との境界面にのみ幅の小さいひび割れが生じており(写真-1 a)参照)、比較的健全な床版であることが確認できた。しかも、削孔結果とインパクトエコー法による水平ひび割れ深さの推定結果とは、良く一致していることも明らかとなった。これに対して、床版 2 における目視結果は、E5 以外の全ての計測箇所においてひび割れが確認され、しかも計測箇所(A1, A5 および C3)によっては深さ方向の各位置にひび割れの存在を把握することができる(写真-1 b)参照)。これらをインパクトエコー法で得られた推定結果と比較すると、インパクトエコー法では実際のひび割れに対して深さを小さく推定する傾向を示しているものの、疲労損傷程度が大きい床版であることを両者の結果から判断することができる。

5. まとめ

中央自動車道子野川橋の撤去床版を対象に、インパクトエコー法による床版内部の水平ひび割れ調査を行った結果、インパクトエコー法により推定した水平ひび割れの位置およびその有無は、削孔結果と良い対応を示していることがわかった。これより、インパクトエコー法は、コンクリート床版の疲労損傷検出として相応の適用性を有していることが明らかとなった。