

衝撃弾性波法を用いた中空床版を有する橋梁の健全性の調査

Survey of voided-slab bridge by impact elastic wave method

鈴木 克利

坂本 智

山崎 一義

KATSUTOSHI SUZUKI

SATORU SAKAMOTO

KAZUYOSHI YAMAZAKI

オリジナル設計株式会社

ORIGINAL ENGINEERING CONSULTANTS CO.,LTD.

極檀 邦夫

KUNIO GOKUDAN

iTECS 技術協会

iTECS Association

概要

建設後 40 数年経過した RC 中空床版橋の健全性調査に衝撃弾性波法を用いた事例について報告する。衝撃弾性波法により測定した結果、床版内部の中空部付近にひび割れの存在することが推測された。コンクリートコアを採取して検証を行った結果、衝撃弾性波法により推測したひび割れの位置とコアによる実際のひび割れ位置がほぼ一致した。

キーワード：衝撃弾性波法、中空床版橋、ひび割れ

1.はじめに

わが国では、現在約 15 万橋の橋梁が供用されているが、2020 年には 5 万橋、2030 年には 10 万橋が供用 50 年以上となる。コンクリートの耐用年数は約 50 年といわれており、供用年数が長期間になるほど種々の要因により劣化が促進される。構造物の性能を保証しつつ延命化を図るためには、現状を的確に把握するとともに、構造物の状況に応じた適切な維持管理を実施することが重要である。

今回、建設後 40 数年経過した RC 中空床版橋を対象にして衝撃弾性波法による健全性試験を実施した。RC 中空床版橋の床版下面に多数のひび割れが観察されたため内部の劣化が懸念された。そこで、衝撃弾性波法により、RC 中空床版内部のコンクリート性状について計測した。本文は、中空床版内部に発生したひび割れの有無とその位置を推定し、コンクリートコアを採取して比較検証した結果について報告する。

2.調査概要

図 1 に調査位置(平面図)、図 2 に中空床版断面概要を示す。調査を行った橋梁は、床版厚さ 900mm の RC 中空床版橋である。中空床版の断面中空部は、600mm で中央部に設置されており、床版下面から中空部まで 150mm である。

調査は、床版のスパン中央部及び端部(橋脚付近)に測定線を設け、500mm 間隔で床版下面から測定を行った。

計測に用いた衝撃弾性波法(iTECS:写真1)は、測点に加速度計を手で押しつけ近傍(約10cm)をインパクト(直径30mm)で軽打して多重反射波をとらえて解析する。周波数解析の方法として、自己相関関数と最大エントロピー法およびスペクトログラムを用いる。

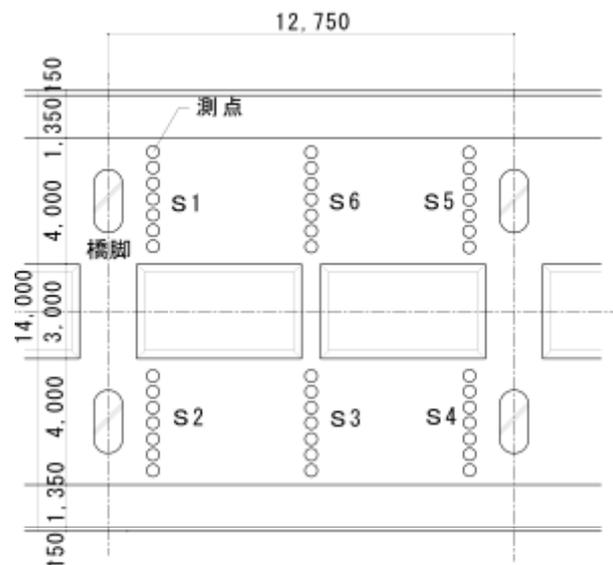


図 1 調査位置

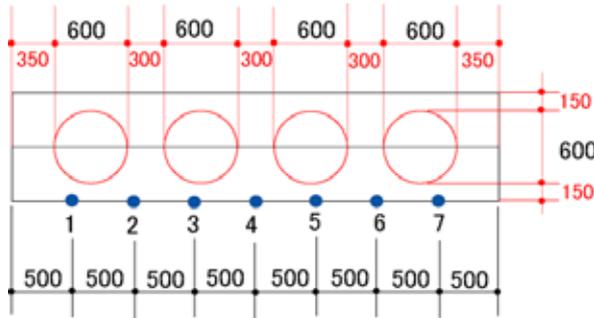


図2 中空床版断面概要



写真1 測定装置

3. 衝撃弾性波法による測定結果

RC 中空床版橋では、円形の中空部分が衝撃弾性波の伝搬に対してどのように影響するのかを把握するのは難しいと考えられる。一般的に、中空部の影響を受けて見掛けの弾性波速度が低下する可能性は指摘できるが、この中空部の大きさは、波長と比較できる程大きく、逆に影響を及ぼしにくいと考えることもできる。

中空部の影響は、弾性波速度の低下ではなく、定常的な反射面が存在すると考えることもできる。測定結果を見ると、厚さの半分に相当する 450mm の位置にスペクトルが多く見られる。これは、厚さ方向での多重反射の中に中空部からの反射が混在するためと理解される。中空部分を含め、フランジ付きの板状構造と仮定すれば、フランジ部の付加質量による弾性波速度の低下が指摘できるが、弾性波動は多重反射に特定のスペクトルが生成されるものと推量される。ただし、横波の発生が考えられるので、周波数から距離への変換では慎重な考慮が必要と思われる。

測点3の場合では、コンクリートの厚さが 160mm 程度であるから、たわみ振動、円周に沿って内部に伝搬する弾性波は多重反射波、さらに横波が発生すると推量される。たわみ振動の周波数は、約 1kHz から 1.2kHz と推定されるが、厚さ 900mm の固有振動数は、約 2kHz である。衝撃弾性波法 (iTECS) は、このような低周波の信号成分を解析対象から除外して解析することができるので両者が区分できる。

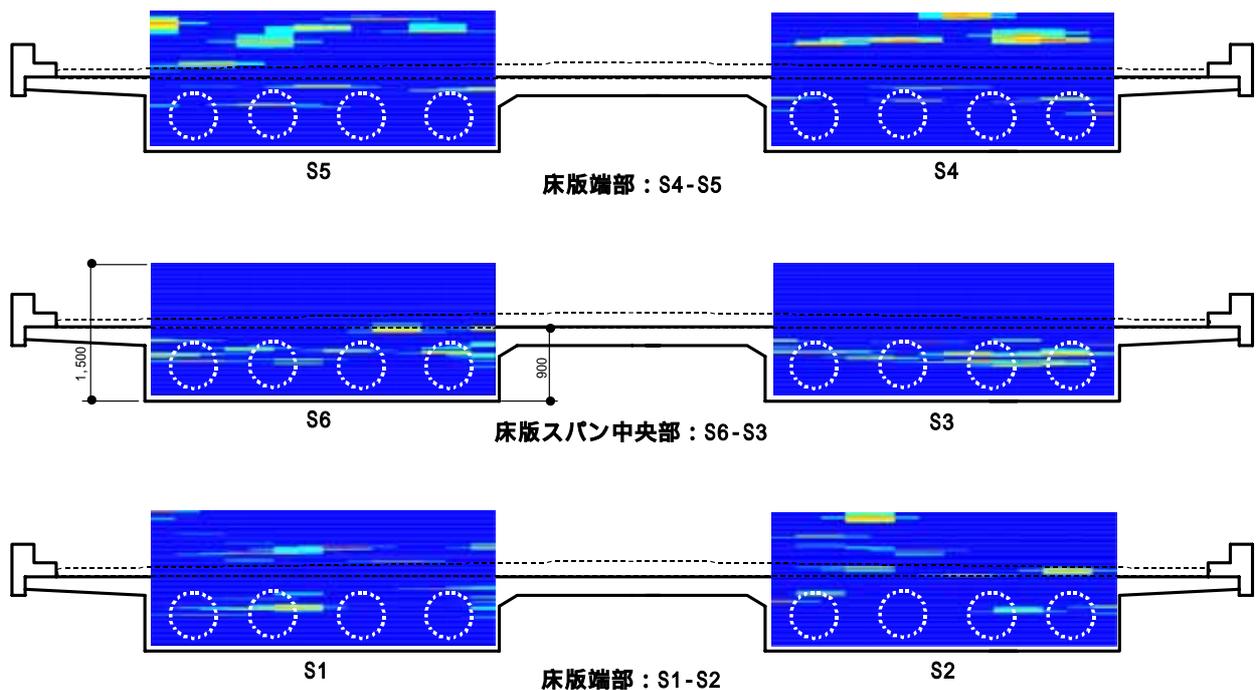


図3 厚さのスペクトルカウンター図

中空部によるたわみ振動は、測定対象とする振動周波数と比較してやや低くこれを除去して解析して、厚さのスペクトルコンター図を作成し、それぞれの断面の相互比較を行い、弾性波解析の視点で検討した結果を図3に示す。

図の縦方向は、弾性波速度 3800m/s と仮定して、床版下面から反射面までの距離(厚さ)を求めたものである。図中の色調は、反射波の強さを表しており、色が明るい部分が反射面を示している。また、中空部の位置は白○印で示している。

床版端部(橋脚に近い測線)は、床版の設計寸法と比較して、床版厚さに相当する厚さよりも厚く観測されている。また、中空部の相当する位置でのスペクトルは、ほとんど観測されていない。一方、床版中央部(床版スパン中央部側線)は、床版端部で観測された床版厚さよりも厚いスペクトルは観測されておらず、中空部と中空部の間にスペクトルが観測されている。

以上のように、床版端部と中央部では、厚さのスペクトルコンター図を比較すると厚さパターンに相違が見られた。そこで、中空部に明瞭な反射面が検知された床版スパン中央において、反射面が検知された橋梁中央(センターライン)に近い部分でコア供試体採取し検証することとした。

4. コンクリートコア供試体採取による検証

コンクリートコア採取位置を図4に示す。コンクリートコア供試体は、主鉄筋への影響がなく、中空部間に反射面の存在する位置を選定し床版上面及び下面から採取した。

コアを採取する床版厚さは、900mm であり、床版上面に厚さ 150mm の調整コンクリートが打設されている。衝撃弾性波法から推定されたひび割れの位置は、床版下面から約 500mm である。そこで、コア採取計画長は、床版上面のコアについては調整コンクリートを含み 650mm、床版下面のコアについては 500mm とした。削孔径は、鉄筋切断を回避するため 75mm とした。

写真2に、床版上面から採取したC1の採取コアの写真と、周波数の時間経過による変化を示すスペクトログラムを図5に示す。スペクトログラムから床版上面から下方 300mm 付近にひび割れと推測される反射面が確認された。写真2に示すコアの全長は、約 590mm であった。採取したコアを観察したところ、上面から約 320mm にひび割れが確認され、スペクトログラムの推定結果とほぼ一致した。また、採取したコアは、ひび割れの位置で完全に破断しておらず部分的に繋がっていた。

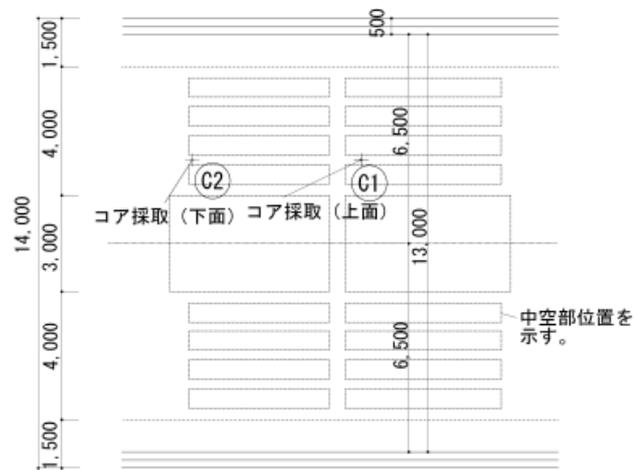


図4 コア採取位置

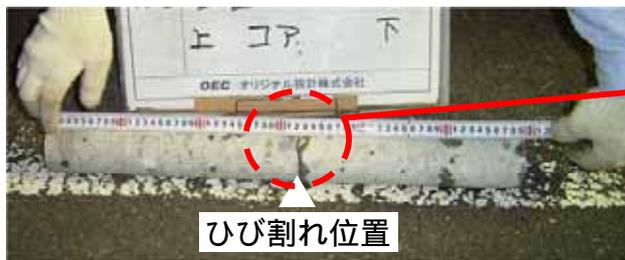


写真2 コアC1の状況



図5 C1の測定結果



写真3 コア C2 の状況

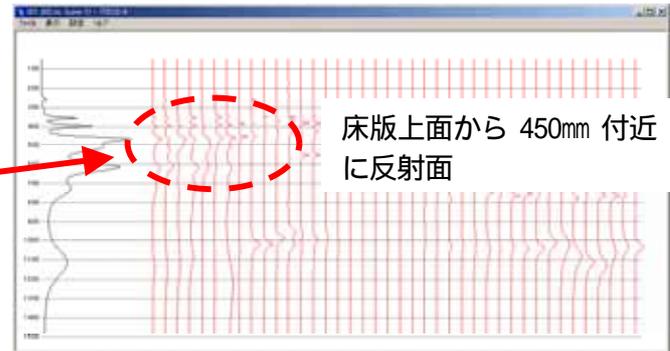


図6 C2 の測定結果

写真3にC2で採取したコアの状況を示す。採取したコアの全長は、約480mmであった。この位置のコア長さは500mm（ボーリング長は余裕を見て数cm長い）であるが、採取したコア長は計画より短かった。コア先端の破断面を観測したところ、汚れ、ゴミなどが付着していたため、コア採取以前から欠陥があったことは明らかである。したがって、採取したコアの先端部には採取前にひび割れが生じており、結果として計画長より短くなったものと推定される。採取位置C2において床版下面から弾性波を測定したスペクトログラムを図6に示す。測定結果から、床版下面から上方450mm付近に反射面が確認され、コアとほぼ一致した結果が得られた。

スペクトログラムから推定したひび割れの推定長さとコア採取により確認されたひび割れ長さなどが2本のコア供試体でほぼ一致した。衝撃弾性波法により測定された床板桁内部の反射面は、床版内部に生じたひび割れに起因するものであることが判明した。したがって、今回コア採取を行った場所だけではなく、衝撃弾性波法により中空部間に水平方向のひび割れが推測された場所についても、実際にひび割れが生じている可能性が考えられる。

5.まとめ

衝撃弾性波法によりRC中空床版橋の床板内部のひび割れの有無を計測した。調査の結果、衝撃弾性波法による、厚さのスペクトルコンター図と周波数の時間経過に変化を見るスペクトログラムによって、中空床版橋の床板内部に水平方向のひび割れの存在と深さ位置を推定した。そこで、コア供試体を採取して確認したところ、弾性波で推定したひび割れの位置とコアによる実際のひび割れ位置がほぼ一致した。

今後は、測定間隔をより密にして計測を行い、円形の中空部分が衝撃弾性波の伝搬に対する影響について検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 岩野聡史、極檀邦夫、境友昭：衝撃弾性波法によるコンクリート内部欠陥探査、コンクリート工学年次論文集、Vol.24、1、pp.1521-1526、2002
- 2) 尾場瀬宏美、極檀邦夫、境友昭、池端秀幸：動的FEM解析によるコンクリート内部欠陥探査のメカニズムに関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.27、1、pp1717-1722 2005
- 3) 境友昭、極檀邦夫、手塚正道：衝撃弾性波法によるPC橋梁のシースの位置・充填度の推定方法、土木学会第60回年次学術講演会講演概要集V部門、pp.1203-1204 2005
- 4) 非破壊検査によるコンクリート品質、厚さ、鉄筋かぶり、径の計測に関する共同研究報告書、国土交通省土木研究所、pp.307-314 2001