

# 非破壊試験による RC 床版内部の損傷と剥離状態の把握に関する基礎的研究

神戸大学 学生会員 ○川瀬 翔大  
神戸大学 正会員 三木 朋広

## 1. はじめに

近年、我が国では道路橋をはじめとする多くの構造物において老朽化が進行しており、合理的かつ効率的な維持管理手法の確立が求められている。その中で、既設 RC 床版の補強材料として、超高性能繊維補強コンクリート (UHPRC) が注目されている。UHPRC は高い圧縮強度および曲げ靱性を有し、薄層での補強が可能であることから、RC 床版の長寿命化対策として有効である。一方で、UHPRC を用いた補修・補強においては、既存 RC 床版との界面状態が補修後の性能に大きく影響することが知られており、補修層と既設部との一体性や品質を適切に評価することが重要である。このような背景から、UHPRC 補強部を含めた RC 床版の内部状態を、施工後においても非破壊で把握可能な評価手法が求められている。コンクリート構造物の非破壊検査法の一つとして、弾性波を利用する超音波試験が挙げられる。超音波試験は、内部のひび割れや空隙、剥離などの影響を反映した伝播特性の変化を捉えることで、構造物内部の状態を評価できる手法である。これまでの研究により、超音波試験を用いることで、外観観察では把握が困難な内部損傷や界面欠陥の把握に対して一定の有効性が示されている。しかし、UHPRC 補強床版を対象として、荷重過程における内部損傷や UHPRC-RC 境界面剥離の進展挙動を、超音波伝播特性の変化として定量的に評価した事例は限られている。そこで本研究では、RC 床版および UHPRC 補強床版を対象として超音波試験を実施し、超音波伝播特性の変化に基づき、床版内部に生じた損傷および剥離状態について検討する。

## 2. 実験概要

本研究では、豊中高架橋から撤去された RC 床版を用いた。これらは供用中に交通荷重の繰返し作用を受けており、実橋に近い劣化状態を有する床版である。供試体として、RC 床版および UHPRC 補強床版を対象とした。実験では、床版の損傷を進展させるために荷重試験を実

施し、各荷重段階において床版上の 16 箇所で超音波試験を行った。RC 床版では、荷重の進行に伴う超音波伝播速度の変化から床版内部の損傷状態の評価を試みた。一方、UHPRC 補強床版では、伝播速度の推移に基づき、UHPRC-RC 境界面における剥離状態の評価を試みた。なお、超音波試験は、供試体を上下から発信子および受信子で挟み込む透過法により実施した。

## 3. RC 床版に対する実験結果

図 1 は各荷重段階における超音波試験結果であり、実際の床版内の測点位置を対応させて表している。さらに、伝播速度の大小によって色分けを行っている。結果から、荷重試験の進行に伴い、荷重点近傍に位置する測点 4, 5, 12, 13 において、伝播速度の顕著な低下が確認できた。これにより、荷重に伴う内部損傷が荷重点周辺に集中して発生することが示唆された。

また、測点 11 では荷重前から低い伝播速度を示しており、鉄筋降伏前の段階から測点 3 においても低い値が確認された。これらの測点については、初期状態における損傷が荷重過程によって拡大したと考えられる。

一方で、初期状態が健全かつ荷重点近傍ではないその他の測点は、荷重によって伝播速度の変化が確認されず、終始健全な状態を保つと考えられる。



図 1. 各荷重段階における超音波試験結果

#### 4. UHPFRC 補強床版に対する実験

RC 床版の実験結果で得られた知見により、既存の損傷による影響が支配的な測点と載荷点近傍の測点を排除することで、内部損傷の影響を除外した。また、伝播速度の低下傾向に着目するために、載荷前の伝播速度を基準とした正規化伝播速度の推移により評価を行った。

##### 4.1 剥離なし

図 2 は、正規化伝播速度が概ね 0.9 以上を保った測点群である。目視調査からも境界面に剥離が確認されなかったことから、これらの測点近傍では、境界面の剥離が起きていないと考えられる。

##### 4.2 剥離あり

図 3 は、載荷前-40kN 間の時点から比較的大きな低下が確認された測点群である。また、同図からは、測点 10 から順に正規化伝播速度の低下段階が早くなる傾向がみられ、目視調査では測点 10 に近づくにつれて広がる境界面の剥離が観察された。このことから、伝播速度の推移が実際の境界面剥離の進行に対応していることが示唆された。

##### 4.3 潜在剥離

図 4 は載荷前-40kN 間の時点から正規化伝播速度が 0.9 を下回った測点である。外観から剥離が確認されなかったが、内部損傷の影響を除外していることから、目視では確認できないような潜在的な境界面剥離の可能性がある。

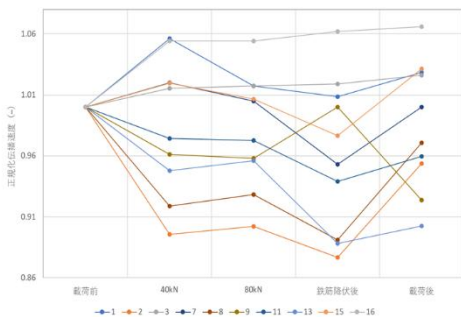


図 2. 正規化伝播速度の推移 (剥離なし)

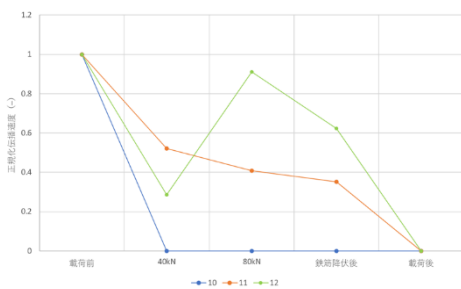


図 3. 正規化伝播速度の推移 (剥離あり)

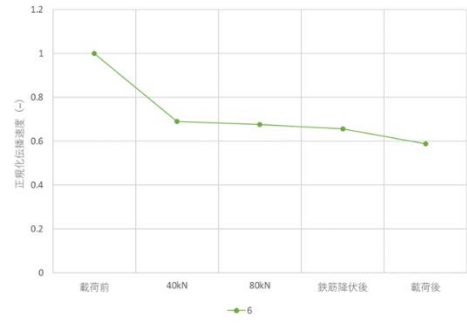


図 4. 正規化伝播速度の推移 (潜在剥離)

#### 5. まとめ

本研究では、RC 床版および UHPFRC 補強床版を対象として、載荷過程における超音波伝播速度の変化挙動に着目し、床版内部損傷および UHPFRC-RC 境界面剥離の非破壊的評価について検討した。得られた結論は以下の通りである。

- 1) 載荷の進行に伴う内部ひび割れの発生・進展および、既存のひび割れやその拡大に対応して、伝播速度が低下する傾向を確認した。これにより、超音波伝播速度は RC 床版内部損傷の評価指標として有効であることが示された。
- 2) UHPFRC 補強床版においては、内部損傷の影響を受ける測点を除外し、載荷による伝播速度の推移に着目することで、UHPFRC-RC 境界面の剥離の有無を判別できる可能性を示した。
- 3) 特に、外観上は健全と判断される部位においても伝播速度の低下が確認され、目視では把握困難な潜在的剥離を検出できる可能性が示唆された。

#### 6. 参考文献

Sasmal, S., et al. : Detection of interface flaws in Concrete-FRP composite structures using linear and nonlinear ultrasonics based techniques, Ultrasonics, Vol.132, Article 107007, 2023.7