

鋼板および繊維シート補強した RC はりの損傷評価

東北大学 正会員 ○内藤英樹
東北大学 学生会員 安部誠司

東北大学 学生会員 上田博之
東北大学 学生会員 諸橋拓実
東北大学 フェロー 鈴木基行

1. はじめ

橋梁の長寿命化を図るため、鋼板や繊維シートによって補強された RC 主桁や RC 床版が供用されている。RC 部材の補修箇所は再劣化しやすく、その後の経過観察が必要であるが、コンクリート表面が鋼板や繊維シートに覆われているため、再劣化による変状が目視確認できない箇所もある。このような目視困難箇所の点検に振動試験の活用が期待されている。

著者ら¹⁾は、動電式加振器を用いた RC 部材の非破壊試験を検討している。提案技術は、図-1 に示すように、部材に調和振動を加え、加振器周りの検査範囲(振動が及ぶ範囲)に対して部材厚さ方向の縦振動を励起し、共振周波数の低下に着目してひび割れなどの内部損傷を検知する(以下、局所振動試験)。著者らはこの試験方法を用いて、鋼板や繊維シートによって補強された RC 部材の再劣化に対する点検を考えている。本研究はその基礎検討として、補強材の種類(無補強、鋼板、繊維シート)をパラメータとした 3 体の RC はり供試体を作製し、荷重によって生じた RC はりの曲げひび割れに対して、図-1 の局所振動試験による損傷同定を試みた。

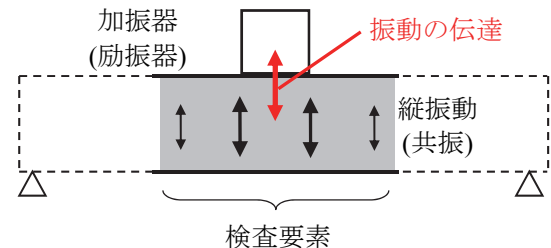


図-1 局所振動試験の概略図

2. 実験概要

供試体の概略図を図-2 に示す。実験パラメータは補強材の種類(補強なし、鋼板、繊維シート)とした。2 体の補強供試体は、図-2 の RC 供試体を基準として引張鉄筋量を 50 % に低減した上で、同程度の耐荷力まで性能が回復するように、それぞれ鋼板(厚さ 4.5 mm)と炭素繊維シート(2 枚)を供試体下面に全面接着させた。以降、鋼板補強した供試体を鋼板供試体、繊維シート補強した供試体をシート供試体と呼ぶ。そして、図-2 に示すように、曲げ荷重試験によって 3 つのはり供試体に曲げひび割れを導入した。はりの支点間距離は 4.0 m とし、スパン中央に一方の鉛直荷重を加えた。3 体の共通条件として、RC 供試体の降伏変位 δ_y を基準として、その整数倍ごとに $6\delta_y$ まで除荷と再荷重を繰り返した。

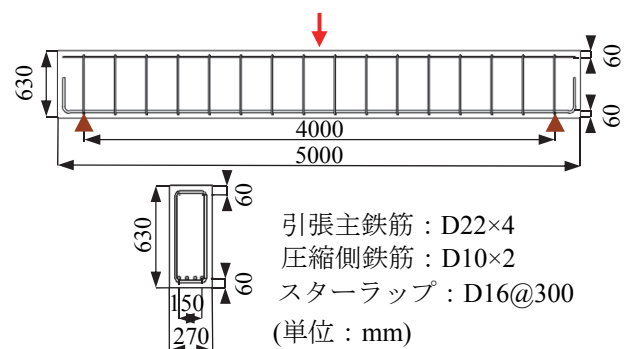


図-2 RC 供試体の概略図

各荷重ステップの除荷時に図-1 の局所振動試験を行った。測定箇所は、はりの左端部から 50 cm 間隔を基本として、スパン中央付近は 25 cm 間隔とした。本実験では、供試体上面と下面からそれぞれ調和振動を与え、このとき加振点付近に貼付した加速度センサによって供試体の共振曲線(周波数-応答加速度関係)を得た。2 つの補強供試体の下面測定は、鋼板と繊維シートを介して RC はりの内部損傷(曲げひび割れ)の評価を試みている。加振器の加速度振幅 1 m/s^2 を一定とし、1000~3500 Hz を基本に周波数を 18 秒間で連続的に上昇させた。

各荷重ステップの除荷時に図-1 の局所振動試験を行った。測定箇所は、はりの左端部から 50 cm 間隔を基本として、スパン中央付近は 25 cm 間隔とした。本実験では、供試体上面と下面からそれぞれ調和振動を与え、このとき加振点付近に貼付した加速度センサによって供試体の共振曲線(周波数-応答加速度関係)を得た。2 つの補強供試体の下面測定は、鋼板と繊維シートを介して RC はりの内部損傷(曲げひび割れ)の評価を試みている。加振器の加速度振幅 1 m/s^2 を一定とし、1000~3500 Hz を基本に周波数を 18 秒間で連続的に上昇させた。

3. 実験結果

3 体の荷重-変位関係を図-3 に示す。鋼板供試体では $3\delta_y$ の荷重時にスパン左側の鋼板が広範囲にわたって剥が

キーワード：RC はり，鋼板，繊維シート，再劣化，振動試験，損傷同定

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

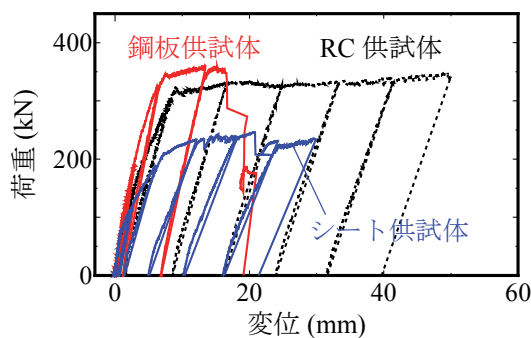


図-3 荷重-変位関係

れ、荷重が大きく低下した。また、シート供試体でも $3\delta_y$ の載荷時から下面の繊維シートが徐々に剥がれ始めた。

$6\delta_y$ 除荷時の RC 供試体の局所振動試験から得られた共振曲線の一例を図-4 に示す。測定位置はスパン中央付近であり、大きな曲げひび割れが生じていた。理論による健全箇所の共振周波数は 2920 Hz であり、これと比較すると図-4 の実験結果では共振周波数が大きく低下している。上面および下面測定の共振周波数は良好に対応しており、曲げひび割れによる剛性低下を検知したものと考えられる。

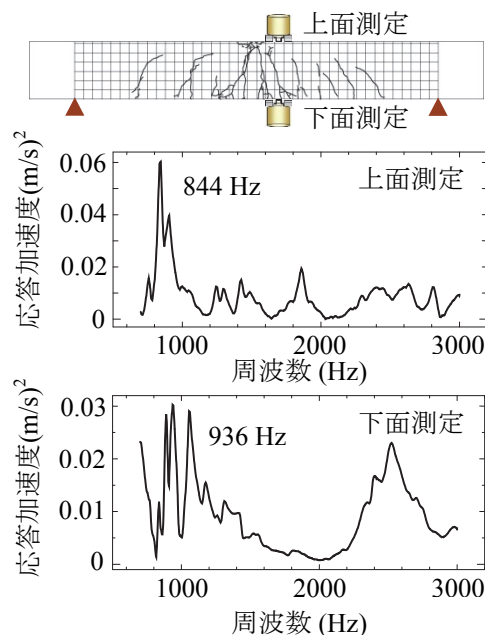
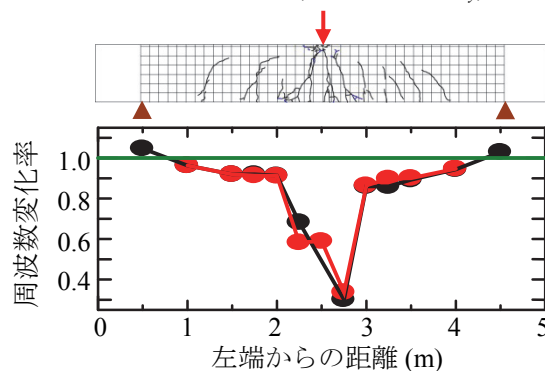
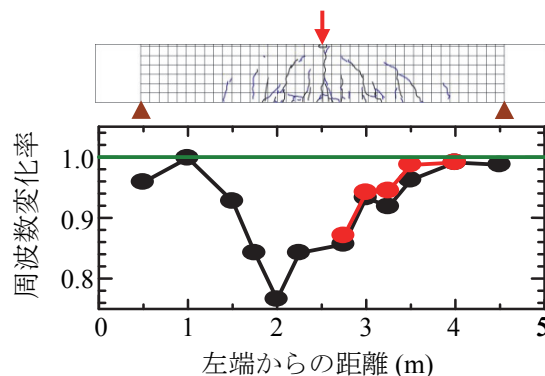
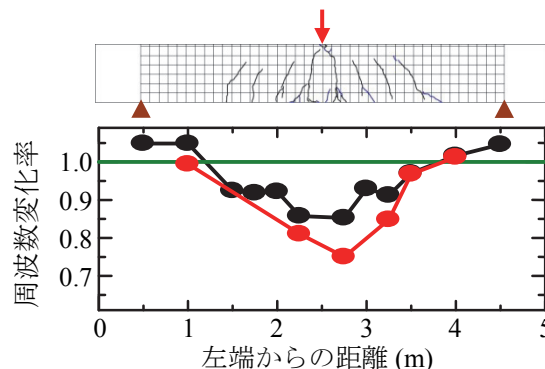
局所振動試験によって得られた 3 体の共振周波数の分布を図-5~図-7 に示す。RC 供試体は $6\delta_y$ 除荷時、鋼板供試体とシート供試体は補強材が広範囲に剥離する前の $3\delta_y$ 除荷時の実験結果を示した。3 体の実験結果では、いずれも共振周波数が低下している範囲とひび割れ箇所が良好に対応した。特に、鋼板供試体とシート供試体でも、RC 供試体と同様に、上面測定と下面測定の共振周波数の測定値が概ね一致した。本実験の下面測定は、補強された主桁下や床版下面からの測定を想定しており、鋼板や繊維シートの上から振動試験を行って RC 部材の内部損傷を検知できることが示唆された。なお、鋼板や繊維シートが再劣化によって剥離している場合には、下面からの加振では RC 部材まで振動が伝達しないが、その場合でも桁上面からの局所振動試験によって RC 部材の内部損傷を検知できる。

4. まとめ

本研究では、加振器を用いた振動試験によって部材局所の動的応答を抽出し、RC 部材の内部損傷を評価する手法を提示した。供試体実験では、鋼板や繊維シートを介した振動試験でも、共振周波数の低下に着目して RC 部材の内部損傷(曲げひび割れ)を評価することができた。

参考文献：

1) 内藤英樹, 齊木佑介, 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.

図-4 共振曲線(RC 供試体; $6\delta_y$)図-5 RC 供試体の損傷同定 ($6\delta_y$)図-6 鋼板供試体の損傷同定 ($3\delta_y$)図-7 シート供試体の損傷同定 ($3\delta_y$)