# 鋼板巻き立て RC 部材の点検への非破壊検査法の適用に関する基礎的研究

九州大学大学院	正会員	玉井	宏樹
福岡大学	学生会員	福田	龍之介
福岡大学	正会員	坂田	力

### 1. 緒言

予防保全型維持管理の概念に基づき,本研究では,非破壊検査法である打音法と赤外線サーモグラフィ法に着目し,鋼 板巻き立て補強された鉄筋コンクリート構造物の点検技術確立を最終目標としている。その基礎的段階として,鋼板を接 着した角柱コンクリート供試体を製作し,鋼板厚さや欠陥種別をパラメータとすることで,2つの手法の適用限界につい て検討した。また,音圧波形や表面加速度波形,それらをフーリエ変換して得られる周波数波形を基に,欠陥の有無や欠 陥の種類を判別可能な打音特徴量の抽出を試みた。

## 2. 人工欠陥を模擬した供試体概要

実験対象は 10×10×40cm のコンクリート角柱供試体とし、打撃面には鋼板をモルタルで貼付している。また、今回の実 験で模擬欠陥として、空隙、付着切れ、内部欠陥、経年劣化(圧縮強度を約1/2にして製作したもの)を仮定した。空隙 とは、鋼板とコンクリートの付着部のモルタルが打撃面付近で充填されていないもの、付着切れとは、鋼板とモルタル接 着部の打撃面付近にビニルを設置したもの、内部欠陥とは、コンクリート供試体内の深さ方向 2cm の位置に発泡スチロ ール (5×10×2cm)を打埋設したものである。空隙、剥離に関しては鋼板厚 1mm、3mm、6mm それぞれ一体ずつ、健全、 内部欠陥、経年劣化に関しては鋼板無、鋼板厚 1mm、3mm、6mm それぞれ一体ずつ作製し、計 18 体を製作した。欠陥 を模擬した鋼板接着コンクリート供試体のイメージを図-1 に示す。なお、実験で使用したコンクリートの圧縮強度は 46.8MPa、静弾性係数は 32.5GPa であった.

### 3. 非破壊試験概要

#### 3.1 打撃試験

実験のイメージを写真-1に示す。打撃ハンマはインパルスハンマとし、打撃点は打撃面中央とする。受信センサとして加速度計(周波数範囲:2Hz~10kHz)、マイクロフォンを利用した。計測におけるサンプリング周波数は64kHz,データ数は6400とし、10回打撃したデータの平均を実験結果として採用する。打撃点から水平方向に1.5cmの位置に加速度計,2.5cmの位置にマイクロフォンを配置して計測を行った。また、本研究では打撃力によるばらつきを是正するために、インパルスハンマによって得られた入力荷重の最大値を打撃力とし、音圧と加速度のデータを打撃力で除算することによって、単位荷重あたりの値に正規化を行ったデータを実験結果として扱っている。

### 3.2 打撃試験の結果及び考察

結果の一例として、図-3に打撃音の周波数特性を示す。まず、図-3(a)には鋼板を接着していなケースの結果を示しているが、鋼板を接着していない場合、内部欠陥の有無や強度にかかわらず、2.4kHzで周波数が卓越することが確認できた。 つまり、今回設定した内部欠陥の有無や強度の違いは鋼板接着しない場合でさえ、打音によって判別することは困難であることが確認できた。次に、図-3(b)~(d)にそれぞれ接着した鋼板厚さ1mm、3mm、6mmの健全、空隙、付着切れの場合



マイクロフォン

インパルえハンマー 加速度計 図-2 打撃試験のイメージ図

の結果を示す。これらの図から、まず、鋼板厚さが6mmになると空隙や付着切れを判別することは困難であることがみて とれる。さらに、1mmの場合に着目すると、空隙がある場合は卓越する周波数が3.5kHzと高くなるとともに、5kHz~10kHz という高周波数帯にも第二、第三の卓越周波数が表れることが確認できた。一方、付着切れがある場合は、第一の卓越周 波数は健全の場合と変わらないが、空隙と同様、5kHz~10kHzという高周波数帯にも第二、第三の卓越周波数が表れるこ とが確認できた。この傾向は、鋼板厚さ3mmの場合にも健全との差として表れるが、その差は小さくなる。以上をまとめ ると、今回設定した供試体では、鋼板厚さ1mmの場合は、空隙と付着切れなどの欠陥種別までも打撃音の周波数特性で判 別可能だが、鋼板厚さ3mmの場合は、欠陥の有無のみ判別可能と言える。紙面の関係上、割愛しているが、加速度波形に ついても同様の見解を得ることができた。



## 3.3 赤外線サーモグラフィによる試験

本実験は、赤外線カメラにより赤外線画像の撮影を室内で実施した。使用した赤外線カメラはマイクロボロメータ使用 の非冷却型であり、解像度は640×480ピクセル、検出波長は7.5~13 µmで、温度分解能は0.065℃である。実験手順として、 供試体の検査面(打撃試験における打撃面)を撮影方向に向け、欠陥面から15cm離したドライヤー(1200w)を用いて加 熱を2分間行い、加熱直後より赤外線画像の撮影を撮影間隔10秒で加熱時間の2分間も含め、計12分間実施した。この操作 をそれぞれ3種類の鋼板厚がある2種類の供試体に対して行った。なお、検査面以外からの熱の出入りを防ぐため、検査面 以外は断熱材として段ボールにより被覆した。赤外線カメラの撮影距離は1mである。

### 3.4 赤外線サーモグラフィの結果及び考察

図-4は欠陥種類が空隙,付着切れの時の表面温度の時間変化である。実験結果より鋼板厚が1mmで欠陥種類が空隙の 場合,加熱開始直後より,欠陥部と健全部とで温度変化が出ていることが確認される。この場合,鋼板厚が3mm,6mm となっても同様の結果が得られた。これより,本研究の範囲内であれば,表面温度の時間変化により鋼板厚さ6mmであ れば,空隙の検出は可能であることが確認できた。また,鋼板厚が1mmで欠陥種類が付着切れの場合,加熱直後に健全 部と欠陥部の間に微小の変化は見られたが,その後の温度差はほとんど変化がなかった。この結果は,鋼板圧が3mm,

6mmの場合も同様の結果だったため、表面温度の 時間変化による付着切れの検出は困難といえる。 しかし、製作において付着切れ状態を適切に再現 できていたか否かを確認する必要があるといえ る。

# 4. 結言

本研究では、鋼板接着したコンクリートの欠陥 の有無や種別の判別に打音法と赤外線法を適用 した場合の適用限界を把握したものであり、打音 と赤外線を組み合わせた点検でも、鋼板厚さが厚 い場合は、コンクリート内部欠陥はもちろん、付 着部の欠陥も判別できない可能性がある。しかし、 あくまでも本研究は理想的な状態で欠陥を模擬 して作成した供試体を用いた実験であるので、今 後、更なる研究が必要であるといえる。



図-4 表面温度の時間変化