

「回転式打音法」によるコンクリート内部欠陥評価に関する解析的研究

九州大学大学院      学生会員    〇岡村   麻里

九州大学大学院   フェロー会員    園田   佳巨

1. はじめに

近年、既設構造物の経年劣化が急速に進んでおり、そのような構造物に対して適切な維持管理が必要とされている。構造物の点検には一般的に非破壊検査手法が用いられ、中でもテストハンマーを用いた打音検査は他の非破壊検査手法と比べ、検査自体が簡単で低コストで行うことができることから従来広く用いられてきた。一方で、この手法では打撃音の判断に熟練性を要することや、広範囲を点検するには多大な労力や時間を要することが問題点として挙げられている。図-1 に示す回転式打音検査法は、これらの問題点を改善するために開発された手法で、検査器先端をコンクリート表面上で回転・移動させた際に発生する連続打音の変化によってコンクリートの状態を評価する方法である。

本研究では、打音検査シミュレーションを実施し、得られたコンクリート表面の加速度について時間-周波数解析を行うことで加速度特性の比較を行い、打音法による内部状態の推定可能性について検討した。

2. 解析概要

欠陥および鉄筋を含む数種類の供試体モデルを用いた回転式打音検査のシミュレーションを行い、内部の欠陥や鉄筋がコンクリートの表面加速度に与える影響について調べた。なお、本研究では 3 次元有限要素汎用ソフトウェア MSC.Marc2014 を用いて解析を実施している。

2.1 解析モデル

解析で用いた解析モデルを図-2 に示す。回転式打音検査器及び供試体は 3 次元ソリッド要素を用いてモデル化した。検査器については先端の金属部分のみをモデル化し、水平方向に並進速度 400(mm/sec)とそれに対応する角速度を与えることで回転移動させた。実際の検査では、検査器先端をコンクリートに軽く押し当てた状態で転がして検査を行うため、その支圧力についてはばね要素を用いて再現した。供試体モデルは、モルタル角柱供試体(100×100×400mm)とし、境界条件については、供試体底面の両端から 50mm の位置で鉛直支持(支点間 300mm の単純ばり)し、その端点を供試体が並進移動しないように 3 方向を拘束した。

2.2 解析ケース

本研究で実施した解析ケースを表-1 に示す。欠陥を有するモデルについては、幅(X)50mm×厚さ(Y)20mm×長さ(Z)100mm の寸法の欠陥が供試体上面から 45mm の深さに存在する場合を想定した。また、鉄筋を有するモデルについては、断面直径 19.1mm の鉄筋をソリッド要素を用いてモデル化し、コンクリート表面から 30mm の深さに存在する場合を想定して解析を行った。材料特性を表-2 に示す。

2.3 データの評価方法

本解析では、供試体上面中央を回転式打音検査器で打撃し、打撃位

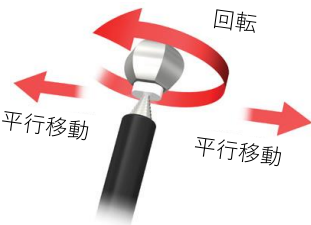


図-1 回転式打音検査器

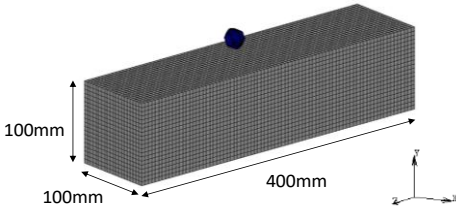


図-2 解析モデル

表-1 解析ケース

|       | 欠陥     | 鉄筋     |
|-------|--------|--------|
| Case1 | -      | -      |
| Case2 | -      | 深さ30mm |
| Case3 | 深さ45mm | -      |
| Case4 | 深さ46mm | 深さ30mm |

表-2 材料特性

|                              | 検査器/鉄筋                | モルタル                    | 欠陥部                    |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| ヤング率<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 2.1 × 10 <sup>5</sup> | 3.238 × 10 <sup>4</sup> | 10                     |
| ポアソン比                        | 0.3                   | 0.2                     | 0.075                  |
| 密度<br>[g/cm <sup>3</sup> ]   | 7.85                  | 2.184                   | 2.9 × 10 <sup>-2</sup> |

キーワード      回転式打音検査, 非破壊検査, 時間一周波数特性

連絡先      〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番      TEL 092-802-3370

置からZ軸方向に40mm離れた位置で得られるコンクリート表面の加速度時刻歴波形を用いて検討を行った。得られた0.01秒間の表面加速度の時刻歴波形に対し、ウェーブレット変換処理を施し、表面加速度の時間-周波数特性を求め、評価した。

### 3. 解析結果

図-3にCase1およびCase2について、解析で得られたコンクリート表面加速度の時刻歴波形の結果を示す。グラフより、内部に欠陥を含む場合には欠陥がない場合よりも表面加速度の最大値が大きくなることが確認された。

図-4(a)～(d)に各ケースのコンクリート表面加速度の時間-周波数特性を示す。内部に欠陥がない場合(Case1とCase2)では、両者ともに7500Hz付近にピーク周波数を持つことが確認できる。内部に欠陥を含む場合(Case3とCase4)では、欠陥を含まない場合と同様に7500Hz付近にピーク周波数を持ち、さらに10000Hz～15000Hzの範囲にもピーク周波数を持つことが確認できる。図-5にCase1(欠陥を含まない場合)とCase3(欠陥を含む場合)の加速度の時刻歴波形のフーリエ解析結果を示しているが、グラフからも内部に欠陥を含む場合には12000Hz付近にピーク周波数を持つことが確認できた。これらの結果より、7500Hz付近のピーク周波数は欠陥の有無に関わらず共通に現れる成分であり、高周波に現れるピーク周波数は欠陥に起因する成分であると考えられる。

一方で、鉄筋の有無(Case1とCase2およびCase3とCase4)を比較した場合、コンクリートと鉄筋のインピーダンスに大きな相違がないことから、今回の解析では顕著な変化は見られなかった。

### 4. 結論

本研究では、欠陥および鉄筋を含む供試体モデルを用いた回転打音検査の数値シミュレーションを行うことで、コンクリートの内部状態と表面加速度の相関性について検討を行った。加速度の時刻歴波形より、欠陥を有する場合には加速度の最大値が大きくなる傾向があり、時間-周波数特性に着目した場合には、欠陥の有無により高周波域においてピーク周波数に相違が表れることが確認できた。今後、詳細に回転式打音検査法による打音の特性を把握するためには、解析モデルの減衰を考慮した解析を行う必要がある。また、今回の解析では見られなかった鉄筋の影響を把握するため、時間-周波数特性だけでなく、他の指標を用いた検討を行う予定である。

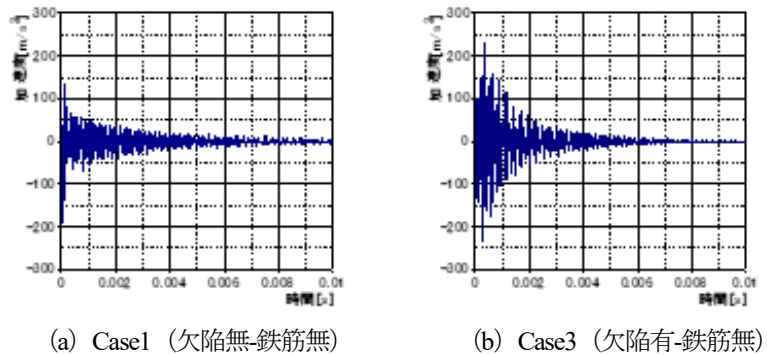


図-3 コンクリート表面加速度の時刻歴波形

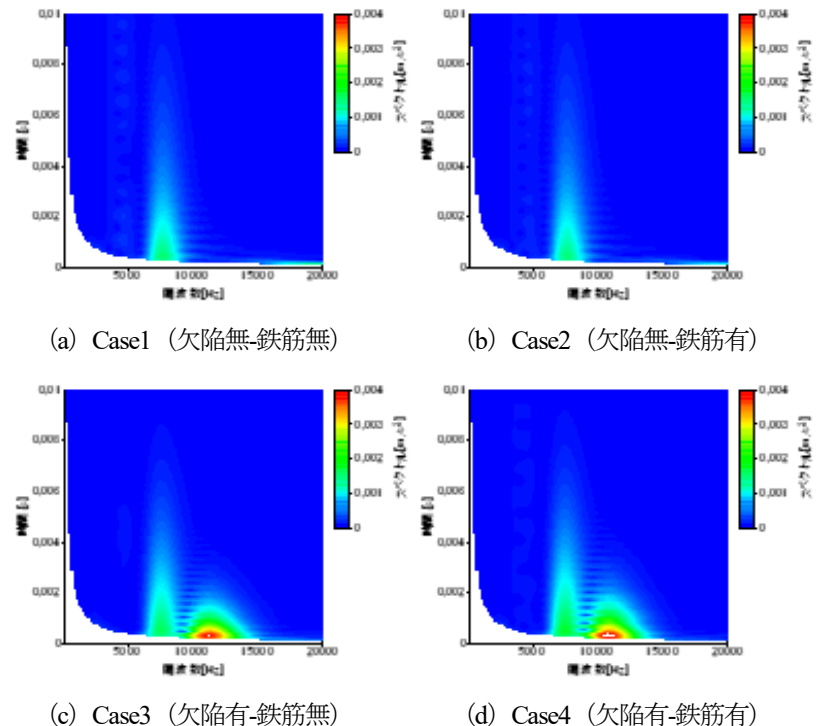


図-4 ウェーブレット解析結果

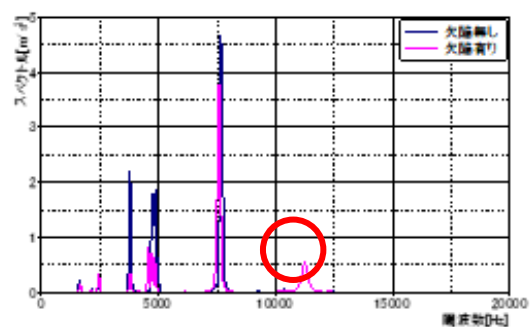


図-5 フーリエ解析結果