

「回転式打音検査法」による打音特性に関する実験的考察

九州大学大学院 正会員 園田 佳巨
九州大学大学院 学生会員 ○中山 歩
(株)第一復建 正会員 吉田 直紹

1. 緒言

近年、老朽化した既存構造物に対して適切に維持・補修を行い、ライフサイクルコストの低減を図ることが重要視されており、種々の非破壊検査法の研究・提案がなされている。しかし、従来の非破壊検査法の多くは費用が高額であるだけでなく、計測環境の適用条件が厳しいなどの問題を有しており、大規模な構造物に対して適用可能な非破壊検査法は限定されていると言わざるを得ない。一方、従来から簡易な非破壊検査法として利用されてきた方法の一つに打音検査があるが、検査領域が広範囲に及ぶ場合、検査員の労力が非常に大きいことが指摘されている。

「回転式打音検査法」は、最も簡易な非破壊検査の一つである打音検査の精度と効率を向上させることを目的として開発されたもので、図-1 に示すように先端に金属製の多面体を取り付けた検査器をコンクリート面に押し当てた状態で移動・回転させ、発生する打撃音の変化をもとにコンクリート内部の異常箇所を探索する手法である。特徴としては、従来の打音検査法に比べて構造物に与える打撃力のばらつきを低減できること、打撃が加わる点が移動することで検査効率を飛躍的に向上させることができることなどがあり、大規模な野外構造物に対しても有効な検査法であると考えられる。

本研究では、「回転式打音検査法」で得られる打音の特性とコンクリート表層部の欠陥状態（欠陥位置や欠陥部の大きさ）との相関性に関して、矩形モルタル供試体を用いた実験により検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体および欠陥部

本実験では、図-2 に示すような $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の矩形モルタル供試体を用いた。ここでは、人工欠陥のある供試体と、人工欠陥のない供試体を作製し、人工欠陥を含む供試体には、矩形の欠陥を想定し、発泡スチロール（厚さ 2cm ）を埋設した。人工欠陥の寸法および深さ（埋設位置）は表-1 に示すとおりである。供試体の作製は、写真-1 に示すように型枠中で発泡スチロールを固定させた後にモルタルを打設して行った。モルタル供試体の動弾性係数は 32GPa 、密度は 2.15g/cm^3 で、動弾性係数は共鳴振動による試験により算出したものである。供試体は水中養生とし、打設後 28 日以降で実験を行った。

2.2 実験方法

打音の測定には、IC レコーダーを用いて録音した。計測におけるサンプリング周波数は 44.1kHz である。その後、録音した波形に対して DFT 処理を行い周波数分布を求めた。なお、供試体は床に置いた状態とし、打音の測定位置は打撃位置より水平方向に 15cm 、鉛直上



図-1 回転式打音検査器

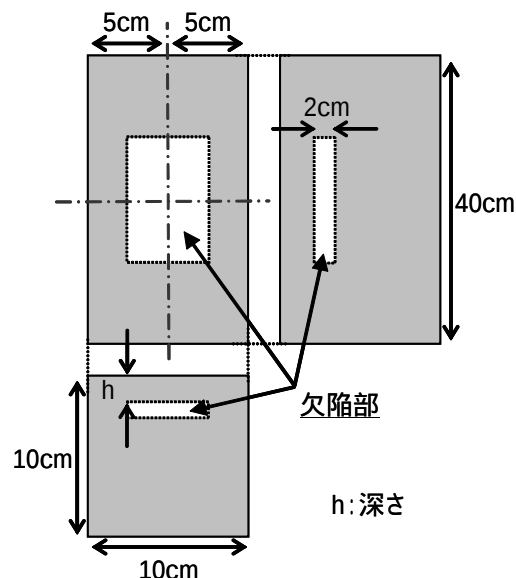


図-2 供試体寸法

表-1 欠陥寸法および深さ

欠陥寸法 (cm)	欠陥深さ (cm)
3 × 5	2
5 × 10	2, 4, 6
5 × 15	2
7 × 20	2

方向に 10cm の位置に配置した。測定は各供試体につき 3 回ずつ行った。実際の測定の様子を写真-2 に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 欠陥位置による影響

まず、欠陥部の位置が打音特性に与える影響を考察するために、人工欠陥の埋設位置を 2cm、4cm、6cm と変化させ、打音を測定し、DFT 処理を行った。欠陥部の大きさは $5 \times 10\text{cm}$ である。図-3 に音圧 - 周波数関係を、図-4 に最大振幅比をそれぞれ示す。ここで最大振幅比とは、欠陥なし（健全）の場合において計測された値に対する比率である。図-3 より、欠陥がある場合では欠陥のない場合と比較して 2000Hz 以上の周波数成分が多少大きくなるという傾向がみられるが、埋設位置を 6cm とした場合では、欠陥のない場合と比較してほとんど周波数特性に違いはみられなかった。また、図-4 より、欠陥部が浅い位置にあるほど最大振幅比が大きくなるという傾向がみられたが、これも埋設位置を 6cm とした場合では最大振幅比にほとんど違いはみられなかった。

3.2 欠陥の大きさによる影響

次に、欠陥部の大きさ（面的な広がり）が打音特性に与える影響の考察を行った。欠陥部には、 $7 \times 20\text{cm}$ 、 $5 \times 15\text{cm}$ 、 $5 \times 10\text{cm}$ 、 $3 \times 5\text{cm}$ の 4 パターンの欠陥を埋設し、打音を測定し DFT 処理を行った。欠陥部はいずれも表面から 2cm の位置である。図-5 に音圧 - 周波数関係を、図-6 に最大振幅比をそれぞれ示す。図-5 より、欠陥がある場合では欠陥のない場合と比較して 4000Hz 以上の高周波成分が卓越するという傾向があると考えられる。さらに、欠陥部の大きさが大きくなるほど、高周波成分が卓越していることがわかる。また、図-6 より、欠陥部が大きくなるに従い最大振幅比が大きくなるという傾向がみられた。さらに、図-5,6 より、欠陥がある場合では欠陥のない場合と比較して音圧が大きくなるという傾向が確認され、欠陥部が大きくなるほどその比率も大きくなることがわかる。

4. 結論

「回転式打音検査法」の供試体実験により得られる打音の周波数特性や最大振幅を比較することで、欠陥状態（欠陥の位置や大きさ）と打音との相関性を確認できた。今回の実験により得られた打音に欠陥の位置や形状の変化による打音特性の変化が確認されたことから、回転式打音検査の有用性が認められた。今後、より詳細に打音の特性を把握するためには、周波数特性や最大振幅だけでなく打音の減衰性など様々な打音特性にも着目し、時間 - 周波数解析などによる音圧波形の特性を考慮する必要があると考えられる。



写真-1 供試体型枠

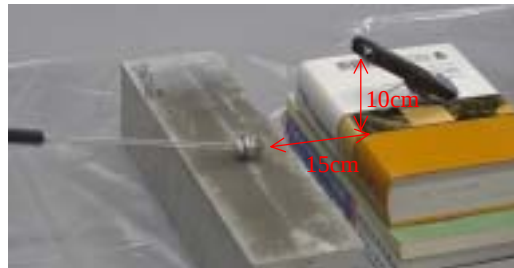


写真-2 実験の様子

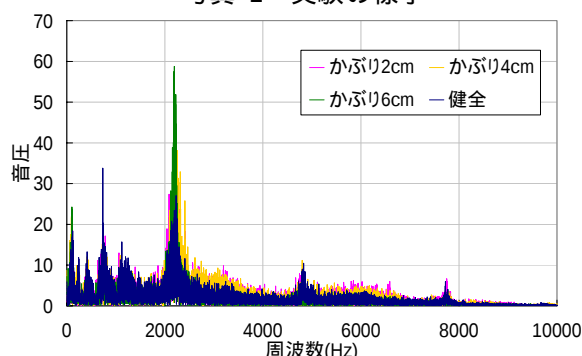


図-3 位置を変化させた場合の周波数特性

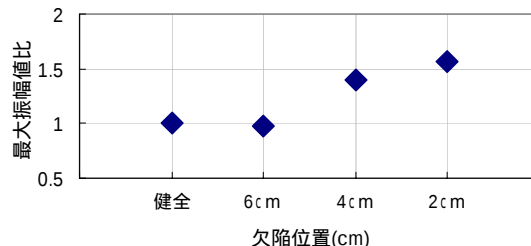


図-4 位置を変化させた場合の最大振幅比

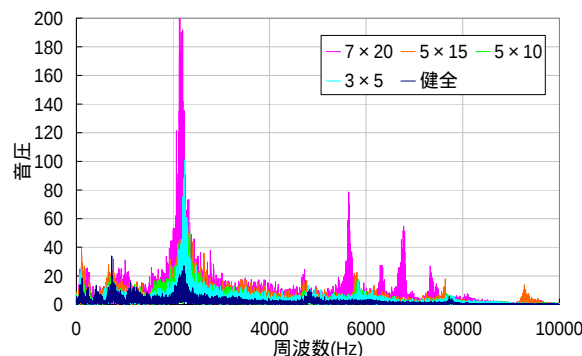


図-5 大きさを变化させた場合の周波数特性

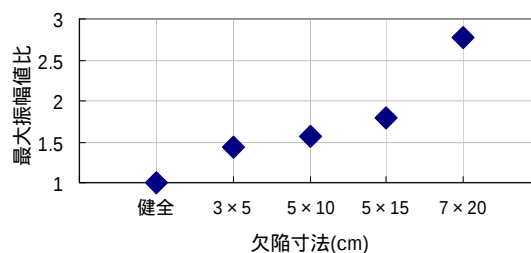


図-6 大きさを变化させた場合の最大振幅比