

音響探査法を用いたコンクリート表層欠陥探査技術の開発

— (3) 音響探査法に用いる探査アルゴリズムの検討—

佐藤工業(株) 正会員 ○歌川 紀之
 明篤技研 片倉 景義
 桐蔭横浜大学 赤松 亮 杉本 恒美

1. はじめに

著者ら¹⁾は、非接触で、遠隔地からはく離の探査ができる「音響探査法を用いたコンクリート表層探査技術」の開発を進めている。音響探査法とは、スピーカーにより発生する音響をコンクリートに入射させ、発生する振動をレーザドップラ振動計で遠隔地から測定し、欠陥の有無を判断する技術である。本報告では、円形のはく離欠陥を模擬した試験体を用

表-1 はく離欠陥と叩き点検による探査結果

	厚さ評価による探査可能範囲			エネルギー評価による探査可能範囲		
	深さ 10	深さ 80	深さ 60	深さ 40	深さ 20	深さ 10
φ50	-	-	f 50-60	f 50-40	f 50-20	f 50-10
φ100	-	f 100-80	f 100-60	f 100-40	f 100-20	
φ150	f 150-100	f 150-80	f 150-60	f 150-40	ピーク周波数による探査可能範囲	
φ200	f 200-100	f 200-80	f 200-60	f 200-40	-	-
φ300	f 300-100	f 300-80	f 300-80	f 300-40	目標探査可能範囲(叩点検棒)	

いて、音響探査法に適用する探査指標について検討した。検討では、打音法²⁾を用い、いくつかの探査指標について、その探査性能を調べた。打音法とは、ハンマーで打撃した音をマイクロフォンで収録し、音圧データから、欠陥の有無を判定する方法である。打音法を用いた理由は、音響探査法と同様の欠陥部分の板の振動に着目し、同様の振動(音圧)の測定結果が得られたためである。探査指標には、欠陥の有無を判別するものと、欠陥の深さなどの物理量を推定するものがある。ここでは、前者の欠陥の有無を判別することを目的に探査アルゴリズムの検討を行った。また、探査性能の目標は、叩き点検(叩点検棒)での点検者の欠陥の有無の判別能力(表-1 水色部分)と同等以上とした。

2. 検討方法

平面規模と深さ(表面からはく離までの距離)が異なる20種類の円形のはく離を厚さ25mmの発泡スチロールで模擬した試験体³⁾を用いた。はく離欠陥のイメージは、塩害による鉄筋膨張に伴うはく離である。打音法により、欠陥の中心部と周辺の健全部を5回ずつ打撃し、ハンマーの打撃力とマイクロフォンの音圧を打撃後40msec間(収録間隔20μsec)収録した。図-1に、収録した時系列およびFFTデータ(F200-40の結果)を示す。これらのデータを基に、探査指標を算定した。

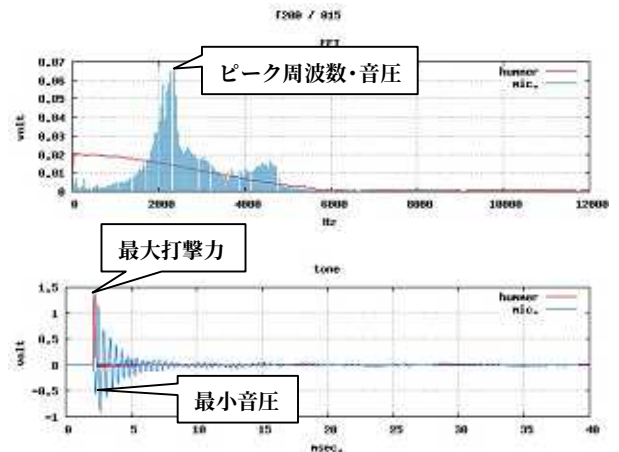


図-1 音圧データ (F200-40)

3. 目標とした探査性能と比較した探査指標

ここでは以下の三種類の指標を考えた。

- (1) 厚さ評価²⁾:厚さ評価では、最大打撃力と1波目の最小音圧(図-1 参照)に着目し、その比(振幅値比)と部材厚さの関係式を用い、はく離深さを推定する。図-2に各はく離箇所と健全箇所の厚さの評価結果を示す。評価結果に示すように、健全部では厚さの評価結果は300mm以上で、全ての欠陥はそれより厚さは小さくなっており、今回の範囲のはく離であれば、有無の判定はできるもの(表-1 実線)と考えられる。
- (2) エネルギー評価:健全部における発生音圧の2乗値に対する、欠陥部における発生音圧の2乗値の比をとることとした。図-3に各はく離深さとエネルギー比の関係を示す。F50-60, f100-60, f100-80,

キーワード; コンクリート欠陥、はく離、非破壊検査、打音法

連絡先: 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL 046-270-3091 FAX 046-270-3091

f150-80, f150-100 のケースではエネルギー比は1に近く, 有無の判定は難しい(表-1 点線)。

(3) ピーク周波数/ピーク音圧: ピーク周波数とピーク音圧の関係を図-4に示す。グラフ上で3つのグループに分けることができる。Aグループは, F50, f100-80 が含まれ, ピーク周波数は100Hz程度, ピーク音圧も0.05V以下となっている。これらのはく離については, 健全部と同じグループなので, 探査することは難しいことが分かる。BグループのF300, F200-40, -60, F150-40については, ピーク周波数は1000-3000Hz, ピーク音圧は0.05V以上であり, はく離を判別することは可能と考えられる。Cグループの2000-5000Hz, 0.05V以下では, 健全部と周波数は異なるものの, 音圧が低いので, ここでは, 探査可能範囲をBグループのみとした(表-1 破線)

4. 音響探査法で用いる探査指標

3章で比較した3つの手法のうち, 音響探査法では, 衝撃力の加力や測定はできないため, 「厚さ評価」は用いることはできない。そこで, アルゴリズムが簡易で, 短時間に欠陥の有無が判定できる, 「エネルギー評価を用いる方法」を選定した。振動エネルギー比(VER:Vibration Energy Ratio)を下式のように定義する。

$$VER(\text{Vibration_Energy_Ratio}) = \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} (X_{\text{defective_part}}(\omega))^2 d\omega}{\int_{\omega_1}^{\omega_2} (X_{\text{healthy_part}}(\omega))^2 d\omega}$$

振動エネルギー比を上記の円形のはく離欠陥に用いた結果を図-5に示す。打音法におけるエネルギー評価と類似の結果が得られていることが分かる。

5. まとめ

音響探査法における探査アルゴリズムの検討を打音法により行い, 健全部に対する振動エネルギーの比をとる手法を選択した。今後, はく離深さも推定できるようなアルゴリズムを完成させ, 実構造物において適用することにより, 探査性能を向上させる予定である。

本研究は, 国土交通省委託研究「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の成果の一部である。関係者には感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 歌川紀之, 赤松亮, 杉本恒美: 音響探査法を用いたコンクリート表層の欠陥探査技術の開発, 土木学会(第66回)年講, 2011
- 2) 伴享, 歌川紀之, 市野大輔, 北川真也, 森濱和正: 打音法のRC構造物への適用性について, 佐藤工業(株)技術研究所報, No.30, 2004
- 3) 杉本恒美, 赤松亮, 歌川紀之, 片倉景義: 音響探査法を用いたコンクリート表層欠陥探査技術の開発—(1) 検出可能な欠陥の大きさおよび深さに関する検討, 土木学会(第68回)年講, 2013(投稿中)。

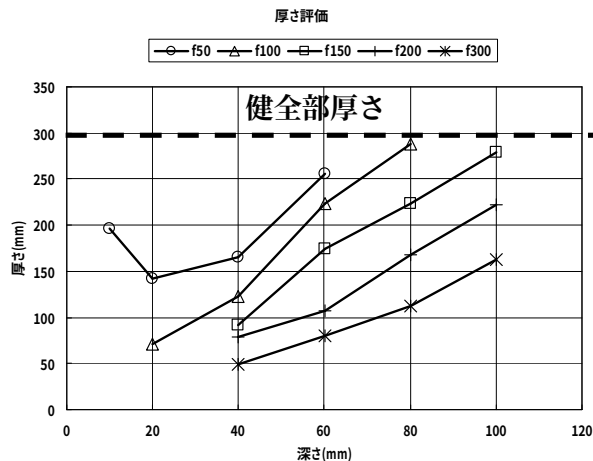


図-2 厚さ評価
エネルギー比

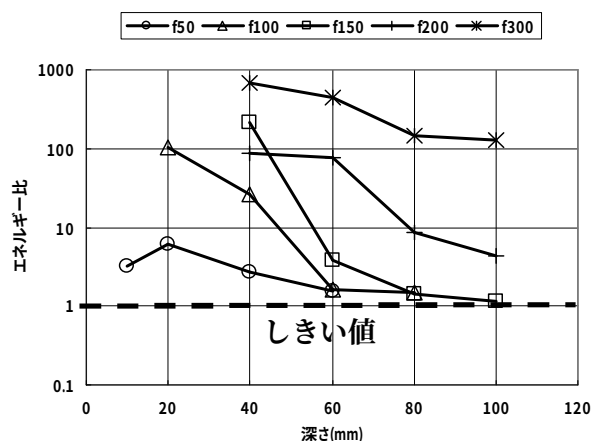


図-3 エネルギー評価
ピーク周波数・ピーク音圧

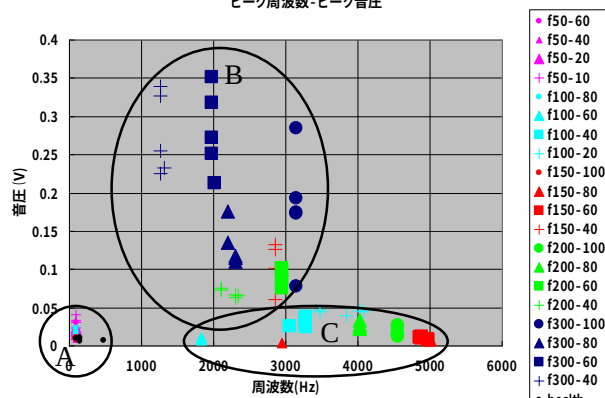


図-4 ピーク周波数・ピーク音圧

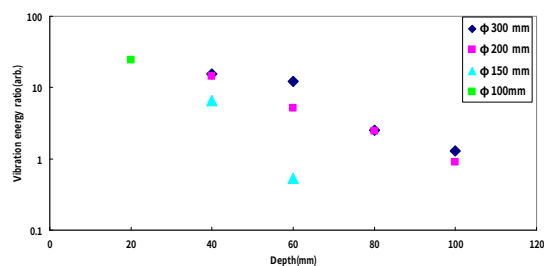


図-5 音響探査法(振動エネルギー比)