## コンクリート構造物の内部欠陥調査技術の開発 その2

西日本高速道路	エンジニアリング中国	(株)	正会員	C	)戸田-	一郎,	前田良文
	原子燃料工業	(株)	正会員	松永嵩,	桒島	翔,	礒部仁博

## 1. 目的

筆者らは、コンクリート内部の内部欠陥に対して、検査員の経 験や熟練度に依らず、現場適用が容易である非破壊検査として、 AE(acoustic emission)センサを用いた打音検査技術(以下「本技術」 という)を適用するため、模型試験及び現場試験を通じて性能検 証を進めている(図1)<sup>[1]</sup>。検査手法については、コンクリート 表面にセンサを押し当て、ハンマーで打撃して、対象の振動を取 得し、その振動信号を分析することで、内部欠陥の有無を評価し ている。しかし、過去の研究では、比較的大きな内部欠陥がある 場合、その周囲の測定結果にも影響を及ぼすことに課題があった <sup>[2]</sup>。そこで、本報では、内部欠陥評価の精度向上を目的として、 AEセンサー リンマー タブレット PC 計測BOX

図1 AE センサを用いた打音検査装置

試験対象に微小振動を加え、欠陥表面とコンクリート表面(以降、「かぶり厚」という)の間の繰り返し振動 周波数(以降、「かぶり厚の共振周波数」という)を評価した結果について報告する。

# 2. AE センサを用いた打音検査システムの概要

本検査システムは、図1に示す通り、AE センサ、計測ボックス、タブレット PC で構成され、AE センサを 検査対象に押し当て、打撃物で対象を加振し、得られた振動特性を解析することで、欠陥を検出する。

3. 内部欠陥等の供試体試験

## 3-1 供試体概要及び振動測定方法

本試験では、 $1m \times 1m \times 0.3 m$ のサイズで、No.1、 No.2 及び No.3 の供試体を用い(図 2)、本装置を用 いて振動を取得した。振動取得方法は、センサを対 象につけ、微小振動を加える方法として、1.2 gの鋼 製の棒で打撃した。振動測定箇所は、縦 $1 m \times 横 1m$ のコンクリート表面(A面)に対して、欠陥が内在 する位置の振動測定を実施した。打撃箇所は、セン サ位置から 5 cm 程度離れた位置とした。



図2 内部欠陥等を模擬したコンクリート供試体

#### 3-2 評価方法

微小振動によりかぶり厚での共振周波数を評価する。共振周波数とかぶり厚の関係は以下の式で表せる。[2]

 $F = \frac{c}{2d} \left( F: \# 振 周 波 数 \ d: かぶり 厚 \ C: 音 速 \right)$ ・・・ 式1

評価方法は、得られた振動波形に対し、①波形全体を高速フーリエ変換、②時間領域ごとの高速フーリエ変換の2種類の解析手法を用い、各内部欠陥との関係性を評価した。②時間領域に分けた高速フーリエ変換については、任意の時間での周波数分布が評価できるため、打撃直後のコンクリート表面を伝わる振動(表面波)表面波の影響等を除外して、かぶり厚の共振周波数成分の時系列変化を捉えることを目的としている。

キーワード コンクリート構造物, PC グラウト, 内部空洞, 非破壊, 共振周波数

連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社 TEL082-532-1430

### 3-3 試験結果

(1) 波形全体を高速フーリエ変換

図3 に欠陥3(200×50×20の内部空洞)が内在するコンクリ ート表面での測定データを高速フーリエ変換した結果を示す。欠陥 3のかぶり厚は約20mmであり、コンクリートの音速を4000m/s と仮定すると、かぶり厚の共振周波数は式1より100kHz程度と なる。図3の実験結果では95kHzに卓越したピークが確認でき、 この値から推定されるかぶり厚は21mm程度で実際のかぶり厚と 概ね整合のとれる結果となった。

全欠陥の評価結果を表1に示す。かぶり厚が小さい、ま たは、内部欠陥が平板状である場合は、かぶり厚の共振周 波数が十分検知可能であった。しかしながら、かぶり厚が 大きい場合やシース、グラウトホースのように曲率がある 一部の欠陥においては、かぶり厚の共振周波数ピークの評 価が困難な場合があった。この点の対策として、表面波の 影響への対策や、適切な高周波成分を入力可能な加振方法 の検討を現在進めている。

(2)時間領域ごとの高速フーリエ変換

表面波の影響の対策方法の一つとして、時間領域を複数に区分し、高速フーリエ変換する方法を検討した。時間領域は 0.2 ms の範囲とし、各時刻で得られた周波数分布を縦軸にとったコンター図で評価する。図4は、 \$ 38 のシース直上部の結果(欠陥部分)とその下方 10 cmの欠陥がない部分(健全部)の評価結果を示す。

その領域に着目すると、健全部分では25kHzの成分が0.1msで減衰しているのに対し、欠陥部分は0.5ms まで一定の振幅を有している。これは、欠陥のかぶり厚の共振成分が減衰しにくいことを示す。波形全体を高速 フーリエ変換した場合は、表面波成分とかぶり厚の共振



図 3 波形全体の高速フーリエ変換 表 1 コンクリート供試体の判定結果

コング	フリート供試体	かぶり厚(mm)	評価
	欠陥1 (200×50×50)	197	×
内部欠陥用	欠陥2 (200×50×50)	125	Х
	欠陥3 (200×50×20)	20	0
	欠陥4(200×200×20)	20	0
	欠陥5(200×200×10)	20	0
グラウト用	Φ38シース	81	0
	Φ80シース	60	$\triangle$
	グラウトホース1本	95	×
	グラウトホース7本	60	×



上図:欠陥部分 下図:健全部分

成分が重畳するため、かぶり厚の共振周波数の評価が困難となる場合がある一方、時間領域ごとの高速フーリ エ変換した場合は、各時刻における周波数分布を算出するため、図4に示すように時刻0~0.1 ms間の打撃 直後の表面波成分と0.1 ms以降のかぶり厚の共振周波数成分とを分離して評価可能である。

#### 4. まとめ

内部欠陥評価の精度向上を目的として、試験対象に微小振動を加え、かぶり厚の共振周波数を評価した。以 下得られた試験を取りまとめた。

- ・ 波形全体の高速フーリエ変換では、おおむね欠陥のかぶり厚の共振周波数が検知可能であったが、一部の 欠陥において、表面波等の影響で評価が困難となる場合があった。
- 時間領域ごとに高速フーリエ変換することで、表面波の影響を分離して評価しうる見通しを得た。

### 参考文献

- [1] 戸田ら, "PC グラウトの非破壊調査技術の開発 その2 -現場検査-",土木学会第73回年次学術講演会, pp. 305-306, 2018
- [2] 松永ら, "コンクリート構造物の内部欠陥調査技術の開発 その1", 土木学会第74回年次学術講演会, 2019, 投稿予定
- [3] NDIS 2426-2:2014 「コンクリートの非破壊試験 ー弾性波法 第2部:衝撃弾性波法」