

コンクリート構造物の内部欠陥調査技術の開発 その1

原子燃料工業（株） 正会員 ○松永嵩， 栗島 翔， 藤吉宏彰， 磯部仁博
西日本高速道路 エンジニアリング中国（株） 正会員 前田良文， 戸田一郎

1. 目的

コンクリートの内部欠陥は、浮き、空洞、ひび割れ、ジャンカ、PC グラウト充填不足等があり、これらを検知する検査手法については、対象欠陥に対して試行錯誤的に適用されているのが実状である^[1]。コンクリート構造物の非破壊検査手法の一例としては、超音波法^[2]や従来の打音点検等が挙げられる。前者については評価精度は高いが、現場での操作や解析評価に熟練技術者が必要であり、後者については熟練者の技量に診断結果が左右されるという課題があるが、点検の容易さ、コストの面では優れており、一般的に広く用いられている。コンクリート構造物のように検査箇所が膨大にある場合、検査の質も重要であるが、検査の容易さや検査コストも重要となる。そこで、筆者らは、コンクリート内部の劣化、施工不良等を非破壊で検出可能で、検査員の経験や熟練度に依らず、現場適用が容易である検査として、AE(acoustic emission)センサを用いた打音検査技術（以下「本技術」という）の開発を進めている（図1）^[3]。本報では、さまざまな内部欠陥を模擬した供試体を用いて、本技術を適用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の概要

本検査システムは、AE センサを検査対象に押し当て、ハンマーで打撃し、得られた信号を高速フーリエ変換して周波数分布を得る。コンクリート内部に空洞が存在すると、対象の形状や拘束条件の変化に伴い固有振動数が変化するため、取得した周波数分布より固有振動ピークを評価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、1 m×1 m×0.3 m の形状の、No.1、No.2 及び No.3 供試体を用い（図2）、本装置を用いて振動を取得した。加振には、テストハンマー（#1/4）を用い、振動測定箇所は、縦1 m×横1 m のコンクリート表面（A面）に対して、10 cm 格子状に計81点ずつとした。なお、センサ設置位置を上記格子点上とし、打撃位置はセンサ設置位置の5 cm 離れた。



図1 AE センサを用いた打音検査装置

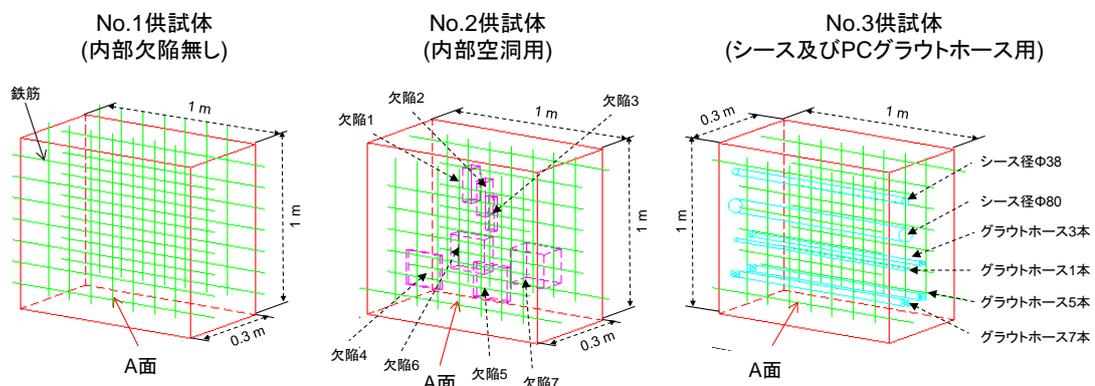


図2 内部欠陥等を模擬したコンクリート供試体

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

連絡先 〒590-0481 大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目 950 番地 原子燃料工業株式会社 TEL072-452-7221

3-2 評価方法

平板状の対象では、片面を加振すると、板厚間で縦振動の繰り返し（共振）が生じる。縦振動の共振周波数は以下の式で表せる。[4]

$$F = \frac{C}{2d} \quad (F: \text{共振周波数} \quad d: \text{厚み} \quad C: \text{音速})$$

コンクリート供試体の板厚は 0.3 m であり、音速を 4000 m/s と仮定すると、おおよそ 6700 Hz 程度に板厚の共振周波数ピークが生じる（図 3）。したがって、得られた振動波形の周波数分布において、主に 6700 Hz 近傍の周波数ピークを抽出し、各測定点で得られた周波数からコンター図を作成し、欠陥との対応を評価した。

3-3 試験結果

No.1~3 の供試体より得られたコンター図を図 4~6 に示す。この図より、欠陥の無い No.1 と比較し、欠陥がある No.2 及び No.3 は、内部欠陥がある位置において、共振周波数が低下し、欠陥位置が容易に特定できる結果となった。これは、内部欠陥がある箇所においては、板厚方向の欠陥を含めた平均的な弾性率が低下することにより、共振周波数が低下していると考えられる。欠陥の大きさやかぶり厚さによって、周波数低下量が異なるため、これらをデータベース化することで、欠陥の規模を推定することが可能になると考えられる。ただし、欠陥サイズが大きいと欠陥周辺まで影響を及ぼすため、健全部において欠陥有としてしまう可能性がある点は今後の課題であり、現在かぶり厚の共振周波数の評価を進めている。

4. まとめ

コンクリート構造物の様々な内部欠陥に対する本技術の有用性を検証するため、様々な内部欠陥を模擬した供試体を用いた試験を行った。その結果、作成した欠陥に対し、本技術による評価は概ね欠陥の位置を評価することが可能であることが示された。但し、今後の課題としては、欠陥評価の位置分解能向上がある。

参考文献

- [1] 鎌田ら “コンクリート構造物の診断における非破壊検査の適用の現状と今後の展望”，物理探査 第60巻第3号，pp.253-263, 2007.
- [2] 例えば魚本ら，“超音波法によるコンクリート内部のひび割れ形状測定” コンクリート工学年次論文集, Vol. 23, No1, pp.565-570, 2001
- [3] 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
- [4] NDIS 2426-2:2014 「コンクリートの非破壊試験－弾性波法－第2部：衝撃弾性波法」

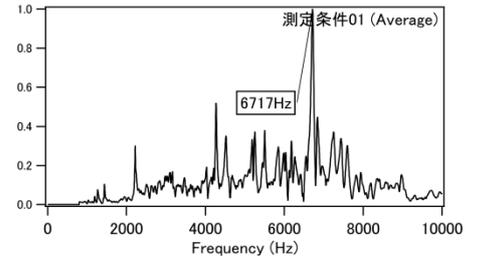


図 3 周波数分布例

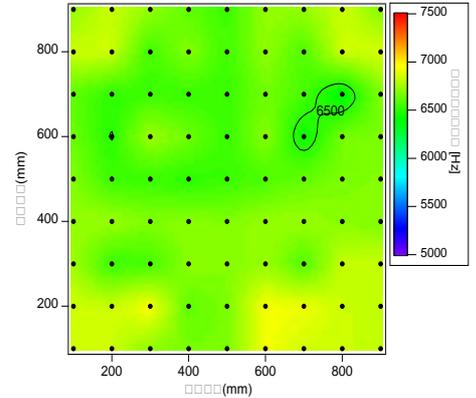


図 4 No.1 供試体のコンター図

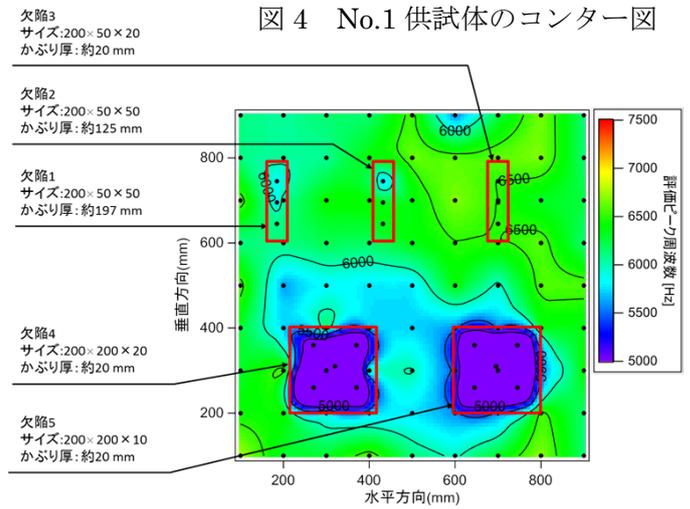


図 5 No.2 供試体のコンター図

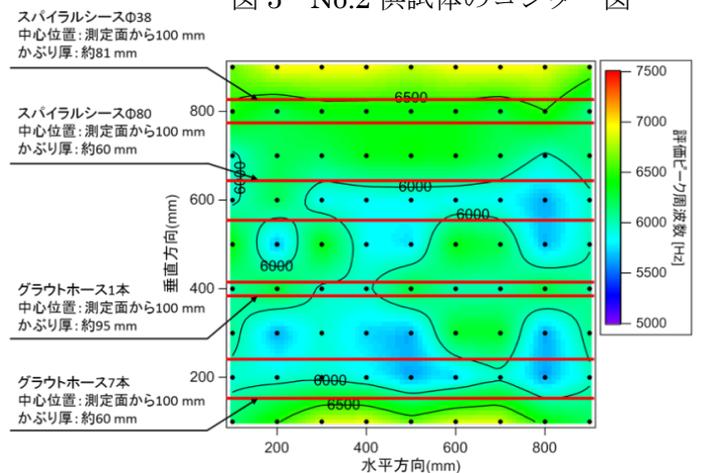


図 6 No.3 供試体のコンター図