

コンクリート内部欠陥の効率的な非破壊検査方法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○前田 貴公
東海旅客鉄道株式会社 正会員 吉田 幸司
東海旅客鉄道株式会社 正会員 大木 基裕

大阪大学大学院 正会員 鎌田 敏郎
大阪大学大学院 正会員 服部 晋一
佐藤工業株式会社 正会員 歌川 紀之

1. 目的

コンクリート構造物を長期に亘り、良い性能に保つためには、欠陥部の早期発見・早期補修が重要である。従来から行われているコンクリート構造物の検査は、人による目視や打音調査が基本であり、健全度の判定結果は定性的となる。コンクリート内部欠陥を定量的に評価する非破壊検査手法には、マイクロフォンなどを活用した打音法がある。しかし、打音法では、一般に作業騒音等の多様なノイズを除去する対策が必要となる。そのため、ノイズの影響を受けにくい手法として、コンクリート表面に接触させ、直接振動を取得する逆磁歪効果型速度センサ（以後、磁歪センサ）と一定の打撃力を得る電磁式ハンマを活用した非破壊検査手法に着目し、他の非破壊検査手法との比較・検証により、定量的に内部欠陥を調査できる効率的な非破壊検査方法を検討する。

2. 磁歪センサと電磁式ハンマを活用した非破壊検査手法

図-1 に装置の構成を示す。磁歪センサは、外力の作用により磁化が変化する磁歪材から成るコアとコイルとで構成される磁歪素子を軸受に搭載し、車輪からの振動を取得する。また、電磁式ハンマは、電磁コイルと可動プランジャから成り、所定の電圧をコイルに供給することにより、可動プランジャが作動し、一定

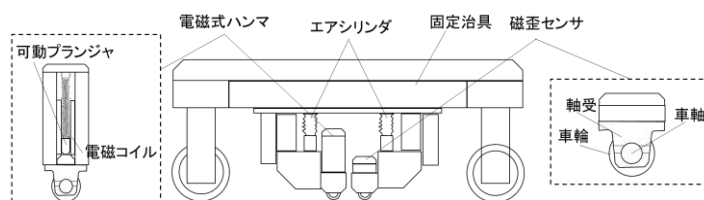


図-1 装置構成

の打撃力を与える。本非破壊検査手法は、エアシリンダを用いて磁歪センサおよび電磁式ハンマを一定の力でコンクリート表面に押し当て、電磁式ハンマにより対象物を打撃し、その振動を磁歪センサにて取得する。すなわち、固体表面とハンマとを機械的に衝突させたときに生じる弾性波を、固体表面に設置したセンサによって受信する衝撃弾性波法¹⁾の一つといえる。なお、磁歪センサにて取得したデータは、ハイパスフィルタ（カットオフ周波数 1kHz）により、電源や装置自体の振動等の低周波帯のノイズを低減させている。

3. 試験方法

図-2 に試験概要を示す。コンクリート内部に深さと大きさの異なる模擬欠陥を配置し、欠陥中央部に磁歪センサを据えて、60 mm離れた位置を電磁式ハンマで打撃し、弾性波を計測した。データのサンプリング周波数は 100kHz とした。また、比較のため、人による打音調査およびマイクロフォンとインパルスハンマを用いた打音法による非破壊検査も同一条件にて実施した。なお、打音法のデータのサンプリング周波数は 50kHz とした。

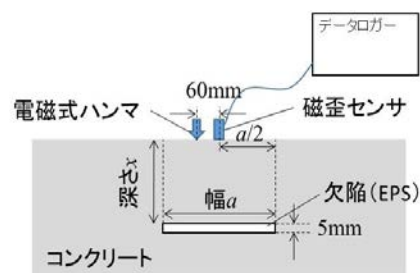


図-2 試験概要

図-3 に試験体の種別を示す。試験体は、欠陥深さの異なる3体（No.1~3）と欠陥の無い1体（No.4）の計4体である。外寸（2100mm×1050mm×300mm）および配合（設計基準強度 18N/mm²、スランプ 15cm、粗骨材最大寸法 40mm、高炉セメントを用いた普通コンクリート）は、共通である。模擬欠陥部は、150 mm×150 mm×5 mm、450 mm×450 mm×5 mm、300 mm×300 mm×5 mmの3種の発泡スチロール（EPS）をそれぞれ 300mm の離隔を設け、各試験体の内部に配置した。

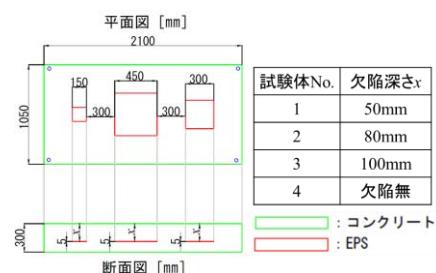


図-3 試験体概要

キーワード 維持管理, コンクリート, 内部欠陥, 非破壊検査, 衝撃弾性波法

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株) 総合技術本部技術開発部 TEL 0568-47-5375

4. 試験結果・考察

図-4（欠陥を有する試験体）と図-5（欠陥の無い試験体）に本手法（磁歪センサ）と打音法（マイクロフォン）にて取得した応答波形・周波数特性分析結果をそれぞれ示す。同一試験体における本手法と打音法の応答波形および卓越周波数を比較すると、類似している。したがって、本手法は、打音法と同様にコンクリートの打撃応答をうまく捉えているといえる。また、本手法で取得した最大応答値（絶対値）を比較すると、図-4 に示す欠陥部の応答値は図-5 に示す欠陥無の応答値より大きな値を示している。この傾向は、手法に関わらず共通している。この原因は、欠陥上部でたわみ共振が発生し、振幅が大きくなったためと考えられる。

図-6 に試験体種別毎の本手法（磁歪センサ）にて取得した最大応答値（絶対値）と欠陥深さの関係を示す。中塗点は、人による打音調査にて異音（欠陥）と判断したものである。欠陥無の応答値（破線）と各欠陥部の応答値を比較すると、各欠陥部の応答値は欠陥無の応答値より大きいことがわかる。人による打音調査では、大きい欠陥は深さに関わらず検出できるものの、小さい欠陥は検出できていない。今回対象とした深さと大きさを有する内部欠陥は、本手法にて取得した最大応答値（絶対値）を活用した評価方法により、欠陥の有無を判別でき、人による打音調査より優れているといえる。また、欠陥深さの増加に伴って、応答値が減少している。この原因は、欠陥深さの増加により、欠陥上部の見かけ上の剛性が大きくなり、振幅が小さくなったためと考えられる。一方で、同一の欠陥深さ毎に比較すると、欠陥寸法 300 mm×300 mm の応答値が最も大きな値を示している。今後、欠陥寸法と最大応答値（絶対値）の関係を追加調査・検証する必要がある。

5. まとめ

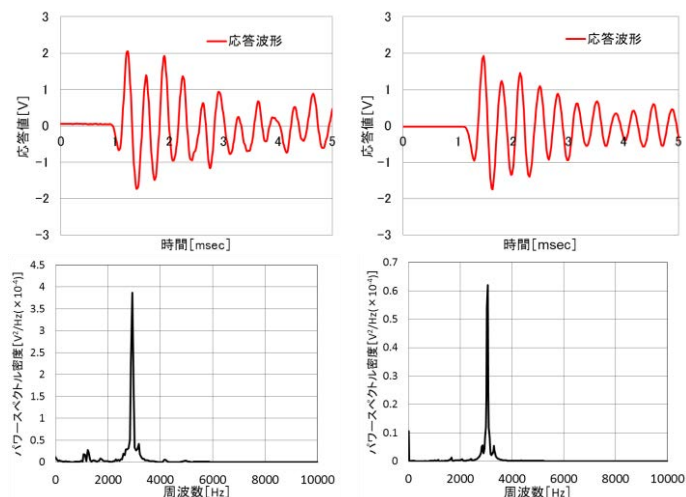
磁歪センサと電磁式ハンマを活用したコンクリート内部欠陥の効率的な非破壊検査方法の検討のため、各種非破壊検査手法との比較・検証を行った。その結果、磁歪センサで取得した最大応答値（絶対値）を活用した評価方法により、簡便かつ高精度に内部欠陥を検出できることを確認するとともに、内部欠陥の規模を定量的に把握できる可能性を確認した。今後は、データを蓄積し、精度を高め、本手法により内部欠陥の定量評価ならびに継続的なデータ取得による内部欠陥の進展状況の評価について検証を進める。

6. 謝辞

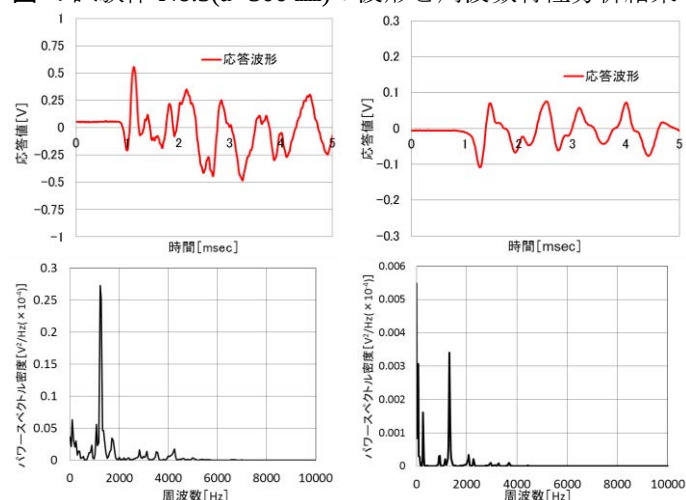
装置の製作及び試験にご協力いただきました株式会社オンガエンジニアリングに御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 鎌田敏郎, 内田慎哉: コンクリートの非破壊試験の理論と実際 ③弾性波法（超音波法・衝撃弾性波法）の理論と実際, コンクリート工学, 51 巻 4 号, pp.340-347, 2013



本手法（磁歪センサ） 打音法（マイクロフォン）
図-4 試験体 No.3(a=300 mm)の波形と周波数特性分析結果



本手法（磁歪センサ） 打音法（マイクロフォン）
図-5 試験体 No.4 の波形と周波数特性分析結果

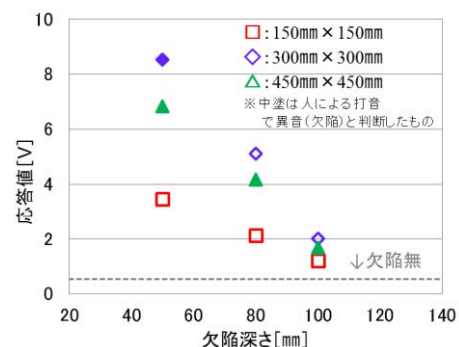


図-6 最大応答値（絶対値）