

PIC フォーム非破壊検査装置の開発に関する研究
Non-destructive, sound propagation-based inspection equipment for polymer-impregnated concrete

○東京工科大学・李昊宇，東京工科大学・天野直紀，
マテラス青梅工業株式会社・斯真田隆一，マテラス青梅工業株式会社・鶴田健

1. はじめに

現在、インフラの老朽化が大きな社会問題になっている。2016年国土交通省の報告によると、今後20年で建設後50年以上経過する施設の割合が高くなる¹⁾。そのため、今後、構造物をより頑健に構築・修復する技術が重要になる。その中でPICフォームは1つの解決策となる。PICフォームはコンクリートの微細な空隙に、樹脂のモノマーを含浸、重合させポリマー化し、ち密にした複合強化材料である。このコンクリートは耐衝撃性、耐磨耗性、耐腐食性といった利点があるので、将来的に広く適用されると考えられる²⁾。この研究はAIを活用したコンクリートの非破壊検査に関する研究である。マテラス青梅工業株式会社との産学共同研究「AIを活用したコンクリートの非破壊検査に関する研究」に関連して実施する。

2. 実験概要

2.1 関連研究と提案方法

PICフォームの含浸率については従来、ポリマー化前後の質量から算出している。このような全体的な手法に対し、より詳細に場所を特定して含浸率を推定することができれば、PICフォームの安全性をより高めることができる。このため、本研究は音伝播特性³⁾を用いて含浸率を推定する。この手法では高価な設備と複雑な操作が不要で、簡易な計測装置でできる。

2.2 実験方法

本研究は可聴音の音伝播特性を用いてPICフォームの含浸率を推定する。使用したPICフォームの試験体は3つである。その含浸率を表1に示す。

表1 試験体の含浸率

| 厚さ(mm) | 試験体 | 含浸率(%) |
|--------|-----|--------|
| 20 | 1 | 1.8 |
| | 2 | 2.8 |
| | 3 | 4.5 |

研究手法は、スピーカー（LC-dolida ポータブルスピーカー）とマイク（GeoSafari® Sonic Sleuth）で、PICフォームを挟んでスピーカーから周波数1kHzの音を鳴らし、音声データを録音する（図1、図2）。



図1 正面

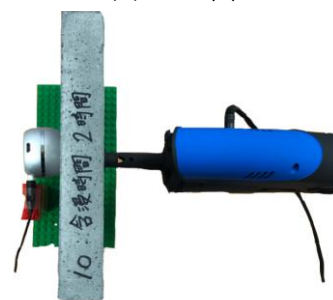


図2 俯瞰図

1つの試験体に対して、25箇所音声データを記録し、毎箇所20回のデータを記録した（図3）。その録音データを用い、パワースペクトルを得て機械学習により含浸率を推定する。機械学習パラメータはアルゴリズムがRectifierを用いる。隠れ層512,1024,2048,2048,1024,512を採用し、繰り返し回数は204800である。今回の研究は三つの手法で計測した。環境について、手法1の気温23.5℃、湿度72%であった。手法2の気温18℃、湿度59%であった。手法3の気温20℃、湿度38%であった。この手法1は厚み方向で対向に録音して予測する結果である。手法2と手法3は、同じ計測

装置と試験体に実環境に適した異なるスピーカー・マイクの配置位置で録音して予測する結果である。

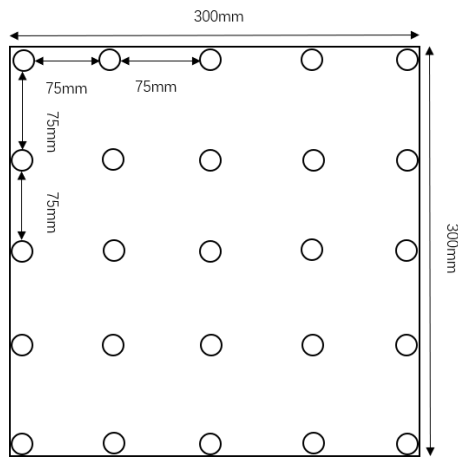


図3 25つの計測点

2.3 結果評価

先行研究⁴⁾では音伝播特性の変化に基づいて、コンクリートの含浸率を推定できることが確認した。本研究では計測手法を変化し、サンプリング数を増加させることとした。前述の上で、三つの手法で実験を行った。結果を表2に示す。

表2 含浸率の予測結果

| 計測手法 | 試験体 | 真値 | 推定値 |
|------|-----|-------|-------|
| 手法1 | 1 | 1.80% | 2.69% |
| | 2 | 2.80% | 3.05% |
| | 3 | 4.50% | 3.52% |
| 手法2 | 1 | 1.80% | 2.02% |
| | 2 | 2.80% | 2.23% |
| | 3 | 4.50% | 3.61% |
| 手法3 | 1 | 1.80% | 2.50% |
| | 2 | 2.80% | 3.37% |
| | 3 | 4.50% | 2.73% |

重量ベースについての予測結果を表3に示す。この結果について、録音手法が変化した場合に一定の精度で推定できることも確認した。

表3 重量の予測結果

| 計測手法 | 実験体 | PIC 前の重量 (g) | PIC 後の重量 (g) | 予測のPIC 後重量 (g) | 誤差 (%) |
|------|-----|--------------|--------------|----------------|--------|
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----|---|--------|--------|--------|-----|
| 手法1 | 1 | 4814.1 | 4899.5 | 4943.6 | 0.9 |
| | 2 | 4799.7 | 4934.1 | 4946.1 | 0.2 |
| | 3 | 4799.2 | 5014.6 | 4968.1 | 0.9 |
| 手法2 | 1 | 4814.1 | 4899.5 | 4911.3 | 0.2 |
| | 2 | 4799.7 | 4934.1 | 4906.7 | 0.6 |
| | 3 | 4799.2 | 5014.6 | 4972.5 | 0.8 |
| 手法3 | 1 | 4814.1 | 4899.5 | 4934.5 | 0.7 |
| | 2 | 4799.7 | 4934.1 | 4961.4 | 0.6 |
| | 3 | 4799.2 | 5014.6 | 4930.2 | 1.7 |

表3によると、初歩的な判断は手法2の結果は最も良好な手法である。

3. 終わりに

本研究では、音伝播特性の変化に基づいて、コンクリートの含浸率を推定できるという仮説を証明した上、最もよい手法を探した。しかし、本研究は原理として、比較的な静音で理想に近い環境で得られたデータにおいて行うと想定する。実際には、実験環境の外部影響が存在する。この外部影響を最小化に抑えるのは重要だと考える。そして今後、二つの予定がある。一つは工場における騒音下での含浸率推定の実現である。もう一つは計測方法の評価結果に基づいた計測装置の開発である。

謝辞

本研究はマテラス青梅工業株式会社との共同研究の一部として実施しました。関係者各位に深く感謝します。

参考文献

- 1) 資本の老朽化の現状と将来予測, 国土交通省 2016年
- 2) マテラス青梅工業株式会社: PIC フォーム, <http://www.materras.co.jp/products-info/pic.html>, (参照 2021-03-08)
- 3) 小林誠治, 天野直紀, 田井政行, 下里哲弘, 久米仁司: 音伝播特性に着目した照明柱の劣化検出の可能性, 土木学会沖縄会, 2019
- 4) 李昊宇, 丁宇浩, 天野直紀, 斯真田隆一, 鶴田健: 音伝播特性に基づいた PIC フォームの含浸率の推定, 土木学会全国大会, 2020

キーワード: PIC フォーム, 音伝播特性, 非破壊検査, 含浸率

連絡先 〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1 東京工科大学 g51200411c@edu.teu.ac.jp