

# ASR 劣化構造物に対するデジタル打音検査の適用

## (1) 劣化評価 AI の構築

An Application of Digital hammering Inspection Technology to Diagnosis of ASR Deteriorated Concrete Structures

(1) Development of inverse analysis AI model

\*松永 嵩<sup>1</sup>, 小川 良太<sup>1</sup>, 匂坂 充行<sup>1</sup>, 磯部 仁博<sup>1</sup>, 富山 潤<sup>2</sup>, 吉村 忍<sup>3</sup>, 山田 知典<sup>3</sup>

<sup>1</sup>原子燃料工業株式会社, <sup>2</sup>琉球大学, <sup>3</sup>東京大学

デジタル打音検査の ASR 劣化構造物への適用を目的に、コンクリート表面を面的にデジタル打音検査した結果とコンクリート表面に開口部を有するひび割れのデータベースを畳み込みニューラルネットワーク (CNN) で学習させることで、デジタル打音検査結果からひび割れ形状や異常度を瞬時に定量評価する劣化評価 AI を構築した。具体的には、ひび割れ形状 (長さ、深さ、角度) を定量評価する欠陥定量 AI と、異常か否かを推定する異常検知 AI を構築し、それぞれの AI は高い推定精度を有することが示された。

**キーワード**: アルカリシリカ反応、AE センサ、デジタル打音検査、コンクリート、ひび割れ

### 1. 緒言

原子力施設におけるコンクリート構造物の着目すべき劣化事象の一つとしてアルカリシリカ反応 (ASR) がある<sup>[1]</sup>。ASR 劣化の調査にあたっては、一般的にコア採取が実施されるが、サンプリングの箇所や数量の制約から構造物全体の性能を把握することは容易ではない。

一方、筆者らはコンクリート構造物の様々な変状に対し、デジタル打音検査を適用することを目標に、コンクリート表面で得られる固有周波数マップとコンクリートの変状について、FEM 解析と AI 技術によりデータベース化している<sup>[2]</sup>。

本稿では、このデータベースを活用し、デジタル打音検査結果を入力することで、コンクリート構造物の変状を評価する AI (劣化評価 AI) を構築し、ASR 劣化構造物に対する適用性を検討した。

### 2. ASR 劣化構造物を想定したひび割れ評価 AI の例

図 1 に劣化評価 AI のモデルを示す。コンクリート表面で得られる固有周波数マップを入力し、畳込み層で周波数マップの特徴を抽出し、ひび割れ形状を出力する「欠陥定量 AI」と異常か健全かを評価する「異常検知 AI」を構築した。また、3000mm×3000mm×400mm のコンクリート板に対し、中央部にひび割れ (長さ 200 mm~1000 mm、深さ 50 mm~200 mm、ひび割れとコンクリートとのなす角度 15°~90°) が生じた場合に得られる固有周波数マップのデータベースを用い、6 分割交差検証法で機械学習させた。なお、異常検知 AI では、異常とみなすひび割れ深さを 100 mm 以上もしくは、ひび割れ角度 30°以下を異常とみなして、異常は 1、健全は 0 としている。

図 2 は、未学習データにおける AI が推定した結果と、データベースの値を対比させた結果である。欠陥定量 AI では、未学習のひび割れ深さが異なるデータに対して、概ね誤差±15%程度でひび割れ深さを推定可能であり、異常検知 AI では、0.5 を境に異常と健全を 100%分類可能であることが示された。

### 謝辞

本研究は、国土交通省令和元年度~2年度建設技術研究開発助成制度により実施した「デジタル打音検査と AI・シミュレーションの統合的活用によるコンクリート内部構造診断の実現」の成果の一部である。

### 参考文献

[1] 日本建築学会: 原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説

[2] 松永 嵩, 磯部 仁博, 吉村 忍, 山田 知典: デジタル打音検査によるコンクリート内部構造診断技術の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.1205-1210, 2021

\*Takashi Matsunaga<sup>1</sup>, Ryota Ogawa<sup>1</sup>, Mitsuyuki Sagisaka<sup>1</sup>, Yoshihiro Isobe<sup>1</sup>, Jun Tomiyama<sup>2</sup>, Shinobu Yoshimura<sup>3</sup> and Tomonori Yamada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nuclear Fuel Industries, Ltd., <sup>2</sup>University of The Ryukyus, <sup>3</sup>The University of Tokyo

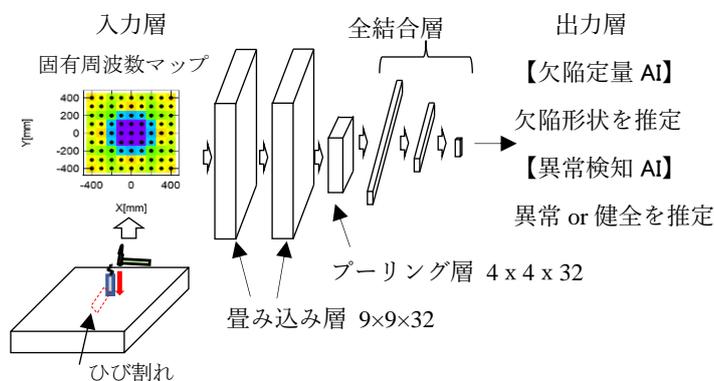


図 1 劣化評価 AI モデル (CNN)

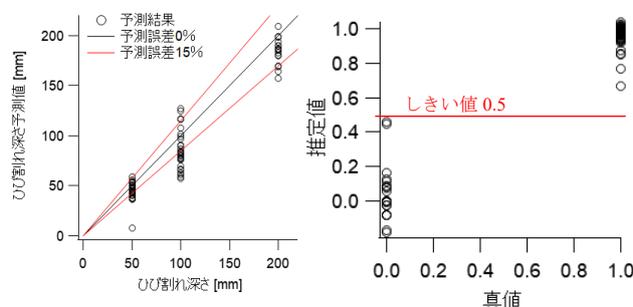


図 2 検証結果

左: 欠陥定量 AI (ひび割れ深さ) 右: 異常検知 AI