# 第V部門

弾性波トモグラフィ法を用いた鉄筋腐食によるコンクリート内部劣化の評価

京都大学 学生会員 京都大学 正会員

〇村上 陸 橋本勝文 西田孝弘 服部篤史 塩谷智基 河野広隆

#### 1. はじめに

塩害や中性化は鉄筋コンクリート(RC)構造の代表 的な劣化機構であり,鉄筋の腐食は RC 構造物に性能 の低下をもたらす.鉄筋腐食を対象とした検査手法は ひび割れの観察や電気化学的手法など種々提案がなさ れているが,本研究では,弾性波速度トモグラフィ法 <sup>1)</sup>を用いて,鉄筋腐食に伴って生じるコンクリート内 部の劣化を評価することを試みた.

#### 2. 実験概要

#### 2.1 供試体概要

鉄筋腐食による RC 梁の劣化を実験的に再現するた めに,図1に示すような供試体を作製した.供試体の 寸法は長さ1600×高さ200×幅100mmで,主鉄筋と して D10 が2本(かぶり20mm),スターラップとし て D6 が17本含まれている.供試体は塩害による鉄筋 腐食を想定し,図2に示すような塩水噴霧および乾湿 繰返しによる腐食促進試験を実施した.

### 2.2 弾性波計測および鉄筋腐食評価試験

弾性波計測は腐食促進試験の 0,51 および 125 サイ クル終了時に実施した.打撃点およびセンサ配置は図 3 に示すとおりである.供試体全体を計測対象とし, 受信センサとして AE センサ(富士セラミックス社製 50kHz 共振型)を 30 個配置し,後述する打撃により励 起された弾性波の到達時刻を計測した.サンプリング レートは 1MHz とした.

打撃点はセンサ配置側面の反対の側面の 30 点とした. 相対する打撃側面とセンサ配置側面は互いに入れ 替えて計測を行った. 打撃点近傍にトリガーセンサを 設置し,発信センサとすることで入力時刻を取得し, 各センサへの到達時間を算出した. 弾性波の励起はペ ンシルブレイク, φ10mm およびφ25mm の鋼球ハン マの3種類とした. 打撃点近傍で観測された波形の周 波数スペクトルでは,それぞれの卓越周波数は94kHz, 37kHz, 14kHz であった. 弾性波計測の実施に合わせて,目視によるひび割れ の観察と自然電位法での鉄筋腐食評価を行った.自然 電位の測定では,測定点は供試体の下面の5点とし, 長手方向で等間隔となるようにした.

### 3. 実験結果および考察

### 3.1 自然電位法による腐食評価

自然電位(vs CSE)の推移を図4に示す. 図中の紫 色の線はASTMによる鉄筋腐食判定基準であり,腐食 促進試験79サイクル経過時には大部分で「90%以上の 確率で腐食あり」の判定となった.



Riku MURAKAMI, Katsufumi HASHIMOTO, Takahiro NISHIDA, Atsushi HATTORI, Tomoki SHIOTANI and Hirotaka KAWANO, <u>murakami.riku.42c@st.kyoto-u.ac.jp</u>

# 3.2 弾性波速度トモグラフィ解析

供試体を 17×4×4 個の要素に分割し,弾性波速度ト モグラフィ解析<sup>2)</sup>を実施して各要素の速度を求めた.

主鉄筋の近傍である解析対象要素において, φ 25mm の鋼球ハンマを用いて得られた速度構造から図 5 のヒストグラムを作成した.腐食促進サイクルの進 行に伴って低速度側に推移していることがわかる. 一 方で, 51 サイクル終了時には外観の変化はなく,自然 電位法の判定も「不確定」であったと推定される.以 上から,速度構造の変化に着目することで,腐食の初 期段階において,コンクリート内部の劣化を評価でき たといえる.

3.3 表面ひび割れとの整合性(目視観察の結果)

152 サイクル終了時の表面ひび割れ状況を図6に示 す.また、比較する解析結果を図7に示す.入力弾性 波の周波数が最も高かったペンシルブレイクの結果で は、速度が低下している領域が少なく、腐食ひび割れ の進展は評価できていなかった.一方で、図6で確認 できるひび割れは、φ10mmの結果では51サイクル時、 φ25mmの結果では125サイクル時の解析結果が、速 度が低下している領域と一致しており、鉄筋腐食の初 期段階で、腐食に伴って生じる内部の微細なひび割れ および表面でのひび割れ発生位置を検出できていた可 能性がある.また、この結果から、劣化程度に応じて、 入力する弾性波の周波数を適切に設定することで、腐 食ひび割れを早期に検出できることが示唆される.

# 4. 結論

弾性波速度トモグラフィは腐食ひび割れが表面に現 れる前の段階で,速度構造の変化に着目することで, 鋼材周辺のコンクリートの劣化を評価できることが明 らかになった.また,腐食に伴うコンクリート内部の 微細なひび割れおよび表面のひび割れ発生位置を検出 できる可能性があることが示された.

### 謝辞

本研究は,総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「道路インフ ラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目 指した統括的研究」(管理法人:国立研究開発法人科学 技術振興機構)の支援を受けて行った.



図 6 表面ひび割れ状況(152 サイクル終了時)



図7 弾性波速度トモグラフィ解析結果

# 参考文献

 塩谷智基, Dimitrios G. Aggelis, 桃木昌平:弾性波トモグラフィ によるコンクリート構造物の健全性評価技術,とびしま技報,第56 号, pp.111-116, 2007.

2) Kobayashi,Y., Shiotani,T.: Computerized AE Tomography, Innovative AE and NDT Techniques for On-Site Measurement of Concrete and Masonry Structures, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 239-MCM, Springer, pp.47-68, 2016.