

RC 床版内部の腐食ひび割れの発生に伴う打撃応答特性の経時変化

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○木沢 敬太
 長岡工業高等専門学校 正会員 村上 祐貴
 長岡工業高等専門学校 井山 徹郎
 長岡工業高等専門学校 池田 富士雄
 長岡工業高等専門学校 外山 茂浩

1. はじめに

現在、積雪寒冷地域的高速道路において、凍結防止剤の散布により塩害劣化した道路橋 RC 床版が、舗装路面の損傷を誘発し、道路管理上の問題の一つとなっている。数ある RC 床版の非破壊検査手法の中で、打音法は点検の容易さ、費用、精度の面から現在最も用いられている検査手法である。

著者らは、RC 床版試験体を対象とした促進腐食試験により、鉄筋腐食に伴う打音特性の時間的な変化に着目した実験的検討を行ったが¹⁾、床版内部の腐食ひび割れ性状との関連付けが課題であった。

そこで本研究では、モールドゲージを埋設し、電食により鉄筋を促進腐食させた RC 床版試験体を対象として、床版内部の腐食ひび割れ（水平ひび割れ）性状が打撃応答特性に及ぼす影響について検証した。さらに、時系列の打音情報を用いた自己組織化マップによる欠陥判定手法について、検討を行った。

2. 実験方法

試験体概要を図-1に示す。試験体は、主鉄筋、配筋筋ともに D16 (SD295A) を用いた。試験体内部のモールドゲージ埋設位置を図-2に示す。

鉄筋腐食手法には、電食試験法を採用し、5%NaCl

水溶液に浸漬した試験体に対して、上側主鉄筋を陽極、チタンメッシュを陰極として通電を行った。

本研究では打撃応答特性の経時変化を見るため、打撃試験と一定条件の通電を繰返し行うこととした。1 サイクル当たりの通電時間は 42 時間とし、直流電流を鉄筋 1 本当たり $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ の平均電流密度で通電する電食サイクルを、計 11 サイクル行った。

打撃試験はインパルスハンマ（周波数範囲：0～8kHz）を用いて試験体を加振し、生じた振動応答を加速度センサ（周波数範囲：2Hz～10kHz）により測定した。打撃点およびセンサ位置を、図-3に示す。

3. 実験結果

図-4に、水平ひび割れ幅のコンター図を示す。同図より、ひび割れ幅はサイクルの増加に従い、試験体端部において顕著に拡大していることが分かる。

次に、周波数特性の経時変化に着目する。周波数領域の評価には、振動加速度の出力スペクトルをインパルスハンマの加振スペクトルで正規化した、周波数応答関数を用いた。一例として図-5に、打撃点 A1 における周波数応答関数の変化を示す。このように、11 サイクル時の周波数応答関数は、健全時に比べ広い周波数域で振幅が増大する傾向にあった。

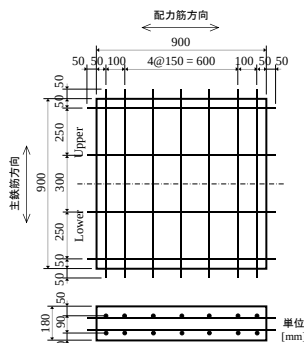
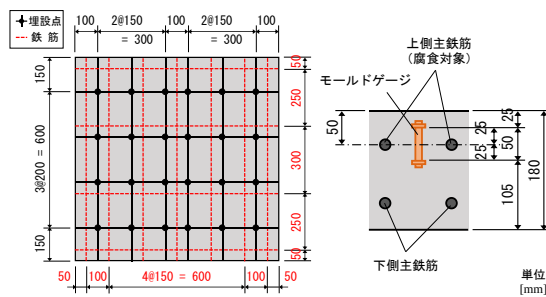


図-1 試験体概要



(a) ゲージ埋設点 (b) ゲージ埋設深さ
 図-2 試験体内部のモールドゲージ埋設位置

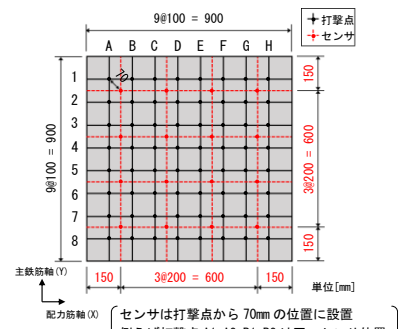


図-3 打撃点とセンサ位置

キーワード 非破壊検査, 打音法, 鉄筋腐食, RC 床版, 自己組織化マップ

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

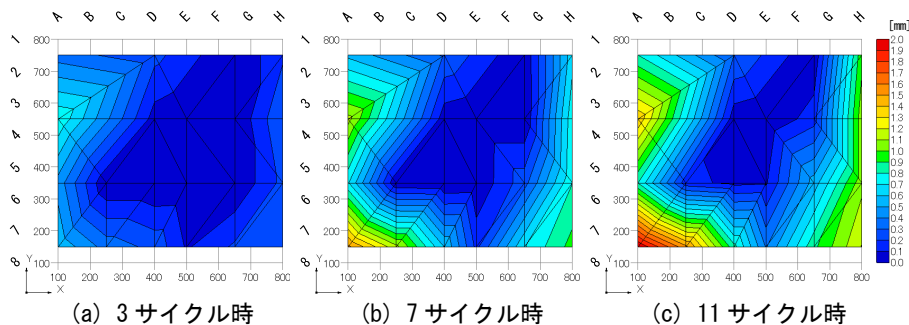


図-4 水平ひび割れ幅の分布 (単位:mm)

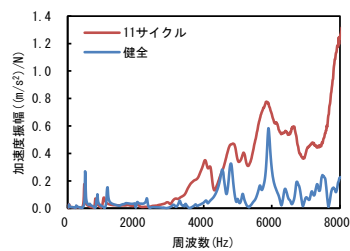


図-5 周波数応答関数の変化 (打撃点 A1)



図-6 3, 7, 11 サイクルを入力データとした SOM のクラスタマップ

4. 自己組織化マップを用いた欠陥判定手法の検討

前章で確認された周波数特性の変化の傾向をふまえ、各サイクルの各打撃点で得られた周波数応答関数を各周波数について網羅的に比較するため、本章では自己組織化マップ (SOM) を用いて、経時的に変化する周波数波形パターンの分類を試みる。

入力データは、0~8kHz の周波数応答関数に囲まれた領域 (周波数応答面積) について、100Hz 毎に周波数応答面積を算出した 80 次元ベクトルのデータとし、対応する健全時の周波数応答面積で正規化した。SOM の作成には、Viscovery SOMine 7.0 を使用し、ノード数は 1000、近傍半径は 0.5 とした。

結果の一例として図-6 に 3, 7, 11 サイクル時のデータを一纏めに入力して作成された、SOM のクラスタマップを示す。マップにおいて、各打撃点データは六角型のノードに配置されており、類似した特性を有するノードの集合が、クラスタとして色分けされている。同図よりサイクルの増加に従い、クラスタ 1 に配置されていた多くの打撃点が、他のクラスタ領域へと移動していることが分かる。これらは試験体端部に位置する打撃点であり、図-4 の水平ひび割れの進展状況と対応していた。

各クラスタのプロファイルを図-7 に示す。ここでプロファイルとは、入力データとした周波数応答面積の変化率について、分割した周波数帯毎にマップ

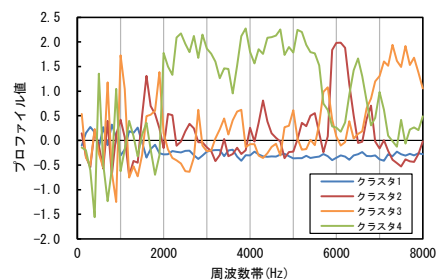


図-7 各クラスタのプロファイル

全体の平均に対する各クラスタの平均の偏差を示した値である。同図より、クラスタ 1 は全ての周波数域でプロファイル値が低くなっており、周波数特性の変化の小さな健全クラスタであると推察され、その他のクラスタは欠陥クラスタであると考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 加振特性を考慮した周波数応答関数において、鉄筋腐食に伴い、広範囲の周波数域で振幅が増大する傾向が確認された。
- (2) 微小区間毎の周波数応答面積比の時系列データを網羅的に比較した自己組織化マップにより、欠陥部と健全部とを判別することが可能であった。

参考文献

- 1) 木沢敬太, 井山徹郎, 村上祐貴: 鉄筋腐食の進行による RC 床版の打撃応答特性の経時変化, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1867-1872, 2015