

打音スペクトルのユークリッド距離を用いた鉄筋腐食評価手法の実験的検討

防衛大学校 正会員 ○黒田 一郎, 株式会社九検 正会員 西 敏臣

1. はじめに

老朽化したRC構造物の蓄積は維持管理上の課題事項であり、中でも鉄筋腐食は代表的な事項の一つである。その課題に取り組むためには、簡便な非破壊検査手法が望まれる。

コンクリート中の浮き・剥離の点検においては、コンクリート表面を打撃した際の打音のスペクトルを分析する打音法が、検査実施者の技量に依存することなく実施でき、しかも簡便な検査手法として研究が進められている¹⁾。鉄筋腐食は、腐食生成物の体積増加によって鉄筋周辺のコンクリートに微細なクラックが発生してコンクリート内部に不連続面が形成されるため、浮き・剥離と同様に打音法による検出が可能であると考えた。

そこで、本研究は、電食によって鉄筋を腐食させたRC供試体を対象とした実験によって、打音法による鉄筋腐食検知の可能性を探るものである。

2. 実験概要

供試体は、300×300mmの正方形で厚さ120mmの板状であり、RC壁の一部を切り取ったものを模している。図-1に寸法諸元を示す。供試体にはD13鉄筋が2本埋め込まれて

いる。D13鉄筋のかぶりがちいさい（かぶり30mm）方の供試体表面を裏面、反対側のかぶりが大きい（かぶり77mm）方の面を打撃面と以下称する（図-1参照）。コンクリートは、水セメント比60%で、早強ポルトランドセメントを使用した。示方配合を表-1に示す。水中養生の後に供試体は電食によってD13鉄筋を目標腐食率10%まで腐食させた。電食の際の通電時間は既往の研究²⁾を参考に設定した。

電食後の供試体の裏面と打撃面を写真-1、2にそれぞれ示す。裏面には、D13鉄筋に沿ってひび割れが発生した（写真-1に青の矢印で示す）。クラックゲージによればひび割れ幅は全長に沿って概ね0.10～0.15mmの範囲、最大で約0.20mmである。一方、かぶりが大きかった打撃面にはひび割れは発生しておらず、この面だけを目視観察する限りでは鉄筋の腐食を伺い知ることはできない（写真-2）。鉄筋が腐食しているにも関わらず目視で確認できないという状況を想定し、打音の収録はこの打撃面を手動ハンマで打撃することによって行なった。

3. 打音の分析

図-2に鉄筋を腐食させた供試体の打音のスペクトルの例を示す。図-3は、同一諸元で鉄筋を腐食させていない供試体の打音のスペクトルである。どちらもパワーが卓越した峰がいくつか認められるが、腐食していない供試体の方が、高周波側に卓越峰が多く分布する傾向にある。

両者の違いを判別するために、佐相らの研究³⁾を参考としてスペクトルのユークリッド距離を導入した。具体的には、打音スペクトルを500Hz～10kHzまでの帯域で約400次

表-1 示方配合表

G_{max} (mm)	W/C (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)			
			W	C	S	G
20	60	3.0	175	292	680	1060

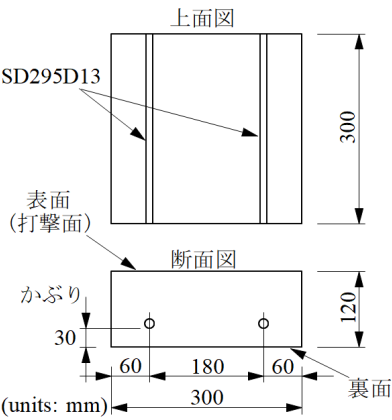


図-1 供試体諸元

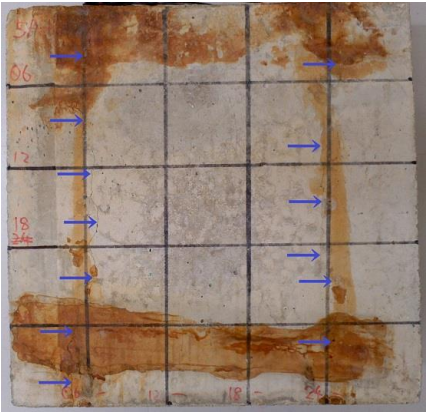


写真-1 供試体裏面

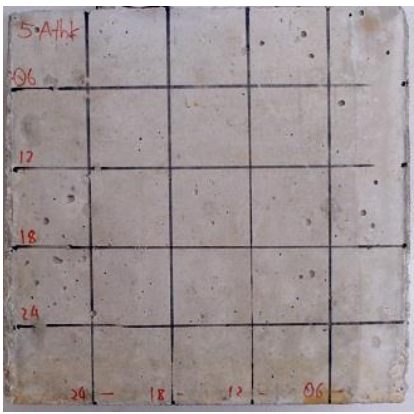


写真-2 供試体打撃面

キーワード 鉄筋腐食, 打音, 非破壊検査, スペクトル, ユークリッド距離

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 046-841-3810

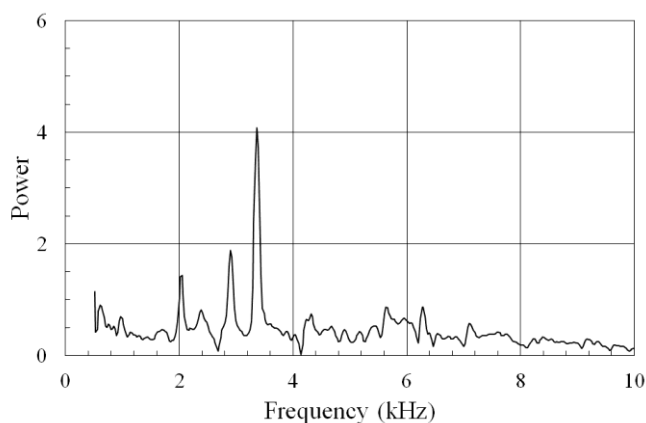


図-2 打音スペクトルの例・腐食供試体

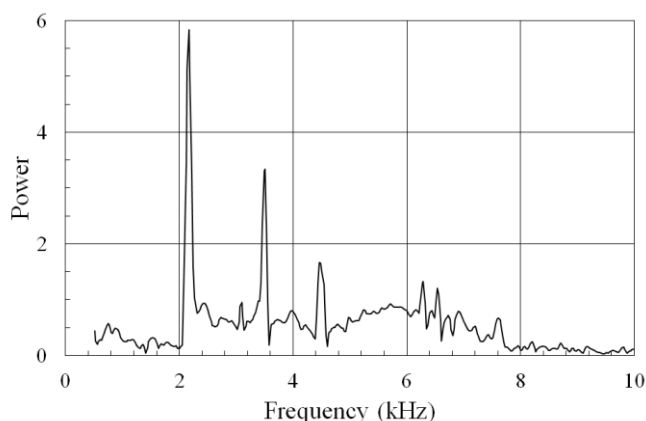


図-3 打音スペクトルの例・腐食していない供試体

元の座標値を持つベクトルとし、異なる二つのスペクトルの違いをそれらのユークリッド距離として数値で表わすこととした。

そこでまず、腐食供試体を打撃した際の打音スペクトルを3つ収集しそれらを教師データTr1～Tr3とした。次に、腐食供試体を打撃した教師データとは別のテストデータC1～C4、および腐食していない供試体を打撃したテストデータN1～N4を収集し、これら8つのテストデータのスペクトルと、3つの教師データとの間のユークリッド距離を求める。そして、教師データとのユークリッド距離の比較で、両者の間(C1～C4と、N1～N4の間)の区別が可能かどうか検討した。

図-4 (a)～(c)に各教師データとテストデータのユークリッド距離の比較を示す。いずれの教師データTr1～Tr3を対象にした場合であっても、腐食していない供試体の打音スペクトルN1～N4は、腐食供試体の打音スペクトルC1～C4よりも大きなユークリッド距離を持っていて、適切な閾値を設定すれば両者の区別が可能であることがわかる。個別の比較では、打音スペクトルC1～C4とN1～N4のユークリッド距離の値が拮抗している場合もあるが、教師データ

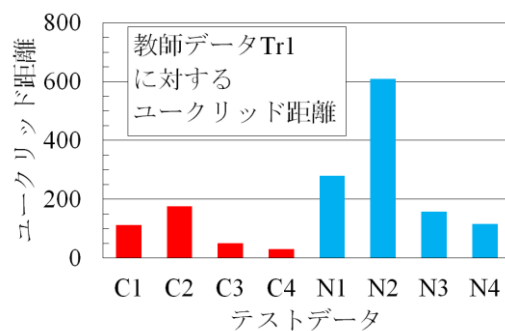


図-4 (a) ユークリッド距離 (教師データ Tr1)

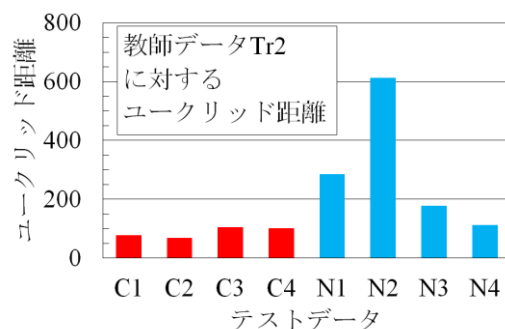


図-4 (b) ユークリッド距離 (教師データ Tr2)

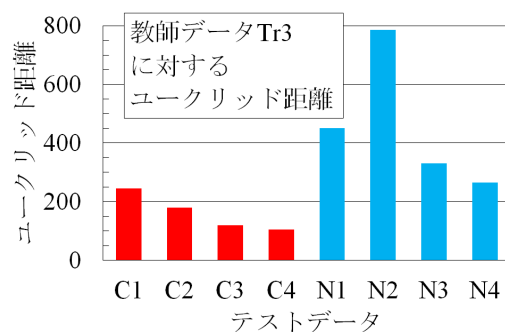


図-4 (c) ユークリッド距離 (教師データ Tr3)

を同時に多く用いることによって精度の改善を図ることができる。

4. まとめ

腐食ひび割れがまだ表面に達していない面を検査対象とした場合であっても、打音スペクトルのユークリッド距離を用いて腐食を評価できる可能性を確かめた。

参考文献

- 1) 佐相 駿実, 勝木 太, 日比野克彦: 機械学習を利用した打音法のコンクリート浮き部検出精度に関する研究, 土木学会第73回年次学術講演会, V-170, 2018
- 2) 田森清美, 丸山久一, 小田川昌史, 橋本親典: 鉄筋の発錆によるコンクリートのひび割れ性状に関する基礎研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.10, No.2, pp.505-510, 1988