

打撃応答の対数減衰率に着目した鉄筋腐食の推定手法に関する研究

防衛大学校 学生員 ○渡辺拳斗 正会員 黒田一郎、古屋信明

1. はじめに

鉄筋の腐食が発生した鉄筋コンクリート（以下、RC）構造物の維持管理において、現時点での劣化状況を推定する手法として非破壊検査の重要性が一層増している。本研究では、大掛かりな機材を必要としない簡便な非破壊検査手法として、部材を打撃した際の応答であるコンクリート表面の加速度と打音の音圧に注目し、それらの減衰特性を基に腐食の度合いを推定する手法について検討した。

2. 鉄筋腐食RC梁供試体の打撃応答実験

本研究に用いたRC梁供試体の寸法・配筋および断面諸元を図-1に示す。供試体の外形は高さ140mm、幅80mm、長さ1460mmとし、主鉄筋はD13（SD295A）を引張側に1本配置した。有効高さは113mmである。またスターラップD6（SD295A）を100mm間隔で配筋した。これらの供試体に経年劣化を模擬した損傷を与えるために、引張鉄筋へ直流電流を通電し、鉄筋を電食させ、目標腐食率を0%、5%および20%とした。スターラップについては、腐食を防ぐために引張鉄筋と接触する部位に絶縁テープを巻いた。

打撃は加速度計を接着した鋼製ハンマーによって与えた。計測する際の支承条件の違いによる影響を排除するために、床に敷き詰めた発砲スチロールの上に供試体を静置した。打撃位置は供試体上面のスパン中央とした。供試体下面に接着した加速度計を用いてコンクリート表面の振動加速度を、マイクロフォンを用いて打音を、鋼製ハンマーに接着した加速度計を用いて鋼製ハンマーの加速度をそれぞれ時刻歴波形として収録した。鋼製ハンマーの加速度には、鋼製ハンマーの質量を乗じ、鋼製ハンマーによる衝撃力に換算した。図-2に収録した波形の一例（音圧の記録）を示す。

3. 対数減衰率と腐食の関係

打撃応答実験において得られた加速度、打音、および打撃力の時刻歴波形をDFT解析し、パワースペクトルへと変換した。このパワースペクトルと衝撃力のパワースペクトルを基に伝達関数を導いた。伝達関数の一例を図-3に示す。図に示すように伝達関数には梁の固有周期（800～1000Hz）付近にピークが認

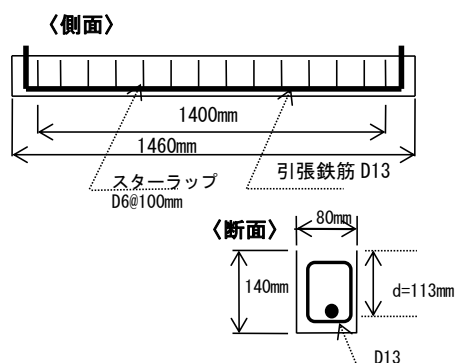


図-1 供試体諸元

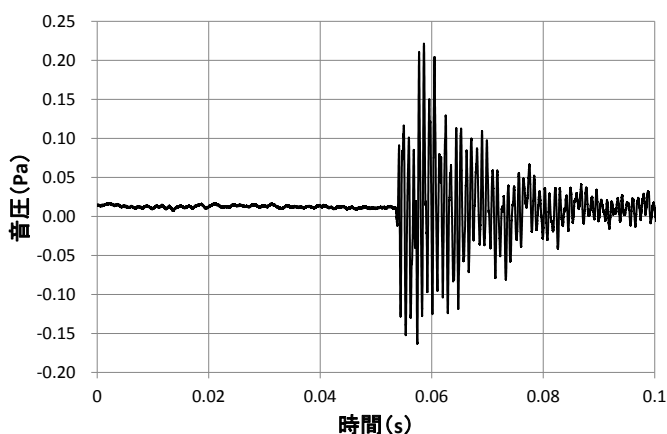


図-2 時刻歴波形の一例（音圧）

キーワード 非破壊検査, 加速度, 音圧, 伝達関数, 対数減衰率

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL046-841-3810 E-mail : ikuroda@nda.ac.jp

められるが、このピークの特徴からハーフパワー法¹⁾で対数減衰率 ζ を求めた。すなわち、伝達関数の頂点の周波数 f_1 を求め、その頂点のパワー値 p_1 のちょうど半分の値 $p_1/2$ となる周波数 f_0 、 f_2 を求め（図-3参照）、これらの周波数値 f_0 、 f_1 、 f_2 を用いて次式(1)により対数減衰率 ζ を算出した。また、固有周波数 f_1 と対数減衰率 ζ を表-1にまとめて示す。

$$\zeta = (f_2 - f_0) / 2f_1 \quad (1)$$

図-4に、コンクリート表面の加速度の対数減衰率と腐食率の関係を示す。腐食率が0%と5%の間の、対数減衰率の差は明確には現れないが、0%と20%の対数減衰率 ζ の間には明確な差が認められた。同様に、音圧の対数減衰率を求め、腐食率との比較としてグラフ化したものを図-5に示す。コンクリート表面加速度と同様に、腐食率が0%と20%の供試体の間での対数減衰率の差は明白であった。

以上のように、腐食の影響が打撃応答の対数減衰率に現れる原因としては、鉄筋の腐食に伴う膨張圧によって鉄筋周辺のコンクリートに微細なひび割れが生じ、これがコンクリート組織を弛緩させて供試体の減衰を増したものと考えられる。

4. まとめ

腐食率が20%に達すると、コンクリート表面の振動加速度や打音の音圧の対数減衰率に変化が生じることを実験から明らかにした。この特性を利用し鉄筋腐食の非破壊評価は可能であると考えられる。

5. 参考文献

1)大島俊之編（2000）『橋梁振動モニタリングのガイドライン』pp.90-91，土木学会

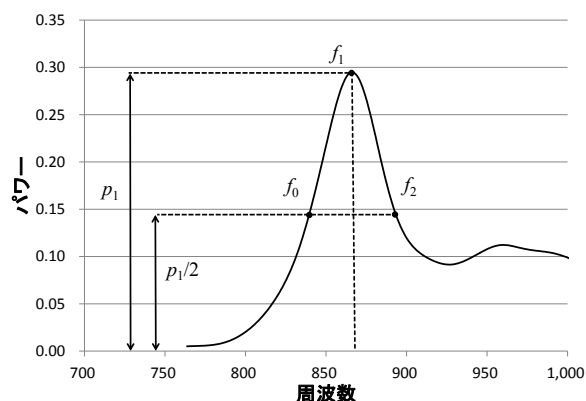


図-3 伝達関数の一例

表-1 固有周波数 f_1 と対数減衰率 ζ

腐食率(%)	コンクリート表面加速度		音圧	
	f_1 (Hz)	対数減衰率 ζ	f_1 (Hz)	対数減衰率 ζ
0	1064	0.0174	1061	0.0198
5	1025	0.0190	1022	0.0166
20	867	0.0285	871	0.0284

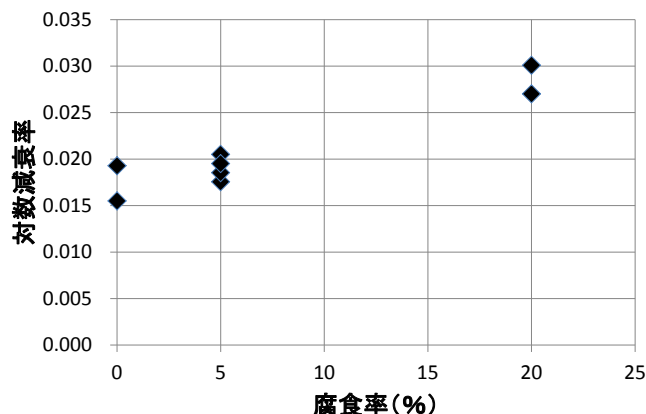


図-4 対数減衰率 ζ と腐食率の関係（加速度）

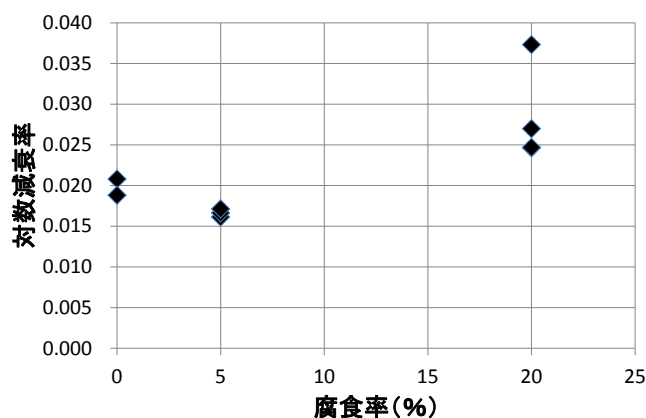


図-5 対数減衰率 ζ と腐食率の関係(音圧)