

鉄筋腐食 RC 梁の打撃による非破壊検査と残存曲げ耐荷性能に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○遠山 和一郎
防衛大学校 正 会 員 山本 佳士
防衛大学校 正 会 員 黒田 一郎
防衛大学校 正 会 員 古屋 信明
陸上自衛隊 江口 太晶

1. はじめに

鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の腐食量を可能な限り正確に推定することは、劣化した鉄筋コンクリート部材の残存耐荷性能を評価する上で重要である。本研究では、打撃による RC 梁振動加速度の計測による非破壊検査手法(以下、打撃加速度法と称する)を提案し、その結果と鉄筋腐食 RC 梁の残存曲げ耐荷性能との関係を実験的に検証する。

2. 実験概要

本実験で使用した RC 梁供試体の概要を図-1、配合を表-1 示す。供試体を 5%塩化ナトリウム溶液へ浸漬させ、直流電流 0.6A を所定時間主鉄筋に通電させることで鉄筋を腐食させた。目標腐食率 0%, 10%, 30%に電食させ、打撃加速度法を用いて劣化状況を調べた後、腐食した RC 梁供試体の耐荷能力を把握するために静的載荷実験を行った。打撃加速度法では、ハンマーで RC 梁の中央に打撃を与え、ハンマーの柄に取り付けたマイクロフォンで打撃音を集音し、パソコンに記録後、FFT 解析によりスペクトルに変換した。載荷実験では、荷重をロードセルで測定し、変位計により載荷位置における鉛直方向変位を測定した。なお、目標腐食率と実際の腐食率の近似程度は文献に示す。

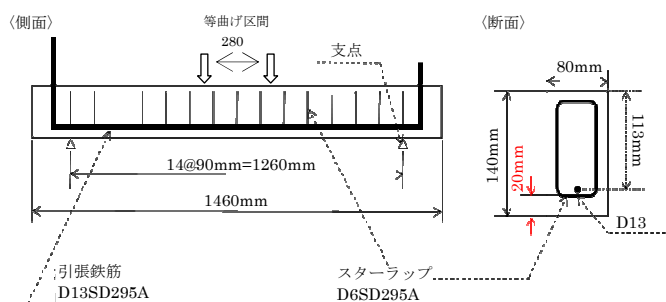


図-1 RC 梁供試体概要

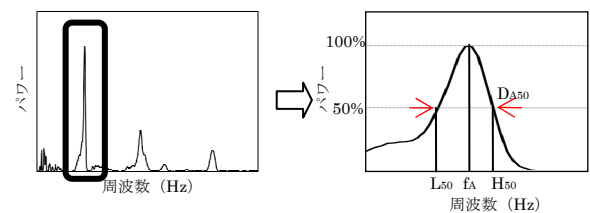
表-1 供試体配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量				
		水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	AE 剤 (cc/m ³)
60	40.5	175	292	680	1060	93.4

3. 実験結果および考察

打撃加速度法により収録した加速度応答の波形の開始点から 2000 サンプルを対象に、FFT 解析を行ってパワースペクトルを求めた。使用した窓関数は Han 関数である。パワースペクトルの波形パターンの一例を図-2 に示す。横軸は周波数(Hz)、縦軸は加速度のパワーである。

実験結果を考察するため、本実験ではパワースペクトルの中で最初に現れるピーク(図-2(1)で太線によって囲まれた部分)に注目した。ピーク時の周波数を卓越周波数 f_A とし、その周波数のパワーの 50%に相当するパ



(1) 広範囲 (2) 卓越周波数
図-2 パワースペクトル

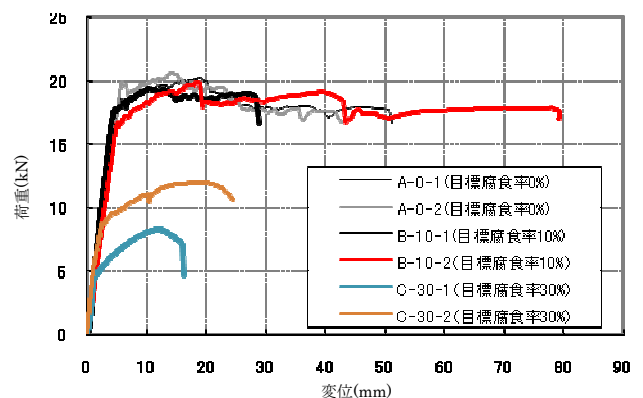


図-3 荷重-変位関係

表-2 測定結果

供試体名	目標腐食率 (%)	最大荷重 P_{max} (kN)	f_A (Hz)	D_{A50} (Hz)	D_{A25} (Hz)
A-0-1	0	20.24	1096	28	42
A-0-2		20.66	1170	21	33
B-10-1	10	19.38	946	41	59
B-10-2		19.85	1089	30	45
C-30-1	30	8.29	1065	107	166
C-30-2		12.00	1078	44	82

キーワード 鉄筋腐食, 非破壊検査, FFT 解析, パワースペクトル, 曲げ耐荷性能

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 T E L 084-841-3810 E-mail: em49050@nda.ac.jp

ワーを示す周波数 L_{50} , H_{50} (ただし, $L_{50} < f_A < H_{50}$) をもとめ, L_{50} と H_{50} の差を周波数差 D_{A50} と定義した. 同様にしてパワーの 25% に相当する周波数差を D_{A25} と定義した (図-2(2)). このようにして定義した D 値 (D_{A25} , D_{A50}) は, パワースペクトルを示す曲線のピークの裾野幅に相当する.

載荷実験によって得られた荷重と変位の関係を図-3 に示す. また, 載荷実験および打撃加速度法によって得られた, 各供試体の最大荷重 P_{max} , 卓越周波数 f_A , 周波数差 D_{A25} , D_{A50} を表-2 に示す.

図-3 および表-2 より, 腐食させていない供試体の耐荷性能と比較して, 目標腐食率 30% においては 10.31 kN (平均値) と著しく低下しており, 目標腐食率 10% でも 0.84kN と僅かではあるが低下がみられた.

図-4 に目標腐食率と卓越周波数の関係を示す. 腐食にともない平均卓越周波数は, 0% で 1133Hz, 10% で 1018Hz, 30% で 1072Hz となり, 目標腐食率 10% の方が 30% よりも卓越周波数の平均が下がっており, 鉄筋腐食の程度を判別することはできないが, 腐食の有無は判定できる. 一方, D 値に着目した図-5 では, 目標腐食率が増加すると, D 値のばらつきが大きくなるが, D_{A25} , D_{A50} ともに値が高くなる傾向があることが分かる. さらに, D_{A25} と D_{A50} では増加の傾きに違いがあり, D_{A25} の方がより顕著に増加しているため, 腐食程度の推定に適していると考えられる.

次に, 最大荷重と D 値の関係に注目する. 図-6(1) に D_{A50} と最大荷重, (2) に D_{A25} と最大荷重の関係をそれぞれ示した. どちらも D 値が増加するほど最大荷重が減少していることが分かる. また, D_{A50} で $R^2=0.779$, D_{A25} で $R^2=0.876$ となり, D 値と RC 梁の残存耐力にはかなりの相関性があるといえる.

4. 結論

打撃加速度法による RC 梁の腐食率および残存曲げ耐荷性能の評価を試みた. 打撃加速度法による分析において, 卓越周波数を用いれば, 腐食の有無を推定できることが分かった. D 値においては D_{A25} , D_{A50} を算出し, 腐食率および RC 梁の残存曲げ耐力を評価した. 腐食率に対しては腐食程度の大小の推定はできると考える. また, 鉄筋腐食 RC 梁の残存曲げ耐力に関しては, D_{A50} で $R^2=0.779$, D_{A25} で $R^2=0.876$ と, D 値と RC 梁の残存耐力には強い相関性があることがわかった.

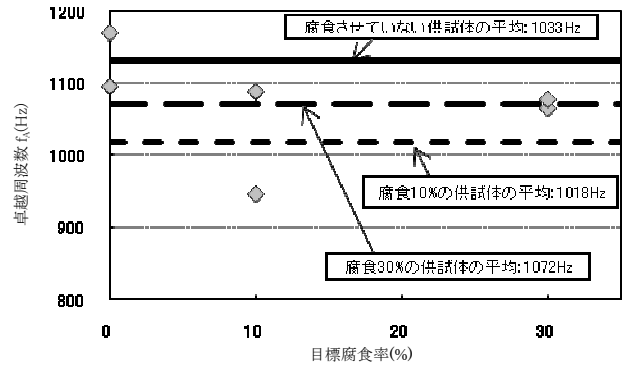


図-4 卓越周波数-目標腐食率

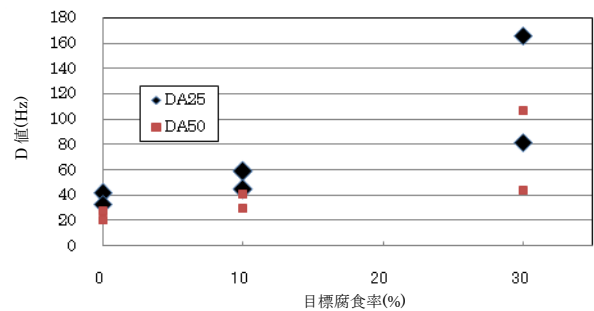
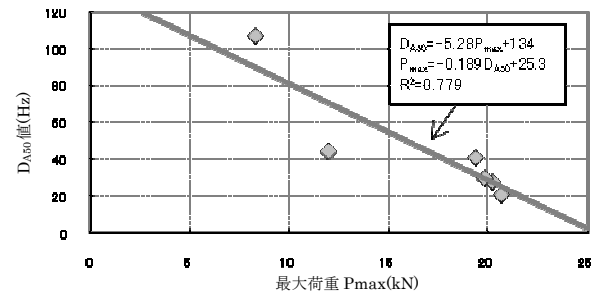
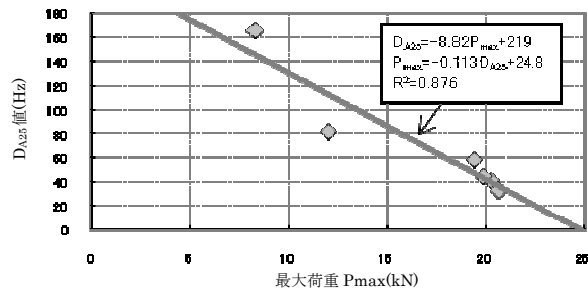


図-5 D 値-目標腐食率関係



(1) D_{A50}



(2) D_{A25}

図-6 D 値-最大荷重関係

参考文献

村上将也ほか:鉄筋を腐食させた RC 梁の残存曲げ耐荷力特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, 第 30 巻 pp.1095-1100, 2008.