

打撃応答による鋼材腐食の非破壊検査に関する研究

防衛大学校 学生会員 ○菅原 隆司 正会員 黒田 一郎

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物内部の鋼材腐食に関する検査法としては、様々な手法が提案されているが、工業製品の品質検査やコンクリートの強度・弾性係数・内部欠陥の評価にも用いられる打撃応答検査は、比較的扱いが容易である。本研究では、コンクリート表面を打撃した時の応答である加速度と音圧を用いて伝達関数による分析を行い、ナイキスト円法によって求めた減衰率と鋼材腐食の関係を検討する。

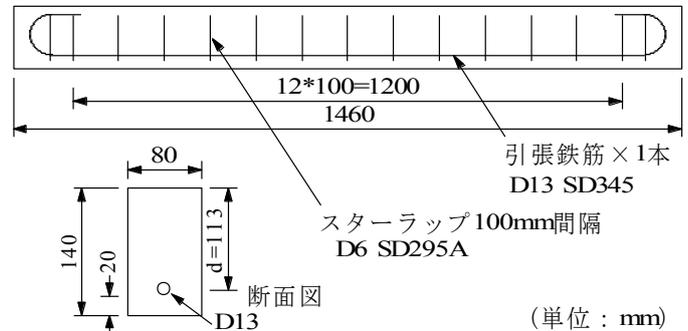


図-1 供試体の諸元

2. 研究の概要

2. 1 打撃応答検査の概要

本研究で用いた供試体の RC 梁供試体の各諸元について図-1 に示す。供試体は高さ 140mm、幅 80mm、長さ 1460mm とし、D13(SD295)を主鉄筋として使用した。スターラップとしては D6(SD295A)が 100mm 間隔で配置した。また供試体内部の主鉄筋に直流電流を通電することで鉄筋を電食させ、鋼材の腐食を再現した。目標腐食率は 0%、5% および 20% として通電時間を設定した。主鉄筋のみ腐食させるために、スターラップが主鉄筋と接する部分には絶縁テープを巻いた。

供試体は計測時の支承条件の違いによる影響を排除するため、床に敷き詰めた発泡スチロールの上に静置した。打撃は加速度計を接着した鋼製ハンマーによって与え、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روفोनを用いて打音をそれぞれ時刻歴波形として収録した。波形の例を図-2a および図-2b に示す。

2. 2 実験結果の処理方法

実験によって得られたコンクリート表面の加速度、速度、変位、打音、およびハンマーの打撃力の時刻歴波形にDFT処理を実施しパワースペクトルへと変換した。ここで、速度と変位は

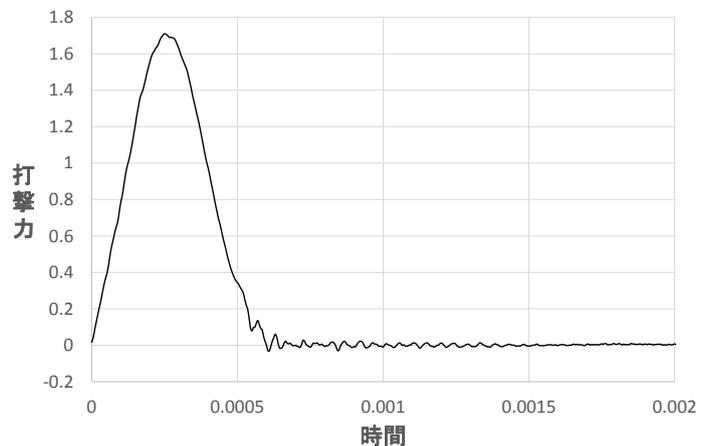


図-2a 収録した波形の一例(打撃力)

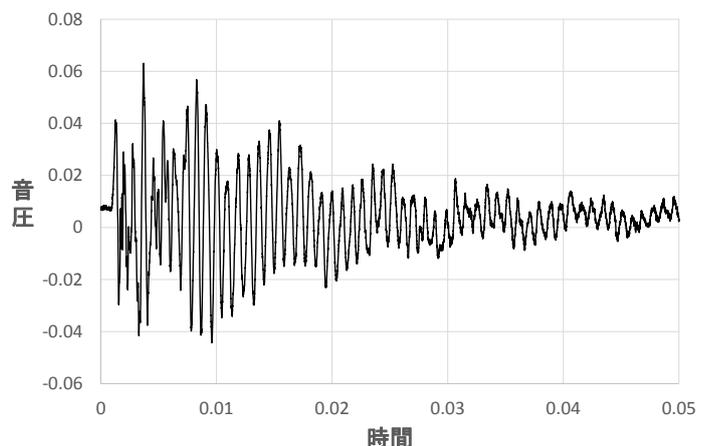


図-2b 収録した波形の一例(音圧)

キーワード 鋼材腐食, 伝達関数, 減衰率

連絡先 〒239-0811 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL. 046-841-3810 E-mail : ikuroda@nda.ac.jp

加速度の積分から求めた．パワースペクトル図の一例を図-3に示す．本研究ではここから伝達関数として，加速度と力の比を表すアクセラランス，速度と力の比を表すモビリティ，変位と力の比を表すコンプライアンスを求めた．図から分かるように実験から得られる伝達関数ではモード減衰比が比較的小さく，供試体の固有周期付近に卓越した共振峰が現れる．この共振峰のピークとそれを挟む両側の値を適当に数点選び，実部を横軸，虚部を縦軸とするナイキスト線図上に表すと近似的に円を得ることができる(ナイキスト円法)．ナイキスト円の例を図-4に示す．この円の中心と各データを直線で結び，隣接する直線の間角度と振動数の関係から固有振動数 Ω を求めた．最後に，データの中から固有振動数を挟む任意の2点を選び，選んだ点の振動数をそれぞれ ω_e ， ω_d 共振点から見たそれぞれの挟角を θ_e ， θ_d として次式から減衰率 ζ を求めた．この際，振動数個々のデータが含む誤差の影響を減らすために複数の組み合わせの2点から ζ を求め，その平均をとった．

$$\zeta = (\omega_e - \omega_d) / \Omega \{ \tan(\theta_d/2) + \tan(\theta_e/2) \} \quad (1)$$

3. 実験結果

表-1 に供試体の腐食率に対する2つの伝達関数の1次モードの減衰率をまとめた．コンプライアンスでは加速度を2階積分して変位を算出した際に測定ノイズが誤差として蓄積された結果，明瞭なナイキスト円を描くことができなかつたため記載していない．表から分かるように，打撃応答検査を実施すると，腐食前の状態に比べて5%の腐食率では1.4倍程度，20%の腐食率では1.6倍程度の減衰率が得られ，伝達関数としてアクセラランス，モビリティのどちらを採用しても定量的にほぼ同じ結果となった．また腐食前の各供試体(腐食率0%)を比較すると，同じ配合のコンクリートを使用し同じ条件で測定しているにも関わらず，供試体間の値の差が大きく，値が最も小さい供試体Bに対して最大で2.4倍程度の開きがあった．

4. まとめ

コンクリート中の鋼材の腐食率の増加に伴い，打撃応答試験における伝達関数から得られる減衰率が大きくなることが示された．しかし，腐食が発生していない状態で供試体固有の減衰率が異なることから，検査方法としての応用には建造初期段階での測定を要する．

参考文献

1) 長松昭男著『モード解析入門』，コロナ社，1993

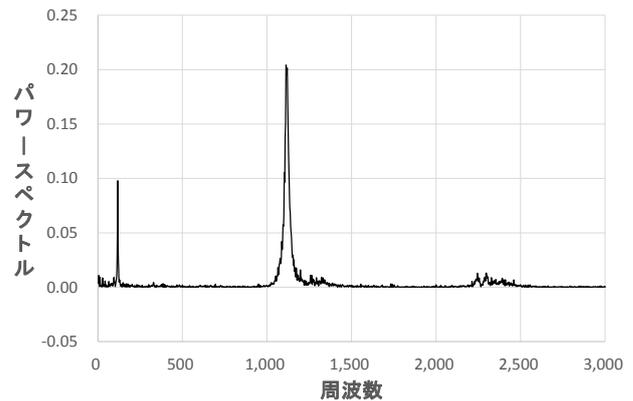


図-3 パワースペクトル図の一例(加速度)

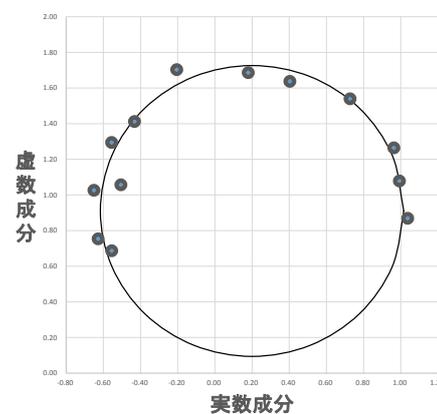


図-4 ナイキスト線図の例

表-1 各供試体における減衰率

| 供試体名 | 腐食率(%) | アクセラランス | モビリティ |
|------|--------|-----------|-----------|
| A | 0 | 1.25.E-02 | 1.24.E-02 |
| B | 0 | 5.20.E-03 | 5.22.E-03 |
| B | 5 | 7.09.E-03 | 7.10.E-03 |
| C | 0 | 8.62.E-03 | 8.72.E-03 |
| C | 20 | 1.39.E-02 | 1.38.E-02 |