

RC梁の耐荷力と振動特性との相関検証

日本電気(株) 正会員 木下 翔平
 日本電気(株) 正会員 葛西 茂
 日本工営(株) 正会員 中野 雅章

1. はじめに

コンクリート構造物の耐荷力は、重要な構造性能指標の一つである。耐荷力を非破壊で評価する手法として、近年、電磁波法や超音波法による研究が報告されている^{1,2)}。著者らは、共振周波数や減衰比を指標とした振動応答法による非破壊評価手法に着目している。本研究では、塩水浸漬と鉄筋電食とにより損傷させたRC梁試験体を複数試作し、それら試験体の耐荷力と振動特性との相関を検証した。

2. 試験体条件および解析方法

2.1. 試験体と損傷試験条件

RC梁試験体の寸法と鉄筋配置を図1に示す。試験体は、せん断補強筋有りとしの2種類とした。試験体の損傷試験条件を表1に示す。塩水浸漬、鉄筋の電食により、損傷状態の異なる試験体を試作した。

2.2. 試験体の損傷状況

No.4, No.7, No.10では、損傷試験後ひび割れは観察されなかった。一方、No.3, No.9, No.12では、ひび割れが底面や側面に生じていた。代表例としてNo.3の損傷状況を図2に示す。

2.3. 実験モード解析

多自由度系の振動応答 $X_n(\omega)$ は、試験体をモデル化した際の節点数 n 、角振動数 ω 、入力 $F_n(\omega)$ 、伝達関数 $G_{mn}(\omega)$ を用いて式(1)で表せられる³⁾。

$$\begin{Bmatrix} X_1(\omega) \\ X_2(\omega) \\ \vdots \\ X_n(\omega) \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\omega) & \cdots & G_{1n}(\omega) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{n1}(\omega) & \cdots & G_{nn}(\omega) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_1(\omega) \\ F_2(\omega) \\ \vdots \\ F_n(\omega) \end{Bmatrix} \quad \text{---式(1)}$$

$G_{mn}(\omega)$ は試験体の動特性に起因した関数である。実験モード解析の計測概要を図3に示す。入力はインパクトハンマの打撃による加振力、応答は打撃時の加速度である。打撃点は上面の1点、応答点は上面の27点とし、応答点移動法にてデータを取得した。そして、加振力と加速度とから、伝達関数としてアクセラランスを算出し、共振周波数と減衰比を抽出した。

2.4. 耐荷力測定

耐荷力測定には、4点曲げ試験法を採用した。荷重値と載荷点変位とを記録しながら、試験体が破壊するまで載荷し、最大荷重を耐荷力とした。

3. 解析結果

3.1. 耐荷力測定

耐荷力の測定結果を表2に示す。試験体の破壊モードは全て曲げ破壊であった。耐荷力は136~187kNであり、せん断補強筋無しよりも有りのほうが高かった。また、浸漬塩分濃度が高く電食時間が長いほど、耐荷力は低い傾向であった。

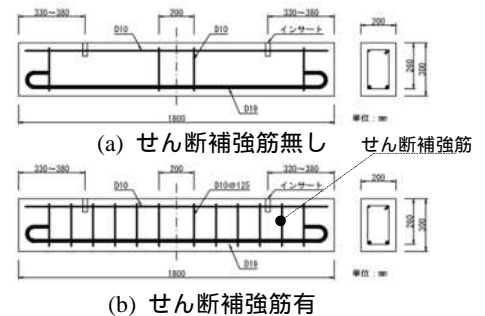


図1 試験体の寸法と鉄筋配置

表1 損傷試験条件

試験体 No.	せん断補強筋	塩分濃度[%]	電食時間[h]
3	無	3	290
4		15	0
7	有	3	0
9			290
10		15	0
12			290

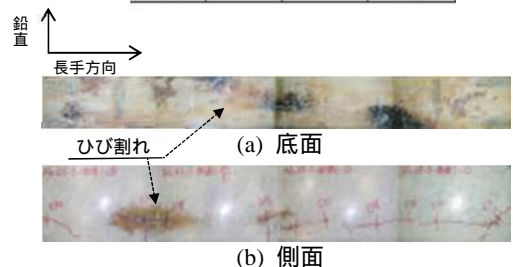


図2 No.3 損傷状況

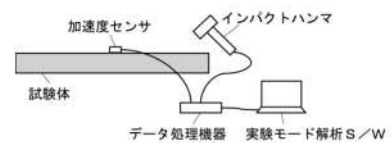


図3 実験モード解析の計測概要図

表2 耐荷力測定結果

試験体 No.	破壊モード	耐荷力 [kN]
3	曲げ	163
4	曲げ	183
7	曲げ	187
9	曲げ	171
10	曲げ	187
12	曲げ	136

キーワード RC梁, 耐荷力, 共振周波数, 減衰比, 実験モード解析

連絡先 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753 日本電気株式会社 情報・IT・IPoC研究部 TEL 044-431-7659

3.2. 実験モード解析

3.2.1. 振動モード抽出

No.7 のアクセルランス特性を図4 (a)と(b)に示す。振幅スペクトルの卓越性、位相変化、振動姿態分析から、たわみ1次(, 376Hz), 2次(, 739Hz), ねじり(, 530Hz)などの振動モードを抽出した。上記以外にもスペクトルで卓越点を観測したが、単一の振動モードに支持構造に起因した剛体モードなどが重畳していたため、解析対象外とした。

3.2.2. 耐力力と共振周波数との関係

耐力力と共振周波数との関係を図5に示す。図5の横軸は耐力力、縦軸は各振動モードの共振周波数を示す。なお、耐力力が136kNであった試験体では、分割振動の重畳によりたわみ1次の振動モードを抽出できず、図中では共振周波数を0Hzとして記載した。いずれの振動モードでも、耐力力が低い試験体ほど共振周波数が低下する傾向となった。これは、ひび割れの進展や鉄筋の腐食、コンクリートと鉄筋との付着力低下に伴い剛性が低下したためと推測される。

3.2.3. 耐力力と減衰比との関係

耐力力と減衰比との関係を図6に示す。図6の横軸は耐力力、縦軸は各振動モードの減衰比を示す。なお、耐力力が136kNであった試験体では、分割振動の重畳によりたわみ1次の振動モードを抽出できず、図中では減衰比を記載しなかった。いずれの振動モードでも、耐力力が低い試験体ほど減衰比が増加する傾向となった。振動減衰は、加振により加えられたエネルギーが、摩擦エネルギーや熱エネルギーに変換されて散逸する現象である⁴⁾。耐力力が低い試験体は、ひび割れ進展やコンクリートと鉄筋との付着力低下が進行しているため、ひび割れ部分や付着部分におけるエネルギー散逸量が大きくなっていると推測される。

4. まとめ

RC梁試験体を対象に、実験モード解析法により振動特性を分析した。その結果、耐力力が低い試験体ほど、各振動モードの共振周波数が低く減衰比が大きい傾向となった。試験体数は少ないものの、本研究から、コンクリート構造物において、耐力力と各振動モードの共振周波数ならびに減衰比とが相関を持つ可能性を見出した。これは、振動応答法が耐力力の非破壊評価手法として有効であることを示唆しており、今後、モニタリング技術への応用が期待される。

謝辞

本研究は、モニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)が実施した研究であり、内閣府の「SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の成果である。

参考文献

- 1) 魚本,加藤,非破壊検査研究会:コンクリート構造物の検査・診断-非破壊検査ガイドブック,理工図書出版,2003
- 2) 村上,山本,黒田,古屋:鉄筋腐食させたRC梁の残存曲げ耐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,vol.30,No.1,2008
- 3) 岩田,佐伯,小松崎:機械振動学,数理工学社,2011
- 4) 長松:モード解析,培風館,1985

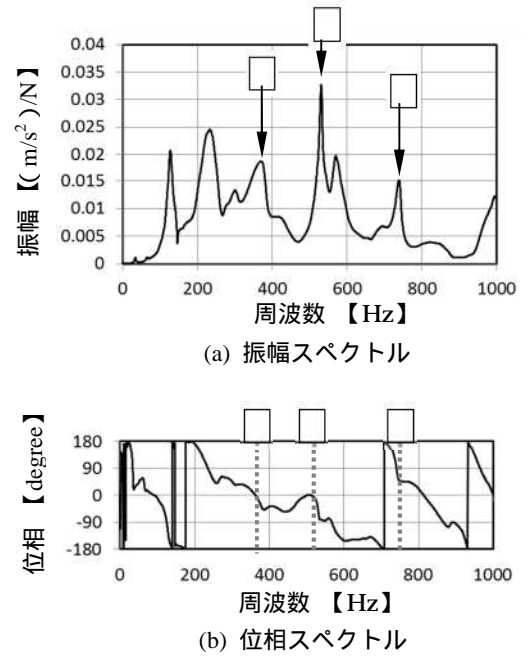


図4 No.7のアクセルランス特性

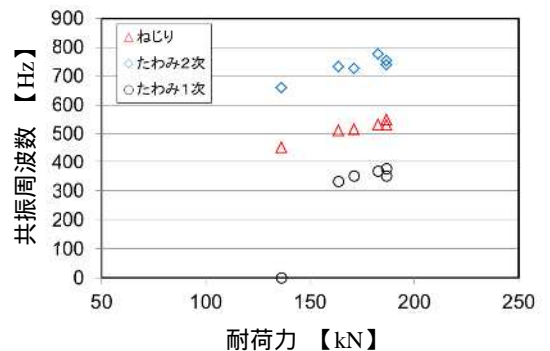


図5 耐力力と共振周波数との関係

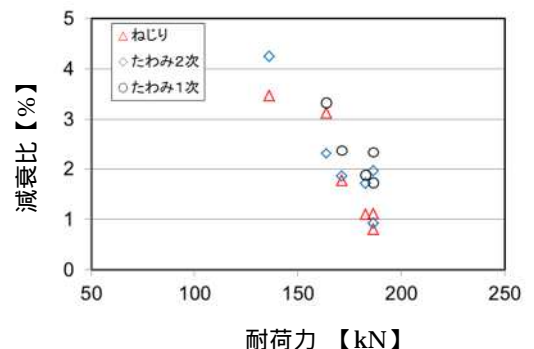


図6 耐力力と減衰比との関係