

せん断破壊を呈する RC 部材の固有振動数低下に関する実験的検討

電力中央研究所 正会員 ○永田聖二
電力中央研究所 正会員 宮川義範

電力中央研究所 正会員 金澤健司
電力中央研究所 正会員 松村卓郎

1. はじめに

損傷による固有振動数の低下に着目した RC 構造物の損傷診断法が研究されており、主に道路橋、鉄道橋などの地上構造物を対象として、損傷基準策定のための実験的検討が行われている^{1), 2)}。それらは、最近の耐震設計・補強法が反映された曲げ破壊先行型 RC 部材を対象としている場合が多く、地中埋設構造物の隔壁などのように耐震補強の適用が難しくせん断破壊の可能性が懸念される場合はあまり想定されていない。本研究では、せん断裕度の低い RC 部材を対象として、静的載荷実験と打撃による自由振動試験から損傷と固有振動数の低下の関係を明らかにする。

2. 静的載荷実験の条件

試験体と載荷装置を図-1 に示す。試験体は地中埋設ボックスカルバートの隔壁を模擬したものであり、壁体の高さは 1.6m (上下端のハンチを含む)、幅 0.4m、奥行き 0.8m である。壁体は、下部スラブを介して載荷床に固定されており、上部スラブと L 型治具を介して、鉛直 2 本、水平 1 本のアクチュエータが取り付けられている。載荷では、2 本の鉛直アクチュエータにより上部スラブの回転を抑制した状態で、水平アクチュエータにより変位制御で水平荷重が与えられている。なお、水平変位は、壁体の目標変形角が 0.1%, 0.2%, 0.5%, 1.0% と徐々に漸増させている。試験体は表 3 に示す 3 体であり、せん断裕度（ここではせん断と曲げの耐力比と定義）が試験体 1, 2, 3 の順に大きくなるように、コンクリート強度や鉄筋比などのバランスを変えて設計・製作している。

3. 打撃による自由振動試験の条件

自由振動データは、図 2 のように荷重-変位曲線を描いた時、a) 実験前、b) 載荷時、c) 除荷時に載荷のインターバルをもうけ、プラスチック製のハンマーを用いて図 3 のように人力で壁体中央を打撃することにより取得した。壁体中央部での自由振動データの一例は図 4 の通りであり、ここでは、フーリエ変換によりパワースペクトルを算出し、その卓越振動数を上下端固定とした場合の壁体の固有振動数と見なした。図 4 によれば、本打撃による試験体 1 の実験前の固有振動数は 405Hz であるが、FEM 解析（上下端を完全固定、コンクリートの全断面有効剛性を仮定）による一次固有振動数の試算値が 430Hz であったことから、本打撃による固有振動数は概ね妥当な結果であると判断した。なお、1 回のインターバルにつき 3 回の打撃を行っているが、打撃の強弱などによる固有振動数のばらつきはほとんどみられなかったため、以下では各インターバルでの 1 回目の打撃で得られた固有振動数を示すこととする。

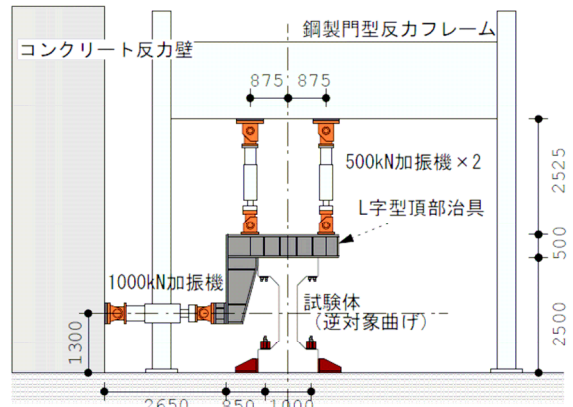


図1 試験体および載荷装置

表1 試験体の特性

No	コンクリート強度	引張鉄筋比	軸力比	せん断裕度*
1	29.4MPa	1.13%	-0.0053	0.54
2	31.4MPa	0.57%	-0.0050	0.63
3	55.8MPa	0.57%	0.0000	1.01

* 設計計算上の耐力比(せん断耐力/曲げ耐力)

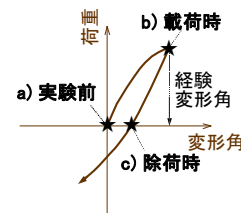
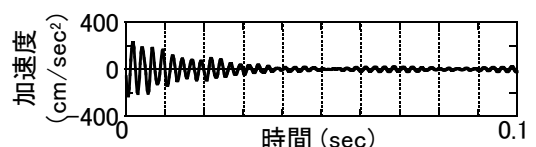


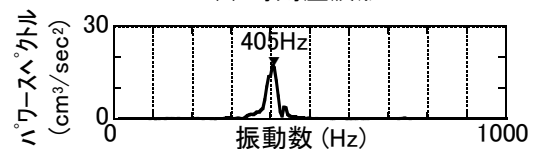
図2 荷重-変位曲線上の打撃実施点



図3 試験体上の打撃点



(a) 時刻歴波形



(b) パワースペクトル

図4 試験体中央で得られた自由振動データ例(試験体1, 実験前)

キーワード 鉄筋コンクリート、せん断破壊、損傷診断、自由振動、固有振動数、静的載荷実験
連絡先 〒270-0004 千葉県我孫子市我孫子 (財) 電力中央研究所 TEL 04-7182-1181

4. 損傷と固有振動数の関係

静的載荷実験から得られた各試験体の水平荷重－水平変位の関係を図5に、目標変形角1.0%, 1.5%の載荷時における壁体側面の損傷状況を図6に示す。試験体1はせん断破壊、試験体2, 3はともに曲げ降伏後にせん断破壊に至っており、当然ながらせん断裕度が低い試験体ほど変形性能が低い結果となっている。静的載荷実験による実測の経験変形角と打撃による自由振動試験から求めた固有振動数との関係を示すと図7のようになる。いずれの試験体も、経験変形角の増大に伴って載荷時、除荷時によらず一次固有振動数が徐々に低下することが確認できる。また、いずれの試験体もせん断破壊によりほぼ縦方向の亀裂が生じると、複数の固有振動数が検出される結果となっている。

5. まとめ

本稿では、RCボックスカルバートの隔壁を模擬したせん断裕度の異なる試験体3体を対象として、静的載荷実験による部材変形角と打撃から得た固有振動数の関係を明らかにした。最終的にせん断破壊に至る部材においても、これまで曲げ破壊先行型の部材で確認されているように、損傷の進展に伴って固有振動数が徐々に低下することを確認した。

参考文献

1) 永田聖二, 金澤健司, 梶原浩一, 矢花修一: 常時微動モニタリングに基づく実大RC橋脚試験体の地震損傷評価, 土木学会, 構造工学論文集, Vol. 56A, 2010. 2) 関雅樹, 西村昭彦, 佐野弘幸, 中野聡: RC ラーメン高架橋の地震時損傷レベルの評価に関する研究, 土木学会論文集, No. 731/I-63, 2003

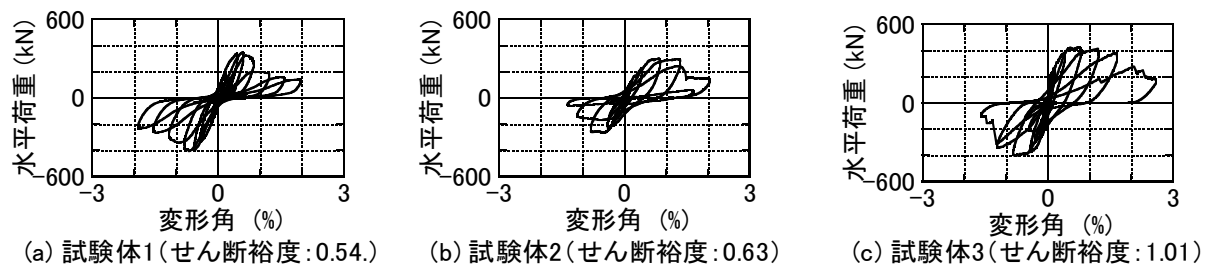


図5 静的載荷実験による試験体の水平荷重－水平変位関係

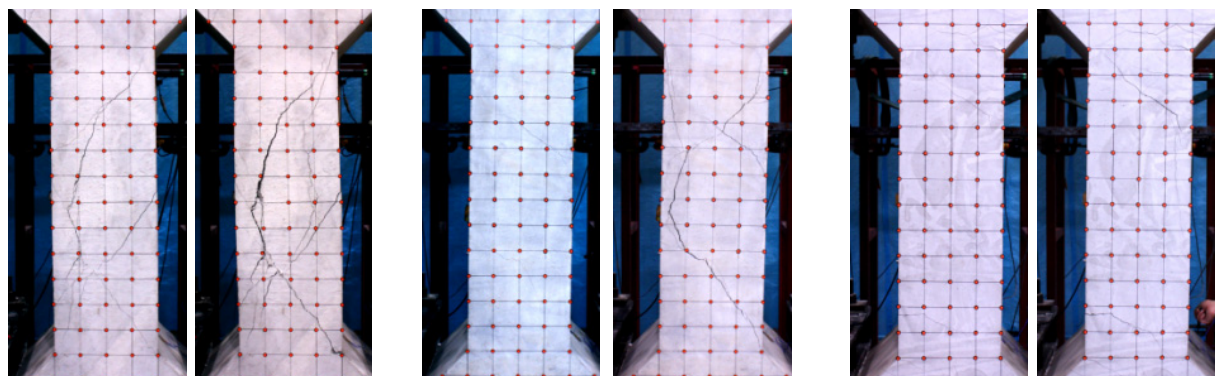


図6 静的載荷実験による試験体の破壊モード

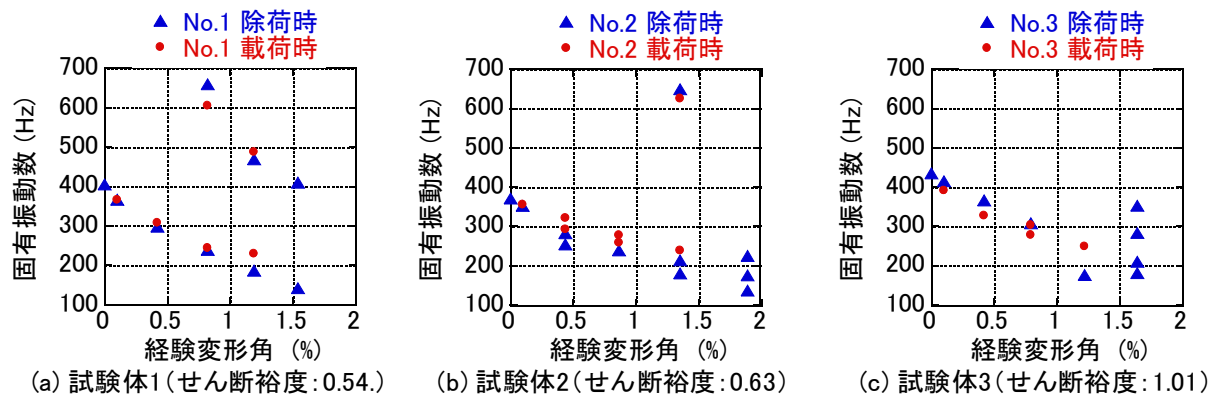


図7 静的載荷実験による損傷度(経験変形角)と打撃試験による固有振動数の関係