

## 鉄筋コンクリート梁の多段階荷せん断破壊試験における振動特性の変化

愛媛大学 学生会員 ○三浦 夢乃 正会員 森 伸一郎

## 1. はじめに

現在、橋梁の定期点検は近接目視を基本としている<sup>1)</sup>。橋梁の損傷の中でも、せん断ひび割れは、可視状態となっている場合、すでに耐荷力に重大な影響を及ぼしている可能性があるため、慎重な判断が必要であり<sup>2)</sup>、早期の発見が必要とされている。せん断破壊は脆性破壊であるため、せん断破壊すると、固有振動数が大きく低下することが予想される。そこで、せん断ひび割れの前兆があったとき、事前に検知することができ、定量的に評価することのできる技術が求められている。本論文では、せん断破壊を想定した鉄筋コンクリート梁に多段階荷せん断試験を行い、卓越振動数と振動モードとその変化を明らかにする。

## 2. 試験の対象と方法

用いた試験体は、全長 3.86 m、支間長 3.26 m、断面は、縦 0.70 m 横 0.30 m の縦長の長方形断面である。試験体の断面図、側面図を図-1 に示す。支点は、両支点とも固定された支点である。卓越振動数の変化を見るために、曲げひび割れ発生前、曲げひび割れ発生荷重、設計におけるせん断ひび割れ発生荷重、設計せん断耐力、せん断補強降伏直前、耐力喪失の 6 サイクルで行う予定であったが、実際は設計におけるせん断ひび割れ発生荷重の除荷の際に人為的ミスにより 530 kN 荷重がかかったためサイクル 4 以降の振動測定は当初の予定と異なっている。荷重装置は、大型構造物繰返し荷重試験装置を用い、静的 4 点曲げ荷重を行った。

## 3. 振動測定と分析方法

荷重試験中の測定は、荷重試験の荷重・除荷後に、荷重装置を完全に切り離れたのちに振動測定を行った。再現性を確保するため、各点最低 3 回ずつ打撃を行った。打撃には木製のかげやを使用した。打撃の強さが同じになるように、統一して 7.5 cm のバブルレベルの高さから、かけやの 1 点の角が当たるように自由落下により打撃した。使用した速度計は、3 成分の感電器と AD 変換器が内蔵された動コイル型速度計を 3 台用いた。以降速度計をセンサーと呼ぶ。センサーは梁中心と梁中心から左右に 80 cm 離れたところに設置した。測定条件は A/D 周波数 2000 Hz、増幅率は 20 dB である。振動測定の分析では、得たデータをもとに 1 打撃の波形が入るように、時刻歴波形を描き、1 セグメントに 4096 個 (2.048 秒) のデータを使用し、1 セグメントで高速フーリエ変換を行い、フーリエスペクトルを描いた。

## 4. 振動測定の結果とひびわれ図

荷重前と 530 kN 荷重後、せん断破壊後の波形を重ね合わせたものを図-2 に、フーリエスペクトルを重ね合わせたものを図-3 に示す。重ね合わせた波形をみると、せん断破壊後が最も周期が長く、荷重するごと

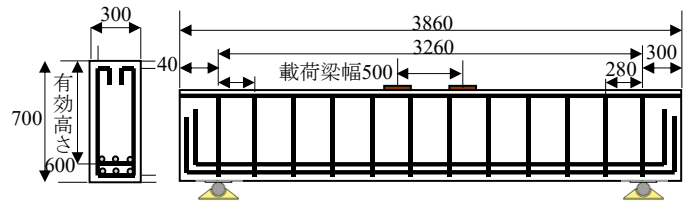


図 1 試験体の断面図と側面図

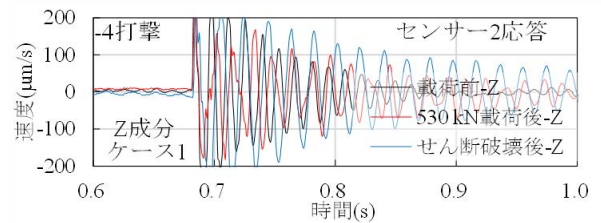


図 2 波形重ね合わせ

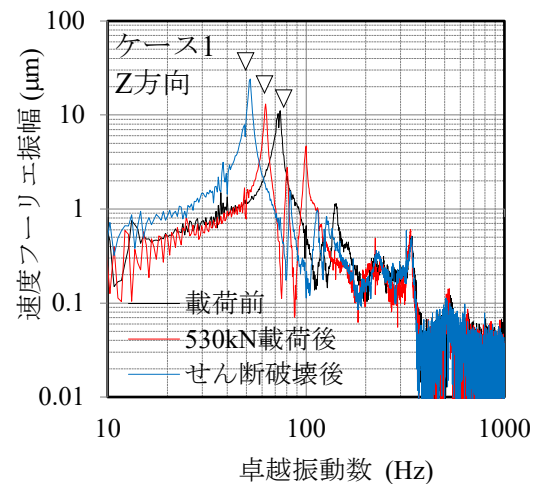


図 3 フーリエスペクトル重ね合わせ

に周期が長くなっているのがわかる。卓越振動数は、左側から系統的に1次卓越振動数を読み取った。载荷試験によるせん断破壊後のひび割れ図を図-4に示す。卓越振動数の変化を図-5に示す。卓越振動数は曲げひび割れ発生前から低下しており、せん断ひび割れ発生荷重まで低下している。せん断ひび割れが発生してから卓越振動数は大きくは低下していない。一方、せん断破壊すると固有振動数が大きく低下することがわかる。

5. 振動モードの特定

振動測定によって得られた振動データは、様々な固有振動が混ざっていると考えられる。そこで、梁の固有振動に着目するため、一定の振動数だけを通すバンドパスフィルターの処理を行った。以降、バンドパスフィルターをBPFとする。最も大きく変化する点でのセンサーを基準とし、1波形を振動数が一定間隔になるように9点の速度を読み取り、センサー3台分の結果よりモード図を描いた。図-6に曲げひび割れ発生前、発生後、せん断ひび割れ発生後、せん断破壊後のモード図を示す。どの段階でもすべての時間帯で同位相となっている。せん断破壊後のモード図を見ると、センサー1とセンサー3で同振幅となっていない時間帯がある。せん断破壊後だけ挙動が異なっていると考えられる。

6. 結論

(1) 可視ひび割れが発生する前からせん断ひび割れ発生荷重まで固有振動数が低下し、せん断破壊時に大きく固有振動数が低下する。

(2) せん断破壊すると、曲げひび割れ発生前後、せん断ひび割れ発生前後のときと振動モードが異なるため力学的に挙動が異なると考えられる。

参考文献

1) 国土交通省 道路局 国道・技術課：橋梁定期点検要領，2019.3

[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo3\\_1\\_6.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo3_1_6.pdf)

2) 国土交通省 道路局：道路橋定期点検要領，2019.3

[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_1.pdf)

謝辞

国立研究開発法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）の皆様には、本研究の载荷試験への機会や、試験の許可をいただき、試験に関する資料を提供いただきました。記して謝意を表します。

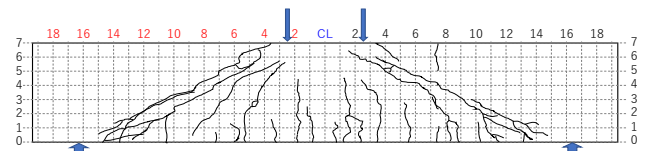


図4 せん断破壊後のひび割れ図

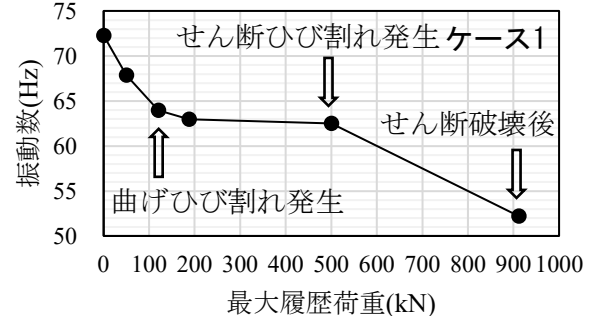


図5 卓越振動数の変化

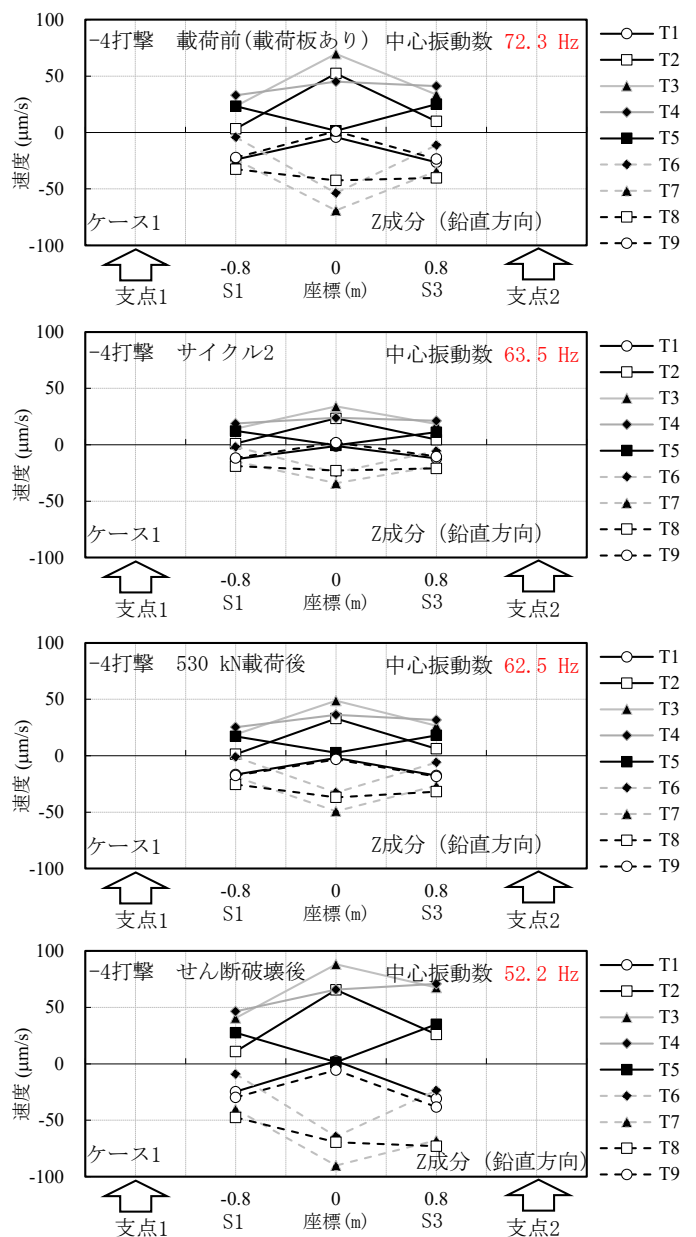


図6 振動モード