

## 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 愛媛大学 正会員 森伸一郎  
愛媛大学 学生会員 長井春希 国立研究開発法人土木研究所 正会員 小林巧

## 1. はじめに

近接目視を基本としている現行の定期点検<sup>1)</sup>では、点検により外観損傷を把握し、部材単位での健全性を評価している。特に、せん断ひび割れが生じた場合には、すでに耐荷性能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。そのような背景から、ひび割れの前兆があった際に事前に検知することのできる技術が求められている。本研究では、特に橋梁に資料される寸法の RC 梁の多段階荷せん断破壊試験と共に、ハンマー打撃による振動測定を行い、破壊の進行と卓越振動特性の変化の関係を実験的に明らかにすることを目的とする。

## 2. 試験体詳細

図-1 に試験に用いた RC 梁試験体の正面図を示す。試験体は、縦 70 cm、横 30 cm の長方形断面であり、全長は 3.86 m、4 点曲げ試験の支間長は 3.26 m である。

本論文では、Case-1 予備試験、Case-1、Case-3 の 3 つの試験体に対して荷重試験を行った。Case-1 の予備試験、Case-1 は主筋、せん断補強筋ともに普通鉄筋を利用しており、Case-3 のみ鉄筋の種類が異なっており、主筋、せん断補強筋ともに SUS 鉄筋を利用している。本論文では、鉄筋による違いの比較は行わない。

## 3. 荷重試験概要

荷重は、静的な 4 点曲げ荷重とした。表-1 に荷重試験における 7 つの荷重荷重ステップと各試験体の荷重荷重を示す。Case-1 と Case-3 はすべての荷重ステップを行い、Case-1 の予備試験ではステップ 1 から 4、ステップ 6、ステップ 7 のみ荷重を行っており、ステップ 5 の荷重は実施していない。

## 4. 振動測定

振動測定は、梁単体の振動特性を捉えるために荷重の除荷後に、荷重装置を完全に切り離し、支点のみ接する 2 点支持状態で実施した。測定には、3 台の動コイル型速度計を用いた。打撃は、Case-1 予備試験、Case-3 は木槌の角を当てるように行った。Case-1 では再現性確保のため高さ一定の小型ハンマーの自由落下により打撃した。全ての試験体で 3 回の打撃によって得られた 1 次卓越振動数は一致したことを確認した。卓越振動数は再現性が高精度で確保された。そのため、固有振動数を評価するには、実験は有用であるといえる。

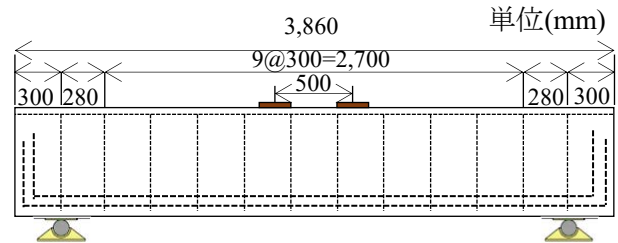
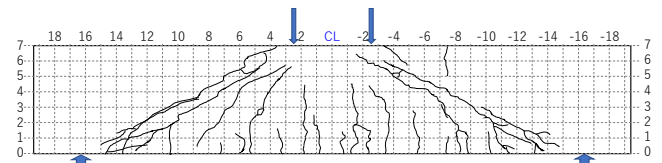


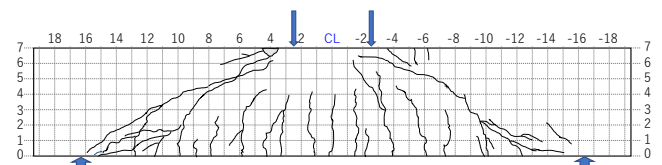
図-1 RC 梁試験体の正面図

表-1 荷重荷重ステップ

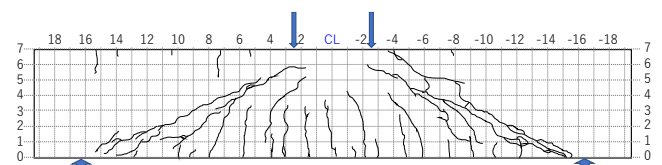
荷重ステップ	状態	荷重 (kN)		
		Case-1 予備試験	Case-1	Case-3
1	曲げひび割れ発生前	49.5	50.9	52.3
2	曲げひび割れ発生荷重	124.3	107.0	94.5
3	Sc (設計におけるせん断ひび割れ)	194.9	183.1	183.1
4	Sc+Ss (設計せん断耐力)	298.8	295.3	305.1
5	せん断ひび割れ発生直前		397.1	401.2
6	せん断補強筋降伏相当	531.4	526.5	526.5
7	耐力喪失	982.8	861.1	1078.4



(a) Case-1 予備試験のひび割れ図



(b) Case-1 のひび割れ図



(c) Case-3 のひび割れ図

図-2 耐力喪失後のひび割れ図

## 5. 損傷の進展

図-2 (a)に Case-1 予備試験の, (b)に Case-1 の, (c)に Case-3 の耐力を喪失後のひび割れ図を示す. 3つの試験体でステップごとの進展状況は異なっていたが, 最終的なひび割れ図は類似していた.

図-3 に曲げひび割れ鉛直距離と各ステップ最大履歴荷重の関係を示す. せん断ひび割れが発生する第5ステップまでは, 3つの試験体のグラフはおおよそ類似しており, 特に, 第3ステップの設計におけるせん断ひび割れ発生荷重(最大荷重約 200 kN)まではほぼグラフが重なり, 試験体と载荷状態の再現性が高いと言える.

## 6. 振動測定の結果

図-4に3つの試験体の1次卓越振動数の载荷ステップごとの変化を示す. 3つの試験体に共通して, 可視曲げひび割れが発生する以前に, 一次卓越振動数は5%程度低下している. 曲げひび割れ発生以降, 最大履歴荷重の増加に伴い, 一次卓越振動数が徐々に低下している. せん断ひび割れ発生から耐力喪失するまでに, 急激に一次卓越振動数が低下している. 図-5に振動測定の直後に測定した超音波測定の結果と一次卓越振動数の結果を重ねたものを示す. 本論文では Case-1 の結果を示す. 超音波速度も卓越振動数と同様に, 可視ひび割れ発生前から低下している. 可視ひび割れは発生していないが, 内部でマイクロクラックなどが発生したため, 卓越振動数と超音波速度が低下したと推察される.

図-6に, 振動数低下率と平均ひび割れ鉛直距離の関係を示す. 平均ひび割れ鉛直距離は, 曲げひび割れ鉛直距離をひび割れの本数で除することにより求めている. 平均曲げひび割れ鉛直距離の増加が卓越振動数の低下の延びの原因になってはいない.

## 7. 結論

(1) 3つのケースに共通して, 卓越振動数は可視ひび割れ発生以前に低下し始め, せん断破壊時に大きく低下した. また, 超音波速度も同様に低下した.

(2) 平均曲げひび割れ鉛直距離の増加が卓越振動数の低下の延びの原因になってはいない.

## 8. 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. [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) (最終閲覧日: 2022年9月18日)

(2) 国土交通省 道路局: 道路橋定期点検要領, 2019.

[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_1.pdf) (最終閲覧日: 2022年9月18日)

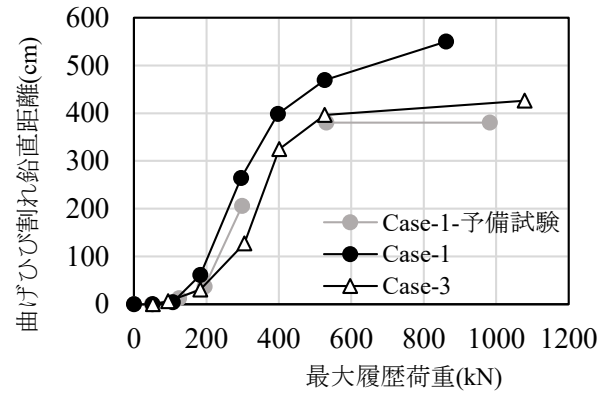


図-3 曲げひび割れ鉛直距離と最大履歴荷重

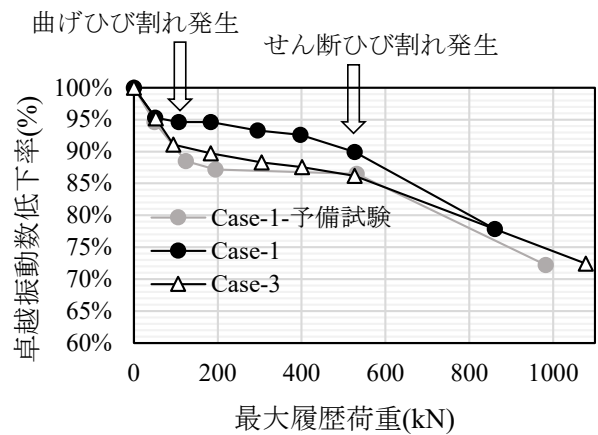


図-4 卓越振動数の低下率

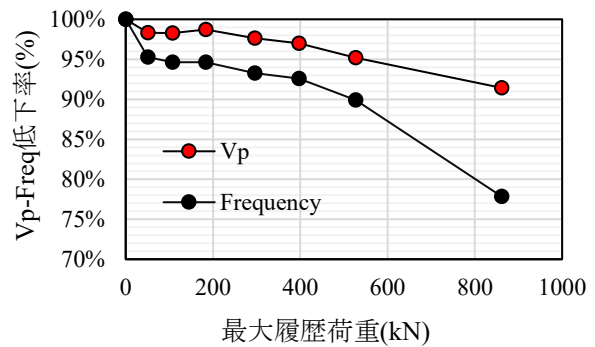


図-5 超音波速度と卓越振動数の低下率

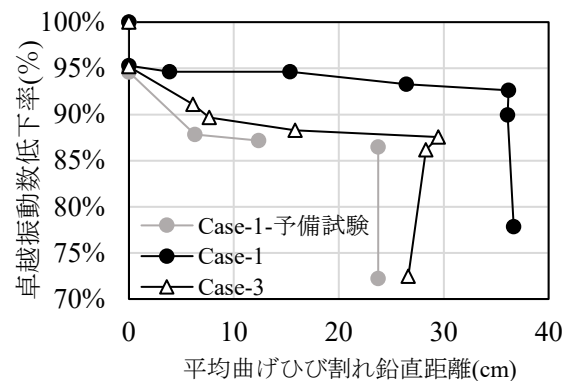


図-6 振動数低下率と平均ひび割れ鉛直距離