

山口大学大学院 学生会員 ○工藤靖之  
(株) 構造計画研究所 正会員 矢部明人  
山口大学大学院 フェロー会員 宮本文穂

## 1. 研究背景・目的

近年、高度成長期に建設された多くの橋梁について、老朽化にともなう問題が顕在化おり、経済的合理性、技術者確保の観点から、より効率的な維持管理の手法が求められている。その手段のひとつとして、構造ヘルスモニタリング（SHM）が注目されている。SHMとは、構造物を監視（モニタリング）して健全状態を把握するシステムであり、一部では実用化も進んでいる<sup>1)</sup>。当研究室では橋梁模型桁実験を用いた構造ヘルスモニタリングシステムの研究開発を進めている。

本論では橋梁模型桁のインパクトハンマー試験をシミュレーションにて再現し、固有値解析とは別に、損傷の違いにより、衝撃による振動から得られる固有振動数がどのような傾向を示すか検証を行った。

## 2. モデル化した橋梁模型桁の概要

本研究では橋梁模型桁のモデル化とインパクトハンマー試験のシミュレーションを、構造解析ソフト Dalia を用いて行った<sup>2)</sup>。モデル化した橋梁模型桁を図 1、橋梁模型桁の概略図を図 2 に示す。

このモデルは、要素に分布する質量を離散した集中質量点でモデル化した。質量点間は桁要素で結ばれ、断面二次モーメントや断面積等を入力する。また、シミュレーションを行う際、加速度や変位は質量点から出力される。本研究では、図 2 に示した acc1~9 の 9 カ所で計測された加速度を用いて検証を行った。

## 3. シミュレーションによる実験

本研究では、主桁などが損傷し、質量が大きく減少した状態で供用を続けることは考えにくいと思われたため、質量は変化せずに剛性のみが低下した事例を想定してシミュレーションを行うことにした。剛性の低下は、桁要素に含まれる断面二次モーメントを減少させることで再現した。サンプリングレートは 1000Hz、計測時間は打撃直後から 5 秒間とした。また、出力し

た加速度にフーリエ変換処理を施し、固有振動数の変化を求めた。注目する固有振動数は事前の解析で定義した、30Hz 近傍の 1-1 次モードと 118Hz 近傍の 2-1 次モードとした。1-1 次モードの振動を図 3、2-1 次モードの振動を図 4 に示す。

### 3.1. 損傷サイズ別実験

まず、損傷の位置を固定し、損傷サイズを変更して固有振動数の変化を検証した。橋梁模型桁は点対称になっているため、図 2 中の C2、C3、D2、D3 がそれぞれ損傷している場合と、無損傷の計 5 パターンについて計測を行った。また、損傷は H 鋼の下フランジを 1cm ずつ損傷させることで、無損傷から損傷度 8 までの、9 段階について計算した。1-1 次モードの結果を図 6、2-1 次モードの結果を図 6 に示す。

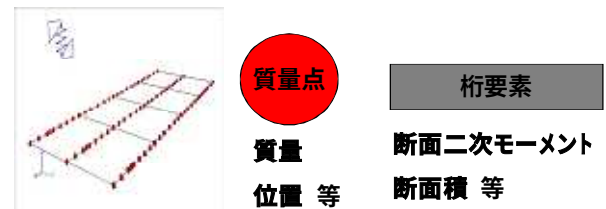


図 1 モデル化した橋梁模型桁

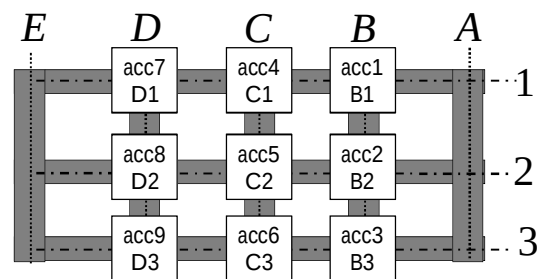


図 2 橋梁模型桁概略図



図 3 1-1 次モード



図 4 2-1 次モード

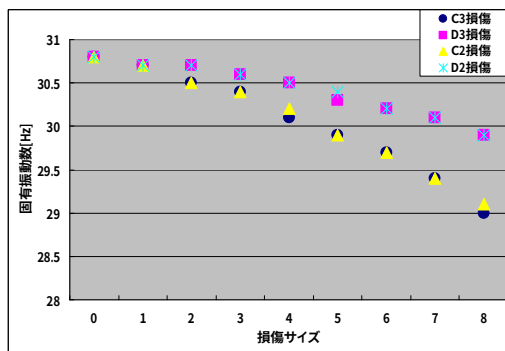


図5 1-1次モードの結果

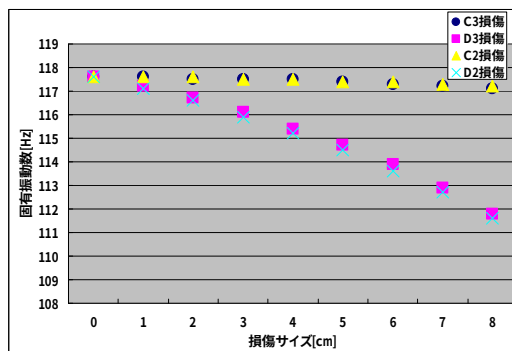


図6 2-1次モードの結果

### 3.2. 損傷範囲別実験

次に、損傷サイズを一定にし、主桁の損傷範囲を変化させた場合について固有振動数の変化を検証した。損傷範囲は主桁中央から20cmずつ段階的に広げ、無損傷から損傷範囲280cmまでの15段階に設定し、主桁2と3がそれぞれ損傷した場合について計測を行った。損傷例を図7に示す。1-1次モードの変化を図8、2-1次モードの変化を図9に示す。

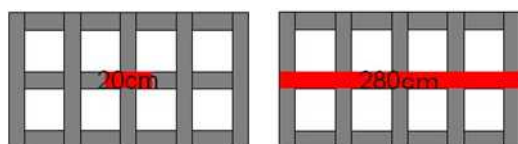


図7 損傷範囲例

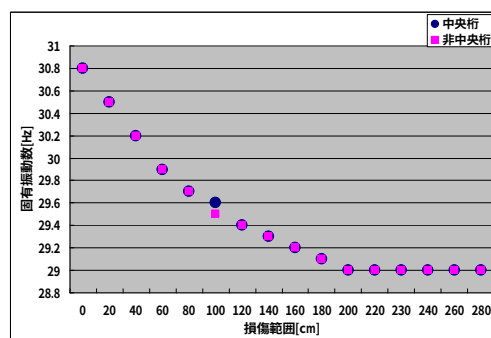


図8 1-1次モードの結果

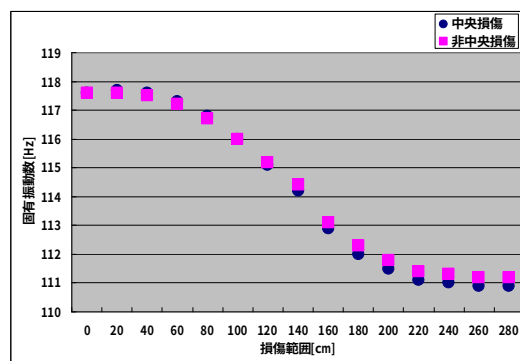


図9 2-1次モードの結果

### 4. 考察

損傷サイズ別実験では、損傷サイズが大きくなるに従って固有振動数が下がっていることがわかる。また、1-1次モードはC2, C3に損傷がある場合に固有振動数の低下が大きく、2-1次モードはD2, D3に損傷がある場合に固有振動数の低下が大きい。これは図3と図4より、振動の腹の部分に損傷が来ることで橋梁模型桁の振動モードに影響が出るためと考えられる。

損傷範囲別実験についても、損傷範囲が広がるにつれて固有振動数が低下している。1-1次モードでは、損傷範囲が200cmになるまで固有振動数の低下が著しい。2-1次モードでは、損傷範囲が80cmから220cmあたりまでの低下が著しい。

### 5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 動的な衝撃振動から得られる振動数は、損傷位置、幅の違いに対して一定の低下傾向があることが確認できた。
- (2) 損傷範囲が広がり、損傷が振動の腹に重なると、橋梁模型桁の振動モードに影響し、固有振動数が著しく低下することが確認できた。

### 参考文献

- 1) 土木学会メンテナンス工学連合小委員会：社会基盤メンテナンス工学，東京大学出版会，2004.8
- 2) 矢部明人・荒木秀朗・宮本文穂・江本久雄 インパクトハンマー試験シミュレータの開発、土木学会第62回年次学術講演会，2007.9