# 衝撃振動試験と 3 次元 FEM 解析を用いた小規模橋梁振動特性の検討

岩手大学大学院工学研究科　学生員　○八重樫　大樹
岩手大学理工学部　正会員　大西　弘志
(株)昭和土木設計　正会員　岩崎　正二
岩手大学大学院工学研究科　学生員　大内　皓平
岩手大学大学院工学研究科　学生員　菊池　敏文

## 1.　まえがき

既設橋梁の適切な維持管理のため，効率的な健全度評価の手法の確立が求められる．健全度を評価する指針として代表的なものに振動特性を利用した剛性の検証がある．本論文では，小型 FWD 試験機を用いた衝撃振動試験によって既設橋梁の固有振動数を求めた．また，3 次元 FEM モデルにより対象橋梁の上部工を再現し，支承条件を変化させた解析を行った．衝撃振動試験と 3 次元 FEM 解析の結果を比較することで，対象橋梁の振動特性について検討した．

## 2.　対象橋梁の概要

本論文の対象橋梁は岩手県胆沢郡金ヶ崎町の渋川に架かる下渋川橋である．橋梁緒元は橋長 20.0m，全幅員 6300mm，桁高 800mm，3 主桁，RC 床版（床版厚 160mm），コンクリート舗装（舗装厚 50mm）を有する鋼単純合成 H 桁橋である．対象橋梁の断面図を図-1 に示す．

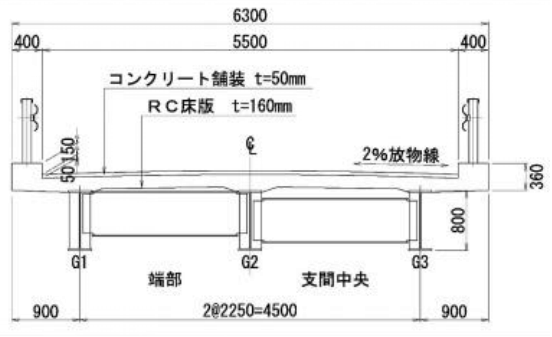



図-1　断面図

## 3.　小型 FWD 試験の概要と結果

本研究では，対象橋梁の上部工 RC 床版に対し小型 FWD 試験機を用いて 25kg の重錘を 1.0m の高さから落下させる重錘落下試験を行った．図-2 に示すように各主桁支間 1/2 点，1/4 点の計 6 点を小型 FWD 試験機で打撃し，各桁支間 1/4 点，1/2 点，3/4 点における鉛直方向応答加速度を計測した．小型 FWD 試験の例を図-3 に示す．加速度計から得られた応答加速度データを時間刻み 0.0001 秒で 16384 個サンプリングして FFT 方式により振幅スペクトルおよび位相差スペクトルを算出し卓越周波数を求めた．なお位相差スペクトルは，重錘が与える外力に対する構造物の応答の時間差に相当し，加速度波形の場合には，270°(-90°)に近い値を示す周波数を用いる．

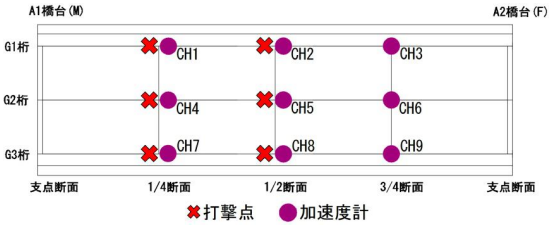



図-2　打撃点および加速度計設置位置

図-3　小型 FWD 試験の例

G3 桁支間 1/2 点および 1/4 点を打撃した際の，それぞれの打撃点における加速度波形から得られた振幅スペクトルおよび位相差スペクトルを図-4，図-5 に示す．支間 1/2 点打撃時の振幅スペクトルにおいては，全加速度計配置位置の振幅スペクトルにおいて 6.7Hz の卓越周波数が見られた．また，主に G1，G3 桁上の加速度波形では 7.6Hz にも卓越周波数が見られた．6.7Hz は曲げ 1 次振動モード，7.6Hz はね

キーワード：衝撃振動試験　3 次元 FEM 解析　健全度評価
連絡先：t0514061@iwate-u.ac.jp

じれ 1 次振動モードを示す周波数であると考えられる．また，支間 1/4 点打撃時に支間 1/4，3/4 点の振幅スペクトルに見られる 17.7Hz の卓越周波数は，支間 1/2 点打撃時には卓越していないため，橋梁の曲げ 2 次モードを示しているものと考えられる．以上の実測卓越周波数を表-1 に示す．

表-1　衝撃振動試験による実測卓越周波数

| 計測点 | 卓越周波数(Hz) | 推定される振動モード |
|---|---|---|
| 支間 1/2，1/4 点 | 6.7 | 曲げ 1 次 |
| 支間 1/4 点 | 7.6 | ねじれ 1 次 |
| 支間 1/4 点 | 17.7 | 曲げ 2 次 |

## 4.　固有値解析の概要と結果

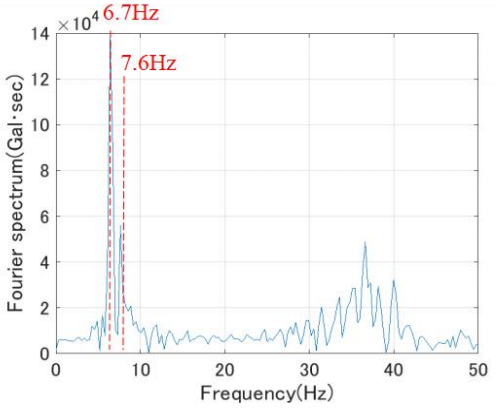
3 次元 FEM 解析ツールを用いて対象橋梁の上部工モデルを作成した．主桁，横桁に Shell 要素，床版に Solid 要素を用いた．総節点数は 13482，総要素数は 9016 である．RC 床版と鋼桁の初期状態でのヤング係数をそれぞれ Ec=23500N/mm$^2$，Es=205000N/mm$^2$ とする．本研究ではモーダル解析によって橋梁の固有振動数を求めた．解析結果を表-2 に示す．

表-2　モーダル解析による 1 次振動モード　(Hz)

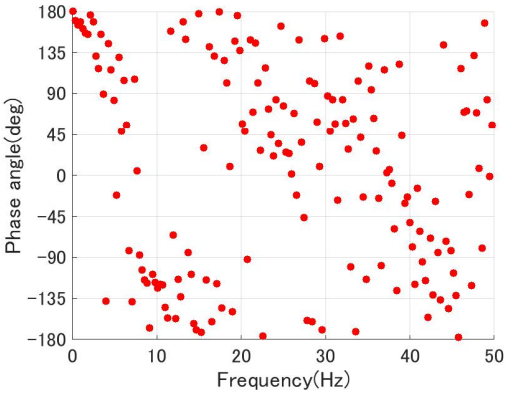
| パターン | 支承条件 | | | 曲げ 1 次振動数 | ねじれ 1 次振動数 |
|---|---|---|---|---|---|
| | G1 主桁 | G2 主桁 | G3 主桁 | | |
| ① | pin-pin | pin-pin | pin-pin | — | 8.3 |
| ② | pin-pin | pin-roller | pin-pin | 6.8 | 7.1 |
| ③ | pin-roller | pin-pin | pin-roller | — | 6.2 |
| ④ | pin-roller | pin-roller | pin-roller | 4.5 | 6.2 |

## 5.　まとめ

小型 FWD 試験を用いた衝撃振動試験により加速度波形を得た．FFT を施すことにより，振幅スペクトル及び位相差スペクトルを算出し，対象橋梁の卓越周波数を求めた．また，3 次元 FEM 解析により，固有振動モードの特定を試みた．表-2 における支承条件②では曲げ 1 次，ねじれ 1 次モードが実測値に比較的近い値を示した．しかし，曲げ 2 次，ねじれ 2 次モードは，いずれの支承条件においても実測値と異なる値を示した．これは，解析モデルの支承部における支点拘束の度合いが影響しているものと考えられる．支承部にバネのモデルを導入するなどして，より詳細に支承条件に関する検討を行う必要がある．

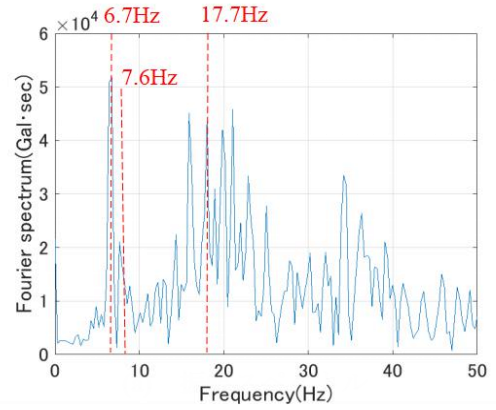



(a)振幅スペクトル

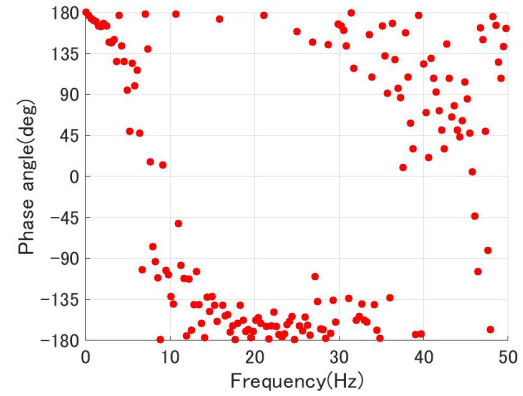



(b)位相差スペクトル

図-4　G3 主桁 1/2 点




(a)振幅スペクトル




(b)位相差スペクトル

図-5　G3 主桁 1/4 点