

衝撃振動試験を用いた 89 年供用 4 主桁桁橋の固有振動数評価に関する一考察

岩手大学 学生員 ○葛西 智文

岩手大学 正会員 岩崎 正二 大西 弘志 出戸 秀明

(株) 福山コンサルタント 正会員 宮村 正樹

1. はじめに

既設橋梁を維持管理しながらいかに長寿命化させるかが問題となっている。そのため橋梁の健全度調査が必要であり、本論文では岩手県北上市にある九年橋の 89 年供用 4 主桁桁部を対象として、重錘を用いた衝撃振動試験を実施し、加速度計による振動応答から対象橋梁上部工の固有振動数を推定した。それらの実測結果と 3 次元フレーム解析による固有値解析結果を比較検討することにより、九年橋 4 主桁桁部の健全度評価を試みた。

2. 対象橋梁と重錘衝撃試験の概要

対象橋梁である岩手県北上市の九年橋は、橋長 334.0m の 17 径間単純鋼桁橋である。奥州市側の A_1 橋台から P_9 橋脚までは、支間長 16.80m、幅員 7.45m、桁高 1.45m の 9 径間単純 2 主桁桁橋（昭和 8 年架設）、 P_9 橋脚から盛岡側の A_2 橋台までは、支間長 20.60m、幅員 7.45m、桁高 1.37m の 8 径間単純 4 主桁桁橋（大正 11 年架設）という形式になっている。また、下部工形式は重力式橋台およびラーメン型橋脚を採用している。

今回行った上部工への重錘衝撃試験は、4 主桁桁橋の第 11 径間を対象として実施した。図-1 に示すように加速度計センサの設置位置および重錘打撃位置は、橋梁曲げ 1, 2 次モードとねじれ 1 次振動モードが測定可能な位置とし、支間の 1/4 点、1/2 点、3/4 点における主桁（G1, G4）及び幅員中央上の舗装面とした。

写真-1 に示すように、測定に用いた衝撃加振装置は重さ 400N の重錘とし、50cm 程度の高さから落下させた。円筒形重錘の形状は $\phi 230\text{mm}$ 、厚さ $L=200\text{mm}$ であり、舗装との接触面は高周波領域の影響を除去するため、厚さ 12mm のゴムパッドを設置した。

また、応答加速度の測定にはサーボ加速度計 (LS-10C, 測定周波数 0.1~100Hz) を使用した。

3. 試験結果と考察

本実験では、時間刻み 0.001 秒ごとの応答加速度データを 4096 個サンプリングし、FFT 方式で振幅スペクトルを算出し、それぞれで得られた実測結果と、3 次元フレーム解析モデルを用いた固有値解析結果を比較検討

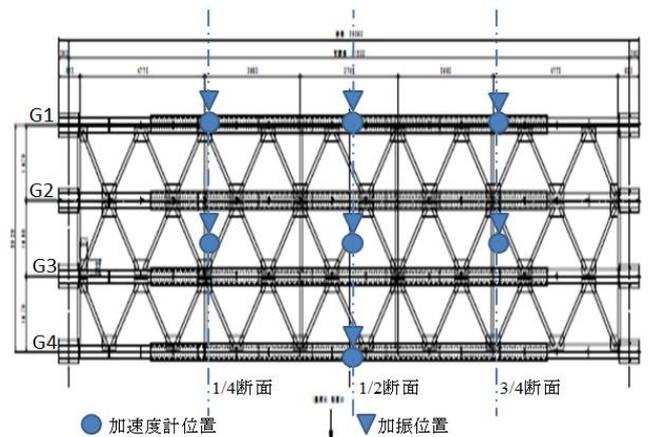


図-1 4主桁桁部の加速度計設置位置及び打撃点



写真-1 重錘試験状況

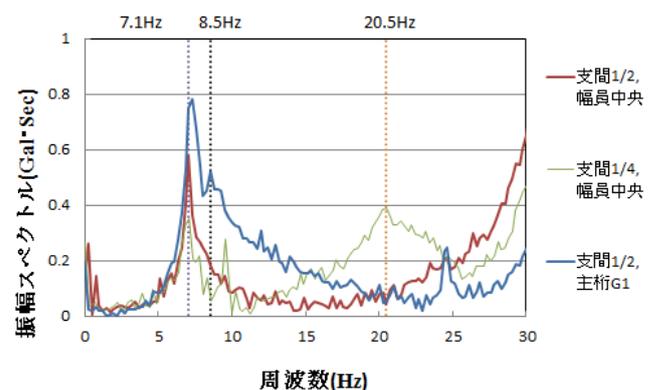


図-2(a) 衝撃振動試験結果(振幅スペクトル図)

した。

図-2(a), (b)は、平成 25 年度に実施した重錘衝撃試験により得られた第 11 径間の振幅スペクトル図及び位相差スペクトル図である。打撃点及び振幅、位相差スペクトル観測点は同一の場所を採用し、それぞれ支間 1/2 点幅員中央 (曲げ 1 次)、支間 1/4 点幅員中央 (曲げ 2 次)、支間 1/2 点主桁 G1 (ねじれ 1 次) である。

振幅スペクトルのピークが複数存在するため、振幅が卓越し、位相差が 270° を示す振動数を基本にするとともに、各測点における振幅や位相差から固有振動モードを把握することで、構造物の固有振動数を特定した。橋梁曲げ 1, 2 次及びねじれ 1 次振動モード図を、図-3 に示す。

図-2(a), (b)及び図-3 からわかるように、支間 1/2 点加振時には曲げ 1 次、支間 1/4 点加振時には曲げ 2 次、G1 桁等の偏心位置加振時にはねじれ 1 次の振動モードの卓越が見られるなど、加振位置によって卓越する振動性状が確認された。

4. 試験結果と解析結果の比較検討

解析には汎用プログラム「Uc-Win/FRAME (3D)」を用いた。図-4 に示すような 3 径間モデルについて固有値解析を行い、実測固有振動数(以降、実測値)と解析固有振動数(以降、解析値)の比較検討を行った。なお、解析モデルは健全な状態を想定し、設計基準強度を用いた。また、可動支承は支点拘束の影響を考慮し、固定支承として取り扱っている。解析に用いた各部材のヤング係数は、 $E_c=2.35 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ (床版)、 $E_c=2.2 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ (橋脚) とした。

実測値と解析値との比較を表-1 に表す。それぞれ解析値に対する実測値の比率は 91%~76% となり、実測値の方が低い傾向が見られ、剛性が低下している可能性が示唆された。

5. おわりに

実測結果と解析結果から 4 主桁橋の固有振動数を推測することができた。なお、別途実施した外観変状調査において、主桁の著しい腐食や、床板の疲労損傷などが確認されており、衝撃振動試験の結果をもとに、解析モデルを劣化させることで、定量的に劣化状況を評価できる可能性が見出された。

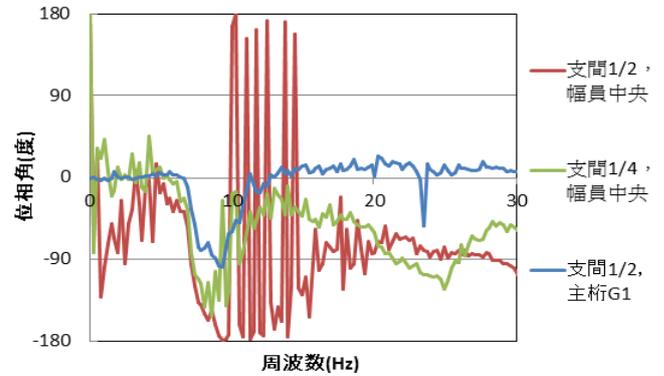
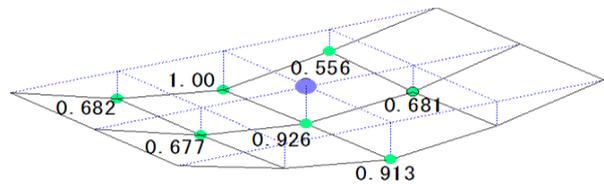
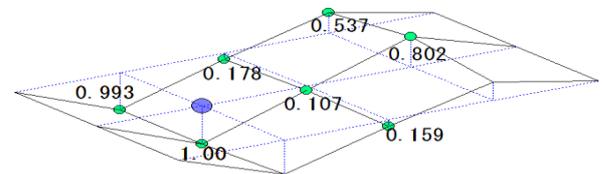


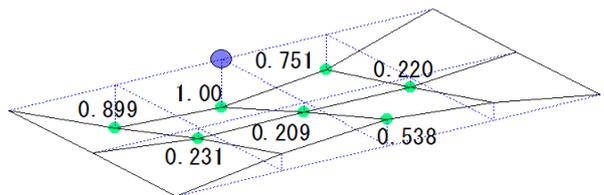
図-2(b) 衝撃振動試験結果(位相差スペクトル図)



(1)曲げ 1 次振動モード図 (7.1Hz)



(2)曲げ 2 次振動モード図 (20.5Hz)



(3)ねじれ 1 次振動モード図 (8.5Hz)

図-3 実測振動モード図

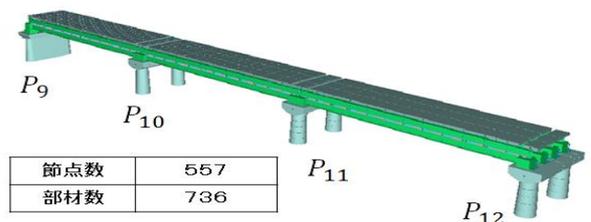


図-4 3 径間フレーム解析モデル(P₉, P₁₂含む)

表-1 実測値と解析値の比較 (上部工)
(括弧内は実測固有振動数/解析固有振動数を示す)

| モード | 実測固有振動数 (Hz) | 解析固有振動数 (Hz) |
|-------|--------------|--------------|
| 曲げ1次 | 7.1(91%) | 7.8 |
| 曲げ2次 | 20.5(81%) | 25.3 |
| ねじれ1次 | 8.5(76%) | 11.2 |