供用 93 年経過した RC アーチ橋の補修前後の振動特性変化

愛媛大学　学生会員　○江見 和泰　愛媛大学　フェロー会員　森 伸一郎
西条市役所　非会員　伊藤 弘樹　ウエスコ　正会員　海野 豊数　SG エンジニアリング　非会員　加川 順一

１．はじめに

本研究では供用 93 年経過した鉄筋コンクリート開腹上路アーチ橋を対象に補修前の経年劣化, 損傷が進んだ状態と薬剤注入による補修が完了した状態で打撃振動測定を実施し，固有振動数とモード形を求めることで, 補修前後の比較を行った.

２．対象橋梁概要

OMY 橋は愛媛県西条市の加茂川に架かる橋長 42.9 m, 幅員 4 m の鉄筋コンクリート開腹上路アーチ橋で 1927 年に建設されており，2021 年現在建設から 94 年経過している．**図-1** に OMY 橋の平面図，側面図を示す．橋梁は 3 本のアーチリブと各アーチリブあたり 21 本の支柱があり，合計 63 本の支柱からなっている．補修前の定期点検では判定区分Ⅲに指定されており，重量規制がなされていた．また補修後に振動測定を行った際には足場がかけられており，足場の重量による影響を考慮する必要がある．

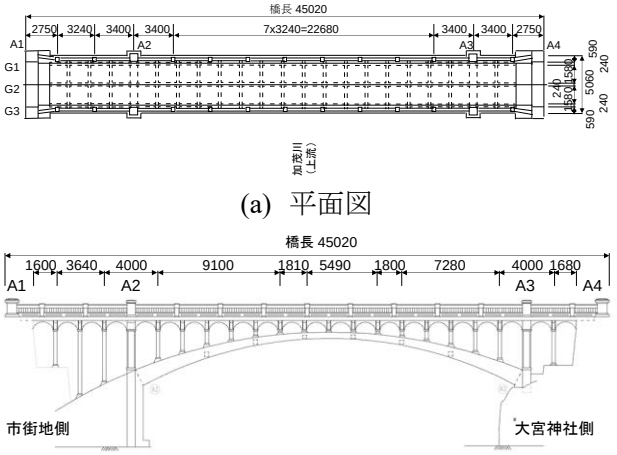


図-1 OMY 橋の平面図と側面図

３．振動測定方法

対象となるアーチ橋の振動特性を知るために，かけやによる打撃振動測定を実施した．**図-2** に補修前後の速度計配置と打撃点を示す. 振動測定では橋軸方向に C（中央測線），S（センサー側車道測線），A（センサー反対側車道測線）を設け，振動モードを意図した打撃を行うために親柱 A2 を基準に支柱上に来るようにそれぞれ測線を設け，軸方向と軸直角方向の測線の交点を設けた．打撃時にはハンマー（重量 2.5 kg）を用い，路面に対して垂直になるように打撃した．14C 打撃は 1 次曲げモード，14A 打撃は 1 次ねじれモードを励起したモードである．さらに軸直角方向の水平曲げについて検討するために，14A 側の高欄に対して水平打撃を行った．速度計は路面上に設置し，X 軸を橋軸方向，Y 軸を橋軸直角方向に合わた．使用した速度計は CR4.5-2S（ANET 社製）であり，3 成分（水平 2 成分，鉛直 1 成分）の感震器と AD 変換器が内蔵された 0.5~20 Hz で平坦な利得の動コイル型速度計である．6 台のセンサーを計測ステーション GEODAS-15D-24ch-USB（同社製）で 6 台 18 成分を同時計測した. 測定条件は AD 周波数 200 Hz, ゲイン 0 db, ハイカットフィルター25 Hz, LCF10 s とした. 測定データは打撃 3 秒前から 20.48 秒間（データ数 4096）を抽出して高速フーリエ解析を行い，フーリエスペクトルを求めた．フーリエスペクトルから卓越振動数を低次から

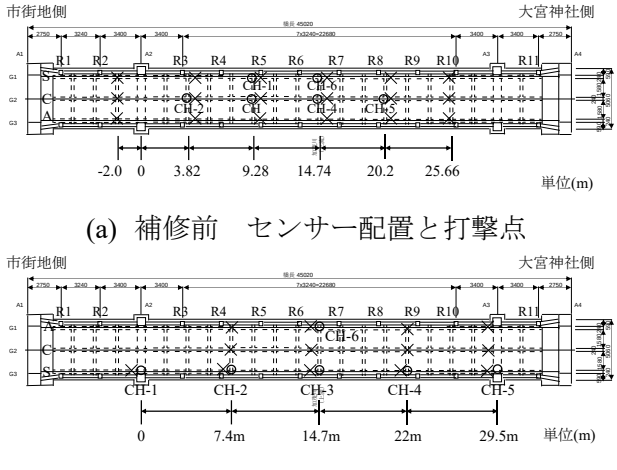


図-2　速度計配置と打撃点

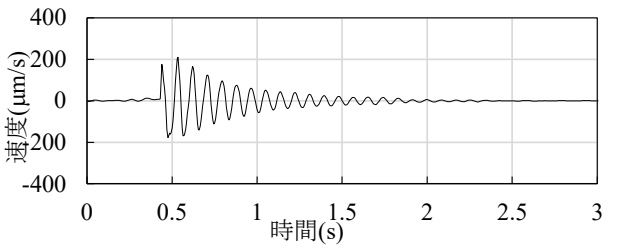
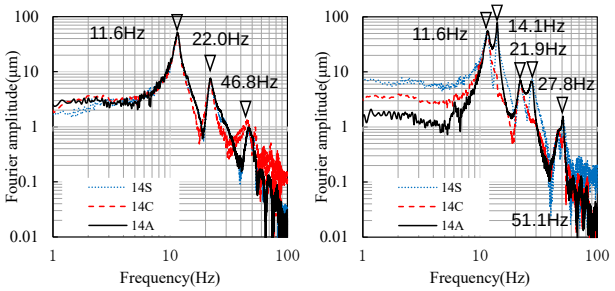


図-3 速度時刻歴波形

読み取っていき，固有振動数を求めた．

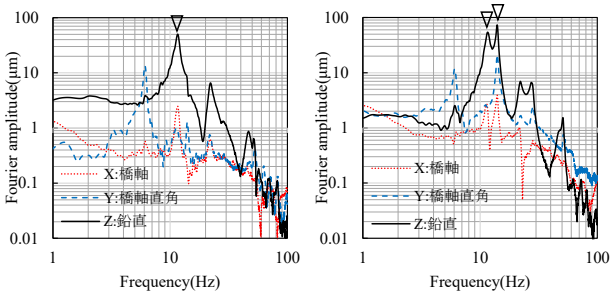
4．振動測定結果と解釈

図-3 に 14C 打撃時の 14S センサー応答の速度時刻歴波形を示す．**図-4** に 14 測線打撃時のフーリエスペクトルの鉛直成分を示す．14C 打撃時では低次から 1 次は 11.6 Hz，2 次は 22 Hz，3 次は 46 Hz であった．また，14A，14S 打撃時では低次から 1 次は 11.6 Hz, 2 次は 14.1 Hz, 3 次は 22 Hz, 4 次は 27.8 Hz であった．中心測線打撃と車道外側打撃ではピークの出現に差異がみられた．また，車道外側打撃（S, A）時の 14 Hz と 28 Hz のピークは車道外側のセンサー14S 応答にあらわれ，車道中心のセンサー14C の応答にあらわれないことから，車道外側が腹，車道中心が節になっており，ねじれのモード形であると考えられる．**図-5** に 14C 打撃と 14A 打撃のセンサー14S 応答時の 3 成分のフーリエスペクトルを示す．14C 打撃時の 11 Hz は鉛直，橋軸方向成分のピークが卓越しており 1 次曲げと考えられる．14A 打撃時の 14 Hz では鉛直，橋軸，橋軸直角の 3 成分のピークが確認されており，ねじれのモード形である．打撃位置，センサー応答，スペクトルのピーク出現の有無より 11 Hz は 1 次曲げ，14 Hz は 1 次ねじれである．6 Hz に橋軸直角成分のピークが確認され、鉛直成分より先に水平のモード形が現れることが確認された．**図-6** に補修前後の 14C 打撃と 14A 水平打撃の重ね合わせたフーリエスペクトルを示す．**表-1** に 14C 打撃時と 14A 水平打撃時の補修前後の振動数の一覧を示す．補修前の 14C 打撃時の補修前の振動数は低次から 1 次が 11.6 Hz，2 次が 22.0 Hz，3 次が 46.3 Hz である．補修後については 1 次が 12.1 Hz，2 次が 22.5 Hz，3 次が 47.7 Hz であり，補修後で振動数は低次から 4%，2%，3%と振動数の増加が認められた． 14A 水平打撃時の水平 1 次の振動数は補修前が 6.1 Hz であり，補修後は 6.7 Hz で 11%の振動数増加が認められた．水平 2 次は補修前が 14.2 Hz, 補修後が 14.8 Hz であり，補修後では 5%の振動数増加が認められた．水平の振動数は 1 次，2 次とも振幅の低下が認められた．また，水平 1 次では 11%の振動数増加から地震動といった水平方向に対しての耐力が増加したと考えられる．鉛直成分，水平成分の両者から振動数の増加が認められ，梁の曲げ振動数の理論式を援用すると，剛性の増加がみとめられる．



(a) 14C 応答　　(b) 14S 応答

図-4 14 測線打撃のフーリエスペクトル



(a) 14C 打撃　　(b) 14A 打撃

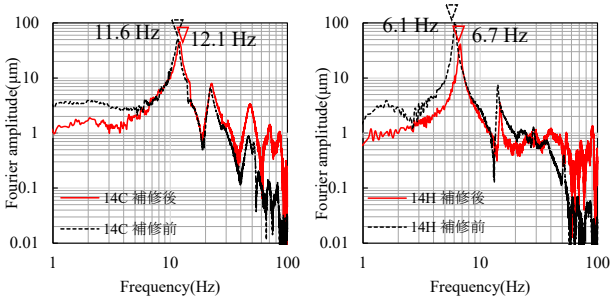


図-6 補修前後のスペクトル

表-1 補修前後のスペクトル

振動数(Hz)(14C)			振動数(Hz)(14H)		
次数	補修前	補修後	次数	補修前	補修後
1	11.6	12.1	1	6.1	6.7
2	22.0	22.6	2	14.1	14.9
3	46.6	48.3	3	28.5	29.2
4	69.3	71.5			
5	81.7	87.3			

4．結論

1) 鉛直打撃と水平打撃より 6　Hz 帯に水平 1 次曲げの振動モード形が現れることが認められ，鉛直の振動モード形より水平の振動モード形が現れやすいことがみとめれた．
2) センサー配置，打撃位置，3 成分のスペクトルの組み合わせより鉛直 1 次の 12 Hz が 1 次曲げ，2 次の 14 Hz が 1 次ねじれであることが確認された．
3) 橋梁の補修前後で鉛直 1 次は 4 %，水平 1 次は 11 %の振動数の増加が認められ，補修による橋の総合的な剛性が増加したことがみとめられた．