

I - 500

鋼2ヒンジャーチ小原橋の振動実験とその解析

金沢大学大学院 学生員 中野 博文
金沢大学工学部 正会員 梶川 康男

1. 補修補強の経緯

小原橋は、昭和38年に岐阜-富山間を結ぶ国道156号線に架設された上落式鋼2ヒンジャーチ橋で、アーチ径間85m、橋長106.5m、偏平な箱断面リブと3本のI型断面補剛桁を有する橋梁である（図-1）。

昭和57年には、端支柱上補剛桁腹板、および中間支柱取付部に亀裂が発見された（図-1参考）。そこで同年、応急処置として端支柱補剛桁の亀裂に対して、端支柱の両側に鋼製ブラケットを設置し、側径間及び中央径間の補剛桁の仮支点とした。また、さらに亀裂の先端にストップホールを設け、進行を妨げる処置をした。中間支柱取付部に対しては、特に損傷が激しいアーチクラウン付近のものについてガセットを追加し、曲率のある広幅なガセットに改良した（図-2）。

その後、浸透探傷試験、載荷試験による調査が行われ、端支柱上補剛桁腹板の亀裂は、補剛桁の支承が橋軸方向に両端可動であった上に、さらに車両振動による補剛桁の過大な橋軸方向変位による切り欠き部のせん断応力集中が主要因であった。中間支柱取付部の亀裂は、せん断力に伴った大きな曲げモーメントが作用していたことが原因であるとされた。

この調査により昭和59年に本格的な補修工事が行われた。制振対策として、橋軸直角方向には端支柱上補剛桁腹板付近に横構の増設を行い、橋軸方向には補剛桁両端に弾性支承を設置した。この弾性支承は、ゴム支承と粘性せん断型ストッパー（温度変化による補剛桁の伸縮は吸収できる）とからなり、橋台のコンクリートに引張力が作用しないように、常時両者は戻しバネによって接触状態を保持し、動荷重作用時にゴム支承は常に圧縮側にのみ働く構造になっている（図-3）。また中間支柱取付部は現状のままにした。

平成3年に行われた調査によると、端支柱上補剛桁には亀裂は見つからなかったが、中間支柱取付部での亀裂は、進行速度は遅くはなっているが引き続き進展性がうかがわれる結果であると報告されている。これに伴って、平成5年には中間支柱取付部の補修が行われた。通常、構造全体の変形の抑制が効果的であり、斜材を入れることがその目的を担うが、現場状況により最善とは言えず、よって取付部の応力集中を軽減する補修を行った。中間支柱材の亀裂補修及び取付部に当板を追加した補強ガセットを設置した（図-4）。以上の経緯をたどり現橋に至っている。そこで、本研究では現橋での振動実験を行い、その卓越振動数と弾性支承の挙動を把握し、さらに本橋を3次元にモデル化し、固有値解析、応答解析を行った。

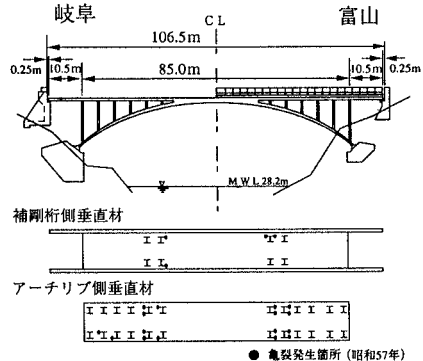


図-1 一般図と亀裂発生箇所

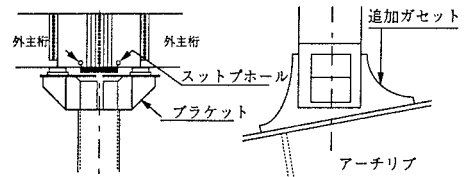


図-2 端支柱上及び中間支柱取付部補修図

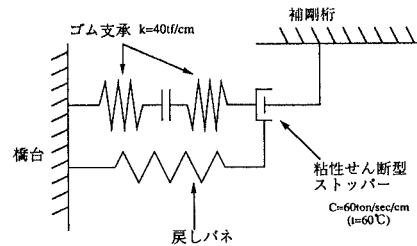
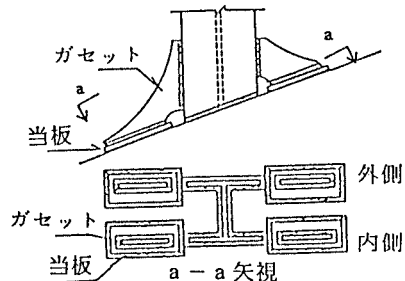
図-3 弾性支承の原理と特性
(昭和59年補修時設置)

図-4 中間支柱取付部の補修図

2. 振動実験

振動実験は、一般車両走行時に行われ、主として大型車両走行時を対象とした。測定点は橋の1/4点,1/2点,3/4点に設け、測定機器としては振動計、変位計、サーボ型速度計、加速度計を用いた。また支承部の両端部に変位計（水平方向）を設置して、弾性支承部の動きを測定した。振動実験結果より本橋において卓越していると思われる振動数を示し、さらに減衰定数を示す（表-1）。また支承部の橋軸水平方向の変位の波形を図-5に示す。これによると、制振対策直後に比べて、支承部は弾性支承としての滑らかな動きがなく、残留変位が多く残っており、この原因として弾性支承のバネの劣化の影響または、摩擦の影響がでているものと考えられる。

3. 固有値解析、応答解析

本橋の固有値と固有モードを求めるために、3次元骨組構造としてモデル化し、有限要素法（サブスペース法）により固有値解析を行った。境界条件としては、設計と同じバネ定数を、またアーチリブの支点をバネ支承にするなど、多くの組み合わせで解析を行った。本解析における固有値、固有モードを図-6に示す。これらは現橋を良く表している。

応答解析は固有値解析で現状を良く表しているうちで固有値、固有ベクトルを用いて、車両-橋梁の運動方程式をモード座標系に座標変換することにより、変位、速度、加速度を求める。解析条件（車両台数、車両速度等）は実測に合わせて仮定した。解析によって求められた鉛直方向の速度波形および同点の実測波形を示す（図-7）。これらを見ると波形がよく類似していることがわかる。しかし補剛桁支承部の水平方向波形は、実測波形に比べて変位が小さく、残留変位がない。これはバネの劣化または摩擦の影響がでていると考えられる（図-8）。

表-1 卓越振動数（実測値）

	振動数(Hz)	減衰定数
面外対称1次	1.5~1.6	0.012~0.030
面内逆対称1次	1.6~1.8	0.027~0.040
面内対称1次	2.2~2.4	0.042~0.058

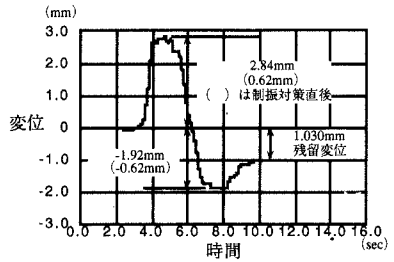


図-5 大型車両走行時の補剛桁端の水平方向変位波形

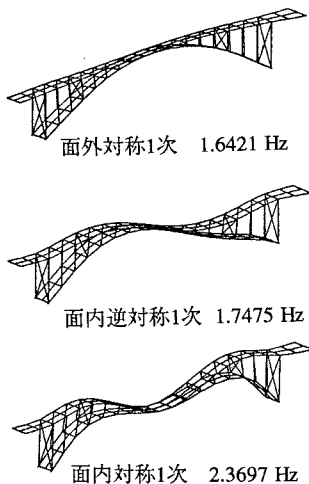


図-6 固有値、固有モード

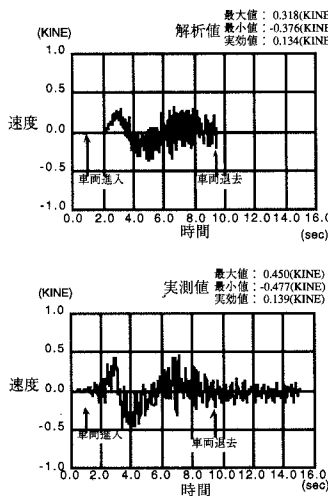


図-7 鉛直方向速度波形

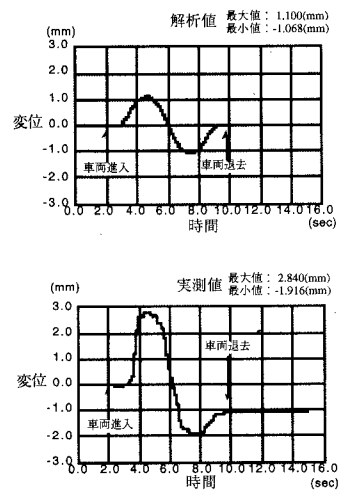


図-8 補剛桁支承部橋軸方向変位波形

4. まとめ

今回、小原橋の振動実験により、その卓越振動数と弾性支承部の挙動を測定し、現在の状態を把握した。さらに固有解析、応答解析を行った。これらのことより以下のようなことが分かった。

- 1) 補剛桁の支承部は、所期の弾性的な挙動を示しておらず、摩擦の影響がでている。
- 2) 固有値解析、応答解析によりモデル化は妥当なものであった。ただし支承部の摩擦の影響を含めたモデル化を行う必要がある。

<参考文献>1)水木ら：疲労亀裂を生じた鋼アーチ道路橋の実橋調査と補修，川田技報，Vol.4,1985.

2)前田ら：疲労クラックを生じた鋼アーチ道路橋の制振対策，振動制御コロキウム講演論文集,1991.