

鋼道路橋の疲労損傷に対する動的シミュレーション解析

金沢大学大学院 正会員 梶川康男
 中部復建(株) 正会員 初田大成
 金沢大学大学院 学生員 久保修平

1. はじめに

疲労損傷に関する多くの研究の中で、供用中の橋梁部材に疲労損傷が生じる可能性がある場合の補修や補強によって、どの程度損傷を軽減できるかを解析的に照査する方法はあまり提案されていない。そこで、本研究では疲労損傷が発生し、補強が行われた上路式鋼アーチ橋を対象として、補強前と補強後にそれぞれ車両走行による振動実験を行って、補強により橋の振動特性がどのように変化したかを推定し、さらに、動的なシミュレーション解析による本橋の応力履歴計算と疲労損傷照査を行って、現橋の耐久性を評価した。

2. 対象とした橋梁

今回解析の対象とした橋梁は、国道156号に架設されている上路式鋼2ヒンジアーチ橋で、1963年に供用を開始している。アーチ径間85m、橋長106.5m、偏平な単一箱断面リブと3本の1断面補剛桁を有する橋梁である。一般図を図-1に示す。

本橋は1982年に、中間垂直材上下端の取付けガセットプレート、および中央径間と側径間の境界となる端垂直材の補剛桁ウェブに亀裂が発見されている。それ以降、種々の調査、補修、補強が行われてきているが、恒久的な対策に至っていない。さらに1998年に垂直材に生じた損傷の半恒久的な対策として図-2に示すようなアーチリブと補剛桁を一体化する補強工事が行われた¹⁾。

3. 振動試験

大型車を用いた車両走行実験の振動速度波形の振幅スペクトルのピークから卓越振動数と振動モードを求め、その結果を表-1に示す。補強前には1.5Hz、1.7Hz付近と2.4Hz付近にははっきりとした大きな卓越が見られる。そして、補強後には1.7Hz付近の面外対称1次と面内逆対称1次の振動モードが接近して存在するようになり、卓越しにくくなっている。逆に3、4次振動のようにアーチクラウンを中心とした面内対称となる振動モードが補強したことによって大きく卓越するようになり、しかも、補強によって剛性が高くなったために全体的に各モードの固有振動数が0.1~0.2Hzずつ高くなっている。

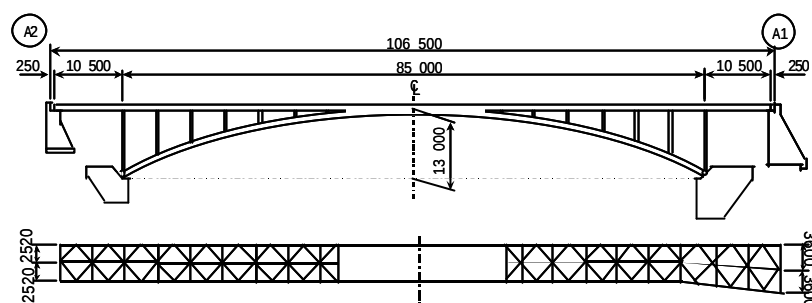
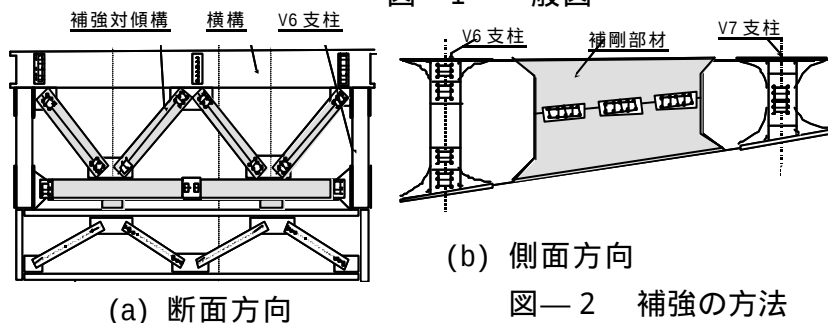


図-1 一般図



(b) 側面方向

図-2 補強の方法

表-1 卓越振動数と振動モード

次数	振動数(Hz)		振動モード
	補強前	補強後	
1	1.47 ~ 1.56	1.71 ~ 1.73	面外対称1次
2	1.69 ~ 1.76		面内逆対称1次
3	2.30 ~ 2.38	2.37 ~ 2.48	面内対称1次
4	3.58 ~ 3.93	4.00 ~ 4.13	面内対称2次

キーワード：道路橋 動的解析 疲労

連絡先：金沢市小立野 2-40-20 Tel.076-234-4601

4. 疲労シミュレーション解析

対象とした鋼アーチ橋について 3 次元骨組構造として有限要素でモデル化し、動的なシミュレーション解析²⁾による疲労損傷照査を行って橋の健全度を推定した。補強前後での解析モデルを図 - 3 に示す。

疲労解析を行う上で、動的応答計算における交通荷重列のモデル化は重要である。ここでは、24 時間交通量調査によって求められた大型車の载荷パターンを 25 種に分類して、それぞれを荷重列とみなすことにし、その発生回数を掛け合わせて合計することで 1 日分の交通荷重モデルとした。また、車両速度は各車両とも 40km/h の一定とし、連行時の車頭間隔は 3 秒とした。車両モデルは、図 - 4 のように車軸によって 4 つのモデルに分類した。

上記のような交通荷重列による車両モデルを橋梁モデル上に走行させ、着目箇所にクラウン付近の V5、V6 支柱の中間支柱部材の上端、下端とした。

つぎに、各着目箇所での図 - 5、6 の応力頻度³⁾に対して、補強前後にそれぞれ JSSC-D の設計 S-N 線図を適用して疲労損傷度を計算した。その結果、補強後と、補強前の比較においては V5、V6 支柱の損傷度は、2、3 割変化しており、寿命を延ばすことができた。

5. まとめ

実橋での振動実験から、アーチ橋特有の逆対称振動モードが励起しにくくなる結果が得られ、補強効果を確認することができた。また、解析により疲労損傷度を求めた結果、補強により橋梁の損傷度が低くなり、余寿命も少しは延長され、所期の目的を果たす補強対策となったことが確認された。

参考文献 1) 原田政彦, 梶川康男, 初田大成: 上陸式鋼 2 ヒンジアーチ橋の補強と効果, 構造工学論文集, Vol. 46A, pp. 1163-1173, 2000 年
2) 梶川康男, 織田一郎, 杵本正信: 走行荷重による鋼アーチ橋の疲労損傷照査に対する動的立体解析の適用, 構造工学論文集, Vol. 37A, pp. 1089~1096, 1991 年.
3) 遠藤達雄, 井上肇: レインフロー法の考え方とその応用, 日本造船学会誌, 第 706 号, pp. 204~213, 1988 年。

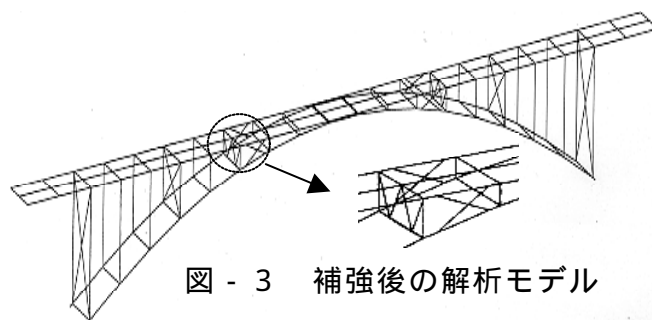


図 - 3 補強後の解析モデル

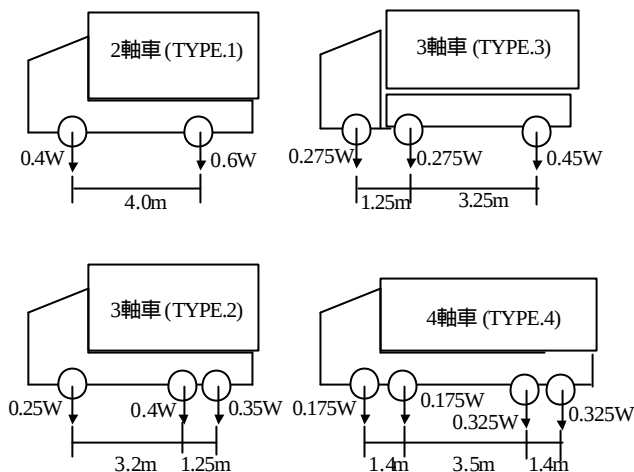
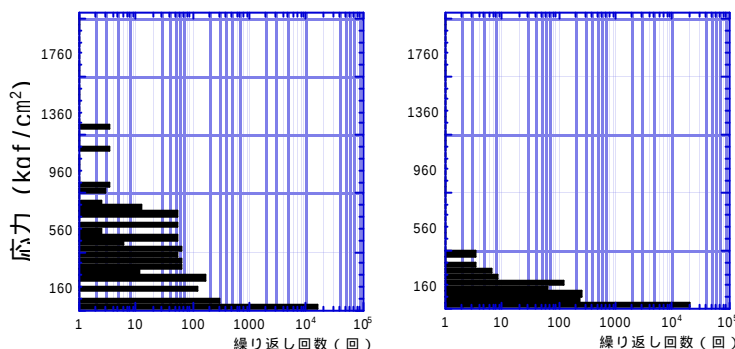


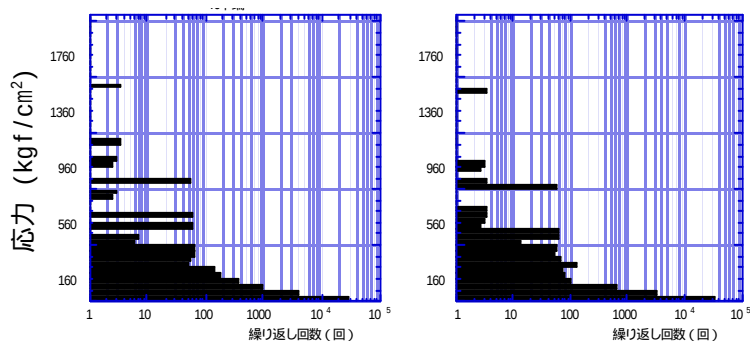
図 - 4 車両モデルの分類



(a) 補強前

(b) 補強後

図 - 5 V5 支柱下端応力頻度



(a) 補強前

(b) 補強後

図 - 6 V6 支柱下端応力頻度