

鋼アーチ道路橋の補強効果に関する疲労解析

金沢大学工学部 正会員 梶川 康男
金沢大学大学院 学生員 鈴木 雅也

1. はじめに

主要幹線道にある道路橋は、通行する車両の大型化と台数の増加により、設計当時には予想もしなかったような高応力振幅の繰返しを受けていることが多い。そのため、各方面で、実交通下における構造部材の応力頻度の計測および損傷状態の実態調査や疲労照査に用いる荷重に関する研究が進められている。そこで、本研究では、実際に損傷が見られ、補強と制振対策が施された橋を参考にして、シミュレーション解析を実施することによって、動的成分も含めて応力の繰返しが疲労損傷に及ぼしている影響について定量的な検討を行うとともに、補強の効果を確かめた。

2. 実在する鋼アーチ橋の固有値解析

解析の対象としたのは、アーチ径間 85m、橋長106.5mの実在する上路式の鋼2ヒンジアーチ橋（図-1に示すように偏平な単一箱断面リブと3本の1断面補剛桁、1963年完成）である。本橋は10年ほど前に疲労亀裂（図-1に記入）が見つかり、その原因の究明や補修¹⁾とともに制振対策として、補剛桁端部にゴム支承と粘性せん断型ストッパーが設けられた。その結果、補剛桁の橋軸方向の動的な変位が拘束され、各垂直材に発生していたと思われる曲げモーメントが低減された²⁾。そこで、これらの低減効果の程度を定量化するために、まず固有値と固有モードを求めた。図-2に固有振動数の解析値と現橋で実測した卓越振動数を示したが、比較的良好に類似した値が得られている。これらから当初の振動数は図-2に示した程度の値であったものと推測される。さらに延命対策として対傾構と斜材を追加した構造に対する補強効果を求めた。

3. 自動車荷重列による疲労損傷解析

最近では、大型車が走行したときの動的応答解析により、モデル橋における各部材の応力の履歴を求めることができる。その結果をレインフロー法などによって動的応力波形の応力範囲と頻度をカウントし、マイナー則に基いて、疲労損傷度を求めることができる。

まず、本橋は山間部にあり、しかも幅員が狭いこともあり、大型車2台以上の同時載荷はないものとし、

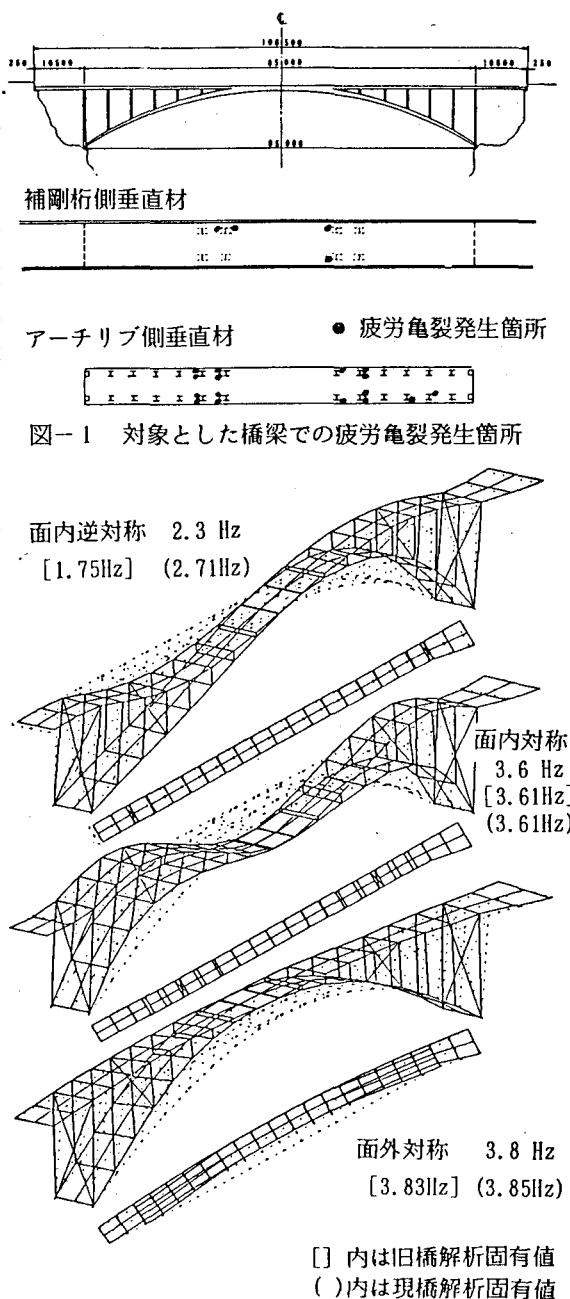


図-2 実測振動数と卓越モード

おおよそ現在1日に通過する約400台の大型車両（最大積載時の総重量が10 tf以上）を代表的な5タイプ（図-4参照）に分類して、各大型車についての空車・積載車・過積載車の比率によって一様乱数から車種を定めた。このようにして求められた大型車両列サンプル400台が1台ずつ本橋上を走行した場合の応答解析を行い、疲労損傷度の計算をした。計算結果の一例として損傷が最も著しい垂直材上端（着目箇所F）の応力ヒストグラムを図-5に示した。各モデル橋での垂直材上下端部が寿命に至るまでの通過台数を図-6に示した。この結果によると、疲労亀裂発生箇所と寿命との関連が強く現れており、また、制振対策によって寿命が2, 3倍延びている。そして、斜材の追加によって寿命が格段に延びる結果が得られており、このような補強法が有効であることがよく理解できる。

<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.

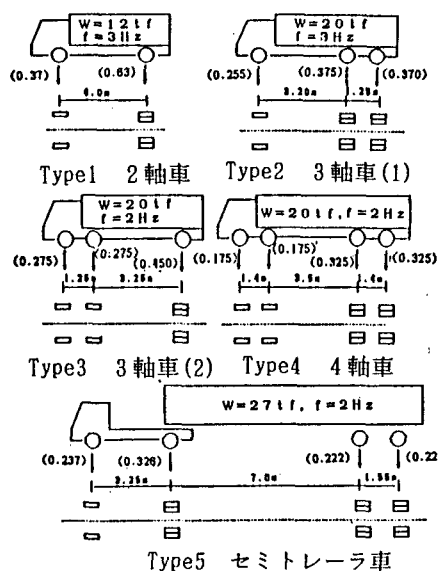


図-4 計算に用いた大型車のモデル

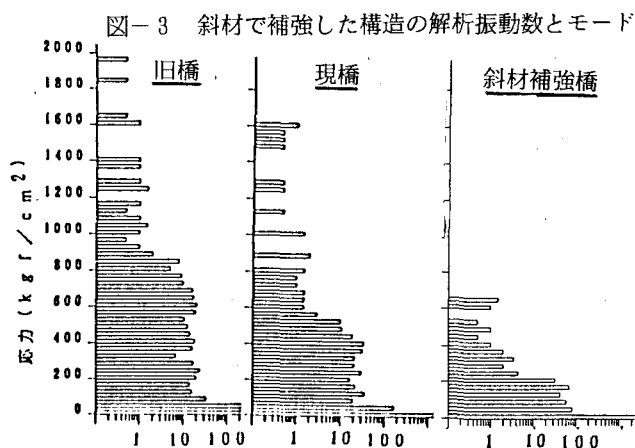
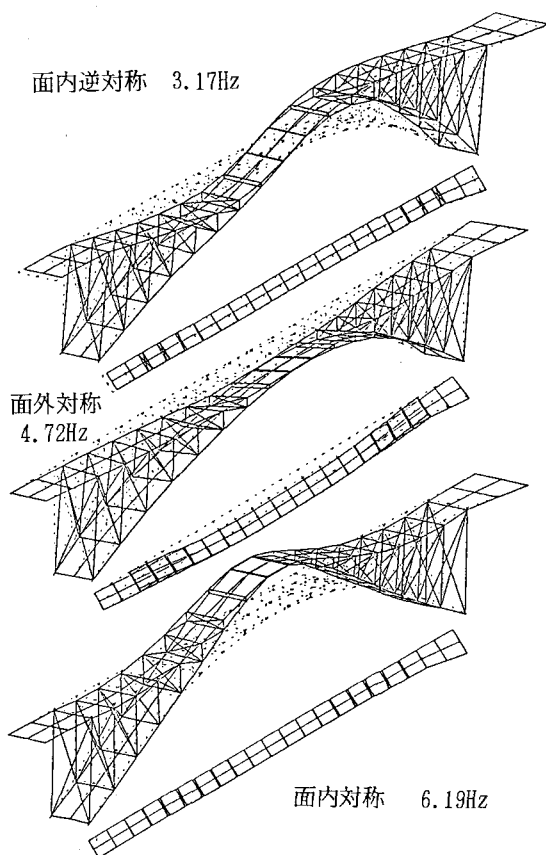


図-5 最中央寄り垂直材上端の応力ヒストグラム

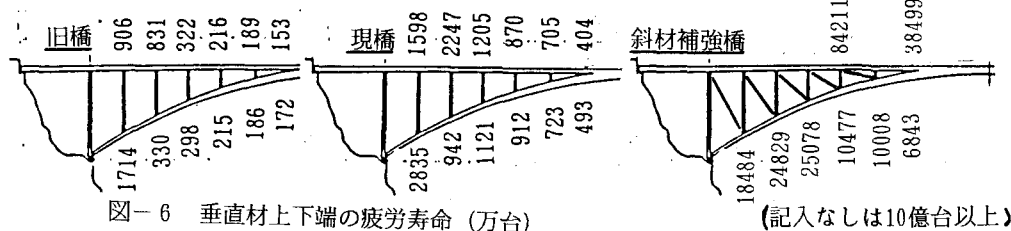


図-6 垂直材上下端の疲労寿命 (万台)

(記入なしは10億台以上)