

I-158 制振対策を施した鋼アーチ道路橋の疲労シミュレーション解析

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
 鹿島建設㈱ 垣内 俊彦

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、設計時には予想もしなかったような高応力振幅の繰り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。また、橋梁形式によっては橋梁の振動と疲労破損の関係が問題となっており、その因果関係や影響度について研究が進められつつある。ところが、最近の解析手法の発達には、数値計算によって動的影響を含めた道路橋の3次元の挙動を把握することを可能にしている¹⁾。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り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った。

2. 鋼アーチ道路橋の固有値解析

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²⁾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³⁾。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。

3. 自動車荷重列による疲労損傷解析

大型自動車が走行したときの動的応答解析により、旧橋と現橋における垂直材の応力の履歴を求めること

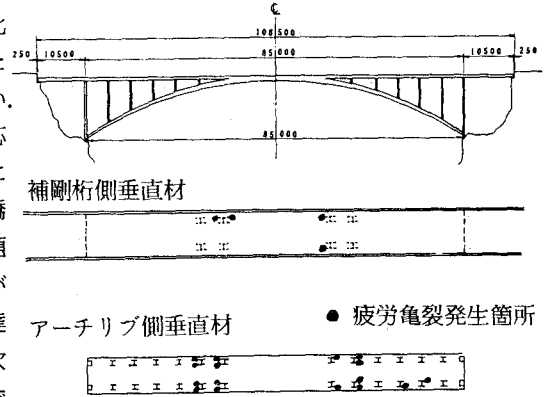


図-1 対象とした橋梁での疲労亀裂発生箇所

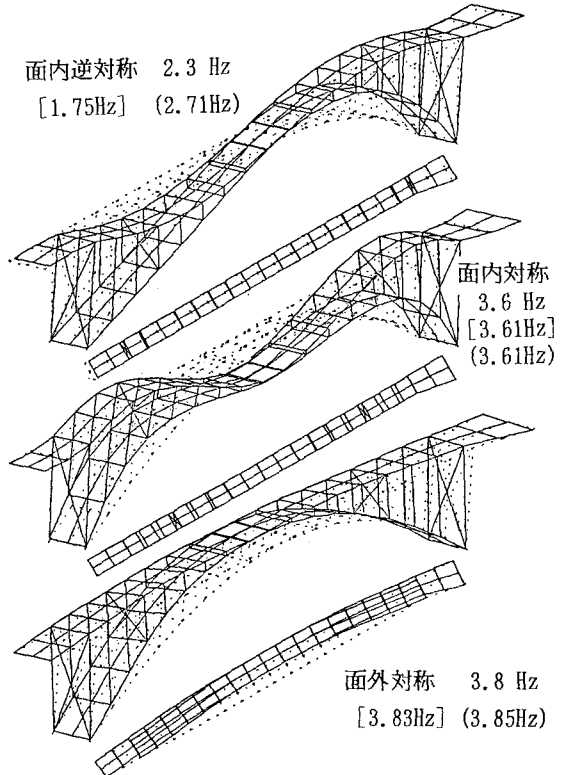


図-2 実測振動数と卓越モード
 []内は旧橋解析固有値
 ()内は現橋解析固有値

表一 大型車構成率と重量分布形・上下限

車種分類(混入率)	構成率	分布形	平均値	標準偏差	上限値	下限値
大型車2軸 (Type 1) 16.0%	空車 9.2% 積載車 6.8% 過積載車 0.04	正規 対数正規 指数	7.5tf 14.2 22.2	2.13tf 2.61 2.20	14.0tf 20.0 40.0	3.5tf 7.6 20.0
大型車タンデム軸 (Type 2-4) 68.1%	空車 23.8% 積載車 43.9% 過積載車 0.4	正規 対数正規 指数	11.5tf 20.3 32.3	2.11tf 3.37 2.29	17.8tf 30.0 60.0	5.8tf 11.5 30.0
トレーラー (Type 5) 15.8%	空車 6.2% 積載車 9.6	正規 対数正規	13.7tf 25.6	2.97tf 10.67	22.6tf 79.0	5.2tf 13.7

ができる。その結果、あらかじめ、着目箇所の継手形式に対応するSN線図が分かっているれば、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、マイナー則に基づいて、疲労損傷度を比較することができる。ここでは、実交通下での本橋の疲労損傷度を推定するため、モンテカルロ法によって移動車両列のサンプルを作成して解析を行った。

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台以上の同時積荷はないものとし、おおよそ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10tf以上)を代表的な5タイプ(図-3参照、懸架バネ定数は基本重量時に3Hzあるいは2Hzになるように設定)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。そして、図-4に示した車両重量の確率分布形を積載によって変えて乱数によって重量(上下限など表-1参照)を求め、さらに、それを図-3に示した軸重の比によって各軸に振り分けた。

以上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。旧橋と現橋での各垂直材上下端部の疲労寿命(過去の交通量が不明のため、大型車の通過台数)をまとめて図-6に示した。この結果によると、旧橋での疲労亀裂発生箇所と寿命との関連が強く表れており、また、制振対策によって寿命が2, 3倍延びることが期待できることを示している。ところが、対策後すでに10年が経過しており、以前の20年分の疲れの蓄積と最近10年間の交通量の増加からすると注意深い点検が必要であろう。

<参考文献> 1) 梶川・織田・根本: 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, 1991. 2) 水木・中野・前田・作田・町田・富沢: 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. 3) 前田・町田・富沢・下田: 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.

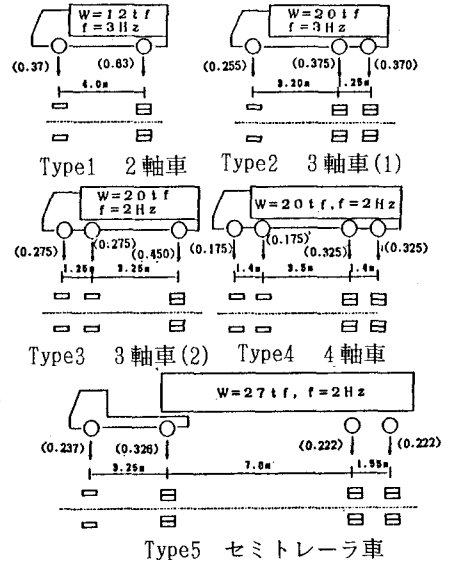


図-3 計算に用いた大型車のモデル

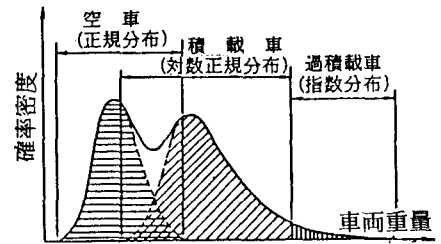


図-4 積載による重量分布の概念

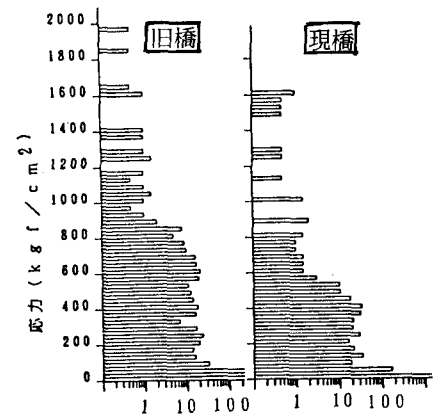


図-5 垂直材上端の応力ヒストグラム

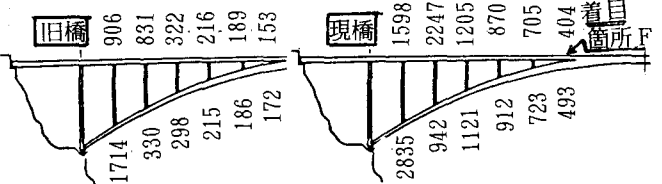


図-6 垂直材上下端の疲労寿命(万台)