

金沢大学工学部

正会員

梶川康男

鹿島建設㈱

正会員

織田一郎

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高応力振幅の繰返しを受けており、橋梁形式によっては疲労破損の問題が持ち上がっている。そのため、各方面で、疲れ試験結果のデータベース化や、疲労亀裂進展寿命の評価法に関する研究が進んでいるが、その結果、今までは無視されていた比較的小さな応力範囲の繰返しが、疲労に影響を及ぼしている可能性があることが指摘されてきた。しかし、従来の研究では、振動成分による繰返しが、疲労損傷に及ぼす効果は、まだ明確にされていない。そこで、本研究では道路橋の立体構造に対する動的応答解析を用いて、走行荷重による疲労損傷度を計算し、静的な変形のみによる損傷度と比較することによって、疲労における振動の影響を定量化することを試みた。

2. 解析方法

応答計算には、モーダルアナリシスを用いる。まず、アーチ径間 54m、橋長 61.6m の 2 ヒンジアーチを対象とし（図-1）、部材断面は実橋を参考に決め、FEMによって立体骨組にモデル化し、床版については板として考慮してサブスペース法によって固有振動モード（図-2）を求めた。また、走行荷重モデルには前軸と後軸にタンデム2軸を有する総重量 20tf の大型車を考えた。さらに、モード座標上に変換した橋梁の運動方程式を、車両系運動方程式と連成させて、路面凹凸などの条件を考慮してニューマークβ法により数値積分することによって、モード応答量 q_n の時刻歴を得る。この時、節点変位が固有ベクトル $\{\Phi_n\}$ で与えられた場合の着目箇所の応力を σ_n とすると、着目箇所の応力 σ_{SD} は、 $\sigma_{SD} = \sum q_n \sigma_n$ で表わされる。また、運動方程式において、速度項と加速度項を無視し、接地方に軸重だけを用いると、動的な成分を除去した静的応力 σ_s が得られる。図-3に、応答計算より求めた応力波形を示す。あらかじめ、着目箇所の継手形式に対応するS-N線図が分かっていたれば、レインフロー法によってこのような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Dを計算することができる（図-4）。本研究では、 σ_{SD} 及び σ_s について求めた損傷度を、それぞれ全疲労損傷度 D_{SD} 、静的疲労損傷度 D_s として区別し、 D_{SD}/D_s を動的疲労係数 D_f と定義する。

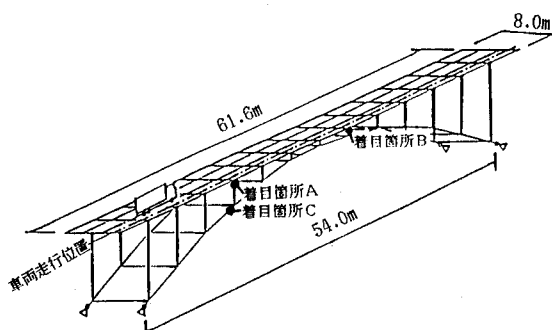
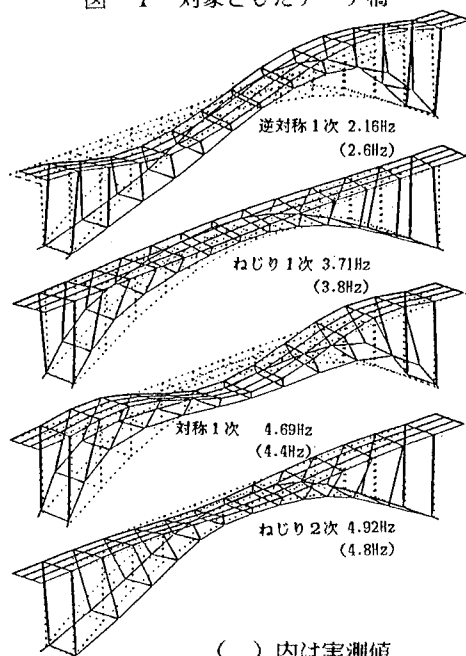


図-1 対象としたアーチ橋



() 内は実測値

図-2 固有振動モードと振動数

3. 数値解析

路面凹凸には高速道路での実測値を用い、車両が走行したときの動的応答解析により、垂直材とアーチリブ（図-1）の軸力と曲げによる応力の履歴を求め、その箇所の疲労損傷度（S-N線については、垂直材にはECCS71とアーチリブにはECCS80を用い、修正マイナー則を使用）をシミュレーションした。その結果として動的疲労係数を図-5～8に示した。図-5には路面凹凸高さを変化させた場合を示した。路面の凹凸が大きくなるに従って動的疲労係数が大きくなり、路面凹凸が疲労損傷に影響を及ぼしているものと予想される。図-6には走行速度による影響を示したが、低速の場合にはその影響が少ないことを示している。図-7には車両バネ上固有振動数による影響を示したが、ほとんど影響していない。図-8は車頭間隔を15mとして、連行台数を変化させた場合の結果であるが、垂直材ではその影響を受けないが、アーチリブでは台数の増加に従ってその影響も大きくなっている。

4. おわりに

路面凹凸高さ、走行速度、車両バネ上固有振動数、連行台数を変化させてシミュレーションを行い、疲労に及ぼす振動の影響に対して、どのようなパラメーターが重要になるのか検討した。今後は、実測の交通荷重データに基づいて、大型車を代表的なタイプに分類して疲労荷重を設定するとともに、長時間の疲労損傷シミュレーションを行い、同時載荷や過載車両が疲労損傷に及ぼす影響を、動的な効果も含めて検討していくことを予定している。

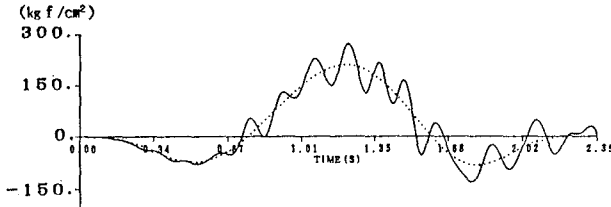


図-3 応力波形 実線； σ_{SD} 破線； σ_s

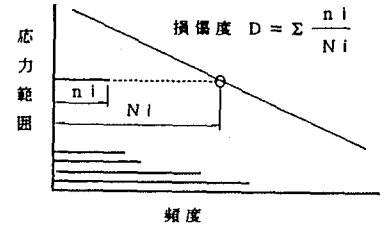


図-4 S-N線図とマイナー則（概念図）

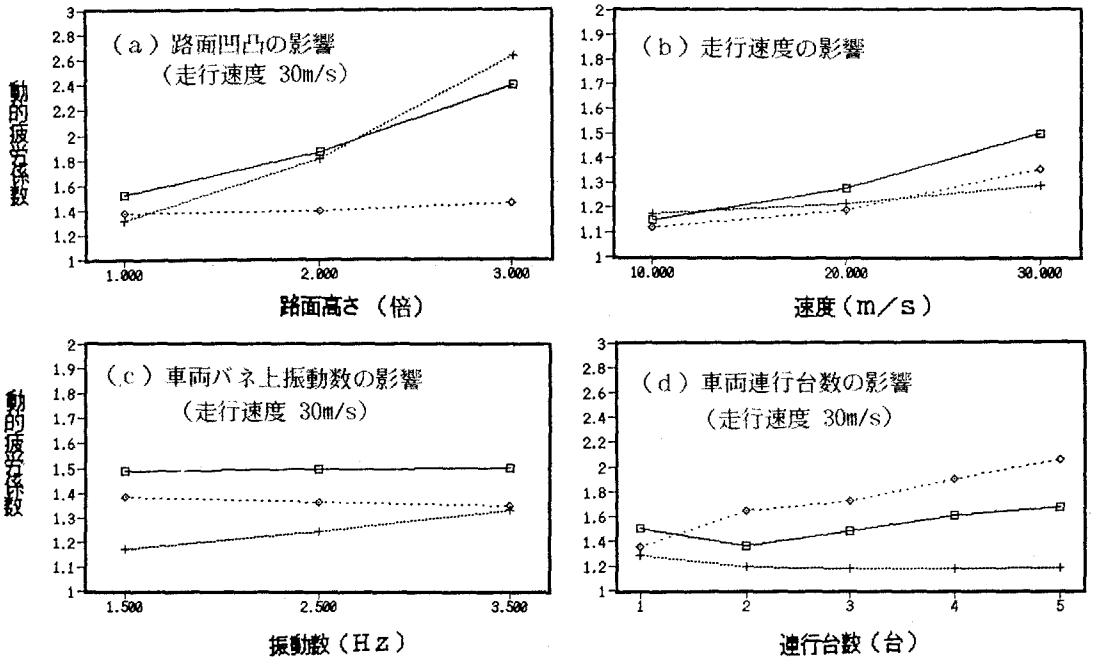


図-5 動的疲労係数への影響

□ 着目箇所A + 着目箇所B ◇ 着目箇所C