

I-185

走行荷重による道路橋の疲労シミュレーション解析について

鹿島建設（株） 正員 織田 一郎
金沢大学工学部 正員 梶川 康男

1. はじめに

近年の車両の大型化と交通量の増加により、道路橋においても疲労破損の問題が持ち上がっており、各方面で損傷状況の実態調査や疲れ試験結果のデータベース化、あるいは実交通下における構造部材の応力頻度の計測などが行なわれている。一方、最近の電子計算機の性能の著しい発達は、数値計算によって動的影響を含めた道路橋の3次元的挙動を把握することを可能にしているが、今のところ損傷原因の究明や保守、補修の合理化等に生かされているとは言い難いのが現状である。そこで本研究では、疲労に関する研究成果のより有効な活用のため、モーダルアナリシスに基づく3次元的解析手法を開発し、現実に損傷が進んでいる実橋を対象に解析を実施することによって、本解析法の検証を行なうとともに、過積載車の存在が疲労損傷に与えている影響について検討を行なった。

2. 解析方法

解析の対象としたのは、供用開始後25年経過したスパン 54mのアーチ橋であり、既に走行試験や実交通下での応力頻度の計測が実施されている。この橋をFEMによって床版の剛性を考慮した立体骨組みに離散化し、サブスペース法によって固有モードを求め、走行車両に適切な動力学的モデルを仮定して、モード座標上に変換した運動方程式を数値積分することによって、橋上を車両が走行する場合の、動的影響を考慮した応力履歴を得る。この応力履歴の応力範囲と頻度をレインフロー法によってカウントし、マイナー則に基づいて図-1に示す箇所の疲労損傷度を求めた。

3. 解析モデルのチェック

まず、解析モデルの妥当性を検討するために、走行試験で計測された応力の最大値と、解析結果との比較を行なった（図-2及び図-3参照）。計測結果と解析結果はおおむね一致しており、本解析法が十分現場計測の代用となり得るものと思われる。

4. 実交通下での疲労損傷度の推定

又、本研究では、実交通下での道路橋の疲労損傷度を推定するため、従来の研究を参考にし、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なった。まず、代表的な大型車を5タイプに分類して（図-4）、それぞれのタイプの混入率、軸種、軸距、車両重量分布（図-5）等を阪神高速道路での調査結果、並びに自動車諸元表を参考にして決定した。又、走行車線と追越し車線の独立な流れを考え、交通量は1600台/h/車線とし、車頭時間間隔には、アーラン分布を用いた。

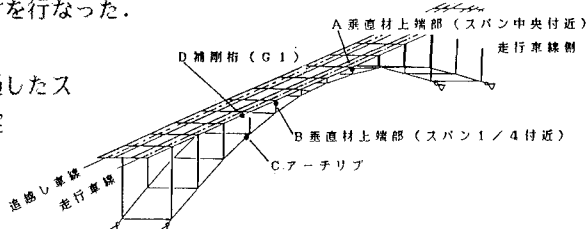


図-1 シミュレーション解析の着目箇所

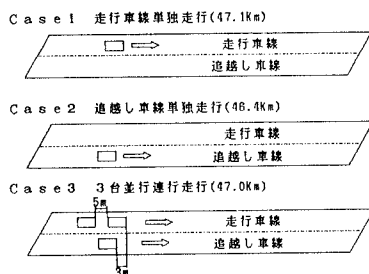


図-2 試験車走行時の走行パターン

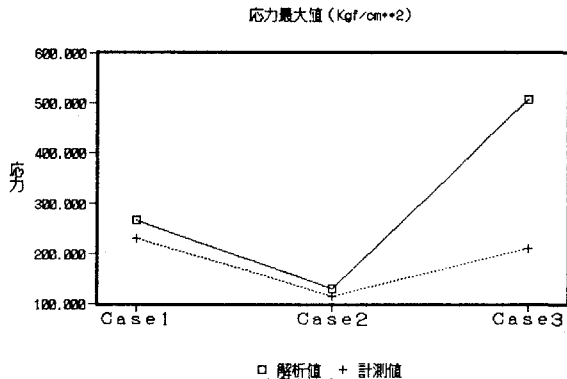


図-3 着目箇所Aの最大応力の比較

以上の仮定に基づき、表-1に示す2種類の交通流を1時間分（2車線で3200台）発生させた。①は、対象とした橋梁の実際の交通流を想定したもの、②は軸重違反車の影響を調べるため、すべての車両重量の上限値をT荷重で定められている20tfとしたものである。なお、乱数には不規則な無限数列を用い、①、②に同一の初期値を与えることによって、操作を加えた要因以外は、全く同じ特性を有するサンプルを得ている。

1) 応力頻度分布に関する考察

以上の移動荷重列サンプルが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着目箇所A（垂直材）の応力ヒストグラムを図-6に示す。①と②の違いは明白であり、両者の車両の到着特性は全く同一であることを考慮すると、①における高応力振幅の繰り返しは、すべて過積載車の影響であることが分かる。又、車重21tfの車両が3台並行連行走行した場合の実測結果では、着目箇所Aの最大応力が500kgf/cm²未満であったことを考えると（図-2参照）、平均車頭間隔が50m程度の交通流では、疲労に関して、3台並行連行走行よりも厳しくなるような走行パターンの発生確率は、かなり低いのではないと思われる。

2) 過積載車の影響

図-7に交通流モデルごとの疲労損傷度をまとめるが、過積載車が疲労損傷に与えている影響は甚大で、設計荷重以上の荷重が繰り返されることによって、損傷度が3倍以上になっていることがわかる。

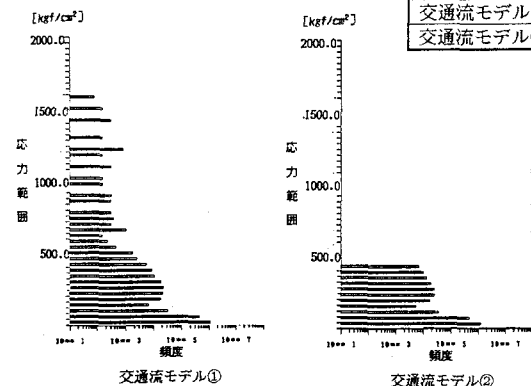


図-6 応力ヒストグラム

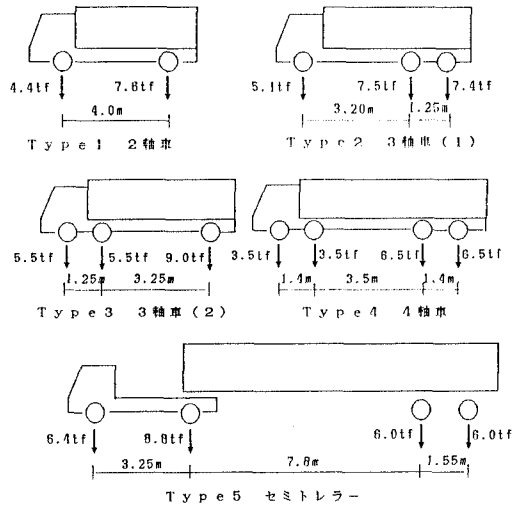


図-4 シミュレーションに用いた車種

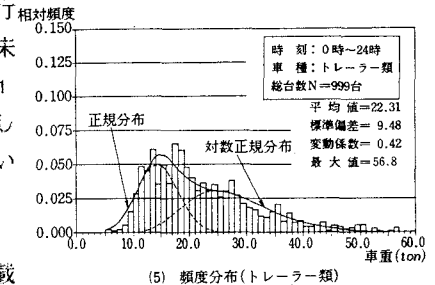


図-5 車両重量分布の例

表-1 解析に用いた交通流モデル

	速度(Km/h)	平均車頭間隔(m)	車重の上限値(tf)
交通流モデル①	80.0	50.0	79.0 (トレーラー類)
交通流モデル②	80.0	50.0	20.0 (T20荷重)

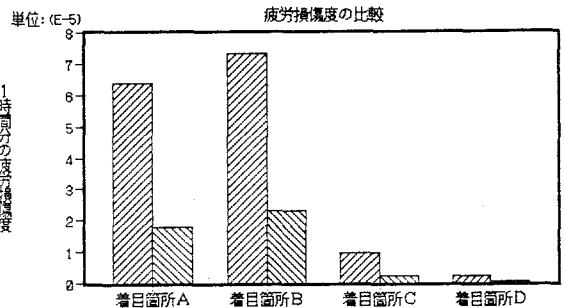


図-7 疲労損傷度の比較

5. おわりに

以上、本解析法が現場計測の代用としてだけでなく、疲労損傷における要因分析の方法としても使用可能であることを示したが、今後は、構造変更が与える影響をシミュレーションすることによって、補修、補強工事の合理化等も可能になるものと思われる。