

自動車荷重特性を用いたシミュレーション解析による橋梁疲労評価

近畿地方整備局近畿技術事務所 正会員 ○糸川 政孝
 (株)大林組 正会員 井藤 詳三
 近畿地方整備局近畿技術事務所 正会員 久野 啓嗣
 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之

1. はじめに

近畿地方整備局管内を対象とすると、供用中の約 1200 橋梁（橋長 15m以上）のうちの 47%が 2021 年に供用年数 50 年を迎え、老朽化橋梁の増加が進行している。しかし、主要国道や重交通区間において、老朽化した橋梁を新設橋梁に架け替えることは、少子高齢化社会や今後の財政発展を考えると困難であり、適切な維持管理を行い橋梁の延命化を図る必要がある。本研究では、効率的な維持管理方法として国土交通省との共同研究として、国道 43 号武庫川橋梁をモデルとして橋梁各部の疲労劣化状況および橋梁上を走行する車両の軸重と走行位置を継続的に監視するモニタリングシステムを構築した。

一般に、ある橋梁部材において、応力頻度を測定して求められた疲労状況と、推定された走行車両によって発生する応力は一致するが、本来荷重と構造は互いに独立である。このため、武庫川橋と同じルート上にある橋梁に対しては FEM を用いて応力解析し、武庫川橋で得られた荷重特性を用いて応力頻度のシミュレーション解析を行うことで、その橋梁疲労安全性を評価できる。このようなプロセスを確認するため、武庫川橋について、数値シミュレーションを行い、実測した応力頻度分布と一致するか否かを検討した。その結果、両者は良い一致を示し、測定された交通量特性を用いた応力頻度解析を行うことにより、橋梁の余寿命の評価や安全性の評価ができることがわかった。本報告では、上記の解析と比較結果について述べる。

2. 対象橋梁

対象橋梁である武庫川橋梁の諸元を下記に示す。

橋 名：武庫川橋， 路線名：国道 43 号， 所在地：兵庫県尼崎市， 架橋位置：武庫川
 上部工形式：鋼単純合成鈹桁橋 RC 床版， 竣 工：昭和 37 年
 適用示方書：昭和 31 年， 交通量：23,526 台/24h（片側 2 車線）（大型車混入率 20.7%）

3. 自動車荷重の測定

橋梁の橋軸直角方向断面における車両のタイヤ位置から軸重測定に適した箇所の床版下面に曲げ歪計を複数設置し、WIM方式によって軸重を求める。

軸重測定の考え方を以下に示す。

床版の曲げ歪量は式（1）のように軸重と通行位置による応答関数で表される。この軸重と通行位置は独立関数である。

$$Y_n = W \cdot g_n(X) \quad (1)$$

影響関数 $g_n(X)$ は、一般的に式（2）のように 3～4 次関数で表すことができる。

$$g_n(X) = a_{n1} + a_{n2} \cdot X + a_{n3} \cdot X^2 + a_{n4} \cdot X^3 \quad (2)$$

軸重 W と通行位置 X は、複数個のゲージ応答値と式（1）で仮定した値を、式(3)のように表される 2 乗誤差が最小となる場合の値として決定できる。

$$\sum_{i=1}^j (Y_{mi} - Y_{ei})^2 \quad (3)$$

ここに、 i ：ゲージ番号， j ：ゲージ数， Y_{mi} ：実測応答値， Y_{ei} ：推定応答値 である。

図-2 は 1 つの歪計で計測した 3 軸トラックの波形の 1 例である。車種別に特徴のある波形が得られ、車軸の軸重に相当するピーク波高から各軸重が算定できる。よって、車種別の軸重頻度分布も得ることができる。

4. 測定着目箇所

モニタリングシステムで監視している着目箇所のうち、垂直スティフナの上フランジ付近の σ_z を着目し、発生する応力履歴を実測値と解析値と比較することとした。

キーワード：維持管理，W.I.M，活荷重シミュレーション，応力頻度
 連絡先：〒573-0166 枚方市山田池北町 11-1

5. 活荷重シミュレーション

5.1 シミュレーション手法

活荷重シミュレーションは、得られた車両の重量頻度分布をもとに乱数を用いたモンテカルロシミュレーションによって図-1 に示すようなフローで行った。

5.2 荷重モデルの決定

活荷重シミュレーションに用いる荷重モデル条件としては、交通量、車種別混入率、車両重量特性、走行位置、車頭間隔を考慮した。交通量においては、交通センサスの結果とモニタリング結果とがほぼ一致し、車種別混入率、車両重量特性走行位置においては、モニタリング中における前述した推定式によって求められた結果を用いることとした。車頭間隔においては、自由度3のアーラン分布を用いることとした。

5.3 影響面の作成

武庫川橋を汎用プログラム Sofistik を用いてモデル化を行った。要素分割図を図-2 に示す。

武庫川橋は、1996年に床版上面増厚補強を行っている。増厚部は、既設のRC床版の上面10mmを切削し、70mmのSFRC（スチールファイバー混入コンクリート）を新たに打設している。この床版において異方性を考慮して、既設のRC床版において主鉄筋・配力鉄筋断面とともに引張無視、補強SFRCは両断面ともに全断面有効としてモデル化を行った。

6. シミュレーション結果

シミュレーション期間は車両重量モニタリング期間と一致させ11ヶ月間とした。シミュレーションは10回行い、平均して得られた応力頻度分布を図-3 に示す。尚、着目している垂直補剛材とガセットプレートと取り合い部の疲労等級はF等級であり、変動荷重に対する応力範囲の打ち切り限界が21Mpaであることから20Mpa以下の応力は切り捨てた。モニタリングで得られた着目点の応力頻度分布を図-4 に示す。

両者の応力範囲と繰り返し数を比較してみると、シミュレーション結果では最大応力範囲が150Mpaであり、モニタリング結果のモニタリング期間における最大応力範囲が160Mpaとよく一致している。

繰り返し数においては、得られた応力範囲でほぼ両者の一致がみられた。100Mpを超える応力範囲では、シミュレーション結果の方が少ない繰り返し数を示した。これは、実際の走行路面には、舗装の凹凸が存在して衝撃が加わるが、シミュレーション結果には、衝撃係数を考慮していないためである。

これらのことを考慮すると、両者の結果は応力範囲・繰り返し数とも一致していると考えられ、モニタリングで得られた走行車両重量特性は橋梁と独立して測定されたものであるといえ、道路線内における橋梁部材の発生応力はシミュレーション解析によって求めることができることが確認された。

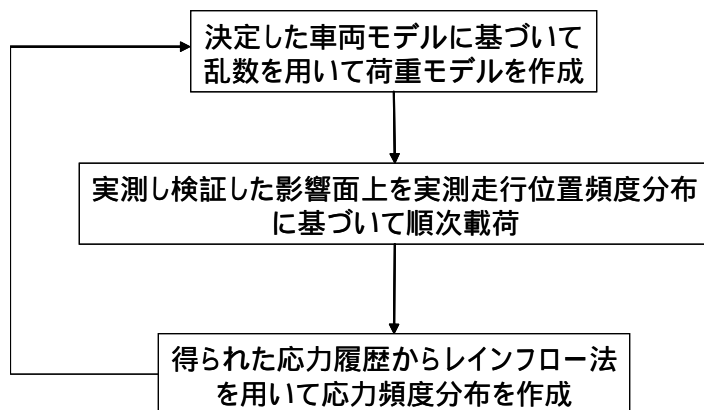


図-1 シミュレーションフロー

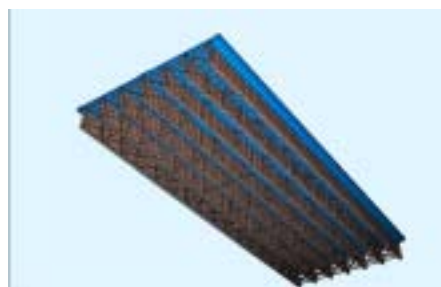


図-2 要素分割図

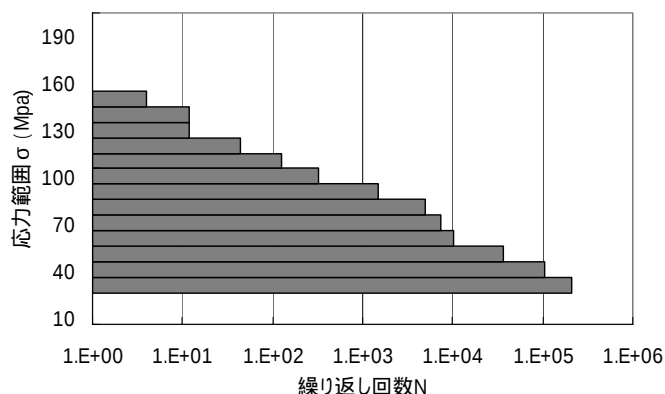


図-3 着目点の応力頻度分布
(シミュレーション結果)

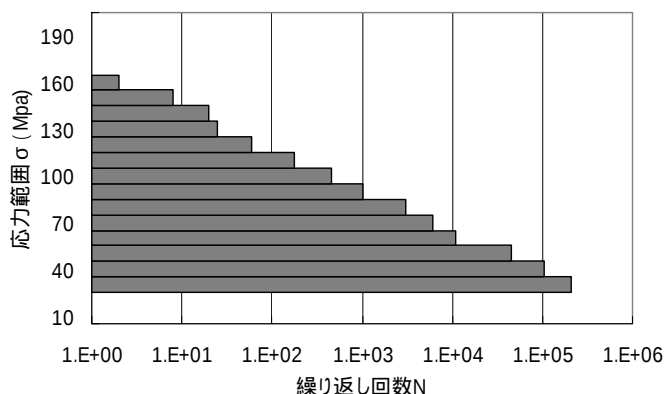


図-4 着目点の応力頻度分布
(モニタリング結果)