

I-67

鋼橋RC床版への疲労寿命評価手法の適用性について

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○古賀 秀幸 日本道路公団 正会員 石井 孝男
日本道路公団 正会員 井口 忠司 (株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 渡辺 英夫

1. まえがき

東名高速道路は、全線開通後ほぼ四半世紀経過した。この間、高度経済成長とともに、自動車交通の増大および過積載車の増加は著しく、鋼橋RC床版にはひびわれ損傷が多く発生してきている。近年、これらのひびわれ損傷は、輪荷重の移動繰返し作用によって促進される(押抜きせん断疲労)ことが解明され、等価繰返し回数法による疲労寿命の評価方法¹⁾も提案されている。

本報告は上記手法について、新設床版の疲労設計や既設床版の余寿命推定に活用できるものか、また、その有用性が高いものかを明らかにするため、東名高速道路で得られた交通データと損傷実態等を用いて、疲労寿命の評価手法の適用性について検討した結果について報告するものである。

2. RC床版の疲労寿命評価手法

(1)基本式：疲労寿命の評価は、疲労実験で得られたS-N曲線を適用することによって可能となる。安全性の評価は、床版に作用するランダムな輪荷重の繰返し作用をマイナー則により、基本輪荷重(P_0)の繰返し回数(N_{eq})へ換算し、これをS-N曲線から求めた破壊回数(N_f)と比較することで評価できる。

$$N_{eq} = \kappa \int_{\alpha}^{\beta} (Q_x / Q_0)^m p(x) dx \int_0^{P_{max}} (P / P_0)^m f(p) dp N_T \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$N_f = 10^{\left[\frac{1}{m} \log C + \log(P_0 / P_{sx}) \right] \cdot m} \quad \dots\dots\dots (2) \quad 1.0 \geq \sum_{i=1}^n N_{eq_i} / N_f \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 N_f :基本通行位置に基本輪荷重が作用する場合の破壊繰返し回数、 N_{eq} :基本通行位置に基本輪荷重が作用する場合に換算した車両の通行回数(回/年)、 n :経過年数(年)、 κ :走行移動繰返し載荷の実験床版と実橋床版の差異を考慮するための係数、 N_T :各レーンごとの1年間の通行輪数、 α, β :通行の限界位置、 Q_x :最頻通行位置の載荷による検討断面の発生応力度、 Q_0 :実験床版中央の載荷による床版中央の発生応力度、 $p(x)$:輪荷重の通行位置に関する確率密度関数、 P_{max} :輪荷重の最大値、 P :任意の輪荷重、 P_0 :基本輪荷重、 $f(p)$:輪荷重の大きさに関する確率密度関数、 m :log-log表示によるS-N曲線の傾きの絶対値の逆数、 P_{sx} :押抜きせん断耐力(t_f)、 C :床版のS-N曲線の定数

(2)S-N曲線:走行移動繰返し載荷実験によるS-N曲線の傾き¹⁾が、東名高速道路で切り出した実橋床版の疲労実験結果と良く一致することから、解析には参考文献1)のS-N曲線を使用した。

(3)輪荷重:路面性状測定車によって測定されたアスファルト舗装路面の輪だち掘れの分布を数値解析し、図-1に示すような輪荷重の通行位置分布を求めた。また、日本平に設置された高精度軸重計による約1年間の軸重観測結果²⁾より図-2に示す輪荷重分布(全車種対象)を求め、これを基本データとして、交通センサスによる交通量および大型車混入率のデータを利用して、供用時からの輪荷重の推移を算定した。

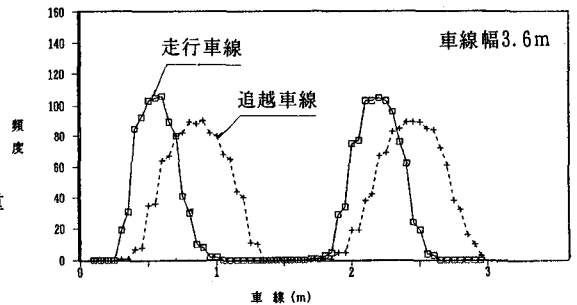


図-1 輪だち掘れより推定した輪荷重の通行分布(上り)

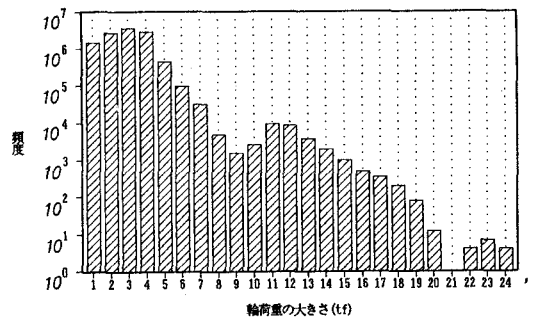


図-2 軸重計解析結果による輪荷重の分布(下り)

3. 疲労寿命評価手法の適用性の検討

ひびわれ損傷がひどく床版打換えが行われた橋梁を検討モデルとして、登坂車線部（①パネル：ひびわれ密度11.4m/m²、②パネル：ひびわれ密度5.8m/m²）と走行車線部（③パネル：ひびわれ密度5.9m/m²）損傷の中程度のパネル）の床版について疲労解析を行った。図-3に対象床版のひびわれ密度の変化を示す。

ここでの解析では、実橋床版のひびわれ密度に対して寿命比の変化を追跡するため、文献1)の疲労実験のデータを参考として、輪荷重の累積繰返し回数と損傷度の関係を用い、図-4に示すようなひびわれ密度比と寿命比の関係曲線を設定した。

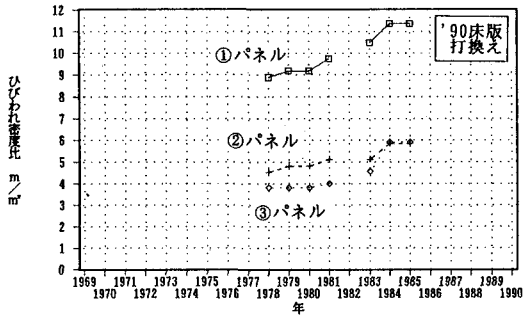


図-3 対象橋梁におけるひびわれ密度の経年変化

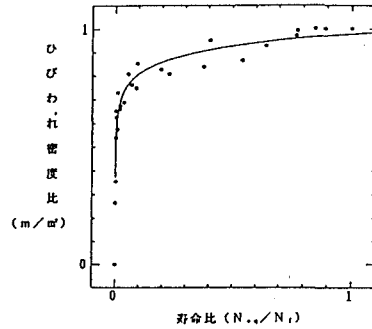


図-4 ひびわれ密度と損傷度の関係

2. に示した疲労寿命評価手法を用いて、供用後20年間のRC床版の寿命比の変化を解析した。解析結果とひびわれ密度の実測値から推定した寿命比との比較を図-5に示す。

1) 損傷が中程度の②、③パネルでは(2)式中の κ 値を1.0とした場合に、また、損傷が大きな①パネルでは $\kappa=80$ とした場合、解析寿命比が実橋調査結果と概ね一致している（計算値に対して0.5～2.0）。

2) ②、③パネルに対する最終年度（1990年）の解析によるひびわれ密度は6.6m/m²となり、同年に行われたひびわれ密度の調査結果（6.1～7.1m/m²）と概ね一致している。

以上のように、2. に示した疲労寿命評価手法によって実橋調査による疲労損傷の傾向を説明することができ、本手法は寿命の予測手法として活用できるものと思われる。なお、現段階ではひびわれ損傷の大小の説明に対して、補正係数 κ の導入が必要なることから、この意味を明らかにしていく必要があると考えられる。

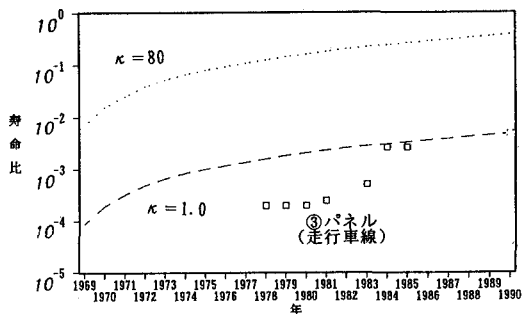
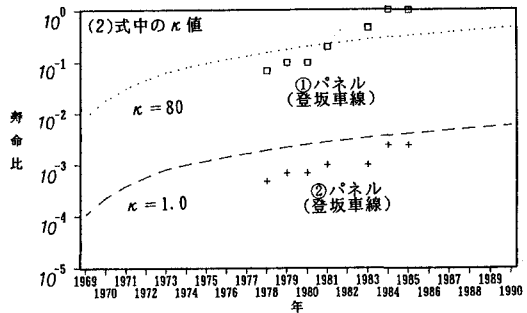


図-5 実測値と計算値の寿命比(上:登坂車線、下:走行車線)

4. あとがき

本検討では東名高速道路の交通データと床版の損傷実態等を用い、疲労寿命評価手法の適用性について検討した。現段階では検討数が少なく実務面への適用方法まで提案できないが、本手法は新設床版の疲労設計や既設床版の余寿命評価の際の有力な手法となるため、今後、実務面への適用に向けて調査研究を継続していきたい。

【参考文献】1) 松井繁之；道路橋RC床版の疲労設計法試案、平成元年度科学研究費補助金（一般研究C）研究成果報告書、平成2年3月
2) 石井孝夫、篠原修二；東名高速道路の交通荷重測定と荷重特性について、土木学会論文集No453/VI-17、1992.9