

I-413 走行荷重による鋼橋の疲労損傷に及ぼす振動の影響について

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
 (株)フジエンジニアリング 正会員 西星 匡博

1. はじめに

車両の大型化と交通量の増加により、主要幹線道路にある道路橋は高応力振幅の繰り返しを受けており、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、各方面で疲労損傷の照査方法に関する研究が進められている¹⁾。走行荷重による疲労損傷に及ぼす振動の影響については、以前からその必要性は議論されてきたものの実際には、実験的にも解析的にも難しいとされてきた。ところが、最近の実験手法や解析手法の発達、動的影響を含めた道路橋の立体的挙動を把握することを可能²⁾にしており、応力の動的成分による繰り返し疲労損傷に及ぼしている影響を求めるとともに、その評価方法について検討を行った。

2. 疲労損傷への振動の影響についての考え方

応力波形が不規則に変化する場合の疲労損傷を考えると、最近ではレインフロー(貯水池)法などによって応力範囲やその頻度を求めることができる。

図-1を例として考えると、振動の影響としてつぎのことが予想される。

①高次の振動に関係する微小応力波形 σ_j の場合、非常に多くの繰り返し回数となるが、影響度を示す損傷度 n_j/N_j は分母の N_j が、Case1の場合でも非常に大きくなり、振動の影響は比較的小さい。

②低次の振動に関係するような応力波形 σ_i の場合、S-N線図の形にもよるが振動振幅も比較的大きく振動の影響が現れる可能性がある。

③大型車の交通量とそれらの同時乗荷確率が問題となるが、ほぼ静的な応力波形 σ_s には必ず動的成分が加わり、実際には応力範囲は σ_0 となる。S-N線図の勾配が $m=3$ であることを考えるとこの動的増分の影響は大きくなることが予想される。

ところが、S-N線図が確定していないこともあろうが、これらの影響の定量化は全く行われていないのが現状であり、疲労限界状態を考えた設計係数を早急に求める必要があろう。その一つとして文献2)では、動的な応力を含めた全応力 σ_{SD} ならびに静的な応力 σ_s に対して求めた損傷度を、全疲労損傷度 D_{SD} 、静的疲労損傷度 D_s と定義し、その比 D_{SD}/D_s を動的疲労係数 D_F を提案し、検討した。

3. 荷重列モデルによる振動の影響度の解析

ここでは、モンテカルロ法によって大型車(最大積載時の総重量が10トン以上)の車種・車頭時間間隔・車両重量などを決め、平均的な自動車荷重列サンプルを1時間分(2車線で3200台/時、モデル橋での交通量は77000台/日であるのでその時間平均交通量、大型車混入率26%)作成して解析を行った²⁾。

この荷重列サンプルがモデルの上路アーチ橋(蟬丸橋)上を走行した場合の動的応答解析を行い、応力履

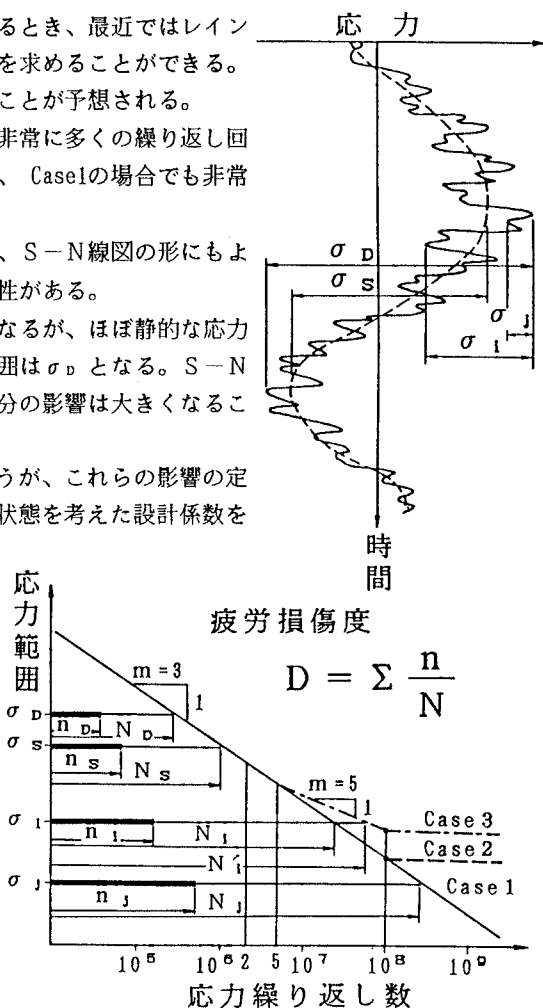


図-1 応力履歴とS-N線図

歴の計算をした。その一例として垂直材の応力頻度を図-2に示した。この垂直材端部に対するS-N線図としてECCS71¹⁾を適用することとするが、図-1におけるS-N線図の形がCase1とCase3によって疲労損傷度や動的疲労係数にどのように影響するかを求め、図-3に示した。この結果によると損傷度には適用したS-N線図によって20-30%の差が現れているが、動的疲労係数にはほとんど現れていない。

4. 実測ひずみ波形処理による振動の影響度

ここでモデルの上路アーチ橋（蟬丸橋）では、実態把握のために補強前に載荷試験や実交通による調査が実施されている。そこで、実交通によって生じた実測ひずみをそのまま頻度解析した場合とローパスフィルターを一旦通してから頻度解析した場合での頻度分布の差を観察し、疲労損傷度に及ぼす動的波形成分の影響の程度を求めた。図-4にその頻度分布と損傷度を示した。2. で述べた①-③の振動の影響が明確に現れておりこれらに対する配慮が重要であることを示唆している。

5. おわりに

今後、疲労照査に用いる荷重およびその載荷方法など損傷の評価について、さらに追究するとともに、さまざまな橋梁についても疲労損傷と振動の影響を考察し、この観点から限界状態設計法の疲労限界に対する設計係数³⁾として提案していきたいと考えている。

参考文献 1) ヨーロッパ鋼構造協会連合(ECCS)TC-6: 鋼構造物の疲労設計指針(日本鋼構造協会訳). 2) 梶川・織田・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, pp. 1089-1096, 1991. 3) Schilling C.G.: Impact Factors for Fatigue Design, Proc. of ASCE, Vol. 108, No. ST9, 1982.

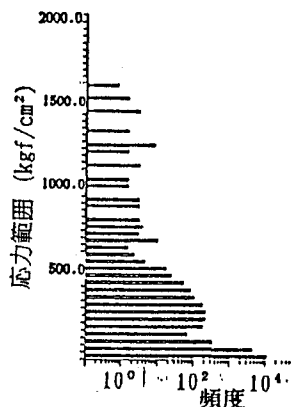


図-2 垂直材の応力頻度 (シミュレーション, 3200台)

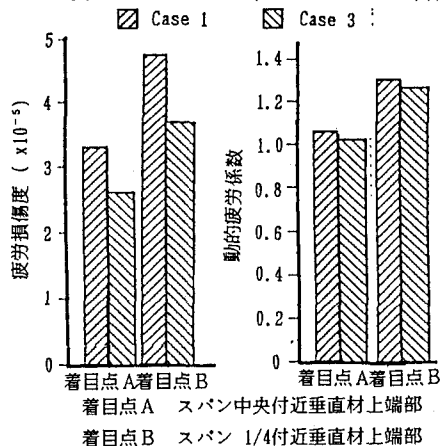


図-3 疲労損傷度と動的疲労係数

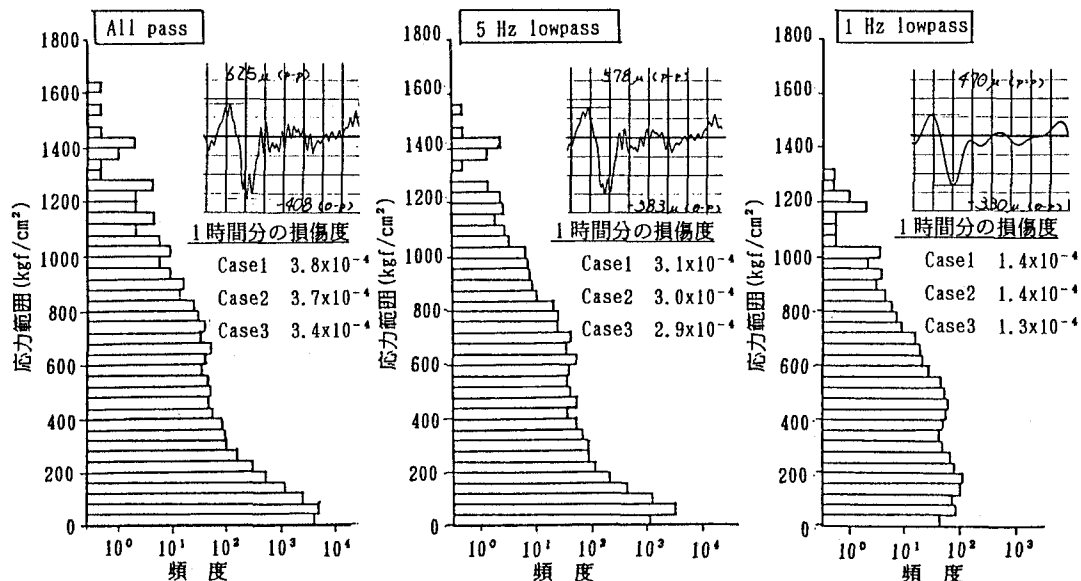


図-4 1時間分の実測応力 (AM 1時-2時) の頻度分布と各損傷度