

道路橋の疲労設計に用いる応力範囲頻度分布の検討

法政大学

学生員 林 暢彦

法政大学

正 員 森 猛

日本構造橋梁研究所

正 員 樽井 晶

1. はじめに 道路橋の疲労照査は交通車両の走行により生じる応力変動と疲労試験などから求まる疲労強度を比較することにより行われる。疲労強度については数多くの実験や解析が行われ、その成果は各疲労設計基準類に反映されている。疲労設計に用いる応力変動を求めるには設計荷重を設定することが考えられ、BS5400やAASHTOなどでは既に設計荷重が規定されている。我国においても、疲労設計荷重に関する検討が行われており、三木らはT-20荷重、著者らは総重量20tfのリアタンデム3軸大型トラックを設計荷重とする

ことを提案している。しかし、このような疲労設計荷重から得られる応力変動は様々な車両が走行することにより生じる応力変動を再現できず、特に頻度の高い微小振幅の応力変動の取扱いに問題を残す。本研究では、疲労設計に用いる応力変動を疲労設計荷重から求めるのではなく、応力範囲頻度分布として与えることを試みる。

2. 応力範囲頻度分布の検討 疲労設計荷重に用いる応力変動を応力範囲頻度分布として与える方法は、既にDNVやDIN-15018で取り入れられている。DNVでは2母数Weibull分布で応力範囲の累積頻度分布を与えている。この分布は次式で表すことができ、パラメータ N_0 、 $\Delta\sigma_{max}$ 、 h を変化させることにより、多種多様な応力範囲頻度分布を表現することができる。

$$Q(\Delta\sigma/\Delta\sigma_{max}) = \exp[-(\Delta\sigma/\Delta\sigma_{max})^h \times \ln N_0]$$

N_0 : 想定する期間内での応力繰返し数

$\Delta\sigma_{max}$: 最大応力範囲

h : 累積頻度分布の形状を表すためのパラメータ

ここでは1方向1車線道路橋を対象とし、荷重列のモ

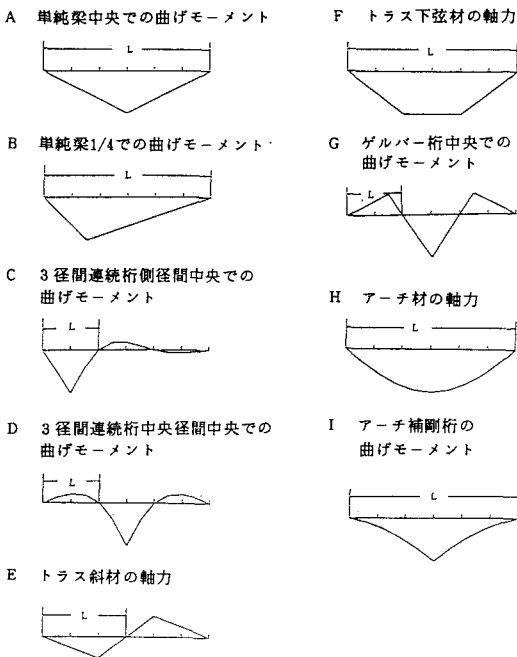


図1 9種類の影響線の形状

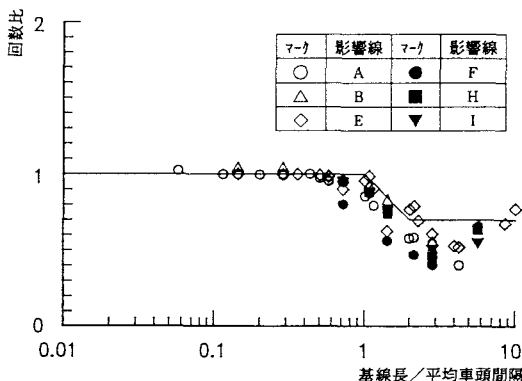


図2(a) 繰返し応力が1の形状の影響線

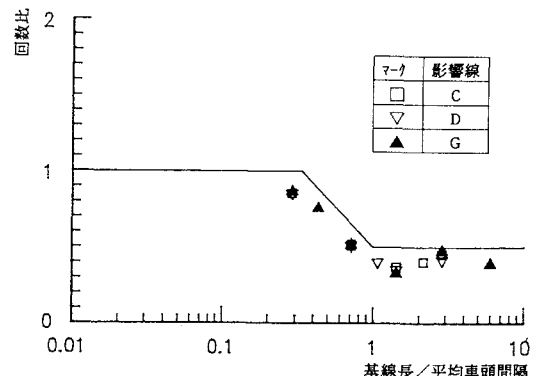


図2(b) 繰返し応力が2の形状の影響線

ンテカルロシミュレーションと影響線を利用した変動応力の解析を行い、3つのパラメータ N_0 、 $\Delta\sigma_{max}$ 、 h をいかに設定するかについて検討する。解析においては車両を乗用車、小型トラック、中型トラック、大型トラック、大型ダンプトラック、タンクローリー、セミトレーラー、バスの8種類に分類した。また、大型車混入率は5%~40%とした。影響線の形状としては、図1に示す9種類を対象とし、基線長は20~400mとした。シミュレーション台数は2万台とした。

N_0 についての検討結果を図2(a)、(b)に示す。図の縦軸は応力繰返し数 N_0 を車の走行台数で除した応力繰返し回数比 α であり、横軸は（基線長/平均車頭間隔）（NS）である。NSは橋上に何台の車両が同時に載荷されるかを表すパラメーターである。図2(a)は橋上に車両を1台通過させたときに応力繰返し数が1となる形状の影響線（図1のA、B、E、F、H、I）、図2(b)は応力繰返し数が2となる形状の影響線（図1のC、D、G）での解析結果である。図中の実線は回数比 α の上限を表したものであり、次式で与えられる。なお、 N_0 は $\alpha \times$ （交通量）として求めることができる。

図2(a)に対して

$$\begin{aligned} NS < 1 & \cdots \alpha = 1 \\ 1 < NS < 2 & \cdots \alpha = -\text{LOG}(NS) + 1 \\ NS > 2 & \cdots \alpha = 0.7 \end{aligned}$$

図3は、変動応力解析で求められた $\Delta\sigma_{max}$ を著者らが疲労設計荷重として提案している3軸大型トラックにより生じる応力範囲で除した応力範囲比 β とNSの関係を示したものである。NSが大きくなるにしたがって、橋上に多くの車両が同時に載ることになり $\Delta\sigma_{max}$ は増加している。図中の実線は、 β の上限を示したものであり次式で得られる。なお、 $\Delta\sigma_{max}$ は $\beta \times$ （3軸大型トラックによる応力範囲）として与えられる。

図3に対して

$$\begin{aligned} NS < 1 & \cdots \beta = 3.5 \\ NS > 1 & \cdots \beta = 3.5 \times NS^{0.245} \end{aligned}$$

h については、数多くの応力変動解析より1.25とすれば安全側の応力範囲頻度分布となることを確かめている。図4はここで推定する方法によって求めた応力範囲の累積頻度分布と応力変動解析結果を比較したものである。

3. おわりに ここでは、道路橋の疲労設計に用いる応力範囲頻度分布の求め方について示した。 N_0 、 $\Delta\sigma_{max}$ 、 h の値の設定については、さらに検討が必要と考えている。

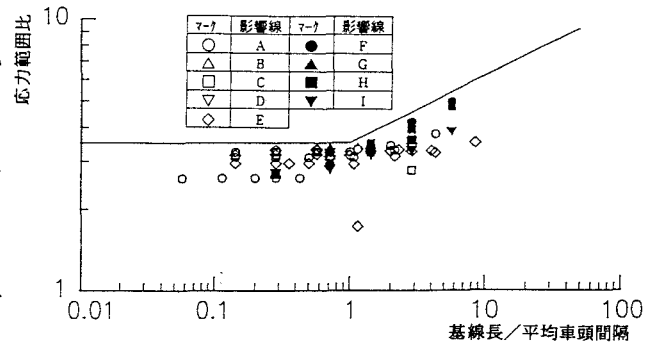


図3 最大応力範囲の変化

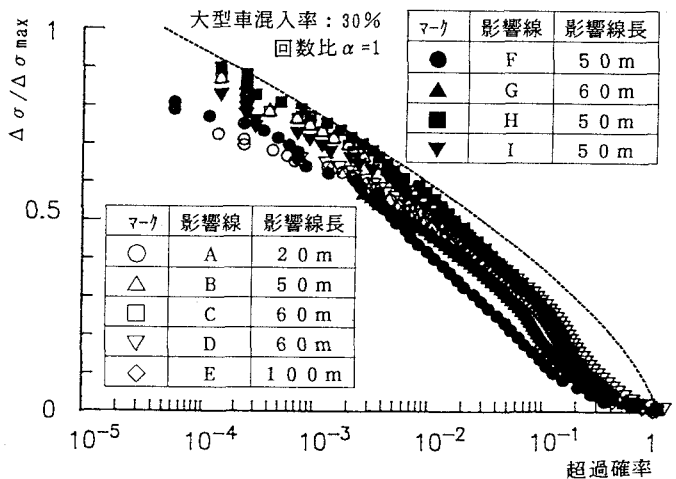


図4 応力範囲累積頻度分布

図2(b)に対して

$$\begin{aligned} NS < 0.33 & \cdots \alpha = 1 \\ 0.33 < NS < 1 & \cdots \alpha = -1.05 \times \text{LOG}(NS) + 0.5 \\ NS > 1 & \cdots \alpha = 0.5 \end{aligned}$$