

交通流シミュレーションと規定に基づく疲労損傷度の比較

長崎大学大学院 学生会員 ○峰 穂高 長崎大学工学部 正会員 中村聖三
 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄 (株)ハルテック 正会員 酒井康成

1. はじめに

近年、部材相互の接合部の溶接継手や応力集中部などで自動車荷重が原因と考えられる疲労損傷事例が報告されるようになってきており、平成14年3月の「道路橋示方書・同解説」(以下、道示)では疲労の影響を考慮することが規定された。具体的な照査方法が記載された鋼道路橋の疲労設計指針¹⁾(以下、指針)では、疲労設計荷重を道示で示すT荷重とし、疲労照査に用いる疲労損傷度を算出することとしている。その際、実交通流による疲労損傷度との相違をなるべく無くするため、様々な検討結果に基づき設定した補正係数を考慮することとしているが、全体的にどの程度の精度を有するかは明確ではない。そこで本研究では、シミュレーションにより着目部位の疲労損傷度を算出し、指針の規定に基づく計算結果と比較する。

2. 解析方法

2.1 対象構造

本研究では図-1に示すような2車線道路橋の上部構造を対象とし、支間長L(m)の単純桁橋の支間中央部、3径間連続桁橋の中央径間中央部および側径間中央部に着目する。

2.2 シミュレーションの概要²⁾

本研究ではシミュレーションに用いる発生車両台数を1車線あたり10万台³⁾とする。車両モデルは指針で用いられたものと同じ8車種とし、設定した各車種の構成率⁴⁾に従うよう一様乱数により車種を決定する。車両重量は対数正規分布、車頭時間間隔は自由度3のアーラン分布⁵⁾に従うと仮定して、モンテカルロシミュレーションにより自動車荷重列を発生させて両車線同時に通過させ、その際の各着目部位における曲げモーメントの時刻歴を図-2の影響線形状を用いて算定する。これにレインフロー法を適用してモーメント範囲の頻度分布を求める。得られた頻度分布を用いて式(1)より疲労損傷度を表すパラメータDを算出する。

$$D = \sum (\Delta M_{ri}^3 \cdot n_i) \quad (1)$$

ΔM_{ri} ; 変動モーメント範囲 n_i ; ΔM_{ri} の頻度

また本研究では、車線1に対する車線2の大型車の走行台数を車線大型車走行比と定義し、その比を全体の大型車混入率は一定とし、表-1のように変化させる。また、2車線道路橋では車両がどの車線を走行するかで着目部位に生じる応力が異なる。高いモーメントが発生する車線を基準としてその比をとり、それを車線モーメント比と呼び、荷重の分配を考慮するためのパラメータとする。設定したパラメータの値を表-2に示す。

2.3 指針に基づく疲労損傷度

指針では疲労設計荷重を道示で示すT荷重とし、これを車線毎

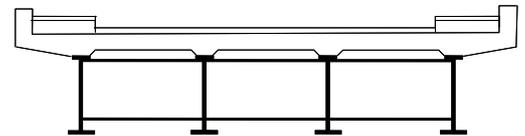
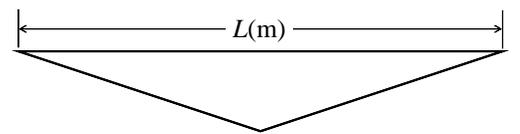
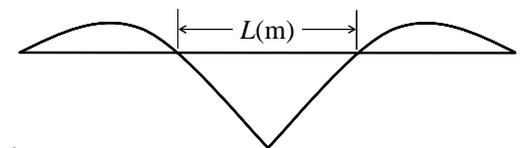


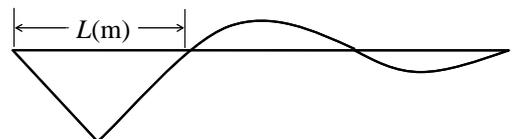
図-1 2車線道路橋の断面図



【単純桁橋の支間中央部】



【3径間連続桁橋の中央径間中央部】



【3径間連続桁橋の側径間中央部】

図-2 曲げモーメントの影響線形状

表-1 車線大型車走行比

時間交通量比	大型車走行比
車線1 : 車線2	車線1 : 車線2
1 : 1	1 : 1
	1 : 2
	1 : 3
	1 : 4
	1 : 5

に移動荷重し、活荷重補正係数を乗じた上で応力の変動波形を算出することとしている。その荷重頻度については、大型車交通量を基準とし、頻度補正係数 γ_n によって T 荷重と大型車の重量の差異による影響を考慮した上で定めることとしている。これらを踏まえた上で、本研究では指針に基づく疲労損傷度 $\sum D_i$ を次式で求める。

$$\sum D_i = \Delta M_i^3 \times \text{一方向一車線当たりの大型車交通量} \times \gamma_n \quad (2)$$

i ; 車線番号 ΔM_i ; モーメント範囲 γ_n ; 頻度補正係数

3. 解析結果

図-3 に指針の規定に基づき算出した疲労損傷度 $\sum D_i$ とシミュレーションにおける疲労損傷度 D との関係を示す。両者の値にそれほど大きな差は無く、概ね一致していることが確認できる。またシミュレーションにおける疲労損傷度 D が危険側になるケースは数%であった。

縦軸に D と $\sum D_i$ の比、横軸に車線大型車走行比をとり、各パラメータを変化させた場合の結果を図-4、図-5 に示す。図-4 は単純桁 (支間長 80m)、車線モーメント比 1.0 において大型車混入率を 20, 40, 60% と変化させた場合および大型車混入率が 40% の場合において、疲労への影響が最も支配的な車種を大型トラック (LT)・大型ダンプ (LD)・セミトレーラー (TT) と変化させた場合の結果である。 $\sum D_i$ は大型車の交通量に依存するため、大型車間での構成率を変化させた場合に危険側になる場合があった。また車線モーメント比を 1.0 としているため $\sum D_i$ は大型車が偏った場合でも一定値となるが、 D は減少する傾向にあるため、損傷度比は数%の変動ではあるが減少している。図-5 は単純桁 (支間長 80m)、大型車混入率 40% において車線モーメント比を変化させた場合の結果である。車線大型車走行比の影響が、車線モーメント比により若干異なる傾向にあるが、車線モーメント比が変化しても危険側になることは無く、大型車が偏った場合においても同様のことが言える。

4. まとめ

本研究ではシミュレーションにより各種交通流を発生させ、着目部位の疲労損傷度を算出し、指針の規定に基づく計算結果と比較した。その結果、大型車の混入率を一定とし、疲労への影響が最も支配的な車種を変化させたときに危険側となる場合があることがわかった。今後、渋滞や信号流などの特殊な交通流に対しても同様の検討を実施しようと考えている。

参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針, pp.29~35, 2003-3
- 2) 三木千壽ら：シミュレーションによる道路橋の疲労設計荷重の研究, 構造工学論文集 Vol.32A, pp.597~608, 1986-3
- 3) 森猛：2車線道路橋の疲労設計荷重に用いる同時荷重係数の検討, 土木学会論文集, No.759/I-67, pp.247~258, 2004.4
- 4) 日本道路公団東京第一管理局, 大日本測量; 東名高速道路(東京~三ヶ日間)交通荷重測定調査報告書, 1983.3
- 5) 久保雅邦ら：自動車交通流の配列に関する確率的考察, 土木学会第38回年次講演会 I, 1983-10.

表-2 設定したパラメータの値

大型車混入率 (%)	20, 40, 60
時間交通量 Q (台/hr)	500, 1000, 2000
車両速度 V (km/hr)	50, 70, 100
単純桁・支間長 L (m)	20, 40, 80
連続桁・支間長 L (m)	30, 60, 100
車線モーメント比	0, 0.2, 0.4, 0.7, 1.0

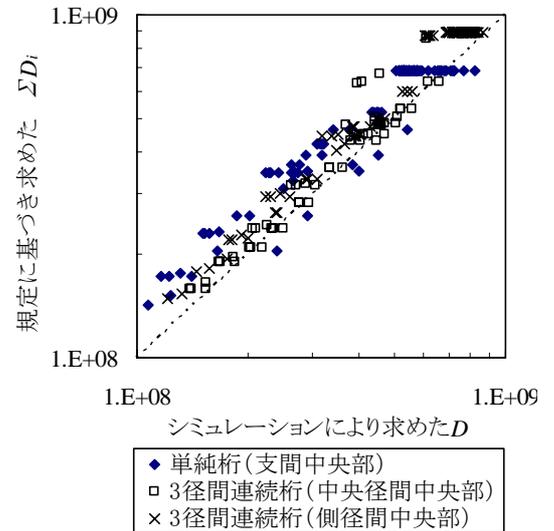


図-3 疲労損傷度の比較

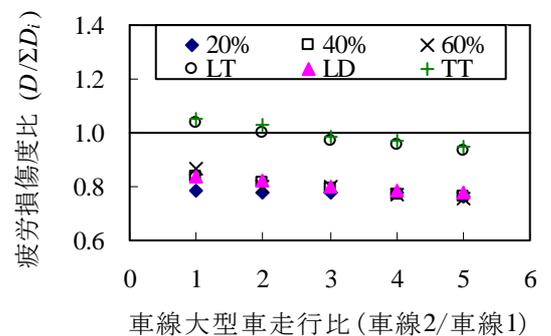


図-4 車種構成率の影響 (単純桁)

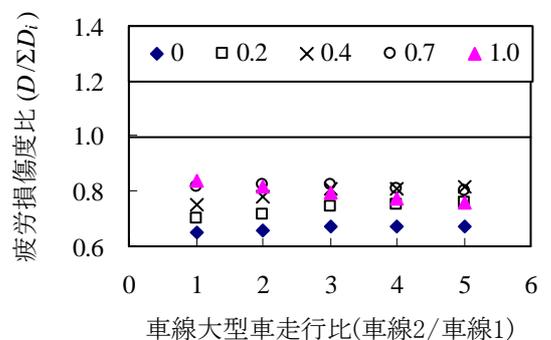


図-5 車線モーメント比の影響 (単純桁)