

BWIM による活荷重測定に基づく大型車両の疲労損傷寄与率の分析

名古屋大学環境学研究科都市環境学専攻

正会員 小塩達也

正会員 山田健太郎

1. まえがき 道路橋や舗装にみられる疲労損傷は、自動車荷重、すなわち道路本来の使用目的によって生じている。適切な維持管理の観点からすれば、管理者、設計者が橋梁の「使われかた」としての荷重と疲労損傷の関係を把握し、維持管理、設計にフィードバックすることが重要である。本研究では、Bridge Weigh-in-Motion(以下 BWIM)システムを用いて、実橋梁で 1 週間の自動車荷重測定を行ない、大型車両の荷重データとそれに対応する橋梁部材の実測ひずみ波形から、その部材に対する車両ごとの疲労損傷度を計算し、車両の種類や積載状態が、道路橋の疲労損傷にどのような影響を与えているかについて分析を行なった。

2. 荷重測定方法 BWIM の手法は本研究室で開発した鋼プレートガーダー橋の縦桁(増桁)を用いる方法¹⁾とした。BWIM 実施地点は国道 23 号四日市高架橋の伊勢方面の 2 車線である。大型車両を対象として 1 週間(168 時間)の交通荷重観測を行い、大型車両の通過時刻、車両総重量、車両速度、車両長さを統計した。測定台数は、55438 台であった。

3. 荷重測定結果と分析 日別の車両重量の相対頻度分布を図 1 に示す。相対頻度分布は 100kN、200kN にピーク値があり、これらは、大型車両の積載、空車の代表的な値を示していると考えられる。また、各測定日の形状はほぼ全て一致した。次に、各車両ごとに測定されたひずみ波形に対して、車両単位でレインフローカウントを行ない、その車両が縦桁に与える疲労損傷度を計算した。疲労損傷度は日本鋼構造協会の疲労設計指針¹⁰⁾(以下 JSSC 疲労設計指針)に基づいて計算した。疲労強度は測定点である縦桁のウェブとフランジの溶接部分の損傷を想定し、JSSC 疲労設計指針に設定されている D 等級(200 万回疲労強度:100MPa)を用いた。変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界は考慮していない。追越車線のひずみ値はキャリブレーション時の荷重車の測定結果から走行車線と等価な値に換算した。以下では、最遠軸距が 8m 以下のものをトラック類、8m 以上のものをトレーラー類と呼ぶことにする。車両総重量に対する損傷度の分布を図 2 に示す。縦軸は、ある車両総重量を持つ車両群が与える疲労損傷度の合計(ここでは追越、走行車線の合計)を示している。全損傷度に対する割合は、トラック類が 62%、トレーラー類が 38%であった。トラック類による損傷度は総重量 200~250kN の車両によるものが卓越し、中央値が 220kN であった。トレーラー類の損傷度分布は、総重量の分布幅が広く、ピーク値は 270、380kN であり、中央値は 480kN となった。中央値より上側の車両の走行台数が全走行台数に占める割合は、トラック類で 18%、トレーラー類で 12%である。これは、疲労損傷の半分以上が、大型車両全体の 1~2 割程度の数の「重量車」によって生じていることを示している。各最遠軸距ごとに計算した車両 1 台当たりの損傷度を図 3 に示す。トラック類の車両が 1 台当たり $2.5 \sim 5.0 \times 10^{-10}$ 程度の損傷度であるのに対し、トレーラー類では $5.0 \sim 7.5 \times 10^{-10}$ となり、車両 1 台当たりの損傷度はトレーラー類の方が 2 倍から 3 倍大き

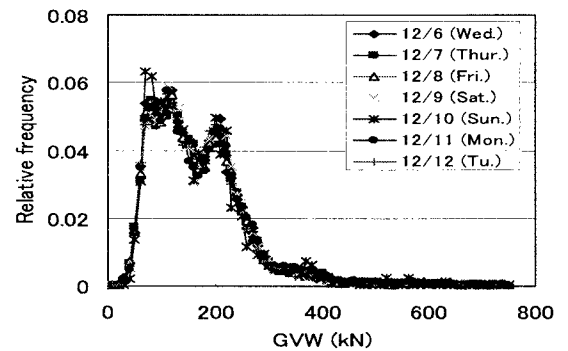


図 1 車両総重量の相対頻度分布

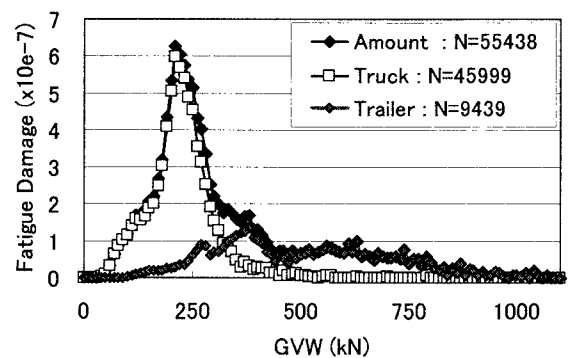


図 2 車両総重量に対する
疲労損傷度分布

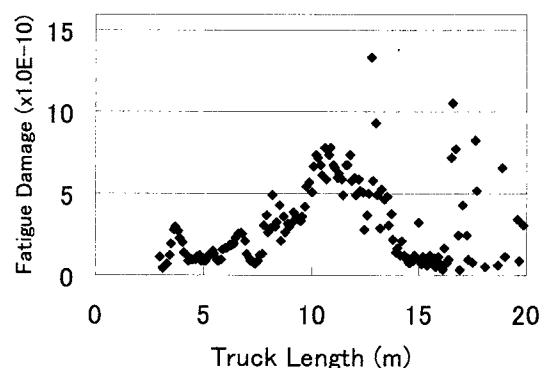


図 3 車両 1 台当たりの疲労損傷度
(同じ最遠軸距の車両群ごとの平均)

い。これは、トレーラー類は軸数が多く、軸重の大きな車両が多いため、繰返し数、発生応力がともに大きくなるのが理由であると考えられる。車線別、車種別の走行台数、疲労損傷度を図 4、図 5 に示す。追越車線の損傷度 4.0×10^{-6} に対し、走行車線の損傷度は 8.2×10^{-6} と、の約 2 倍の損傷度となった。トラック類 1 台当たりの損傷度を計算すると、走行車線が 1.7×10^{-10} であるのに対し、追越車線で 1.5×10^{-10} となり、やや減少する。トレーラー類 1 台あたりでは、走行車線 5.7×10^{-10} に対し、追越車線 2.8×10^{-10} となる。トラック類の車線別損傷度分布、台数分布を図 6 に示す。台数分布の空車を示すピークは追越、走行車線で 100kN 付近とほぼ一致しているが、積載車を示すピークは追越車線 200kN に対して、走行車線で 210kN と大きく、台数も多い。損傷度分布は 200kN 程度まで分布形状が一致するが、走行車線のピークが 210kN であるのに対し、追越車線では 200kN となり、ピーク値以降の車両総重量の域では全体的に走行車線の方が損傷度が大きい。トレーラー類の車線別損傷度分布、台数分布を図 7 に示す。追越車線を走行するトレーラー類の台数は重量が大きいものほど少なくなっている。以上から、追越車線に対して走行車線の車両群は単に走行台数が増えるだけでなく、車両の総重量も大きなものの混入率が高く、橋梁にとってより厳しい荷重状態であると言える。

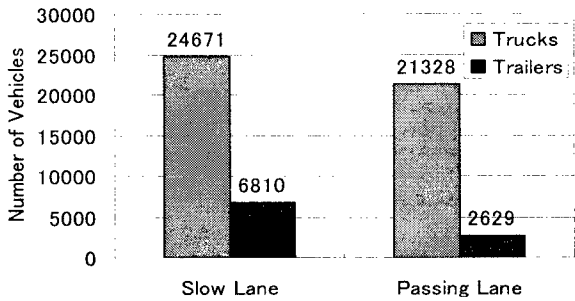


図 4 車線別走行台数

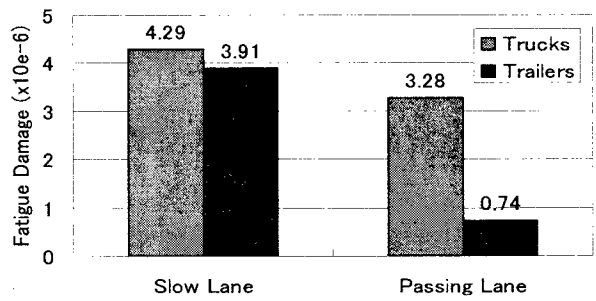


図 5 車線別疲労損傷度

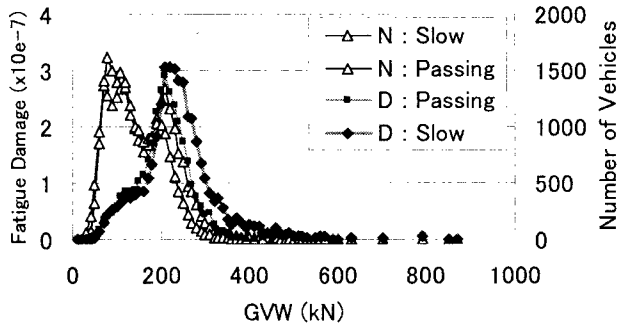


図 6 車線別の損傷度分布と台数分布：トラック類
(D:損傷度, N:台数)

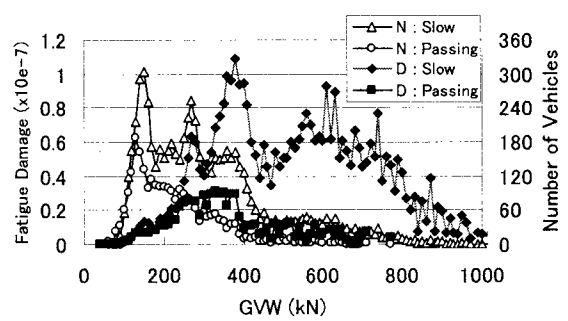


図 7 車線別の損傷度分布と台数分布：トレーラー類
(D:損傷度, N:台数)

5 他の橋梁との比較

筆者らが以前 BWIM 測定を行なった¹⁾、国道 22 号枇杷島高架橋(一宮方面 4067 台/72 時間)、国道 25 号亀山大橋(上り:2249 台/21 時間、下り:3286 台/21 時間)のひずみ波形データ、実働荷重データから縦桁の疲労損傷度を分析した。枇杷島高架橋、亀山大橋、四日市高架橋の損傷度分布から、分布最大値を 1 として正規化した相対疲労損傷度分布を図 8 に示す。4 橋の分布は 200~220kN をピークとして概ね一致しているが、300kN を越えるような範囲での分形状は、四日市高架橋が大きく、四日市高架橋が他の 3 橋に比べて重量車両の混入率が高いことを示しているものと考えられる。

6 まとめ 車両ごとの疲労損傷度の計算によれば、全車両に対する 10~20% の(過積載を含む)重量車が、部材の疲労損傷の半分以上をもたらしている。実構造物の劣化や損傷を予測し、これを反映した維持管理計画を行なうためには、供用下における大型車両の実態を的確に把握し、損傷要因の分析を行なうことが必要である。

参考文献 1) 小塩, 山田, 小林, 水野. 鋼 I 桁橋の縦桁を用いた Bridge-Weigh-In-Motion システムの開発, 構造工学論文集 Vol.47A, 2001 年 3 月

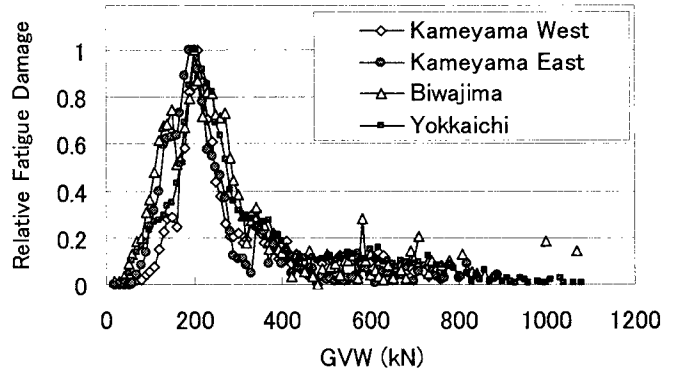


図 8 相対疲労損傷度分布
(25 号亀山大橋, 22 号枇杷島高架橋, 23 号四日市高架橋)