荷重実態調査に基づく道路橋の疲労要因の分析

名古屋大学　正会員　○小塩　達也
名古屋大学　正会員　山田　健太郎

1. はじめに　構造物に疲労損傷が発生する要因には，疲労強度，荷重，繰り返し数の 3 要素がある．道路橋の疲労の場合，「荷重・繰り返し数」は自動車，特に大型車両の走行に起因する．橋梁本来の目的を遂行することで疲労損傷が生じるのであるから，道路管理者は橋梁の「使い方，使われ方」として，自動車荷重の実態と個々の車両の疲労への影響について把握し，維持管理の方針を策定することが今後必要となると考えられる．

2. 大型車両の荷重調査　本研究では，支点反力を用いた Bridge Weigh-in-Motion(BWIM)を用い，一般国道 23 号四日市高架橋，東名阪自動車道小島高架橋において，総重量約 40kN 以上の大型車両を対象とした 168 時間の交通荷重実態調査を行なった．調査で得られた車両台数と，車両総重量の頻度分布を図 1，図 2 に示す．

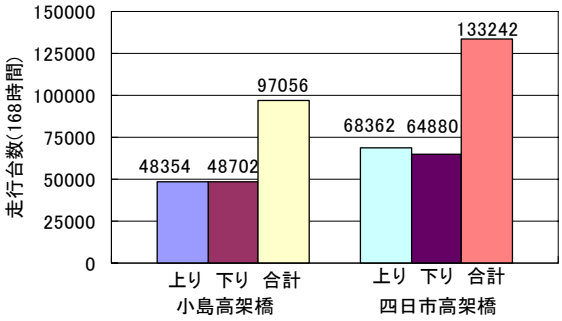


図 1　測定した車両台数

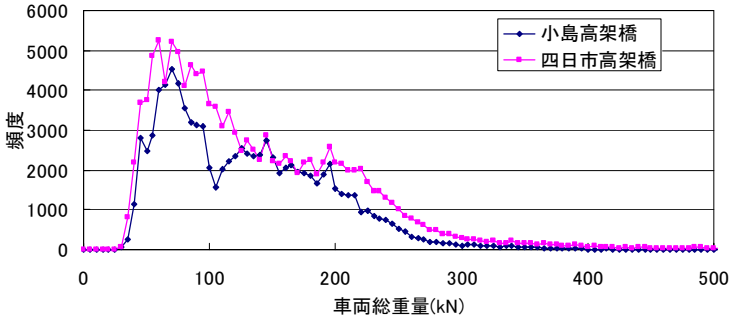


図 2　総重量の頻度分布

3. 疲労損傷指標の計算　疲労による構造物のダメージの計算に際し，ダメージが応力の m 乗に比例する「べき乗則」が適用される事が多い．本研究では，影響線の長さと疲労損傷の「べき乗則」に着目し，車両ごとの相対的な疲労損傷度を計算，車種，積載状態などで分類した車両群がトータルの疲労損傷に対してどのような寄与率を持つかを比較した．まず，縦距の最大値を 1 とした単純桁のスパン中央曲げモーメントの影響線を仮定し，BWIM で測定された車両をそれぞれ単独に影響線に載荷して「荷重の変動波形」を求める．この波形に対してレインフロー計数法を用いて「荷重範囲」を計数し，荷重範囲から次式で定義される「疲労損傷指標」を計算する．

$$\text{疲労損傷指標 } DI = \sum W^m n \qquad (1)$$

W ：荷重範囲，n ：繰り返し数，m ：べき指数

m はべき乗則の指数を示し，作用繰り返し荷重 (S) と破断回数 (N) の関係を示す S-N 線図の対数紙上の傾きである．照査対象とした部材と影響線長を表 1 に示す．

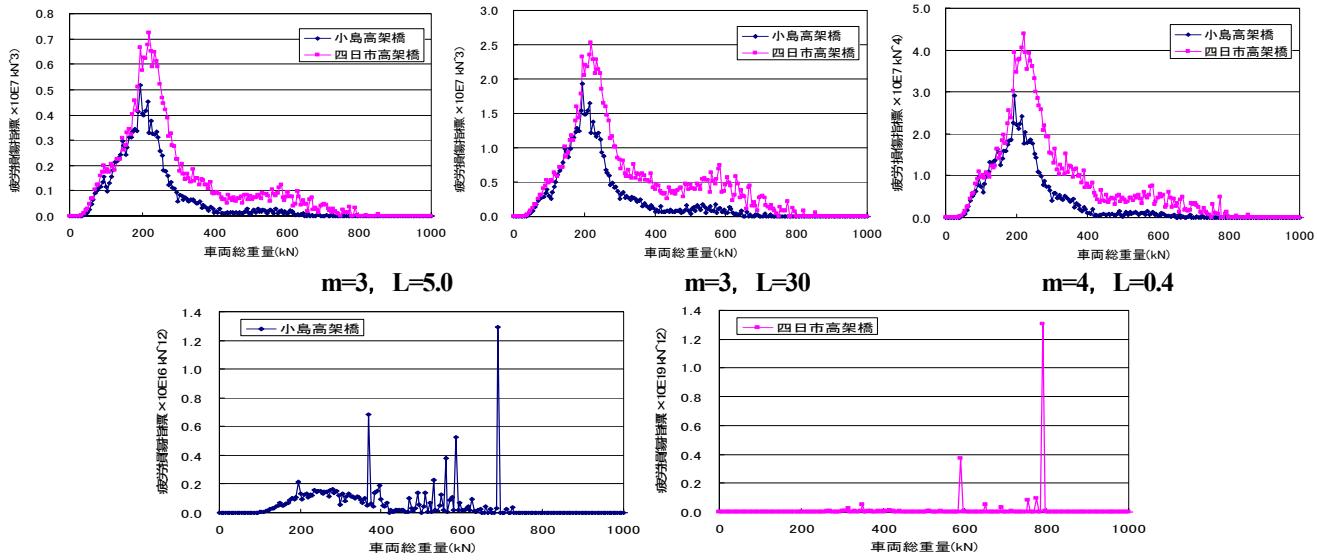
表 1　照査の対象部材と影響線長，重み指数

べき指数 m	影響線長 L(m)	対象部材
3	0.4	フィンガージョイント
	2, 5	床版部材(縦桁等)
	10, 20 30, 60	鋼主桁など
4	0.4, 2.0	アスファルト舗装
12	0.4, 2.0	鉄筋コンクリート床版

4. 計算結果　2 地点の疲労損傷指標値を車両総重量ごとに統計した分布を図 3 に示す．m=3 の場合，疲労損傷指標値のピークは 200kN 程度のところにあり，影響線長さによらず概ね同じ値である．影響線長さが長くなると，300kN を越えるトレーラー類の寄与度が増えている．中央値は 200kN～250kN であり，荷物を満載した「積載車」が中心となって疲労損傷の原因となっていることを示している．トレーラーの混入率が高い四日市高架橋では，300kN 以上の車両の寄与度が高くなっている．以上の傾向は m=4 の場合にも同様であった．疲労損傷指標値の分布における中央値(50%点)は台数分布で上側 10～20%点に位置し，全台数の 1～2 割程度の車両により損傷の約半分が生じることを示している．一方，m=12 の場合，特定の車両が全損傷指標値に与える影響が大きく，分布形状に著しい変化が見られる．損傷の 99%を生じさせる車両台数は全台数に対して四日市高架橋で数パーセント，小島高架橋で 2 割程度であった．特に四日市高架橋で数台の車両の影響が極めて大きく，絶対値も小島高架橋に対して大きく異なる．この原因としては，一般国道(四日市高架橋)と高速道路(小島高架橋)での軸重の管理，監

キーワード　疲労，Bridge Weigh-in-Motion，大型車両，過積載
連絡先　〒464-8603　名古屋市千種区不老町　名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻　TEL052-789-4514

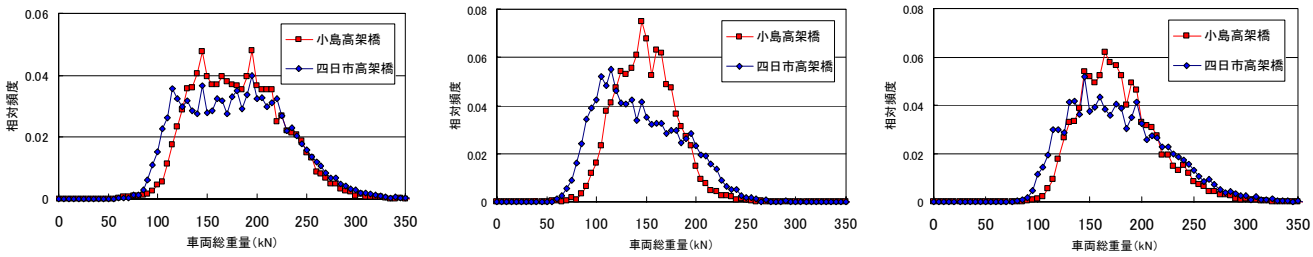
視体制の違いによるものと考えられる．車種別の総重量頻度分布，疲労損傷指標値の相対頻度分布を代表的な車種について図4～6に示す．車種別の総重量の頻度分布，疲労損傷指標値の分布は，2地点でよく類似し，総重量の頻度分布は同じ車体構造の車両ごとに特徴的な形状を持つことが予想される．このことから，車種ごとの荷重特性をあらかじめ把握しておけば，調査対象となる路線の車種別混入率を調査することでその路線の荷重特性が概ね推定できることが予想される．提言すれば，橋梁，道路の劣化度を精度よく予測するには，大型車両台数だけでなく，車種別の混入率を含めて評価することが望ましいといえる．



m=3，L=5.0　　m=3，L=30　　m=4，L=0.4

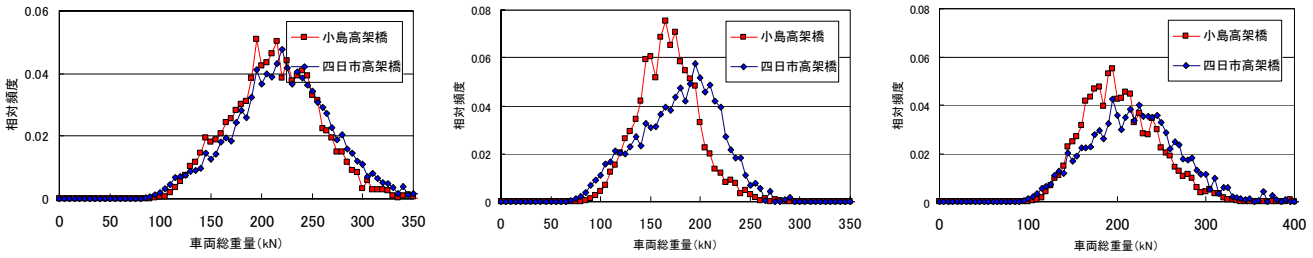
小島高架橋(m=12，L=2)　　四日市高架橋(m=12，L=2)

図3 疲労損傷指標値の分布



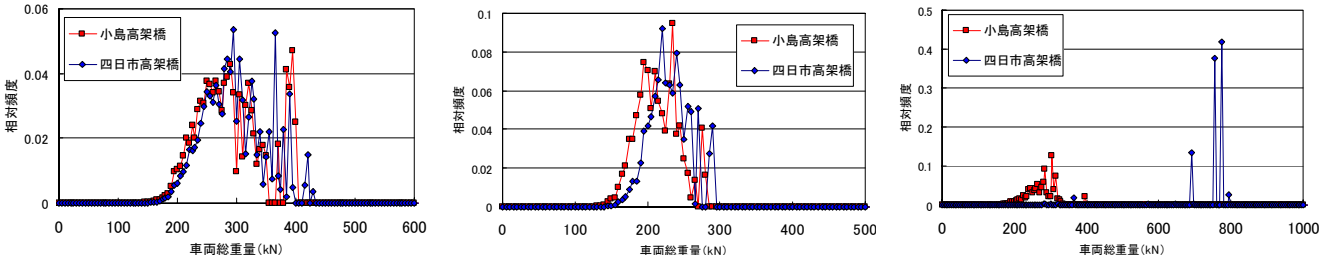
3軸後タンデム（貨物）　　3軸前タンデム（貨物）　　4軸前後タンデム

図4　車種別の総重量の相対頻度分布



3軸後タンデム（貨物）　　3軸前タンデム（貨物）　　4軸前後タンデム

図5　車種別の損傷指標の相対頻度分布（m=3，L=5.0m）



3軸後タンデム（貨物）　　3軸前タンデム（貨物）　　4軸前後タンデム

図6　車種別の損傷指標の相対頻度分布（m=12，L=2.0m）