

実測された軸重データと疲労耐久性評価のための軸重分布

名古屋大学 正員 山田健太郎 小塩達也 学生員 因田智博 八木貴之

1. はじめに

鉄道橋と違って、道路橋にかかる自動車荷重は、その大きさと頻度が増加している。平成14年に改訂された道路橋示方書でも、この傾向を反映して、これまで曖昧であった設計寿命を100年と定義し、さらに疲労照査を要求することになった。そこで問題になるのは、L荷重に相当する主桁の疲労照査荷重であり、床版、その他の設計に用いるT荷重をどう考えるかであろう。特に、コンクリート床版、鋼床版、あるいは伸縮継手などのように、輪重が直接影響を及ぼす部材の設計荷重や疲労耐久性評価のための荷重の設定が問題になる。

筆者らは、「支点反力を利用した Bridge Weigh-in-Motion (橋の部材をはかり代わりに実走行荷重を計測する手法、BWIM)」を開発し、いくつかの路線で軸重計測を行っている。そこで、最近計測された軸重分布から、疲労耐久性に用いる設計軸重を求めてみた。

2. BWIMによる軸重計測

実際に道路を走行する車両の重量の測定方法には、①路側に設けた Weigh Station の軸重計、②車線内に設けた軸重計による WIM、③高速道路などの料金所に設置した軸重計、④輪重計測マット、⑤BWIM による方法などがある。このうち、BWIM では、橋の部材のひずみを測定し、それから走行荷重を推定することで、橋をはかり代わりに用いる。橋梁や計測の知識、データ処理などの技術が必要とされるが、かなり自由に測定場所を選定することができるため、汎用性が高い。特に、「支点反力を利用した Bridge Weigh-in-Motion システム」(文献1)では、走行車両の総重量だけでなく、軸重や車種タイプを求めることができるため、そのデータを、軸重分布の評価にも使うことができる。

ここでは、東名阪自動車道の小島高架橋(木曽川右岸)と国道23号の四日市高架橋(四日市市内)の計測結果を用いて、軸重分布を評価することにした。両者とも、片方向2車線をもつ単純プレートガーダー橋(直橋)である。東名阪自動車道は、断面交通量約6.8万台、大型車混入率29%、四日市高架橋は、断面交通量約6.3万台(平成11年)、大型車混入率45%で、いずれも交通量、大型車混入率ともに高い道路である。

3. 軸重の累積頻度分布

計測は、1週間連続(正確には、29分連続、1分間データ保存のための休止)計測された軸重分布を、24時間の軸重累積頻度分布として、図1に示す。軸重累積頻度分布は、それ以上の軸重が何回通過したかを示すもので、累積頻度を対数座標で示すことで、頻度は少ないが大きい軸重を強調して示すことができる。図1に示すように、土、日を除いて、週日はかなり似た軸重の分布形状を示す。また、頻度が10回以下で、軸重15ton以上の分布は、ばらつきが大きい。この計測では、タンデム軸を別々に計測しているため、軸重15tonを2軸で換算すると、道路橋示方書で与えられるT荷重(平成7年までの軸重16ton、それ以降の軸重20tonに相当)では、軸重は30tonとなり、明らかに設計荷重をオーバーする軸重が通過していることが分かる。小島高架橋と四日市高架橋の軸重累積頻度分布を比較すると、一般道である四日市高架橋では、特に10ton以上の軸重の頻度が大きく、一般国道がより過酷な軸重環境にあることが分かる。

4. 耐久性評価のための軸重分布と等価軸重の考え方

図1に示す実測された軸重累積頻度分布が最近の軸重分布の実態であるとして、それらの分布の上限を与えるような軸重分布を考えてみた。両橋梁とも西行きの走行車線が軸重とその頻度が大きいので、ここではそのデータを用いた。さらに、小島高架橋の軸重データの上限を与えるように、軸重頻度10回と軸重15ton、軸重頻度10³回と軸重10tonを結び、さらにそこから軸重頻度10⁴回と軸重5tonを結んだ線を、耐久性評価のための軸重累積頻度分布と考えた。(図中太線)図から分かるように、一般国道の四日市高架橋では、軸重10ton以上の範囲で、小島高架橋の上限を与える累積頻度分布をさらに上回る軸重頻度が観測されている。

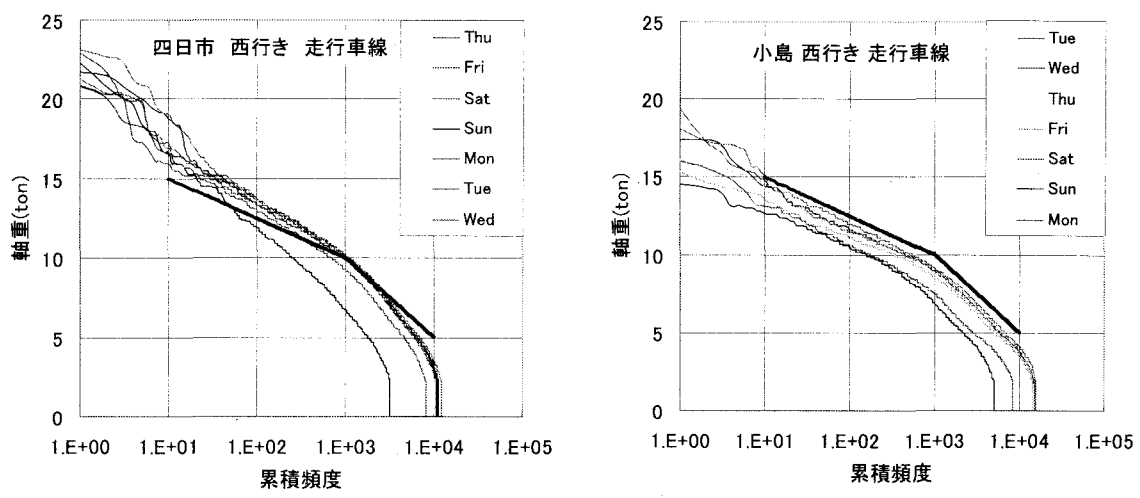


図1 24時間の軸重累積頻度分布

ここで、軸重累積頻度分布に軸重頻度 10 回以下の軸重を考えなかったのは、計測された軸重のばらつきが大きいこともあるが、このような大きな軸重は床版に与える影響が大きいため、本来取締りを行うべきではないかと考えたからである。もし 10 回以下であるが影響の大きいこれらの軸重に対しては、軸重分布を直線外挿（図2の①）するか、取締りを期待して 15ton で水平（図2の②）にして考慮することも可能である。いずれにしろ、既設のコンクリート床版や鋼床版の耐久性評価には、このように実測された軸重分布を用いるのがより現実的である。

次に、この軸重分布から、等価な軸重と繰返し数を求めてみる。一般に鋼構造物の疲労照査では、あるレベル以下では疲労耐久性に与える影響が小さいため無視する応力範囲の打ち切り限界がある。そこで、対象とする構造詳細から決まる応力範囲の打ち切り限界に相当する軸重を 5ton から徐々に大きくし、それ以下の軸重と頻度を無視し、残りの軸重と頻度から 3 乗平均式を用いて、等価軸重を計算した。その結果を図3に示す。例えば、打ち切り限界に相当する軸重が 10ton であると、図2の 10ton 以上の軸重と 10^3 回（正確には 990 回）の総繰返し数から計算される等価軸重は、11.1ton になり、その値が図3に示される。

5. まとめ

支点反力を用いた BWIM で実際に計測された軸重分布を使って、コンクリート床版や鋼床版、あるいは伸縮継手の疲労耐久性の評価に用いる軸重分布を求めた。用いた実測事例は比較的重交通が通る路線である。こういったデータを積み重ねて、車両総重量の分布だけでなく、路線毎の交通実態に合わせた耐久性評価のための軸重分布の提案につなげたい。

参考文献

1. 小塩、山田、若尾、因田：支点反力による BWIM を用いた自動車軸重調査と荷重特性の分析、構造工学論文集、Vol.49A、2003 年 3 月。

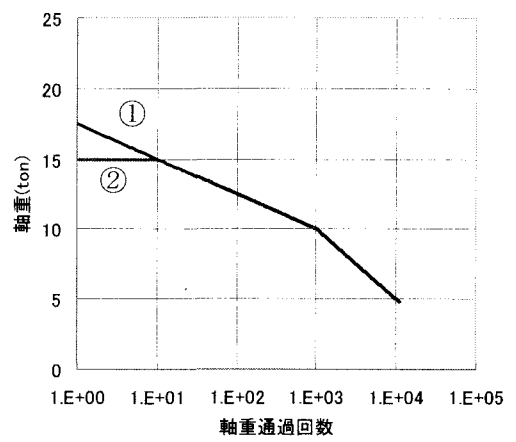


図2 軸重累積頻度モデル

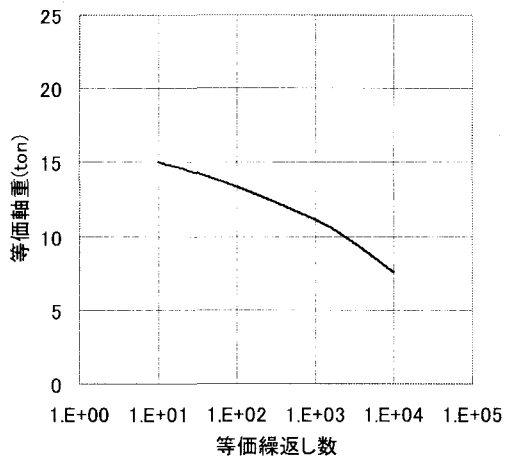


図3 等価軸重と等価繰返し数