

実態活荷重に基づく等価換算軸数と既設鋼床版疲労損傷データとの分析

阪神高速道路株式会社 正会員 ○田畑 晶子 正会員 堀江 佳平
 (財) 阪神高速道路管理技術センター 正会員 高田 佳彦

1. はじめに

近年、鋼構造物の疲労損傷が深刻化し、点検や対策優先度の策定が急務となっている。阪神高速道路では、実態活荷重に基づき、疲労環境を評価するための累積軸数を法定軸重10t換算軸数として整理している¹⁾。また、必要な精度を持つ効率的な実態活荷重の調査手法として、ETC統計データと軸重データとの同期化による分析を行い、過去の調査結果との比較によって有効性を確認している²⁾。

そこで、今回新たに調査した軸重実測データと区間交通量から累積軸数を算定するとともに、既設鋼床版の損傷データとの分析を行い、実鋼床版橋の疲労評価を行った。

2. 供用以降の累積交通量の算出

阪神高速道路の区間交通量は、供用以降のランプ・分合流間に設置しているトラフィックカウンターにより計測され、交通流態図により整理されている。そこで、区間別・月別に読み取り、交通量を整理した。その結果の例として、Uリブ鋼床版の多い4号湾岸線(上り)のデータを、図-1に示す。走行、追越の全車線の合計で整理しており、累積交通量は最大3800万台、大型車混入率は最大26%と高く、供用が古い区間ほど大型車混入率が高く、疲労に対して厳しい結果となっている。

3. 実態活荷重の調査

阪神高速湾岸線では、平成11年および平成20年に中島集約料金所で活荷重計測を行っている²⁾。20年では、ETC統計データと軸重データとの同期化による分析を行い、その結果の大型車(タンデム軸)の車重分布を図-2に示す。空車・積載車による双峰分布を示し、11年と比較して20年も概ね同様の傾向である。車重の平均値は増加しており、全体的に車両重量が増加していることを示していることが伺える。

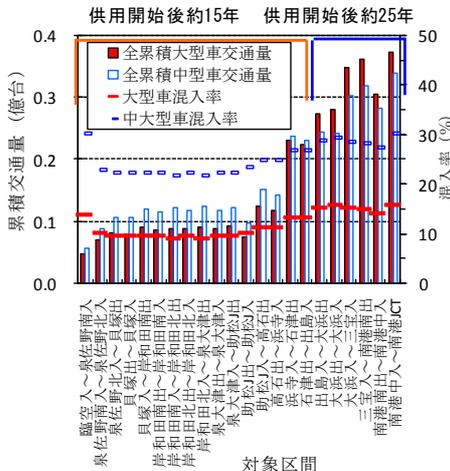


図-1 4号湾岸線(上り)の区間別交通量と混入率

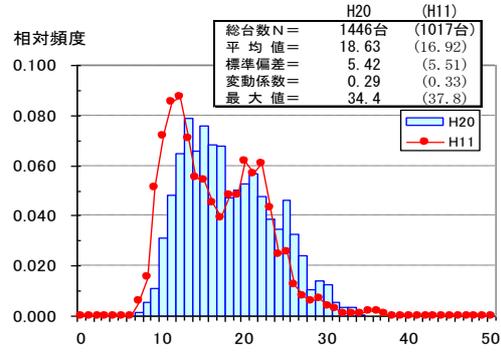


図-2 大型車類(タンデム軸)の車重分布

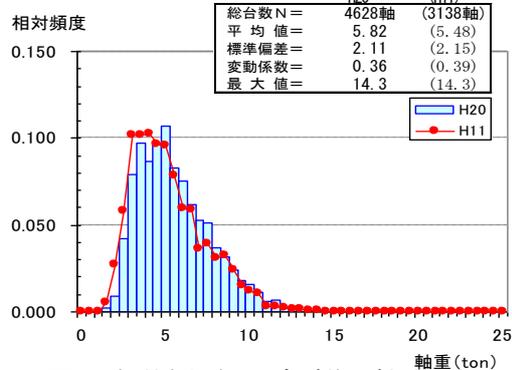


図-3 大型車類(タンデム軸)の軸重分布

図-3の軸重も20年が高く、平均軸重も6%程度増加しており、ここではトレンドを反映して20年の結果を用いて計算する。

神戸線の活荷重測定は、芦屋集約料金所と尼崎集約料金所を対象に、昭和57年、平成11年に実施されている。また、平成18年に本線の鋼床版I桁でBWIM(Bridge Weigh In Motion)を用いて軸重の測定が行われている³⁾。本検討では、実態の車線毎の交通流に対して荷重を直接測ることができるBWIMを用いた。軸重実測データから大型車、中型車毎の等価軸重 W_{eq} を式(1)を用いて算出した。

$$W_{eq} = \sqrt[m]{\sum W_i^m \cdot n_i / \sum n_i} \tag{1}$$

ここに、 W_{eq} : 等価軸重(kN), W_i : 計測軸重(kN), n_i : 計測軸重の軸数, m : 疲労設計曲線の勾配で $m=3$

その結果を、表-1に示す。中型車は神戸線が59.2kNと湾岸線より30%程度大きい。

4. 大型車車種別交通量と車線交通比率

区間交通量から、大型車および中型車交通量を抽出するため、それらの混入率を算定した。5年に1回程度実施しているOD調査では、16車種別に交通量が調査されている。大型特殊(トレーラなど)、大型貨物、大型バスは、大型車に、普通貨物、マイクロバス、小型特殊・特殊は中型車に分類した。

キーワード 鋼床版, 疲労評価, 実態活荷重, 等価換算軸数, き裂分析

連絡先 〒550-0011 大阪市西区阿波座1-3-5 阪神高速道路株式会社建設事業本部建設技術課

表-1 等価軸重と平均軸数

| | 大型車 | | 中型車 | |
|-----|----------|------|----------|------|
| | 等価軸重(kN) | 平均軸数 | 等価軸重(kN) | 平均軸数 |
| 神戸線 | 76.5 | 3.5 | 59.2 | 2.0 |
| 湾岸線 | 75.5 | 3.3 | 41.8 | 2.0 |

表-2 車線別交通量比率

| | 走行車線 | 第2走行車線 | 追越車線 | 合計 |
|---------|------|--------|------|------|
| 片側2車線区間 | 61% | — | 39% | 100% |
| 片側3車線区間 | 40% | 40% | 20% | 100% |

車線別交通量として、走行、追越車線別の交通配分を表-2により整理した。これは、2車線区間は2006年にBWIMで測定された結果を、3車線区間は既往の文献¹⁾を引用している。

5. 98kN 等価換算軸数

最後に、走行車線の累積交通量を用いて次式により法定軸重 98kN に等価な軸数に換算した。

$$P_{e10} = n_L \cdot A_L (W_{eqL}98)^3 + n_M \cdot A_M (W_{eqM}98)^3 \quad (2)$$

ここに、 n_L, n_M :それぞれ、累積大型車交通量、累積中型車交通量(台)、 A_L, A_M :それぞれ、大型車、中型車の平均軸数、 W_{eqL}, W_{eqM} :それぞれ、大型車、中型車の等価軸重(kN)

鋼床版の集中している神戸線および湾岸線の供用以降、平成 20 年度末までの累積軸数を阪神高速道路のネットワークに表示した結果を図-4 に表示する。湾岸線は、三宝出島間の上り走行車線においてが最大で、3432 万軸となっている。神戸線ではほとんどの区間で累積換算軸数が 4000 万軸を超えている。また、神戸線で鋼床版 Uリブが存在する架橋箇所は、兵庫県南部地震の再構築桁であり、その疲労評価には震災後を供用期間として考える必要がある。そこで、図-5 は、震災復旧において再構築された鋼床版の累積軸数を表す。累積軸数の最大区間は神戸線京橋～柳原間であり、下り走行車線において 4461 万台と、湾岸線を大幅に上回っている。再構築の鋼床版は、供用後 10 年程度しか経過していないにもかかわらず、累積軸数が極めて多い。

6. き裂と等価換算軸数の相関分析

ビード貫通き裂の確認されている発生レーンに対して、供用

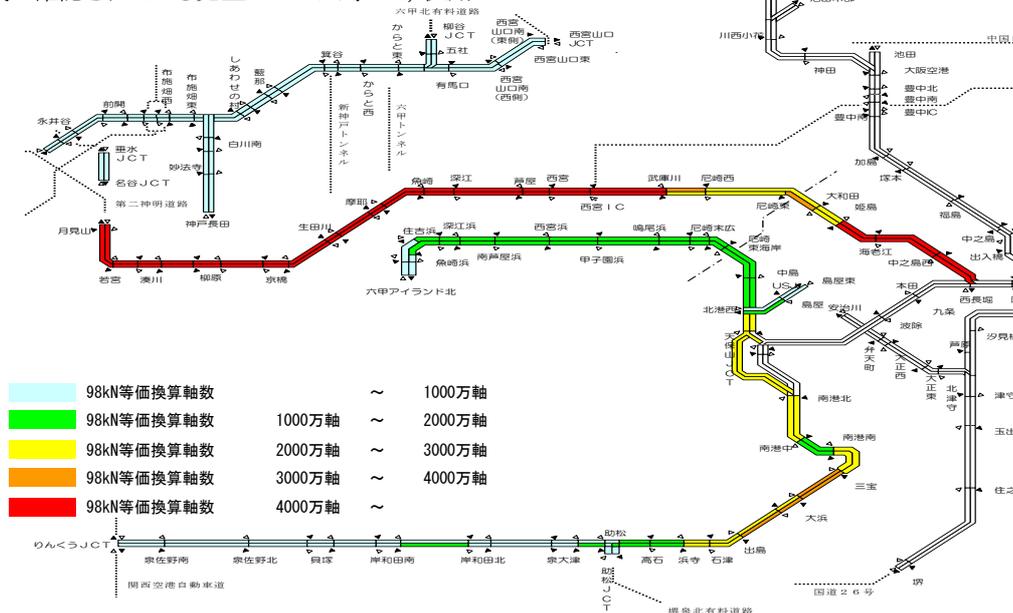


図-4 供用以降の湾岸線および神戸線の上下線走行車線の等価換算軸数

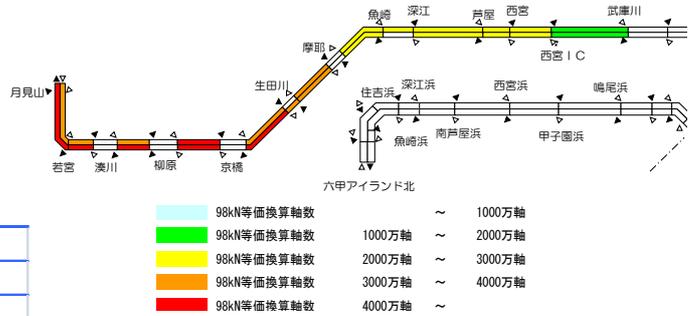


図-5 震災復旧後の神戸線の 98kN 等価換算軸数

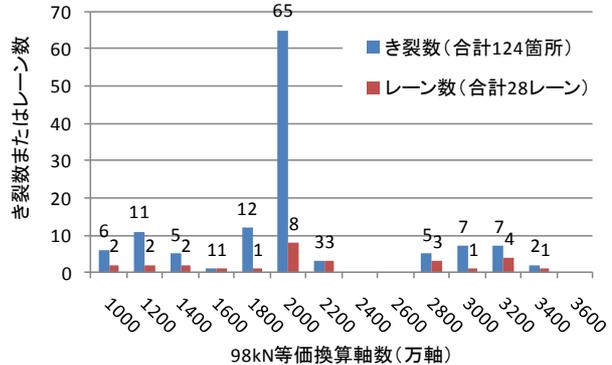


図-6 98kN 等価換算軸数とビード貫通き裂の発生状況

以降き裂発見時までの 98kN 等価換算軸数の結果を、図-6 に示す。98kN 等価換算軸数が 1000 万軸以下は、き裂が発生していない。き裂数は 2000 万軸に集中しているが、レーン数は 8 とそう多くなく、これは特定の 2 スパンにき裂が集中しているからである。ビード貫通き裂の平均等価換算軸数は、2119 万軸である。発生同図では、等価換算軸数とき裂数は必ずしも正の相関は確認されないが、1800 万軸を超えると疲労損傷のリスクが高くなると推察される。

参考文献 1) 田畑, 長沼, 迫田; 阪神高速の疲労環境評価のための累積軸数の検討, 第 27 回日本道路会議論文集, 2008.11 2) 田畑, 閑上, 堀江; 活荷重実態調査のための分析手法検討, 第 28 回日本道路会議論文集, 2010.10 3) 高田, 木代, 中島, 薄井; BWIM を応用した実働荷重と走行位置が鋼床版の疲労損傷に与える影響検討, 構造工學論文集, Vol. 55A, pp. 1456-1467, 2009.