

モジュラー型伸縮装置溶接部の疲労設計荷重に関する検討

日本 Casting (株)  
日本 Casting (株)

正会員  
非会員

○山崎 信宏  
三瓶 太一

法政大学  
日本 Casting (株)

フェロー  
正会員

森 猛  
石山 昌幸

1. はじめに

伸縮装置は、一般に静的な荷重に対して設計される。しかし、床版遊間部を通過する車両の輪荷重を繰返し直接支持することから、疲労耐久性に問題が生じることがある。そのため、道路橋示方書では、この荷重に対する耐荷力およびその繰返し載荷に対する疲労耐久性を有するよう、設計にあたっては作用する力を適切に設定しなければならないとしている。しかし、その具体的な方法は示されていない。そこで、図 1 に示すモジュラー型伸縮装置溶接部の疲労照査で必要となる疲労荷重とその頻度、そして応力計算の考え方について検討した。

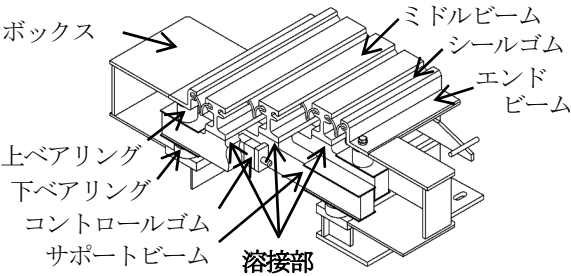


図 1 モジュラー型伸縮装置

2. 疲労荷重

疲労荷重は、疲労基本荷重にそれを補正する係数を乗じることによって求める。その疲労基本荷重には等価輪重を用いる。適切な疲労基本荷重とその頻度を設定するためには、大型車交通量や車両重量等に関する実態を十分に把握する必要がある。そのため、国土交通省国土技術政策総合研究所が発行した国土技術政策総合研究所資料<sup>1)</sup>に示された重量と頻度のデータを参考に、疲労基本荷重（等価輪重）と頻度を求めることとした。等価輪重（ $W$ ）は、式（1）により求めた。 $P_i$ は輪重、 $n_i$ は頻度（軸数）、そして $P_i^3 \times n_i$ は荷重損傷度である。輪重の値は、データに示された重量（軸重）区分の中間値の半分とし、頻度は72時間の計測軸数を単純に除した。荷重損傷度は、輪重の三乗と車種分類ごとに示される頻度の積である。各区分で求めた荷重損傷度の総和と頻度の総和から等価輪重を求める。そのようにして求めた等価輪重とその頻度、荷重損傷度の一例を表 1 に示す。このようなデータを蓄積し、モジュラー型伸縮装置用の疲労基本荷重とその頻度を設定すべきと考える。

疲労基本荷重（等価輪重） $W = \sqrt[3]{\frac{\sum(P_i^3 \times n_i)}{\sum n_i}}$  (1)

3. 疲労基本荷重の補正係数

疲労基本荷重を補正する衝撃やリバウンド、荷重分担、そして水平方向力は、図2に示すように、3本のミドルビームを有する実物大試験体と図3に示す試験車両（3軸のダン

表 1 等価輪重とその頻度、荷重損傷度

| 路線名   | 調査地点      | 対象橋梁    | 車線数            | 等価輪重 (kN)    | 頻度 (軸/日/車線)      | 荷重損傷度 ( $P_i^3 \times n_i$ )   |
|-------|-----------|---------|----------------|--------------|------------------|--------------------------------|
| 国道22号 | 愛知県一宮市    | 北方高架橋   | 上り線 2<br>下り線 2 | 31.4<br>32.1 | 2,802<br>5,598   | 86,897,717<br>185,629,553      |
| 国道23号 | 愛知県名古屋市中区 | 港南第二跨道橋 | 上り線 3<br>下り線 3 | 55.4<br>39.4 | 15,728<br>30,356 | 2,667,202,628<br>1,861,982,941 |
| 国道19号 | 長野県山口村    | 地藏橋     | 上り線 1<br>下り線 1 | 29.9<br>32.3 | 9,720<br>9,783   | 260,915,043<br>330,442,490     |
| 国道2号  | 広島県尾道市    | 西藤高架橋   | 上り線 2<br>下り線 2 | 30.1<br>31.8 | 5,734<br>3,829   | 156,435,519<br>123,205,028     |

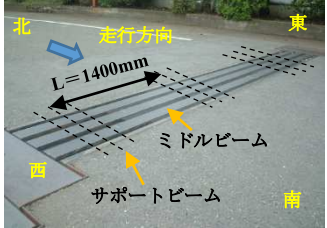


図 2 実物大試験体



図 3 試験車両

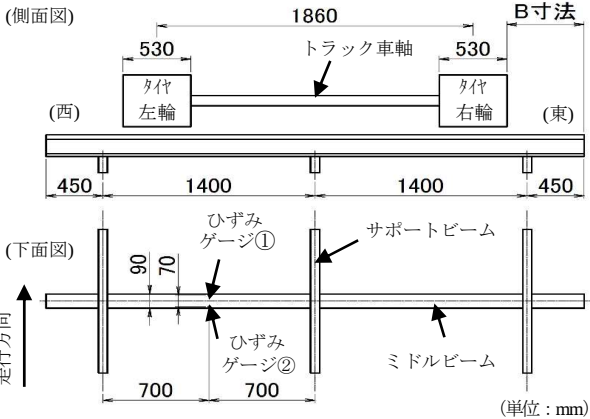


図 4 ひずみゲージの貼付位置

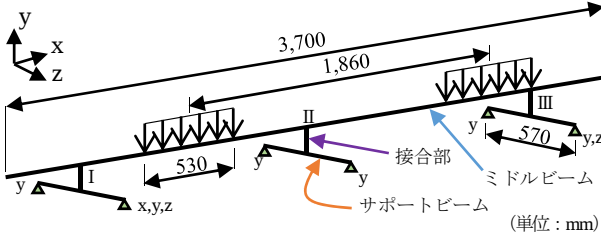


図 5 実物大試験体の三次元骨組構造モデル

トラック）を用いて過去に実施した車両走行試験と静的載荷試験の結果<sup>2)</sup>を再整理することにより検討する。実物大試験体には、図 4 に示すように、ミドルビーム下面のスパン中央の位置にひずみゲージを 2 枚貼り付けている。また、試験車両の走行位置は図中に示す B 寸法で表す。衝撃は、荷重が伸縮装置上を通過する際に、路面の平坦性等の影響で応力が増幅することを考慮している。その影響は、走行試験で測定したひずみから求めた応力度と三次元骨組構造で求める応力度の比較で検討した。三次元骨組構造のモデルを図 5 に示す。ここでは荷重の大きい後輪（後前輪、後後輪）で検討した。解析に用いた荷重の値は

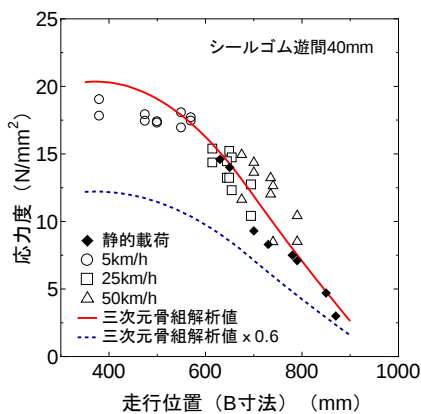


図6 衝撃係数

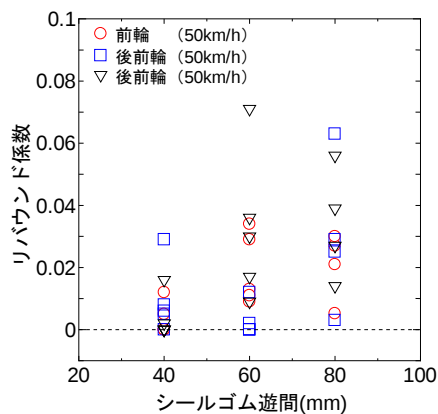


図7 リバウンド係数

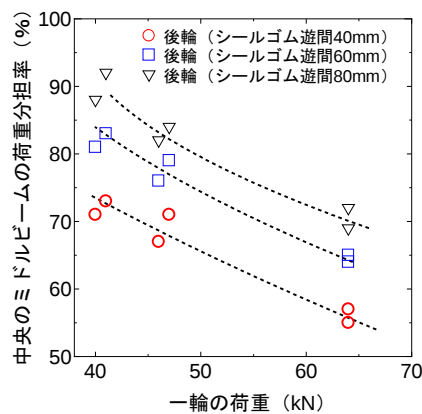


図8 荷重分担率

試験車両の後輪輪重 18.9kN である。荷重の載荷幅はタイヤの接地寸法を参考に 530mm とした。図 6 に、応力度と走行位置の関係を示す。図中には、三次元骨組構造で求めた応力度も示している。それらの値の最大は、シールゴム遊間 40mm、車両の走行位置 790mm の場合で 1.38 程度であった。

走行速度 50km/h でのリバウンド係数とシールゴム遊間の関係を図 7 に示す。その最大は 0.07 であった。リバウンド係数は、車両の走行でミドルビームに生じる鉛直下向きの応力に対する上向きの応力の比である。なお、走行速度 5km/h と 25km/h でリバウンドは確認されていない。

荷重分担は、3 本のうちで中央のミドルビームのみに軸重を載荷した場合と複数のミドルビーム位置で試験車両を停車させた場合で測定したひずみの値を比較することで検討した。パラメータとするシールゴム遊間（ミドルビームとミドルビーム間）は 40,60,80mm、試験車両の後輪輪重は 40,45,65kN 程度とした。図 8 に中央のミドルビームの荷重分担率と一輪の荷重の関係を示す。シールゴム遊間ごとの荷重分担率は、輪重を 65kN 程度とした場合に、40mm で 60%程度、60mm で 65%程度、80mm で 70%程度である。

ドイツやアメリカでは、疲労荷重として、鉛直方向力に加えて、車両の制動等により生じる水平方向力も考慮されている。そこで、走行速度 5km/h と 25km/h の試験で得られたひずみ測定結果を利用して、式 (2) により鉛直方向力に対する水平方向力の割合を求めた。分母に示す鉛直方向力は、輪重通過時のひずみ値 (①と②の平均) の最大とした。また、分子に示す水平方向力は、2 枚のひずみゲージで測定した値の差分である。①' は軸重通過時にひずみ (①) で測定した値の最大であり、その時刻のひずみ (②) の測定値を②' とした。すなわち、鉛直方向力と水平方向力の測定時刻は異なっているものの、ここでは安全側をみて、このように整理した水平方向力の割合を鉛直方向力に補正係数として与えることを考えた。走行速度の影響をさらに検討する必要があるものの、鉛直方向力に対する水平方向力の割合 ( $\alpha_h$ ) は最大 0.2 程度であった。

$$\text{鉛直方向力に対する水平方向力の割合} = \frac{\frac{(\text{①}' - \text{②}')}{2}}{\frac{(\text{①} + \text{②})}{2}} \quad (2)$$

#### 4. 応力計算法と走行位置荷重補正係数

溶接部に生じる公称応力は、サポートビームを支点とし

た連続梁として求められるのが通常である。しかし、実際はベアリングで支えられるサポートビームの上にその直角方向にミドルビームが溶接されている。そこで、このような構造を簡単な方法で可能な限り再現するため、図 5 に示した三次元骨組構造を用いて公称応力を計算することを考えた (I, II, III は接合部名称, 支点近傍の x, y, z は拘束条件)。

公称応力を算出する際には、車両の走行位置が、ある程度のばらつきを有するものと考え、それを考慮する走行位置荷重補正係数 ( $\alpha_{hl}$ ) を式 (3) により求めることとした。

$$\text{走行位置荷重補正係数} = \sqrt[3]{\frac{\sum (\lambda_i^3 \times n_i)}{\sum n_i}} \quad (3)$$

ここで、 $\lambda_i$  は走行位置のばらつきを考慮した範囲における各位置での曲げモーメントを最大曲げモーメントで無次元化した断面力比であり、 $n_i$  は走行割合 (頻度) である。

以上より、疲労荷重は、等価軸重の半分の等価輪重 (W) を疲労基本荷重とし、その値に衝撃係数 (i)、リバウンド係数 ( $\alpha_R$ )、荷重分担率 ( $\alpha_s$ )、水平方向力を考慮した補正係数 ( $\alpha_h$ )、そして走行位置荷重補正係数 ( $\alpha_{hl}$ ) を乗じて式 (4) により求めることを考えた。

$$\text{疲労荷重} = W \times (1+i) \times (1+\alpha_R) \times \alpha_s \times \alpha_h \times \alpha_{hl} \quad (4)$$

#### 5. 今後の検討

疲労基本荷重とその頻度は、道路管理者が設定することが望ましいと考える。それらの設定では、必ずしも画一的ではなく、路線の重要度や交通実態などを踏まえ、いくつかに分類とするといった選択も考えられる。その判断材料となり得る車両重量と軸数のデータをさらに蓄積することが重要と考える。また、疲労照査の精度を高めるには、疲労基本荷重の補正係数について、計測等によりさらに検討する必要があると考えている。

#### 6. まとめ

モジュラー型伸縮装置溶接部の疲労照査に必要な疲労荷重とその頻度、そして応力計算の考え方を示すとともに、今後の検討課題を記した。

#### 参考文献

- 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路橋の設計自動車荷重に関する試験調査報告書，国土技術政策総合研究所資料第295号，平成18年1月。
- 石山ほか：走行車輛によるモジュラー型伸縮装置の動的挙動把握，土木学会年次学術講演会講演概要集 Vol.60, I-431, pp.859-860, 2005.9。