

# I-133 跨座型モノレールの鋼製軌道桁の 走行路の疲労強度

住友金属工業株式会社 正員 堀池 潔  
大阪大学工学部 正員 大倉一郎  
大阪大学工学部 正員 福本 秀士

**1. 序論** 現在、大阪モノレールの軌道桁が大阪国際空港から阪急南茨木駅までの13.7kmの区間で架設されている。大阪モノレールは跨座形式である。鋼製軌道桁の走行路の設計は、道路橋示方書あるいは鋼鉄道橋示方書の鋼床版の設計法に従って行われている。鋼床版の設計を行う場合、次に示す3つの作用を考慮しなければならない。①主桁の上フランジとしての作用。②縦リブと横リブからなる床組構造としての作用。③輪荷重を直接支持するデッキプレートとしての作用。道路橋示方書および鋼鉄道橋示方書においては、①および②の作用に対して応力照査の規定が設けられている。これに対して、③の作用に対して道路橋示方書では、デッキプレートの板厚が次式より算出される最小板厚以上であれば、考慮する必要はないとされている。

$$t = 0.035 \times b \quad \text{ただし、} t \geq 12 \text{ mm} \quad (1)$$

ここに、 $t$ ：デッキプレートの最小板厚(mm)、 $b$ ：縦リブ間隔(mm)である。他方、鋼鉄道橋示方書においても、③の作用に対して鋼床版のデッキプレートの最小板厚が12mm以上で、かつ縦リブ間隔が鋼床版の厚さの30倍以下であれば考慮する必要はないとされている。

跨座型モノレールの場合、図-1に示すように、輪荷重がウェブ板の中央面から偏心して上フランジに作用するために、上フランジとウェブを連結するレ型T継ぎ手溶接の、上フランジ側とウェブ側の各溶接止端に板曲げ応力が生じる。同様に、上フランジと縦リブを連結する隅肉溶接の上フランジ側の溶接止端にも板曲げ応力が生じる。さらに、上フランジと横リブを連結する隅肉溶接の、上フランジ側と横リブ側の各溶接止端にも板曲げ応力が生じる。これらの板曲げ応力は隣接する横リブ間を輪荷重が通過するごとに生じ、営業期間中に非常に多く繰り返されるので、疲労亀裂を発生させる恐れがある。跨座型モノレールの鋼製軌道桁の走行路の上フランジの最小板厚を道路橋示方書および鉄道橋示方書に準じて12mmと規定することで、輪荷重を直接支持するデッキプレートとしての作用によって生じるこれらの板曲げ応力を抑制し、疲労亀裂の発生を防止することができるかどうかは明らかでない。本研究では、実物大の走行路の疲労試験と小型モデル試験片の疲労試験を実施し、さらに板曲げ応力の推定式を与え、板曲げ応力に起因する走行路の疲労亀裂の発生を防止するための条件を与えた。

**2. 実物大の走行路の疲労試験** 実物大の走行路の疲労試験を行った結果、図-2に示すようにウェブと上フランジの間のレ型T継ぎ手溶接のウェブ側の溶接止端（タイプA）、および上フランジと縦リブの間の隅肉溶接の上フランジ側の溶接止端（タイプB）に疲労亀裂が発生した<sup>1)</sup>。各疲労亀裂に対して溶接止端の位置の表面応力の範囲と、各溶接止端の表面での亀裂長さが20mmになったときの繰返し数との関係を図-3に示す。

**3. 小型モデル試験片による疲労試験** 大阪モノレールの走行路に対する設計繰返し数は6745.2万回である。そこで、数千万回の荷重の繰返しに対する疲労強度を明らかにするために、図-4に示すような面外の繰返し荷重を受けるレ型T継ぎ手溶接の疲労試験を実施した。溶接止端の位置の板曲げ応力の範囲と、溶接止端の表面での亀裂長さが20mmになったときの繰返し数との関係を図-3に示す。

**4. 疲労亀裂の発生を防止するための条件** ウェブの厚さ、上フランジの厚さ、横リブ間隔、および縦リブの厚さに対する有限要素法によるパラメトリック解析の結果と実験結果の比較により、走行路のウェブと上フランジの間のレ型T継ぎ手溶接のウェブ側の溶接止端に生じる板曲げ応力( $\sigma_{wb}$ :kgf/cm<sup>2</sup>)、および上フランジと縦リブの間の隅肉溶接の上フランジ側の溶接止端に生じる板曲げ応力( $\sigma_{rb}$ :kgf/cm<sup>2</sup>)の推定式を

次のように与えた<sup>2)</sup>。

$$\text{タイプA: } \sigma_{wb} = 5.062 \times 10^5 \times (-0.0243t_w + 0.0059t_r + 1.122) \times 10^{-0.173 \cdot t_w \times t_r (-2.885 + 0.137 \cdot t_w)} \times P \quad (2)$$

$$\text{タイプB: } \sigma_{fb} = -(3.477 \times 10^4 \times t_r^{-1.874} - 1.144 \times t_r^{-1.023} \times L) \times P \quad (3)$$

ここに、 $t_r$ (mm):上フランジの厚さ( $12\text{mm} \leq t_r \leq 37\text{mm}$ )       $t_w$ (mm):ウェブの厚さ( $8\text{mm} \leq t_w \leq 12\text{mm}$ )  
 $t_r$ (mm):縦リブの厚さ( $16\text{mm} \leq t_r \leq 19\text{mm}$ )       $h_r$ (mm):縦リブの高さ( $h_r = 190\text{mm}$ )  
 $L$ (mm):横リブの間隔( $1000\text{mm} \leq L \leq 1500\text{mm}$ )       $P$ (tonf):軸重

図-3より、ウェブと上フランジの間のレ型T継ぎ手溶接の疲労限度は応力範囲で1500 kgf/cm<sup>2</sup>前後と推定される。大阪モノレールの疲労設計のための軸重と衝撃係数はそれぞれ9tonfと0.5である。したがって、これらの値を式(2)に代入し、 $\sigma_{wb}$ の値が1500 kgf/cm<sup>2</sup>以下になるように上フランジの最小板厚 $t_r$ を求めると次の値が得られた。

$$t_w = 8\text{mm} \text{ に対して } t_r = 20\text{mm} \quad t_w = 9, 10, 11\text{mm} \text{ に対して } t_r = 19\text{mm} \quad t_w = 12\text{mm} \text{ に対して } t_r = 18\text{mm} \quad (4)$$

上フランジの板厚がこの最小板厚以上であれば $\sigma_{fb}$ の値は最大でも1282 kgf/cm<sup>2</sup>となる。数千万回程度の面外の繰返し荷重を受ける隅肉溶接の疲労試験は実施されなかったが、隅肉溶接の疲労強度は面外荷重を受けるレ型T継ぎ手溶接の疲労強度に近く、その疲労限度も1500 kgf/cm<sup>2</sup>前後と予想される。 $\sigma_{fb}$ の値は1500kgf/cm<sup>2</sup>よりもかなり小さく、その上この板曲げ応力は圧縮応力である。したがって、式(4)の上フランジの最小板厚でタイプBの疲労亀裂は発生しないと考えられる。

**謝辞** 貴重な御助言を賜った近畿大学理工学部の前田幸雄教授、実物大の走行路の疲労試験の実施に御協力をいただいた大阪府北部特定事業ならびに三井造船㈱の関係諸氏に対し、感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 堀池潔・前田幸雄・大倉一郎・小西一平：土木学会第41回年講, 1-269
- 2) 大倉一郎・堀池潔・福本昤士：昭和62年度土木学会関西支部年講, 1-25

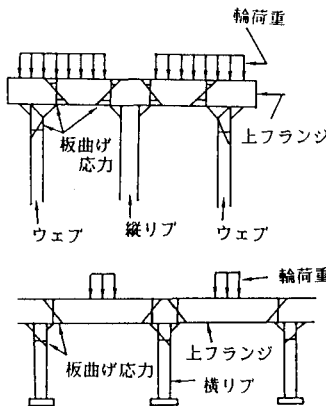


図-1 板曲げ応力

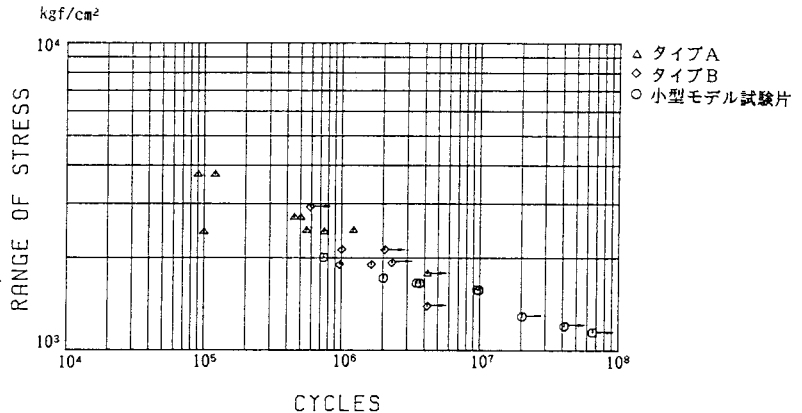


図-3 S-N関係

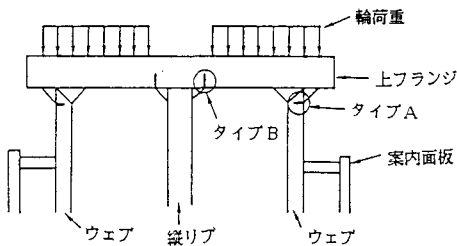


図-2 疲労亀裂の発生箇所

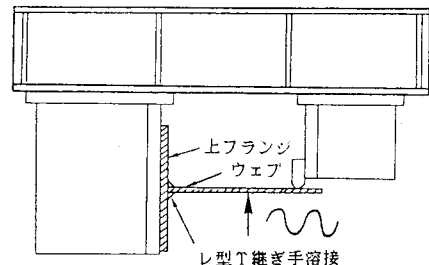


図-4 小型モデル試験片による疲労試験