

跨座型モノレールの鋼製軌道桁の走行路の疲労強度

大阪大学工学部 正員 大倉一郎
住友金属工業 正員 堀池 潔
大阪大学工学部 正員 福本 啓士

1. 序論 跨座型モノレールの鋼製軌道桁の走行路の疲労試験を行った結果、図-1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、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疲労亀裂が発生した¹⁾。これらの疲労亀裂は各溶接止端に生じる板曲げ応力の繰返しによって発生した。本報告では、この板曲げ応力の推定式を確立する。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および疲労亀裂の発生を防止するための条件については講演当日に発表する。

2. 板曲げ応力の推定式 図-2に示す解析モデルについて、面内変位成分と面外変位成分からなる四角形の板要素による有限要素法を用いてパラメトリック解析を実施した。解析モデルは案内面板の上端より上で、かつ隣接する2つの横リブの間の部分である。縦リブに関して走行路の断面は左右対称であり、かつ輪荷重も縦リブに関して左右対称に載荷されるので、一方のウェブから縦リブまでが考慮されている。得られた解析値に最小2乗法を適用することにより、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板曲げ応力(σ_{wb} :kgf/cm²)、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板曲げ応力(σ_{rb} :kgf/cm²)がそれぞれ次式で与えられた。

$$\sigma_{wb} = 5.058 \times 10^5 \times r_w \times 10^{-0.1728 t_w} \times t_r^{-(-2.8854 + 0.1370 t_w)} \times P \quad (1)$$

$$\sigma_{rb} = -(3.9018 \times 10^4 \times t_r^{-1.8739} - 1.2842 \times t_r^{-1.0229} \times L) \times P \quad (2)$$

ここに、 t_r :上フランジの厚さ(12mm $\leq t_r \leq$ 37mm) t_w :ウェブの厚さ (8mm $\leq t_w \leq$ 12mm)

t_r :縦リブの厚さ (16mm $\leq t_r \leq$ 19mm) h_r :縦リブの高さ ($h_r = 190$ mm)

L :横リブの間隔(1000mm $\leq L \leq$ 1500mm) P :軸重(tonf)

r_w はウェブと上フランジの間のレ型T継ぎ手溶接の全体形状の影響を考慮するための係数であり、次章で述べる。

3. 推定式の補正 前述の σ_{wb} および σ_{rb} は各板の板厚の中央面が交差する位置の板曲げ応力であり、溶接の全体形状が考慮されていない。そこで、図-3に示す肘型ラーメンの解析を行った。このモデルは図-2のモデルから、その断面方向に単位幅だけ切り出したものに相当する。比較として、図-4に示す肘型ラーメンを構造力学によって解いた。2章の有限要素法解析で使用した四角形の板要素における板厚方向の曲げ応力の分布に対する仮定は構造力学における仮定と同じである。上フランジおよびウェブに生じる板曲げ応力の分布の比較を図-5に示す。有限要素法モデルの溶接止端の位置における板曲げ応力と構造力学モデルの中立軸の交点の位置における板曲げ応力の比率を調べた結果、隅肉溶接ではその変動が小さいが、レ型T継ぎ手溶接では大きな変動を示した。したがって、後者に関しては最小2乗法を適用することにより、その比率 r_w と t_w および t_r の関係を次式

Ichiro OKURA, Kiyoshi HORIIKE and Yuhshi FUKUMOTO

で与えた。 $r_w = -0.0242500 \cdot t_w + 0.00589399 \cdot t_r + 1.122322$ (3)

実物大の走行路の疲労試験において、 σ_{wb} および σ_{rb} はそれぞれ116.9P, -81.6Pであった¹⁾。式(1),(2)がそれぞれこれらの係数と等しくなるように、式(1),(2)にそれぞれ補正係数を乗ずることにより、板曲げ応力の推定式として次式を与えた。

$$\sigma_{wb} = 5.062 \times 10^5 \times (-0.0242500 t_w + 0.00589399 t_r + 1.122322) \times 10^{-0.1728 \cdot t_w \times t_r (-2.8854 + 0.1370 \cdot t_w)} \times P \quad (4)$$

$$\sigma_{rb} = -(3.4765 \times 10^4 \times t_r^{-1.8739} - 1.1442 \times t_r^{-1.8229} \times L) \times P \quad (5)$$

謝辞 貴重な助言をいただいた近畿大学理工学部の前田幸雄教授に感謝の意を表す。

参考文献 1) 大阪府土木部：大阪モノレールの鋼製軌道桁の疲労試験—走行路の疲労試験，1986.3

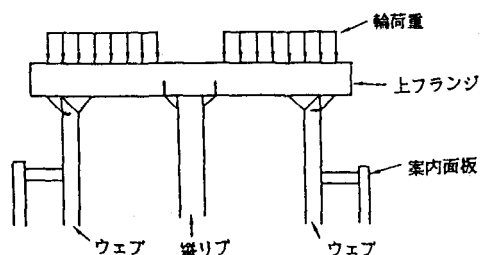


図-1 疲労亀裂の発生箇所

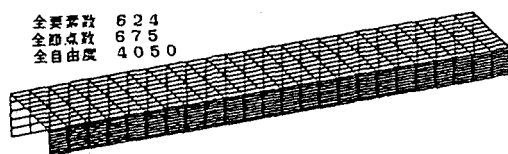


図-2 解析モデル

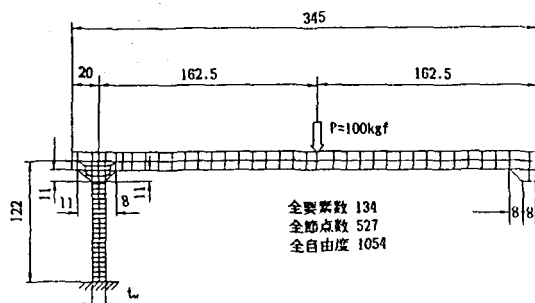


図-3 有限要素法モデル

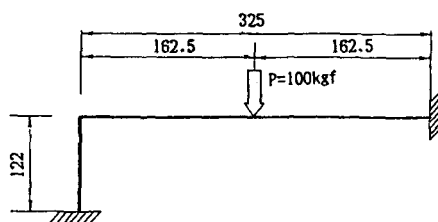
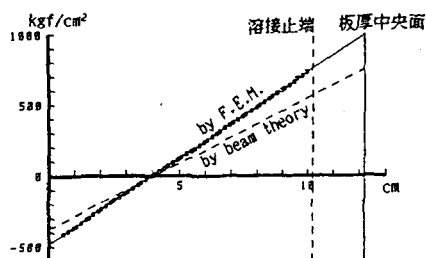
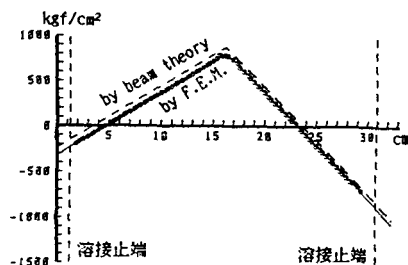


図-4 構造力学モデル



(a) ウェブ



(b) 上フランジ

図-5 板曲げ応力の分布の比較