

I-269

跨座型モノレールの鋼製軌道桁の走行路の疲労試験

大阪大学大学院 学生員 堀池 潔
大阪大学工学部 正 員 大倉一郎

近畿大学理工学部 正 員 前田幸雄
大阪府 小西一平

1. 序論 跨座型モノレールの鋼製軌道桁の横断面図を図-1に示す。幅が650mm で高さが約2.2mから3.3mまでの幅の狭い箱断面の2つの軌道桁がI断面の横桁で連結されている。軌道桁の上フランジの上をモノレールの車輪が走行する。走行路の上フランジは、輪荷重によって面外荷重を受けるため、上フランジと縦リブおよび上フランジとウェブを連結する溶接部に板曲げ応力が生じる。そこで、この板曲げ応力に対する走行路の疲労強度を明らかにするために、走行路の疲労試験を実施した。

2. 走行路の全体解析 図-2に示すような解析モデルを有限要素法で解いた。中央に横リブが設けられており、モデルの全長は1225mm×2=2450mmである。上フランジ厚とウェブ厚はそれぞれ18mmと10mmである。案内面板の下端までが考慮されている。縦リブに関して走行路は左右対称になり、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、右側のウェブと縦リブまでを考慮し、縦リブの位置に対称の境界条件を与えた。図-3は軸重9(ton)を載荷したときの横リブ間中央の板曲げ応力の横断面分布を示す。図-4は、ウェブの上端に生じるウェブの板曲げ応力の分布を示す。板曲げ応力はウェブの外側の表面に生じるものである。輪荷重が載荷されていない隣の横リブ間には板曲げ応力がほとんど生じていない。車軸間隔が1500mmで横リブ間隔1225mmより大きいので、1つの車軸が横リブ間を通過するごとに板曲げ応力が生じる。

3. 静的載荷試験 図-5に示すような3パネルからなる鋼製軌道桁の走行路の疲労試験体を製作した。両端と中間の2箇所に横リブが設けられている。部材寸法、板厚、溶接条件などは実構造物と同じである。実際のモノレールのタイヤの接地面積と同じ面積を有する長方形の領域(214mm×271mm)に等分布荷重となるように、各パネルの中央に荷重を載荷した。ウェブに生じる板曲げ応力と膜応力をそれぞれ図-6, 7に示す。板曲げ応力は解析値が実験値よりもかなり小さい。これは、解析モデルでは上フランジとウェブの間の溶接形状が考慮されていないためである。一方、膜応力も解析値が実験値よりも小さい。これは、試験体のウェブの下端の支持状態が解析における境界条件に完全には一致していないためと考えられる。上フランジに生じる板曲げ応力を図-8に示す。解析値は実験値に近い値を示している。上フランジに生じる膜応力は、板曲げ応力に比べて非常に小さく無視できる。上フランジとウェブの間のレ型T継手溶接のウェブ側止端の表面に生じる応力 σ_{ws} (kg/cm²)と荷重 P(ton)の関係、および縦リブと上フランジ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 σ_{rb} (kg/cm²)と荷重Pの関係、実験値と解析結果を考慮して、それぞれ次式で推定した。

$$\sigma_{ws} = 104P$$

$$\sigma_{rb} = -81.6P$$

4. 疲労試験 疲労試験を行った結果、疲労亀裂は上フランジとウェブの間のレ型T継手溶接(タイプA)と、上フランジと縦リブの間の隅肉溶接(タイプB)に発生した。タイプAの疲労亀裂は、外側のウェブ側止端に発生し、次のように進展した。(段階1)横リブ間中央の約100mm の範囲内で、外側のウェブ側止端に微少な亀裂が複数個発生する。(段階2)段階1で発生した亀裂が成長・合体し、表面での長さが約200mmになると、亀裂発生位置の近傍に添付したひずみゲージの範囲が低下し始める。(段階3)段階2の状態からさらに荷重を繰り返すと、内側のウェブ側溶接止端にも亀裂が現れる。タイプBの疲労亀裂は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発生した。タイプBの疲労亀裂が発生した箇所は圧縮の板曲げ応力が作用しているにもかかわらず、疲労試験終了時にはフランジの板厚の1/2から2/3まで疲労亀裂が進展していた。タイプAとタイプBのそれぞれの疲労亀裂について応力範囲 $\Delta\sigma_{ws}$ および $\Delta\sigma_{rb}$ と、各溶接止端の表面での亀裂長さが20mmになったときの繰り返し数 Ncとの関係をS-N関係に描くと図-9のようになった。

謝辞 疲労試験は三井造船株式会社の千葉研究所で実施した。疲労試験において御協力を賜った三井造船株式会社の関係諸氏に対し、深く感謝いたします。

参考文献 1)第33回土木学会年次講演概要集, I-336, 1978。

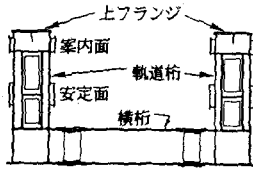


図-1 鋼製軌道桁の横断面図

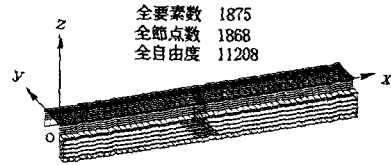


図-2 有限要素法解析モデル

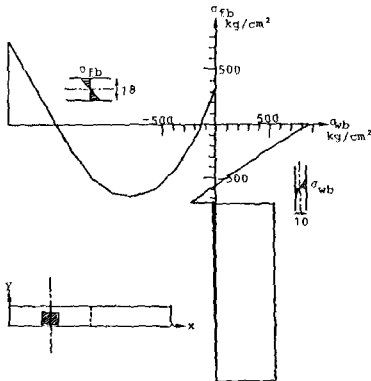


図-3 横リブ間中央の板曲げ応力の分布

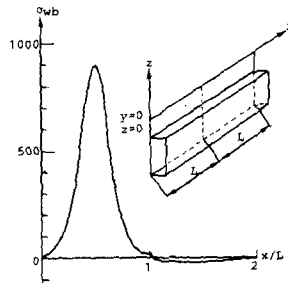


図-4 ウェブの上端の板曲げ応力の分布

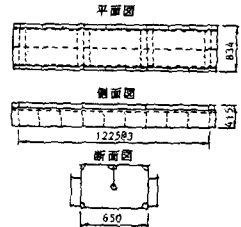


図-5 疲労試験体

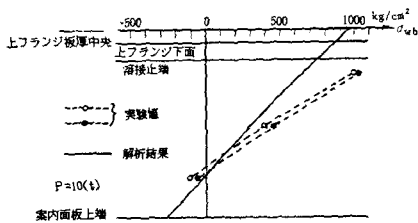


図-6 ウェブに生じる板曲げ応力

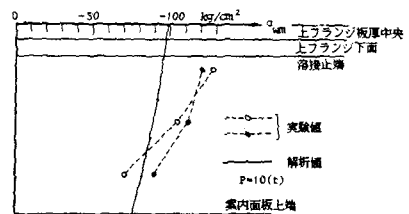


図-7 ウェブに生じる膜応力

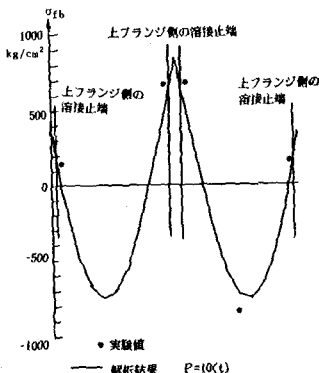


図-8 上フランジに生じる板曲げ応力

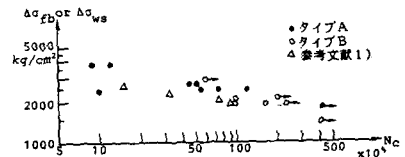


図-9 S-N関係