

I-180

I形桁のフランジの首振り疲労に関する研究

トピー工業 正員 和田敏雄
 宇都宮大学 正員 阿部英彦
 トピー工業 米花邦彦

1. はじめに

鋼鉄道橋において、疲労損傷が生じ得ることはある程度常識となっている。特に、溶接部の疲労亀裂は代表的なものであり、対策として様々な研究がなされている。本研究では、図1の様にI形断面の鋼桁の上フランジの首溶接部が、車輪通過の際のまくら木のためにより繰り返して首を振り、疲労破壊する可能性があることに着目し、模型による疲労試験と3次元有限要素法解析を行うことでその安全性の評価を試みた。

2. 実験概要

本実験では、図2に示す様な溶接組立の短いI形梁を試験体とし、上下対称に偏心荷重をかけた。偏心量は首溶接部の応力状態の比較を考慮して、2.5, 5.0, および7.5cmの3種類とした。試験機は、電気油圧式サーボ型試験機(容量30tf)を使用し、応力波形は正弦波、繰返し速度は毎分180~270回の圧縮片振り(下限荷重は0.2tf)とした。また、主にI型鋼溶接止端部付近にひずみゲージを貼り、応力状態及び亀裂の発生をチェックした。

疲労亀裂はすべてウェブ引張り側の溶接止端部から発生し、最後はフランジが“ガクッ”と傾いて荷重がかけられなくなった。下フランジ側での発生が多かったが、上フランジ側で発生したものもあり、1体のみは上下両方に亀裂が発生した。

図3に実験値のS-N線図を示す。尚、図の縦軸は応力範囲で、荷重から算出されたウェブ引張り側での値であるが、ゲージによる実測値との差は小さかった。偏心量が大きくなるにつれてS-N線の傾きが大きくなり、3本の線が交差している。また、繰返し数の多い領域では、同一の引張り側の応力に対し、偏心量が小さいもの程、即ち、圧縮側の応力が大きいもの程、疲労寿命が伸びていることが分かる。これは、ウェブ板厚内の応力勾配の差によるものと考えられる。

3. 解析概要

3次元弾性有限要素法解析により、実橋規模のI形桁の首溶接部付近において、列車荷重による応力状態がどのようなものであるのかを推算した。

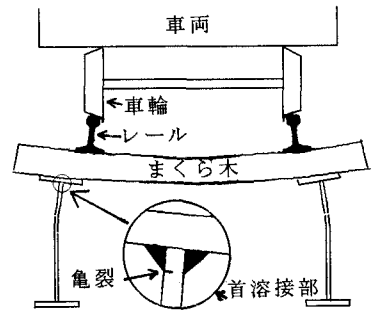


図1 概念図

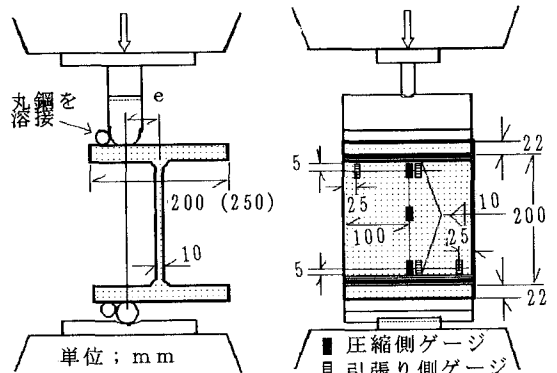


図2 試験体及び載荷状態

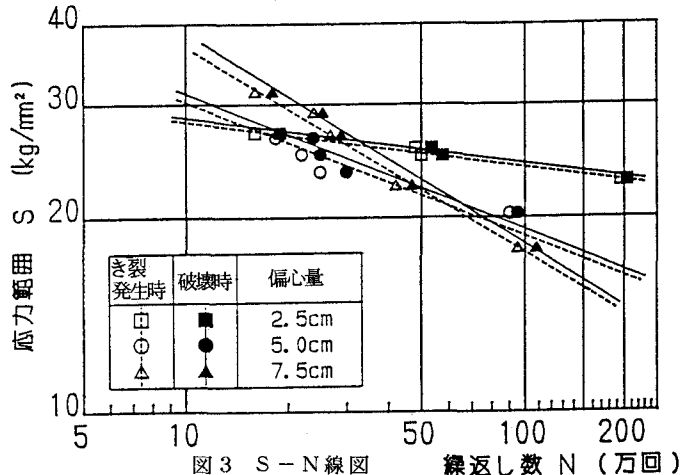


図3 S-N線図

本来、レールとまくら木及びI形桁を1体として解析するのが好ましいが、大きなプログラムを要するので、本解析では、「レールとまくら木」の系(モデル図を図4に示す)と、I形桁(モデル図を図6に示す)を分離し、両者の変形を合わせることで処理した。レールとまくら木及びI形桁の形状、寸法、材料特性は、新幹線で使用されているものを参考にし、荷重の大きさは、衝撃の影響も考えて1輪あたり10tと仮定した。

まず、「レールとまくら木」の系の解析(変形の模式図を図5に示す)により、荷重による各まくら木の支点位置での反力とたわみ角を求めた。次に、図6の様に支持したI形桁の上フランジに上記の各まくら木の反力に等しい荷重を同一の偏心量で載荷した。尚、偏心量は車輪直下(この例ではスパン中央)で上フランジの傾きとまくら木のたわみ角が等しくなる様に選んだ。

結果として、荷重の所要偏心量は0.75cmとなり、その時のI形桁スパン中央での上フランジの傾きは0.0024radである(図7に変形図を示す)。その場合の首溶接部付近での応力分布は図8に示すとおりである。この応力は公称応力で溶接による応力集中は考慮していないが、いずれにしても実際のI形桁の引張り側の首溶接止端部には余り大きな応力は発生してないことが推測される。また、より大きな偏心量の場合も共に図示したが、偏心量の差により引張り側の応力は、大きさも分布形状も変わって来る。尚、2.5m離れた次の車輪の影響は小さいことが分かる。

4. 結論

実橋における荷重の繰返し数は本実験よりはるかに多いが、それを考慮しても、鋼鉄道橋でまくら木のたわみにより首振りを生ずるI形桁の首溶接部に疲労亀裂及び破壊が生ずる危険性は、今回の実験及び解析結果からは殆ど無いと考えられる。しかし、レールやまくら木の状態によってはもっとフランジの傾きが大きくなったり、衝撃力が大きくなる可能性があり、又、たまたま、首溶接に欠陥が存在する可能性もあるので、長寿命の試験と共に、より実際に近い形で実験、研究することが必要であろう。

《参考文献》

- 1) 鉄道技術研究所：鉄道技術研究報告 No. 624 1968
- 2) John, w. fisher：鋼橋の疲労と破壊、建設図書、東京、1986
- 3) 信川、浜崎：溶接学会誌 第50巻 第8号 1981
「板とウェブのすみ肉溶接部の曲げ疲労強度について」
- 4) 高原清介：新軌道材料、鉄道現業社
- 5) 柴田元良：鉄道工学、コロナ社

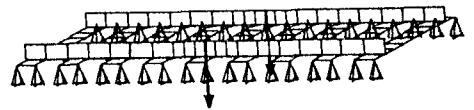


図4「レールとまくら木」系のモデル図

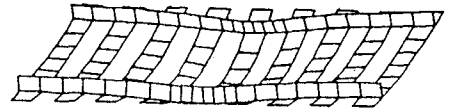


図5 変形図

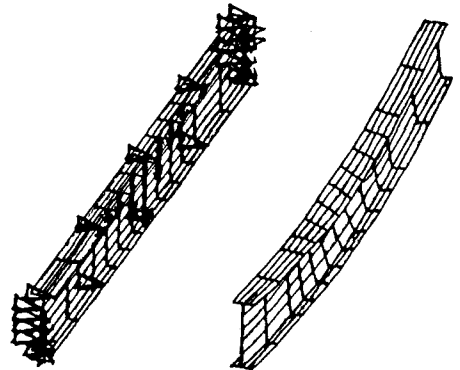


図6 I形桁のモデル図

図7 変形図

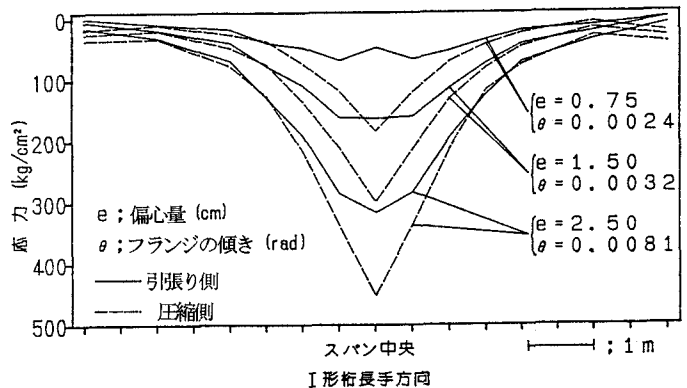


図8 首溶接付近のウェブの引張り及び圧縮応力の分布

図8 首溶接付近のウェブの引張り及び圧縮応力の分布