

I - 225

鉄道橋ガーターの首振り疲労に及ぼす要因の研究

鹿島建設 正員 岩下 直樹
足利工業大学 正員 阿部 英彦
トピー工業 西園 広之

1. はじめに

鉄道橋は、一般に設計荷重に近い荷重の列車が高い頻度で通過することにより、疲労損傷が生じる可能性が高いので、その対策と研究は数多くなされている。本研究では、その中で列車通過時に枕木がたわむことにより、ガーダーの上フランジが繰り返し首を振り、溶接止端部に亀裂が生じる可能性があることに着目し、小型試験体での疲労試験を行うと共に、2次元FEMによる溶接止端部の応力集中弾性解析により、その部分の疲労強度について検討した。

2. 実験概要

本実験では、図1に示す様に小型化したI形断面の試験体を用い、上下対称に偏心量5cmとして、繰り返し偏心载荷した。まず、ウェブ厚10mmの隅肉溶接をした試験体(TYPE-1)を基本とし、ウェブ厚を8mm(TYPE-2)、12mm(TYPE-3)に変えた。更に、TYPE-1と同形状の試験体に疲労亀裂を発生させ、現場での施工を想定した補修を施した(TYPE-4)。また、H形鋼のウェブを短縮して溶接したもの(TYPE-5)、及び同じH形鋼から切断したCUT-TのI形試験体(TYPE-6)を用いた。ウェブ厚、補修、首部形状などが疲労強度に及ぼす影響を探るため、静的試験後に応力範囲を変えて疲労試験を行った。

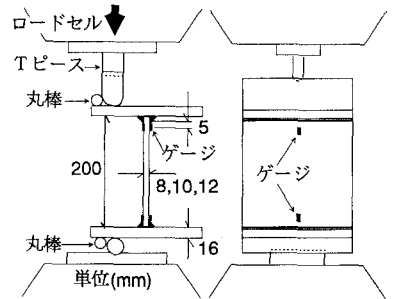


図1 試験体形状及び载荷方法

3. 実験結果及び考察

基本的には疲労亀裂は溶接止端部の一部から発生し、その後、表面沿い及び板厚方向に亀裂が進行した後、フランジの急激な傾きと共に破断に至った。図2に各タイプのS-N線図を示す。まず、TYPE-1~3においてウェブ厚内の応力勾配の差、即ち寸法効果の影響から板厚の増加に伴い疲労強度が低下すると思われたが、ウェブ厚10mmの試験体(TYPE-1)が最も疲労強度が高いという結果を得た。この逆転現象はウェブ材の引張強度の差によるものと考えられるが、8~12mmの範囲では寸法効果が疲労強度に及ぼす影響は本質的に小さいと推測される。

TYPE-1と比べてTYPE-4の疲労強度が低下し

た理由は、補修溶接で溶接端部に1cm程のクレータができてしまったこと、ガウジング及び溶接の入熱による母材の硬化と残留応力の影響などと推測される。しかし、補修前の約60%程度まで疲労強度が回復していることを考慮すると、補修の効果は十分あったと考えられる。また、余盛りが大きい場合、即ちフランク角が急な場合疲労強度は低下し、逆に余盛りを除去すると疲労強度は大幅に向上したことが、溶接線の位置の相違による差はほとんどないことが、TYPE-5,6の実験からわかった。これらの実験から、当然、可能的場合は余盛りを除去することが好ましいといえる。

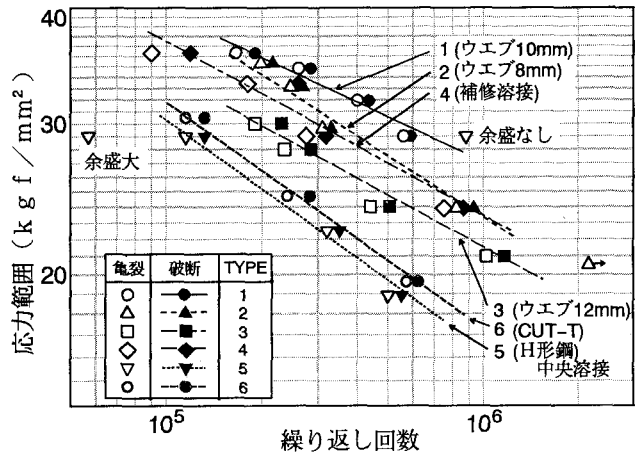


図2 S-N線図

4. 解析概要

溶接止端部の応力集中度を知るために、2次元FEMによる弾性解析を試みた。解析は、図3の(a)~(c)に示す様に順次ズームアップしたモデルを用いて精度を高め、局所的な影響を探ることとした。厚さや止端部の形状は試験体タイプにより異なるが、要素の形状及び大きさは、極力等しくなる様に努めた。

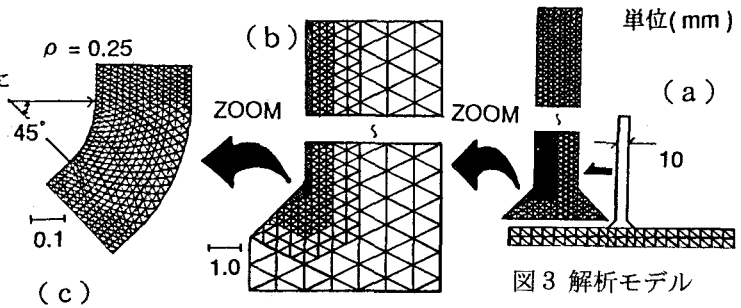


図3 解析モデル

5. 解析結果及び考察

モデル(b)による応力集中解析より、応力集中の影響は止端部から2mm離れたとはほとんど無くなることが分かった(図4)。この傾向は、溶接の種類や形状の相違による差はほとんど見られない。また、H形鋼の首部に応力集中はあまりないことがわかる。最も局所的なモデル(c)の解析により、応力集中係数($\alpha = \sigma_{max} / \sigma_{nom}$)は溶接の種類と止端部の形状により異なり、ウェブ厚の増加、止端部切欠半径(ρ)の減少に伴いその値は増加している。切欠半径の影響は大きく、特に小さい半径の時、その傾向は顕著である(図5)。図6はTYPE-1の止端部における応力集中係数の分布を法線方向の長さで表したもので、切欠部のほぼ中央で最大となり、その値は2.54である。また、TYPE-4, 5, 6に対する解析から、溶接角度が等しい場合、隅肉溶接の方が応力集中度が高くなるが、溶接線の位置の相違による差はほとんど見られなかった(表1)。

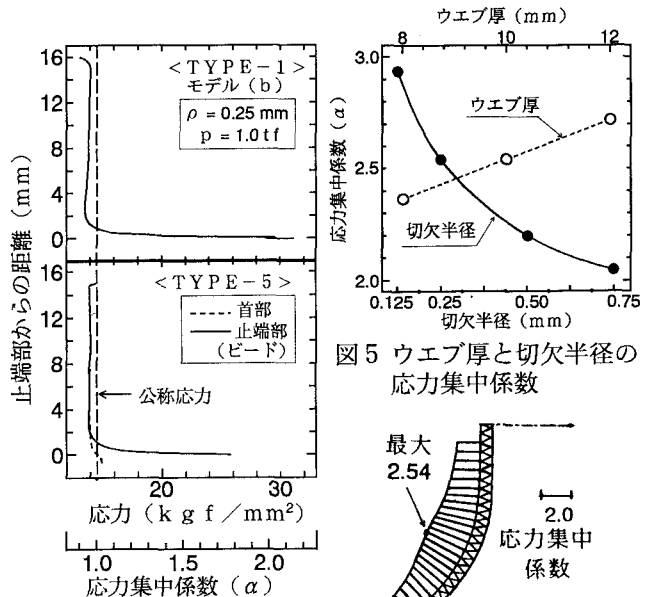


図4 応力集中の影響範囲

図5 ウェブ厚と切欠半径の応力集中係数

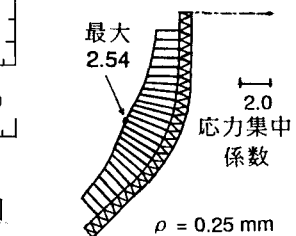


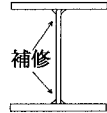
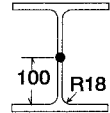
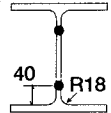
図6 切欠部の応力集中分布

6. 結論

- 1) 今回の首振り実験では、鋼板で溶接組立したものより、H形鋼のウェブで溶接したものの方が疲労強度が低く、100万回で約20kgf/mm²であったが、余盛りを除去する事により、大きく改善される。
- 2) ウェブ厚の影響は明瞭ではないが、8mm~12mmの範囲では余り大きくないと判断される。
- 3) 止端部の疲労亀裂に補修を施したものは、溶接端部のクレータなどの影響により疲労強度の低下が見られたが、相当程度までは回復する。
- 4) 溶接止端部の応力集中係数は、ウェブ厚や止端部切欠半径などにより変化し、その値は2.0~3.0であるが、2.0mmも離れれば応力集中の影響はほぼなくなる。

<参考文献>阿部英彦 他：鉄道プレートガーダー橋の首振り疲労、構造工学論文集、Vol. 39A(1993, 3)

表1 各試験体の応力集中係数

TYPE-1 -10mm-	TYPE-2 -8mm-	TYPE-3 -12mm-
$\alpha = 2.54$	$\alpha = 2.37$	$\alpha = 2.72$
TYPE-4 -補修溶接-	TYPE-5 -H形鋼-	TYPE-6 -CUT-T-
		
$\alpha = 2.11$	$\alpha = 1.98$	$\alpha = 1.98$