

I-176

垂直補剛材取付部の疲労寿命予測

関西大学工学部 正会員 坂野昌弘

関西大学工学部 正会員

三上市蔵

関西大学大学院 学生会員○米本栄一

1. はじめに

橋梁の疲労亀裂発生位置の大半は溶接継手部であり、また、橋梁が数十年から百年以上もの長期間使用される構造物であることを考慮すると、橋梁の耐久性向上を図る上で溶接継手部の長寿命疲労特性を把握することが重要と考えられる。しかし、実物大のディテールを用いた長寿命疲労実験には膨大な時間と労力を要するため、解析的に疲労強度特性を求めることが必要となる。本研究では、別報¹⁾で実施したプレートガーダー垂直補剛材取付ディテールの疲労実験結果に対して、破壊力学の手法を用いた疲労亀裂進展解析による疲労寿命予測を試みた。

2. 疲労寿命予測方法

図1に示す①～④の垂直補剛材取付溶接部を解析の対象とした。すみ肉溶接止端部に生じる半楕円形表面亀裂に対する応力拡大係数範囲 ΔK は次式で与えられる。

$$\Delta K = Fe \cdot Fs \cdot Ft \cdot Fg \cdot Sr \sqrt{\pi a} \quad (1)$$

ここで、 Sr は公称応力範囲、 Fe 、 Fs 、 Ft および Fg はそれぞれ亀裂形状、表面亀裂、有限板幅、および応力集中に対する補正係数であり、 Fe 、 Fs は以下の式で与えられる。

$$Fe = 1 / \sqrt{1 + 1.464(a/b)^{1.65}} \quad (2)$$

$$Fs = 1 + 0.12(1 - a/b) \quad (3)$$

ここで、 a は亀裂深さ、 b は表面亀裂長さの半分である。 Ft は、解析対象の断面が亀裂に対して十分大きいため、1と仮定した。

すみ肉溶接継手の疲労寿命は溶接止端形状に大きく影響される²⁾。図2は別報¹⁾の試験体で測定した①～④の各ディテールの溶接止端部の角度と曲率半径の分布である。ディテール②の止端形状が最も厳しく、①のウェブ側がそれに次いでいる。①のフランジ側と③、④については、比較的緩やかな止端形状を示している。ここでは、これらの止端形状の違いに着目して、各ディテールの疲労寿命の違いを検討した。止端形状の違いは Fg によって表すことができる。

図2を参考に、表1に示す3ケースの止端形状を仮定して亀裂がない場合の応力分布を求め、重ね合わせの原理により Fg を求めた。ケースⅠは、ディテール②、ケースⅡは①w、ケースⅢは①f、③、④に相当する。図3に溶接部の有限要素モデルを、図4に求められた Fg の分布を示す。

亀裂形状比 a/b はリブ十字継手の疲労試験結果³⁾を参考に1/2、初期亀裂深さはすみ肉溶接部の第1段階亀

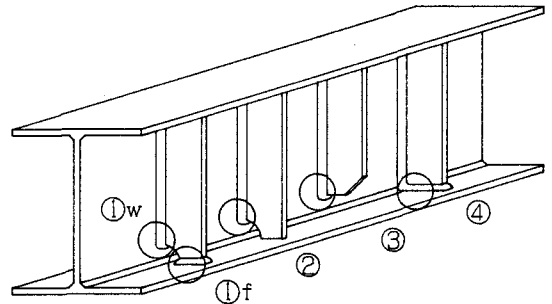
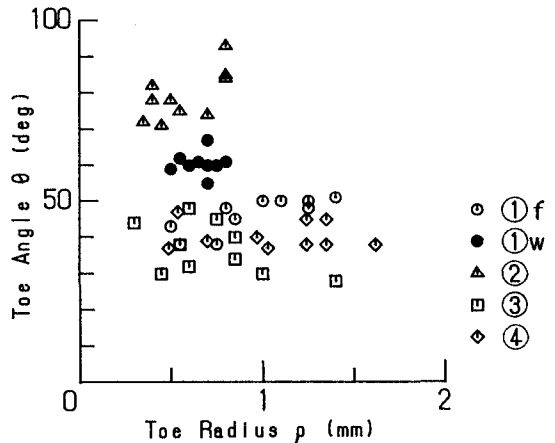


図1 垂直補剛材取付溶接部

図2 溶接止端部の角度 θ と曲率半径 ρ

裂深さ²⁾を参考に0.05mm, 限界亀裂深さは板厚に仮定し, 疲労亀裂進展速度 da/dN と ΔK の関係は以下の式⁴⁾を用いた.

$$da/dN = \begin{cases} 1.0 \times 10^{-11} \cdot \Delta K^3 & (\Delta K > \Delta K_{th}) \\ 0 & (\Delta K \leq \Delta K_{th}) \end{cases} \quad (4)$$

ここで, 下限応力拡大係数範囲 ΔK_{th} は $2.5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, da/dN の単位は m/cycle である.

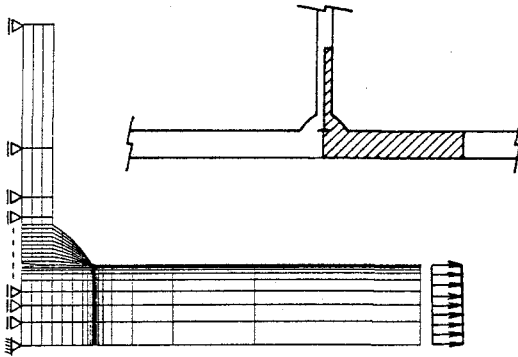


図3 有限要素モデル

表1 止端形状の仮定

ケース	θ (deg)	ρ (mm)
I	80	0.5
II	60	0.75
III	30	1.0

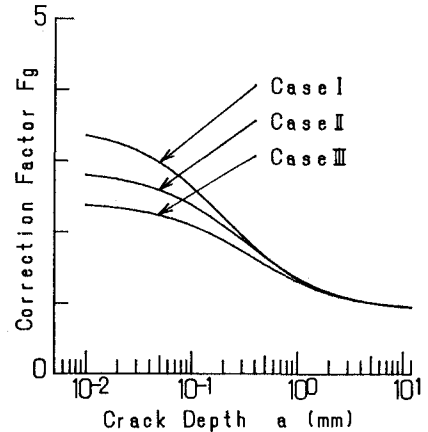


図4 応力集中に対する補正係数 F_g

3. 結果および考察

図5に寿命予測曲線と実験値¹⁾を示す. 最も疲労強度の高いディテール①のフランジ側と③の実験値は, 止端形状が最も緩やかなケースⅢの寿命曲線と一致しており, ディテール①のウェブ側と②についても, ケースⅡあるいはケースⅠの寿命曲線とおおよそ一致している. したがって, これらのディテールについては疲労強度の違いを溶接止端形状の違いによりほぼ説明することができる. ディテール④については, 止端形状と対応するケースⅢの寿命曲線と大きく隔たりがあることから, 止端形状以外の要因についてさらに検討が必要である.

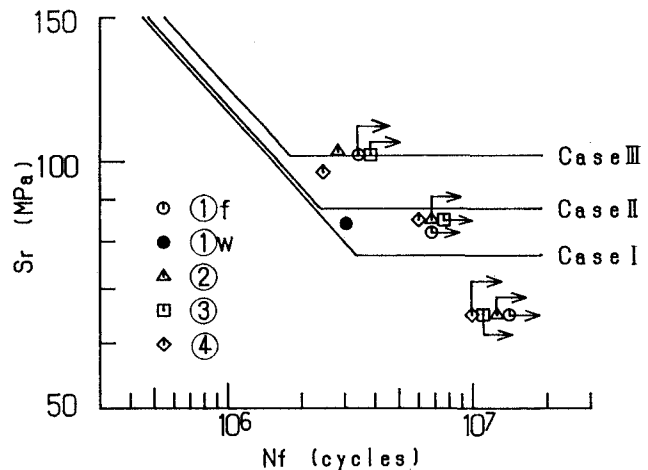


図5 疲労寿命の予測

4. おわりに

破壊力学の手法を用いた疲労亀裂進展解析により垂直補剛材取付部の疲労寿命を予測できること, および各ディテールの疲労強度の違いは溶接止端形状の違いによりほぼ説明できることが示されたが, 一部のディテールについては止端形状のみでは説明できず, さらに検討が必要である.

〔参考文献〕1) 坂野・三上・三木・安池: 垂直補剛材取付部の疲労実験, 第46回年次学術講演会概要集, 1991. 2) 三木・坂野・豊田: 構造工学論文集, Vol. 35A, pp. 321-328, 1989. 3) 田垣・近藤・山田・菊池: 土木学会論文報告集, No. 324, pp. 151-159, 1982. 4) 金属材料研究所: 疲れデータシート, No. 21, 1980.