

垂直補剛材取付溶接部の疲労寿命予測

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 〇米本栄一

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、解析的に疲労寿命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。

$$\Delta K = F_e \cdot F_s \cdot F_t \cdot F_g \cdot S_r \sqrt{\pi a} \quad (1)$$

ここで、 S_r は公称応力範囲、 F_e 、 F_s 、 F_t および F_g 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、 F_e 、 F_s は以下の式で与えられる。

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

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

ここで、 a は亀裂深さ、 b は表面亀裂長さの半分である。 F_t は、解析対象の断面が亀裂に対して十分大きい場合、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。①fと③の止端形状がゆるく、②と④の止端形状がきつくなっている。ここでは、これらの止端形状の違いに着目して、ディテールによる疲労寿命の違いを検討した。止端形状の違いは F_g 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 F_g を求めた。ケースⅠは、ディテール②と④、ケースⅡは、①w、ケースⅢは①fと③に相当する。図3に溶接

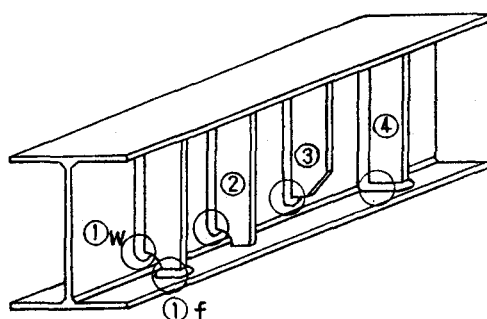


図1 垂直補剛材取付溶接部

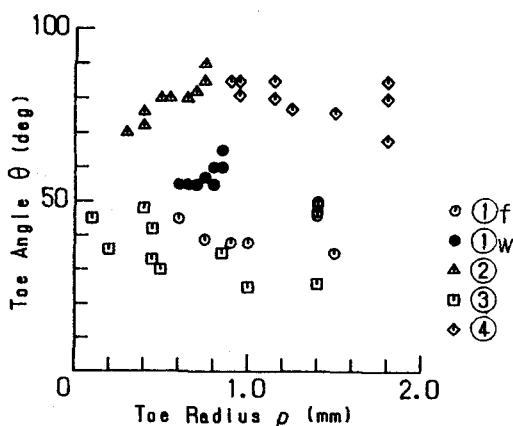


図2 溶接止端部の角度 θ と曲率半径 ρ

Masahiro SAKANO, Ichizou MIKAMI, Eiichi YONEMOTO

部の有限要素モデルを、図4に求められた F_g 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(4)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、下限界応力拡大係数範囲 ΔK_{th} は $2.5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 、 da/dN の単位は m/cycle である。

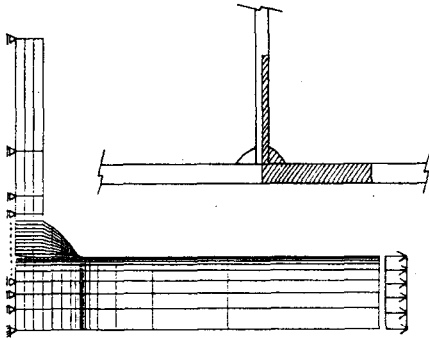


図3 有限要素モデル

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

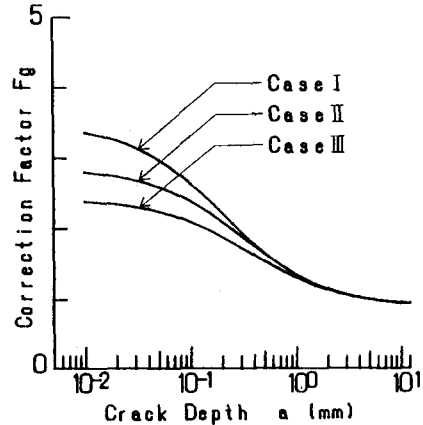


図4 応力集中に対する補正係数 F_g

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。予測曲線のケースⅠは、②、④を、ケースⅡは、①wを、ケースⅢは、①f、③をそれぞれ比較的よく表している。したがって、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説明することができる。

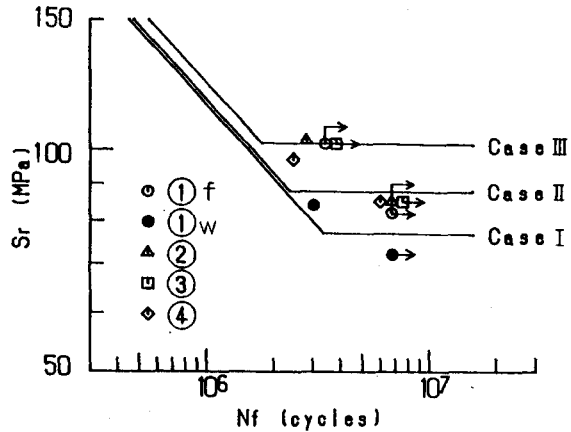


図5 疲労寿命の予測

4. おわりに

破壊力学の手法を用いた疲労寿命解析により、垂直補剛材取付溶接部の疲労寿命を比較的精度よく予測できること、および取付ディテールによる疲労強度の違いが溶接止端形状によるものであることが示された。

〔参考文献〕1) 坂野・三上・安池：種々の垂直補剛材取付ディテールの疲労実験，関西支部年次学術講演概要集，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・菊地：土木学会論文報告集，No. 324，pp. 151-159，1982。4) 科学技術庁金属材料研究所：疲れデータシート，No. 21，1980。