

面外曲げを受ける隅肉溶接継手の疲れき裂の研究(第2報)

大阪大学工学部 正 員 前田幸雄
大阪大学大学院 学生員 ○宇高史範

① まえがき 第1報⁽⁴⁾において、プレート・ガダーの疲労における1型き裂に対する、強度及び発生機構解明のため、モデル化した試験体を対象とし、理論解析のみを行なったが、今回の報告は、実験を中心として、隅肉溶接継手の疲労強度及びF.M.(S.I.F)の適用を試みたものである。

② 試験片と実験方法 供試体はSS41、厚さ22mmの圧延鋼材で、その化学成分及び形状は右に示す。実験は油圧式の疲労試験機(サーボパルサ)を用いて、約300cpmの繰返し速度で行なった。試験片のフランジBの両側を当て板でボルト締めを行ない、ウェブAの上部中央部に、先端に丸味をもつ荷重棒を介して、繰返し片振れ曲げ荷重をかけた。疲れき裂の発生及び伝ばは、ピッチ0.2mmのクラック・ゲージにより計測し、き裂長が板厚の1/2すなわち11mmをこえた時点で実験を中止した。なお、溶接部は脚長15mmとし、隅肉溶接表面の機械仕上げにより、疲労強度がどの程度上昇するかを調べるために、数体の試験体の溶接ウェブ側止端部を、半径2mmの円弧状に仕上げた。

SS41

Chemical composition (%)

C	Si	Mn	P	S
X100	X100	X100	X100	X100
14	21	77	13	10

Mechanical properties

Yield stress	Ultimate tensile strength	Young modulus
25.46	43.18	1.96×10^4

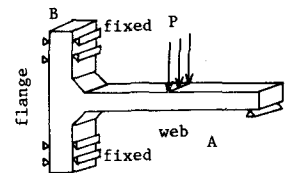
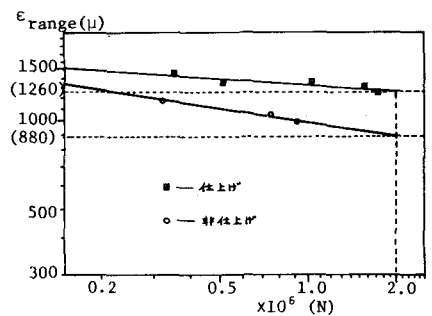
(kg/mm²)

Fig.-1 Profil of specimen

③ 疲労強度[$\epsilon(\sigma)$ -N Curve] 今回の実験は、高サイクル疲労であったが、試験体の多くは溶接ウェブ側止端部で表面付近が降伏しているため、F.E.M.による弾性解からは、正確な応力及びひずみを求めることができない。それゆえに、弾性理論により求めた解を、弾塑性解に補正して ϵ_{range} を求め、回帰分析により ϵ -N Curveを求めた。なお、Nとしては、板厚の1/2伝ば時のサイクルをとり、その結果をFig.-2に示す。200万回強度の ϵ_{range} は、非仕上げ状態で880 μ となり、

Fig.-2 $\epsilon(\sigma)$ -N Curve

過去に大阪大学で行なわれた幅の広い試験体を用いた実験⁽²⁾⁽³⁾から得られた814 μ と比較すると強度が大となっているが、本試験体には、残留応力除去用焼鈍がなされていて、これにより強度が大となったものと考えられる。また、同時にこのグラフは、隅肉溶接ウェブ側止端部を仕上げることにより疲労強度が相当改善されることを示している。

④ F.M (Fracture Mechanics) の適用 応力拡大係数の変動範囲 ΔK とき裂の伝ば速度 da/dN との間には $da/dN = f(\Delta K, \text{2次的諸因子})$ の関係があることが知られている。一般には2次的諸因子は無視し、 $da/dN = C \cdot (\Delta K)^m$ で表現する。曲げモーメントを受ける単純

板に関するK値の解析解はすでに求められているが、隅肉溶接ウエブ側止端部におけるき裂伝ばは円弧を描き、しかも基部の形状が特殊であることより、応力分布が複雑となっている。それゆえに、FEMによる応力外挿法でき裂長さaに対するK値及び最小断面のモーメントを求めた。以下、算出手順を示す。

F.E.Mによる応力外挿

$$\begin{cases} K_1 = \sigma_y \sqrt{2\pi Y} & (\text{種々の } a/w \text{ 比に対して求める}) \\ M(a) & (\text{種々の } a \text{ に対する最小断面の荷重 } 1 \text{ kg におけるモーメント}) \end{cases}$$

$$K_1 = \sigma \sqrt{\pi a} F(a/w) \quad (\sigma = 6M(a)/w^2 \quad F(a/w) \text{ は補正式})$$

$$F(a/w) = \frac{K_1 w^2 B}{6M(a) \sqrt{a}}$$

右辺を計算し、得られた数値により

4次多項式 $F(a/w) = A_0 + A_1(a/w) + A_2(a/w)^2 + A_3(a/w)^3 + A_4(a/w)^4$ に表わす。

A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
2.40	-7.90	30.10	-54.97	46.38

$$\Delta K_1 = \frac{6 \cdot R \cdot M(a) \sqrt{a}}{w^2 \cdot B} \cdot F(a/w) \cdot P_{range}$$

(ここでRは実験値/理論値を表わす)
補正係数

C, m

以上のようにしてC, mが求まると、補正式F(a/w)とともに、任意の荷重振幅における、初期クラック寸法 a_i から限界クラック寸法 a_c に成長するまでの荷重繰返し数すなわち寿命 N_c が求められることとなる。

[5] 考察 以上求めた結果は、種々の因子により、精度的に問題を含んでいるが、それはさておき、曲げモーメントを受ける単純板の解析結果と比較すると、明らかに差があり、隅肉溶接ウエブ側止端部のき裂伝ばに対しては、独自の補正式を必要とし、正確に求められたならば、これまで行われてきた耐久限設計にかわり、一定期間の使用に耐え得る設計、すなわちFail Safeの概念の適用が可能となるであろう。

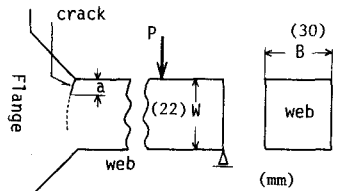


Fig.-3 Detail of specimen

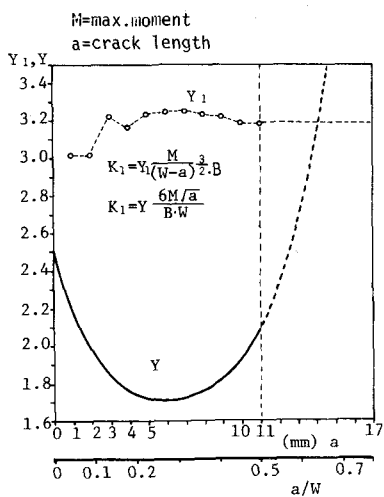


Fig.-4 a/W - Y1, Y/W

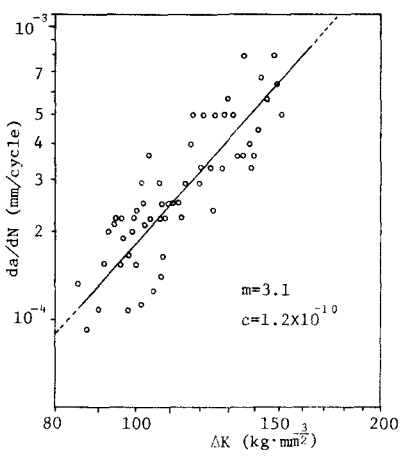


Fig.-5 ΔK - da/dN

- [参考文献] (1) 第31回年次学術講演会講演概要集 (I-188)
(2) 昭和50年度関西支部年次学術講演概要集 (I-49)
(3) 第30回年次学術講演会講演概要集 (I-111)