

大阪大学大学院 学生員 宇高史範
 大阪大学工学部 正員 前田幸雄
 大阪大学大学院 学生員 大倉一郎

1 まえがき

曲げを受けるプレート・ガーダーにおけるI型疲労き裂に関するメカニズム解明のため、第1報⁽¹⁾においては理論のみにより、第2報⁽²⁾においては実験を中心として途中経過を発表した。ここにおいては、実験の最終結果と今までの総まとめを行なったものである。

2 実験に関して

SS41, 厚さ22mmの圧延鋼材を使用し、油圧式の疲労試験機を用いて、300cpmの繰返し速度で、すみ肉溶接部に繰返し曲げモーメントを加えた。疲労き裂はルート・ギャップ部からではなく、すみ肉溶接ウエブ側止端部に発生、板厚方向に伝ばし、その速度をピッチ0.2mmのクラック・ゲージで計測した。なお、溶接ウエブ側止端部の表面仕上げにより、疲労強度がどの程度上昇するかを調べるために、B-シリーズとして止端部を半径2mmの円弧状に仕上げをした試験体を使用した。Fig. 2に、実験結果の回帰分析より得られた $\epsilon-N$ 曲線を示す。200万強度は、A-シリーズでは17.2 kg/mm² (歪レンジで880 μ)となり、仕上げを行なったB-シリーズでは24.7 kg/mm² (歪レンジで1260 μ)となり、A-シリーズと比較すれば、溶接部の機械仕上げにより、疲労強度が相当高くなることがわかる。

3 破壊力学(F.M.)の適用に関して

K値は一般に $K = 0.001 \pi a \cdot F(a/W)$ [a : き裂長さ, W : 板厚] で与えられる。 $F(a/W)$ は補正式と呼ばれ、種々の破壊様式に対して、今日までに多く求められているが、隅肉溶接ウエブ側止端部におけるき裂は、円弧状を描き、しかも、基部の形状が特殊であることから、応力分布が複雑であり、補正式は求められていない。それゆえに、F.E.M.による応力外そう法で、き裂長さ a に対するK値及びモーメントを求めた。

き裂の進展にともない変化するK値をもとに、4次多項式によって回帰して得られた補正式を次に示す。

$$F(a/W) = 2.40 - 7.90(a/W) + 30.10(a/W)^2 - 54.97(a/W)^3 + 46.38(a/W)^4$$

〔有効範囲 $0 \leq a/W < 0.7$ 〕

次に、Parisの関係式 $da/dN = C(\Delta K)^m$ が成り立つものとして、任意の荷重振幅における ΔK を求め、実験から得られた da/dN のデータとをプロットして C, m 値を求めた、これをFig. 3に示す。

Parisの関係式を積分すれば、ある応力振幅下における任意き裂長さからの伝ばに要するサイクル数を求めることができる。その式を次ページの右に示す。

式中の a/W を未知数とし、任意応力振幅下におけるサイクル数を N (Fig. 2参照)として、数値積分を行な

T.S. No.	σ_{range} (kg/mm ²)	
A-1	30.3	as-weld
A-2	24.3	
A-3	20.3	
A-4	19.3	
B-1	31.5	finished
B-2	27.3	
B-3	29.0	
B-4	27.6	
B-5	25.7	

Table-1 Nominal Stress Range

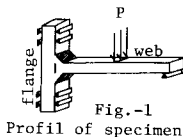


Fig. -1 Profil of specimen

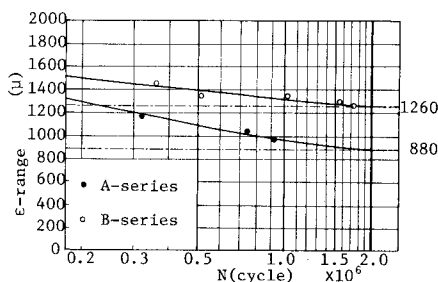


Fig. -2 ϵ (strain)-N Curve

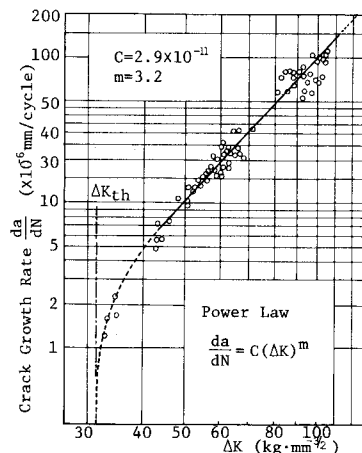


Fig. -3 $da/dN-\Delta K$ Curve

た結果をグラフに示したものが Fig.-4 (非仕上げ状態), Fig.-5 (仕上げ状態) である。このように Paris 式を逆に利用し、 Q_0 (初期欠陥) を求めたものが、図中の・印 (Initial Crack Size) である。

溶接部における欠陥には、平面状欠陥、スラッグ巻き込み、アンダーカット、ブローホール等があげられるけれども、そのそれぞれを一樣に等価な理想き裂におきかえ、そのき裂の伝ばとして疲労現象をとらえたわけである。試験体に初期切り欠きを与えないで実験を行なった理由がここにあるわけであり、溶接部における各種欠陥をき裂長 (等価) Q_0 としてとらえることが最良の方法であると考えらる。

き裂の伝ば速度を求める実験と別に、応力拡大係数の下限界 K_{th} を求める実験を行なった。まず、疲労き裂を発生させ、それから応力漸減法 (ΔK 漸減法) により、き裂の進展が停止する時の ΔK を求めた。この場合、き裂が 0.2mm 進展するごとに荷重振幅を低下させた。Fig.-3 に示すように、き裂進展下における最終値は dq/dN が $1.2 \times 10^{-6} \text{ mm/cycle}$ 、その時の ΔK 値は $93 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2}$ 、次の段階で ΔK 値を $28 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2}$ としたが、約 100 万サイクル後もき裂の進展が認められないため、ここで実験を打ち切った。 ΔK_{th} (下限応力拡大係数範囲) はほぼ $30 \text{ kg}\cdot\text{mm}^{-3/2}$ と考えられ、それ以下の応力振幅では、Paris 式は適用不可能となり、比例限界曲線 (Proportional Limit Curve) として Fig.-4, 5 に破線で示した。

4 結言

① 隅肉溶接部へつ側止端部の機械仕上げにより、かなりの疲労強度上昇が期待できる。(公称応力比で約 4割)
 ② 破壊力学の適用により、疲労現象の定量的評価が可能となり、ミクロ的な初期欠陥に関しても、物性論、原子論まで立ち入るまでもなく評価が可能であると考えらる。このようにして求めた初期欠陥等価き裂長は、非仕上げ試験体で 0.18~0.41mm、仕上げ試験体では 0.0068~0.053mm の範囲となった。なお、初期欠陥が疲労強度におよぼす影響力の大きさを考えれば、データーのばらつきが比較的大きいことから、より多くの実験で、欠陥を評価することが必要であると考えらる。

繰り返し曲げを受けるプレート・ガダーにおける I 型き裂は、板厚方向のみならず、板幅方向にも伝ばする。本研究においては板厚方向に対するき裂発生、伝ばのメカニズムが一応解明できたものとして、今後の課題として、板幅方向へのき裂の伝ばも考慮すること、すなわち 3 次元的な取りあつかいが必要であるだろう。

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 52 年 関西支部年次学術講演概要集 (I-18)

