

愛知県 正員 牧野 時則
 名古屋大学 学生員 〇馬場 十尋
 名古屋大学 正員 山田 健太郎
 名古屋大学 正員 菊池 洋一

1. 緒言

鋼構造部材の疲労強度に関する最近の研究では、疲労寿命あるいは疲労限を求めるのにとどまらず、疲労き裂の発生および進展に注目し、さらに破壊力学的手法を用いた解析が行われている。ここでは縦リブ溶接継手の疲労試験を行い、とくに進展中の疲労き裂の形状・寸法、進展状況をとらえるために、試験中に塗料でマーキングをする簡単で手軽な手法を用いている。そして、得られた結果を用いて疲労き裂進展寿命の解析を行い、考察を加えている。

2. 試験片

使用した鋼材は、耐候性鋼 SMA50A および一般溶接構造用鋼 SM50A であり、試験片の形状および寸法を Fig.1 に示す。試験片の製作は、鋼板から幅 80mm の長方形板を切り出し、母材ロール方向に平行に、100×50×9 ないし 100×50×10 のガゼットを表裏対称となるように手溶接し、溶接部は未仕上げのままである。試験片は、SMA50A 材（板厚 9mm のものを 10 体、板厚 10mm のものを 11 体、SM50A 材（板厚 10mm）を 10 体製作した。なお、試験片の溶接による曲りは、疲労試験前に矯正した。その際、曲がり量がスパン 580mm に対して 0.5mm 以内となるようにした。

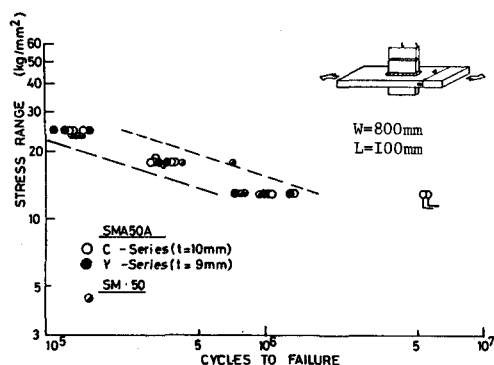


Fig.1 S-N plot for tensile specimen with attachment

3. 試験方法

試験は、容量 100t のアムスラー型疲労試験機を用いた。荷重条件は、定振幅片振り引張であり、応力範囲 25, 18, 13 kg/mm² の 3 段階について、最小荷重を 2 ないし 3 t（応力では 2.8 ないし 3.8 kg/mm²）として行った。荷重くり返し速度は毎分 540 回である。疲労試験に際して溶接止端部から 2 ないし 3 cm 離れた位置に、表裏 2 枚ないし 4 枚のひずみゲージを貼付しておき、静的および動的載荷時のひずみ量が同じになるよう試験片ごとに検定を行った。試験中、溶接止端部に浸透性の良い導電性塗料をある時期に塗布し、その時発生している疲労き裂をマークすることを試みた。

4. 試験結果

Fig.1 に S-N 曲線を示す。図中の破線は 95% 信頼区間を示す。この図より、板厚が 1mm 異なることや、材質が SMA50A と SM50A と異なることなどは疲労強度に差異を与えないことがわかる。この結果より、以下において 3 種の試験片を同一種の試験片とみなすものとする。マーキングにより、疲労き

型は溶接上端部より発生して、その疲労き裂が限界寸法に達することによって試験片が疲労破断した。また、マーキングされたき裂は半楕円状のものか1個あるいは複数個存在して、このき裂の寸法を倍率 $\times 25$ あるいは $\times 50$ の読取顕微鏡(精度 0.01mm)により測定した。この結果より、き裂深さ a と表面でのき裂幅半長 b とを両対数紙上にプロットした結果をFig.2に示す。この図よりき裂形状は $b/a = 1/10 \sim 1/2$ の広範囲に分布している。図中の記号より判断すれば、疲労き裂は進展初期において、単一き裂あるいは複数き裂であり、これは溶接止端部の局所形状に左右されるものと思われる。そのうち単一き裂はそのまま進展するが、複数き裂の場合には必ずしもそのまま最終破断まで進展するわけではなく、ほとんどの場合まわし溶接止端幅まで進展する過程でき裂の相互干渉、および合体を経て、単一き裂に移行、進展していくものと考えられる。なお、ここでの結果からは応力範囲によるき裂形状の差異はみられなかった。Fig.3は縦軸にマーキングした最大き裂深さ a を、横軸に破断寿命に対するマーキングした時点のくり返し数との比 N_{dy}/N_f を取り、試験結果をプロットしたものであり、破断寿命の約20%において最小き裂深さ 0.27mm が確認された。

5. 解析 疲労き裂の進展解析には、応力拡大係数範囲 $\Delta K(\text{kg}/\text{mm}^{3/2})$ とき裂進展速度 $da/dN(\text{mm}/\text{cycle})$ とを関連づけたParis則と、SMA50A, SM50Aについての実験値より得た次式を用いる。

$$da/dN = 1.43 \times 10^{-10} (\Delta K)^3$$

Fig.4は、縦軸にき裂長 a 、横軸にそのき裂長から破断までの残存寿命を取り、解析値と実験結果とを比較したものである。解析値は $b/a = 1/10 \sim 1/2$ の範囲として計算したもので、実験結果のプロットは、ほぼその範囲内に含まれている。

6. 結論 (1) 浸透性のよい塗料を溶接止端部に塗布することによって、進展過程にある疲労き裂が良好に観察され、その形状は半楕円であることが確認できた。(2) き裂発生寿命は初期き裂長を 0.1mm と仮定すれば、破断寿命の20%以下であると考えられる。(3) 破壊力学的手法により、疲労き裂進展寿命を良好に予測できる。

文献 (1) 牧野時則 付加物溶接継手に発生する疲労き裂の破壊力学的考察 名古屋大学土木工学科修士論文 1978年2月 (2) 破壊力学を用いた鋼構造物の疲労強度解析 第25回構造工学シンポジウム

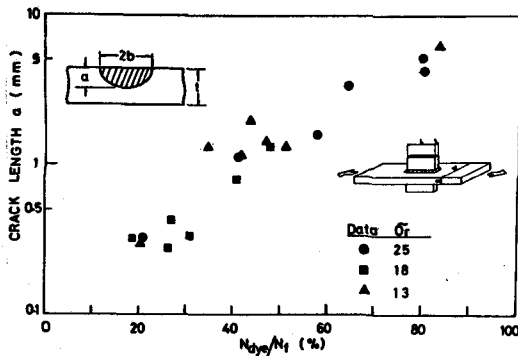


Fig. 3 Relation between dye-marked crack length and number of cycles for tensile specimen with longitudinal attachments

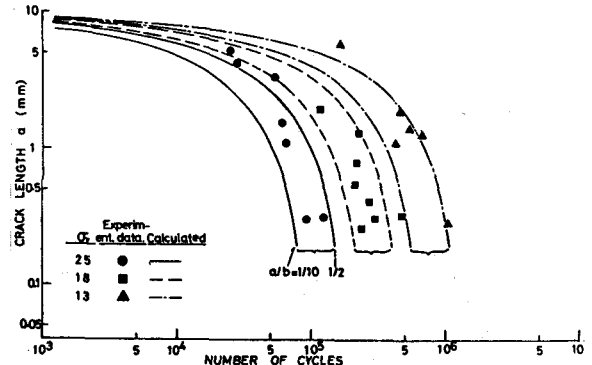


Fig. 4 Comparison between observed and computed crack propagation life for tensile specimen with longitudinal attachments