

(1-3) 各種溶接棒を用いた隅肉溶接継手の疲労強度

群馬大学 正会員 池田正志
群馬大学 正会員 坂野昌弘
東京工業大学 正会員 三木千壽

1. はじめに

鋼橋の疲労損傷は補剛材やガセットなどの取付に用いられる隅肉溶接部の止端から発生することが多い。隅肉溶接止端部での疲労亀裂の発生と初期進展は止端近傍の局所的な現象であるため、それらに対して溶接材料が影響することが予想される。本研究では、4種類の溶接材料を用いて製作した隅肉溶接継手の疲労試験を行い、各試験体の強度を比較して、隅肉溶接継手の疲労強度に及ぼす溶接材料の影響を検討した。

2. 実験方法

供試鋼材はSM50YA（降伏点:390MPa, 引張強度:560MPa）である。図1に隅肉溶接継手試験体の形状と寸法を示す。溶接材料は、A:低水素系溶接棒(JIS D5016), B:鉄粉低水素系溶接棒(JIS D5026), C:炭酸ガス溶接用ソリッドワイヤ(JIS YCW1), D:炭酸ガス溶接用フラックス入りワイヤ(JIS YFW24)の4種類である。以下試験体は溶接材料の記号で呼ぶ。疲労試験は電気油圧式疲労試験機を用い、4点曲げ载荷で行った。繰返し速度は10~30Hzである。試験体が小型で残留応力が小さいことを考慮し、全ての試験体に対して最大応力を250MPa（降伏点の約65%）に設定している。

疲労亀裂の検出には交流ポテンシャルドロップ法を用いた。この方法により深さ0.2~0.5mm程度の微小な亀裂を検出することができた。ここでは、測定の精度を考慮して深さ1mmの亀裂が生じるまでの応力繰返し数を亀裂発生寿命 N_c と定義した。

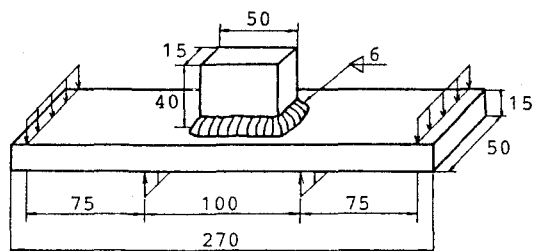


図-1 試験体の形状と寸法（単位:mm）

3. 実験結果および考察

(1)各試験体の疲労強度 図2に、各試験体について公称曲げ応力範囲 S_r と亀裂発生寿命 N_c および破断寿命 N_f の関係を示す。A, B, C試験体については、 $S_r \sim N_c$ および $S_r \sim N_f$ 関係とも試験体の種類による違いはみられず、 $S_r = 70 \sim 80 \text{ MPa}$ で2000万回以上の応力繰返しを受けても疲労亀裂が発生しない疲労限が存在する。D試験体については、亀裂が生じ破断した試験体の $S_r \sim N_c, N_f$ 関係はA, B, C試験体とほとんど変わらないが、疲労限は120MPa程度で他の3種類の試験体に比べて大きい。

図3は亀裂発生位置付近の止端角 θ と止端半径 ρ の測定結果である。A, B, C試験体に比べてD試験体の止端形状が緩やか（ θ が小さく、 ρ が大きい）であることがわかる。このような止端部の局所的な形状の違いが疲労限に現れたものと考えられる。

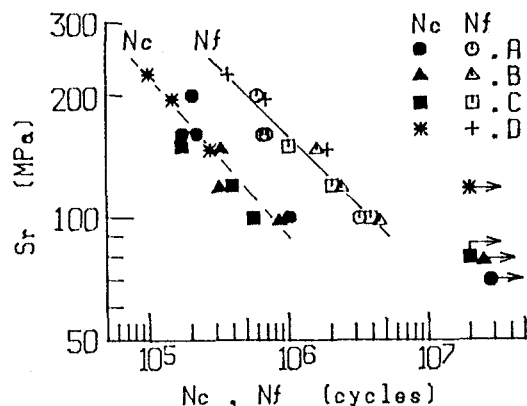


図-2 各試験体の $S_r \sim N_c, N_f$ 関係

(2) 疲労寿命予測 A, B, C 試験体に対して $\theta = 60^\circ$, $\rho = 2.5\text{mm}$ (ケース 1)、D 試験体に対して $\theta = 35^\circ$, $\rho = 1\text{mm}$ (ケース 2) と仮定して 3 次元 FEM 解析を行い、亀裂深さ方向の応力分布に対する応力拡大係数の補正係数 F_g を求めて (図 4 参照)、破壊力学の手法を用いた疲労寿命予測を行った。図 5 は亀裂発生位置の疲労破面で観察されるファセット状破面の深さと応力範囲の関係を示したものである。ファセット状破面の深さが応力範囲および試験体の種類によらずほぼ一定とみなせることから、その平均値 $30\mu\text{m}$ を寿命計算時の初期亀裂深さと仮定した。最終亀裂深さは破断面の観察から板厚の 60% に設定した。

以上のようにして求めた寿命予測曲線を疲労試験結果とともに図 6 に示す。ケース 1, 2 の予測曲線はそれぞれ A, B, C 試験体および D 試験体の試験結果とよく一致していることから、試験体の種類による疲労強度の違いは θ と ρ の違いによって説明できる。

4. おわりに

溶接材料が異なる 4 種類の隅肉溶接継手試験体の疲労強度の違いは、溶接止端部の局所的な形状の違いによるものであることが破壊力学の手法を用いた疲労寿命解析によって説明できた。

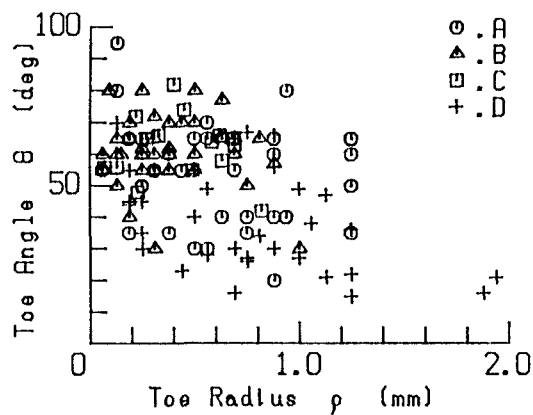


図-3 各試験体の止端角 θ と止端半径 ρ

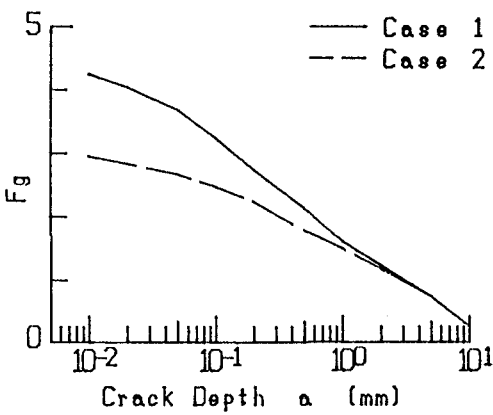


図-4 応力分布に対する補正係数 F_g

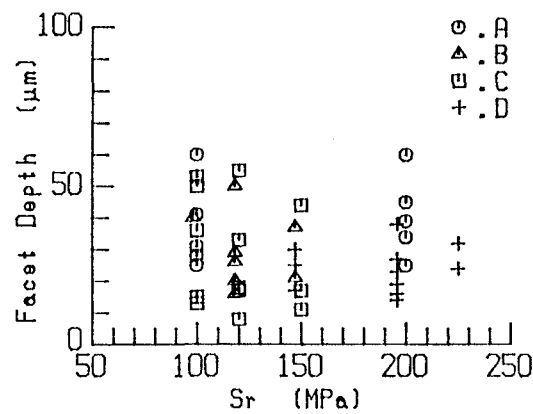


図-5 ファセット深さと応力範囲の関係

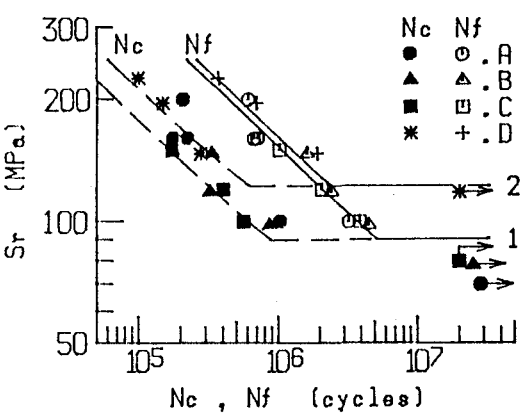


図-6 疲労寿命予測曲線と実験値の比較