

I-131 隅肉溶接止端からの疲労亀裂の発生と初期進展挙動

東京工業大学 正会員 三木千寿
 電力中央研究所 正会員 豊田幸宏
 群馬大学 正会員 坂野昌弘

1. はじめに

溶接継手部の疲労寿命の大部分は、深さが数mm程度までの微小な疲労亀裂の進展に費やされる。また、長寿命域では亀裂発生が発生するまでの寿命も無視できなくなる可能性がある。破壊力学の手法を用いて溶接部の疲労寿命を推定する際に、仮定する初期亀裂の寸法はその結果に大きな影響を及ぼす。極論すれば、初期欠陥寸法を調節することにより実験値に合うような推定値を求めることができる。本研究では、電気ポテンシャル法による疲労亀裂発生の検出と破面の電子顕微鏡観察から、隅肉溶接止端からの疲労亀裂の発生およびその初期の進展挙動を検討した。

2. 実験方法

供試鋼材はSM50である。図-1に試験体の形状と寸法を示す。疲労試験は4点曲げ載荷で行った。溶接止端部近傍での疲労亀裂の挙動に対しては溶接材料が影響すると予想されるため、ここでは表-1に示す5種類の溶接材料を用いて試験体を製作した。以下、試験体は溶接材料の記号で呼ぶ。電気油圧サーボ制御式疲労試験機を用い、繰返し速度は10~34 Hzである。全ての疲労試験において、最大応力は試験体の降伏点である250MPaに設定している。疲労亀裂発生の検出には交流ポテンシャルドロップ法を用いた。ここで用いた装置では深さ0.2mm程度の疲労亀裂から検出することができる。したがって、その時点をも亀裂発生寿命 N_c と定義した。

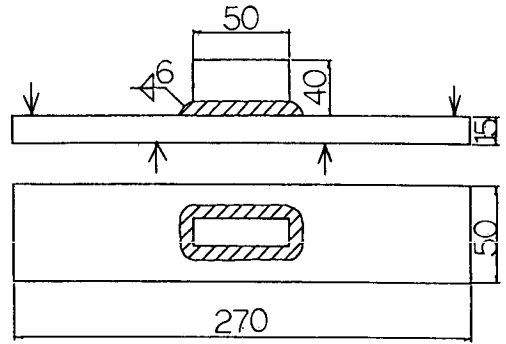


図-1 試験体の形状と寸法 (mm)

3. 疲労試験結果

図-2に各試験体の疲労亀裂発生寿命 N_c

表-1 溶接材料の種類

試験体	溶接材料
LB	LB52 (低水素系溶接棒)
N TL	N TL52 (低水素系溶接棒)
L B F	L B F52A (鉄粉低水素系溶接棒)
M G	M G50 (CO ₂ 溶接用ワイヤ)
D W	D W100 (CO ₂ 溶接用 フラックス入りワイヤ)

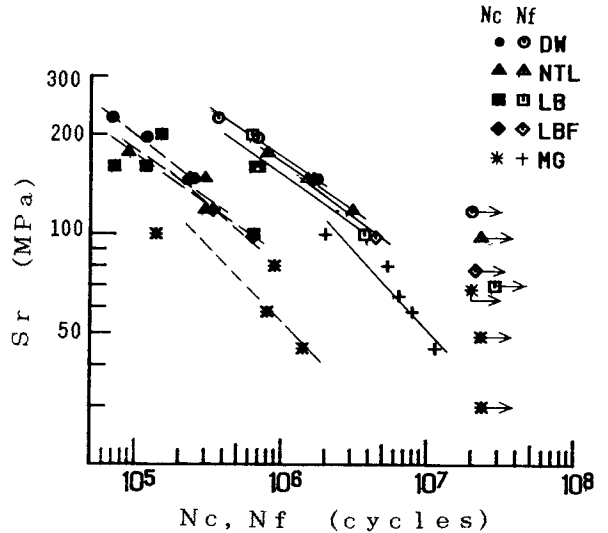


図-2 $S_r \sim N_c$ および $S_r \sim N_f$ 関係

と破断寿命 N_f を示す。 N_f が 200 万回より短い寿命領域では溶接材料による差はほとんど認められない。しかし、疲労限界（ここでは2000万回で疲労亀裂が発生しない応力範囲と定義）は最も高いDWの120MPaから最も低いMGの30~70MPa まで大きな差が認められる。 N_c は、MGが他に比べて早い（他の4種については差は認められない）。各試験体の N_c/N_f と応力範囲 S_r の関係を図-3に示す。 N_c/N_f は応力範囲および溶接材料によらず0.1~0.2となっており、MG試験体の場合が他に比べて若干小さい。

4. 疲労亀裂の起点

写真-1は疲労亀裂の起点と考えられる位置（破面の模様から判断できる）で観察された特徴的な破面である。このへき開状の破面は疲労亀裂の起点と考えられる位置にはほとんど観察される。図-4は、LBおよびMG試験体で観察されたそのようなへき開状の破面の深さである。へき開状破面は、MG試験体の方がLB試験体に比べてかなり大きい。

へき開状破面が疲労試験のごく初期に生じたと考えて初期亀裂（LB型で深さ0.04mm、MG型で0.15mmの半円亀裂：いずれも平均値）とし、亀裂深さ0.2mmまでの寿命（ポテンシャルドロップで定義した N_c ）および N_f を計算した結果を図-5に示す。推定 S_r-N_c および S_r-N_f 線は実験結果とかなり良く一致している。0.2mmより深い亀裂については各形式の試験体の応力拡大係数の応力集中に対する補正係数 F_g の間にほとんど差がないことから、MG試験体と他の試験体間でみられる疲労性状の違いは、ここに示したへき開面の大きさによるものと考えられる。

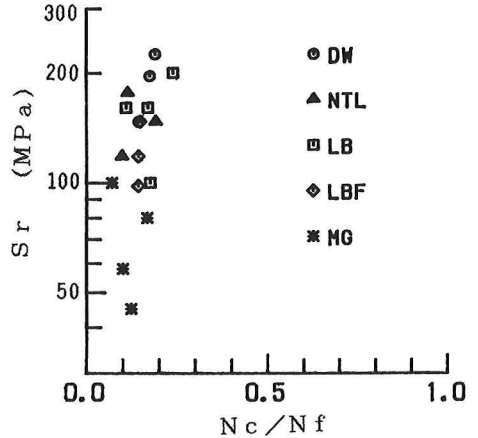


図-3 $S_r \sim N_c/N_f$ 関係

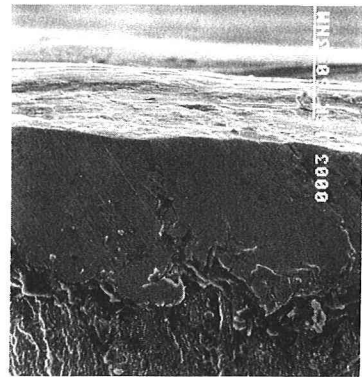


写真-1 亀裂発生点近傍の破面 (LB試験体)

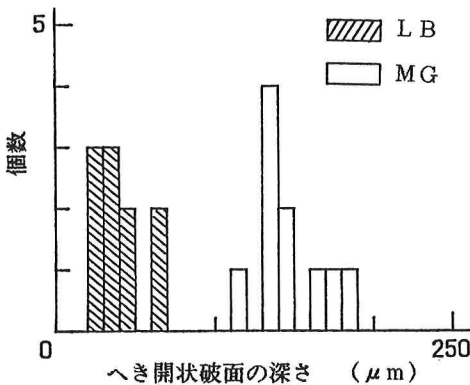


図-4 へき開状破面深さの分布

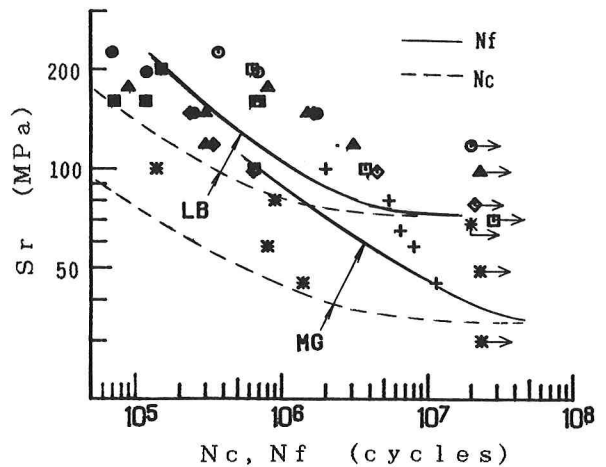


図-5 N_c および N_f の推定