

川田工業(株) 正員 ○高田 嘉秀
大阪大学 正員 堀川 浩甫

1. 研究の目的

本研究は疲労亀裂発生寿命 N_{cl} におよぼす溶接残留応力の影響を実験的に明らかにし、溶接構造物の疲労についての基礎的資料を得ることを目的とする。すなわち、試験片溶接後、応力除去することで4段階の溶接残留応力を有する試験片を用意し、各々の疲労亀裂発生寿命の違いを検討したものである。

2. 実験方法

2.1 供試材 供試材は一般構造用圧延鋼材SS41で、ミルシートによる機械的性質と化学成分を表-1に示す。

2.2 試験片の種類 試験片のパラメータとして溶接引張残留応力だけに着目し、形状寸法などの他の影響因子はすべての試験片において同一であるものとした。したがって、試験片は以下の4種類である。

- ① 溶接のままの試験片 (As Weld)
- ② 溶接後、380℃でSRした試験片 (380 SR)
- ③ 溶接後、500℃でSRした試験片 (500 SR)
- ④ 溶接後、620℃でSRした試験片 (620 SR)

2.3 試験片の製作 試験片の寸法は疲労試験機的能力などから図-1のように決定した。溶接はマイクロサブマージーク溶接法でビートオンプレートにて行った。溶接条件を表-2に示す。また、応力集中源としてすべての試験片に1.5φの中央貫通の丸孔をSR終了後、残留応力測定前に設けた。これは本州四国連絡橋公団のブローホールの許容寸法に準じたものである。

2.4 溶接残留応力の低減 溶接終了後、エレマー炉により応力除去焼なまし (Stress Relief Annealing: SR) を行った。温度管理には試験片表面に取付けたC-A熱電対を用いた。また、試験片全体の温度を一樣に所要の加熱温度に上昇させるための昇温時間を15時間、加熱温度に保持する時間を1時間とし炉中の温度が100℃になってから試験片を炉外へ取出した。

2.5 各試験片の溶接残留応力 残留応力は溶接線方向に着目し、ひずみゲージを用いて切断法にて測定した。測定結果を図-2に示す。

ビード上での残留応力はAs Weld、380 SR、500 SRでは引張応力で、その値は各々、45 kg/mm²、23 kg/mm²、10 kg/mm²である。溶接に用いたワイヤーの公称引張破断強度が50 kg/mm²であることから、As Weld (溶接のまま)での引張残留応力45 kg/mm²は妥当な値と思われる。また、620 SRでは残留応力は完全に除去されていると推定されるのにビード上で2.5 kg/mm²の圧縮応力が測定されているのは測定誤差によるものと考えらる。

2.6 疲労試験 疲労試験は3点曲げ負荷による荷重制御片振条件で応力比0.1、周波数20 Hzで行った。

表-1 機械的性質および化学成分

Material	Yield Stress (kg/mm ²)	Tensile Stress (kg/mm ²)	Elongation (%)
SS41	29	45	32

Chemical Composition (%)				
C	Si	Mn	P	S
0.12	0.23	0.99	0.013	0.006

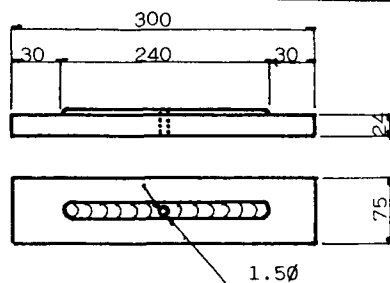


図-1 試験片

表-2 溶接条件

Wire	Y-CS50, 1.6dia
Flux	NF16
Current	270 (A)
Voltage	30 (V)
Speed	52 (cm/min)
Heat Input	9300 (J/cm)

2.7 亀裂発生寿命 N_c の測定 寿命はマクロ的（工学的）に亀裂発生寿命 N_c と亀裂伝播寿命 N_p に区別して測定した。すなわち、 N_c は亀裂発生位置に対して0.1mm以内に貼付けた抵抗線が発生した亀裂によって切断された時点とした。同様に N_p も最終破断位置に抵抗線を貼付けて検出した。尚、亀裂発生位置は応力集中源の丸孔表面縁であることをあらかじめ二段多重応力範囲試験を用いて確認しておいた。

3. 実験結果および考察

実験結果を図-3に示す。本図は破断寿命 N_f を亀裂発生寿命 N_c と亀裂伝播寿命 N_p に区別して各作用応力範囲ごとに示したものである。この図の中で N_f は最終破断までの寿命、 N_c は亀裂発生までの寿命を示し、 N_f と N_c の差が亀裂伝播寿命 N_p である。対数表示をしているため N_f 、 N_c 、 N_p の比較が困難となるので N_f (N_c+N_p) のとりに N_p を再掲した。本図から N_f は引張残留応力が小さくなるほど増加していることがわかる。次に N_f を N_c と N_p に区別してみる。 N_c も N_f とともに引張残留応力が小さくなるほど増加している。また、その傾向は作用応力範囲が小さくなるほど顕著となっている。一方、 N_p は N_c ほど引張残留応力と作用応力範囲の影響を受けていない。すなわち、 N_c は作用応力範囲と引張残留応力の低下とともに段階的に増加しているが N_p は1.5万回～3.0万回程度で作用応力範囲と引張残留応力の影響を N_c ほど受けていない。また、すべての作用応力範囲において各試験片とも N_f にバラツキがみられる。しかし、 N_p のバラツキは小さい。これより N_f のバラツキは N_c のバラツキに起因し引張残留応力の増減に無関係であると考えられる。

4. まとめ

- ① 亀裂発生寿命 N_c は溶接引張残留応力が小さくなるほど増加する。特に疲労限近くの作用応力において顕著であり、作用応力が大きくなると溶接引張残留応力の影響は小さくなる。
- ② 溶接引張残留応力が亀裂伝播寿命 N_p におよぼす影響は亀裂発生寿命 N_c に比べてかなり小さい。
- ③ 破断寿命 N_f のバラツキは亀裂発生寿命 N_c に起因し、亀裂伝播寿命 N_p のバラツキは小さい。このことは溶接引張残留応力に無関係である。

本研究は高田が大阪大学溶接工学研究所において受託研究員として行ったものである。

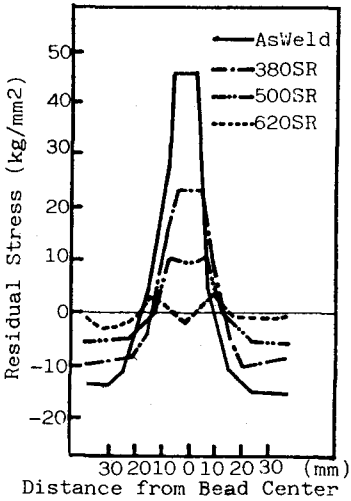


図-2 各試験片の残留応力分布

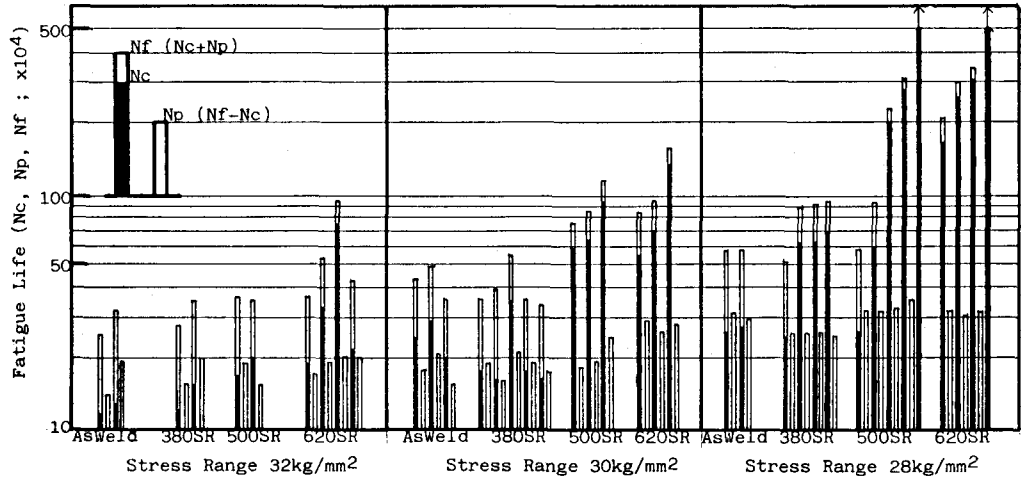


図-3 亀裂発生寿命 N_c と亀裂伝播寿命 N_p および破断寿命 N_f の比較