

東京大学工学部 学生員 平林泰明
 東京大学工学部 正員 三木千寿
 東京大学工学部 正員 西野文雄

1. はじめに

多くの溶接継手部では、その疲れ寿命の大半が疲れきれつの進展に費やされているといわれている。そのような継手の疲れ寿命を破壊力学の手法を用いて推定するには、疲れ進展速度と応力拡大係数の関係が基本的なデータとなる。特に外力による応力と引張り残留応力の方向が一致する縦ビード溶接部では、疲れきれつ進展速度に溶接残留応力が影響を及ぼすことが予想される。本研究では、きれつ進展に伴う残留応力分布の変化およびきれつ進展速度に及ぼす残留応力の影響について実験的に検討した。

2. 試験方法

試験鋼材は、板厚 16 mm の調質型 80 kg/mm^2 級高張力鋼である。試験体は、きれつ進展部(図-1のTで示される部分)を母材としたAシリーズと溶接金属としたBシリーズがあり、各シリーズには溶接残留応力を与えるための縦ビード溶接を1本、および 30 mm 間隔に2本行なった縦ビード付試験体と、縦ビードのない試験体の3種類がある。BシリーズのT部分は、間隔 10 mm の片側U開先で表側と溶接し、カウジングを行なった後、裏側溶接を行なっている。縦ビード溶接の開先は、深さ 10 mm 開き角 60° のV型である。いずれの溶接もサフマーニーク溶接を施した。試験部の板厚は 10 mm であり、その中央に先端半径 0.05 mm の人工きれつを加工した(図1)。疲れ試験は、人工きれつの影響を避けるため、その先端から約 1 mm の疲れきれつを進展させ、その後応力範囲(σ_r)を 14 kg/mm^2 と一定にして行ない、疲れきれつ進展速度を測定した。応力比(R)は、縦ビードのない試験体では $R=0.0$ 、 $R=0.5$ の2種類、縦ビード付試験体では $R=0.0$ とした。繰返し数は $1\sim 4$ 回、荷重波形は正弦波である。疲れきれつの進展は人工きれつの両側に貼付したクラックゲージにより検出し、X-レコーダーに記録した。残留応力は試験後の試験体を破面より 120 mm 離れた断面で測定した。また疲れきれつ進展に伴う残留応力分布の変化を検討する目的で、縦ビード溶接付試験体の中央にドリル穴を明け、ノコ刃を通して溶接線と直角方向に少しずつ切り込み、それによるひずみの挙動を検討した。

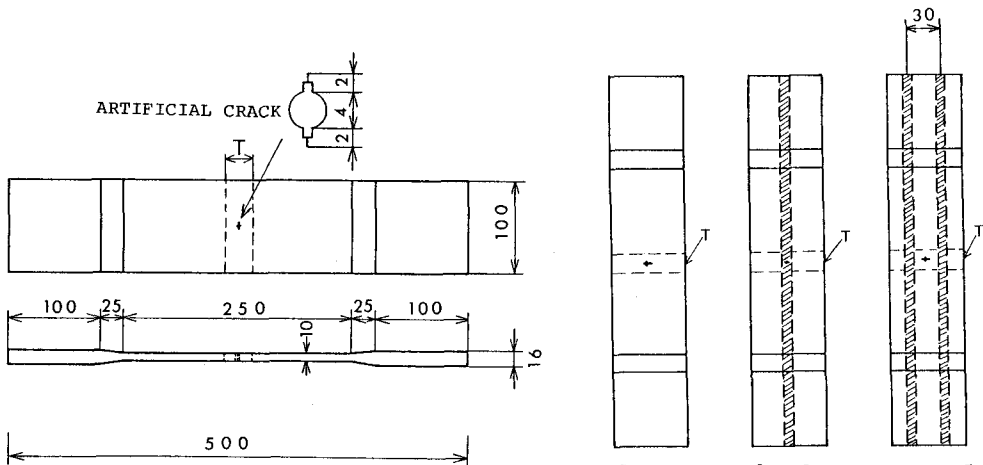


FIG.1 SPECIMENS

3. 試験結果とその考察

図-2は、きれつ進展に伴う残留応力分布の変化を示したものである。きれつが存在しないときに圧縮残留応力が生じている領域でも、きれつ進展に伴う残留応力の再配分により、きれつ先端部は常に引張の残留応力が存在していることが明らかである。

図-3に、Aシリーズの試験体から得られた応力拡大係数範囲(ΔK)ときれつ進展速度(da/dn)の関係は両対数で示す。またその下欄には、各試験体でのきれつが存在しないときの残留応力分布を示した。すべての試験体で疲れ試験を行なった応力範囲が等しいため、 ΔK ときれつ長さの半分である a とは対応している。図中の直線は1, 2が Barsom¹⁾が、3, 4は Maddox²⁾が提案したそれぞれ疲れきれつ進展速度の上限値と下限値である。同図より、i)縦ビード溶接のない試験体においては、応力比 R を変えることによりきれつ進展速度の影響を受け、応力比を上昇させると進展速度が速くなっている。また応力比が $R=0.0$ ときのデータは Barsom の下限値に近い。ii)縦ビード付試験体においては、縦ビード溶接が1本、2本いずれも縦ビードのない試験体の $R=0.0$ の進展速度より速く、 $R=0.5$ のデータに近い。したがって、引張りの残留応力は応力比が高くなったのと同様な効果があるのではないかと考えられる。iii)今回得られたデータは、ほぼ Barsom の上限値と下限値の間におさまっている。iv)残留応力再配分の実験結果から予想されたことではあるが、初期に圧縮残留応力を受けていた領域においても疲れきれつ進展速度は縦ビード溶接のない試験体の進展速度より速い。したがって実際の疲れきれつが進展する場合でも、図-2と同様に残留応力の再配分が生じ、きれつ先端部は常に引張の残留応力が存在していることがわかる。

参考文献

- 1) J.M. Barsom, ASTM STP 536, 1973.
- 2) S.J. Maddox, Welding Journal, 53, No.9, Sept. 1974.

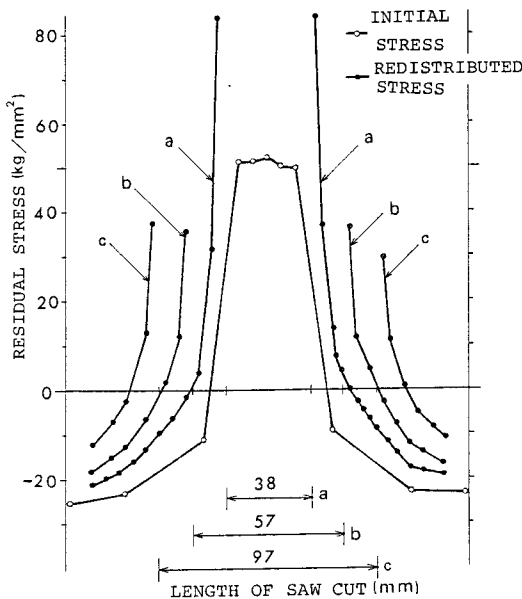


FIG.2 RE-DISTRIBUTION OF RESIDUAL STRESS

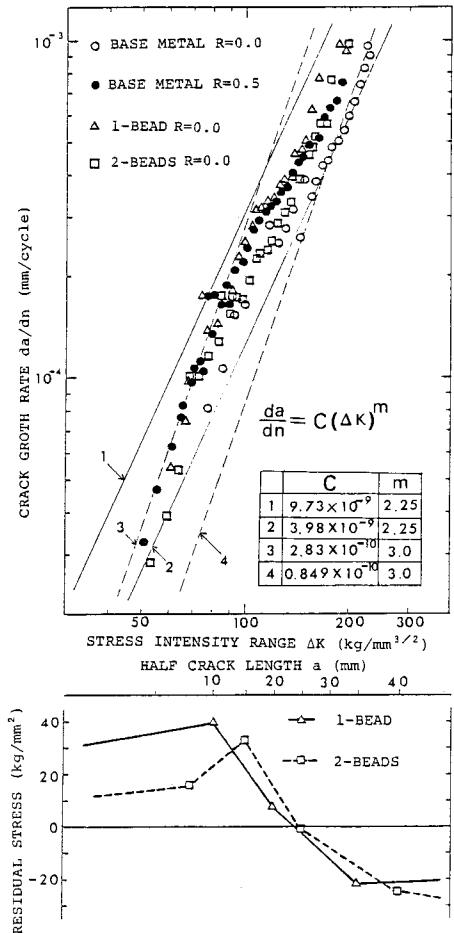


FIG.3 CRACK GROWTH RATE AND RESIDUAL STRESS