

鹿島建設 正員 社本芳明
 東京大学 正員 西野文雄
 東京大学 正員 三木千寿

1. はじめに 前面すみ肉溶接部の疲れ強さとその止端部形状の関係については内外で数多くの研究が行われている。しかし疲れ強さを考える上で最も基本となる、疲れきれつの発生、およびその進展性状については十分には解明されていない。ここでは溶接止端部形状の異なる前面すみ肉溶接部試験体の疲労試験を行い、止端部形状と疲れきれつの発生・進展性状の関係を検討し、それに基づいた破壊力学の解析により疲れきれつの進展寿命を推定する。

2. 試験方法 供試鋼材はSM58Q (Y.P. 56 kg/mm^2 , T.S. 64 kg/mm^2)である。試験体は異なる溶接止端部形状を得る目的で溶接施工方法を変えて製作した5種類であり、それらの形状・寸法を図-1に示す。A型はまわし溶接を行い、B型は溶接の始終端を含んでいる。A、B型は水平姿勢で溶接されている。C、D、E型は一般的な前面すみ肉溶接部試験体であり、それぞれ水平、下向、互向姿勢で溶接されている。全試験体の溶接止端部についてシリコン材料を用いた型取りを行っている。疲労試験は動的能力 $5 \times 10^4 \text{ N}$ のアムスラー型疲労試験機を用いて実施した。疲労試験での最小応力は約 20 N/mm^2 、応力範囲は約 130, 160, 180 N/mm^2 である。全ての試験体で破面にビーマークを残すことを試みている。

3. 疲れ強さ 図-2 に応力範囲 ($\Delta\sigma$) と破断寿命 (N_f) の関係を示す。水平姿勢で溶接したA、B、C型試験体間では疲れ強さはA型とC型が同程度でB型が最も低い。同一形状で溶接姿勢を変えたC、D、E型試験体間では疲れ強さはC型、D型、E型の順に低下しており、E型試験体の疲れ強さはここでの5型式の中で最も低い。

4. 疲れきれつの発生位置の止端部形状 止端部の形状を止端部半径 ρ とフランク角 θ で代表させることにする。図-3 は疲れきれつ発生点での ρ 、 θ の測定結果である。 ρ は試験体型式によらずほとんどが 1 mm

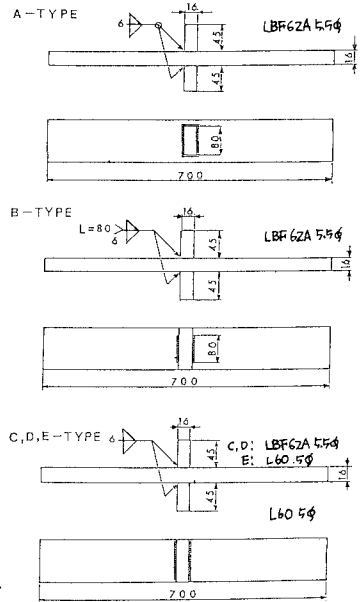


図-1 試験体の形状と寸法

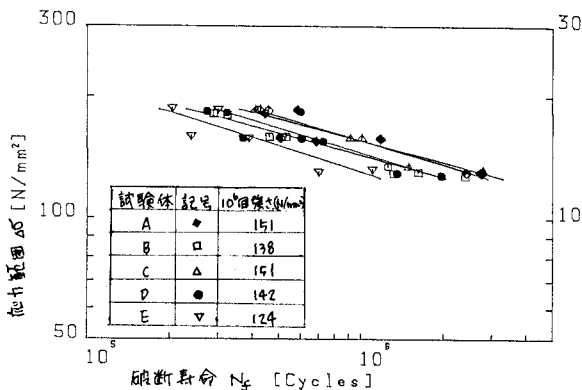


図-2 疲労試験結果

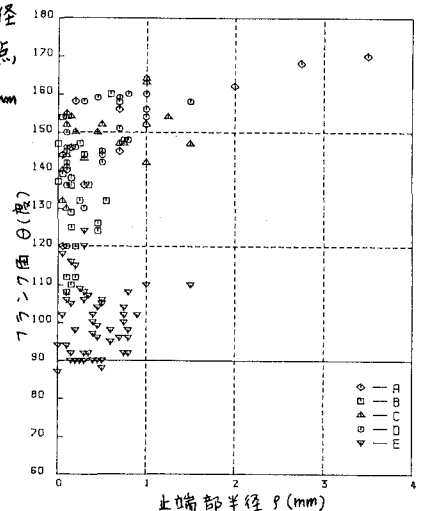


図-3 止端部の形状(疲れきれつ発生点)

以下となっている。θはA型、C型、D型が同程度の値(平均値はる型式とも約150°)であり、それに比してB型が若干小さく、E型では平均値が100°と非常に小さい。各型式試験体間でのθの傾向は、疲れ強さの傾向と概略一致している。

5. 疲れき裂の進展 破面およびビーチマークの観察結果の例を図-4に示す。A-9試験体のごく単一のき裂が進展して破断に至る場合と、E-3試験体のごくほぼ同時期に多数のき裂が発生し、それが合体しながら進展する場合がある。き裂の形状を深さ a と表面長さ $2b$ で代表させ、 a/b と m/N_f (m : ビーチマークが形成された繰返し数)の関係を図-5に示す。単一のき裂が進展する場合は a/b はほぼ一定であるが、E型試験体のごく多数のき裂が合体しながら進展する場合は m/N_f に従って a/b は小さくなる。

6. 疲れき裂進展寿命の推察 破壊力学の解析により求めた応力範囲と疲れき裂進展寿命の関係を図-6に示す。解析においては4. および5. の成果に基づいて、θ、 a/b および ΔK を設定している。応力拡大係数の解析は山田らの提案する方法によった。 $da/dn \sim \Delta K$ の関係には(1)式を用いた。これは多数の実験データを整理して求めた関係式に $\Delta K_{th}=16\text{ kg/mm}^{3/2}$ を考慮したものである。図中には実験値($\Delta\sigma \sim N_f$)もプロットしている。疲れき裂進展寿命は破断寿命の7割程度であることを考慮すると、推定線は実験値と良い一致を示している。

$$da/dn = 3.01 \times 10^{-10} (\Delta K)^{2.95} - 8.13 \times 10^{-7} \quad (\Delta K: \text{kg/mm}^{3/2})$$

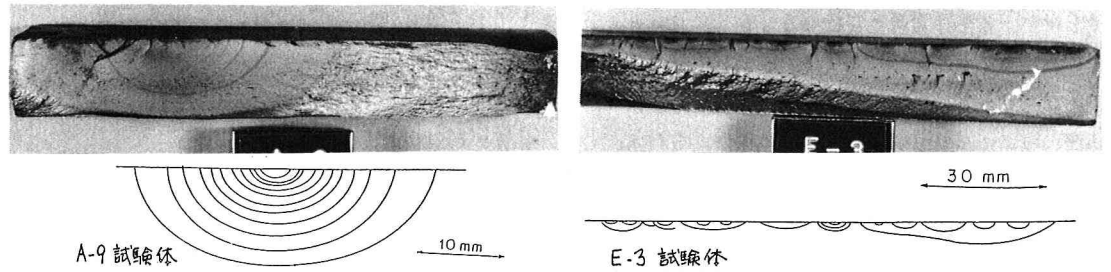


図-4. 疲労破面およびビーチマークの観察結果

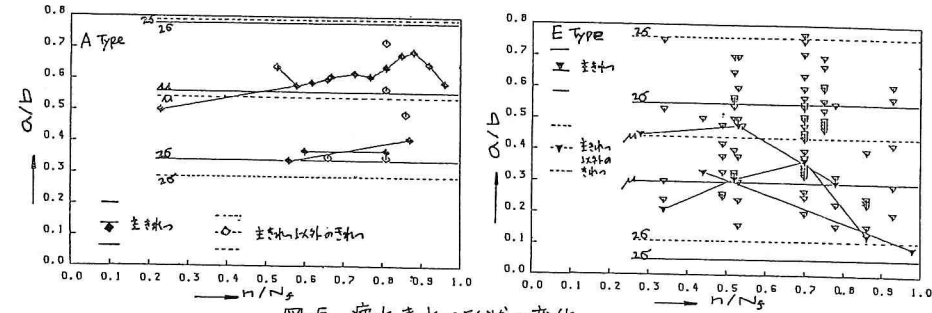


図-5. 疲れき裂形状の変化

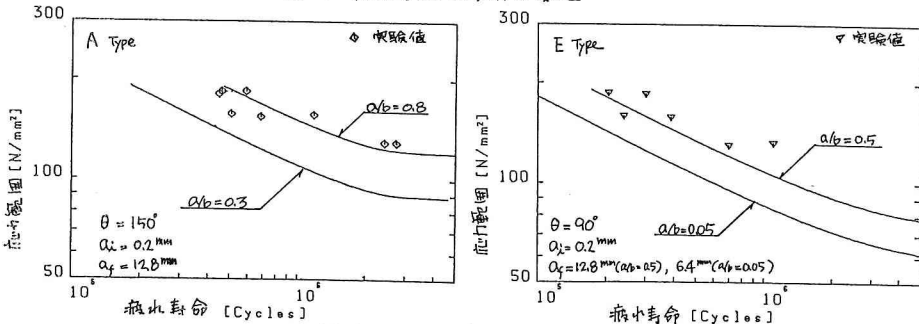


図-6. 推定疲れき裂進展寿命曲線と実験値の比較