

名古屋大学 学生員 山田 兼裕
名古屋大学 正 員 山田健太郎

1 まえがき 溶接継手の疲労に対する合理的な設計を行なうには、疲労試験データの統計的性質を知らなければならない。本報文では、金属材料技術研究所で行なわれた突合せ溶接継手とリブ十字溶接継手の疲労試験データを、 $S-N$ 線図上に整理し、解析して、同一破壊確率点を結んで得られる $P-S-N$ 線図を種々の方法で作成する。これを用いて、合理的な設計線の評価を行なう。

2 解析の概要 疲労は確率的な現象なので、疲労強度はある分布形ではらついていると考えなければならない。一般に用いられる分布は、寿命分布(N_f 分布)と強度分布(σ_r 分布)である。 N_f 分布は対数正規分布かワイブル分布、 σ_r 分布は正規分布か対数正規分布に従うといわれている。本報文では、両者とも対数正規分布に従うと仮定して解析を行なった。また、データの分布形への適合性の検討を行なった。

用いるデータは、金属材料技術研究所で行なわれた突合せ溶接継手とリブ十字溶接継手の疲労試験の全データである。突合せ溶接継手の材質は、SM50B、SM58Q、HT80の3種類、板厚は、9mm、20mm、40mmの3種類であり、リブ十字溶接継手の材質はSM50B、板厚は、9mm、20mm、40mmの3種類である。溶接法は全て被覆アーク手溶接である。この2種類の溶接継手のデータを用いて、以下の解析を行なった。

3 N_f 分布による解析 N_f 分布は一定の σ_r における N_f のばらつきを表わすもので、疲労試験の方法(σ_r を与えて N_f を測定する)に合った解析ができる。ただ問題となるのは、未破断データの取扱いである。未破断データの取扱いには確定した方法がなく、一般には無視することが多い。本報文では、未破断データの簡便な利用を考え、ある一定の高繰返し数を越えて打ち切られたデータは、その寿命が無量大だと考え解析に用いた。

すなわち、一定の σ_r において破断データ数を N 個、未破断データ数を K 個とすると、全データのうち破断データの占める $100 \times N / (N + K)$ (%) のデータが対数正規分布しているとして、各 N_f 分布の破壊確率を求めた。なお、基準となる高繰返し数は、1000万回とした。以上の方法により、各 σ_r の同一破壊確率点を結んで、 $P-S-N$ 線図を作成する。突合せ溶接継手データの解析結果を図-1、リブ十字溶接継手データの解析結果を図-2に示す。各図で、○は破断データ、△は未破断データを表わす。この図から、次のことがわかる。

(1) 50%破壊確率線の傾きは、両図ともほぼ一本となる。

(2) σ_r が小さくなると分布のばらつきが大きくなり1%破壊確率線の傾きは、両図ともほぼ一ととなる。

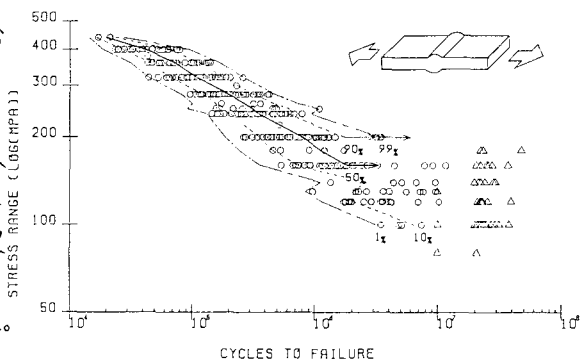


図-1 突合せ溶接継手の $P-S-N$ 線図 (N_f 分布)

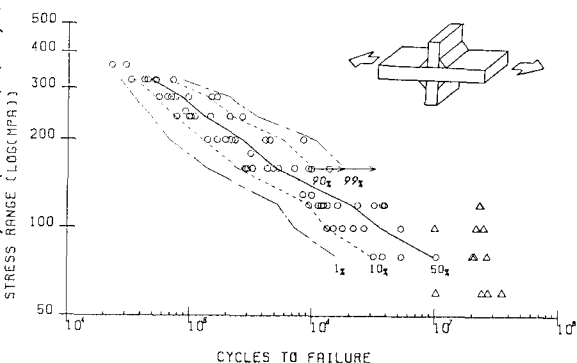


図-2 リブ十字溶接継手の $P-S-N$ 線図 (N_f 分布)

通常、設計線は各Nf分布の標準偏差が等しいとして、50%破壊確率線に平行にひいているが、この結果によると標準偏差は一定とは考えられない。変動係数(標準偏差/平均)が一定とした方がデータによく合致する。

4 Or分布による解析 Or分布は同一Nfのデータを試験で求めることができないため、Nf分布のような直接的な解析ができない。間接的にOr分布を求めるには、プロビット法やステアケース法がある。本報文中では、Nfを対数値で0.2ごとに区切り、同一区間ではNfが一定とみなし、各区間につき1つのOr分布を推定した。そして、各Or分布の同一破壊確率点を結んで、P-S-N線図を作成した。突合せ溶接継手データの解析結果を図-3、リブ十字溶接継手の解析結果を図-4に示す。この図から、次のことがわかる。

- (1) 両図とも50%破壊確率線の傾きはほぼ $-\frac{1}{4}$ 、1%破壊確率線の傾きはほぼ $-\frac{1}{2}$ になる。
- (2) 両者の200万回強度(50%破壊確率)は、突合せ溶接継手で147MPa(15.0 kg/mm²)、リブ十字溶接継手で110MPa(11.2 kg/mm²)となる。突合せ溶接継手の破壊確率線は、Nfが300~500万回で、ほぼ水平になる。1%破壊確率線は、Nfが300万回で水平に折れ曲る。これに対し、リブ十字溶接継手では、水平に折れ曲るのが明確に確認できない。

5 分布の適合性の検討 Nf分布の対数正規分布に対する適合性の検討を行なった。ひずみ(skewness)は、標本の3次モーメント量で、分布の対称性を判定できる。(対数)正規分布では、ひずみの期待値は0で、正の値のとき分布は右に裾引きになり、負のときは左に裾引きとなる。とがり(kurtosis)は、標本の4次モーメント量で、分布の裾引きの程度を表わす。とがりの期待値は3.0で、この値を越えると裾引きが大きくなり、小さくなると矩形分布(期待値は1.8)に近くなる。突合せ溶接継手データの各Nf分布のひずみの値を図-5、とがりの値を図-6に示す。この結果から、次のことがいえる。

- (1) Orの小さな領域では、分布の裾引きの程度は適合しているが、対称性が崩れ、右に裾引きの傾向になる。Orが大きくなると、対称性は保たれるが、分布は矩形分布に近くなる。
- (2) 全体として、分布の適合性は、必ずしも良くない。

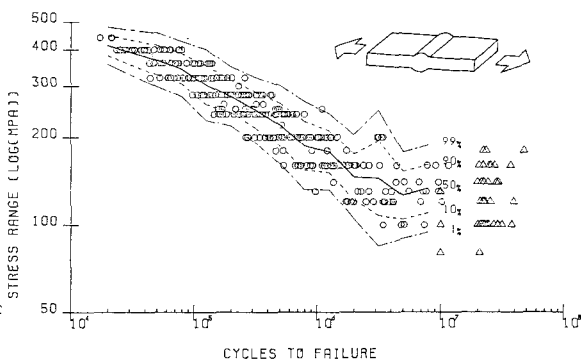


図-3 突合せ溶接継手のP-S-N線図 (Or分布)

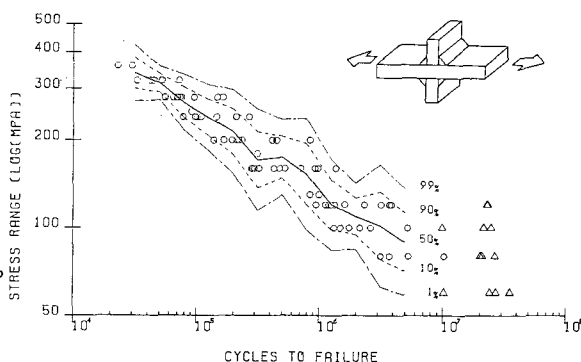


図-4 リブ十字溶接継手のP-S-N線図 (Or分布)

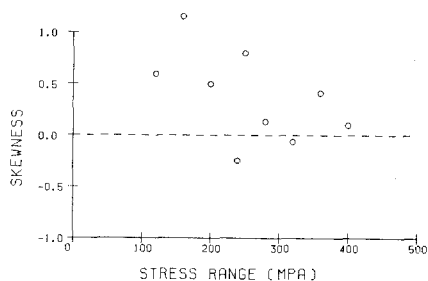


図-5 ひずみの値。

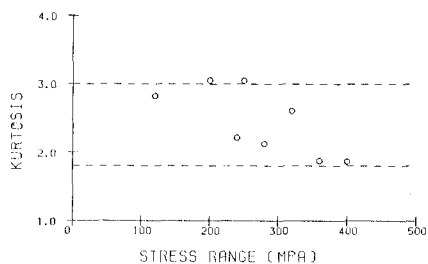


図-6 とがりの値

参考文献

NRIM FATIGUE DATA SHEET No.5, 11, 12, 13, 18, 20, 27 (1978~1981)