

○名古屋大学 学生員 三ッ木幸子
同 学生員 大野 貴史
同 正 員 山田健太郎

1 はじめに

圧縮残留応力がき裂発生部に付加されると疲労特性が改善される。本研究では、応力集中部を有する継手に過荷重を与えて、応力集中部に圧縮残留応力を付加したものの疲れ試験を行なった。また、破壊力学を応用したき裂進展解析を行なったので報告する。

2 試験の概要

試験体は図-1に示す切り欠き形状の異なる3種類の中央切り欠き試験体と、ガセットの長さの異なる2種類のガセット付加物継手試験体の計5種類で、合計15体の試験を行なった。材質はすべてSM50Aである。疲れ試験を行なう前に、上限荷重より大きい荷重（以下過応力 σ_{ol} と呼ぶ）を載荷し、所定の応力範囲 σ_r で疲労試験を行なった（表-1参照）。き裂が発生し、約10mm離れた位置に貼付したウレメット銅線（ $\phi 0.04\text{mm}$ ）が切断されたときの繰返し数を疲労寿命とした。約300万回になってもこの銅線が切断されない場合には、応力範囲を大きくして実験を継続した。なお、下限応力は15MPaとした。

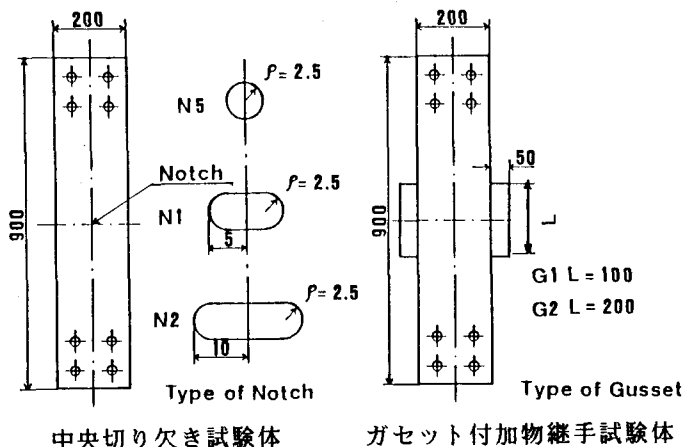


図-1 試験体

て実験を継続した。なお、下限応力は15MPaとした。

表-1 過荷重 (単位: MPa)

TYPE	N11	N21	N22	N23	N24	N25	N51	N52	N53	G11	G12	G13	G21	G22	G23
σ_{ol}	221	137	127	132	152	221	212	255	230	245	294	245	294	147	196
σ_r	177	98	98	98	118	113	176	176	176	137	137	98	98	98	78
		105		103			196				108/118		137		88

3 試験の結果

本試験で得られた結果をタイプごとにS-N線図にプロットして図-2に示す。ここで、●は上述の銅線が切断したデータを示し、○は約300万回に達しても切断しなかったことを示す。これらの丸印に付した番号は表-1の番号に対応する。さらに過荷重による疲れ特性の変化を検討できるように破線で過荷重を付加しない場合の実験データ²⁾についての50%と95%破壊確率線を示す。

本研究で取り扱った荷重範囲では σ_{ol} を付加すると疲労寿命が伸びるかあるいは変化なしで短くなることはなかった。疲労寿命が伸びる傾向は過荷重を大きくすれば大きくなるが、応力範囲 σ_r が大きくなると疲労寿命が伸びる傾向に限界があることを示している。

4 き裂進展解析

対象の疲れき裂進展速度 da/dN (mm/cycle)は、応力拡大係数範囲 ΔK の関数として次式で表現されるとする。

$$da/dN = 48 \times 10^{-10} (\Delta K)^3 \quad (\text{式-1})$$

ここで、式-1の適用範囲の下限 $\Delta K_{th} = 2$ (MPa $\sqrt{\text{mm}}$)とし、 ΔK は、次式を用いて計算をした。

$$\Delta K = F_s \times F_e \times F_w \times F_g \times \sigma_r \sqrt{\pi a}$$

F_s : 自由表面補正係数

F_e : き裂形状補正係数

F_w : 板幅補正係数

F_g : 形状補正係数(残留応力を以下のように考慮する)

この ΔK の計算に際して、過荷重による降伏によって発生した圧縮残留応力の影響を考慮して、応力範囲の引張の部分だけが疲れき裂進展に有効であると仮定し、この応力を有効応力範囲 $\sigma_{r,eff}$ とした(図-3斜線部)。 $\sigma_{r,eff}$ は、完全弾塑性性を仮定し、既知の応力集中係数を用いて求めた。本計算では、 $\sigma_{r,eff} / \sigma_r$ を求め、き裂の入った場合のき裂先端の応力状態に換算して F_g にて考慮した。

$a_0 = 0.2$ mm, $a_f = 10$ mm, き裂形状を平行とした場合の結果を図-2の中に実線で示し過荷重の値を付記した。

本き裂進展解析によって過荷重を大きくすれば改善度も大きくなるが、応力範囲が大きくなるとそれには限界があるという傾向を把握することができる。

疲労寿命について解析値と実験値を比較すると、 σ_{ol} がないかまたは小さい範囲でかつ応力範囲の低い範囲では実験値に対し小

さい解析値を与え、 σ_{ol} の大きい範囲あるいは σ_r の大きい範囲では大きい解析値を与えている。本報告では、過荷重の影響を概略的に把握するためき裂形状を平行としたが、初期き裂の形状を楕円で仮定すると解析値は大きくなり、 σ_{ol} がないかまたは小さい範囲でかつ応力範囲の低い範囲では実験値と解析値は近づく。また、この範囲では、き裂発生寿命を考慮すると両者は近づく。さらに有効応力範囲 $\sigma_{r,eff}$ として圧縮側の応力範囲を考慮することによっても近づく。

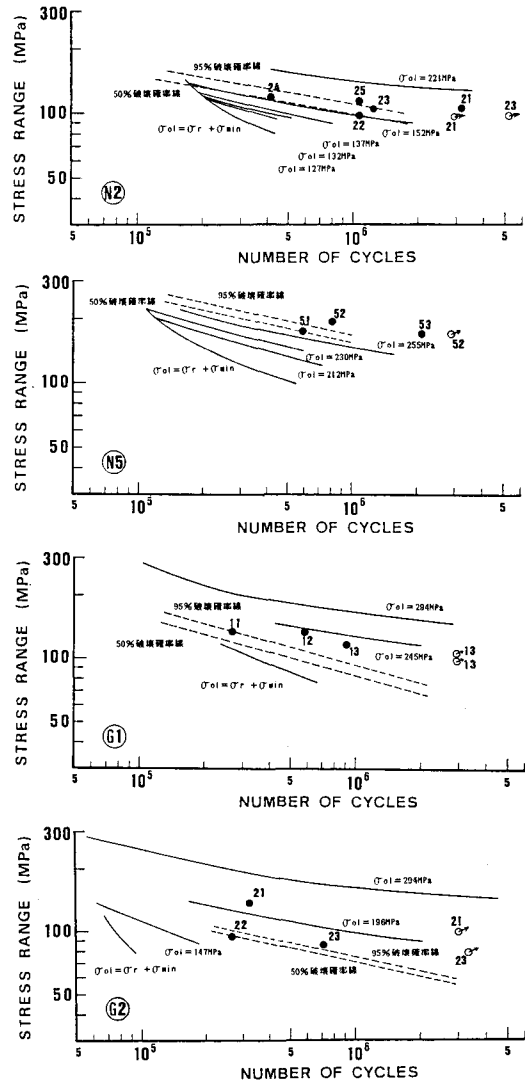


図-2 疲れ試験と解析結果

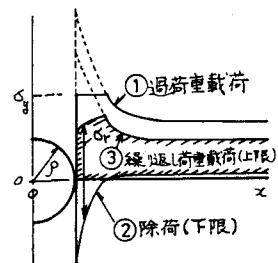


図-3 有効応力範囲

参考文献 1) 土木学会中部支部研究発表会講演概要集 1-12 昭和60年3月

2) 山田他, ガセットを溶接した引張部材の疲れ強さとストップホールの効果, 論文報告集1984.1