

2-2

過小応力による疲労被害に関する研究
(疲労限度付近のP-S-N曲線と荷重変動の影響)

立命館大学理工学部 田中道七

立命館大学大学院 ○藤井 勉

1. 緒言 著者らは先に過小応力による疲労被害に関して、通常の疲労限度以下の応力のみからなる2段多重プログラム荷重下で荷重変動を頻繁に与えた場合には破壊を生じ得るときがあることを報告した。しかし、同じ応力サイクルを負荷されても疲労寿命に相当のばらつきがあることは古くから認められており、特に応力が低い疲労限度付近では一般にばらつきは顕著である。そこで、本研究では疲労限度付近の応力レベルでの破壊確率と応力繰返し数の関係を調べ、P-S-N曲線でもって疲労限度を検討した。さらに、疲労限度付近の応力とそれ以下の応力から成る変動荷重による破壊の確率を定荷重のそれと比較した。

2. 実験方法 供試材料はS50C炭素鋼とSCM調質鋼で、化学成分と熱処理条件およびその後の機械的性質を表1,2に示す。実験は形状係数約1.26(S50C)と約1.06(SCM鋼)の円弧状切欠試験片を用い、数台の片持回転曲げ2段多重々複繰返し荷重試験機により行なった。なお、荷重繰返し速度は3450rpmで、また、試験機による疲労強度に差異のないことは予め確かめてある。

3. 実験結果および考察 3.1 定応力振幅試験

図2は各応力レベルについて約10本の試験片を用いて実験を行ない、非破壊確率Pと破断繰返し数Nをワイブル確率紙上にとったものである。曲線の傾きはばらつきの大きさを示すものであるが、S50Cについて見ると明らかに時間強度範囲にある応力 $\sigma=28\text{kg/mm}^2$ では曲線の傾きは急であり、通常の疲労限度付近の応力レベルでは傾きは緩やかで $\sigma=23\sim 25\text{kg/mm}^2$ ではほぼ等しい傾きである。一方、SCM鋼では時間強度範囲の応力 $\sigma=66\text{kg/mm}^2$ における傾きと $\sigma=56, 58\text{kg/mm}^2$ の非破壊確率Pの大きい部分での傾きはほぼ等しいが、後者では 10^8 後も破断しない場合がある。また、 $\sigma=50\sim 52\text{kg/mm}^2$ では 10^8 近くで破断する試験片がある。さらに、S50C, SCM鋼とも通常の疲労限度付近の応力ではそれぞれの限界繰返し数付近で破断するものと、 10^8 付近で破断あるいは 10^8 で破断しないものに大別できるようなのである。

つぎに、図3は図2をもとに引いたP-S-N曲線である。

S50Cについて見ると、通常の疲労限度付近の応力レベルでP-S-N曲線は急激に広がり、 $P=50\%$ で

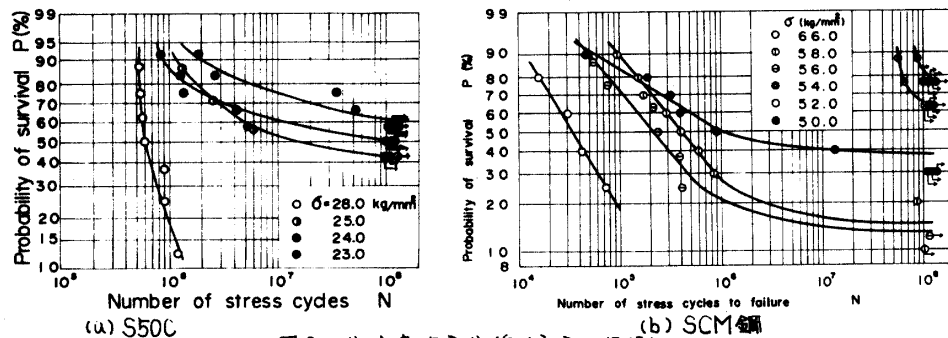


図2 非破壊確率曲線(定応力振幅)

はかなり緩やかな曲線となっている。これは先に述べた限界繰返し数付近での破断確率が 10^3 付近での破断あるいは非破断の確率とほぼ同程度になるためである。また、一般に疲労限度と思われる応力以下においてもP-S-N曲線は水平とならず下っており、非破壊確率が大きい場合は顕著な低下が見られる。

SCM鋼では通常の疲労限度付近の応力 $\sigma = 55 \sim 58 \text{ kg/mm}^2$ においてP-S-N曲線の広がりやS50Cに比べて小さく、また、通常の疲労限度以下の範囲で曲線は緩やかに低下している。しかし、 $P=90$ および 80% に対する曲線は 10^8 近くで再び減少する傾向を示しており、興味深い点であるが、試験本数がまだ少なくさらに検討を要する。なお、P-S-N曲線は通常の疲労限度付近でS50C、SCM鋼とも特異な折れ曲がりを見せているが、これはこの付近の応力における疲労挙動の特異性を示すものときえられ、今後検討を要する課題である。

3.2 二段多重試験 つぎに、1次応力 σ_1 を疲労限度付近の応力、2次応力 σ_2 をそれ以下の応力レベルにとり、繰返し数比を1/1、プログラム周期を4秒とした二段多重試験を行ない上の実験結果と比較した。図4は実験結果を先と同様ワイブル確率紙上にとったもので、図5は図4をもとに引いたP-S-N曲線である。縦軸は σ_1 、横軸は σ_1 と σ_2 の総繰返し数 N で、図中の細線は比較を容易にするために引いた応力振幅に対するP-S-N曲線である。S50Cの場合、通常の疲労限度以下において二段多重試験のP-S-N曲線は急な傾きで低下しており、応力振幅の場合よりも破壊の確率が増すことを示している。一方、SCM鋼では $\sigma_1 = 54 \sim 58 \text{ kg/mm}^2$ の範囲で応力振幅に対するP-S-N曲線よりいく分右側にきており、大きい差は認められず、より低い応力での

検討が必要である。

十. 結言 省略

参考文献

- 1) 田中, 藤井, 材料, 22, 146 (1973)

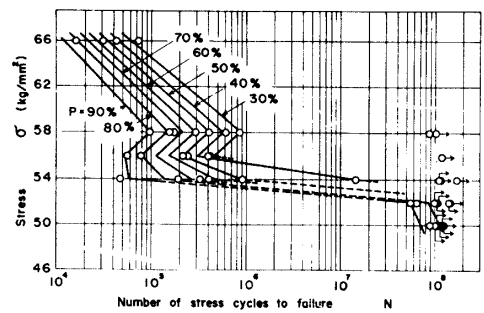
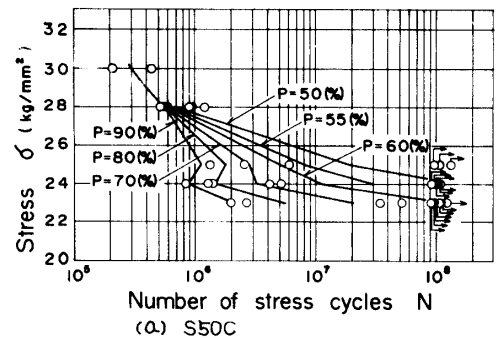


図3 P-S-N曲線 (応力振幅)

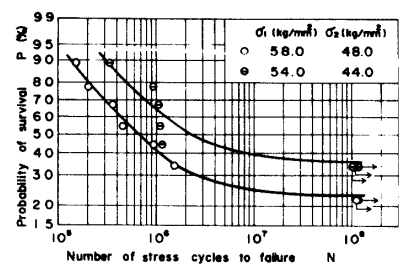
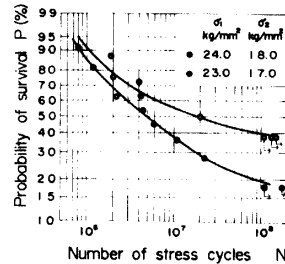


図4 非破壊確率曲線 (二段多重)

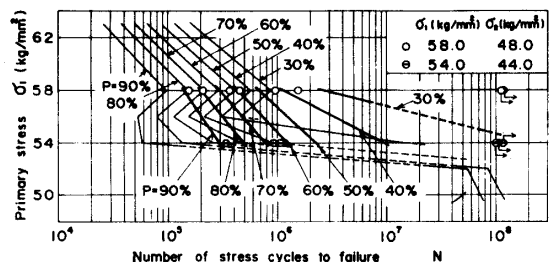
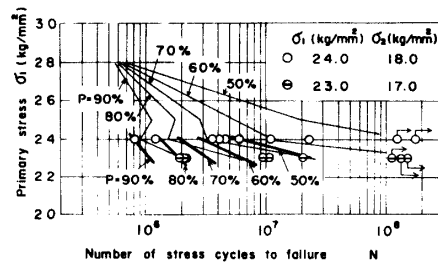


図5 P-S-N曲線 (二段多重)