

東京工業大学 正員 西村俊夫
 韓国漢陽大学 正員 張 東一
 東京工業大学 正員 三木千寿

1. まえがき

実動荷重下での鋼構造部材疲労強度を推定するには実動荷重とその部材供試体に作用させて直接測定する方法と、一定応力下での疲労試験の測定値を基にして間接的に推定する方法とがある。後者の立場で著者らは実動荷重下での鋼材の疲労強度を明らかにするための基礎段階として幾つかの変動荷重に対して研究を続けてきたが、本報告は、その一環として一定荷重下での回転曲げ試験を行い、ぼらつきが大きい測定値を統計的に処理して疲労強度係数を計算し、これを用いて各々3種類の振中を持つ正弦、三角、正方、各応力波に対する推定線を作り、実験値と比較した。

2. 試験方法

1) 試験片：図1のような日本材料学会疲労試験方法規格によるφ12mm平滑片とφ15mm断面に深さ1.5mmの環状半円及びV溝をもつ切欠試験片を用いた。機械的性質と化学成分は表-1に示す通りである。

2) 試験装置：一定応力実験は小野式回転曲げ試験機を用い、変動荷重に対しては小野式回転曲げ試験機に超低周波発振器を組合せた油圧負荷サーボ機構を取り付けた試験装置を用いた。

3) 設定応力波：試験機の回転による一次波の繰返し数は50Hzであり、二次波は0.1/Hzの正弦、三角及び正方形波とし、又振中は $S_R = 1.2, 2.4, 3.6 \text{ kg/mm}^2$ である。

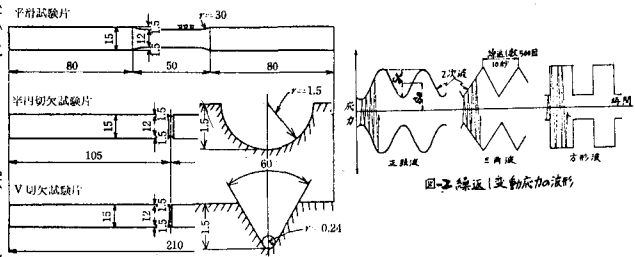


図-1 疲労試験片の形状および寸法

表-1 供試材の化学成分と機械的性質

化学成分 (%)					引張試験 (2号試験片)		
C	Si	Mn	P	S	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)
0.10	0.16	0.45	0.026	0.031	33	45	33

3. 一定振中疲労試験測定値の統計的解析
 一定応力に対する疲労寿命の確率分布は対数正規分布であると仮定して、

1) 疲労限界以上：各々の応力水準に対する寿命の対数値を取り回帰解析して次のような関数関係導いた。

$$Y_i = \log_{10} N_i = c - b S_i$$

$$N_i = \text{Exp} (C_0 - B S_i)$$

標準偏差：

$$\sigma = \left\{ \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - b^2 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2 \right\} / b(n-2)$$

ここで S_i : 応力水準

N_i : S_i 応力水準に対する寿命

\bar{S}, \bar{Y} : S_i, Y_i の平均値

n : 試験値の数

b, B, C_0, c : 常数

2) 疲労限界：応力水準差に1)によるS-N

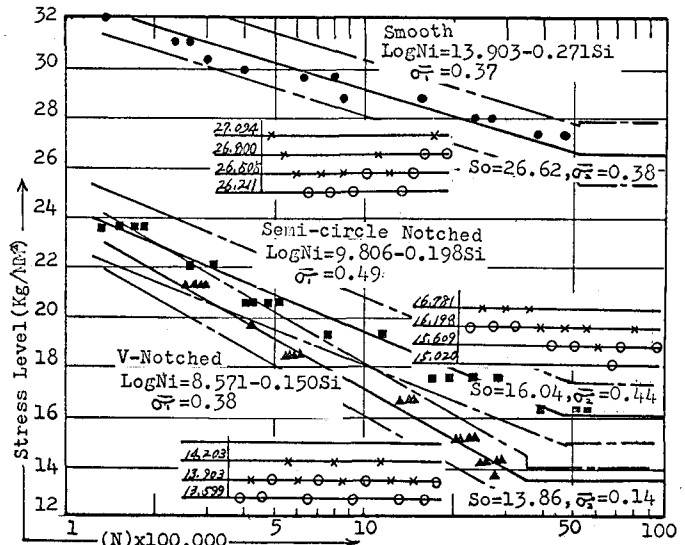


図-3 S-N線図と信頼区間

線の標準偏差を用いて行な、 τ Staircase
の up-down 方法による試験の測定値を次
の式に入れ、疲労限度 S_0 と標準偏差 σ_2 を
求めた。 $S_0 = s' + d \left(\frac{\sum I N_i}{\sum N_i} I^{\frac{1}{2}} \right)$
 $\sigma_2 = 1.62 \left[\frac{(\sum I N_i)(\sum N_i) - (\sum I N_i)^2}{\sum N_i} + 0.027 \right]$

ここで、 s' : 仮定値

N_i : 破壊または非破壊試験片数

d : 応力水準差, I : 階差数

図3中に1)および2)の結果からの3 σ の
領域を一点鎖線で示した。

4. 変動応力を受けた時の疲労寿命推定

各変動応力液に対して疲労度関数法を
用いて算定した結果を図中に示す。これ
は次に示す様な疲労度を用いて加工硬化
の影響を直線被害則に加えたものであり、
高平均応力部での推定線を直線で延長す
ると直線被害則による推定値と一致する。

$$\text{疲労度} : \frac{1}{N_i} = \text{Exp}(A S_i^m + D)$$

疲労限度における単位応力当りの

$$\text{疲労度} : m = \text{Exp}(A S_0^m + D) / S_0$$

$$\text{疲労減少率} : \text{Exp}(-m S_i)$$

表2 疲労度関数 A, D, m の値

	A	D	m ($\times 10^{-3}$)
平滑材	0.6241	-32.0122	0.7713
半円切欠材	0.4550	-22.5780	1.4394
V切欠材	0.3446	-19.7355	2.3052

全試験片に対する正方形二次応力波の振
幅 3.6 kg/mm^2 の場合と、平滑材に対する
正方形二次波振幅 2.4 kg/mm^2 、正弦二次
波振幅 3.6 kg/mm^2 の場合に疲労限界付近
より上での寿命推定線は基本 S-N 線の
3 σ 区間の外にある。

5. 結び

一定応力による疲労実験において、疲労限界より上の S-N 線での 3 σ 区間と、疲労限界での 3 σ 区間の差は、
平滑材、半円切欠材、V-切欠材の順に大きくなった。三角波の応力振幅 3.6 kg/mm^2 と正方波の応力振幅 2.4
 kg/mm^2 の時の寿命推定線はほぼ等しくなり、実験値も二次波の平均応力が低い時は両者ほとんど等しい傾向で
推定線の周辺に存在する。しかし二次波の平均応力が高い領域では正方波形の実験値は推定線からのずれが大と
なる。全体的に実験値は、平滑材では寿命推定線の下、半円切欠材は推定線の上、V-切欠材は推定線の周辺の
上下に位置する。また寿命推定線が基本 S-N 線の 3 σ 区間内に存在する時は実験値もこの区間内に存在してい
るといえる。

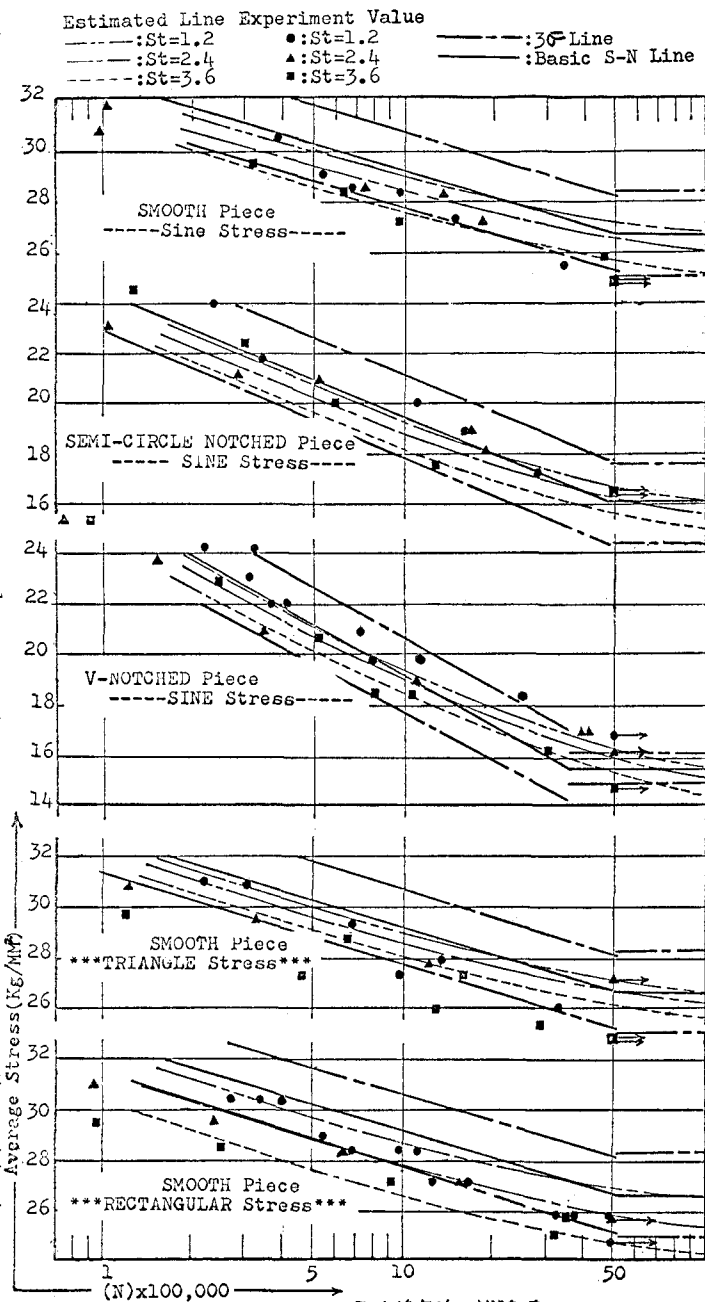


図4 推定線と試験値