

軟鋼棒の引張塑性範囲における耐久限度線図 第2報

大野元明

Fatigue Limit Diagram of a Mild Steel under Repeating Tension-Compression with Tensile Static Stresses (2nd Report)

Motoaki ŌNO

Abstract

An experimental research is presented for a low carbon steel using test pieces with fillets under combination of alternating uniaxial stress σ_a (amplitude) and tensile mean stress σ_m .

The aim of this presentation is to establish the criterion when the maximum stress exceed the yield stress and reach the tensile strength. Results are following :

The criterion appears to be a constant or rather increasing slope to the σ_m axis within the yielding zone of maximum stress and then drops linearly to the point of tensile strength on the σ_m axis when it reaches the tensile strength of the material.

1. 緒言

静的引張応力 σ_m と振幅 σ_a の引張圧縮の繰返応力を同時に作用させる場合の炭素鋼棒の耐久限度線図 (σ_m - σ_a 線図) はその上限応力 (又は最大応力) が降伏点以下にあるときは Fig. 1 の AC 線で示すようにはほぼ直線限界で表わされるが上限応力が降伏点を超える場合には極めて初期の繰返数の期間に静降伏がおこる。この塑性域における疲れ限度線は図の CB 間に示すように鋼種による変化が著しく軟鋼では C 点より

σ_{Rt} の増大するにつれて σ_a は不変または若干上昇して後急激に σ_m 軸上の引張強さの点 B に向って下降する傾向が認められ、硬鋼では C より B に向ってほぼ直線的に下降するようである。しかしこれに関する詳細な実験結果は少ない。また従来からの疲れ破損に関する諸仮説もとくにこの範囲の限界線には特別な区別を設けず前記 AC 線を延長してほぼ直線的または曲率の小さい曲線で表わしている。これは実験値の安全側にあるので実用上はこれでも差支えはないと言える。

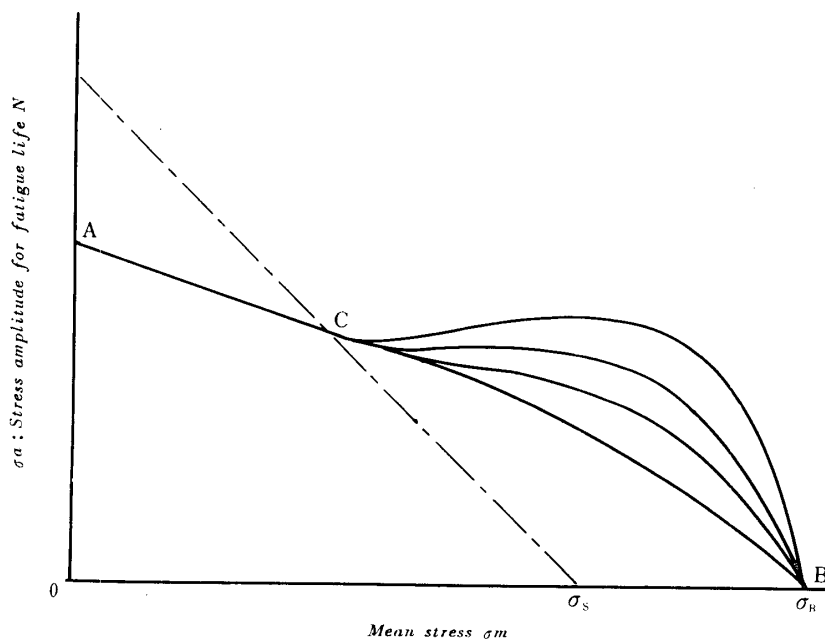


Fig. 1 Proposed lines of constant fatigue life for steels

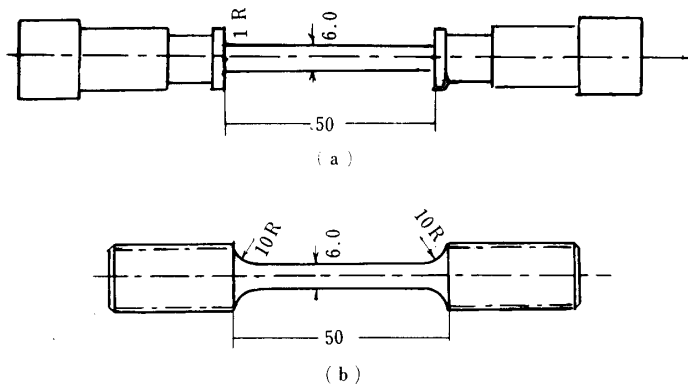


Fig. 2 Test piece dimension

- (a) No. 1 type (previous report)
- (b) No. 2 type

Table 1 Chemical composition

C	Si	Mn	P	S
0.11	0.024	0.33	0.047	0.032

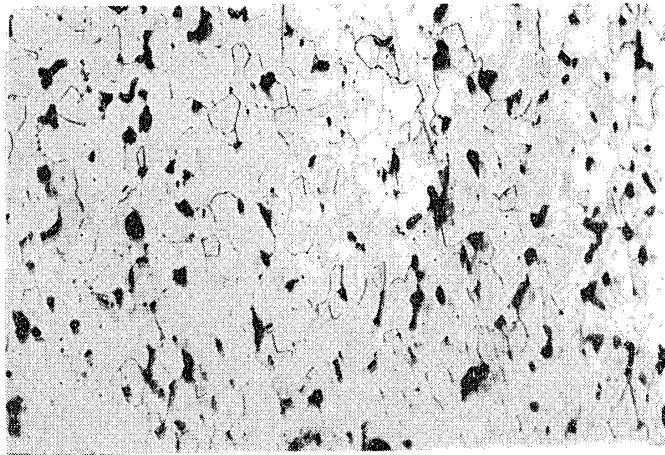


Fig. 3 Microstructure of the material 倍率100

Table 2 Mechanical properties

Yield. st. kg/mm ²	Tensile st. kg/mm ²	Elong. %	Area contract %	True break. st. kg/mm ²
—	50.6	13.6	62.0	82.0

Table 3 α_k calculated and photo elastically measured

Test-piece	Neuber	Heywood	Auther	photo-elastic. measured
NO. 1	2.05	1.91	1.64	1.77
NO. 2	1.24	1.24	1.17	1.40

前回²⁾は Fig. 2 (a) に示す直径 6 mm でその平行部両端に 1 mm の隅角半径をもつ軟鋼製の段付試験片の実験結果を記述したが今回はこの材料とあまり変らない Fig. 2 (b) の直径 6 mm で平行部両端の丸味半径が 10 mm の段付試験片について実験を行なった。

2. 試験片について

試験片材料は Table 1 に掲げた化学成分をもつ軟鋼 (S20C 相当) でその顕微鏡組織は Fig. 3 である。機械的性質は Table 2 のごとくこれは Fig. 2 (a) の前回実験した材料より少し強度が大である。

試験片製作は 前回同様に市場供給の儘機械加工を施した。平行部端の応力集中は前回の NO. 1 型のものに比べると著しく小さいけれども疲労破壊はやはり平行部端で生ずるので平滑材と見なす訳にはゆかない。よって予め形状係数 α_k の大略値を知るため Peterson の図表を参照すると $\alpha_k \approx 1.1$ である (NO. 1 型は 1.72)。なお、この α_k については別に筆者の計算式を用いて求めた値を Table 3 に掲げる。これは表中に併記した Neuber や Heywood の式による値と比較すれば小さいけれども先記の Peterson の曲線によるものとはほぼ一致している。また同表最右欄の光弾性測定値は試験片縦断面と相似形に作ったエポキシ樹脂板試験片によって測定した値である。Fig. 4 はその縮写真を示す。

これらの α_k の値のうちで筆者の計算式が比較には便利であるからこの場合それによる

値を採用し、この α_k によって切欠係数 β_k を西原氏の研究報告を参照して求めてみると約1.05 (NO. 1型では1.45)ということになる。

3. 試験方法

使用試験機は西原式引張圧縮疲労試験機で平均応力は支持ばねを引締めることによって引張力を作用せしめる方式でばねの伸びを測定して求める。振動荷重は不平衡重錘の廻転によって作用させるもので試験片が上限応力によって降伏して伸びても荷重は不変である。

試験方法は1日8～9時間の連続運転とし繰返数はその累積数を取り、107回の繰返しに耐えたものは永久的に破壊しないとして取扱う。

4. 実験結果及び考察

Table 4は今回実験した Fig. 2 (b)の試験片についての実験結果で耐久線図を画くと Fig. 5となる。上限応力 $\alpha_m + \alpha_a$ が弾性範囲内にあるものでは Fig. 1で示したと同様にほぼ直線限界を表わし、上限応力が塑性域にあるCD間では限界線は σ_m 軸に平行かあるいは σ_m の増加とともに幾分上昇する傾向が認められ、D点以上の σ_m に対しては最大応力が丁度引張強

さ σ_B に達する範囲を境にして σ_B 以上の上限応力をかけたものでは繰返応力の初期に試験片は破断をおこし、最大応力が σ_B 以下のものでは実験した何れの試験片も107回の繰返数に耐えており、これによって限界線を画くと図のごとく σ_m 軸上の σ_B の点を通り σ_m 軸とほぼ45°の傾斜をなす直線限界を呈している。

前回実験のNO. 1型試験片の耐久線図を図中に記入して比較すると破線のごとなり、両者の線図の形は各区劃および全体の構成とも類似しているが、今回のNO. 2型の限界線は平滑材のものに近く2項に記した切欠係数 $\beta_k \approx 1.05$ に相当している。NO. 1型のは $\beta_k \approx 1.4$ であることもわかる。

引張圧縮耐久限度線図を数式的に表わしたもののうちとくに小野の式³⁾および筆者の式⁴⁾(前報参照)を極軟鋼について画いて上記実験結果と比較するとFig. 6となる。

これによると σ_m の高い範囲においては計算式は両者ともに若干の修正をしないと合致しない、すなわち上限応力が σ_B に達する範囲では図示の45°傾斜直線をとって二つの式で表わした方がよい。Fig. 7は供試片である、曲っているのは破断直後上下部が激突したものである。

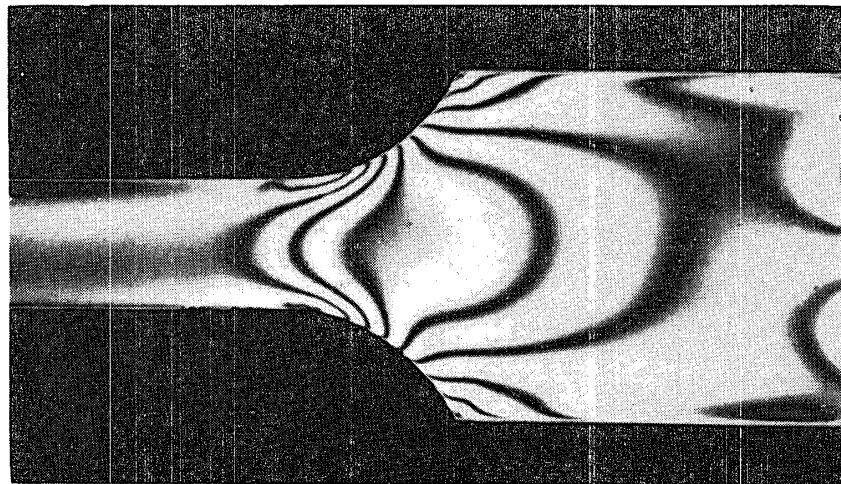


Fig. 4 Photo elastic pattern

Table 4 Experimental results

NO.	Diameter mm	Mean Stress kg/mm ²	Repeating Stress amp. kg/mm ²	Repeated number × 10 ⁶	Raptured × Unraptured ○
1	6.00	0	14.0	11.1570	○
2	"	0	15.9	10.4146	○
3	"	0	18.0	10.1085	○
4	"	0	20.2	6.2250	○
5	6.00	28.4	10.6	9.9941	○
6	"	"	12.4	10.3913	○
7	"	"	14.2	3.3820	×
8	6.00	32.0	13.1	10.8561	○
9	"	"	14.2	10.7612	○
10	"	"	15.2	10.0022	○
11	"	"	16.3	10.1673	○
12	"	"	19.45	0.0006	×
13	"	"	17.7	10.0963	○
14	"	"	18.76	0.0029	×
15	"	"	18.22	0.0310	×
16	6.00	25.5	18.76	0.7335	×
17	"	"	17.7	10.0424	○
18	6.00	22.0	18.76	10.6736	○
19	"	"	19.9	10.0012	
20	"	"	21.9	3.4272	×
21	6.00	12.5	21.9	7.1661	×
22	"	0	23.7	3.7566	×
23	"	12.5	20.5	9.9201	○
24	6.00	36.0	16.0	0.0007	×
25	"	"	14.0	9.9567	○
26	6.00	40.0	10.0	11.6489	○
27	"	"	12.0	0.0013	×
28	6.00	45	6.0	0.0325	×
29	"	"			
30	"	"	4.5	10.4465	○
31	6.00	28.0	18.0	10.1146	○
32	"	"	19.0	11.9828	○
33	6.00	6.0	20.0	7.6088	×
34	"	"	23.0	1.1430	×
35	6.00	0	22.0	1.2960	×
36	"	26.0	19.0	0.3330	×
37	"	29.5	19.0	0.0270	×
38	"	23.0	20.0	1.3890	×
39	"	17.0	21.0	10.1914	○

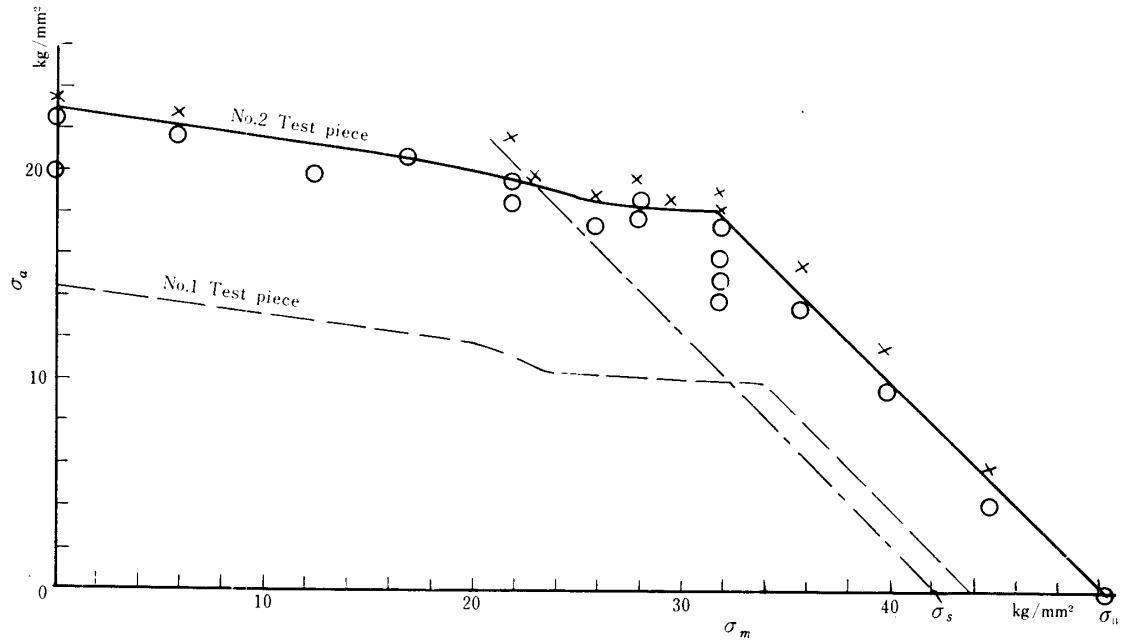


Fig. 5 Diagram obtained from experiments

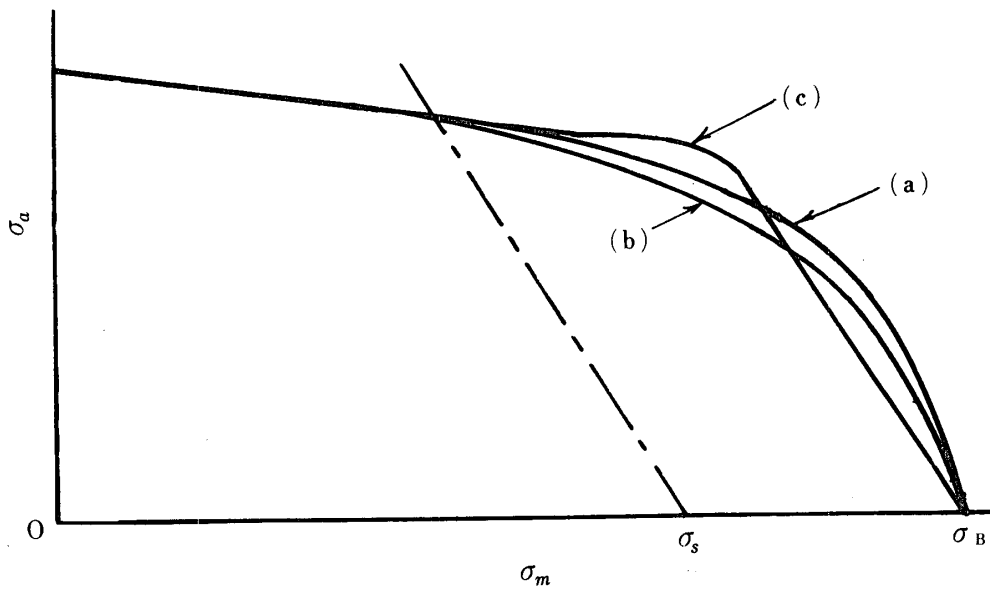


Fig. 6 Comparison of criterions

(a) : Ono's Equation

(b) : Auther's Equation

(c) : Experimented results

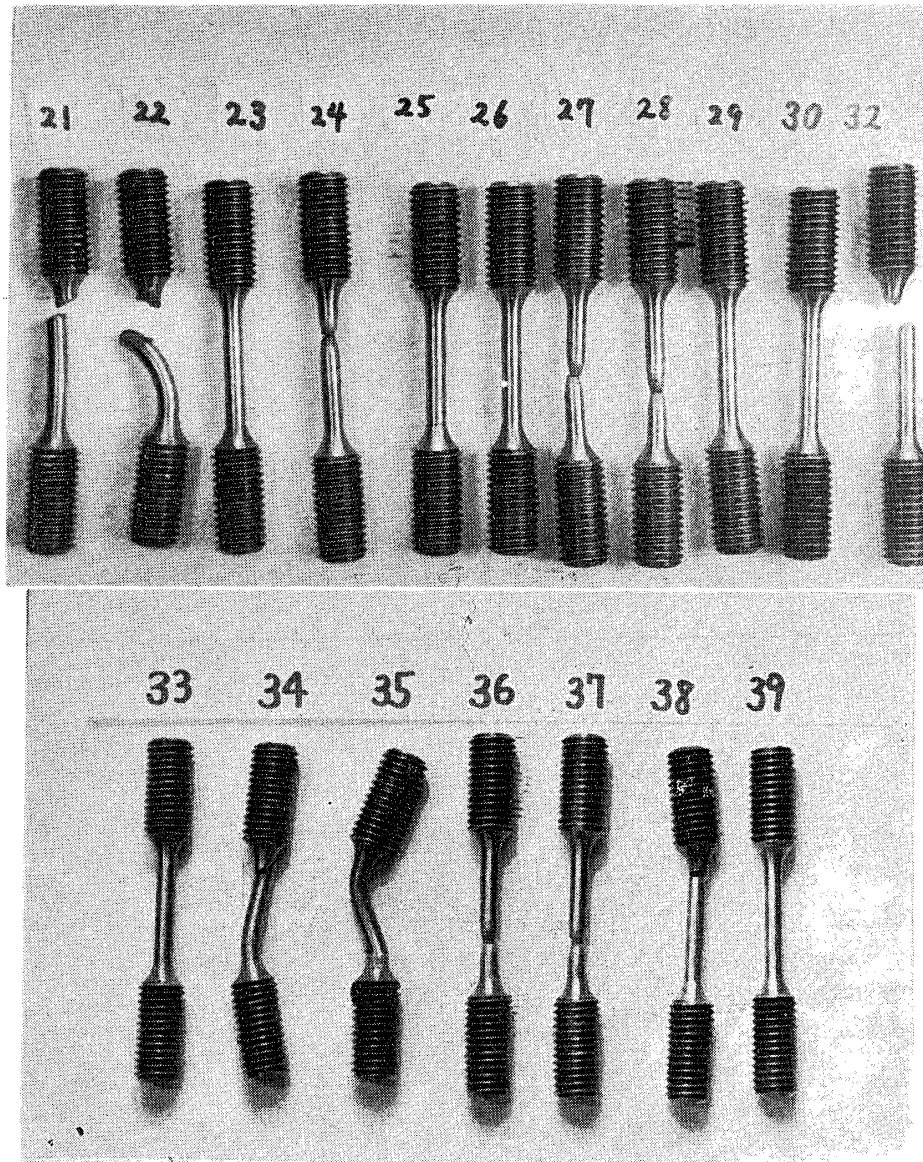


Fig.7 Tested specimens

4. 結 言

軟鋼の引張圧縮耐久限度線図 ($\sigma_n - \sigma_a$ 線図) を前報記述のNO. 1型段付丸軸試験片に次いでこれよりも段付部半径の著しく大きいNO. 2型の試験片について測定した。応力集中度が前者よりも著しく小さいのでその疲れ限度も高く平滑材のものに近い、すなわちこれでは計算ならびに実験結果から検討して形状係数 $\alpha_k \approx 1.1$, 切欠係数 $\beta_k \approx 1.05$ となっている。

耐久線の形は最大応力が弾性範囲内にある間は限界線は σ_m の増大とともに低下するけれども上限応力が降伏点を超えて試験片が極めて初期の繰返数の期間に引張降伏をおこす範囲内では限界線は σ_m の増大に対して不変または幾分上昇する傾向を表わし、さらに σ_m が増し上限応力が引張強さの値に達すると限界線は σ_m 軸と45度の傾きをもつ直線で表わされる。これ

Vol.20. No.2 (1969)

は前回実験のNO. 1型試験片の場合も同様である。

これらの結果から低炭素鋼の耐久限度線図を表わす従来の耐久限度の仮説に基く計算式は上限応力が弾性範囲にある限界式と σ_m 軸上の引張強さの点を過ぎる45度直線式で構成する方がより適切であると考えられる。なお、これらの実験結果は現在実験中の切欠材の疲れ限度の比較基準に供せられるものである。

参 考 文 献

- 1) Cedric. W. Richards: Engineering Material Science. Wadsworth Publishing Company, Inc. P.358
- 2) 大野: 山口大学工学部研究報告 17, No. 1 (1966)
- 3) 小野: 機械学会論文集 6, No.24 (1940)
- 4) 大野: 機械学会論文集30, No.212 (1964)

(昭和44年8月16日受理)