

JSMS 金属材料疲労強度新旧データベースによる 疲労限度の分布特性の比較

明石高専 正 ○境田 彰芳 沼津高専 正 岩谷 隆史
九工大 正 小林 志好 岐阜大 正 長谷川典彦
阪産大 正 中山 英明 立命館大 正 田中 道七

1. はじめに

日本材料学会から 1982 年に刊行された「金属材料疲労強度データ集 (Vol.1~3)」には多数の PN データおよび ST データが収録されており、1998 年 6 月に刊行された「金属材料疲労信頼性設計資料集」の第 5.2 節においては、それらのデータを合理的にプールし、鉄鋼材料平滑材の疲労限度の分布特性に関して種々の統計解析が加えられている。上記の設計資料集は 1982 年版のデータ集のみを対象としていることから、ここでは 1992 年版の「金属材料疲労強度データ集 (Vol.4.5)」から機械構造用炭素鋼平滑材の SN データおよび PN データを抽出し、新旧データベースから得られる疲労限度の分布特性について比較・検討を加えた。

2. データの抽出および解析方法

1982 年版を対象とした「金属材料疲労信頼性設計資料集」第 5.2 節では、種々の要因が異なる試験結果を合理的にプールするため、打ち切り繰返し数を $N=10^7$ に統一した上で、同一試験シリーズ中に $N=10^7$ での破壊確率 F ($0 < F < 1$) が 3 応力レベル以上について得られている試験シリーズを対象として解析が行われている。機械構造用炭素鋼の常温、大気中における平滑材の回転曲げ荷重下での PN データに関して対象となった試験シリーズ数は 16 シリーズであり、その内訳は表 1 に示す通りである。なお、表中のファイル記号 1F は焼きなまし、焼きならしおよび供給のままのものであり、1Q および 1QT はそれぞれ焼入れおよび焼入焼戻しの調質処理を行ったものである。これら PN データの各シリーズごとに破壊確率 F ($0 < F < 1$) と応力レベルの関係を正規確率紙上に図示し、重み付きプロビット法を用いて回帰直線を求めることにより、各シリーズごとの疲労限度の平均値 σ_w および標準偏差 s が求まる。¹⁾

一方、1992 年版のデータ集に収録されている機械構造用炭素鋼の常温、大気中における平滑材の回転曲げ荷重下での PN データに関する試験シリーズ数は 6 シリーズであるが、内 2 シリーズは打ち切り繰返し数 $N=10^7$ までにすべての試験片が破断しており、疲労限度が求まるのは JIS S35C の 4 シリーズのみである。したがって、ここでは PN データだけではなく SN データも用いて疲労限度の分布特性を比較することとした。このとき、各シリーズごとの疲労限度は以下の方法によって求めた。

「金属材料疲労信頼性設計資料集」第 3 章では、

打ち切り繰返し数を $N=10^7$ に統一し、西島ら²⁾によって提案された、片対数紙上で疲労強度データに次式で示す傾斜部と水平部からなる折れ線を統計的にあてはめる方法を用い、プールした各種金属材料の標準 P-S-N 曲線が表示されている。

$$\begin{aligned}\sigma_a / \sigma_B &= -a \log N + b \\ \sigma_a / \sigma_B &= \sigma_w / \sigma_B\end{aligned}\quad (1)$$

ここで、データのばらつきについては、一定寿命に対する疲労強度が正規分布に従い、その標準偏差は寿命によらず一定と仮定されている。このとき、S-N 曲線の傾斜部が片対数紙上で直線であると仮定すると、一定応力における $\log N$ のばらつきが応力によらず標準偏差一定の正規分布に従うと仮定することと同じである。

傾斜部に属するデータの範囲を決定し、各データ点から直線に下ろした垂線の長さの 2 乗和を最小とするように直線を決定し、傾斜部に属する各データについて直線からの強度偏差平方和を求め、疲労強度の標準偏差を推定することにより、 $N=10^7$ の疲労限度 σ_w は標準偏差が既知の場合の重み付きプロビット法を用いて求めることができる。²⁾

Table 1 Number of series for PN data. (1982)

材料記号	ファイル記号	シリーズ数
JIS S10C	1F	1
	1Q	1
JIS S25C	1F	3
JIS S45C	1F	5
	1QT	6

3. 解析結果

図 1 の□印は破壊確率 F ($0 < F < 1$) と応力レベルの関係を正規確率紙上に図示し、重み付きプロビット法を用いて回帰直線を求めることにより得られた疲労限度の平均値 σ_w を、また、○印は傾斜部に属するデータから推定した標準偏差を用い、標準偏差が既知の場合の重み付きプロビット法から求めた疲労限度 σ_w の分布を各シリーズの引張強度 σ_B で標準化し、正規確率紙上に図示したものである。両者ともほぼ正規分布で近似できるとともに、耐久限度の推定法の違いによる分布の差は小さいことがわかる。なお、□印および○印の分布の平均値はそれぞれ 0.492 および 0.486 であり、標準偏差はそれぞれ

0.055 および 0.056 である。さらに、図中の●印は 1992 年版から抽出した 4 シリーズの PN データに対し、標準偏差が既知の場合の重み付きプロビット法により得られた疲労限度 σ_w を図示したものである。データ数が少ないため、今後、さらにデータを蓄積して詳細に検討する必要があるが、素材の製造年が 1986 年であるこれら 4 シリーズの疲労限度はやや高めになっているようにも思われる。

図 2 の○印および●印はそれぞれ表 2 に示す 1982 年版から抽出した 193 シリーズおよび表 3 に示す 1992 年版から抽出した 22 シリーズの SN および PN データに対し、標準偏差が既知の場合の重み付きプロビット法により求めた疲労限度を正規確率紙上に図示したものである。なお、表 2 および表 3 には統一した打ち切り繰返し数 $N=10^7$ までにすべての試験片が破断したシリーズ数も含んでいるため、図 2 のプロット点の数と表のシリーズ数の合計は一致しない。また、図中の□印は、比較のために図 1 と同様、表 1 に示す 16 シリーズの PN データに対する結果を示したものである。

Table 2 Number of series for SN and PN data. (1982)

材料記号	ファイル記号	シリーズ数
JIS S10C	1F, 1FL 1Q, 1QA	31 (5) 15 (4)
JIS S12C	1F	1 (0)
JIS S15C, S15CK	1F, 1FL 1Q, 1QA, 1QL	23 (0) 4 (0)
JIS S20C	1F	8 (1)
JIS S25C	1F	20 (5)
JIS S30C	1F	9 (0)
JIS S35C	1F 1QT	19 (0) 4 (0)
JIS S40C	1F 1QT	1 (0) 1 (0)
JIS S45C	1F 1QT	25 (6) 28 (7)
JIS S50C	1F 1QT	10 (0) 5 (0)
JIS S55C	1F	3 (0)
JIS S58C	1F	1 (0)

Table 3 Number of series for SN and PN data. (1992)

材料記号	ファイル記号	シリーズ数
JIS S10C	1F	2 (1)
JIS S15CK	1F	1 (0)
JIS S20C	1F	1 (0)
JIS S25C	1F	7 (0)
JIS S35C	1F	5 (5)
JIS S38C	1F	1 (0)
JIS S40C	1F 1Q	1 (0) 1 (0)
JIS S45C	1F 1QT	2 (0) 1 (0)
JIS S48C	1QT	1 (0)
JIS S50C	1F	2 (0)
CM SVD50S1	1F	1 (0)

図 2 の○印および●印の分布に対する疲労限度の平均値はそれぞれ 0.495 および 0.490 であり、標準偏差はそれぞれ 0.068 および 0.056 である。表 1 に示した PN データの試験片総数は 100~200 程度であるのに対し、SN データの試験片総数は 10~30 程度であることから、厳密には、正規確率紙にプロットする際に試験片総数等に対する重みを考慮する必要があるが、第一近似的には、表 3 に示す機械構造用炭素鋼の疲労限度の分布特性は、静強度の場合と同様、1982 年版と 1992 年版でほとんど差は認められないようである。

4. 結 言 (省略)

参考文献

1. 西島 敏, 材料, **29**, 24 (1980).
2. 西島 敏, 石井 明, 材料, **34**, 340 (1985).

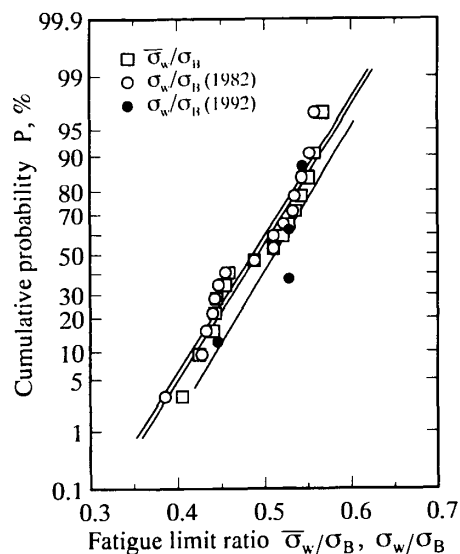


Fig.1 Distribution of fatigue limit ratio for PN data of carbon steels.

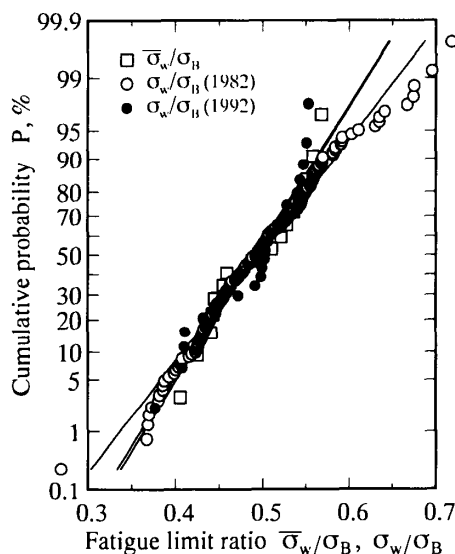


Fig.2 Distribution of fatigue limit ratio for SN and PN data of carbon steels.