

1 緒 言

日本材料学会では疲労部門委員会・信頼性工学部門委員会の合同企画として、広範な金属材料の疲労強度データを収集・整理し、「金属材料疲労強度データ集(Vols.1, 2, 3)」を出版するとともに、これを計算機可読のデータベースとして再編集し、世界に先駆け 1982 年に一般公開した。1992 年にはその後の新規データを新たに収集して「同データ集(Vols.4 & 5)」と併せて同データベースの姉妹編を公開した。1996 年には両者を結合させてフォーマットや単位系を統一した全面改訂版を編集し、Elsevier Science B.V. と日本材料学会(JSMS)の共同企画として“DATABOOK ON FATIGUE STRENGTH OF METALLIC MATERIALS”を海外出版した。また、学会創立 50 周年記念事業の一環として、「金属材料疲労信頼性評価標準-S-N 曲線回帰法」と題する学会標準を 2002 年 3 月に出版した。この学会標準は書籍の形態の出版物だけでなく、この手法で実際に S-N 曲線を回帰するためのソフトウェア(CD-ROM)をセットにして頒布されている。ここではこれらデータベースと学会標準の概要について紹介する。

2 金属材料疲労強度データベース

2.1 データベース概要 本データベースのデータ収集範囲は鉄鋼材料および非鉄金属であり、対象としたデータ種別は下記の 3 種類である。

SN データ：S-N 特性を調べる慣用的な方法による疲労試験結果

ST データ：ステアケース法による疲労試験結果

PN データ：いくつかの応力レベルで多数試験片を用いた寿命分布試験データ（プロビット法による疲労試験結果）

本データベースに収録されたデータを鉄鋼材料と非鉄金属に大別して、その分量を示したものが表 1 である。ここでは同一材料・同一試験条件で実施された 1 組の疲労試験結果をシリーズと呼んでいる。表から分かるようにいずれの材種についても SN データが圧倒的に多く、合計で 2,864 シリーズの SN データが収録されている。これは試験片の本数にして 35,000 本以上に及ぶ大規模データになっている。

Table 1 データ種別ごとのシリーズ数内訳

	鉄鋼材料	非鉄金属	粉末合金	合 計
SNデータ	2,489	325	50	2,864
STデータ	139	13	0	152
PNデータ	141	41	0	182
合 計	2,769	379	50	3,198

2.2 レコード種別と基本フォーマット データ提供者ごとに 3 桁のデータ提供者コードを設け、各提供者ごとにデータ各組に対して順次増大するような試験番号が付されている。そして、以下 80 桁のレコードを設けて、それぞれのレコード内に必要な当該データが入力されている。

以上の各レコード内の所定のコラムに割当てられた各データ項目について、それぞれ該当する記号や数値が格納されている。例えば、ある研究者から種々の材種に対する 10 組の疲労試験データが提供された場合、XX レコードと GG レコードは共通で、GA レコード～FM レコードの中でそれぞれの組ごとの材料情報や疲労試験条件等の基礎データを明示し、その都度、最後の SN, ST, PN のいずれかのレコードで疲労試験結果の数値が示される形式になっている。

本データベースの収録データ・レコード数は、疲労強度データそのものが 33,947 レコードであり、コメント文が 2,684 レコードで、全体として 36,631 レコードの規模であり、バイト数にして 3,003,743 バイトのサイズになっている。

2.3 データベース収録データの例 前節に示した基本フォーマットにしたがって収録された疲労強度データの中から、鉄鋼材料の SN データの代表例として SNCM439 鋼に関する疲労試験データを図示したものが Fig. 1 である。図中の矢印付きのデータはその繰返し数における未破断データであることを示している。

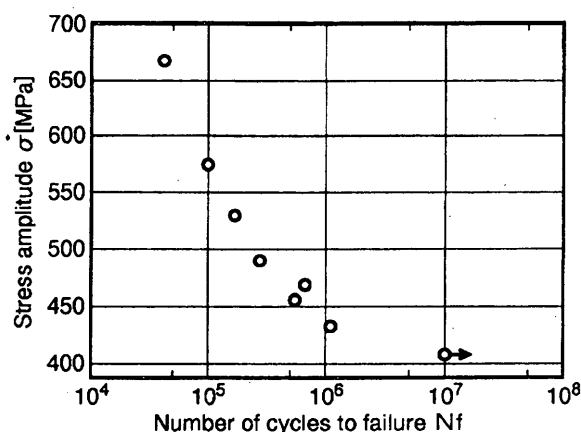


Fig.1 SNCM439 鋼に関する平面曲げ疲労試験結果

3 日本材料学会標準

3.1 S-N 曲線回帰モデル 鉄鋼材料では明確な疲労限度があつて S-N 曲線が明確に折れ曲るが、非鉄金属についてはこのような明確な疲労限度が現れず、S-N 曲線が漸次低下する。そこで、本標準ではこれらのデータに対して「疲労限度型 S-N 曲線」と「連続低下型 S-N 曲線」の 2 種類の回帰曲線を用意した。

また、S-N 曲線の数式表示については疲労限度型では折れ線回帰モデル、斜交双曲線回帰モデル、連続低下型では直線回帰モデル、曲線回帰モデルのそれぞれ 2 種類を、また縦軸についてもすねてのモデルに対して等間隔目盛と対数目盛の両者を考えて、片対数モデルと両対数モデルを用意している。

3.2 S-N 曲線回帰の前提条件 学会標準では金属材料の S-N 特性を調べるための条件として以下のように設定されている。

- (i) ステアケース法やプロビット法で疲労限度 σ_w が求められる場合は、この値を固定して破断データのみから $S-N$ 曲線表示式中の他のパラメータを推定する。
- (ii) $N = 5 \times 10^6$ 以上の繰返し数における打ち切りデータが1点以上あれば、ステアケース法等で σ_w が求まってなくても、破断データ応力最小値 $\sigma_{f,\min}$ とこれより低応力の打ち切りデータ応力最大値 $\sigma_{r,\max}$ の平均値を疲労限度 σ_w とする。
- (iii) $\sigma_{f,\min}$ と $\sigma_{r,\max}$ の差が $\pm 0.05\sigma_w$ を越える場合は、連続低下型 $S-N$ 曲線を想定し、破断データのみを参照して $S-N$ 曲線表示式に含まれるパラメータを推定する。
- (iv) $N = 5 \times 10^6$ 以上の打ち切りデータがない場合は、それ以前の打ち切りデータがあっても、上記(ii)のような σ_w の推定は行わず、破断データをもとに連続低下型 $S-N$ 曲線を想定したパラメータの推定を行う。
- (v) 破断データ応力最大値が破断データ応力最小値 $\sigma_{f,\min}$

の1.5倍以上であること。

- (vi) 破断データが6つ以上あること。

3.3 $S-N$ 曲線の回帰法 前節の前提条件(i)および(ii)により疲労限度 σ_w が決まる場合は疲労限度型 $S-N$ 曲線を想定し、折れ線または斜交双曲線で $S-N$ 曲線を表示し、疲労限度の値を水平漸近線の値として、縦軸方向の残差二乗和が最小になるようにパラメータを推定する。折れ線回帰モデルについては残差二乗和最小切点探索法により、斜交双曲線回帰モデルについては改良 Gauss-Newton 法により、 $S-N$ 曲線表示式に含まれるパラメータを推定する。解析結果の一例を Fig.2 に示す。最後に本標準での曲線回帰のフローチャートを Fig.3 に示す。この回帰法は先の日本材料学会疲労強度データベース収録データ中、回帰の前提条件を満たしているものに対して解析可能であることを確認しており、広範なデータに対して適用性があることを確認している。

4. まとめ 略

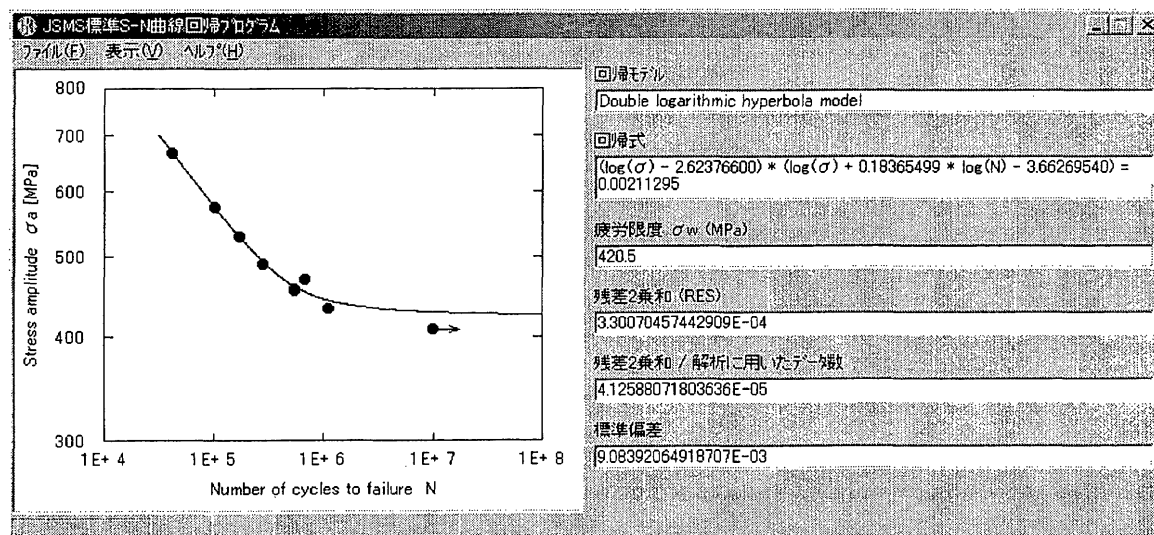


Fig.2 SNCM439 鋼に対する疲労限度型 $S-N$ 曲線回帰結果 (斜交双曲線モデル)

(図中の μ と s は疲労限度の平均値と標準偏差を表す。)

データ種別
ST / PN / SN

☆本学会標準は図中の破線で囲われた領域における $S-N$ 曲線回帰法の標準化を図るものである。

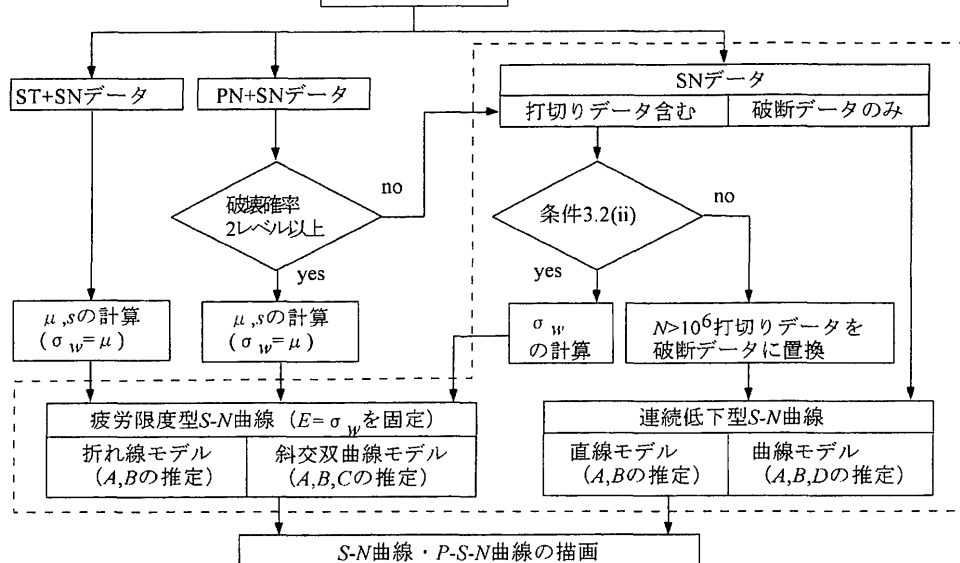


Fig.3 $S-N$ 曲線回帰法の手順に関するフローチャート