

まえがき

この規格は、工業標準化法に基づき、日本工業標準調査会の審議を経て、通商産業大臣が改正した日本工業規格である。これによって、**JIS B 1081-1991** は改正され、この規格に置き換えられる。

今回の改正によって、この規格は対応国際規格である **ISO 3800** (Threaded fasteners—Axial load fatigue testing—Test methods and evaluation of results) に一致したものとなった。

なお、この規格で点線の下線を施してある“参考”は、原国際規格にはない事項である。

ねじ部品—引張疲労試験— 試験方法及び結果の評価

Threaded fasteners—Axial load fatigue testing— Test methods and evaluation of results

序文 この規格は、1993年に第1版として発行された **ISO 3800, Threaded fasteners—Axial load fatigue testing—Test methods and evaluation of results** を翻訳し、技術的内容及び規格票の様式を変更することなく作成した日本工業規格である。

なお、この規格で点線の下線を施してある“備考”及び“参考”は、原国際規格にはない事項である。

1. 適用範囲 この規格は、ねじ部品の引張疲労試験を実施するための条件及び結果の評価のための推奨事項について規定する。

他に合意がなければ、試験は部分片振り（引張り）の形式で、室温で実施され、作用する負荷はねじ部品の軸線と同軸である。被締結部材のコンプライアンスがねじ部品のひずみに及ぼす影響は考慮に入れない。

この方法によって、ねじ部品の疲労強度を決定できる。

試験結果は、試験条件の影響を受ける。この理由によって、その影響を少なくするための最小必要条件について規定する。さらに、試験装置の校正及び心合わせ方法を含んでいる。

備考 この規格の対応国際規格を、次に示す。

ISO 3800 : 1993 Threaded fasteners—Axial load fatigue testing—Test methods and evaluation of results

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版を適用する。

JIS B 1001 ボルト穴径及びざぐり径

備考 **ISO 273 : 1979, Fasteners—Clearance holes for bolts and screws** からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

JIS B 1005 おねじ部品の首下丸み

備考 **ISO 885 : 1976, General purpose bolts and screws—Metric series—Radii under the head** からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

JIS B 1181 六角ナット

備考 **ISO 4032 : 1986, Hexagon nuts, style 1—Product grades A and B**, **ISO 4033 : 1979, Hexagon nuts, style 2—Product grades A and B**, **ISO 8673 : 1988, Hexagon nuts, style 1, with metric fine pitch**

thread—Product grades A and B 及び ISO 8674 : 1988, Hexagon nuts, style 2, with metric fine pitch thread—Product grades A and B からの引用事項は、この規格の本体の該当事項と同等である。

JIS Z 8703 試験場所の標準状態

備考 ISO 554 : 1976, Standard atmospheres for conditioning and/or testing—Specifications からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

3. 記号及びその意味

この規格で用いる記号及びその意味は、表 1 による。

表 1 記号及びその意味

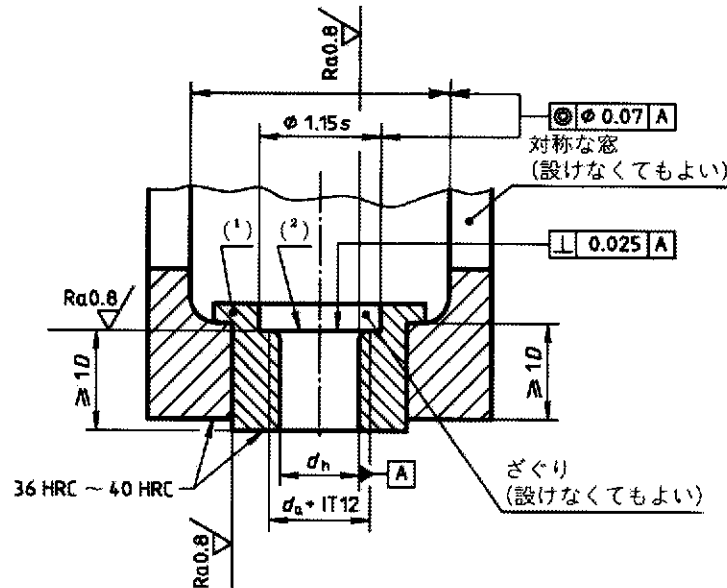
記号	意味	記号	意味
A_{d3}	おねじの呼び谷の径による面積, $A_{d3} = \frac{\pi}{4} d_3^2$	p_t	遷移領域における破壊確率
A_s	有効断面積 $A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$ 平均応力及び応力振幅の計算に用いる断面積。使用者と供給者との合意で A_{d3} を用いてもよい。	P	ねじのピッチ
d	荷重検定棒のねじの呼び径	$R_{m, \min}$	最小引張強さ
d_1	おねじの谷の径の基準寸法	R_s	最小最大応力比, $R_s = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$
d_2	おねじの有効径の基準寸法	s	六角の二面幅
d_3	おねじの呼び谷の径 $d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$	$S(F_A)$	疲労限度の荷重振幅の標準偏差
d_a	ボルト首下丸み移行円の径	$S(\sigma_A)$	疲労限度の応力振幅の標準偏差
d_h	ボルト穴径	$S(\log N)$	疲労寿命の対数の標準偏差
d_s	荷重検定棒の軸径	α, β	$S-N$ 曲線の傾斜部に対する回帰直線の係数
D	試験用めねじアダプタのねじの呼び径	σ_a	応力振幅
$F_{0.2}$	引張荷重	σ_A	疲労限度の応力振幅
F_0	耐力 $R_{p0.2}$ の引張荷重	σ_{ax}	呼び引張応力
F_a	荷重振幅	σ_b	曲げ応力
ΔF_{all}	遷移領域における荷重振幅の階差	σ_m	平均応力
F_A	疲労限度の荷重振幅	$\sigma_{\min}$	最小応力
F_m	平均荷重	$\sigma_{\max}$	最大応力
H	基準ねじ山のとり三角形の高さ	$\sigma_{\min}$	疲労限度の最小応力
N	応力の繰返し回数	$\sigma_{\max}$	疲労限度の最大応力
N_G	破壊せずに試験を打ち切る場合の応力の繰返し回数	σ_{AN}	繰返し数 N の疲労強度
p	破壊確率	σ_{AA}	$N=5 \times 10^4$ の有限寿命疲労強度の予想値
p_f	有限寿命領域における破壊確率	σ_{AB}	$N=1 \times 10^6$ の有限寿命疲労強度の予想値
		$\sigma_{a,i}$	有限寿命領域における i 番目の試験の応力振幅
		$\sigma_{a,j}$	ステアケース法における j 番目の試験の応力振幅
		$\Delta \sigma_{kl}$	有限寿命領域 ($S-N$ 曲線の傾斜部) における試験の応力振幅間隔
		$\Delta \sigma_{all}$	遷移領域における応力振幅の階差

備考1. 記号へは、推定値の場合に用いる。例えば繰返し数 N における推定値 δ_{AN} のように用いる。

2. 記号へは、回帰直線を求める際に σ_a 又は $\log N$ の値に用いる。例えば σ_a 又は $\log N$ のように用いる。

参考 $R_{p0.2}$ 及び $R_{m, \min}$ には、一般に JIS B 1051 (鋼製のボルト・小ねじの機械的性質) の規格値が適用される。

表面粗さの指示値の単位は、 μm



d_0 は、JIS B 1005の1欄の移行円直径（最大）

(2) 表面は 0.25~0.5mm の深さで表面硬化してもよい。その場合、最大硬さは 60HRC、最小硬さは供試体より HRC で 5 ポイント大きくする。

図2 供試体取付け具（インサート付き）

自動調心装置は推奨しない。もしそれを用いる場合には、偏心荷重が疲労試験結果を大きく変動させることがあるので、注意深く心合わせを点検する。

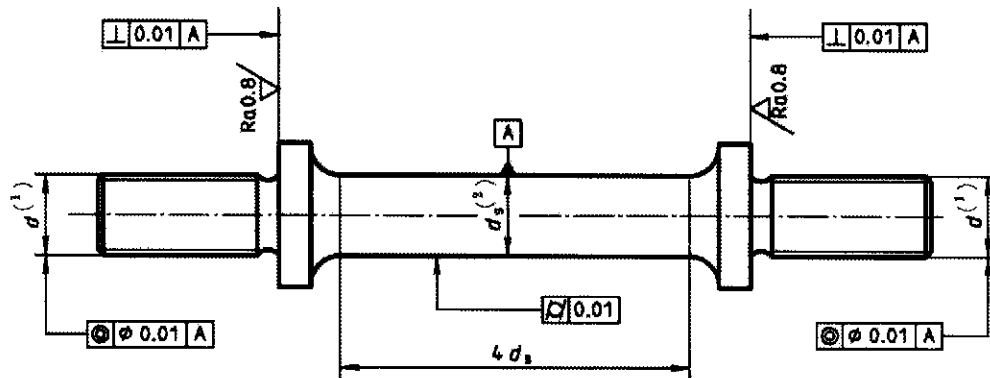
5.4 試験用めねじ部品 標準部品の疲労試験には、JIS B 1181 本体に従った適当なサイズと強度区分のナット又はめねじアダプタを用いるものとする。

もし特別なボルト・ナット結合体を試験する場合には、ナットの正確な記述を **8.2** に従って行う。

もし図 5 によるめねじアダプタを用いる場合には、その仕様を 8.2 に従って記述する。

円筒度、直角度及び同軸度の公差値の単位は、mm

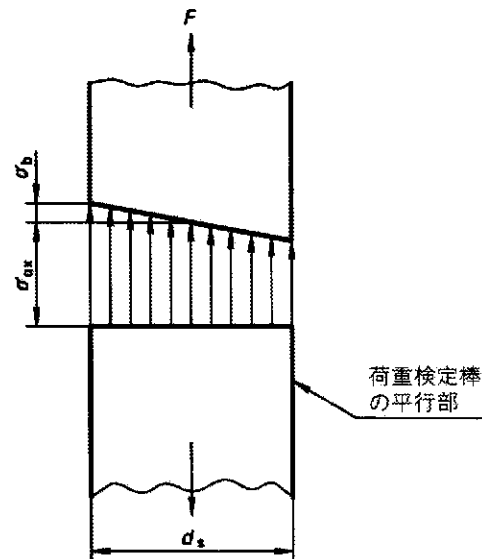
表面粗さの指示値の単位は、 μm



注⁽¹⁾ ねじの等級は4hとする。

⁽²⁾ $d_s = d$

図3 荷重検定棒

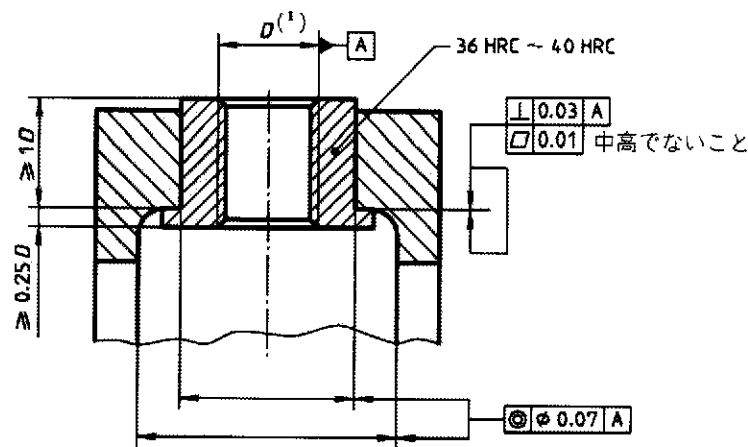


$$\sigma_{ax} = \frac{4F}{\pi d_s^2}$$

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{ax}} \leq 0.06$$

図4 荷重検定棒の軸部における応力分布

平面度、直角度及び同軸度の公差値の単位は、mm



注(1) ねじの等級6H

図5 試験用めねじアダプタ

5.5 試験用座面板 ボルトの首下丸み部が干渉しないように、面取りした試験用座面板を用いるか、供試体取付け具に面取りを施してもよい。45° の面取りの最大直径は、 $d_a + IT12$ とする（図6参照）。座面板の両面は0.01mm以内で平行とする。座面板の硬さは、供試体取付け具と同じとする。

試験用座面板を用いる場合には、試験報告書にそのことを示す（8.3参照）。

6. 試験手順 試験機の容量は、選んだ試験構成において供試体に作用する最大荷重が、試験機の最大容量の10%以上であるように選定する。ナットの座面又はめねじアダプタの座面は、ボルト軸部のねじのない部分から少なくとも4Pのところにあり、ナットのねじ山が完全にねじ込まれ、少なくとも2Pの長さのボルトねじ山が試験ナットから突き出していなければならない（図7参照）。試験用ナットは一回だけの使用とする。

試験用めねじアダプタは、その都度おねじ部品に自由にねじ込むことができ、損傷がない限り繰り返し用いてよい。

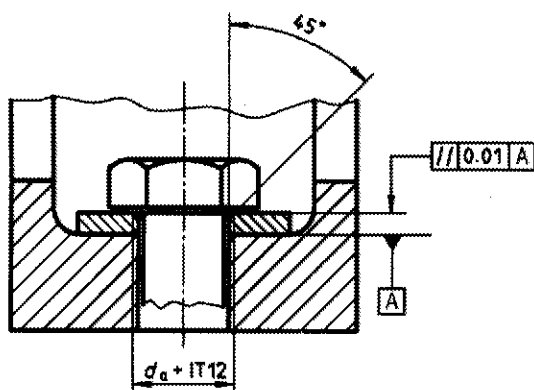


図6 試験用座面板（セット状態）

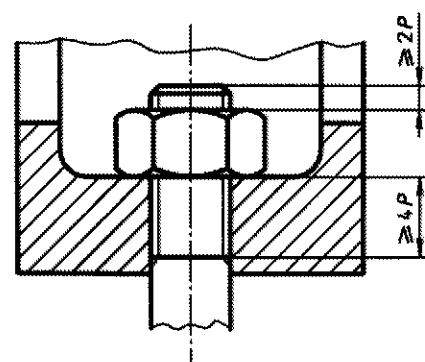


図7 試験用ナットのセット位置

供試体は、取付け具に固定したり力を加えたりすることなしにセットすべきで、ナットにトルクを加えてねじり応力を生じさせてはならない。すなわち、引張荷重は試験機によって与えなければならない。

おねじ部品及び試験用ナットは、試験前に十分洗浄し、SAE 20 オイル又は同等品を塗布する。

試験の繰返し速度は、供試体の温度が試験期間中に50℃より上昇しないように選ぶ。温度は、第一はめあいねじ山で測定するのがよい。

試験期間中、荷重条件が変化していないことを確かめるために、荷重を頻繁に監視する。

疲労試験の結果は環境条件によって影響を受ける。そのため、もし可能ならば、環境条件、特に湿度を JIS Z 8703 の 2.2 (標準状態の湿度) に従って点検するのがよい。

参考 この項の内容は、ISO 554 の 2.1 と同等である。

7. 結果の評価 疲労強度の値の比較評価は、試験及び結果の評価が一定の仕方で行われる場合にだけ可能である。

疲労強度の値は、有限寿命領域（あらかじめ定めた応力繰返し数に達する前にすべての供試体が破壊）及びあらかじめ定めた応力繰返し数（一般に 5×10^6 から 1×10^7 回）までに破壊する場合と破壊しない場合が生じる遷移領域において決定することができる（図 10 参照）。試験目的によって、疲労試験は次の二つの方法によって実施し、評価する。

- a) 有限寿命領域及び遷移領域においてそれぞれあらかじめ定めた応力振幅で、最小の応力繰返し数に達するかどうかの試験。
- b) 有限寿命領域及び遷移領域の位置とばらつきの大きさを、統計的評価方法を用いて決定する試験。

7.1 有限寿命領域における試験 有限寿命領域における試験は、ねじ部品の有限寿命データを求めるためのもので、一般に製品の生産における管理、受渡し時の品質保証などに適用する。試験する製品に対して、応力及びその繰返し数が定められ、それ以外の条件が規定されていない場合には、一般に最小 6 個の製品を試験するのがよい。

なお、この試験は、平均応力 (σ_m) を一定にする方法又は最小最大応力比 (R_s) を一定（一般に $R_s = \frac{1}{10}$ を用いる）にする方法のいずれかによる。

7.1.1 品質管理用試験 使用者と供給者との間の合意によって、試験目的に対して、統計的に適切なサンプルを抜き取る。試験中の予想できない困難さに対応するために、サンプルは少なくとも 10% 増すのがよい。

7.1.2 有限寿命領域の位置とこう配の決定 有限寿命領域における応力繰返し数の分布は、統計的計算方法を用いて経済的に近似することができる。

有限寿命領域の評価に対しては、疲労試験は少なくとも二つの応力段階で行わなければならない。その二つの応力段階は、応力繰返し数が 1×10^4 と 5×10^5 の間になるように選ぶのがよい。

応力段階一つ当たりの試験数（サンプルの大きさ）は、選ばれた統計的評価方法及び破壊確率 p_f 、例えば $p_f = 10\%$ 、 50% 又は 90% に対し、要求される推定の精度に依存する。

供試体の数は、6 個以上とするのがよい。

有限寿命領域の一つの応力段階における応力繰返し数の分布は、例えば、正規確率紙において、正規分布を基礎とし、次の式で示す推定量を用いて決めることができる。

$$p_f = \frac{3i-1}{3n+1}$$

ただし、
 p_f : 有限寿命領域における破壊確率の推定値
 i : 供試体の順序数
 n : 試験した供試体の数

次の例でその手順を説明する。

$n=8$ 個のボルトを、一定応力振幅 $\sigma_a = 150 \text{ N/mm}^2$ で試験する。破壊するまでの応力繰返し数を試験の順番に並べれば次のとおりである。

$$N=(169, 178, 271, 129, 405, 115, 280, 305) \times 10^3$$

まず、破壊までの応力繰返し数を大きさの順に並べ、順序数 i それに割り当てる。

最小の繰返し数をもつ第一の供試体には順序数 $i=1$ 、第 n 番目の供試体（最大の応力繰返し数をもつ供試体）には順序数 $i=n=8$ を与える。

これによって表 2 に示すような評価手順となる。

次に、各破壊確率 p_f に対する応力繰返し数を正規確率紙（図 8）にプロットし、個々の結果に対し補償直線（回帰直線）を描く。その補償直線を用いて、限界繰返し数 N_{10} 、 N_{50} 及び N_{90} を読むことができる。

例 $N_{10}=110 \times 10^3$ 、 $N_{50}=213 \times 10^3$ 及び $N_{90}=415 \times 10^3$ （すなわち、すべての供試体の 10% が 110×10^3 の応力繰返し数に達するまでに破壊し、 213×10^3 までに 50%、そして 415×10^3 までに 90% が破壊する。）。

7.2 遷移領域（無限寿命領域）における試験

7.2.1 品質管理用試験（破壊せずに与えられた応力繰返し数に達すること） 最小の応力繰返し数に対する要求を満足するかどうかを点検するためには、使用者と供給者との間でほかに合意がない場合には、最小 6 個の供試体についてあらかじめ決められた応力振幅で試験する。予想できない困難さに対応するために、サンプルを少なくとも 10% 増すのがよい。

7.2.2 遷移領域の位置及び大きさの決定 有限寿命領域と同様に、遷移領域のばらつきは、統計的計算方法を用いて経済的に近似することができる。

実際には、次の二つの統計的評価方法が基本的に望ましい。

- a) 個々の試験の後に応力振幅を段階的に変化させる（ステアケース法）。
 - b) 一定の応力段階で数個のボルトを試験した後に応力振幅を変える（例えば、2 点法、アークサイン法）。
- これらの評価方法は、試験ロットの母集団の分布を近似的に表すモデル関数に基づいている。

それゆえ、メジアン σ_{A50} （破壊確率 50% の疲労強度）及び遷移領域の限界（例えば、 σ_{A10} 、 σ_{A90} ）が決定される。

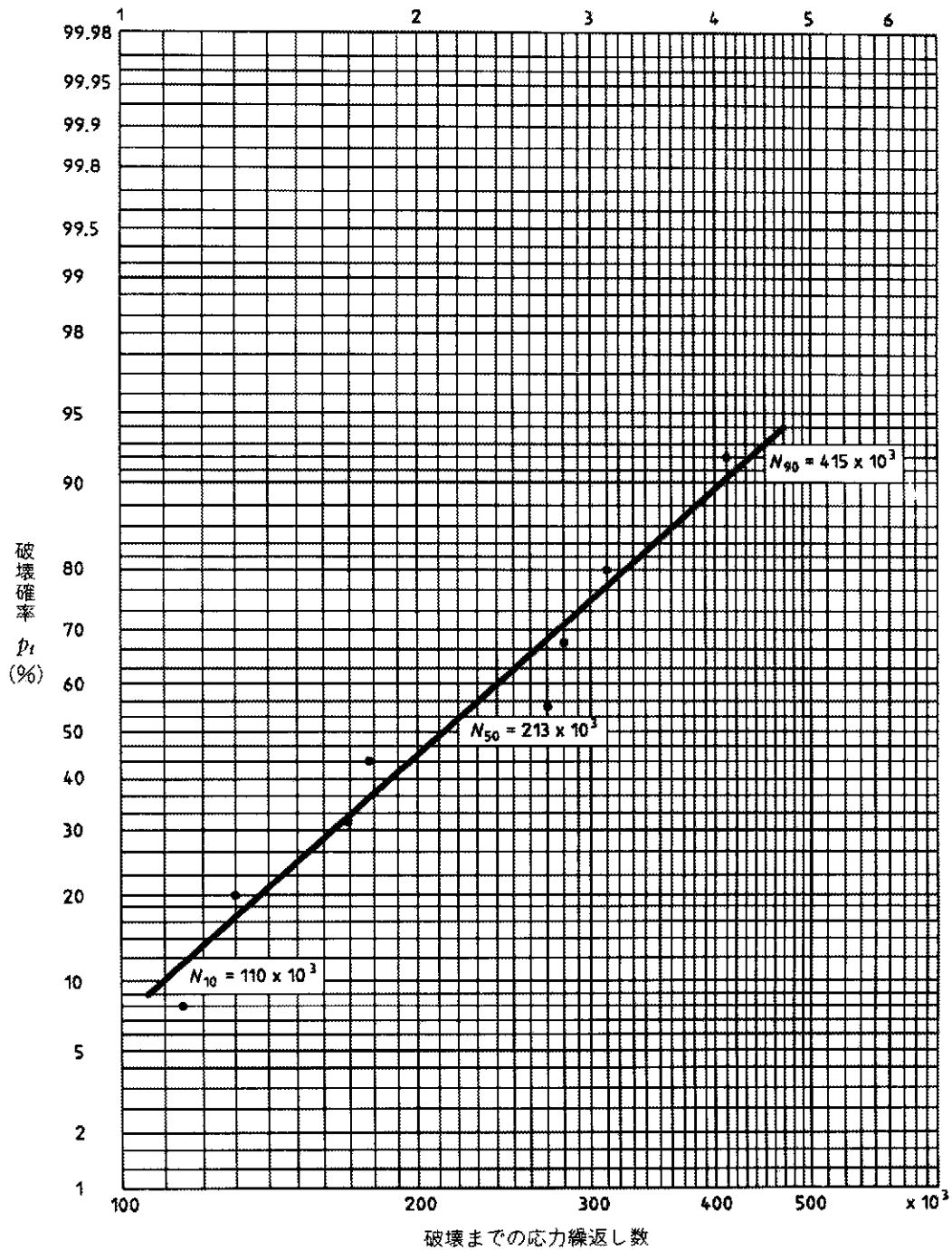
経験によれば、許容差 $\pm 5\%$ 以内で疲労強度 σ_{A50} を決定するために 15～20 個程度の供試体が必要である。

遷移領域の限界を決定するためには、必要な供試体の数はそれより明らかに多い（例えば、 σ_{A10} に対しては 20～30 個程度の供試体が必要）。

アークサイン法、ステアケース法及び 2 点法は、一般に正規分布に基づいているが、求められる値の精度については、同じ試験条件でほぼ等しい。

表 2 有限寿命領域における応力振幅 $\sigma_a=150\text{N/mm}^2$ による 8 個の疲労試験結果の統計的評価の手順

順序数 i	1	2	3	4	5	6	7	8
応力繰返し数 $N \times 10^3$ （小さい順に）	115	129	169	178	271	280	305	405
破壊確率 $P_f\%$ $p_f = \frac{3i-1}{3n+1} \times 100$	8	20	32	44	56	68	80	92



(N_{10} , N_{50} , N_{90} = それぞれ破壊確率10, 50, 90 %に対応する応力繰返し数)

図8 有限寿命領域における $\sigma_s = 150 \text{ N/mm}^2$ による8個の疲労試験
に基づいて決定した破壊確率 p_f と応力繰返し数

7.2.3 ステアケース法, 2点法及びアークサイン法の手順

7.2.3.1 ステアケース法 第1の供試体は、遷移領域のメジアンにできるだけ近い応力振幅段階を予想して、そこで試験する。もし破壊が起これば、次の供試体に対する荷重は段階的（同じ階差）に小さくし、非破壊となるまで続ける。非破壊の後には、荷重を段階的に大きくし、破壊が起こるまで続ける。第1の供試体に対し非破壊が記録された場合には、上の手順は反対になる。実際には、この手順では大変速くメジアンに近づき、多数の供試体を用い、出発点の応力段階が好ましい位置の場合には、破壊の度数と非破壊の度数は同じかほぼ同じである。全体として、より少なく起こった事象（破壊又は非破壊）を計算に用いる。

評価は、次の段階からなる。

a) メジアンの推定値

$$F_{A50} = F_{ao} + \Delta F_{all} \left(\frac{A}{C} + x \right)$$

（表3の記号の説明参照）

b) 標準偏差の推定値

$$S(F_A) = 1.62 \Delta F_{all} \left(\frac{CE - A^2}{C^2} + 0.029 \right)$$

ただし、

$$\frac{CE - A^2}{C^2} > 0.3$$

でなければならない。

（表3の記号の説明参照）

表3にステアケース法による疲労試験の評価の一例を示す。

7.2.3.2 2点法 2点法の手順を、**図9**を基にして説明する。遷移領域の位置は、試験前には未知であり、一般に近似的にしか求めることができないので、最初は第1の荷重振幅段階で供試体を試験する。この例では、この荷重振幅は $F_a = 2\,500\text{N}$ である。もしこの第1の供試体が、あらかじめ決めた応力繰返し数 N_G まで破壊しなければ、第1の供試体が破壊するまで荷重振幅を順次大きくする。この例では、これは $F_{a1} = 4\,000\text{N}$ の荷重振幅である。初めて以前の試験と異なる事象（破壊又は非破壊）が起こる段階で数回の試験を行う。ここで、供試体の数は結果の要求される精度によって決まる。この例では、供試体の数は8である。第2の荷重振幅段階の選び方については、遷移領域の幅を知ることが有利である。これによって、期待されるべき結果がより正確になるような限界に、数学的に有効な方法で第2の荷重振幅段階を選ぶことができる。

第2の荷重振幅段階の決定には、次の式を適用する。

$$F_{a2} = F_{a1} + \Delta F_{all}$$

$$r \leq 0.5n \text{ の場合に } \Delta F_{all} = \left(1 - \frac{r}{n} \right) B F_{a1}$$

$$r \geq 0.5n \text{ の場合に } \Delta F_{all} = -\frac{r}{n} B F_{a1}$$

B という量は、遷移領域の幅を考慮に入れている。 B に対して、0.15 と 0.20 との間の値を推奨する。

第2の荷重振幅段階で、**図9**の例にみられるように、再び8個の供試体を試験し、破壊確率 P_f を次の式で推定し、これを正規確率紙にプロットする。

$$p_t = \frac{3r-1}{3n+1}$$

〔図 9, b)〕

ただし, r : 破壊した供試体の数
 n : 試験した供試体の数

正規分布を仮定して、二つのプロットした点を直線で結べば、メジアン F_{A50} 及び F_{A10} , F_{A90} のような限界値を決定することができる。

表 3 ステアケース法による疲労試験の評価の例

供試体：六角ボルト JIS B 1180-M10×80-8.8																					
参考 この項は、ISO 4014 (Hexagon head bolts—Product grades A and B) -M10×80-8.8 と同等である。																					
平均荷重 F_m : 0.6 $F_{0.2}$ (N)																					
1	2														3	4	5	6	7	8	
F_a (N)	×破壊 ○非破壊														×	○	z	f	zf	z^2f	
4 700												×			1	0	3	0	0	0	
4 300						×		×				○		×	3	1	2	1	2	4	
3 900	×		×		○		○		×		○				×	4	3	1	3	3	3
3 500		○		○						○						0	3	0	3	0	0
供試体番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
3, 4, 6, 7, 8 欄の合計																8	7	—	7	5	7
																			C	A	E
$F_{A50} = F_{ao} + \Delta F_{all} \left(\frac{A}{C} + x \right) = 3986 \text{ N}$																					
$S(F_A) = 1.62 \Delta F_{all} \left(\frac{CE - A^2}{C^2} + 0.029 \right) = 336 \text{ N}$																					
1 欄 : 荷重振幅																					
2 欄 : 事象の表示 (破壊×, 非破壊○)																					
3 欄 : 荷重振幅ごとの破壊事象の数																					
4 欄 : 荷重振幅ごとの非破壊事象の数																					
5 欄 : 最小荷重振幅段階を 0 とした順序数 z																					
3 欄と 4 欄とで度数の少ない方の事象に対応させる。 表 3 の例では、破壊の合計度数 8 の 3 欄に比較し、非破壊の合計度数 7 の 4 欄である。																					
6 欄 : 度数, 3 欄又は 4 欄の合計度数の小さい方の値を繰り返し書く (ここでは 4 欄)。																					
7 欄 : 5 欄と 6 欄の積 (zf)																					
8 欄 : 5 欄と 7 欄の積 (z^2f)																					
C, A, E : 6 欄, 7 欄及び 8 欄のそれぞれの合計																					
F_{ao} : 3 欄又は 4 欄のうち, 合計度数の小さい方における最小の荷重振幅 (ここでは 4 欄, $F_{ao}=3\,500\text{N}$)																					
F_{A50} : メジアン, 残存確率 50%の荷重振幅																					
x : $\begin{cases} 6 \text{ 欄}=4 \text{ 欄の場合には}+0.5 \\ 6 \text{ 欄}=3 \text{ 欄の場合には}-0.5 \end{cases}$																					
ΔF_{all} : 階差 (ここでは $\Delta F_{all}=400\text{N}$)																					
S : 標準偏差																					

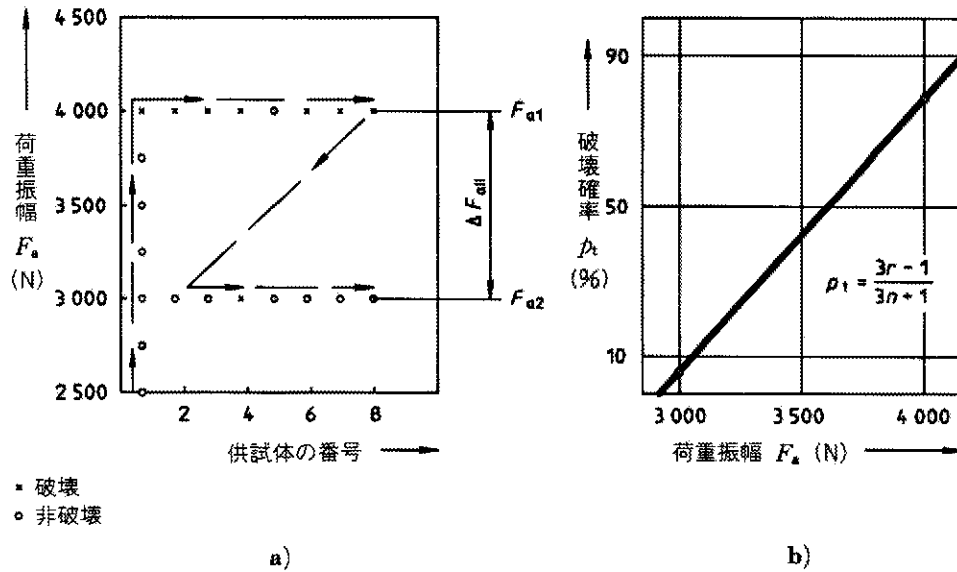


図9 2点法による疲労試験の実施と評価の例

7.2.3.3 アークサイン法 アークサイン法の手順は2点法の手順に似ている。疲労試験は幾つかの等間隔の荷重振幅段階で、各段階ごとに同数の供試体について行う。これらの段階の各々に対して対応する残存確率を、 $\arcsin \sqrt{p}$ 変換、例えば、次の式を用いて計算する。

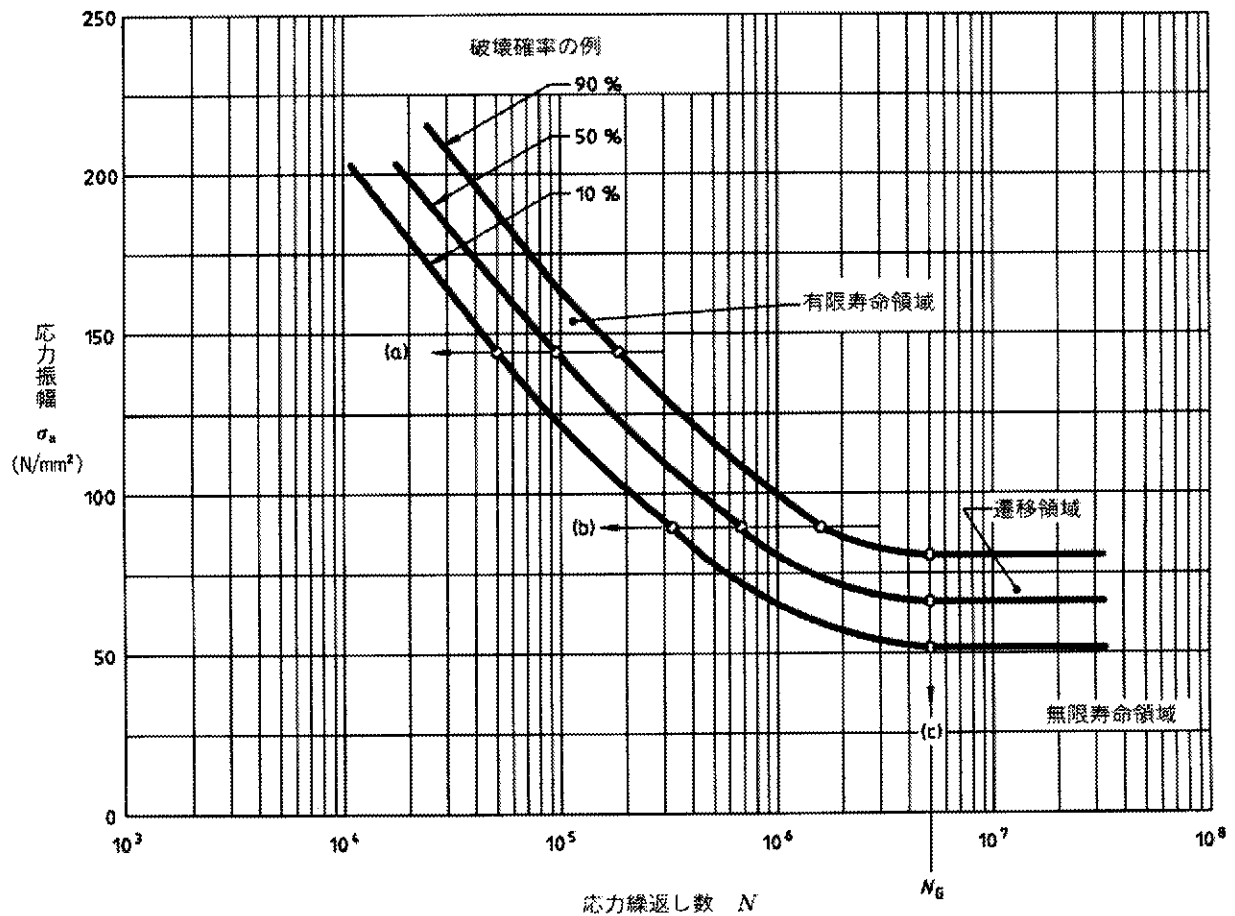
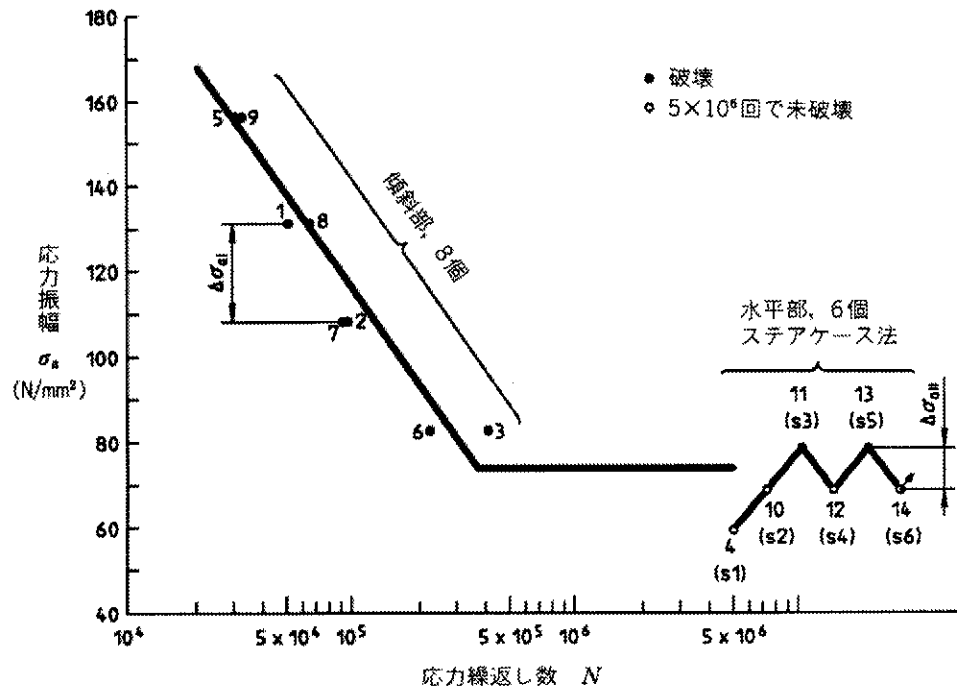
$$\tau = \arcsin \sqrt{(r+1)/(n+1)} + \arcsin \sqrt{r/(n+1)}$$

遷移領域を、対応する確率紙を用いてグラフによって、又は計算値について対応する変換を行った後に回帰直線を数式によって決定する。

7.3 完全な $S-N$ 曲線（ウェーラ曲線）の作成 完全な $S-N$ 曲線を作成するには、7.1.2 及び 7.2.2 による試験の結果を図 10 のようにグラフに表現する。

7.4 組合せ試験法

7.4.1 供試体の数 $S-N$ 曲線の傾斜部を決定するために、4 応力振幅段階で各 2 個ずつ（計 8 個）を用い、水平部を決定するために 6 個の供試体を用いて少数の供試体によるステアケース法を適用するので、少なくとも 14 個の供試体が試験に必要である。実際には、常に図 11 に示すように試験が進行するとは限らず、14 個を超える供試体を必要とする場合があるので、準備の段階で幾つかの供試体を余分に用意しておかなければならない。

図 10 $S-N$ 曲線 (ウェーラ曲線) $\sigma_a = f(N)$ 

備考 図中の番号は、試験の順序を示す。

図 11 14 個の供試体による組合せ試験方法の基本的パターンの例

7.4.2 有限寿命領域の試験 有限寿命領域 ($S-N$ 曲線の傾斜部) の試験方法は、次による。

同種の材料、同種の形状の供試体、同種の負荷形式に対する既存のデータを参照し、供試体の $N=5 \times 10^4$ 及び $N=1 \times 10^6$ における有限寿命疲労強度 σ_{AA} 及び σ_{AB} を予想する。

$\Delta \sigma_{al} = \frac{\sigma_{AA} - \sigma_{AB}}{3}$ を求める (数値は適宜丸めた値とする)。この $\Delta \sigma_{al}$ を傾斜部の試験応力振幅間隔の初期設定値とし、 $\sigma_{AA} + k \Delta \sigma_{al}$ ($k = \pm 1, \pm 2, \dots$) を試験応力振幅段階の初期設定値とする。

第 1 の供試体を応力振幅階差 $\sigma_a(1) = \sigma_{AA} - \Delta \sigma_{al}$ で試験する。

最初の未破壊データが生じるまで、応力振幅段階を $\Delta \sigma_{al}$ ずつ下げながら、

$\sigma_a(2) = \sigma_a(1) - \Delta \sigma_{al}$, $\sigma_a(3) = \sigma_a(2) - \Delta \sigma_{al}$, $\dots$ の順に、各段階で 1 個の供試体を試験する⁽¹⁾。この場合に、試験の進行に伴って $\Delta \sigma_{al}$ の見直しを行い、必要に応じてその後の $\Delta \sigma_{al}$ を再設定する⁽¹⁾。

供試体が破壊しなかった応力振幅段階⁽²⁾に隣接する上位四つの応力振幅のうち、まだ供試体が破壊していない応力振幅段階で 1 個ずつ試験し、これら 4 応力振幅段階の各々で 1 個ずつの供試体が破壊するようにする。

供試体が破壊しなかった応力振幅段階⁽²⁾に隣接する上位の応力振幅段階で、合計 8 個の供試体が破壊するまで、それらの応力振幅段階の低い方から順に、2 個目の試験を行う⁽³⁾。

得られた 8 個の破壊供試体のデータを片対数グラフ ($\sigma_a, \log N$) で整理し、 $S-N$ 曲線を求める。

破壊確率 50% の $S-N$ 曲線の傾斜部及び標準偏差を次の式によって求める。

$S-N$ 曲線の傾斜部の回帰直線

$$\log N = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \sigma_a$$

ここに、

$$\hat{\alpha} = \overline{\log N} - \hat{\beta} \overline{\sigma_a}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n [\sigma_a(i) - \overline{\sigma_a}] [\log N(i) - \overline{\log N}]^{(4)}}{\sum_{i=1}^n [\sigma_a(i) - \overline{\sigma_a}]^2}$$

$$\overline{\log N} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n \log N(i) \quad (4)$$

$$\overline{\sigma_a} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n \sigma_a(i) \quad (4)$$

疲労寿命の対数標準偏差 $S(\log N)$ の推定値

$$\hat{S}(\log N) = \left[\frac{1}{6} \sum_{i=1}^n (\log N(i) - [\hat{\alpha} + \hat{\beta} \sigma_a(i)])^2 \right]^{1/2(4)}$$

疲労強度の標準偏差 $S(\sigma_a)$ の推定値

$$\hat{S}(\sigma_a) = \frac{1}{|\hat{\beta}|} \hat{S}(\log N)$$

注⁽¹⁾ σ_{AA} と σ_{AB} の予想が著しく不適当な場合には、供試体が $\sigma_a(1)$ で破壊しないことがある。その場

合には、応力振幅段階を $\Delta\sigma_{all}$ ずつ下げる代わりに、 $2\Delta\sigma_{all}$ ずつ上げながら、 $\sigma_a(2) = \sigma_a(1) + 2\Delta\sigma_{all}$ 、 $\sigma_a(3) = \sigma_a(2) + 2\Delta\sigma_{all}$ 、…の順に、最初に破壊する供試体が得られるまで1個ずつ試験する。

- (2) 供試体が破壊しなかった応力振幅段階が二つ以上ある場合〔これは注(1)に該当した場合にあり得る〕には、これらのうちで一番高い応力振幅段階とする。
- (3) ある応力振幅段階で2個目の供試体が破壊しなかった場合には、その応力振幅段階に隣接する上位四つの応力振幅段階で2個ずつ供試体が破壊するように、必要な応力振幅段階における試験を追加する。
- (4) 1番目から n 番目の試験において、同一応力振幅段階で2個の供試体が破壊した応力振幅段階の最も低い方から順に8個の破壊した供試体のデータを用いる。

7.4.3 NG=5×10⁶における疲労強度の試験方法 5×10^6 の繰返し数(N_G)で試験を打ち切る場合の疲労強度の試験方法は、次による。

$N_G=5 \times 10^6$ における疲労強度を推定するには、少数のサンプルによるステアケース法を用いる。

ステアケース法による1個目の供試体に作用させる試験応力振幅 $\sigma_a(1)$ として、7.4.2の試験によって供試体が1個も破壊しなかった応力振幅段階（そのような応力振幅段階が2個以上ある場合には、そのうちの最も高い応力振幅段階）をとる。ただし、既に $\sigma_a(1)$ で一つの試験片が未破壊であったので、これをステアケース法における1個目の供試体の試験結果とみなし、 $\sigma_a(1)$ で改めて試験を行わない。

ステアケース法の応力振幅階差 $\Delta\sigma_{all}$ は、時間疲労強度の標準偏差の推定値 $\hat{S}(\sigma_a)$ （数値は適宜丸めた値とする）とする。

$$\Delta\sigma_{all} = \hat{S}(\sigma_a)$$

2個目の供試体の試験を次の応力振幅段階で行う。

$$\sigma_a(2) = \sigma_a(1) + \Delta\sigma_{all}$$

3個目～6個目の供試体を次の応力振幅段階で行う。

$$\sigma_a(j) = \sigma_a(j-1) \pm \Delta\sigma_{all} \quad (j=3, 4, 5, 6)$$

ただし、複号は、 $(j-1)$ 個目の供試体が破壊した場合には負号、それが破壊しなかった場合には正号をとる。

7個目の供試体の試験応力振幅は、次の式から求める。

$$\sigma_a(7) = \sigma_a(6) \pm \Delta\sigma_{all}$$

ただし、 $\sigma_a(6)$ で供試体が破壊した場合には負号、それが破壊しなかった場合には正号をとる。しかし、7個目の供試体の試験は実際には行わない。

$N=5 \times 10^6$ における破壊確率 $p=50\%$ の疲労強度 σ_{AN} を次の式から推定する。

$$\hat{\sigma}_{AN} = \frac{1}{6} \sum_{j=2}^7 \sigma_a(j)$$

7.4.4 S-N 曲線（ウェーラ曲線）の決定 破壊確率 $p=10\%$ 及び 90% に対するS-N曲線（ウェーラ曲線）（図12参照）は次の式によって求めることができる。

傾斜部：

$$\log N = \hat{\alpha} + \hat{\beta}\sigma_a \pm 1.28\hat{S}(\log N)$$

水平部：

$$\sigma_a = \hat{\sigma}_{AN} \pm \frac{1.28}{|\hat{\beta}|} \hat{S}(\log N)$$

複号は、 $p=10\%$ に対しては負号、 $p=90\%$ に対しては正号とする。

7.5 ヘイ線図の作成 ねじ部品を適性を選ぶには、設計者は平均応力が疲労強度に及ぼす影響についての追加の情報を必要とすることがある。ヘイ線図（図 13）は、便利な形で必要なデータを表し、破壊確率 10%、50%及び 90%の疲労強度を示す。7.2 又は 7.4 で定義されたような統計的手法を用いれば、次のような平均応力水準の各々について、最小供試体を用いてこの線図を作成することができる。

- a) $\sigma_m = 0.7 R_{m \min}$ という高い一定平均応力
- b) $\sigma_m = 0.4 R_{m \min}$ という中間の一定平均応力
- c) $\sigma_m = 1.22 \sigma_A$ ($R_s = 0.1$) という低い平均応力

顧客と供給者との間の合意によって、その他の平均応力を用いてもよい。

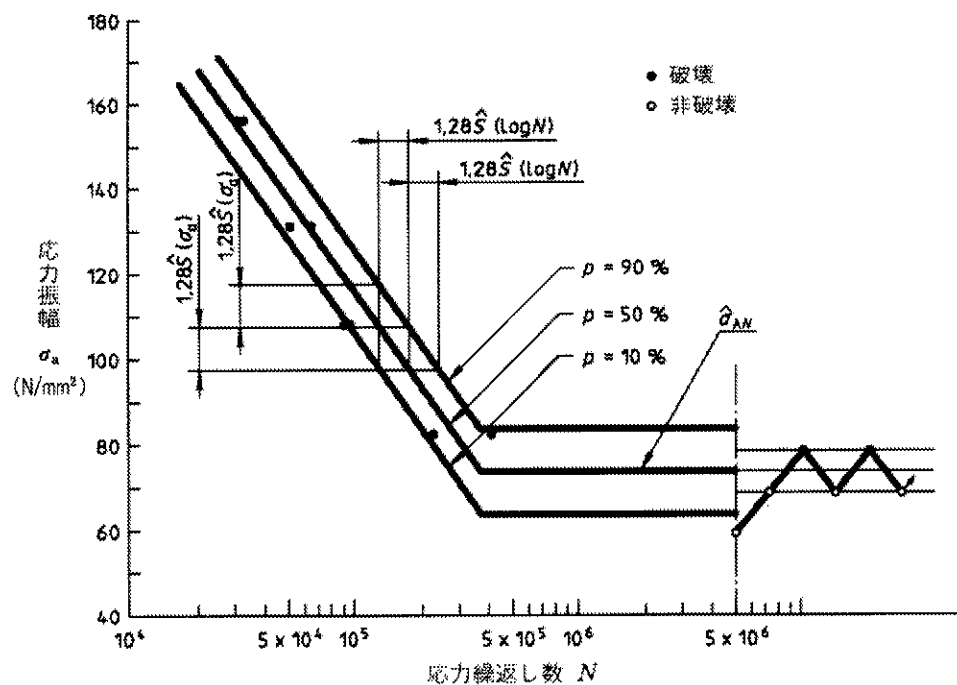


図 12 S-N 曲線（ウェーラ曲線）の例

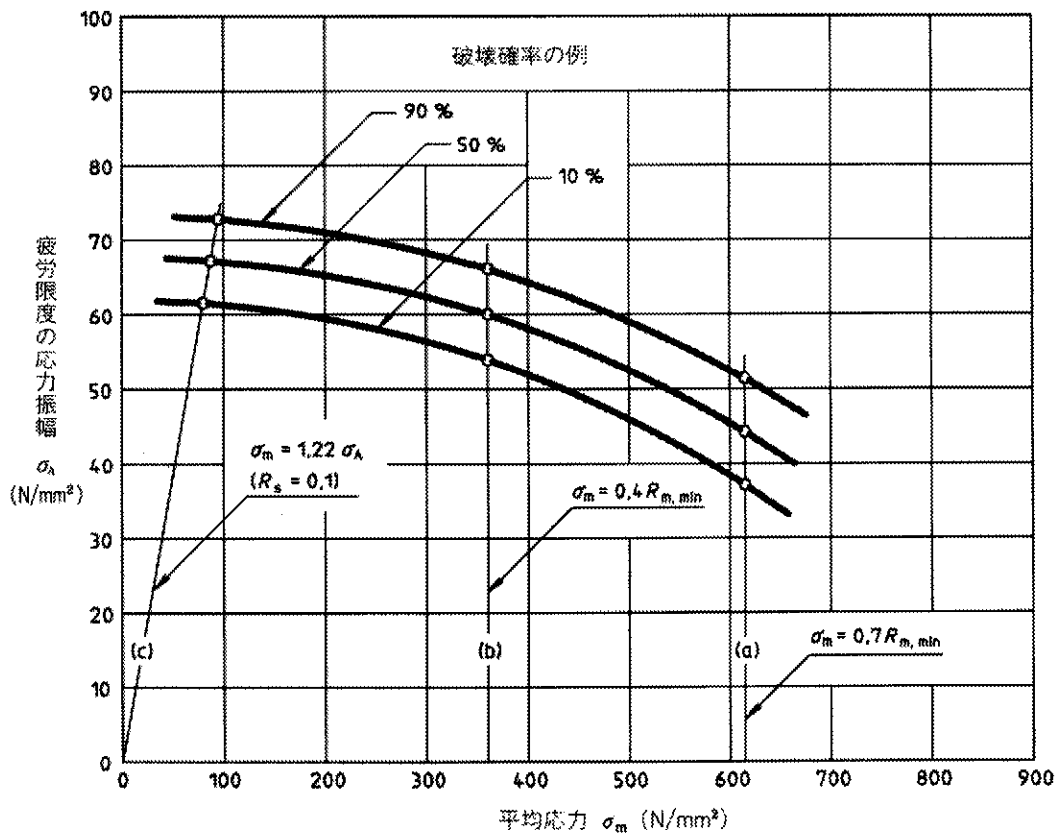


図 13 ヘイ線図

8. 試験結果の報告 疲労試験のデータを報告する場合には、試験条件を明確にしなければならないので、試験結果報告書には、次の項目を含める（この規格との相違点は明確にしなければならない。）。

8.1 おねじ部品の仕様

- 形式及び強度区分（適用されている場合）
- ねじのサイズ、ピッチ、おねじ部品の長さ、ねじ部公差及びねじ山形
- ねじ部品及びねじ山の製造方法
- 実際の機械的性質（引張強さ及び耐力）
- 表面処理及び付加的潤滑
- ナット又はめねじアダプタの位置（ナット又はめねじアダプタの座面からおねじ切り上げ部までの距離）
- 材料

8.2 めねじ部品の仕様

- ナットの形式及び強度区分又は試験用めねじアダプタの高さ
- 実際の硬さ
- 材料
- 表面処理及び付加的潤滑

8.3 試験用座面板の使用

8.4 試験機の形式及び繰返し速度

- 8.5 応力の計算に用いる面積 (A_s , A_{bs} など)
- 8.6 応力繰返しの形式 (例えば, 平均応力と応力振幅, 又は R_s と $\sigma_{\min}$ か $\sigma_{\max}$ のどちらか)
- 8.7 破壊の位置
- 8.8 適用した統計的評価方法
- 8.9 環境条件 (試験中の温度及び湿度の範囲)

JIS B 1081 (ねじ部品—引張疲労試験—試験方法及び結果の評価) 改正原案作成委員会 構成表

	氏名			所属
(委員長)	吉	本	勇	東京工業大学 (名誉教授)
(幹事)	大	橋	宣俊	湘南工科大学
(委員)	丸	山	一男	東京工業大学
	萩	原	正弥	名古屋工業大学
	辻		裕一	東京電機大学
	藤	野	達夫	通商産業省機械情報産業局
	大	嶋	清治	通商産業省工業技術院標準部
	因		幸二郎	財団法人日本規格協会
	鈴	木	健	日産自動車株式会社テクニカルセンター
	酒	井	智次	トヨタ自動車株式会社第1実験部
	田	仁	哲	社団法人日本工作機械工業会
	赤	嶺	淳一	社団法人日本電機工業会
	辻		健次	ダイキン工業株式会社汎用空調生産本部
	田	中	誠之助	株式会社佐賀鉄工所技術部
	梅	村	正治	ミネベア株式会社藤沢製作所
	西	山	信夫	株式会社名古屋螺子製作所技術本部
	原		雅博	株式会社トープラ技術部
	上	田	公芳	株式会社サンノハシ開発室
(事務局)	中	村	智男	日本ねじ研究協会
(解説作成者)	大	橋	宣俊	