

UDC 620. 178. 3
629. 13. 012

航空宇宙技術研究所資料

TM-46

翼胴結合金具の疲労特性

竹内和之・藤枝郭俊

1964年12月

航空宇宙技術研究所

既 刊 資 料

TM- 1	高マッハ数風洞について (I)	1961年 11 月	平橋 木一, 清水 福寿
TM- 2	航空技術研究所計数型電子計算機設備 プログラムライブラリー (I)	1962年 2 月	橋本 登雄, 戸川 隼人 樋口 好美, 高橋 利之 三能 良三, 板垣 芳雄 鳥海 洲夫, 佐藤 保子 長洲 秀夫, 田 幸雄 細橋 本藏, 井上 政一 橋竹 内和之, 山根 皓三郎 池田 為治, 坂元 思無邪
TM- 4	18 cm×20cm超音速風洞について	1962年 5 月	
TM- 5	遷音速流の線型理論	1962年 8 月	
TM- 6	18 cm×18cm遷音速風洞整備試験	1962年 8 月	
TM- 7	慣性力形疲労試験機	1962年 8 月	
TM- 8	アルミ合金の前歴が疲れ寿命に およぼす実験的研究	1962年 9 月	
TM- 9	方向性次元解析と相似解に関する覚書	1963年 2 月	甲藤 好郎, 小出 勉
TM-10	DATATRON 205 用 ALGOL 58 使用法について	1963年 2 月	高橋 利之
TM-11	光弾性による高速車盤の縞模様	1963年 2 月	永井 文雄
TM-12	コーティングの断熱効果に関する実験	1963年 3 月	竹林 幸彦, 小川 鉦一 中井 洋一
TM-13	遷音速における 45° 後退角翼の予備的 フラッタ実験	1963年 3 月	中井 暎一, 小原 瑛 鳥海 良三, 小安 藤泰 中井 暎一, 橋爪 宏 高木 俊朗 鳥崎 忠雄 山崎 竜夫
TM-14	変断面片持梁固有振動数の一計算方法 について	1963年 3 月	
TM-16	フラッタ試験設備測定部交換ノズルの 予備試験	1963年 4 月	
TM-17	VTOL 機用 Jet Lift Engine に関す る一考察	1963年 5 月	
TM-18	ヘリコプター振動のパワースペクトル 解析	1963年 6 月	
TM-19	吹出式超音速風洞による実験データの 処理方式について (I)	1963年 6 月	新井 忠, 原 亘利
TM-20	1 m×1 m吹出式超音速風洞における AGARD 標準模型 B の三分力試験	1963年 7 月	高木 廣治, 谷 喬 斎藤 秀夫, 新井 忠 竹内 和之, 飯田 宗四郎 北谷 勇中, 井 治夫
TM-21	国産中型輸送機 YS-11 主翼疲労 試験 (第 I 報)	1963年 9 月	
TM-24	円輪と薄肉円筒の回転強度の関係	1963年 11 月	
TM-25	DATATRON 205 用 ALGOL 58 の Procedures ライブラリー	1964年 1 月	高橋 利之
TM-26	吹出式風洞の圧力制御 (フラッタ試験 設備の場合)	1964年 1 月	橋爪 宏, 中井 暎一
TM-28	一段式観測ロケットの超音速風洞試験	1964年 1 月	谷 喬, 原 亘利 榊原 盛三, 外立 政隆 中井 暎一, 橋爪 宏 安藤 泰勝, 高木 俊朗 小橋 次郎, 宮 沢 政文
TM-29	遷音速フラッタ試験設備の改造および 整備試験	1964年 2 月	
TM-30	二段式ロケット飛しょう体の揚力およ び圧力中心推定法	1964年 3 月	
TM-31	亜音速ジェット輸送機の遷音速風洞に おける試験	1964年 3 月	河崎 俊夫, 竹内 理
TM-32	遷音速風洞の防音	1964年 4 月	牛田 健二, 高橋 宏 榎並 敬之, 山本 稀義
TM-33	非定常境界層の遷移の研究に使用され た定温度型熱線風速計について	1964年 4 月	
TM-34	極超音速風洞ノズルの境界層補正につ いて	1964年 5 月	長洲 秀夫
TM-37	気体の不完全性を考慮した極超音速風 洞ノズルの設計計算法	1964年 5 月	毛利 浩
TM-38	AGARD-A 標準模型の超音速三分力 試験	1964年 6 月	高木 廣治, 斎藤 秀夫 石原 久藏
TM-39	相似極超音速流におかれた半球面上の 境界層の遷移に及ぼす粗さと冷却の 結合影響	1964年 7 月	石井 孝雄
TM-40	国産中型輸送機 YS-11 胴体疲労試験 (I)	1964年 9 月	竹内 和之, 川島 矩郎
TM-41	抵抗線歪ゲージのゲージ率測定	1964年 10 月	田畑 浄治, 大坪 孔治 滝沢 実次, 田寺 木一 古閑 昌夫
TM-42	実在着氷条件の測定について	1964年 10 月	泉 日出夫, 鈴木 邦男 大塚 貞吉, 石井 浅五郎 松本 宏, 山 中国 雍 広 木 強
TM-44	高負荷燃焼器 (アニュラ模型) の実験 結果	1964年 12 月	

注：欠番は配布先を限定したもの

翼 胴 結 合 金 具 の 疲 労 特 性*

竹 内 和 之**・藤 枝 郭 俊**

1. はじめに

この報告は、最近の大型飛行機の翼胴結合によく使用される引張りボルトのうけ金具について、その主要構成寸法を若干変えて疲労試験を行ない、設計の資料を与えようとするものである。

2. 試 験 片

試験片は 2014-T6 鍛造からけずり出して製作したもので、材料の特性は表1に示す。

試験片形状は図1および図2に示すもので、その各部の寸法は表2に示すとおりであるが、標準試験片として18本（試験片 No. 1～No. 18）を作り、そのほかに応力集中部 r （図1参照）を大小に変えたもの12本（試験片 No. 19～No. 30）、引張りボルトの首下部分にあたる部分の肉厚 T_E （図1参照）を大小変えたもの12本（試験片 No. 31～No. 42）および引張りボルトの偏心量 R_G （図1参照）を大小変えたもの6本（試験片 No. 43～No. 48）を製作した。製作した試験片はすべてけい光探傷を行ない、また主要個所の寸法を計測した。その結果試験片 No. 19 および No. 22 は不良品として除外したが、その他のものについての各部分寸法のばらつきは、表2のかっこ内に示すとおりである。

表 1 材料特性（2014. T6鍛造）

材料分析	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al
	4.80	0.81	0.23	0.78	0.3	0.02	0.01	—	
材料強度	降 伏 点		引 張 り 強 さ		伸 び		ブリネルカタサ		
	60,800 psi		69,100 psi		11.4%		136		

* 昭和39年12月17日受付

** 機体第一部

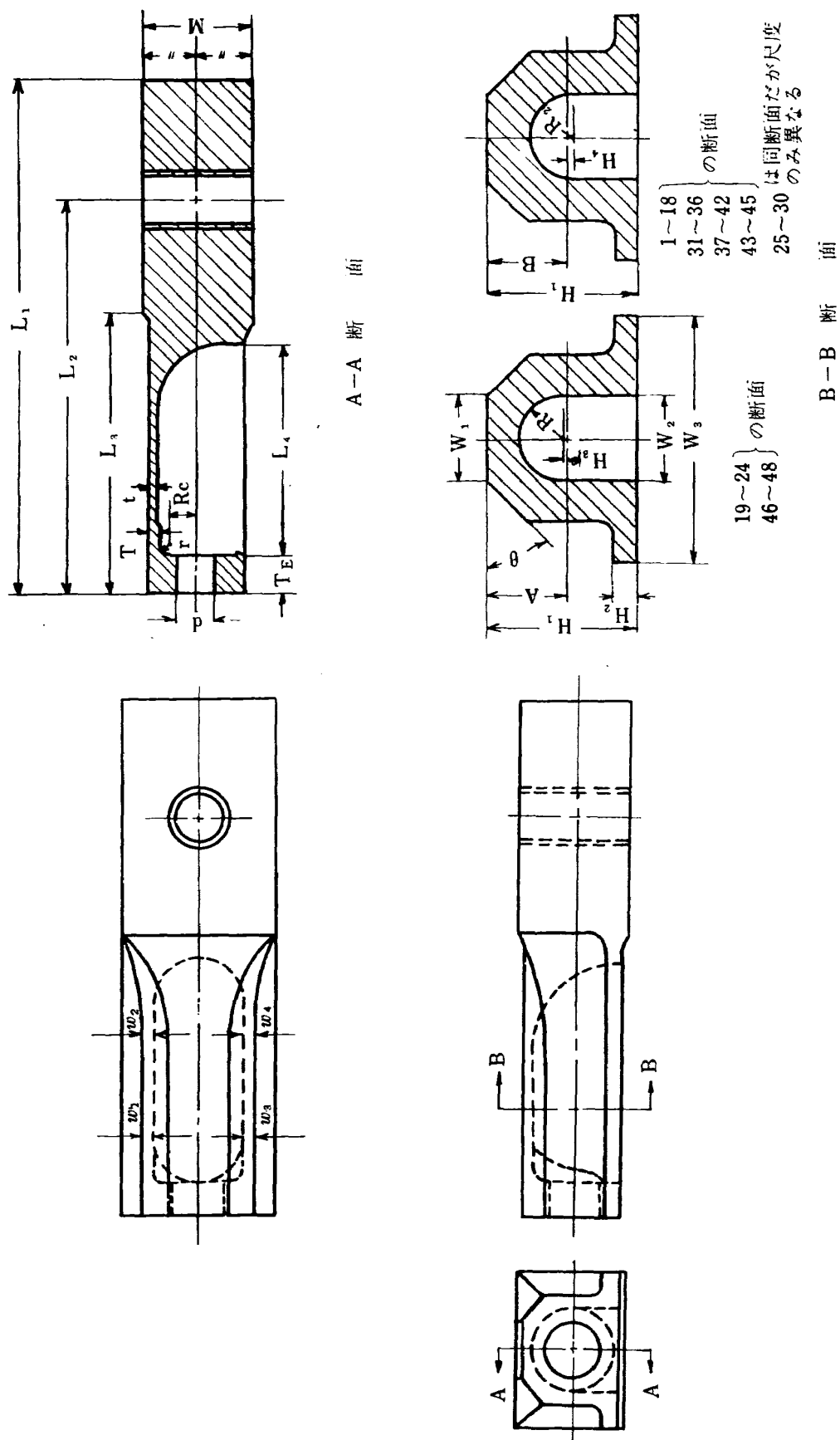


図 1 試験片形状

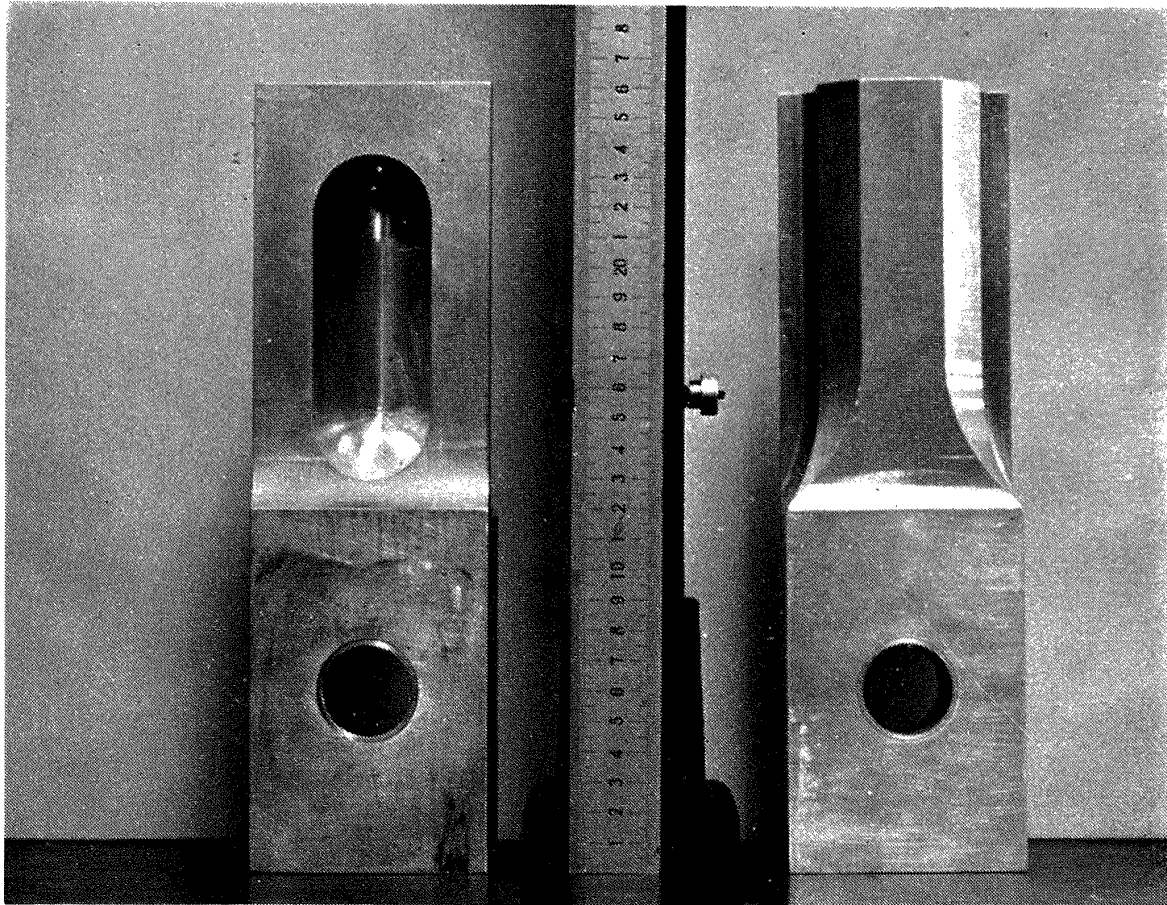


図 2 試 験 片

表 2 試験片主要個所寸法 (平均値)

〔単位：mm〕

試験片 シリーズ	個所→ 試験片 No. ↓	T_E	R_c, R_c+r ($\frac{R_c+r}{R_c+r}$ のばらつき)	Bor A	t	H_1	r	w_1	w_2	w_3	w_4	T
I 標準 試験片	1~18	19.14 (0.0825)	16.50, 18.48 (0.0863)	B 24.70 (0.104)	6.20 (0.0667)	45.66 (0.0252)	2.00	7.70 (0.101)	7.73 (0.0903)	7.59 (0.0913)	7.59 (0.0772)	6.27 (0.0888)
II	20~24	19.15 (0.0609)	16.50, 20.13 (0.154)	A 26.39 (0.0539)	5.73 (0.067)	47.33 (0.0204)	3.50	7.71 (0.095)	7.71 (0.108)	7.64 (0.0602)	7.64 (0.0697)	6.36 (0.174)
III	25~30	19.02 (0.0698)	16.50, 17.51 (0.168)	B 23.60 (0.165)	6.06 (0.104)	44.20 (0.0293)	1.00	7.73 (0.0511)	7.71 (0.0573)	7.70 (0.043)	7.69 (0.0442)	6.13 (0.144)
IV	31~36	24.90 (0.0580)	16.50, 18.55 (0.068)	B 24.52 (0.164)	5.97 (0.195)	45.57 (0.178)	2.00	7.76 (0.024)	7.77 (0.0320)	7.72 (0.055)	7.70 (0.0565)	5.98 (0.177)
V	37~42	17.23 (0.0165)	16.50, 18.44 (0.0701)	B 24.74 (0.0955)	6.16 (0.0636)	45.68 (0.0094)	2.00	7.71 (0.0320)	7.72 (0.041)	7.59 (0.0479)	7.59 (0.0613)	6.23 (0.0795)
VI	43~45	19.11 (0.0579)	17.50, 18.48 (0.115)	B 24.73 (0.0094)	6.15 (0.0618)	45.65 (0.0249)	1.00	7.75 (0.0330)	7.79 (0.0450)	7.57 (0.117)	7.57 (0.333)	6.18 (0.0899)
VII	46~48	19.03 (0.0657)	19.00, 19.80 (0.0309)	A 26.29 (0.0698)	5.62 (0.117)	47.22 (0.0834)	1.00	7.63 (0.0482)	7.64 (0.043)	7.57 (0.0660)	7.55 (0.0759)	6.40 (0.111)

注 () 内は寸法のばらつきを示す。

3. 試験方法

試験に用いた油圧ジャッキの概略を図3に示す。この油圧ジャッキによって試験片に加えられる繰返し荷重は正弦波形であって、電気抵抗線型歪ゲージを用いたロードセルによって、荷重をフィードバックして制御している¹⁾。試験片の取り付けは、図4に示すように、引張りボルトの片側は鋼製の金具に取り付けている。

試験を行なった荷重様式は次のとおりである。

荷重の種類：部分片振（引張り）繰返し荷重

荷重の振幅：最大荷重/最小荷重=10

繰返し速さ：毎分約 150 回

引張りボルトの初期トルク：3,000 kg-cm

荷重誤差：最大 3%

4. 試験結果

疲労試験結果を表3に示す。表3に示す荷重は、繰返し荷重の最大を示す。き裂の発見は、試験中に目視で行なったもので、表3におけるき裂発見回数の空欄は、破断までき裂の発見ができなかったものであり、その他は、き裂発見回数と、その直前に行なったき裂を発見できなかった回数を並記している。試験片の破断はすべて図1に示すr部で起こったようであるが、最初に発見したき裂は、表3のA,B,C,D,Eで示す（これらの具体的な位置は図5に示す。）ように種々ある。また、標準試験片の破断状態を図6に示す。

これらの試験結果を S-N 線図として図7および図8に示す。図7は標準試験片の結果を示し、図8にそれ以外の試験結果を示している。図中の曲線は、S-N 曲線の表示式を(1)式のように仮定し、すべての実験値を平等に取り扱って最小2乗法で S_e , A , C の値を定めて画いたものである。

$$S - S_e = AN^{-c} \quad (1)$$

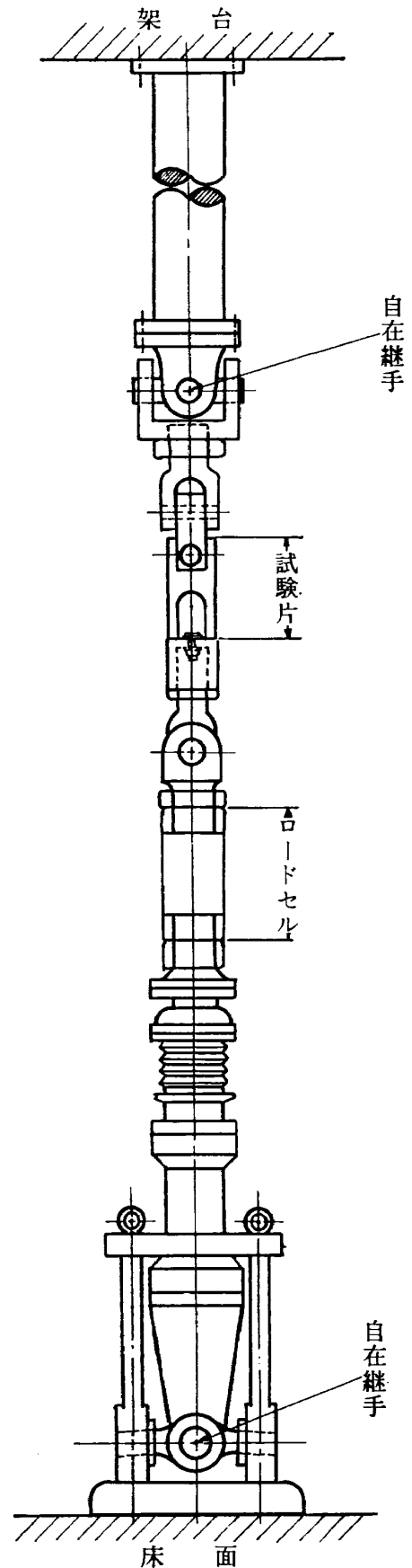


図3 試験装置概略

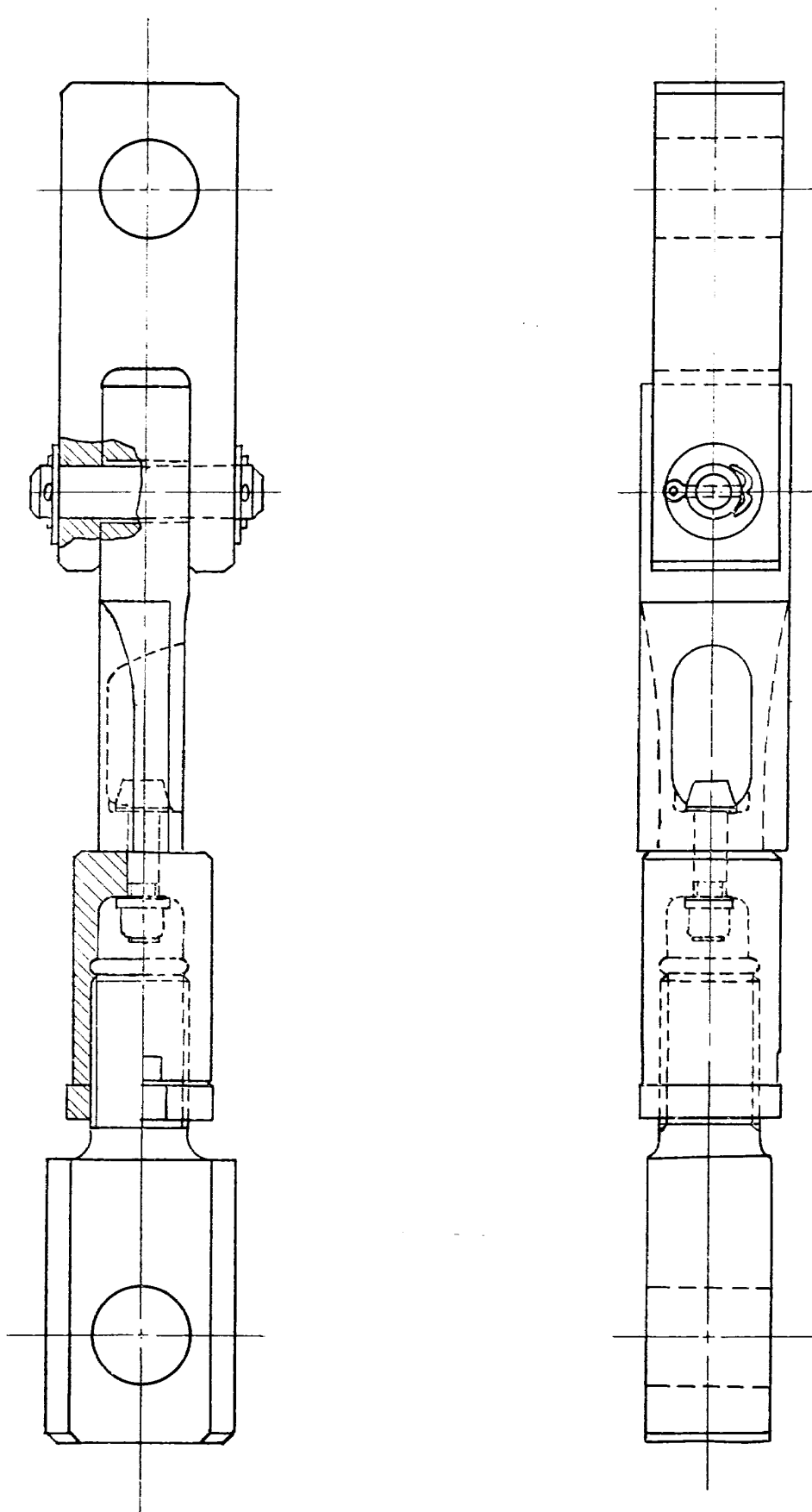


図 4 試験片引張り金具

表 3 疲 勞 試 験 結 果

試験片 No.	形状	最大 荷重	き裂発見回数	破断回数 (N)	き裂発 見位置	試験片 No.	形状	最大 荷重	き裂発見回数	破断回数 (N)	き裂発 見位置
1	標準試験片 ($T_E=19.05$ $R_C=16.5$ $r=2.00$)	18	~11,320	13,060	A	25	$T_E=19.05$ $R_C=16.5$ $r=1.00$	11.2	31,070~ 37,820	54,060	A
2		15		78,160		26		12.2		38,830	
3		15.3	~27,660	29,610	A	27		13	34,680~ 38,610	39,690	A
4		12.3		94,750		28		14	34,360~ 37,830	40,190	C
5		11	125,680~216,260	256,770	B	29		15		19,840	
6		12	73,390~ 91,830	96,160	D	30		10		110,450	
7		11	466,840~489,780	516,850	A	31	$T_E=24.80$ $R_C=16.5$ $r=2.00$	11.1	327,570~331,830	358,320	E
8		11	92,840~102,940	166,260	A	32		12.1	90,830~102,750	278,980	A
9		11	81,640~ 94,490	156,680	A	33		13.2	114,310~128,430	137,050	A・B
10		12		100,070		34		14.2	61,710~ 70,160	87,110	A
11		11	82,160~ 84,780	159,170	A	35		15.2	91,680~ 99,700	108,980	E
12		11	167,260~176,280	181,170	B	36		10		800,000以上	
13		12		113,550		37	$T_E=17.15$ $R_C=16.5$ $r=2.00$	11.2		194,300	
14		13	47,570~ 55,170	66,830	A	38		12.2		66,340	
15		15	24,080~ 27,600	30,220	A	39		13.3		39,200	
16			静荷重試験に使用			40		14.3		21,610	
17			静荷重試験に使用			41		15.3		22,660	
18		13		111,720		42		10	65,140~ 98,500	103,100	A
*19	$T_E=19.05$ $R_C=16.5$ $r=3.5$					43	$T_E=19.05$ $R_C=17.5$ $r=1.00$	11	63,610~ 68,730	69,530	B・C
20		11	166,970~177,160	250,170	A	44		12		68,940	
21		15.1	37,020~ 45,230	55,750	A	45		10	58,160~ 81,510	91,990	A
*22		12		107,620		46	$T_E=19.05$ $R_C=19.00$ $r=1.00$	11	19,910~ 25,500	37,370	A・C
23		13	101,650~103,390	120,180	A	47		12	44,950~ 50,340	56,940	A
24		14	32,490~ 37,500	100,610	A	48		10		102,260	

注： 1) クラック発見位置は試験中に見ることができる場所のみのものである。

2) *印は形状寸法不良等のため資料とせず。

ただし、 S：試験片に加える最大荷重

N：破断までの繰返し回数

S_e , A, C：定数

また、破断回数のばらつきを、標準試験片の荷重 11 および 12 ton の場合について計算した結果を表 4 に示す。

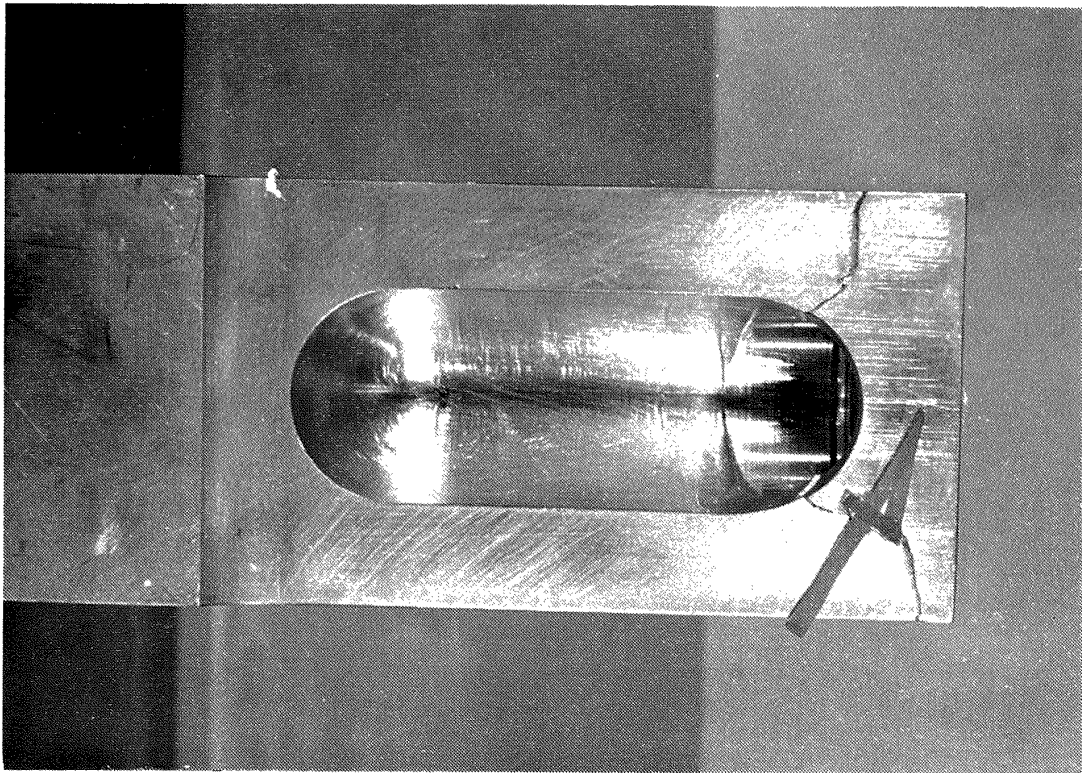


図 5 き裂発見の位置を示す（矢印）A



図 5 B



図 5 C

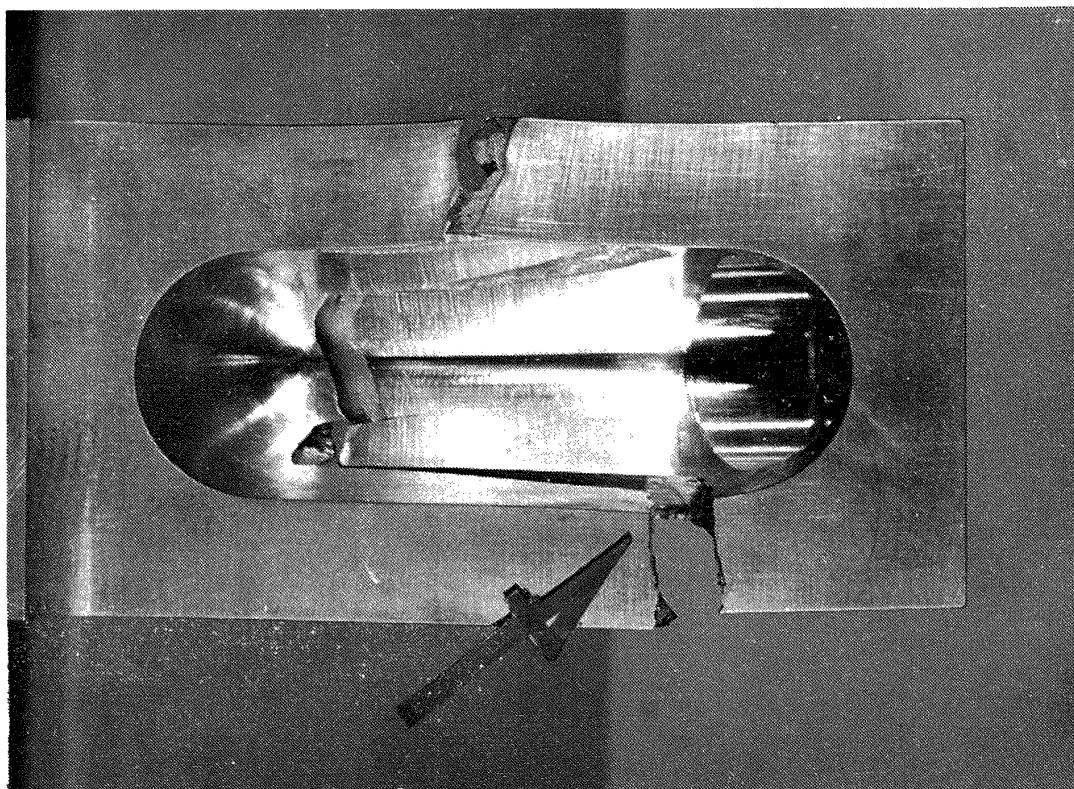


図 5 D

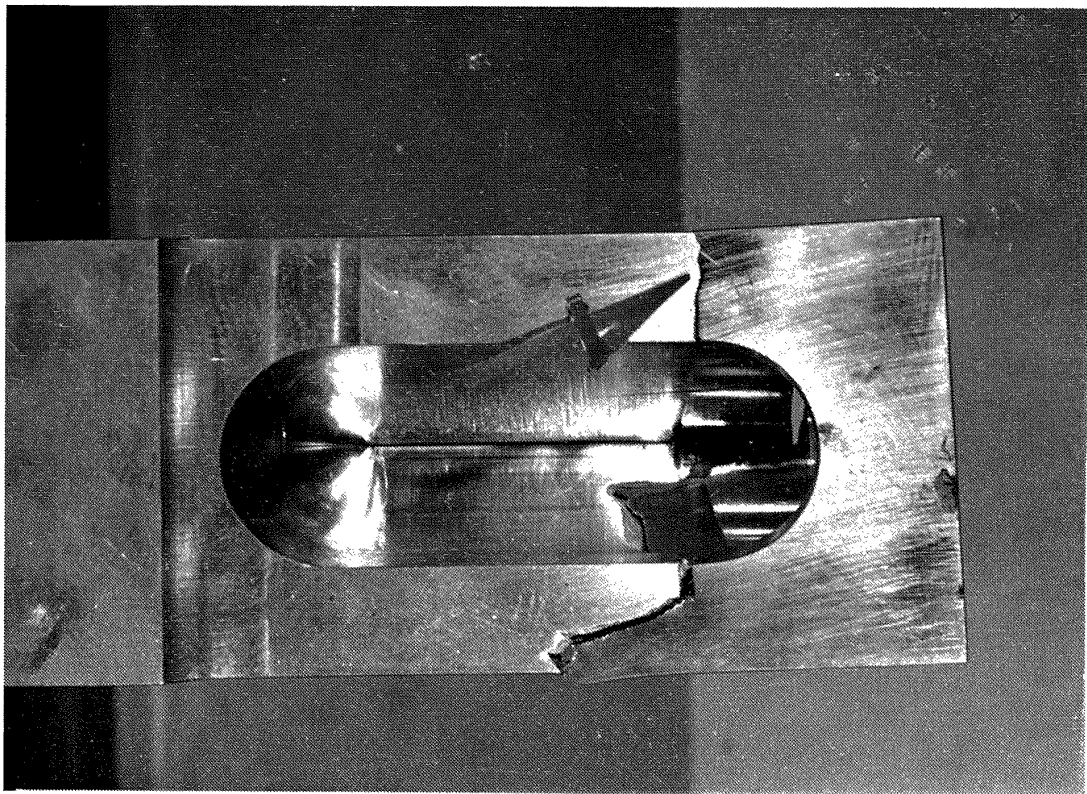


図 5 E

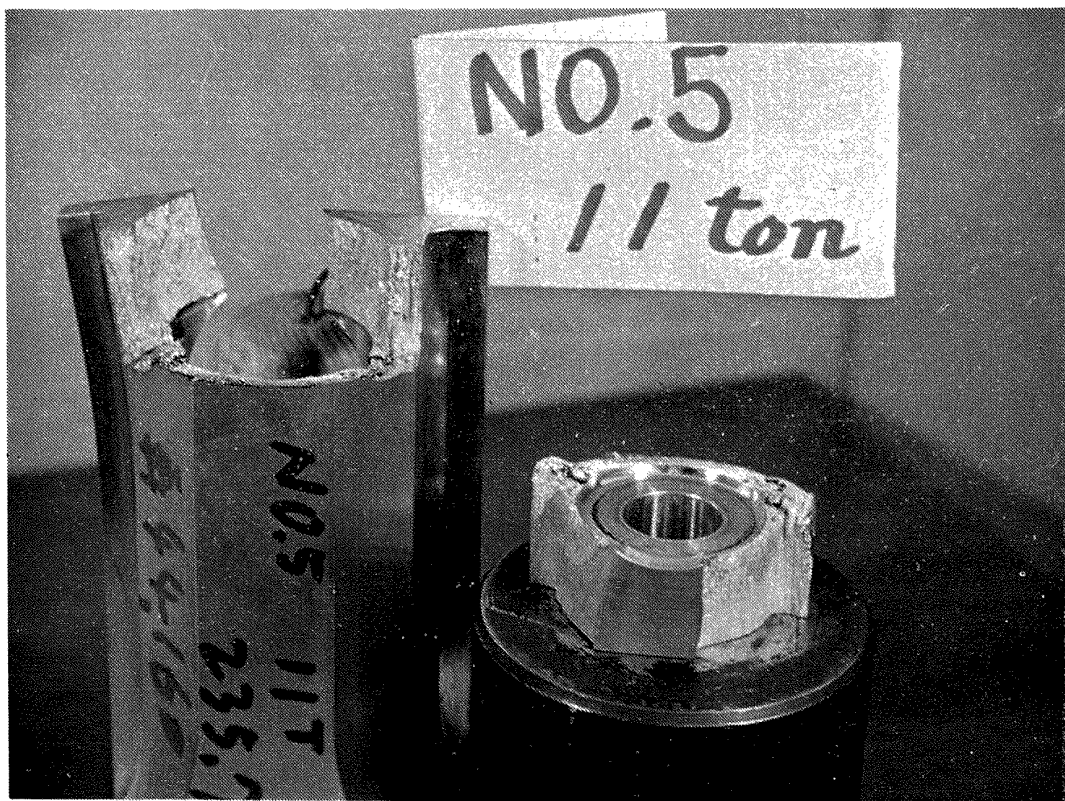


図 6 標準試験片の破断状態 A



図 6 B



図 6 C



図 6 D



図 6 E

静荷重試験は、2本の標準試験片で行なったが、31.5 ton および 32.5 ton で、いずれも引張りボルトのねじ山の破損が起こり、金具の破損は見られなかった。荷重 15 ton の場合の図 9 に示す部分の歪みを表 5 に示す。

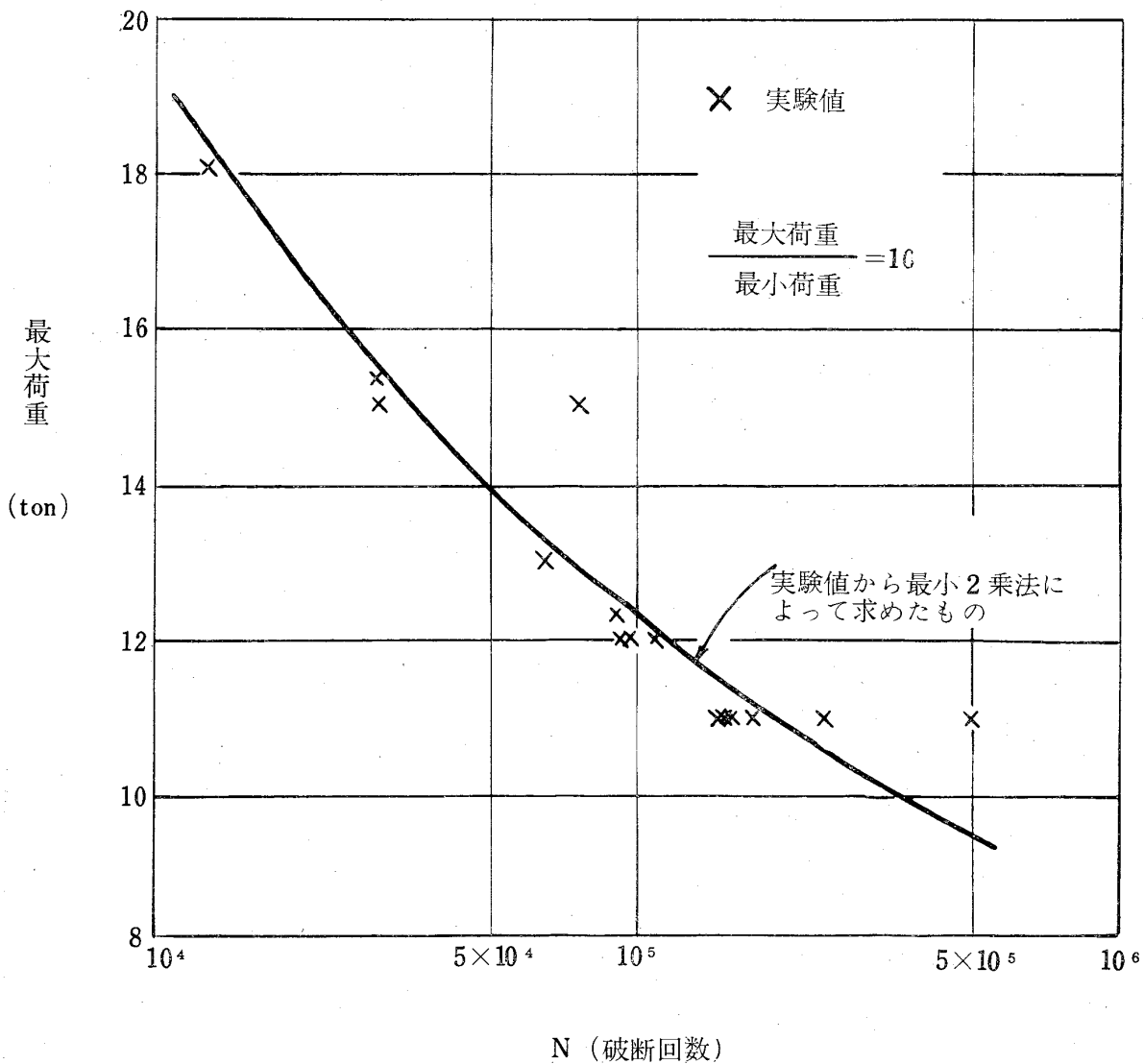
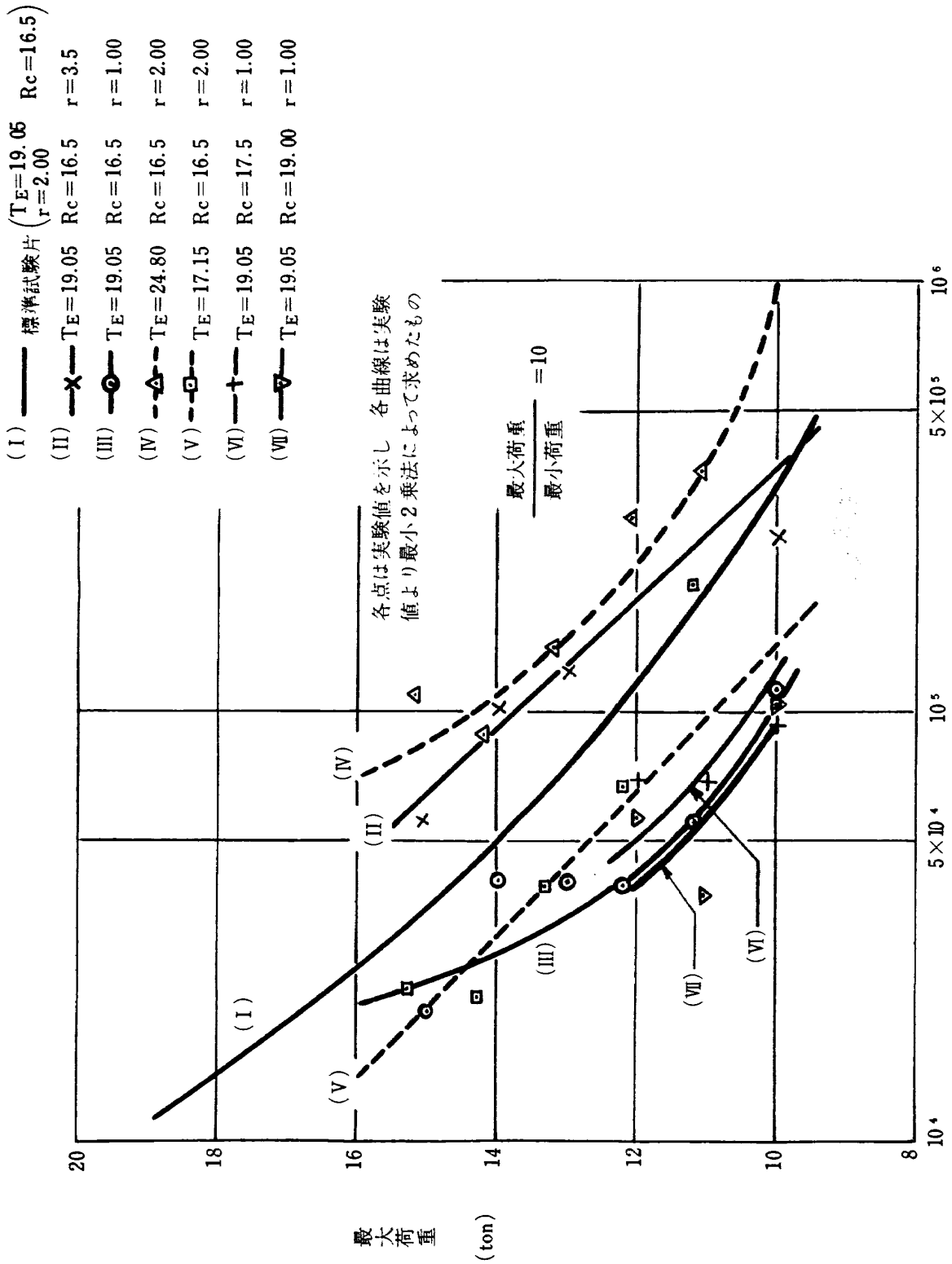


図 7 標準試験片の S-N 線図

表 4 破断回数のばらつきの一例

荷 重 (ton)	11	12
個 数	6	4
変 動	0.2050	0.0305
ばらつき	0.185	0.031



N (破断回数)
図 8 S-N線図

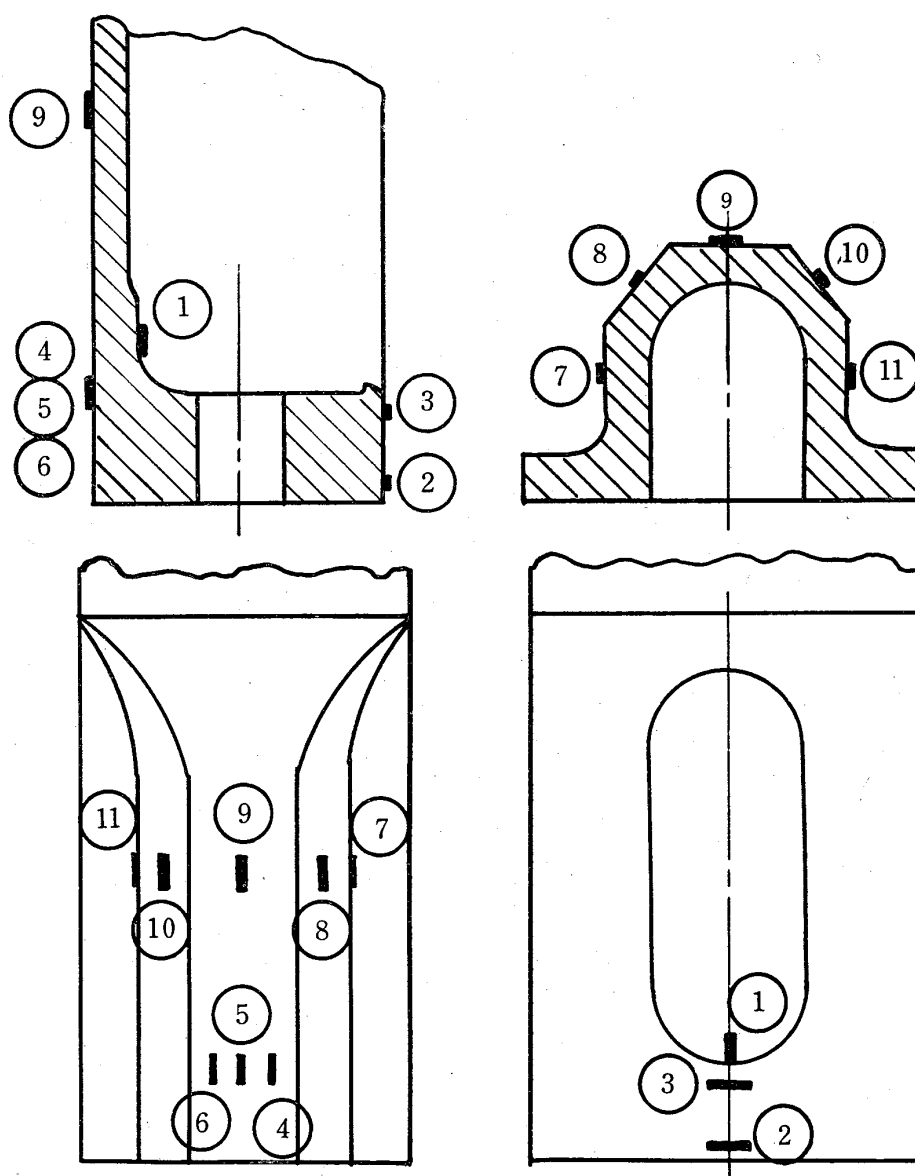


図 9 歪測定位置詳細図

表 5 荷重 15 ton を加えた場合の歪

貼付位置 (ゲージ番号)	歪 $\times 10^{-6}$	貼付位置 (ゲージ番号)	歪 $\times 10^{-6}$
1	+3,200	7	+1,800
2	+1,900	8	+1,700
3	-1,600	9	+1,700
4	+ 300	10	+1,700
5	+ 600	11	+1,700
6	+ 400		

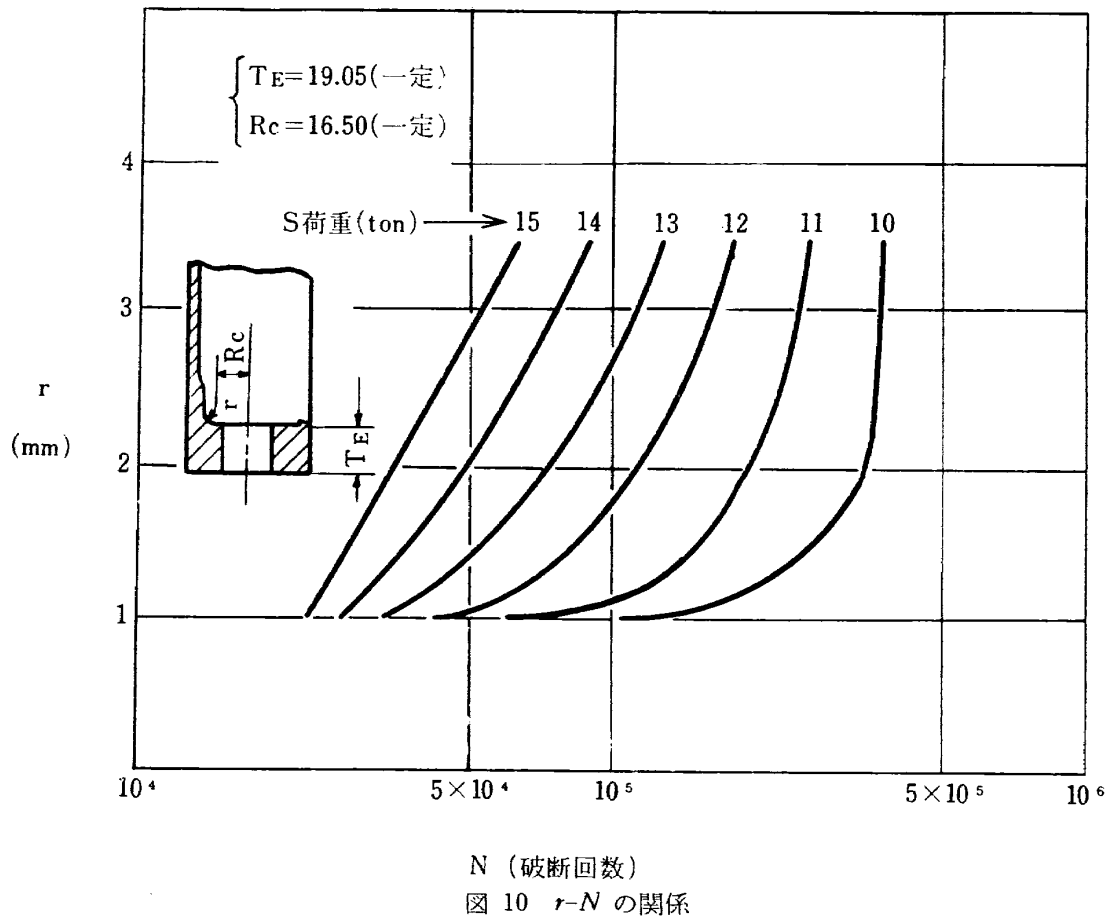


図 10 r - N の関係

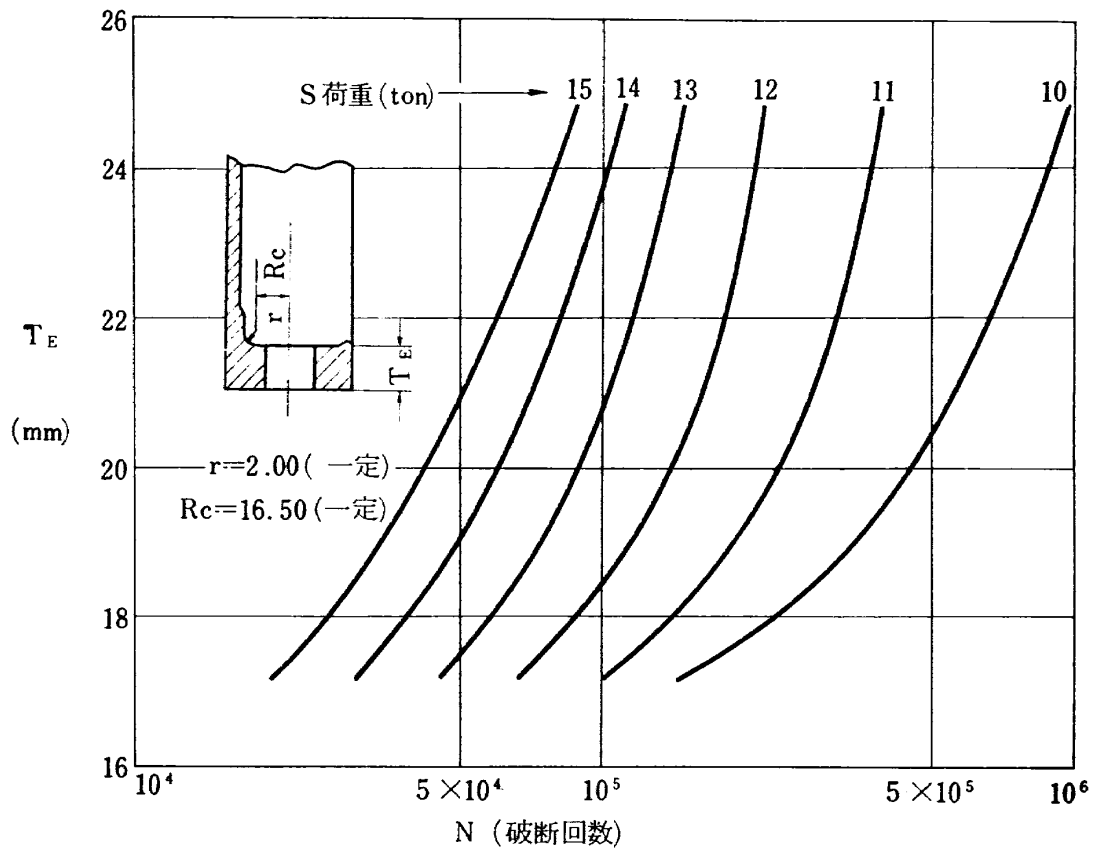


図 11 T_E - N の関係

4. 考 察

主要構成部分の疲労強度に及ぼす影響をみるために、図 8 に示す S-N 線図から、 r および T_E を縦軸にとった場合の曲線が、図 10 および 11 である。これらの図から次のようなことが推察される。

(1) 応力集中部の r の影響について

図10に示されるように、荷重が大きい場合には、寿命 N は r の増大によって直線的に増加しているが、荷重が小さい場合には、しだいにその直線関係がずれて、荷重 10 ton の場合には $r=2\text{ mm}$ 以上では、 r を増すことが寿命の改善にほとんど影響していないことがみられる。一般に、この種の結合金具は 10^5 回以上の寿命を要求されることが多いが、そのような場合には、応力集中を減ずる意味で r をむやみに大きくとることは意味がないことを示している。

(2) 肉厚 T_E の影響について

結合金具の引張りボルト首下の肉厚 T_E の大きさは、この種結合金具の寿命に大きい影響を及ぼす。すなわち、図11に示されるように、 T_E を増すと寿命は延びるが、その延び方は荷重が小さいほど大きいようである。

(3) 引張りボルトの偏心量の影響について

応力集中部である r の位置には、できるだけ応力集中が少なくなるように考慮しなければならない。そのためには、 r 部と引張りボルト中心との距離をできるだけ小さくして、偏心を少なくしなければならない。しかし、この偏心量は、応力集中部の r を大きくとれば大きくなり、前述(1)項に示す r の影響には、この偏心量の影響が重さなっていると考えられる。偏心量の影響を単独に調べるための試験片 (No. 43~No. 48) の結果は、図 8 に示されるように、判然としたものを示していない。これは資料が少なく、この影響はばらつきにかくされていると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 竹内和之，飯田宗四郎，小野幸一；主翼繰返し荷重試験装置（第 I 報），航技研報告 TR-33（昭和37）

<p>NAL TM-46 航空宇宙技術研究所 翼胴結合金具の疲労特性</p> <p>1964年12月</p> <p>16ページ</p>	<p>I. 竹内和之 藤枝郭俊 II. NAL TM-46 III. 620.178.3 629.13.012</p>	<p>NAL TM-46 航空宇宙技術研究所 翼胴結合金具の疲労特性</p> <p>1964年12月</p> <p>16ページ</p>	<p>I. 竹内和之 藤枝郭俊 II. NAL TM-46 III. 620.178.3 629.13.012</p>
<p>大型機の翼と胴体の結合に引張りボルトを使用する際に、最近よく使用される、いわゆるバス（風呂）型の結合金具について、その応力集中部の r 等がその疲労強度に及ぼす影響を調べる目的で行なった疲労試験結果について述べる。</p>		<p>大型機の翼と胴体の結合に引張りボルトを使用する際に、最近よく使用される、いわゆるバス（風呂）型の結合金具について、その応力集中部の r 等がその疲労強度に及ぼす影響を調べる目的で行なった疲労試験結果について述べる。</p>	
<p>NAL TM-46 航空宇宙技術研究所 翼胴結合金具の疲労特性</p> <p>1964年12月</p> <p>16ページ</p>	<p>I. 竹内和之 藤枝郭俊 II. NAL TM-46 III. 620.78.13 629.13.012</p>	<p>NAL TM-46 航空宇宙技術研究所 翼胴結合金具の疲労特性</p> <p>1964年12月</p> <p>16ページ</p>	<p>I. 竹内和之 藤枝郭俊 II. NAL TM-46 III. 620.178.3 629.13.012</p>
<p>大型機の翼と胴体の結合に引張りボルトを使用する際に、最近よく使用される、いわゆるバス（風呂）型の結合金具について、その応力集中部の r 等がその疲労強度に及ぼす影響を調べる目的で行なった疲労試験結果について述べる。</p>		<p>大型機の翼と胴体の結合に引張りボルトを使用する際に、最近よく使用される、いわゆるバス（風呂）型の結合金具について、その応力集中部の r 等がその疲労強度に及ぼす影響を調べる目的で行なった疲労試験結果について述べる。</p>	

航空宇宙技術研究所資料46号

昭和39年12月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野(0422)(4)9171(代表)

印刷所 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田1~10
