

UDC 621.792.052 :
624.014.24 :
620.172.178.3

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-208

薄板継手構造の強度についての実験

—— 接着およびリベット継手 ——

池田為治・熊倉郁夫・竹内和之

1971 年 11 月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 資 料

TM-170	JR エンジン燃焼器に起きた振動燃焼	1970年2月	鈴木邦男, 石井浅五郎 山中国雅
TM-171	缶形燃焼器(低圧低温系)試験設備による航空計器の氷結(着氷)試験	1970年3月	鈴木邦男, 相波哲朗 本間幸吉, 服部宣夫
TM-172	自動追尾型風向風速測定器	1970年3月	川幡長勝, 中谷輝臣
TM-173	FA-200改機の動安定微係数	1970年3月	遠藤浩, 林良生 海老沼幸成, 中谷輝臣
TM-174	遷音速風洞動安定測定装置の構造と作動	1970年4月	小橋安次郎, 河野長正文 西武徳, 宮沢政文
TM-175	NAL-16・31D型ロケットの研究試作	1970年5月	五代富文, 近藤洋史 中井暎一, 田畑浄治
TM-176	非対称自由流線の一計算法	1970年5月	高橋 倅
TM-177	小型固体ロケットモータの振動燃焼実験 —パルス法による中周波振動燃焼の研究—	1970年5月	五代富文, 伊藤克弥 西村久男, 湯沢克宜 柴 藤 羊 二
TM-178	大型低速風洞動安定微係数測定装置	1970年5月	広岡貫一, 遠藤浩 戸田亘洋, 岡部祐二郎
TM-179	風洞天秤の試作	1970年5月	金成正好, 北出大三
TM-180	ジェットエンジン燃焼器出口ガス流の乱れの測定(II) —レーザのドップラ効果を利用する方法—	1970年5月	相波哲朗
TM-181	航空機の乗り心地について	1970年6月	幸尾治朗
TM-182	排気系障害板の模型実験	1970年9月	田辺義一
TM-183	ロケット模型の大型低速風洞試験	1970年9月	近藤洋史, 高橋 宏 桑野尚明
TM-184	金属線へ衝突する液滴の現象	1970年9月	田丸 卓, 乙幡安雄
TM-185	推進エンジン用空気取入口の予備実験	1970年9月	近藤 博, 石賀保正
TM-186	NAL-25・31型ロケットの試作と飛しょう試験	1970年11月	宇宙研究グループ
TM-187	推力300kg シンバル液体ロケットエンジンの揺動特性(I)	1970年11月	楠崎哲二, 中野富雄 橋本亮平, 竹花真一郎
TM-188	自由飛行模型 FFM-10の空力微係数におよぼす機体弾性変形の影響について	1970年11月	河崎俊夫, 河本 巖 戸田 勸
TM-189	燃料蒸発管に関する研究(III) —管内の燃料・空気二相流への熱伝達—	1970年12月	田丸 卓, 乙幡安雄 鈴木邦男
TM-191	大型電子計算機プログラム・ライブラリ	1970年12月	戸川隼人, 磯部俊夫
TM-192	極超音速風洞M9ノズル較正試験	1971年1月	長洲秀夫, 橋本 登 穂積弘一, 松崎貴至
TM-194	航空機のSTOL性に関する一考察	1971年1月	田辺義一
TM-195	曲面壁上の噴流に対する噴出孔形状, 配列の効果について	1971年1月	西村英明, 白井 弘 井上重雄, 三村富嗣雄
TM-196	NAL-16H型ロケットの研究試作	1971年1月	宇宙研究グループ
TM-197	二次元煙風洞について	1971年1月	高橋 宏, 戸田亘洋 白井正孝,
TM-198	等高線を描かせるプログラム	1971年2月	磯部俊夫
TM-199	航空機用ヒーターの燃焼器の開発実験	1971年2月	堀内正司, 本間幸吉 矢萩恵一
TM-202	単発STOL実験機に関する研究 —テレメータ実験局の電界強度測定—	1971年6月	幸尾治朗, 小野孝次 矢沢健司, 塚野雄吉

薄板継手構造の強度についての実験*

— 接着およびリベット継手 —

池田為治** 熊倉郁夫*** 竹内和之***

概 要

アルミ合金板の重ね継手に、接着、リベット、および接着—リベット併用の三種の方法を用いた試験片によって、この三者の静的強さおよび疲れ強さの比較試験を行なった。その結果、接着継手はリベット継手に替わりうる有効な継手であることが確認された。

1. ま え が き

接着継手を航空機構造に採用すると、現在多用されているリベット継手構造に比べて、疲れ寿命の向上、構造の軽量化、工作工程の簡素化などが期待されるばかりでなく、継手外形の平滑性、接着部分の気密性等多くの利点が期待される。しかし、一方接着継手の強さ、疲れ、温度、雰囲気、経年変化等の特性や、これらの工作法との関連性、あるいは、これらの特性を考慮した構造様式、さらには接着継手の信頼性等、接着継手を実用に供する場合に検討されなければならない問題は多い。

諸外国においては、すでに実用航空機構造に接着を多用している機体を製造しているものがあり、これらの技術に関する報告¹⁾は数多く見出されるが、最近開発された接着剤に関する定量的資料は少なく、わが国においては、航空機構造の強度部材に接着を用いる際の資料はほとんど発表されていない。

ここでは、アルミ合金薄板の重ね継手について、静的強さおよび疲れ強さを調べるために、6種のリベット継手、4種の接着剤を用いた接着継手、および8種の接着—リベット併用継手による試験片によって、これらの比較試験を行なった。試験の結果、接着継手はリベット継手と同等以上の強さを有することが判明し

たが、信頼性を高めるためには、若干のリベットによる補強が有効であることが確認された。

2. 試 験 片

試験片製作に用いた接着剤は、表1に示す FM1000 (American Cyanamid Company; 以降FMと略す)、EC 2216 (3M Company; EC)、SHELL 934 (商品名 EPON 934, Shell Chemical Company; Sh) およびエポキシポリアミド (市販のエポキシポリアミド系接着剤を混合し、グラスファイバークロスで補強; Ep) の4種で、すべてエポキシ樹脂を主成分としたものである。表1のカタログ仕様に示すように、これらのうちFMは強度にすぐれ、また、フィルム状であるため接着層厚さを均一にできる利点があるが、硬化温度が高いため、硬化処理に加熱装置を要し、組み立てる構造物の形状に制限を受ける欠点がある。EC、Sh、Epの接着剤は、いずれもFMに比べて強度的に劣り、また液状であるため、接着層厚さが不均一となり易く、強度のばらつきが大きくなる欠点があるが、硬化温度が低いので、大型の構造物に対して、加熱装置を用いずに接着することができる。なお、Ep以外の他の接着剤は、米軍用規格の耐久性を含む諸特性を満しているものである。

これら接着剤のカタログ仕様を確認するために、単純な重ね継手試験片で行なった静引張強度試験の結果²⁾を表2に示す。試験は各接着剤につき8本ずつ行なったもので、カタログ仕様値より若干低い強度特性を示したが、FMが最も優れた値を示している。

試験片製作に用いた薄板母材、リベットについては表3の下欄に示す。

主要試験片は、接着およびリベットの純粹せん断強度を見るために、両側板継手としている。リベットお

* 昭和46年9月14日受付

** 原動機部

*** 機械第一部

注 1. この試験は、試験片を製作した富士重工業(株)で行なわれたものである。

表 1 接着剤のカタログ仕様

接着剤	FM-1000	EC-2216	SHELL 934	エポキシ・ ポリアミド
使用前の状態	フィルム状	液状	液状	液状
硬化温度 (°C)	168~176	24~120	24~220	—
*引張りせん断強度 (kg/mm ²)	4.6	1.7	2.2	—
*疲労強度 (kg/mm ²)	0.42 (10 ⁷ 回以上)	—	—	—
*クリープ(引張りせん断応力 1.1kg/mm ² 192時間後の変位 mm)	0.38 以下	0.13	—	—
T型はく離強度 (板厚 0.5mm) (kg/mm)	1.8	—	—	—

*これらのデータは単純重ね継手 (板厚 1.64mm, 板幅 25.4mm, 接着部分の重ね長さ 12.7mm, 材質 2024-T3 Alclad) によって求めたものである。

表 2 標準単純重ね接着継手試験片の静引張強度

接着剤	重合長 × 幅	接着面積	Tu_4 ⁽¹⁾	Tu_8 ⁽²⁾	Tu_8/Tuc ⁽³⁾	標準偏差	変動係数
FM	13.3×25.2	335.2	4.25	4.32	0.94	0.086	0.02
	13.2×25.1	331.3	4.39				
EC	12.5×25.4	317.5	1.73	1.48	0.87	0.268	0.182
	13.3×25.0	332.5	1.22				
Sh	13.0×25.3	328.9	1.72	1.80	0.82	0.083	0.046
	11.7×25.3	296.0	1.89				
Ep	13.4×25.3	339.0	2.43	2.51	—	0.220	0.087
	14.5×25.3	366.9	2.58				
備考	被着材; 高力アルミニウム合金合わせ板 2024C-T3 ($t=1.64\text{mm}$) Tu ; せん断強度, 単位; kg, mm, (1) Tu_4 ; 4本の平均値, (2) Tu_8 ; 8本の平均値, (3) Tuc ; カタログ強度						

よび接着リベット併用継手については図 1a に, 接着継手については図 1b の G120, G132 にその寸法を示す。接着継手については S-N 曲線をうるための補足試験片として Ep10 および G112 (図 1b) を作成した。母材の材料特性を見るための平滑試験片 (図 1c) を含めて, すべての試験片の種別を表 3 に示す。表 3 の種別の符号は, たとえば 34-FM-32 の場合, 34 は 1 列目と 2 列目のリベットの数を, FM は接着剤種別 (R の場合はリベットのみを表わす), — 32 は 側板の長さを表わしている。

リベット打ちは, 通常のパイブレイト・スクイザー型リベッターで行なったが, 接着リベット併用試験片においては, 接着完了後, 接着層の破損を生じないように, ノンパイブレイト・スクイザー型リベッターで行なった。

接着は, 各接着剤のカタログ仕様に準じて行なった。すなわち, まず被着材表面の汚れを除去し, 濃硫酸と重クロム酸ナトリウムの水溶液に浸漬してエッチングを行ない, 常温の水で洗浄し乾燥する。FM 接着剤はフィルム状であるため, より確実に接着する目的 (前処理後の表面の汚染や不活性化の防止およびはく離強度の増大) で, 液状のプライマーを塗布し乾燥後, フィルムを挟んで加圧し, 約 170°C 60 分間の加熱硬化処理が行なわれた。ほかの三種の接着剤においてはプライマーを用いず, 約 80°C で 60 分間加熱して硬化を促進した。

3. 実 験

静引張試験には, 容量 100ton (2 ton レンジを使用) の油圧型試験機 (島津 RH-100) を, 疲れ試験には,

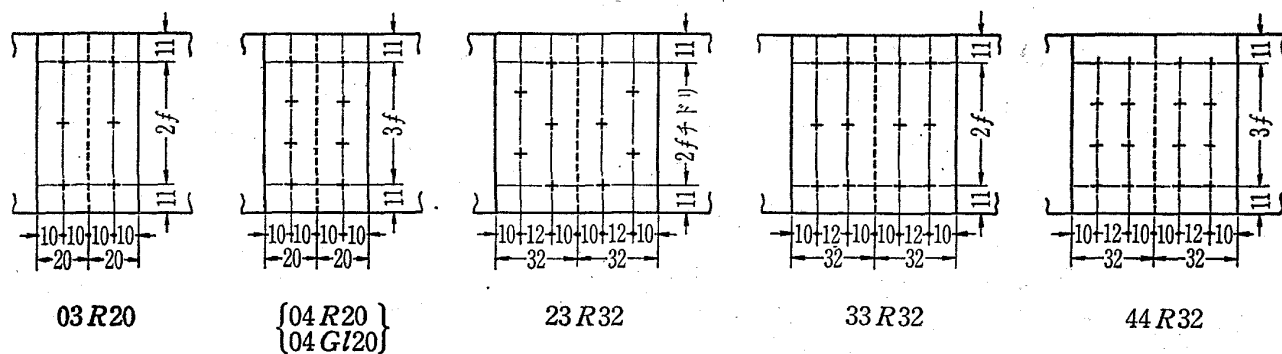
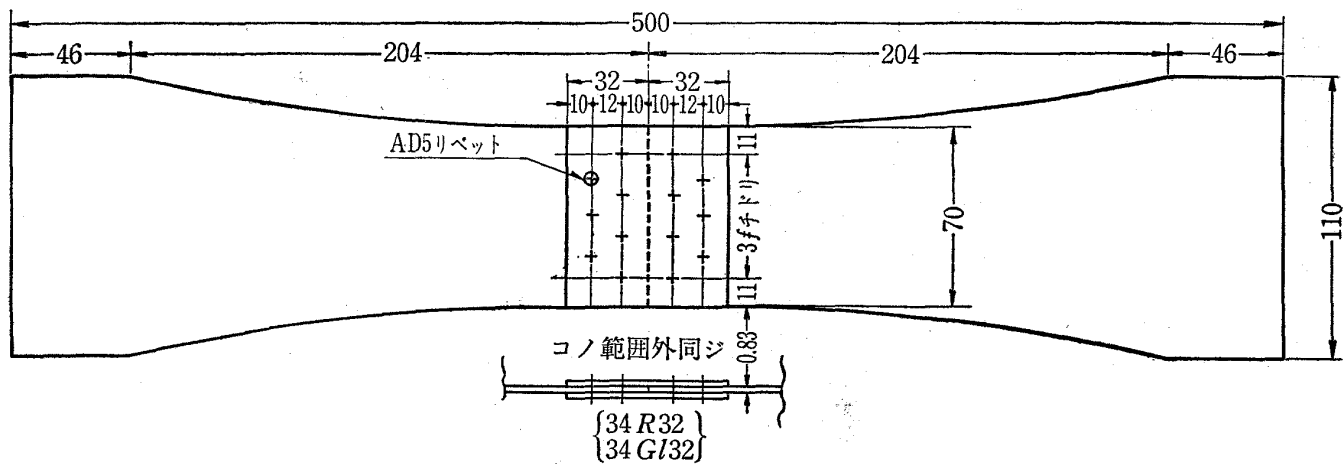


図 1a リベット・接着リベット継手試験片

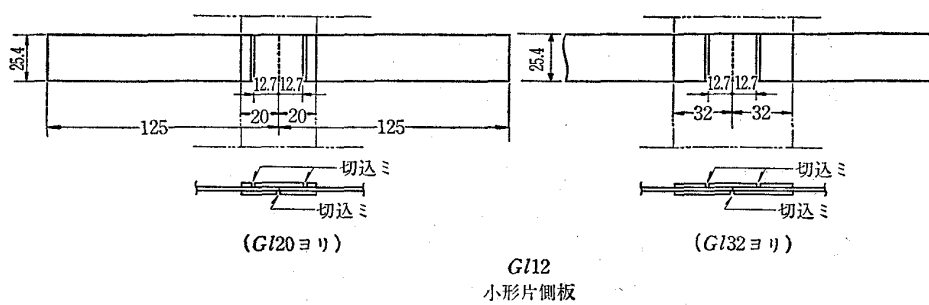
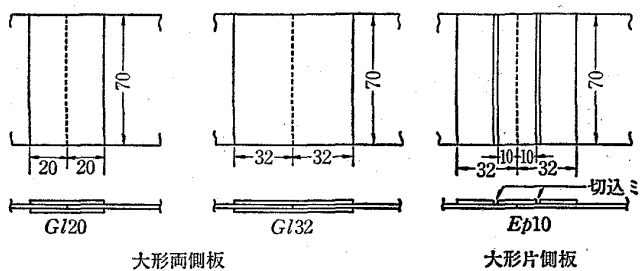


図 1b 接着継手試験片

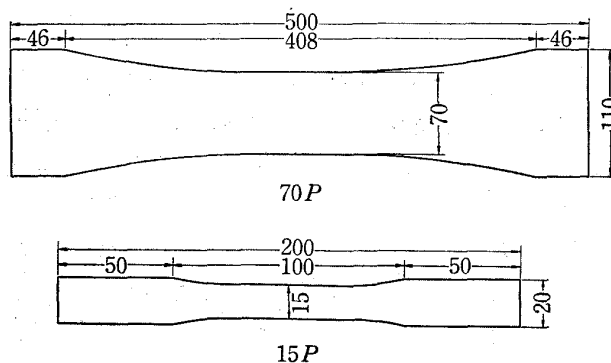


図 1c 平滑試験片

表 3 試験片形式および種別

形 式	種 別				リベット数・列, 側板長 Lmm	参 照
平 滑 材	小 形 (15P) 大 形 (70P)				板幅 $b=15\text{mm}$, 長さ $l=200\text{mm}$ " 70 , " 500 "	図 1 (c)
リベット結合 (R)	03R20 23R32	33R32	34R32	04R20 44R32	3 または 4 個 1 列, $L=20$ 両側板 2・3~4・4 個 2 列, $L=32$ "	図 1 (a)
接 着 (G1)	FM-20 FM-32 FM-12	EC-20 EC-32 EC-12	Sh-20 Sh-32 Sh-12	Ep-20 Ep-32 Ep-12 Ep-10	$L=20$ " $L=32$ " $b: 25.4$, $L=12.7$ 片側板 $L=10$ "	図 1 (b)
接着・リベッ ト併用	04FM-20 34FM-32	04EC-20 34EC-32	04Sh-20 34Sh-32	04-Ep20 34Ep-32	4 個 1 列, $L=20$ 両側板 3・4 個 2 列チドリ $L=32$ "	図 1 (a)
母 材	2024C-T3, 板厚, 実測値約 0.83mm (呼称 0.032in.) 試験片長手方向が圧延方向					
接着剤種別	FM; FM1000, EC; EC2216, Sh; Shell 934, Ep; Epoxy Polyamide.					
リベッ ト	形式・寸法 AD-5, 打法: バイブレイトスクイザー型 (G1 併用のとき, ノンバイブレイトスクイザー型)					

容量 $1\text{ton} \pm 1\text{ton}$, 回転数毎分 2,750 回の偏心振子型試験機 (島津 UV-1) を用いた。

疲れ試験の荷重は, すべて $R=0.1$ (R =最小荷重/最大荷重) の部分引張荷重とし, Ep-10 (図 1b) および 15P (図 1c) では, 荷重の大きさを種々に変えて行なったが, ほかの試験片では, 種別ごとに特定の荷重 (約 1×10^5 回で破壊すると予想される荷重) のみで実験を行なった。

4. 実験結果

4.1 静強度試験

幅 70mm の継手試験片 (図 1a) の各種別について, 1 本宛行なった静引張試験の結果を表 4.1 に, 応力伸び線図の数例を図 2 に示す。

当然予想されるように, リベット継手ではリベットの数や配列で相当異なる静強度特性を示すが, 接着—リベット併用継手は, 接着のみの継手とほぼ同じ静強度特性を示し, リベットを併用した効果は現われていない。表 4.2 には参考のために降伏時のリベットの分担荷重を示す。

接着継手の試験片は, Sh 20 の接着層はく離 (接着層内に気泡を含んでいた形跡があった) を除き, すべて母材の破断であったが, その破壊応力は, 母材の公称値で $41.5 \sim 47.5\text{kg/mm}^2$ であり, 母材の平滑試験片の値 (43.1kg/mm^2) に近い値であった。しかし, 伸びは平滑試験片よりやや小さい。これは接着による試

験片の幅方向の拘束によるものと考えられる。

4.2 疲れ試験

疲れ試験の結果として, 同一応力に対する各継手グループの疲れ寿命を図 3~8 に示し, 図 9~14 は, 繰り返し応力の大きさに対する疲れ寿命 (回数 N) を, 同種試験片または同種接着剤ごとにまとめて示している。

リベット継手 (図 3) においては 1 列および 2 列リベット継手の各々について, それぞれの寿命の差はほとんど認められない。

両側板接着継手における繰り返し最大応力 (母材の公称応力) $\sigma_{max}=21.2\text{kg/mm}^2$ においては (図 4) 明らかに接着不良と見られる Sh-20 の 1 本を除き, 母材破断もはく離破壊も, 各種別についてはほぼ同等の寿命であった。繰り返し最大応力 $\sigma_{max}=24.7\text{kg/mm}^2$ の場合 (図 5) も同様な傾向である。

接着リベット併用継手においても (図 6, 7) ほぼ同様であり, 接着継手との差は認められない。

小型片側板接着継手 (G12 (図 1b) の試験結果を図 8 に示す。FM および Ep の継手はほかの 2 種 (EC および Sh の継手) に比べて良い結果を示している。

図 9 に幅 70mm の片側板接着継手 (Ep10) の結果を示す。ほかの資料と比べて特にばらつきの大い試験結果となっており, 図 8 も比較的ばらつきが大いことと合わせて, 偏心荷重がかかる片側板接着継手においては, 接着の弱点であるはがれに対する弱さ, 不安定性が試験結果に出ているものと考えられる。

表 4.1 静強度試験結果

試験片	破壊時の母材の公称応力 (kg/mm ²)	破壊の状態	接着破壊の平均せん断応力 (kg/mm ²)	標点間の見掛けのヤング率 E_m' (測定値 kg/mm ²)	完全な結合状態を仮定した見掛けのヤング率 E' との比 (E_m'/E')
平滑材70P	43.1	—	—	7250	—
34R32	29.5	リベット列で板が破断	—	6800	0.70
23R32	29.0	”	—	6600	0.68
44R32	32.8	”	—	—	—
33R32	32.7	”	—	8550	0.87
04R20	22.3	”	—	7650	0.95
03R20	17.0	”	—	5400	0.67
FM-32	41.5	母材破断	—	6850	0.54
FM-20	42.5	”	—	6200	0.62
EC-32	45.7	”	—	8650	0.68
EC-20	42.3	”	—	6500	0.66
Sh-32	45.0	”	—	9000	0.71
Sh-20	42.8	接着破壊	0.88	6850	0.69
Ep-32	47.5	母材破断	—	8800	0.70
Ep-20	46.0	”	—	7050	0.72
34FM32	42.2	”	—	8700	0.68
34EC32	42.8	”	—	9050	0.72
34 Sh32	43.2	接着破壊	0.58	9900	0.78
34 Ep32	40.7	母材破断	—	9900	0.78
04FM20	44.8	”	—	7550	0.76
04EC20	42.5	接着破壊	0.94	7900	0.80
04 Sh20	41.3	”	0.93	8200	0.83
04 Ep20	45.2	母材・接着破壊	0.99	7850	0.79
Ep10 (1)	11.5	接着破壊	1.07	—	—
Ep10 (2)	10.0	”	0.86	—	—
Ep10 (3)	5.4	”	0.46	—	—

表 4.2 リベット継手試験片の降伏点およびこの時のリベット1個あたりの荷重

試験片	0.2% 耐力 (kg/mm ²)	リベット1個の平均荷重 (kg)	リベット1個の平均荷重 (03R20との比)
44R32	—	—	—
34R32	23.1	193	1.00
33R32	15.4	150	0.78
23R32	15.4	180	0.93
04R20	12.3	180	0.93
03R20	9.9	193	1.00
平滑材70P	34.3	—	—

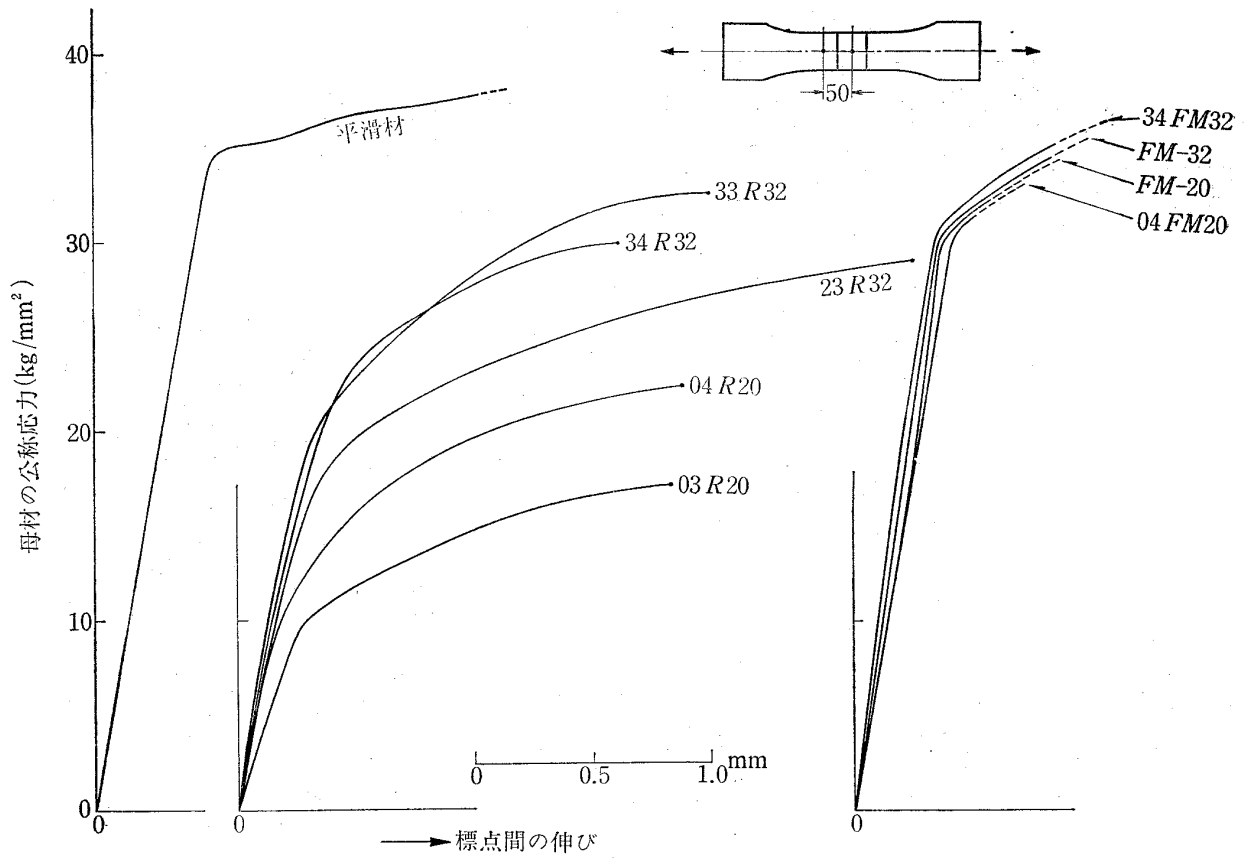


図 2 各種継手試験片の静引張試験結果

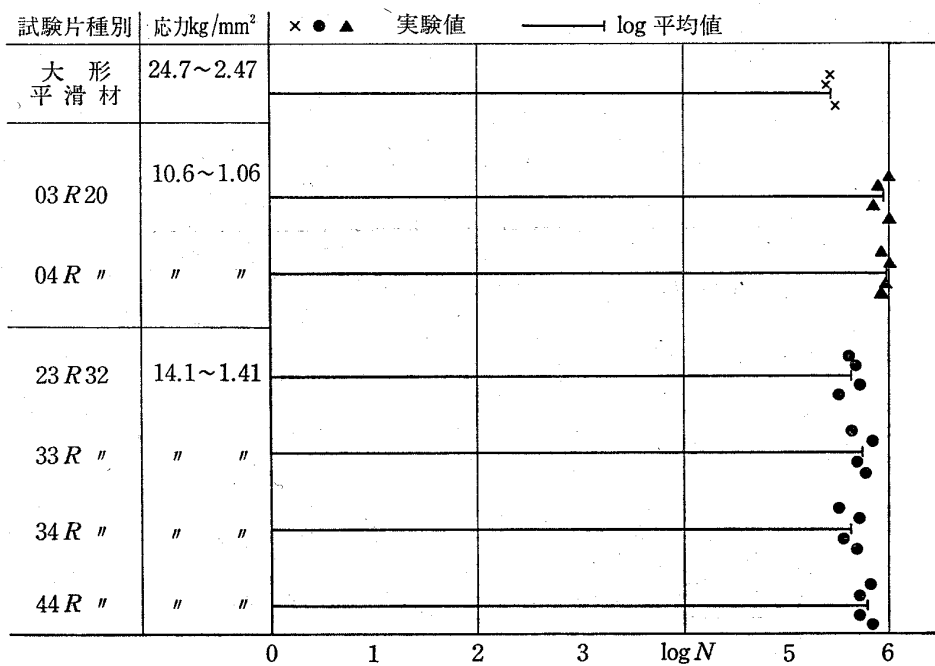


図 3 リベット継手の疲れ試験結果

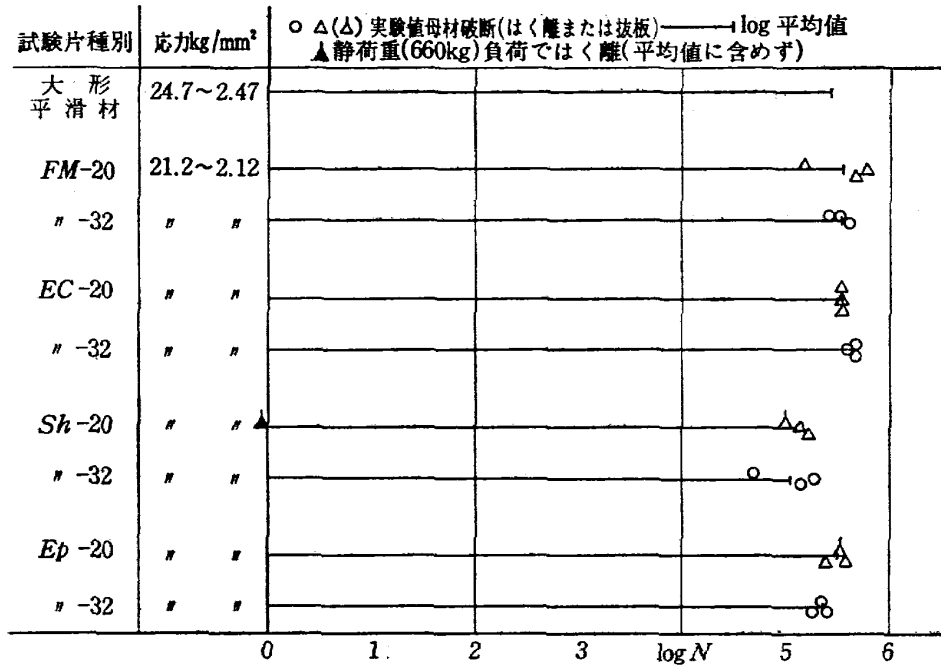


図 4 両側板接着継手の疲れ試験結果
($\sigma_{max} = 21.2 \text{ kg}/\text{mm}^2$)

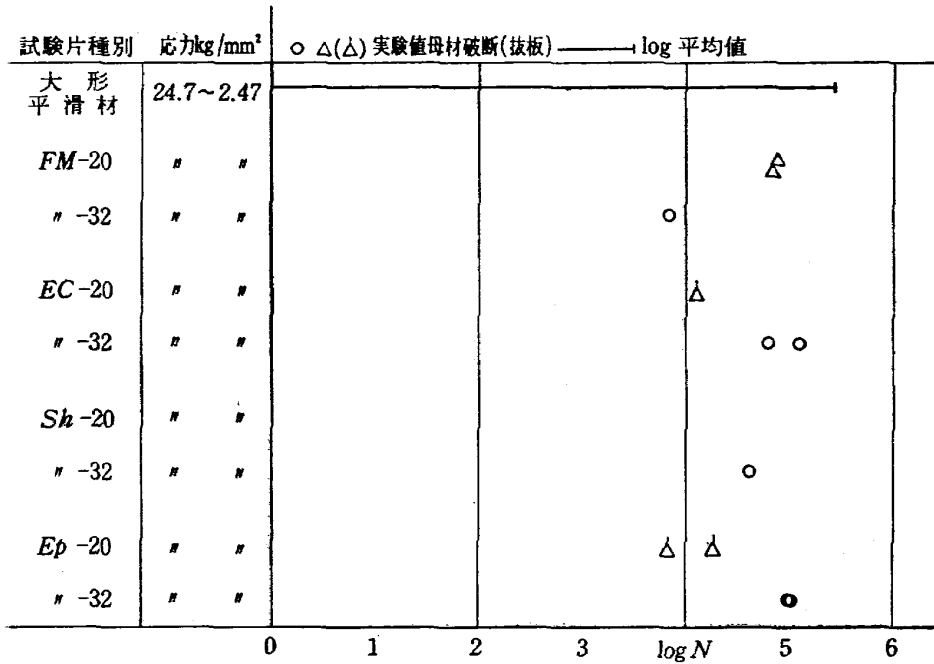


図 5 両側板接着継手の疲れ試験結果
($\sigma_{max} = 24.7 \text{ kg}/\text{mm}^2$)

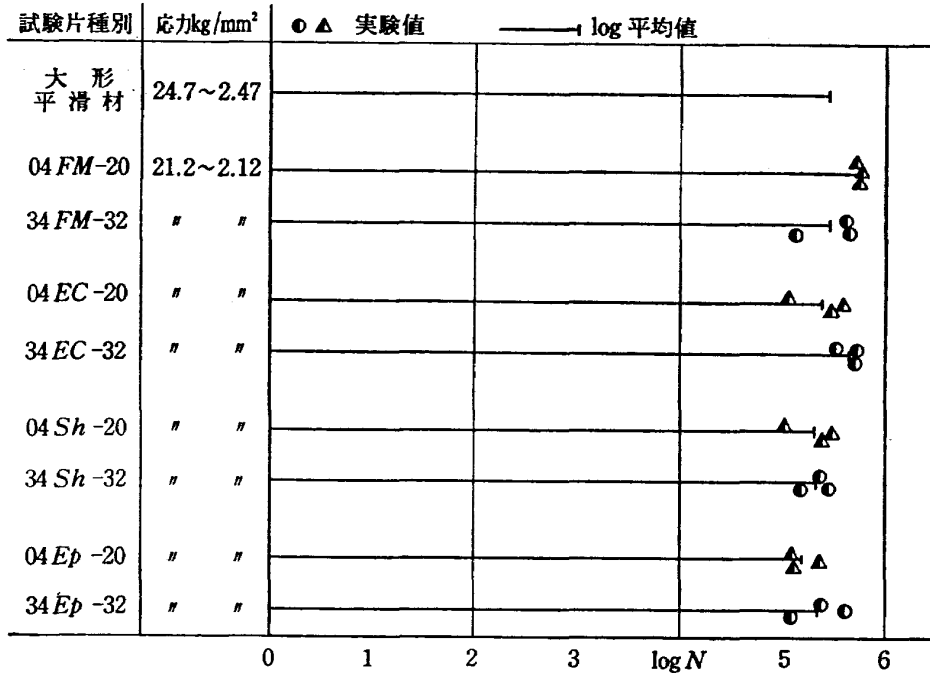


図 6 接着リベット併用継手の疲れ試験結果
($\sigma_{max} = 21.2 \text{kg/mm}^2$)

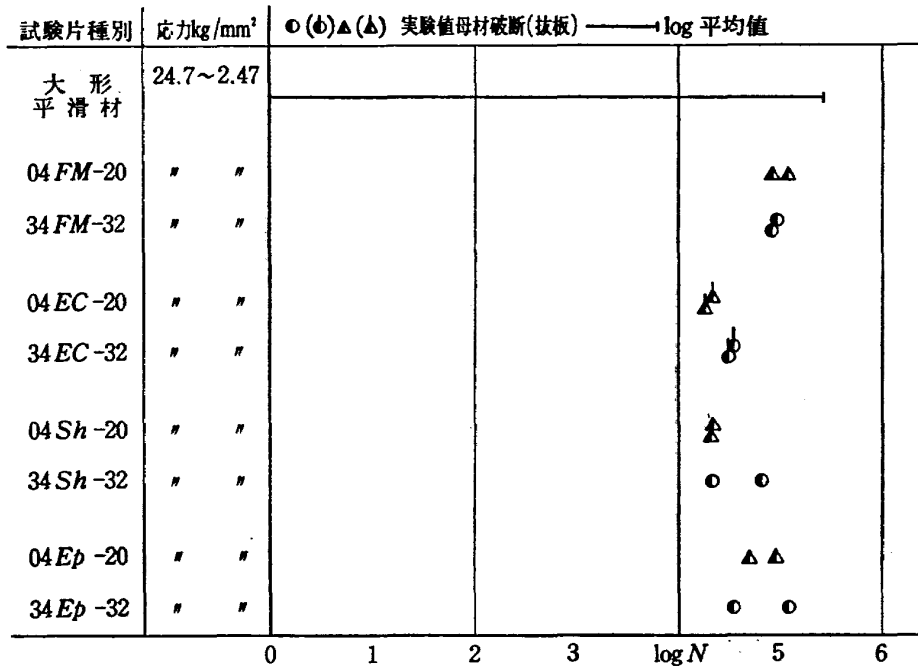


図 7 接着リベット併用継手の疲れ試験結果
($\sigma_{max} = 24.7 \text{kg/mm}^2$)

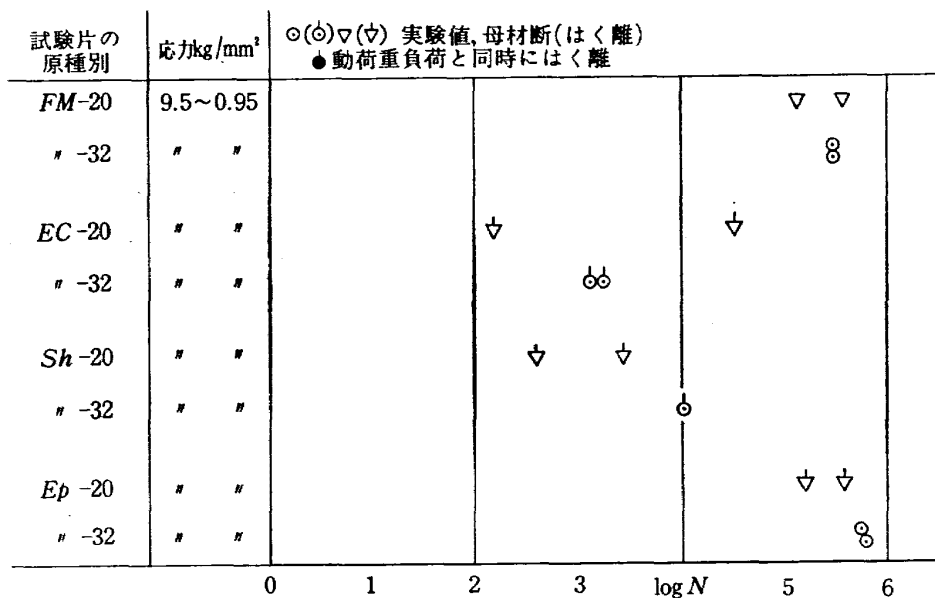


図 8 小型片側板接着継手 (G112) の疲れ試験結果

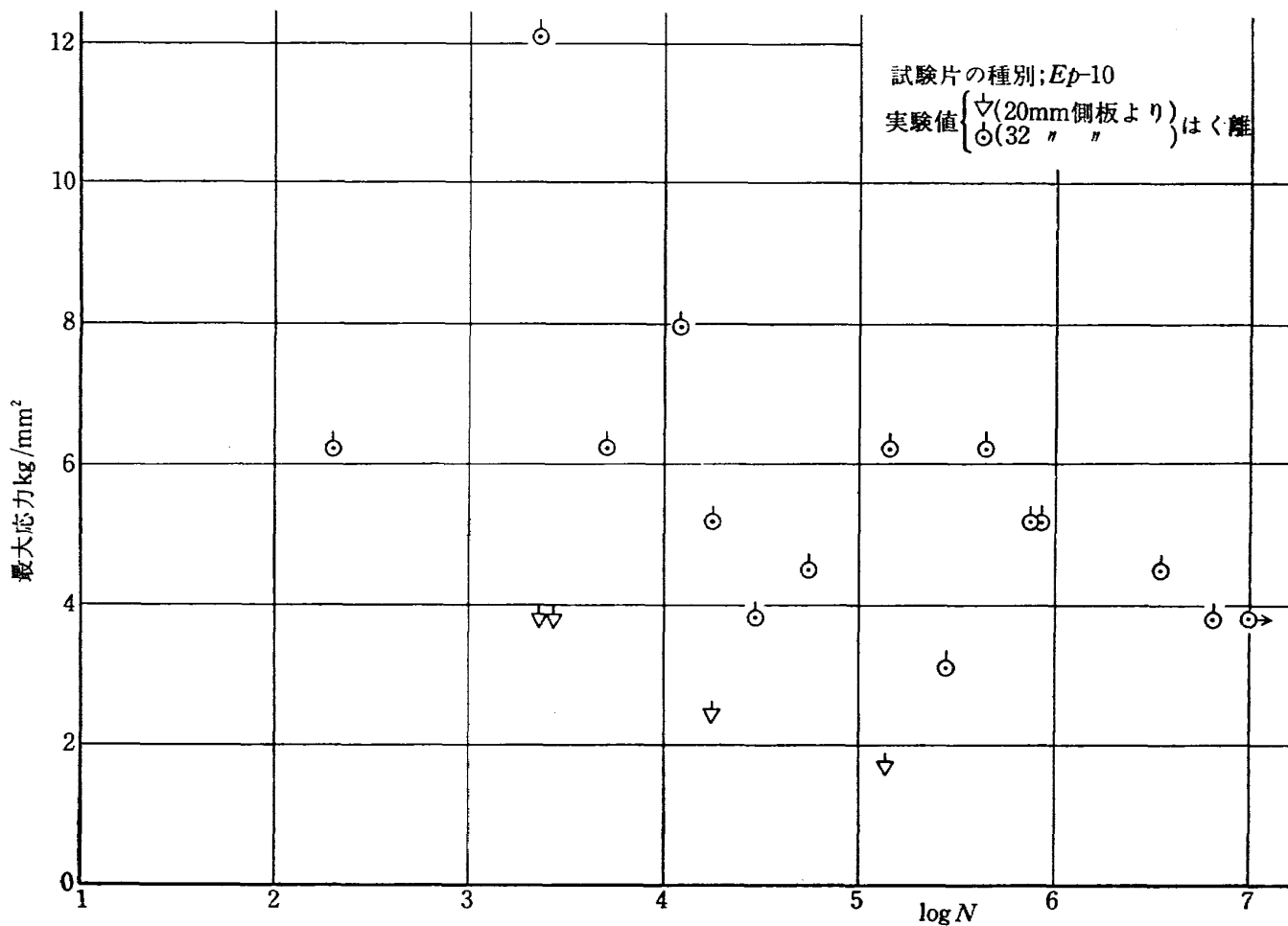


図 9 大型片側板接着継手 (EP-10) の疲れ試験結果

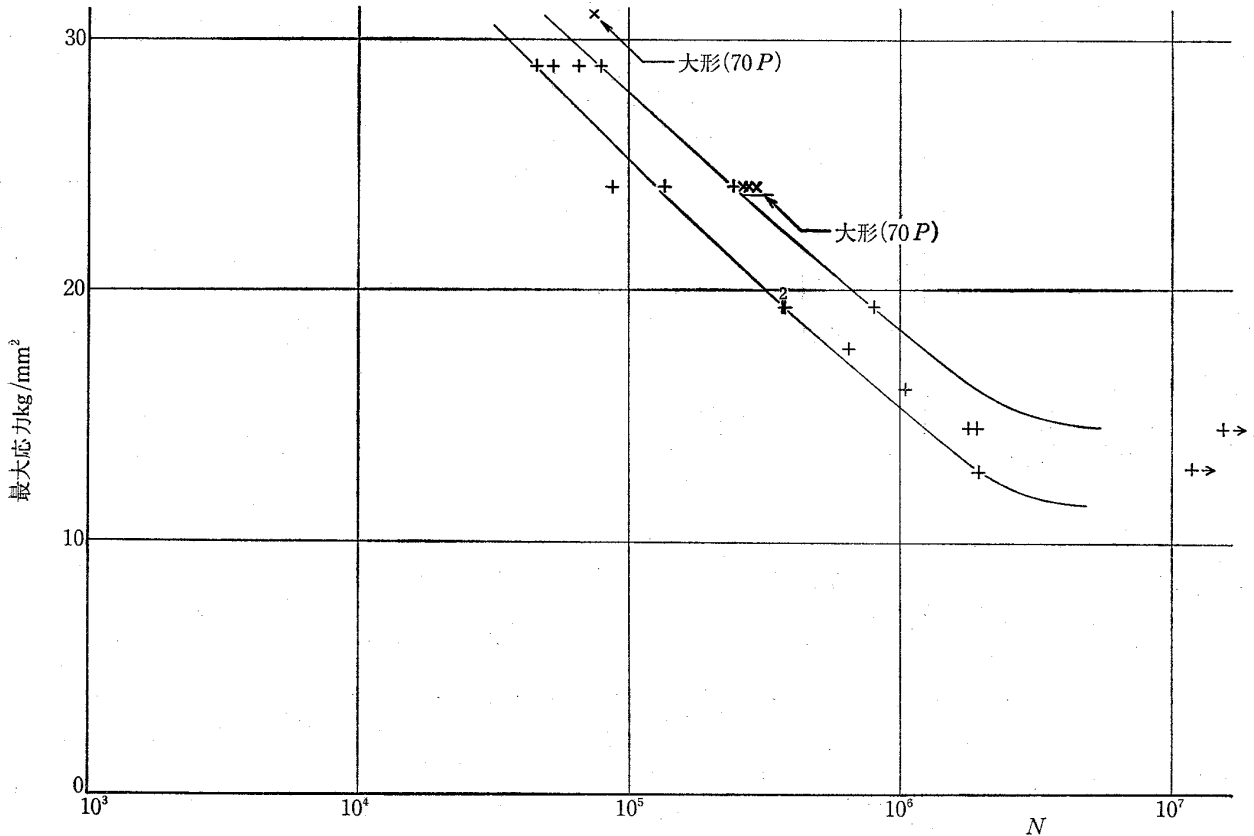


図 10 平滑試験片の (15P, 70P) 疲れ試験結果

図10には後述の資料整理のために平滑試験片 (15P および70P) で求めた材料の $S-N$ 曲線を示す。

図11~14は、以上の結果をまとめて、各試験片の疲れ寿命と、これに耐える応力との関係を、接着剤ごとに示したものである。また、これらの図には小型平滑試験片 (15P) の実験値を2本の曲線で示したほか、大型平滑試験片 (70P)、2列と1列のリベット継手 (04R20と34R32)、小型片側板接着継手 (G112) の実験値、およびこれまで述べなかった低応力レベルでの実験値も示してある。

これらの図を見ると、接着継手の疲れ寿命は、いずれもリベット継手より大きく、母材の寿命に近い。しかし、偏心荷重がかかる片側板接着継手の寿命は相当劣ることが分る。

以上、実験結果の概要を述べたが、疲れ試験の結果は、その寿命を比較するためには、ばらつきの程度を考慮に入れて評価しなければならない。そのために、Welchの方法²⁾によって、各試験片種別ごとの対数寿命の差の検定を、有意水準5%として、計算した結果

を表5に示す。表5の○印は有意差ありと判定されたもの、×印は有意差なしと判定されたものである。表5によれば、リベット継手には優劣の差が明瞭なものではなく、接着継手においては、わずかに、Ep-20がSh-20より優れ、またEC-32がEp-32より優れていると判定され、接着・リベット併用継手では04FM-20が04Ep-20より優れていると判定されているだけである。その他のものは優劣の差がばらつきのために判然としない。

5. ま と め

アルミ合金板の重ね継手に、接着、リベット、および接着・リベット併用の三種の方法を用いた試験片によって、この三者の静的強さおよび疲れ強さの比較試験を行なった。その結果えられたことは、つぎのとおりである。

(1) リベット継手では、今回の試験片の種別によって、静強度特性は相当異なっているが、疲れ特性にはあまり差がない。

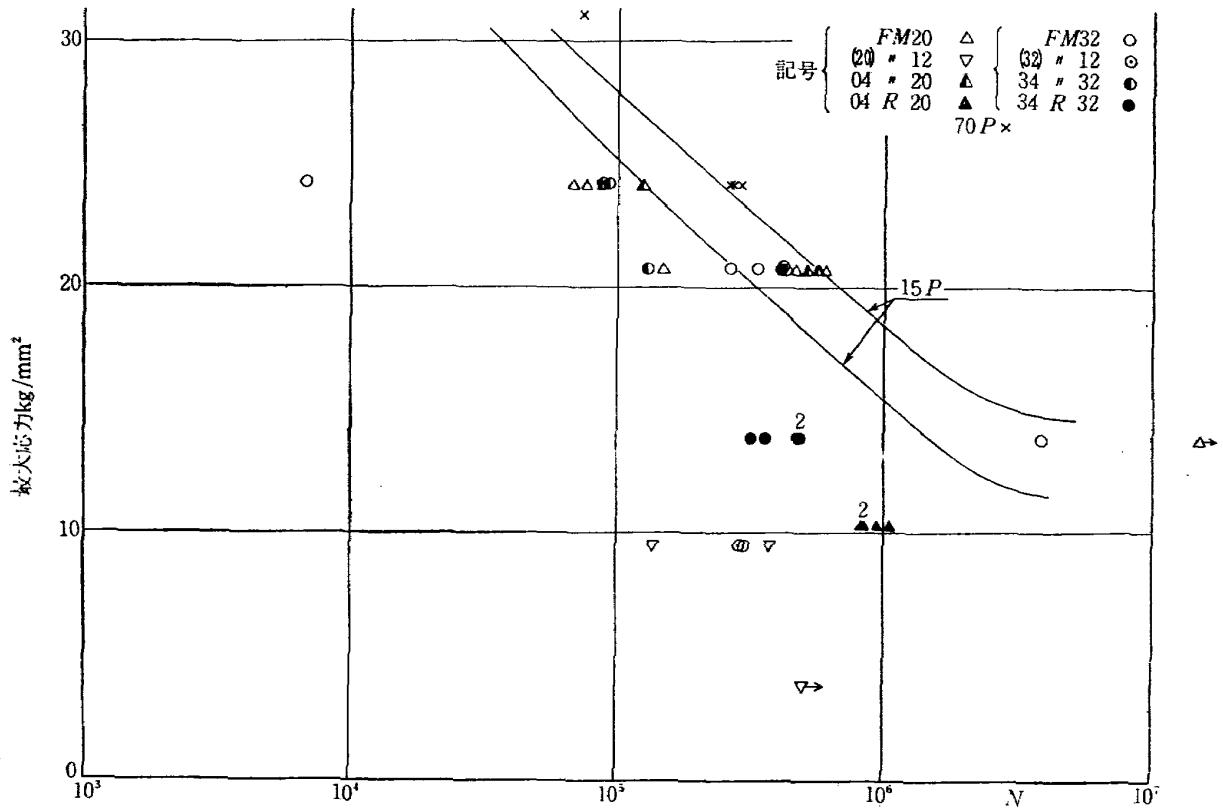


図 11 FM 1000 接着剤による継手の疲れ試験結果

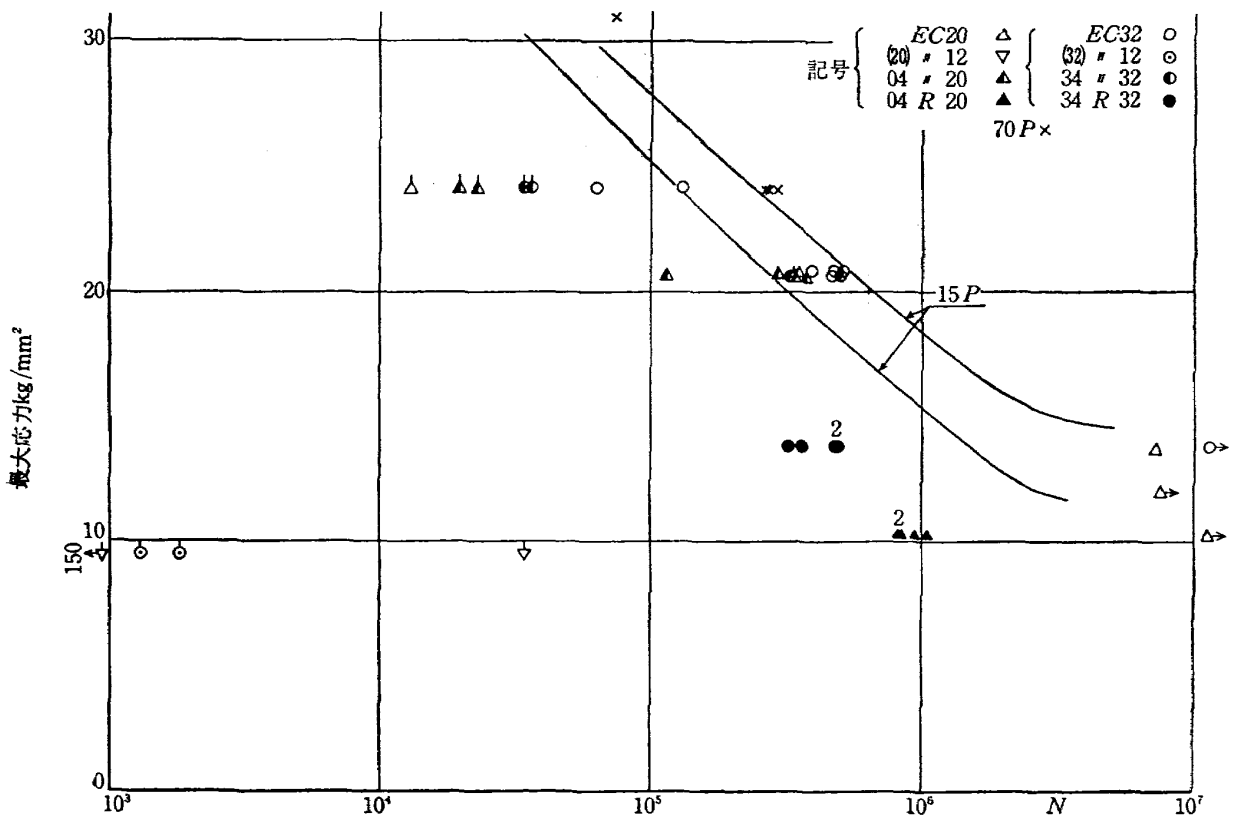


図 12 FC 2216 接着剤による継手の疲れ試験結果

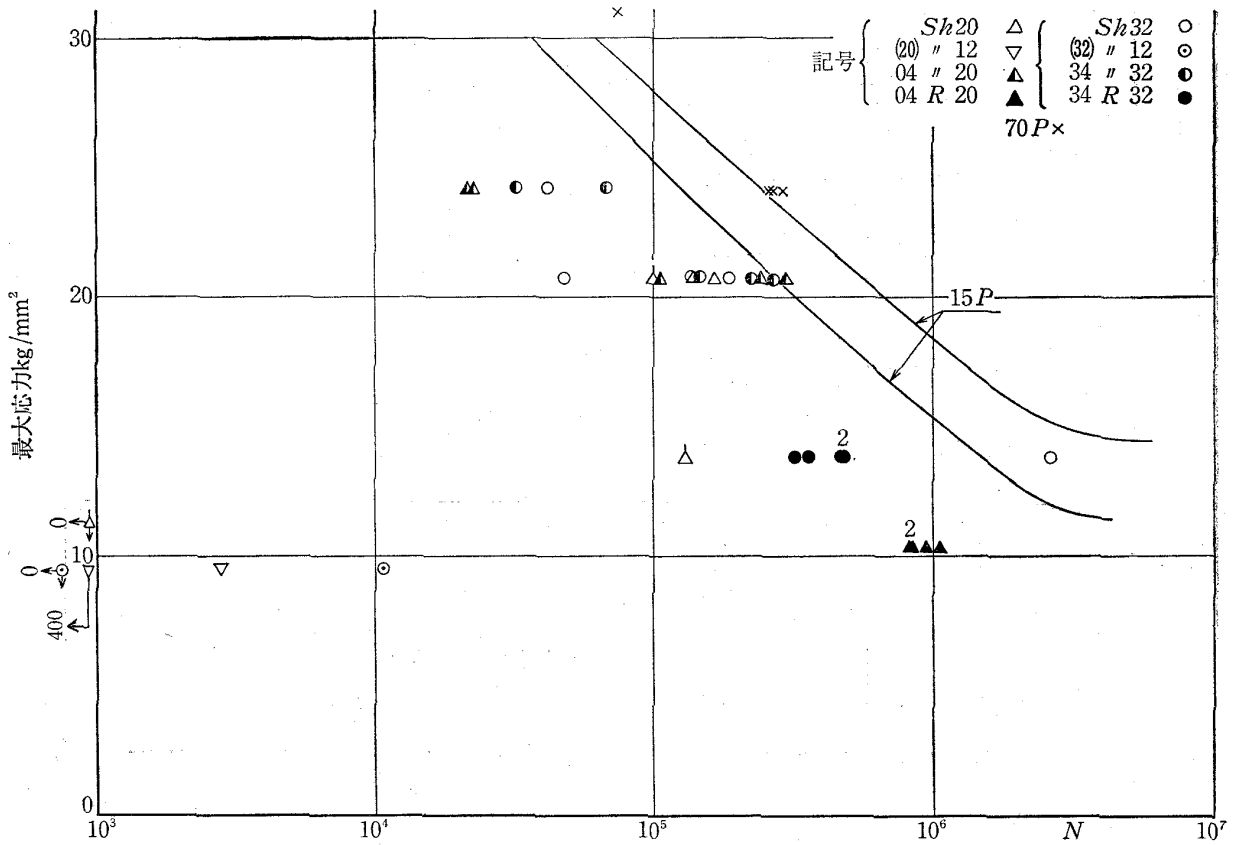


図 13 Shell 934 接着剤による継手の疲れ試験結果

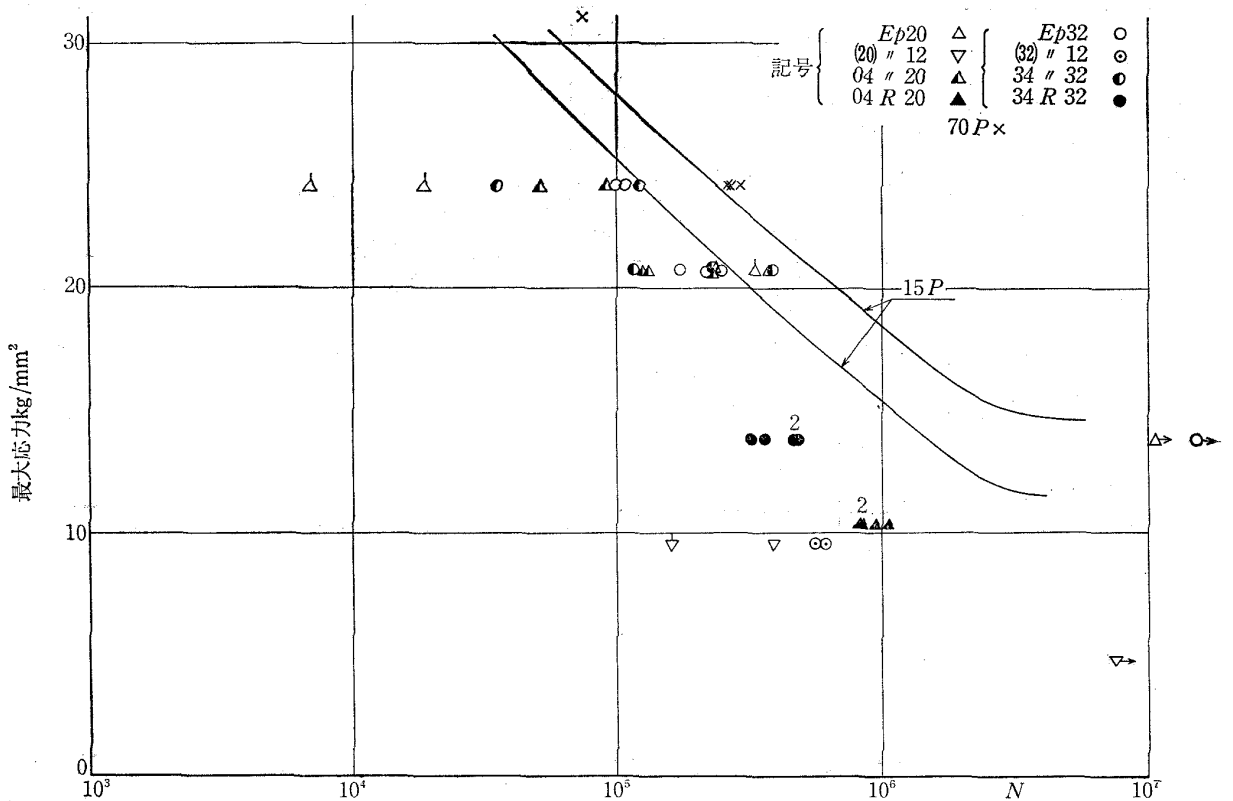


図 14 Epoxy-Polyamide 接着剤による継手の疲れ試験結果

	\hat{x}	$\hat{\sigma}$	$s \times 10^4$	03R 04R	23R 33R 34R 44R	FM20 FM32 EC20 EC32 Sh20 Sh32 Ep20 Ep32	04FM 34FM 04EC 34EC 04Sh 34Sh 04Ep 34Ep	応力(kg/mm ²) 最大~最小
03R20	5.931	0.092	21.076					19.6~1.96
04R20	5.957	0.050	6.191	X				
23R32	5.620	0.089	19.610					14.1~1.41
33R32	5.728	0.092	21.186		X			
34R32	5.604	0.088	19.324		X			
44R32	5.755	0.067	11.182		X			
FM-20	5.539	0.323	347.859					21.2~2.12
FM-32	5.523	0.101	34.115			X		
EC-20	5.538	0.009	0.243			X		
EC-32	5.644	0.045	6.684			X		
Sh-20	5.117	0.110	40.117			X		
Sh-32	5.031	0.312	323.516			X		
Ep-20	5.485	0.105	36.737			X		
Ep-32	5.323	0.077	19.949			X		
04FM-20	5.739	0.022	1.617			X		
34FM-32	5.453	0.294	288.393			X		21.2~2.12
04EC-20	5.366	0.272	246.864			X		
34EC-32	5.638	0.115	43.795			X		
04Sh-20	5.291	0.240	192.244			X		
34Sh-32	5.313	0.133	58.850			X		
04Ep-20	5.190	0.150	74.467			X		
34Ep-32	5.330	0.264	232.569			X		

$$\hat{x} = \left\{ \sum_{i=1}^n x_i \right\} / n ; \hat{\sigma} = \sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2 \right\} / (n-1)} ; t_0 = \frac{\hat{x}_1 - \hat{x}_2}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}} ; \phi = \frac{(s_1 + s_2)^2}{s_1^2 + s_2^2} ; |t_0| > t\phi(\alpha/2) ;$$

$$x = \log N ; s = \hat{\sigma}^2 / n ; n : \text{試料個数} \quad N : \text{寿命(回数)} \quad \alpha = 5\%$$

表 5 試験片種別毎の対数寿命差の検定 (Welch の方法, 有意水準 5%)

(2) 接着継手では、偏心荷重がかからない両側板接着継手の場合は、側板長を接着剤強度に比して十分長くとったために、破壊は（静試験の場合も疲れ試験の場合も）ほとんど母材で生じ、使用した接着剤はこの程度の側板長の場合（リベット併用の場合はこの程度の側板長をとらざるをえない）すべて有効な接着強度を有することが判明した。しかし、側板長が短い（20mm）継手では、繰り返し荷重の増大とともに接着層の破壊を生じるものもあり、偏心荷重がかかる片側板接着継手の疲れ試験結果も考慮すれば、接着層の疲れ破壊に対する接着剤の優劣は、FMが最も優れ、ついで、Ep、Ec、Shの順である。なお、この順位は、標準の単純重ね継手試験片についての静引張強度の順位とほぼ同じである。

(3) 接着継手は、接着加工が良好であれば同種のリベット継手に比べて、静的強さ、疲れ強さとも十分優れている。

(4) 接着継手にリベットを併用することは、疲れ寿命のばらつきを少なくするために有効であることが確認された。しかし、疲れ寿命の向上には寄与しないようである。

(5) 偏心荷重がかかる、片側板接着継手において

は、静引張試験および疲れ試験のいずれにおいても、その実験値のばらつきはきわめて大きい。

6. むすび

この実験は、薄板の継手構造のうち、リベット継手、接着継手および接着・リベット併用継手についての構造強度を比較検討するために行なったものである。その結果、現用の接着剤による薄板の接着継手は、従来のリベット継手に優るとも劣らない強度を有するが、ばらつきが多く、信頼性を高めるためには、接着継手にリベットを併用することが好ましいことが判明した。しかし、航空機構造の継手に広く接着を採用するためには、荷重伝達様式に対する接着構造の適合性、加工工作法、検査法など多くの解決しなければならない課題が存在することは勿論である。

おわりに、試験片の製作と試験の遂行に御助言と御協力を頂いた富士重工業（株）の関係者に感謝の意を表す。また、実験にあたっては、青木由雄*、大野誠一**両君の協力をえた。

文 献

- 1) C. V. Cagle; "Adhesive Bonding" Mc Graw Hill 1968
- 2) 佐野政明, 菟岡一洋; 2024-T4および7075-T6有孔平板の曲げ疲労試験と2024-T4平滑丸棒の軸荷重疲労試験, 航技研資料 TM-96 (1966)

* 機体第二部

** 機体第一部

TM-203	固体ロケットの比推力測定の標準化	1971年6月	五代富文, 岡部祐二郎 清水昭紀, 伊藤克弥 西村久男
TM-204	サーボ機構の温度応用改善用デジタルコントローラについて	1971年7月	小川鑑一, 島村正人 (日本大学)
TM-205	自由飛行模型 FFM-10の動安定微係数の推定について	1971年7月	河崎俊夫, 河本 巖
TM-206	静止衛星の軌道保持シミュレーションシステムの構成(I) —地球の重力場による摂動—	1971年8月	松島弘一

注: 欠番は配布先を限定したもの

航空宇宙技術研究所資料208号

昭和46年11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
電話武蔵野三鷹(0422)44-9171(代表) ㊦182

印刷所 第一印刷株式会社
東京都新宿区富久町58
