

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-135

歪ゲージの自己加熱による歪ドリフト

小川 敏一・遠藤 修司

1968年5月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 資 料

TM-87	極小型超音速機用姿勢制御装置の特性解析	1966年8月	池谷光栄, 畑山茂樹
TM-88	プロペラ後流偏向型 STOL 機の風洞試験 (I)	1966年9月	犬丸矩夫, 岡部祐二郎 北村清美, 川幡長勝 木村友昭
TM-89	有孔板の振動について	1966年9月	川井忠彦, 泉日出夫
TM-90	地上付近の横風の影響による小型ロケットの方位角変化	1966年9月	戸川隼人, 石黒登美子
TM-91	高速タービン翼列二次元試験	1966年10月	近藤博, 囊田光弘 山崎紀雄
TM-92	リフトジェットエンジン試験設備 (I) 一台上運転設備一	1966年10月	大山耕一, 吉田晃昇 中山晋, 菅原昇 五味光男
TM-94	J-3ジェットエンジン用タービン動翼の固有振動特性	1966年11月	武内澄夫, 宮地敏雄 星谷昌二
TM-95	超軽量軸流圧縮機動翼の固有振動特性	1966年11月	武内澄夫, 宮地敏雄 星谷昌二
TM-96	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	1966年11月	佐野政明, 菰岡一洋
TM-97	高マッハ数風洞について (II)	1967年1月	吉永崇, 井上建二 広田正行, 楯篤志
TM-98	40kWプラズマ発生装置の諸特性	1967年1月	野村茂昭, 相原康彦
TM-99	搭載機器用環境試験装置の特性	1967年2月	大月正男, 鈴木孝雄 田畑浄治, 円居繁治
TM-100	二連型リフトエンジンの吸込み抵抗	1967年3月	近藤博, 大城章一郎
TM-101	低圧環境下における固体ロケットモータの性能	1967年3月	望月昌, 斎藤信弥 五代富文, 伊藤克弥 湯沢克宜
TM-102	弾性支持片持板の振動	1967年3月	堀武敏, 築地恒夫 越出慎一, 林洋一
TM-103	結合梁の振動について	1967年3月	築地恒夫, 林洋一
TM-104	平板翼模型の固有振動モードの測定	1967年4月	中井暎一, 森田甫之
TM-105	非定常境界層方程式を含む放物型微積分方程式の数値解法	1967年4月	関口清子
TM-106	動安定微係数測定用風洞天秤について	1967年5月	高島一明, 榑原盛三 原亘利, 北出大三 金成正好
TM-107	プロペラ後流偏向型 STOL 機の風洞試験 (II)	1967年6月	犬丸矩夫, 岡部祐二郎 北村清美, 川幡長勝 高橋侖, 木村友昭
TM-108	インダクタンス型小型圧力変換器の試作とその応用	1967年7月	長洲秀夫, 柳沢三憲
TM-109	ロケットの飛しょう径路計算のためのプログラム	1967年7月	戸川隼人, 石黒登美子
TM-110	二次元スラットおよびスロテッドフラップの実験的研究 (I)	1967年8月	犬丸矩夫, 北村清美 川幡長勝
TM-111	リフトジェット VTOL 機の離陸径路に関する近似解	1967年8月	西村博史
TM-112	極超音速風洞用ペブル加熱器の特性	1967年8月	橋爪宏, 橋本登
TM-113	リフトジェットエンジン試験設備 (II)	1967年9月	森田光男, 岩部柱相 関根静雄, 武田克巳
TM-114	五段遷音速軸流圧縮機の空力設計	1967年9月	藤井昭一, 松木正勝 五味光男
TM-115	燃料蒸発管に関する研究 (I)	1967年9月	大塚貞吉, 鈴木邦男 田丸卓, 乙幡安雄

# 歪ゲージの自己加熱による歪ドリフト\*

小川 鉦一\*\*・遠藤 修司\*\*

## The Strain Drift of Resistance Strain Gages Due to Joule's Heat of the Gage Grid

By

Koichi OGAWA and Shuji ENDO

When resistance-type strain gages are put on a low thermal conductivity material, and connected to an indicator through a switching box, some strain drift due to Joule's heat of the gage grid is seen just after the gage is connected to the indicator. In order to investigate this kind of strain drift, the strain drifts of resistance strain gages due to self generated heat were measured for four different types of gage (polyester, bakelite and paper-base material with wire resistance grid, and epoxy resin-base material with foil resistance grid), and a couple of different gage lengths, when the gages were put on fiber reinforced plastics. This paper concludes that, among these gages the bakelite gages have the smallest strain drift due to Joule's heat of the gage grid, and that the effect of strain drift with respect to gage length is that long gages have a smaller strain drift than short gages.

### 1. ま え が き

最近各方面に強化プラスチックが使用され始め、航空宇宙関係にも数多く利用されるようになった。強化プラスチックを構造材料として使用する場合、その構造強度試験を行なう必要が生ずる。これら試験の応力測定には多くの抵抗線歪ゲージが用いられる。この歪ゲージを強化プラスチックにはり、多点歪を切換スイッチによって静的に測定する際、金属の歪測定ではみられなかった現象が観測される。それは強化プラスチックの熱伝導率 [ $0.7 \times 10^{-3}$  cal/cm $\cdot$ s $\cdot$ °C 程度] が金属のそれ [たとえば鋼で約  $110 \times 10^{-3}$  cal/cm $\cdot$ s $\cdot$ °C] よりはるかに小さいので、歪ゲージに流れる電流によるジュール熱がにげきれず、歪ゲージを温めこれによ

る自己加熱歪ドリフトが生ずる現象である。抵抗線歪ゲージは通常 120 オームの抵抗値であり、ゲージ長さの大小によりこの値は変わらない。ゲージ長さの小さいゲージはゲージ面積が小さく、しかも抵抗はゲージ長さの大きいゲージと同じ 120 オームなのでそれだけ自己加熱の影響を受けやすく、したがって歪ドリフトも大きいということが推察される。

本報吉はこれら自己加熱による歪ドリフトについて歪ゲージの大きさによるものと、ゲージの種類すなわち紙、ベークライト、ポリエステル、フオイルゲージが受ける自己加熱による歪ドリフトの影響について実験を行なった結果を報告する。

### 2. 歪ゲージの自己加熱による温度上昇

いま、図2.1に示すようにゲージ抵抗  $R$  に流れる電流により発生する熱量を  $Q$ 、ゲージそのものが温められるに要する熱量を  $Q_0$ 、ゲージが表面より外部気体に熱伝達で失なわれる熱量を  $Q_1$  およびゲージ裏面より

\* 昭和43年4月18日受付  
昭和43年1月30日 日本非破壊検査協会第4分科会にて講演

\*\* 機体第一部

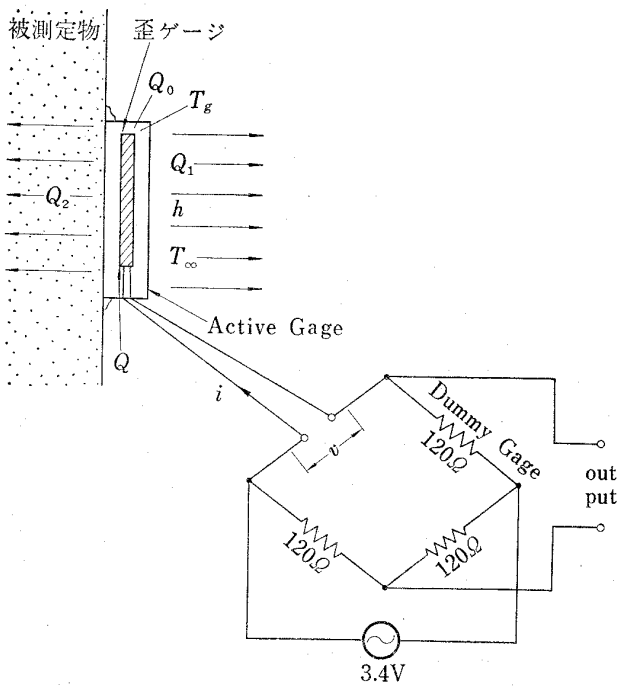


図 2.1 自己加熱による歪ドリフト  
測定用歪ゲージの接続説明図

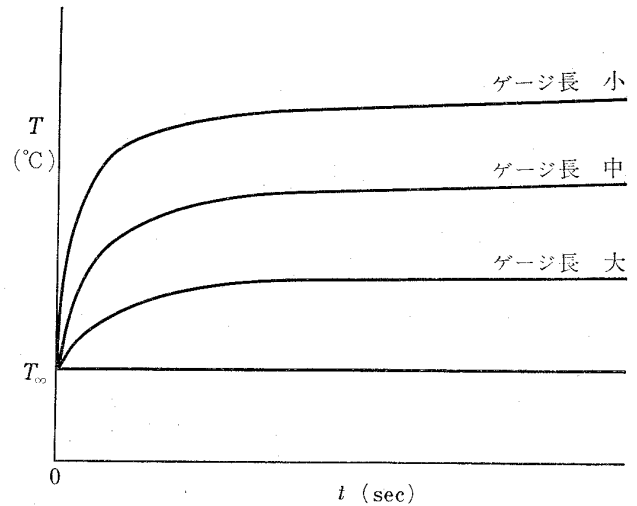


図 2.2 歪ゲージの温度上昇

被測定物へ熱伝導で失われる熱量を  $Q_2$  とする。それぞれの熱量の値は

$$Q = 0.24 \frac{v^2}{R} \quad [\text{cal/s}] \quad (1)$$

$$Q_0 = \rho_g c_g V_g \frac{dT_g}{dt} \quad [\text{cal/s}] \quad (2)$$

$$Q_1 = hA(T_g - T_\infty) \quad [\text{cal/s}] \quad (3)$$

$$Q_2 = k(1 - e^{-\alpha t}) \quad [\text{cal/s}] \quad (4)$$

で表わされるから、熱平衡は

$$Q = Q_0 + Q_1 + Q_2 \quad (5)$$

すなわち

$$0.24 \frac{v^2}{R} = \rho_g c_g V_g \frac{dT_g}{dt} + hA(T_g - T_\infty) + q(1 - e^{-\alpha t}) \quad (6)$$

となる。 $Q_2$  はゲージ裏面温度に関係するものと考えられるので、ここでは(4)式のように増加するものと仮定する。(6)式を  $T_g$  について解くと

$$T_g = T_\infty + \frac{1}{hA} \left( 0.24 \frac{v^2}{R} - q \right) (1 - e^{-\beta t}) + \frac{q}{hA - \alpha \rho_g c_g V_g} (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}) \quad (7)$$

$$\beta = \frac{hA}{\rho_g c_g V_g}$$

となり、 $t \rightarrow \infty$  では

$$T_g = T_\infty + \frac{1}{hA} \left( 0.24 \frac{v^2}{R} - q \right) \quad (8)$$

となる。

ここに

$T_g$ : ゲージ温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_\infty$ : 外気温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$h$ : ゲージ表面より外気への熱伝達係数

[ $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ]

$q$ : ゲージ温度が平衡した際、ゲージから被測定物へ熱伝導で失われる熱量 [ $\text{cal/s}$ ]

$A$ : ゲージ表面積 [ $\text{cm}^2$ ]

$v$ : ゲージ端子電圧 [ $\text{V}$ ]

$R$ : ゲージ抵抗 [ $\Omega$ ]

$\rho_g$ : ゲージの密度 [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]

$c_g$ : ゲージの比熱 [ $\text{cal}/\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ]

$V_g$ : ゲージの体積 [ $\text{cm}^3$ ]

$t$ : 時間 [ $\text{sec}$ ]

$\alpha$ : 減衰係数

(7), (8)式で与えられるゲージ温度  $T_g$  は実際には式に含まれる多くの係数が定められないと定量的に正確に求めることは困難である。(7)式の右辺第3項は最初零で時間の経過とともにわずかに変動し、無限時間で再び零になることからゲージ温度  $T_g$  の上昇中の様子をわずかに変える要素を持つものである。一方第1項は外気温度で一定であるから、ゲージ温度  $T_g$  の上昇を支配するのは主として第2項である。この第2項は指数関数的に上昇し、十分時間が経過すると

(8)式のように一定値に近づく。(8)式における  $T_{\infty}$ ,  $h$ ,  $v$  および  $R$  は一定とみなせるからゲージ温度  $T_g$  が到達する最大温度はおもにゲージ面積  $A$  と熱損失  $q$  により左右されることになる。熱損失  $q$  はゲージ抵抗が発生するジュール熱  $0.24v^2/R$  より常に小さく、ゲージの種類、大きさおよび被測定物の熱的物性値によりその値がことなることは容易に理解される。いま同一歪ゲージを金属と強化プラスチック (F. R. P.) に接着した場合を考えると、熱伝導率の小さい F. R. P. に接着した場合の方が金属の場合より熱伝導による損失  $q$  が小さいことがわかる。 $q$  が小さいということは(7)式あるいは(8)式でわかるように歪ゲージの温度上昇が大きいことを示している。またゲージ長の長短はゲージ面積  $A$  の大小に対応する(表3.1参照)から、同一被測定物、特に F. R. P. のような非金属に短いゲージ長のものと長いゲージ長のものを接着した場合、短いゲージ長は表面積  $A$  が小さいので(8)式より容

易に温度上昇  $T_g$  が大きいことがわかる。以上述べたことによりごく概略のゲージ温度  $T_g$  の変化の傾向が図2.2のように推定できる。

### 3. 供試歪ゲージ

表3.1に示すように供試ゲージの種類は紙、ベークライト、ポリエステルおよびフォイルゲージの4種類とし、ゲージ長さはそれぞれ同表に示すように10mm以下のゲージで3種~5種について実験を行なった。歪ゲージをはりつける被測定物はエポキシ樹脂-ガラス・クロス積層の強化プラスチック板で大きさは図3.1に示すものである。歪ゲージは同一ロットの6枚ずつ、2種類を1枚の強化プラスチックに図3.1に示すような配置で加圧性(シアノアクリレート系)接着剤(紙ゲージはニトロセルローズ系接着剤)を用いてはりつけた。

表 3.1 試験用歪ゲージの規格

ゲージ 名称	記号	ゲージ 抵抗 ( $\Omega$ )	ゲージ ファクタ	ゲージ長 (mm)	グリッド幅 (mm)	ゲージ 面積 ( $\text{mm}^2$ )	ベース長 (mm)	ベース幅 (mm)	備考
紙 ゲージ	A-3	119.8	1.95	3	1.8	5.4	12	6	巻線
	A-6	119.6	1.99	6	1.2	7.2	16	6	ゲージ
	A-10	120.1	2.04	10	2.0	20.0	24	8	グリッド
	A-10' <small>フット付</small>	120.5	2.03	10	2.0	20.0	29	10	
ベーク ライト ゲージ	B-1	120.4	1.87	1	2.0	2.0	7	6	巻線
	B-3	119.4	1.98	3	1.8	5.4	12	6	ゲージ
	B-6	120.0	2.05	6	1.2	7.2	16	6	グリッド
	B-10	120.0	2.03	10	2.0	20.0	21	8	
ポリエ ステル ゲージ	C-3	119.6	1.96	3	1.8	5.4	12	6	巻線
	C-6	119.4	2.04	6	1.2	7.2	16	6	ゲージ
	C-10	119.8	2.08	10	2.0	20.0	21	8	グリッド
フォイル ゲージ	D-03	120.4	2.10	0.3	1.1	0.33	5	4	箔
	D-1	119.9	2.02	1	2.4	2.4	5.5	4.5	ゲージ
	D-2	120.0	2.11	2	2.9	5.8	8.5	5.5	ゲージ
	D-5	119.5	2.07	5	4.7	23.5	14	9	グリッド
	D-10	120.2	2.16	10	4.3	43	25	10	

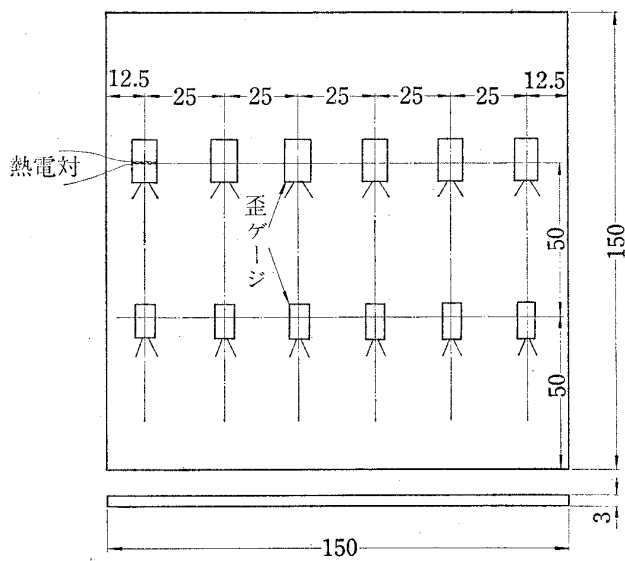


図 3.1 試験用歪ゲージはり付け用エポキシ・ガラスクロス強化プラスチック

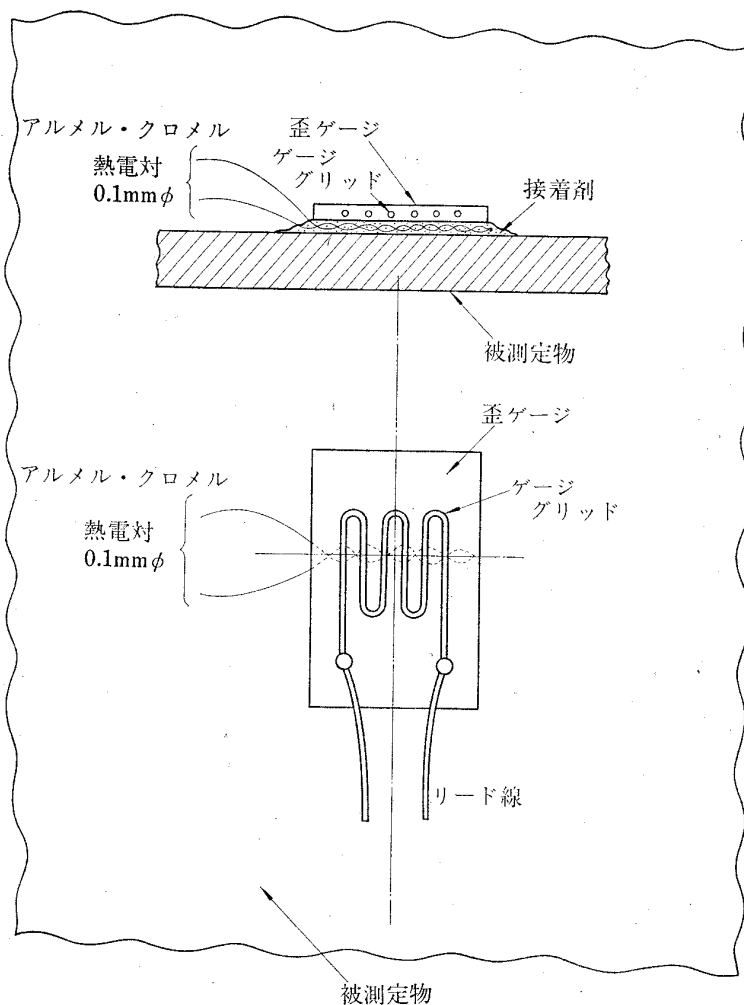


図 4.1 歪ゲージの温度測定用熱電対取り付け方法

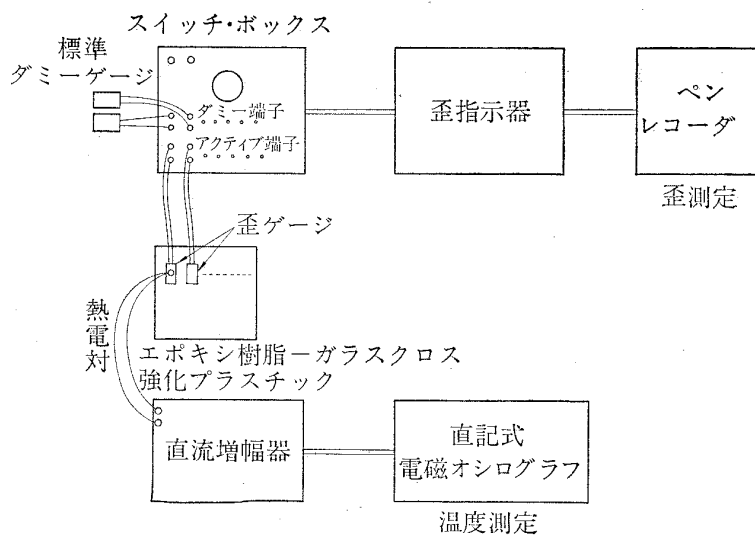


図 4.2 自己温度上昇および自己加熱による歪ドリフト測定装置

表 4.1 使用器具

測定器具名	型式	規格
歪計	Shinkoh TYPE PS7-LT	ひずみ測定範囲：±1×10 <sup>-6</sup> 以上 測定法：零位法，偏位法 ロー・インピダンス出力(10Ω不平衡負荷) ハイ・インピダンス出力(500kΩ平衡負荷) 使用ゲージ：60～2,500Ω ゲージ率：1.80～2.20
歪計スイッチボックス	Shinkoh TYPE PS7-ST	10点切換
ペンレコーダ	TOA MODEL EPR-3T	レンジ：±5, 10, 25, 50, 100, 250, 500mV ±1, 25, 5, 10, 25, 50, 100 V 記録紙送り速度：20, 60, 180mm/h 20, 60, 180mm/min
直流増幅器	YOKOGAWA TYPE EM-A31	増幅器ユニット数：3 周波数特性：0～2,500c/s 電圧利得：180倍
直記式 電磁オシログラフ	YOKOGAWA TYPE EMO-1	素子の数：12 光学レバ：約450mm 記録紙送り速度：2.5cm/min～100cm/s 記録紙幅：179mm
温度較正用 携帯用電位差計	YOKOGAWA TYPE P-31A	測定ダイヤル：0～40mV(abs) 0～500°C(CA)

## 4. 実験およびその結果

歪ゲージの自己加熱による温度上昇の項で説明したように、抵抗線歪ゲージを用いて強化プラスチックや木材のように熱伝導率の小さい材料の歪を測定する場合にはそれだけ金属等の場合に比べて歪ゲージの自己加熱による温度上昇は大きいものと考えられる。また歪ゲージの温度が高くなればそれだけ目的とする歪以外の見かけの歪が現われる。これが自己加熱による歪ドリフトである。ここでは上記の歪ゲージの自己加熱による温度上昇ならびに歪ドリフト量を測定する方法とその結果について述べる。

### 4.1 歪ゲージの温度上昇測定

温度測定用の熱電対はアルメル・クロメル熱電対(0.1mmφ)でこの熱電対を歪ゲージをはる際ゲージと共に被測定物ゲージの間に入れて取りつけた。このときの熱電対の位置は図4.1に示すようにゲージグリッドの中心付近でゲージの縦方向に直角である。ゲージの温度上昇は10°C(熱起電力で約0.4mV)前後の小さい値なので直流増幅器を用い増幅し、この出力を直記式電磁オシログラフに記録した。また温度の較正には携帯用直流電位差計を用いて行なった。温度と歪の測定概略図を図4.2、使用計測器を表4.1に示す。

### 4.2 自己加熱による歪ドリフトの測定

前章で述べた各種歪ゲージを同一の強化プラスチックにはったものについて自己加熱による歪ドリフトを測定する方法について述べる。図4.2に示す測定装置において、まずある1種類のゲージ6枚をもって一組とし、この一組6枚のゲージを静歪計スイッチボックスの1番～6番のアクティブ端子に接続し、ダミー端子には標準120オーム(歪ゲージメーカー製の抵抗を接続する。もちろん標準抵抗にも自己加熱はあると考えられるが強化プラスチックにはった歪ゲージのそれより非常に小さいのでこれは無視する。スイッチボックスの7番目にはアクティブ、ダミー端子両方に標準抵抗をつなぎ、それぞれの歪ゲージについては1分間スイッチを入れたままでバランスをとる。全スイッチ位置のバランスをとり終ったならスイッチ位置を7番目の標準抵抗位置にもどす。各々のゲージのバランスをとった際、通電したのでゲージの温度が上がっている。この上昇したゲージ温度が室温になるまで約20分間待つ。ついで7番目のスイッチ位置より出発して順次1番目へと切り換える。この際、各位置では約70秒おいて、この70秒間における自己加熱による歪ドリ

フト量をペン書き記録計で記録した。次にこれら6枚のゲージの内3枚をダミー端子に接続して、この歪ドリフトが互に打ち消し合う様子を同様に記録した。

### 4.3 測定結果

#### 4.3.1 温度測定結果

4.1で述べた歪ゲージの温度測定法にもとずき、同一種ゲージ6枚の内1枚のみに熱電対を取り付け温度測定を行なった。これらの測定結果を紙ゲージが図4.3、ベークライトゲージが図4.4、ポリエステルゲージが図4.5、フォイルゲージが図4.6にそれぞれ示した。ゲージ長10mmのポリエステルゲージの裏面にごく少量の接着剤で10mmφのアルメル・クロメル熱電対を取りつけ、これを被測定物にはらず、ただ空气中にさらしその温度上昇を測定したものを同時に図4.5に示す。これはエポキシ樹脂強化プラスチックにはった場合の2倍以上の温度上昇を示し、結局熱伝導率の小さい被測定物の歪測定をゲージ長10mmのポリエステルゲージで測定しようとする際にはこの温度上昇まで近づくことを示している。スイッチ切換後10秒後の温度上昇をゲージ長を横軸に、ゲージの種類をパラメータにして図示すると図4.7となる。

#### 4.3.2 歪ドリフトの測定結果

4.2で述べた自己加熱による歪ドリフトの測定法にもとづき、ベースのことなる4種類につきゲージ長を変え合計16種につき1種類6枚ずつの歪ドリフトを測定した。この内、ポリエステルゲージ3mmと10mmすなわちC-3、C-10についての測定例を図4.8、図4.9に示す。またこれら6枚のゲージの内、3枚をダミーゲージ側端子に接続し、同様に歪ドリフト量を記録すると図4.10、図4.11となる。図4.10、図4.11より明らかなようにかなりの自己加熱による歪ドリフトを打ち消し合うことがわかる。しかし特性のそろわないものの組み合わせでは、いぜん歪ドリフトが残る様子を示している。ダミーゲージに標準抵抗を用いた場合の歪ドリフト測定において各種6枚のゲージ特性の内、一番特性がずれているものをのぞいた5枚の平均特性を求め、各々のベース種類につきゲージ長をパラメータとして図示すると、紙ゲージが図4.12、ベークライトゲージが図4.13、ポリエステルゲージが図4.14、フォイルゲージが図4.15となる。これらの図より10秒後の歪ドリフトをゲージ長を横軸にベース種類をパラメータとして図示すると図4.16となる。



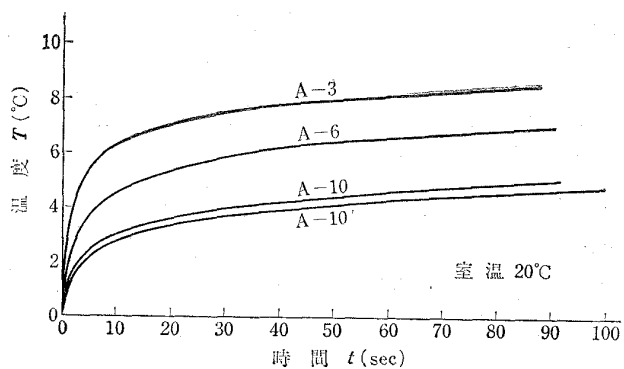


図 4.3 紙・ゲージの温度上昇

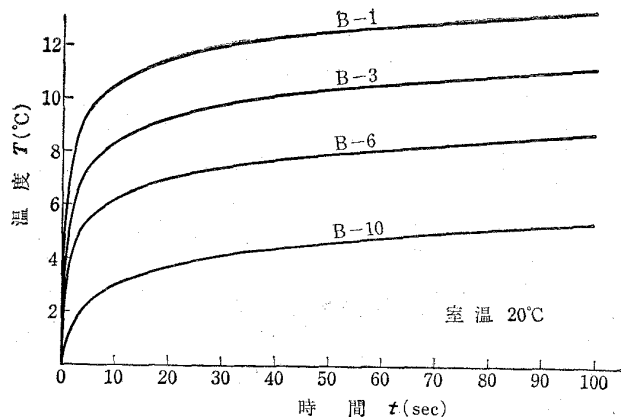


図 4.4 ベークライト・ゲージの温度上昇

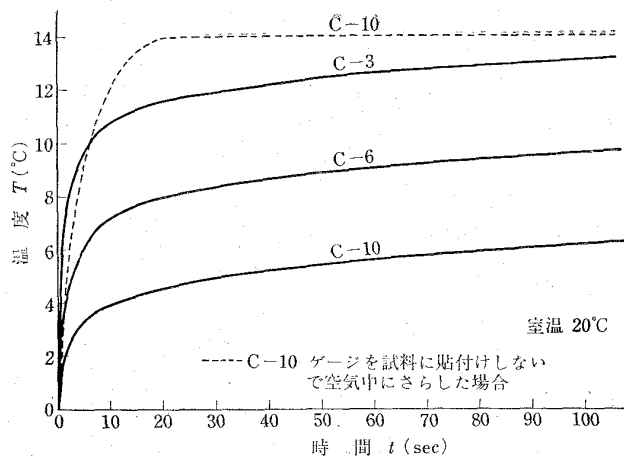


図 4.5 ポリエステル・ゲージの温度上昇

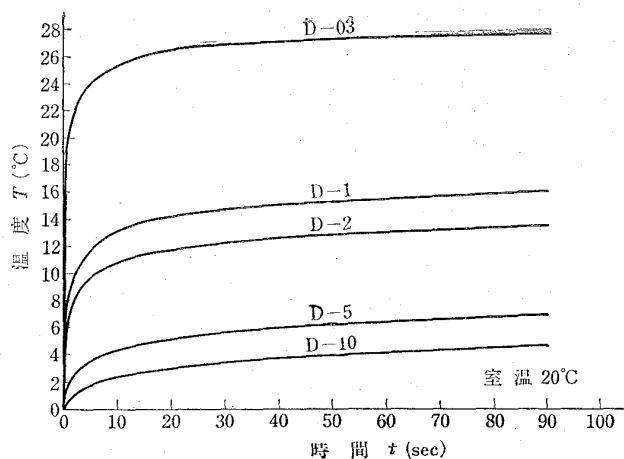


図4.6 フォイル・ゲージの温度上昇

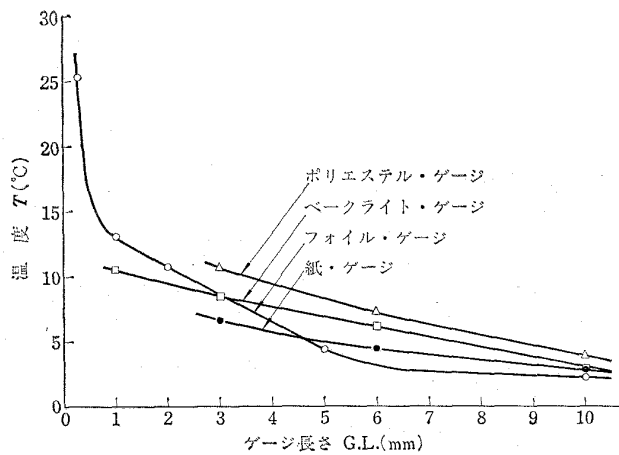


図 4.7 ゲージを歪計に接続10秒後の各種ゲージ温度上昇

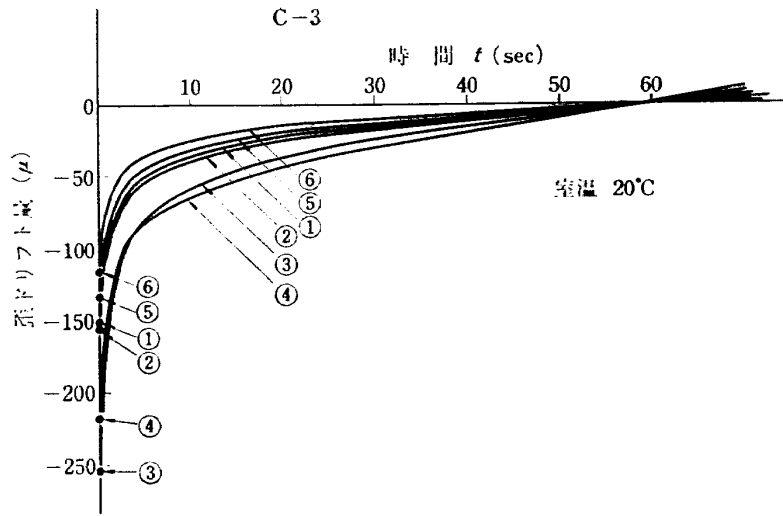


図 4.8 ポリエステル・ゲージ (ゲージ長 3 mm) の歪ドリフト記録例 [ダミー標準抵抗]

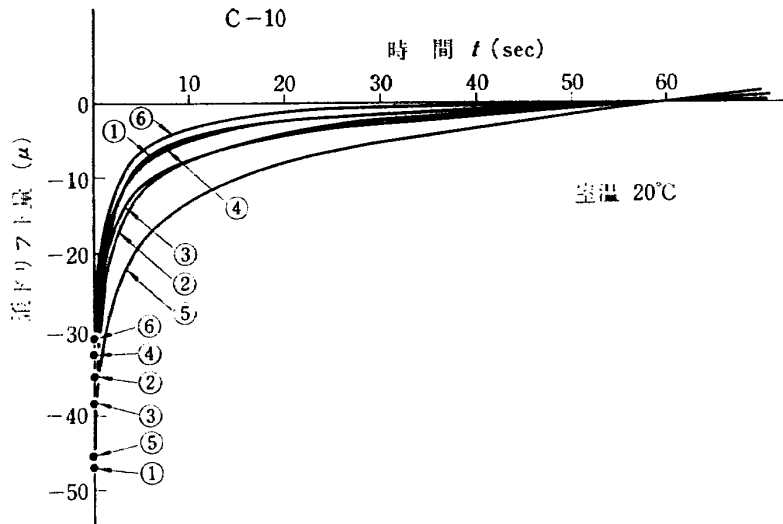


図 4.9 ポリエステル・ゲージ (ゲージ長 10 mm) の歪ドリフト記録例 [ダミー標準抵抗]

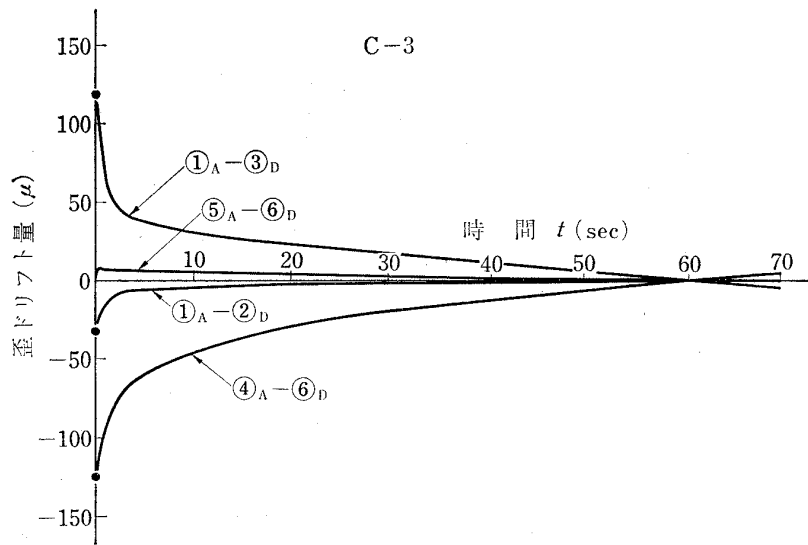


図 4.10 ポリエステル・ゲージ (ゲージ長 3 mm) の歪ドリフト記録例  
 [ダミーはアクティブ・ゲージと同種で, ①<sub>A</sub>-③<sub>D</sub>は図4.8の  
 ①をアクティブ側に, ③をダミー側に接続したことを示す]

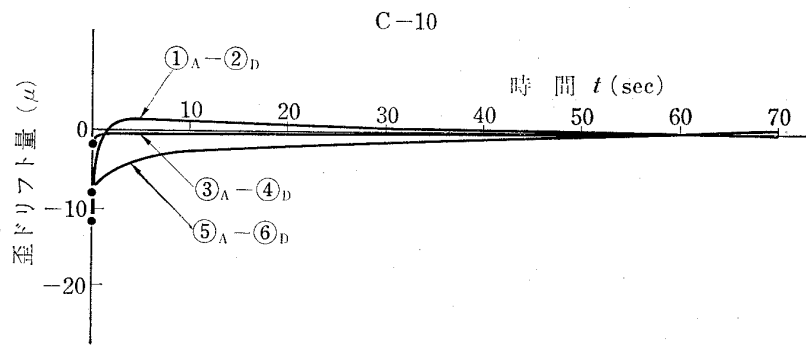


図 4.11 ポリエステル・ゲージ (ゲージ長 10 mm) の歪ドリフト記録例  
 [ダミーはアクティブ・ゲージと同種]

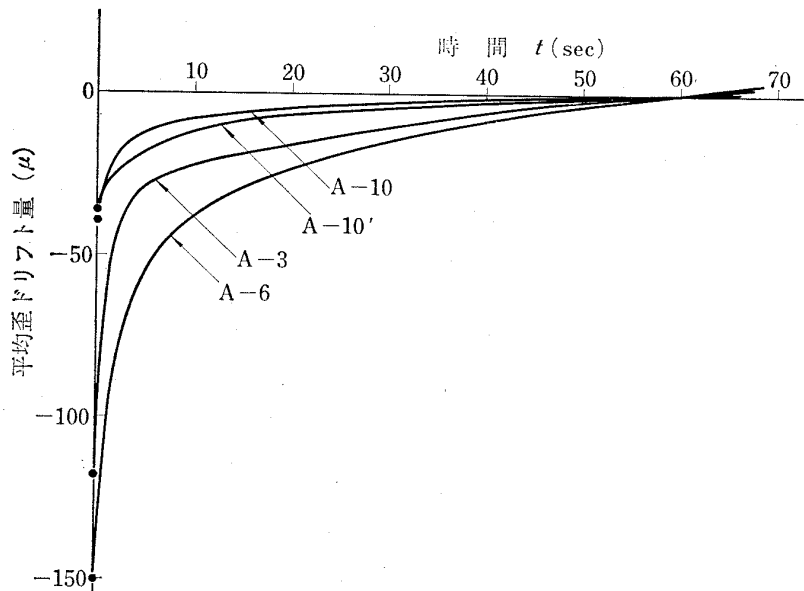


図 4.12 紙・ゲージの平均的自己加熱歪ドリフト量 (ダミー標準抵抗)

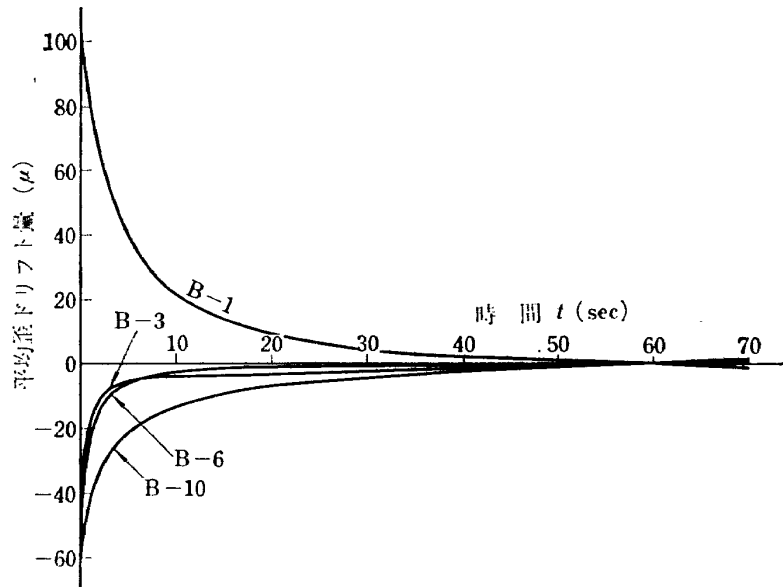


図 4.13 ベークライト・ゲージの平均的自己加熱歪ドリフト量 (ダミー標準抵抗)

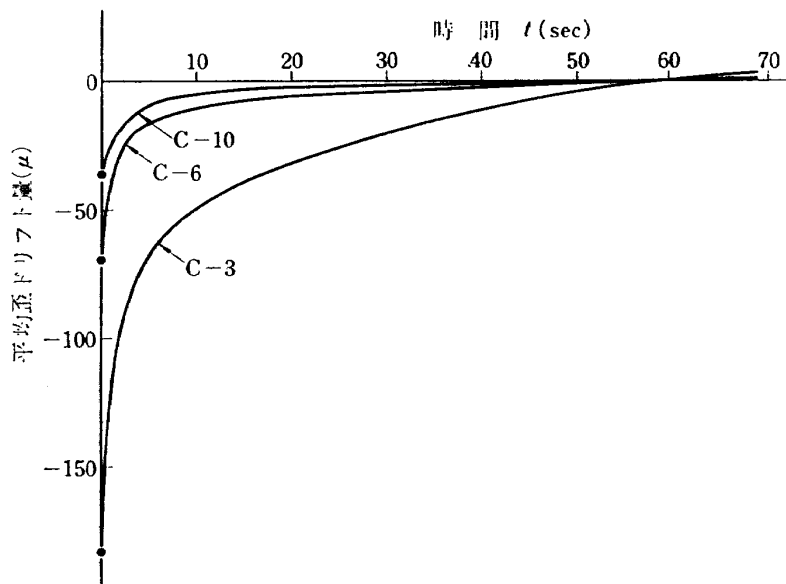


図 4.14 ポリエステル・ゲージの平均的自己加熱歪ドリフト量 (ダミー標準抵抗)

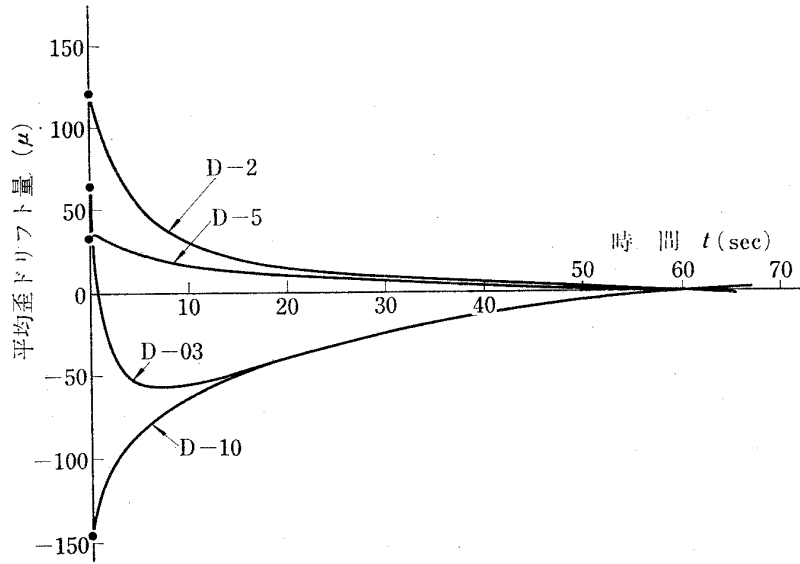


図 4.15 フォイル・ゲージの平均的自己加熱歪ドリフト量 (ダミー標準抵抗)

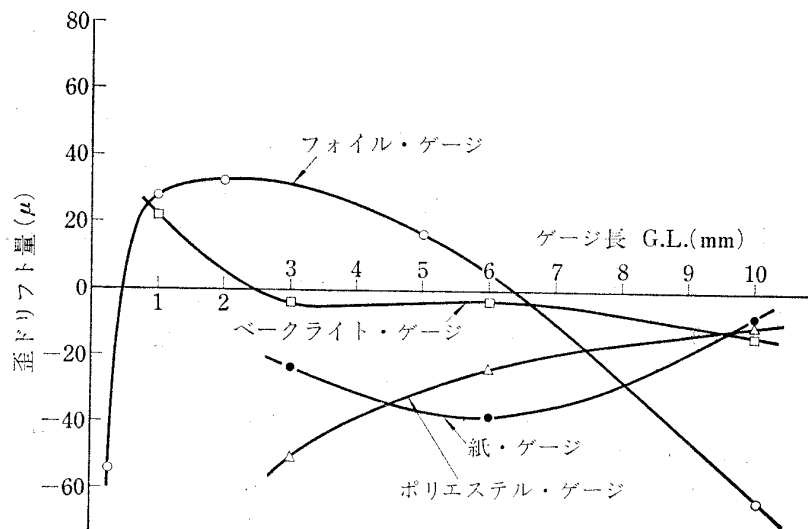


図 4.16 ゲージを歪指示計に接続10秒後の各種ゲージの歪ドリフト量 (ダミー標準抵抗)

## 5. 結果の検討

### 5.1 歪ゲージの温度上昇

ゲージの温度上昇は最初、図2.2のように予想したが測定結果も予想通りの温度上昇を示した。またゲージ抵抗が120オームとゲージ長によらず一定なので、表3.1に示すようにゲージ長が短くなれば、そのゲージ面積も小さくなり、したがって温度上昇も大きいと考えたが、そのとおりで図4.3~図4.7で明らかである。図4.7で明らかのようにベース材4種の内、温度の上り方が速いのはポリエステル、ベークライト、紙、フォイルゲージの順である。ここでフォイルゲージでゲージ長の3mmがないため2mmのものについて試験を行なったが、ゲージ長が小さい方で多小この順序がずれることがわかる。ゲージ長が3mm~10mmの間で強化プラスチックにはった場合には約10°C~5°Cのゲージ温度上昇があることを注意しなければならない。

### 5.2 歪ドリフト (ダミー標準抵抗)

ダミー側には標準抵抗が接続してあり、また測定時間も70秒とごくわずかな時間であるので図4.8、4.9および図4.12~4.16に示した歪ドリフト量はワンアクティブゲージ (one active gage) で生ずる自己加熱による歪ドリフトと考えてよい。図4.8、4.9に示したように同一被測定物に同種の歪ゲージを同じ条件ではったにもかかわらず特性のパラツキがみられる。これら6枚のゲージ特性の内、一番特性のずれているものを除く5枚の特性の平均値を同一種ゲージでゲージ長をパラメーターにして整理したものが図4.12~図4.15である。最初にゲージ長の短い歪ゲージ程、温度上昇が大きい、このため自己加熱による歪ドリフトもゲージ長の短いゲージほど大きいと考えた。しかし温度上昇については5.1に示したように正しかったが歪ドリフトに関しては図に示したように必ずしもそうになっていない。このような現象を示すことはゲージの抵抗、温度係数、線膨張係数などの相異に基づくものと思われるが、それについては、今後の研究に期待し、ここではこのような現象が測定されたということに止めておく。ただ傾向として図4.16に示したように歪ゲージを指示器に接続後10秒におけるドリフト量からみて、歪ゲージの種類ではベークライトゲージが測定を行なった内で、一番ドリフトが小さい。またゲージ長による影響については、やはりベークライトゲージがゲージ長によらず歪ドリフトが小さく安定している。フォイルゲージを除くゲージでは、ゲージ長10mmが3種類ほぼ

同一で比較的小さい。フォイルゲージはゲージ長により図のようにかなり変化がはげしいので使用するに当たって注意が必要である。

### 5.3 歪ドリフト (アクティブと同一材料に歪ゲージをはったものをダミーとした場合)

図4.8、図4.9にはダミーに標準抵抗を用い、ワンアクティブの自己加熱による歪ドリフト量の測定例を示した。これらの結果から特性の合ったものをアクティブ、ダミーに組み合わせると図4.10の⑤<sub>A</sub>-⑥<sub>D</sub>、あるいは図4.11の③<sub>A</sub>-④<sub>D</sub>のように歪ドリフトはごく小さくすることができる。一方特性のことなるものを組み合わせると図4.10の①<sub>A</sub>-③<sub>D</sub>、あるいは④<sub>A</sub>-⑥<sub>D</sub>、また図4.11の⑤<sub>A</sub>-⑥<sub>D</sub>のようにかなり大きな歪ドリフトとなって現われる。

通常構造物の強度試験を行なう際に用いる歪ゲージはアクティブゲージとして被測定物にはり、ダミーゲージとして被測定物と同一材料にアクティブゲージと同種の歪ゲージをはったものが用いられる。そしてこのダミーゲージは被測定物と同一雰囲気中に置き、共通ダミーとしないのが普通である。このような状態のもとではホイートストンブリッジの特性が自己加熱による歪ドリフトのように、アクティブ側およびダミー側に同様に起るドリフトは打ち消し合ってくれるはずである。しかし図4.8、図4.9に示したように同一ゲージを注意深く6枚はっても、それぞれの特性の相異やわずかなはり方の相異でバラツキが現られる。したがって自己加熱による歪ドリフトを完全に打ち消すことはできないが、本章の最初に述べたように手数はかかるがアクティブ、ダミーの自己加熱による歪ドリフト特性を求め、この結果をみて特性のわかったものを組み合わせればかなり歪ドリフトを減少させることができる。

## 6. むすび

以上の実験結果より歪ゲージをエポキシ・ガラスクロス強化プラスチックにはった場合の温度上昇はゲージ長3mm、6mm、10mmでそれぞれ約10°C、8°C、5°Cであった。またゲージ種類で温度上昇の大きい順はポリエステル、ベークライト、紙、フォイルの順である。自己加熱による歪ドリフトは図4.16のようにまちまちであるが、ゲージ長の大きいものほど歪ドリフトが小さい傾向にあり、ゲージ種類ではベークライトゲージが一番小さく、その他のものはゲージ長によりそれぞれことなる特性を有する。

以上により自己加熱による歪ドリフトを減少させる

には

(i) 自己加熱による温度上昇を少なくすること、すなわちゲージに流す電流を小さくする。

(ii) ダミーゲージを共通にしたり、試験材料とことなる材料に歪ゲージをはり、これをダミーゲージとして使用しないこと。

(iii) アクティブ、ダミーゲージの歪ドリフト特性が合っているものを組み合わせる。

等が考えられる。これらの対策として、(i)に関しては、なるべくゲージ抵抗の大きな歪ゲージを用いること。このようにすることによりゲージ内の発熱量  $Q$  を減少させることができる。(ii)に関しては共通ダミーゲージはやめてすべてアクティブゲージ1個に対しアクティブゲージをはりつけたものと同一材料、同一環境に置かれたダミーゲージを組み合わせること。(iii)に関してはあらかじめ被測定物にはられたアクティブゲージおよび同一材料にはられたダミーゲージをそれぞれ独立にその歪ドリフト特性(図4.8, 図4.9参照)を求めこれらの内、アクティブゲージとダミーゲージの自己加熱歪ドリフト特性の合ったものを組み合わせれば目的とする歪測定時における自己加熱による歪ドリフトを減少させることができる。

最後に終始ご指導を賜った機体第一部熱弾性研究室竹中幸彦室長に感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 竹中幸彦, 小川敏一; ストレインゲージの自己加熱による歪ドリフト 非破壊検査 vol. 15, No. 9 pp. 371 (昭和41/9)
- 2) 竹中幸彦; ダミーゲージの話, 非破壊検査 vol. 14, No. 9, pp. 21 (昭和40/9)
- 3) 竹中幸彦; 高温歪ゲージの温度特性 航技研報告 TR-6 (昭和35/12)
- 4) 竹中幸彦; 高温または低温におけるひずみゲージの温度特性, 日本機械学会誌, vol. 68, No. 554, pp. 388 (昭和40/3)
- 5) 竹中幸彦, 江川幸一; ひずみゲージの高温特性, 日本機械学会誌, vol. 68, No. 562, pp. 61~65 (昭和40/11)
- 6) 江川幸一; 高温歪ゲージの温度特性試験, 航技研資料 TM-62 (昭和40/10)

TM-116 高負荷燃焼器の空気孔からの流れについて(I)	1967年9月	鈴木邦男, 相波哲朗
TM-117 ロケット用テレメータ機上装置の集積回路化	1967年9月	新田慶治, 松崎良継
TM-118 操縦桿レート信号によるアイアンバード制御の安定効果とパイロットのモデルについて	1967年9月	村上力, 真柳光美
TM-119 ベーン型気流方向検出器の特性	1967年11月	田畑浄治, 松島弘一 成田健一, 塚本憲男
TM-120 円錐管レンズの設計とその応用	1967年11月	山中竜夫, 奥岨澄男
TM-121 大きなマトリクス of 逆行列計算および連立一次方程式の計算のためのプログラミング技術	1967年11月	戸川隼人, 戸川保子
TM-122 NAL-7-P ロケットの強度および燃焼試験結果	1967年11月	竹中幸彦, 古田敏康 小川恒彦, 朝田洋雄 豊原克久, 伊藤富克 西村久男
TM-123 “NAL-16・31” および “NAL-25・31” 二段ロケットの振動試験	1967年11月	中井暎一, 古関昌次 田寺木一, 高木俊 安藤泰勝, 森田甫 峯岸正勝, 菊地孝 太田幹雄
TM-124 吹出式超音速風洞の集合胴圧力制御について	1967年12月	外立政隆, 近藤洋史 原亘利
TM-125 航技研 1m×1m吹出式超音速風洞におけるハーフモデル試験について	1968年2月	石原久蔵, 原亘利 榑原盛三, 関根英夫
TM-127 2024-T3アルミニウム合金の3-bay 有孔補強平板の軸荷重による疲労特性	1968年4月	飯田宗四郎, 猿本光明 斉藤信一郎
TM-130 リフトエンジンの自然吸込みについて	1968年4月	近藤博, 大城章一郎
TM-131 遷音速タービン翼列二次元試験(III)	1968年5月	近藤博, 袁田光弘 山崎紀雄, 古川昇
TM-132 行列の最小固有値の一計算法	1968年5月	戸川隼人, 戸川保子
TM-133 フィラメント・フィンディング円筒の強度特性に関する研究	1968年5月	竹中幸彦, 齊藤浩一 古田敏彦, 川島短一郎 三本木茂夫, 小川敏彦 越出慎一, 朝田洋雄 態倉郁夫, 大竹邦彦
TM-134 AGARD 標準模型 HB-1, HB-2 の超音速風洞試験	1968年5月	齊藤秀夫, 石原久蔵 原亘利, 野田順一 関根英夫

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135号

昭和43年5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)

印刷所 一誠社総合印刷株式会社  
東京都武蔵野市御殿山1-6-10



