

耐熱鋼のダンピングキャパシティ

The Damping Capacity of Heat Resisting Steel

小野 健 二* 佐々木 良 一**

内 容 梗 概

一般に振動を生ずる多くの機器において、使用される材質に基づくダンピングは振動のダンピングに寄与する一要素に過ぎないが、その影響を評価するため、ダンピングに関する構成材料の性質をあきらかにすることが必要である。そこで Föppl 型の振り自由振動の減衰測定法を用いて 13% Cr 鋼を始め若干の耐熱材料について高温におけるダンピングキャパシティ特性を測定した。結果は要約すると次のようである。

- (1) 振幅によつて減衰率 δ はいちじるしく変り、13% Cr 鋼とオーステナイト鋼では変化の様相が異なる。13% Cr 鋼ではある振幅で極大が現われる。
- (2) δ は応力履歴により異なる値を示す。
- (3) δ は温度によつていちじるしく変化し、13% Cr 鋼とオーステナイト鋼では変化の様子が異なる。
- (4) オーステナイト系材料に比べ 13% Cr 鋼の δ はいちじるしく大きい。

〔I〕 緒 言

古くから知られているように、振動している金属体が周囲から十分隔離され、振動の機械的エネルギーが周囲に逃げないような場合にも、励振力を取り除くと金属体自身によつて振動エネルギーが消費されつゝ、振幅はしだいに減少する。振動している固体が振動の機械的エネルギーを消費して熱に変える能力は固体のダンピングキャパシティあるいは内部摩擦と呼ばれている。近年金属の内部摩擦の研究は急速に進歩したが、Nowick⁽¹⁾ 始め Robertson, Yorgiadis⁽²⁾ らによつて指摘されているように、この分野は二つに分けて取扱うことが適していると考えられる。

(1) 金属材料の内部構造研究の手段⁽³⁾⁽⁴⁾として

比較的近年になつて急速に発展した分野で、きわめて低応力における内部摩擦の測定が多くの物理学者、金属学者によつて行われ、金属の内部構造、あるいは内部の原子移動（たとえば拡散、析出など）の研究手段として発展し、金属材料研究の一手段として有用な武器となりつゝある。この分野は Zener を始め多くの物理学者達によつて理論の裏付けが相当程度行われている。

(2) 実用応力範囲における測定

機器の使用状態において、材料に実際に生ずるような大きい応力範囲における測定は古くから Föppl⁽⁵⁾ 等によつて、その実際的な重要性が指摘され多くの測定が行われてきた。実用上振動を生ずる多くの機械において、使用される材質に基づくダンピングは一般に振動のダンピングに寄与する一要素に過ぎないが、その影響を評価するため、この点に関する構成材料の性質をあきらかに

することが必要である。すなわち Föppl は航空機の翼、プロペラ、タービン翼、クランクシャフトなどではダンピングキャパシティの大きいことが望ましく、高いダンピングキャパシティを有し、比較的疲れ限の低い材料の方が、低いダンピングキャパシティで高疲れ限の材料より有利であるとしている。また Hague⁽⁶⁾、塩入⁽⁷⁾⁽⁸⁾ らはタービン翼に使用される材料についてダンピングキャパシティ特性を知ることの重要性を指摘している。また Kimball⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ はシャフトの回転現象に対して高いダンピングキャパシティが一因であることを指摘している。このように実用金属材料について実用応力範囲におけるダンピングキャパシティ特性を明かにすることが必要であり、高温で用いられる材料については高温における特性をあきらかにする必要があるが、高温で測定された結果は少く、特に耐熱材料についての実験結果は少ない。よつて、若干の材料について高温におけるダンピングキャパシティを測定した。

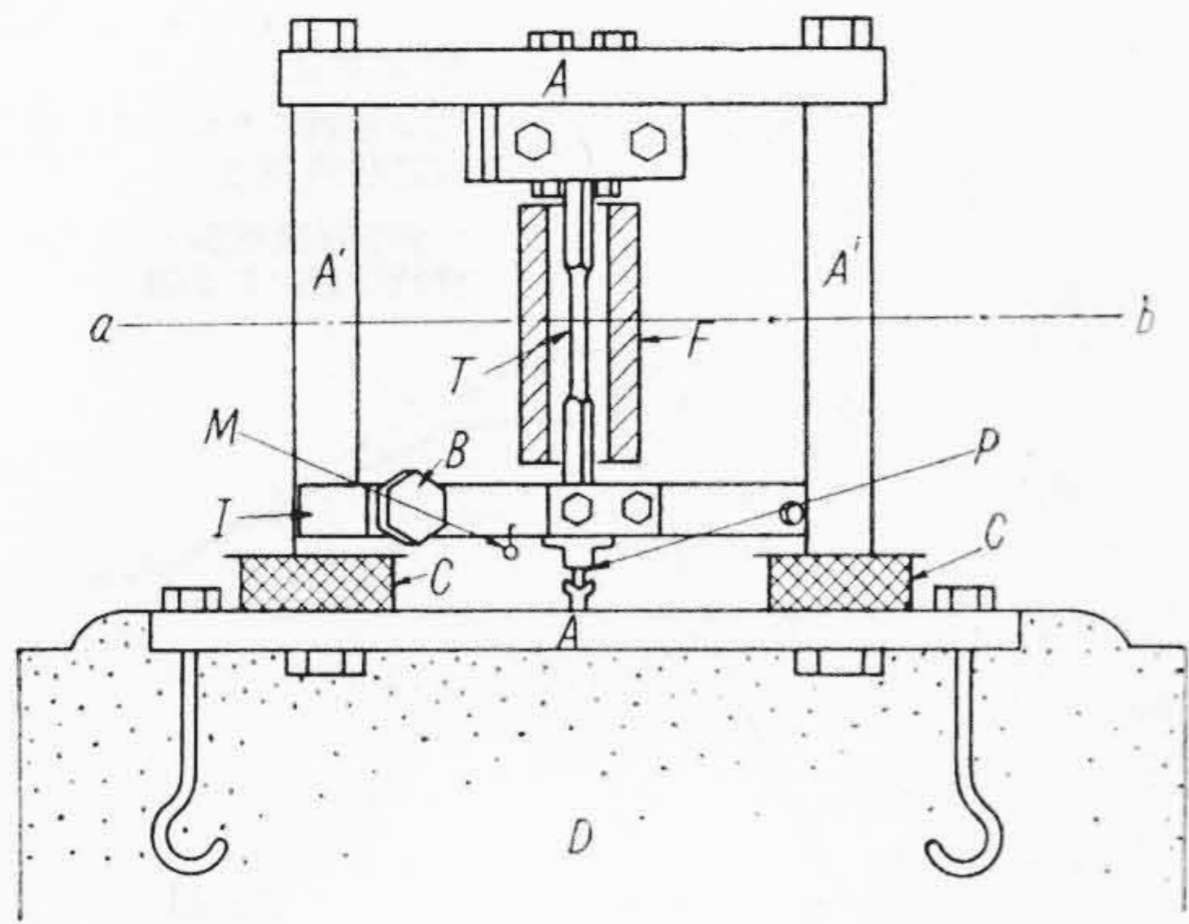
〔II〕 測 定 方 法

(1) 測定装置

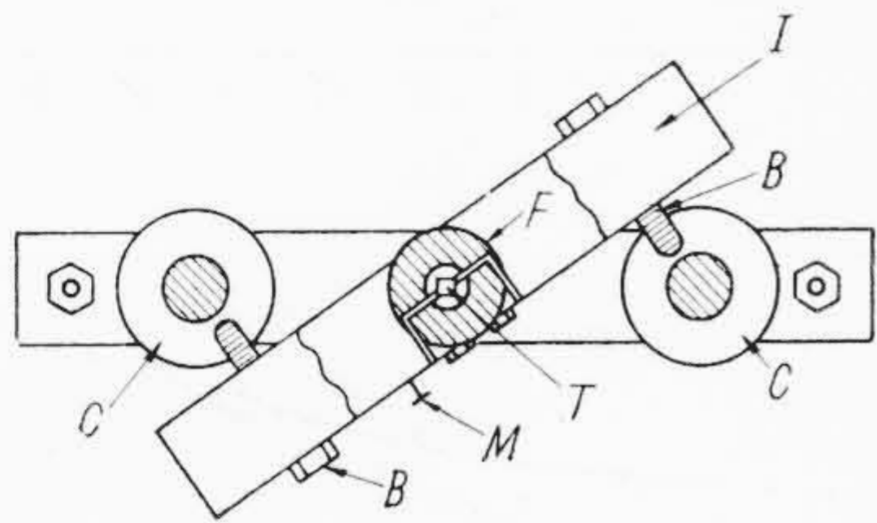
振り自由振動の減衰測定による方法が手軽で、しかも高温の測定に適しているので Föppl 型のもの製作した。振動部分の大要は第 1 図(次頁参照)に、装置全体は第 2 図(次頁参照)に示した。第 3 図(次頁参照)は試験片の寸法を示す。装置自体が振動することのないように、コンクリートブロックにアンカーボルトで装置を固定した。試験片 T の上端を固定している台枠 A は非磁性の不銹鋼で、台枠の A' および慣性重錘 I の両端部は純鉄で作られ、磁化コイル C に直流を通せば I が A' に引きつけられて試験片が振られ、電流を切れば I は A' を離れ自由振動を始める。電磁オシログラフの光学箱と、 I に取りつ

* 日立製作所日立研究所 工博

** 日立製作所日立研究所



ab断面(装置の下半分)



- A, A' 台枠 (A 非磁性材, A' 純鉄)
- F 管状電気炉
- T 試験片
- I 慣性重錘 (両端純鉄, 中央部非磁性材)
- P ピボット
- C 磁化コイル
- M 反射鏡
- B 振幅調節用ボルト
- D 基礎コンクリート

第1図 振動部分の構造
Fig. 1. Construction of Oscillation Part

けた反射鏡 M との組合せによつて感光紙上に振動を記録する。起振々幅 (試験片に最初に与える振り量) はボルト B によつて調節する。横振動が生じないようにピボットを用いているが、この部分の摩擦による影響をさけるため、電流を切つて振動が始まると直ちに軸受を下に落してピボットと軸受とを離すようにした。13% Cr 鋼の試験片を取りつけた時に振動数は 11.5 c/s である。

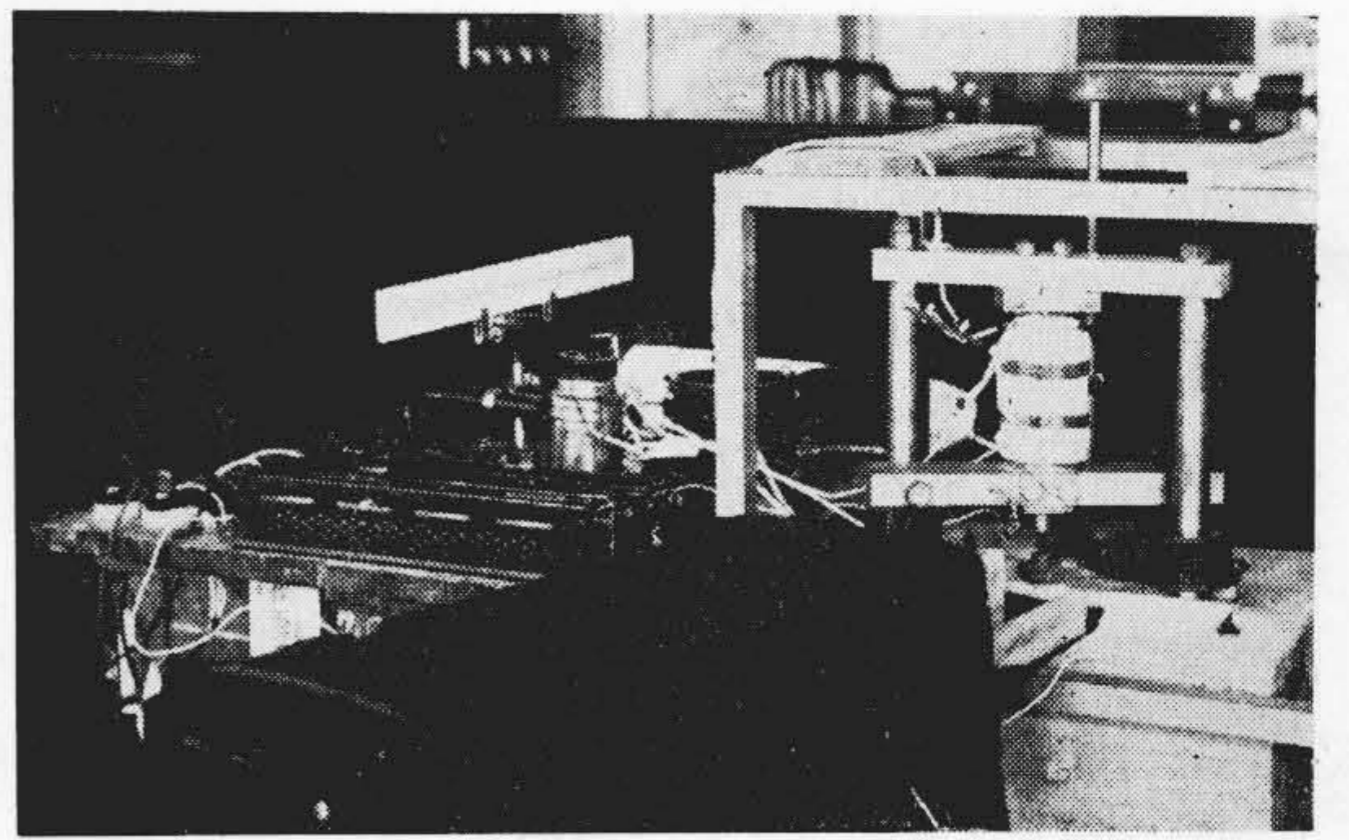
(2) 計算方法

(A) 剪断歪角の計算

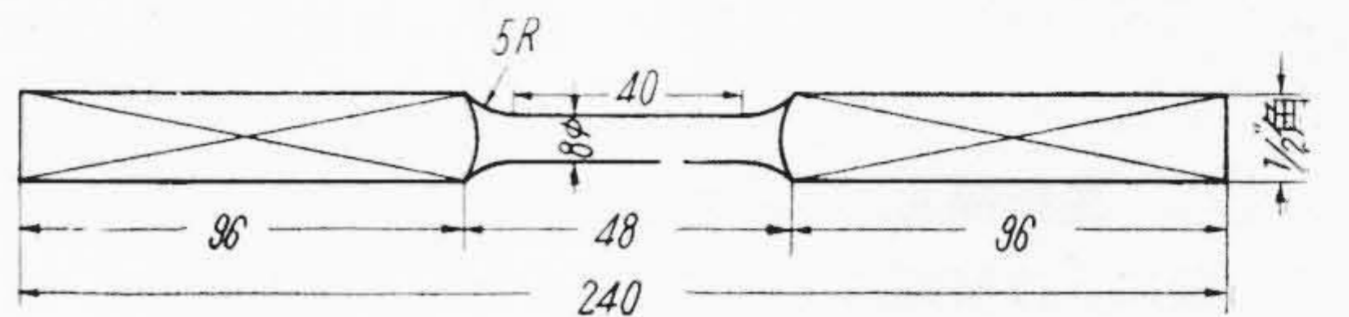
試験片の振り角を θ とすると、試験片表面の剪断歪角 ϕ は次式で与えられる。

$$\phi = \frac{\theta}{l} \cdot \frac{d}{2} \dots \dots \dots (1)$$

d: 試験片の平行部の直径



第2図 測定装置
Fig. 2. General View of Measuring Apparatus



第3図 試験片の寸法
Fig. 3. Dimensions of Test Piece

l: 試験片平行部の長さ

なお試験材の剛性率を G とすれば試験片表面の振り応力 τ は $\tau = G\phi = G \cdot \frac{\theta}{l} \cdot \frac{d}{2}$ で表わされる。

鏡と感光紙との距離を L, 感光紙上の振幅を A とすると両者の間には次式が成立するから、これから感光紙上の

$$2L \tan 2\theta = A \dots \dots \dots (2)$$

振幅 1 cm は $\theta = 8.4'$, $\phi = 2.4 \times 10^{-4}$ に相当し, $G = 8,000 \text{ kg/mm}^2$ と仮定すると $\tau = 1.92 \text{ kg/mm}^2$ に相当する。

(B) ダンピングキャパシテの計算

ダンピングキャパシテはいろいろな表現法があるが、ここでは対数減衰率 δ によつて示すことにする。 δ は定義により (3) 式で求められる。

$$\delta = \frac{1}{n} \log_e \frac{A_0}{A_n} \dots \dots \dots (3)$$

A_0 : 初めの振幅

A_n : n 番目の振幅

第1表 測定値におよぼす空気の影響 (室温 Hatfield 等による)
Table 1. Effect of Air on the Measurement (At Room Temperature by Hatfield, etc.)
ダンピング/サイクル=2δ

材 料	空 気 中			真 空 中			75% 水素中		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
3.5% Ni-Cr 鋼	0.0041	0.0044	0.0057	0.0042	0.0042	0.0055	—	—	—
25-20 鋼	0.0050	0.0054	0.0071	0.0051	0.0054	0.0072	0.0054	0.0059	0.0070

A_0 と A_n の平均値 $(A_0 + A_n)/2$ に対応する ϕ を求め $\delta - \phi$ 関係として表すことにする。 ϕ による δ の変化が大きいところでは $n=1$, 変化が小さいところでは $n=5 \sim 100$ とした。

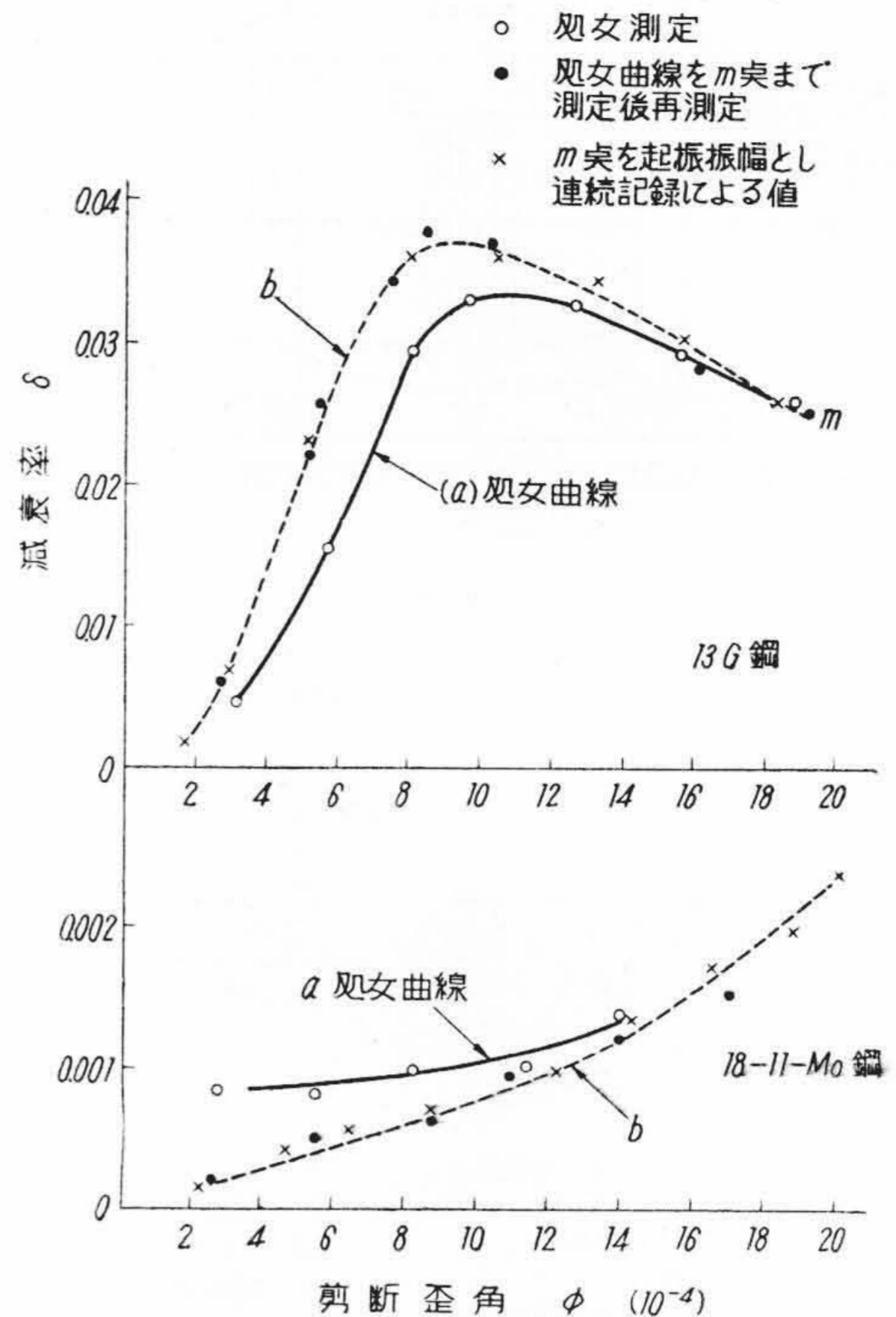
〔III〕 測定値におよぼす諸条件の検討

(1) 空気の抵抗

空気中で測定を行つているので空気の抵抗による δ の増大が考えられるが、Föppl 型の測定法ではこれに基づく誤差は無視しえるほど小さいので一般には考慮されていない。参考までに Hatfield 等が Föppl 型で空気中、真空中、75%水素中で比較測定した値を第1表に示す。よつて本実験においても空気の影響は無視することにした。

(2) 歪振幅および応力履歴の影響

一般に δ は振幅によつて変わることが知られており、また Contractor⁽¹¹⁾らは炭素鋼において、起振振幅が変われば、同一振幅に対する δ も変わることを報告しているので、実験に先立ちこの点をあきらかにしておく必要がある。そこで予備試験として室温において、熱処理後機械加工されたまま δ で応力履歴がないと考えられる試験片について、起振振幅の小さいところから順次起振振幅を大にして測定した。その際起振振幅から数えて3サイクル以後の δ を計算し、その時の歪振幅を ϕ とし、これを δ と ϕ との関係で示すと第4図(a)のようになる。 ϕ が大きくなるにしたがい δ は増大し、13% Cr 鋼では



第4図 δ におよぼす振幅および応力履歴の影響
Fig. 4. The Effect of Amplitude and Stress History on the Value of δ

ある点で極大を示し、18-11-Mo 鋼ではほぼ直線的に変る。これを処女 $\delta - \phi$ 曲線と呼ぶことにする。処女 $\delta - \phi$

第2表 試料の組成 (%)
Table 2. Chemical Composition of Specimens (%)

符 号	C	Si	Mn	Ni	Cr	Co	Mo	W	Nb	Ti	Al										
13-1 13-2 13-3	0.16	0.21	0.19	0.24	13.04	—	—	—	—	—	—										
13-M-1 13-M-2 13-M-3												0.15	0.19	0.53	0.14	12.17	—	1.06	—	—	—
18-11-Mo																					
25-20	0.11	—	—	20.49	25.30	—	3.14	—	—	—	—										
S-816	0.44	0.59	1.50	18.50	20.20	41.12	3.65	3.65	4.58	—	—										
LCN-155	0.08	0.78	1.30	21.46	22.28	20.80	3.46	2.40	1.12	—	—										
Timken's	0.07	0.72	1.40	26.3	16.96	—	5.96	—	—	—	—										
T-3	0.07	0.58	2.70	50.47	15.06	—	—	—	—	1.0 配合	2.28	1.26									
T-7	0.09	0.78	1.23	17.57	15.80	—	—	—	—	1.0 配合	1.87	0.36									
T-10	0.06	0.74	1.31	12.19	15.51	—	—	—	—	1.0 配合	2.07	0.48									
18-8W	0.14	0.57	5.59	8.23	17.91	—	1.45	—	—	—	—	—									
19-8W	0.09	0.38	0.88	8.51	19.07	—	1.32	—	—	—	—	—									
23-8W	0.09	0.99	1.18	7.88	23.62	—	1.65	—	—	—	—	—									
Timken's	0.10	0.69	2.38	25.62	16.42	—	5.91	—	—	—	—	—									

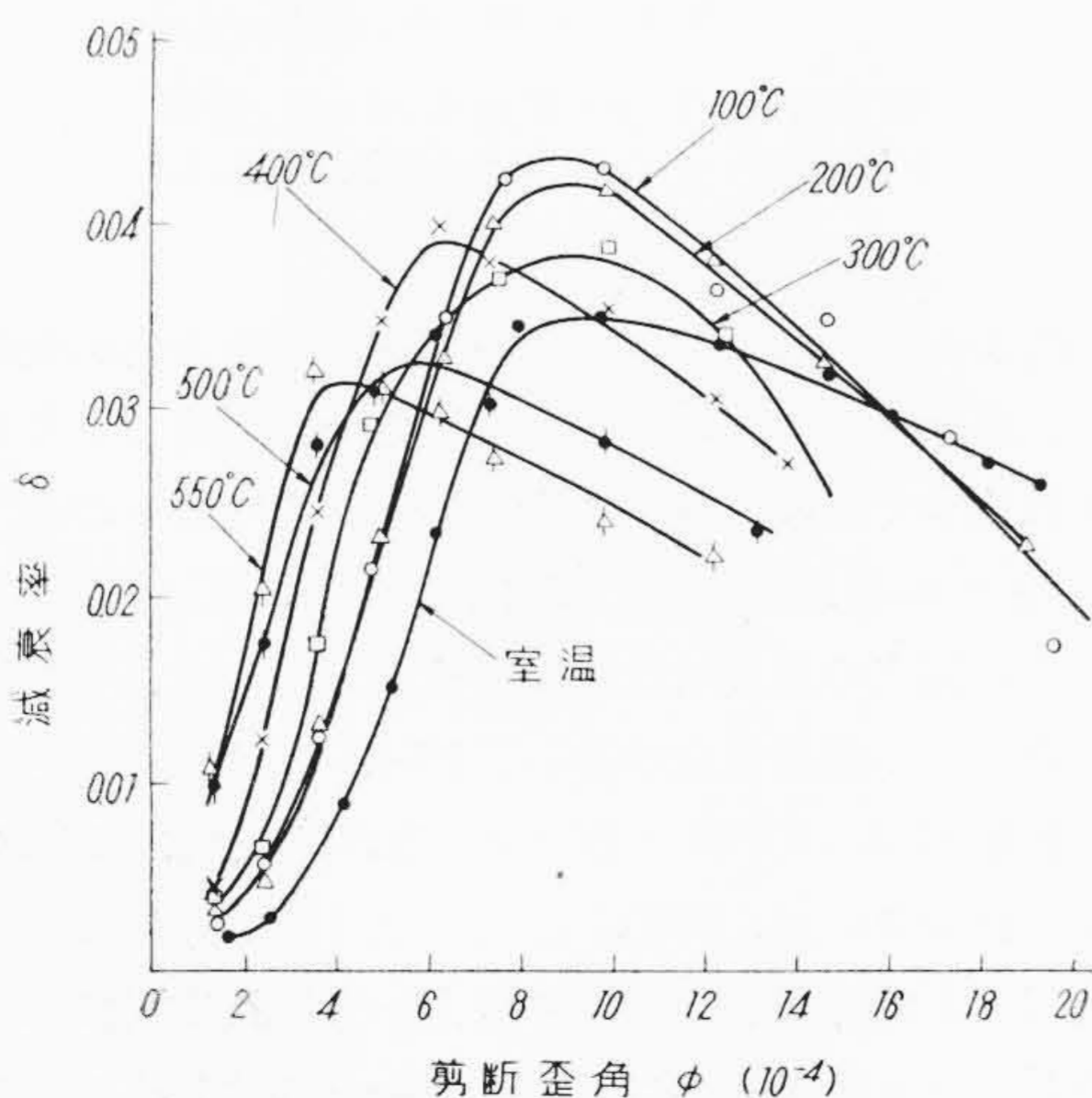
(注) W: 全熔着鋼試片 その他は鍛造試片

第3表 試料の熱処理と機械的性質
Table 3. Heat Treatment of Specimens and Mechanical Properties

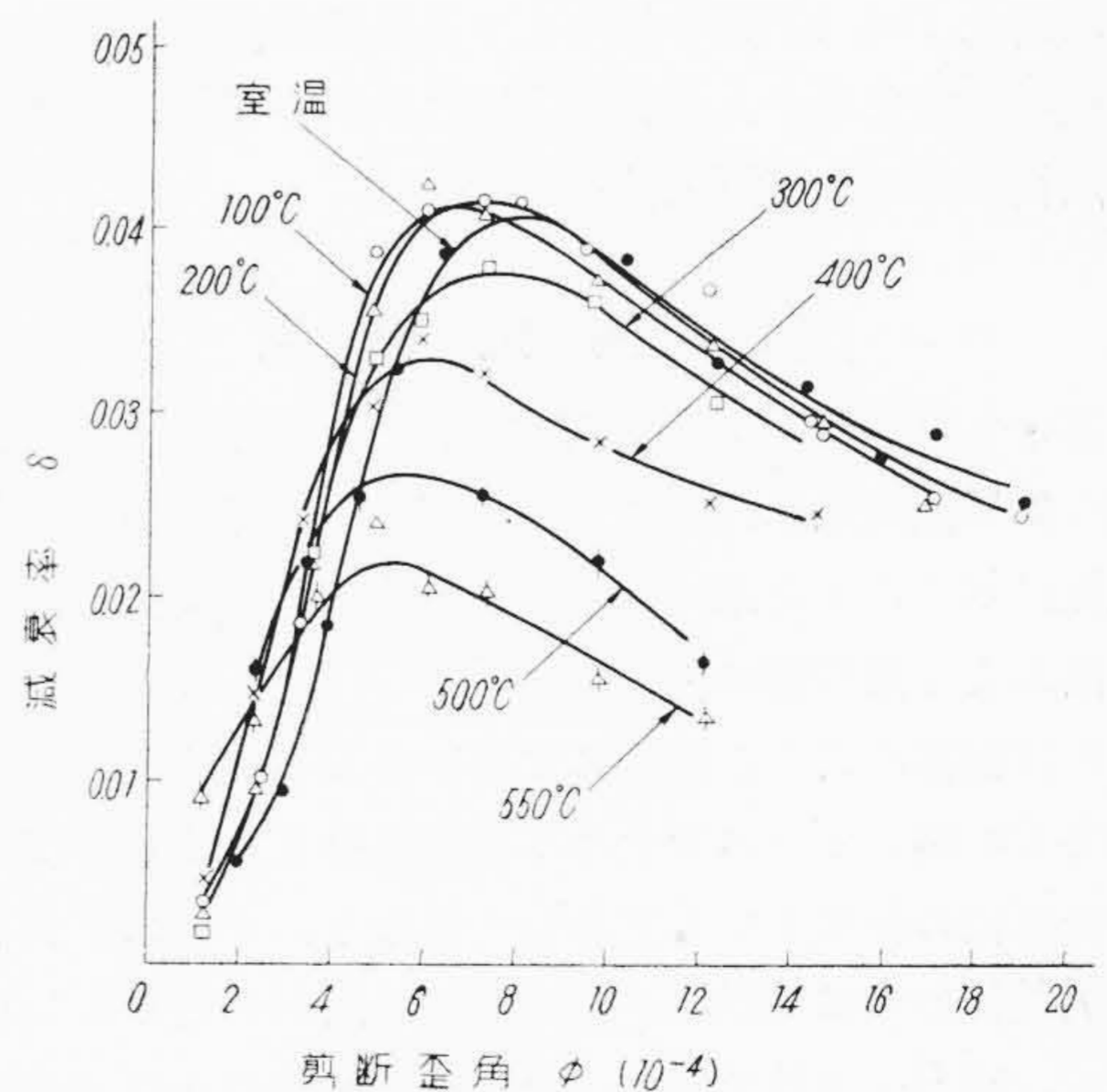
符 号	熱 処 理	引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	絞 り (%)	衝 撃 値 (kgm/cm ²)
13-1	990°C 30分 油焼入, 750°C 1時間 焼戻	68.2	28.5	68.0	17.5
13-2	990°C 30分 油焼入, 700°C 1時間 焼戻	73.2	26.5	66.0	15.0
13-3	990°C 30分 油焼入, 650°C 1時間 焼戻	77.8	25.5	65.5	7.5
13-M-1	990°C 30分 油焼入, 790°C 1時間 焼戻	69.8	31.5	67.5	24.2
13-M-2	990°C 30分 油焼入, 760°C 1時間 焼戻	73.3	29.5	69.0	22.0
13-M-3	990°C 30分 油焼入, 720°C 1時間 焼戻	79.1	27.0	66.0	21.0
18-11-Mo	1,100°C 40分 水冷	60.2	63.0	68.0	—
25-20	1,100°C 40分 水冷	—	—	—	—
S-816	1,250°C 1時間 水冷, 800°C 10時間 時効	107.1	22.8	25.0	—
LCN-155	1,250°C 1時間 水冷, 800°C 10時間 時効	85.3	26.5	26.7	—
Timken's	1,150°C 1時間 水冷, 650°C 10時間	76.5	48.0	53.5	25.0
T-3	1,100°C 10時間 水冷, 700°C 10時間	122.3	20.3	23.5	5.5
T-3		79.2	27.0	42.0	6.8
T-10		72.5	38.2	52.0	9.5
18-8W		57.5	42.5	—	14
19-8W		66.5	38.0	—	11
23-8W		81.5	17.5	—	4
Timken's W	熔接後 650°C 10時間 応力除去処理	66.5	29.5	—	13

ϕ 曲線を求めた後、ふたたび小さな起振振幅から同様の測定を行い $\delta-\phi$ 曲線を求めると第4図(b)のようになり処女曲線とは一致しない。一度大きな歪振幅で振動させた後 $\delta-\phi$ の曲線は大體一定した値を示す。つぎに $\delta-\phi$ 曲線の最大歪振幅を起振振幅として振動を行わせ振幅が充分小さくなるまで記録(連続記録と仮称する)を取り、これから各歪振幅に対する δ を計算して第4図中に打点すると、ほとんど(b)と一致する。すなわち一度あ

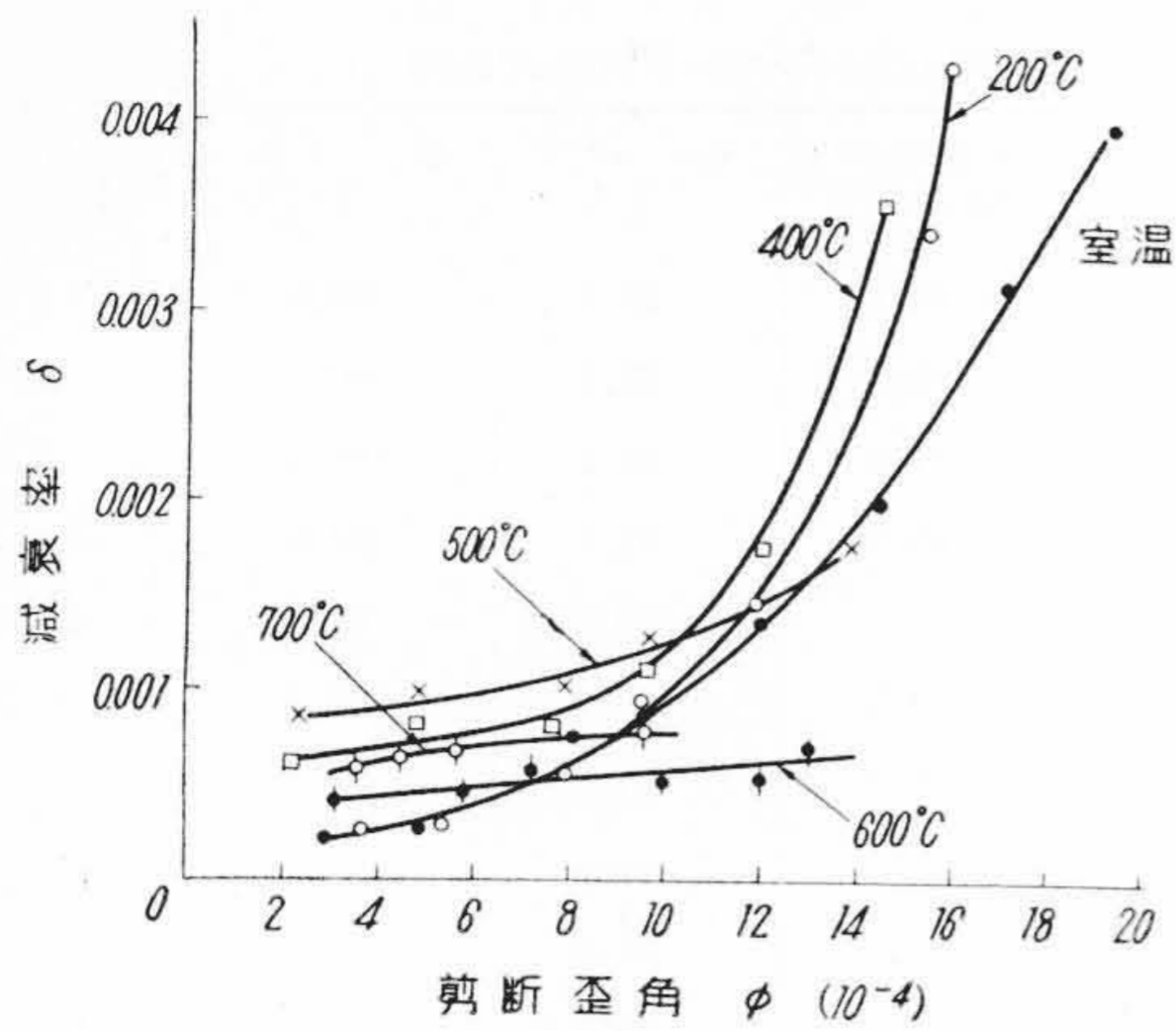
る歪振幅から振動させた後は、それ以下の各歪振幅に対する δ の値は大體安定し、起振振幅が初めの歪振幅を越さない限りは起振振幅にも影響されない。また再現性は一定の歪振幅で数回振動させ $\delta-\phi$ 曲線を安定させた後に測定する方が良好である。そこで以後の測定は起振振幅を一定とした前述の連続記録によつて $\delta-\phi$ 曲線を求めることにした。起振振幅の大きさは永久変形を生じない程度とし、材質および温度に応じて若干変えた。



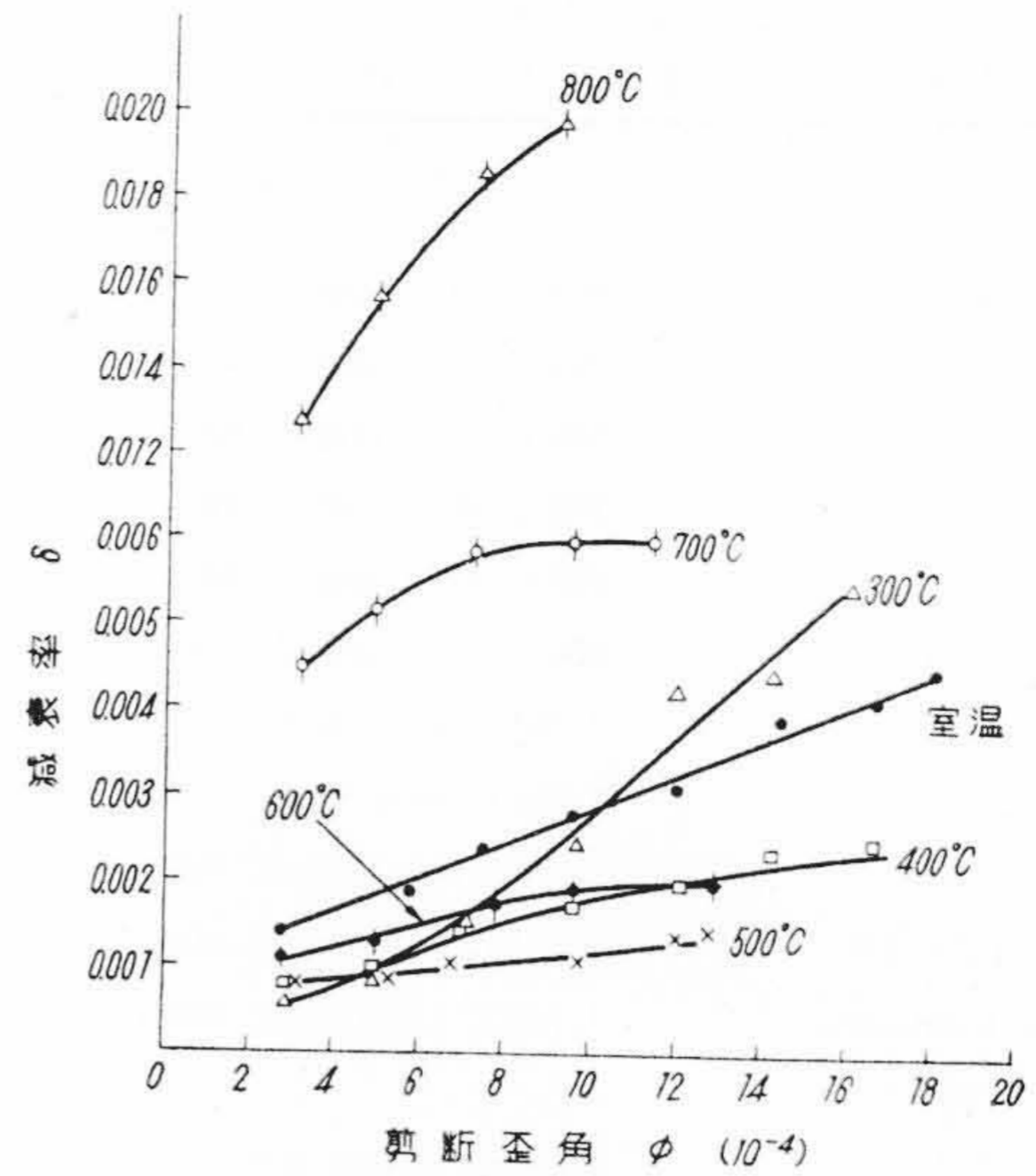
第5図 13-1 試料の曲線 $\phi-\delta$
Fig. 5. $\delta-\phi$ Curves for 13-1



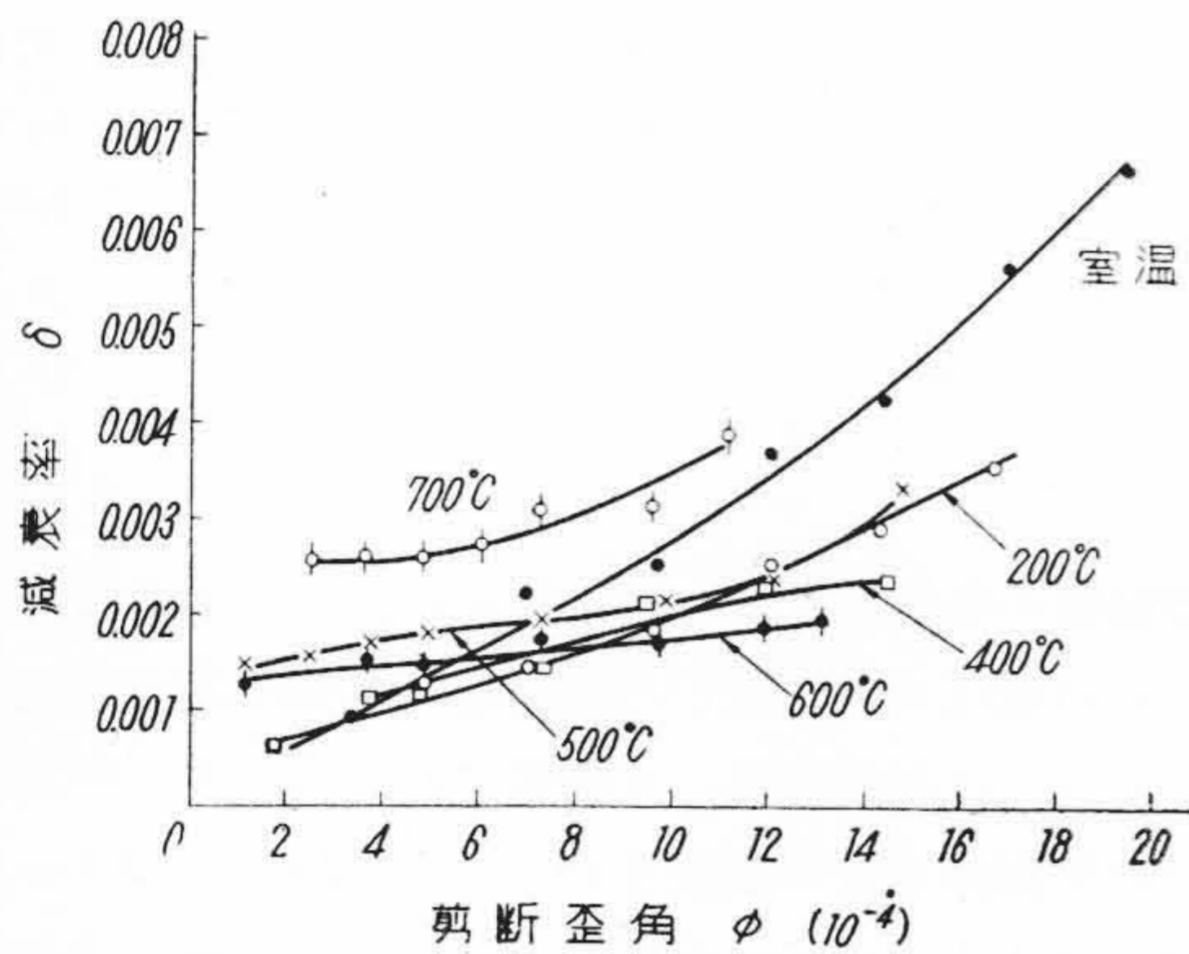
第6図 13-M-1 試料の $\delta-\phi$ 曲線
Fig. 6. $\delta-\phi$ Curves for 13-M-1



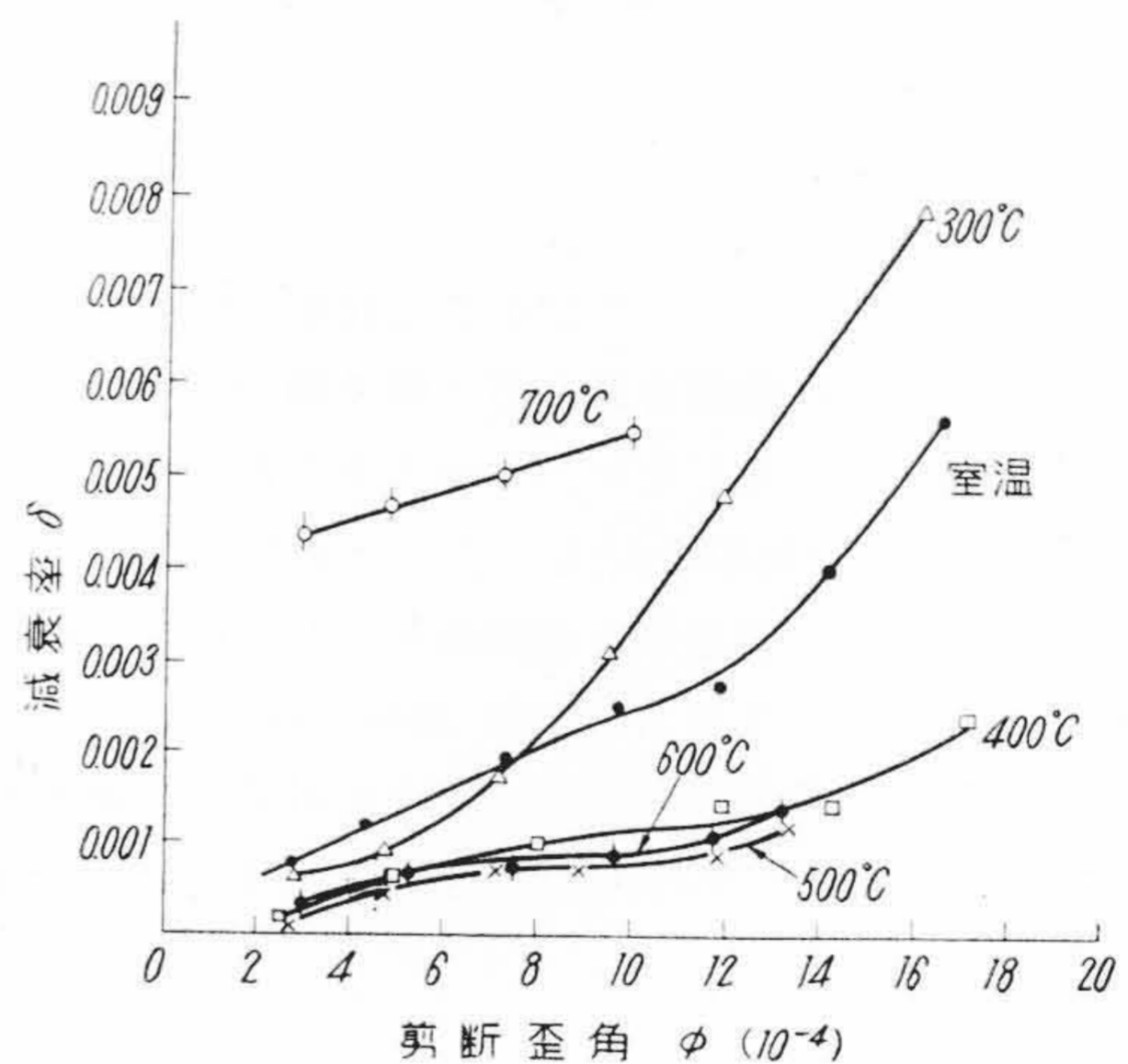
第7図 18-11-Mo 試料の δ - ϕ 曲線
Fig. 7. δ - ϕ Curves for 18-11-Mo



第9図 T-7 試料の δ - ϕ 曲線
Fig. 9. δ - ϕ Curves for T-7



第8図 Timken's 試料の δ - ϕ 曲線
Fig. 8. δ - ϕ Curves for Timken's



第10図 T-10 試料の δ - ϕ 曲線
Fig. 10. δ - ϕ Curves for T-10

[IV] 実験試料

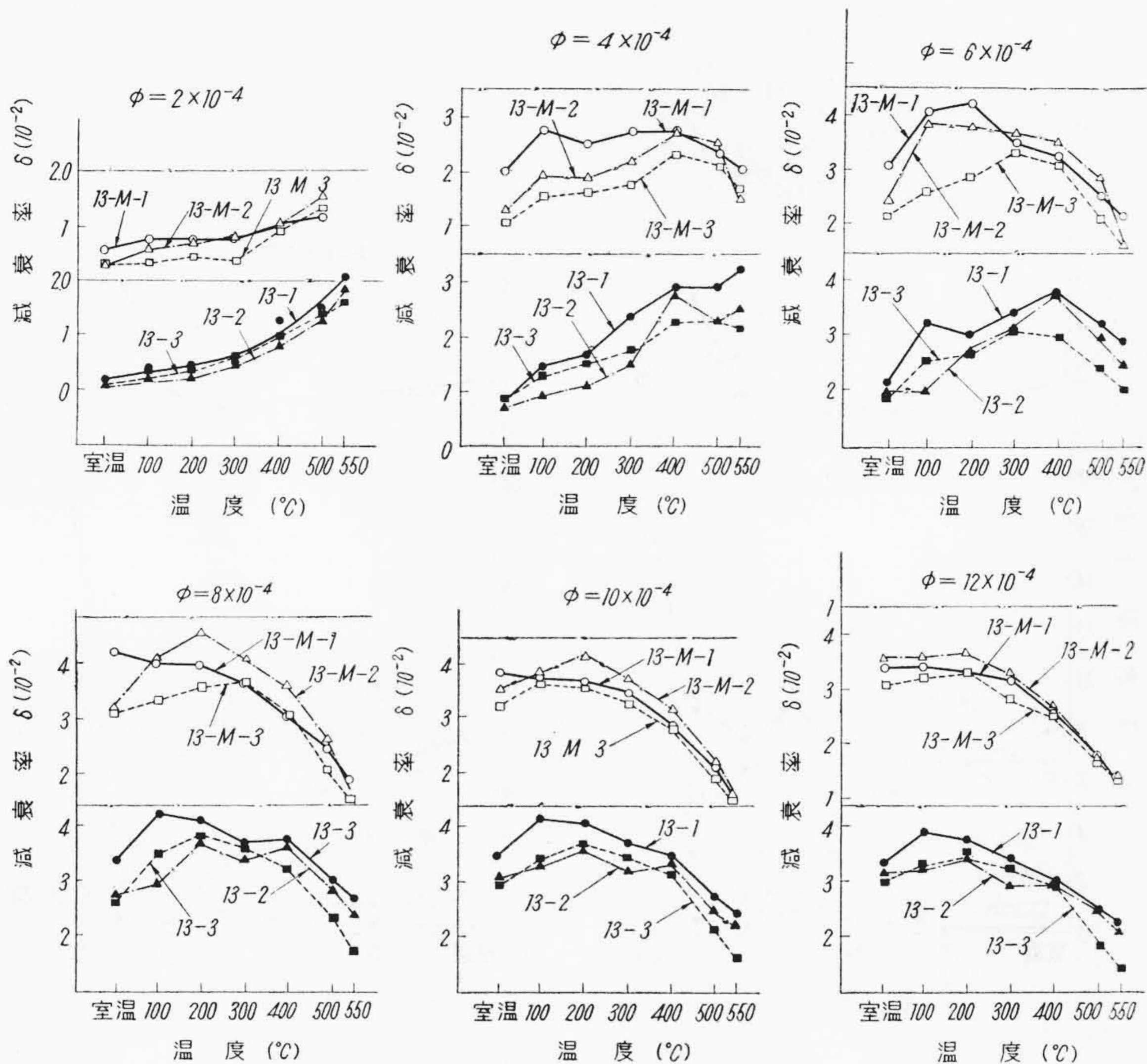
試料は13% Cr鋼を始めとする各種耐熱鋼ならびに耐熱鋼の全熔着鋼である。第2表は試料の組成を、第3表は試料の熱処理と機械性を示す。

[V] 測定結果

測定された δ - ϕ 曲線群の中から代表的なものを第5図～第10図に示した。これらの δ - ϕ 曲線群から、各歪振幅に対する δ を求め、これを温度による変化として第11図および第12図に表した。

δ は振幅により、温度によりいちじるしく変化する。13% Cr鋼とオーステナイト系耐熱材とでは δ の値も、その変化の様相もいちじるしく異なり、オーステナイト系耐熱材の δ は13% Cr鋼のそれに比べいちじるしく小さく、約 $1/10$ 内外である。18-11-Mo鋼の δ は0.001以下でもつとも小さく、13% Cr鋼の0.01~0.04に比べるときわめて小さい。

13% Cr鋼については、 δ の温度による変化が振幅によつて異なり、振幅の小さいところでは温度の上昇と共に δ は大きくなり、振幅の大きいところではその逆である。また中程度の振幅で δ は200~300°Cで極大を示し、それ以上の温度では減少する。大体において引張強さの高い方が幾分 δ は小さい。13-Mと13とを比べると、振幅が $\phi=6 \times 10^{-4}$ 以下で、300°Cまでは13-Mの方が δ は大きい。500°C以上では13の方が大きい。また δ - ϕ 曲線における δ の極大が表われる振幅は温度の上昇とともに幾分小さくなる。オーステナイト系の材料については、歪振幅に対する δ の変化が比較的単純で、13% Cr鋼のような極大点は生じない。多くの試料



第11図 各歪振幅に対する δ の温度による変化 (1)
 Fig. 11. Variation of δ with Temperature at Each Strain Amplitude (1)

において δ は 500°C あるいは 600°C で小さくなり、特に T-7, T-10, 18-11-Mo などにおいてこの傾向が強い。700°C で δ は若干増加し、800°C で急増する。LCN-155, Timken's, 18-11-Mo, T-7 および T-10 他の試料に比べ δ は小さく、全熔着鋼のそれは比較的大きい。

〔VI〕 結果の検討

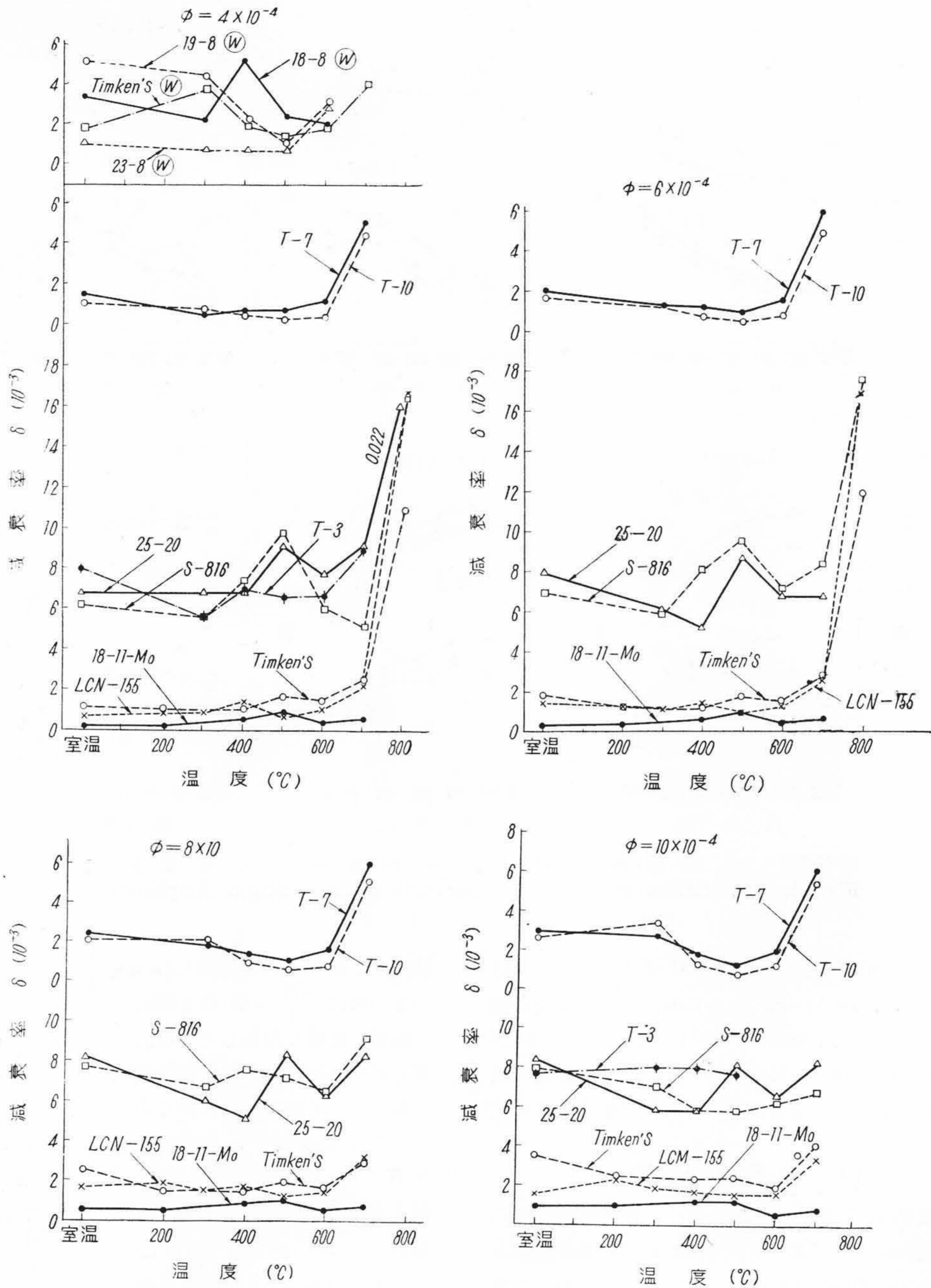
対数減衰率 δ でダンピングキャパシテイを表示したが、 δ が振幅によつて著しく変る場合には対数減衰率という意味があいまいなものになつている。したがつて多くの研究者が採用しているように比ダンピングキャパシテイ (Specific Damping Capacity) $\phi = \frac{\Delta W}{W}$ で表す方が適當であるかも知れない。(ΔW : 振動の1サイクル中に失われる振動エネルギー, W : 振幅が A_0 の時の振動エネルギー) ϕ は次式で計算される。

$$\phi = \frac{\Delta W}{W} = \frac{A_0^2 - A_1^2}{A_0^2} = 2 \frac{\Delta A}{A_0} - \left(\frac{\Delta A}{A_0} \right)^2$$

A_1 : A_0 の次のサイクルにおける振幅
 $A_0 - A_1 = \Delta A$ とする。

(3) 式で $n=1$ とした時の $\delta = \log \frac{A_0}{A_1}$ との間には $\frac{\Delta A}{A_0}$ が小さい時は $\frac{\Delta W}{W} \approx 2\delta$ なる関係が成立する。

振幅の影響を無視している研究者も少くないが、ダンピングキャパシテイは振幅の函数であつて、振幅によりいちじるしく変ることは多くの研究者によつて指摘されている。Dorey⁽¹²⁾, Robertson, Yorgiadis⁽²⁾ らは1サイクル当りのエネルギー損失 ΔW は、振幅の3乗に比例するとのべている。 W は振幅の2乗で変るのであるから、 ΔW が3乗で変るとすると $\frac{\Delta W}{W}$ は1乗で変る。すなわち $\delta - \phi$ 関係は直線となるはずである。室温におけるオーステナイト系材料の $\delta - \phi$ 関係は直線に近いものもあるが、振幅が大きくなると、さらに高次の曲線となる。 δ が比較的少くなる 500°C, 600°C においては大体直線とみなされる。しかし 13% Cr 鋼においては極大が現われる附近までは、おゝむね直線と見なしうるが、あきらかに ϕ に対し山が現われる。Contractor, Thompson⁽¹¹⁾ らのアームコ鉄についての測定結果にも $\delta - \phi$ 曲線に極大が現れている。オーステナイト系特に 18-11-Mo の δ がいちじるしく小さいが、Hague⁽⁶⁾ の



第12図 各歪振幅に対する δ の温度による変化 (2)
 Fig. 12. Variation of δ with Temperature at Each Strain Amplitude (2)

結果も 18-8 鋼の δ は 12% Cr 鋼の $1/10 \sim 1/20$ 位の値を示している。Hatfield⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾らの結果によると、18-8 系の δ は 13% Cr よりは、はるかに小さいが、われわれの値よりかなり大きい。ダンピングキャパシティはいわゆる構造敏感な性質であるから、試験片のわずかな違いが比較的大きな δ の差異をもたらすこともあるので、文

献との正確な比較は難しい。

〔VII〕 結 言

振り自由振動の減衰測定法によつて、13% Cr 鋼を始めとする若干の耐熱材料についてダンピングキャパシティを測定した。結果を要約すると次のようである。

(1) 振幅によつて δ はいちじるしく変り, 13% Cr 鋼ではある振幅で極大が現われる。

(2) δ は応力履歴により異なる値を示す。

(3) δ は温度によつて変化し, 13% Cr 鋼においては, 小さい振幅では温度の上昇とともに δ は増加し, 大きい振幅ではその逆で, 中振幅ではある温度で極大を示す。オーステナイト系耐熱材料においては, δ 500°C あるいは 600°C で減少し, 700°C で若干増加し, 800°C でいちじるしく大となる。

(4) オーステナイト系材料に比べ 13% Cr 鋼の δ はいちじるしく大きい。

振動が問題となる機器の構成材料については, 機械的諸性質のほかに材質のダンピングキャパシティ特性を知ることが必要であり, 引続いて各種の材料について測定を行つている。

本研究を実施するに当り, 御指導御鞭撻を賜つた日立製作所日立研究所三浦所長を始め, 貴重な試料を調製して頂いた日立研究所小川浩三氏, しゆじゆ御援助下さつた日立工場桑野幸三氏に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献

(1) A.S. Nowick: Progress in Metal Physics

- Vol. 4 (1952 London Pergamon Press)
- (2) J.M. Robertson, A.J. Yorgiadis: J. Appl. Mecha. 13, 173~181
- (3) C. Zener: Elasticity and Anelasticity of Metals (1948 University of Chicago Press)
- (4) 高橋: 日本金属学会誌 16A 1号-4号 13~17, 44~46, 59~61, 107~109, (1952)
- (5) O. Föppl: J. Iron and Steel Inst. 134, 393~455 (1936)
- (6) Hague: Mech. Engineering 62, 275~277 (1940)
- (7) 河田, 千瀧, 塩入: 金属 6号, 423 (1953)
- (8) 塩入: 日本機械学会誌 2号, 116 (1955)
- (9) Kimball: Phys. Rev. Second Series. 21, 703, (1923)
- (10) Kimbaal, Lovell: Phys. Rev. Second Series. 30, 948~959 (1927)
- (11) Contractor, Thompson: J. Iron and Steel Inst., 157~218 (1940)
- (12) Dorey: Proc. Inst. Mech. Eng., 123, 479~535 (1932)
- (13) Hatfield, Stanfield, Rotherham: Trans. N.E. Coast Inst. Eng. Ship, 58 273~332 (1942)
- (14) Hatfield, Rotherham, Harvey: Trans. N.E. Coast. Inst. Eng. Ship, 60, 227 (1944)

御 鑄 物 師 の 由 来

History of Authorized Casters

現今では鑄物業は他の商工業と同様, どこでも自由に営業ができることに何の不思議もないが, 往時においては貴重な特殊技能者として尊重され, 勅許によつて御鑄物師と称する特別の称号を贈られた者でないと勝手に営業を行うことができなかつたものである。このように特別待遇をうけた御鑄物師について, 河内国, 真継家の御鑄物師由来書, 鍋宮由来書によつて調べてみるとつぎのように説明されている。

古代日本, 土器時代には猿田彦命が竈を作り土鍋を作成し用を便じていたが, その後天照大神の御代に鑄物による鏡ができ, 石凝姥命が始めて鍋釜を鑄造した。また天子屋根命が天下に鑄物製品を広めたといわれている。

43代元明天皇の頃には, 鍋釜は国家の重器として重視されていたことが記録にみられるが, 76代近衛天皇の仁平年間, 毎夜深更悪風が吹いて禁内の灯火を悉く消し主上を御悩ませた。いかなる加持祈願も効果がなかつたが, 当時真継家の祖御蔵民部大丞紀朝臣元弘という者がいて領内丹南郡の鑄物師天命に鉄灯笼一基を鑄造させて

献上した。この灯笼は悪風吹くとも消えず, 主上の御悩も治り闇夜といえども禁内は日中のごとく光り輝いた。天皇の御感斜ならず天命を天明と改号させ藤原姓を与え, 天明系統以外の者には末代迄新規に鑄物業を起すことを停止したので, 天明家が売買の業を全うして勅役をもつばら相勤めるようになった。

その後主上御悩の際は前例に倣い鑄物の調進を仰付けられ, 御悩が治つたときには恩賞として諸国に鑄物売買のために出かける街道の通行税, そのほかの諸役を免じた。また諸国に流布繁栄して万民の需要に応ずるように各地に散在居住を許した。東海道, 北陸道, 山陽道などの交通が開けるようになり, 各地に鑄物の産地が出現したが, 地方の鑄物師は順番に河内国へ立ち帰り, 末代迄勅役のある限り相勤むべき旨を命ぜられた。当時の勅許の鑄物師は 109 人として後代迄諸役免除と諸関通過の証文を認められた。

さらに正親町天皇の御代に「座法の掟」を定められたが, これは鑄物師の心得を成文化したもので, その範囲は精神的なものより営業方針にまでおよぶもので 19 条よりなり, 今日みても経済学上または史上からも非常に興味深いものである。この御鑄物師の子孫は昭和 18 年頃には約 62 軒残存し誇をもつて全国的な連合会を結成していた。