U.D.C. 621-272.6-531.7:620.178.3

防振ゴムの剪断疲労について (第2報)

Fatigue of Rubber Spring on Shear (Report 2)

斎田信幸* 桑江和夫*

內 容 梗 概

第1報においては、一定剪断荷重を受けて回転する円板型防振ゴムの疲労破壊過程および破壊型式と 適用荷重の大さとの関係について述べたが、疲労試験中防振ゴムの温度はかなり昇る。そこで防振ゴム の疲労強度に対する温度の影響は無視できないと考え、これに関する実験と計算を行つてつぎの結論を えた。

- (1) 繰返応力を受ける円板型防振ゴムの内部摩擦による温度上昇は防振ゴムの疲労の主因となる。
- (2) 接着板の温度を知れば,軽荷重の下で回転している円板型防振ゴムの温度を計算しうる式を導いた。
- (3) 軽荷重の場合,回転する円板型防振ゴムの内部摩擦による仕事量を計算しうる式を導いた。

[I] 緒

言

前報(いにおいては,弾性車輪に使用される防振ゴムが 車輌走行時に受けると同様に,一定方向に一定量の剪断 荷重を受けながら防振ゴム自身が回転するモデル試験機 により,直径 75 mm,ゴム厚 25 mm の円板型防振ゴ ムについて疲労試験を行い,その疲労の過程と破壊の型 式およびこれらと荷重条件との関係をあきらかにした。 またさらにこれら各破壊型式の場合とも疲労試験中に可 成の発熱現象を示し,特にゴム部破壊型の場合にはその 程度が著しいことにも言及したが,その後この発熱現象 は防振ゴムの疲労強度に重大な影響を与えるだろうと考 え加熱試験を行ったところそのことが確認できた。した がつてこのゴムの内部温度上昇を定量的に知ることが必 要になつてきたのでこの問題につき種々検討したが,本 報においてはその結果について述べる。



〔II〕 加 熱 試 験

前報に詳述したように,疲労試験において荷重条件が 苛酷になるにつれてゴム部の組織が著しく変化すること がわかつたが,この主原因として疲労試験中のゴム自身 の温度上昇が考えられるので,これをしらべるために電 気炉中に試験片を入れて温度を昇げゴムの変質状態を観 察した。

試験片は前報と同一の直径 75 mm, ゴム厚 25 mm のものとしたが, ゴム部に対する熱影響をはつきり見る ために中央部を小刀で切断したものを用いた。試験片内 部温度の一様性を期して約1時間同温に保持したが, 試 験結果はつぎのごとくである。

(i) 70°C 加熱: 一般に防振ゴムは70°C が危険温 度とされているが,外観的には変化らしいものは見受け られなかつた。

(ii) 150°C 加熱: 多少ゴム焼臭がして表面がわず

* 日立製作所笠戸工場

第1図加熱試験片(1) Fig.1. Heated Test Piece (1)



第2図	加	熱	試	験	片	(2)
Fig. 2.	He	ated	Tes	st P	iece	(2)

かに光沢を帯びた。

(iii) 230°C 加熱: 加熱中 180°C 附近で著しく光沢 性を増しゴム焼臭も増大し, 230°C ではゴム表面に亀裂 を生じパチパチ音を立て始め,同時に発煙現象が見られ た。加熱後炉冷したがゴム表面は収縮して皺を生じ,内 面は海面状に組織的変化をしてボロボロになつているの が見られた。第1図にその状況を示す。また接着面はほ

とんど剝離し、ゴムは収縮して第2図のごとくゴム接着 部と接着板との間に歴然と差異が認められた。なお試験 片のゴムの一部を切取つて同時に加熱し,加熱の前後に おける重量を測定したが、測定結果は 5.180gのものが 5.090gと重量減を示した。

これらの実験結果からつぎのことが考えられる。

(a) 100°C 附近から軟化して 光沢を帯びてくるが, これは分子量の非常に大きいゴムの巨大分子が温度上昇 のために分解されてくるためのようである。

(b) 一般に 250°C 附近にゴムの変態点があるとさ れているが、本実験においても 230°C 加熱の場合には 発煙現象が見られ、また加熱前後において重量の減少が 見られた。これは防振ゴムがこの温度において化学変化 を起すことによると思われる。

(c) 230°C 加熱試験によるゴム組織の変化状態と, 疲労試験によるゴム部破壊型のそれとは外観点に非常に 似ているが,これは防振ゴムの疲労破壊に対して疲労過 程中のゴム自身の温度上昇が大きな原因として働いてい ることを意味する。

(d) 230°C 加熱試験において接着面はほとんど剝離 したが、これは加熱による接着剤の劣化と考えられ、し たがつて疲労試験中のゴム自身の温度上昇は接着強度に 大きく影響すると思われる。



第3図 剪 断 応力 説 明 X Fig. 3. Notations for Shearing Stress

剪断応力の場合に較べて小さいと考え,これらの影響は 剪断応力による内部摩擦仕事の中に含めて考えることに する。また金属丸棒が剪断を受けた場合の剪断応力の分 布については解明(3)されているが、防振ゴムの場合にも 荷重が小さな範囲では荷重と変位は比例関係にあるの

またさらに 100°C および 200°C に1時間加熱した試 験片に対し,前報と同様の疲労試験を荷重 151 kg で行 った。その結果は,前者の場合もその程度は少いが寿命 は短く出,後者の場合は回転と同時に防振ゴムは接着面 から破断し,防振ゴムの寿命は加熱により短かめられる ものであることを確認した。

ゴム内部の温度計算 $[\mathbf{III}]$

以上により防振ゴムの疲労強度には回転中のゴムの温 度上昇を考慮せねばならぬことがわかつたが, このゴム の発熱現象は内部摩擦によるものと考えられる。防振ゴ ムの内部摩擦はその中に配合されているカーボンにより 大きく左右されることが研究されているが(2),これが定 まつてもゴム内部の温度分布はゴムの形状や荷重条件に より変つてくる。したがつてこれらの間の関係を知る必 要を生ずるが、われわれは防振ゴムの回転時における応 力の変化状態に着目し,これから回転中の防振ゴムの内 部摩擦によつて仕事量を求め、さらにゴム内部の温度分 布を知る理論式を考えたので以下これについて説明す る。

前報に示した疲労試験機に取付けられた防振ゴムに働 く応力は主として剪断応力である。このほかに曲げおよ び捩り応力が働くが、これらによる内部摩擦の仕事量は で,この関係がそのま、成立つと考えて差支えない。

いま第3図のごとく断面に極座標をとつて任意の一点 $P(\gamma, \theta)$ に働く剪断応力 τ について考えてみる。

P 点を通り X 軸に平行な直線が Y 軸および円断面外 形と交わる点をそれぞれ P_0 , P_1 とし, P_1 における切線 が Y 軸と交わる点を T とし下記の符号を定める。

$\phi = \angle P_1 T P_0$	$\beta = \angle P T P_0$
$\alpha = \theta + \beta$	
$z=2\overline{P_1P_0}=2a\cos\phi$	
$\eta = \overline{OP_0} = a \sin \phi$	
τ': τ の Y 軸方向の成分	<i>a</i> :半径
S:剪断力	

 $I: 全断面の断面二次モーメント=\frac{\pi}{4}a_4$

また P_0 から下の部分に図のごとく X 軸から η_1 の距 離に微小面積 $df_1 = z_1 d\eta_1$ を考えると、 τ は一般につぎ の関係式で表わされる。

$$\tau = \tau' \sqrt{1 + \left(\frac{P P_0}{P_1 P_0} \tan \phi\right)^2}$$
$$= \frac{S}{zI} \int_{\eta}^a \eta_1 df_1 \times \sqrt{1 + \left(\frac{P P_0}{P_1 P_0} \tan \phi\right)^2}$$

いまこの式を種々の関係式を用いて $\gamma \ge \theta$ の函数に なるように変形してゆく。

$P P_0 = \gamma \sin \theta$



T t

$$d\eta_{1} = a \cos \phi_{1} \cdot d\phi_{1}$$

$$z_{1} = 2a \cos \phi_{1}$$

$$df_{1} = 2a^{2} \cos^{2} \phi_{1} \cdot d\phi_{1}$$

$$\therefore \int_{\eta}^{a} \eta_{1} df_{1} = 2a^{3} \int_{\phi}^{\frac{\pi}{2}} \sin \phi_{1} \cdot \cos^{2} \phi_{1} \cdot d\phi_{1}$$

$$= \frac{2}{3} a^{3} \cos^{3} \phi$$

$$\therefore \tau = \frac{4}{3} \frac{S \cos^{2} \phi}{\pi a^{2}} \sqrt{1 + \left(\frac{\gamma \sin \theta}{a \cos \theta} \tan \phi\right)^{2}}$$

$$\pm \hbar a \sin \phi = \gamma \cos \theta \ \text{iso} \tau$$

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^{2}} \sqrt{1 + \left(\frac{\gamma}{a}\right)^{2} \left\{\left(\frac{\gamma}{a}\right)^{2} - 2\right\} \cos^{2} \theta}$$

$$\neg \notin \kappa \tau \text{ oUNADA SUPARATIONAR SUPARATIONAR SUPARATIONAR SUPERATIONAR SUPERATIONAR$$

$$\tan\beta = \frac{\overline{PP_0}}{\overline{OT} - \overline{OP_0}} = \frac{\gamma \sin\theta}{\frac{a}{\sin\phi} - \gamma \cos\theta}$$

なる関係を用いると

$$\sin \alpha = \frac{\frac{a^2}{\gamma} \cdot \tan \theta}{\frac{a^2}{\sqrt{1-\frac{\alpha^2}{\alpha^2}}}}$$



る仕事量 $W(\gamma)$ は $W(\gamma) = NC \left(\frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^2}\right)^2 \left[1 + \left\{1 - \left(\frac{\gamma}{a}\right)^2\right\}^2\right]$(3)



この関係式を用いて計算してゆくと結局つぎのごとく 簡単になる。

$$\tau_{t} = \frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^{2}} \sin \theta$$

$$\tau_{r} = \frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^{2}} \left\{ 1 - \left(\frac{\gamma}{a}\right)^{2} \right\} \cos \theta \quad \left\{ \dots \dots (1) \right\}$$

この式により,試験片が一定速度で回転するとき,そ の任意の一点の切線および半径方向の剪断応力の大きさ は正弦波的に変化することがわかる。

金属に正弦波的に剪断応力が働く場合,応力変化(最大応力でmax)の1サイクル間に内部摩擦によつてなされる仕事量Wは実験的に次式で表わされることがある⁽⁴⁾。

$W = C \tau^n \max$

ただし C および n は金属の種類により定まる常数である。防振ゴムの場合にも後述の実験により n=2 とすればこの関係が成立つことを知つた。すなわちその関係は次式で与えられる。

 $W = C \tau^2 \max \ldots \ldots \ldots (2)$

したがつて(1)式および(2)式の関係から防振ゴムの 任意点の単位体積中で単位時間になされる内部摩擦によ 向に沿っての $W(\gamma)$ の分布は第4図のごとくになる。 またその熱発生量 $Q(\gamma)$ は

$$Q(\gamma) = ANC \left(\frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^2}\right)^2 \left[1 + \left\{1 - \left(\frac{\gamma}{a}\right)^2\right\}^2\right] \dots (4)$$

ただし A は仕事の熱当量である。

発生熱量がわかつたので放冷条件がきまれば防振ゴム 内部の温度分布は計算できることになるが,非定常流と しての熱伝導の計算は簡単でなく,さらに高温になると 内部摩擦仕事のほかにゴムの化学反応による発熱も問題 になつて来る。あらゆる荷重条件に対して一般的に関係 式をだすのが理想的であるが,こゝでは,後述の実験に よると普通使用される程度の荷重条件では運転後間もな く熱平衡が成立するので,定常流の場合のみを考えるこ とにする。

第5図のごとき円筒座標をとると熱伝導方程式はつぎの式で表わされる。

 $\frac{\partial^2 u}{\partial \gamma^2} + \frac{1}{\gamma} \frac{\partial u}{\partial \gamma} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{Q(\gamma)}{K} = 0 \dots (5)$

ただし K はゴムの熱伝導係数, u は室温を0とした 場合のゴムの任意点の温度である。

これに対して境界条件はつぎのように考えられる。 ゴムの自由表面においては大気中へ熱輻射が行われる ので

第38卷第2号



第6図 温度分布(1) Fig.6. Temperature Distribution (1)



第7図 温度分布(2) Fig.7. Temperature Distribution (2)

 $\gamma = a \quad \text{Kauc} \quad \frac{\partial u}{\partial \gamma} = -\frac{h}{K} u \quad \dots \quad (6)$

ただしhはゴムから大気への表面伝熱率で,これは周速,ゴム温度,その他ゴムの表面状態などに支配されるが,実験結果から逆に合理的な一定値として表現することにする。

また接着板は金属製なので熱伝導係数はゴムに較べる と非常に良く,接着板の温度はほとんど一定と見なして 差支えないことを後述のごとく実験的に確認したので, 今この温度を室温が0のときに T_0 とすれば

z=±*l* において *u*=const=*T*₀.....(7) 境界条件(6)式, (7)式を満足するように(5)式を解



以上の計算においては接着板の温度 T_0 を既知とした が,理論的にはつぎのごとく考えれば求まる筈である。 回転中の防振ゴムの全発熱量 Q_1 は(4)式の積分により,

 $Q_1 = ANC \left(\frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^2} \right)^2 \frac{4}{3} \pi a^2 \cdot 2l$

また放熱量 Q_2 は接着板表面からの輻射, $2h' \pi \alpha^2 T_0(h')$ は

くとつぎの解がえられる。

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{a^2} \cdot \frac{k_n^2}{\frac{h^2}{K^2} + k_n^2} \cdot \frac{1}{\{J_0(k_n a)\}^2 \cosh(k_n l)}$$

$$\left[T_0 \frac{a}{k_n} J_1(k_n a) - \frac{ANC\left(\frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^2}\right)^2}{K} \right]$$
$$\left\{ J_1(k_n a) \left(\frac{a}{k_n^3} - \frac{8}{k_n^5 a} + \frac{64}{k_n^7 a^3}\right) \right\}$$

$$-J_0(k_na)\cdot\frac{32}{k_n^6a^2}\Big\}\Big]J_0(k_n\gamma)\cos h(k_nz)$$

$$+\frac{ANC\left(\frac{4}{3},\frac{5}{\pi a^{2}}\right)^{2}}{K}\left\{\left(\frac{2}{3},\frac{K}{h}+\frac{29}{72}a\right)a\right.\\\left.-\left(\frac{\gamma^{2}}{2}-\frac{\gamma^{4}}{8a^{2}}+\frac{\gamma^{6}}{36a^{4}}\right)\right\}\ldots(8)$$

ただし J_0 および J_1 は0次および1次のベッセル函数 であり、 k_n は次式の根である。

$$k_n J_1(k_n a) - \frac{h}{K} J_0(k_n a) = 0 \dots (9)$$

中心 (γ=0, z=0) で最高温になるが, その値は次式 により与えられる。

$$u_{c} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{a^{2}} \cdot \frac{k_{n}^{2}}{\frac{h^{2}}{K^{2}} + k_{n}^{2}} \cdot \frac{1}{\{J_{0}(k_{n}a)\}^{2} \cos h(k_{n}l)}$$
$$\left[T_{0} \frac{a}{k_{n}} J_{1}(k_{n}a) - \frac{ANC\left(\frac{4}{3} \frac{S}{\pi a^{2}}\right)^{2}}{K} \right]$$

接着板から大気への表面伝熱率), ゴム自由表面からの輻射 $\int_{-l}^{l} 2\pi ahudz$ および軸からの熱伝導 Q_{e} の和であり,

$$Q_2 = 2h' \pi a^2 T_0 + \int_{-i}^{i} 2\pi a h u dz + Q_c$$

これを等置すればよいが解はあまり簡単ではない。しか し T_0 は実際的には割合簡単に実測できるので、もし必 要ならば与えられたゴムにおいて必要な荷重、回転数な どに対して実測すればよいし、またある程度実験データ が揃えば、実用条件に対する温度範囲も広くはないので、 防振ゴム設計時に用いる値はこれから推定選択できるよ うになるであろう。

回転中の試験片のゴムの温度分布を知るために (8) 式 につぎの値を仮定して数値計算をしてみた。

<i>a</i> =3.75 cm	l = 1.25 cm
$N{=}1,450 \mathrm{ rpm}$	S=56 kg
$T_0 = 10^{\circ} \text{C}$	$C = 13[g \cdot cm/cm^3]/[kg/cm^2]^2$
$K{=}6.1{ imes}10^{-4}$ ca	$al/cm^2 \cdot sec \cdot C/cm$
$h{=}2.7{ imes}10^{-4}$ ca	$1/cm^2 \cdot sec \cdot C$

ただし T_0 は後述の実験による実測値であり、h および K は文献参照の上適当に仮定したものである。

この数値計算の結果を第6図~第9図に示す。第6図 における●は後述の実測結果を示したものであるが,こ れは大体計算結果と一致している。またこの温度勾配か ら荷重の大きい,非定常流としてのゴム内部温度分布を



— 84 —

防振ゴムの剪断疲労について(第2報)



Fig. 10. Position of Thermo-couples

想像すると、ゴム部破壊型の場合の半径および軸方向へ の変質状態が理解される。これらの事実から回転中の防 振ゴム内部の温度勾配は(8)式によつて概算して差支え ないと考える。

[IV] 回転中の試験片の温度測定

回転中の防振ゴム内部の温度測定を行い,計算結果と 比較したが,厳密な意味においてはなかなか困難なので 便法として以下のごとき方法を採用した。すなわち第10 図に示すごとく銅ーコンスタンタンの熱電対を2箇,防 振ゴム試験片が加硫される際にそのうちに埋め込んだ。



第11図 温度測定に対する試験装置 Fig.11. Testing Device for Temperature Measurement



しかしてこれを前報に詳述した疲労試験機に第11図に示 すごとき要領で取付けた。回転軸を加工して中空とし熱 電対をこの中に導き,端部を軸受中間から孔を開けて外 部に引き出し回転軸の回転により空冷して室温に保持 し,これを冷接点とした。この冷接点からリード線でス リップリングにつなぎ,これを銀カーボン刷子で受けて 切換スイッチ,ミリボルトメータへと導いた。

試験片を多く準備できなかつたので,前報で確認しえた接着面破壊型およびゴム部破壊型に相当する荷重について 1,450 rpm で代表的に実験した。

(1) 低荷重の場合

荷重 112 kg で 7 時間運転し, 切換スイッチにより交 互に①, ②点の温度を読み取つた結果は第12図A曲線の ごとくである。この図には一応運転時間は 3 時間までし か表示しなかつたが, 図のごとく運転後間もなく温度は 一定となりこの後は平衡状態が続く。これは前述のごと くゴム内部の内部摩擦による発熱量と防振ゴム表面など からの放冷量が等しくなつたためで, 熱計算を定常流と して取扱つてよいことを裏書している。接着板の温度は 連続的には測定できなかつたが, 平衡状態で室温に対し 約 10°C の温度上昇であつた。

(2) 高荷重の場合

荷重 238 kg で試験したがその結果は第12図 B曲線の ごとくである。すなわち運転後内部温度は急速に上昇の 第12図 温 度 測 定 結 果 Fig. 12. Result of Temperature Measurement

ー途をたどり,時間的には約 14 分で熱電対が切断し, 防振ゴムはいわゆるゴム部破壊型で破壊した。破断時に おいて中心部の温度は瞬間的に上昇し 200°C 換算のミ リボルトメータではスケールアウトして読み取りえなか った。これは前述したごとくゴム破壊時に化学反応を起 し,これが発熱反応であることによるのではないかと考 えられる。

以上の実験において,熱電対は加硫時にゴムの内部に 埋め込まれゴムと一体として製作されてはいるものゝ, 運転中にはゴムと熱電対との間には相対変位が起り摩擦 熱を発生することが考えられる。一方熱電対は半径方向 に封入されているのでこれを伝つての熱放散が考えられ る。幸いにして両者はその影響を打消す方向には働いて くれるが,実験の精度をあげるためにはこれらの誤差を 考慮すべきであろう。

〔V〕 内部摩擦による仕事量の測定

前述の(2)式で与えた関係が防振ゴムの場合成立する ことを確認するためにつぎの実験を行つた。すなわち前 報の疲労試験機に試験片を取りつけて自由振動を行わ せ,その変動を光を利用して電磁オッシログラフに捕え て対数減衰率を求めた。

--- 85 -----

その結果つぎの式⁽⁴⁾からわれわれが問題とする 20% 附近までの剪断歪に対して対数減衰率 ∂ はほぼ一定で, n=2 なる関係にあることがわかつた。

 $\delta = CG\tau^{n-2}$

ただしGは防振ゴムの剪断弾性係数である。この関係 式からCを計算し前述の $13[g\cdot cm/cm^3]/[kg/cm^2]^2$ を えた。これから防振ゴムの内部摩擦による仕事量が(3) 式により計算できるわけであるが、これは飽くまでわれ われが今回使用した試験片のゴム配合の場合についての みであり、配合の異つたものを使用する場合には一応こ の実験を繰返しCを求める必要があろう。

〔VI〕結 言

以上防振ゴム疲労強度の主要因子たる温度の問題につ き理論および実験両面からの検討結果を述べたが,これ を要約するとつぎのごとくになる。

- (1) 加熱試験によって,回転中の円板型防振ゴムの温 度上昇はゴム部および接着面を劣化し疲労強度を弱 めるものであることがわかった。
- (2) 円板型防振ゴムが普通使用される程度の定荷重剪 断で回転されるとき,防振ゴムの温度は運転後間も なく平衡状態に達するが,このときの温度分布は

位時間中になされる内部摩擦による仕事量は(3)式によって求められる。

(4) 防振ゴムが正弦波的な剪断力変化を受けるとき、 1サイクルにおいてその最大剪断応力とその際なさ れる内部摩擦による仕事量との間には(2)式が成立 する。

以上は一定寸法,一定配合の防振ゴム試験片について の検討であるが,弾性車輪に使用されている防振ゴムは 寸法が大きく車軸の関係で中央に孔が開いており,また ゴムの配合についても日進月歩の状態にある。これらの 場合についても以上の考え方はそのま、適用できるが, 詳細の検討をなすに当つてはさらに補足的な実験と計算 を必要とするわけであり,われわれはこれらの問題につ いて研究を継続している。

最後に本研究を終始御指導下さつた九大石橋教授,ゴ ム内部温度測定に関し種々御意見を戴いた鉄研戸原技 師,実験に御協力戴いた平塚,福田両氏に深甚の謝意を 表する次第である。

参考文献

- (1) 桑江, 斎田: 日立評論 37 (昭30-9)
- (2) Y. Sawaragi and H. Tokumaru: Temperature Dependence of Internal Solid Frictional Mechanism of Vulcanized Natural Rubber,

(8)式によつて計算できる。

(3) 円板型防振ゴムが普通使用される程度の定荷重剪断で回転されるとき,ゴムの任意点の単位体積で単

Proceedings of the 4th Japan National Congress for App. Mech. (1954)

(3) 小野鑑正著: 材料力学

(4) 日本学術振興会編: 金属材料 I 応力論

	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
日立造船技報	Vol. 38 日立評論 No. 3 日次
Vol. 17 No. 1	◎鶴見第二発電所および新東京発電所納
目 次	81,000 kVA 水素冷却タービン発電機
◎深溶込溶接の実用化について 柴柳 徹郎	<ul> <li>②鶴見第二発電所および新東京発電所納</li> <li>66,000 kW 蒸気タービンおよび給水加熱装置</li> <li>◎大流量測定法としてのピトー管法に</li> </ul>
◎抵抗線ひずみ計の測定精度に {安田 益一 関する研究 {坂本 勲	関する諸問題(第1部) ビトー管法の概要と従来の見解
◎18-8 クラッド鋼の加工について 林 良三	<ul> <li>○ 直流ユニットサブステーション</li> <li>○ 自 動 昇 圧 器</li> <li>○ 日 ー 印伊郡御史 明</li> </ul>
◎電磁型回転計の指針の揺動に 長畑 康夫	○日立二相保護維電益 ○ケーブルカー制動装置 ○デスタンスローブトケージ間の相対横浮れの実測
曲げモーメントを受けるU型 ◎わん曲管の応力ならびに降伏 斉藤禎三郎 について	<ul> <li>◎日立 2¹/₂ 番強力横フライス盤について</li> <li>◎クロスバー式交換機(第2報)</li> <li>◎純国産の新螢光体</li> </ul>
◎油タンク船すまとら丸の船こ 落合 洋	○ ハロ燐酸カルシワムーカトミワムについて ◎ ハルプマイカガラスの電気特性と その劣化について
本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。	<ul> <li>◎ケーブル用鉛地金中の不純物比色分析法(第3報)</li> <li>◎ケーブル鉛被の内圧試験と補強効果</li> <li>◎ガスタービン用 Ni-Cr-Co 系耐熱鋼の諸性質に</li> <li>□ お上ぼす Nb V Ti お上び No の影響</li> </ul>
日立造船株式会社技術研究所	東京都千代田区セの内111(新セビル7階)
大阪市此花区桜島北之町60	日立評論社 誌代 1ヶ月 ¥100(〒12) 6ヶ月 ¥430(送共) 12ヶ月 ¥840(送共)
~~~~~~	·



- 86 -----