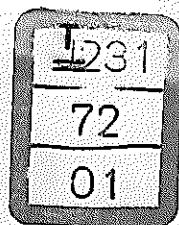


本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。

01.11.30

[技術情報室]



高速増殖炉油圧防振器試験研究 報 告 書

動力炉、核燃料開発事業団殿

1972年10月30日



三和鉄軌工業株式会社

宇都宮工場設計課

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

高速増殖炉用油圧防振器試験研究

宇都宮工場設計課

砂子田 勝 昭

佐々木 昭 司

内 歳 保

高速増殖炉の一次系に使用する耐放射線油圧防振器を開発する目的で、防振器のシール部材を金属性シールリング及び金属Oリングを用いた構造の油圧防振器を試作した。これらの性能を確認するため、耐圧試験、振動試験、静的作動試験を5種類の作動油（50、100、500、1000、3000 cSt）別に行なった。

又、外部漏洩試験、作動油交換試験は50 cSt の作動油で行なった。油圧防振器加熱試験は500 cSt の作動油で行なった。最後に耐放射線性作動油HIVAC F-5、ARO-4を使用した油圧防振器に⁶⁰Co γ線照射を行ない、その前後の性能試験結果の比較をした。

以上の結果作動油の粘度は500 cSt まで性能上満足し、また耐放射線に対してはARO-4 HIVAC F-4のいずれの場合も 1×10^8 Rまで性能が保障された。

目 次

	頁
1. 試験の目的と方針	1
2. 設計製作	1
2-1 シール機構	1
2-2 圧力発生機構	2
3. 試験方法	2
3-1 静的作動試験	2
3-2 振動試験	2
3-3 耐圧試験	2
3-4 外部漏洩試験	2
3-5 作動油交換試験	3
3-6 油圧防振器加熱試験	3
3-7 油圧防振器放射線照射試験	3
3-8 シリンダチューブ内空気混入試験	3
4. 試験結果および考察	4
4-1 静的作動試験	4
4-2 振動試験	4
4-3 耐圧試験	4
4-4 外部漏洩試験	4
4-5 作動油交換試験	4
4-6 油圧防振器加熱試験	5
4-7 油圧防振器放射線照射試験	5
4-8 シリンダチューブ内空気混入試験	5
5. 考 察	5
図1~12	7~16
表1~9	17~27

1. 試験の目的と方針

高速増殖炉一次冷却系ナトリウム配管の耐震用油圧防振器は、放射化された ^{22}Na 、 ^{24}Na により、高線量の γ 線照射を受ける。1969年～1971年に行なわれた第一期の照射試験¹⁾の結果、従来油圧防振器に使用されてきた作動油は、高線量 γ 線照射により多量の分解ガスが発生し、またシール材として使用されてきた加硫ゴムは、その物性値が著しく変化することが判明した。従って耐放射線油圧防振器の開発にあたり、第一に高放射線照射によっても分解ガスの発生が少なく、かつ作動油としての一般性状を保つオイルを見い出すこと、第二に高放射線照射にも耐える金属性シール材を使用した新しいシール機構を見い出し、かつ油圧防振器としての性能が保たれる構造を見い出すことが開発の方針とされた。

第一の開発に対しては、動力炉、核燃料開発事業団委託により、日本原子力研究所にて行なわれ、耐放射線用作動油として、二種類のオイルが見い出された。

本報告書は第二の開発に関して行なわれた試験結果であり、シール機構としては固定部シールとして金属性中空Oーリングを使用し、運動部シールとして、ピストン部はピストンリングを使用し、ピストンロッド部は、多段構造シールリング形式及び三つ割リング形式が検討され、予備試験の結果多段構造シールリング形式を使用することにした。

次にこれらのシール機構を使用した場合の性能を調べる為、油圧防振器の作動油粘度を変え、それぞれについて、振動試験、静的作動試験、外部漏洩試験、耐圧試験を行なった。またこれらの性能試験の他に、油圧防振器内の発生気体が外部より強制的に作動油を交換した場合どの様に変化するかを見る作動油交換試験、温度による性能変化を調べる油圧防振器加熱試験を行なった。また日本原子力研究所によって開発された作動油を使用した油圧防振器に放射線照射を行ない、照射前後の性能試験結果の比較を行なった。なお油圧防振器は設計荷重5000kgのものを製作した。

2. 設 計 製 作

油圧防振器の設計にあたっては、シール機構に最大の主眼を置き、従来使用されてきた加硫ゴム材料を使用しない構造とした。図1に本試験のため設計製作された油圧防振器を示す。

2-1 シール機構

固定部は金属Oーリングを使用した構造とし、その材質はSUS 321製で中空となっている。圧力が負荷された場合は中空内部にも圧力が伝わり、高内圧の場合でもシールが保たれる様になっている。運動部中、ピストンとシリンダ部のシール機構は、図2の単体ピストンリング3ヶ使用した機構とした。また、ピストンロッドとロッドカバー部のシール機構は図3のインナリング6ヶ使用のものと10ヶ使用の二種類の機構とした。

2-2 圧力発生機構

圧力発生機構は図1に示すボベット弁機構とし、ピストンが $0.2 \sim 0.4 \text{ cm/sec}$ の速度以上で振動した場合に弁が閉じ、圧力が発生する様に弁ばね及びボベット弁の穴径を選定した。

3. 試 験 方 法

3-1 静的作動試験

図4に静的作動試験の概略図を示し、表1にその組合せを示す。試験方法は、最初ピストンロッドをゆるやかに移動し、 $(0.2 \sim 0.4 \text{ cm/sec})$ ボベット弁の閉じるときのピストン移動速度を測定しこの速度を弁閉速度とした。次に急激な負荷を約 5000 kg 与え、このときのピストンロッドとシリンダ間の相対変位を測定し、この変位を初期変位とした。これらの試験を作動油粘度、 $50, 100, 500, 1000, 3000 \text{ cSt}$ について測定し、 $50 \sim 500 \text{ cSt}$ に対しては、防振器6台全数行ない、 $1000 \sim 3000 \text{ cSt}$ に対しては、図3のインナリング6ケのもの1台、インナリング10ケのもの1台計2台の試験を行なった。試験は室温中にて行なった。

3-2 振動試験

図5に振動試験の概略図を示し、表1にその組合せを示す。試験方法は、最初ピストンロッドをゆるやかに移動し $(0.2 \sim 0.4 \text{ cm/sec})$ ボベット弁の閉じるときのピストン移動速度を測定し、このときの速度を弁閉速度とした。次にピストンロッドに、振動数 $5.10, 15 \text{ Hz}$ 、負荷荷重約 5000 kg を与え、そのときのピストンロッドとシリンダチューブ間の相対変位を測定し、振幅とした。これらの測定を作動油粘度、 $50, 100, 500, 1000 \text{ cSt}$ について、防振器6台全数行なった。なお粘度 3000 cSt については、粘度 1000 cSt の試験結果より判断し、試験を中止した。

3-3 耐圧試験

耐圧試験は油圧防振器6台全数につき、作動油粘度 50 cSt を使用し、耐圧 7500 kg 、 10 分間行ない、材料強度について目視により調べた。

3-4 外部漏洩試験

外部漏洩試験は、3-1の静的作動試験時、3-2の振動試験時、3-3の耐圧試験時における油圧防振器から外部に漏洩する作動油の量を測定した。また図6の様に油圧防振器を長時間放置した場合の外部に対する漏洩量も測定した（無負荷漏洩試験）。漏洩時間は、静的作動試験時1分間、振動試験時 $5 \text{ Hz } 5000 \text{ kg}$ 1分間、耐圧試験時10分間、無負荷漏洩試験時50時間とした。表1に作動油粘度との組合せを示す。

3-5 作動油交換試験

図7に作動油交換試験の概略図を示す。試験方法は、最初透明なシリンダ内に空気を満たし、その後油流入口より圧力水頭差及びポンプにより作動油を入れ、油流出口より取り出した。そのときシリンダ内に残留する空気量を目視により測定した。シリンダの傾角は 0° 、 30° 、 45° 、 60° 、 90° にて行なった。作動油は粘度 50 cSt のものを使用した。

3-6 油圧防振器加熱試験

図8に油圧防振器加熱試験の概略図を示す。試験方法は油圧防振器に加熱ヒータを装着し、保温材を巻き、加熱した。温度は約 100°C （油温）とし、作動油は、常温で 500 cSt （ 100°C で 150 cSt ）のものを使用した。測定は3-1及び3-2に準じた静的作動試験及び振動試験を行なった。

3-7 油圧防振器放射線照射試験

3-4の外部漏洩試験の結果、ピストンロッド部からの油漏洩量を完全に零にすることができなかったため、加硫ゴム製Oリングの補助シールを付加することを検討した。高放射線照射にもシール性が保たれるか否かを調べる意味で図9に示すシール機構の油圧防振器に ^{60}Co γ 線を $2 \times 10^8\text{R}$ 照射し、照射前後の性能を3-1、3-2、3-3、3-4の試験に準じて行なった。油圧作動油は、日本原子力研究所にて開発された耐放射線作動油HIVAO F-4，ARO-4を使用し、油圧防振器2台で行なった。

3-8 シリンダチューブ内空気混入試験

図10に試験概略図を示す。試験方法は、ピストンをストローク中央にセットし、シリンダチューブの空気抜き穴より圧縮側、引張側とも油を抜き取ることにより、シリンダチューブ内に空気を入れ、再び空気抜き穴を閉じ、その後負荷を圧縮側、引張側に約 5000 kg 与え、そのときのシリンダチューブとピストンとの相対変位量を測定した。油抜き取り量は①圧縮側、引張側とも同量抜き取る方法と、②圧縮側、引張側に含まれる油量と同じ割合で抜き取る方法の2通り行なった。作動油は 50 cSt の粘度のものを使用した。

4. 試験結果および考察

4-1 静的作動試験

表2に静的作動試験結果を示す。

試験結果は作動油粘度500 cSt までは性能に大きな変化はないが、粘度が大きくなるに従って少しずつ初期変位が大きくなっている。ポペット弁穴径は当然予想されることであるが、大きくなっている。粘度1000 cSt の場合、弁閉速度、荷重は、数値上満足されているが、初期変位に関してはバラッキが大きい。粘度3000 cSt の弁閉速度は粘度が大きいため、ただちにポペット弁が閉となり測定できなかった。

4-2 振動試験

表3-1, 2, 3, 4に振動試験測定結果を示す。この測定結果によると、一定粘度に対しては、振動数5 Hz, 10 Hz, 15 Hzの順に圧縮荷重、引張荷重の差が若干大きくなっていく。粘度1000 cSt の場合は荷重のバラッキが大きく、15 Hzでは防振器に圧力が発生しなかった。これは高粘度に対する防振器の構造上に配慮する点があるのと、試験方法に問題があると思われる。そのため3000 cSt に対しては試験を中止した。シリンダチューブとピストンの相対振幅は、作動油粘度により50~500 cSt の順に大きくなっている。振動数の変化による振幅の差は見られなかった。

4-3 耐圧試験

耐圧試験は油圧防振器全数6台とも異状なかった。

4-4 外部漏洩試験

表4に外部漏洩試験結果を示す。

無負荷漏洩は、図3のOーリングが有る場合と無い場合で行ない、その他の漏洩はOーリングの有る場合で行った。この結果を見ると、無負荷漏洩は、Oーリング有りの方が漏洩量がほとんどない。№4 防振器は異常値を示すが、これは製作公差不備か、もしくは組立時の不備と考えられる。耐圧時における漏洩は№1~№4に関しては漏洩は見られなかったが、№5, №6は10分間で2 gとなった。静的作動試験は、全数とも作動油粘度に関係なく漏洩は見られなかった。振動試験時の漏洩はある程度認められた。動試験の結果を見ると、粘度変化による漏洩量の変化は、それほど大きくない。ただし無負荷時漏洩は予備試験を行なった結果では粘度に大きく依存する結果が得られている。

4-5 作動油交換試験

表5に作動油交換試験結果を示す。

この結果により、シリンダチューブ内に残存する空気を強制的に抜き去ることはできなかった。このことは油圧防振器に放射線が照射された場合、シリンダ内に放射線分解による発生ガスはこの

4-6 油圧防振器加熱試験

表6に油圧防振器加熱試験結果を示す。この結果を見ると、温度を上げることにより作動油の粘度が下がり、初期変位と弁閉速度が大きくなる。100°Cの場合弁閉速度が約0.55 cm/secであるのに対し、20°Cの場合は約0.21 cm/secとなっている。温度加熱による外部に対する油の漏洩は見られなかった。

4-7 油圧防振器放射線照射試験

表7に油圧防振器放射線照射試験の結果を示す。この結果を見ると放射線照射前と照射後では、初期変位が作動油HIVAC F-4, ARO-4とも大きくなっている。このことは油圧防振器に2×10⁸R γ線を照射した場合は、性能上影響があり、次に述べる4-8シリンダチューブ内空気混入試験を考えると、現在の構造では1×10⁸R内にγ線照射線量を押える必要がある。この試験は補助的に加硫ゴムシール機を使用した。γ線を2×10⁸R照射した後においても作動油の外部漏洩は耐圧試験、静的作動試験、振動試験、無負荷漏洩試験においても見られなかった。このことは、加硫ゴムシール材は補助シール材としては、かなり大きなシール性を示すものと考えられる。

4-8 シリンダチューブ内空気混入試験

表8及び表9に試験結果を示す。図11、図12はそれぞれのデータについてグラフ化したものである。表8及び図11は、シリンダチューブの圧縮側、引張側に等しい空気量を入れた場合の性能であり、表9及び図12は、圧縮側、引張側の油量と同じ割合で空気を入れた場合の性能である。今油圧防振器の性能として、初期変位量を片振幅2 mmまで許容できるとするならば、油圧防振器内に存在できる空気量は、20 ccとなる。油圧防振器内油量は約600 ccであり、HIVAC F-5及びARO-4の場合600 gの油が20 ccのガスを発生する照射線量は約1×10⁸R (at room temp) であり、これらのことから現在の構造の油圧防振器限界放射線照射線量は1×10⁸Rと考えられる。

5. 考 察

高放射線雰囲気で使用する油圧防振器は、シール材に加硫ゴムを用いることは放射線による劣化のため困難である。従って放射線に変化のない金属シール構造を持つ油圧防振器を開発すべく、種々の性能試験がくりかえされた。

金属シールの多くは固定部に使用されるのが一般的で、運動部のシールに使用されるのはまれな場合である。しかも長期間、シール部からの油の漏洩量を零に、およびそれに近い値にすることは、

実績も皆無であり、非常に困難である。

*

本研究の結果、金属シール構造の油圧防振器は加硫ゴムシールの場合と基本性能はほとんど変化がないシール構造とすることができた。従って基本性能におよぼす影響は作動油粘度、シリンダ内に存在する気体の量、圧力発生機構である。

金属シールは外部漏洩量を零にすることはできなく、非常に微量であるが漏洩する。

金属シールは高圧時には漏洩がなく無負荷時に洩れることに注目し、補助的に加硫ゴムを使用することを検討した。ただ加硫ゴムは第一期の照射試験¹⁾の結果、単独で高放射線下では使用できない。従って今回のたとえ低圧でも高放射線に照射された場合のシール効果を検討するため、実際放射線を照射しシール性について試験した。補助シール材は比較的耐放射線性を示す中高ニトリルゴム（硬度70 HS）を用いた。試験結果は静的作動試験、振動試験、耐圧試験、無負荷漏洩試験とも、漏洩は見られず充分実用できると判断した。

＊ 基本性能： 基本性能とは静的作動試験および振動試験で、所定の抵抗力を発生し、かつシリンダチューブとピストンの相対変位が $\pm 2\text{ mm}$ 以下であり、弁閉速度が $0.2 \sim 0.4\text{ cm/sec}$ 内であることを云う。

以上の試験結果により次のことが云える。

- 1) 金属性シール材料を使用した場合、油圧防振器の基本性能は、加硫ゴムシール材を使用した場合と比較し、変化ない。
- 2) 運動部からの油漏れを除去することは困難であるが、補助的に加硫ゴムシール材を使用することにより、漏洩量を零にすることが可能である。実験では補助加硫ゴムシール材は $2 \times 10^8\text{ R}$ の照射線量に耐えられた。
- 3) 油圧防振器の初期変位を $\pm 2\text{ mm}$ 以下とする限界放射線照射線量は、作動油をHIVAO F-5、ARO-4とする場合 $1 \times 10^8\text{ R}$ である。
- 4) 油圧防振器の性能中、弁閉速度は温度により影響されるため、使用場所での温度を考慮し設計されなければならない。

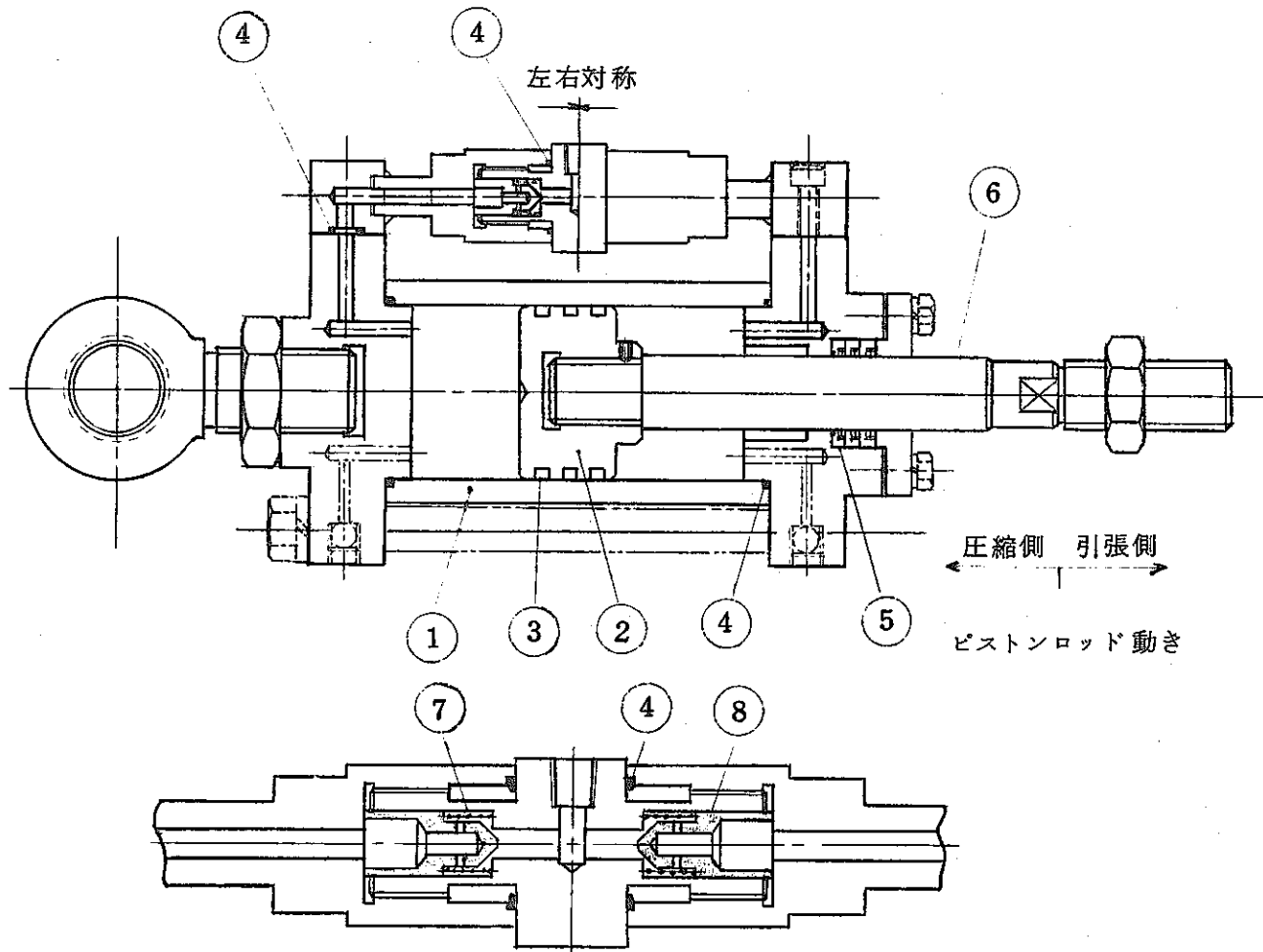
最後にこの受託研究を行なうにあたり、試料の提供ならびに技術上の助言をいただいた呉羽化学工業株式会社、信越化学工業株式会社、理研ピストンリング工業株式会社、株式会社阪上製作所の担当の方々、ガス分解その他多くの御指導をいただいた日本原子力研究所高崎研究所の担当の方々、ならびに委託者側の動力炉、核燃料開発事業団開発本部川口氏、伊藤氏、日本原子力発電株式会社技術本部秋野氏、加藤氏、田村氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 三和鉄軌工業株式会社：“高速増殖炉油圧防振器放射線照射試験研究報告書”
- 2) 徳永興公・阿部俊彦・影山英一：“油圧防振器用作動油の放射線照射試験”

JAERI MEMO 4909

図1 油圧防振器断面図



圧力発生機構詳細

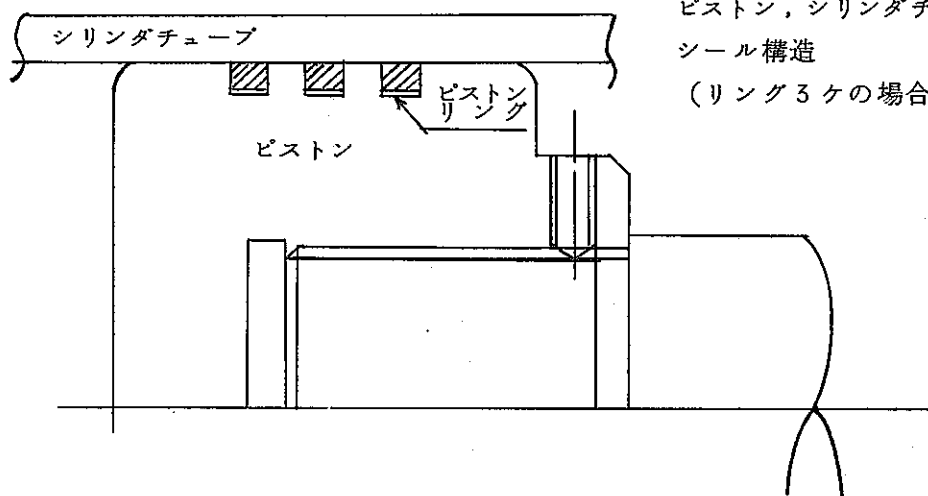
設計要項

1. 荷重: 5000 Kg 内圧 圧縮側: 78.6 Kg/cm^2
引張側: 104.8 Kg/cm^2
2. 作動油: シリコンオイル KF96-50, 100, 500,
1000, 3000
3. 圧力発生機構: ポペット弁型式
4. シール機構 固定部: 金属Oーリング (SUS321)
往復動部: ピストンリング, インナリング
三つ割リング
5. 弁閉速度: $0.2 \text{ cm/sec} \sim 0.4 \text{ cm/sec}$

8	ポペット弁
7	ポペット弁バネ
6	ピストンロッド
5	往復動シール (インナリング)
4	金属Oーリング
3	ピストンリング
2	ピストン
1	シリンダチューブ
16	部品名称

図2 単体シール

ピストン、シリンダチューブ部
シール構造
(リング3ヶの場合)



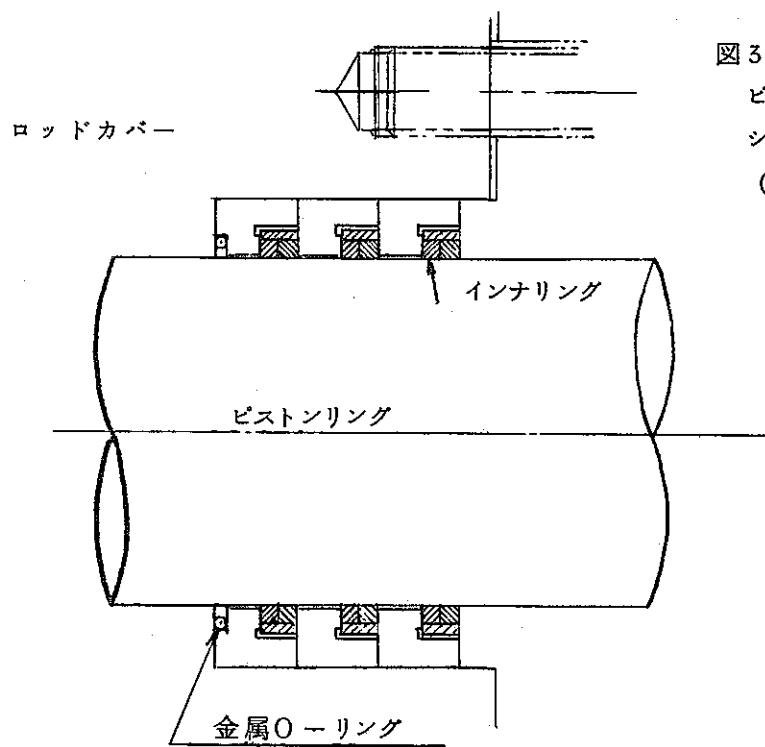


図3-1 インナリング使用
ピストンロッド、ロッドカバー部
シール構造
(6ヶ使用の場合)

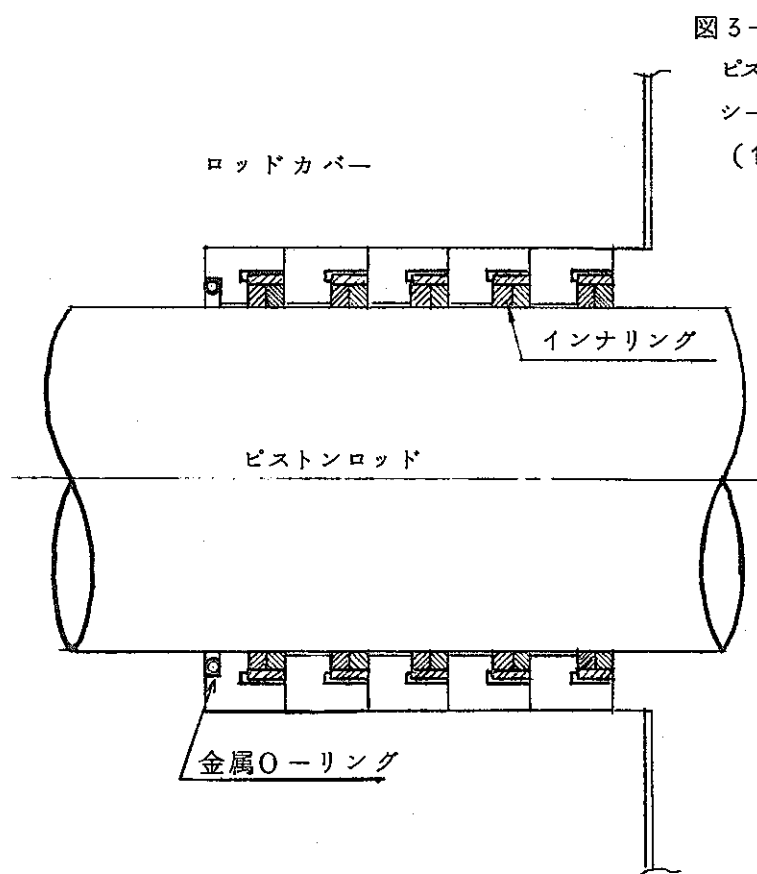


図3-2 インナリング使用
ピストンロッド、ロッドカバー部
シール構造
(10ヶ使用の場合)

図4 静的作動試験概略図

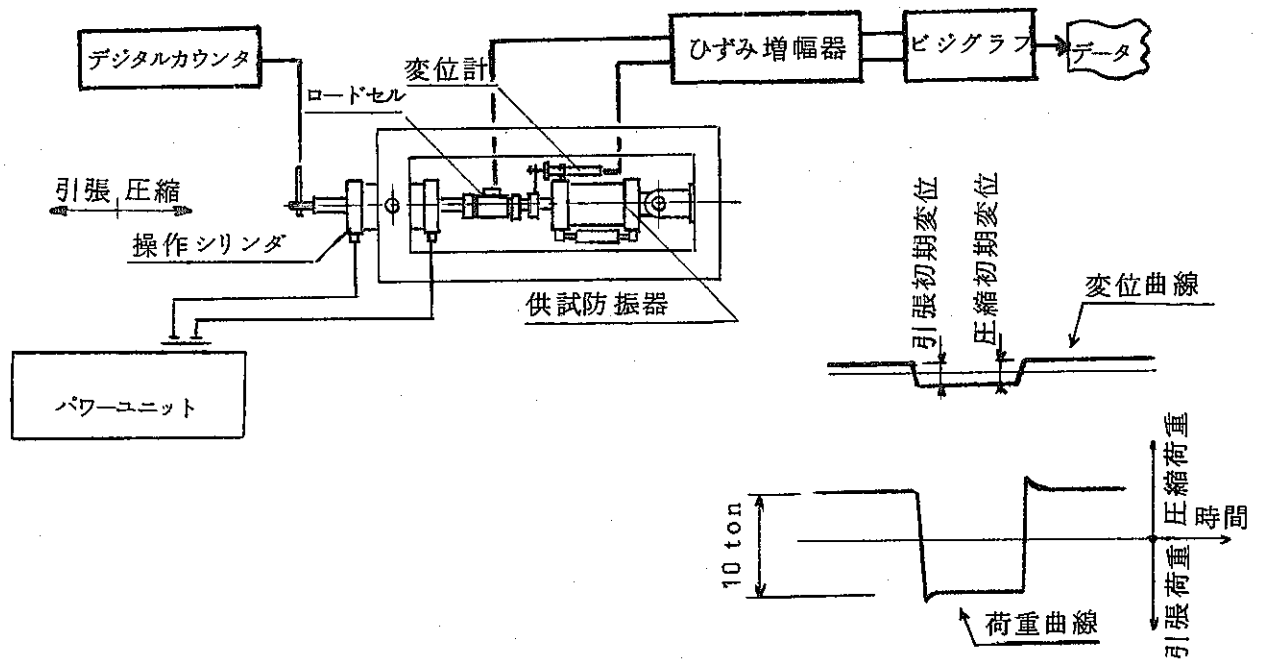


図5 振動試験概略図

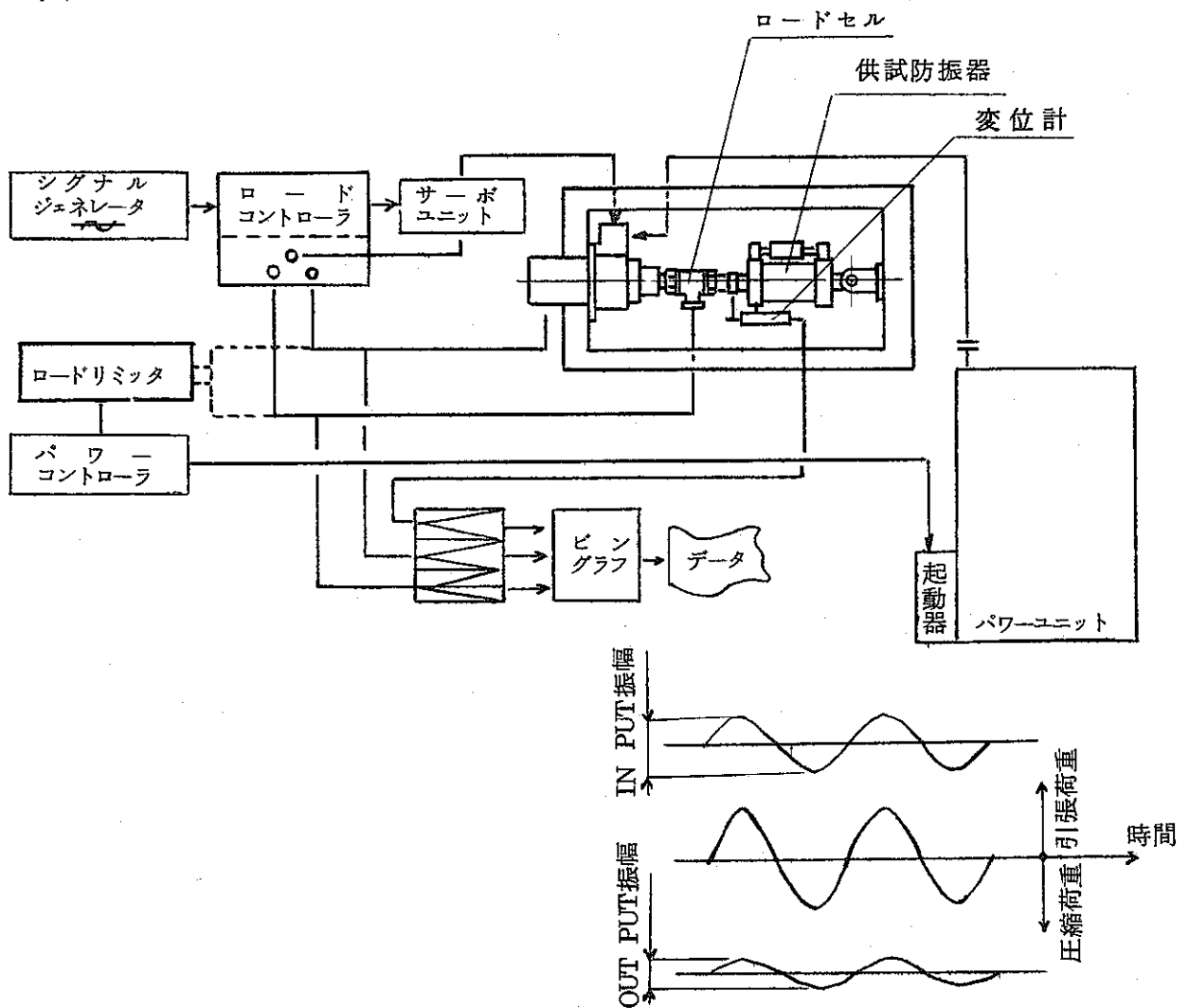
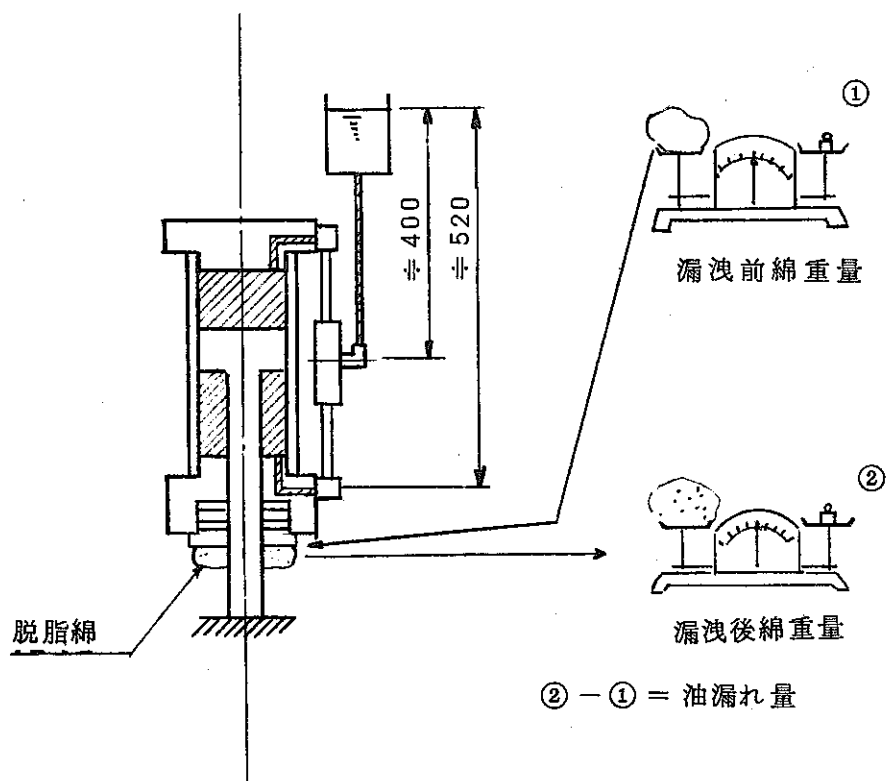


図6 無負荷漏洩試験図概略図



○ 測定時間 50時間

○ 測定精度 $\pm 0.5g$

図7 作動油交換試験概略図

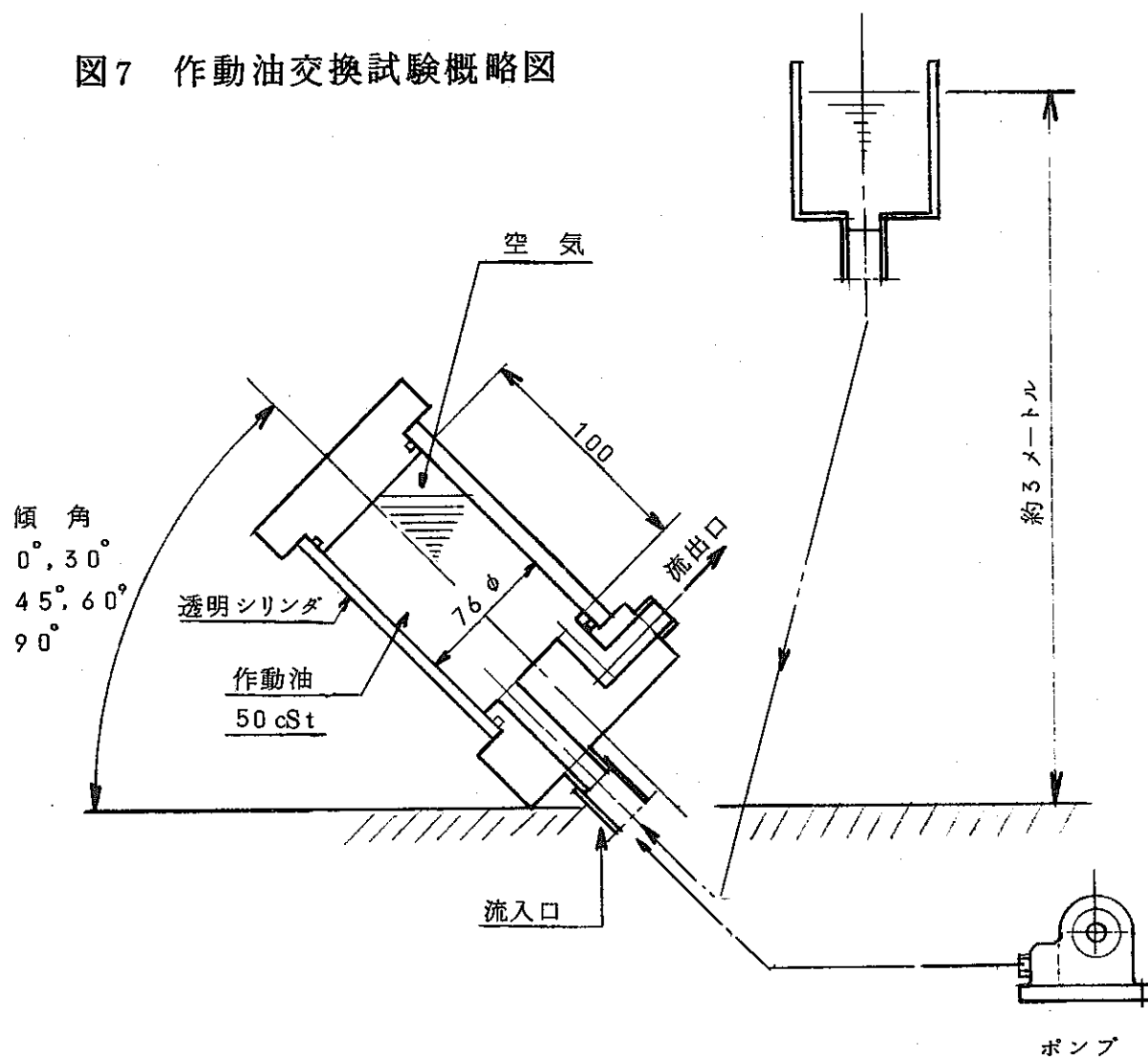


図8 油圧防振器温度加熱試験概略図

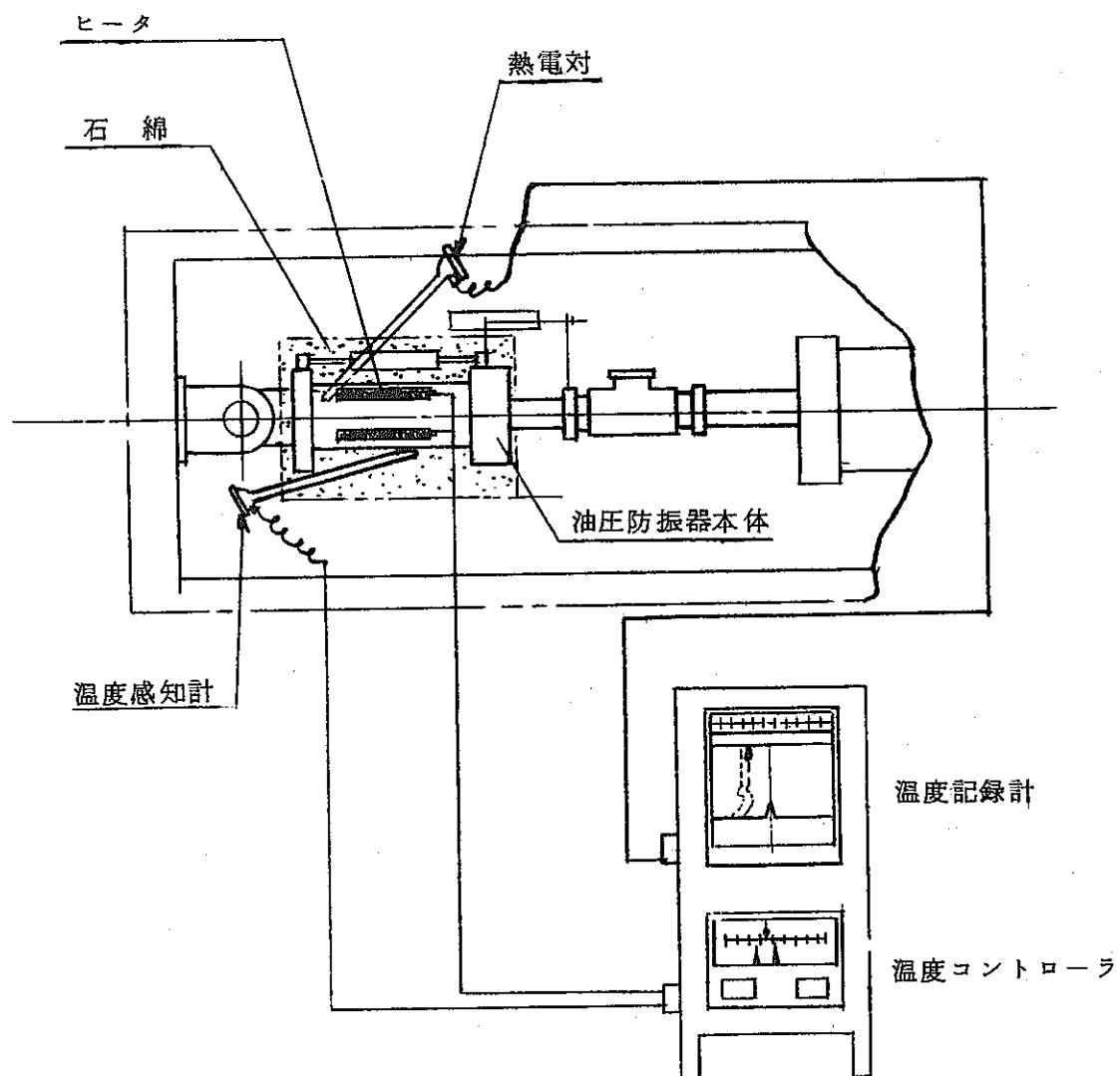


図9 放射線照射試験用
補助シール構造

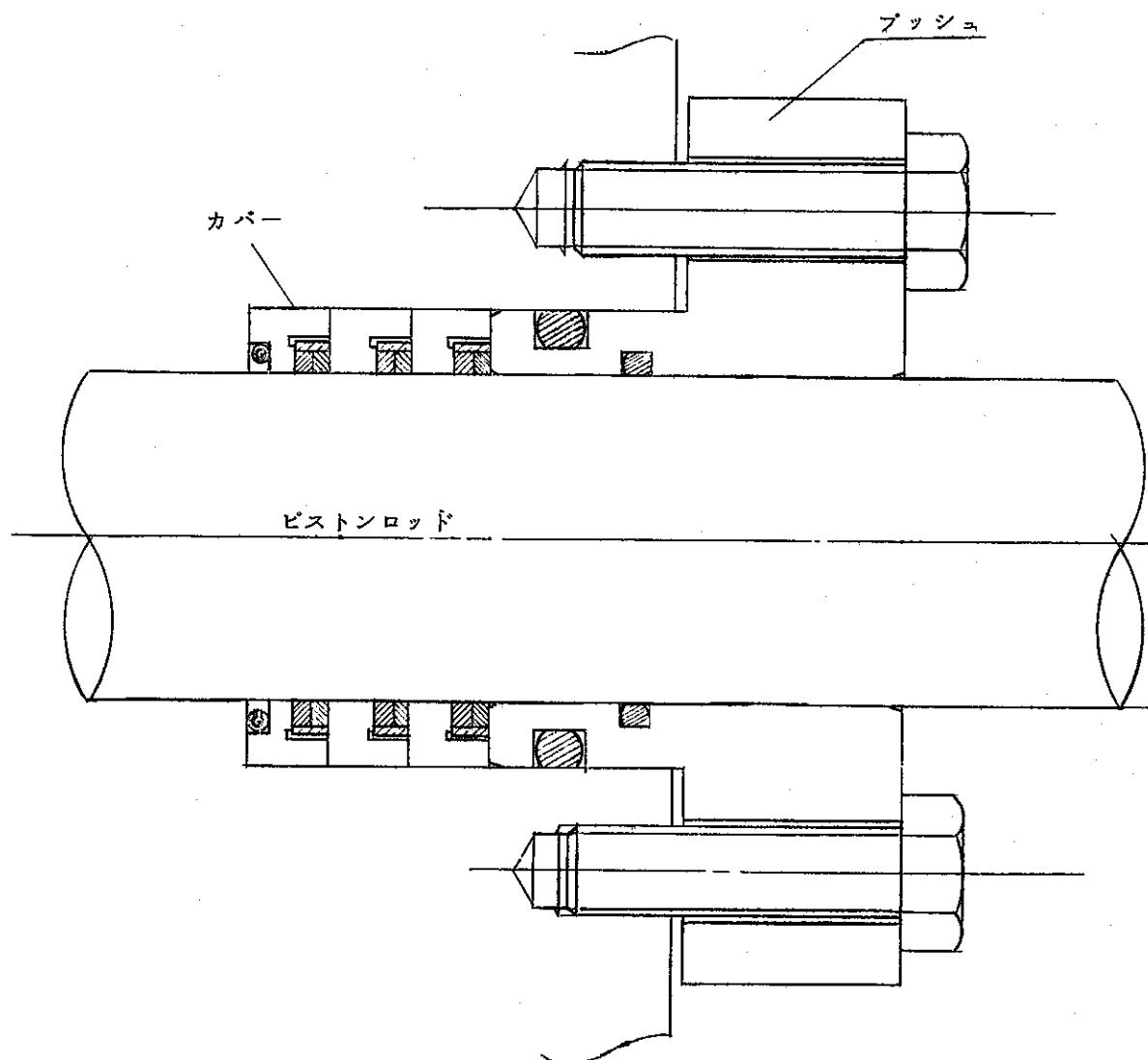
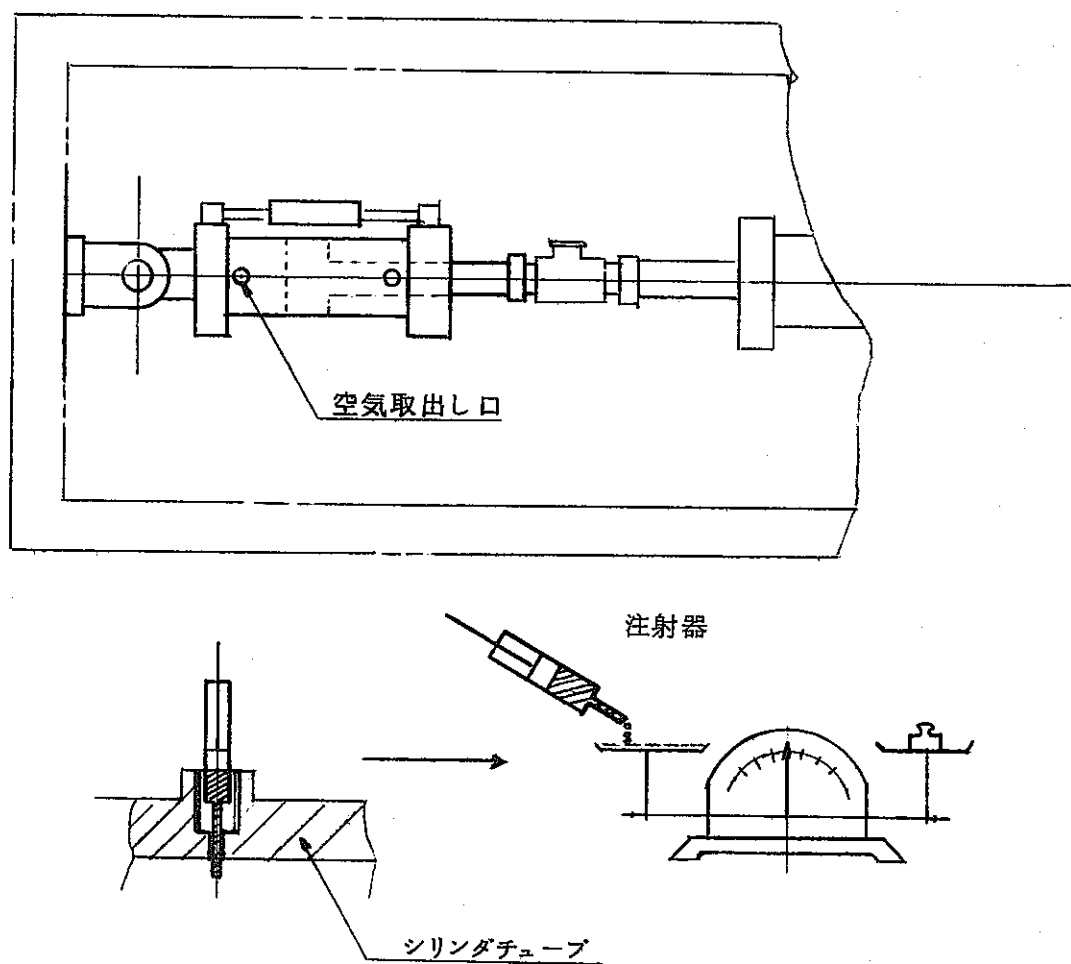
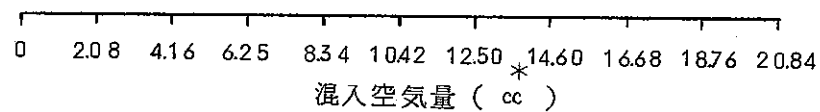
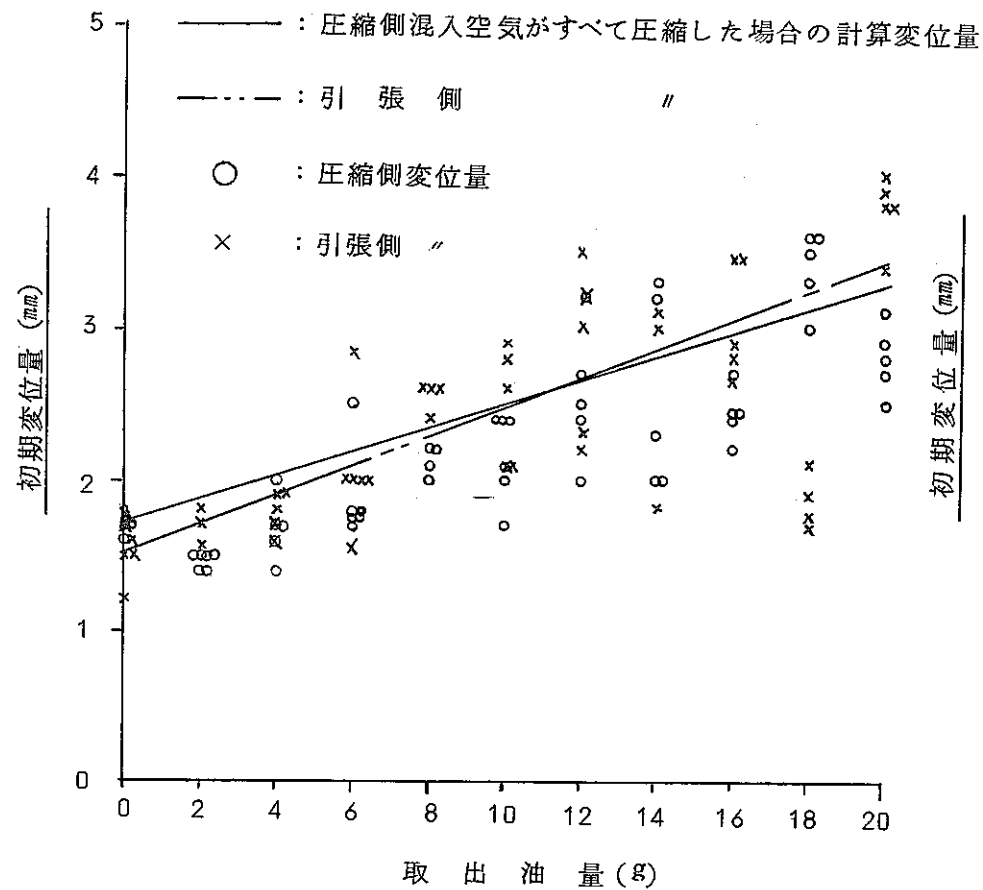


図10 シリンダチューブ内空気混入試験概略図



空気取出口詳細図

図 11 空気混入による初期変位量の変化グラフ



* 印は油比重を 0.96 とし 取出油量分を空気混入量とし計算した値

図 12 空気混入による初期変位量の変化グラフ

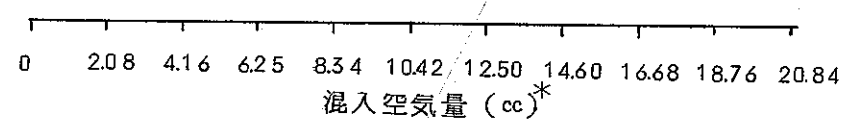
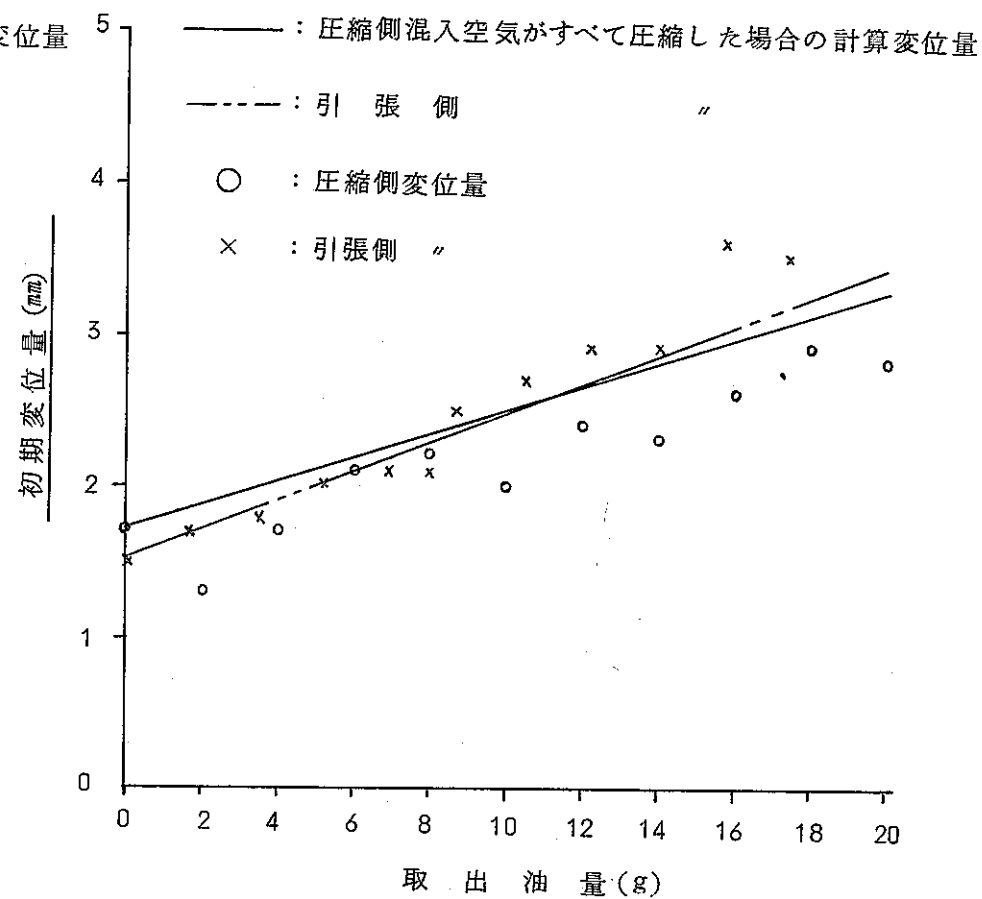


表 1 試 験 組 合 せ 表

リング数	作動油 粘 度 (cSt)	外 部 漏 洩					静 的 性 能			動 的 性 能		
		無負荷		耐 圧	静 性	動 性	速度	移動	抵抗力	5TON 5 H _z	5TON 10 H _z	5TON 15 H _z
6 本 (インナリング数)	5 0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	1 0 0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
	5 0 0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
	1 0 0 0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	3 0 0 0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
10 本 (インナリング数)	5 0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	1 0 0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
	5 0 0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
	1 0 0 0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	3 0 0 0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
		有 無										
		O-リング										

(表中数字は防振器試験台数を示す。)

表2 静的作動試験結果

作動油 粘度 (cSt)	防振器 No.	荷 重 (kg)		初 期 変 位 (mm)		弁 閉 速 度 (cm/sec)		ボベット弁穴径 (mm)	
		圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張
50	1	5 050	4 950	1.5	1.3	0.251	0.282	1.9	1.7
	2	5 050	4 950	1.8	1.3	0.262	0.268	"	"
	3	5 150	5 250	1.8	1.4	0.296	0.320	"	"
	4	4 850	4 850	1.0	1.2	0.275	0.264	"	"
	5	5 250	5 350	1.2	1.8	0.250	0.259	"	"
	6	5 350	5 150	1.6	1.6	0.232	0.206	1.9	1.7
100	1	4 950	4 970	1.2	1.3	0.264	0.291	2.3	2.1
	2	5 150	5 150	1.2	1.2	0.270	0.308	"	"
	3	4 750	4 950	1.2	1.5	0.286	0.288	"	"
	4	5 250	5 050	1.4	1.8	0.350	0.348	"	"
	5	5 250	5 350	2.0	1.8	0.331	0.335	"	"
	6	5 250	5 250	1.5	2.0	0.286	0.318	2.3	2.1
500	1	4 850	5 150	1.2	1.2	0.235	0.232	3.9	3.3
	2	4 970	4 950	1.1	1.1	0.270	0.294	"	"
	3	5 150	5 350	2.0	2.0	0.332	0.327	"	"
	4	5 050	5 450	1.6	1.5	0.332	0.317	"	"
	5	5 150	5 350	2.4	2.2	0.333	0.322	"	"
	6	5 250	5 250	2.8	2.0	0.314	0.331	3.9	3.3
1000	3	4 950	5 170	1.5	1.7	0.238	0.244	5.3	4.5
	4	5 130	5 530	1.8	4.0	0.257	0.267	5.3	4.5
3000	3	5 150	5 750	1.9	2.0	—	—	6.0	6.0
	4	5 250	4 950	2.0	1.5	—	—	6.0	6.0

表3.1 振動試驗結果

防振器 No.	粘 度 (cSt)	振 動 數 (Hz)	荷 重 (Kg)		弁閉速度 (cm/sec)	弁 穴 徑 (mm)	振 幅 (mm)	
							INPUT	OUTPUT
1	50	5	引 張	4 2 5 0	0.27	1.7	2.2	1.0
			圧 縮	5 7 5 0	0.25	1.9		
		10	引 張	5 0 0 0	0.27	1.7	2.1	1.2
			圧 縮	5 0 0 0	0.25	1.9		
		15	引 張	5 0 0 0	0.27	1.7	2.1	0.75
			圧 縮	4 5 0 0	0.25	1.9		
2	50	5	引 張	4 5 0 0	0.26	1.7	1.8	0.4
			圧 縮	7 2 5 0	0.23	1.9		
		10	引 張	4 7 5 0	0.26	1.7	2.0	1.0
			圧 縮	7 2 5 0	0.23	1.9		
		15	引 張	5 5 0 0	0.26	1.7	2.0	1.2
			圧 縮	6 0 0 0	0.23	1.9		
3	50	5	引 張	3 5 0 0	0.31	1.7	2.0	1.2
			圧 縮	7 5 0 0	0.27	1.9		
		10	引 張	4 5 0 0	0.31	1.7	2.2	1.4
			圧 縮	6 7 5 0	0.27	1.9		
		15	引 張	7 5 0 0	0.31	1.7	2.3	1.4
			圧 縮	5 0 0 0	0.27	1.9		
4	50	5	引 張	4 0 0 0	0.30	1.7	1.9	1.2
			圧 縮	7 5 5 0	0.26	1.9		
		10	引 張	3 5 0 0	0.30	1.7	1.9	1.2
			圧 縮	7 5 0 0	0.26	1.9		
		15	引 張	3 3 0 0	0.30	1.7	1.9	1.2
			圧 縮	7 0 0 0	0.26	1.9		
5	50	5	引 張	5 5 0 0	0.33	1.7	2.4	1.7
			圧 縮	6 5 0 0	0.28	1.9		
		10	引 張	5 5 0 0	0.33	1.7	2.4	1.6
			圧 縮	6 5 0 0	0.28	1.9		
		15	引 張	9 0 0 0	0.33	1.7	2.9	2.2
			圧 縮	5 5 0 0	0.28	1.9		
6	50	5	引 張	5 2 5 0	0.26	1.7	2.4	1.4
			圧 縮	7 0 0 0	0.28	1.9		
		10	引 張	5 0 0 0	0.26	1.7	2.4	1.4
			圧 縮	6 4 0 0	0.28	1.9		
		15	引 張	5 0 0 0	0.26	1.7	2.4	1.3
			圧 縮	6 5 0 0	0.28	1.9		

表 3 · 2 振 動 試 驗 結 果

防振器 No.	粘 度 (cSt)	振 動 数 (Hz)	荷 重 (Kg)		弁閉速度 (cm/sec)	弁 穴 径 (mm)	振 幅 (mm)	
							INPUT	OUTPUT
1	100	5	引 張	6 0 0 0	0.28	2.1	2.4	1.4
			圧 縮	5 7 0 0	0.28	2.3		
		10	引 張	6 5 0 0	0.28	2.1	2.4	1.3
			圧 縮	5 5 0 0	0.28	2.3		
		15	引 張	6 5 0 0	0.28	2.1	2.4	1.5
			圧 縮	5 1 5 0	0.28	2.3		
2	100	5	引 張	3 7 5 0	0.32	2.1	2.7	1.6
			圧 縮	7 5 0 0	0.28	2.3		
		10	引 張	6 5 0 0	0.32	2.1	3.1	2.0
			圧 縮	5 0 0 0	0.28	2.3		
		15	引 張	5 4 0 0	0.32	2.1	3.0	2.0
			圧 縮	7 0 0 0	0.28	2.3		
3	100	5	引 張	5 0 0 0	0.31	2.1	2.4	1.4
			圧 縮	7 0 0 0	0.29	2.3		
		10	引 張	5 0 0 0	0.31	2.1	2.4	1.3
			圧 縮	6 5 0 0	0.29	2.3		
		15	引 張	5 2 5 0	0.31	2.1	2.3	1.3
			圧 縮	5 5 0 0	0.29	2.3		
4	100	5	引 張	6 5 0 0	0.33	2.1	2.3	1.1
			圧 縮	5 7 5 0	0.35	2.3		
		10	引 張	6 5 0 0	0.39	2.1	2.3	1.2
			圧 縮	5 5 0 0	0.35	2.3		
		15	引 張	5 0 0 0	0.39	2.1	2.0	1.0
			圧 縮	5 0 0 0	0.35	2.3		
5	100	5	引 張	4 8 7 0	0.33	2.1	2.2	1.1
			圧 縮	6 2 5 0	0.34	2.3		
		10	引 張	5 0 0 0	0.33	2.1	2.0	1.0
			圧 縮	6 0 0 0	0.34	2.3		
		15	引 張	4 9 0 0	0.33	2.1	2.0	1.0
			圧 縮	3 7 0 0	0.34	2.3		
6	100	5	引 張	5 7 5 0	0.24	2.1	2.4	1.1
			圧 縮	5 3 5 0	0.26	2.3		
		10	引 張	5 0 0 0	0.24	2.1	2.4	1.4
			圧 縮	5 5 0 0	0.26	2.3		
		15	引 張	6 0 0 0	0.24	2.1	2.4	1.2
			圧 縮	5 5 0 0	0.26	2.3		

表 3 · 3 振 動 試 驗 結 果

防振器 №	粘 度 (cSt)	振動數 (Hz)	荷 重 (Kg)		弁閉速度 (cm/sec)	弁 穴 徑 (mm)	振 幅 (mm)	
							INPUT	OUTPUT
1	500	5	引 張	5 0 1 0	0.20	2.8	2.8	1.8
			圧 縮	6 7 5 0	0.25	3.1		
		10	引 張	4 8 0 0	0.20	2.8	2.4	1.6
			圧 縮	6 5 0 0	0.25	3.1		
		15	引 張	6 0 0 0	0.20	2.8	3.0	2.1
			圧 縮	8 2 5 0	0.25	3.1		
2	500	5	引 張	6 0 0 0	0.21	2.8	3.3	2.4
			圧 縮	7 2 5 0	0.24	3.1		
		10	引 張	6 5 0 0	0.21	2.8	3.2	2.1
			圧 縮	6 5 0 0	0.24	3.1		
		15	引 張	4 5 0 0	0.21	2.8	2.7	1.5
			圧 縮	5 5 0 0	0.24	3.1		
3	500	5	引 張	6 7 0 0	0.21	2.8	3.4	2.1
			圧 縮	7 5 0 0	0.25	3.1		
		10	引 張	6 0 0 0	0.21	2.8	3.3	2.1
			圧 縮	8 0 0 0	0.25	3.1		
		15	引 張	5 0 0 0	0.21	2.8	2.8	1.6
			圧 縮	5 5 0 0	0.25	3.1		
4	500	5	引 張	5 5 0 0	0.33	2.8	3.0	1.8
			圧 縮	5 0 0 0	0.26	3.1		
		10	引 張	5 5 0 0	0.33	2.8	3.2	2.0
			圧 縮	7 5 0 0	0.26	3.1		
		15	引 張	4 0 0 0	0.33	2.8	2.8	1.8
			圧 縮	7 5 0 0	0.26	3.1		
5	500	5	引 張	5 2 5 0	0.30	2.8	2.9	1.8
			圧 縮	6 5 0 0	0.20	3.1		
		10	引 張	5 0 0 0	0.30	2.8	3.0	1.9
			圧 縮	6 5 0 0	0.20	3.1		
		15	引 張	4 5 0 0	0.30	2.8	3.0	1.8
			圧 縮	6 5 0 0	0.20	3.1		
6	500	5	引 張	6 0 0 0	0.20	2.8	3.8	1.7
			圧 縮	6 5 0 0	0.19	3.1		
		10	引 張	5 0 0 0	0.20	2.8	3.4	1.6
			圧 縮	5 0 0 0	0.19	3.1		
		15	引 張	3 0 0 0	0.20	2.8	3.0	1.5
			圧 縮	3 0 0 0	0.19	3.1		

表 3・4 振 動 試 験 結 果

防振器 No.	粘 度 (cSt)	振 動 数 (Hz)	荷 重 (kg)		弁閉速度 (cm/sec)	弁 穴 径 (mm)	振 幅 (mm)	
							INPUT	OUTPUT
3	1000	5	引 張	9 0 0 0	0.2 1	3. 3	2. 7	1. 8
			圧 縮	0	0.3 2	"		
		1 0.	引 張	2 4 0 0	0.2 1	"	4. 4	4. 2
			圧 縮	0	0.3 2	"		
		1 5	引 張	0	0.2 1	"	2. 8	2. 5
			圧 縮	0	0.3 2	"		
4	1000	5	引 張	8 0 0 0	0.2 0	"	2. 7	1. 6
			圧 縮	0	0.2 4	"		
		1 0	引 張	5 0 0 0	0.2 0	"	3. 4	2. 8
			圧 縮	0	0.2 4	"		
		1 5	引 張	0	0.2 0	"	2. 8	2. 7
			圧 縮	0	0.2 4	3. 3		

表 4 外 部 漏 洩 試 験 結 果

防振器 No.	粘 度 (cSt)	無 負 荷 漏 洩 50 時間 (g/hr)		耐 圧 (g) 1 0 分 (O - リング有)	静試験 (g) 1 分 (O - リング有)	動試験 (g) 1 分 5 Hz (O - リング有)
		O - リング有	O - リング無			
1	5 0	0	0.1 5 6	0	0	0. 3
2		0	0.1 3 3	0	0	1. 4
3		0	0.0 8 5	0	0	1. 2
4		2. 6	0	0	0	0. 3
5		0.0 6	0.2 1 0	2	0	2. 1
6		0	0.2 1 4	2	0	0. 8
1	1 0 0				0	0. 5
2					0	0. 4
3					0	0. 5
4					0	1. 4
5					0	0. 3
6					0	0. 3
1	5 0 0				0	0. 4
2					0	0. 6
3					0	0. 5
4					0	0. 6
5					0	0. 4
6					0	0. 5
3	1 0 0 0				0	0. 5
4					0	0. 5
3	3 0 0 0				0	
4					0	

表5 作動油交換試験結果

傾 角 (度)	*計 算 値 (ℓ)	水 頭 圧 に よ る 交 換			ポ ン プ に よ る 交 換		
		残留空気 (ℓ)	吐出油量 (ℓ)	交換時間 (sec)	残留空気 (ℓ)	吐出油量 (ℓ)	交換時間 (sec)
0	0	0	約 3	180	0	約 4	30
30	0.08	0.07	"	"	0.05	"	"
45	0.25	0.024	"	"	0.022	"	"
60	0.31	0.031	"	"	0.29	"	"
90	0.38	0.035	約 3	180	0.33	約 4	30

○ポンプ容量
8ℓ/min

○油交換部全容積
453 cc

(*印は油流出口を水平にした場合のシリンダチューブ内上部計算空気量を示す。)

表6 油圧防振器加熱試験結果

使用作動油 KF 96-500
(粘度 500 cSt)

静 的 作 動 試 験	温 度 (°C)	荷 重 (kg)		初期変位 (mm)		弁閉速度 (cm/sec)		ポペット弁穴径 (mm)	
		圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張
	22 (500cSt)	5 0 0 0	5 0 0 0	1.0	1.0	0.2 1	0.2 2	3.3	2.8
100 (150cSt)	5 3 7 0	5 6 3 0	4.0	2.5	0.5 4	0.5 5	3.3	2.8	
振 動 試 験	温 度 (°C)	振動数 (Hz)	荷 重 (kg)		弁閉速度 (cm/sec)	弁 穴 径 (mm)	振 幅 (mm)		
			IN PUT	OUT PUT					
	22	5	引 張	6 0 0 0	0.2 0	2.8	3.8	1.7	
			圧 縮	6 5 0 0	0.1 9	3.3			
		10	引 張	5 0 0 0	0.2 0	2.8	3.4	1.6	
			圧 縮	5 0 0 0	0.1 9	3.3			
		15	引 張	3 0 0 0	0.2 0	2.8	3.0	1.5	
			圧 縮	3 0 0 0	0.1 9	3.3			
	100	5	引 張	6 0 0 0	0.5 5	2.8	4.0	2.7	
			圧 縮	5 5 0 0	0.5 4	3.3			
		10	引 張	5 0 0 0	0.5 5	2.8	4.0	2.4	
			圧 縮	1 1 5 0 0	0.5 4	3.3			
		15	引 張	4 7 5 0	0.5 5	2.8	4.0	2.5	
			圧 縮	1 1 5 0 0	0.5 4	3.3			

表7-1 放射線照射試験結果 (HIVAC F-5)

静的 作動試験	照射 線量 (R)	荷 重 (Kg)		初 期 変 位 (mm)		弁 閉 速 度 (cm/sec)		ボペット 弁 穴 径 (mm)		外部漏洩 (g)
		圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	
	0	5 25 2	5 05 0	1.5	1.1	0.28	0.2 3	2.3	2.1	0
	2×10 ⁸	5 25 2	5 45 4	7.5	6.0	0.3 0	0.2 4	2.3	2.1	0
振 動 試 験	照射線 量 (R)	振動数 (Hz)	荷 重 (Kg)		弁閉速度 (cm/sec)	ボペット弁 穴径(mm)	振 幅 (mm)		外部漏洩 (g)	
							IN PUT	OUT PUT		
	0	5	引 張	5500	0.24	2.1	1.4	0.7	0	
			圧 縮	9000	0.28	2.3				
		10	引 張	6250	0.24	2.1	1.2	0.6		
			圧 縮	5050	0.28	2.3				
		15	引 張	8000	0.24	2.1	1.1	0.6		
			圧 縮	2500	0.28	2.3				
	2×10 ⁸	5	引 張	9750		2.1	3.7	2.9	0	
			圧 縮	0		2.3				
		10	引 張	10000		2.1	3.7	2.9		
			圧 縮	0		2.3				
		15	引 張	10000		2.1	3.1	2.2		
			圧 縮	0		2.3				

表7-2 放射線照射試験結果 (ARO-4)

静的 作動試験	照射線量 (R)	荷 重 (kg)		初 期 変 位 (mm)		弁 閉 速 度 (cm/sec)		ボベツト弁穴径 (mm)		外部漏洩 (g)
		圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	
	0	5 1 3 0	5 1 3 0	1.0	0.9	0.1 6	0.1 8	1.7	1.9	0
2×10 ⁸	5 0 5 0	5 6 5 0	8.0	9.0	0.1 7	0.2 0	1.7	1.9	0	
振 動 試 験	照射線量(R)	振動数 (Hz)	荷 重 (kg)		弁閉速度 (cm/sec)	ボベツト弁 穴径(mm)	振 幅 (mm)		外部漏洩 (g)	
							IN PUT	OUT PUT		
	0	5	引 張	7 0 0 0	0.2 2	1.7	2.2	0.9	0	
			圧 縮	5 5 0 0	0.2 0	1.9				
		1 0	引 張	6 0 0 0	0.2 2	1.7	2.2	0.9		
			圧 縮	5 5 0 0	0.2 0	1.9				
		1 5	引 張	5 5 0 0	0.2 2	1.7	2.1	1.0		
			圧 縮	5 5 0 0	0.2 0	1.9				
	2×10 ⁸	5	引 張	0		1.7	1.0	0.6	0	
			圧 縮	1 0 5 0 0		1.9				
		1 0	引 張	0		1.7	1.0	0.5		
			圧 縮	8 0 0 0		1.9				
		1 5	引 張	0		1.7	1.0	0.3		
			圧 縮	4 0 0 0		1.9				

表 8 - 1 油圧防振器空気混入時性能試験結果

取出油量	試験回数	荷 重 (Kg)		初 期 変 位 (mm)				弁閉速度 (cm/sec)		油温 °C	室温 °C
		圧 縮	引 張	圧 縮		引 張		圧 縮	引 張		
				1	2	1	2				
0 g	1	5 2 8 0	5 3 4 0	1.95	1.7	1.4	1.6	0.2 4 3	0.2 7 5	2 2	2 4
	2	5 3 5 0	5 0 7 0	1.8	1.7	1.3	1.6	0.2 3 7	0.2 6 5	2 2	2 4
	3	5 2 9 0	5 1 7 5	1.7	1.75	1.4	1.5	0.2 3 2	0.2 5 7	2 2	2 4
	4	5 4 3 5	5 2 5 0	2	1.6	1.6	1.5	0.2 3 9	0.2 4 8	2 2	2 4
	5	5 0 5 0	5 4 5 0	1.6	1.8	1.6	1.2	0.2 4 0	0.2 4 4	2 3.5	2 5
1 g	1	5 4 5 0	5 2 5 0	1.4	1.5	1.4	1.5			2 6	2 4.8
	2	5 0 6 0	5 2 5 0	1.4	1.4	1.4	1.5			2 6	2 5
	3	5 2 2 0	5 2 9 0	1.45	1.5	1.6	1.4			2 6	2 5.2
	4	5 2 5 0	5 2 5 0	1.5	1.5	1.8	1.8			2 6	2 5
	5	5 3 3 0 5 2 5 0	5 2 2 0 5 4 5 0	1.55 1.55	1.4 1.5	1.5 1.7	1.7 1.55			2 6 2 6	2 5 2 5
2 g	1	5 4 6 0	5 2 5 0	1.6	1.6	1.9	1.9			2 6	2 5
	2	5 2 6 0	5 3 7 0	1.4	1.4	1.9	1.7			2 6	2 5.3
	3	5 2 6 0	5 3 6 0	1.5	1.7	1.9	1.9			2 5	2 5
	4	5 2 5 0	5 3 5 0	1.8	2.0	1.6	1.8			2 4.8	2 4
	5	5 5 5 0	5 3 6 0	1.6	1.7	1.5	1.6			2 2	2 2
3 g	1	5 0 5 0	5 3 6 0	27	25	3.0	285			2 1.5	2 1.8
	2	5 2 5 0 5 0 5 0	5 3 5 0 5 4 5 0	1.8 1.6	1.8 1.7	1.7 1.8	20 1.8			2 1.5 2 1.5	2 1.8 2 1.5
	3	5 0 5 0	5 4 5 0	1.65	1.8	1.85	2.0			2 0.3	2 0.7
	4	5 0 5 0	5 3 6 0	1.7	1.75	2.1 0	2.0			2 1.2	2 0.5
	5	5 0 5 0	5 3 6 0	1.7	1.75	2.0	2.0			2 0.8	2 0.0
4 g	1	5 0 5 0	5 3 6 0	1.9	2.2	2.4	2.6			2 0.8	1 9.8
	2	5 0 5 0	5 4 5 0	1.9	2.0	2.3	2.4			2 0.5	1 9.6
	3	5 0 5 0	5 3 6 0	2.0	2.2	2.3	2.6			2 0.2	1 9.0
	4	5 0 5 0	5 3 6 0	2.0	2.1	2.3	2.6			2 0.1	1 9.1
	5	5 0 5 0	5 4 6 0	5.0	5.3	2.2	3.9			1 9.8	1 9.1
5 g	1	5 0 5 0	5 3 6 0	2.0	2.1	2.6	2.6			1 9.8	1 9.0
	2	5 0 5 0	5 3 6 0	2.2	2.4	2.5	2.9			1 9.8	1 9.0
	3	5 0 5 0	5 3 6 0	2.3	2.4	2.4	2.8			1 9.4	1 9.0
	4	5 0 5 0	5 3 6 0	2.1	2.4	2.1	2.2			1 9.8	1 9.2
	5	5 0 5 0 5 2 5 0	5 2 5 0 5 2 5 0	1.8 1.8	1.7 2.0	2.0 2.5	2.2 2.4			2 2	2 1.5

表 8 - 2 油圧防振器空気混入時性能試験結果

取出油量	試験回数	荷 重 (kg)		初 期 変 位 (mm)					油 温 °C	室 温 °C
		圧 縮	引 張	圧 縮		引 張				
				1	2	1	2			
6 g	1	5 0 5 0	5 2 5 0	3.1	3.2	2.2	2.2		2 5	2 5.5
	2	5 3 5 0	5 0 5 0	1.9	2.0	2.1	2.3		2 5	2 5.5
	3	5 2 5 0	5 0 5 0	1.7	2.7	3.3	3.5		2 5	2 5.5
	4	5 2 5 0	5 0 5 0	2.3	2.4	3.0	3.0		2 5.2	2 5
	5	5 2 5 0	5 0 5 0	2.5	2.5	3.1	3.2		2 5	2 5
7 g	1	5 2 5 0	5 0 5 0	1.7	2.0	3.4	3.1		2 4.8	2 4.5
	2	5 2 5 0	5 0 5 0	2.4	2.3	2.8	3.0		2 4.5	2 4.3
	3	5 2 5 0	5 0 5 0	1.2	3.2	3.8	2.0		2 4.7	2 5
	4	5 2 5 0	5 0 5 0	2.0	2.0	3.9	2.3		2 3.8	2 4
	5	5 2 5 0	5 0 5 0	1.5	3.3	4.6	1.8		2 3.8	2 4.2
8 g	1	5 2 5 0	5 0 5 0	2.0	2.45	3.0	2.8		2 4	2 3.5
	2	5 1 5 0	5 0 5 0	2.3	2.45	2.65	2.65		2 4	2 4
	3	5 2 5 0	5 0 5 0	2.0	2.7	3.6	3.45		2 3.8	2 4
	4	5 2 5 0	5 0 5 0	2.0	2.2	3.4	3.45		2 4	2 3
	5	5 0 5 0	5 2 5 0	2.35	2.4	2.9	2.9		2 3.8	2 3
9 g	1	5 0 5 0	5 2 5 0	2.1	3.0	3.2	3.3		2 3.9	2 3.2
	2	5 0 5 0	5 2 5 0	1.3	3.6	4.0	1.9		2 3.6	2 3
	3	5 0 5 0	5 2 5 0	1.75	3.3	4.1	1.7		2 3.3	2 3
	4	5 0 5 0	5 2 5 0	1.75	3.6	4.2	1.75		2 3.3	2 3
	5	5 0 5 0	5 2 5 0	1.7	3.5	4.0	2.1		2 3.1	2 3
10g	1	5 0 5 0	5 2 5 0	3.0	2.8	4.6	3.4		2 2.7	2 3.8
	2	5 0 5 0	5 2 5 0	2.7	2.7	4.0	4.0		2 2.8	2 3
	3	5 0 5 0	5 2 5 0	2.7	3.1	4.1	3.9		2 2.8	2 2.8
	4	5 0 5 0	5 2 5 0	2.8	2.5	4.0	3.8		2 2.7	2 2.3
	5	5 0 5 0	5 2 5 0	2.9	2.9	4.3	3.8		2 2.5	2 3

備 考

1. 作動油… KF-96-50
2. 防振器型式… MF 型
3. 弁穴径… 圧縮 1.9_{mm} 引張 1.7_{mm}
4. ピストン位置…… シリンダ中心

表9 油圧防振器空気混入時性能試験結果

試験回数	取出油量 (g)		荷 重 (kg)		初 期 変 位 (mm)				油温 °C	室温 °C	取出油量 実測値 g	
	圧 縮	引 張	圧 縮	引 張	圧 縮		引 張				圧 縮	引 張
					1	2	1	2				
1	1	0.87	5050	5250	1.4	1.3	2.6	1.7	22	20.5	0.98	0.86
2	2	1.74	5050	5250	1.9	1.7	2.0	1.8	21.5	21.5	2.00	1.73
3	3	2.61	5250	5150	2.0	2.1	2.2	2.0	21.2	20.5	3.00	2.60
4	4	3.48	5250	5250	1.8	2.2	2.5	2.1	21.2	20.5	4.00	3.46
5	5	4.35	5250	5150	2.0	2.0	2.7	2.5	21.5	20.5	5.00	4.33
6	6	5.22	5250	5360	2.0	2.4	2.9	2.7	21.5	21	6.00	5.23
7	7	6.09	5250	5360	1.6	2.3	2.0	2.9	21.8	21	7.00	6.09
8	8	6.96	5250	5250	2.5	2.6	3.1	2.9	21.9	21	8.00	6.97
9	9	7.83	5250	5250	2.4	2.9	3.4	3.6	22	21	9.00	7.83
10	10	8.7	5250	5250	2.4	2.8	3.6	3.5	22	21.5	10.00	8.70

備 考

1. 作動油…………… KF-96-50
2. 防振器型式…………… MF 型
3. 弁穴径…………… 圧縮 1.9_{mm} 引張 1.7_{mm}
4. ピストン位置… シリンダ中心