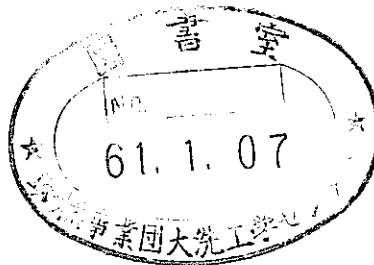


区分変更	
変更理由	110
表紙年月日	平成13年7月31日

耐高温メカニカル防振器の開発Ⅵ

報告書



1984年6月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
S	J231 84-02
<p>この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です</p> <p>動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室</p>	

三和テッキ株式会社

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)

で
製



配布限定
T8J231 84-02
1984年3月

耐高温メカニカル防振器の開発Ⅵ*

今津一郎** 砂子田勝昭**

要 旨

本報告は、固体潤滑剤二硫化モリブデンを塗布したボールネジおよびベアリングの照射試験、およびそれらを組み込んだメカニカル防振器の性能試験に関するものである。

本年度は、 7×10^9 レントゲンまでの照射試験、および 1×10^9 、 3×10^9 、 5×10^9 レントゲンの各照射終了後におけるメカニカル防振器の作動試験を実施した。

試験の結果、以下の特性が明らかとなった。

1. 1×10^9 、 3×10^9 、 5×10^9 レントゲンの各照射終了後におけるメカニカル防振器の低速走行時の発生抵抗力は、照射前におけるそれよりも大きくなっているものの、いずれも50 Kg以下の値であり、固体潤滑剤を使用していることを考慮すれば、満足できる値であった。
2. 1×10^9 レントゲンの照射終了後以降の低速走行試験においては、照射線量の増加に伴う発生抵抗力の上昇は顕著でなかった。

* 本報告書は、三和テッキ株式会社、動力炉核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

** 三和テッキ株式会社 開発部所属



Not for publication
T&J231 84-02
Mar. 1984

DEVELOPMENT OF MECHANICAL SNUBBER FOR HIGH TEMPERATURE SERVICE VI*

Ichiro Ima zu ** Katsuaki Sunakoda **

ABSTRACT

This report describes the irradiation examination of the ball screw and the bearing which are coated by the solid lubricant MoS_2 and the operational resistance force test of the mechanical snubber which contains those solid lubricated parts.

The irradiation examination up to the level of 7×10^9 roentgen and the performance test of mechanical snubber was conducted after the irradiation examination for the ball screw and the bearing at the levels of 1×10^9 , 3×10^9 and 5×10^9 roentgen respectively in this year.

The following conclusions were obtained.

1. The operational resistance for the mechanical snubber were measured after the irradiation examination performed at the levels of 1×10^9 , 3×10^9 and 5×10^9 roentgen respectively.
The measured operational resistance forces at the test were scarcely increased the value comparing the result of the measured one before the irradiation examination was performed.
However, it is satisfied that the value of resistance forces are less than 50 kgf taking into consideration the solid lubrication is used.
2. In the operational resistance force test after the irradiation examination performed at the level of 1×10^9 roentgen, the increment of the resistance force along with the increment of the irradiation levels did not found the relation among them.

* This work has been performed under the contract between Power Reaction and Nuclear Fuel Development Corporation and Sanwa Tekki Corporation.

** Research and Development Dept., Sanwa Tekki Corporation.

目 次

項 目	ページ
1. ま え が き	1
2. 目 的	1
3. 試験体の特徴	1～3
4. 試 験 方 法	4
4-1. 照 射 試 験	
4-2. 低 速 走 行 試 験	
5. 試験装置および計測機器	4
6. 試験結果および考察	5～8
7. あ と が き	8
8. 参 考 文 献	8

CONTENTS OF TABLES AND FIGURES

	ITEM	PAGE
table 1~2	TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE 低速走行試験結果	9~10
FIG. 1	SPUTTERING METHOD スパッタリング方法	11
FIG. 2	IRRADIATION EXAMINATION METHOD 照射試験方法	12
FIG. 3-1	APPEARANCE OF MECHANICAL SNUBBER メカニカル防振器外観写真	13
FIG. 3-2	STRUCTURE OF MECHANICAL SNUBBERS メカニカル防振器構造図	13
FIG. 4-1	APPEARANCE OF TEST MACHINE 低速走行試験機外観写真	14
FIG. 4-2	MACHINE DIAGRAM 低速走行試験機のダイヤグラム	14
FIG. 5-1	TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE 低速走行試験結果 (table 1より)	15
FIG. 5-2	TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE 低速走行試験結果 (table 2より)	16
FIG. 6-1	TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE 低速走行試験結果 (table 1より)	17
FIG. 6-2	TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE 低速走行試験結果 (table 2より)	18
FIG. 7	TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE 低速走行試験データ (SMS-025S-50M-(1))	19~32
FIG. 8	TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE 低速走行試験データ (SMS-025S-50M-(2))	33~46

1. ま え が き

高速増殖原型炉“もんじゅ”配管、配管系の耐震用メカニカル防振器の開発を進めるにあたり、高温、高放射線量等により、油系潤滑剤の使用が困難な特殊環境下において、固体潤滑剤二硫化モリブデン（以下“ MoS_2 ”とする）の適用が提案され、1979年から1982年にかけて、特にその高温環境下における作動性能の優秀性を示す数多くの試験結果が得られた。

そこで昨年度からは、 MoS_2 を塗布したボールネジおよびベアリングに、“もんじゅ”で想定される線量まで放射線を照射し、その耐放射線性を調査することとした。本年度は、 7×10^9 レントゲンまでの照射試験、および 1×10^9 、 3×10^9 、 5×10^9 レントゲンの各照射終了後におけるメカニカル防振器の作動試験を実施し、昨年度実施した照射前の作動性能との比較を行なった。

2. 目 的

MoS_2 を塗布したボールネジおよびベアリングの放射線照射試験を行ない、その後の作動試験により、潤滑剤として MoS_2 を使用したメカニカル防振器が、高放射線量下で異常なく作動しうることを確認する。

3. 試験体の特徴

本年度試験に供したメカニカル防振器の外観写真をFig. 3-1に、その構造をFig. 3-2に示す。試験体は2体で、各々定格型式荷重は250 Kg、ストロークは50mmである。その特徴を述べると、以下のようになる。

- (1) 高温下使用を想定し、また、発錆防止の観点から、ボールネジ、ベアリングの材料にSUS440Cを使用している。
- (2) 高温、高放射線量下使用を想定し、潤滑剤として固体潤滑剤 MoS_2 を使用している。
- (3) その他の部品については、基本的に従来のメカニカル防振器と同一である。

(1) メカニカル防振器に使用された実績のあるボールネジおよびベアリングの材質を下表に示す。

部品名称	材 質	熱処理方法	硬さ (HRC)
ボールネジ軸	SCM415H	浸炭焼入	58~62
	SCM420H	"	"
	SCM415	"	"
	SAE4150	誘導加熱焼入	"
	SUS440C	焼 入	55以上
	そ の 他	_____	_____
ボールネジナット	SCM415H	浸炭焼入	58~62
	SCM420H	"	"
	SCM415	"	"
	SUS440C	焼 入	55以上
	そ の 他	_____	_____
ボールネジボール	SUJ2	焼 入	60以上
	SUS440C	"	"
ベアリングレース	SUJ2	焼 入	58~62
	SUS440C	"	55以上
ベアリングボール	SUJ2	焼 入	60以上
	SUS440C	"	"

これらの材料は、ボールネジおよびベアリングの面圧に耐えられる表面硬度を有することのできる材料であること、また、ボールネジ材料の強度が、高温に対しても安定であることを基準に選定されたものである。上表において、いずれの材料もHRC55以上の優れた硬さを持つ。また、ボールネジ材料の高温特性は、熱処理条件に大きく影響されるが、ボールネジ材料の場合、低温テンパー処理(200℃前後)を行なっている関係上、200℃付近までの強度は、室温における強度と比較して、ほとんど変化がないと考えて差し支えない。これらの材料のうち、SUS440Cは、特に高温における硬度低下の少ない、また、油膜による防錆効果の期待できない箇所での発錆の少ない材料として選択されたものである。

なお、参考までに通商産業省告示501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」別表9に含まれる材料のうち、ボールネジ向きと思われる材料(S45C、SNC836、SNCM447、SCM445など)の硬さを調べると、いずれもHRC37以下(JIS準拠)であり、これらの材料は、メカニカル防振器のボールネジおよびベアリングに使用するには非常に困難な問題を含む材料である。

(2) 本試験における MoS_2 の固体潤滑被膜は、スパッタリングと呼ばれる方法で作成している。その詳細をFig.1に示す。この方法は、真空室内で乾燥状態のまま被膜を形成させるもので、その工程は概略以下のようになる。

- ① 真空室内を 10^{-7} Torr程度に減圧する。
- ② アルゴンガスを注入し、圧力を 10^{-1} Torr程度に高める。
- ③ 高周波電圧を印加する。
- ④ 放電が起きたら圧力を規定圧に設定する。

被膜は、アルゴンガスイオンによってたたき出された高速の MoS_2 分子が、鋼球表面に衝突することで形成される。この方法によると、付着強度が強く、極めて薄く平滑な被膜を得ることができる。

MoS_2 は固体潤滑剤の中で特に潤滑性の優れた物質である。その使用可能温度範囲は $-180^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ (真空中では 1350°C)であり、また、 28000 Kg/cm^2 という極めて優れた耐圧性を有するため、極圧条件下での潤滑剤として使用実績は多い。

MoS_2 の諸性質を以下に示す(固体潤滑ハンドブックより抜粋)。

- 比重 4.8
- 摩擦係数 0.04
- 耐圧性 28000 Kg/cm^2
- 融点 1800°C 以上
- 低温特性 -180°C で潤滑剤良好
- 空気酸化 400°C で徐々に酸化
- ガスとの反応 ふっ素と反応し、塩素、水素とは高温で反応する以外おこなれない。
- 酸との反応 王水、熱硫酸、熱硝酸以外はおこなれない。
- 水、有機溶媒 溶解しない。

4. 試験方法

4-1. 照射試験

照射試験の詳細を Fig. 2 に示す。照射線量は積算で最大 9×10^9 レントゲンとし、 1×10^9 、 3×10^9 、 5×10^9 、 7×10^9 レントゲンの各照射終了後、ボールネジおよびベアリングを照射容器より取り出し、以下に示す低速走行試験を実施する。

なお、本年度は 7×10^9 レントゲンまでの照射試験を実施した。

4-2. 低速走行試験

Fig. 4-1 は、本試験に用いた低速走行試験機の外観写真、Fig. 4-2 は、そのダイアグラムである。本試験は、機器、配管等の熱伸縮を模擬したものであり、メカニカル防振器を 2.0 mm/sec 以下の速度で強制的に変位させた場合の発生抵抗力を測定する。

なお、本年度は 1×10^9 、 3×10^9 、 5×10^9 レントゲンの各照射終了後の低速走行試験を実施した。

5. 試験装置および計測機器類

○ 低速走行試験機

製造元 富士エンジニアリング㈱ (制御部)

三和テッキ㈱ (駆動部)

○ ロードセル

製造元 新興通信工業㈱ L/R 100 Kg

○ 歪増幅器

製造元 三栄測器㈱ TYPE 6M52

○ 電磁オシログラフ

製造元 三栄測器㈱ TYPE FR-102、TYPE 5L41

6. 試験結果および考察

table 1 ~ 2 に低速走行試験結果を示す。table 1は、引張、圧縮の最大抵抗力の平均値を、table 2は、引張、圧縮の最大抵抗力を示す。table 1をFig. 5-1に、table 2をFig. 5-2にまとめた。また、照射線量に伴う発生抵抗力の変化を、table 1をもとにFig. 6-1に、table 2をもとにFig. 6-2にまとめた。Fig. 7~8は、試験データである。

table 1 ~ 2 および Fig. 5-1 ~ 5-2を見ると、照射前の発生抵抗力と比較し、照射後の発生抵抗力は若干の上昇を示している。しかし、 1×10^9 レントゲン以上の放射線量範囲では、放射線量の増加に伴う発生抵抗力の上昇は顕著でない。また、 5×10^9 レントゲンの放射線量範囲まで、発生抵抗力の最大値は、引張、圧縮の最大抵抗力の平均で49.5 Kg (1か所)、引張、圧縮の最大抵抗力で54 Kg (1か所)であった。固体潤滑剤を使用したメカニカル防振器においては、油系潤滑剤を使用した場合との比較において発生抵抗力が大きくなるのは予想された結果であって、油圧防振器における従来の判定基準(定格型式荷重の5%または50 Kgのいずれか大きい方の値以下)にほぼ合致したことは評価できる。しかし、メカニカル防振器の低速走行時の抵抗力は、当然小さい程好ましく、今後はボールネジのリードアングルを大きくする等の機構的改善も併せて行なって行く考えである。

Fig. 6-1 ~ 6-2を見ると、放射線量に伴う発生抵抗力の変化の様子がわかる。移動速度の遅い範囲では、比較的単調に発生抵抗力が上昇しており、放射線量の増加に伴い、発生抵抗力の上昇の割合は減少している。

また、移動速度の速い範囲では、 1×10^9 レントゲン照射後で一旦発生抵抗力が増加した後、 3×10^9 レントゲン照射後に再び発生抵抗力が減少している。 5×10^9 レントゲン照射後においては、 3×10^9 レントゲン照射後に比較して若干発生抵抗力が上昇しているため、以降は移動速度の遅い範囲と同様の推移を示すものと思われる。

1×10^9 レントゲン照射後における発生抵抗力の増加は、 MoS_2 の初期摩耗粉の発生に起因するものと思われる。初期摩耗粉は、移動速度の遅い範囲では MoS_2 の層状構造にすべり面が生じ、潤滑作用を発揮できるが、移動速度の速い範囲では、若干アブレンプとして働き、発生抵抗力を増加させたものと思われる。Fig. 7~8の試験データを見ても、 1×10^9 レントゲン照射後の移動速度の速い範囲における波形は他との比較において乱れている。 3×10^9 レントゲン照射後における発生抵抗力の減少は、試験の進行

により、これらの初期摩耗粉が砕かれて細分化され、一部はボールネジおよびベアリングのボール表面および転走面に再付着したことによると思われる（“なじみ”効果）。摩耗粉は試験の進行に伴って発生するが、その量は試験が進むにつれ減少し、また摩耗粉自体も微細化することが期待できる。また上述のなじみ効果により、摩耗粉の影響による発生抵抗力の上昇傾向はしだいに弱まり、一種のならし運轉的な作用により、メカニカル防振器の発生抵抗力はある一定値に落ち着くものと推測される。

Fig.7~8の試験データを見ると、発生抵抗力の変動幅は、照射前の段階からグリース潤滑との比較において大きく、固体潤滑剤特有の付着-すべり現象を生じているものと思われる。また、放射線量の増加に伴い、変動幅は大きくなる傾向がある。これは、潤滑に寄与し、ボール表面に再付着した MoS_2 により、ボール表面および転走面が、球面および平滑面から若干ずれを生ずるためであると思われる。なお、 MoS_2 潤滑被膜の外観検査は、全試験が終了した時点で行なうこととする。

いずれにしても、table 1~2、Fig.5-1~5-2に示す発生抵抗力は、メカニカル防振器の最大発生抵抗力から求めたものであり、本試験に供したメカニカル防振器においては、これ以下の荷重で MoS_2 の層状構造にすべり面が生じ、潤滑作用が営まれているものと考えられる。

Fig.7~8の試験データの波形を見る限り、付着-すべりの周波数と、メカニカル防振器の移動速度との関係は明確でない。しかし一般に、同じ移動速度においては、付着-すべりの周波数が高い程、発生抵抗力は小さくなる傾向がある。これは、発生抵抗力が小さい場合は、メカニカル防振器を移動させるために必要な力を発生するまでの強制変位が小さくてすむことによる。これらの関係については、 9×10^9 レントゲン照射後の低速走行試験が終了した時点で、さらに詳細に調査する。

潤滑剤として MoS_2 を使用したメカニカル防振器の低速走行時の発生抵抗力を左右する要因として、 MoS_2 の摩耗粉の影響の他に、以下の項目が考えられる。

- (1) MoS_2 潤滑被膜の酸化（照射試験時）による潤滑性能低下
 - (2) 水蒸気存在下での MoS_2 潤滑被膜の摩耗係数および摩耗量の増加（低速走行試験時）
- (1) MoS_2 が酸化されると、三酸化モリブデン MoO_3 が生成され、これは、室温程度では潤滑性を有しない。 MoS_2 は、高温まで酸化されにくい物質であるが、今回の照射試験においては、設備の関係上、大気中で照射を実施しており、放射線場という非常

に活性化された雰囲気のため、 MoS_2 潤滑被膜の表面層は若干の酸化を起していると思われる。ただし、たとえ表面が酸化されても、内部に MoS_2 が残っている限り、低い摩擦係数を保つというのが一般的見解である（固体潤滑ハンドブック）。

なお、たとえ放射線場であっても、酸素の存在が稀薄な環境下においては、 MoS_2 の酸化は起こらず、メカニカル防振器の低速走行時の発生抵抗力はさらに低い値を示すことが期待できる。

- (2) MoS_2 潤滑被膜の摩擦係数および摩耗量は、主に水蒸気の存在下で明らかな上昇を示す（固体潤滑ハンドブック）。今回の低速走行試験は、乾燥雰囲気で行なわれたものではないため、 MoS_2 潤滑被膜にとっては苛酷な環境条件であった。この点においても、水蒸気の存在が稀薄な環境下においては、メカニカル防振器の低速走行時の発生抵抗力はさらに低い値を示すことが予測できる。

MoS_2 潤滑被膜の外観検査は、ボールネジおよびベアリングの分解を必要とするため今回実施しないが、ベアリングのボールを目視観察した結果では、部分的にはく離を起していると思われる箇所もあるが、潤滑を営むに十分な MoS_2 被膜が存在していることが確認された。なお、移動速度 0.02mm/sec 未満の移動速度（例えば 0.001mm/sec ）での作動性、および繰り返し試験による再現性の確認は、 9×10^9 レントゲン照射後の低速走行試験が終了した時点で、試験を実施し、詳細に調査することとする。

今回実施された試験の結果および考察を総括する。

- ① 未照射の場合と比較し、照射後のメカニカル防振器の発生抵抗力は若干の上昇を示した。しかし、 1×10^9 レントゲン以上の放射線量範囲では、その上昇は顕著でなかった。発生抵抗力は、いずれも 50kg 以下（引張、圧縮の最大抵抗力の平均値）であった。
- ② 1×10^9 レントゲン照射後の移動速度の速い範囲での低速走行試験結果より、 MoS_2 の初期摩耗粉の影響と思われる発生抵抗力の増加が認められた。 3×10^9 レントゲン照射後の低速走行試験では、なじみ効果により再び発生抵抗力が減少した。
- ③ 発生抵抗力の変動幅は、照射線量の増加に伴い大きくなった。付着一すべりの周波数と、移動速度との明確な関係は認められず、同じ移動速度においては、周波数が高い程発生抵抗力は小さくなる傾向があった。
- ④ 酸素の存在が稀薄な環境下で放射線照射を実施した場合、発生抵抗力はさらに小さくなる可能性がある。

- ⑤ 水蒸気の存在が稀薄な環境下で低速走行試験を実施した場合、発生抵抗力はさらに小さくなることが予測される。

7. あとがき

5×10⁹ レントゲンの線量までの放射線照射によって、潤滑剤としてMoS₂を使用したメカニカル防振器の作動性能に支障が生ずることはないことが確認された。しかし、相対する二面間の摩擦、摩耗の軽減には、油系潤滑剤を使用するのが最良であり、固体潤滑剤の適用は、油系潤滑剤の使用が困難な特殊環境条件下に限定すべきものである。

最後に、委託者側の動力炉・核燃料開発事業団森下氏より多くの御指導、御助言をいただきましたことを、ここに改めて御礼申し上げます。

8. 参考文献

- | | | |
|----------------------------------|--------------|---------|
| ○耐高温メカニカル防振器の開発Ⅰ報告書 [＊] | ZJ-231-79-01 | 1979年2月 |
| ○耐高温メカニカル防振器の開発Ⅱ報告書 [＊] | ZJ-231-80-01 | 1980年6月 |
| ○耐高温メカニカル防振器の開発Ⅲ報告書 [＊] | ZJ-231-81-02 | 1981年2月 |
| ○耐高温メカニカル防振器の開発Ⅳ報告書 [＊] | ZJ-231-82-01 | 1982年3月 |
| ○耐高温メカニカル防振器の開発Ⅴ報告書 [＊] | ZJ-231-83-01 | 1983年3月 |
| ○固体潤滑ハンドブック（幸書房） | | 1978年4月 |
| ○解説原子力設備の技術基準（電力新報社） | | 1981年3月 |
| ○鋼の熱処理（改訂5版、日本鉄鋼協会） | | 1974年6月 |
| ○JISハンドブック鉄鋼（最新版、日本規格協会） | | |

＊ 三和テッキ株式会社

table 1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

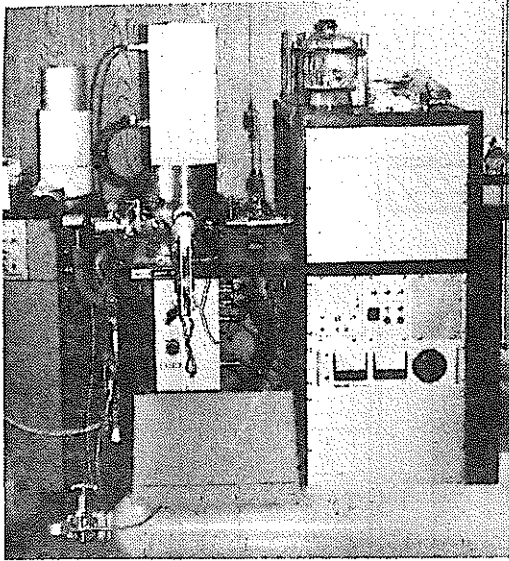
(注記) 表中数値は引張・圧縮の最大抵抗力の平均値 (kg)

	照射線量 (レントゲン)	移動速度 (mm/sec)							
		0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
57SMS- 025S-50M -(1)	0	5.8	8.1	10.2	11.3	11.2	11.3	12.7	13.3
	1×10^9	20.0	25.0	33.0	37.0	33.5	27.0	38.5	35.0
	3×10^9	36.0	23.0	27.5	30.0	27.5	24.0	22.0	21.5
	5×10^9	38.5	27.0	39.5	34.0	30.0	32.5	30.0	32.5
	7×10^9								
	9×10^9								
57SMS- 025S-50M -(2)	0	4.5	9.5	10.5	10.9	11.9	11.4	14.2	16.0
	1×10^9	23.0	20.0	25.0	21.5	36.0	41.5	39.5	49.5
	3×10^9	37.5	26.5	33.0	34.0	30.0	32.5	26.5	20.5
	5×10^9	41.5	32.5	42.0	47.0	35.0	36.5	34.0	27.0
	7×10^9								
	9×10^9								

table 2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

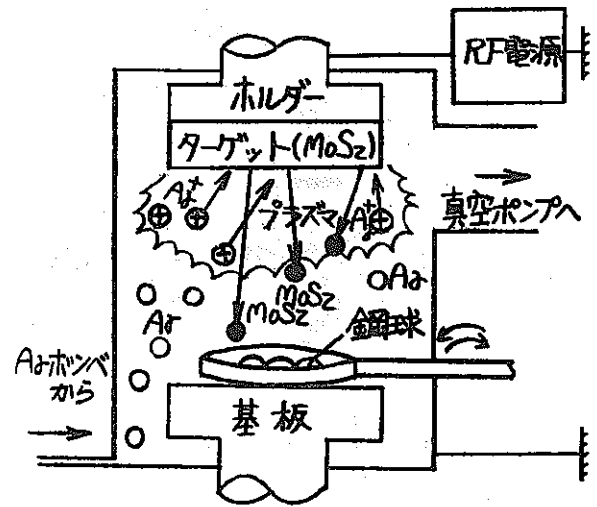
(注記) 表中数値はTが引張、Cが圧縮側の最大抵抗力(Kg)

	照射線量 (レントゲン)	移動速度 (mm/sec)															
		0.02		0.05		0.1		0.2		0.5		1.0		1.5		2.0	
		T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C
57SMS- 025S-50M -(1)	0	5.0	6.6	7.0	9.2	10.6	9.8	11.2	11.4	10.4	12.0	10.6	12.0	11.2	14.2	12.4	14.2
	1×10^0	22	18	28	22	38	28	36	38	37	30	32	22	42	35	34	36
	3×10^0	38	34	24	22	27	28	27	33	22	33	26	22	24	20	26	17
	5×10^0	45	32	31	23	47	32	33	35	37	23	40	25	21	39	24	41
	7×10^0																
	9×10^0																
57SMS- 025S-50M -(2)	0	5.0	4.0	10.0	9.0	10.0	11.0	11.4	10.4	11.0	12.8	11.4	11.4	16.0	12.4	17.0	15.0
	1×10^0	27	16	19	21	23	27	22	21	33	39	33	50	33	46	45	54
	3×10^0	35	40	25	28	38	28	40	28	32	28	35	30	16	37	22	19
	5×10^0	42	41	31	34	50	34	48	46	35	35	36	37	32	36	30	24
	7×10^0																
	9×10^0																



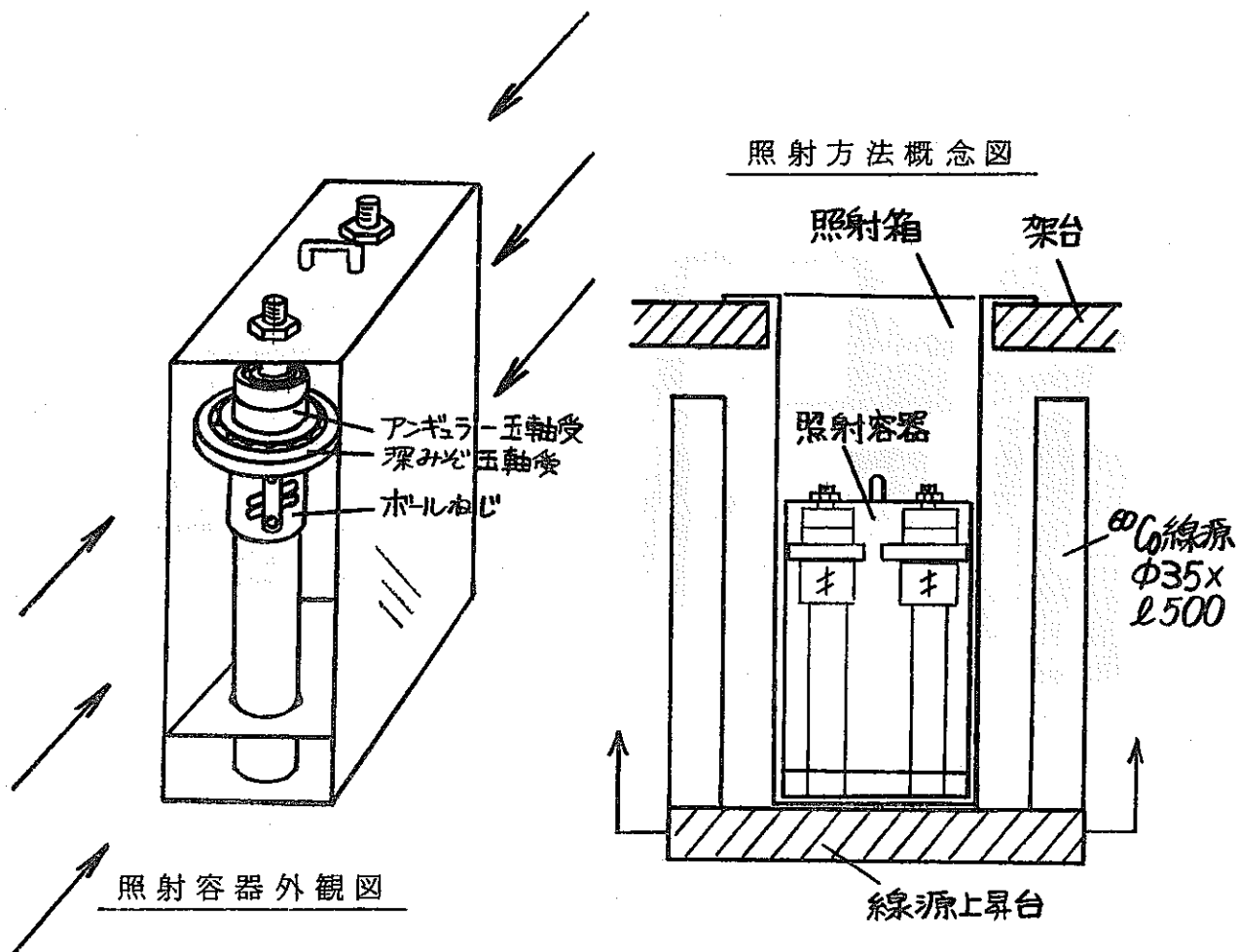
スパッタリング装置外観写真

スパッタリング方法概念図



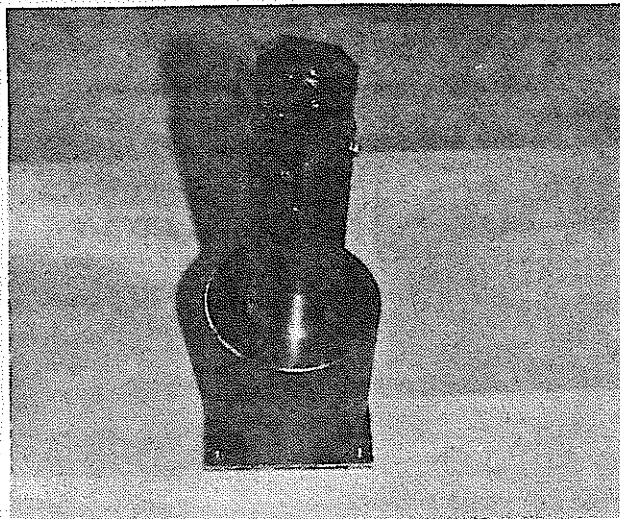
- | | |
|--------------|---|
| 被膜の種類 | 二硫化モリブデン (MoS ₂) |
| 被膜の厚さ | 1 μm (平均、鋼球表面) |
| 処理条件 | スパッタリング圧力 2.0 × 10 ⁻² Torr |
| | スパッタリング電力 RF 200 W |
| 使用機器 | 高周波Z極スパッタ装置 SPF-210H |
| | 製造元 日電アネルバ㈱ |
| | 製造番号 EVP-12596 |
| 処理工程
(概略) | ①真空室内を 10 ⁻¹ Torr 程度に減圧する。 |
| | ②アルゴンガスを封入し、圧力を 10 ⁻¹ Torr 程度に高める。 |
| | ③高周波電圧 (RF 200 W) を印加する。 |
| | ④放電が起きたら圧力を規定圧 (2.0 × 10 ⁻² Torr) に設定する。 |

Fig. 1 SPUTTERING METHOD



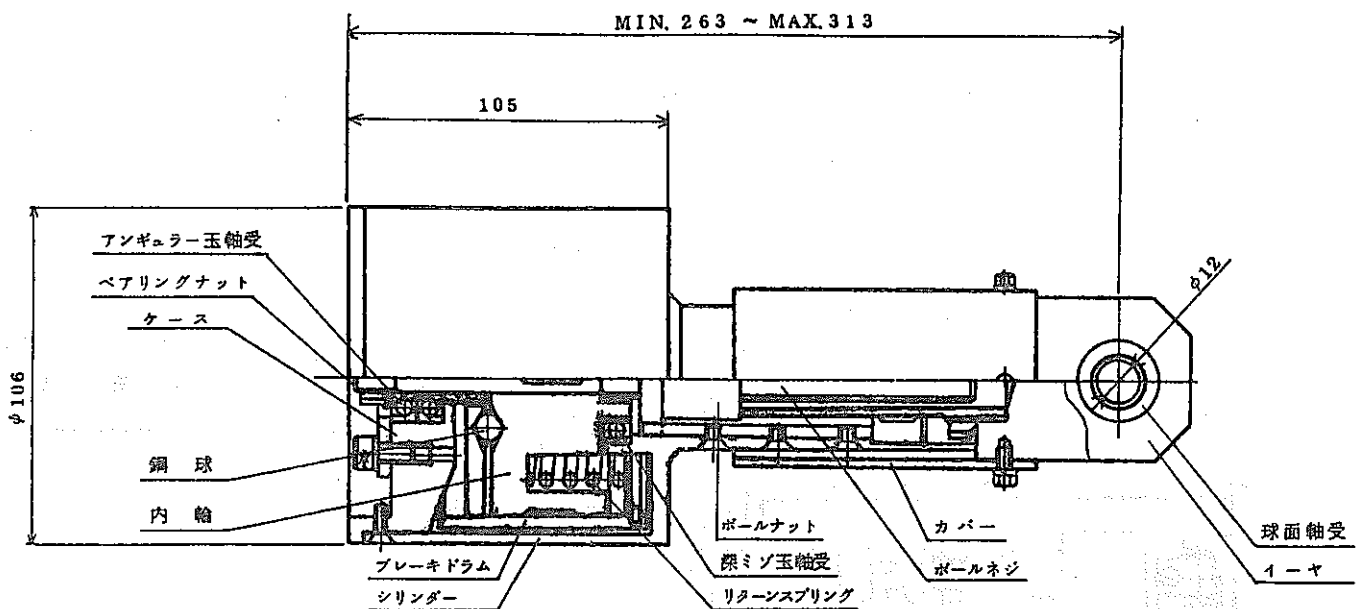
照射施設	ラジエ工業㈱ 群馬県高崎市
照射線量	$1 \times 10^6 \text{ R}$ 、 $3 \times 10^6 \text{ R}$ 、 $5 \times 10^6 \text{ R}$ 、 $7 \times 10^6 \text{ R}$
線源	コバルト 60 (804 KCi、'84.9.20 現在)
線量率	$1.219 \times 10^6 \text{ R/hour}$ (平均、'84.9.20 現在)
照射方法	大気中室温照射 (静的、 $5 \times 10^6 \text{ R}$ 毎に半転)
備考	放射線量測定は PMMA 線量計測定による。

Fig. 2 IRRADIATION EXAMINATION METHOD



試験体数 2
 定格型式荷重 250Kg
 ストローク 50mm

Fig. 3-1 APPEARANCE OF MECHANICAL SNUBBER



型 式	ボールネジ		アンギュラー玉軸受		深ミゾ玉軸受		材 質
	ボール	レース	ボール	レース	ボール	レース	
57SMS-025S-50M(1)	○	×	○	×	○	×	SUS440C
57SMS-025S-50M(2)	○	×	○	×	○	×	SUS440C

(注) ○ MoS₂ 固体潤滑剤塗布 × 潤滑剤塗布せず

Fig. 3-2 STRUCTURE OF MECHANICAL SNUBBERS

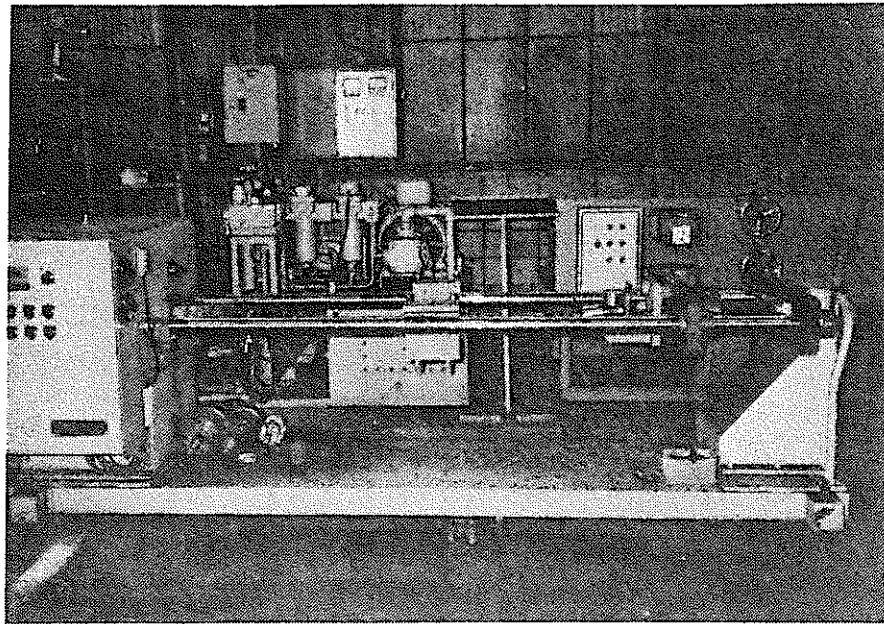


Fig. 4-1 APPEARANCE OF TEST MACHINE

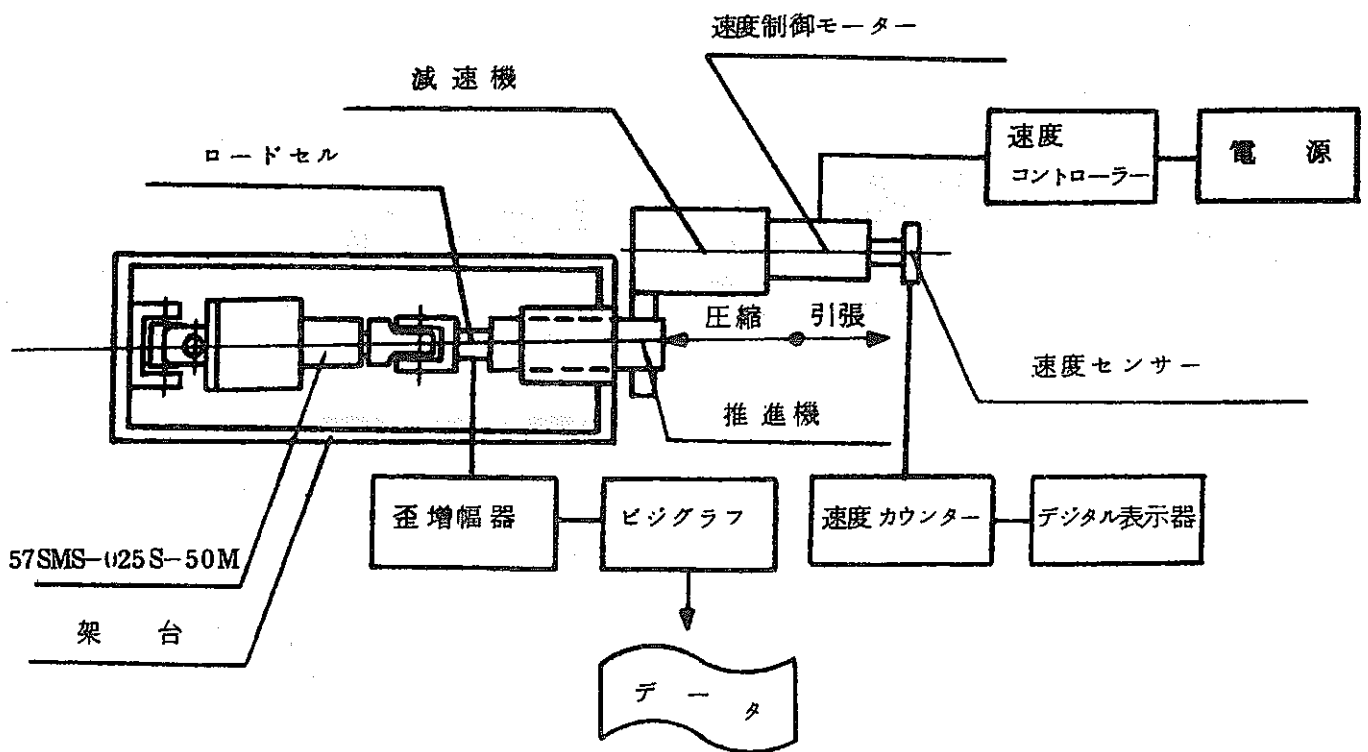
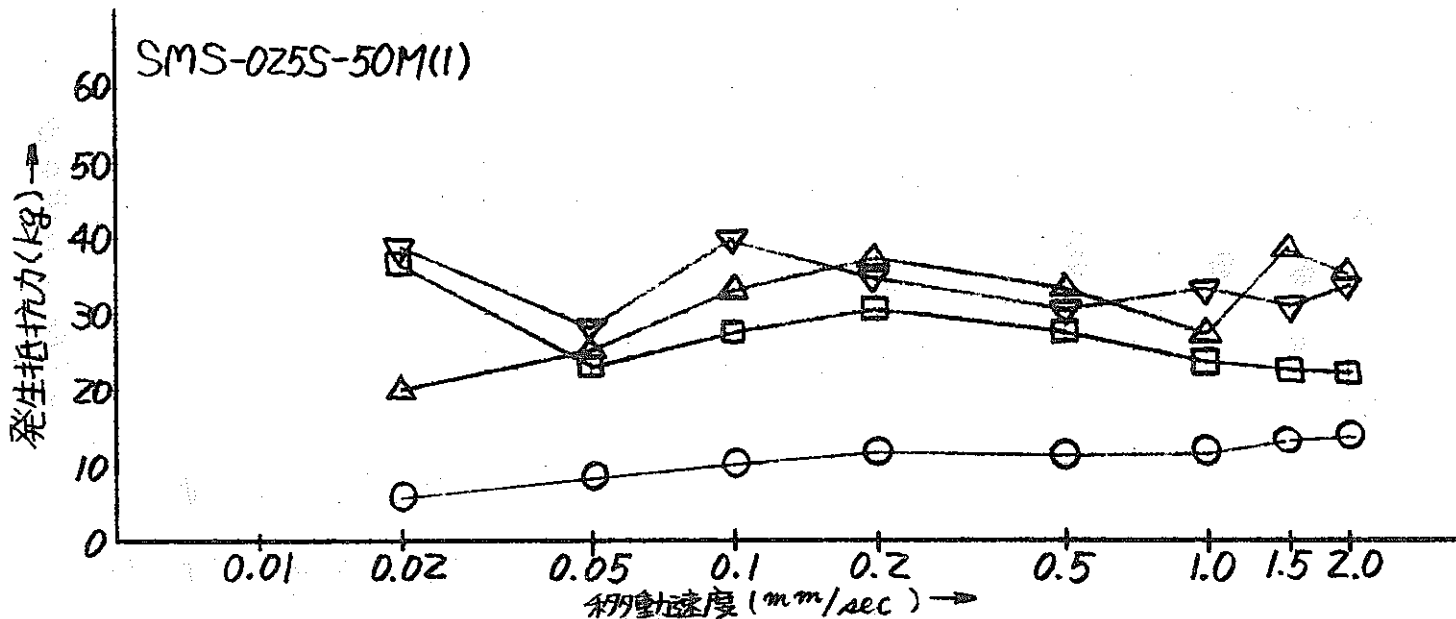


Fig. 4-2 MACHINE DIAGRAM

○ 0R △ 1×10⁹R □ 3×10⁹R ▽ 5×10⁹R



○ 0R △ 1×10⁹R □ 3×10⁹R ▽ 5×10⁹R

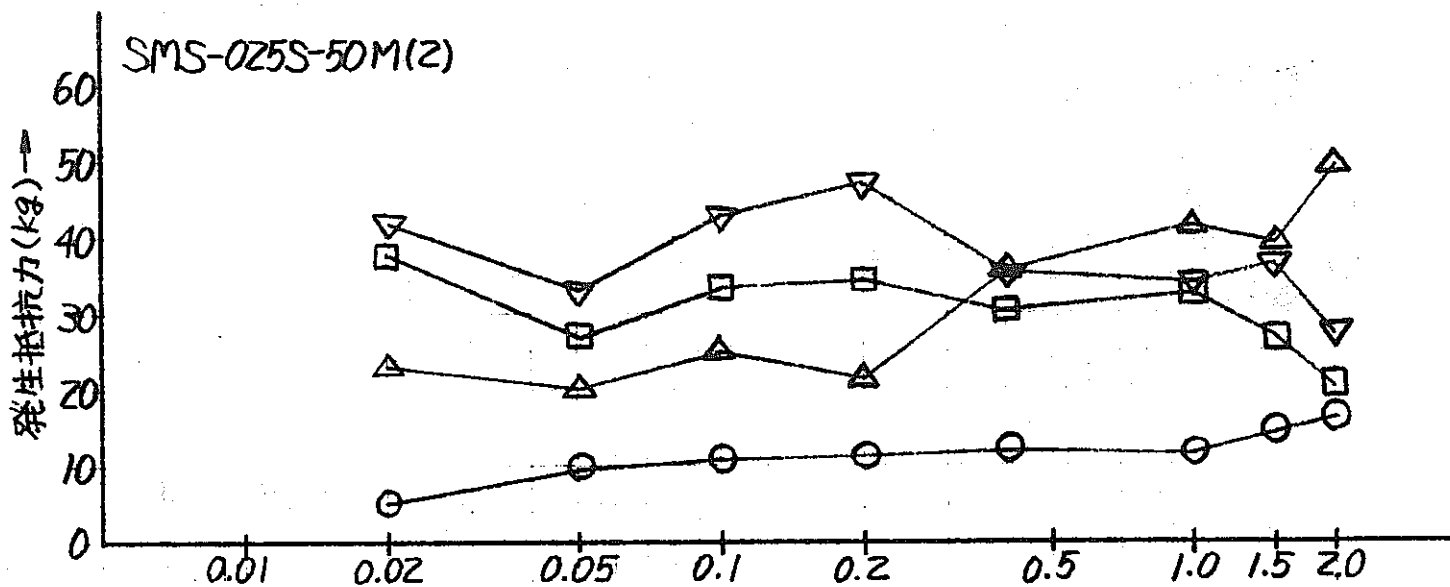
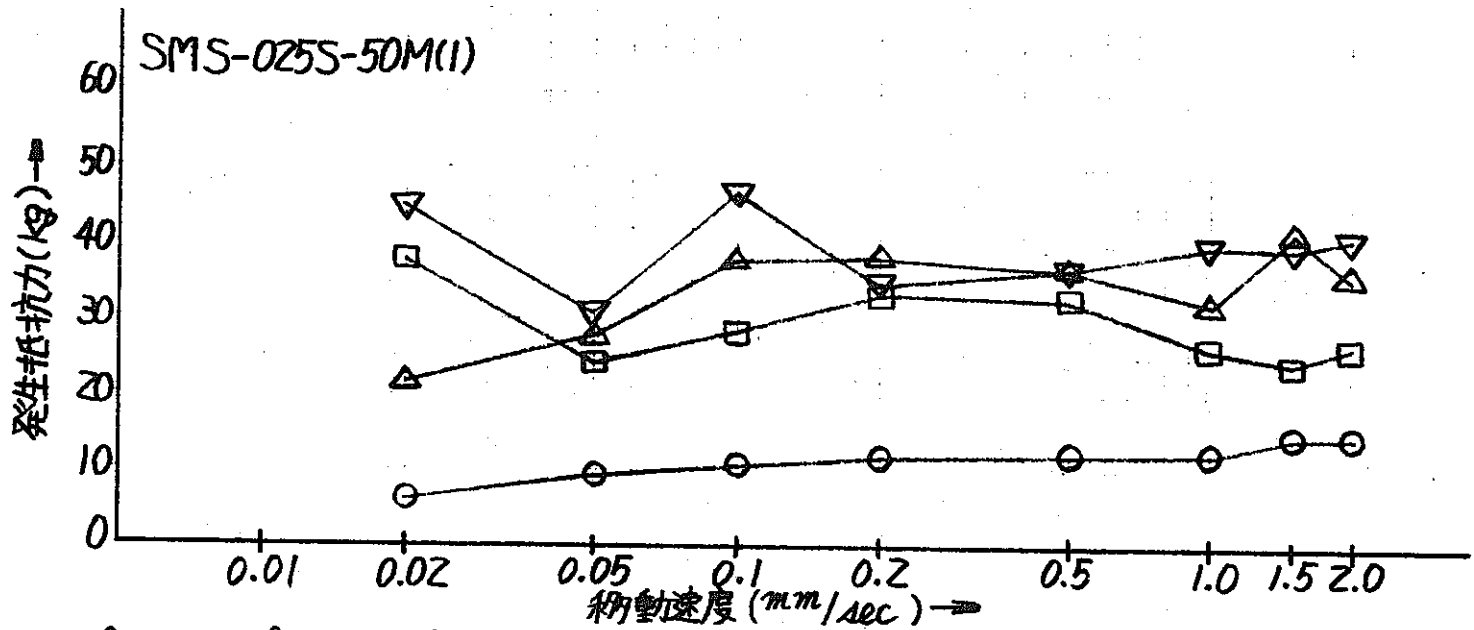


Fig. 5-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
低速走行試験結果 (table 1 & 2) (引張、圧縮の最大抵抗力の平均値)

○ 0R △ 1×10⁹R □ 3×10⁹R ▽ 5×10⁹R



○ 0R △ 1×10⁹R □ 3×10⁹R ▽ 5×10⁹R

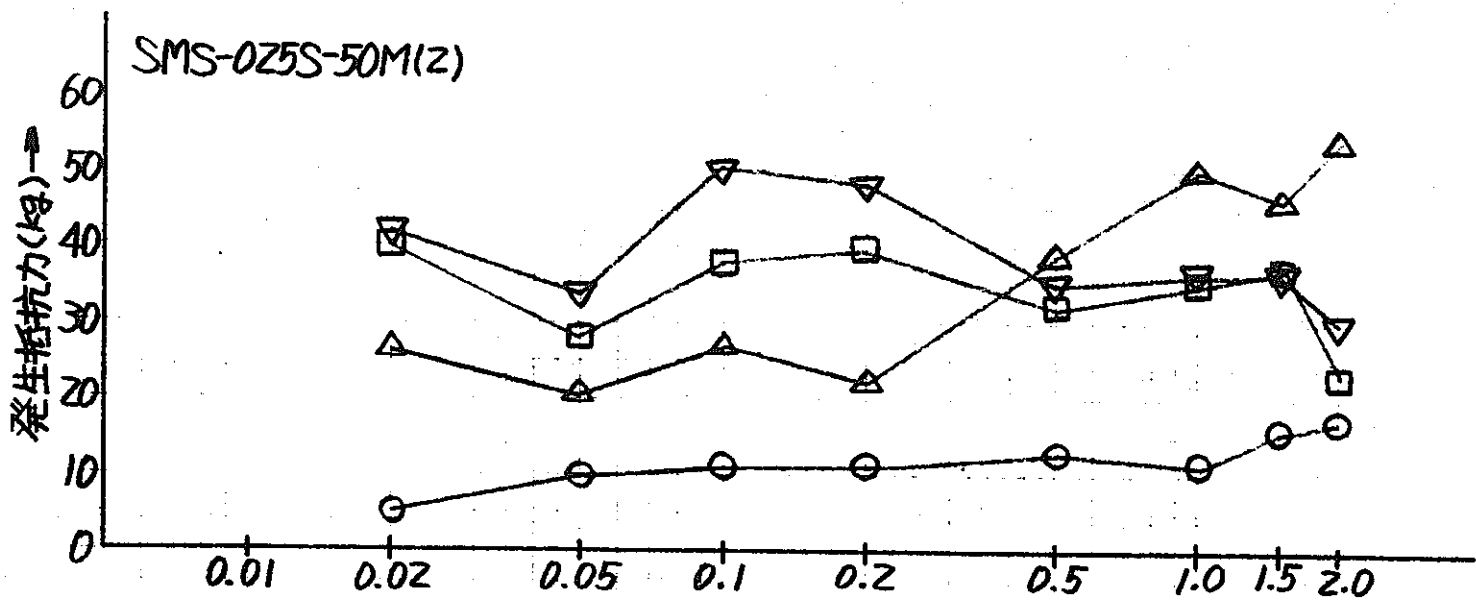


Fig. 5-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
低速走行試験結果 (table 2より) (引張、圧縮の最大抵抗力のうち大きい方の値)

○ SMS-0Z5S-50M(1)
 △ SMS-0Z5S-50M(2)

図中プロット値は、引張、圧縮の最大抵抗力の平均値

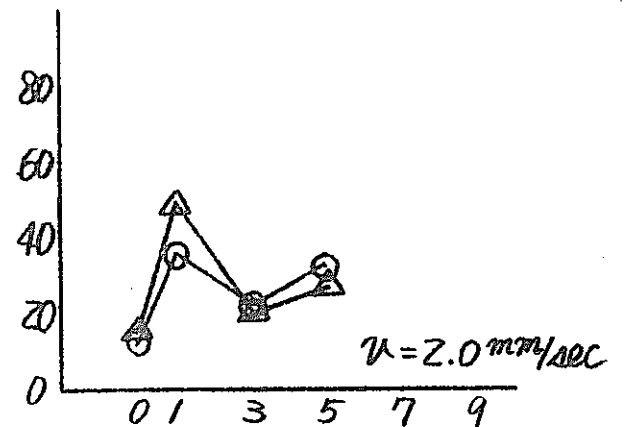
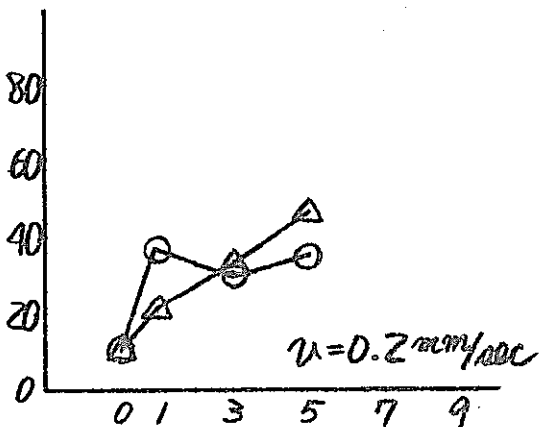
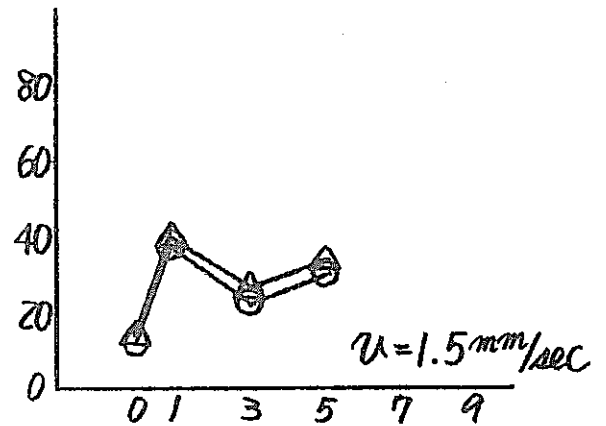
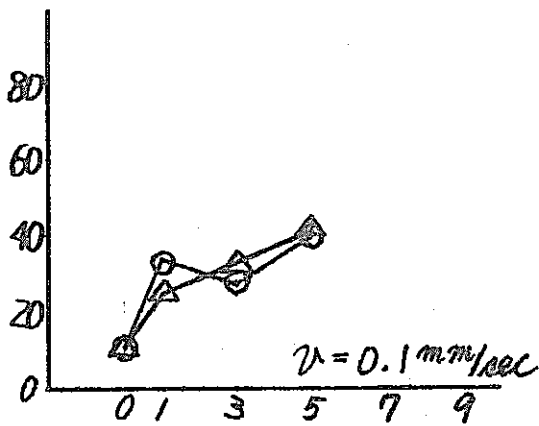
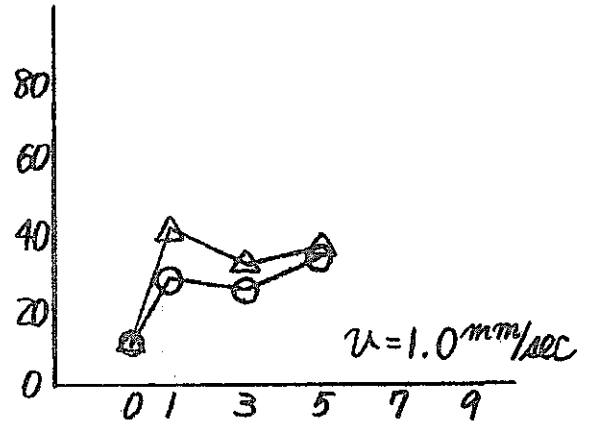
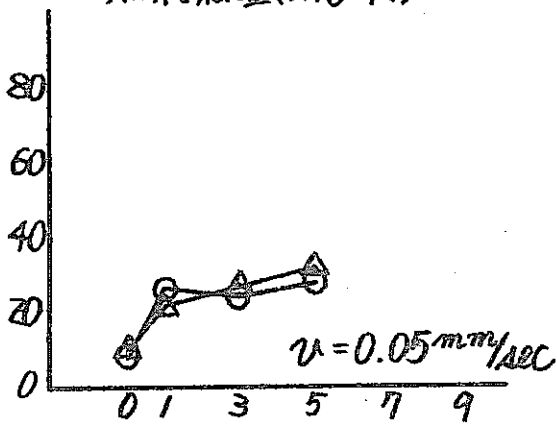
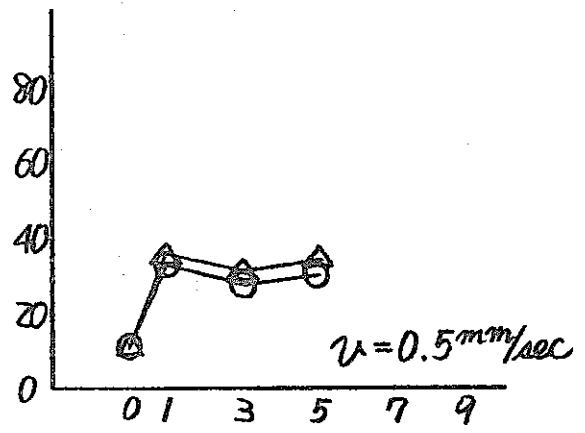
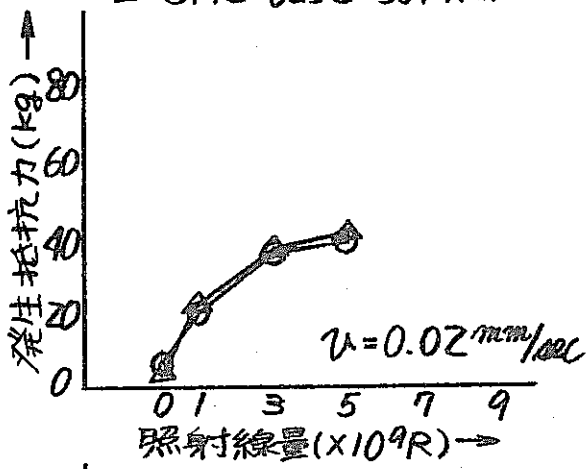


Fig. 6-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

低速走行試験結果 (table 1より) 照射線量に伴う発生抵抗力の変化

○ SMS-025S-50M(1)
 △ SMS-025S-50M(2)

図中プロット値は、引張、圧縮の最大抵抗力のうち、大きい方の値

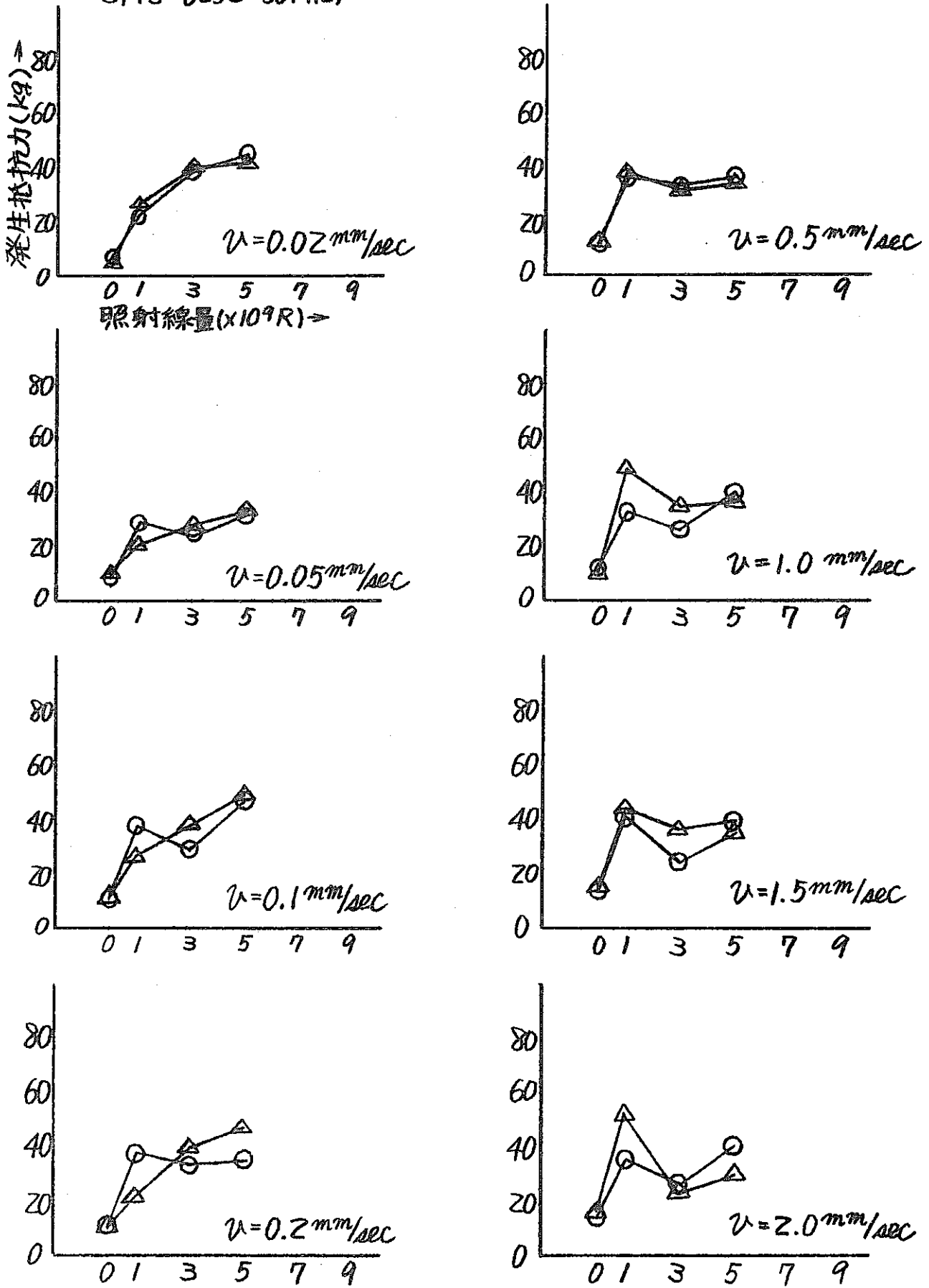


Fig. 6-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

低速走行試験結果 (table 2より) 照射線量に伴う発生抵抗力の変化

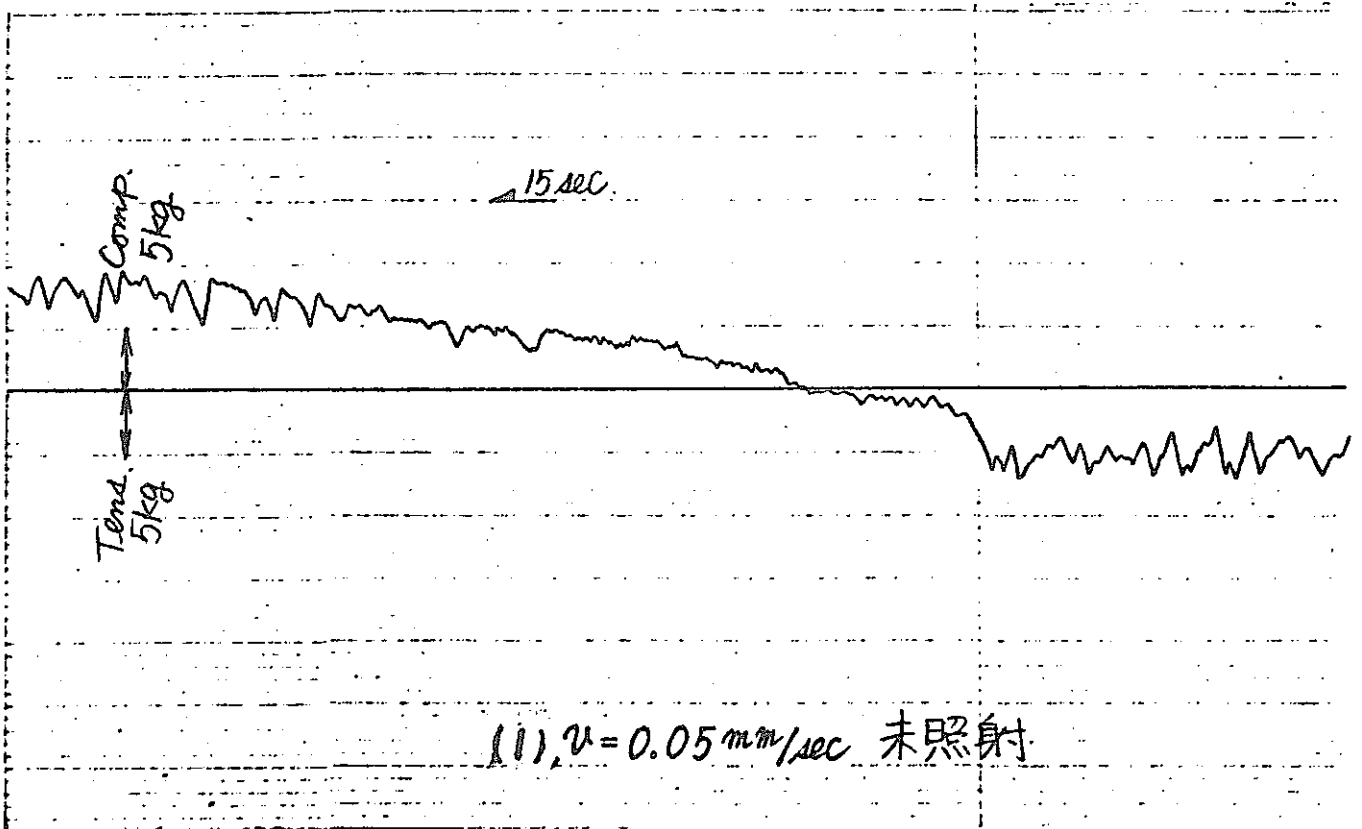
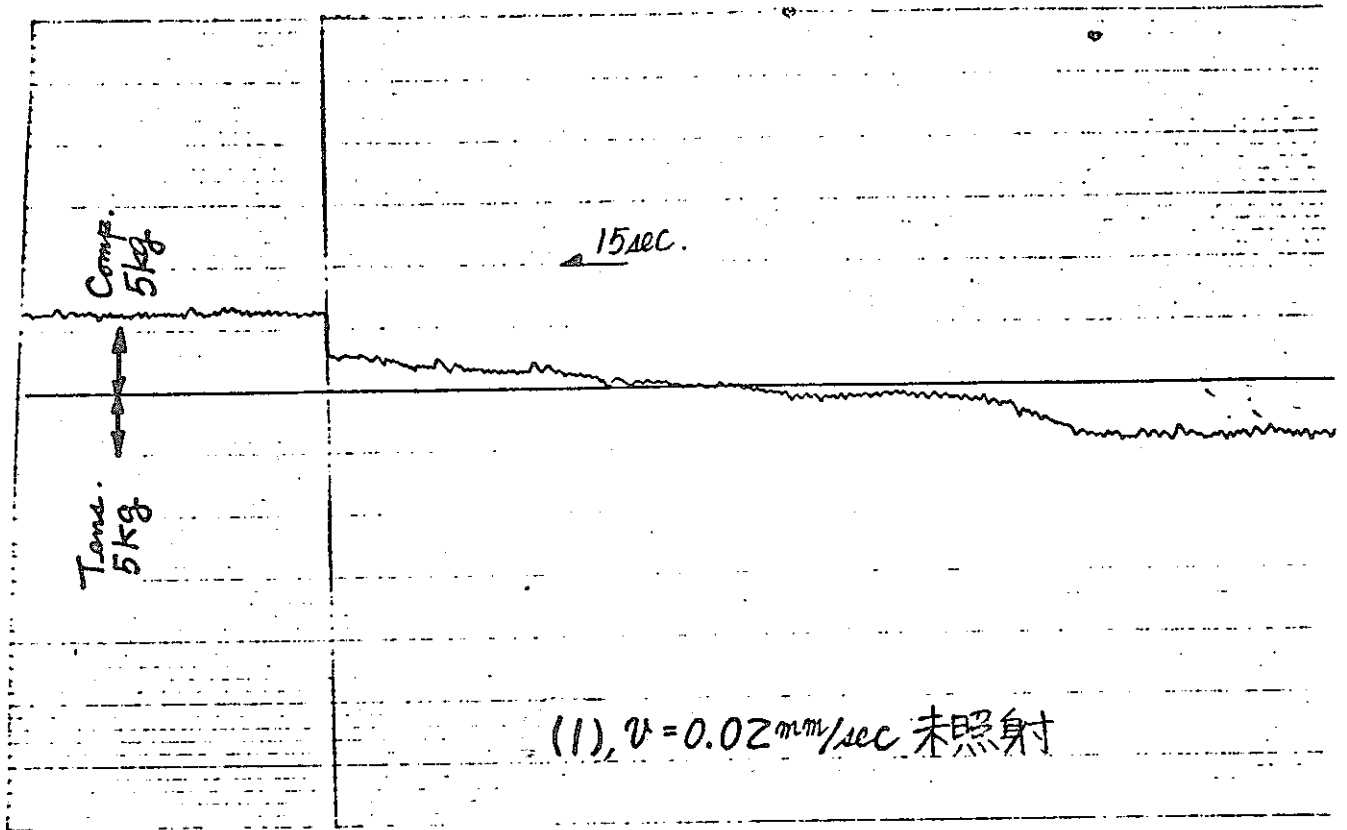


Fig. 7-1-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

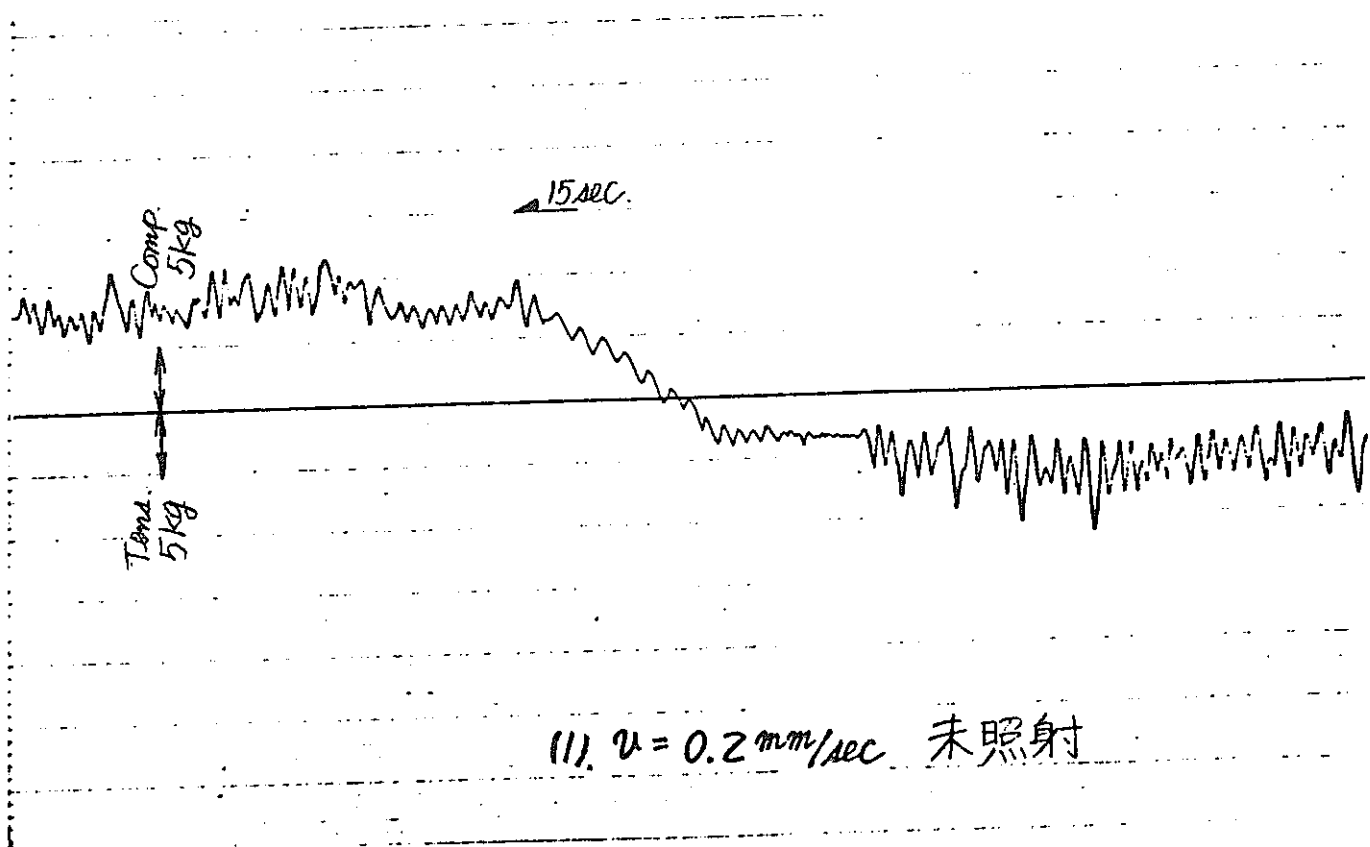
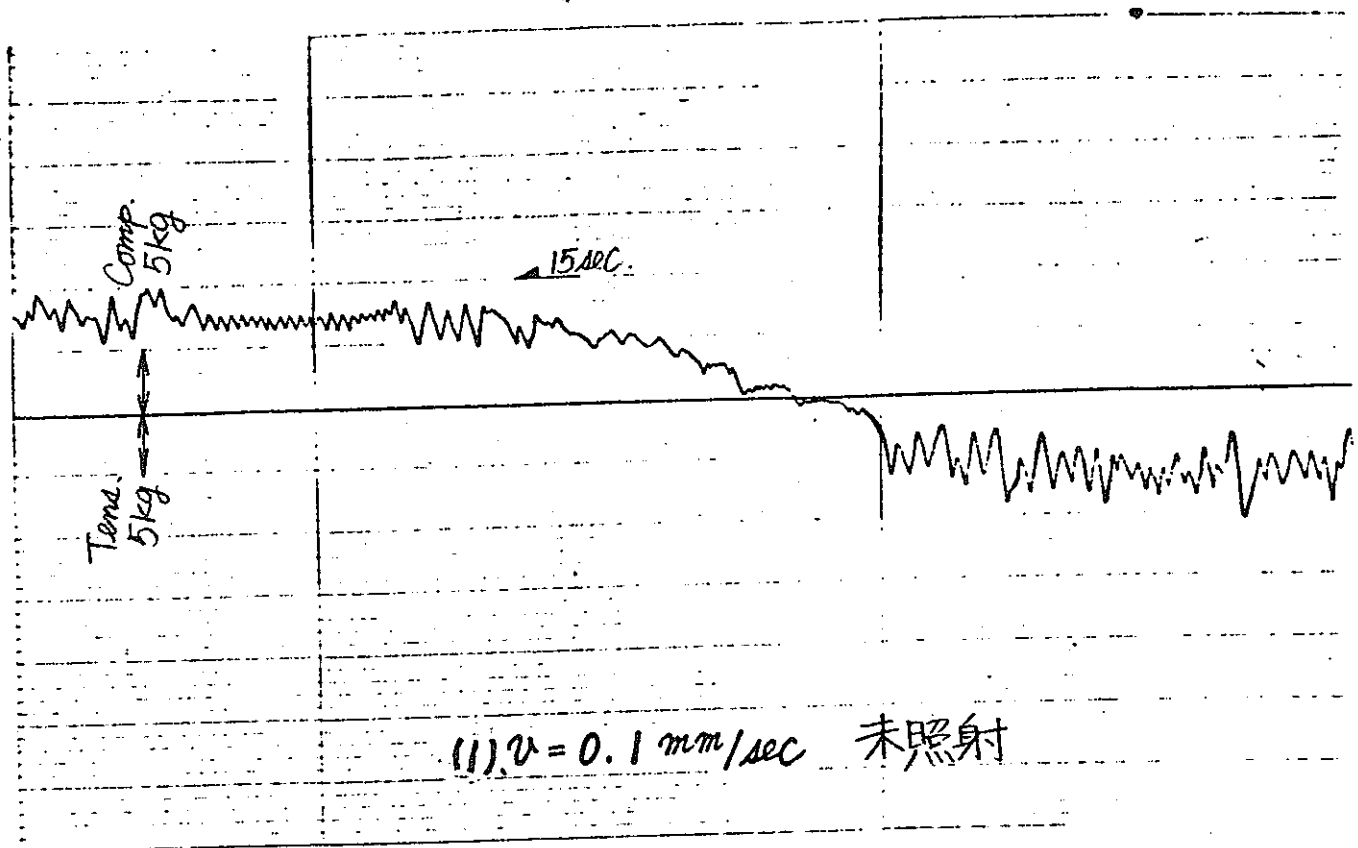
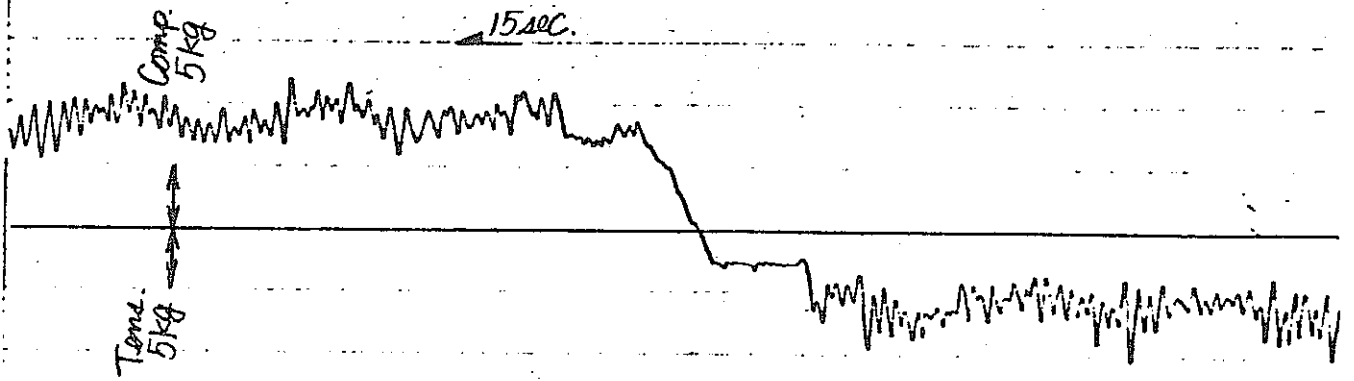
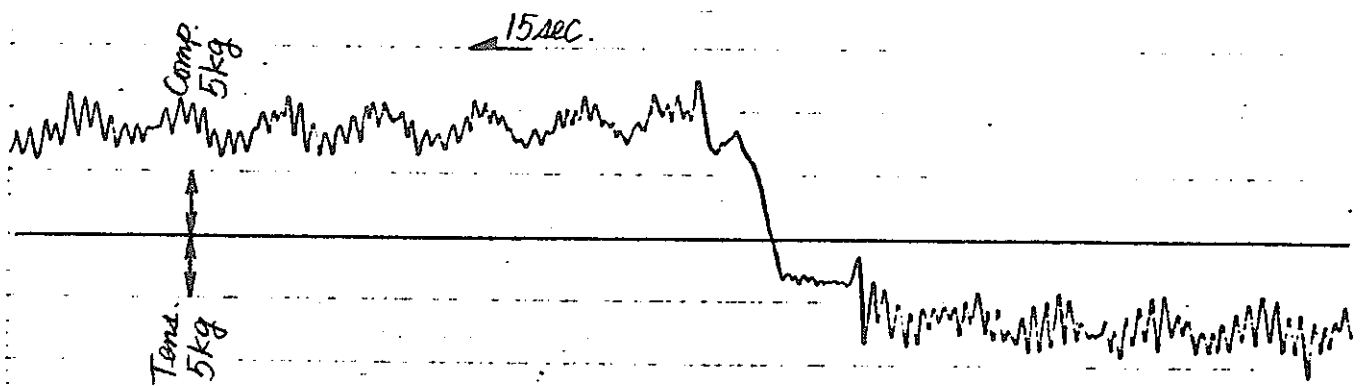


Fig. 7-1-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)



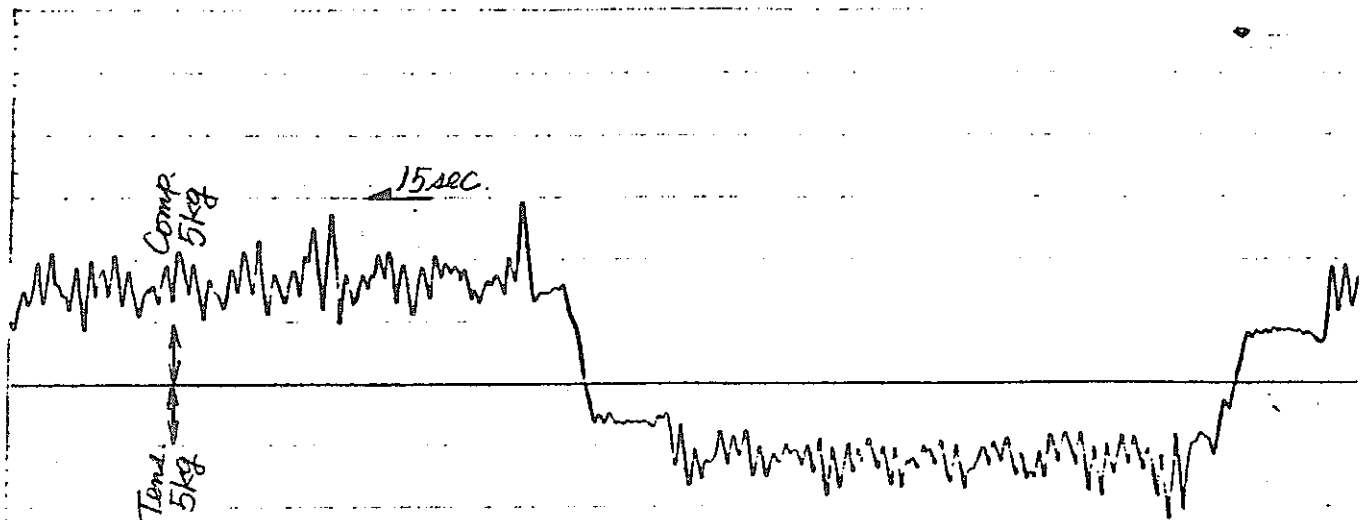
(1). $v = 0.5 \text{ mm/sec}$ 未照射



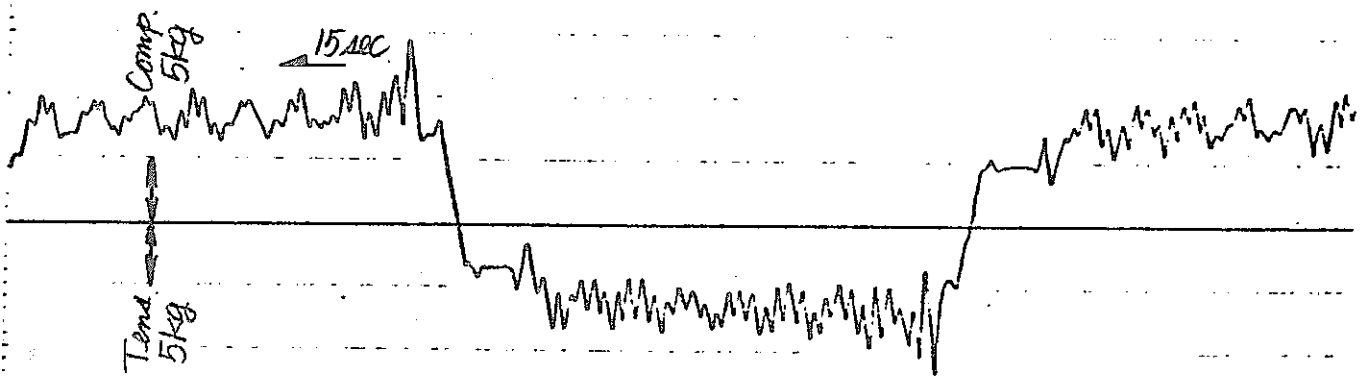
(1). $v = 1.0 \text{ mm/sec}$ 未照射

Fig. 7-1-3 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)



(I), $v=1.5 \text{ mm/sec}$ 未照射



(II), $v=2.0 \text{ mm/sec}$ 未照射

Fig. 7-1-4 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

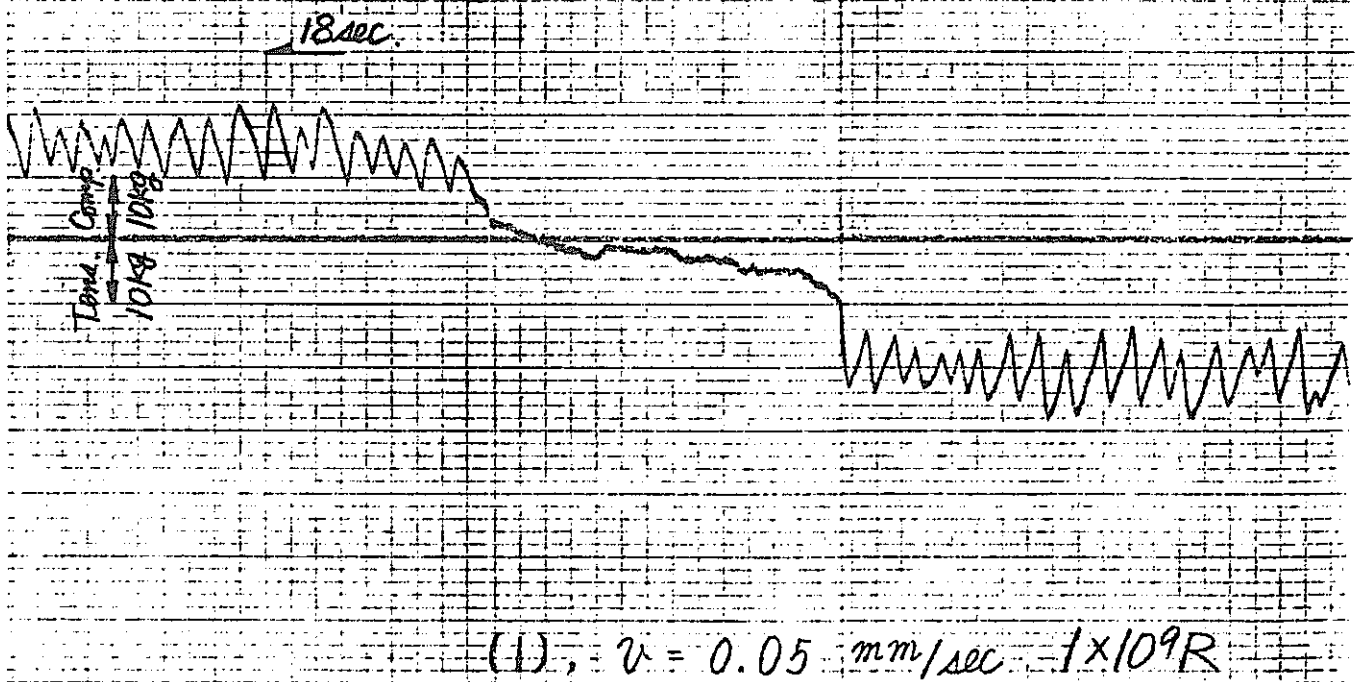
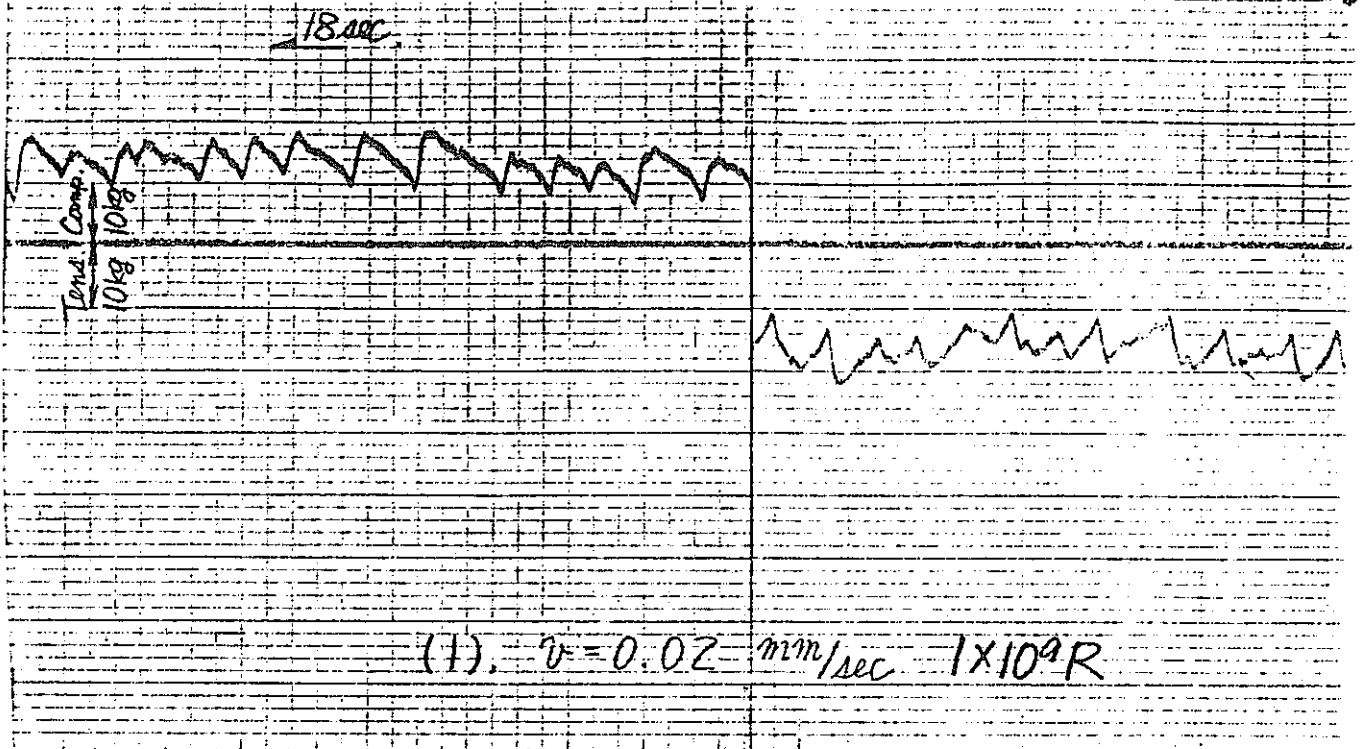


Fig. 7-2-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

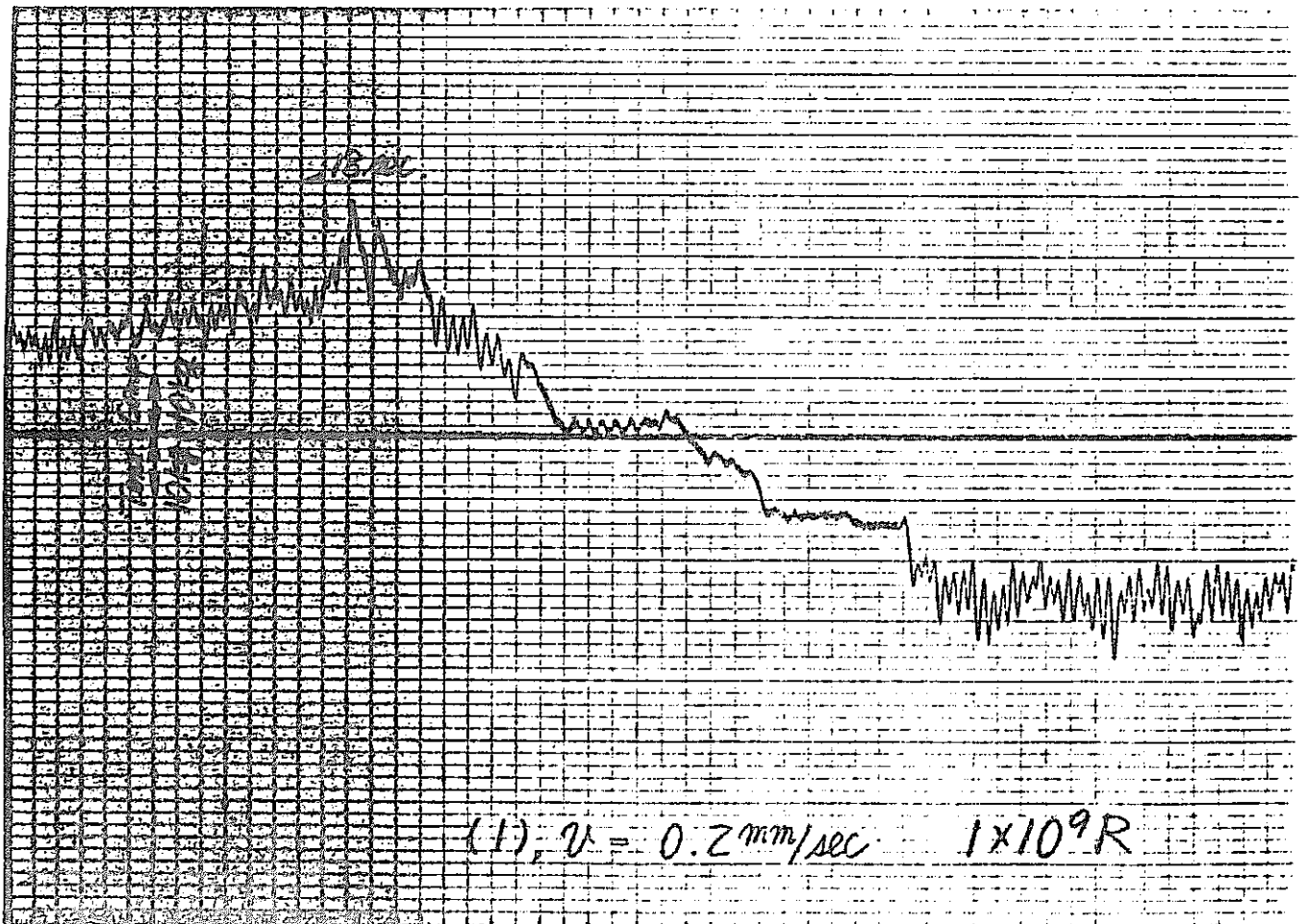
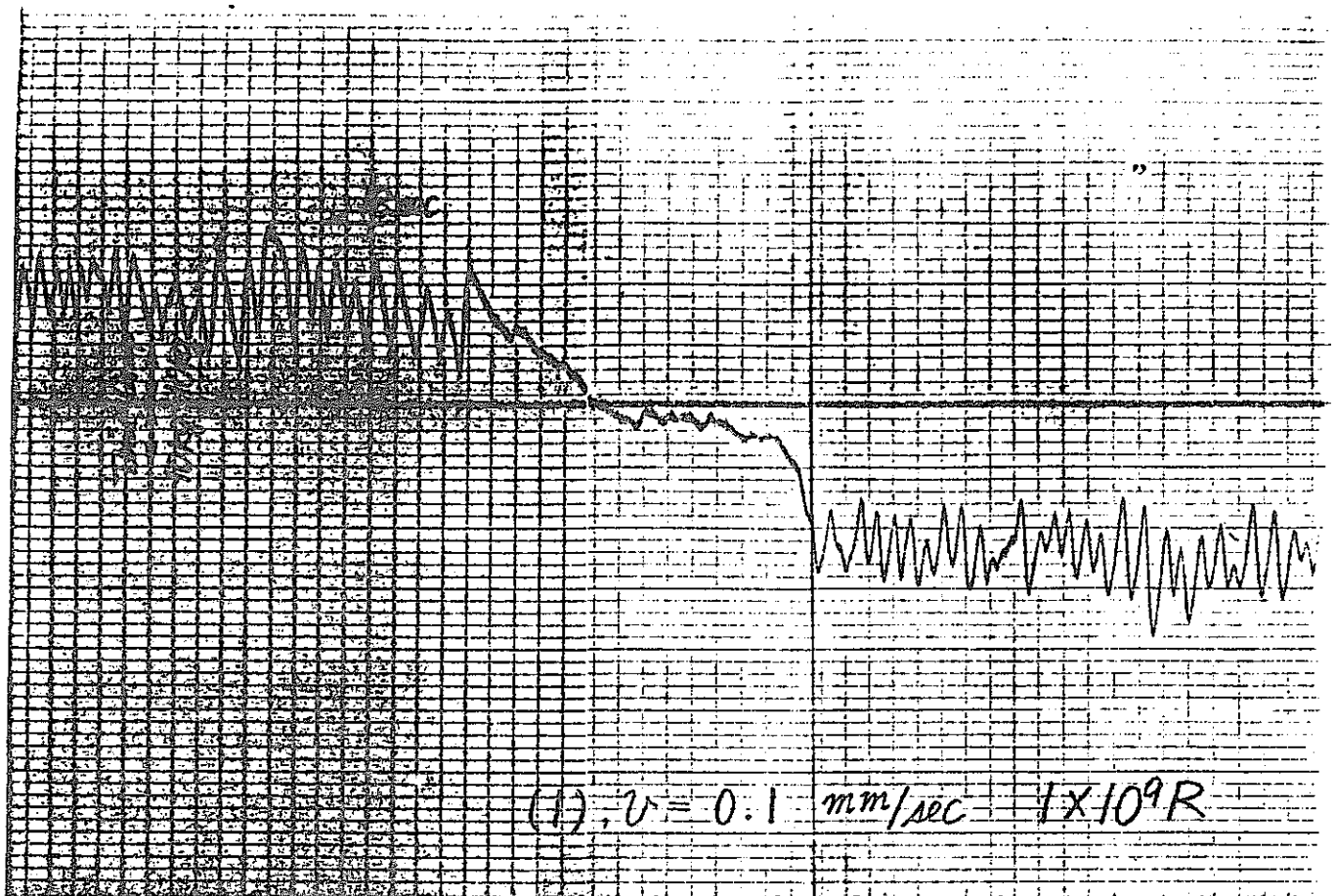
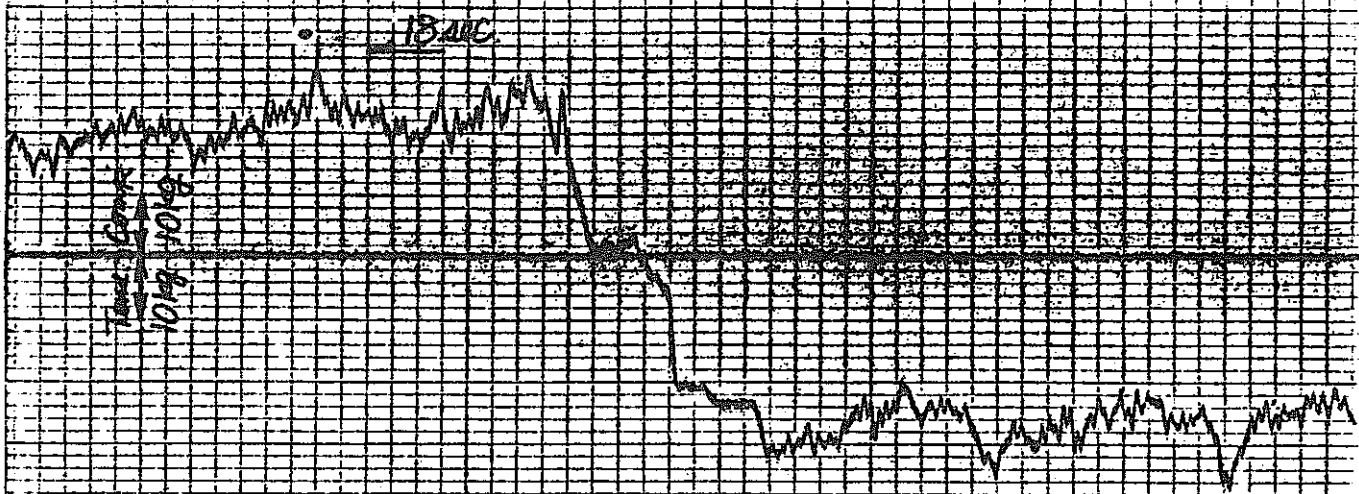
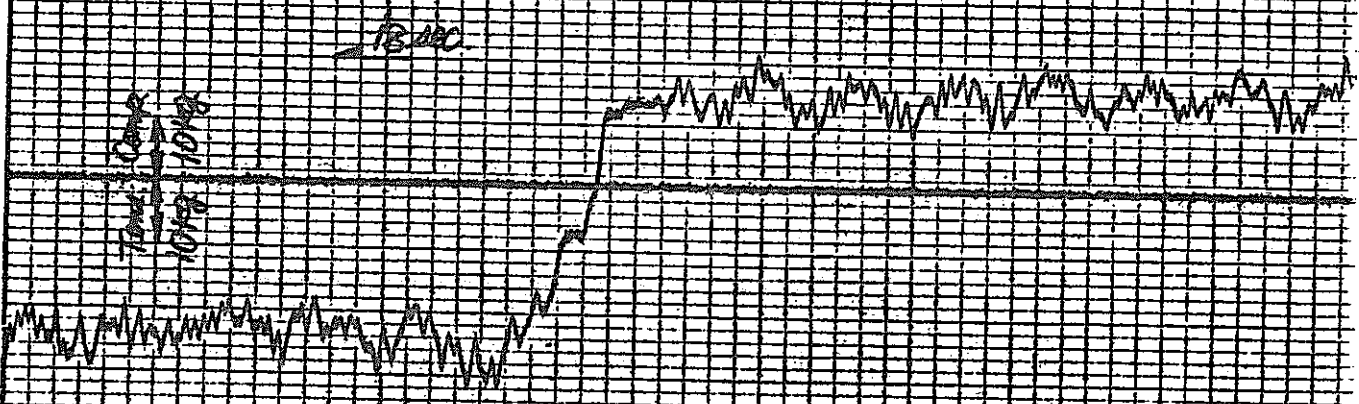


Fig. 7-2-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)



(1), $v = 0.5 \text{ mm/sec } 1 \times 10^9 R$



(1), $v = 1.0 \text{ mm/sec } 1 \times 10^9 R$

Fig. 7-2-3 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

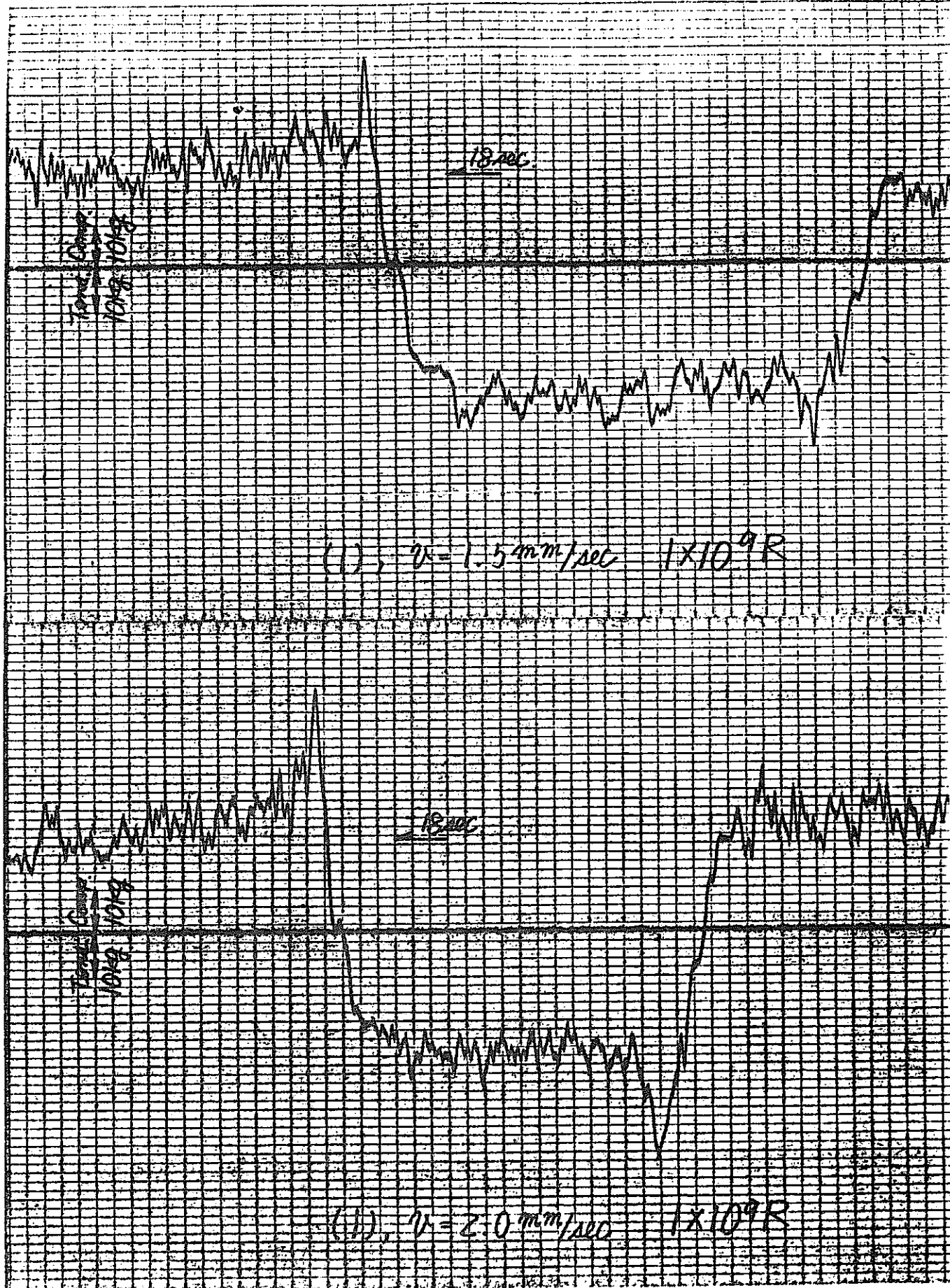


Fig. 7-2-4 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

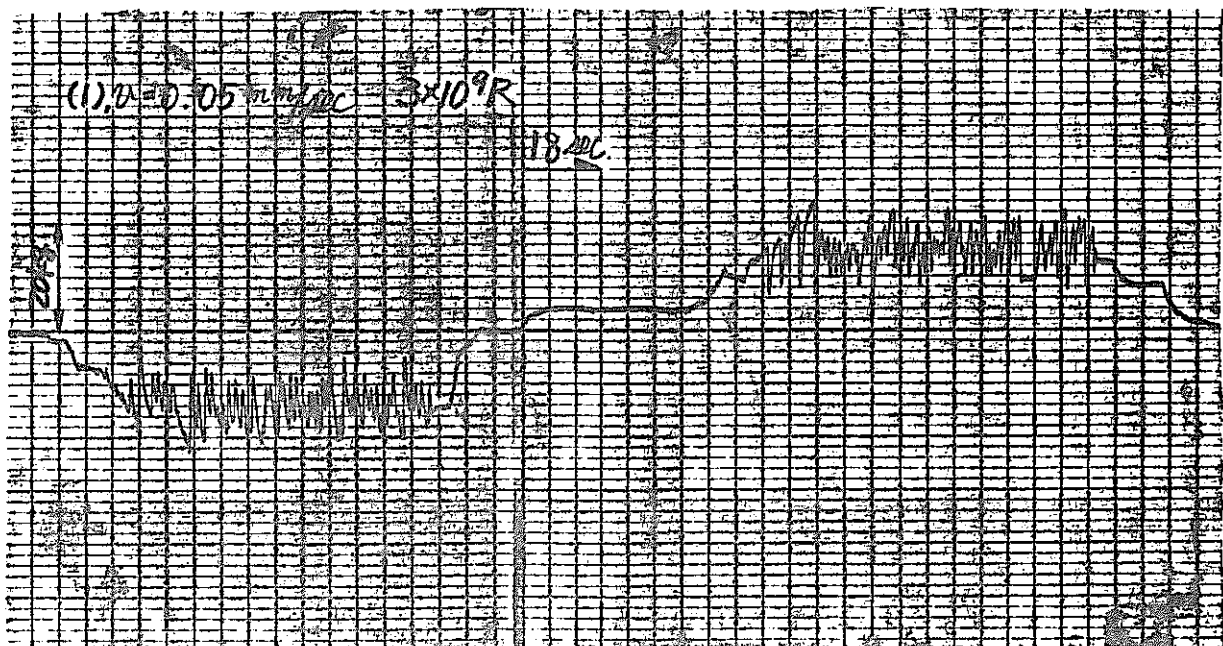
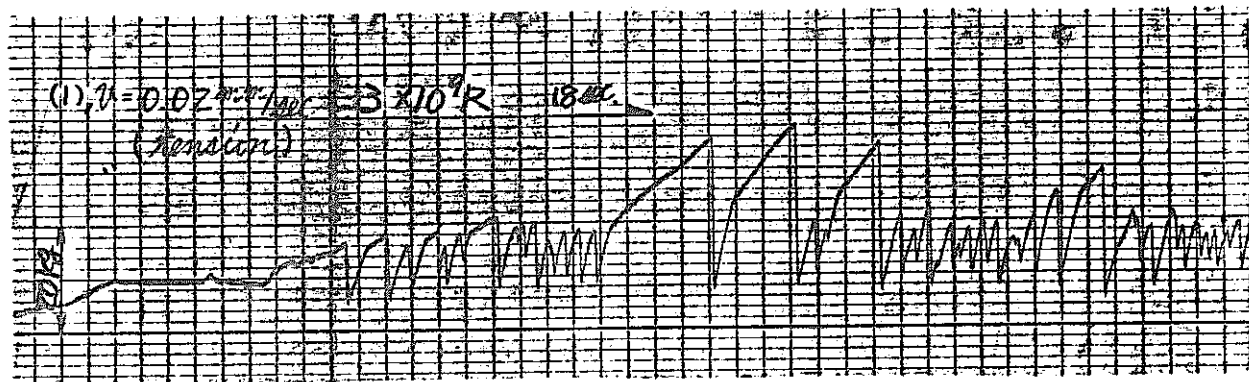
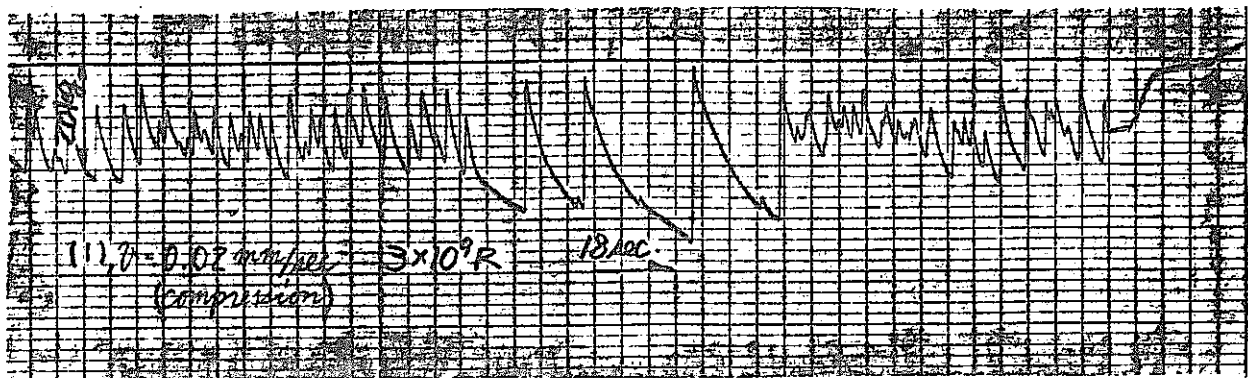


Fig. 7-3-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

5 7 SMS - 0 2 5 S - 5 0 M - (1)

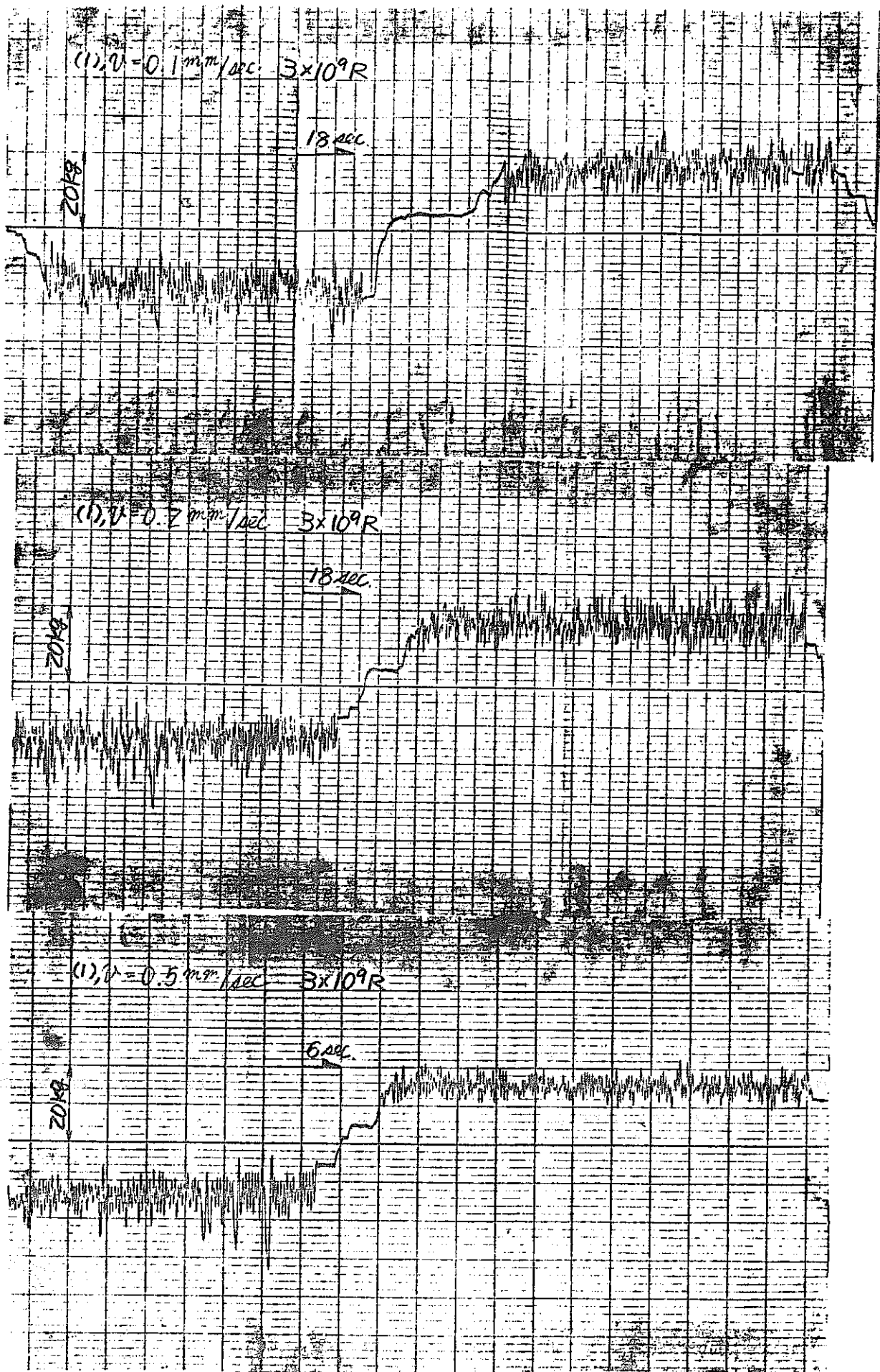


Fig. 7-3-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

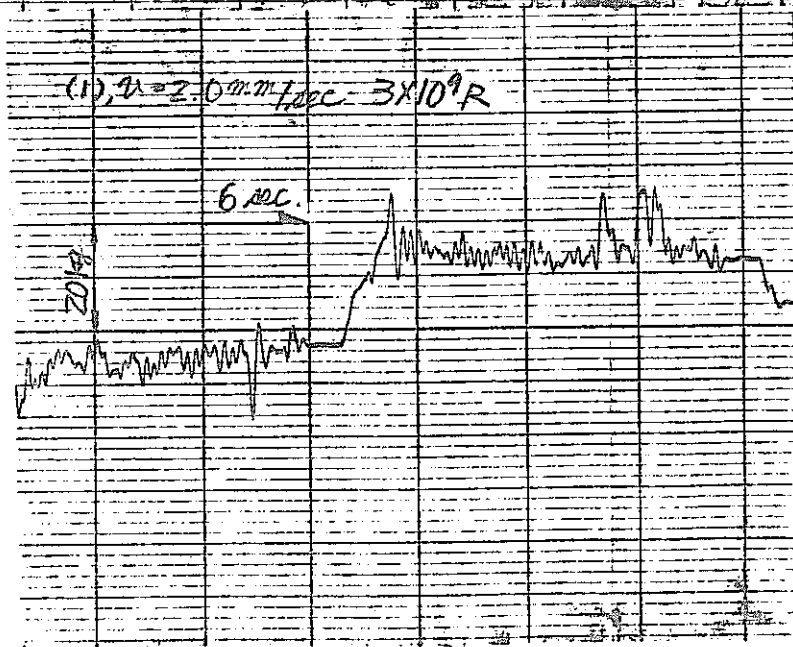
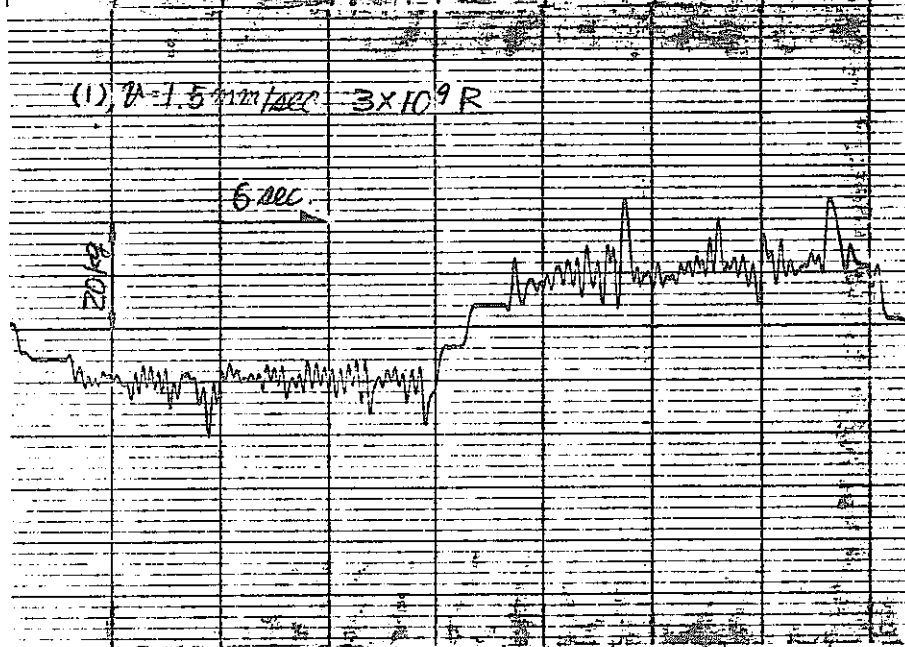
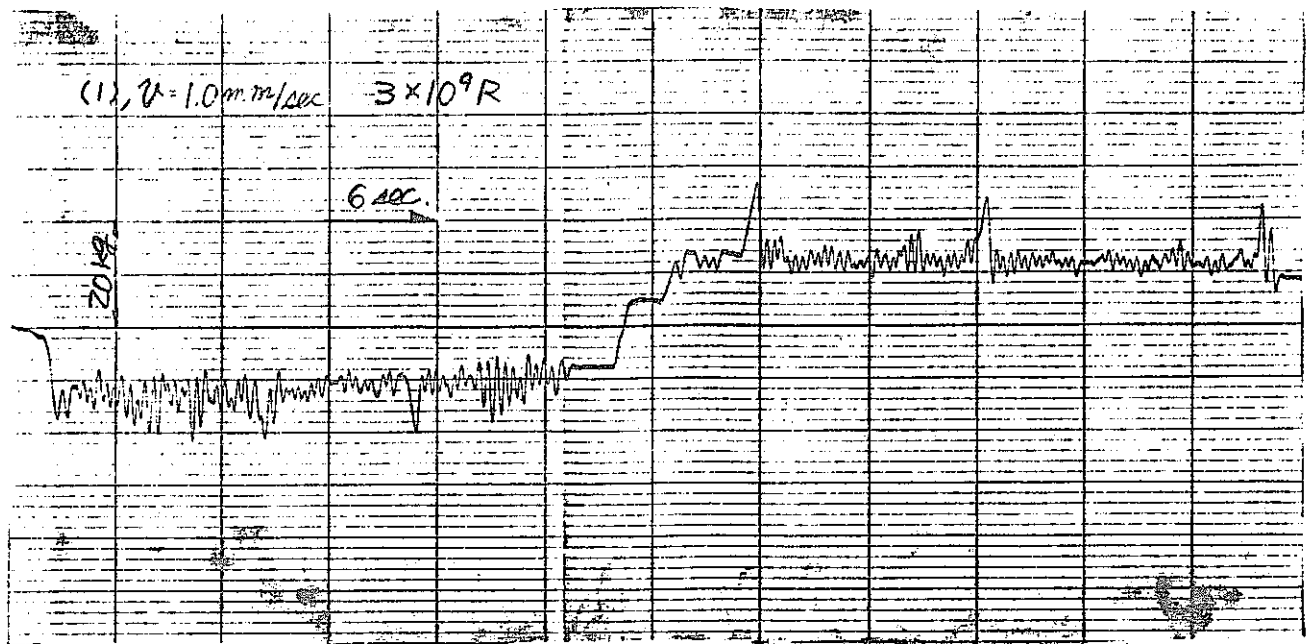


Fig. 7-3-3 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

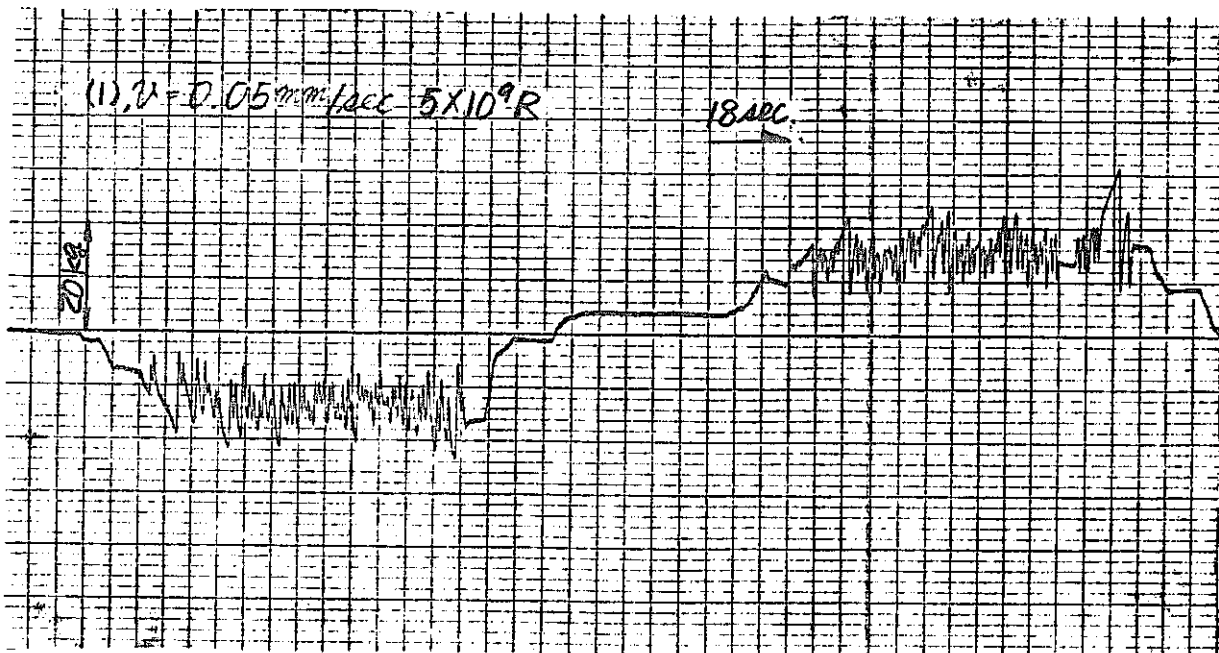
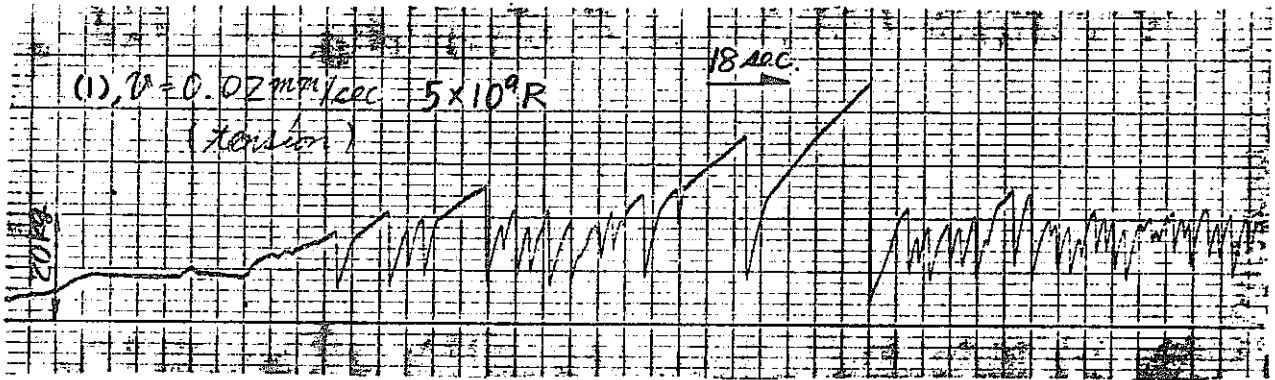
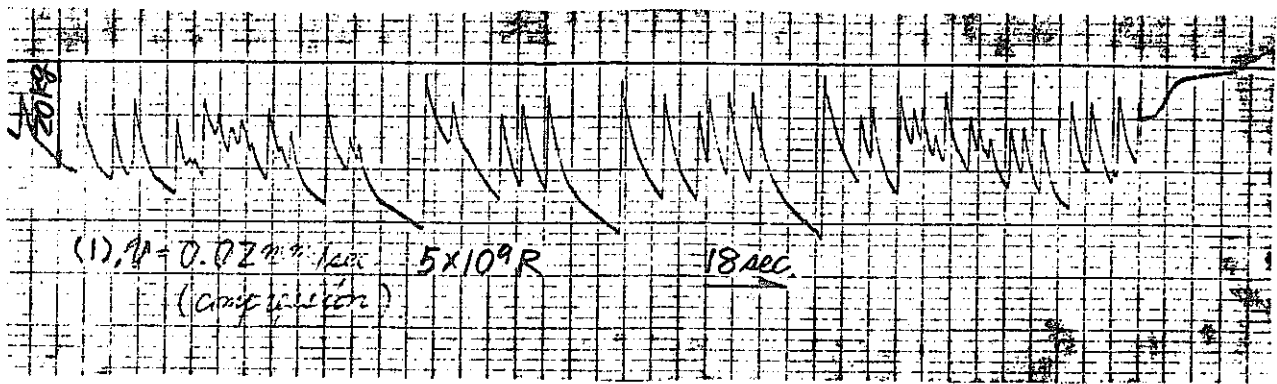


Fig. 7-4-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

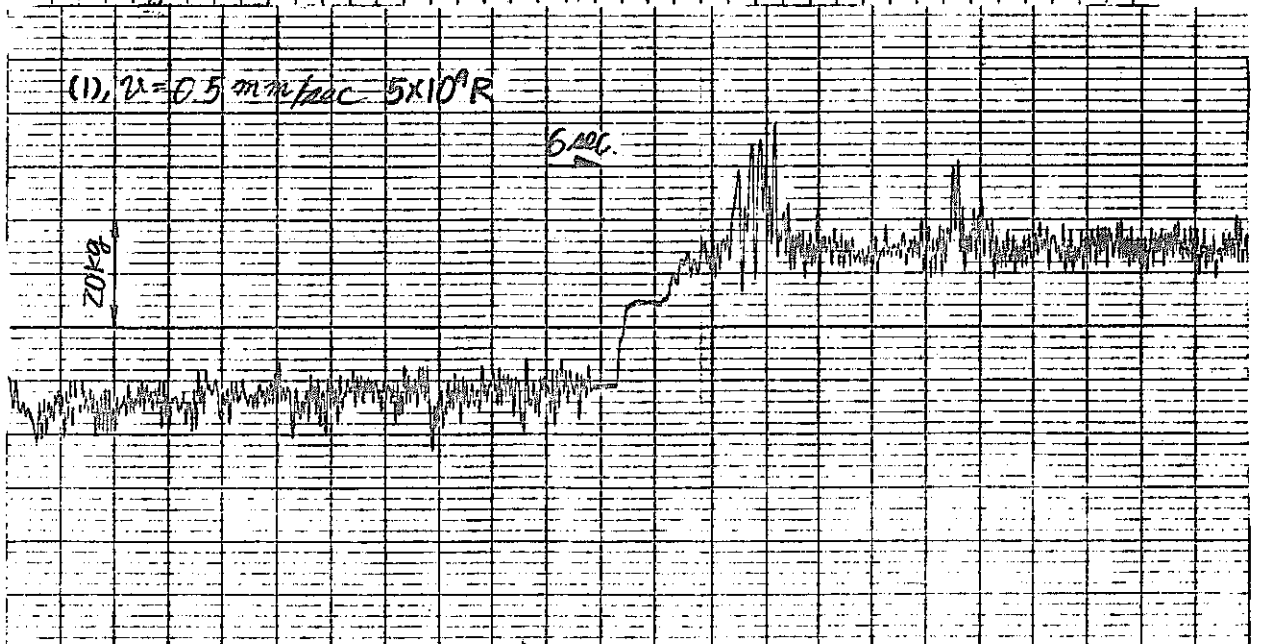
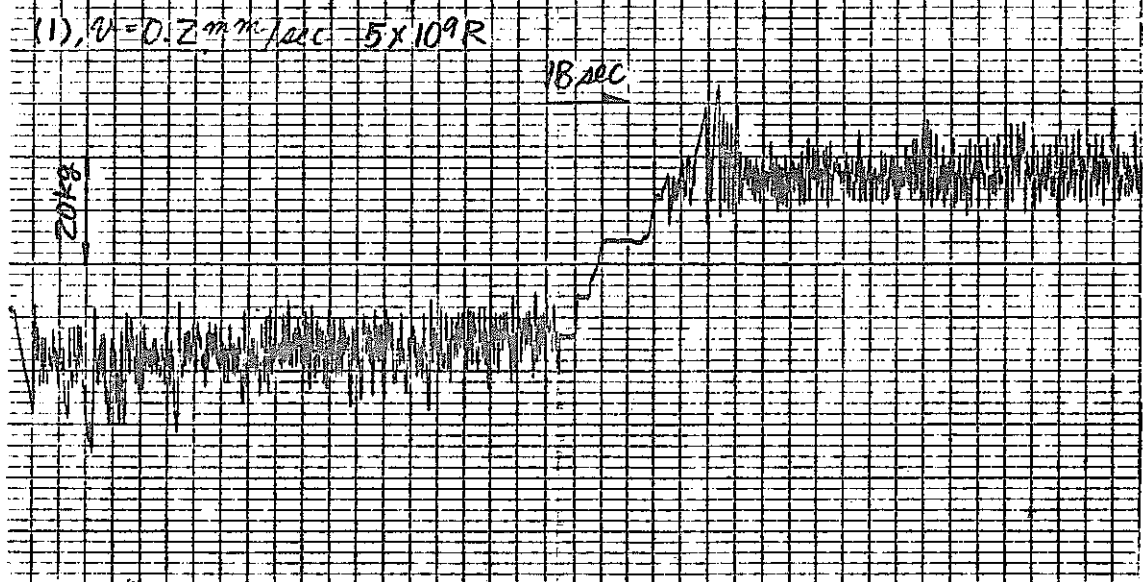
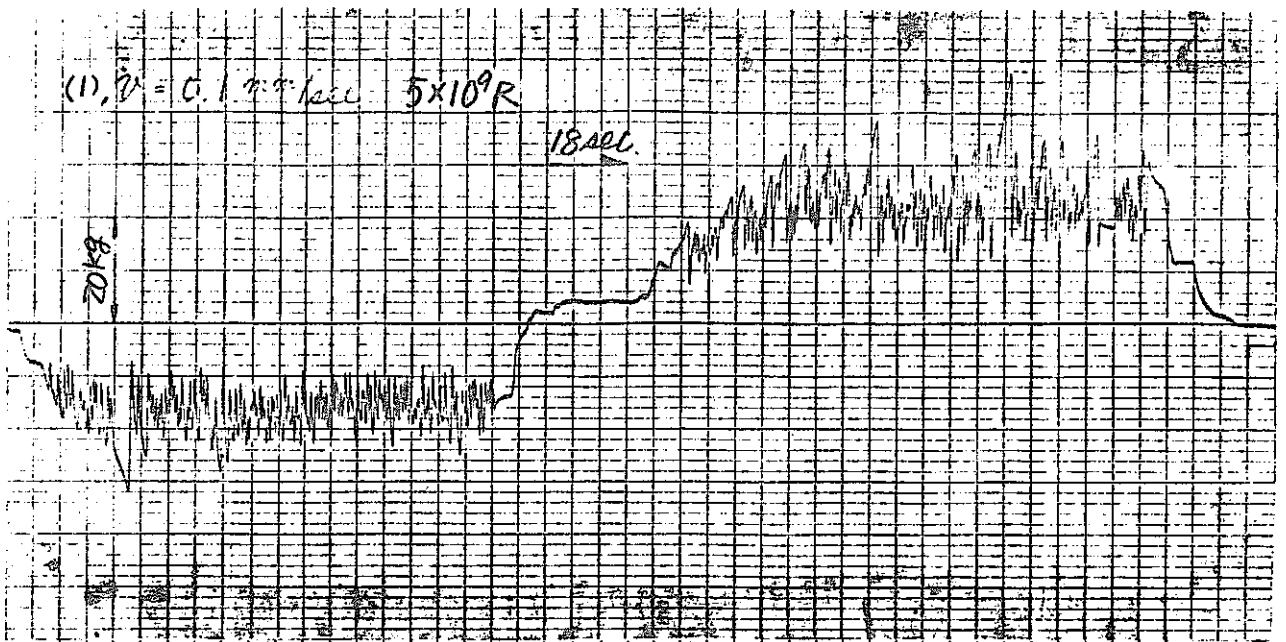


Fig. 7-4-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

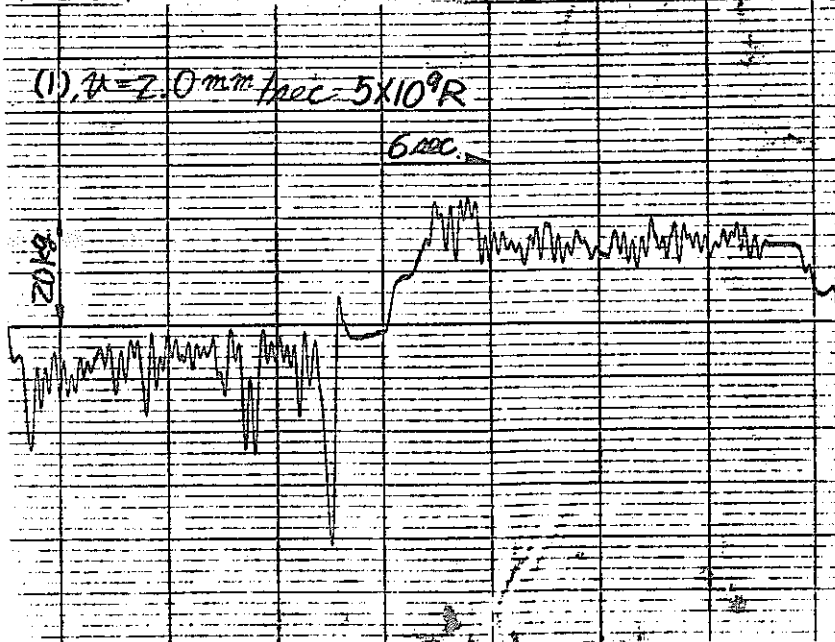
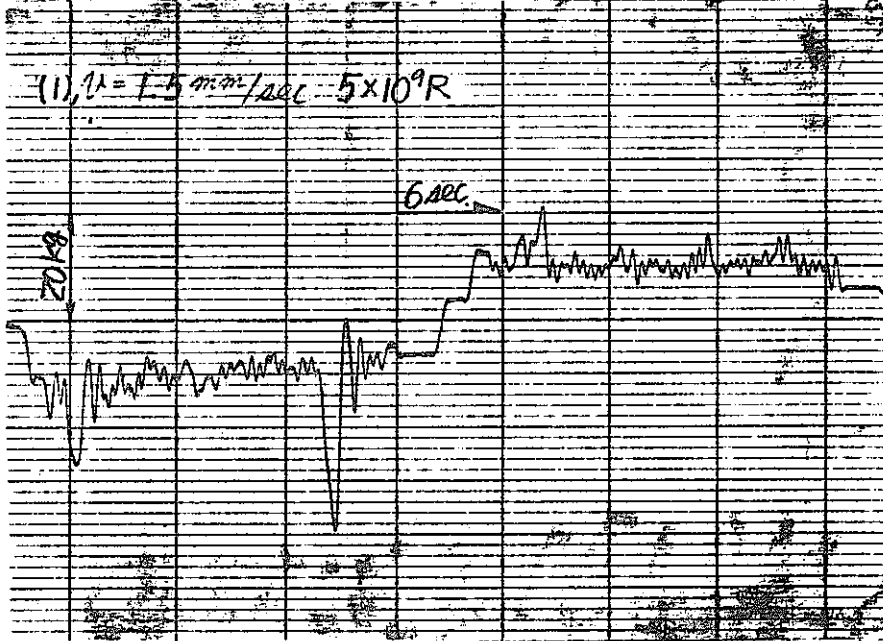
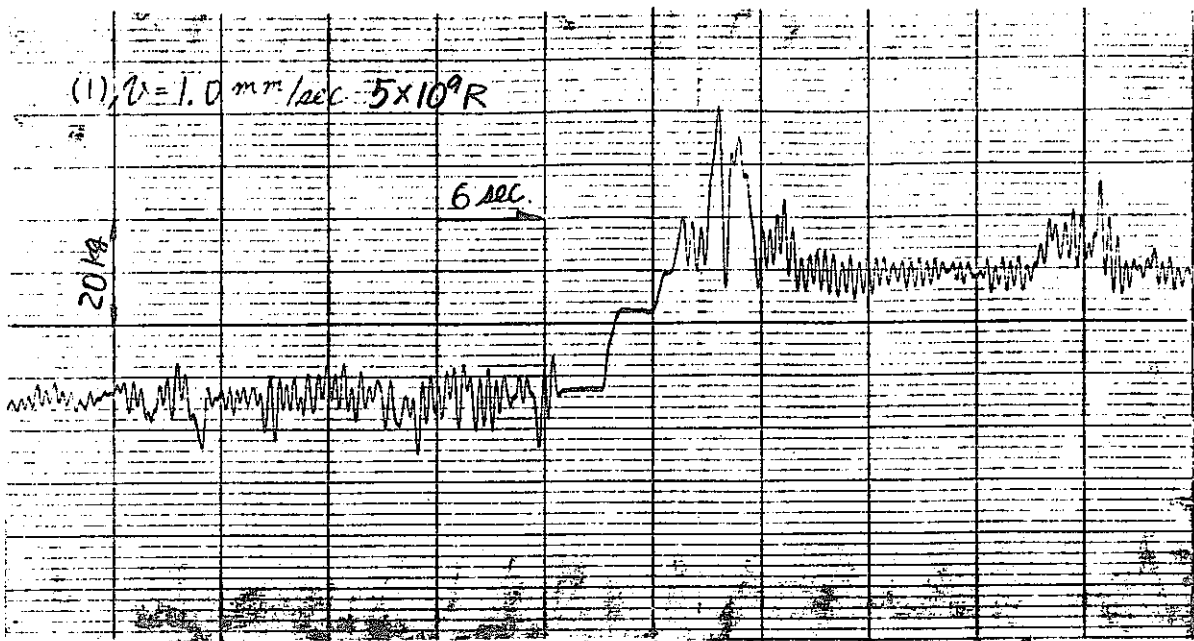


Fig. 7-4-3 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(1)

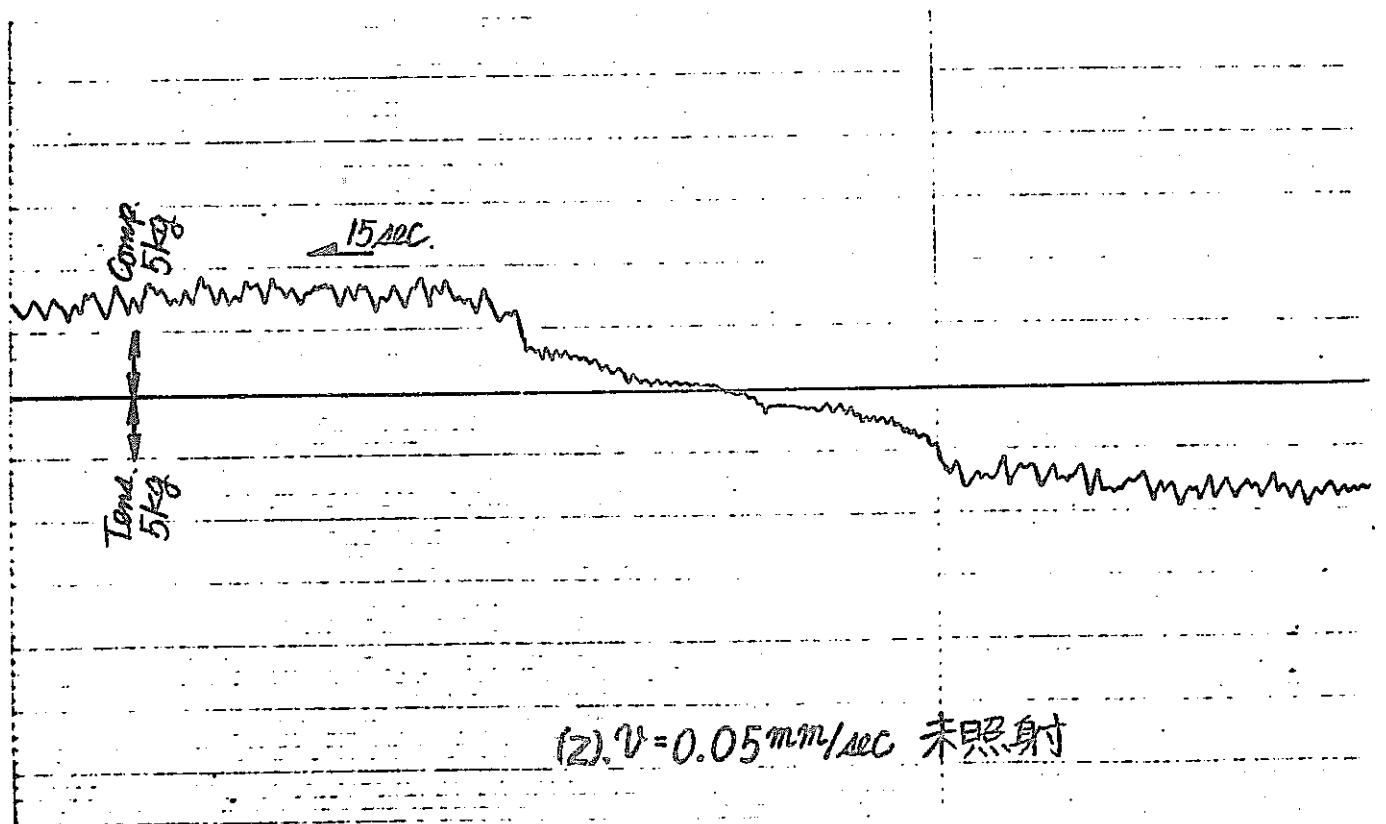
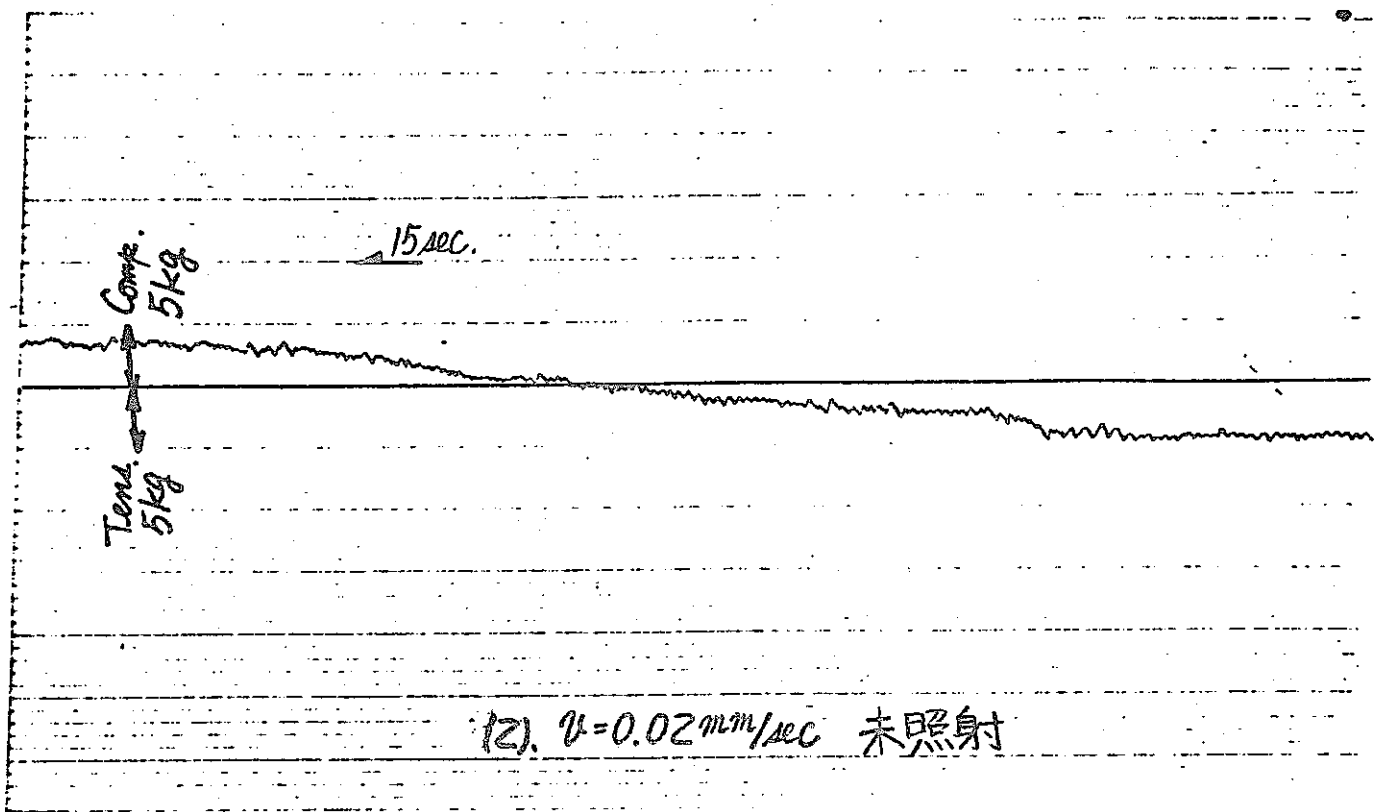
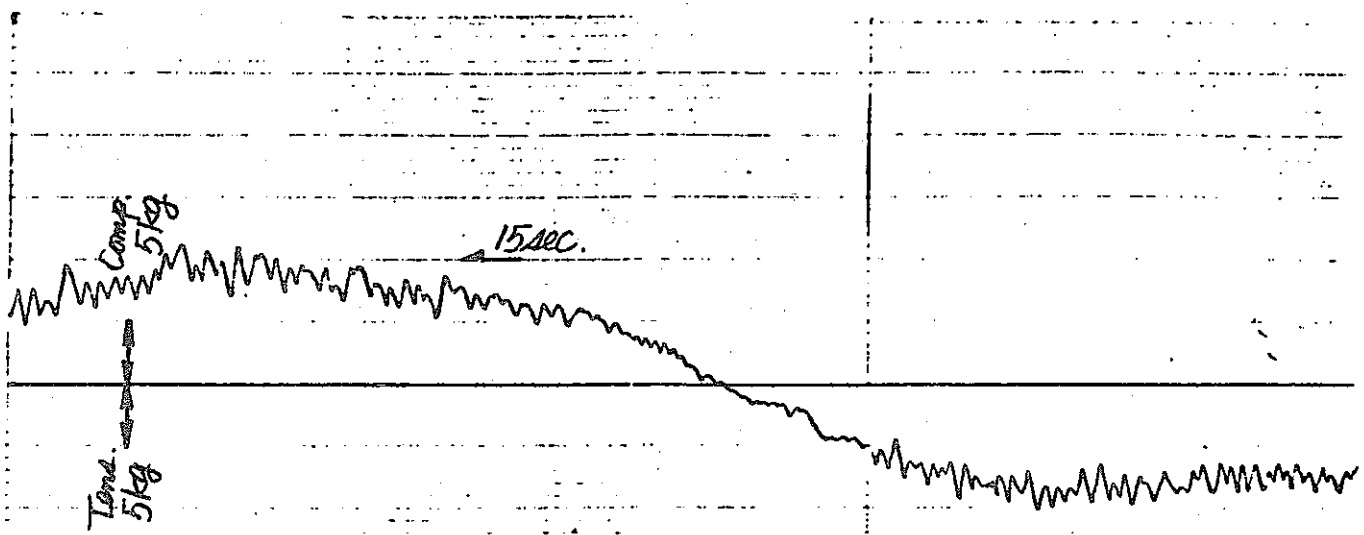
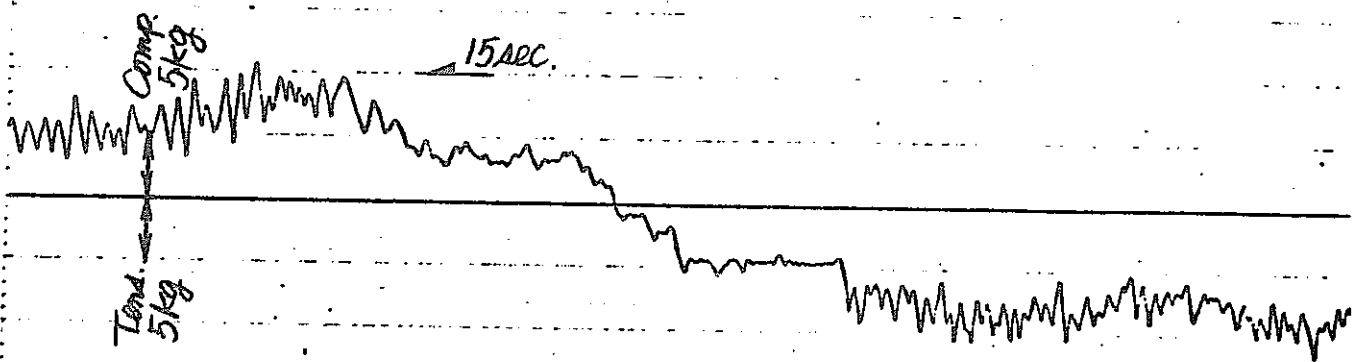


Fig. 8-1-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)



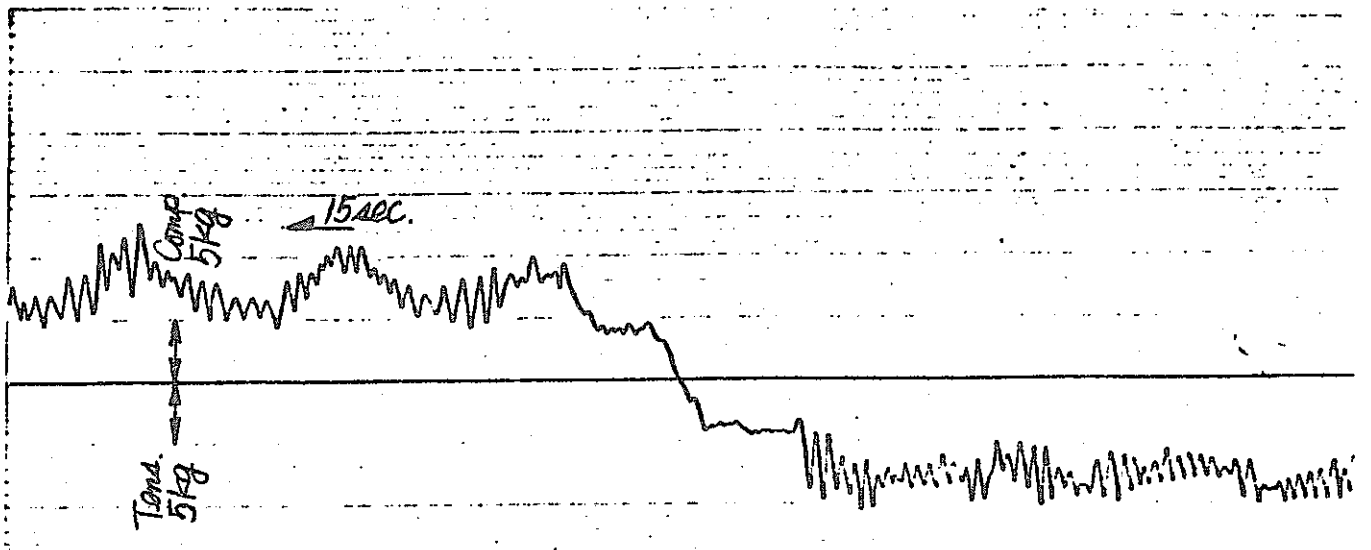
(2). $v = 0.1 \text{ mm/sec}$ 未照射



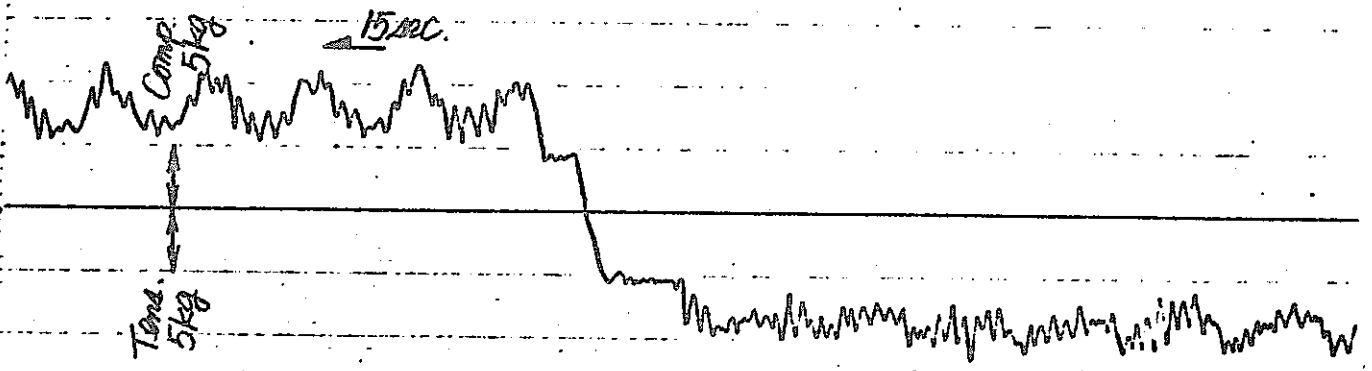
(2). $v = 0.2 \text{ mm/sec}$ 未照射

Fig. 8-1-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(2)

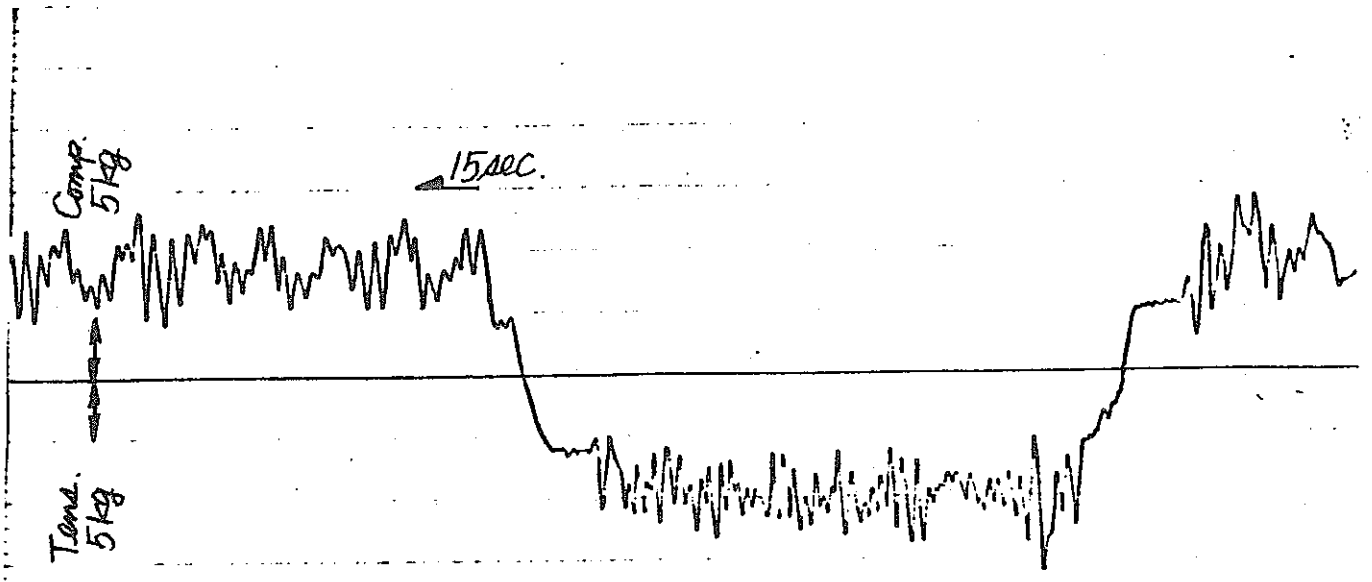


(2) $v = 0.5 \text{ mm/sec}$ 未照射

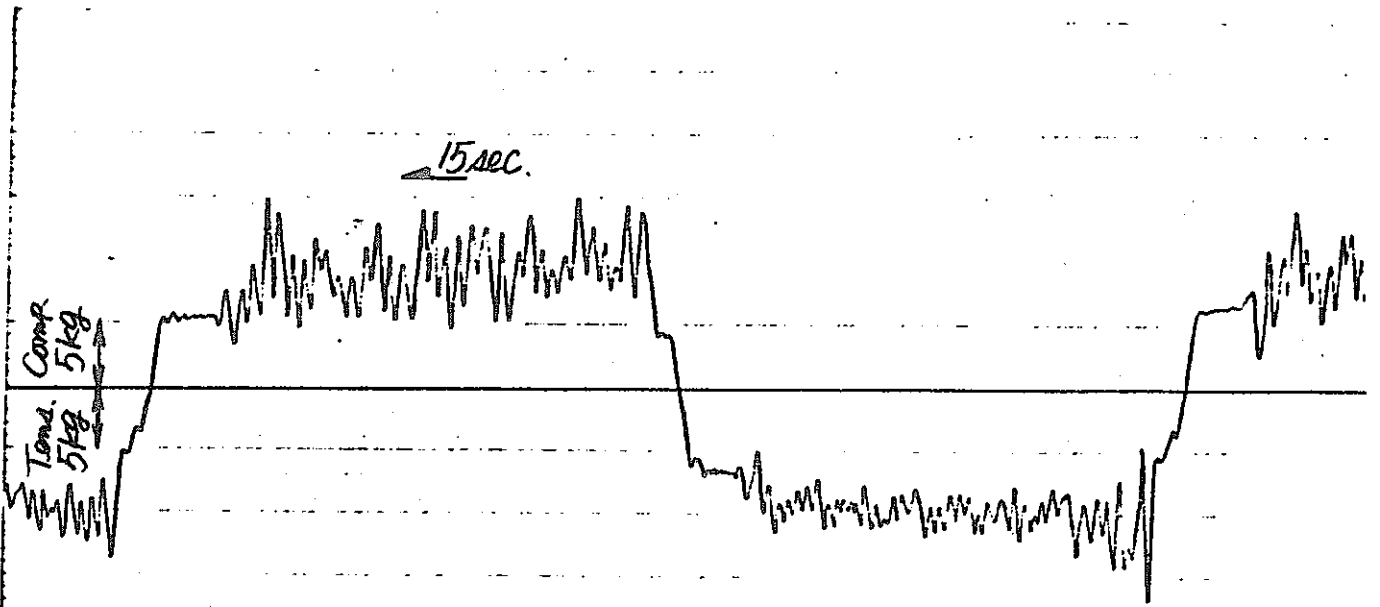


(3) $v = 1.0 \text{ mm/sec}$ 未照射

Fig. 8-1-3. TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)



(2) $v = 1.5 \text{ mm/sec}$ 未照射



(2) $v = 2.0 \text{ mm/sec}$ 未照射

Fig. 8-1-4 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)

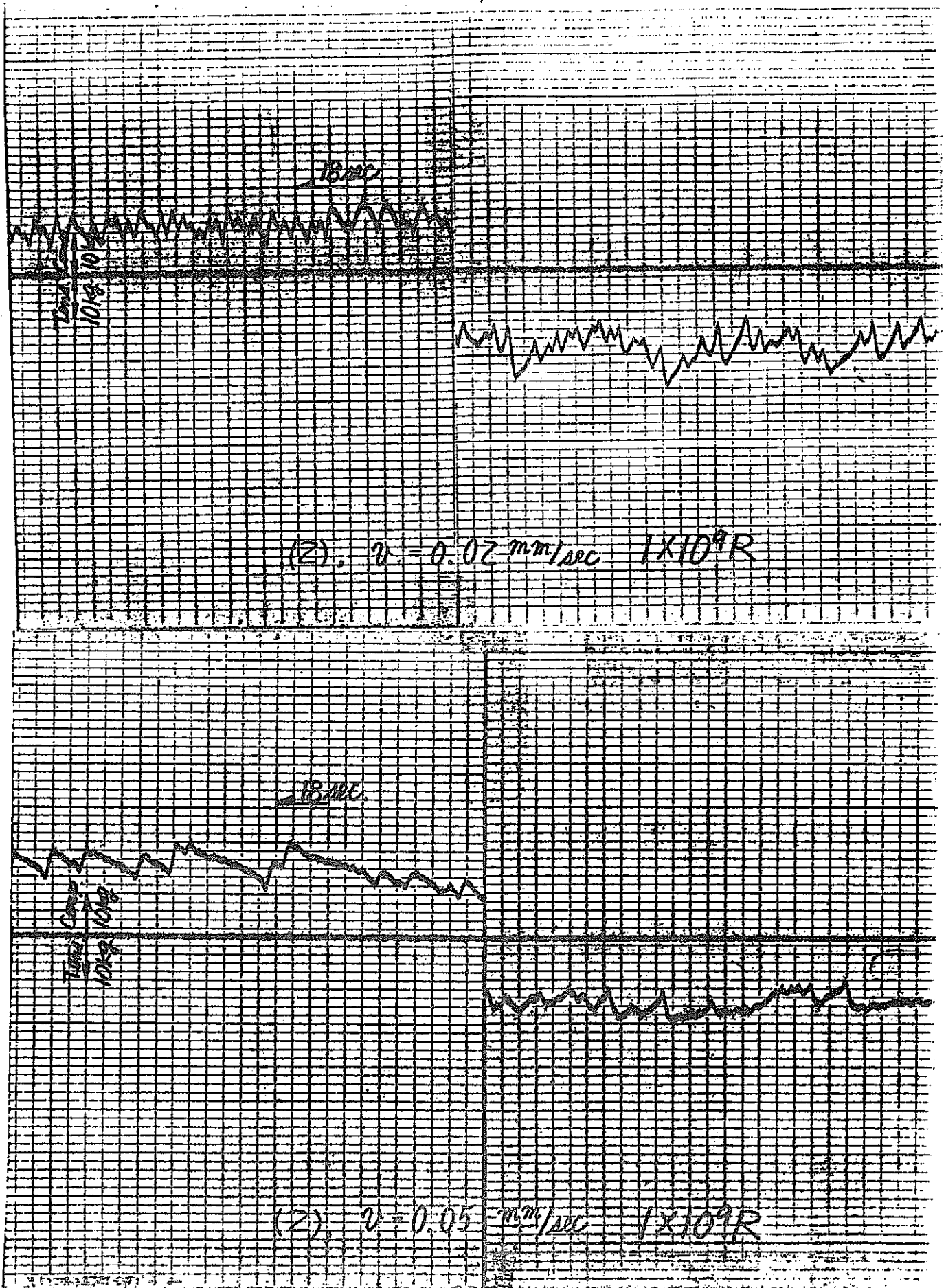


Fig 8-2-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(2)

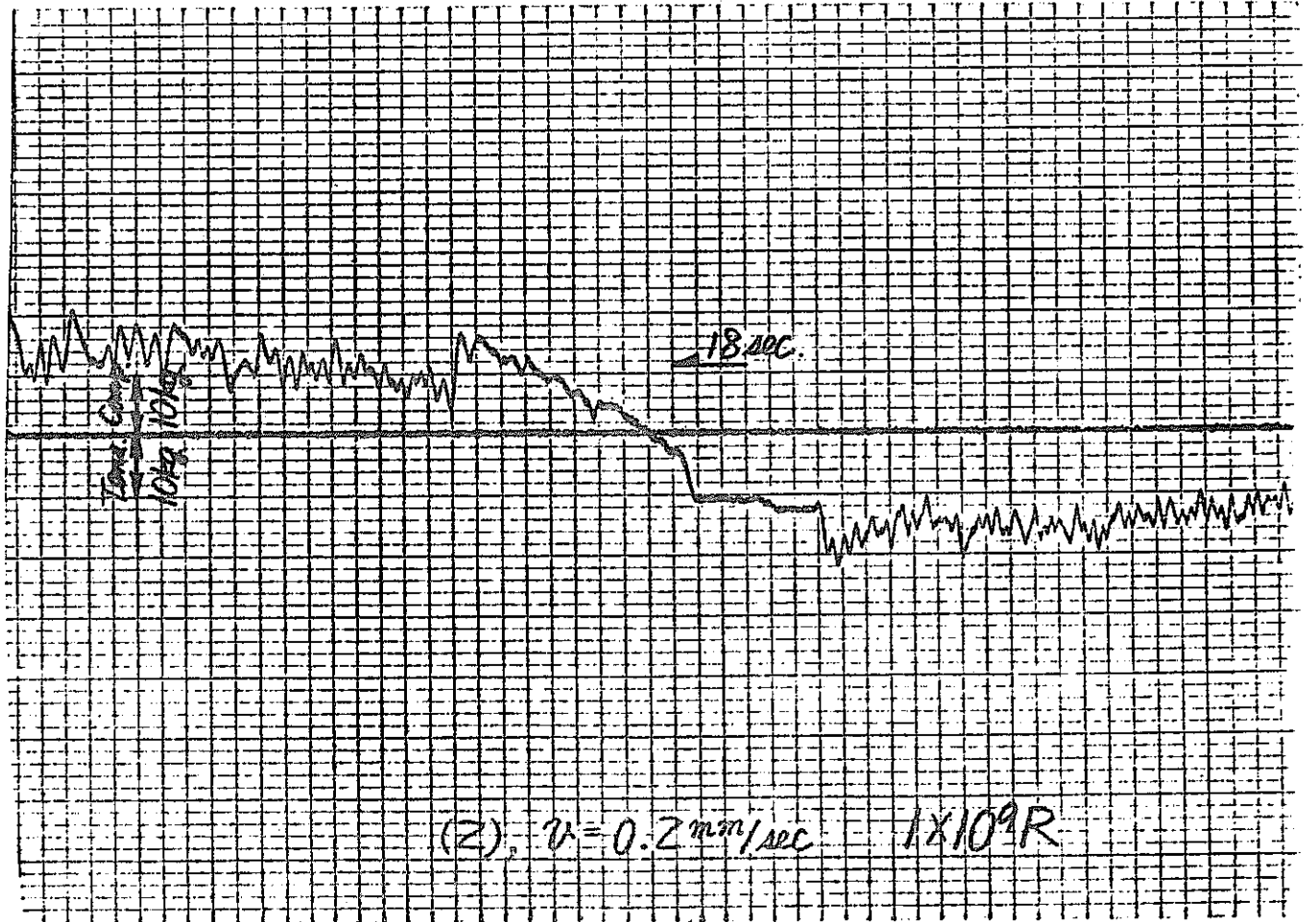
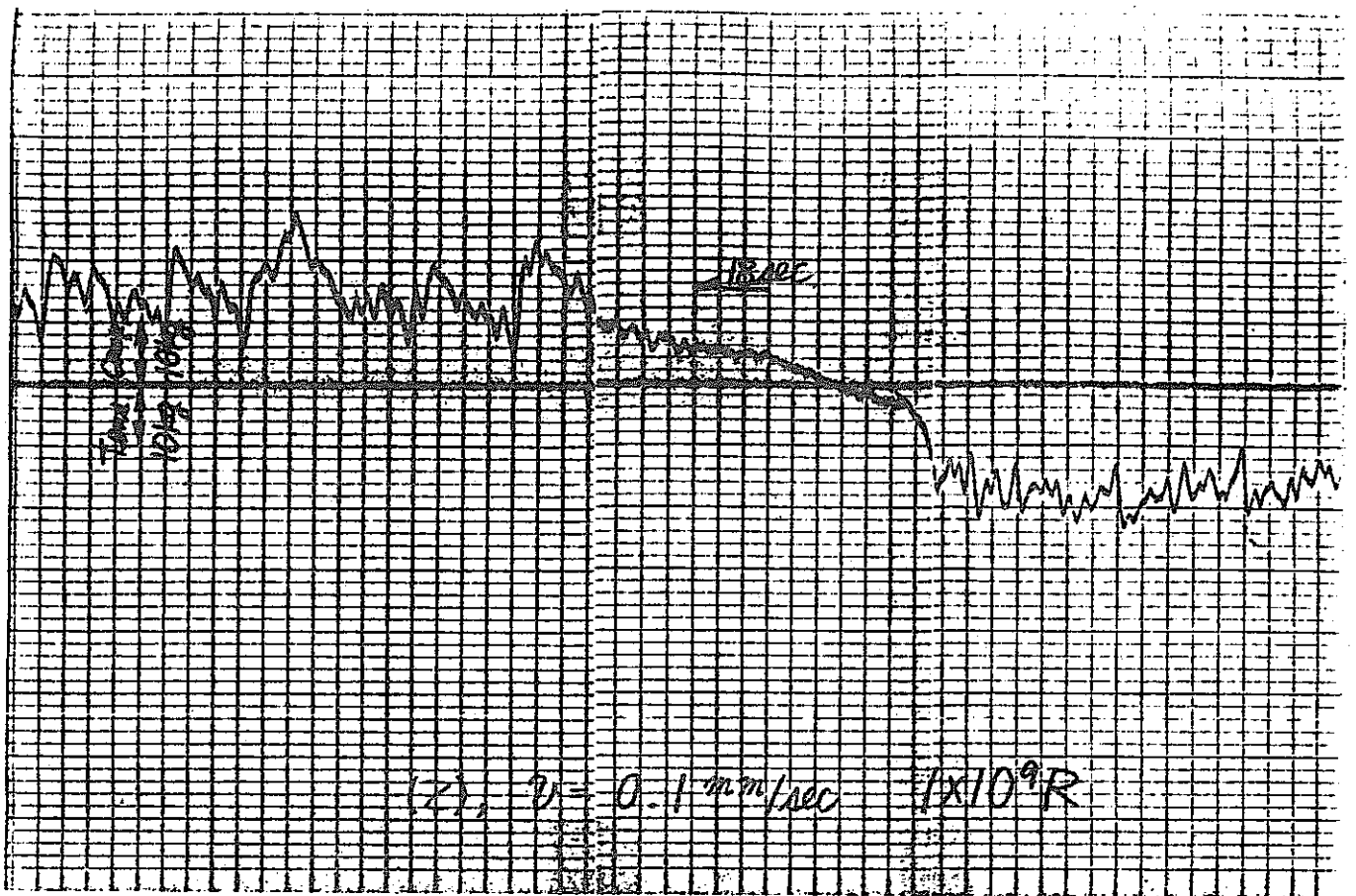
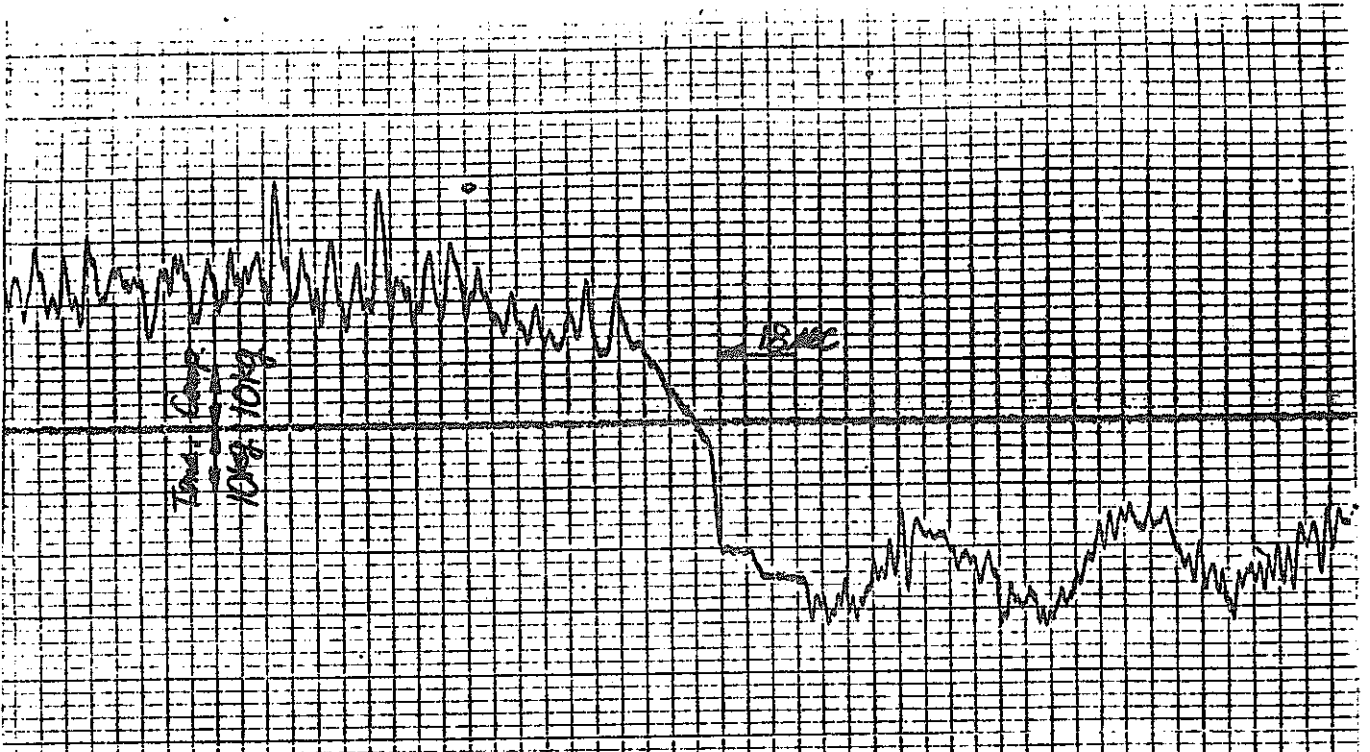
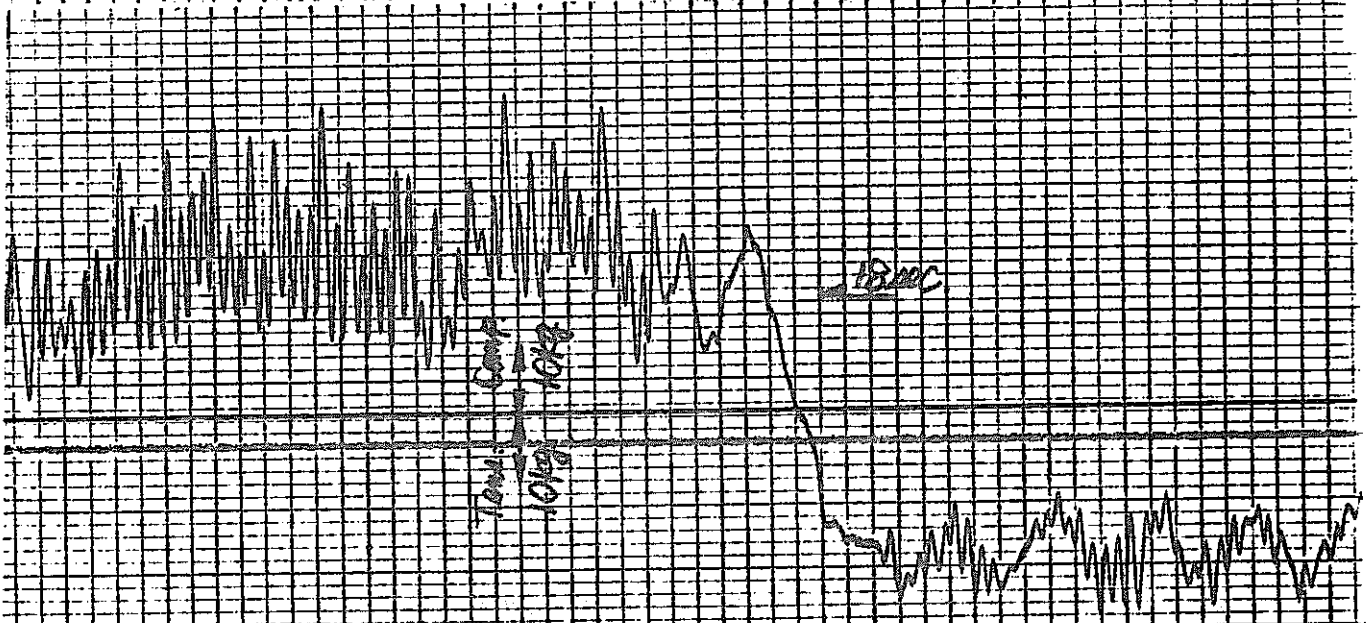


Fig. 8-2-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)



(2), $v = 0.5 \text{ mm/sec}$ $1 \times 10^9 R$



(2), $v = 1.0 \text{ mm/sec}$ $1 \times 10^9 R$

Fig. 8-2-3 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(2)

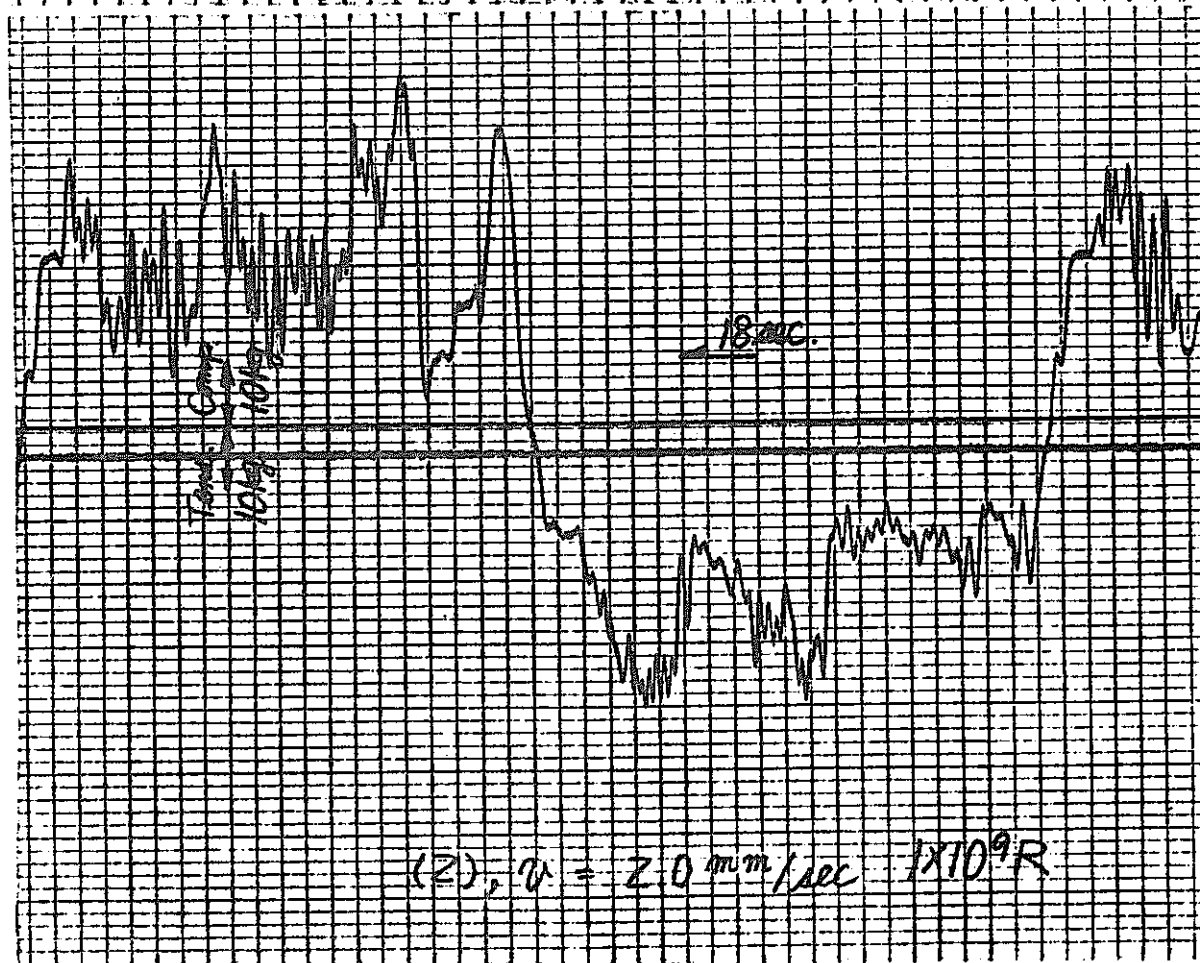
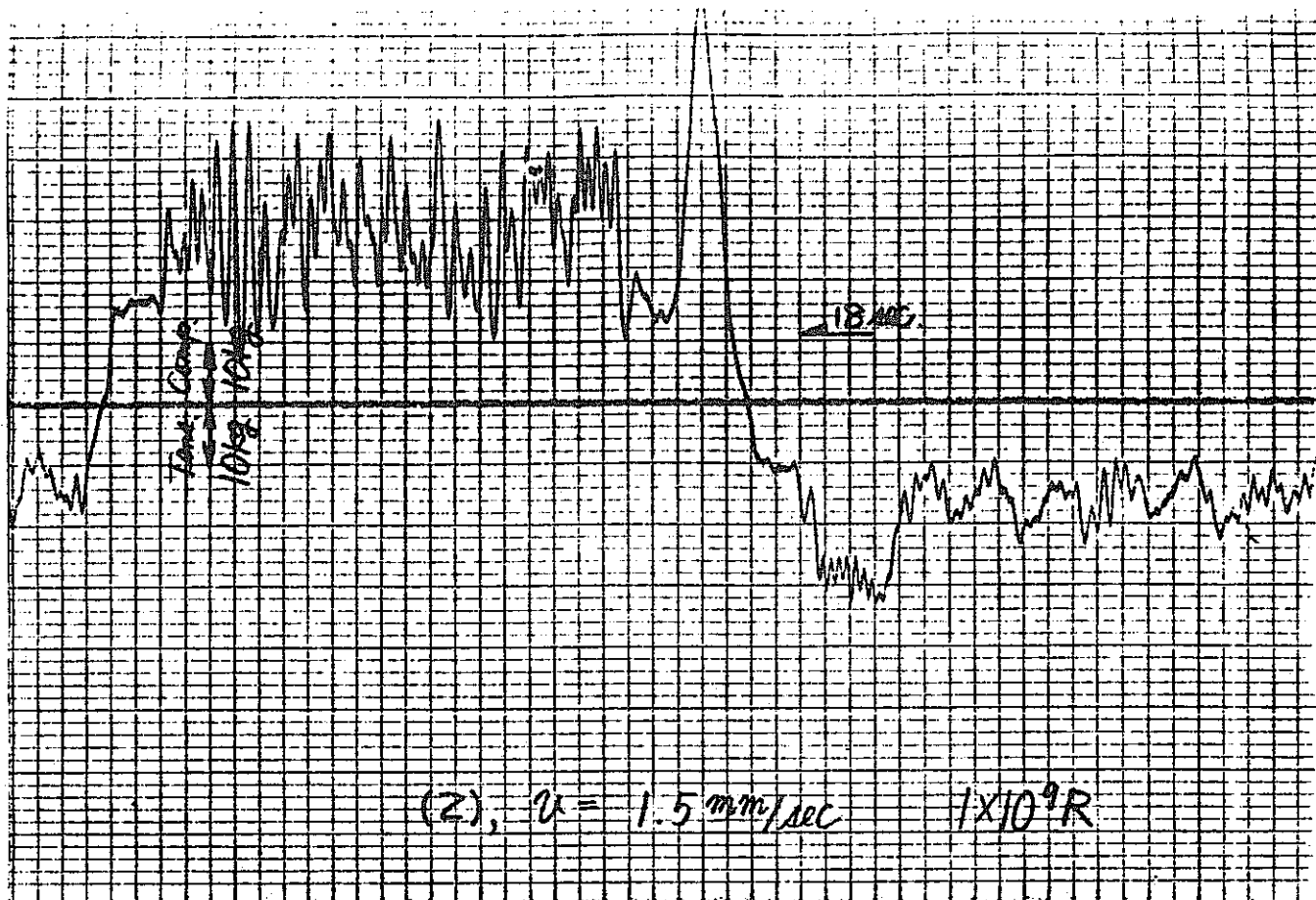


Fig. 8-2-4 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)

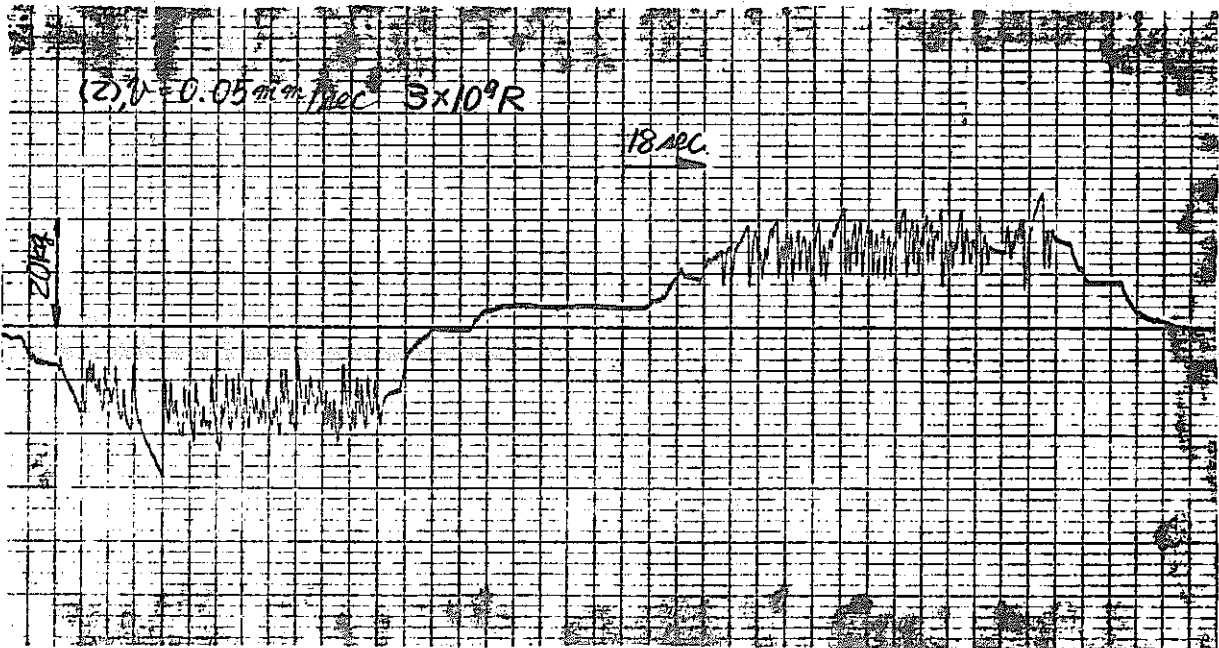
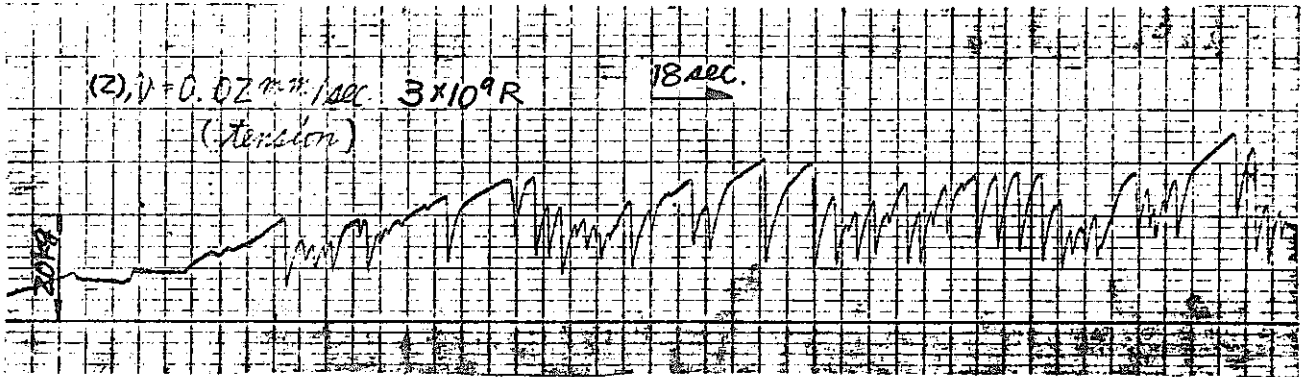
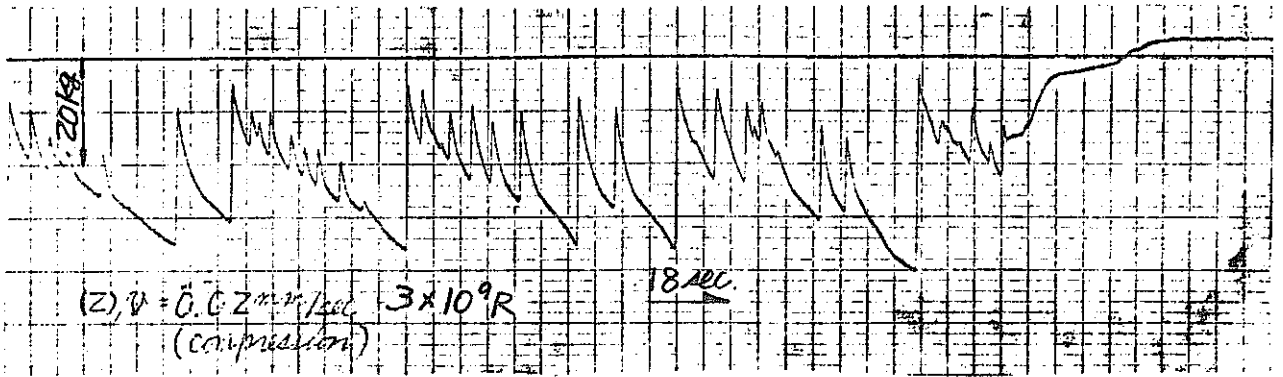


Fig. 8-3-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(2)

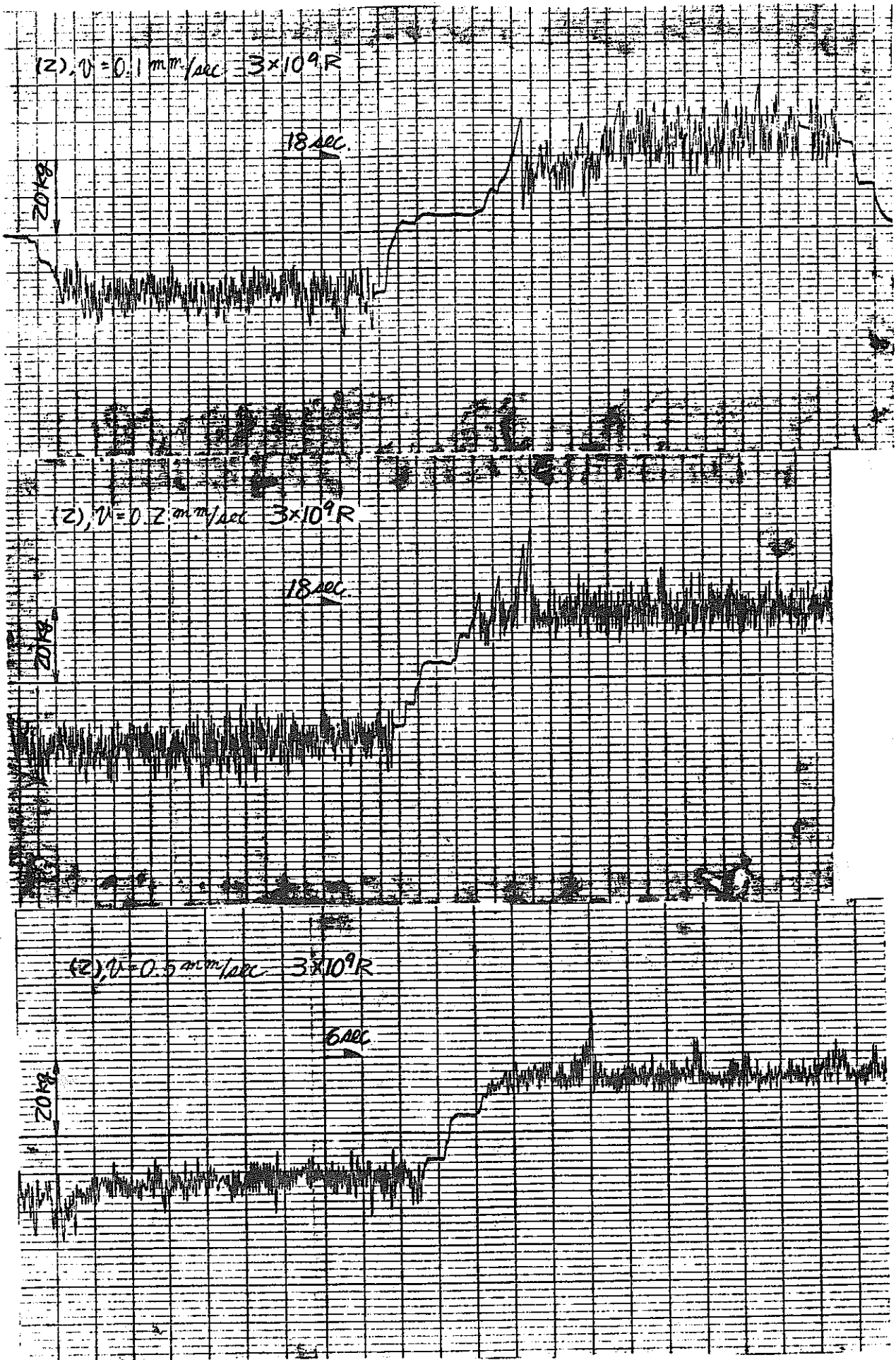


Fig. 8-3-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)

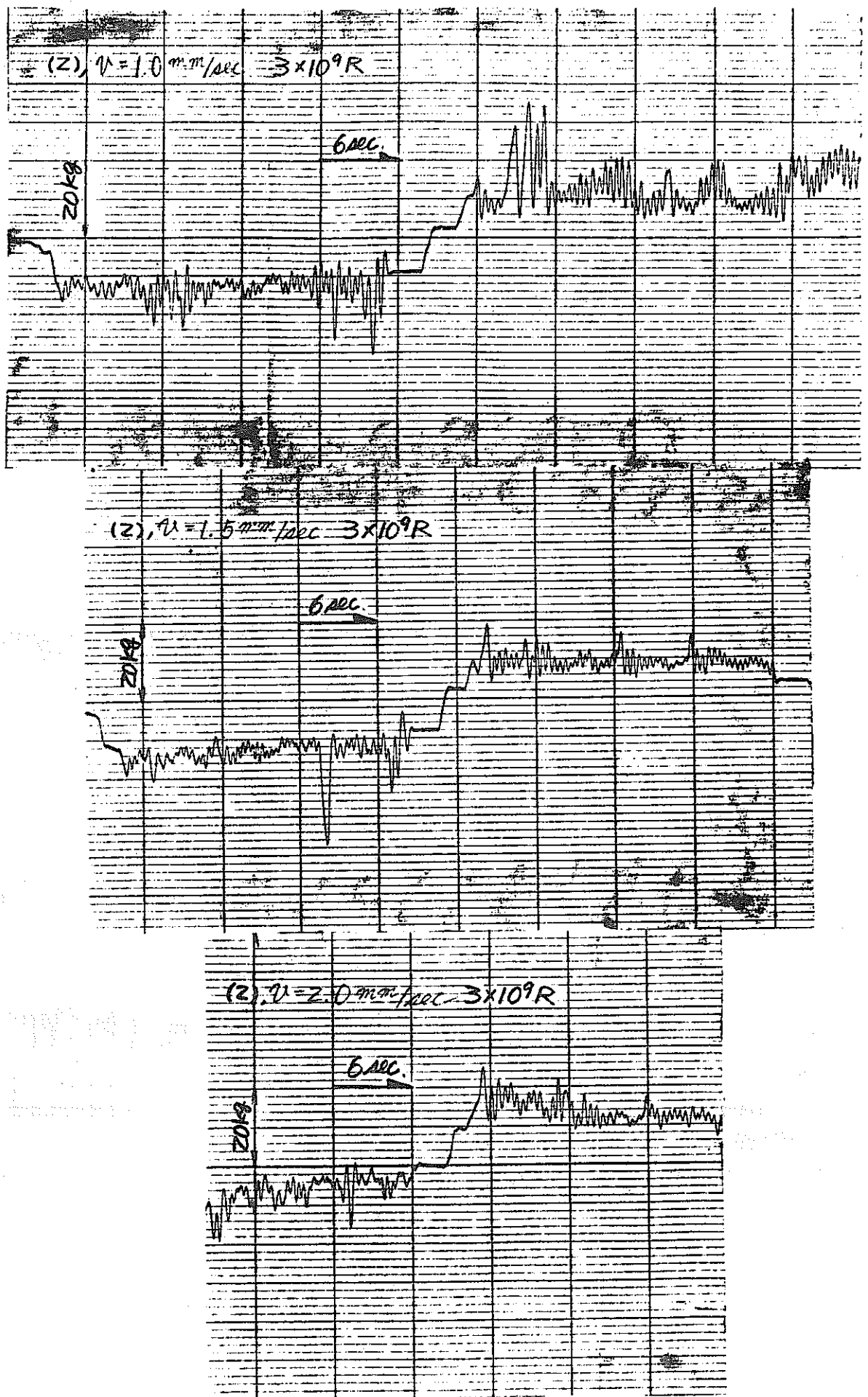


Fig. 8-3-3 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)

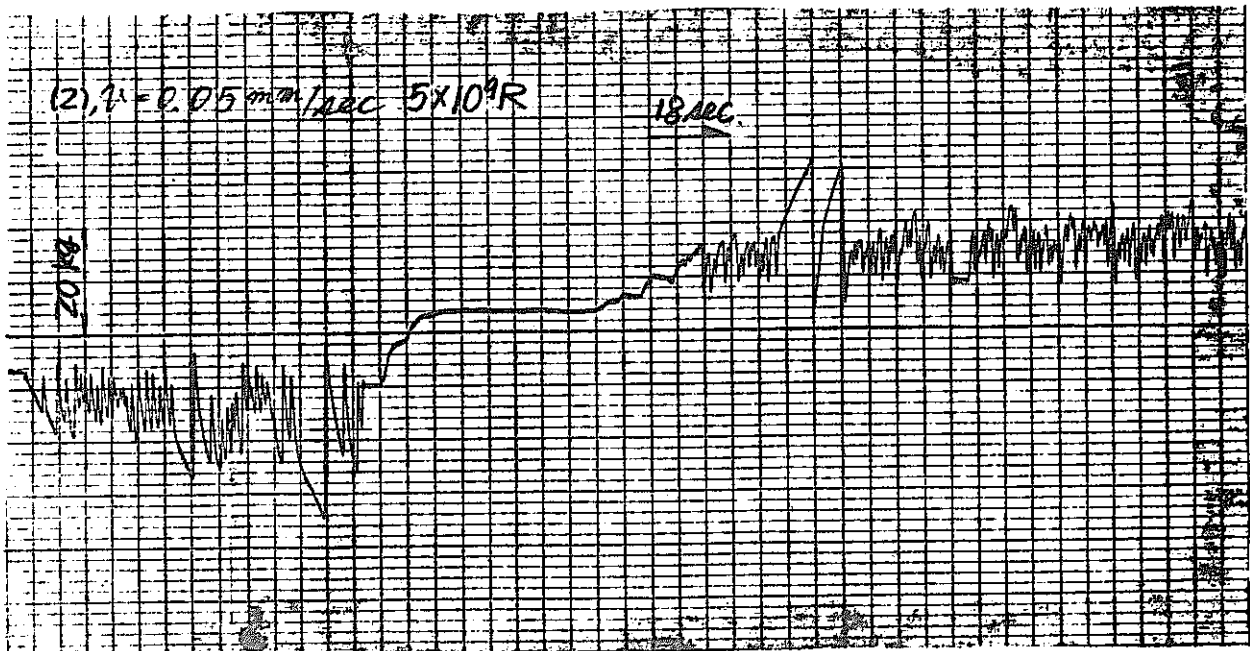
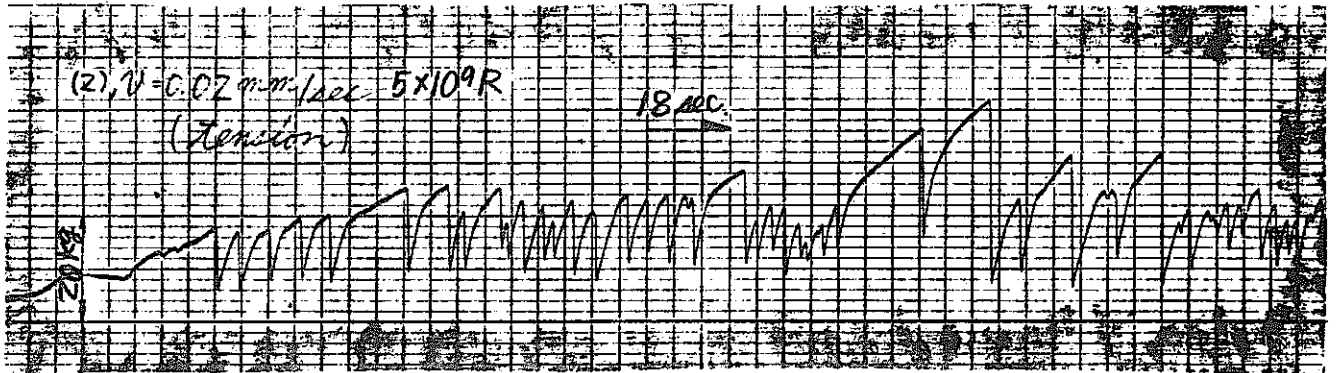
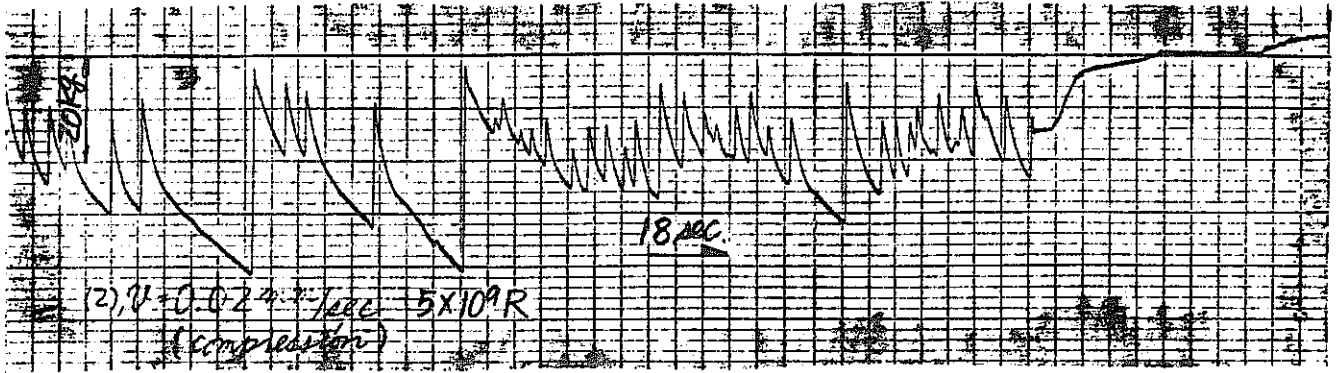


Fig. 8-4-1 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)

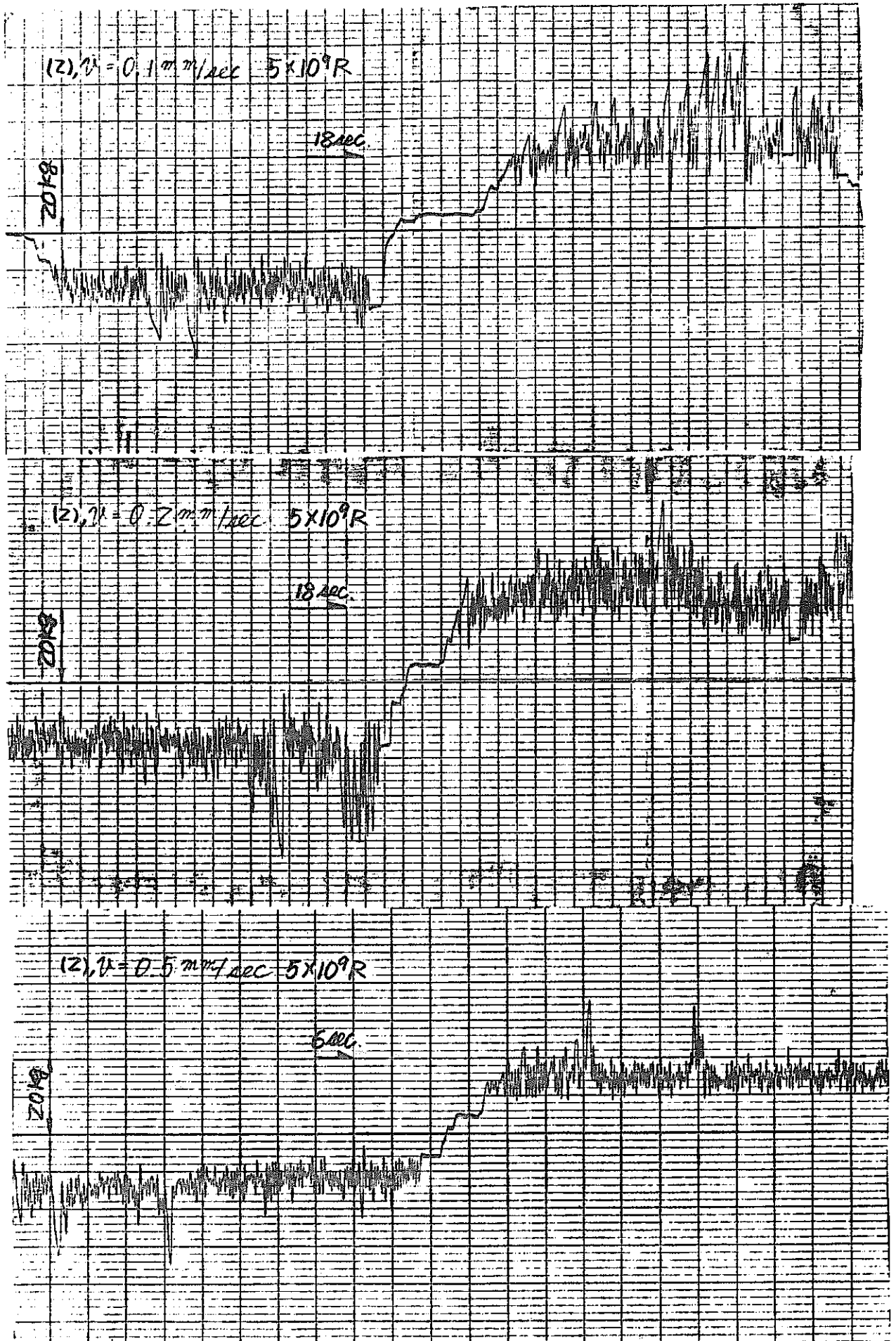


Fig. 8-4-2 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE

57 SMS-025S-50M-(2)

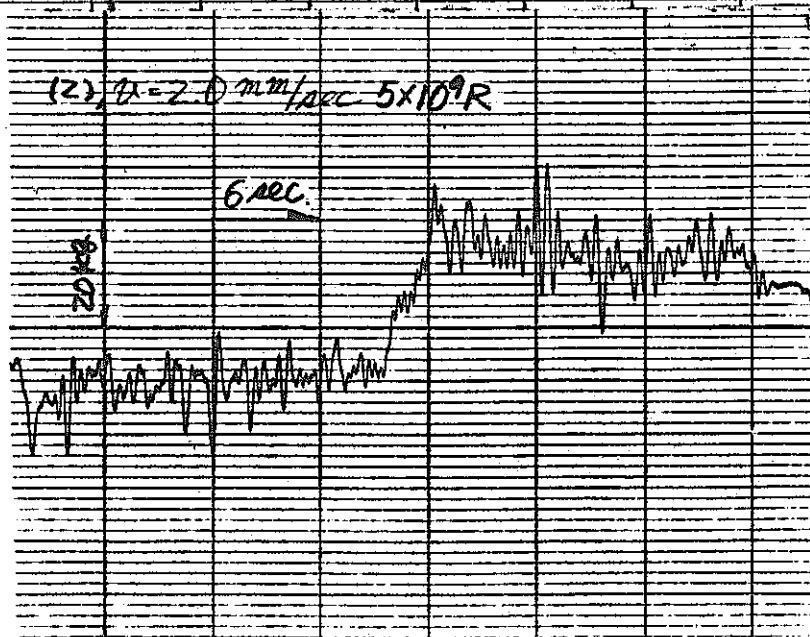
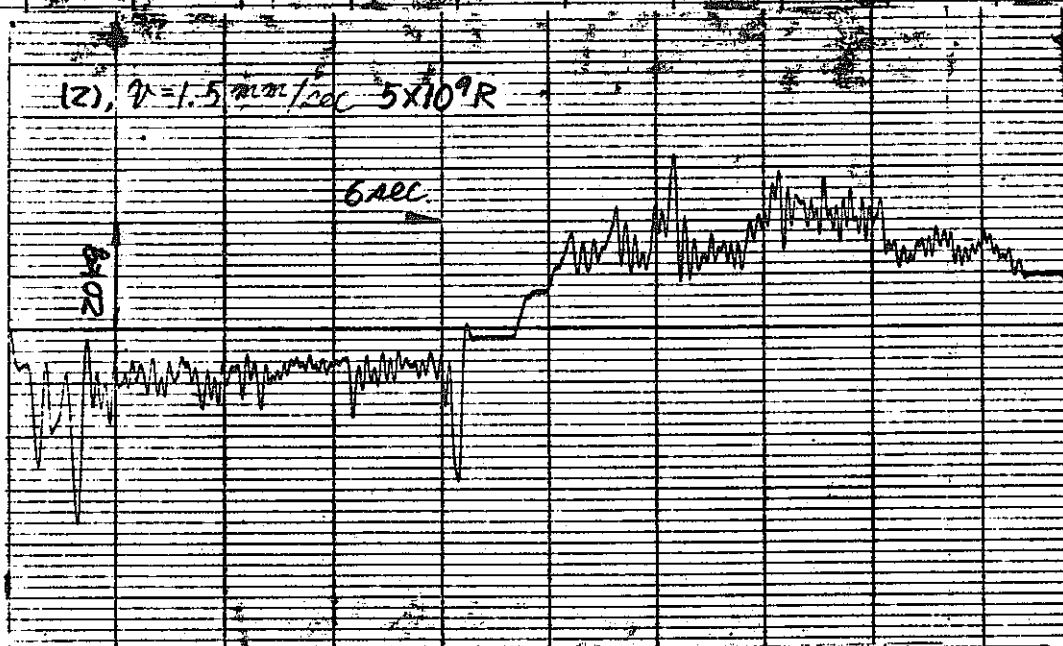
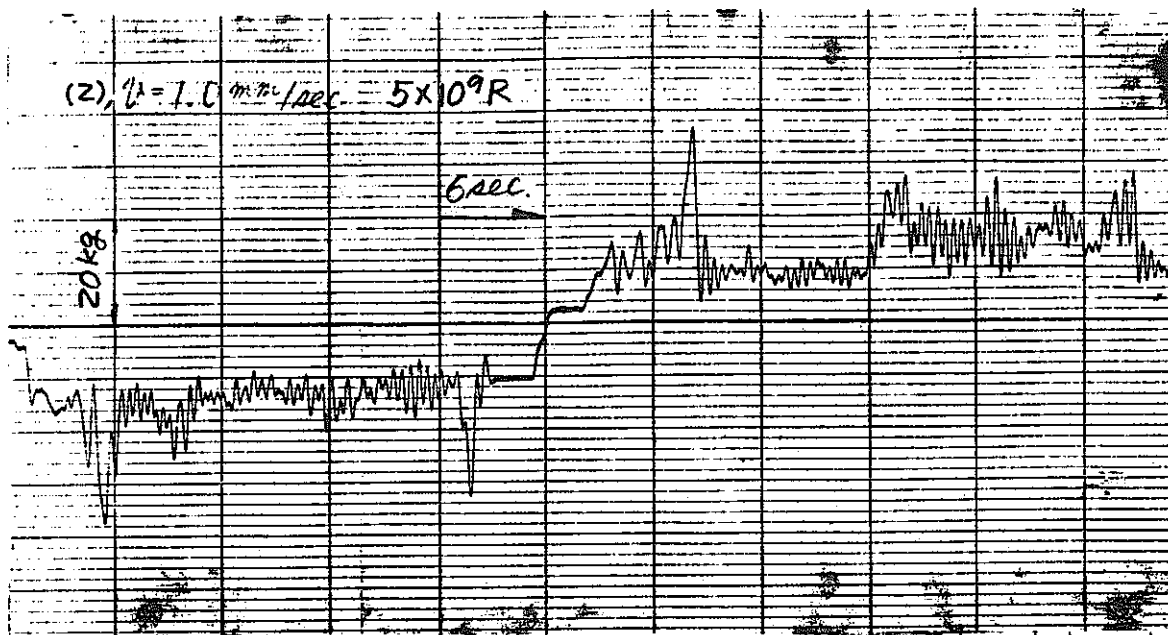


Fig. 8-4-3 TEST RESULT OF OPERATIONAL RESISTANCE FORCE
57 SMS-025S-50M-(2)