

電子管用衝撃試験機について

High Impact Machine for Testing Electron Tubes

伊 藤 久* 岸 野 隆*

Hisashi Itō

Takashi Kishino

内 容 梗 概

新しくハンマテーブル形の電子管用の衝撃試験機を製作し、その性能を詳細に検討した。

衝撃の加速度波形を測定し、測定条件の変化が結果に及ぼす影響について詳細に調査し、また電子管形のピックアップを用いて、供試管に加わる衝撃を直接測定することに成功した。

この試験機を用いて、実際の電子管を試験したデータの例をあげ、高信頼管と一般管の比較をも行った。

最後に今後の問題点について見通しを述べた。

1. 緒 言

電子装置の用途が次第に広がるにつれて、それが使用される環境条件も変化に富んだものとなり、それに応じていろいろな新しい試験が必要となってきた。電子装置の重要な構成要素の一つである電子管も、例外ではない。

その中でも重要なものとして耐衝撃性の問題がある。耐衝撃性の問題がクローズアップされた直接の動機は、ここ数年間に開発された高信頼管と呼ばれる一群の受信真空管において、耐振性、耐衝撃性などの機械的性能が特に重要視されていることにあった。しかし一般の真空管といえども車両、船舶、航空機などに使用される真空管がどんどん増加している情勢からいっても、また輸出などで、長途にわたり過酷な条件で輸送される例がふえている状況からいっても、耐衝撃性ということが、品質の上でしだいに大きな位置を占めるようになってきているのは明らかである。

このときにあたりこのほどわれわれが製作した衝撃試験機についてその性能の大略を報告し、さらに今後に残された問題点についても若干の検討を加えようと思う。

2. 電子管用衝撃試験機の概要

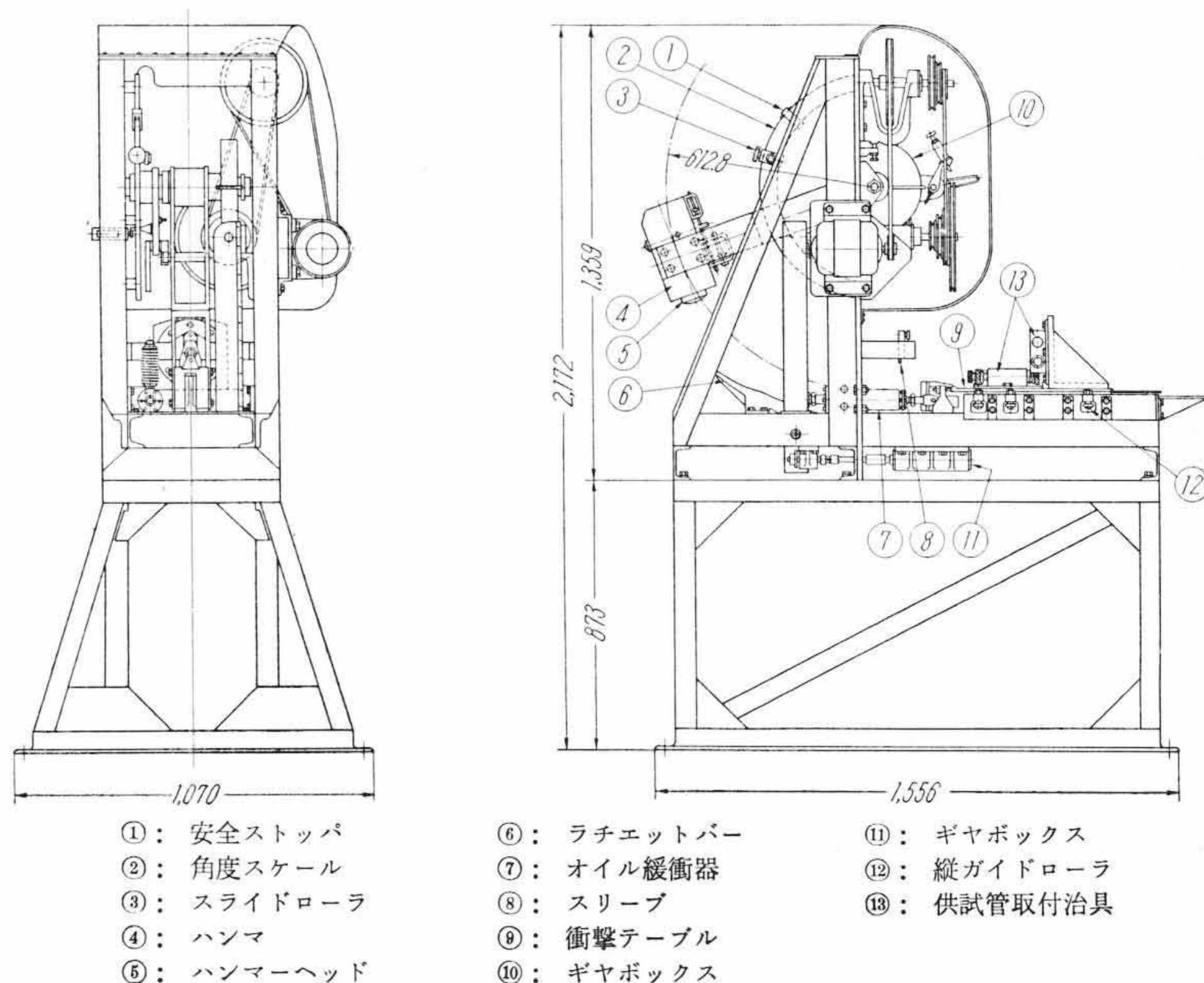
2.1 MIL 規格との関係

衝撃試験には大きくわけて二つのゆき方がある。すなわち一つは、被試験物に加えるべき衝撃加速度の波形を直接規定してしまう方法であり、いま一つはそのような方法の実際上の困難を認めて、試験機そのものを具体的に詳細に規定することによって、間接的に印加衝撃を規定する方法である。

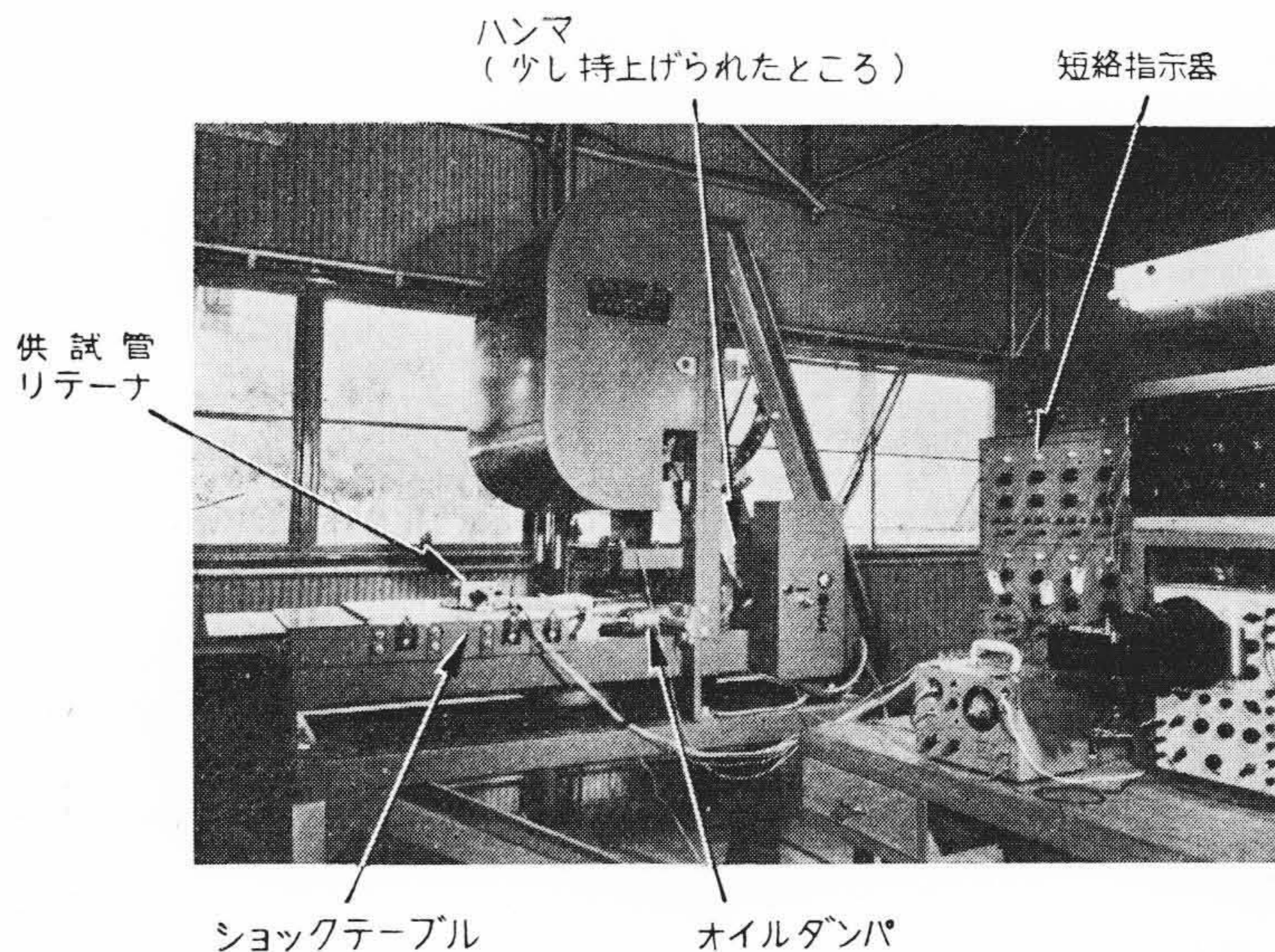
現在、わが国で製作されている高信頼管の規格は、アメリカの軍規格（以下 MIL 規格とよぶ）をもとにしている。そして MIL 規格では、衝撃試験について後者の方法を採用している。われわれが製作した試験機もこの MIL 規格にもとづいたものである。

MIL の衝撃試験機というのは、もともとは艦艇が自艦の艦砲射撃の際、あるいは至近弾の爆発などの際にうける衝撃の波形を、なるべくよく再現するように製作されたものといわれ、軽荷重用 (fly weight), 中荷重用 (light weight), 重荷重用 (middle weight) の三種がある。今度作ったのは、このうち軽荷重用で、“Navy Type, Fly Weight High Impact Machine for Electronic Devices” と呼ばれる形である。しかし、現在では

* 日立製作所茂原工場



第1図 電子管用衝撃試験機



第2図 衝撃試験実施状況

海軍用に限らず、MIL の電子管の衝撃試験はすべてこの試験機を用いているようである。

2.2 衝撃試験機の主要諸元

試験機はテーブル・ハンマ形といわれる形式で、衝突系としては剛体-剛体に属する。

第1表 電子管用衝撃試験機の主要諸元

寸 法	約 1,100幅×1,600長×2,200高 (mm)
全 重 量	617 kg
最大衝撃加速度*	1,500 g
ハンマ振子の長さ	610 (mm)
ハンマの重さ	40 kg
衝撃テーブルの広さ	380×460 (mm)
最大供試品重量	約 20 kg
衝撃波形*	ほぼ減衰正弦波
衝撃時間*	約 0.5~0.6ms
動 力	1/2HP電動機×1

* 3.2 で述べる方法で測定した場合の値

全体図を第1図に、またその全景写真を第2図に示す。モータの動力でハンマがもち上げられ、あらかじめセットされた角度まで達するとクラッチが解放されて自由振子となり、テーブルを打つ。最初の衝撃でハンマがはね返ったときにハンマの下部にラチェットが出て、ハンマが重ねて打撃を与えるのを防ぐ。テーブルは軟鋼製、衝突部分はニッケルクロムモリブデン鋼である。

テーブルは衝撃を受けたのち、上下左右をコロでささえられて、ある距離移動したところでオイルダンパの作用で停止し、しばらく後カムの作用でもとの位置に復帰する。以上の操作が自動的に繰り返される。

この試験機の主要諸元を第1表に示す。

2.3 電子管の試験方法

第1図の衝撃試験機で、実際の真空管を試験するには、規定の取付治具（リテーナと呼ぶ）を用いる。ミニアチュア管用のリテーナの構造は第3図に示すとおりで、取付方向を変えることによって、衝撃印加の方向として供試管の主軸に平行な方向、あるいはそれと直角な方向を選ぶことができる。

また第1図には、リテーナを2個取付けたところを示しているが（一つはテーブルに直接水平に、ほかの一つはブラケットを使って垂直に）、実際には前者だけあれば第4図に示すすべての方向の衝撃を加えることができるので、ブラットは通常はずしてしまっている（第2図の写真参照）。通常の受信用真空管以外の管種についてはMIL 規定の取付治具はないようで、適宜くふうする必要がある。

高信頼管では、あらかじめ規定された大きさの衝撃を第4図に示すような、 X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2 の4方向に各5回、計20回加える。衝撃の大きさは、通常ハンマ角度で指定される。衝撃を加えたために電極間の永久短絡や導通不良が生じてはならない。また上記の衝

第2表 衝撃試験条件の例

品 名	相当一般管	規定ハンマ角度	公称衝撃加速度
6J4WA	6J4	30°	450 g
5654/6AK5W	6AK5	30°	450 g
6005/6AQ5W	6AQ5	30°	450 g
5670WA	2C51	42°	600 g
5751	(12AX7)	42°	600 g
5726/6AL5W	6AL5	48°	700 g

撃を加えたあとで、おもな特性を測定してあらかじめ定めた終止点を割ってはならない。なお衝撃試験中はヒータは定格電圧で点火しておく。第2図で短絡指示器と記したのは、衝撃試験中に任意の電極が短絡したときにただちに点灯指示する装置である。したがって供試管リテーナにはソケットが組込んであって各電極をリードで短絡指示器につなぐとともにヒータ電圧を供給するようになっている。この様子を第3図に示してある。参考のために、高信頼管数品種について、規定の衝撃の大きさを第2表に示す。

3. 衝撃加速度の測定方法および測定結果

3.1 衝撃加速度の測定方法

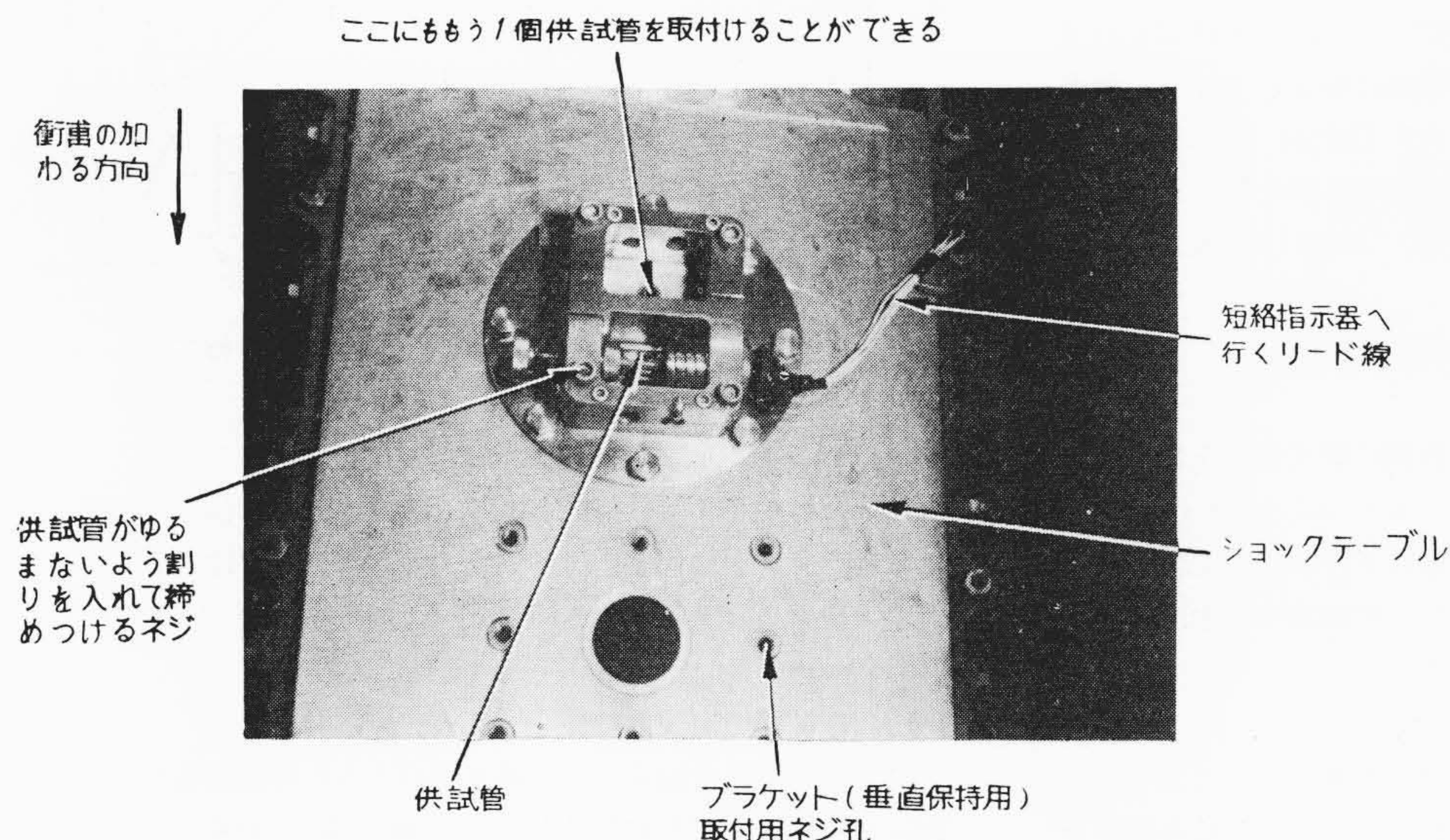
電子管用衝撃試験機の衝撃加速度を測定するためには、小形、軽量で周波数範囲が十分広く、かつ大きい衝撃にも耐えられるようなピックアップが必要である。このためには通常、チタン酸バリウム磁器を利用したピックアップを用いる。

加速度測定装置の周波数特性のうち、低周波側は、増幅器自身の周波数帯域が十分下方までのびていればピックアップの静電容量と増幅器の入力インピーダンスとによって定まる。しかし今回の測定の場合には、周波数下限はむしろ増幅器自身の特性によって決められている。いずれにせよ後述のようにこの衝撃試験機では衝撃波形の基本周波数は約 1,000 c/s 付近にあるので、低周波側の特性はあまり重要ではない。

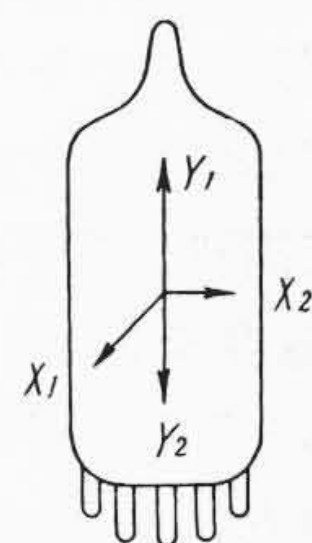
問題は高周波側にある。すなわち、動作原理からいって、ピックアップの出力が加速度に比例するのは、共振周波数より十分低いところに限られる。たとえば、共振周波数の1/3くらいの周波数で誤差が10%に達する。また6mm位のボルトでピックアップを締付けるものとする、完全に締付けたつもりでも、ボルトのコンプライアンスと、ピックアップ自体の重さにより共振が起り、10グラムくらいのピックアップでは、その周波数は約 30 kc 程度であるとい

う⁽¹⁾。したがって、増幅器の高域周波数特性をいくらよくしても意味がない。

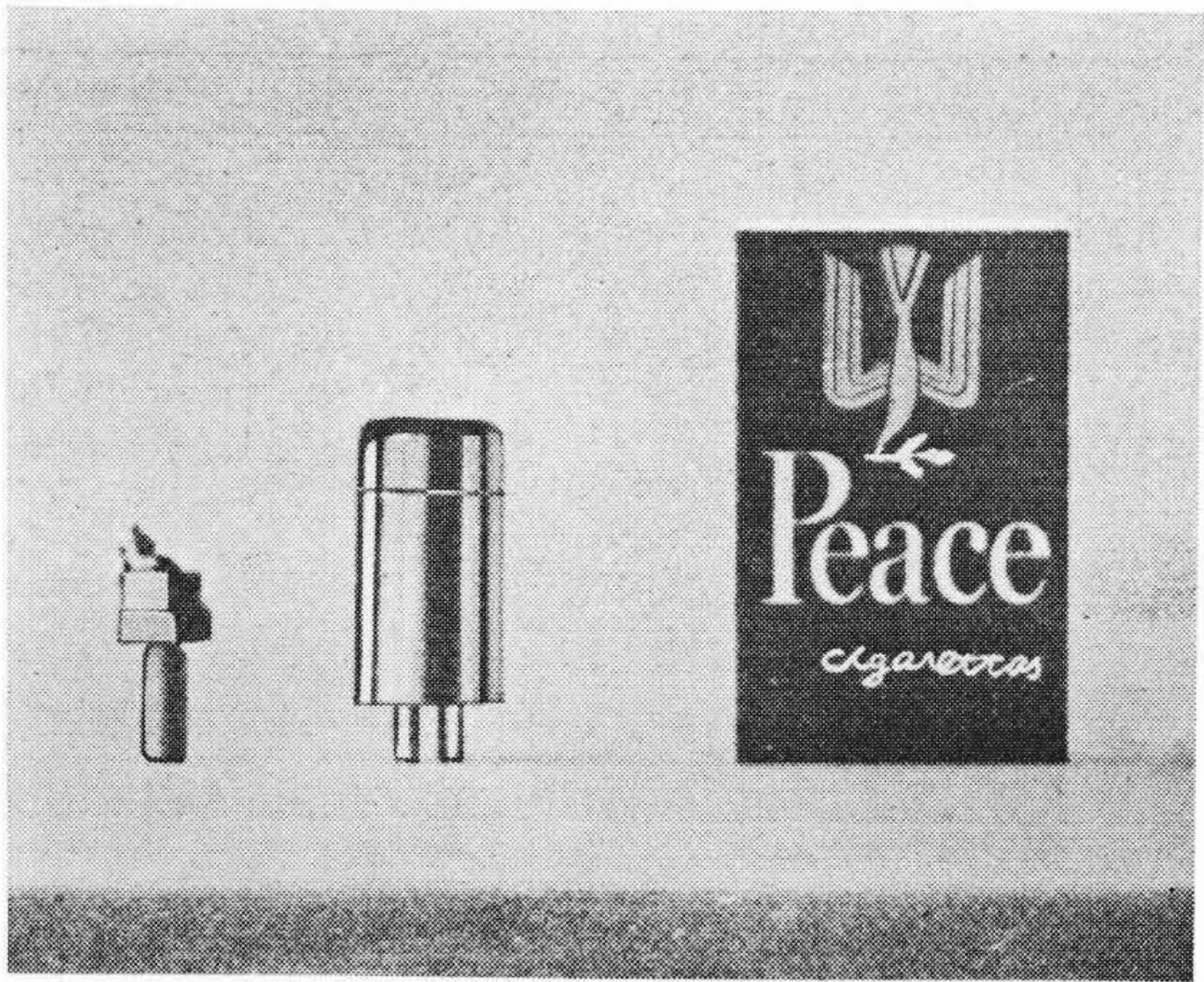
また、実際に高い周波数ではその変位がきわめて小さいので、通常の供試品にはほとんど損傷を与えることがないと考えられるので5,000c/s 程度までの範囲を忠実に増幅すればよいといわれている⁽¹⁾。そのために、増幅器回路に



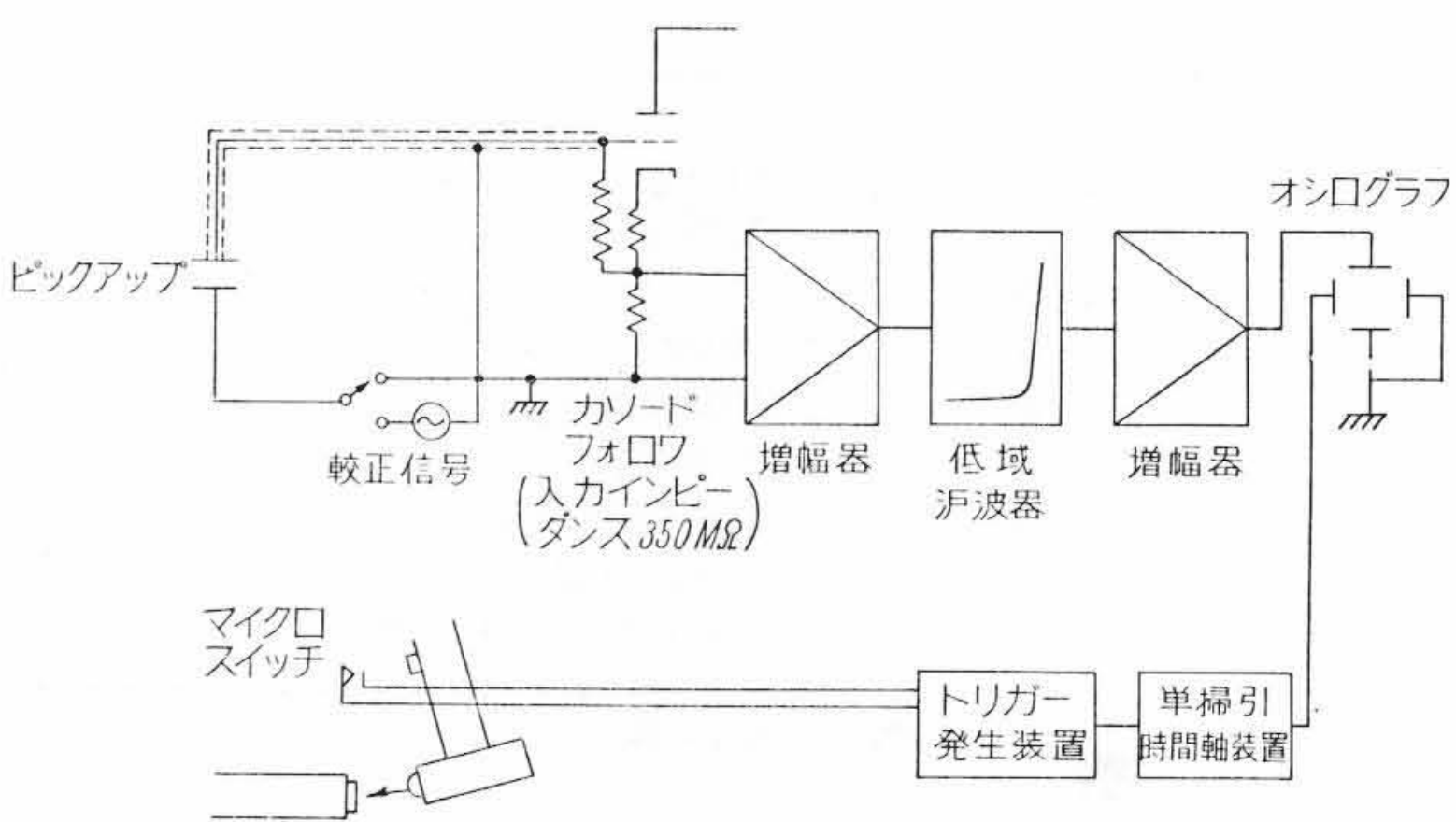
第3図 供試管（リテーナ）の取付状況



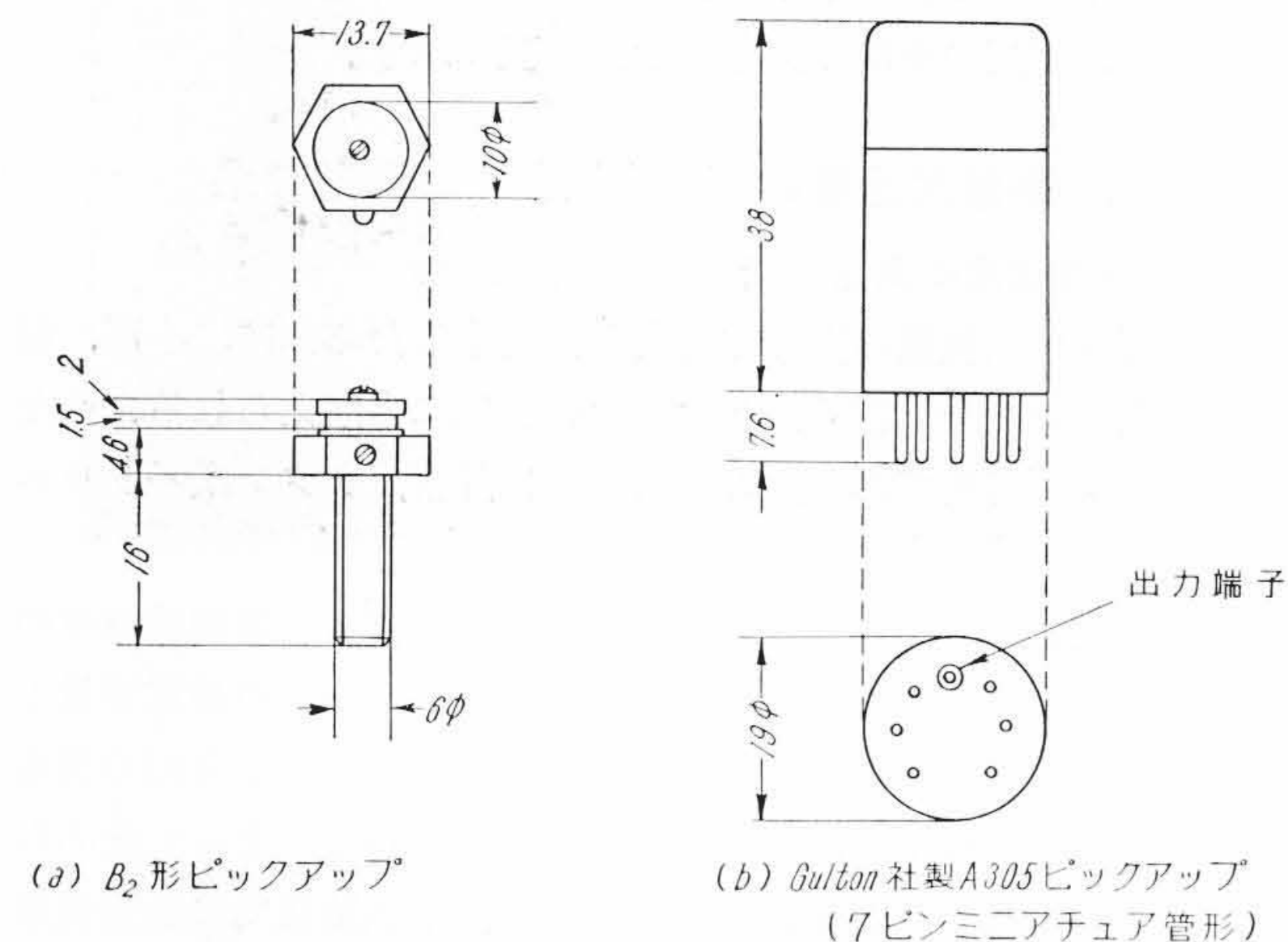
第4図 衝撃を加える4つの方向



第 5 図 測定に使用したピックアップ



第 7 図 加速度測定回路のブロックダイヤグラム



第 6 図 測定に使用したピックアップ

第 3 表 ピックアップの主要諸元						
形	重量	用途	使用範囲	感 度 (無負荷)	容 量	共振周波数
B ₂ 形	11.3g	縦、衝撃	1,000g 程度まで	14mV/g	300pF	約 20 kc 程度(?)
A305 形	36.5g	横、衝撃	1,000g まで	8mV/g	2,000pF	約 20 kc

フィルタを入れて高域を遮断するのが普通である。

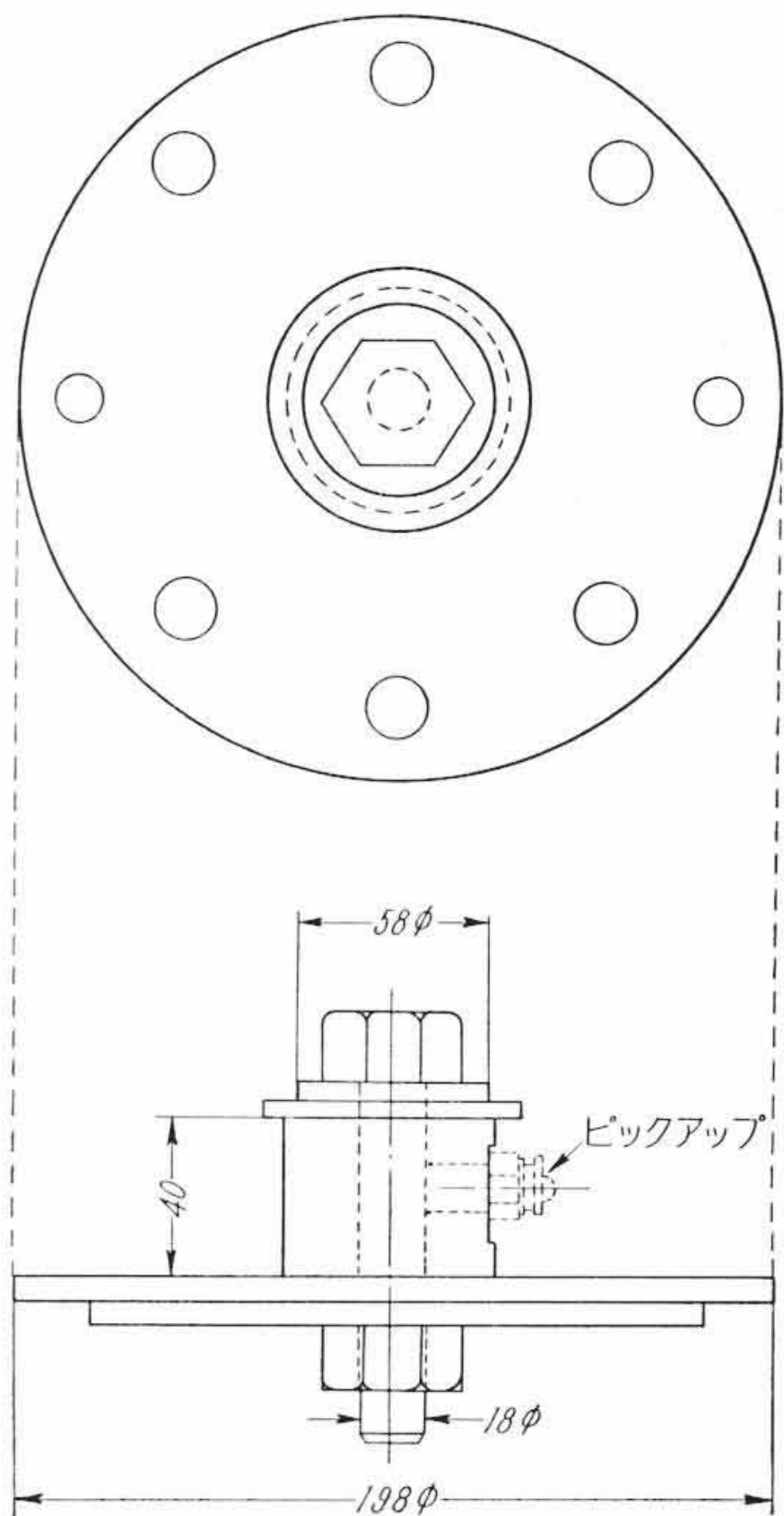
この実験では、第 5, 6 図に示すような二種類のピックアップを使った。第 6 図(a)は接着剤により素子にマスを張りつけた簡単な構造のもので、日立製作所戸塚工場で試作した B₂ 形と呼ぶものである。この形は 6 mm のボルトで適当な場所に固定して使う。軸方向の衝撃に感ずる。第 6 図(b)はアメリカ Gulton Mfg. Co. 製の A305 という形で、7 ピンのミニチュア管の外形をしており、ピン脚から出力を取り出すようになっている。A305 は主軸と直角な方向の衝撃に感ずる。

第 6 図には、これらのピックアップの概略寸法を示した。またその主要諸元を第 3 表に示す。

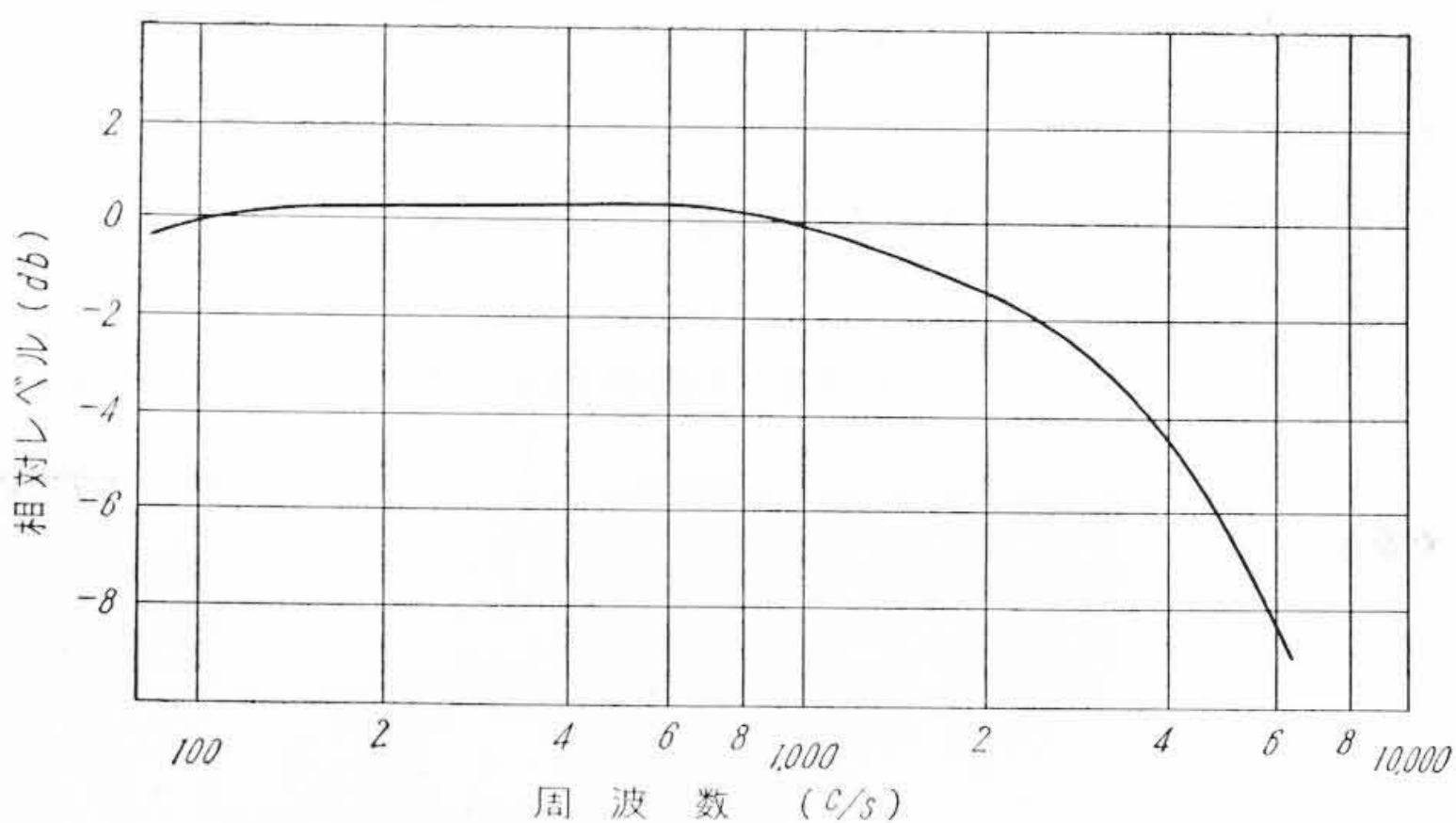
測定に際しては、まずピックアップと直列に校正信号を加えてオシログラフの縦軸目盛を g 単位で校正しておく。こうすればピックアップと増幅器をつなぐシールド線の容量などの影響をも含めて、直接の校正ができる⁽¹⁾(第 7 図参照)。また、増幅器の途中にフィルタを入れて高域を遮断するようにしておく。

3.2 加速度校正結果

後述するとおり観測される衝撃加速度はその測定方法により変わるので、試験機の相互比較をするような場合には、あらかじめ測定条件を定めておかねばならない。今回の実験では次のような方法で測定を行った。



第 8 図 ピックアップ取付用治具



第 9 図 標準として採用したフィルタの特性

(1) ピックアップの取付け方

第 8 図に示すような構造のピックアップ取付け治具を製作し、供試管リテーナの代りにショックテーブルに取付けた。

(2) 使用ピックアップ

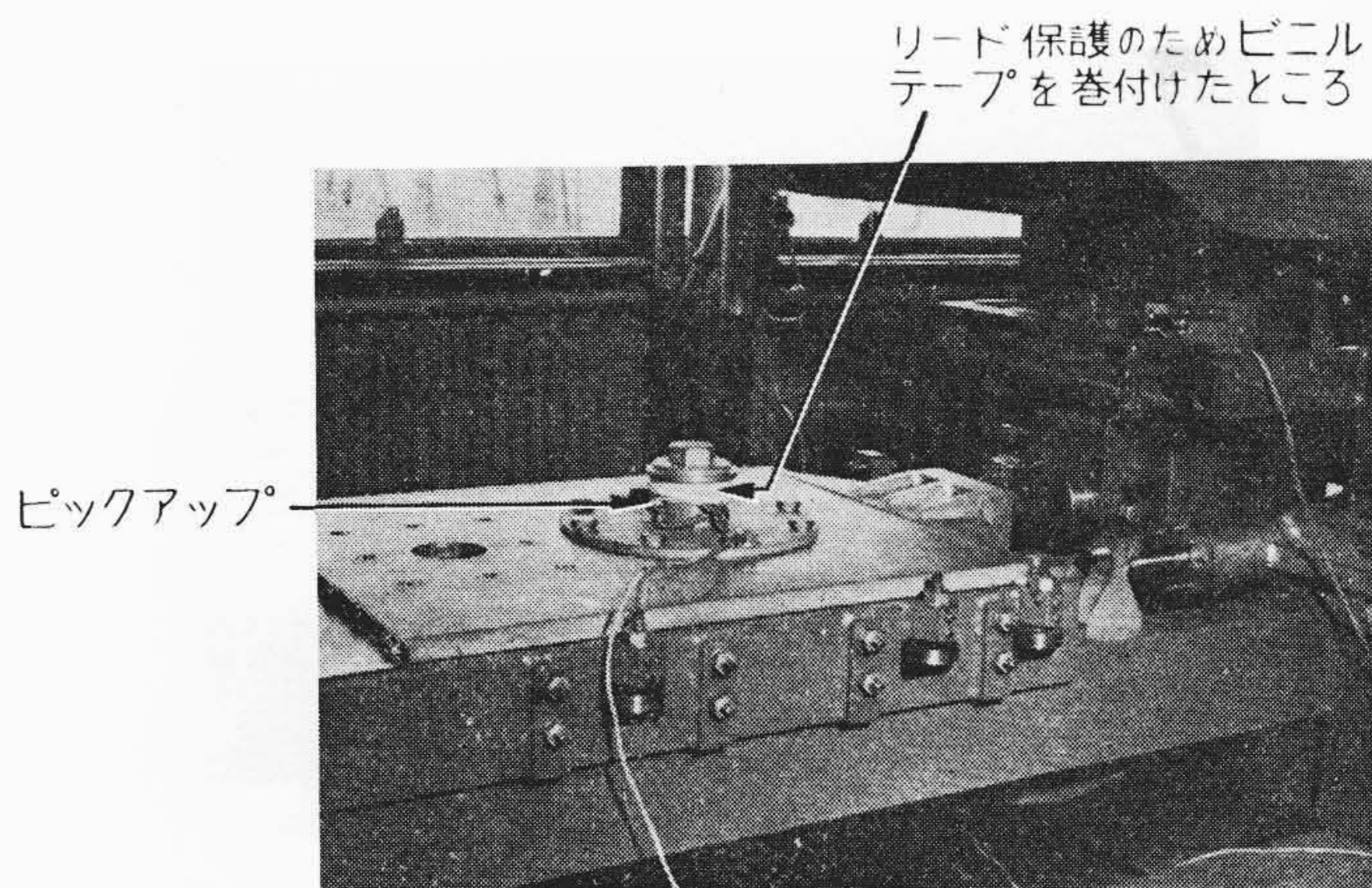
B₂ 形を使用した。

(3) 増幅器の周波数特性

フィルタ回路を組みこみ、第 9 図のような周波数特性をもたせた。ピックアップを取付けた状況を第 10 図に示す。

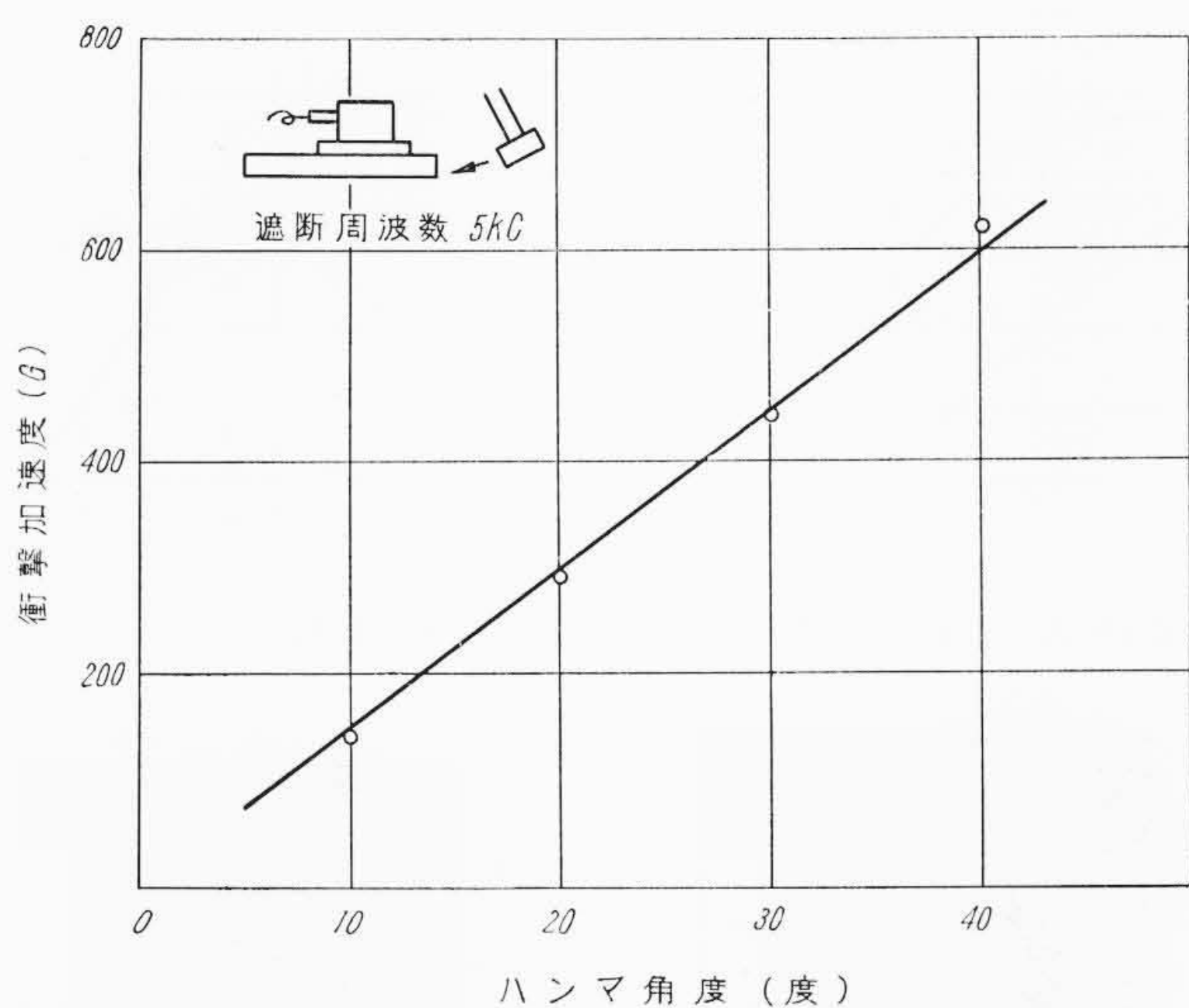
以上の条件で、衝撃波形を実際に観測した。

衝撃第一波のせん頭値 α をハンマ角度 θ をいろいろに変えて測定



(ピックアップを取付けた状況)

第10図 衝撃加速度の測定



第11図 ハンマ角度と衝撃加速度の関係

した結果を第11図に示す。図でわかるように、衝撃値はほぼハンマ角度に比例しており、

$$\alpha (g) \div 15 \times \theta (\text{度}) \dots\dots\dots (1)$$

の関係が成立している。これは MIL の衝撃試験機についてアメリカで出されている報告⁽²⁾の記載とよく一致する。なお理論的には衝撃の加速度はハンマの落下高さの平方根に比例するので、(2)式のような関係が成立するわけである。ただし k は比例常数である。

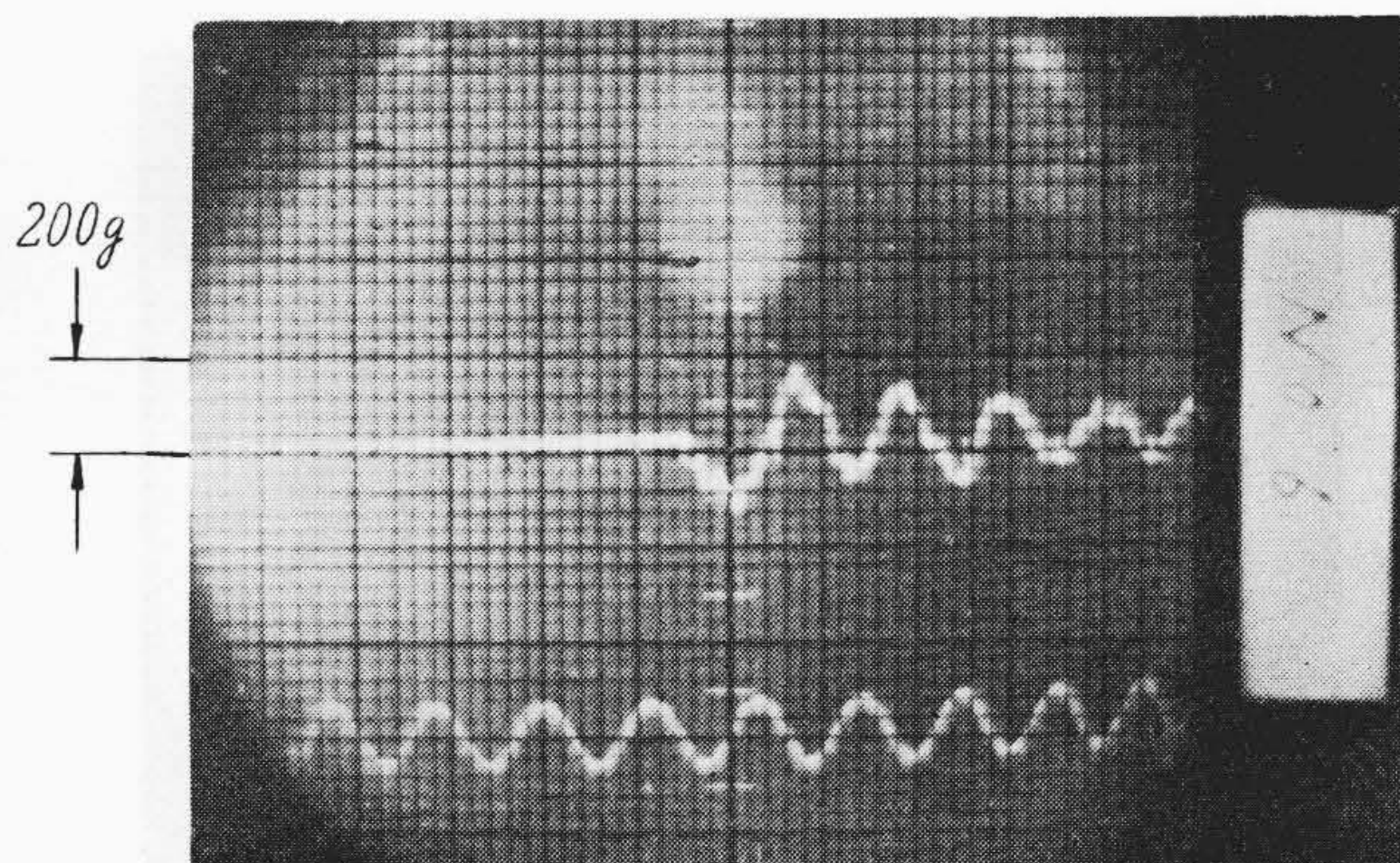
$$\alpha = k \sqrt{1 - \cos \theta} \dots\dots\dots (2)$$

$$\div \frac{k}{\sqrt{2}} \theta \dots\dots\dots (3)$$

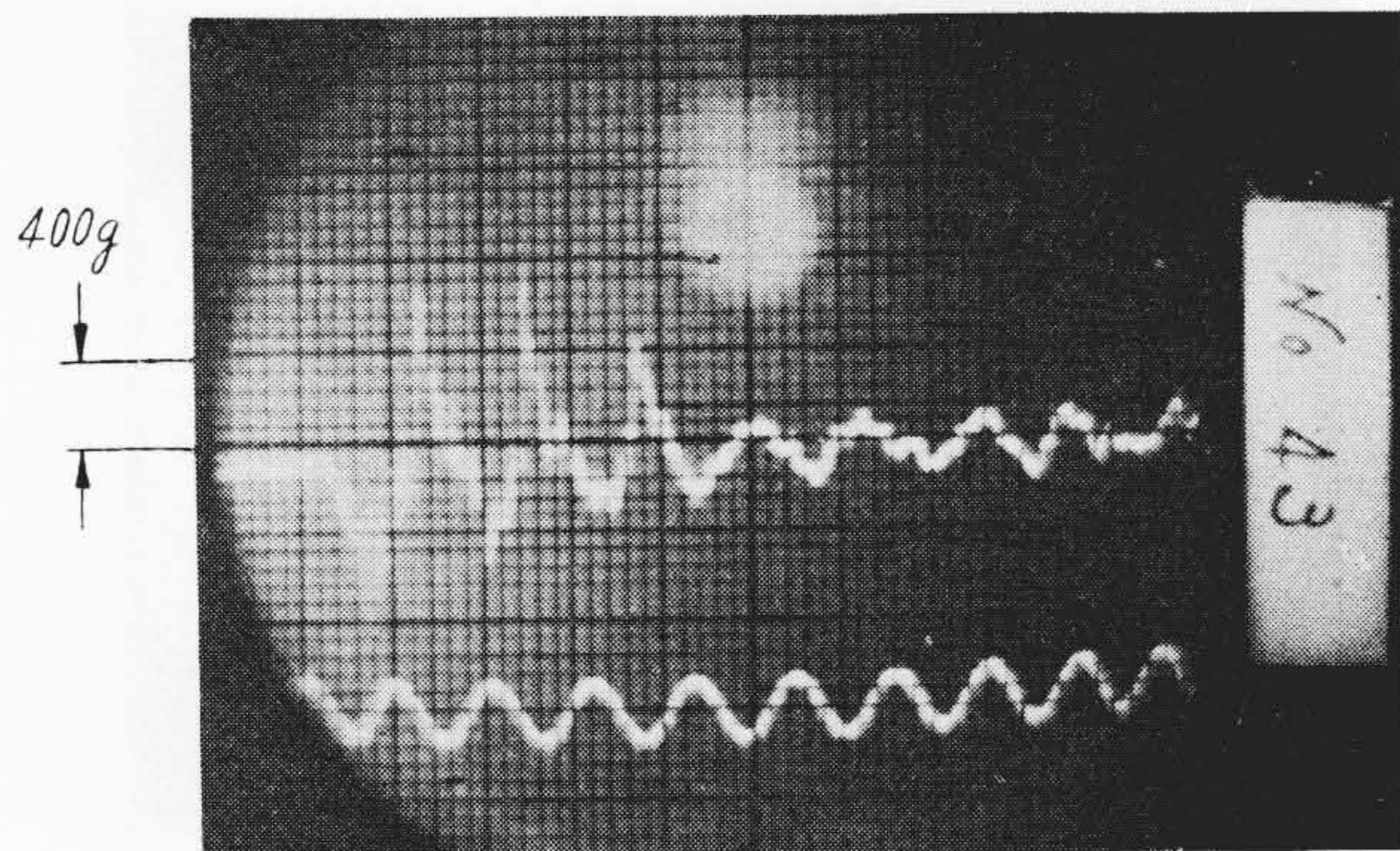
θ が比較的小さい範囲では、(3)式の近似式が成立する。たとえば、 θ が 60 度でその誤差は約 5% にすぎず、 θ が 90 度でも約 10% である。したがって、第11図のようにほぼ直線関係が成立することは十分予想されるところである。

また $\theta = 10^\circ$ および $\theta = 40^\circ$ における衝撃波形の例を第12図に示す。同図の下の波形は、時間軸用の 1,000 c/s 正弦波である。これでわかるように、衝撃波形の基本周波数は約 900 c/s 程度であり、衝撃時間（加速度が最大になるまでの時間）は約 0.5~0.6 ms 程度であることがわかる。

さきに述べたアメリカの報告⁽²⁾によれば、基本波周波数は 700~1,200 c/s で、衝撃時間は 0.6~0.8 ms とされており、われわれの得た結果はこれによく一致している。すなわち、本試験機は MIL で定めた衝撃試験機と同等であるということが出来る。なお、アメリカ製試験機の衝撃波形の一例を第13図に示す。



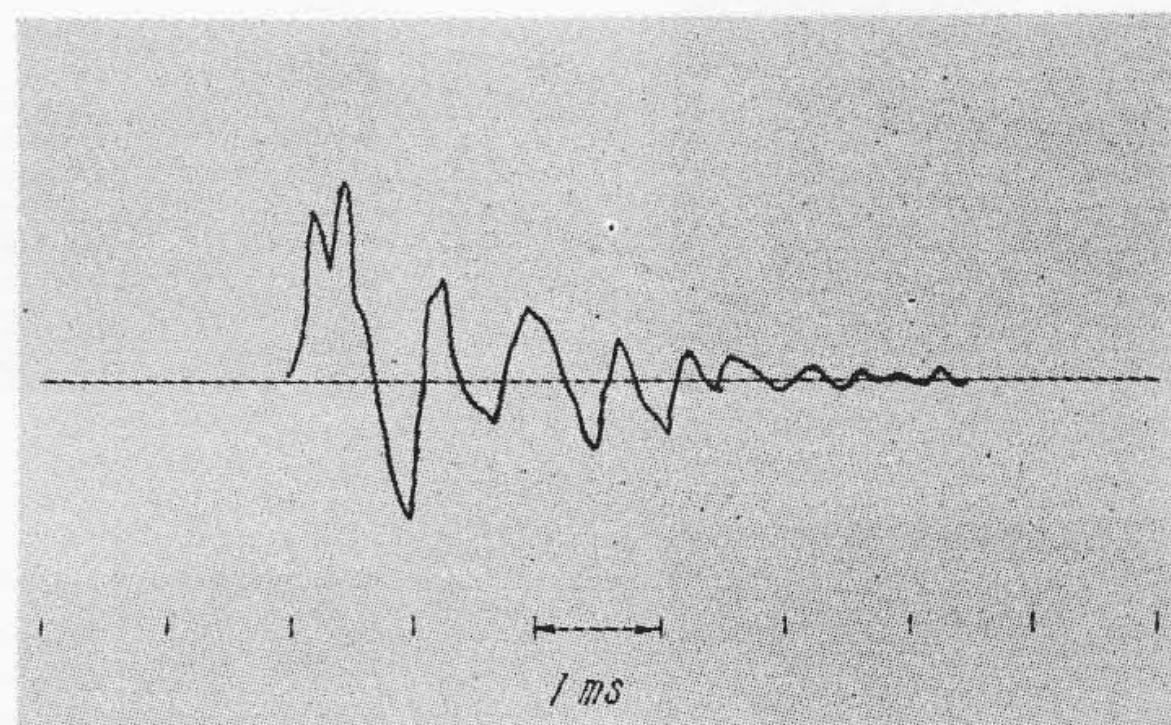
(a) ハンマ角度 10 度



(b) ハンマ角度 40 度

(遮断周波数 5 kc, 時間軸用正弦波は 1,000 c/s, B2 形ピックアップ使用)

第12図 衝撃加速度の波形



(ハンマ角度 20 度 遮断周波数 5 kc)

第13図 米国製衝撃試験機の衝撃波形の一例⁽²⁾

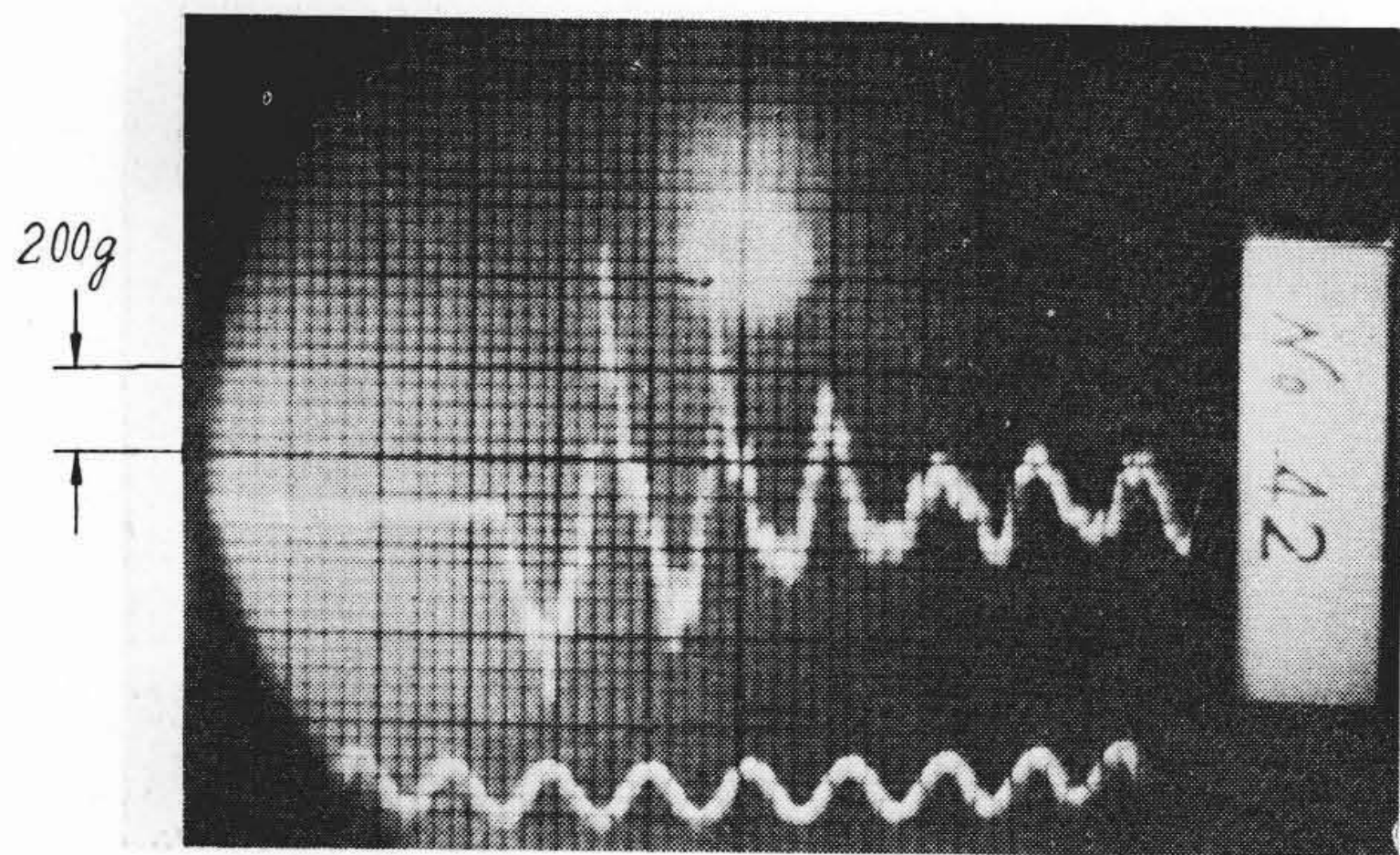
衝撃波形の再現性は非常によく、かなり細かいところまで忠実に再現する。その例を第14図に示す。これはハンマ角度 30 度において繰り返し衝撃を加えたときの波形である。そのほかの条件は第12図と同じである。

なお、ハンマ角度が 30 度程度以上になると、むしろ第2波以後に加速度の最大値が現われる傾向がみられた。これはピックアップの取付け方、そのほかに問題があると思われ、なお検討を要する。

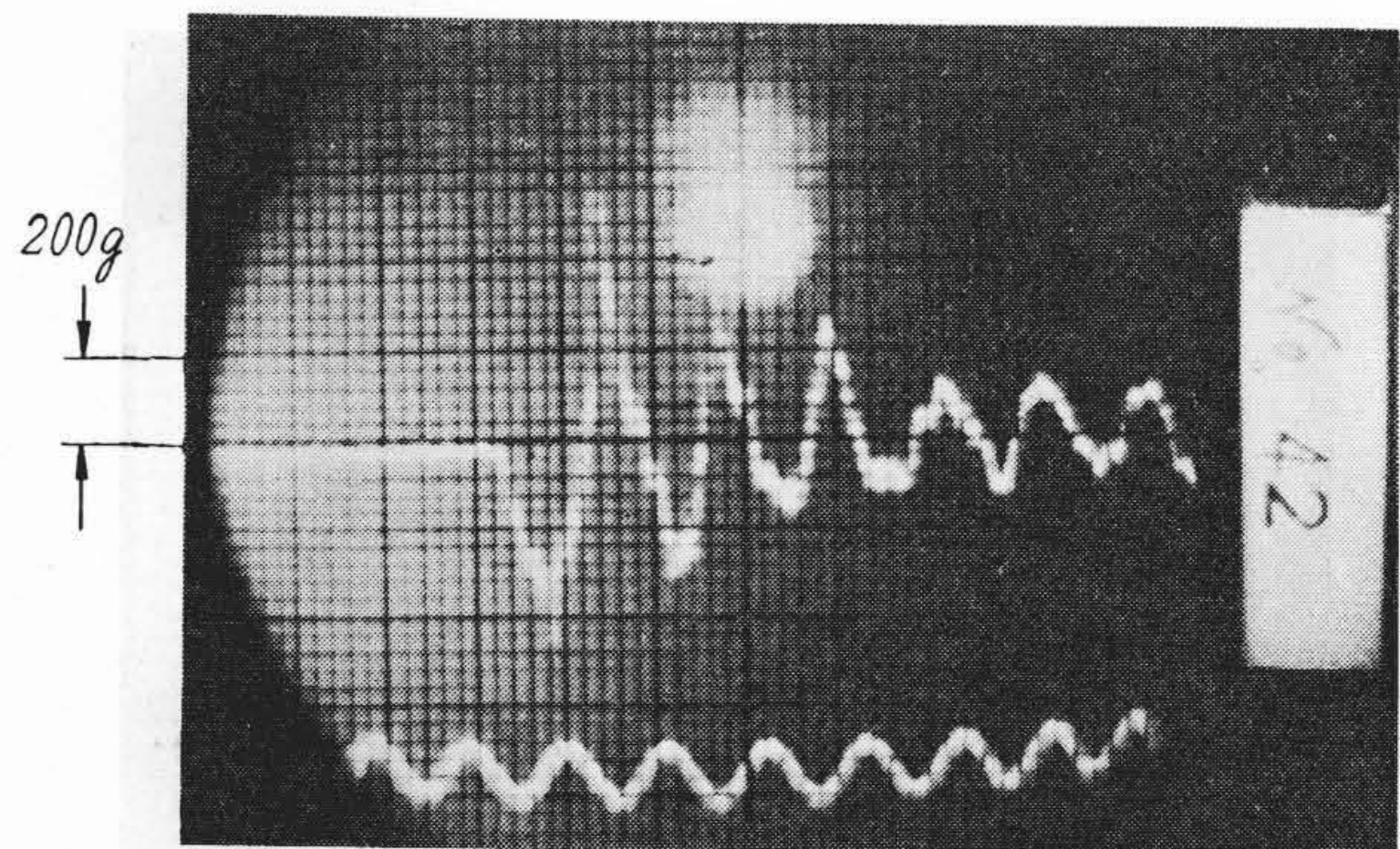
また衝撃波形をみると数サイクル経過するとかなり振幅も減衰しているが、さらに長い時間にわたってどんな経過をたどるかを示したのが第15図である。十数 ms たつとかなり減衰するが、その後ふたたびやや大きな不規則な波形が現われている。この時間はハンマとショックテーブルが接触している時間とほぼ一致するものとみられ、したがってテーブルが実際に動き始めたために不規則な波形が生じたものと思われる。これにはテーブルの保持機構が関係していると推定される。

3.3 増幅器の周波数特性の効果

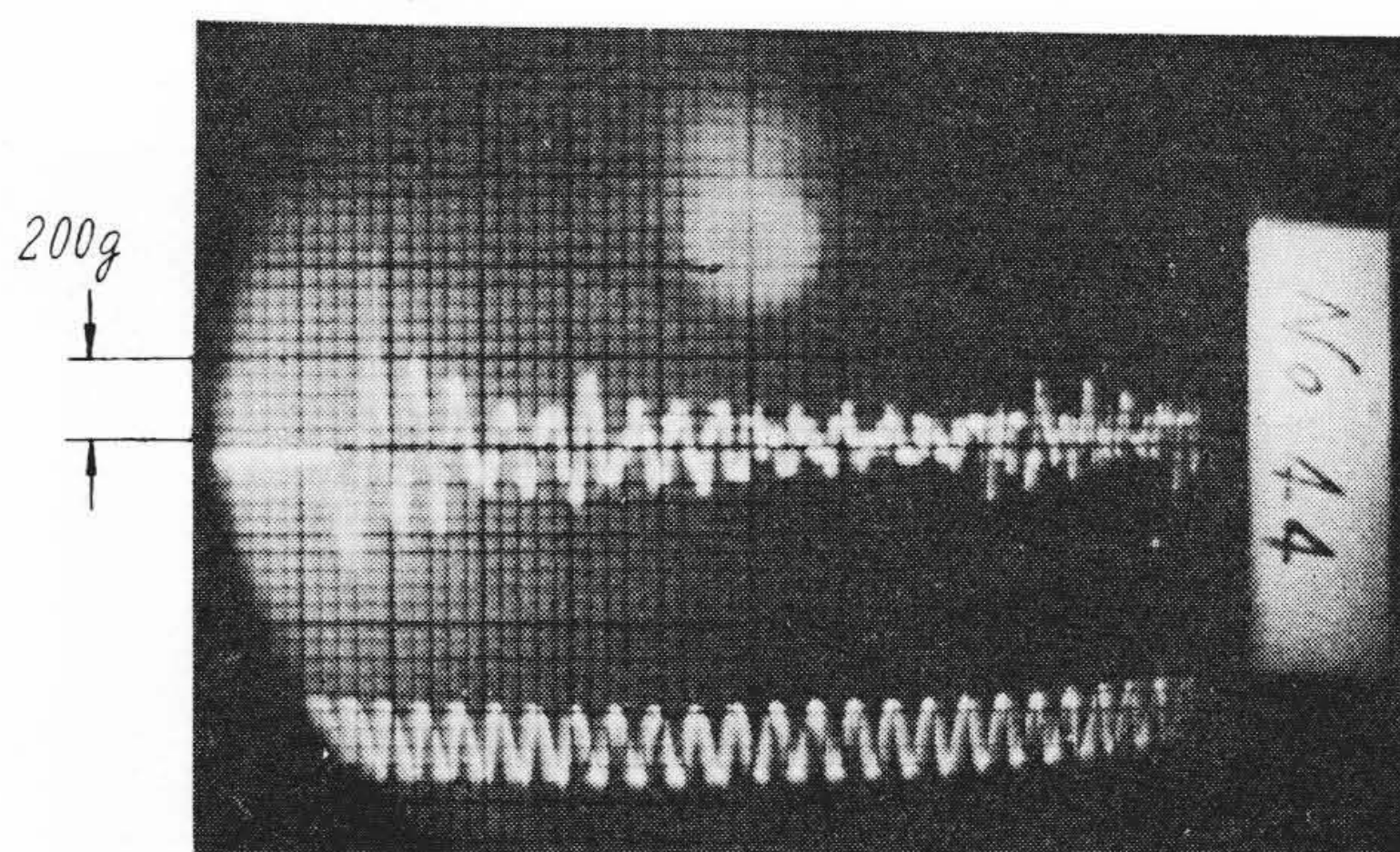
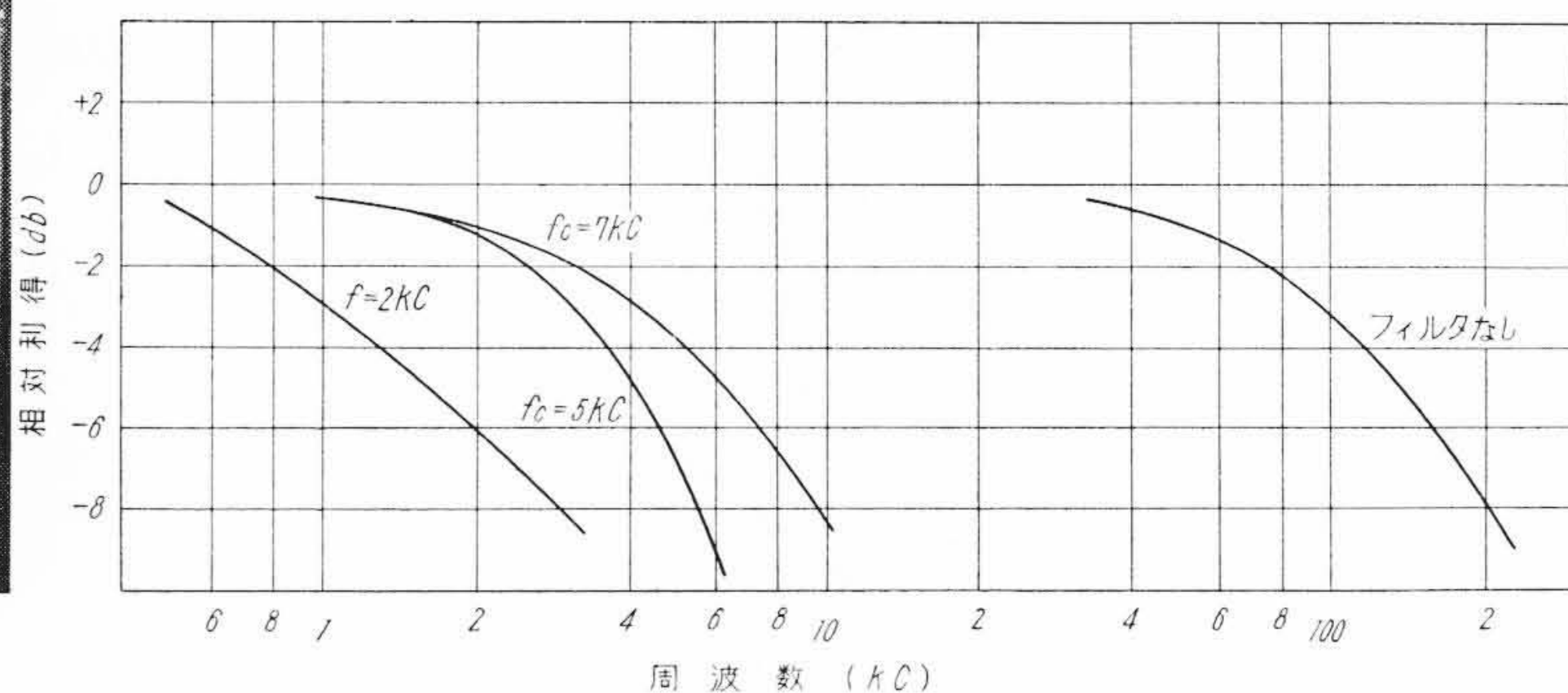
さきに述べたように、衝撃加速度の波形を測定する際に増幅器の周波数特性をどう選ぶかはかなり重要である。高域の限界はピック



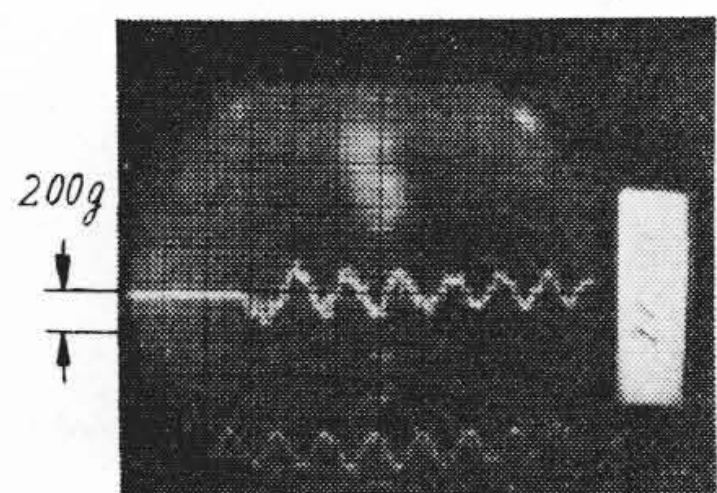
(a) 第1回

(b) 第2回
(ハンマ角度 30度 ほかは第12図と同じ)

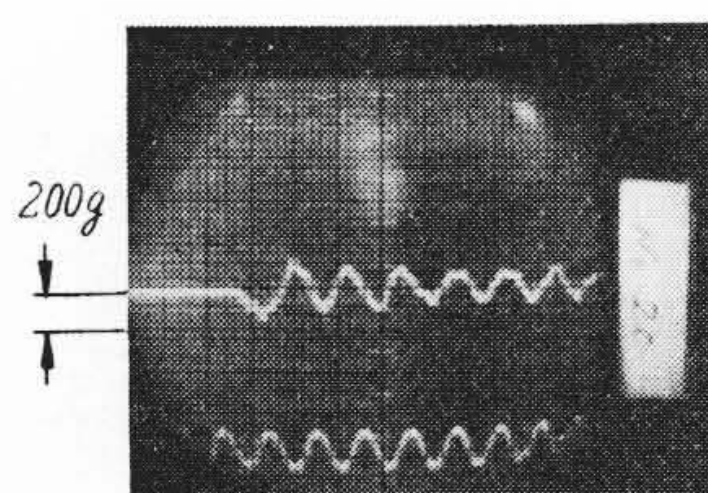
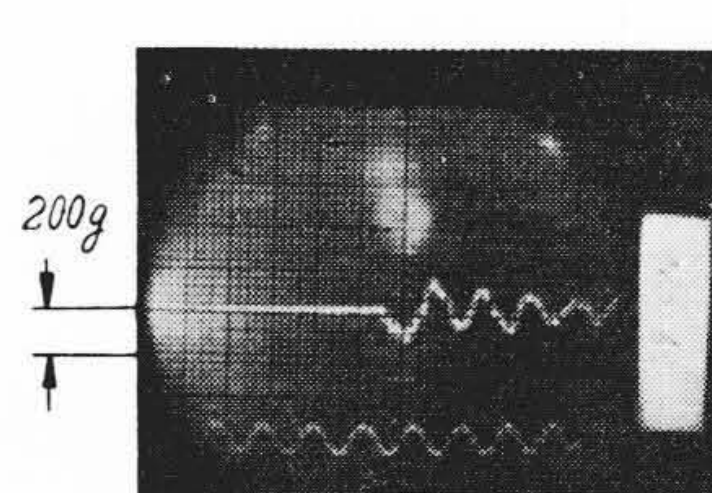
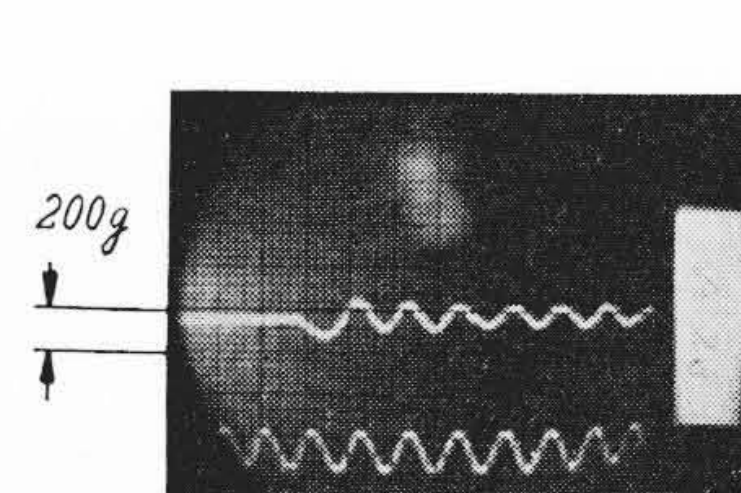
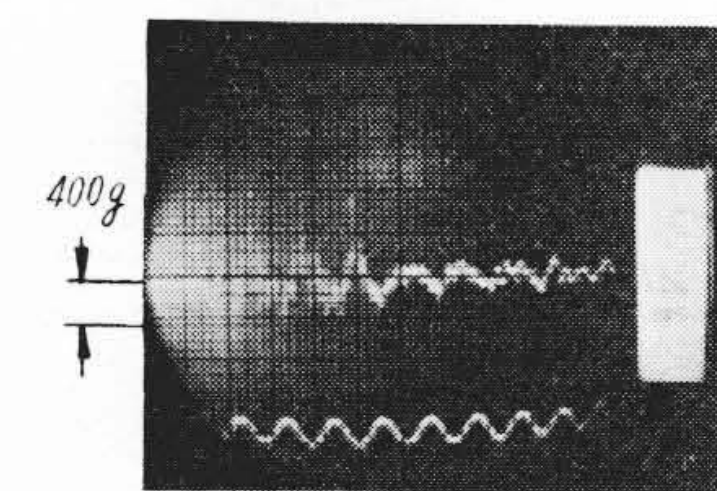
第14図 衝撃波形の再現性の一例

(ハンマ角度20度 そのほかは第12図と同じ 時間軸目盛正弦波は1,000 c/s)
第15図 比較的長時間にわたる衝撃波形の経過

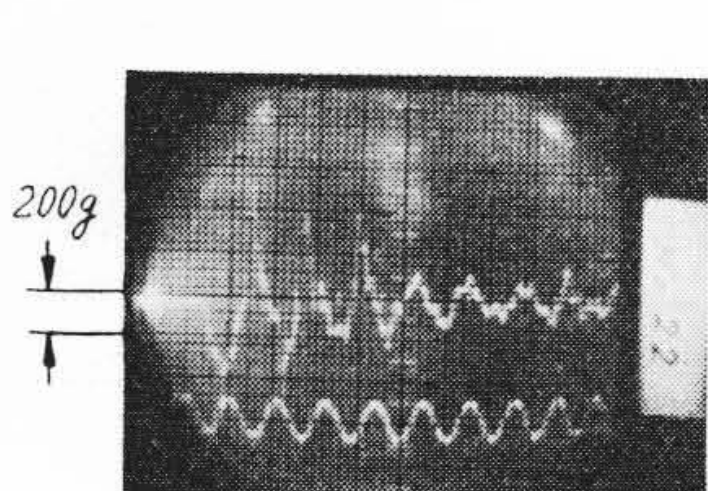
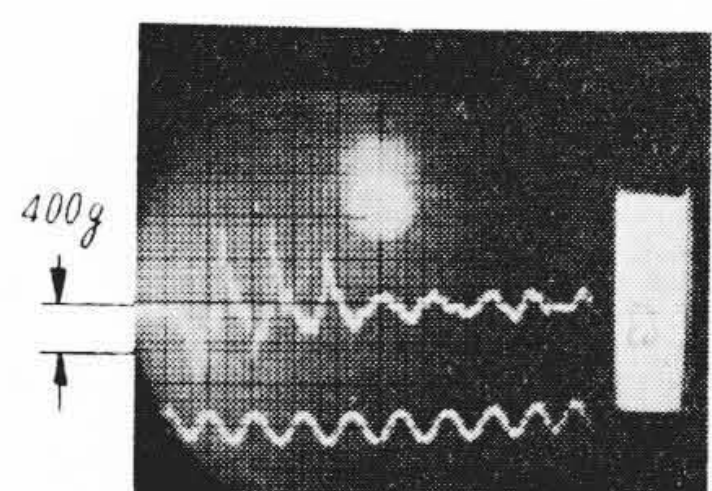
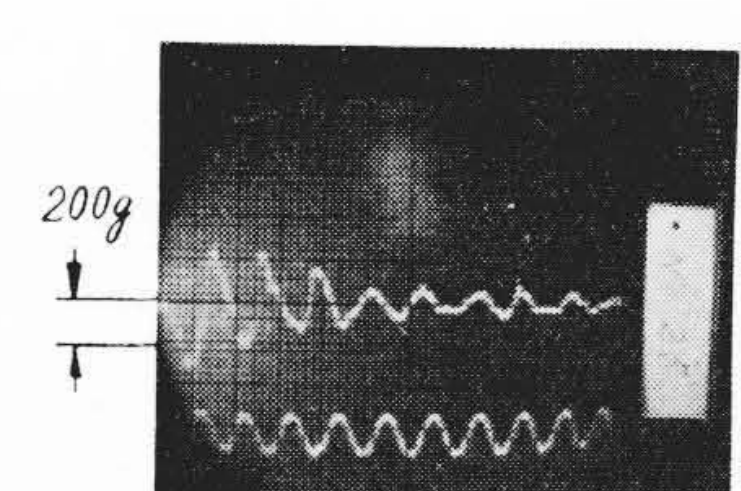
第16図 実験に使用した各種のフィルタの特性



(a) ハンマ角度10度 フィルタなし

(b) ハンマ角度10度 $f_c \div 7 \text{ kc}$ (c) ハンマ角度10度 $f_c \div 5 \text{ kc}$ (d) ハンマ角度10度 $f_c \div 2 \text{ kc}$ 

(e) ハンマ角度40度 フィルタなし

(f) ハンマ角度40度 $f_c \div 7 \text{ kc}$ (g) ハンマ角度40度 $f_c \div 5 \text{ kc}$ (h) ハンマ角度40度 $f_c \div 2 \text{ kc}$

第17図 増幅器の周波数特性が観測波形におよぼす効果

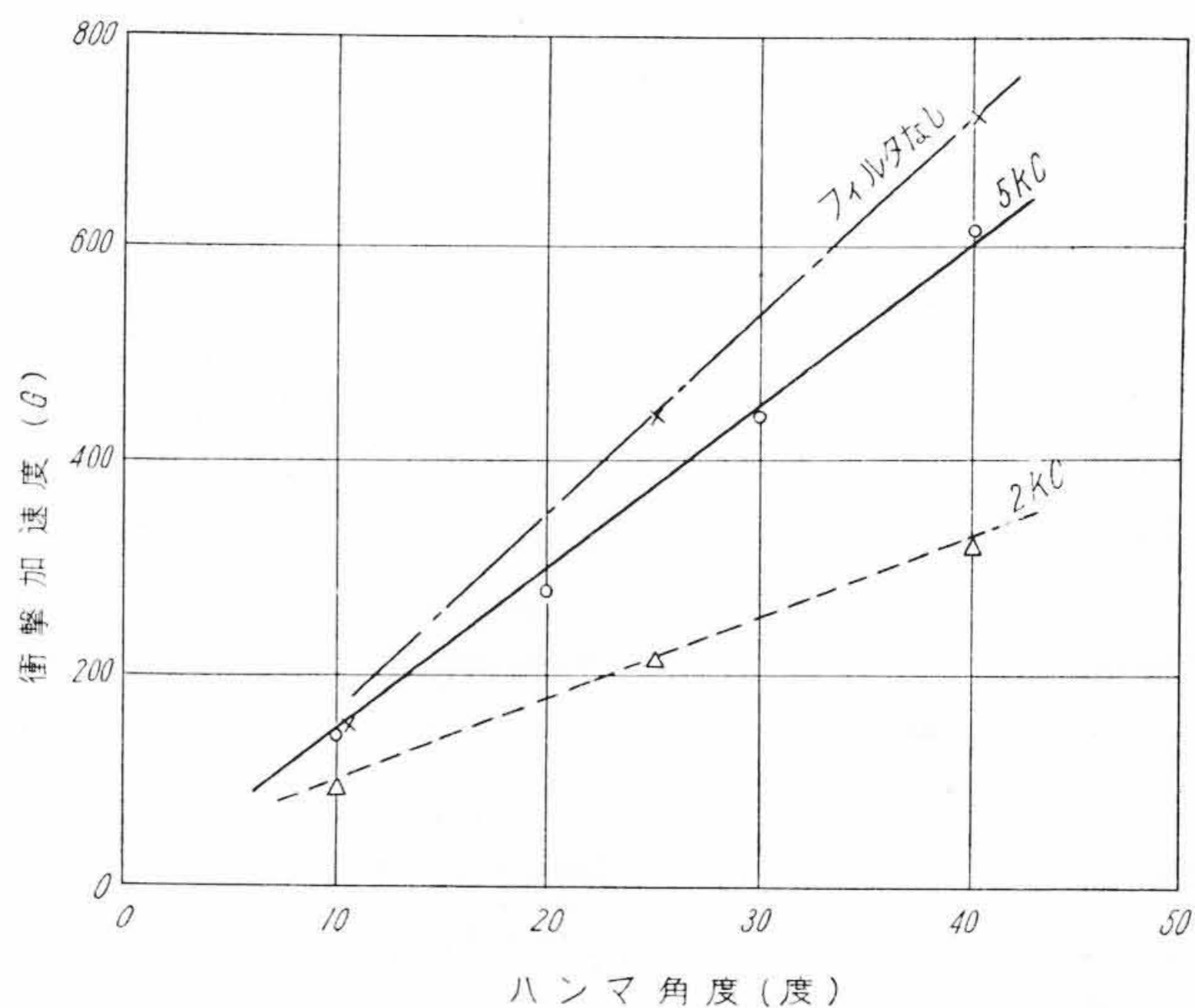
アップの共振周波数で決ってしまうのであるが、そのような高い周波数成分は破壊力が小さいから実際上あまり意味がないという理由で、適当な低域濾波器を用いるのが普通である。

この濾波器の特性をどう選ぶかによって、みかけ上得られる波形に変化を生ずるのは当然である。

参考のために、増幅器の周波数特性によって観測波形が変化する様子を調べてみた。

使用したフィルタは3.2節で用いたフィルタ(第9図)のほかに第16図に示す2種類を追加した(すなわち2 kc および 7 kc)。ハンマ角度10度および40度の2点を選び、周波数特性に応じて波形の変る様子を第17図に示す。これでわかるように、ハンマ角度が小さいうちは周波数特性の影響は一見目立たないが、加速度が大きくなるほど高調波成分がふえるので、周波数特性の影響がはっきりしてくる。

さらにはっきりさせるために、第一波のせん頭値を衝撃の大きさとしてハンマ角度対加速度の関係を周波数特性をパラメータとして



第18図 ハンマ角度-衝撃加速度の関係におよぼす周波数特性の影響

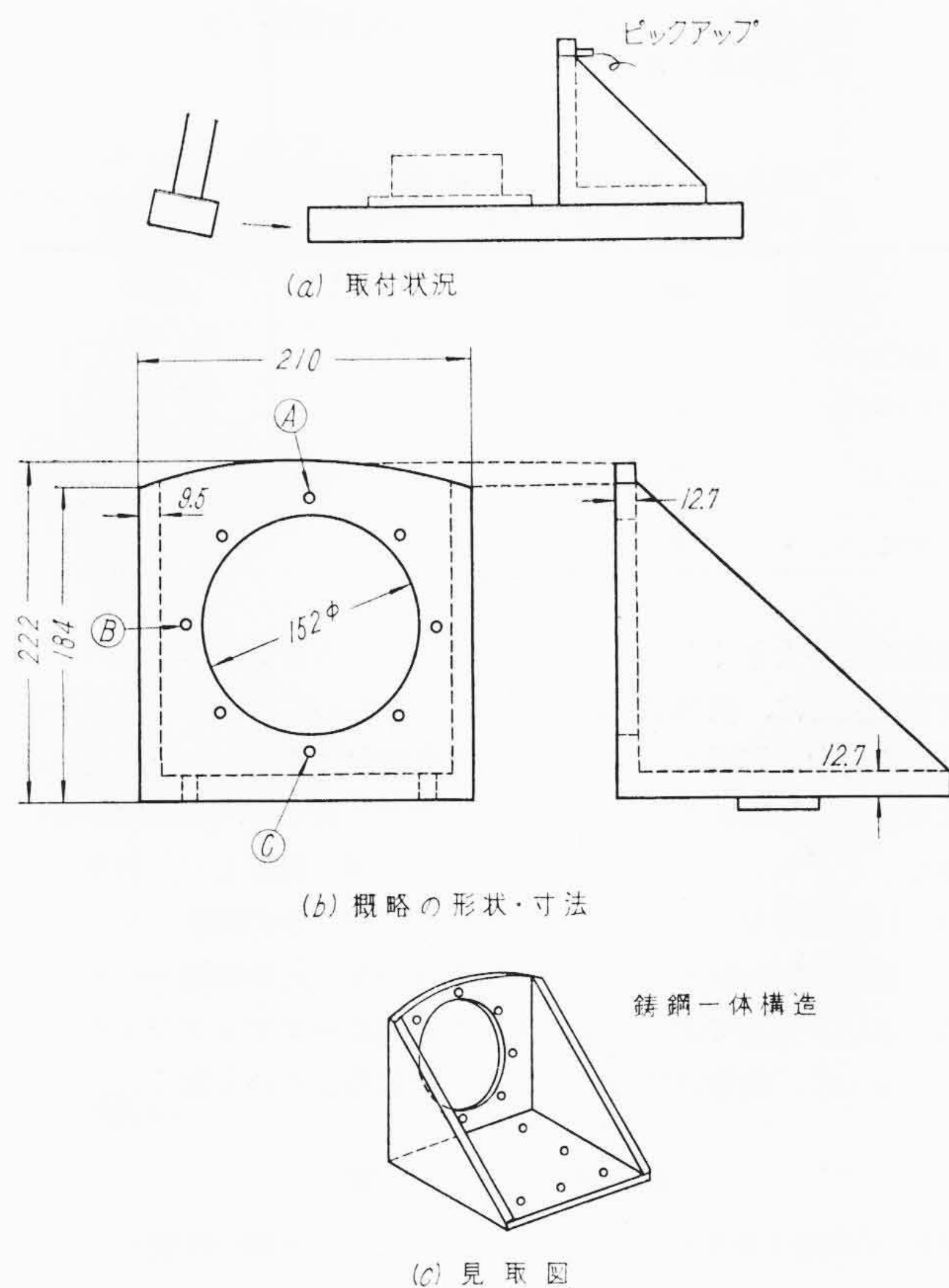
求めてみると第18図のようになる。さきに第11図および(1)式に示した15という比例係数は、単に一つの約束事にすぎないことがよくわかる。

3.4 ピックアップ取付位置の影響

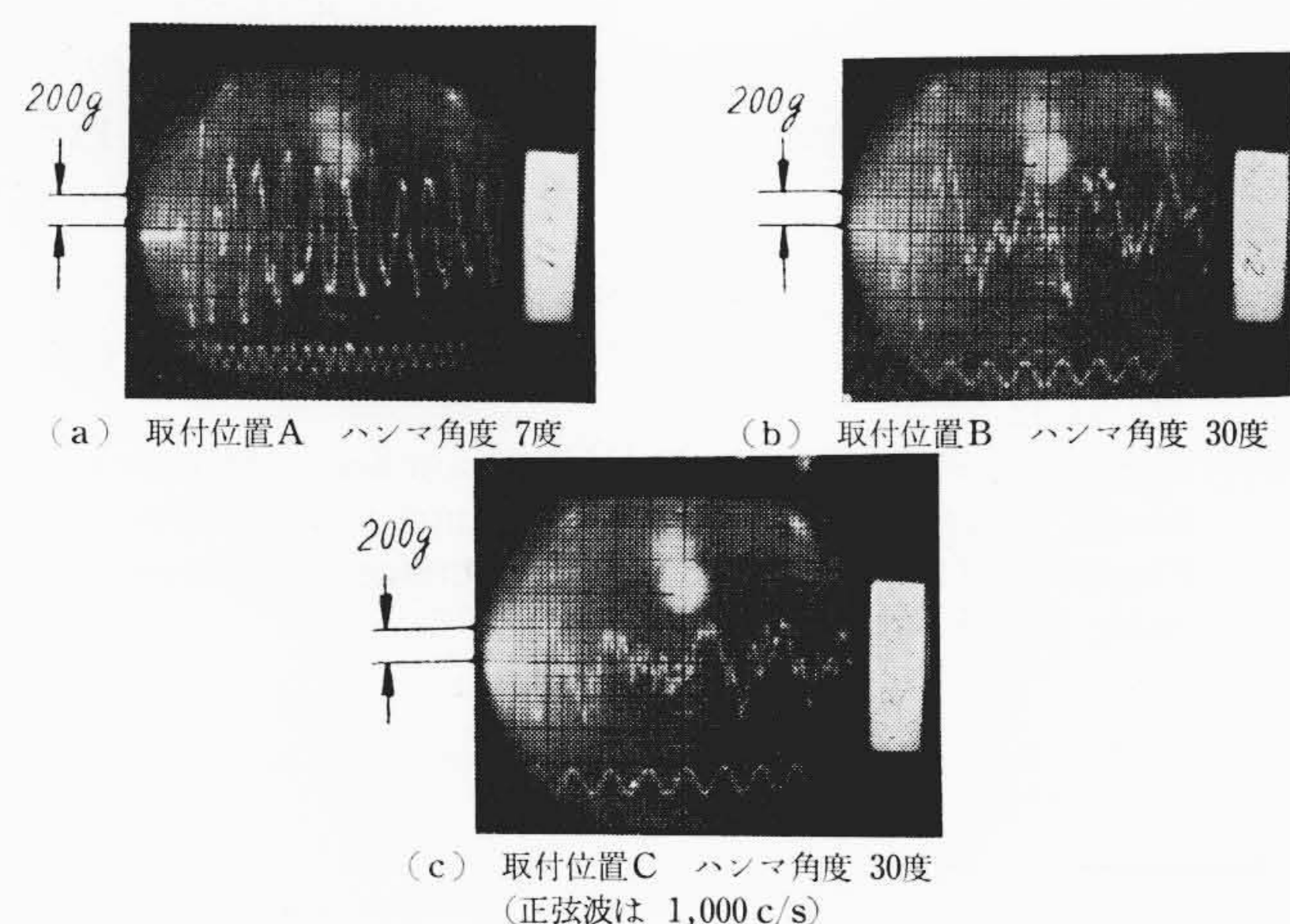
衝撃を受ける物体が完全な剛体であれば、ピックアップをどこに取付けても得られる波形は同一になるはずであるが、実際にはそのようなことは望めない。供試品と同じ形のピックアップを直接取付ければ問題がないが、一般にはそれは不可能である。したがって、ピックアップの取付け位置というのも一つの約束事ということになる。

取付場所の影響がよくわかるように、リテーナ垂直取付用のブラケットのネジ孔を利用していろいろな場所を取付けてみた。

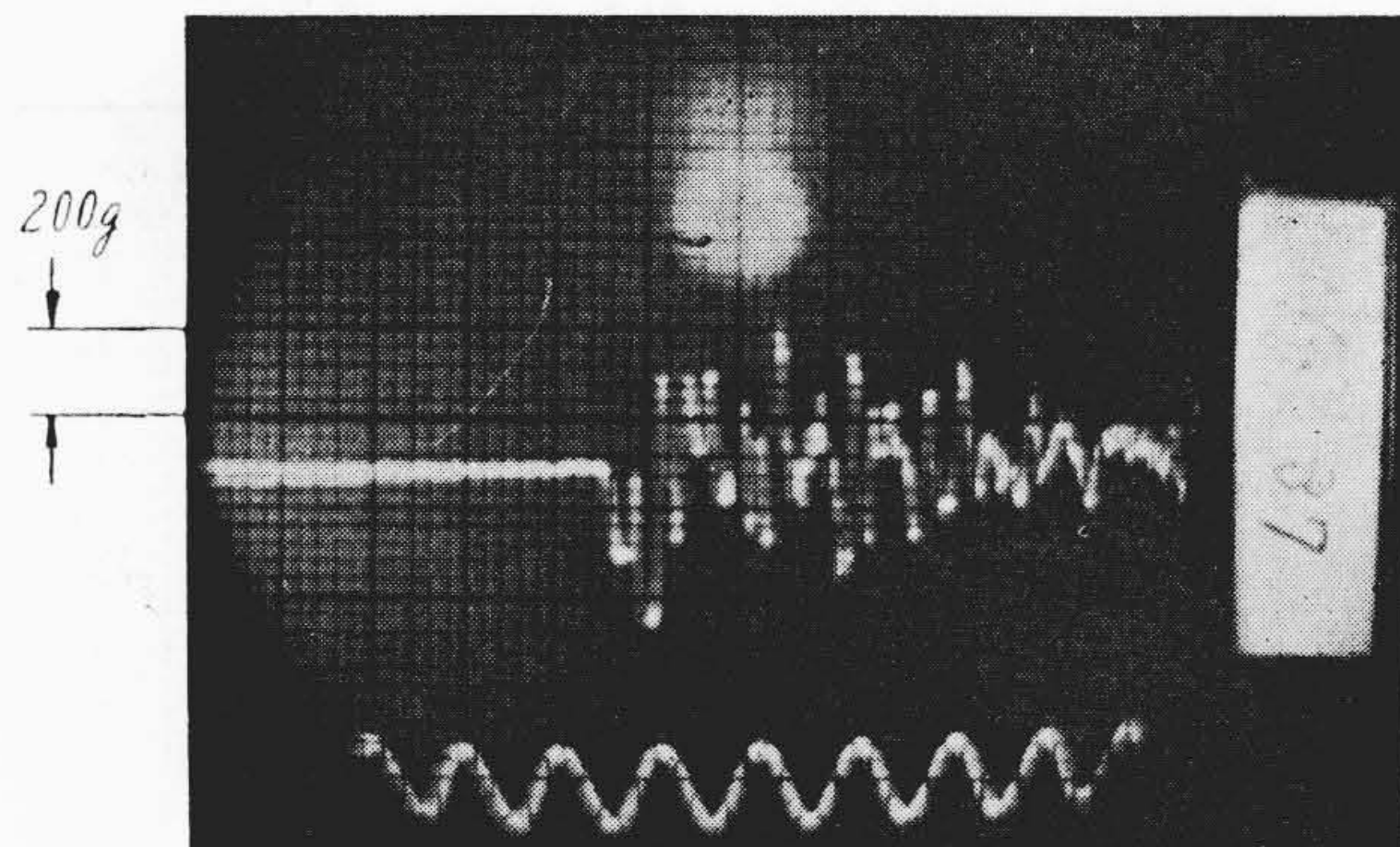
ブラケットのおよその形状と寸法を第19図に示す。同図のA, B, Cの3箇所にピックアップを取付けて衝撃波形を観測したのが第20図である。なお、ブラケットは鋳鋼の一体構造である。



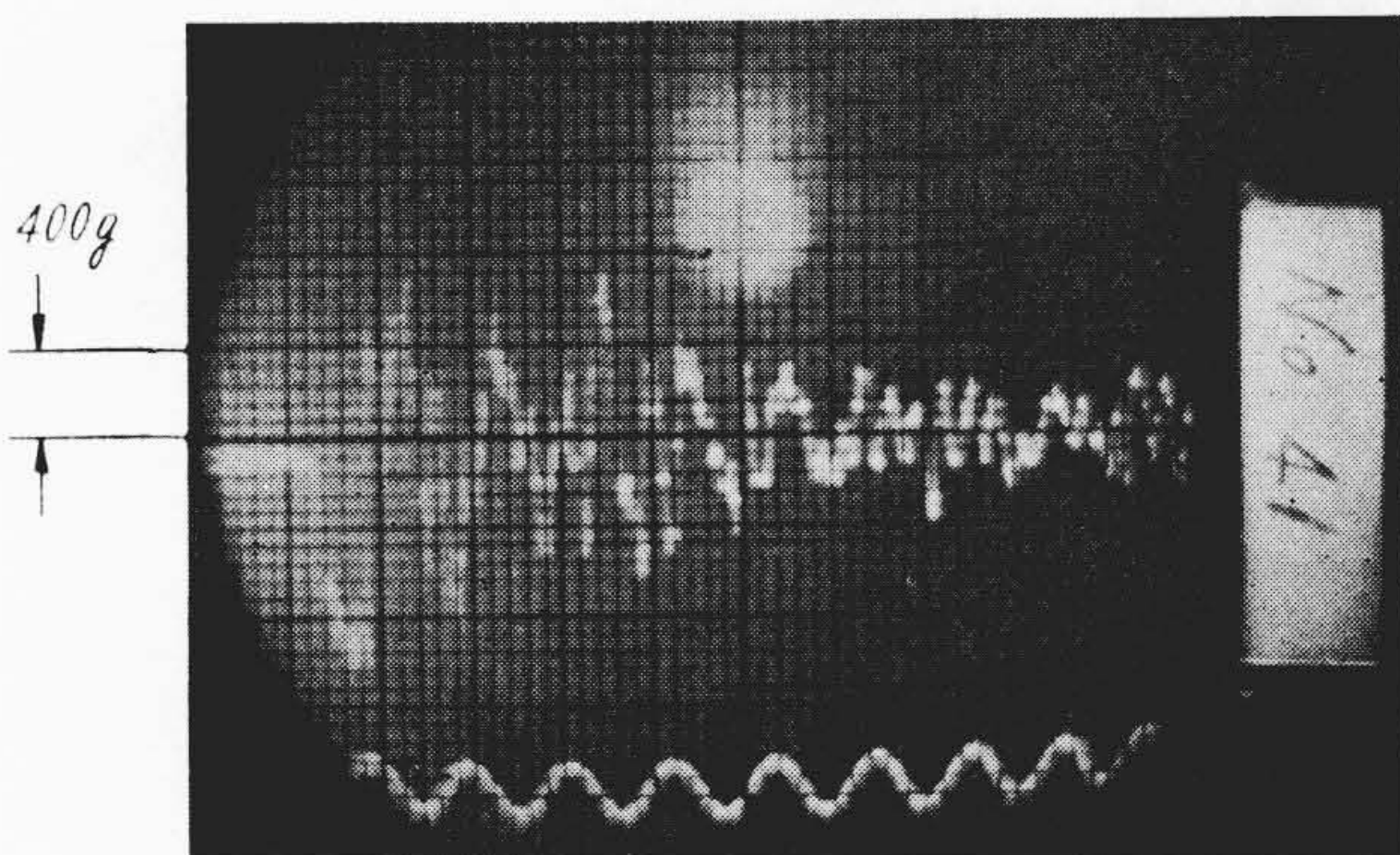
第19図 リテーナ垂直保持用ブラケット



第20図 ピックアップ取付位置と衝撃波形の関係



(a) ハンマ角度 10度



(b) ハンマ角度 40度

第21図 電子管形ピックアップによる観測波形

衝撃の大きさはもちろん、基本周波数まですっかり様子が変わってしまうことがわかる。特に取付位置Aの場合には、ハンマ角度わずか7度で700gにも達している。これらはいずれも5kcのフィルタを使用した。

このように、締付けにいくら注意しても衝撃波形はまったく変わってしまう。試料を取付けるための治具にも十分注意を払う必要があることがわかる。たとえば、不用意なアングル細工などを使うのは危険である。

3.5 電子管形ピックアップの使用結果

前節のピックアップの取付位置の影響の一つと考えてもよいが、Gulton社製の電子管形のピックアップを使って、実際の供試真空管の受ける衝撃を直接に測定してみた。フィルタには5kcのものを用了。

結果を第21図に示す。第12図と比べるとわかるように、高調波成分が非常に大きくなっている。しかし一応第12図に示したような基本波成分も認められる。この高調波は各所の締付けの問題などによるものであろう。

なお、この状態でも波形の再現性は非常によいが締付けをいったんゆるめて再セットすれば、多少細かいところが変わるのはやむをえないことと思われる。

4. 電子管に衝撃試験を行った実例

高信頼管では、製造ロットごとに規定の条件で衝撃試験を行い、ロットの合否を判定している。この試験は破壊試験であるから、抜き取り検査を行う。なお、通常のアナログ形受信管では直径19~22mmφ、全長45~80mmであり、重量は6~15g程度の範囲内にある。第4表に高信頼管の衝撃試験の例を示す。

これは主要特性が衝撃試験の前後でどのように変わるかを示したものである。これをみると、案外電子管がじょうぶなのに驚く人も多いであろう。これは一つにはこの試験機では衝撃時間が比較的短いことも原因しているものと思われる。

第4表 高信頼管の衝撃試験の例
(a) 6J4WAの例 (ハンマ角度30度 公称衝撃加速度450g)

No.	陽極電流 (mA)		相互コンダクタンス (μU)		グリッド逆電流 (μA)		振動出力 (電極ガタ) (mVac)	
	前	後	前	後	前	後	前	後
1	13.6	13.4	12,300	12,200	0.0	0.0	10	10
2	12.4	12.7	9,900	10,100	0.0	0.0	10	10
3	13.8	14.0	10,700	11,000	0.0	0.0	10	10
4	13.2	17.2	10,700	11,200	0.0	0.0	30	50
5	13.0	12.6	11,100	10,800	0.0	0.0	20	40
6	13.4	13.8	9,900	10,200	0.0	0.0	10	40
7	13.8	14.3	10,700	11,000	0.0	0.0	10	30
8	13.2	13.8	10,100	10,400	0.0	0.0	10	10
9	13.8	13.5	11,300	11,100	0.0	0.0	10	10
10	13.2	13.0	11,700	11,400	0.0	0.0	10	10

(b) 5670WA の例 (ハンマ角度42度 公称600g)

No.	陽極電流 (mA)		相互コンダクタンス (μU)		グリッド逆電流 (μA)		振動出力 (電極ガタ) (mVac)	
	前	後	前	後	前	後	前	後
1	9.2	8.6	6,050	5,800	0.00	0.02	10	30
	8.2	7.4	5,900	5,400	0.00	0.02		
2	8.6	8.4	6,150	6,000	0.00	0.02	10	10
	8.3	8.3	6,000	5,950	0.00	0.02		
3	8.1	8.3	5,850	5,850	0.00	0.01	12	50
	8.6	8.0	6,100	5,700	0.00	0.01		
4	7.8	7.6	5,800	5,550	0.00	0.00	10	20
	8.5	8.4	5,600	5,550	0.00	0.01		
5	6.6	6.7	5,100	5,100	0.00	0.01	10	12
	8.3	8.5	5,800	5,800	0.00	0.01		

過去の実績によると、衝撃試験での不良の発生はきわめて少なくその内容は破損、電極間短絡などである。破損というのは、真空管の不良というよりむしろリテーナへの締付け不良によるものと思われる。

次に電子管がどの程度の衝撃に耐えられるかを、高信頼管と一般受信管で比較した結果を紹介しておく。

試験に供したのは12AT7およびその高信頼管12AT7WA、12AX7および類似の高信頼管5751である。各品種それぞれ15本をとり、それを5本ずつの3グループにわけた。

第1グループは、ハンマ角度 33度 (公称 500g)

第2グループは、ハンマ角度 50度 (公称 750g)

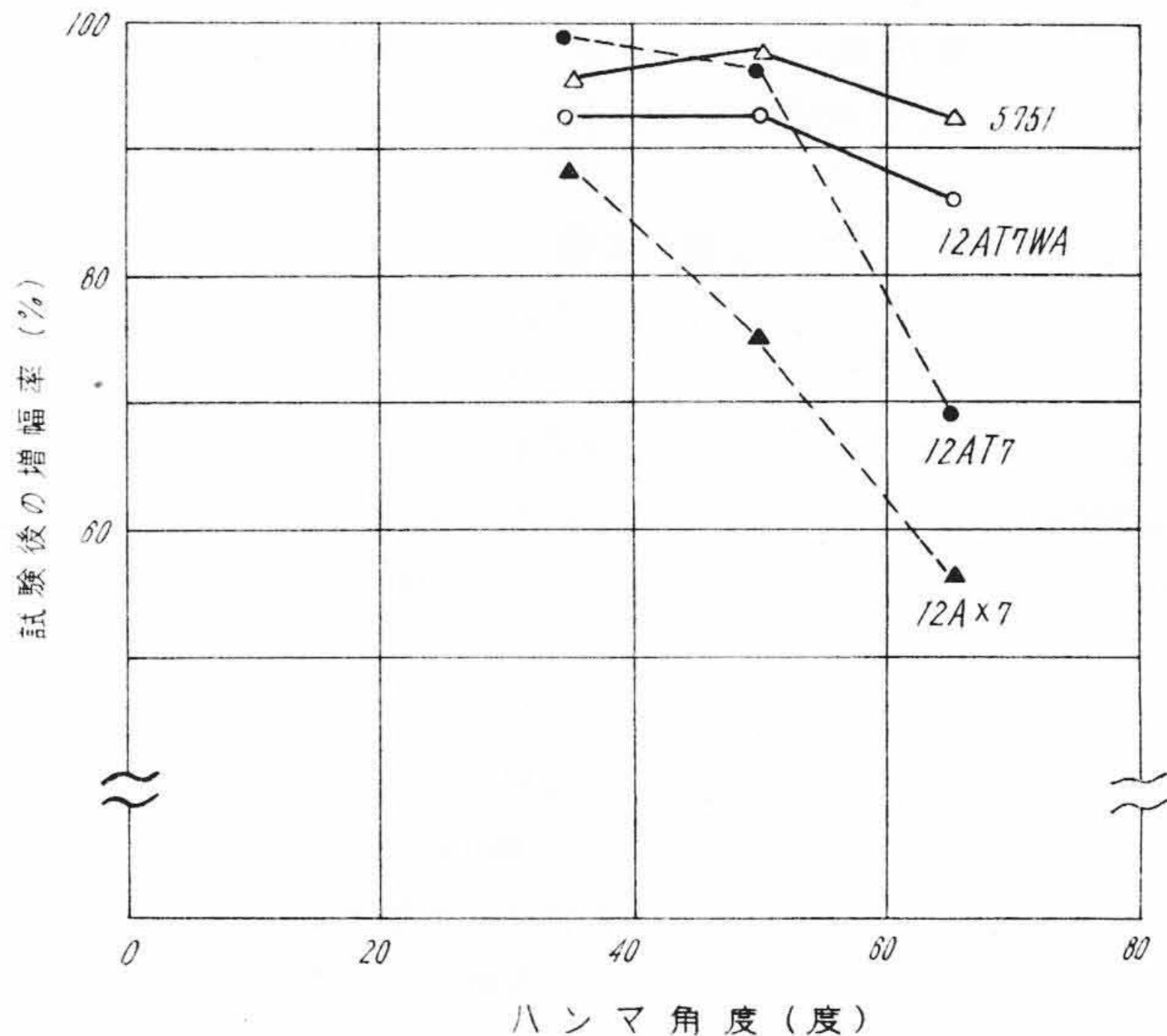
第3グループは、ハンマ角度 66度 (公称 1,000g)

で、おのおの4方向10回ずつ、計40回の衝撃を加えた。絶対不良の発生状況を第5表に示す。また電極変形を示すよい目安になる増幅率について試験後の値を、初期規格標準値を100としてパーセントで示すと第22図のようになる。

ハンマ角度が増すにつれてマイカの摩耗も見られるようになる。これらのデータからみると、一般の受信管では衝撃に耐える限度は約400~500g程度であり、高信頼管では倍の約1,000g程度にまで耐えられるようである。ただしこれは衝撃時間が約0.5~0.6ms程度の場合のデータであって、衝撃時間が長くなればもっと低くなるのであろうから注意を要する。

5. 衝撃試験機使用上の注意および今後の問題点

以上述べたように、衝撃試験は多分に不確定な要素を含む試験であるので、これが実施にあたってはいろいろな点に十分注意を払う必要がある。とくに重要なのは供試品保持治具を含めて全体がなるべく剛体とし動作するよう注意することで、これを怠ると予期せざる衝撃が供試品に加わるおそれがある。とくに供試品が大形になり



第22図 高信頼管と一般管の比較試験 (2)
試験後の増幅率

第5表 高信頼管と一般管の比較試験⁽¹⁾
絶対不良の発生状況

ハンマ 角度	33度	50度	66度
品種			
12AT7	0	1 (ヒータカソードタッチ)	3 (ヒータカソードタッチ)
12AT7WA	0	0	1 (ヒータカソードタッチ)
12AX7	1 (グリッドリード切れ)	0	3 (ヒータカソードタッチ, グリッド, カソードタッチ, プレートリード切れ)
5751	0	0	1 (ヒータカソードタッチ)

衝撃加速度が大きくなるにつれて、このことは重要である。

衝撃試験とは、供試品の耐衝撃性を知るために行うのであるから実際に輸送中、使用中に製品が受ける衝撃をよく調査の上、それと等価な衝撃を加えるようにするのが理想的であるが、それは非常に困難なことである。やむを得ず試験機を詳細に規定して、結果として得られる波形をそのまま利用しているというのが現状である。

電子管はさいわい小形であり、衝撃は全体に比較的均一にかかる場合が多いと考えてよいので、電子管形のピックアップなどの活用とあいまって、衝撃試験の方法の改良を目指したいと思う。

6. 結 言

MIL式の電子管用衝撃試験機を製作し、ほぼ所期の性能をうることができた。

終りにのぞみ、この実験にいろいろとご指導をいただいた防衛庁技術研究本部部品研究室の方々、本試験機の製作に協力された伊藤精機株式会社の関係各位、衝撃測定用ピックアップにつき多大のご配慮をいただいた日立製作所戸塚工場検査部林氏に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 電気学会技術報告：第22号 振動衝撃試験法に関する調査報告 (昭32-12)
- (2) I. Vigners, R. C. Nowak & E. W. Kammer: Mechanical Shock Characteristics of High Impact Machines for Electronic Devices (Taft-Peirce Manufacture) Report 0-2838, Naval Research Laboratory.