

49. 携帯用石本式加速度地震計の野外実地使 用に対する二三の基礎実験

地震研究所 { 宮 村 撰 三
堀 実

(昭和 30 年 9 月 27 日発表—昭和 30 年 9 月 30 日受理)

§1. はし が き

地震動の加速度を直接記録する地震計として、加速度地震計が石本巳四雄により考案製作されてから、すでに 1/4 世紀になる¹⁾。その間、いわゆる石本式加速度計は当初の光学記録・油減衰器のものから、すすがき・空気減衰器のものにかわり²⁾、水平動にくわえて上下動もでき³⁾、固定観測点用のもののほか、小型の携帯用(感度 1/2)のものもでき⁴⁾、計測地震学のひろい分野で、おおくの人々に利用され、近代日本の地震学発展にめざましい貢献をしてきたことは、ひろく知られているとおりでである。また、こうして石本式加速度計の利用がさかんになるにつれて、主として萩原尊礼によつて、この地震計の理論的實際的研究の進展がおこなわれてきたことも、周知のことである⁵⁾。

最近においても、石本式加速度計の改良された大型の携帯用(微動計にきりかえられる)が開発されて、大地震の余震観測や各地の地盤の比較観測にひろく利用されてきた。また 1949 年来地震研究所で萩原教授のもとに編成整備された大地震にそなえての余震観測班⁶⁾でも、これは基準地震計として採用されるにいたつた。

このようにして、石本式加速度地震計の野外における実用が頻繁となるにつれ、そのための観測法基準をさだめることが、実際に要望され、それに関連して、若干の点については、なお基礎的な研究の不足が感じられた。

1955 年 6 月、本所余震観測班においては、その編成を強化し、観測法についても、細部にわたり基準をきめることになつた。この基準については別に報告される機会があるとおもふが、そのなかで特に問題となつた点は、制振比のとり方であつた。よつてわれわれは、この要望にこたえて、若干の実験および観測をこころみ、結論をえたいとおもつた。ここに、附随的におこなつた二三の実験の結果をもあわせて、簡単にその結果を報告する。制振比の問題についてかならずしも、最後の結論をえたわけではないが、実際に現在野外で石本式加速度計を使用している実情について、その調整法あるいは、検定法の限界をし

1) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **9** (1931), 159-167.

2) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **9** (1931), 316-332.

3) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **11** (1933), 717-723.

4) N. NASU and T. HAGIWARA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **14** (1936), 290-296.

5) T. HAGIWARA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **12** (1934), 776, **13** (1935), 138, 783.

6) 萩原尊礼 1953 年 4 月 21 日 第 299 回地震研究所談話会発表。

り、さらに今後改良すべき点についても考える参考資料をえたとおもわれるので、発表する。

§2. 実験使用器械および実験要項

実験に使用した地震計は大型携帯用石本式加速度地震計水平動用(保坂製作所製) 8 台で、その要項は第 I 表に示す。常数検定等の実験には、はやおくりのときは、小型軸型

第 I 表 携帯用石本式加速度地震計常数表

No.	周 期 T_0 sec.	基本感度 S mm/gal. 基本倍率 V	幾何倍率 V_G	摩擦値 ρ mm	目標制振度 v_A (h_A)	備 考
1	0.103 ± 0.003	0.407 ± 0.0003 150	204	0.005	2.8 (0.3)	1951 年保坂製 (震校 2617)
2	0.102 ± 0.005	0.406 ± 0.0002 160	231	0.05	臨界制振 (1.0)	同 上 (震校 2618)
3	0.100 ± 0.006	0.410 ± 0.0004 160	195	0.005	10.5 (0.6)	同 上 (震校 2624)
4	0.100 ± 0.002	0.405 ± 0.0003 160	212	0.01	制振器解放 (< 0.01)	同 上 (震校 2625)
5	0.104 ± 0.005	0.408 ± 0.0003 160	210	0.015	過 減 衰 (> 1.0)	1952 年保坂製 (震校 2777)
6	0.104 ± 0.003	0.407 ± 0.0003 160	185	0.01	7.9 (0.55)	1951 年保坂製 (震校 2619)
7	0.107 ± 0.003	0.437 ± 0.0002 150	193	0.025	6.15 (0.5)	1949 年保坂製 (震文研 24 #)
8	0.106 ± 0.002	0.430 ± 0.0000 150	194	0.015	4.0 (0.4)	同 上 (震文研 24 #)

旧式記録円筒 1 台、観測およびおそおくりの実験には余震観測班用の大型軌条型記録円筒 3 台をもちいた。時間基準の刻時には標準電波分秒報時(JJY)および余震観測班用刻時時計 15 秒接点を利用した。実験および観測は、本郷弥生町地震研究所第 2 号館地上階室内でおこなわれた。自然地震の観測は 1955 年 4 月より 5 月まで、記録紙速度 2 mm/sec で実施した。

なお使用地震計中 No. 1~4 は余震観測班宮村研究室担当班のもの、No. 6 は同 萩原研究室担当班使用予定のもの、No. 5, No. 7, No. 8 は宮村研究室所属のものである。

これらの地震計の自己周期は現在の観測用記録装置では現場で正確にもとめることはできないが、大体 0.100~0.104 秒 (No. 7, 8 は 0.106) である (第 I 表) 基本倍率を 3 ケタ感度試験からもとめるためには、さらに精確な周期の測定が必要である。

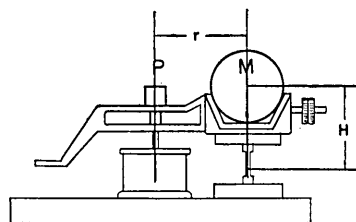
§3. 固体摩擦

地震計のふりこの運動をかんがえるとき、固体摩擦ははなはだ厄介なもので、これはで

きるだけ小さいことが、地震計としてのぞましい。拡大部分のてこの廻転軸、すす紙とはり先の部分などで生ずる固体摩擦が、どの程度あるかは、地震計の利用にあたりまずしらべる必要がある。使用した8台の地震計について、それぞれ空気制振器についている2個のコックの1つだけを全部はずして自由振動をかせ、その記象から教科書⁷⁾にある方法で、流体抵抗(制振比)とともに、固体摩擦値をもとめた。これが第I表にしめした摩擦値 ρ であつて、これらはすべて記録線の太さを考えると充分無視できるほど小さい。よつて一応固体摩擦の影響はないとみて今後の実験をおこなう。なお、こころみにコックをはめて、大体 $h=0.3, 0.5$ 程度の制振をあたえて自由振動をさせた記録からも ρ をもとめてみたが、この値にあまり変りはみられなかつた。

§4. 静感度(基本感度)試験

実際に余震観測で使用する場合、各点の使用地震計の感度乃至倍率は正確に現地で検定してから、もちいる必要がある。上下・水平の3成分観測をする場合、同一点の3成分の特性は特にそろつていなければならない。振巾の比較を重視する地盤の比較観測でも、各点そろつた感度で観測するのが便利である。現地で簡単に感度ををはかり、またそろえるには、てこによる幾何学的倍率を、その腕の長さをはかつてもとめるのでは、なかなか精度がでない。余震観測班では第1図にPでしめすように、空気減衰器中央上部に質量 m をのせ、それにより生ずる記録紙上のふれ a を測定するという方法を採用した。この場合感度 S は $S=a/\alpha$ (cm/gal), $\alpha=mg/M$, M は振子の質量, g は重力加速度である⁸⁾。ある一定の感度が要求されている場合は、ある質量のおもりをのせ、その際のふれをコンパスではかり、所要のふれに近づくよう、てこの比(麦わらの長さ一定とし、その劣腕の長さ)をすこしづつかえてゆく。



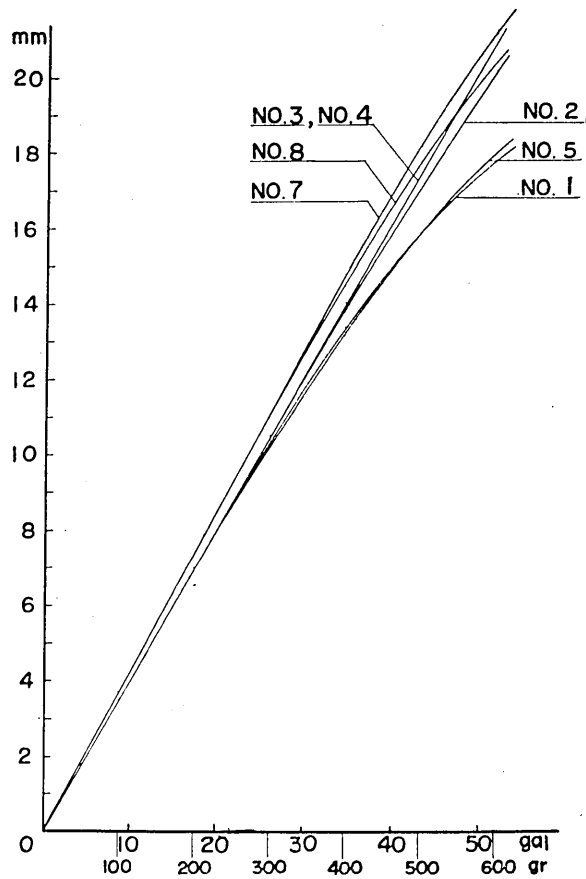
第1図 質量添加法による静感度試験法。Methode d'étalonnage statique par addition des masses.

今回の実験においても、感度を一定とする必要があるので、このようにして、感度をそろえ、第I表 S のような値にして実験をはじめた。No. 7, No. 8は都合により他とすこしちがう感度になつたが、この方法で大体2~3%の誤差で一定感度とすることができたことがわかつた。

この試験において、加重 m を25 grより600 grまでかえて、加重すなわち負荷加速度と記録紙上のふれとの関係をしらべると、たとえば第2図のごとく直線性をもつているが、No. 1, No. 5などではある程度以上の力に対し、感度特性が直線からはずれる。この限界は各地震計の特性であり、わるいものでは大体1.2 cm 約30 galまで、が直線性の範囲のようである。したがつて、振巾の比較にはこのことを充分考慮しなくてはならな

7) 萩原尊礼 振動測定 宝文館(1945) p. 44-47.

8) 萩原尊礼 同上 p. 339.



第 2 図 質量添加法による静感度試験特性. Courbes d'étalonnage statique par addition des masses.

い。勿論これは描針の弧による影響は考えてあるがこれは大したことはない。

第 I 表の基本倍率はこの重量添加法からだした感度 S と前節ではかつた自己周期 T とから $V=4\pi^2S/T^2$ の関係により算出したものである⁸⁾。

このとき別に、てこ倍率をノギスではかつて計算した拡大率が第 I 表の幾何倍率、乃至てこ倍率 V_G である。 V と V_G の差は、大体はこの慣性能率の影響による*。

なお、この質量添加試験法では当然ふりこの一方むきのふれだけしか与えられないので、左右対称性についての保証はないが、一応これは問題ないとしておく。

* 萩原尊礼 振動測定 p. 174 によればこれは約 17% であるという。ここでは約 20% になっている。

§5. 制振比と動感度試験

5.1 たたき試験法による減衰自己振動からえられる制振比 v_T 乃至制振常数 h_T

現在実際にこの石本式加速度地震計を調整して、適当な制振をあたえ、観測をはじめる場合、普通におこなわれている手つづきは、まず空気制振器のコックをはずし、重錘をかるくたたいて、この充分小さい制振において、きれいな自由振動をえがくように、制振器と、てこの各部などを調整し、ついで制振器のコックをしめつつ、重錘をたたいて左右に自己振動をかせ、その制振比を円筒のすず紙上で、目的の制振比にあわせた比例コンパスをあててしらべ、所要の制振比に近づけてゆく。こうして、目的の制振比がえられたと思つたら、そこでコックを固定し、なおたたき法で減衰自己振動をたくさんかせ、にすづけして、これらをよみとり制振比乃至制振常数を決定するのである。こうしてもとめた制振比乃至制振常数をわれわれはここでたたき試験法 (Tapping Test) によるものという意味で v_T 乃至 h_T とかくことにする。

ところで、実際の経験によると、こうしてもとめた v_T または h_T は、はじめ目標とした制振の値 v_A 乃至 h_A とはくいちがつてしまうことがおおい。そこで今回たたき試験による制振比決定の精度をしらべるため、これについて、つぎのような実験をこころみた。

まず、第 I 表にしめすように、各地震計の目標制振値をさだめ、これを目標として、それぞれ上述の方法で、調整時間を約 5 分間とかぎり実施し、 v_T の値をもとめ、これを N 回くりかえした。その結果をしめすのが、第 3 図であり、よこ軸は各実験回数、たて軸は 1 回 5 分間の調整でえられた制振状態での減衰振動記録左右 10 ケづつから算出した制振比 v_T の平均値と誤差 (標準偏差) である。この 1 回の実験がすむと、つぎにはこの状態をくずしてまた 5 分間に目標値に制振化が近づくように調整し、たたきの記録をとる。なを実線は目標値、破線は各回 v_T 全部の平均とその誤差 (標準偏差) をしめすものである。

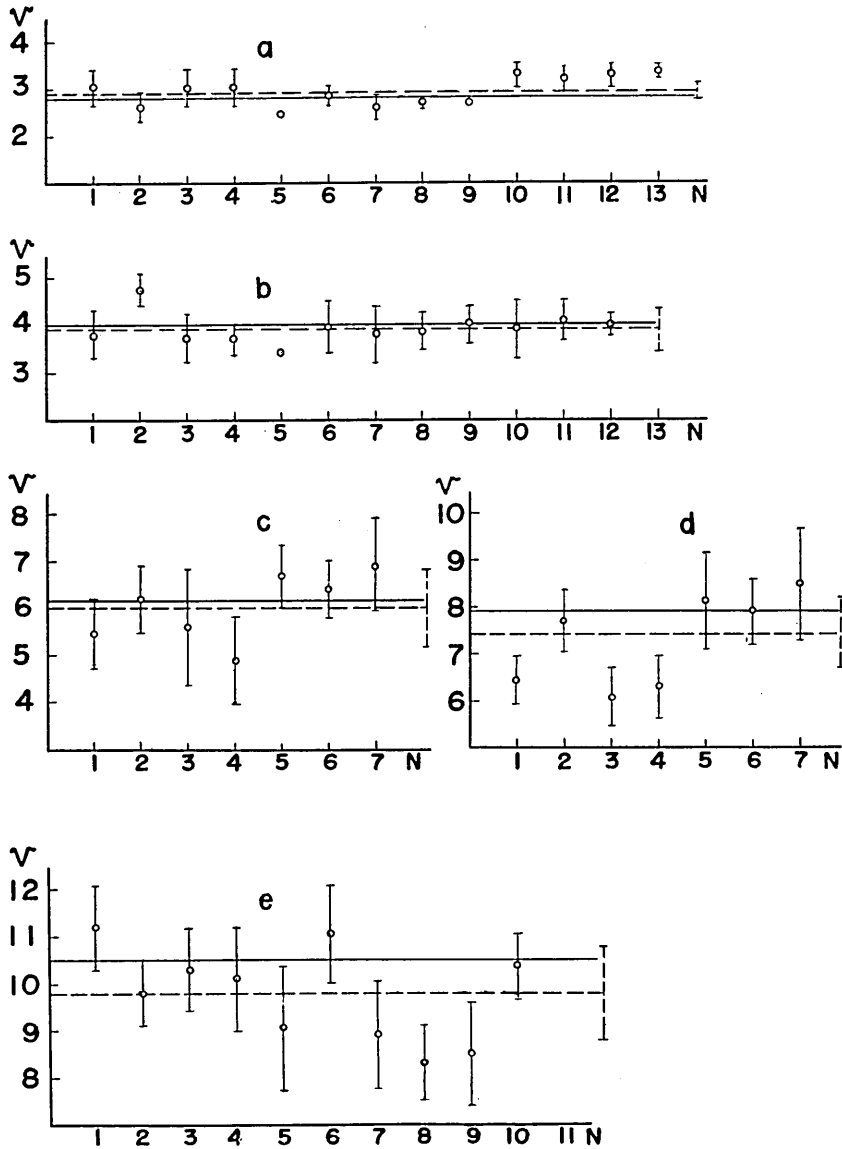
これによれば、あきらかに目標制振度が大きいほど、これに対する、たたき試験でえられた値のはずれは大きく、かつ各回ならびに全体としての偏差も大きい。大きい制振比ほど、この方法では、目標にそろえるのが困難ということをしめしている。勿論、これには個人誤差もかなりふくまれるであろうが、一応の基準となるものとおもわれる。

なお、臨界制振および過制振をねらつて調整した No. 2 および No. 5 の地震計では、たたき試験による減衰自己振動の記録が、円筒回転がのろいため信頼できず、等時間間隔分割により振幅減衰をよんで制振比をもとめる方法による結果は信用できなかつた。したがつて、このような大きい制振比の場合の問題は、なお今後の研究課題としておきたい。

5.2 たたき試験法によりもとめた制振比と記録紙速度との関係

記録紙速度と固体摩擦の関係はかつて岸上冬彦⁹⁾がしらべたことがあるが、これは今回は実験にさしつかえないことがわかつたが、おかしなことに、記録紙速度をかえてたたき法で制振比をもとめると第 II 表のように、 $v_A=6$ 以上では、速度がはやくなると、も

9) F. KISHINOUE, *Zisin (Journ. Seism. Soc. Japan)*, [i], 15 (1943), 44-68.



第 3 図 たたき試験法による制振比の目標値 v_A (実線) に対する決定値 v_T およびその平均値 \bar{v}_T (破線). Rapport de l'amortissement visé v_A (—) et celui déterminé v_T et son moyen \bar{v}_T (---) par examen de tapement.

	a	b	c	d	e
v_A	2.8	4.0	6.15	7.9	10.5
\bar{v}_T	2.94 ± 0.23	3.91 ± 0.45	6.02 ± 0.85	7.36 ± 0.78	9.77 ± 0.97

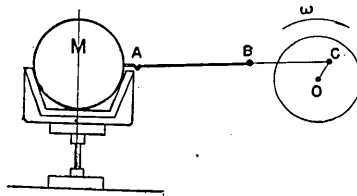
第 II 表 制振度 v_T と記録紙速度の関係

ねらい 制振度 v_A	記録速度 2 mm/sec.	4 mm/sec.	8 mm/sec.	20 mm/sec.
1	1.03±0.00	1.03±0.00	1.03±0.00	1.03±0.00
2.8	3.35±0.15	3.47±0.19	3.5 ±0.24	4.0 ±0.44
4	5.7 ±1.10	5.5 ±1.12	5.9 ±0.64	5.6 ±1.09
6.15	6.9 ±1.05	7.48±1.43	7.45±1.43	9.1 ±1.75
7.9	8.5 ±1.22	9.4 ±1.18	10.8 ±1.29	12.9 ±3.31
10.5	10.5 ±0.6	11.6 ±0.73	12.61±1.51	15.0 ±1.55

とめられる制振比 v_T がふえてゆく傾向がみられる。これは余震観測班では 4 mm/sec という一定速度で記録するので問題はないが、場合により注意を要する。ただし、このような事実を示す原因は不明なので、なお今後検討を要すると思われる。

5.3 動感度試験とそれから推定される制振比 v_D 乃至制振常数 h_D

現場で加速度計の動感度(振動特性)をはかる簡単な方法としては第 4 図のようにゴム糸の一端 A を重錘の中央にとりつけ、他端 B にながし糸をつけその先を回転円板の中心から r の距離にある C 点にとりつけ、円板をいろいろの回転数 ω でまわし、そのときのこの力による強制振動の記録をとり、振巾 a と周期 T' をはかる方法が用いられる¹⁰⁾。



第 4 図 ゴム糸による動感度試験法.
Methode d'étalonnage dynamique par un fil de caoutchouc.

この方法で No. 1~No. 8 の地震計の振動特性をしらべたものが、第 5 図 a-h の丸印である。破線はこの丸印にもつともよくあうようにひいた正弦定常力による強制振動の理論的振動特性、すなわち、地震計の加速度感度係数 $F_a(u, h) = u/\sqrt{(u^2-1)^2+4h^2u^2}$ ($u=T/T'$) をかいたもので、その場合の h を動感度試験による制振常数という意味で h_D となす。実線をもつて、おなじ地震計の制振比を(勿論制振器は同一の状態)たたき試験法によりもとめた h_T に対応する理論的特性曲線をかいてあるが、この両者はあきらかに h_T の決定誤差をはるかにこえた不一致をしめす。

h_D と h_T をくらべてみると第 III 表のようになり、ほぼ h_D は h_T より 3 割あまり小さく、動感度試験によると、たたき試験によるよりも、制振があまりよくみえることになる。

このような事実はすでに著者の 1 人¹¹⁾ が今市地震の余震観測を栃木県船生 (Hunyū, Totigi Pref.) でおこなったとき、 $h=0.6$ くらいをねらつて調整した加速度計(ここに

10) 萩原尊礼 振動測定 p. 340.

11) S. MIYAMURA and T. AKIMA, Bull. Earthq. Res. Inst., 28 (1951), 421-432.

第 III 表 各種の制振常数の比較

h_A	0.01>	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	1.0	>1
h_D	0.009>	0.25	0.27	0.35	0.38	0.49	0.68	1.1
h_T	0.009	0.35	0.49	0.53	0.56	0.62	—	
h_D/h_T	1>	0.71	0.55	0.66	0.68	0.79	—	

もちいた No. 7 と No. 8) について、同様の方法で動感度試験をおこない、 $h=0.35$ 程度の動感度係数曲線をえて、報告したことがある。この場合たたき試験による決定のばらつきに関する今回の実験を考慮しても、やはりこの差は否定できない。

一方、すでに萩原尊礼¹²⁾が論じたように、空気制振器の制振力は正確には速度に比例しない。このような場合について、鈴木次郎¹³⁾は空気制振器をもつ地震計の振動特性が普通の理論による場合とちがってくることを指摘し、石本式型の地震計についての特性曲線を実際に計算した。それによると、自己振動からもとめた h の値に対する従来の理論による曲線よりも制振があまい傾向になり、その程度は制振が大きいほどはなはだしい。

この傾向は、われわれの実験結果と定性的には一致するものである。しかし、定量的には、種々の常数が鈴木の上記した計算とちがうことを考慮しても、なお必ずしも一致はしないようである。

われわれの実験において、たたき試験法と動感度試験法とは、ともに現在、現場でおこなわれている普通の方法であつて、ともに実験法としては同等の資格をもつものである。もちろん、この2つの実験法のいづれか、または両方もが多少の欠点をもっていることはいうまでもない。これについては、現場で実用になる、より正しい制振比決定法を考案することが必要であるが、一方、理論の方にも、また問題があるかもしれない。萩原・鈴木の研究はこの線にそう貢献であつたわけである。もちろん理論を考慮するということは、逆にいえば地震計の設計製作面あるいは調整法使用法の面で、従来の理論にあつたような器械をつくるという努力、乃至より正しい使用法をとるようになる努力を考慮することをふくむわけである。しかし、いづれにしても、現在どおりの石本式加速度計の野外実用の状況では、上述の結果を充分考慮する必要がある。

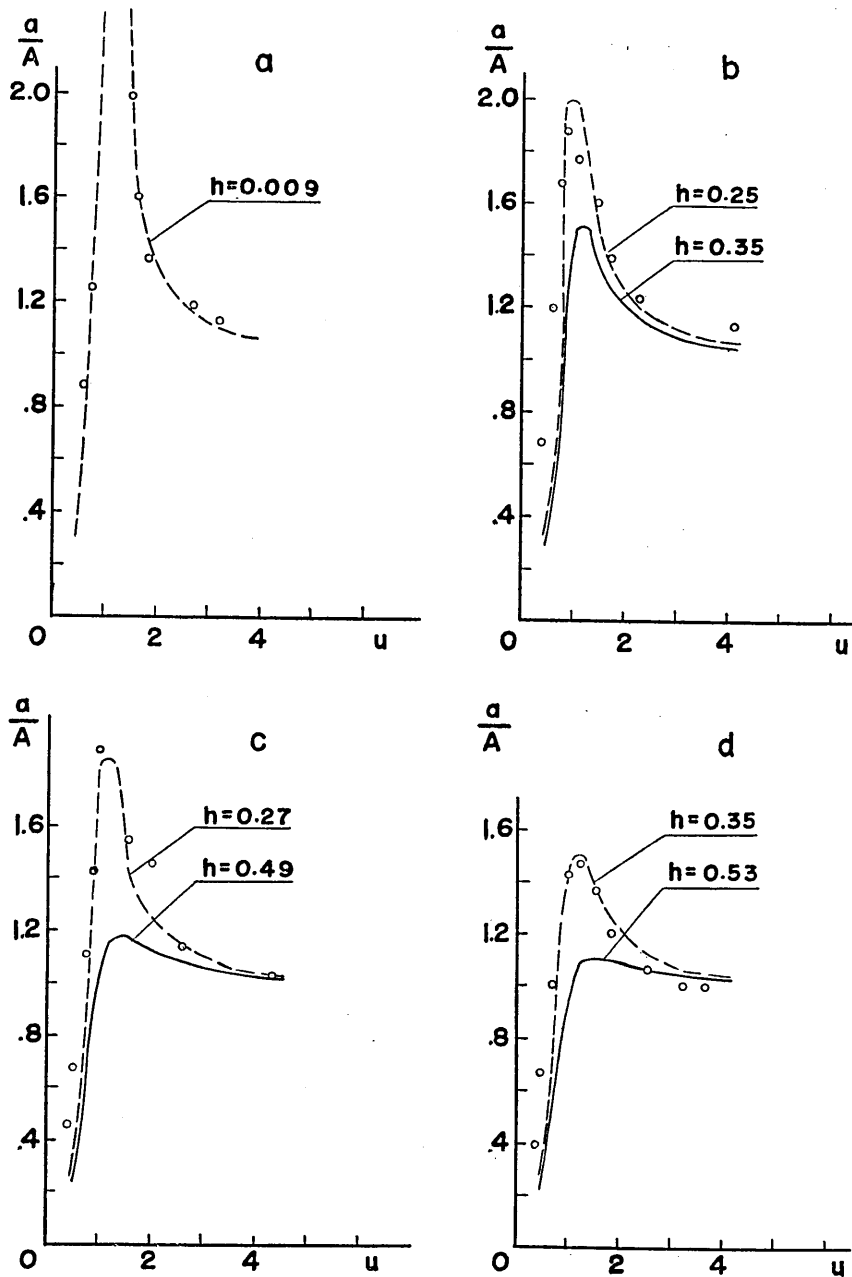
§ 6. 自然地震の観測結果

上述の実験をおこないつつ、あわせて、これら8種類のことなつた制振比をあたえた同一自己振動週期をもつ地震計をもつて、同一方向成分の地震動観測を実施してみた。

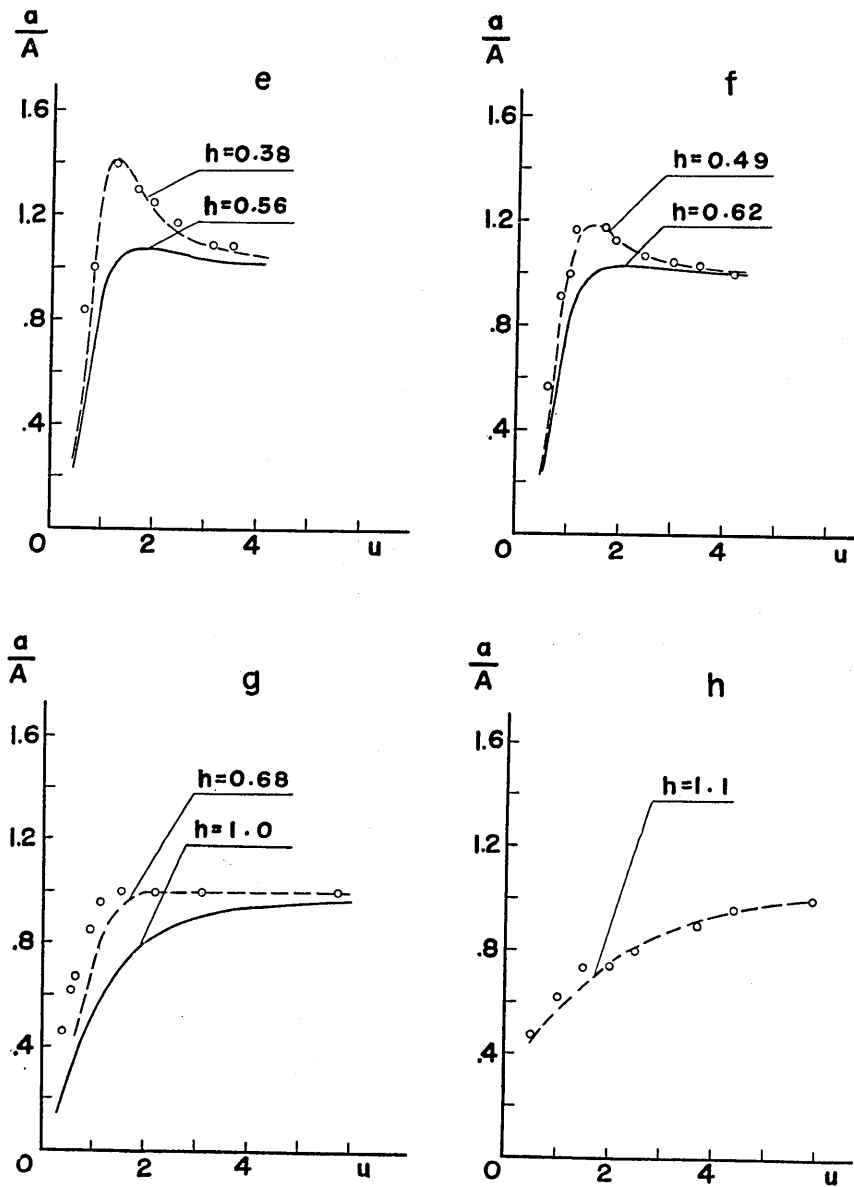
観測実施中にえられた4ケの地震のそれぞれについて、各地震計の記象をくらべてみると、無制振にちかい No. 4 をのぞき、ほとんど完全に波の対応がつく。No. 4 も高周波がかさなつているが、大体的見当はつく。記象の一例は Fig. 6 (Pl. CX) にしめしてある。

12) T. HAGIWARA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **13** (1935), 783.

13) Z. SUZUKI, *Zisin*, [ii], **5**, (1952), No. 4.



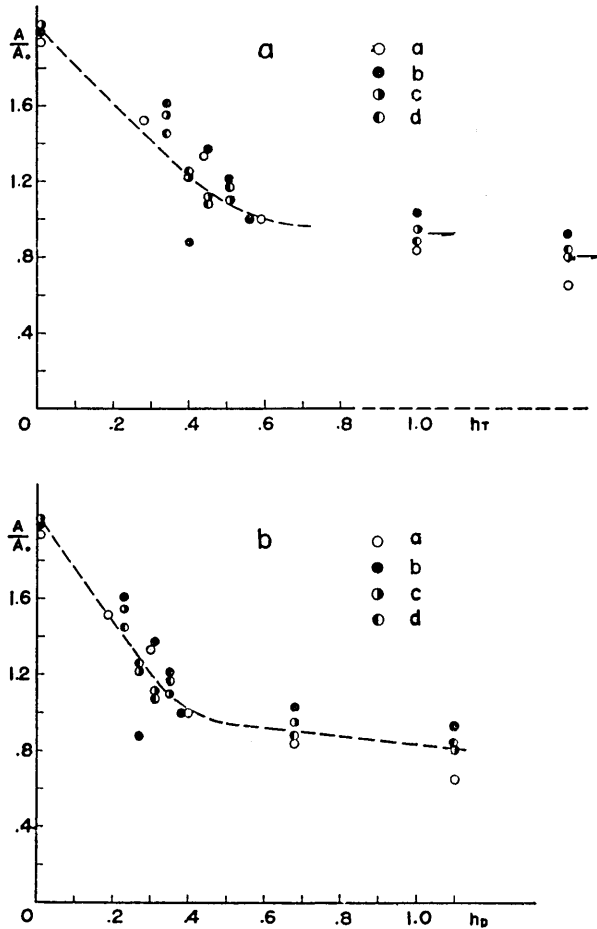
第 5 図, a-d 動感度試験特性 Courbes caractéristiques d'étalonnage dynamique.



第 5 図, e-h 動感度試験特性. Courbes caractéristiques d'étalonnage dynamique.

さて、これらの対応する波の 10~15 の相について、振巾と週期とをよみとる。週期の方は地震計による差はほとんどみられないので、今回は振巾だけを問題にする。No. 7, No. 8 については静感度補正をおこなつたうゑ、各相につき $h_T = 0.56$ の地震計のかい

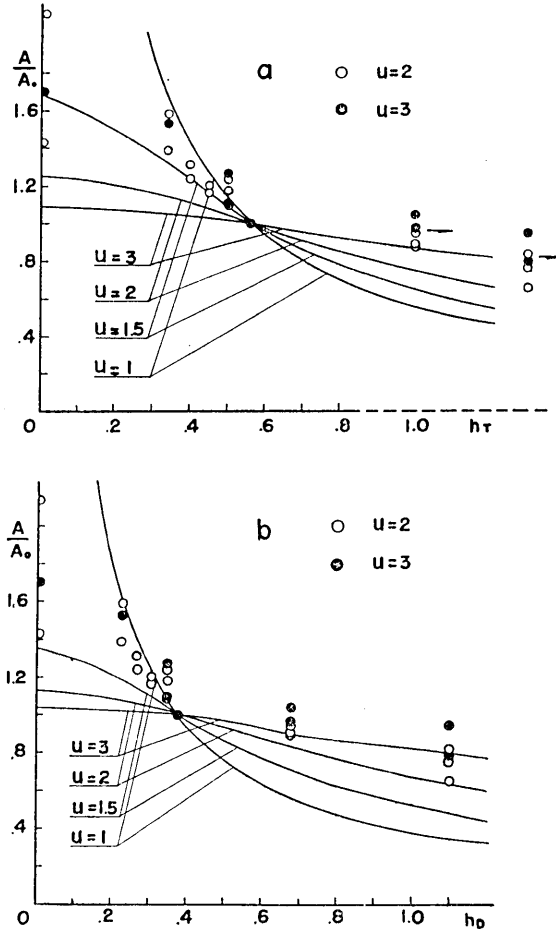
た振巾 A_0 を標準とし、これに対する振巾比 A/A_0 をもとめる。この振巾比を各地震につき平均した値をしめたものが第 7 図 a, b であつて、よこ軸には各地震計の制振常数 h をとつた。破線はめこのでひいた平均線である。 h として a では h_T , b では h_D をとつてある。 h_T の方は $h \geq 1$ では値がはつきりきまらないので、多少問題があるが、ともかく $h=0.6$ 程度以下では、制振比による振巾のちがいが、かなりあることがわかる。し



第 7 図 自然地震動振巾の制振度によるちがひ ($h_T=0.56$ の振巾 A_0 を 1 とする.)
 a: 1955. IV. 15. $13^{\circ}53'$ 茨城県沖地震, b: 1955. V. 12. $17^{\circ}36'$ 茨城県沖地震
 c: 1955. V. 13. $10^{\circ}59'$ 千葉県北部地震, d: 1955. V. 15. $19^{\circ}40'$ 頃震央不明.

たがつて、制振比がそろつていないと、振巾をくらべるときに注意を要することになる。 h がちいさければ、§ 5 にみたように、制振常数決定の精度は高いけれど、振巾を補正なしでつかうには、かならずしも都合がよくないわけである。§ 5.3 でのべた点に関連

し、鈴木次郎は結論として、制振比の小さい状態での使用を1つの解決としてすすめているが、これは定量的に記録を処理するにはもつともよい方法であり、§4の点からもよいわけであるが、簡単によみとり値の振巾をそのままつかうような使用方法乃至目的の場合にはこれはさげなければならない、制振比決定を精確におこなわないなら、むしろ h を 0.6 以上にすることにしておいた方が安全であるということになる。



第 8 図 自然地震振巾の制振比によるちがいを波の週期の振子の週期に対する比によりわけて、普通の理論とくらべる。

なお、第 8 図では各相の振巾比をすべて 1 つの地震の 1 つの地震計の記象につき、みなあつめて平均したが、これらをその週期でふるいわけ、 $u=2$ のもの、 $u=3$ のもの (地震計週期 0.10 秒一定) をとりだし平均してみると、第 8 図の白丸印乃至黒丸印になる。一方、この図には普通の理論による動感度係数 $F_a(u, h) = u / \sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2u^2}$ で $u = \text{const}$

として、 h を変数としたときの値を $h=0.56$ を基準とし、それに対する比とした曲線、すなわち $y(u, h) = F_a(u, h) / F_a(u, 0.56)$, $u=1, 1.5, 2, 3$, の曲線をかいてある。もしこの理論がこの地震計の地震時の運動をあらわしているなら(地震動は正弦振動の連続でないから当然ちがいはあるが、普通動感度補正をこの理論で考えることもよくあるから)、その場合にはこの白丸印、黒丸印は夫々 $y(u, h)$, $u=2$ または 3 の曲線のうえにのるべきである。

h として h_T をとつた図(第9図 a)では、これはまったくあわないが、 h として h_D をとつた図(第9図 b)をみると、 $u=2$ については $h_D \geq 0.3$ で、 $u=3$ では $h_D \geq 0.35$ で、ほぼこの理論曲線のまわりに点があるようにみえる。これからかんがえみると、自然の地震動を記録している状態では、記録振巾は地震計の制振常数として h_D をとれば制振常数の小さい範囲をのぞいて、定常的正弦強制の普通の理論が大体はあてはまっているようにみえる。鈴木次郎の研究によれば、制振比の大きいほど普通の理論とのくいちが大きいのであるが、この結果はそれとは反対の傾向になる。鈴木のとらあげた以外の問題もこの地震計の運動にふくまれていることをしめすものである。

§ 8. 結 論

現在一般に実用されている状態での大型携帯用石本式加速度地震計(水平動成分)について若干の実験をおこなつた結果つぎのことがわかつた。

1) 質量添加法による静感度試験では、3% 程度までその感度をそろえることは容易であつたが、感度の直線性は地震計によりことなり、片振巾 10 mm (加速度約 30 gal) くらいから感度がおちるものもある。したがつて、振巾の比較についてはこの点に注意を要する。

ただし地盤の比較などでは、これは大きい振巾のところますます大きい振巾になるむきであるから、振巾比が 1 より大ならより大きく、1 より少ならより小さくなるわけであり、従来もしこの注意をしてなかつたとき地盤差につき出した結論より、地盤差はよりいちじるしくなるだけだから、従来の結論がちがつてくることはない。

2) たたき試験法により制振比 v_T を目標値にちかづけるのは、制振比が大きいほど困難になり、制振比をたたき試験による減衰自由振動記録のよみとりからもとめる決定精度もわるくなる。臨界制振にちかひもの以上は、この方法でうまくきめられなかつた。装置の考案を要する。これらの点からは定量的な記録処理には制振比が精確にきまるよう制振のすくない常態で地震計を使用する方がよいことになる。

3) $v_T > 6$ くらいになると、たたき法による制振比の決定には、記録紙速度の影響があり、はやいおくりで記録をとつて v_T をもとめると、のろいおくりでもとめるより大きい値がえられる。原因は不明である。今後の研究を要する。

4) 正弦強制力をあたえてえた動感度曲線に、普通の理論曲線をあてはめて、制振常数をきめると、その値 h_D はつねに h_T より小さく、そのちがいは制振の大きいほどいちぢるしい傾向がみられる。これは鈴木次郎の計算と定性的にあうが、定量的にはかならずしもあわない。

5) 現在実際にもちいられる2つの制振度決定法によつてえた制振常数 h_T , h_D に測定誤差をこえたくいぢがいのあることは, 1° 2つの実験法のいづれか1つ, または両方ともが欠点をもつか, 2° この実験で h というものを考える基礎の理論に不完全な点があるかであり, いずれの場合も, その解決には 1° 実験法の改良と 2° 理論の改良 (地震計にあう理論をつくる) および地震計の改良 (理論にあう地震計をつくる) のいづれか, または両方を考慮してゆく必要がある。

6) 自然地震4ケを制振常数のちがう8ケの石本式加速度計で観測した記象は波の位相ははつきり対応がつくが, その振巾は制振のちいさいほど大きい. $h_T=0.56$ の地震計 ($h_D=0.38$) の振巾に対する比をとると, それより小さい制度比では振巾は急にふえるが, 過制振にとつたつもり (実際は $h_D=0.7$) の地震計の振巾は $h_D=0.38$ のものとあまりちがわない (1割以内). したがつて, この点からは, 制振は $h_T \geq 0.6 (v_T \geq 10)$ でねらつておけば, 3) によりその決定精度はわるくても, そのまま振巾を補正せずにつかうためには比較的安全といえる。

8) 自然地震動の周期によつて, 制振比による振巾の差がどうなるかをしらべ, これを普通の定常正弦強制の理論からだした曲線とくらべると, あまりよくあわない. $h_D > 0.5$ くらいではある程度あつているともいえるが, 制振の小さい部分では, まつたくいぢがう。

§ 9. 謝 辞

本実験につき御協力御後援をえた本所余震観測班の各位, 技術部工作係の方々, および自然地震の観測を分担された辻浦賢, 松本英照両氏に感謝する。

49. *Quelques essais au laboratoire pour utilisation pratique du sismographe accélérométrique du type d'Ishimoto.*

Par Setumi MIYAMURA et Minoru HORI,

Institut de recherches sur tremblement de terre.

Nous avons exécuté quelques expériences fondamentales pour utilisation pratique du sismographe accélérométrique du type d'Ishimoto. Cet appareil est aujourd'hui employé chez nous par beaucoup des gens en plusieurs branches de sismologie scientifique et appliquée. Donc nous avons été demandé d'établir une méthode typique de la manipulation de l'accéléromètre d'Ishimoto du côté des gens, qui s'occupent dans observation pratique par cet appareil en campagne, et essayé des expériences rapportées ici.

En premier lieu sont préparés 8 sismographes du type d'Ishimoto pour les composantes horizontales, qu'ils ont été construits portatives pour observations en campagnes des régions épacentrales des grands tremblements de terre futures à notre institut par la fabrique Hosaka. Les sensibilités statiques des 8 appareils sont calibrés et égalisés dans les limites de 2-3%. Les courbes d'étalonnage étaient obtenues, en posant des poids m les uns les

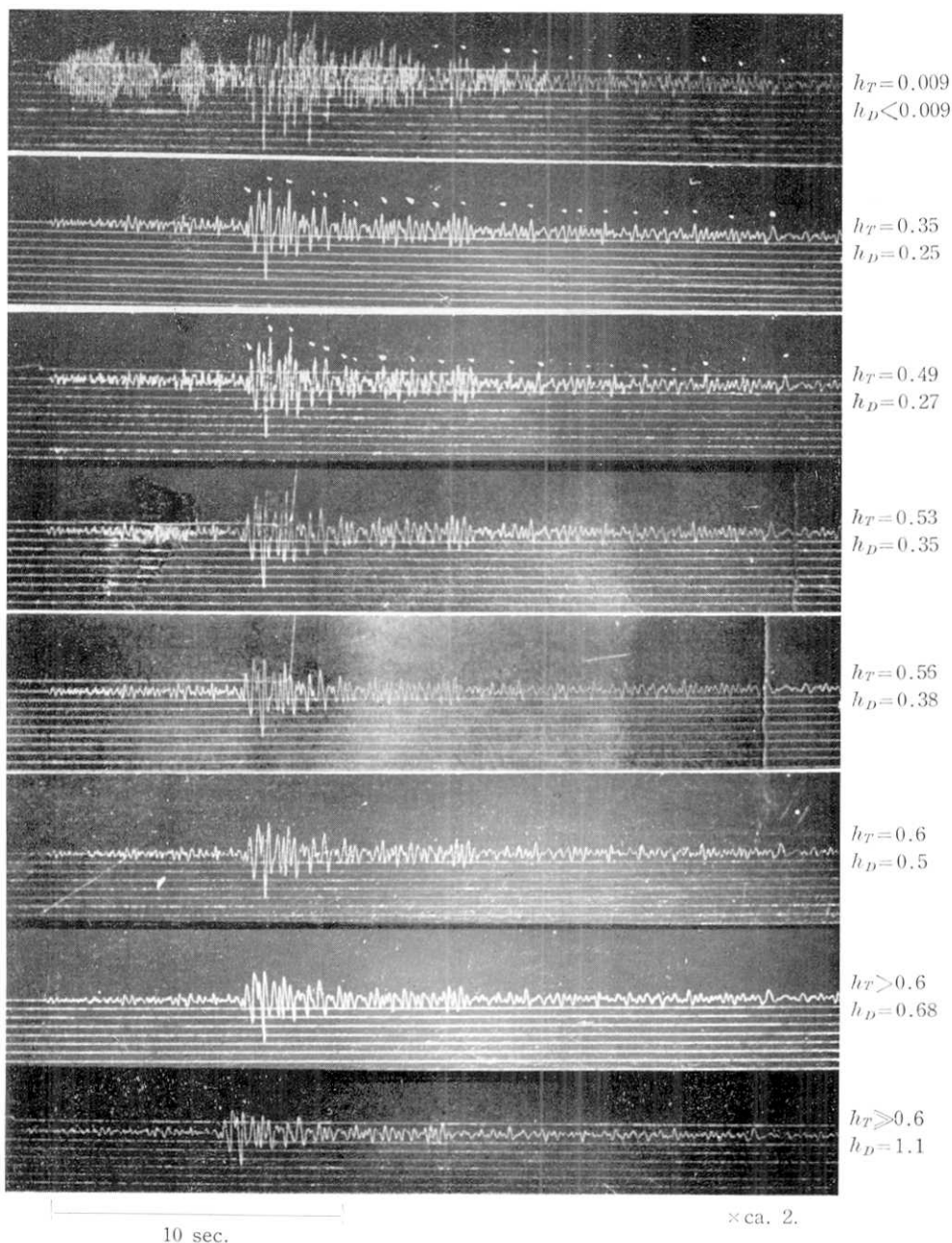


Fig. 6. 種々の制振比をあたえた石本式加速度地震計による地震記象の例。
 (1955年5月13日10時59分千葉県北部地震)
 Sismogrammes des accéléromètres du type d'Ishimoto avec différentes
 amortissements. (Tremblement de terre du 13. mai, 1955, Kwanto
 sud, enregistré à Hongo.)

autres sur la jointure P du piston de l'amortisseur de chaque appareil (v. Fig. 1), et mesurant des déviations inscrites par la plume successivement. Comme ils sont montrés dans la Fig. 2, les courbes sont linéaires jusqu'à la déviation 20 mm, correspondante à l'accélération des 50 gals excepté quelques-uns avec caractères inférieurs. (par exemple, No. 1, No. 5 etc.)

Les frottements solides ρ sont très petits, et nous pouvons négliger ces influences sur sismogrammes. (v. Table I)

Pour ajuster l'amortisseur et décider la valeur de la constante d'amortisseur, nous avons adopté la méthode d'examen par tapement. Après nos expériences, qui nous avons exécutés en donnant 8 différents amortissements pour 8 sismographes respectivement, nous pouvons tirer les conclusions suivantes. Comme nous pouvons voir dans les figures de a-h de Fig. 5, il est plus difficile atteindre à la valeur d'amortissement forte déterminée d'avance, que à la valeur faible. En outre, la précision de la constante, déterminée par enregistrements des oscillations libres, est aussi plus basse pour le sismographe fort amortissé, que pour celui amortissé faible. (v. Fig. 3)

Après nos expériences il semble que la vitesse de papier de registration influe sur la valeur de la constante d'amortissement déterminée par tapement: mais maintenant nous n'avons pas trouvé des explications raisonnables. (v. Table II)

Pour vérifier les sensibilités dynamiques des appareils avec différents amortissements, nous avons exécuté l'étalonnage à l'aide d'un fil élastique de caoutchouc, dont une extrémité est attachée à la masse du pendule, l'autre extrémité étant animée d'un mouvement sinusoïdal d'amplitude constante et différentes périodes. (v. Fig. 4) En conséquence nous avons obtenu séries des points montrés dans Fig. 5 a-h, suivant le degré d'amortissement du sismographe. Deux courbes dans chaque diagramme de Fig. 5 sont les courbes caractéristiques de la théorie ordinaire pour les valeurs d'amortissements, s'accordantes avec les expériences dynamiques et avec l'examen par tapements. Les figures dans Fig. 5 montrent clairement, que la constante d'amortissement h_D , correspondante à l'étalonnage dynamique, est toujours petite que celle du même sismographe h_T par tapements. Il est en harmonie qualitativement avec computations théoriques de Z. SUZUKI, basés sur l'investigation de T. HAGIWARA. Mais, quantitativement il n'y a pas l'accordance entière entre nos résultats et calculs de SUZUKI. Laquelle des deux valeurs des constantes d'amortissements h_T h_D est-elle correcte, nous ne pouvons pas dire immédiatement, mais le fait, qu'il y a deux h différents, semble en tout cas indéniable.

Les observations pour comparaison de l'effect de l'amortissement sur sismogramme ont été effectuées par ces 8 sismographes, et nous avons réussi à enregistrer 4 séismes prochaines, une desquelles est montrée par exemple dans Fig. 6. Dans la Fig. 7 nous mettons les valeurs moyennes des raisons d'amplitudes des phases correspondantes aux sismogrammes de différents amortissements avec ceux de l'amortissement normale, c'est-à-dire $h_T \approx 0.56$.

Evidemment nous pouvons dire que la variation des amplitudes suivant le degré d'amortissement, est considérable dans le région de petite amortissement ($h_T < 0.6$ ou $h_D < 0.4$). Donc il est sûr, que nous adoptons $h_T > 0.6$, si nous voulons utiliser le sismographe des amplitudes sans correction. Au contraire, il est nécessaire prendre $h_T < 0.6$, comme il est mentionné plus haut, si l'on utilise les sismogrammes quantitativement, en déterminant la valeur de h_T exactement. Fig. 8 montre, que la théorie ordinaire du pendule forcé sinusoïdalement n'est pas correcte, en classifiant les points dans Fig. 7 par ses périodes. (Lu le 27. sept., 1955.)