

土 木 研 究 所 資 料

撫養橋振動実験報告書

昭和62年 8 月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

Copyright © 1987 by P. W. R. I.

All rights reserved, No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

撫養橋振動実験報告書

構造研究室 室 長 横 山 功 一

研究員 日下部毅明

神 寄 一 夫 *

東久保正徳

要 旨

鋼箱桁橋の構造特性の調査を目的として、本州四国連絡道路撫養橋（4 径間連続鋼床版箱桁橋，107+160+160+107 m）において起振機，クレーンを用いた振動実験と常時微動測定を行なった。その結果，固有振動数，固有振動モードが求まり，構造減衰が対数減衰率で0.07以上であることが判明した。

キーワード：箱桁橋，起振機実験，構造減衰

*現在，建設省関東地方建設局千葉国道工事事務所

まえがき

箱桁橋は中規模の支間長に多く用いられる橋梁形式であり、最近では200mを超えるような長大箱桁橋も建設されるようになってきた。その長大化の傾向と共に、通常中小規模の橋梁ではあまり問題とならない風による振動に対する検討が望まれるようになってきた。

橋梁の耐風性を評価する場合、風洞実験等を通じて得られる空力特性に加え、構造減衰や固有振動数といった構造特性も重要な因子となる。特に構造減衰は応答に直接影響を及ぼす重要な因子であり、その値は現段階では数値解析によって算定することが不可能であり、実橋を対象とした振動実験によってデータを収集するようにしている。箱桁橋の耐風性についての調査は始まってからそれほど時間が経過しておらず、風洞実験データと同様振動実験データもまだ十分であるとは言えない。

このような事情から、土木研究所においては、昭和59年度より3ヶ年計画で箱桁橋の実橋における振動実験によりその構造特性データの収集を図ってきた。

- ① 昭和59年度 静岡県日守大橋（3径間連続鋼箱桁橋，最大スパン119.2m）
- ② 昭和60年度 阪神高速道路湾岸線塩浜工区鋼箱桁橋（4径間連続鋼箱桁橋，最大スパン120.0m）

昭和61年度は、本州四国連絡橋神戸～鳴門ルート撫養橋において、起振機およびクレーンを用いた加振実験と常時微動による桁の不規則振動の計測を行ない、固有振動数・振動モード・構造減衰を求めた。

本報告は、この振動実験で得られた成果をとりまとめたものである。

昭和62年 8 月

目 次

1. 振動実験の概要	1
1.1 振動実験の目的と概要	1
1.2 撫養橋の概要	1
2. 振動実験計画	5
2.1 起振方法	5
2.2 実験項目	8
2.3 計測方法	8
2.4 実験ケース	9
2.5 実験工程	11
2.6 固有振動数の計算	11
3. 実験結果	14
3.1 記録の整理方法	14
3.2 実験結果の解析	16
4. 考察	26
4.1 固有振動数	26
4.2 固有振動モード	26
4.3 構造減衰	26
4.4 舗装前後の構造特性の比較	27
5. 箱桁橋の構造特性のまとめ	29
謝辞	33
参考文献	33
参考資料	34
付属資料	39

1. 振動実験の概要

1.1 振動実験の目的と概要

橋梁の耐風性を評価する場合には、桁断面の空力特性ばかりでなく、固有振動数・構造減衰といった構造特性を把握しておく必要がある。固有振動数については、数値解析により精度よく求められることが知られているが、一方構造減衰については、影響要因も多くかつ複雑であるため数値解析を行なうのは困難である。したがって、従来より実橋において起振機等を用いて振動実験を行ない、直接的に構造減衰データを収集し、これらを取りまとめて設計基準等に反映するようにしている。

斜張橋・吊橋のように以前から強風に対する安全性について検討されてきた橋種については、実橋での振動実験例も多く、データの蓄積も進んでいるが、箱桁橋は、近年になって漸く長スパン化の傾向を顕わしてきた橋種であるだけに、耐風性が検討されるようになって日も浅く、僅か4橋について振動データが得られているだけであった。¹⁾

このような事情から、土木研究所においては箱桁橋の実験での振動実験を行ない、箱桁橋の振動特性データを蓄積していくこととした。昭和59年度は静岡県道路公社伊豆中央道の日守大橋3径間連続鋼箱桁部(最大スパン119.2m)を対象として振動実験を行なった。²⁾

また昭和60年度は阪神高速道路湾岸線塩浜工区鋼箱桁橋(最大スパン120.0m)の振動実験を行ない、既存の実測データと共に固有振動数、構造減衰とスパン長の間係を取りまとめた。³⁾

今回は昭和61年度に実施した徳島県鳴門市の本州四国連絡道路撫養橋の振動実験結果について報告する。

実験は起振機加振ならびにクレーンを用いた重錘加振と、常時微動の計測より構成され、固有振動数・固有振動モード・構造減衰等について解析を実施した。更に、3ケ年の調査成果と既存調査データをあわせて箱桁橋の構造特性についてとりまとめを行なった。

1.2 撫養橋の概要

振動実験の対象とした橋梁は、本州四国連絡橋公団が建設中の神戸～鳴門ルート⁴⁾の撫養橋である。本橋の架橋位置を図-1.1に、一般図を図-1.2に、全景写真を写真-1.1に示す。

本橋の主要諸元は以下のとおりである。

●構造諸元

路 線 名	一般国道28号線
道路構造規格	完成時 第1種 第2級 暫定時 第1種 第3級
設 計 速 度	完成時 100km/h 暫定時 80km/h

橋 名	本州四国連絡橋撫養橋
事業主体	本州四国連絡橋公団
所在地	徳島県鳴門市鳴門町～撫養町
橋 格	1等橋 (TL-20, TT-43)
橋 長	535.575m (完成時道路中心)
支 間 割	107.0m + 160.0m + 160.0m + 107.0m
型 式	4径間連続鋼床版箱桁橋
幅 員	完成時 2×10.0m (4車線) 暫定時 10.0m (2車線*)
	(※上り線で上下共用)
平面線形	クロソイド ($A=400\text{m}^2$) ~直線~ クロソイド ($A=350\text{m}^2$) ~円 ($R=1050\text{m}$)
縦断勾配	$i=0.520\%$ (3P) $i=2.00\%$
横断勾配	-2.1% ~ 4.0%
舗装厚	65mm
使用鋼材	SS41, SM50Y
上部工鋼重	3,453.6 t

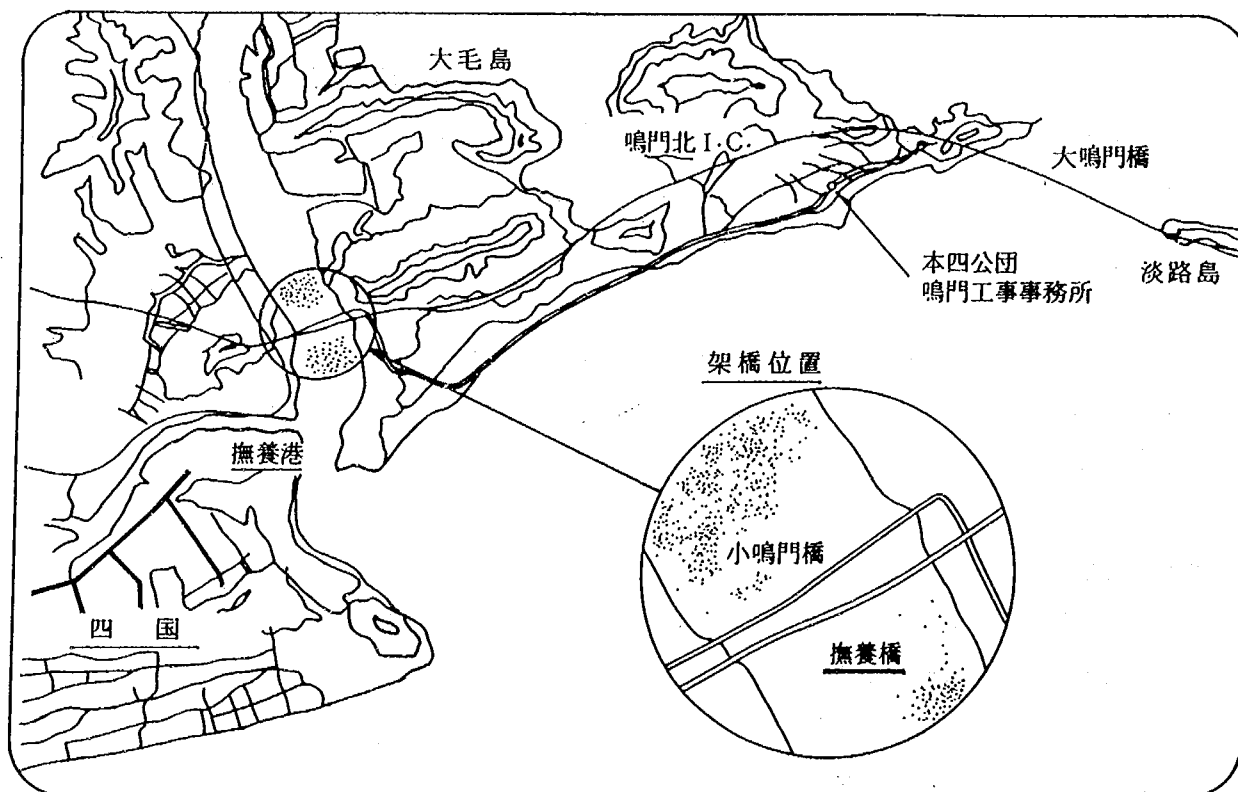
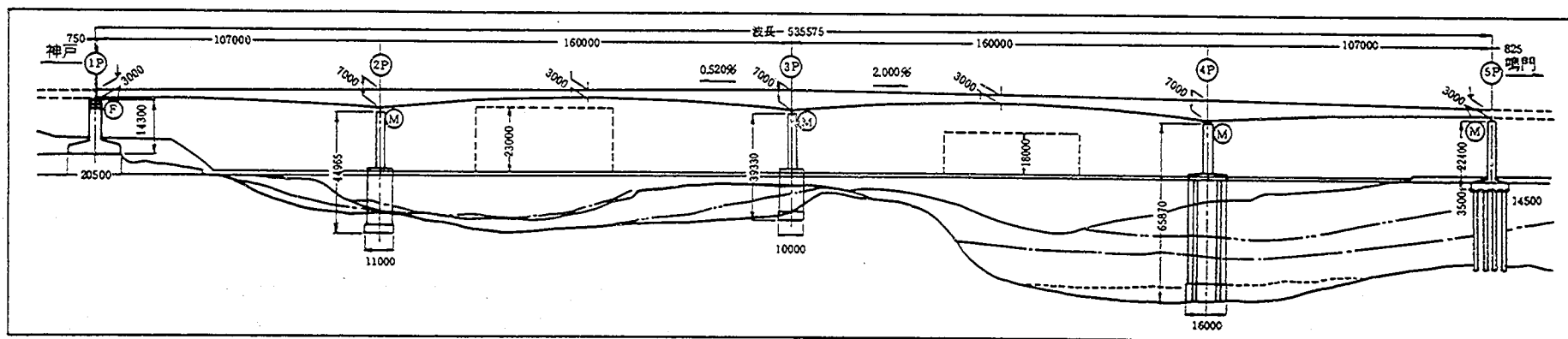
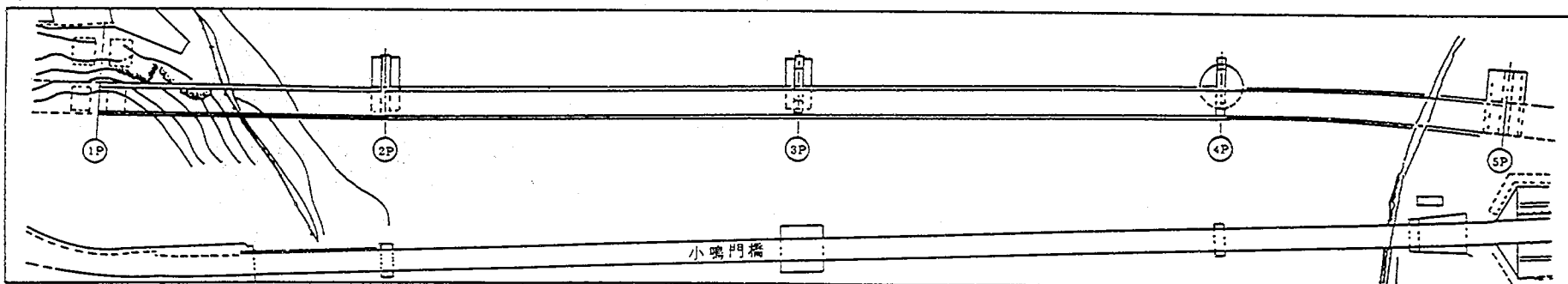


図-1.1 撫養橋位置図

●侧面图



●平面図



●断面図

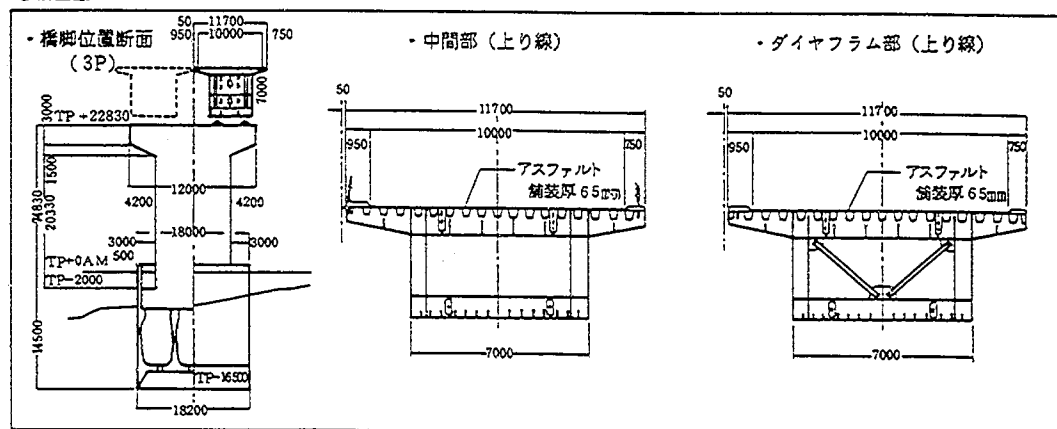
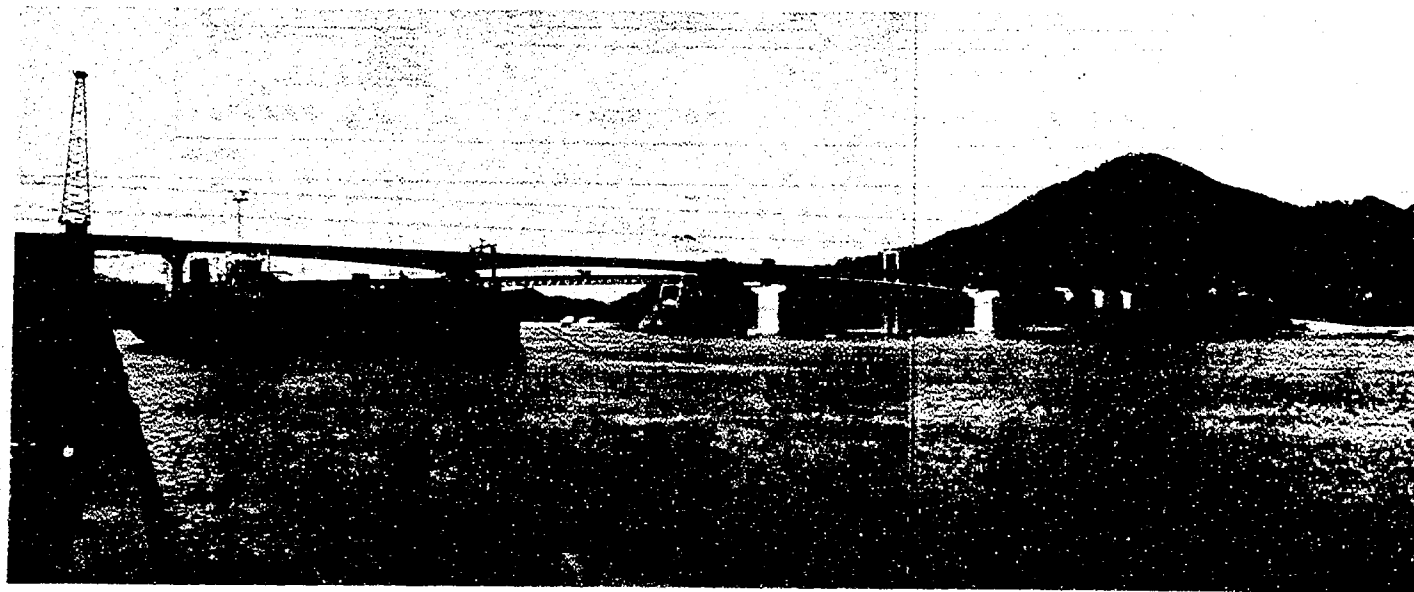


圖-1.2 撫養橋一般圖



写真— 1.1 撫養橋全景

2. 振動実験計画

2.1 起振方法

1) 起振機

加振には、当研究所所有の15 ton 2連式起振機を用いた。この起振機は、2個の不均衡重錘を逆方向に回転させることにより遠心力を鉛直一方向の加振力に変換する方式であり、2台の同性能の起振機がシャフトを介して連絡されており、位相を変えることによって、鉛直たわみ振動ばかりでなく、ねじれ振動も発生させることができる。当起振機の仕様を表-2.1に、起振力図を図-2.1に示す。また、起振機の設置状況を写真-2.1に示す。

表-2.1 15 ton 2連式起振機仕様

最大起振力 (Hz)	最大起振力 (t)	振動数 f での 最大起振力(t)	使用モータ	寸 法 (m)
0.5~10.0	15.0	$0.15 f^2$	A S -40HP	0.78×1.10×0.70

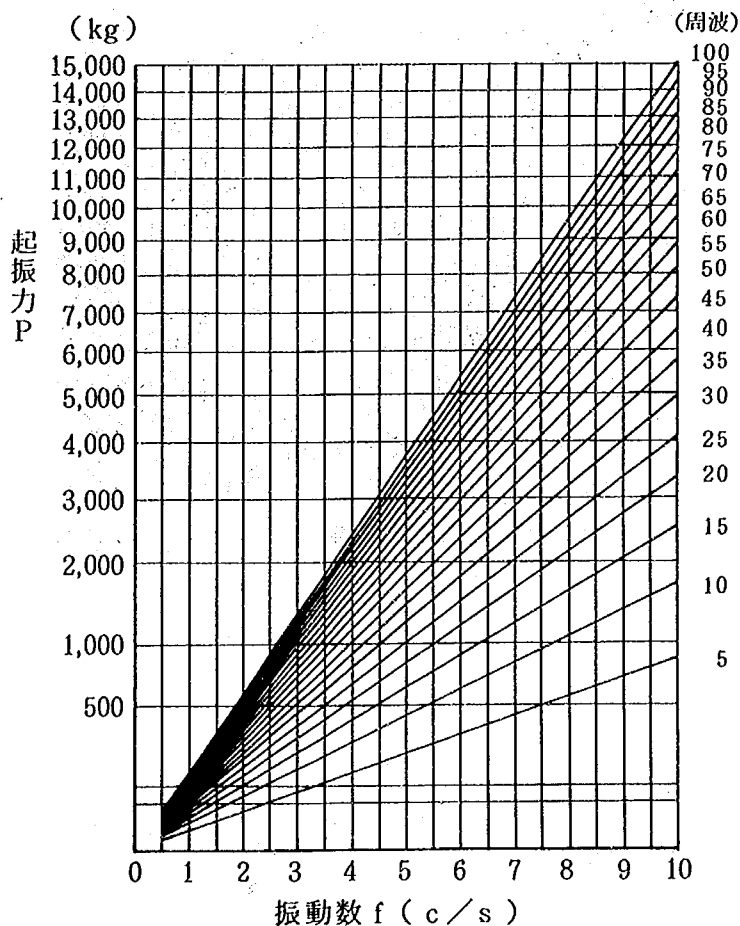
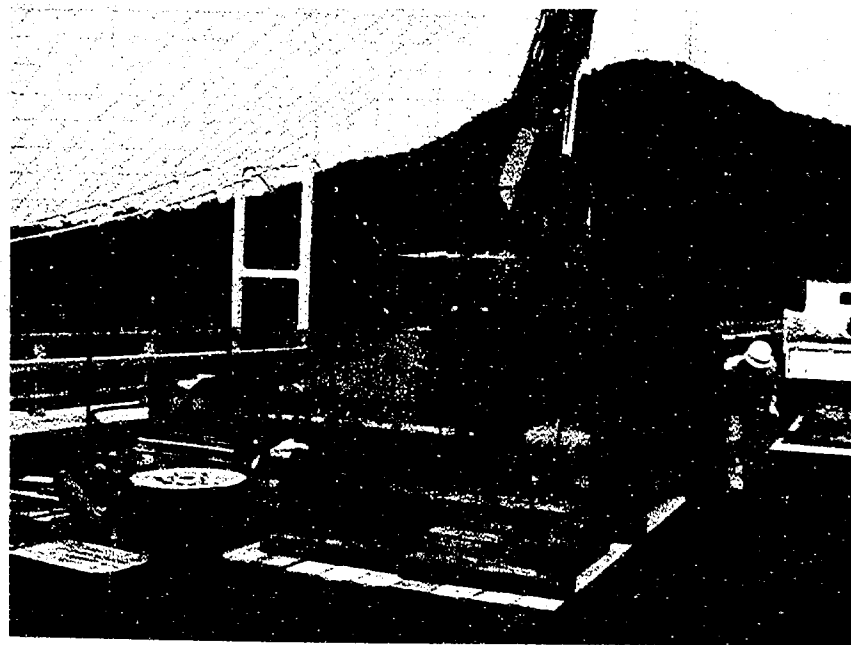


図-2.1 15 ton 2連式起振機起振力図 (1台の場合)



写真－ 2 . 1 起振機設置状況

起振機の設置位置は図-2.2に示すように、対象とする振動次数に応じて変化させている。すなわち、後述の固有値計算結果からも分るように最大支間（160m）中央部に起振機を設置した場合、1次、2次、4次の鉛直たわみ振動が得られ、また1/4点に設置した場合に、3次モードが得られるものと考えられたためである。

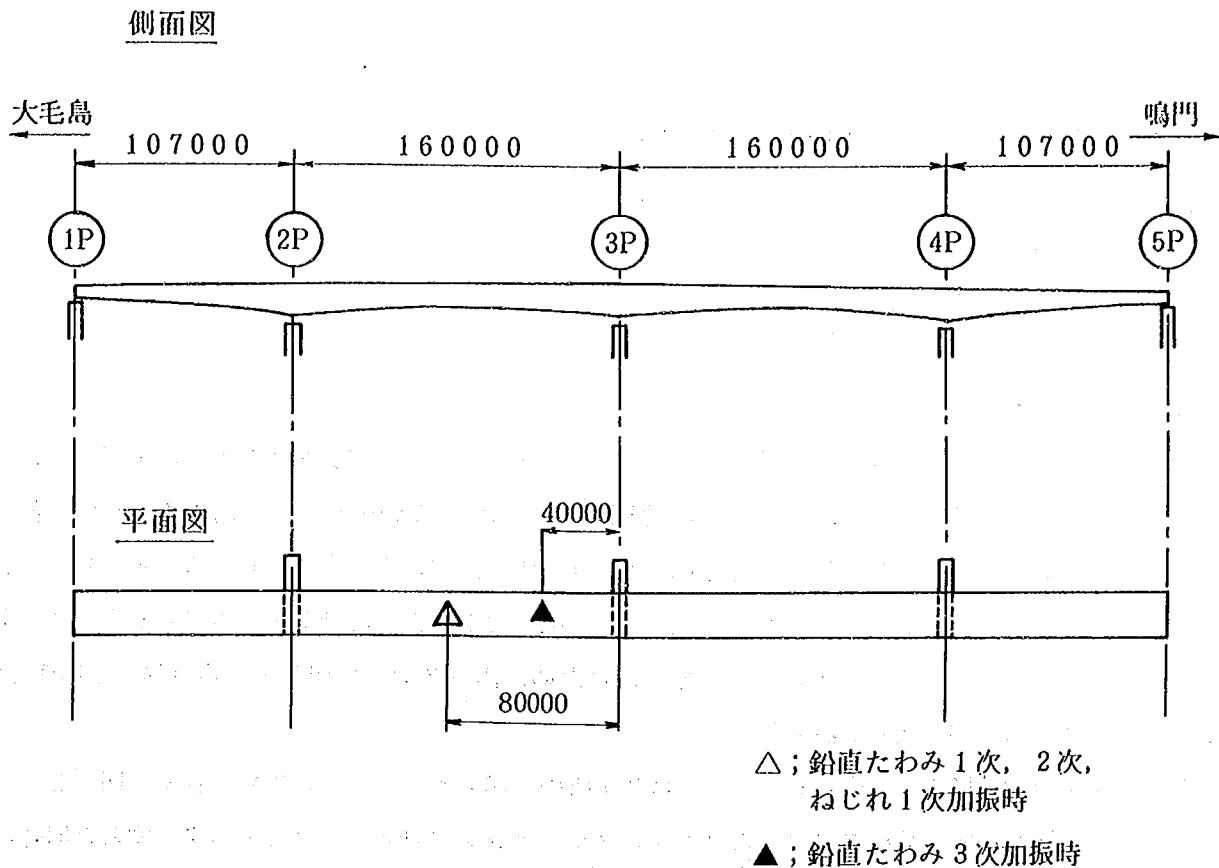


図- 2.2 起振機設置位置図

また起振機用電源としては、90 K V A の発動発電機を用いた。同発電機は振動モードに影響を及ぼさない橋脚（P 2）付近の路面上に配置した。

2) クレーン加振

本橋の鉛直たわみ 1 次振動の固有振動数は 0.5 Hz とかなり低いことが予想された。起振機の起振力は図-2.1 に示されるようにこの振動数付近では起振力は極めて小さく、このため橋梁の振幅もかなり小さくなると予想された。

そこで、クレーン車を用いて重錘を上下方向に加振することにより、橋梁に対する起振力を発生させることとした。

加振方法は 45 ton クレーン車で約 3 ton の重錘を支持し、最高位置から段階的に重錘を落下させる段階落下試験と重錘を一定振動数で昇降させて行う昇降試験の 2 通りの方法とした。なお、クレーン

また、クレーン車の後輪を段差板より落下させて衝撃力を作用させた自由減衰試験も試みたが、波形は高振動数成分が多く含まれ自由減衰の読み取りは困難であった。

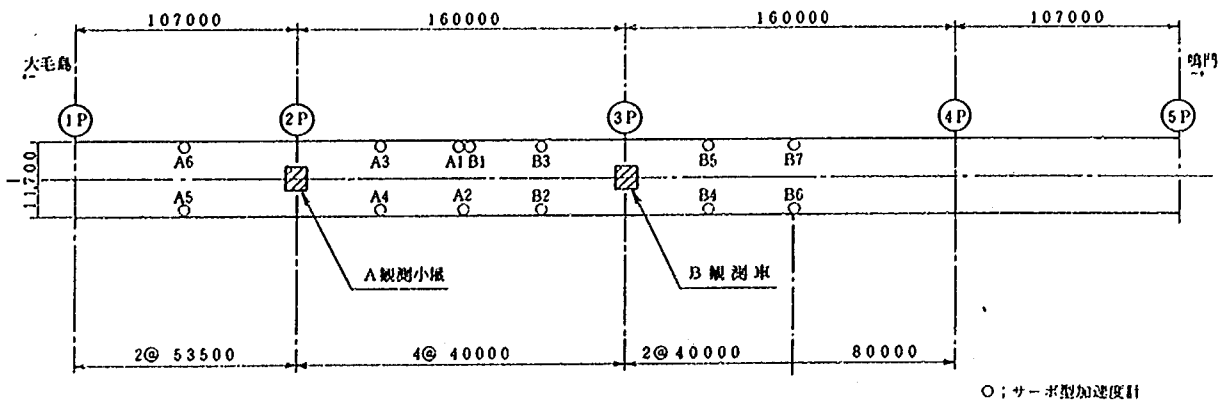
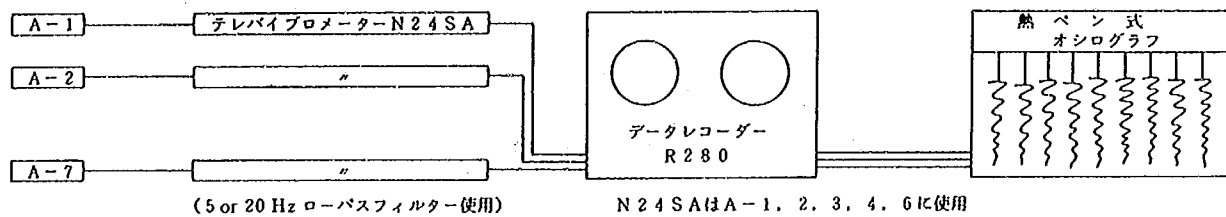


図-2.3 (2) サーボ型加速度計配置図
(ねじれモード加振時)

・ステーションA (観測小屋)



・ステーションB (観測車)

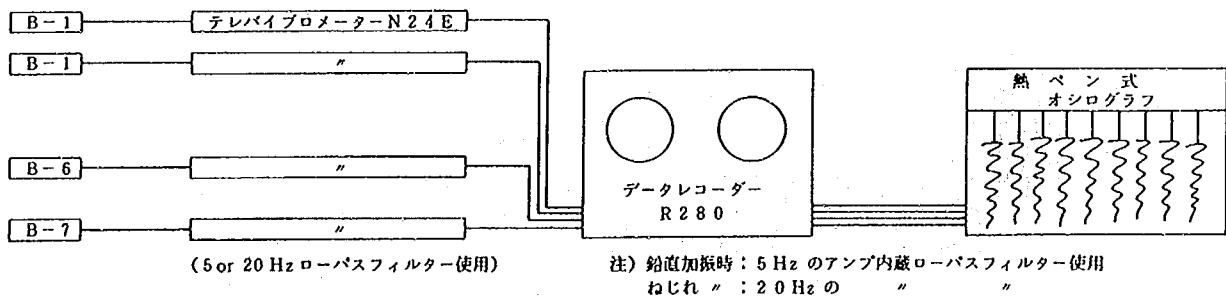


図-2.4 計測システム図

2.4 実験ケース

実験ケースは加振方法、加振方向および実験内容により次のとおりであった。

起振機加振：鉛直たわみ振動1次～3次

ねじれ振動1次

(共振実験, 自由減衰実験)

クレーン加振：鉛直たわみ振動1次, 2次

(自由減衰実験)

起振機加振共振実験では低周波数から高周波数に至るまで粗く試験した後、対象とする振動モード



写真-2.2 サーボ型加速度計ピックアップ

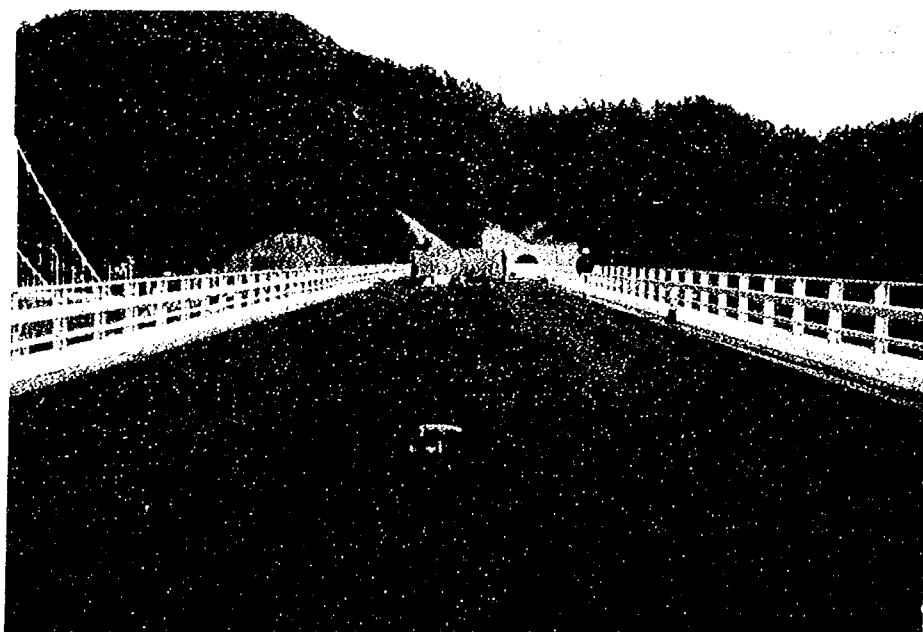


写真-2.3 サーボ型加速度計設置状況

の共振振動数付近を細かな振動数刻みで計測し、共振振動数を求めた。その後起振機加振、クレーン加振により共振振動数における自由減衰試験を行なった。

常時微動の計測は、計測器の配置を起振機実験鉛直方向加振時の計器配置として、起振機を停止した昼間12時ごろに約1時間実施した。

2.5 実験工程

年 月 日	実 験 内 容	天 気
S.61.11.17	・作業員移動 ・Pick up 位置マーキング ・観測車搬入	晴
11.18	・起振機搬入 ・計測器配置 ・起振機試運転	晴
11.19	・起振機による鉛直1, 2次共振試験 ・常時微動計測 (12:30~13:30) ・クレーンによる鉛直1, 2次自由減衰試験	晴
11.20	・起振機による鉛直1, 2次自由減衰試験 ・ ねじれ共振試験1 ・常時微動計測 (12:00~13:00) ・起振機によるねじれ共振試験2 ・起振機移動 (L/2~3L/4) ・起振機による鉛直3次共振試験	晴
11.21	・起振機による鉛直3次共振及び自由減衰試験 ・常時微動計測 (12:00~13:00) ・計測器撤去	晴
11.22	・起振機搬出 ・観測車移動 ・作業員移動	晴

2.6 固有振動数の計算

実験に先立って、任意形構造物振動解析プログラム (EQ-SPACE) を用いて、本橋の固有値計算を行なった。橋梁は格子モデルとし、橋脚は支点とした。

計算モデルと入力条件とそれぞれ図-2.5, 表-2.2に、また算定結果を図-2.6に示す。計算結果より、最大支間中央を加振すると1, 2, 4次の鉛直たわみ振動が得られやすく、また3/4点を加振すると3次の鉛直たわみ振動が得られやすいことが分る。

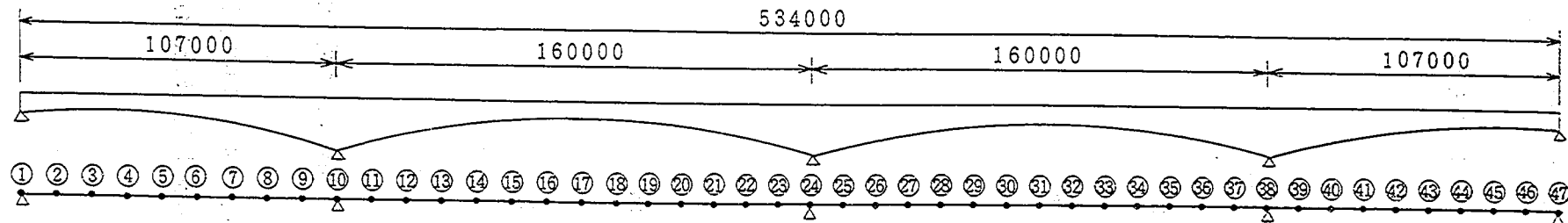


図-2.5 固有振動数計算モデル

表-2.2 入力条件 格子モデル (鉛直振動)

格点座標及び格点重量

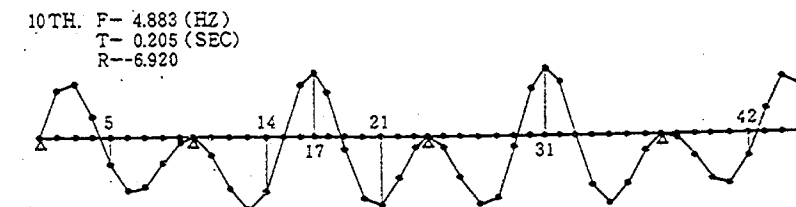
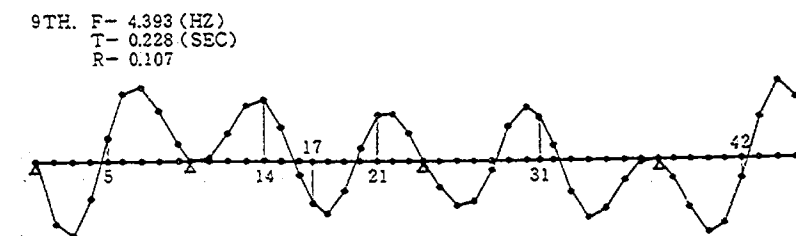
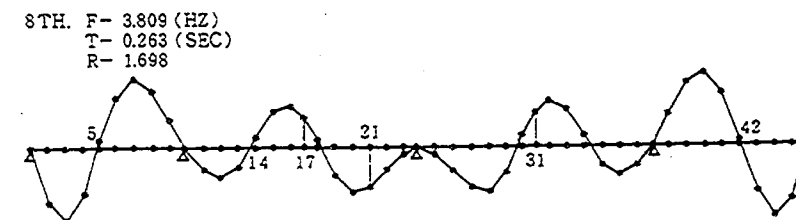
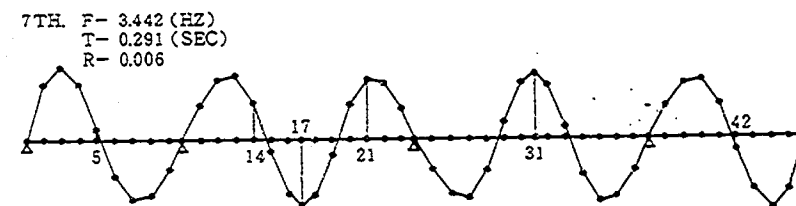
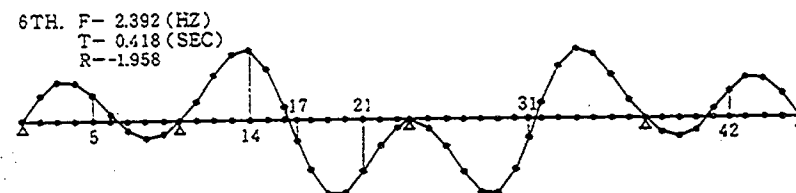
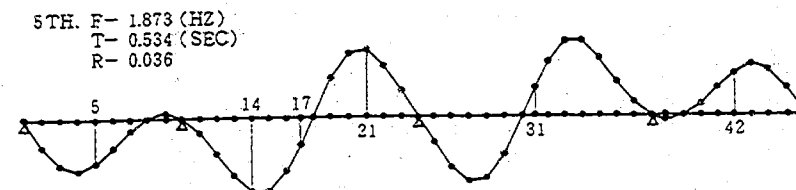
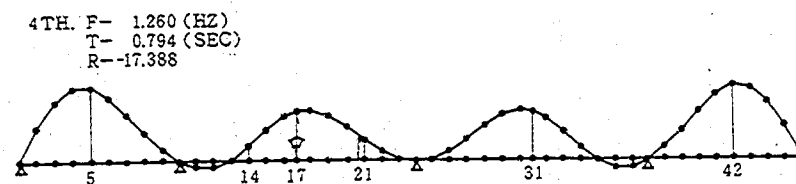
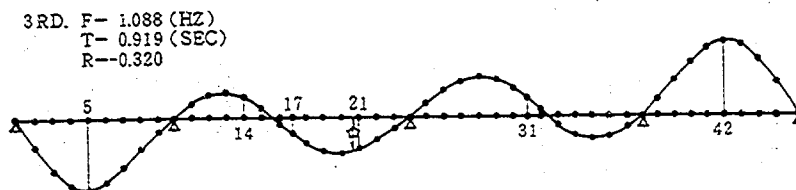
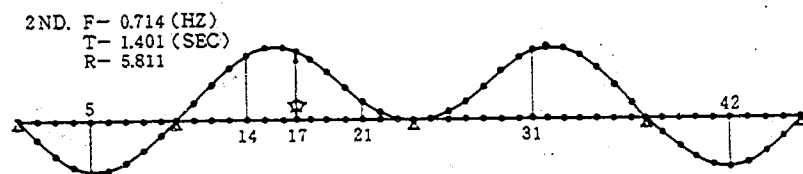
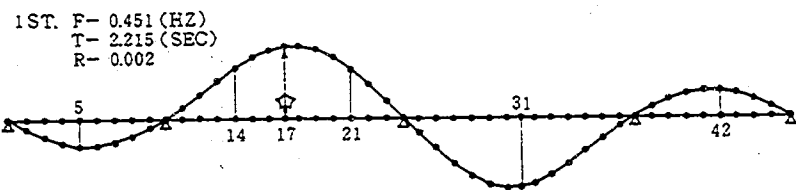
格点 No	X-座標 (m)	Y-座標 (m)	格点重量 (t)	格点 No	X-座標 (m)	Y-座標 (m)	格点重量 (t)
1	-267.0133	-5.2763	-	25	11.0	-6.0	128.593
2	-255.0112	-5.5324	103.745	26	23.0	"	121.848
3	-243.0087	-5.7196	110.010	27	35.0	"	113.988
4	-231.0061	-5.8487	111.474	28	47.0	"	111.192
5	-219.0037	-5.9305	110.069	29	59.0	"	117.240
6	-207.0019	-5.9757	107.595	30	71.0	"	109.190
7	-195.0006	-5.9953	110.006	31	80.0	"	95.751
8	-183.0	-5.9999	119.809	32	89.0	"	110.408
9	-171.0	-6.0	126.109	33	101.0	"	118.904
10	-160.0	"	-	34	112.9965	-6.0023	110.385
11	-149.0	"	125.442	35	124.9860	-6.0186	108.833
12	-137.0	"	115.956	36	136.9683	-6.0630	115.909
13	-125.0	"	108.864	37	148.9433	-6.1495	125.382
14	-113.0	"	110.400	38	159.9138	-6.2777	-
15	-101.0	"	118.908	39	170.8775	-6.4639	126.016
16	-89.0	"	110.400	40	182.8295	-6.7457	119.691
17	-80.0	"	95.751	41	194.7718	-7.1233	109.865
18	-71.0	"	109.190	42	206.7031	-7.6104	107.426
19	-59.0	"	117.240	43	218.6217	-8.2209	109.873
20	-47.0	"	111.192	44	230.5298	-8.9657	111.255
21	-35.0	"	113.988	45	242.4286	-9.8465	109.769
22	-23.0	"	121.848	46	254.3165	-10.8633	103.477
23	-11.0	"	128.593	47	266.1901	-12.0157	-
24	0.0	"	-				

舗装重量 1.495 t/m
 地覆 " 0.711 "
 2.206 "
 を考慮した。

部材性能

部材 No	格 点 i	格 点 j	断面2次モー メント I_v (m ⁴)	ねじり定数 J (m ⁴)	部材 No	格 点 i	格 点 j	断面2次モー メント I_v (m ⁴)	ねじり定数 J (m ⁴)
1	1	2	0.792	1.166	25	25	26	3.739	4.039
2	2	3	1.190	1.510	26	26	27	2.191	2.767
3	3	4	1.350	1.647	27	27	28	1.452	1.899
4	4	5	1.350	1.647	28	28	29	1.304	1.654
5	5	6	1.682	1.994	29	29	30	1.351	1.536
6	6	7	1.892	2.251	30	30	31	1.359	1.541
7	7	8	2.726	3.084	31	31	32	1.359	1.541
8	8	9	3.834	4.062	32	32	33	1.370	1.552
9	9	10	5.193	5.265	33	33	34	1.395	1.701
10	10	11	5.010	5.176	34	34	35	1.525	1.178
11	11	12	3.242	3.809	35	35	36	2.006	2.472
12	12	13	1.991	2.459	36	36	37	3.266	3.829
13	13	14	1.514	1.968	37	37	38	5.024	5.185
14	14	15	1.388	1.642	38	38	39	5.180	5.253
15	15	16	1.367	1.549	39	39	40	3.815	4.045
16	16	17	1.358	1.540	40	40	41	2.707	3.065
17	17	18	1.358	1.540	41	41	42	1.880	2.237
18	18	19	1.353	1.538	42	42	43	1.662	1.973
19	19	20	1.313	1.663	43	43	44	1.343	1.635
20	20	21	1.464	1.910	44	44	45	1.338	1.630
21	21	22	2.207	2.784	45	45	46	1.179	1.494
22	22	23	3.762	4.058	46	46	47	0.794	1.163
23	23	24	5.772	5.496					
24	24	25	5.762	5.489					

入力条件は「撫養橋、桁の固有値計算」S61年2月
 本州四国連絡橋公団鳴門工務所
 日立、瀬上共同企業体
 に基づいた。



◇:加振点

図-2.6 振動モード図

3. 実験結果

3.1 記録の整理方法

起振機による加振時の振動数の読み取り方には、起振機操作盤上の加振周波数を読み取る方法、起振機の重錘の回転に伴うパルス信号から読み取る方法、応答加速度波形から読み取る方法等が考えられるが、今回の実験では、サーボ型加速度計から得られる応答加速度波形の振動数を読み取る方法を採用した。

起振力は、起振力調節目盛を一定に保てば、加振振動数の二乗に比例する。共振振動数を求めたり、スペクトル図から構造減衰を求める場合には同一起振力での応答加速度が必要とされるから共振曲線を求める場合は、読み取った橋梁の応答加速度を起振力 1 ton 当りの値に変換して整理した。

構造減衰の大きさは、全て対数減衰率として表わすこととした。

$$\delta = 2 \pi h = \frac{1}{N} \cdot \ln \frac{a_1}{a_{N+1}}$$

ここに、 δ ; 対数減衰率、 h ; 減衰定数、 N ; 波数、 a_1, a_{N+1} ; 第 1 波および第 $N+1$ 波の振幅

(1) 起振機による共振実験データ

起振機による共振実験データに対しては、A/D 変換よりデジタル化し、以下のような整理を行った。

1) A/D 変換

A/D 変換はサンプリング間隔 $\Delta T = 0.01 \text{ sec}$ とし、1 Hz 未満の振動数ではデータ個数 8192 個、1 Hz 以上では 4096 個にて行った。

又、A/D 変換時のローパスフィルターは、鉛直加振の 1, 2 次については 3 Hz、鉛直 3 次については 5 Hz、ねじれ加振については 10 Hz に設定した。

2) 実加速度への校正

今回実験に用いたテレバイプロメーターは、N24E 型と N24SA 型の 2 機種である。両アンプは校正信号の出力形式に違いがあり、それぞれの校正手法に従って実加速度記録に校正した。

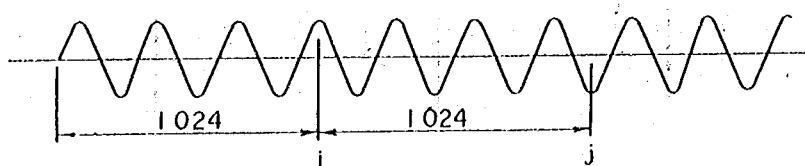
3) 共振曲線の算定

測定された振動波形はノイズを含み、オシロペーパーからの読み取りが困難であった。このために、フーリエ変換を行って算定するものとした。

算定過程は以下の通りである。

① 実波形は定常状態であるものとする。

② 実波形を数回鏡合せにつなぎ、16,384 個 (163.84 秒) のデータにする。これは Δf をできるだけ小さくするための行為である。



まず i 点で対称となるようにし、次に j 点で対称となるようにする。以下順次くり返す。

- ③ フーリエ変換によりフーリエ振幅（係数）を求める。
- ④ 起振機に最も近くに設置した A-1 及び B-1 のフーリエ振幅が最大となる振動数をその加振状態での振動数とした。なおこのとき、設定振動数 f の ± 1 Hz の範囲での最大振幅とした。
- ⑤ 振幅の算定は応答波形が正弦波であることを前提条件とし、又、波形のフーリエスペクトルの面積がその波形の実効値となることを利用して、その実効値の $\sqrt{2}$ 倍を振幅とした。ただし、フーリエスペクトルの面積を求めるときノイズ分をカットするために、設定振動数の ± 1 Hz の範囲とした。
- ⑥ ⑤で求めた振幅を起振力で除して、単位起振力当りの応答とした。
- ⑦ 起振力 F は起振振動数 f と起振機内部の重錘重量 M 、及び、重錘の開き角度 θ を関数とする $R(\theta)$ より算定される。

$$F = (2\pi f)^2 \cdot M \cdot R(\theta)$$

$R(\theta)$ は図-2.1 に示す目盛より求める。

目盛 100 の場合	$(2\pi)^2 \cdot M \cdot R(\theta) = 0.150$
目盛 50 の場合	$(2\pi)^2 \cdot M \cdot R(\theta) = 0.080$
目盛 30 の場合	$(2\pi)^2 \cdot M \cdot R(\theta) = 0.050$
目盛 20 の場合	$(2\pi)^2 \cdot M \cdot R(\theta) = 0.033$
目盛 15 の場合	$(2\pi)^2 \cdot M \cdot R(\theta) = 0.025$

f は④で求めた振動数を用いる。

- ⑧ ④、⑥で求めた振動数及び単位起振機当りの応答を図示して、共振曲線を求めた。

- ⑨ この共振曲線に現れる卓越振動数を低振動数側より 1～3 次の共振振動数とした。

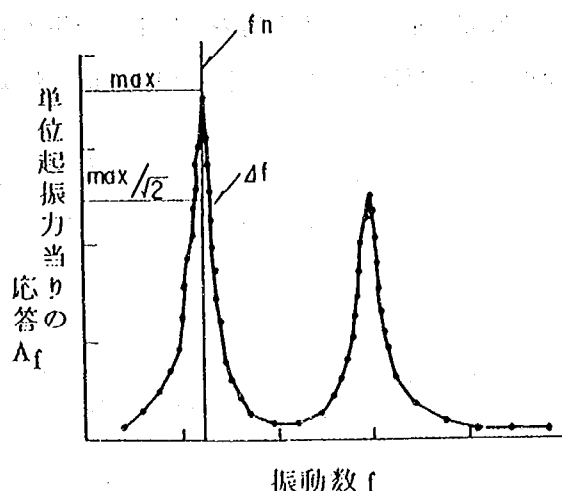
各次の応答値より振動モード、及び減衰定数を算定する。

- 3) 減衰定数は、共振曲線から、 $1/\sqrt{2}$ 法を用いて

$$h = \frac{\Delta f}{2 f_n}$$

$$\delta = 2\pi h$$

のように求めた。



(2) 自由減衰試験データ

自由減衰試験データに対しては、アナログのローパスフィルター（鉛直に対しては3 Hzのローパス、ねじれに対しては、8 Hzのローパス）を用いてノイズをカットし、その波形振幅より対数減衰率及び減衰定数を求めた。

対数減衰率 δ は、自由減衰による記録から

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \frac{X_{n-1}}{X_n}$$

と定義され、記録の振動回数 i 、その振幅 a_i を片対数方眼紙上にプロットすれば、ほぼ直線上にある。従って、この直線の勾配から対数減衰率が求められる。

(3) 常時微動測定データ

常時微動測定 11月19日～21日に、各々約1時間計測した。両日のデータより、各々、任意に約14分間のAD変換を行い実波形とした後に、パワースペクトルを求める。同パワースペクトルより、共振振動数及び減衰定数を算定する。

AD変換は、ローパスフィルター 5 Hz、サンプリングタイム $\Delta T = 50 \text{ msec}$ 、データ個数 $N = 16,384$ とした。これにより、計測時間 T 等は以下ようになる。

$$T = N \times \Delta T = 819.2 \text{ sec (13.65分)}$$

$$\Delta f = 0.00122 \text{ Hz}$$

$$f_{\max} = 10 \text{ Hz}$$

以上の条件でデータ整理を行うと、3次程度までのパワースペクトルが求められる。減衰定数は1次のパワースペクトルよりハーフパワー法により算定する。

3.2 実験結果の解析

起振機実験によって求めた主な測定点での共振曲線を付図-1.1～1.27に、共振振動数における自由減衰波形を付図-2.1～2.99に示す。また常時微動による橋桁の不規則振動から計算した振動加速度的パワースペクトル密度関数を付図-3.1.1～3.2.10に、固有振動数と構造減衰の読み取り値を表-3.1に示す。

表-3.1 常時微動測定結果

計測月日	ステーション	項 目	次 数 (鉛 直)		
			1 次	2 次	3 次
1986年 11月 19日	A 側	共振々動数 f (Hz)	0.5176	0.7861	1.1926
		対数減衰率 δ	0.037	0.029	0.029
		減衰定数 h	0.006	0.005	0.005
	B 側	共振々動数 f (Hz)	0.5164	0.7922	--
		対数減衰率 δ	0.059	0.015	--
		減衰定数 h	0.009	0.002	--
1986年 11月 20日	A 側	共振々動数 f (Hz)	0.5103	0.7861	--
		対数減衰率 δ	0.067	0.015	--
		減衰定数 h	0.011	0.002	--
	B 側	共振々動数 f (Hz)	0.5164	0.7751	--
		対数減衰率 δ	0.044	0.030	--
		減衰定数 h	0.007	0.005	--
1986年 11月 21日	A 側	共振々動数 f (Hz)	0.5029	--	--
		対数減衰率 δ	0.053	--	--
		減衰定数 h	0.009	--	--
	B 側	共振々動数 f (Hz)	0.5029	--	--
		対数減衰率 δ	0.023	--	--
		減衰定数 h	0.004	--	--
平 均 δ			0.047	0.022	0.029

以下に、各測定項目に対する解析について述べる。

(1) 固有振動数

起振機実験による加速度の共振曲線と常時微動のスペクトル解析より求めた固有振動数を表-3.2に示す。同表には計算値も併記した。

表-3.2によると、起振機実験から得られた固有振動数よりも常時微動から得られたもののほうが若干高めのものもあるが、両者はよく一致していると言える。ただし、常時微動により得られる固有振動数（パワースペクトル密度関数のピークを与える振動数）は測定ケースにより微小範囲で変化しているようである。

また、固有振動数の計算値と比較すると、鉛直1次～3次の実測値は大きめの値になっている。

表-3.2 固有振動数

(単位: Hz)

	共振試験	常時微動	計算値
鉛直 1次	0.50 ~ 0.51	0.50 ~ 0.52	0.451
" 2次	0.76	0.78 ~ 0.79	0.714
" 3次	1.15	1.19	1.088
" 4次	—	—	—
ねじれ 1次	4.16	—	—

(2) 固有振動モード

起振機実験で各振動モード毎の共振実験時に、各測定点の同時刻応答を読み取り、振動モード形状を求めた。応答の測定結果を表-3.3に、モード図を図-3.1, 3.2に示す。

(3) 構造減衰

共振振動数で加振した後、起振機あるいは重錘を急停止させることによって得られる自由減衰波形から構造減衰を求めた。

付図-2に自由振動波形の波数と振幅の関係を示した。このグラフは縦軸が対数目盛になっており、このグラフ上で振幅と波数の関係が直線となっていれば対数減衰率は一定になる。これらの図はねじれ振動を除いてほぼ直線関係にあるので、対数減衰率が一定となる区間の最初と最後の区間の振幅から構造減衰を求めることとした。

一方、ねじれ振動の自由減衰波形は付図-2.84~2.99に示されるように、振幅が小さくなると傾きは変化し、減衰値は小さくなることが分る。しかし、この振幅はかなり小さいため、減衰値の読み取りは振幅の大きな値の範囲とし、直線をあてはめている。結果を表-3.4に示す。

構造減衰の値は加振方法、測定点、実験ケースによりかなりのバラツキがある。これらのデータを集計した結果を表-3.5に示した。表-3.4を見ると起振加振の場合測定点でバラツキが見られるのでモード図の振幅の小さい測定点を除外して平均値を算出し、その結果を表-3.5に併記した。たわみ1次振動では結果にやや差が生じている。

また起振機加振の共振曲線より算定した減衰値を表-3.6に示す。測定点によるバラツキが大きいようであるが、参考値としての取扱いとするため単純に平均値を求めた。

表-3.3 共 振 時 応 答 値

次数 センサー	鉛 直 1 次			鉛 直 2 次			鉛 直 3 次			ね じ れ 1 次		
	$f_A = 0.507$ $f_B = 0.500$ Hz			$f_A = 0.763$ $f_B = 0.757$ Hz			$f_{A,B} = 1.147$ Hz			$f_{A,B} = 4.163$ Hz		
	応 答 値	応答値/F	位 相 差	応 答 値	応答値/F	位 相 差	応 答 値	応答値/F	位 相 差	応 答 値	応答値/F	位 相 差
A-1	0.6	7.6	0.0	1.5	8.5	0.0	0.5	1.3	0.0	13.6	8.0	0.0
A-2	0.5	6.5	0.0	1.6	8.9	0.0	0.3	0.7	180.0	17.7	10.3	180.0
A-3	0.3	4.3	0.0	1.2	6.9	0.0	0.4	0.9	180.0	10.8	6.3	0.0
A-4	0.2	2.0	0.0	0.6	3.5	0.0	0.3	0.8	180.0	7.9	4.6	180.0
A-5	0.1	1.9	180.0	0.7	3.9	180.0	0.6	1.6	0.0	3.6	2.1	0.0
A-6	0.2	2.8	180.0	1.1	6.2	180.0	1.3	3.3	0.0	1.2	0.7	180.0
A-7	0.2	2.0	180.0	0.8	4.7	180.0	1.2	3.0	0.0	-	-	-
B-1	0.6	7.6	0.0	1.4	8.4	0.0	0.5	1.3	0.0	13.4	7.8	0.0
B-2	0.5	7.2	0.0	1.0	5.8	0.0	0.7	1.7	0.0	6.6	3.9	180.0
B-3	0.4	5	0.0	0.5	2.7	0.0	0.6	1.6	0.0	8.4	4.9	0.0
B-4	0.2	2.9	0.0	0.1	0.6	0.0	0.3	0.9	0.0	6.6	3.9	0.0
B-5	0.4	5.8	180.0	0.5	3.1	0.0	0.6	1.5	180.0	7.7	4.5	180.0
B-6	0.6	7.5	180.0	1.5	9.0	0.0	0.3	0.7	180.0	15.6	9.1	0.0
B-7	0.3	4.4	180.0	1.3	7.4	0.0	0.3	0.9	0.0	12.7	7.4	180.0

f_A : Aグループの卓越振動数

応 答 値 : gal

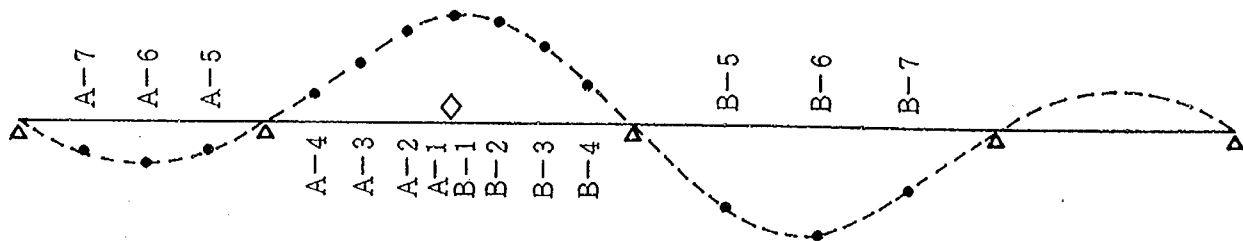
F : 起振力 Ton

f_B : B "

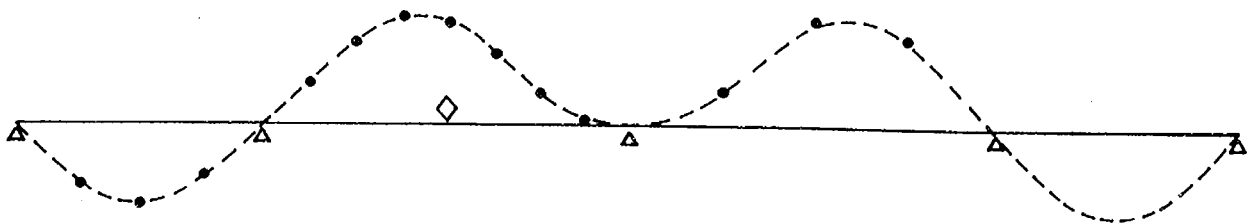
応答値/F : gal / Ton

位相差 : 度

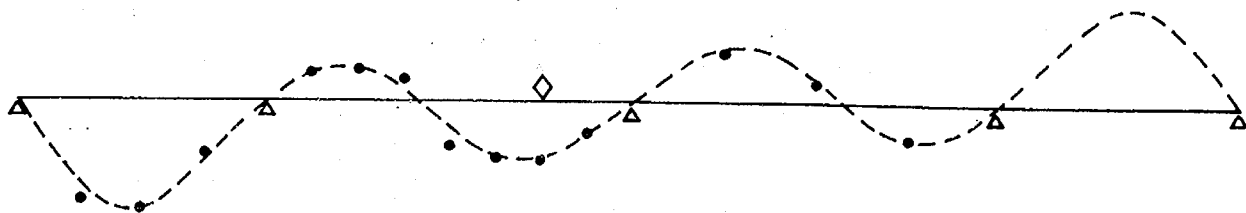
1次 $f_A = 0.507 \text{ Hz}$ (0.451 Hz)
 $f_B = 0.500 \text{ Hz}$



2次 $f_A = 0.763 \text{ Hz}$ (0.714 Hz)
 $f_B = 0.757 \text{ Hz}$



3次 $f_{A,B} = 1.147 \text{ Hz}$ (1.088 Hz)



• 実測値 (応答倍率比)

--- 計算値

f_A, f_B : A及びBグループの卓越振動数Hz

() 内 : 計算による固有値

注) 実測値はA-1, B-1に対する比率

◇ : 起動機位置

図-3.1 鉛直振動モード

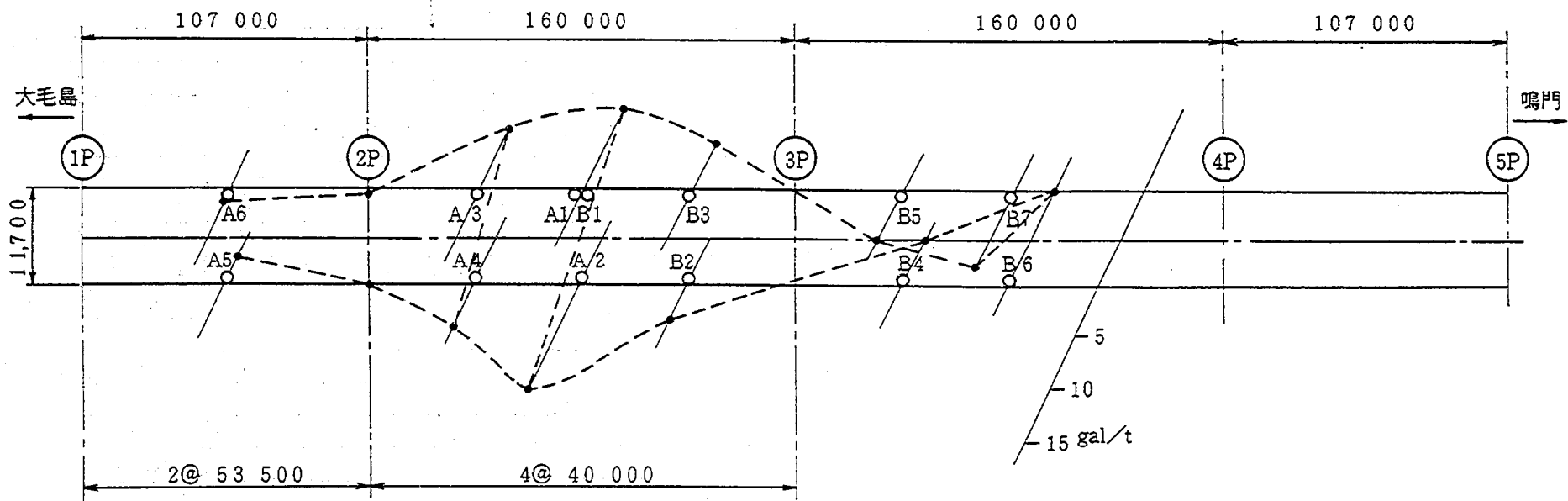


図-3.2 ねじれ1次振動モード

表-3.4(1) 自由減衰試験結果 (クレーン加振, たわみ 1, 2 次) 対数減衰率 δ

条件	Pick up	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	備 考
0.5 KDD	1	0.098	0.101	0.113	0.098	0.097	-	-	0.097	0.104	0.113	0.117	(0.100)	0.105	0.116	KDD: 設備落下
	2	0.093	0.097	0.107	0.103	0.106	-	-	0.098	0.101	0.129	(0.138)	(0.087)	0.090	0.129	KUD: 昇降
	3	0.101	-	-	-	-	-	-	0.100	0.124	-	-	-	0.108	-	条件の先頭の数字は設定値
	4	0.103	0.124	-	-	-	-	-	0.107	0.113	-	-	0.121	0.096	-	動数
0.52 KDD	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	()は振動数が他と異なるた
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	め平均値に含まず
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.48 KDD	1	0.103	0.107	-	-	-	-	-	0.090	0.091	0.099	0.114	0.122	0.081	-	
	2	0.103	0.114	0.127	0.125	0.112	0.128	-	0.110	0.112	0.120	0.138	(0.135)	0.104	-	
	3	0.099	0.106	0.101	0.102	0.106	0.120	-	0.103	0.094	0.099	0.108	0.106	0.098	0.105	
0.5 KUD	1	0.114	0.112	0.121	0.120	-	-	-	0.095	0.110	0.101	0.102	0.105	0.101	0.122	
	2	0.097	0.101	0.123	0.122	0.100	0.097	-	0.100	0.116	0.120	0.108	0.102	0.085	-	
0.52 KUD	1	0.084	0.094	0.102	0.101	0.094	0.114	(0.140)	0.085	0.095	0.102	0.099	0.060	0.098	0.126	各 Pick up での最小値
	2	0.098	0.128	(0.158)	(0.155)	(0.133)	(0.150)	-	0.106	0.130	(0.131)	0.128	(0.148)	0.103	-	各 Pick up での最大値
0.48 KUD	1	0.081	0.093	0.095	0.093	0.088	0.094	0.086	0.097	0.095	0.091	0.092	0.091	0.086	0.099	全体での最小値
	2	0.087	0.090	0.091	0.090	0.078	0.081	0.093	0.089	0.095	0.095	0.092	0.091	0.084	0.097	全体での最大値
0.51 KUD	1	0.117	0.120	0.134	-	-	-	-	0.106	0.126	0.124	0.114	0.132	0.121	-	
	2	0.104	0.111	-	-	(0.130)	-	-	0.103	(0.131)	(0.133)	-	-	0.104	-	
	3	0.105	0.096	0.108	0.116	0.095	0.086	-	0.102	0.107	0.111	0.112	0.106	0.094	0.118	
	4	0.117	0.129	-	-	-	-	-	0.106	-	-	-	-	-	-	
	5	0.110	0.118	0.124	-	0.112	0.124	-	0.113	-	-	-	-	0.101	-	
0.77 KUD	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	0.070	0.071	0.078	0.084	0.068	0.070	0.082	0.075	0.083	0.103	-	0.087	0.080	0.094	
	3	-	-	-	-	-	-	-	0.068	0.081	0.092	-	0.087	0.072	0.080	Aグループ計測せず
0.79 KUD	1	0.071	0.080	0.084	0.085	0.075	0.078	0.078	0.071	0.088	-	-	-	0.073	0.089	
	2	0.095	0.106	0.113	0.115	0.096	0.096	0.112	0.096	-	-	-	-	0.088	-	
0.75 KUD	1	0.079	0.077	0.081	0.081	0.075	0.073	0.084	0.076	0.082	0.084	-	0.086	0.076	0.078	
	2	0.072	0.078	0.081	0.082	0.077	0.068	0.074	0.074	0.082	-	-	0.091	0.075	0.084	
1 次 平 均		0.101	0.108	0.112	0.107	0.099	0.106	0.090	0.100	0.108	0.101	0.110	0.106	0.098	0.114	0.105
2 次 平 均		0.077	0.082	0.087	0.089	0.078	0.077	0.086	0.077	0.093	0.093	-	0.088	0.077	0.083	0.083

表-3.4(2) 自由減衰試験結果(起振機, たわみ1次, 2次, 3次) 対数減衰率 δ

Pick up 条件	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	備 考
0.445 G1	0.132	0.119	0.118	(0.131)	(0.167)	(0.189)	(0.161)	0.136	0.150	0.141	0.127	0.108	0.137	0.117	条件の先頭の数字は設定振動数
2	0.111	0.120	0.122	0.116	-	-	-	0.112	0.127	0.134	0.133	0.140	0.136	0.129	動数
0.435 G1	0.124	0.123	0.132	0.137	0.151	0.187	(0.162)	0.147	0.131	0.127	0.133	0.139	0.136	0.131	()は振動数が他と異なるた
2	0.120	0.108	(0.127)	(0.154)	0.173	0.175	(0.162)	0.138	0.122	0.134	0.116	(0.123)	0.132	0.118	め平均に含めず
3	0.114	0.103	(0.128)	0.129	0.163	0.154	0.099	0.113	0.102	(0.123)	0.104	(0.120)	0.112	0.088	
4	0.121	0.128	0.147	0.157	0.188	0.148	(0.157)	0.122	0.114	0.106	(0.117)	0.120	0.132	0.103	
5	0.118	0.114	-	(0.129)	-	0.174	0.140	0.125	0.130	0.122	0.129	0.116	0.127	0.111	
1 次 平 均	0.120	0.116	0.130	0.135	0.169	0.165	0.120	0.128	0.125	0.127	0.124	0.125	0.130	0.114	0.131→0.124
0.655 G1	0.102	0.114	0.108	0.117	(0.112)	0.119	0.115	0.105	0.101	0.097	0.084	0.117	0.132	0.102	 各Pick upでの最小値
2	0.101	0.109	0.113	0.112	0.110	0.112	0.115	0.102	0.095	0.091	0.075	0.116	0.110	0.112	 各Pick upでの最大値
3	0.102	0.099	0.100	0.101	0.110	0.113	0.115	0.103	0.090	0.093	-	0.109	0.105	0.107	 全体での最小値
4	0.102	0.106	0.109	0.109	0.106	0.102	0.103	0.101	0.093	0.087	0.089	0.100	0.108	0.109	 全体での最大値
5	0.101	0.109	0.112	0.112	0.113	0.091	0.114	0.100	0.097	0.088	0.078	0.104	0.107	0.107	
6	0.092	0.100	0.102	0.107	0.105	0.104	0.105	0.092	0.093	0.092	-	0.104	0.107	0.100	
2 次 平 均	0.100	0.106	0.107	0.110	0.109	0.107	0.111	0.101	0.095	0.091	0.082	0.108	0.112	0.106	0.103→0.104
0.99 G1	-	-	0.087	0.095	0.101	0.112	0.119	-	0.127	0.100	0.118	0.096	0.088	-	
2	-	-	0.188	0.121	0.113	0.119	0.124	-	0.126	0.112	0.120	0.100	0.083	-	
3	-	-	0.098	0.091	0.106	0.110	0.122	-	0.136	(0.122)	0.110	0.109	0.082	-	
0.995 G1	-	-	0.087	(0.092)	0.106	0.124	0.125	-	0.114	0.111	0.105	0.091	0.091	-	
2	-	-	(0.095)	0.107	0.114	0.124	0.129	-	0.115	0.106	0.105	0.101	0.099	-	
3	-	-	0.069	(0.080)	0.100	0.111	0.121	-	0.086	0.089	0.088	0.085	0.077	-	
0.985 G1	-	-	0.095	0.091	0.114	0.123	0.120	-	0.139	0.129	0.108	0.097	0.084	-	
2	-	-	0.092	0.095	0.111	0.124	0.137	-	0.144	0.122	0.112	0.105	0.078	-	
3	-	-	(0.090)	0.085	0.117	0.123	0.132	-	0.118	0.109	0.099	0.097	0.091	-	
3 次 平 均			0.088	0.098	0.109	0.125	0.125		0.123	0.110	0.107	0.098	0.086		0.106→0.114

表- 3.4 (3) 自由減衰試験結果 (起振機, ねじれ) 対数減衰率 δ

Pick up 条件	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	備 考
3.55 3G1	0.107	0.105	0.095	0.060	0.070	0.172		0.100	0.071	0.132	0.080	0.055	0.063	0.074	起振力目盛 30
2	0.104	0.099	0.095	0.089	0.075	0.132		0.107	0.077	0.141	0.076	0.076	0.067	0.068	-
3	0.096	0.107	0.092	0.091	0.063	0.179		0.094	0.066	0.114	0.080	0.072	0.059	0.060	-
3.55 4G4	0.102	0.098	0.093	0.094	0.067	0.147		0.091	0.070	0.114	0.084	0.060	0.058	0.071	- 40
5	0.087	0.102	0.094	0.074	0.077	0.145		0.099	0.077	0.122	0.084	0.053	0.057	0.070	-
6	0.089	0.099	0.088	0.080	0.074	0.134		0.107	0.068	0.122	0.080	0.061	0.058	0.072	-
3.55 5G7	0.083	0.099	0.083	0.073	0.066	0.114		0.092	0.068	0.107	0.077	0.057	0.055	0.069	- 50
8	0.082	0.088	0.082	0.077	0.064	0.128		0.082	0.062	0.100	0.082	0.049	0.053	0.071	-
9	0.076	0.085	0.078	0.074	0.061	0.130		0.076	0.065	0.098	0.075	0.054	0.055	0.061	-
平均	0.092	0.092	0.089	0.079	0.069			0.094	0.069		0.080	0.060	0.058	0.068	0.078
3.55 は															注) A-6, B-3 は他の
入力振動数 (Hz)															Pick up に比べて大きく
															すぎるため平均に含まず
															☐ 各 Pick up での最小値
															☐ 各 Pick up での最大値
															☐ 全体での最小値
															☐ 全体での最大値

表-3.5 構造減衰

起振機加振時(自由減衰)対数減衰率 δ

振動モード	最 大	最 小	平 均	個 数
鉛 直 1 次	0.188	0.088	0.131	78
	0.150	0.088	0.124	57
鉛 直 2 次	0.132	0.075	0.103	81
	0.132	0.090	0.104	48
鉛 直 3 次	0.144	0.069	0.106	85
	0.144	0.077	0.114	53
ねじれ 1 次	0.107	0.049	0.078	99

下段: モード図より振幅の小さな測点を除いた。

クレーン加振時対数減衰率 δ

振動モード	最 大	最 小	平 均	個 数
鉛 直 1 次	0.138	0.080	0.105	169
鉛 直 2 次	0.115	0.068	0.083	64

表-3.6 減衰定数(共振曲線より算定)

	鉛 直 1 次 $f_A = 0.507$ Hz $f_B = 0.500$ Hz		鉛 直 2 次 $f_A = 0.763$ Hz $f_B = 0.757$ Hz		鉛 直 3 次 $f_{A, B} = 1.147$ Hz		ね じ れ 1 次 $f_{A, B} = 4.163$ Hz	
	δ	h	δ	h	δ	h	δ	h
A-1	0.124	0.020	0.124	0.020	0.137	0.022	0.075	0.012
A-2	0.186	0.030	0.124	0.019	-	-	0.060	0.010
A-3	0.186	0.030	0.124	0.020	☆0.247	0.039	0.057	0.009
A-4	0.124	0.020	0.082	0.013	0.192	0.031	0.087	0.014
A-5	☆0.062	0.010	0.082	0.013	0.137	0.022	0.060 ^{*2}	0.010
A-6	0.124	0.020	0.144	0.023	0.151	0.024	-	-
A-7	0.124	0.020	0.082	0.013	0.137	0.022	-	-
B-1	0.188	0.030	0.104	0.017	0.137	0.022	0.068	0.011
B-2	0.126	0.020	0.083	0.013	0.123	0.020	0.060	0.010
B-3	0.157	0.025	0.125	0.020	0.137	0.022	0.075	0.012
B-4	0.126	0.020	0.123	0.020	0.137	0.022	0.060	0.010
B-5	0.126	0.020	0.083	0.013	☆0.219	0.035	0.045	0.007
B-6	0.157	0.025	0.104	0.017	0.198 ^{*1}	0.032	0.060	0.010
B-7	0.126	0.021	0.104	0.017	0.123	0.020	0.053	0.008
平 均	0.144	-	0.106	-	0.146	-	0.063	-

☆ 平均に含まず

*1 $f_1 = 1.270$ Hz

*2 $f_T = 4.175$ Hz

f_A : Aグループの卓越振動数

f_B : Bグループの "

4. 考 察

4.1 固有振動数

表-4.1 に起振機による加振実験と常時微動のスペクトル解析から求められた固有振動数の測定値と、第2章で求めた数値解析と経験式から求めた固有振動数の推定値を示した。経験式は鉛直たわみ1次モードの固有振動数を推定する際によく用いられるもので、以下の式で表わされるものである。

$$f=100/l$$

ここに、 f ：鉛直たわみ1次の固有振動数 (Hz)、 l ：最長スパン長 (m)

表-4.1 によると起振機加振と常時微動とから求めた固有振動数の測定値は、各モードともほぼ一致する結果が得られたが、常時微動の値の方が若干高めになっている。従来両者はよく一致と言われていたが、最近の吊橋の振動実験結果⁴⁾や前年度の塩浜工区箱桁橋の振動実験結果³⁾でも常時微動から推定した固有振動数の方が若干高めの結果を与えている。

数値解析による推定値は、計算上の仮定（舗装、地覆、高欄などの剛性を考慮しない）から、一般に実測値を下回るものと考えられている。今回の結果でも鉛直たわみ振動1次～3次で実測値を6～10%ほど下回っている。

経験式による推定値は実測値と数値解析値の両者より大きく、従来の結果よりは適合度は悪いようである。

表 - 4.1 各算定法による固有振動数 (単位 Hz)

算定法 振動モード	起振機加振 a	常時微動 b	数値解析 c	比 率		経 験 式
				b / a	c / a	
鉛直たわみ1次	0.50～0.51	0.50～0.52	0.451	0.98～1.04	0.88～0.90	0.63
" 2次	0.76	0.78～0.79	0.714	1.03～1.04	0.94	—
" 3次	1.15	1.19	1.088	1.03	0.94	—
ねじれ 1次	4.16	—	—	—	—	—

4.2 固有振動モード

図-3.1, 3.2 に数値解析と起振機実験によって得られた固有振動モード形状を示す。鉛直たわみ1次～3次の各モードで両者がよく一致している結果が得られた。

4.3 構造減衰

表-4.2 に起振機実験、クレーン加振による自由減衰波形および共振曲線から求めた構造減衰と常時微動による不規則振動のパワースペクトル曲線より求めた構造減衰を示す。

表 - 4.2 各算定法による構造減衰の比較

算定法 振動モード	起振機実験		クレーン加振 自由振動波形に よる (c)	常時微動のパワ ースペクトル曲 線による (d)	比 率		
	自由振動波形に よる (a)	共振曲線による (b)			b / a	a / a	d / a
鉛直たわみ 1 次	0.131	0.144	0.105	0.047	1.10	0.80	0.36
〃 2 次	0.103	0.106	0.083	0.022	1.03	0.81	0.21
〃 3 次	0.106	0.146	—	0.029	1.36	—	0.27
ねじれ 1 次	0.078	0.063	—	—	0.81	—	—

これらの結果をとりまとめると以下のとおりである。

(1) 各算定法により得られた構造減衰値には比較的良好一致しているものと、かなりの差が生じているものがある。常時微動のパワースペクトルからの推定値は他の値よりもかなり小さな値となり、これは日守大橋²⁾、塩浜工区鋼箱桁橋³⁾と同様の傾向となった。また起振機実験の共振曲線より求めた値は起振機実験の自由減衰振動波形から求めた値と鉛直たわみ 3 次振動を除いてほぼ一致していた。

(2) クレーン加振と起振機加振とによる自由減衰振動波形から求めた構造減衰値は振幅は異なるもののその読み取り方法は同一である。クレーン加振でたわみ 1 次振動の最大振幅は約 6 mm であり、一方起振機加振ではおよそ 0.5 mm となり、両加振方法では加振振幅に大きな差異がある。両加振方法で求められた構造減衰値を比較するとクレーン加振による値の方が起振機加振による値より小さくなっている。

(3) 構造減衰値は振幅に依存すると言う実験結果が報告されている。^{5) 6)} 今回クレーン加振と起振機加振を行なっているが、起振機加振は振幅が小さいので参考とする事とし、クレーン加振を主とする事とした。付図 - 2 に示されている自由減衰波形を見ると、起振機加振による波形はクレーン加振の波形に比べると正弦波から歪んだ、すなわち乱れた波形になっている。また波形の卓越振動数は起振機加振では 0.51Hz なのに対し、クレーン加振ではやや低い 0.49Hz となっている。ただし、この差が有意なものかは確かさに欠ける。いずれにしてもクレーン加振では起振機よりも大きな振幅で、橋の固有振動数と重錘の加振を同調させることにより正弦波に近い振動を生じさせる事ができ、その結果得られる構造減衰値は起振機加振の値よりも小さくなった。振幅が小さい領域で減衰が大きくなる傾向は、付図 - 2.21, 2.25 などからもうかがえる。

(4) 今回の実験結果より、撫養橋の構造減衰はクレーン加振によって得られた値を中心にして、鉛直たわみ 1 次振動で $\delta = 0.08 \sim 0.1$ 、2 次振動で $\delta = 0.07 \sim 0.08$ 程度となるものと考えられる。

4.4 舗装前後の構造特性の比較

本橋は上部工架設時に強風でかなりの振動が発生した。このため舗装前の段階で振動特性調査と強風による応答観測が行なわれた。参考資料に調査報告書より結果の一部を抜粋した。

表 - 4.3 に舗装前後の構造特性の比較を行なった。なお構造条件の相違は舗装、地覆が施工された事であった。

表－4.3 舗装前後の構造特性の比較

	振動モード	舗 装 前		舗 装 後		比 率		
		実測値(a)	計算値(b)	実測値(c)	計算値(d)	b / a	d / c	c / a
固有振動数 (Hz)	鉛直たわみ1次	0.547	0.512	0.50～0.51	0.451	0.94	0.88～0.90	0.91～0.93
	" 2次	0.820	0.811	0.76	0.714	0.99	0.94	0.93
	" 3次	1.29	1.244	1.15	1.088	0.96	0.94	0.89
構造減衰 (対数減衰率)	鉛直たわみ1次	0.06～0.12	—	—	0.105	—	—	—
	" 2次	0.06～0.07	—	—	0.08	—	—	—

舗装前：クレーン加振

舗装後：（固有振動数）：起振機加振， （構造減衰）：クレーン加振

(1) 鉛直たわみ1次～3次の固有振動数は舗装前後で約1割程度低下する。

(2) 固有振動数の実測値と計算値を比較すると、舗装前では計算値は実測値より1～6%小さいのに対して、舗装後は6～10%小さくなり、その差は拡大している。計算は舗装前後で重量の変化のみを考慮しており、差が拡大していることから、従来から言われているように舗装・地覆の影響が重量ばかりでなく剛性にも及んでいるものと推定される。

(3) 構造減衰については、鉛直たわみ1次振動の場合はバラツキが大きいため比較が難しいが、2次振動の場合は平均値で比較すると若干大きくなっていると言える。

舗装・地覆の構造減衰に及ぼす影響としては質量変化による見掛け上の減衰低下と材料の内部減衰による減衰増加が考えられる。簡単な1自由度系で質量・剛性などの変化の影響を見てみると以下のとおりである。

$$(\text{舗装前}) \quad m_1 \ddot{x} + c_1 \dot{x} + k_1 x = 0 \longrightarrow \delta_1 \propto \frac{c_1}{\sqrt{m_1 k_1}}$$

$$(\text{舗装後}) \quad m_2 \ddot{x} + c_2 \dot{x} + k_2 x = 0 \longrightarrow \delta_2 \propto \frac{c_2}{\sqrt{m_2 k_2}}$$

$$m_1 < m_2 \text{ のとき} \quad \delta_1 > \delta_2$$

$$k_1 < k_2 \text{ のとき} \quad \delta_1 > \delta_2$$

$$c_1 < c_2 \text{ のとき} \quad \delta_1 < \delta_2$$

今回、舗装前後で質量増加があり、また固有振動数の変化から剛性増加が考えられるのでこれらは舗装後の減衰率低下をもたらす。しかし今回の実測結果は逆の傾向を示しており内部減衰その他の要因の影響が考えられるが、これ以上の詳細な検討は今回の実験データからは難しい。

5. 箱桁橋の振動特性のまとめ

土木研究所で実施した3ケ年の振動実験と他機関での調査結果を表-5.1に示した。

これらの結果をもとに、箱桁橋の鉛直たわみ1次振動の振動特性について以下にとりまとめた。

(1) 固有振動数

スパン長とたわみ1次振動の固有振動数の関係を図-5.1に示した。図中には経験的な推定式 $f=100/l$ も併記しており、大略一致している事が読みとれる。

また、計算値と実測値の比較をしたのが図-5.2であり、データはやや少ないけれども、従来から知られているように計算値の方が約1割ほど小さな値になっている。

(2) 構造減衰

スパン長とたわみ1次振動の構造減衰の関係を図-5.3に示した。図中には比較のために斜張橋の実測値と、本四連絡橋・耐風設計基準⁷⁾における充腹補剛桁斜張橋の規定値も示してある。箱桁橋の構造減衰は $\delta=0.06\sim0.11$ となっており、斜張橋に比べ一様に大きな値を示した。すなわち、箱桁橋の構造減衰値は斜張橋の構造減衰値を上回り、本四連絡橋・耐風設計基準の充腹補剛桁を有する吊橋・斜張橋に対する構造減衰規定値より大きめの値を用いてもよいものと考えられる。

表 - 5.1 箱桁橋の振動実験例

橋 梁		撫 養 橋	塩浜工区鋼箱桁橋	日 守 大 橋	門 崎 高 架 橋	門 崎 高 架 橋	泊 大 橋
ス パ ン 割 [m]		107.0 + 160.0 + 160.0 + 107.0	54.3 + 70.0 + 120.0 + 96.3	87.9 + 119.2 + 87.9	108.0 + 108.0 + 108.0	149.6 + 190.4 + 190.4 + 149.6	92.0 + 170.0 + 92.0
加 振 方 法		トラック・クレ ーン, 起振機 自由減衰波形	起 振 機 自由減衰波形	起 振 機 自由減衰波形	起 振 機 共 振 曲 線	トラック・クレーン 自由減衰波形	トラック走行 自由減衰波形
構 造 特 性	たわみ1次	0.50 Hz 0.10 (0.08~0.14)	0.90 Hz 0.07 (0.06~0.08)	0.85 Hz 0.11 (0.09~0.12)	0.93 Hz 0.08	0.477 Hz 0.06 (0.02~0.10)	0.80~0.86 Hz (0.03~0.15)
	上段: 固有振動数 たわみ2次	0.76 Hz 0.08 (0.07~0.11)	1.42 Hz 0.08 (0.07~0.09)	1.26 Hz 0.07 (0.07~0.08)	1.16 Hz 0.05	0.644 Hz 0.04 (0.01~0.07)	1.44 Hz
	下段: 対数減衰率 たわみ3次	1.15 Hz 0.11 (0.08~0.14)	2.20 Hz 0.12 (0.11~0.13)	1.62 Hz 0.09 (0.07~0.09)	1.62 Hz 0.04	0.844 Hz 0.03 (0.01~0.05)	1.97 Hz

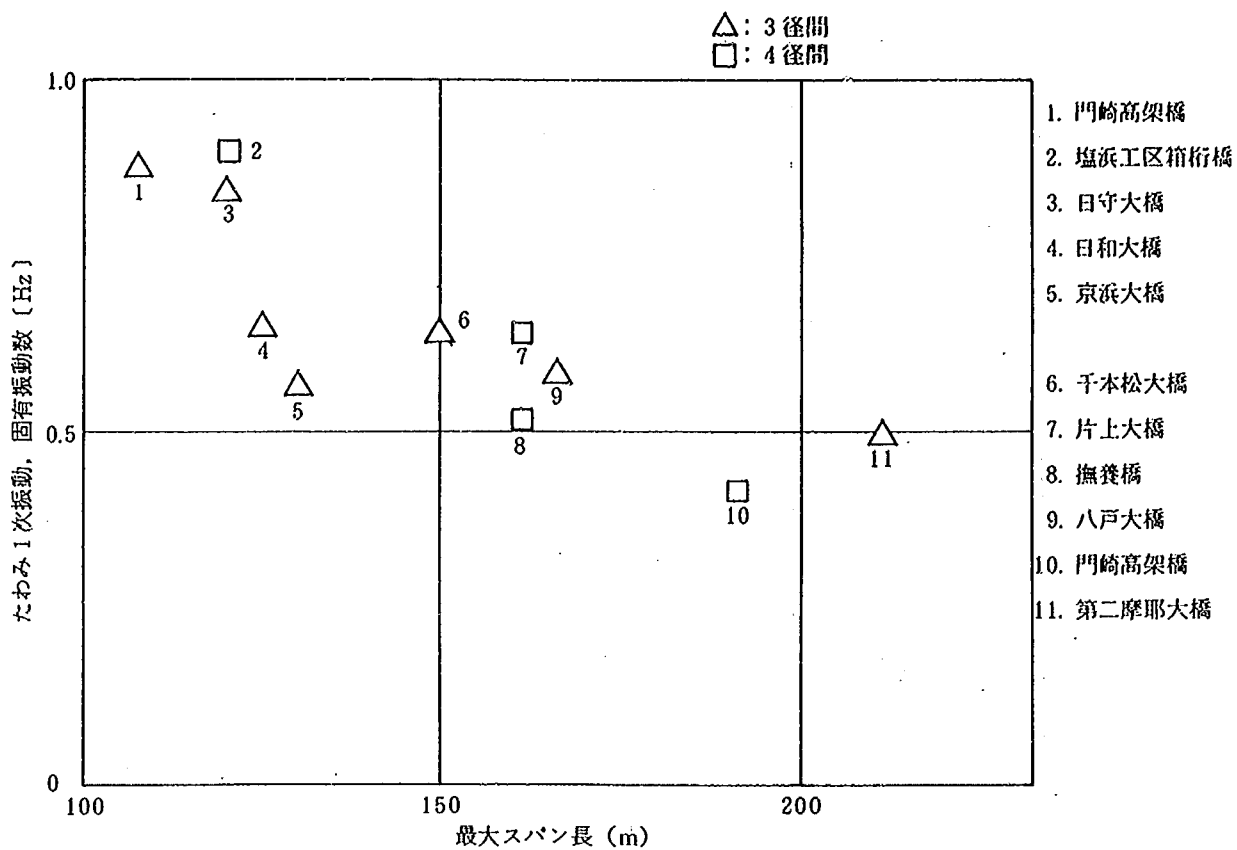


図- 5.1 箱桁橋の固有振動数 (たわみ 1 次振動)

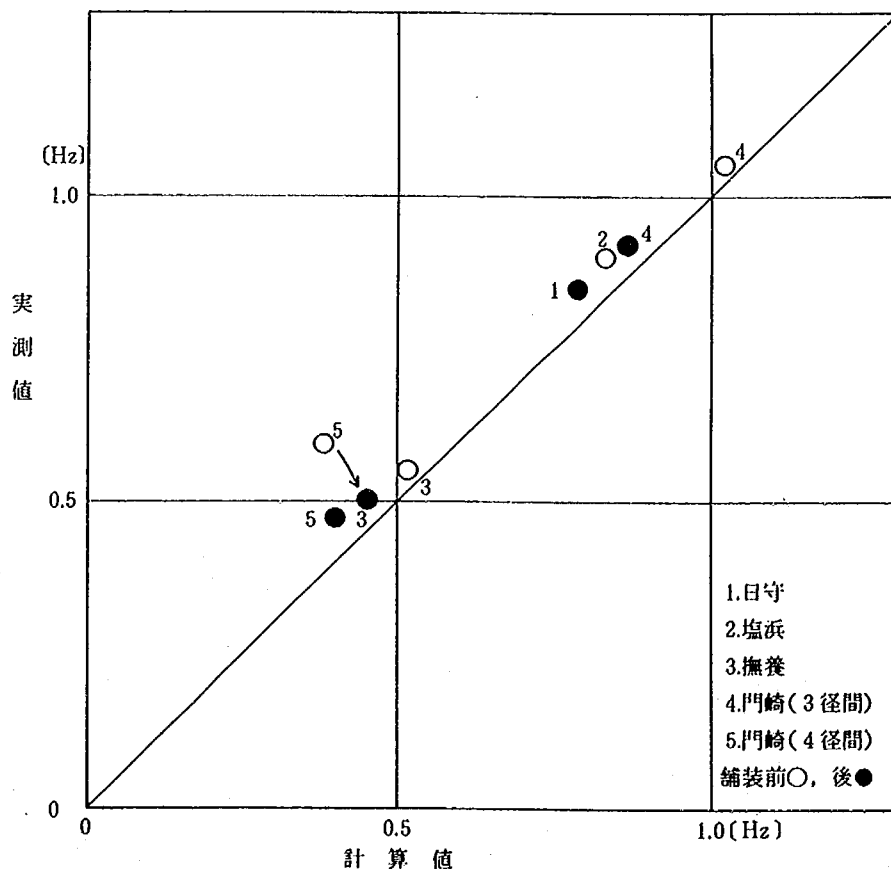
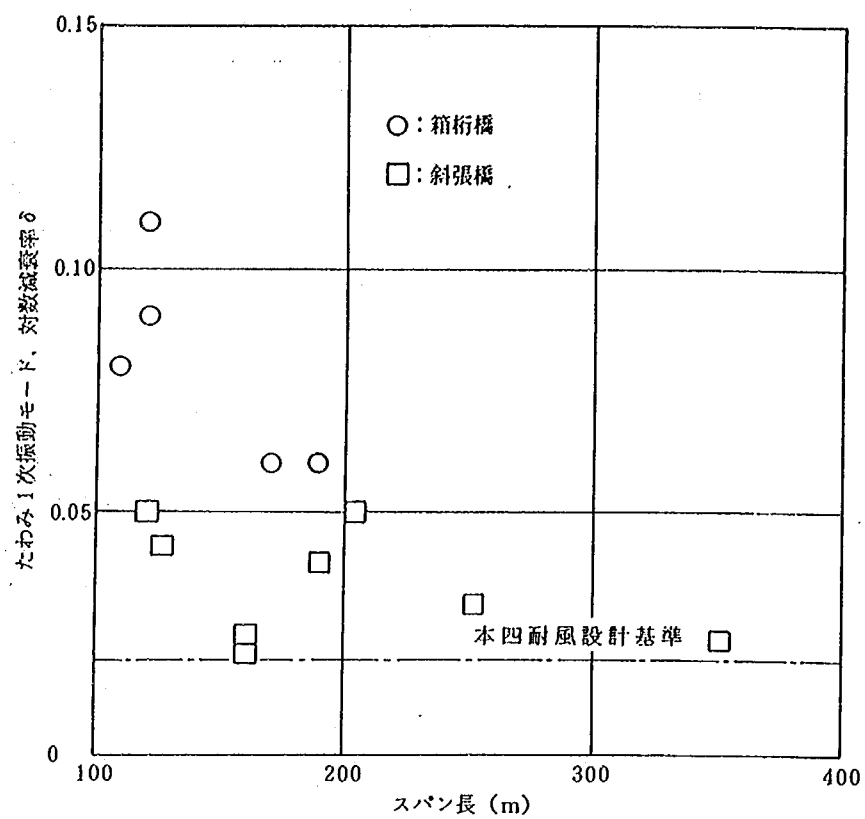


図- 5.2 固有振動数 (たわみ 1 次) の計算値と実測値



図－ 5.3 箱桁橋の構造減衰（たわみ 1 次振動）

謝 辞

本実験を行うにあたり、本州四国連絡橋公団鳴門工事事務所田中淳之所长、秋山晴樹工事長はじめ関係各位から多大な協力を得た。ここに記して、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 横山功一, 中神陽一, 永原隆; 「箱桁橋の振動実験」, 土木技術資料 第28巻, 第4号, (1986.4)
- 2) 建設省土木研究所構造橋梁部構造研究室; 「日守大橋振動実験報告書」, 土木技術資料 第2251号, (1985.9)
- 3) 建設省土木研究所構造橋梁部構造研究室; 「塩浜工区鋼箱桁橋振動実験報告書」, 土木研究所資料 第2382号, (1986年5月)
- 4) 田中淳之, 測田政信, 岩屋勝司; 「大鳴門橋振動実験の報告」, 本四技報1月号, 1986
- 5) 阪本浩, 永井康平, 坂田弘, 江草拓; 「泊大橋建設工事の概要と風に対する検討」土木学会論文集 第373号/VI-5, 1986年9月
- 6) E. Koger (前田研一, 米田昌弘訳); 「Tjörn 橋の耐風検討」, 橋梁と基礎84-7, 1984年7月
- 7) 本州四国連絡橋公団; 「本州四国連絡橋耐風設計基準 (1976) ・同解説」 (1976.3)

参考資料「舗装前の撫養橋振動特性」

(「撫養橋振動実験」昭和61年6月本州四国連絡橋公団撫養橋上部工架設工事日立・瀧上共同企業体より抜粋)

1. 概要

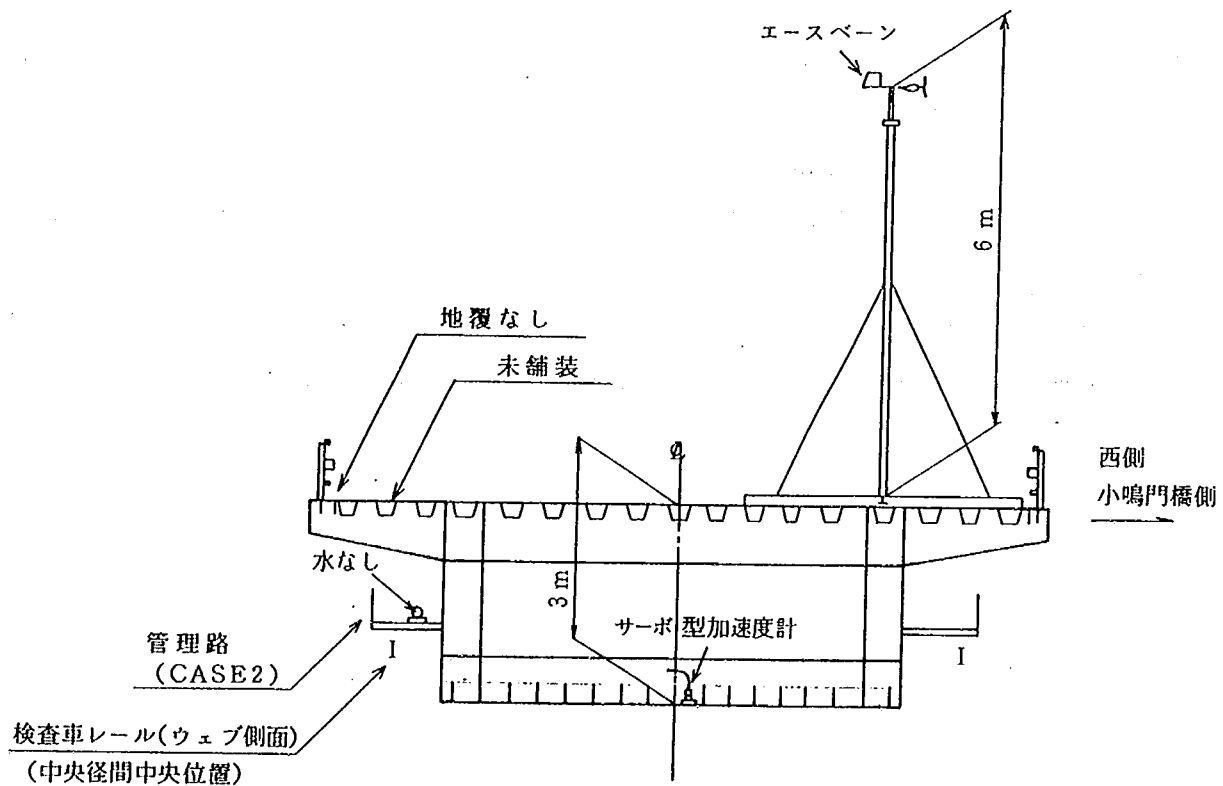
撫養橋の上部工工事中(舗装前)の昭和61年3月に行なわれた振動実験。

2. 実験内容

下記の方法により固有振動特性を調査した。

- (a) 常時微動測定
- (b) クレーン後輪落下による加振実験
- (c) クレーンブームによる加振実験

なおこの時の橋梁の状況は図一参1のとおりであった。



図一参1 実験時断面概略図

3. 実験結果

(1) 固有振動数……表一参1

固有振動数は1次振動モード以外は計算値とほぼ一致している。1次振動モードでは実測値の方が計算値より10%程度大きい。

(2) 固有振動モード……図一参2

(3) 構造減衰(対数減衰率)……図一参3

クレーンブーム加振後の自由減衰振動波形から鉛直曲げ1次、2次の対数減衰率を求めた。
対象振幅範囲は片振幅で3～4 mm 以下である。

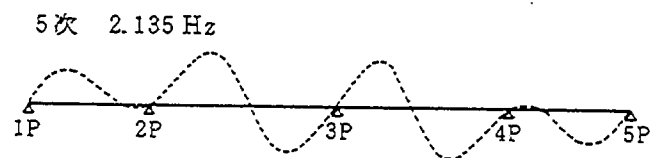
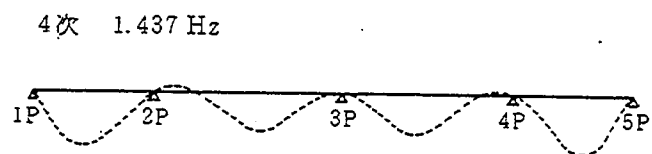
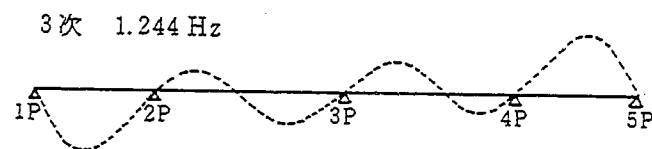
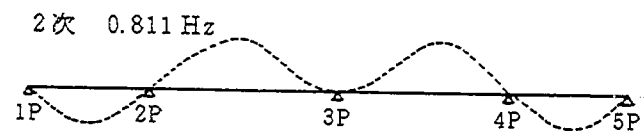
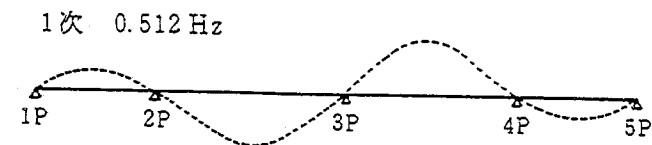
鉛直曲げ振動の構造減衰は1次振動モードで0.06～0.12、2次振動モードで0.06～0.07である。

表－参 1 (1) 固有振動数（鉛直曲げ振動）

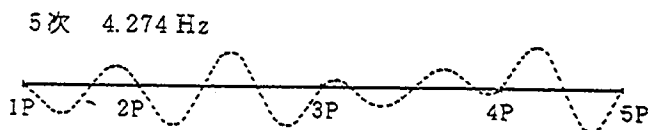
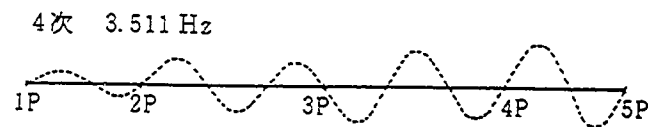
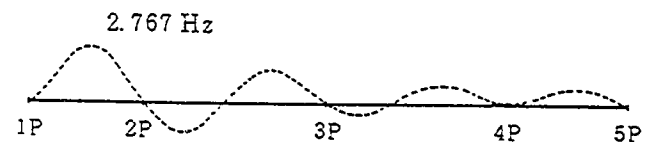
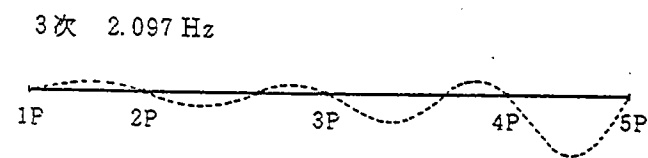
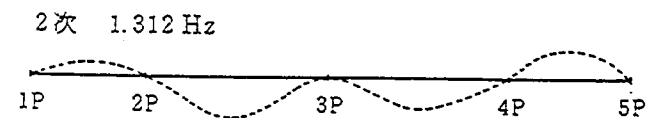
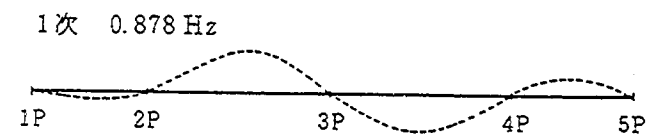
振動次数	常時微動 (EXP)	人力orクレーン 加 振	有 風 時	計 算 値 (CAL)	EXP / CAL
1 次	0.586	0.547	0.547	0.512	1.14
2 次	0.859	0.820	0.840	0.811	1.06
3 次	1.31	1.29	1.21 1.35	1.244	1.05
4 次	1.45	1.41	1.41	1.437	1.01
5 次	2.11 2.25	2.15	2.15	2.135	0.99 1.05

表－参 1 (2) 固有振動数（水平曲げ振動）

振動次数	常時微動 (EXP)	人力orクレーン 加 振	有 風 時	計 算 値 (CAL)	EXP / CAL
1 次	0.996	—	0.977	0.878	1.13
2 次	1.35	—	1.33	1.312	1.03
3 次	2.27	—	1.99 2.15	2.097	1.08
4 次	3.42 3.65	—	3.38 3.67	3.511	0.97 1.04
5 次	—	—	4.38	4.274	—

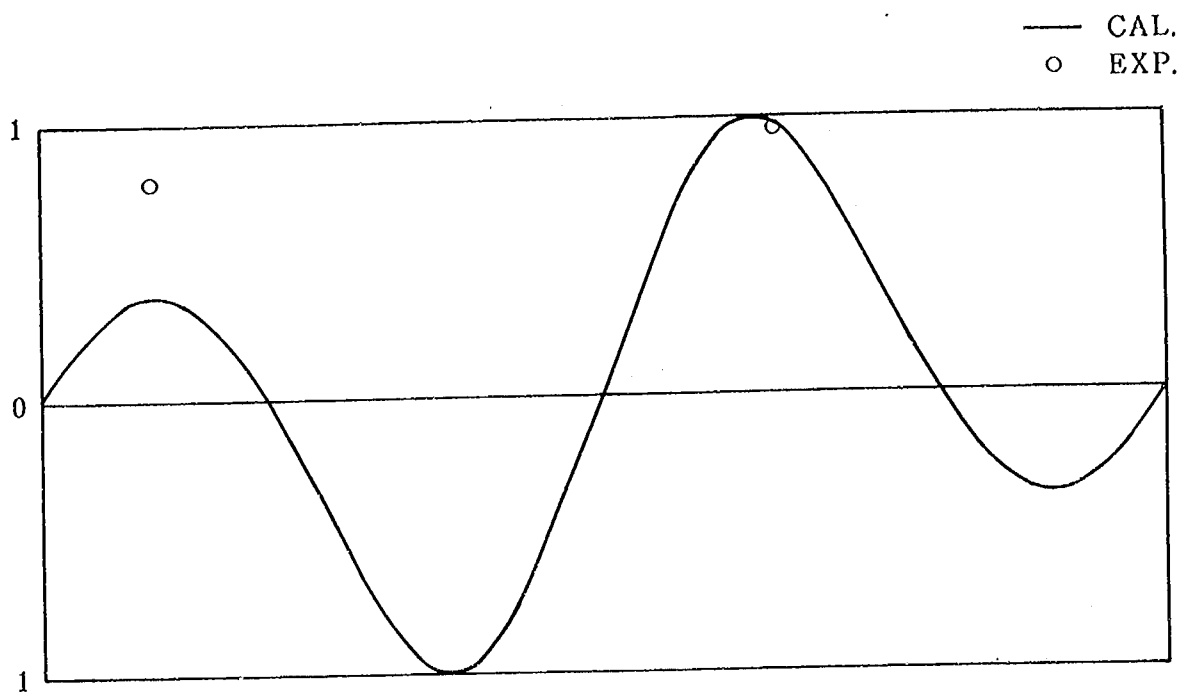


(a) 鉛直曲げ振動

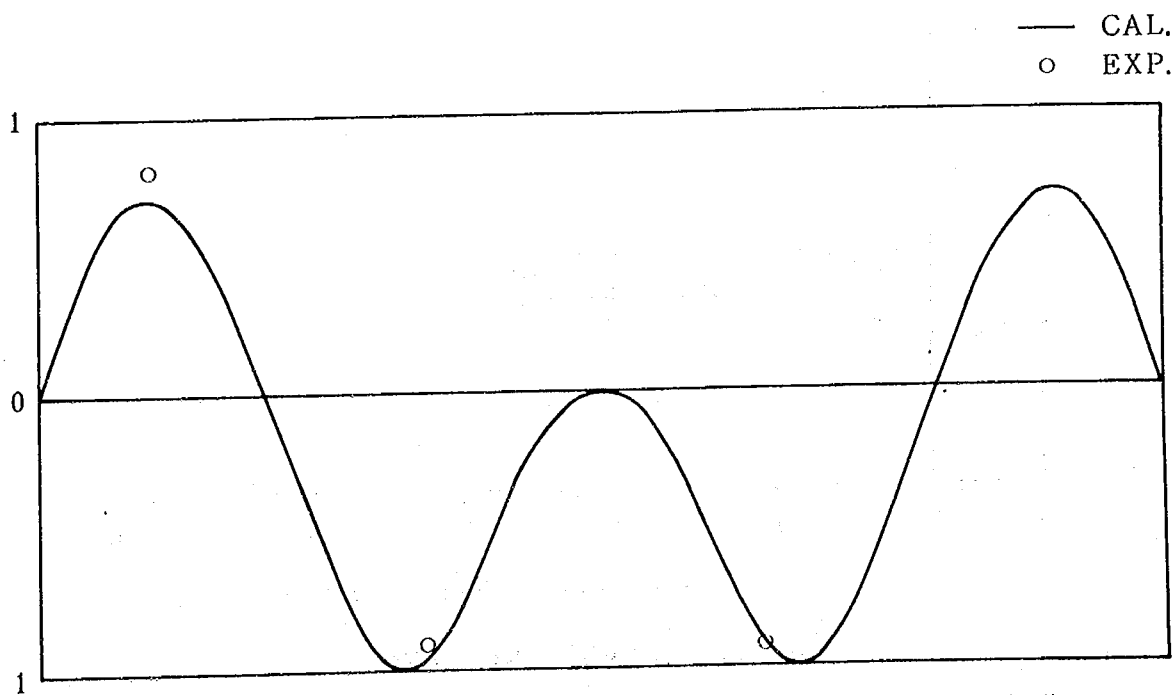


(b) 水平曲げ振動

図-参2 (1) 固有振動モード (計算値)



モード No1 (BENDING) 1次振動モード
 FREQ. (Cal.)=.512(Hz) (Exp.)=.546875(Hz)



MODE No2 ## (BENDING) 2次振動モード
 FREQ. (Cal.)=.811(Hz) (Exp.)=.820313(Hz)

図-参2(2) 固有振動モード

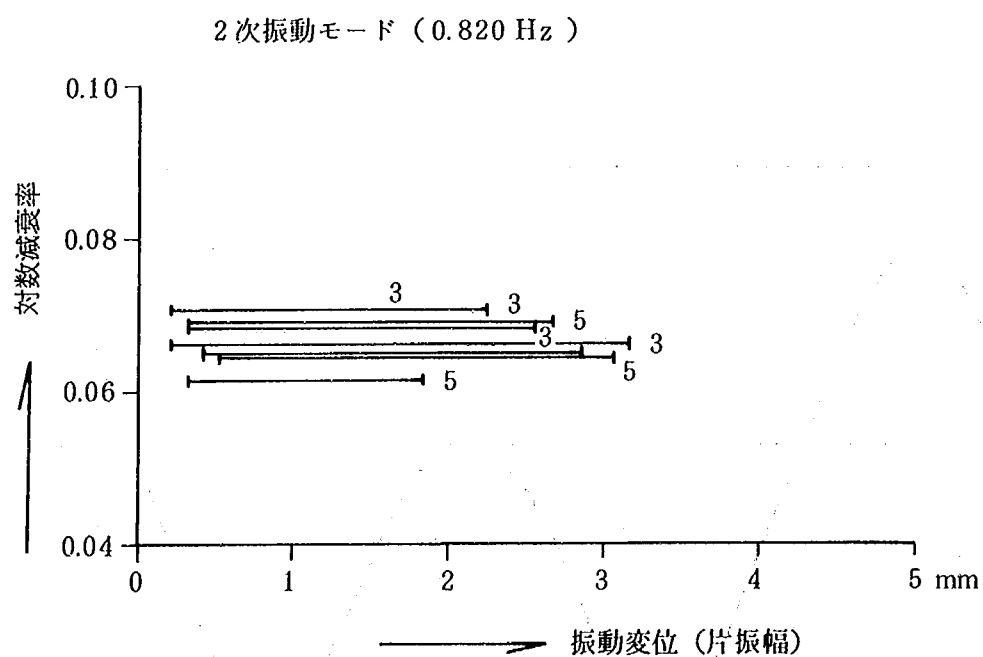
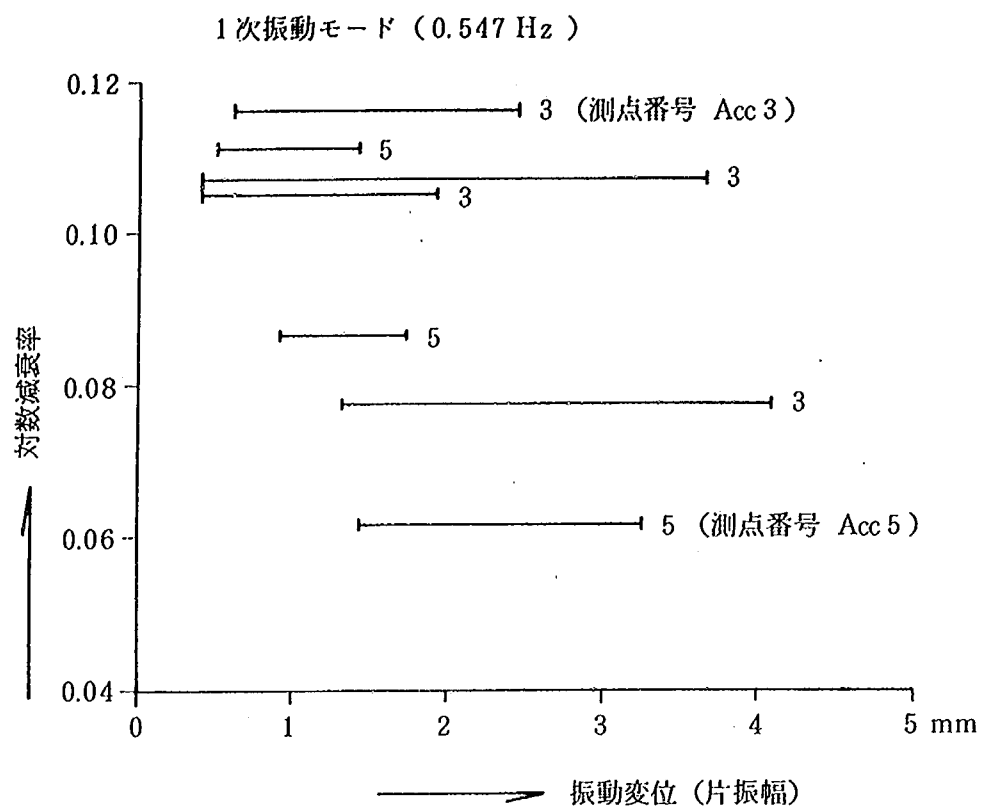
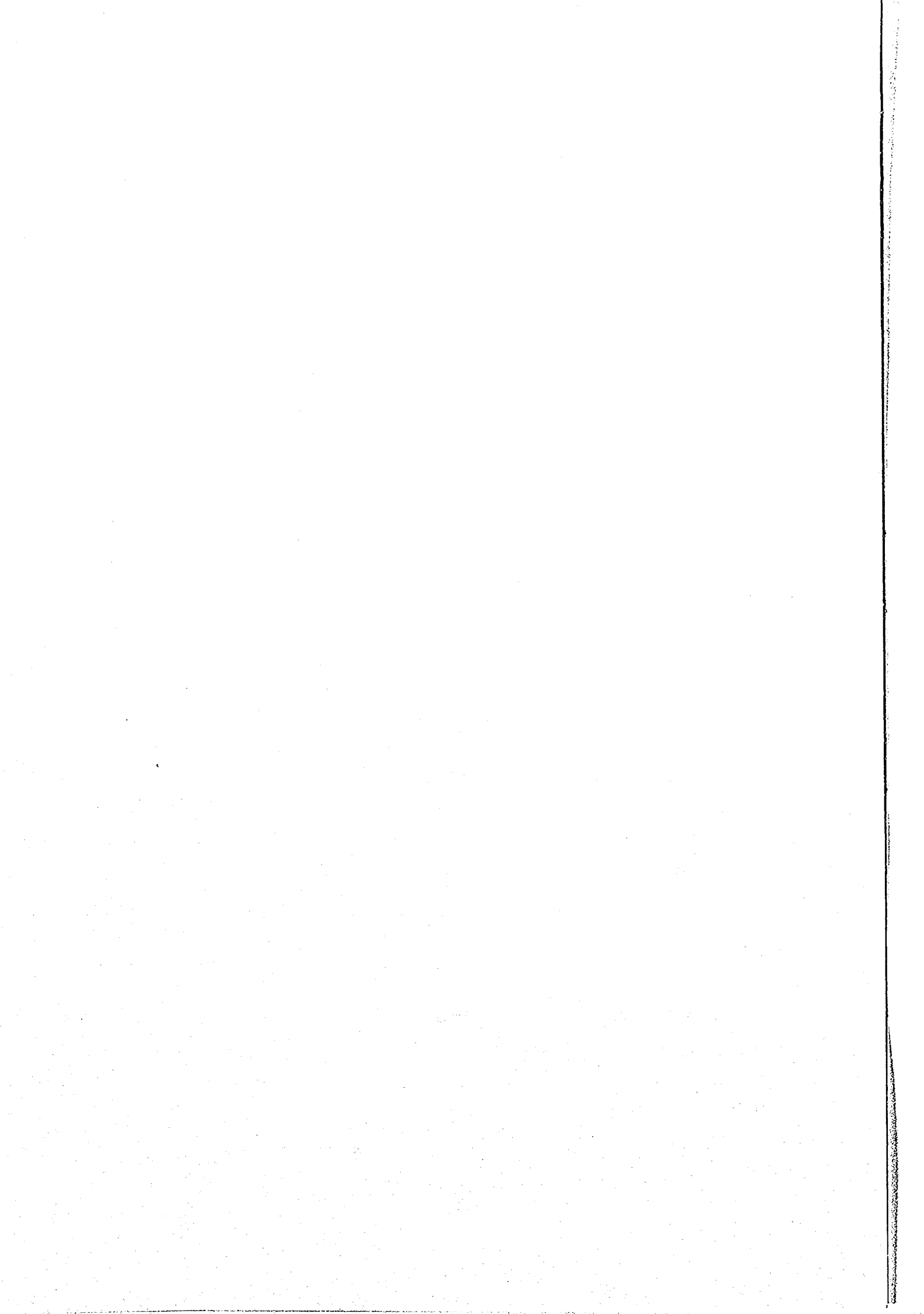


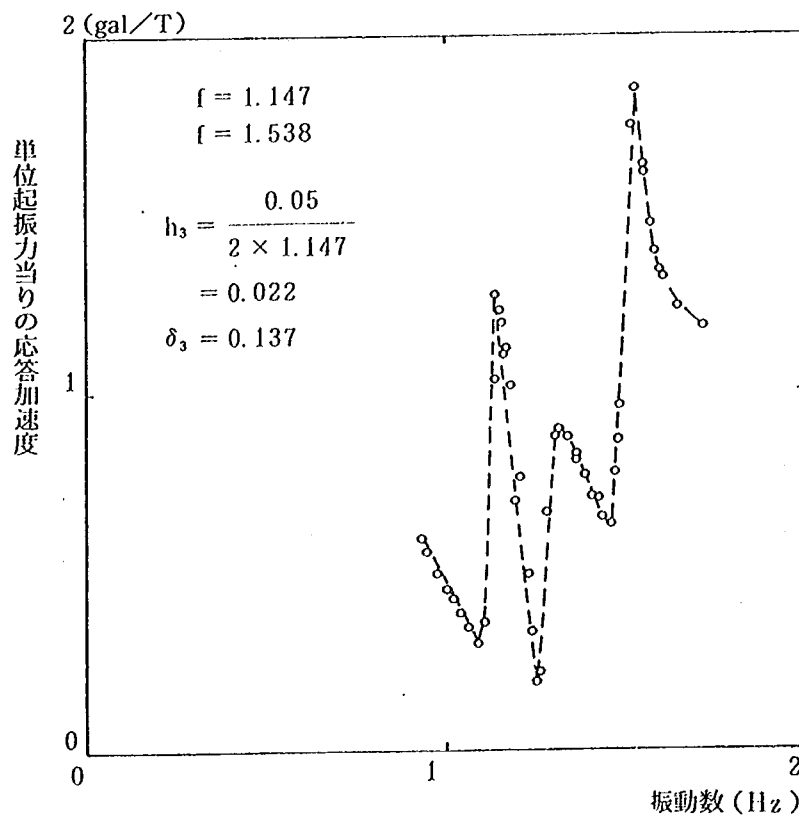
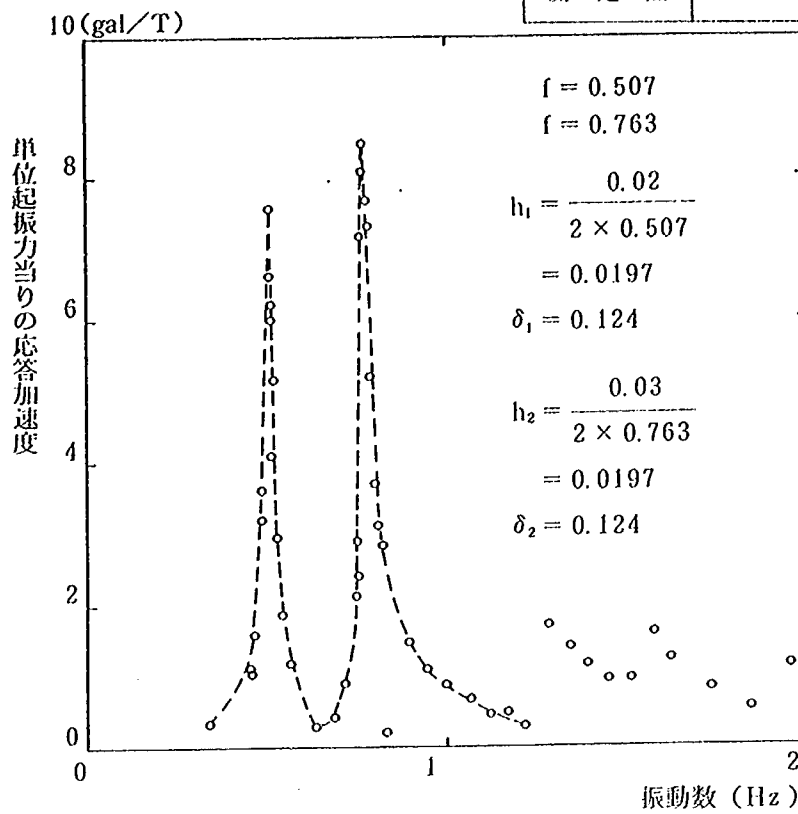
図-参3 構造減衰 (対数減衰率)

付 属 資 料

1. 起振機加振による共振曲線
2. 振幅～波数曲線, 自由減衰振動波形
3. 常時微動のパワースペクトル

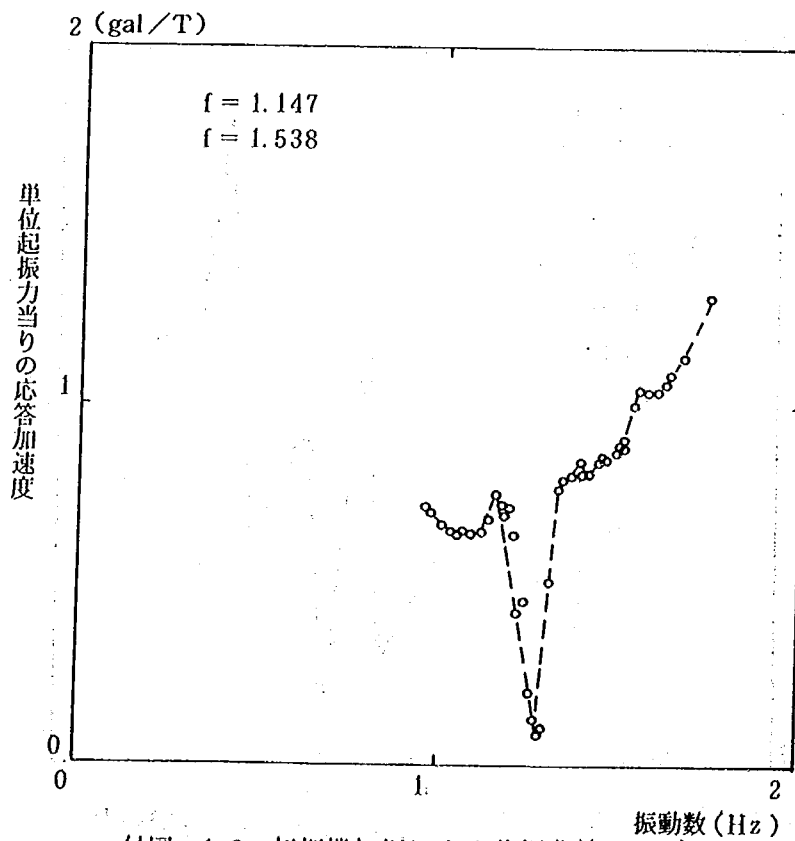
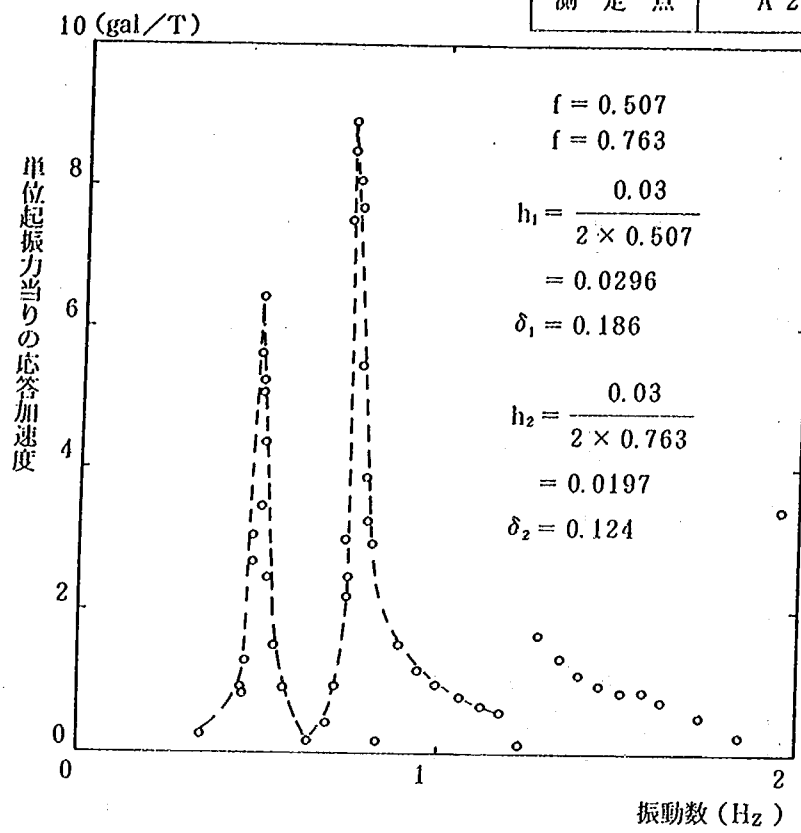


加振モード	たわみ
測定点	A 1



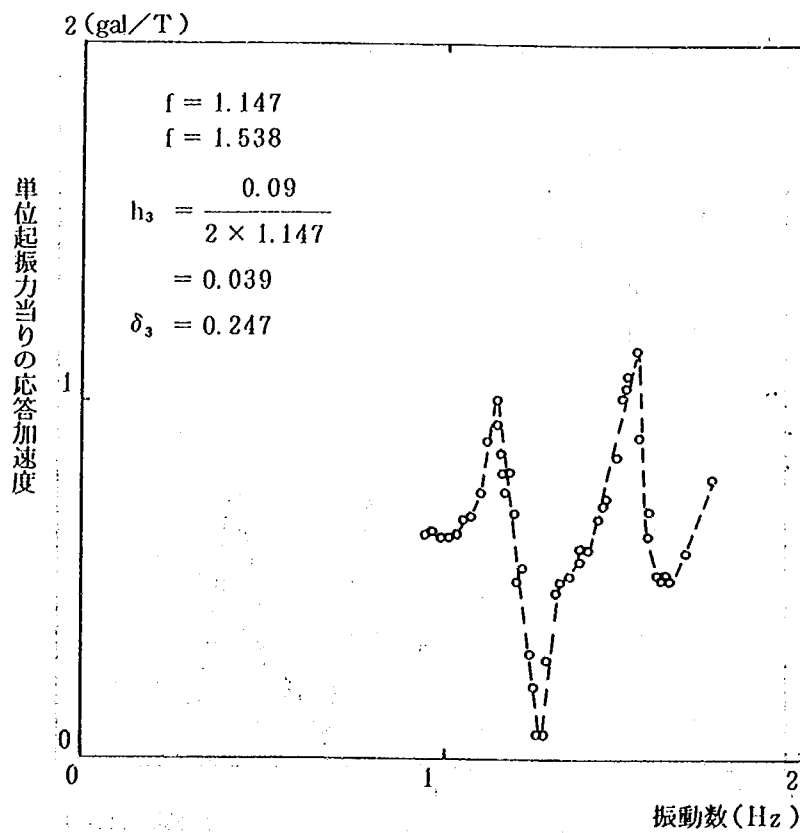
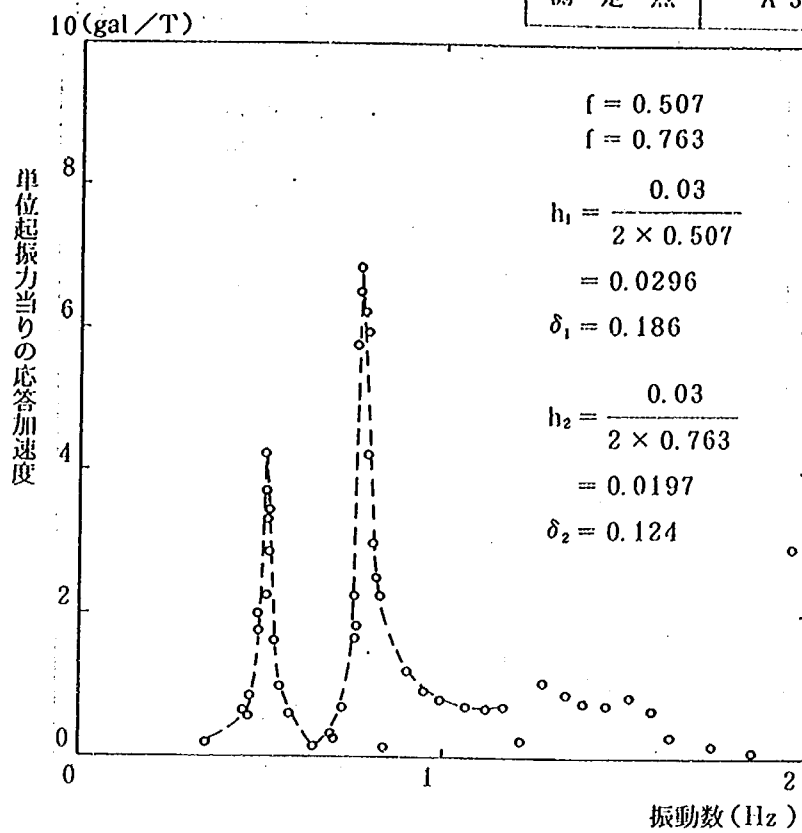
付図-1.1 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	A 2



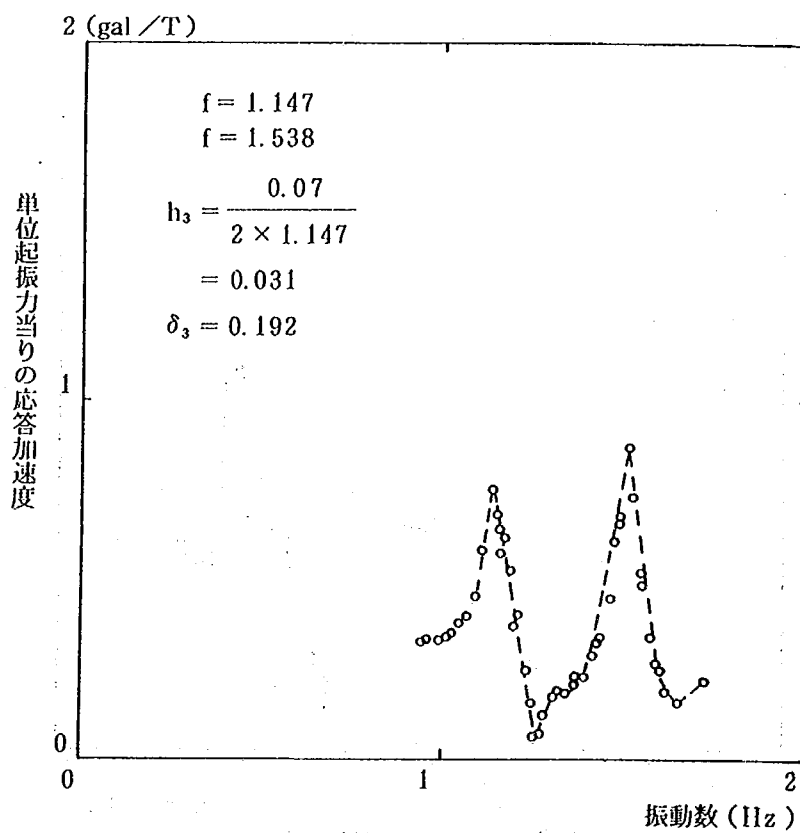
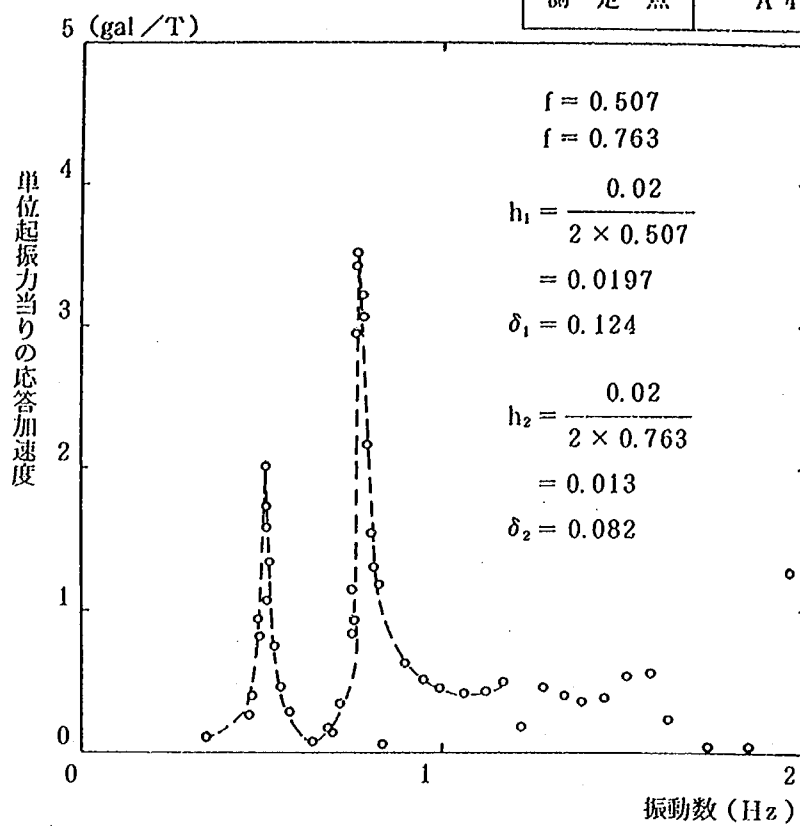
付図-1.2 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	A 3



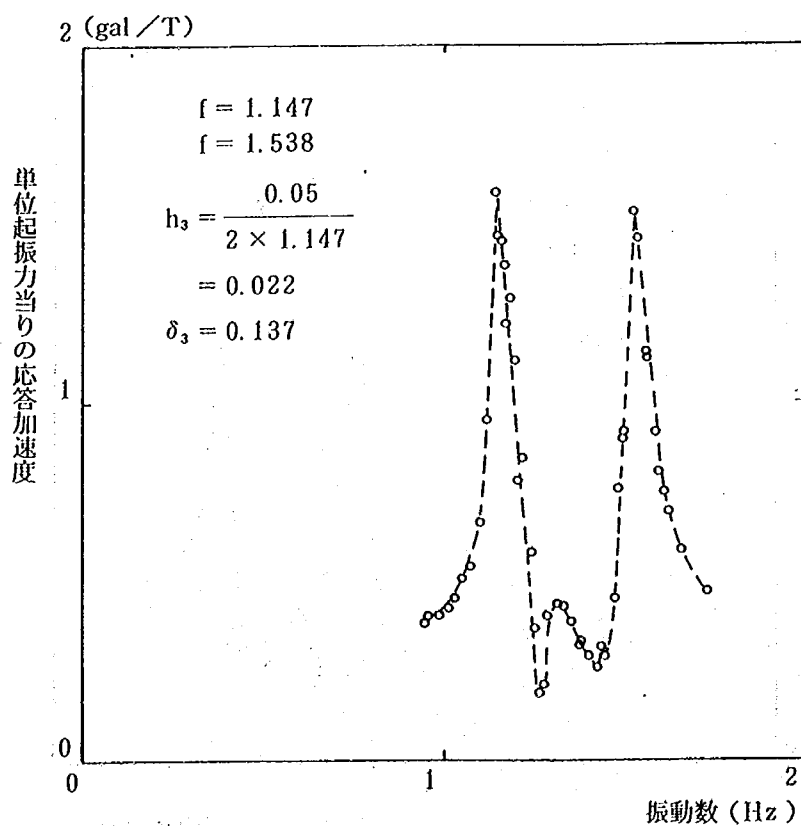
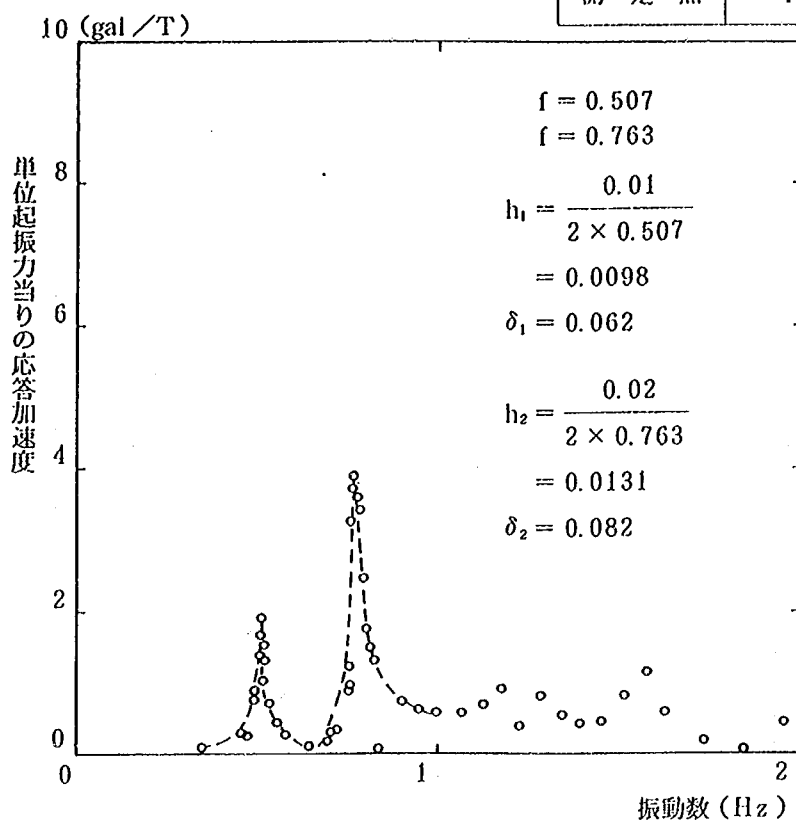
付図-1.3 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	A 4



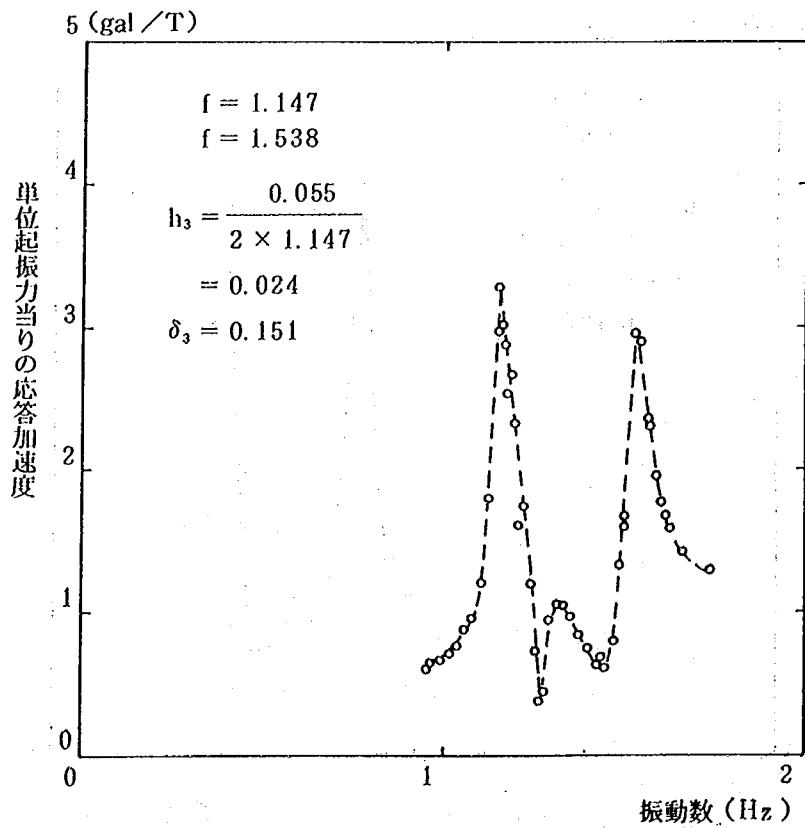
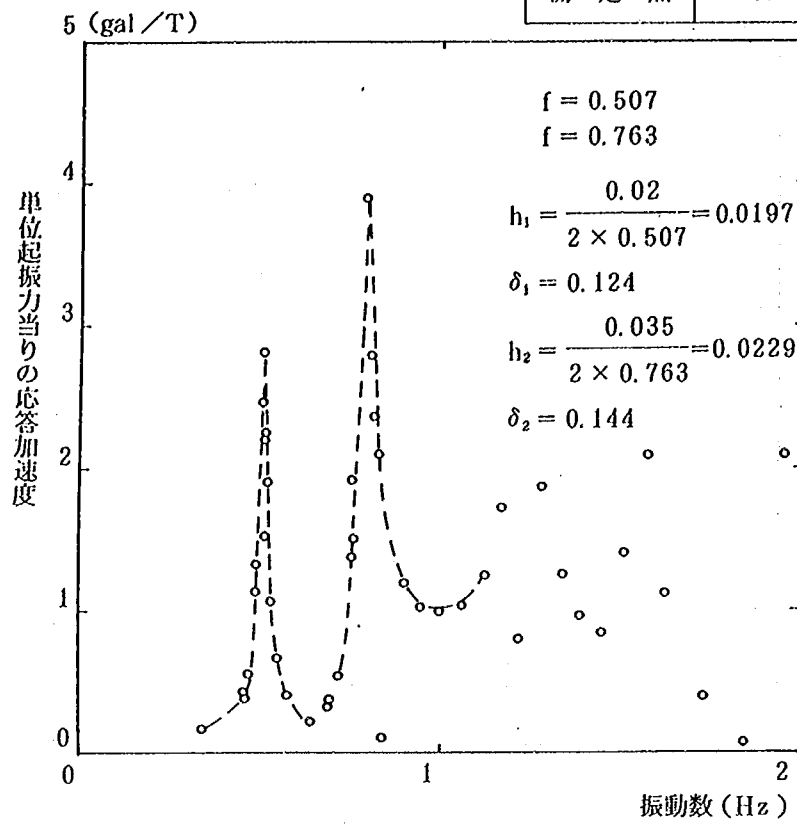
付図-1.4 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	A 5



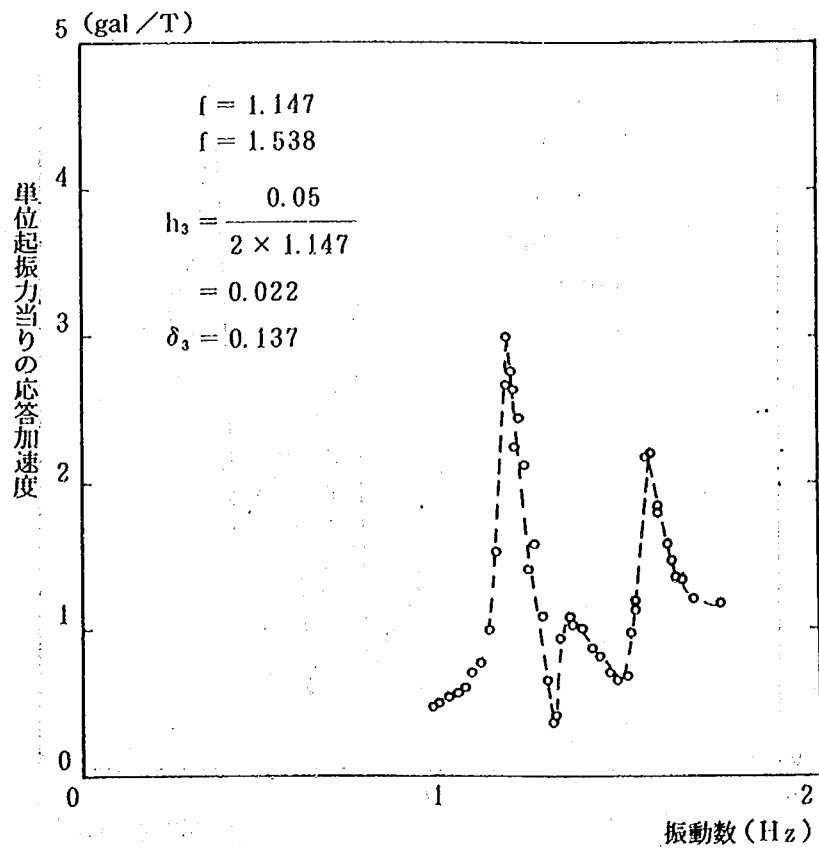
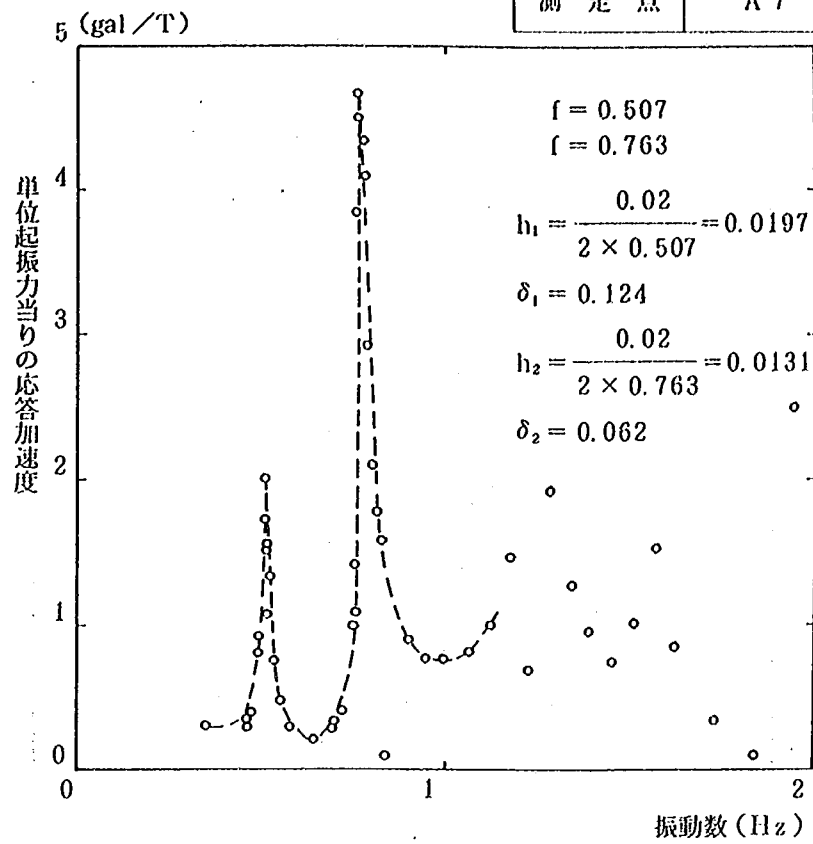
付図-1.5 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	A 6



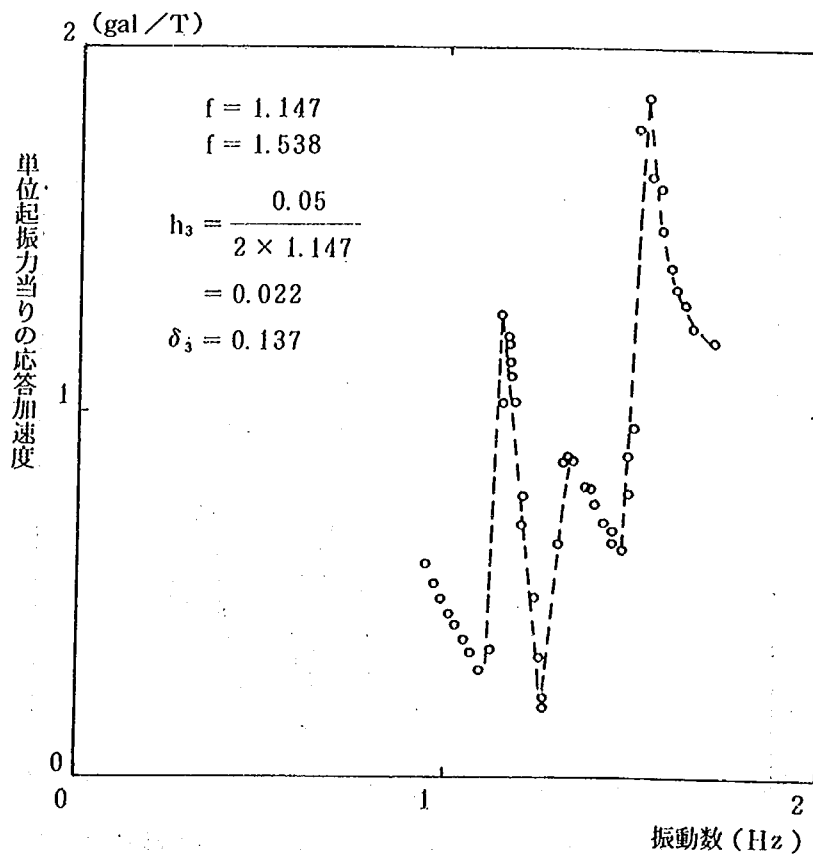
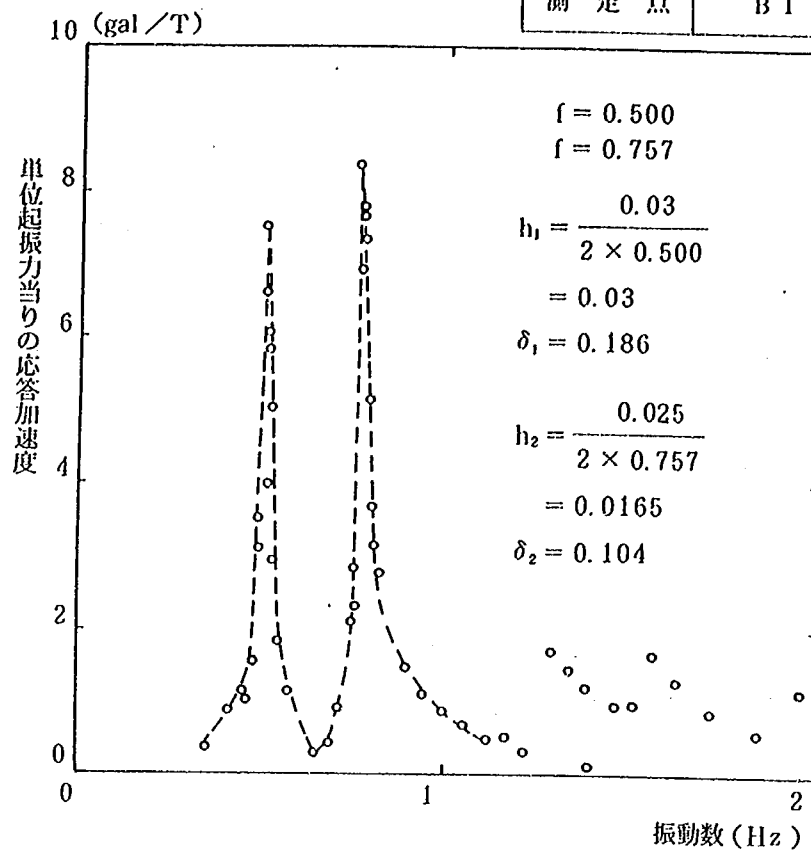
付図-1.6 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	A 7



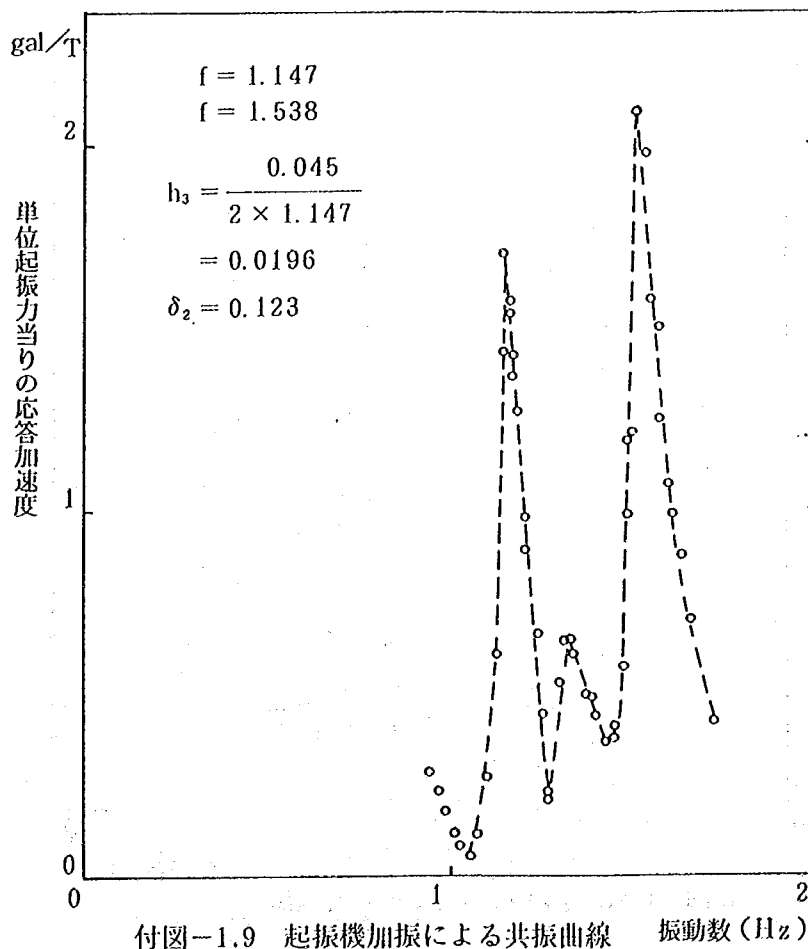
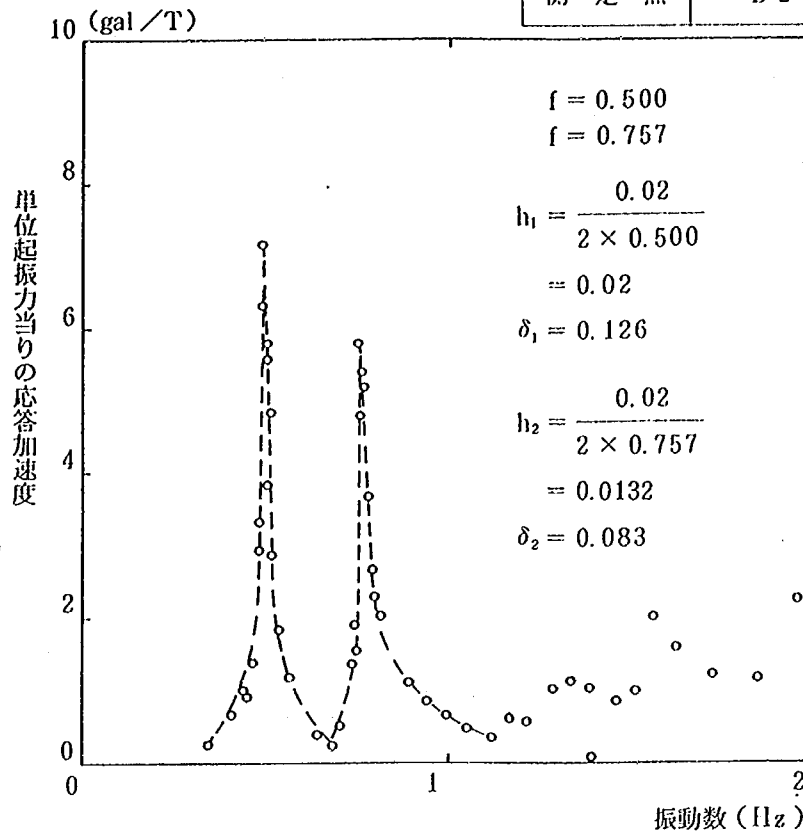
付図-1.7 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	B 1



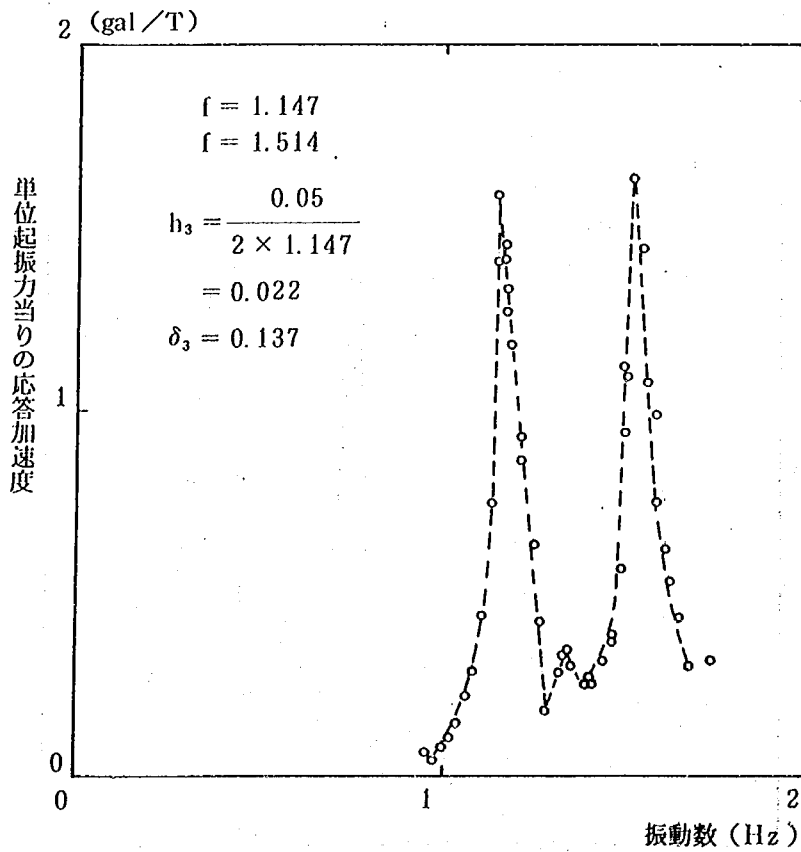
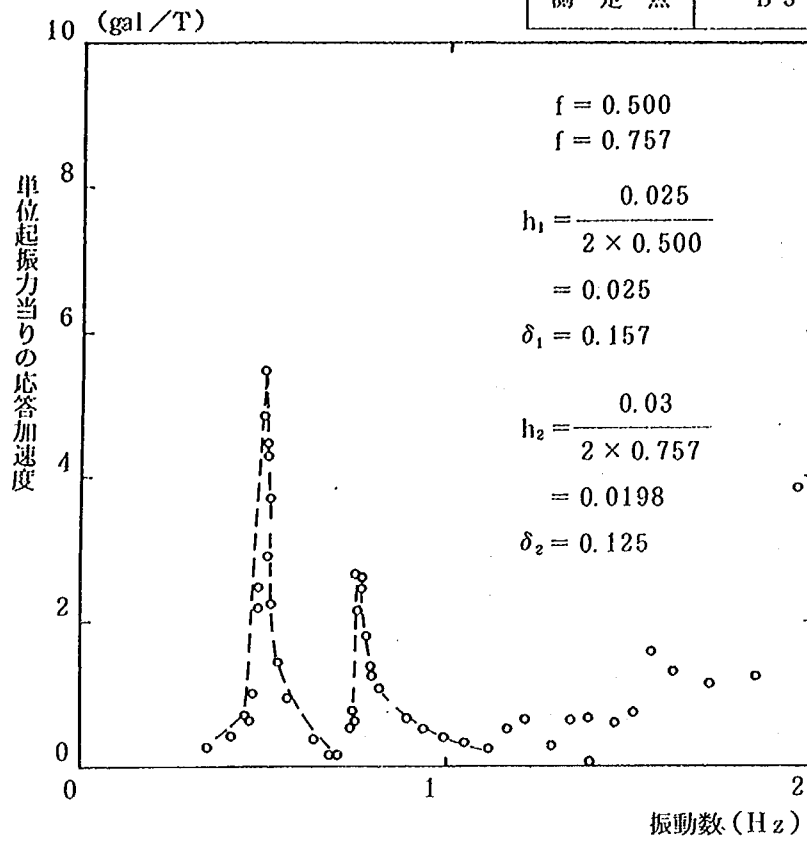
付図-1.8 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	B 2



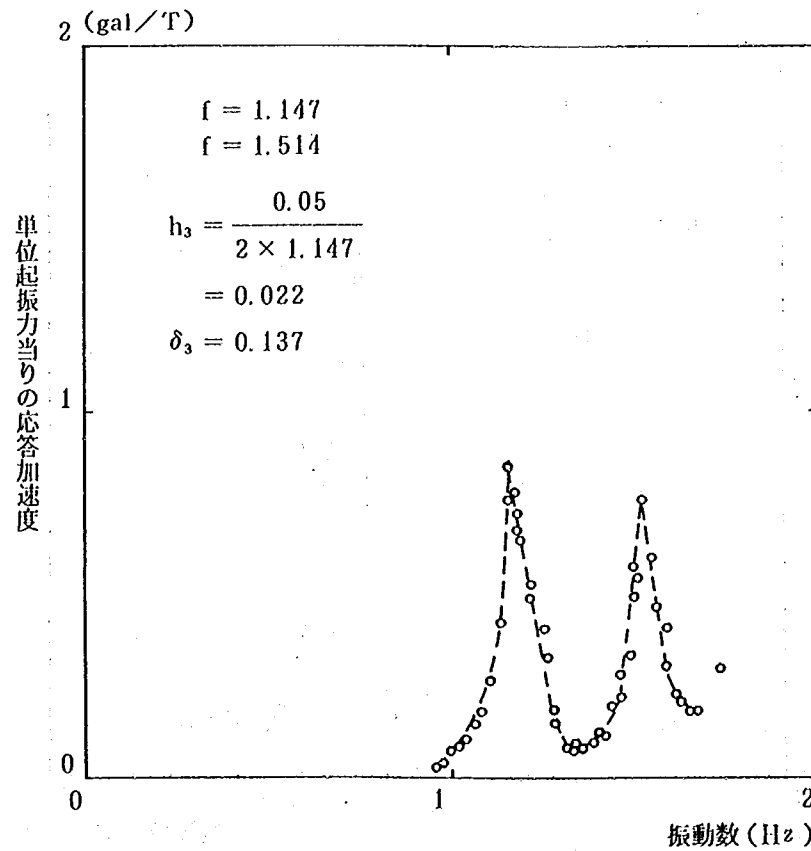
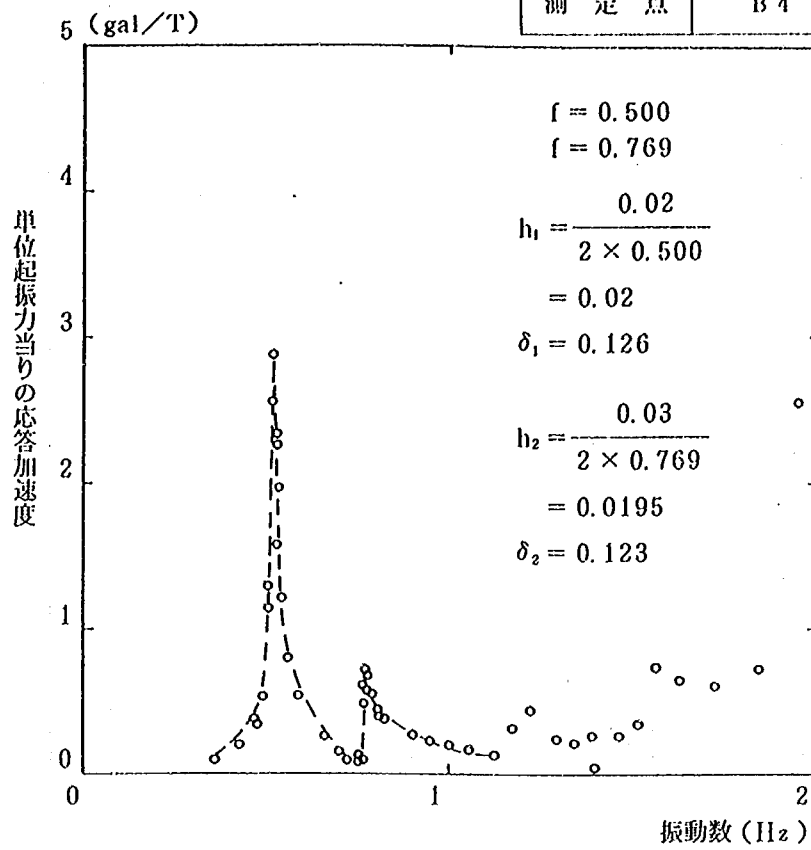
付図-1.9 起振機加振による共振曲線

加振モード	た わ み
測 定 点	B 3



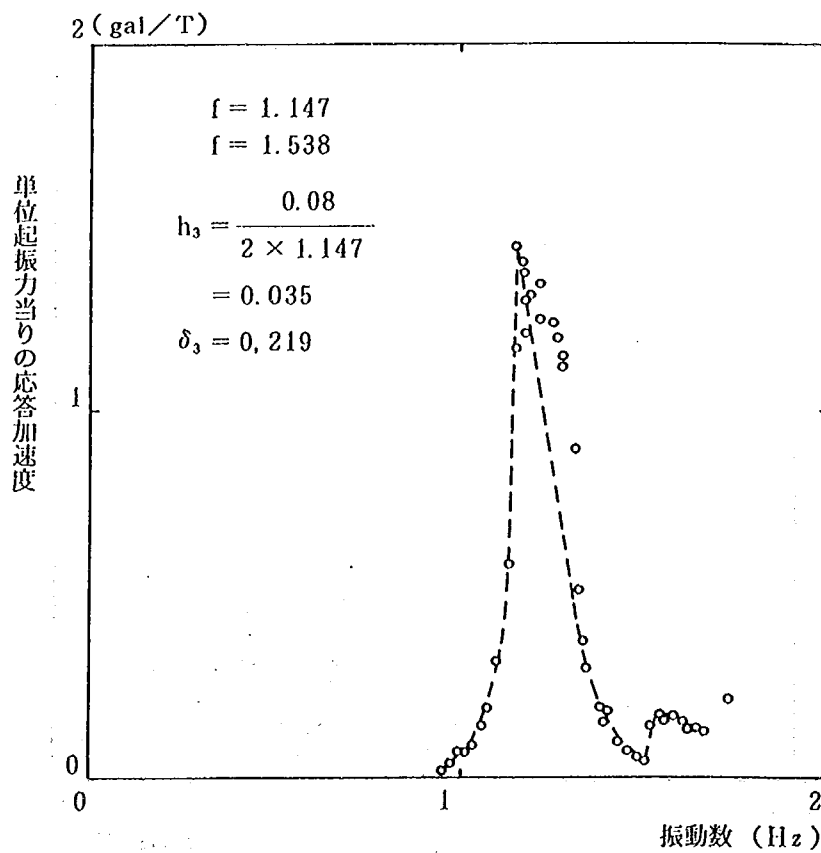
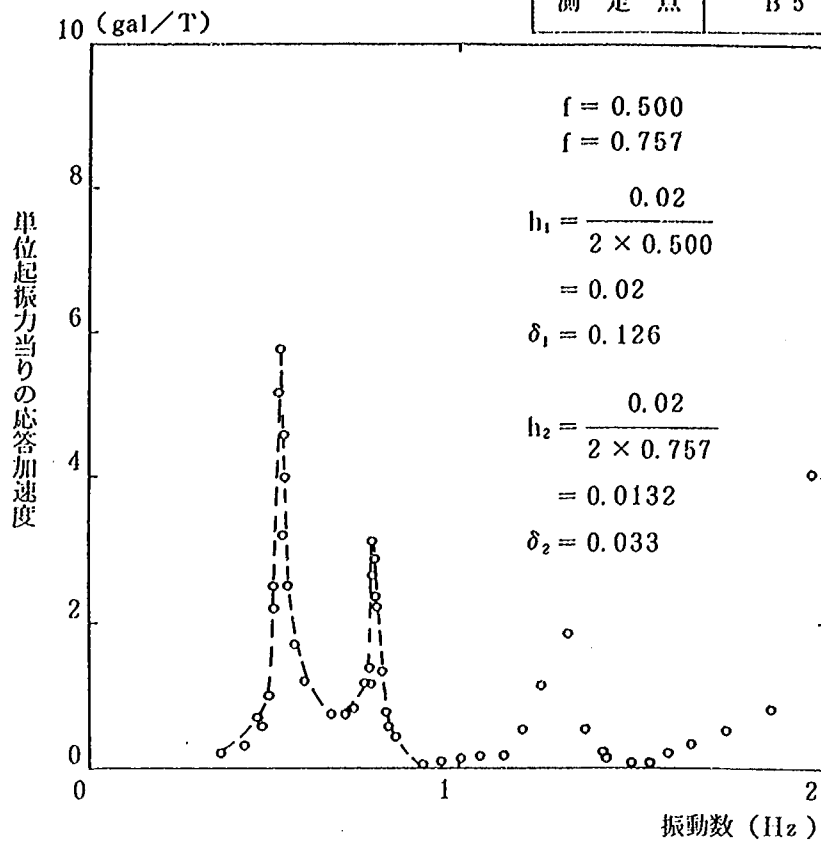
付図-1.10 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	B 4



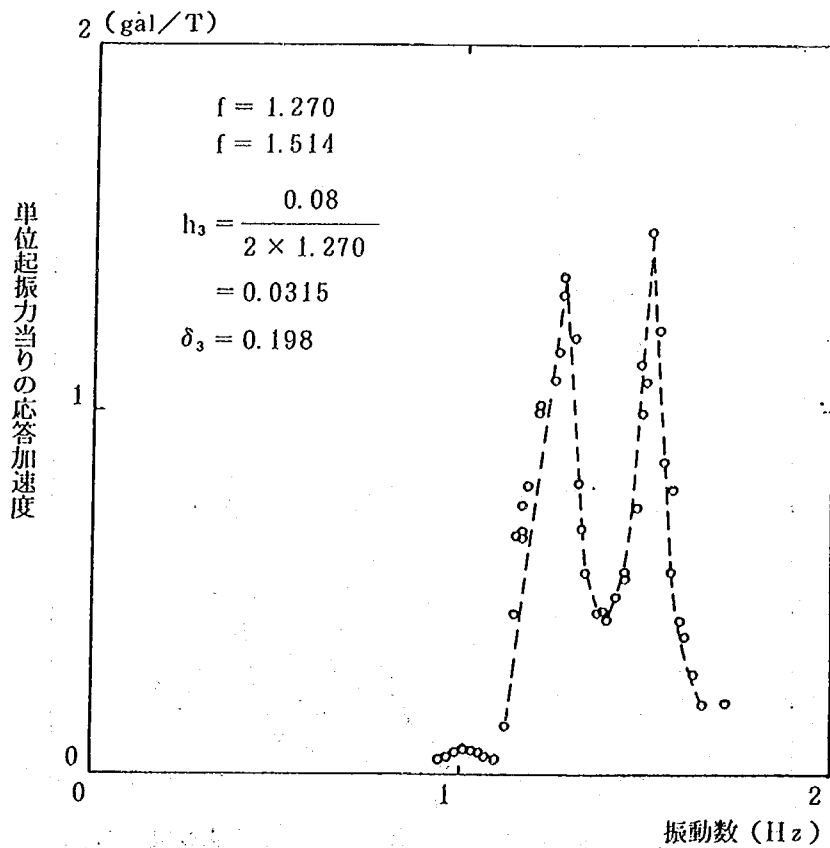
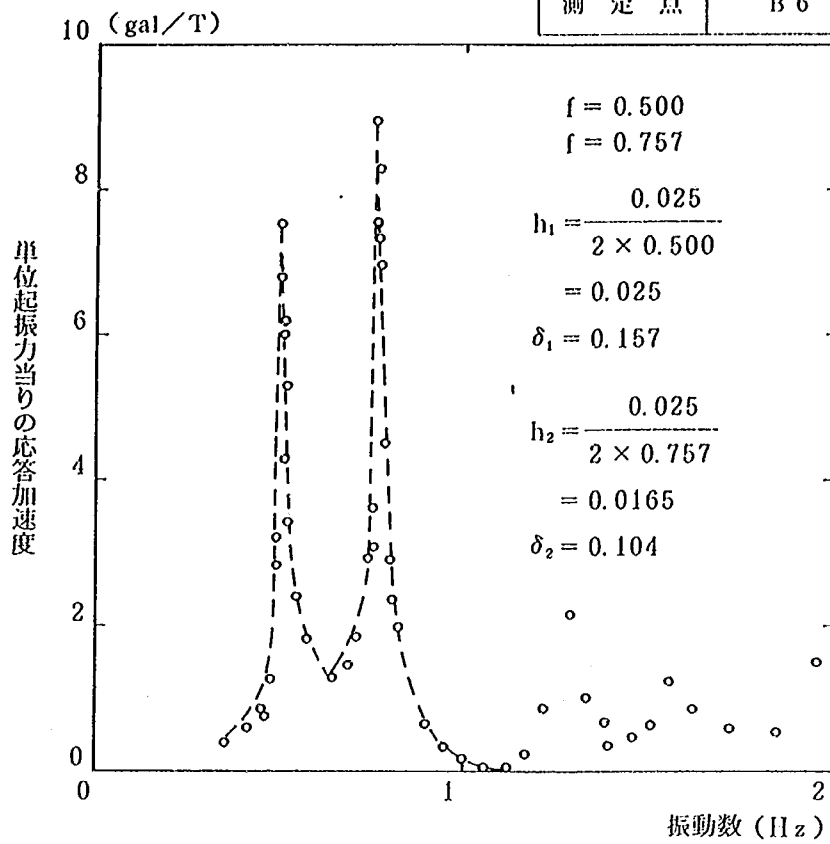
付図-1.11 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	B 5



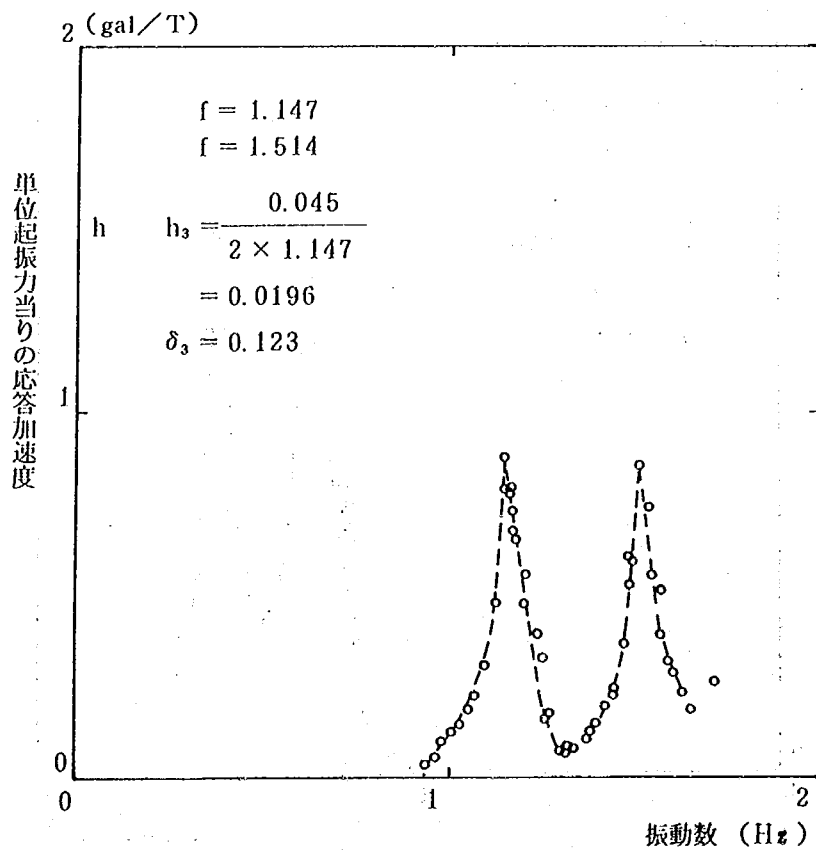
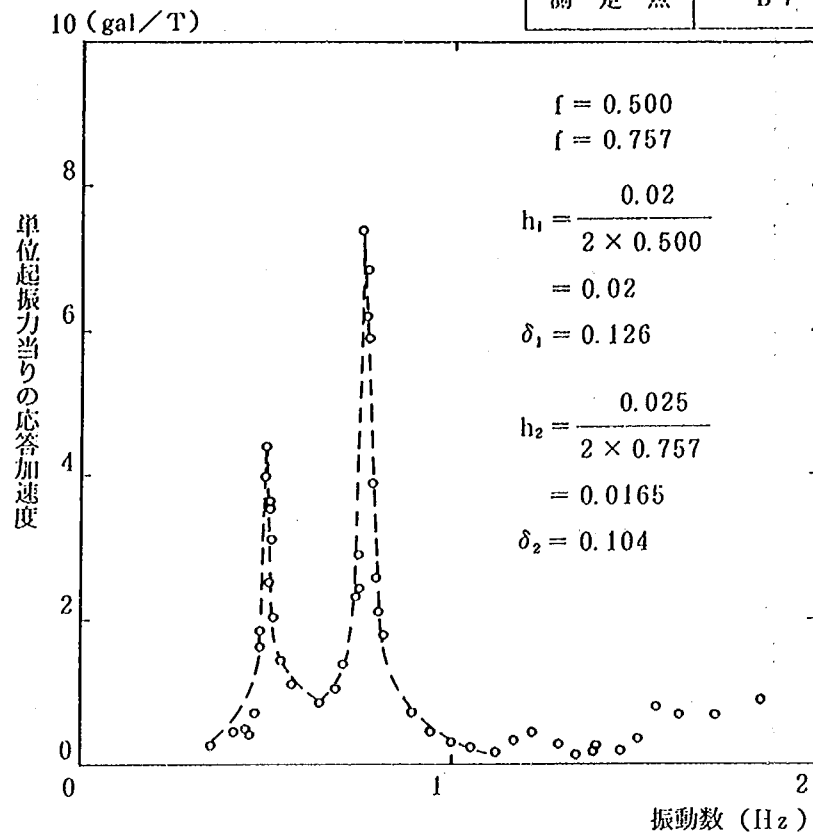
付図-1.12 起振機加振による共振曲線

加振モード	たわみ
測定点	B 6

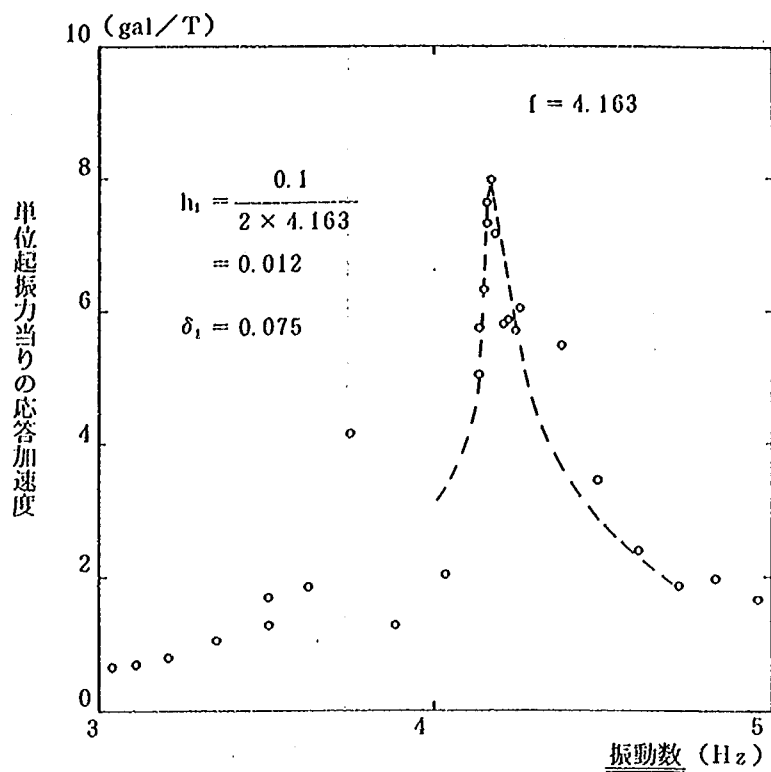


付図-1.13 起振機加振による共振曲線

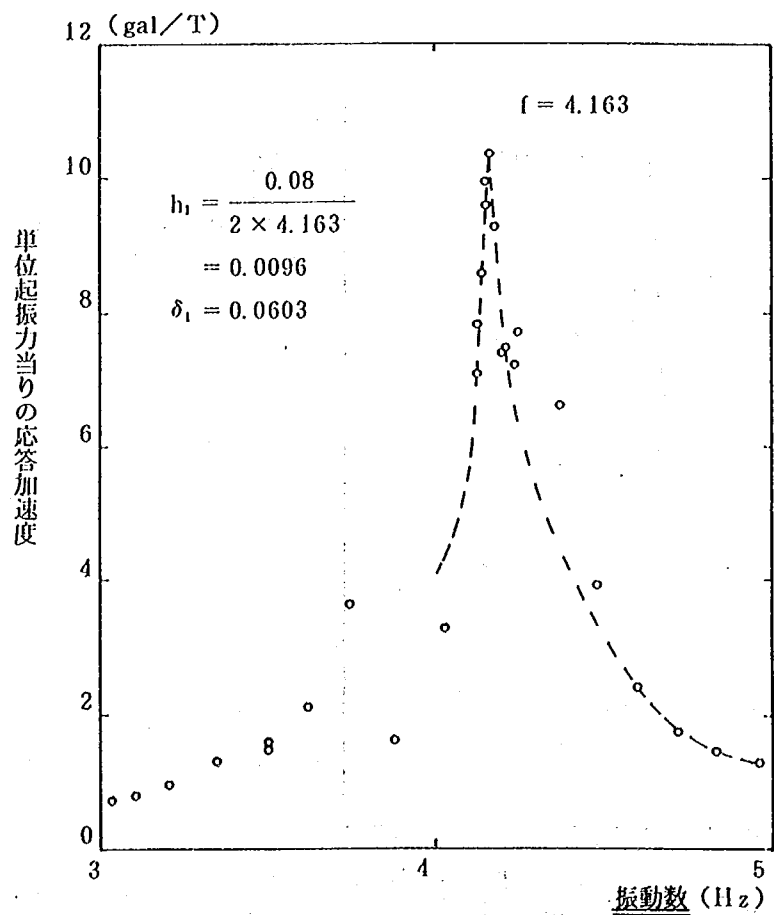
加振モード	たわみ
測定点	B7



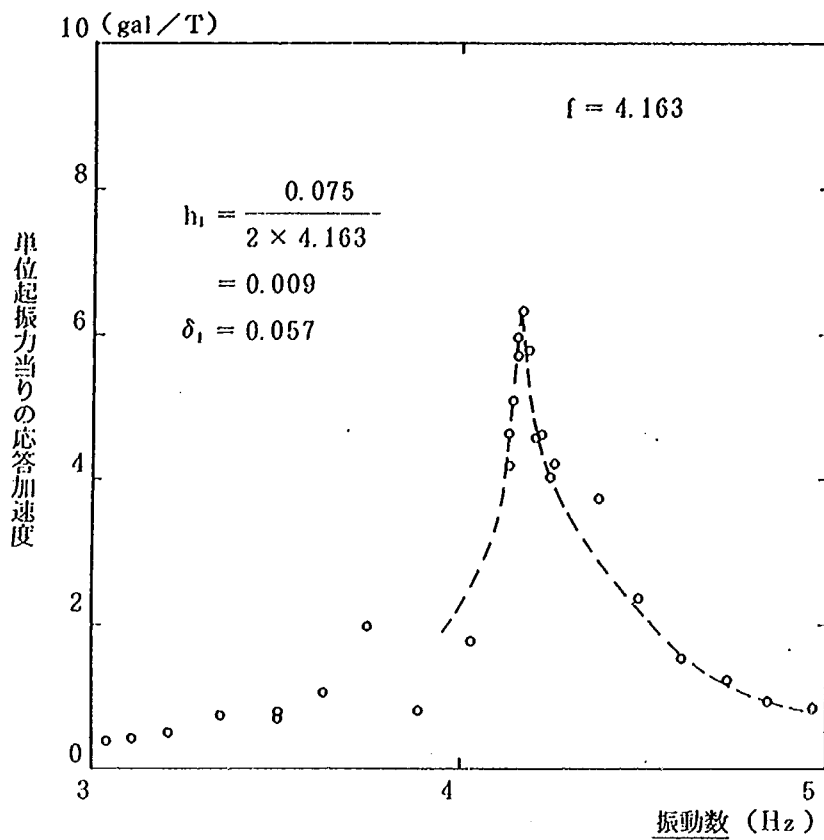
付図-1.14 起振機加振による共振曲線



付図-1.15 起振機加振による共振曲線

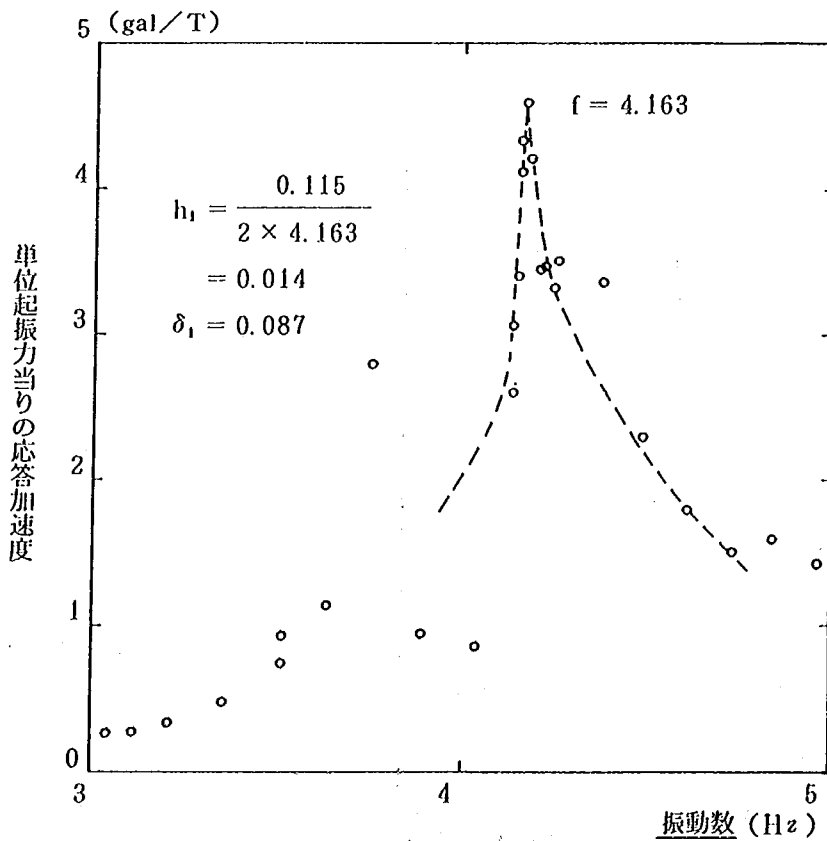


付図-1.16 起振機加振による共振曲線



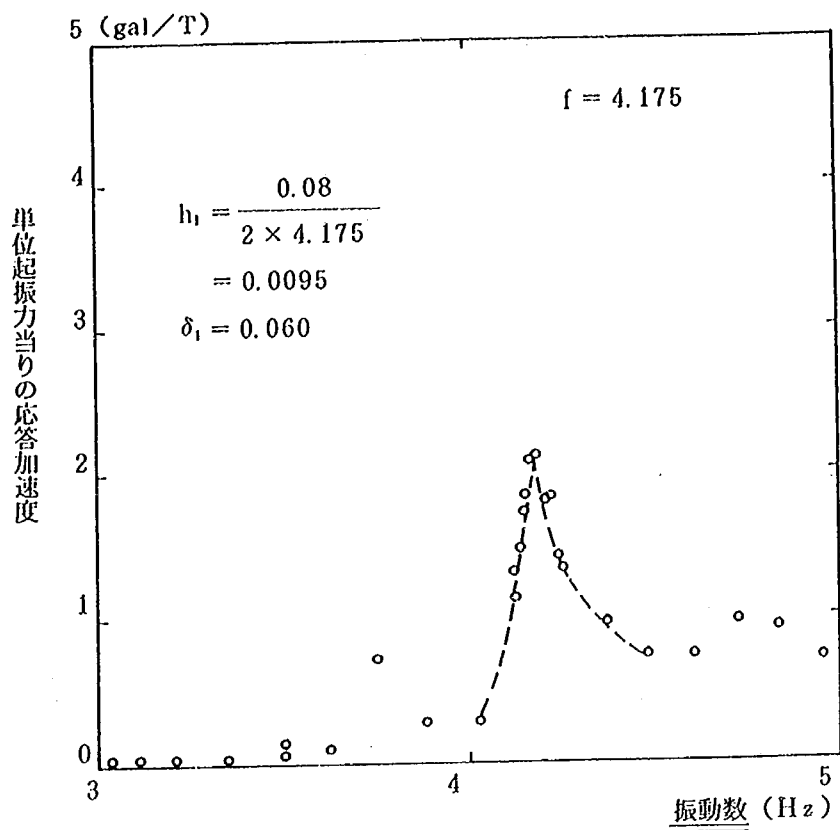
加振モード	ねじれ
測定点	A 3

付図-1.17 起振機加振による共振曲線

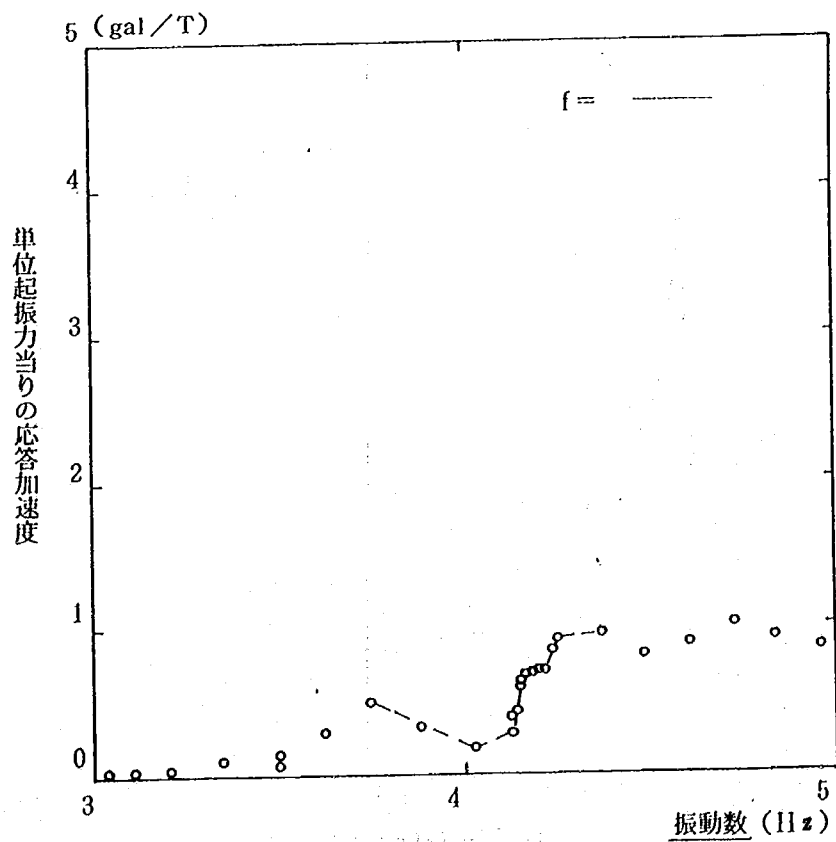


加振モード	ねじれ
測定点	A 4

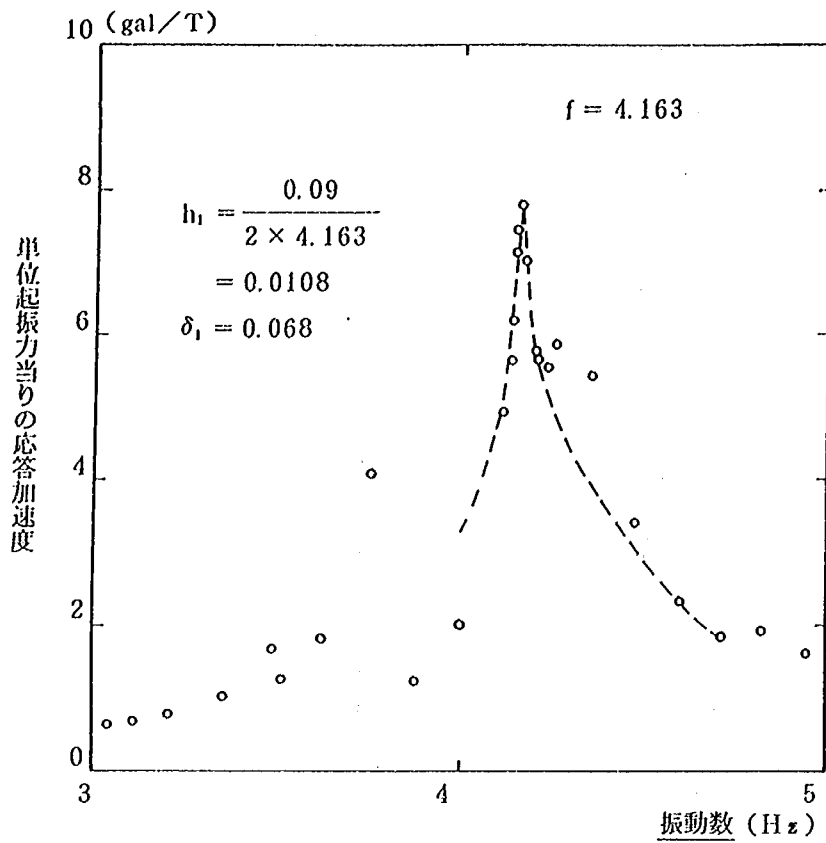
付図-1.18 起振機加振による共振曲線



付図-1.19 起振機加振による共振曲線

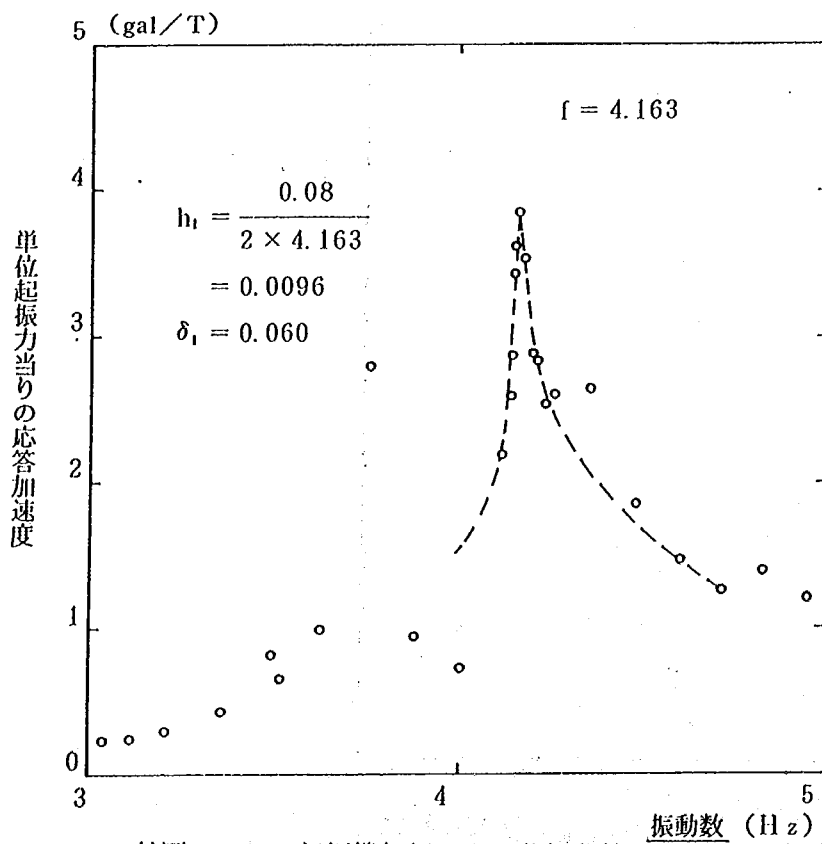


付図-1.20 起振機加振による共振曲線



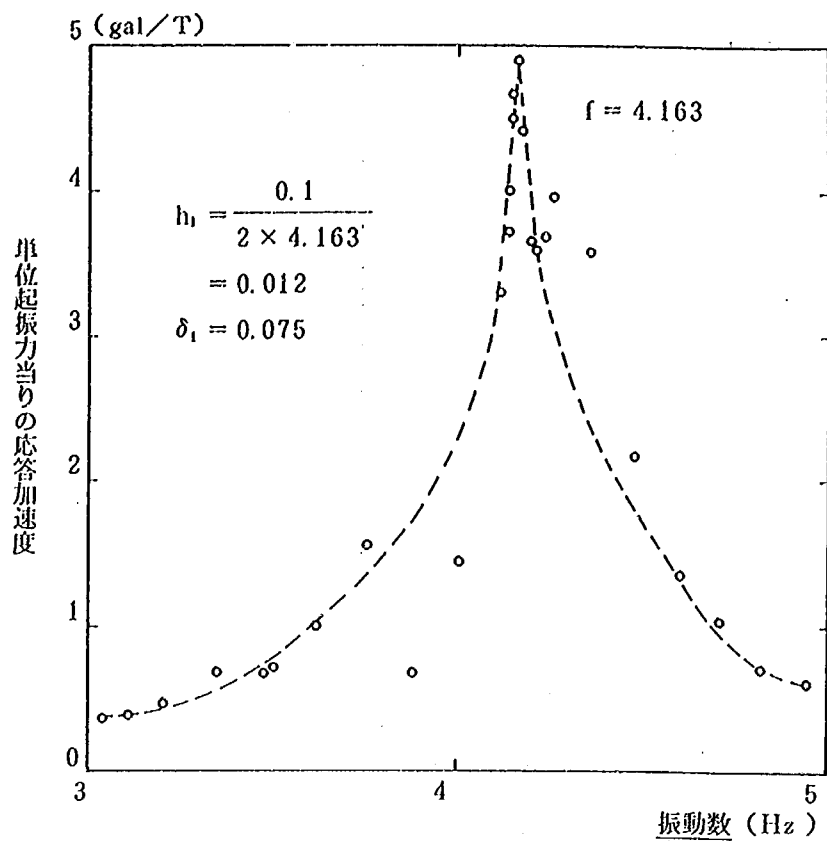
加振モード	ね じ れ
測 定 点	B 1

付図-1.21 起振機加振による共振曲線



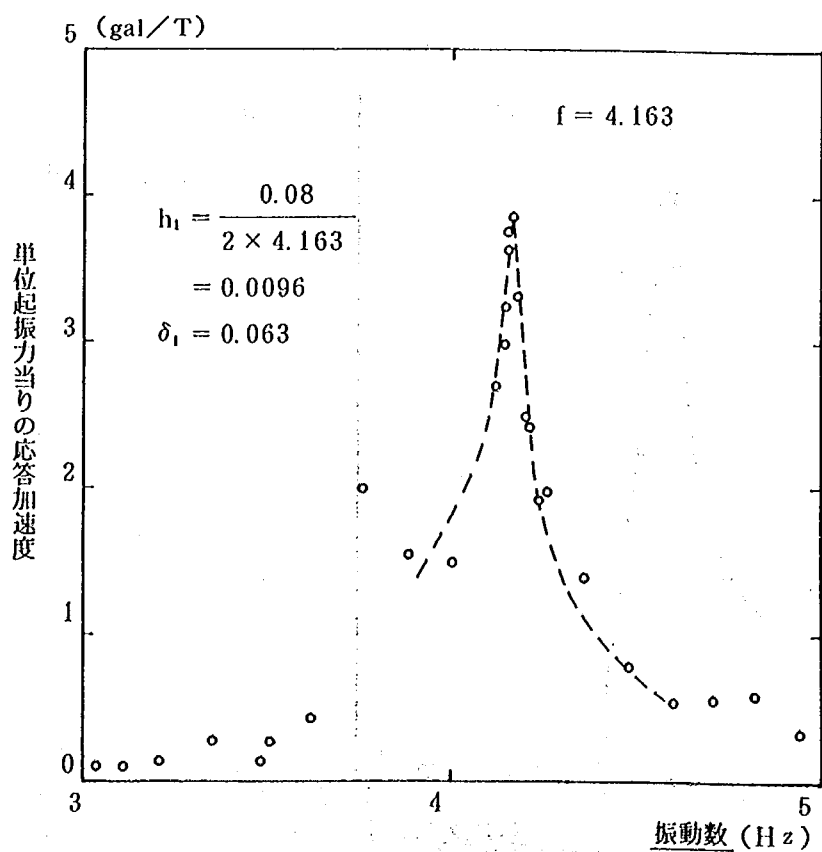
加振モード	ね じ れ
測 定 点	B 2

付図-1.22 起振機加振による共振曲線



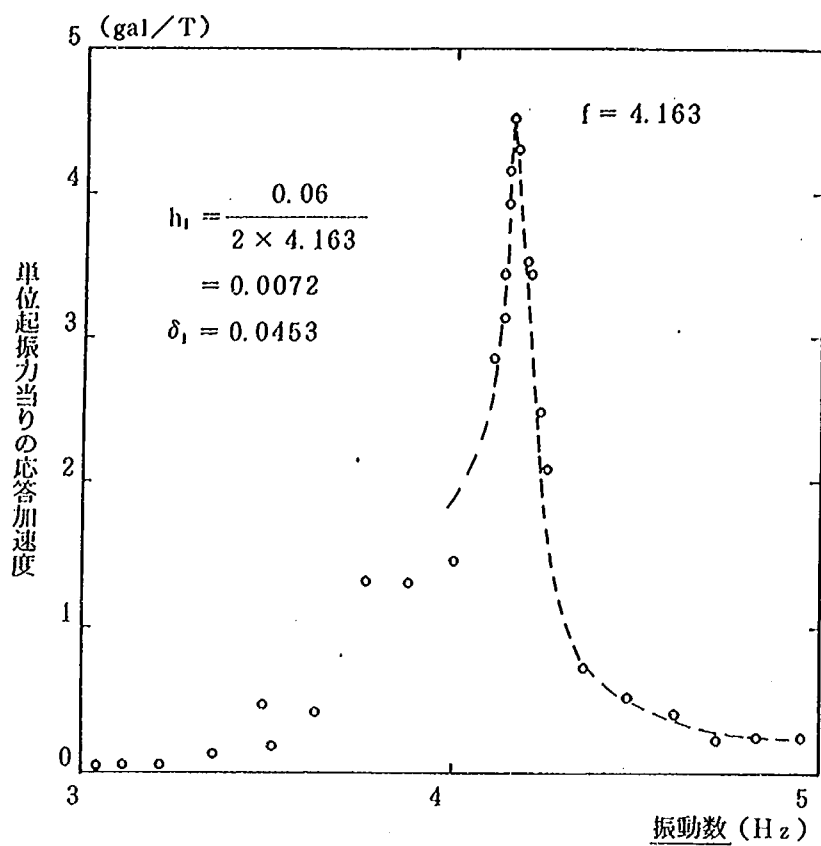
加振モード	ね じ れ
測 定 点	B 3

付図-1.23 起振機加振による共振曲線



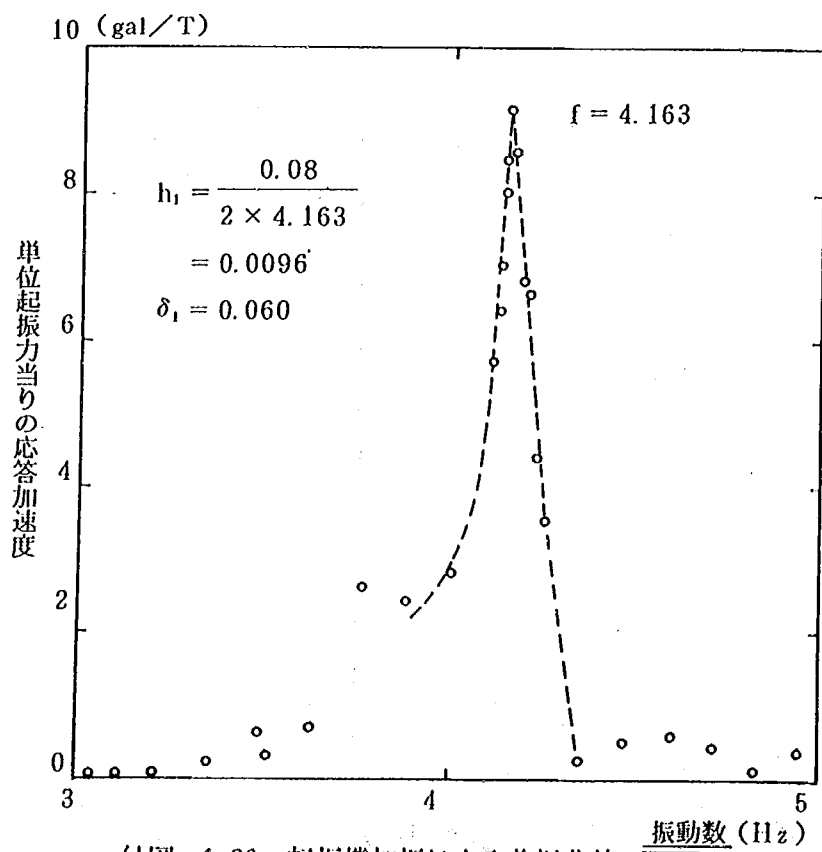
加振モード	ね じ れ
測 定 点	B 4

付図-1.24 起振機加振による共振曲線



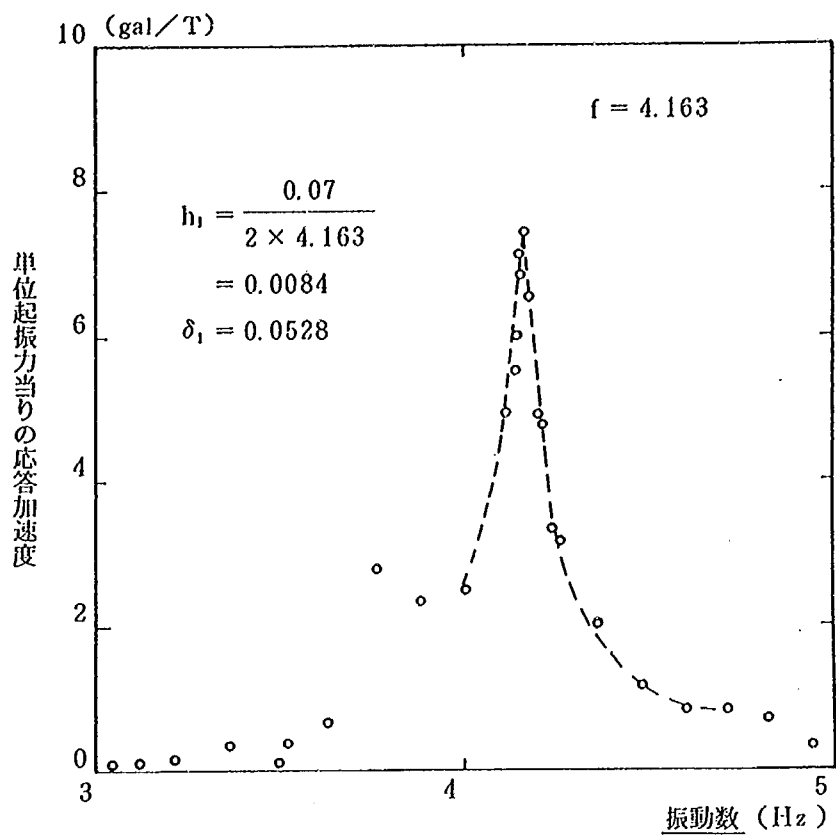
加振モード	ねじれ
測定点	B 5

付図-1.25 起振機加振による共振曲線



加振モード	ねじれ
測定点	B 6

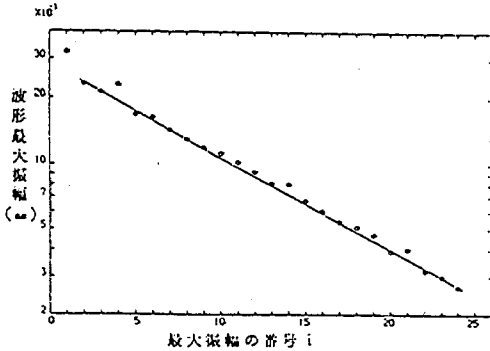
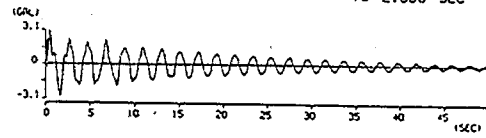
付図-1.26 起振機加振による共振曲線



加振モード	ねじれ
測定点	B 7

付図-1.27 起振機加振による共振曲線

NO. 1 2F ハール フリクション (V) 0.5 K001 A-1
WAMAX = 3.12 (GAL) F = 0.486 HZ
T = 2.056 SEC



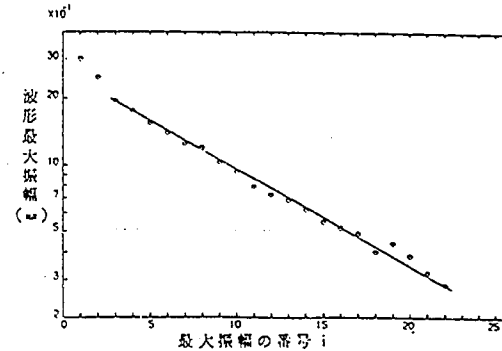
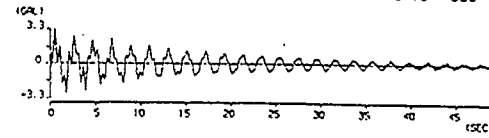
波形振幅

i	(GAL)	(mm)
1	3.015	3.2285
2	2.164	2.3193
3	1.991	2.1324
4	2.152	2.3043
5	1.575	1.6870
6	1.529	1.6373
7	1.341	1.4365
8	1.222	1.3085
9	1.120	1.2020
10	1.053	1.1273
11	0.950	1.0235
12	0.863	0.9243
13	0.761	0.8148
14	0.753	0.8065
15	0.630	0.6750
16	0.566	0.6058
17	0.507	0.5435
18	0.478	0.5123
19	0.441	0.4719
20	0.398	0.4246
21	0.376	0.4027
22	0.298	0.3196
23	0.280	0.3000
24	0.252	0.2700

$$\delta = \frac{1}{22} \ln \frac{2.319}{0.270} = 0.098$$

付図-2.1 自由減衰波形

NO. 2 2F ハール フリクション (V) 0.5 K001 A-2
WAMAX = 3.25 (GAL) F = 0.468 HZ
T = 2.137 SEC

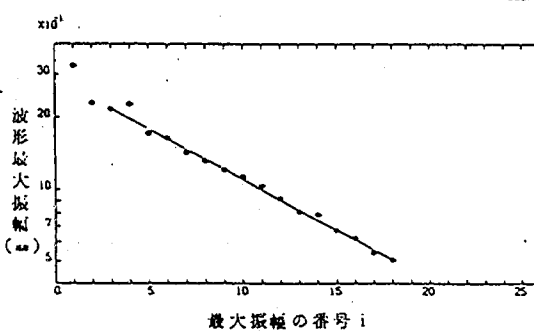
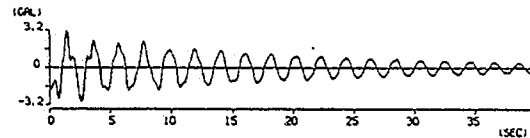


1	2.003	3.0104
2	2.146	2.4831
3	1.680	1.9425
4	1.515	1.7518
5	1.313	1.5418
6	1.232	1.4016
7	1.000	1.2486
8	1.030	1.2006
9	0.892	1.0310
10	0.803	0.9289
11	0.680	0.7861
12	0.625	0.7229
13	0.591	0.6837
14	0.537	0.6205
15	0.473	0.5472
16	0.445	0.5144
17	0.419	0.4840
18	0.346	0.4006
19	0.378	0.4373
20	0.332	0.3612
21	0.279	0.3273
22	0.245	0.2831

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{1.943}{0.283} = 0.101$$

付図-2.2 自由減衰波形

NO. 1 2F ハール フリクション (V) 0.5 K001 B-1
WAMAX = 3.16 (GAL) F = 0.485 HZ
T = 2.063 SEC



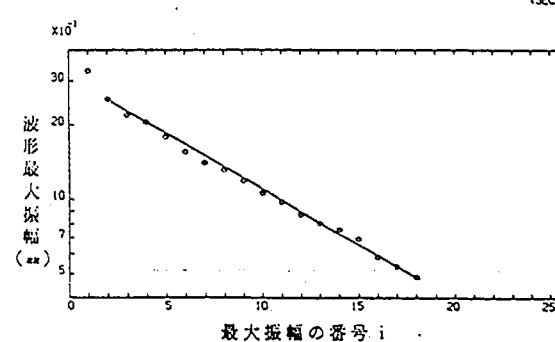
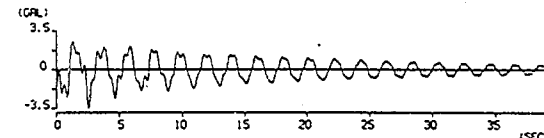
波形振幅

i	(GAL)	(mm)
1	3.029	3.2651
2	2.133	2.2991
3	2.011	2.1670
4	2.104	2.2681
5	1.593	1.7166
6	1.518	1.6366
7	1.322	1.4245
8	1.222	1.3168
9	1.114	1.2010
10	1.045	1.1259
11	0.960	1.0345
12	0.854	0.9203
13	0.755	0.8142
14	0.734	0.7914
15	0.627	0.6755
16	0.580	0.6250
17	0.523	0.5417
18	0.469	0.5056

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{2.167}{0.506} = 0.097$$

付図-2.3 自由減衰波形

NO. 2 2F ハール フリクション (V) 0.5 K001 B-2
WAMAX = 3.51 (GAL) F = 0.485 HZ
T = 2.064 SEC

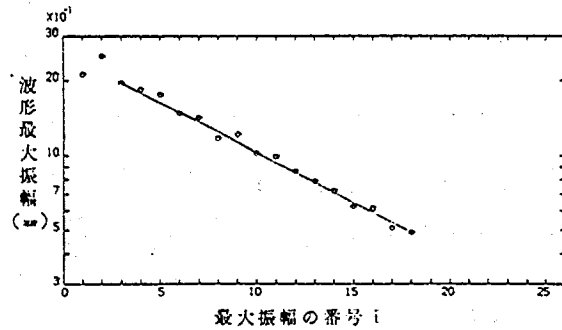
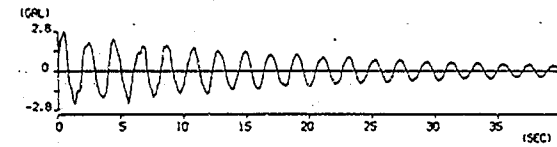


1	3.058	3.2998
2	2.359	2.5453
3	2.038	2.1993
4	1.909	2.0595
5	1.663	1.7946
6	1.443	1.5372
7	1.300	1.4028
8	1.219	1.3150
9	1.103	1.1899
10	0.982	1.0598
11	0.908	0.9802
12	0.812	0.8761
13	0.747	0.8063
14	0.705	0.7607
15	0.643	0.6941
16	0.541	0.5836
17	0.496	0.5348
18	0.450	0.4860

$$\delta = \frac{1}{16} \ln \frac{2.546}{0.486} = 0.104$$

付図-2.4 自由減衰波形

NO. 8 2F ハ"シ キンキシケン (V) 0.5 K002 A-1
WAMAX = 2.79 (GAL) F = 0.484 HZ
T = 2.064 SEC

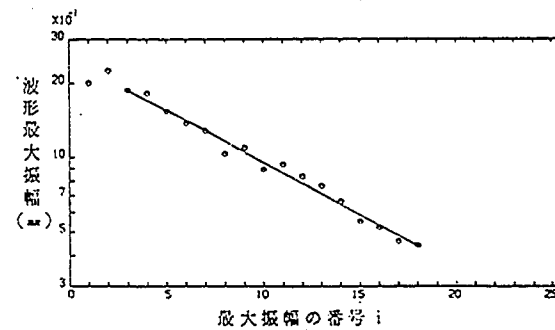
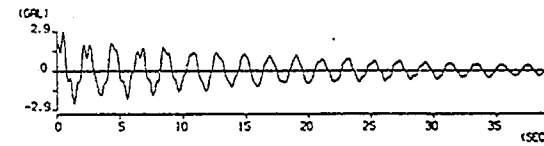


1	1.96	2.113
2	2.31	2.496
3	1.82	1.963
4	1.72	1.852
5	1.64	1.768
6	1.37	1.477
7	1.31	1.411
8	1.08	1.169
9	1.12	1.209
10	0.95	1.022
11	0.92	0.992
12	0.80	0.864
13	0.73	0.787
14	0.67	0.720
15	0.58	0.625
16	0.57	0.614
17	0.47	0.511
18	0.45	0.489

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{1.963}{0.489} = 0.093$$

付図-2.5 自由減衰波形

NO. 9 2F ハ"シ キンキシケン (V) 0.5 K002 A-2
WAMAX = 2.88 (GAL) F = 0.485 HZ
T = 2.064 SEC

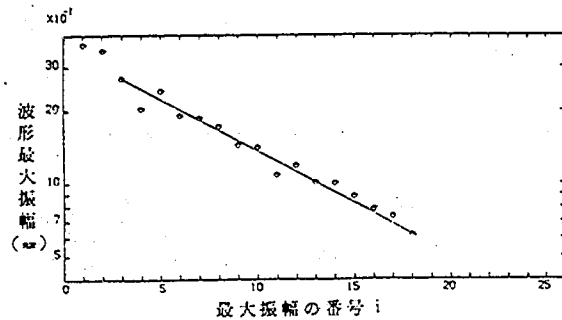
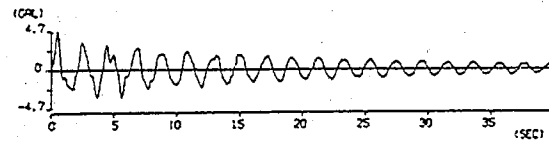


1	1.06	2.004
2	2.07	2.235
3	1.74	1.878
4	1.69	1.826
5	1.41	1.524
6	1.26	1.356
7	1.17	1.267
8	0.96	1.032
9	1.01	1.088
10	0.83	0.890
11	0.87	0.935
12	0.77	0.835
13	0.71	0.764
14	0.61	0.663
15	0.51	0.551
16	0.48	0.522
17	0.42	0.458
18	0.41	0.440

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{1.878}{0.440} = 0.097$$

付図-2.6 自由減衰波形

NO. 8 2F ハ"シ キンキシケン (V) 0.5 K002 B-1
WAMAX = 4.67 (GAL) F = 0.484 HZ
T = 2.066 SEC

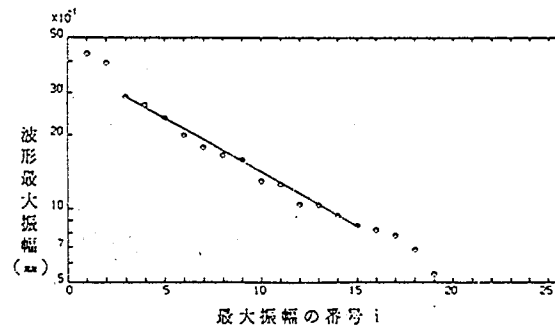
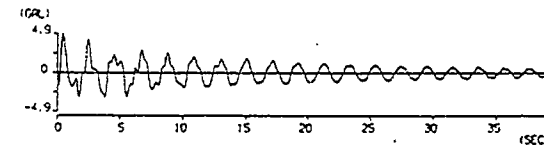


1	3.397	3.6715
2	3.213	3.4719
3	2.504	2.7062
4	1.885	2.0366
5	2.238	2.4182
6	1.758	1.9110
7	1.726	1.8852
8	1.536	1.7245
9	1.338	1.4464
10	1.305	1.4104
11	1.005	1.0864
12	1.022	1.1078
13	0.936	1.0111
14	0.927	1.0013
15	0.919	0.9835
16	0.724	0.7821
17	0.678	0.7330
18	0.572	0.6185

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{2.706}{0.619} = 0.098$$

付図-2.7 自由減衰波形

NO. 9 2F ハ"シ キンキシケン (V) 0.5 K002 B-2
WAMAX = 4.94 (GAL) F = 0.486 HZ
T = 2.056 SEC



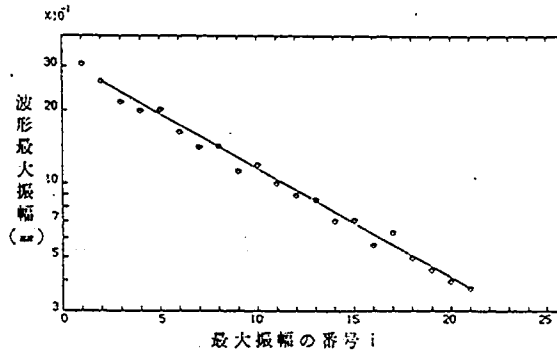
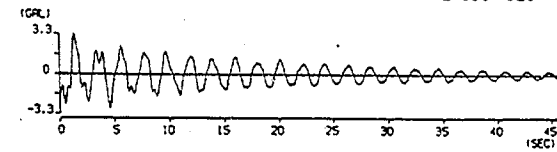
1	4.019	4.3029
2	3.691	3.9513
3	2.715	2.9052
4	2.513	2.6901
5	2.212	2.3676
6	1.871	2.0031
7	1.666	1.7837
8	1.535	1.6544
9	1.405	1.5002
10	1.217	1.3031
11	1.181	1.2644
12	0.979	1.0483
13	0.923	1.0419
14	0.883	0.9451
15	0.904	0.9612
16	0.771	0.8257
17	0.732	0.7836
18	0.639	0.6838
19	0.506	0.5419

$$\delta = \frac{1}{12} \ln \frac{2.906}{0.861} = 0.101$$

付図-2.8 自由減衰波形

NO. 22 6F ハリ センシション (V) 0.5 K004 A-1

WAMAX = 3.33 (GAL) F = 0.486 HZ
T = 2.058 SEC



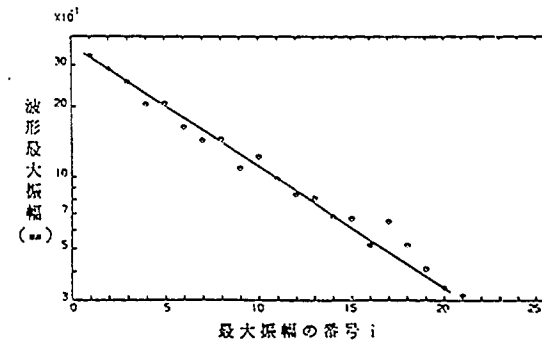
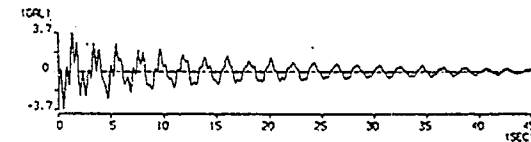
1	2.87	3.078
2	2.44	2.614
3	2.01	2.154
4	1.85	1.986
5	1.88	2.015
6	1.52	1.625
7	1.31	1.406
8	1.32	1.417
9	1.05	1.125
10	1.11	1.194
11	0.93	1.000
12	0.83	0.895
13	0.80	0.850
14	0.66	0.705
15	0.66	0.712
16	0.52	0.562
17	0.59	0.635
18	0.46	0.497
19	0.41	0.442
20	0.37	0.396
21	0.35	0.372

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{2.614}{0.372} = 0.103$$

付図-2.9 自由減衰波形

NO. 23 6F ハリ センシション (V) 0.5 K004 A-2

WAMAX = 3.69 (GAL) F = 0.486 HZ
T = 2.056 SEC



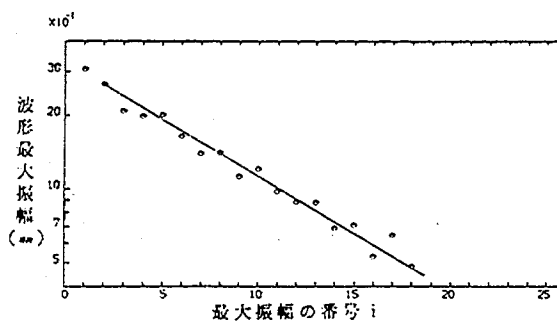
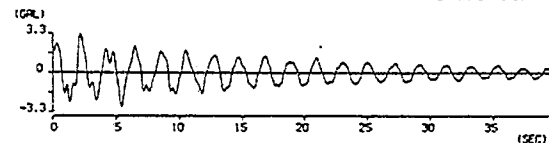
1	3.070	3.2675
2	2.590	2.8007
3	2.373	2.5478
4	1.913	2.0406
5	1.934	2.0708
6	1.521	1.6308
7	1.333	1.4274
8	1.350	1.4459
9	1.019	1.0909
10	1.143	1.2240
11	0.916	0.9605
12	0.787	0.8431
13	0.760	0.8135
14	0.639	0.6841
15	0.628	0.6730
16	0.493	0.5177
17	0.511	0.5355
18	0.483	0.5177
19	0.383	0.4105
20	0.316	0.3402
21	0.294	0.3143

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{3.288}{0.314} = 0.124$$

付図-2.10 自由減衰波形

NO. 22 6F ハリ センシション (V) 0.5 K004 B-1

WAMAX = 3.33 (GAL) F = 0.485 HZ
T = 2.062 SEC



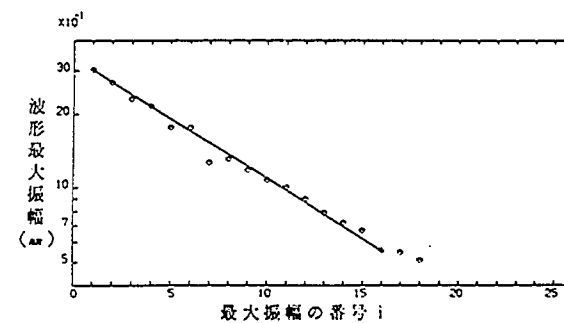
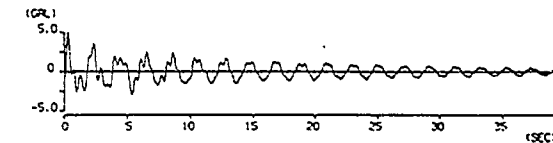
1	2.952	3.0726
2	2.483	2.6746
3	1.941	2.0908
4	1.844	1.9964
5	1.868	2.0125
6	1.526	1.6439
7	1.293	1.3928
8	1.322	1.4025
9	1.042	1.1220
10	1.117	1.2036
11	0.905	0.9753
12	0.821	0.8839
13	0.815	0.8774
14	0.642	0.6915
15	0.660	0.7111
16	0.491	0.5284
17	0.600	0.6458
18	0.448	0.4827

$$\delta = \frac{1}{16} \ln \frac{2.675}{0.483} = 0.107$$

付図-2.11 自由減衰波形

NO. 23 6F ハリ センシション (V) 0.5 K004 B-2

WAMAX = 4.99 (GAL) F = 0.484 HZ
T = 2.064 SEC

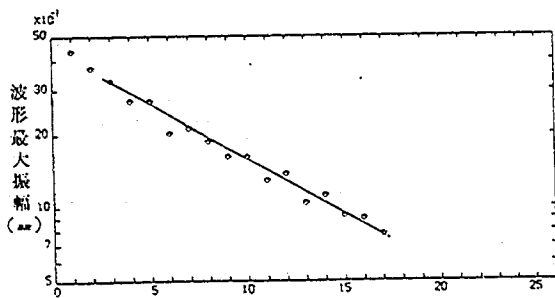
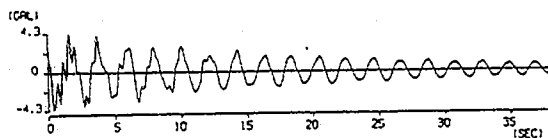


1	2.808	3.0316
2	2.489	2.6860
3	2.145	2.3160
4	2.004	2.1631
5	1.642	1.7728
6	1.639	1.7695
7	1.172	1.2653
8	1.211	1.3076
9	1.091	1.1775
10	0.994	1.0734
11	0.933	1.0051
12	0.832	0.8978
13	0.732	0.7904
14	0.669	0.7221
15	0.621	0.6701
16	0.515	0.5562
17	0.506	0.5405
18	0.470	0.5074

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{3.032}{0.556} = 0.113$$

付図-2.12 自由減衰波形

NO. 50 2F ハンシ フレシキレン (V) 0.48K001 A-1
HAMAX = 4.28 (GAL) F= 0.486 HZ
T= 2.059 SEC

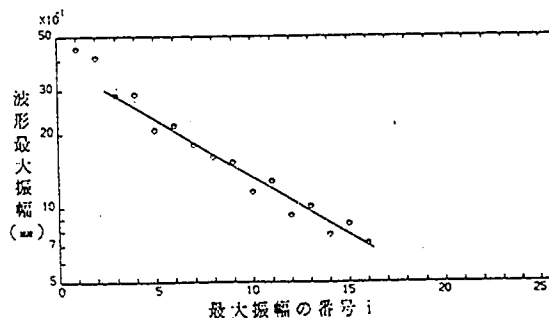
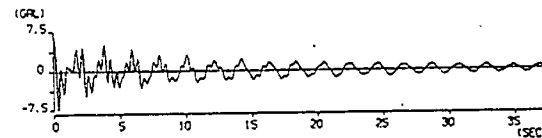


1	4.055	4.3561
2	3.462	3.7196
3	3.051	3.2081
4	2.633	2.7212
5	2.519	2.7055
6	1.896	2.0252
7	1.747	1.8763
8	1.512	1.6239
9	1.508	1.6203
10	1.190	1.2874
11	1.273	1.3679
12	0.970	1.0424
13	1.042	1.1192
14	0.958	0.9217
15	0.838	0.8997
16	0.722	0.7754

$$\delta = \frac{1}{14} \ln \frac{3.288}{0.775} = 0.103$$

付図-2.13 自由減衰波形

NO. 51 2F ハンシ フレシキレン (V) 0.48K001 A-2
HAMAX = 7.52 (GAL) F= 0.483 HZ
T= 2.069 SEC

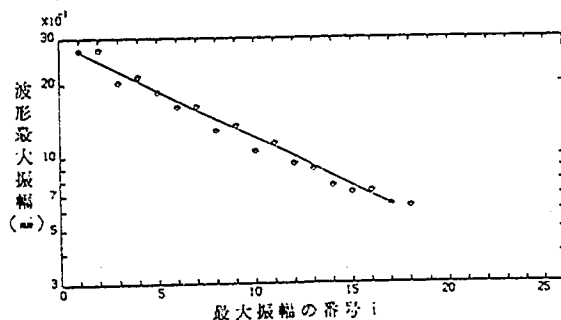
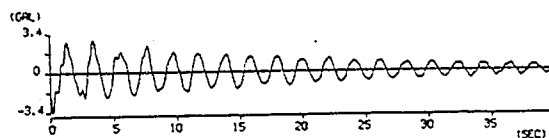


1	4.106	4.4534
2	3.781	4.1013
3	2.638	2.8616
4	2.609	2.8553
5	1.916	2.0788
6	1.989	2.1574
7	1.675	1.8166
8	1.499	1.6255
9	1.426	1.5469
10	1.070	1.1811
11	1.184	1.2847
12	0.860	0.9326
13	0.936	1.0150
14	0.718	0.7791
15	0.794	0.8615
16	0.660	0.7154

$$\delta = \frac{1}{13} \ln \frac{2.862}{0.715} = 0.107$$

付図-2.14 自由減衰波形

NO. 50 2F ハンシ フレシキレン (V) 0.48K001 B-1
HAMAX = 3.41 (GAL) F= 0.483 HZ
T= 2.069 SEC

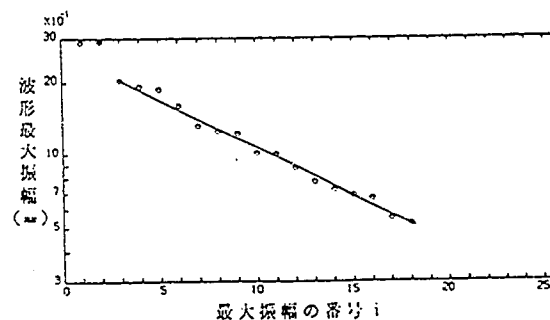
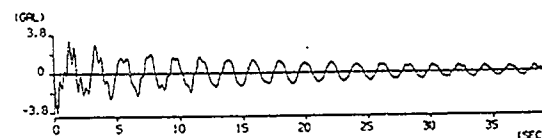


1	2.489	2.7000
2	2.504	2.7184
3	1.871	2.0299
4	1.868	2.1350
5	1.711	1.8558
6	1.493	1.6193
7	1.439	1.6259
8	1.184	1.2843
9	1.244	1.3500
10	0.966	1.0478
11	1.038	1.1265
12	0.867	0.9296
13	0.818	0.8869
14	0.702	0.7620
15	0.660	0.7161
16	0.669	0.7259
17	0.587	0.6372
18	0.575	0.6241

$$\delta = \frac{1}{16} \ln \frac{2.700}{0.637} = 0.090$$

付図-2.15 自由減衰波形

NO. 51 2F ハンシ フレシキレン (V) 0.48K001 B-2
HAMAX = 3.83 (GAL) F= 0.488 HZ
T= 2.051 SEC

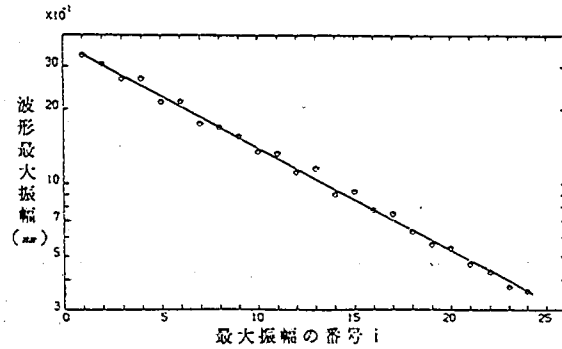
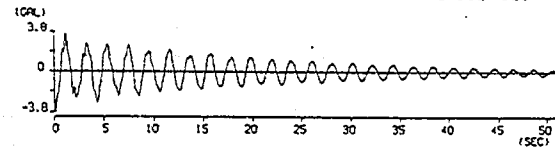


1	2.721	2.8979
2	2.742	2.9203
3	1.919	2.0442
4	1.814	1.9319
5	1.769	1.6836
6	1.512	1.6174
7	1.253	1.3350
8	1.187	1.2644
9	1.160	1.2355
10	0.952	1.0141
11	0.943	1.0045
12	0.836	0.8793
13	0.729	0.7765
14	0.678	0.7221
15	0.645	0.6868
16	0.627	0.6675
17	0.518	0.5520
18	0.491	0.5231

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{2.044}{0.523} = 0.091$$

付図-2.16 自由減衰波形

NO. 78 6F ハ"シ キンキレカ (V) 0.5 KUD2 A-1
WAMAX = 3.81 (GAL) F= 0.485 HZ
T= 2.062 SEC

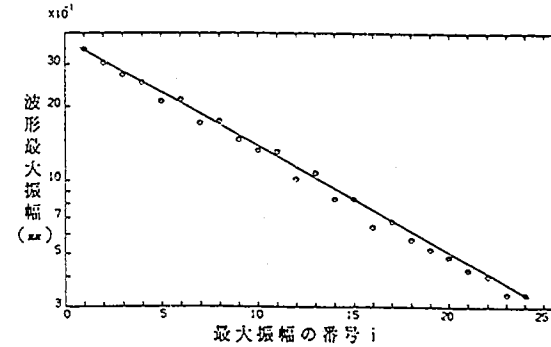
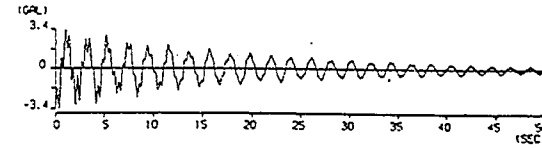


1	3.088	3.3259
2	2.846	3.0856
3	2.482	2.6732
4	2.485	2.6769
5	1.988	2.1415
6	1.926	2.1525
7	1.624	1.7491
8	1.505	1.6864
9	1.444	1.5546
10	1.253	1.3494
11	1.232	1.3274
12	1.032	1.1111
13	1.069	1.1514
14	0.838	0.9021
15	0.861	0.9277
16	0.722	0.7774
17	0.695	0.7481
18	0.586	0.6307
19	0.517	0.5574
20	0.500	0.5390
21	0.429	0.4620
22	0.398	0.4290
23	0.347	0.3740
24	0.334	0.3594

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{3.326}{0.359} = 0.097$$

付図-2.17 自由減衰波形

NO. 79 6F ハ"シ キンキレカ (V) 0.5 KUD2 A-2
WAMAX = 3.37 (GAL) F= 0.484 HZ
T= 2.067 SEC

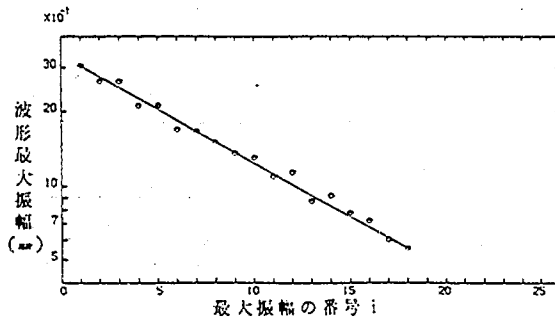
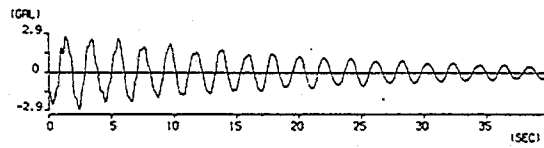


1	3.189	3.4420
2	2.811	3.0421
3	2.507	2.7132
4	2.134	2.5264
5	1.944	2.1040
6	1.979	2.1414
7	1.581	1.7116
8	1.613	1.7453
9	1.354	1.4650
10	1.222	1.3230
11	1.202	1.3080
12	0.936	1.0126
13	0.991	1.0726
14	0.773	0.8371
15	0.773	0.8371
16	0.594	0.6428
17	0.625	0.6764
18	0.528	0.5718
19	0.480	0.5195
20	0.445	0.4821
21	0.394	0.4260
22	0.373	0.4036
23	0.314	0.3401
24	0.314	0.3401

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{3.442}{0.340} = 0.101$$

付図-2.18 自由減衰波形

NO. 78 6F ハ"シ キンキレカ (V) 0.5 KUD2 B-1
WAMAX = 2.93 (GAL) F= 0.484 HZ
T= 2.067 SEC

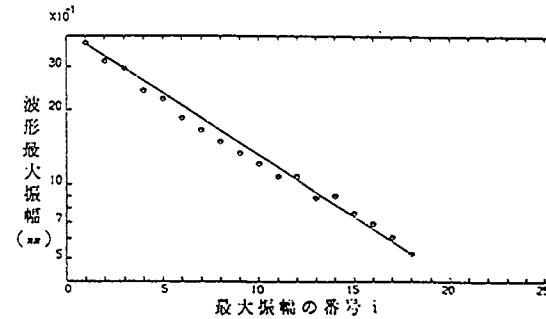
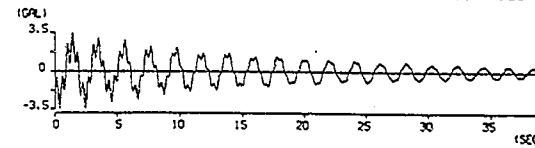


1	2.828	3.0596
2	2.440	2.6403
3	2.440	2.6403
4	1.850	2.1096
5	1.956	2.1162
6	1.581	1.7100
7	1.553	1.6905
8	1.402	1.5167
9	1.260	1.3627
10	1.205	1.3038
11	1.017	1.1007
12	1.054	1.1400
13	0.808	0.8746
14	0.854	0.9238
15	0.721	0.7796
16	0.669	0.7240
17	0.550	0.6060
18	0.515	0.5569

$$\delta = \frac{1}{17} \ln \frac{3.060}{0.557} = 0.100$$

付図-2.19 自由減衰波形

NO. 79 6F ハ"シ キンキレカ (V) 0.5 KUD2 B-2
WAMAX = 3.50 (GAL) F= 0.484 HZ
T= 2.067 SEC

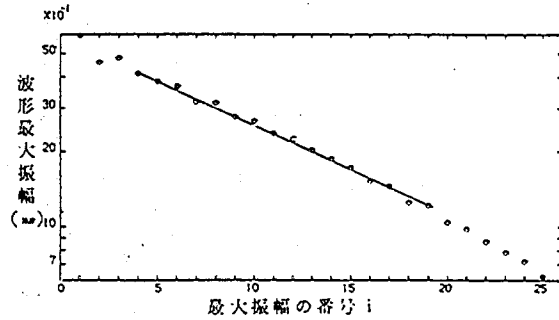
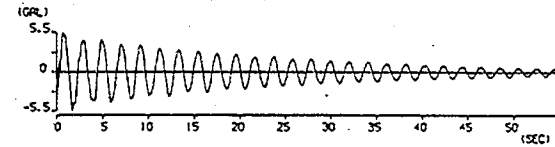


1	3.462	3.7455
2	2.820	3.1587
3	2.727	2.9501
4	2.212	2.3927
5	2.046	2.2134
6	1.717	1.8581
7	1.540	1.6657
8	1.380	1.4930
9	1.238	1.3298
10	1.121	1.2126
11	0.981	1.0725
12	0.994	1.0757
13	0.817	0.8834
14	0.835	0.9030
15	0.705	0.7629
16	0.639	0.6911
17	0.563	0.6096
18	0.482	0.5216

$$\delta = \frac{1}{17} \ln \frac{3.746}{0.522} = 0.116$$

付図-2.20 自由減衰波形

NO. 99 GP ハシ キリンシケン (V) 0.48KU01 A-1
WAMAX = 5.46 (GAL) F= 0.482 HZ
T= 2.074 SEC

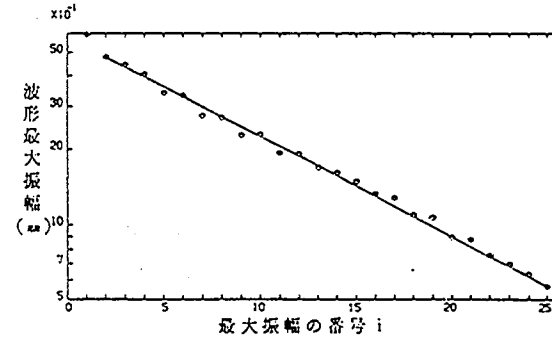
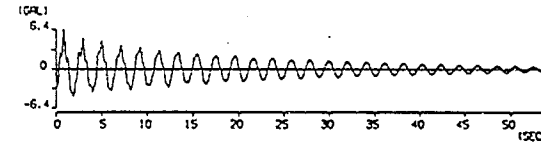


1	5.44	5.929
2	4.22	4.598
3	4.40	4.794
4	3.80	4.142
5	3.53	3.849
6	3.38	3.696
7	2.93	3.193
8	2.90	3.159
9	2.25	2.774
10	2.14	2.662
11	2.18	2.725
12	2.07	2.254
13	1.86	2.028
14	1.72	1.873
15	1.59	1.732
16	1.40	1.528
17	1.34	1.461
18	1.15	1.257
19	1.12	1.200
20	0.96	1.042
21	0.90	0.979
22	0.80	0.868
23	0.72	0.782
24	0.66	0.719
25	0.57	0.623

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{4.142}{1.220} = 0.081$$

付図-2.21 自由減衰波形

NO. 100 GP ハシ キリンシケン (V) 0.48KU01 A-2
WAMAX = 6.36 (GAL) F= 0.482 HZ
T= 2.073 SEC



1	5.47	5.949
2	4.41	4.795
3	4.10	4.457
4	3.73	4.055
5	3.13	3.405
6	2.54	2.762
7	2.29	2.706
8	2.10	2.311
9	2.02	2.289
10	1.77	1.832
11	1.71	1.913
12	1.56	1.584
13	1.53	1.584
14	1.47	1.601
15	1.36	1.481
16	1.22	1.329
17	1.17	1.278
18	1.03	1.094
19	0.98	1.071
20	0.83	0.894
21	0.80	0.876
22	0.68	0.763
23	0.64	0.695
24	0.58	0.625
25	0.54	0.564

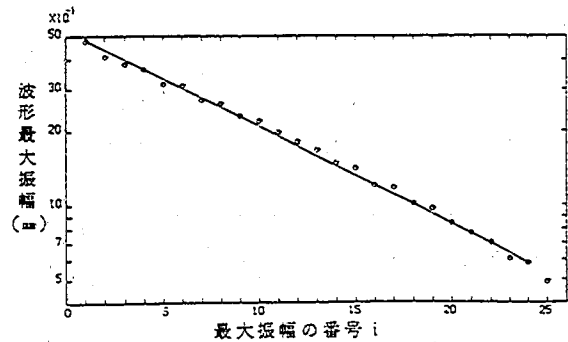
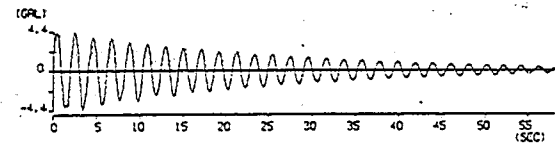
$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{4.795}{0.564} = 0.093$$

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{4.055}{1.071} = 0.089$$

$$\delta = \frac{1}{16} \ln \frac{4.055}{0.894} = 0.095$$

付図-2.22 自由減衰波形

NO. 99 GP ハシ キリンシケン (V) 0.48KU01 B-1
WAMAX = 4.44 (GAL) F= 0.483 HZ
T= 2.070 SEC

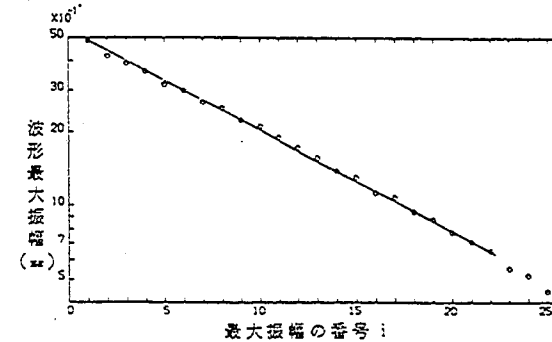
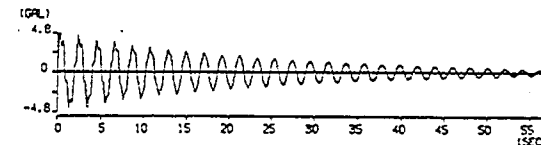


1	4.406	4.7817
2	3.791	4.1146
3	3.524	3.9254
4	3.349	3.5348
5	2.910	3.1582
6	2.864	3.1099
7	2.482	2.7047
8	2.404	2.6094
9	2.126	2.3071
10	2.009	2.2019
11	1.823	1.9784
12	1.671	1.8141
13	1.530	1.6825
14	1.381	1.4986
15	1.314	1.4263
16	1.114	1.2094
17	1.030	1.1831
18	0.933	1.0122
19	0.890	0.9662
20	0.778	0.8466
21	0.709	0.7650
22	0.648	0.7033
23	0.557	0.6047
24	0.536	0.5817
25	0.451	0.4897

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{4.782}{0.512} = 0.097$$

付図-2.23 自由減衰波形

NO. 100 GP ハシ キリンシケン (V) 0.48KU01 B-2
WAMAX = 4.84 (GAL) F= 0.483 HZ
T= 2.071 SEC

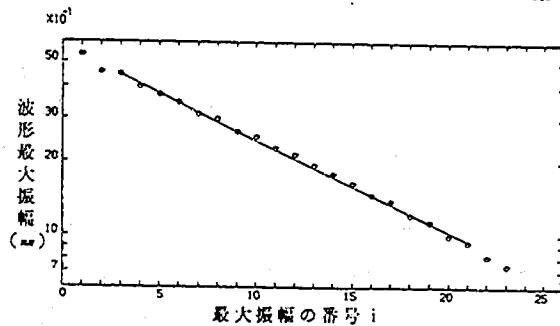
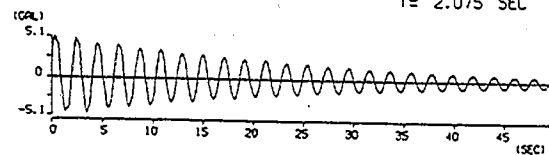


1	4.474	4.8620
2	3.863	4.1974
3	3.586	3.9093
4	3.306	3.5146
5	2.829	3.1824
6	2.766	2.9991
7	2.450	2.6749
8	2.333	2.5243
9	2.064	2.2427
10	1.966	2.1511
11	1.783	1.9121
12	1.606	1.7451
13	1.461	1.5879
14	1.381	1.4046
15	1.237	1.3271
16	1.046	1.1361
17	1.000	1.0670
18	0.874	0.9495
19	0.811	0.8807
20	0.717	0.7782
21	0.657	0.7138
22	0.583	0.6448
23	0.512	0.5565
24	0.478	0.5206
25	0.410	0.4453

$$\delta = \frac{1}{22} \ln \frac{4.862}{0.655} = 0.095$$

付図-2.24 自由減衰波形

NO. 106 〆P ハ^レシ キリンキシケン (V) 0.48KU02 A-1
HAMAX = 5.12 (GAL) F = 0.482 HZ
T = 2.075 SEC

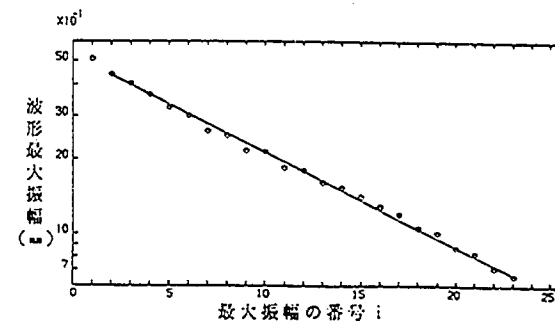
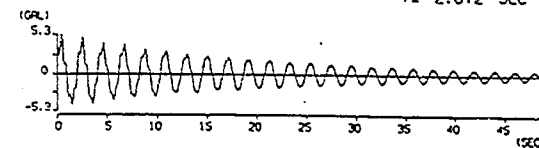


1	4.90	5.316
2	4.18	4.559
3	4.10	4.470
4	3.66	3.991
5	3.41	3.720
6	3.17	3.460
7	2.87	3.129
8	2.75	2.996
9	2.44	2.685
10	2.34	2.547
11	2.09	2.279
12	1.97	2.146
13	1.78	1.938
14	1.63	1.782
15	1.50	1.633
16	1.34	1.463
17	1.26	1.377
18	1.11	1.210
19	1.04	1.136
20	0.91	0.995
21	0.85	0.932
22	0.75	0.813
23	0.68	0.742

$$\delta = \frac{1}{18} \ln \frac{4.470}{0.932} = 0.087$$

付図-2.25 自由減衰波形

NO. 107 〆P ハ^レシ キリンキシケン (V) 0.48KU02 A-2
HAMAX = 5.33 (GAL) F = 0.483 HZ
T = 2.072 SEC

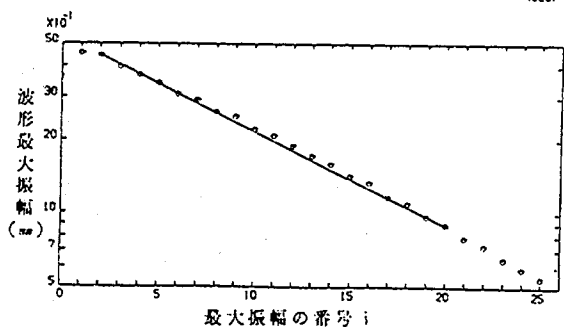
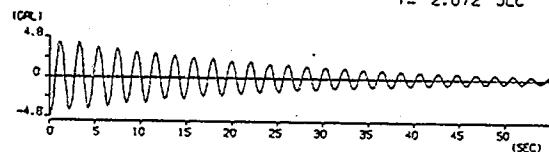


1	4.68	5.093
2	4.03	4.402
3	3.73	4.052
4	3.36	3.650
5	2.99	3.252
6	2.77	3.012
7	2.40	2.610
8	2.30	2.525
9	1.99	2.167
10	1.97	2.141
11	1.70	1.848
12	1.63	1.799
13	1.47	1.664
14	1.41	1.532
15	1.30	1.412
16	1.18	1.288
17	1.10	1.202
18	0.97	1.059
19	0.92	1.007
20	0.80	0.871
21	0.74	0.822
22	0.66	0.714
23	0.61	0.661

$$\delta = \frac{1}{21} \ln \frac{4.402}{0.661} = 0.090$$

付図-2.26 自由減衰波形

NO. 106 〆P ハ^レシ キリンキシケン (V) 0.48KU02 B-1
HAMAX = 4.84 (GAL) F = 0.483 HZ
T = 2.072 SEC

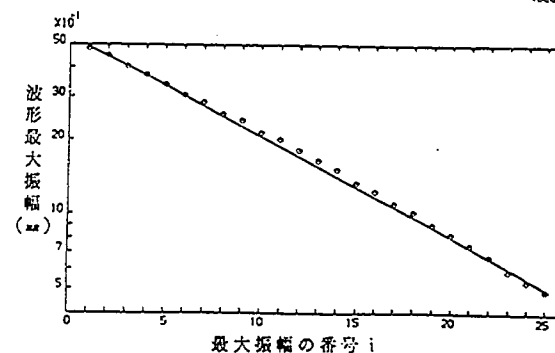
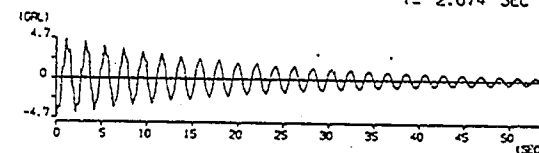


1	4.172	4.5374
2	4.076	4.4320
3	3.637	3.9546
4	3.379	3.6747
5	3.131	3.4047
6	2.834	3.0820
7	2.690	2.9338
8	2.404	2.6144
9	2.301	2.5025
10	2.044	2.2226
11	1.920	2.0876
12	1.738	1.8900
13	1.584	1.7221
14	1.469	1.5970
15	1.314	1.4291
16	1.232	1.3401
17	1.072	1.1656
18	1.008	1.0965
19	0.890	0.9681
20	0.824	0.8956
21	0.727	0.7903
22	0.672	0.7310
23	0.593	0.6454
24	0.545	0.5927
25	0.500	0.5433

$$\delta = \frac{1}{18} \ln \frac{4.432}{0.896} = 0.089$$

付図-2.27 自由減衰波形

NO. 107 〆P ハ^レシ キリンキシケン (V) 0.48KU02 B-2
HAMAX = 4.74 (GAL) F = 0.482 HZ
T = 2.074 SEC

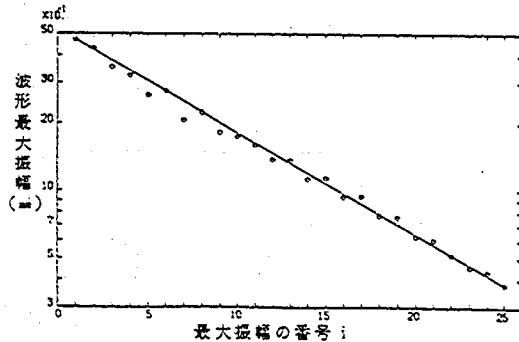
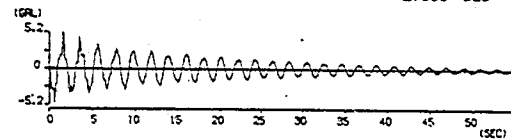


1	4.429	4.8241
2	4.125	4.4826
3	3.705	4.0299
4	3.399	3.7017
5	3.094	3.3703
6	2.808	3.0585
7	2.627	2.8616
8	2.353	2.5630
9	2.218	2.4153
10	1.971	2.1462
11	1.850	2.0149
12	1.663	1.8115
13	1.516	1.6507
14	1.395	1.5194
15	1.235	1.3455
16	1.142	1.2436
17	1.015	1.1059
18	0.934	1.0173
19	0.829	0.9025
20	0.759	0.8270
21	0.687	0.7482
22	0.618	0.6727
23	0.539	0.5874
24	0.491	0.5349
25	0.452	0.4923

$$\delta = \frac{1}{24} \ln \frac{4.824}{0.492} = 0.095$$

付図-2.28 自由減衰波形

NO. 169 2F ハリ キンキケン (V) 0.51KU03 A-1
WAMAX = 5.16 (GAL) F= 0.485 HZ
T= 2.063 SEC

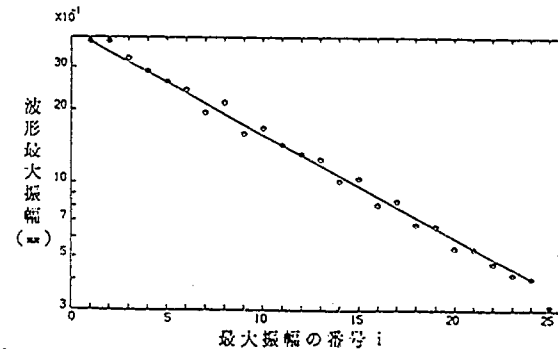
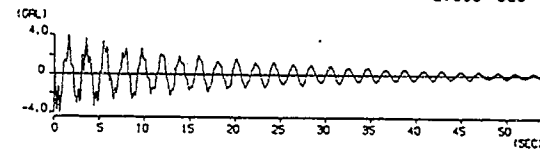


1	4.693
2	4.293
3	3.941
4	3.644
5	3.398
6	3.162
7	2.937
8	2.723
9	2.520
10	2.327
11	2.144
12	1.971
13	1.807
14	1.653
15	1.508
16	1.373
17	1.247
18	1.130
19	1.021
20	0.919
21	0.824
22	0.736
23	0.654
24	0.577
25	0.505

$$\delta = \frac{1}{24} \ln \frac{4.693}{0.378} = 0.105$$

付図-2.29 自由減衰波形

NO. 170 2F ハリ キンキケン (V) 0.51KU03 A-2
WAMAX = 4.03 (GAL) F= 0.485 HZ
T= 2.063 SEC

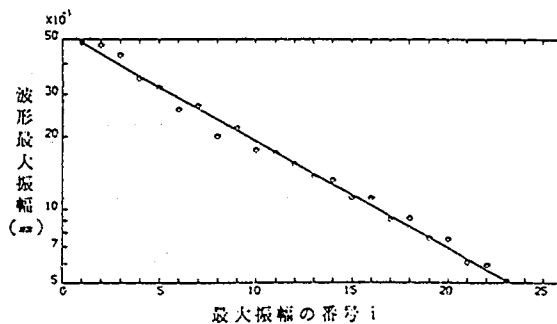
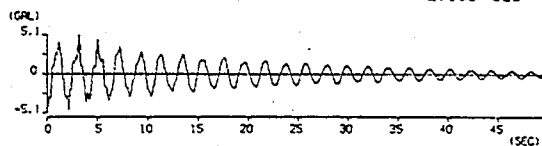


1	3.842
2	3.581
3	3.273
4	2.878
5	2.589
6	2.405
7	2.193
8	2.145
9	1.605
10	1.694
11	1.437
12	1.311
13	1.244
14	1.013
15	1.039
16	0.812
17	0.841
18	0.674
19	0.663
20	0.540
21	0.536
22	0.465
23	0.417
24	0.402
25	0.309

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{3.842}{0.420} = 0.096$$

付図-2.30 自由減衰波形

NO. 176 2F ハリ キンキケン (V) 0.51KU03 B-1
WAMAX = 5.13 (GAL) F= 0.485 HZ
T= 2.063 SEC

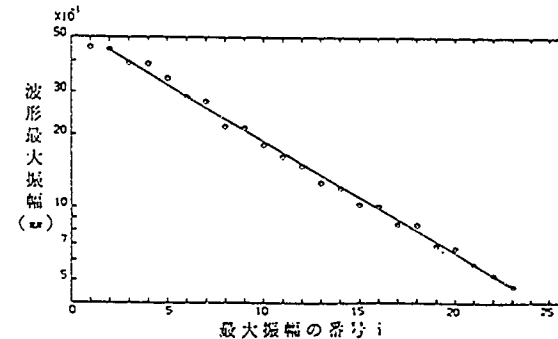
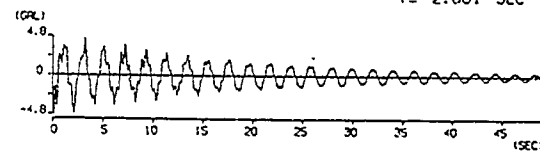


1	4.496
2	4.409
3	4.021
4	3.255
5	2.979
6	2.419
7	2.584
8	1.871
9	2.023
10	1.644
11	1.602
12	1.441
13	1.278
14	1.235
15	1.096
16	1.036
17	0.845
18	0.854
19	0.782
20	0.696
21	0.563
22	0.548
23	0.472

$$\delta = \frac{1}{22} \ln \frac{4.846}{0.509} = 0.102$$

付図-2.31 自由減衰波形

NO. 177 2F ハリ キンキケン (V) 0.51KU03 B-2
WAMAX = 4.84 (GAL) F= 0.485 HZ
T= 2.061 SEC

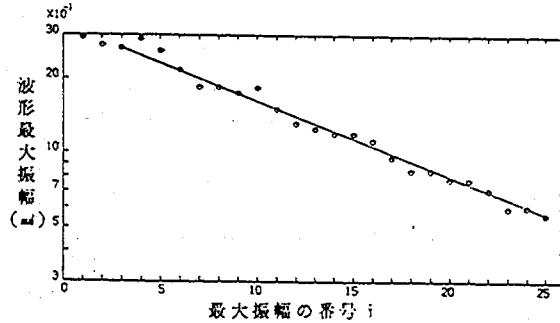
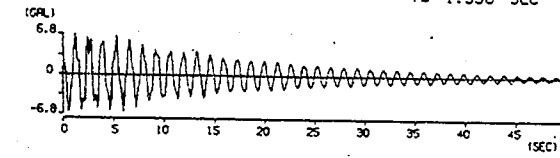


1	4.224
2	4.137
3	3.840
4	3.622
5	3.164
6	2.667
7	2.584
8	2.013
9	1.989
10	1.697
11	1.510
12	1.383
13	1.184
14	1.121
15	0.958
16	0.940
17	0.789
18	0.783
19	0.642
20	0.627
21	0.536
22	0.485
23	0.437

$$\delta = \frac{1}{21} \ln \frac{4.453}{0.470} = 0.107$$

付図-2.32 自由減衰波形

NO. 121 6F 1/2 シンチスケール (V) 0.77KU02 A-2
WAMAX = 6.78 (GAL) F = 0.752 HZ
T = 1.330 SEC



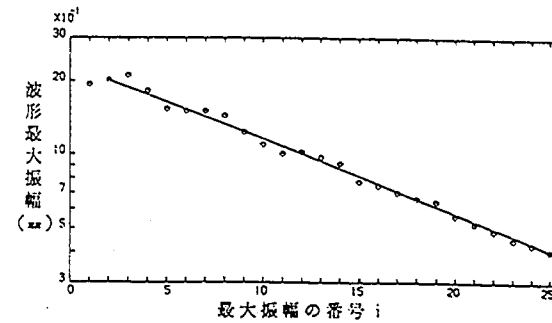
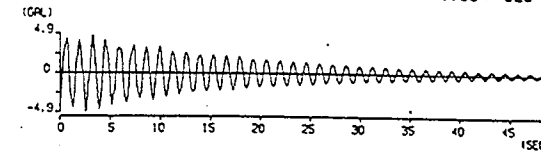
1	6.51	2.918
2	6.06	2.731
3	5.82	2.653
4	5.46	2.596
5	5.78	2.590
6	4.64	2.169
7	4.13	1.852
8	4.12	1.848
9	3.90	1.748
10	4.11	1.841
11	3.36	1.508
12	2.94	1.317
13	2.79	1.251
14	2.67	1.195
15	2.66	1.182
16	2.50	1.119
17	2.13	0.955
18	1.89	0.847
19	1.89	0.848
20	1.74	0.782
21	1.73	0.776
22	1.57	0.705
23	1.33	0.594
24	1.31	0.602
25	1.25	0.560

$$\delta = \frac{1}{22} \ln \frac{2.653}{0.560}$$

$$= 0.071$$

付図-2.33 自由減衰波形

NO. 125 6F 1/2 シンチスケール (V) 0.77KU02 A-6
WAMAX = 4.68 (GAL) F = 0.750 HZ
T = 1.334 SEC



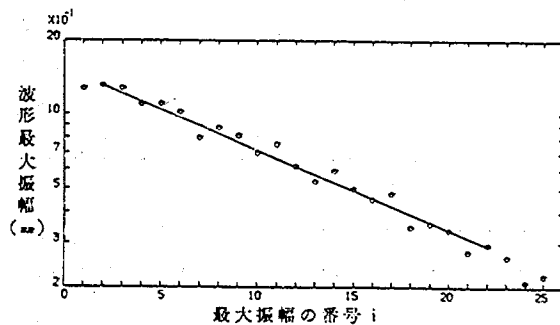
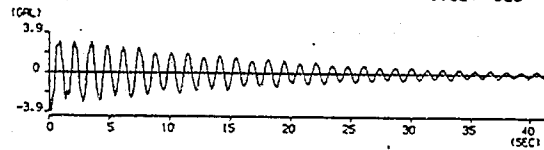
1	4.30	1.836
2	4.43	2.021
3	4.68	2.110
4	4.04	1.819
5	1.40	1.333
6	3.34	1.502
7	3.33	1.501
8	3.19	1.438
9	2.72	1.277
10	2.62	1.092
11	2.22	1.002
12	2.28	1.016
13	2.15	0.969
14	2.03	0.912
15	1.71	0.772
16	1.68	0.746
17	1.53	0.699
18	1.41	0.663
19	1.42	0.642
20	1.25	0.561
21	1.16	0.500
22	1.08	0.488
23	1.00	0.449
24	0.95	0.429
25	0.85	0.404

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{2.021}{0.404}$$

$$= 0.070$$

付図-2.34 自由減衰波形

NO. 120 6F 1/2 シンチスケール (V) 0.77KU02 B-1
WAMAX = 3.85 (GAL) F = 0.753 HZ
T = 1.327 SEC



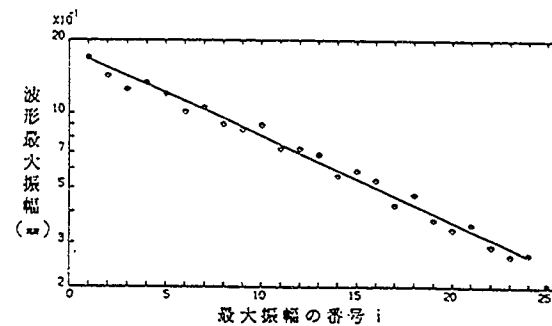
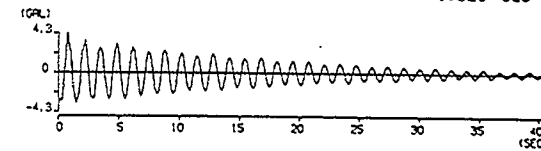
1	2.855	1.2740
2	2.937	1.3105
3	2.873	1.2821
4	2.465	1.0997
5	2.474	1.1038
6	2.268	1.0213
7	1.799	0.8025
8	1.971	0.8795
9	1.835	0.8187
10	1.571	0.7012
11	1.699	0.7579
12	1.387	0.6188
13	1.205	0.5377
14	1.332	0.5844
15	1.120	0.4999
16	1.014	0.4526
17	1.072	0.4782
18	0.781	0.3406
19	0.805	0.3594
20	0.757	0.3377
21	0.615	0.2743
22	0.657	0.2932
23	0.587	0.2621
24	0.469	0.2094
25	0.497	0.2216

$$\delta = \frac{1}{18} \ln \frac{1.311}{0.338}$$

$$= 0.075$$

付図-2.35 自由減衰波形

NO. 125 6F 1/2 シンチスケール (V) 0.77KU02 B-6
WAMAX = 4.29 (GAL) F = 0.753 HZ
T = 1.328 SEC



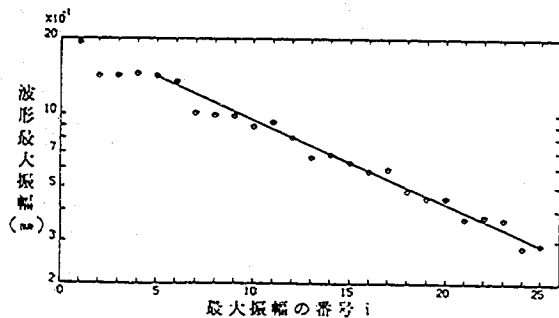
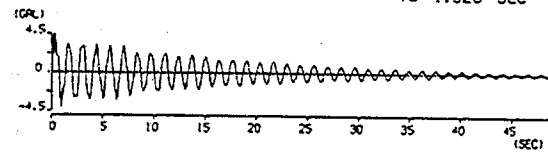
1	3.805	1.6986
2	3.203	1.4296
3	2.810	1.2546
4	2.990	1.3347
5	2.686	1.1990
6	2.266	1.0118
7	2.380	1.0537
8	2.023	0.9030
9	1.828	0.8609
10	2.007	0.8962
11	1.618	0.7224
12	1.615	0.7210
13	1.530	0.6830
14	1.253	0.5394
15	1.314	0.5866
16	1.204	0.5377
17	0.952	0.4250
18	1.049	0.4684
19	0.830	0.3707
20	0.780	0.3595
21	0.794	0.3544
22	0.648	0.2892
23	0.583	0.2648
24	0.602	0.2698
25	0.459	0.2050

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{1.699}{0.269}$$

$$= 0.080$$

付図-2.36 自由減衰波形

NO. 128 ㇿㇿハㇿレ ㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿ (V) 0.79KUD1 A-2
WAMAX = 4.52 (GAL) F= 0.754 HZ
T= 1.326 SEC

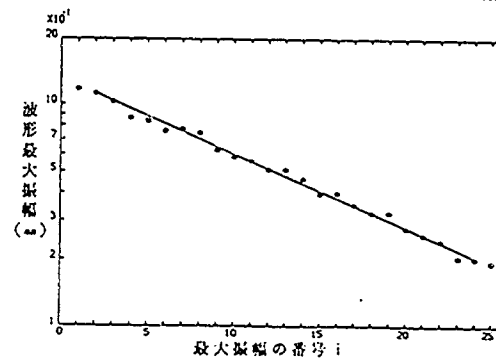
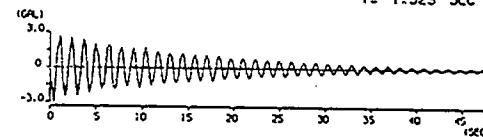


1	4.23	1.930
2	3.19	1.423
3	3.20	1.426
4	3.25	1.450
5	3.19	1.473
6	3.02	1.348
7	2.27	1.011
8	2.23	0.993
9	2.21	0.985
10	2.01	0.896
11	2.09	0.929
12	1.80	0.802
13	1.48	0.662
14	1.53	0.680
15	1.41	0.629
16	1.30	0.580
17	1.33	0.592
18	1.08	0.482
19	1.01	0.449
20	1.00	0.448
21	0.85	0.368
22	0.84	0.375
23	0.82	0.365
24	0.63	0.280
25	0.65	0.288

$$\delta = \frac{1}{20} \ln \frac{1.423}{0.288} = 0.080$$

付図-2.37 自由減衰波形

NO. 132 ㇿㇿハㇿレ ㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿ (V) 0.79KUD1 A-6
WAMAX = 3.01 (GAL) F= 0.753 HZ
T= 1.329 SEC

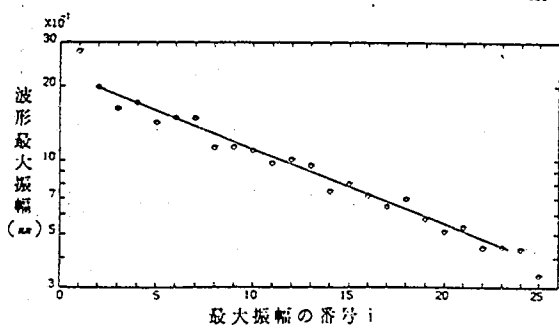
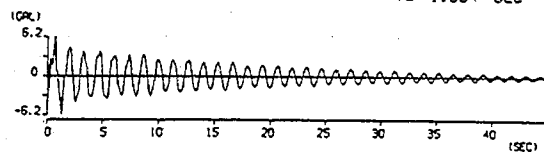


1	2.81	1.166
2	2.50	1.117
3	2.30	1.030
4	1.98	0.870
5	1.89	0.845
6	1.70	0.782
7	1.74	0.779
8	1.67	0.748
9	1.41	0.629
10	1.31	0.586
11	1.26	0.583
12	1.15	0.514
13	1.15	0.514
14	1.04	0.464
15	0.89	0.386
16	0.90	0.401
17	0.79	0.353
18	0.73	0.325
19	0.73	0.325
20	0.62	0.276
21	0.58	0.258
22	0.54	0.242
23	0.46	0.204
24	0.45	0.202
25	0.43	0.194

$$\delta = \frac{1}{22} \ln \frac{1.117}{0.202} = 0.078$$

付図-2.38 自由減衰波形

NO. 134 ㇿㇿハㇿレ ㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿ (V) 0.79KUD1 B-1
WAMAX = 6.16 (GAL) F= 0.750 HZ
T= 1.334 SEC

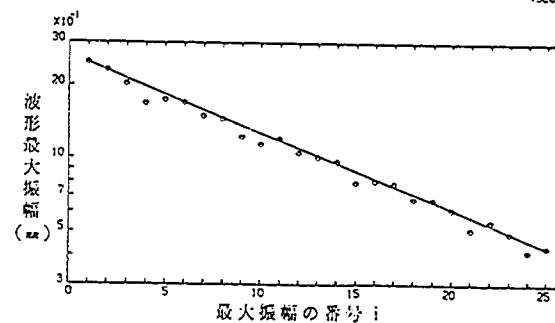
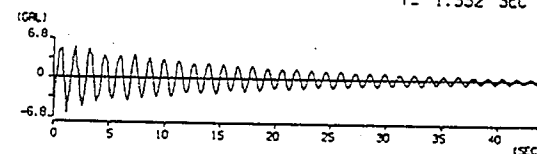


1	6.156	2.7731
2	4.397	1.9806
3	3.615	1.6287
4	3.809	1.7150
5	3.179	1.4323
6	3.309	1.4909
7	3.306	1.4895
8	2.513	1.1322
9	2.534	1.1417
10	2.447	1.1021
11	2.165	0.9753
12	2.241	1.0094
13	2.116	0.9535
14	1.652	0.7489
15	1.790	0.8021
16	1.596	0.7189
17	1.438	0.6479
18	1.544	0.6957
19	1.278	0.5756
20	1.132	0.5102
21	1.184	0.5333
22	0.978	0.4406
23	0.984	0.4433
24	0.963	0.4338
25	0.748	0.3369

$$\delta = \frac{1}{21} \ln \frac{1.981}{0.443} = 0.071$$

付図-2.39 自由減衰波形

NO. 139 ㇿㇿハㇿレ ㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿㇿ (V) 0.79KUD1 B-6
WAMAX = 6.76 (GAL) F= 0.751 HZ
T= 1.332 SEC

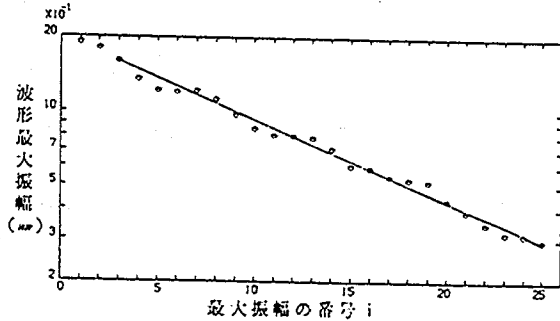
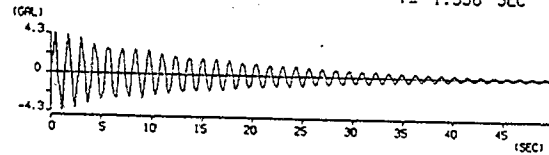


1	5.529	2.4964
2	5.158	2.3195
3	4.544	2.0433
4	4.768	2.0545
5	3.911	1.7588
6	3.802	1.7096
7	3.358	1.5099
8	3.257	1.4648
9	2.746	1.2350
10	2.552	1.1475
11	2.695	1.2117
12	2.357	1.0599
13	2.248	1.0107
14	2.139	0.9710
15	1.770	0.7850
16	1.800	0.8097
17	1.758	0.7905
18	1.512	0.6797
19	1.496	0.6729
20	1.363	0.6127
21	1.134	0.5101
22	1.220	0.5484
23	1.098	0.4937
24	0.922	0.4144
25	0.964	0.4335

$$\delta = \frac{1}{24} \ln \frac{2.486}{0.434} = 0.073$$

付図-2.40 自由減衰波形

NO. 142 6F ハンシ エンゼン (V) 0.75KUD1 A-2
WAMAX = 4.25 (GAL) F= 0.752 HZ
T= 1.330 SEC

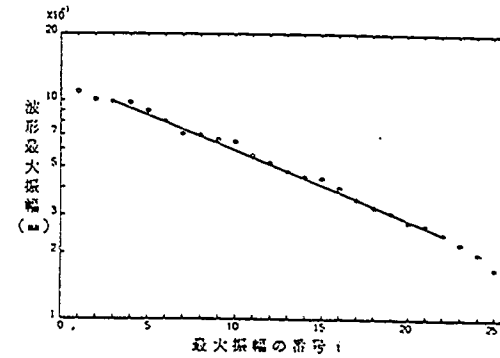
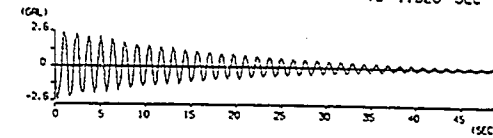


1	4.25	1.902
2	4.03	1.804
3	3.87	1.759
4	3.72	1.724
5	3.58	1.691
6	3.45	1.660
7	3.32	1.630
8	3.20	1.601
9	3.08	1.573
10	2.96	1.546
11	2.85	1.520
12	2.74	1.494
13	2.63	1.469
14	2.52	1.444
15	2.42	1.419
16	2.32	1.394
17	2.22	1.370
18	2.12	1.346
19	2.02	1.322
20	1.92	1.298
21	1.82	1.274
22	1.72	1.250
23	1.62	1.226
24	1.52	1.202
25	1.42	1.178

$$\delta = \frac{1}{22} \ln \frac{1.599}{0.297} = 0.077$$

付図-2.41 自由減衰波形

NO. 146 6F ハンシ エンゼン (V) 0.75KUD1 A-6
WAMAX = 2.64 (GAL) F= 0.754 HZ
T= 1.326 SEC

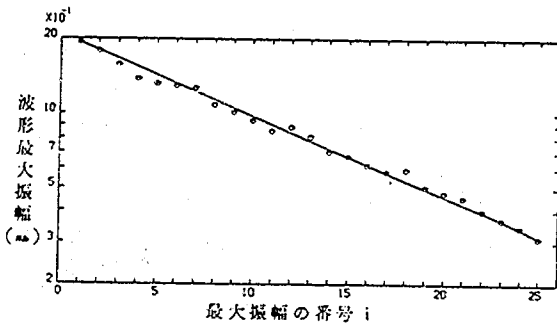
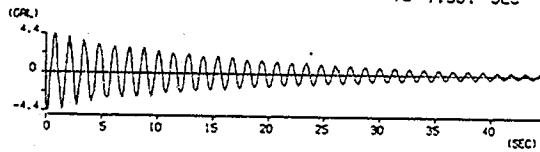


1	2.64	1.897
2	2.52	1.838
3	2.41	1.780
4	2.30	1.722
5	2.19	1.664
6	2.08	1.606
7	1.97	1.548
8	1.86	1.490
9	1.75	1.432
10	1.64	1.374
11	1.53	1.316
12	1.42	1.258
13	1.31	1.200
14	1.20	1.142
15	1.09	1.084
16	0.98	1.026
17	0.87	0.968
18	0.76	0.910
19	0.65	0.852
20	0.54	0.794
21	0.43	0.736
22	0.32	0.678
23	0.21	0.620
24	0.10	0.562
25	0.09	0.504

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{0.985}{0.244} = 0.073$$

付図-2.42 自由減衰波形

NO. 148 6F ハンシ エンゼン (V) 0.75KUD1 B-1
WAMAX = 4.12 (GAL) F= 0.751 HZ
T= 1.331 SEC

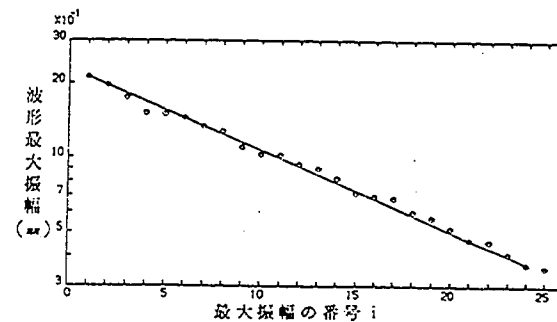
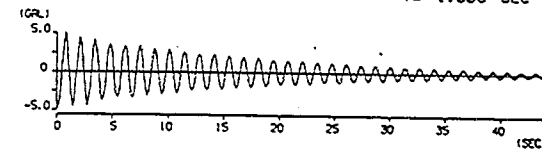


1	4.302	1.9329
2	3.973	1.7848
3	3.506	1.5729
4	3.070	1.3773
5	2.934	1.3162
6	2.883	1.2931
7	2.822	1.2660
8	2.746	1.2389
9	2.659	1.2133
10	2.569	1.1872
11	2.474	1.1614
12	2.374	1.1356
13	2.269	1.1097
14	2.158	1.0836
15	2.041	1.0574
16	1.918	1.0311
17	1.790	1.0047
18	1.656	0.9782
19	1.517	0.9516
20	1.373	0.9249
21	1.224	0.8981
22	1.070	0.8712
23	0.911	0.8442
24	0.746	0.8171
25	0.586	0.7900

$$\delta = \frac{1}{24} \ln \frac{1.933}{0.312} = 0.076$$

付図-2.43 自由減衰波形

NO. 153 6F ハンシ エンゼン (V) 0.75KUD1 B-6
WAMAX = 4.95 (GAL) F= 0.752 HZ
T= 1.330 SEC

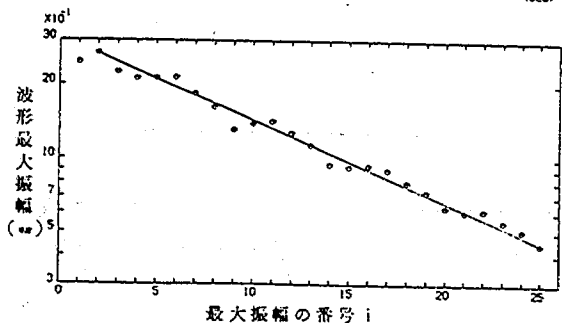
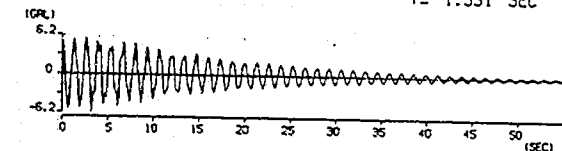


1	4.742	2.1758
2	4.389	1.9676
3	3.905	1.7506
4	3.382	1.5163
5	3.330	1.5054
6	3.245	1.4549
7	3.161	1.3960
8	3.053	1.3390
9	2.921	1.2890
10	2.793	1.2381
11	2.681	1.1877
12	2.552	1.1368
13	2.407	1.0859
14	2.287	1.0346
15	2.160	0.9832
16	2.021	0.9314
17	1.877	0.8795
18	1.741	0.8276
19	1.574	0.7757
20	1.439	0.7238
21	1.303	0.6719
22	1.165	0.6200
23	1.021	0.5681
24	0.884	0.5162
25	0.800	0.4643

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{2.126}{0.370} = 0.076$$

付図-2.44 自由減衰波形

NO. 149 GP ハンシ センシタ (V) 0.75KU02 A-2
WAMAX = 6.22 (GAL) F= 0.751 HZ
T= 1.331 SEC



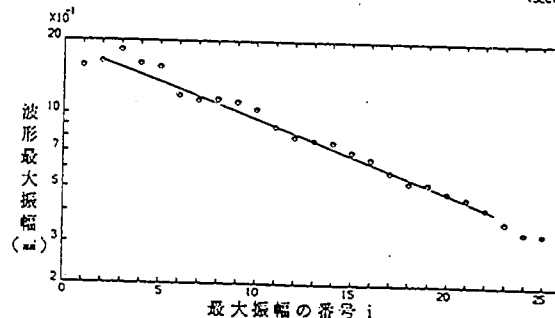
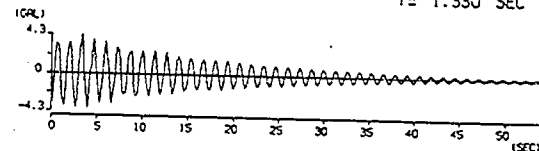
1	5.47	2.454
2	5.94	2.666
3	5.00	2.246
4	4.71	2.114
5	4.73	2.123
6	4.76	2.137
7	4.69	2.125
8	5.59	1.610
9	2.91	1.305
10	3.07	1.378
11	3.14	1.410
12	2.82	1.289
13	2.52	1.130
14	2.70	0.944
15	2.06	0.924
16	2.08	0.933
17	2.00	0.897
18	1.78	0.796
19	1.63	0.730
20	1.40	0.629
21	1.34	0.603
22	1.36	0.612
23	1.23	0.552
24	1.13	0.508
25	0.99	0.446

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{2.666}{0.446}$$

$$= 0.078$$

付図-2.45 自由減衰波形

NO. 153 GP ハンシ センシタ (V) 0.75KU02 A-6
WAMAX = 4.26 (GAL) F= 0.752 HZ
T= 1.330 SEC



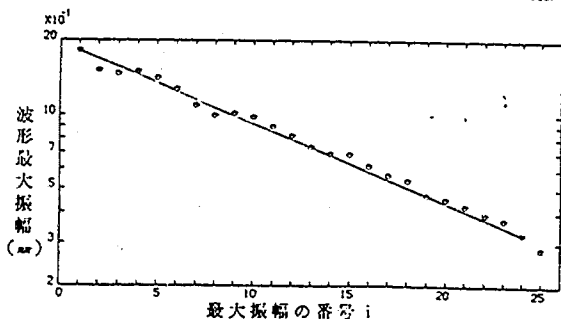
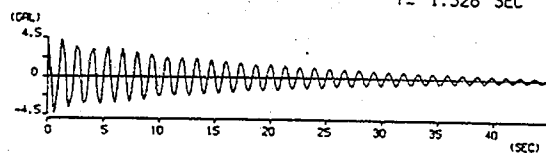
1	3.50	1.569
2	3.65	1.637
3	4.09	1.835
4	3.56	1.608
5	3.47	1.555
6	2.65	1.105
7	2.53	1.133
8	2.56	1.146
9	2.43	1.118
10	2.33	1.044
11	1.98	0.889
12	1.79	0.804
13	1.74	0.779
14	1.71	0.769
15	1.57	0.705
16	1.47	0.660
17	1.30	0.584
18	1.18	0.530
19	1.18	0.527
20	1.08	0.486
21	1.03	0.461
22	0.94	0.421
23	0.83	0.371
24	0.75	0.337
25	0.74	0.332

$$\delta = \frac{1}{20} \ln \frac{1.637}{0.421}$$

$$= 0.068$$

付図-2.46 自由減衰波形

NO. 155 GP ハンシ センシタ (V) 0.75KU02 B-1
WAMAX = 4.54 (GAL) F= 0.753 HZ
T= 1.328 SEC



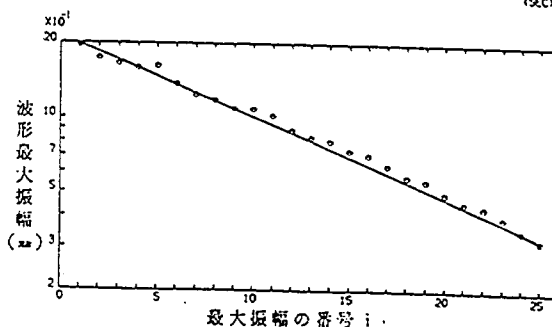
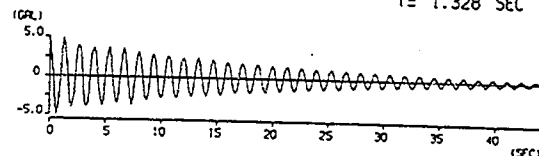
1	4.054	1.8112
2	3.558	1.5001
3	3.259	1.4554
4	3.319	1.4825
5	3.131	1.3986
6	2.837	1.2674
7	2.453	1.0956
8	2.235	0.9982
9	2.280	1.0185
10	2.204	0.9847
11	2.007	0.8968
12	1.835	0.8197
13	1.850	0.7372
14	1.550	0.6925
15	1.544	0.6898
16	1.390	0.6209
17	1.278	0.5708
18	1.217	0.5438
19	1.054	0.4707
20	1.017	0.4545
21	0.951	0.4247
22	0.881	0.3936
23	0.836	0.3733
24	0.733	0.3273
25	0.636	0.2841

$$\delta = \frac{1}{23} \ln \frac{1.811}{0.327}$$

$$= 0.074$$

付図-2.47 自由減衰波形

NO. 160 GP ハンシ センシタ (V) 0.75KU02 B-6
WAMAX = 4.95 (GAL) F= 0.753 HZ
T= 1.328 SEC



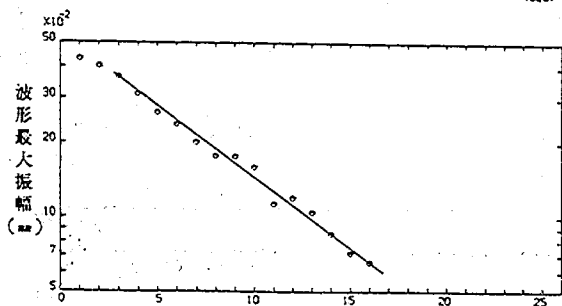
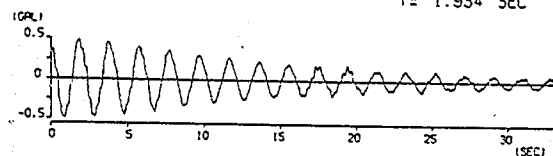
1	4.386	1.9603
2	3.981	1.7347
3	3.680	1.6449
4	3.540	1.5824
5	3.607	1.6123
6	3.078	1.3758
7	2.785	1.2453
8	2.655	1.1858
9	2.448	1.0944
10	2.439	1.0903
11	2.284	1.0210
12	1.969	0.8891
13	1.858	0.8305
14	1.797	0.8034
15	1.645	0.7355
16	1.585	0.7082
17	1.436	0.6417
18	1.298	0.5791
19	1.247	0.5574
20	1.113	0.4976
21	1.025	0.4581
22	0.985	0.4405
23	0.894	0.3997
24	0.791	0.3535
25	0.727	0.3249

$$\delta = \frac{1}{24} \ln \frac{1.960}{0.325}$$

$$= 0.075$$

付図-2.48 自由減衰波形

NO. 218 鉛直方向の自由減衰振動 (V) 0.445 G1 A-1
WAMAX = 0.47 (GAL) F = 0.517 HZ
T = 1.934 SEC



最大振幅の番号 i

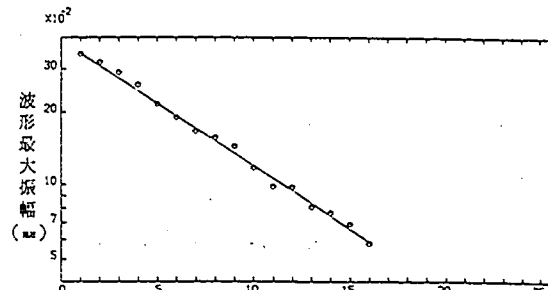
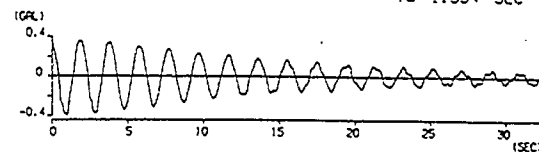
*1 波形 NO
*2 鉛直加振
*3 設定振動数 (Hz)
*4 減衰試験回数
*5 PICKUP NO

波形振幅
加減速 変位
λ (gal) (mm)

1	0.453	0.4292
2	0.425	0.4027
3	0.397	0.3661
4	0.370	0.3324
5	0.343	0.2988
6	0.316	0.2652
7	0.289	0.2316
8	0.262	0.1980
9	0.235	0.1644
10	0.208	0.1308
11	0.181	0.0972
12	0.154	0.0636
13	0.127	0.0300
14	0.100	0.0064
15	0.073	0.0000
16	0.046	0.0000

$$\delta = \frac{1}{13} \ln \frac{0.366}{0.066} = 0.132$$

NO. 219 鉛直方向の自由減衰振動 (V) 0.445 G1 A-2
WAMAX = 0.40 (GAL) F = 0.517 HZ
T = 1.934 SEC



最大振幅の番号 i

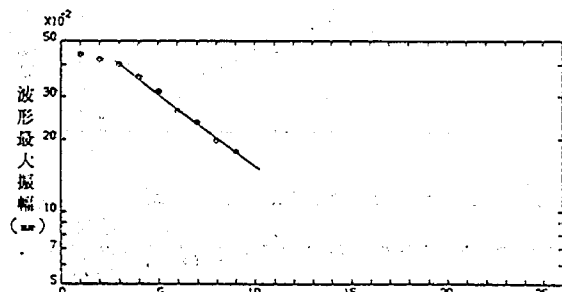
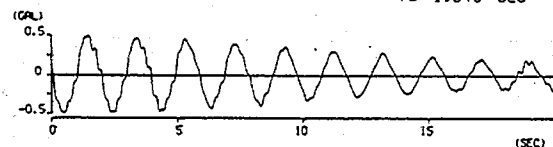
1	0.36	0.345
2	0.34	0.320
3	0.31	0.290
4	0.27	0.258
5	0.23	0.216
6	0.20	0.190
7	0.18	0.165
8	0.16	0.156
9	0.15	0.144
10	0.12	0.118
11	0.10	0.098
12	0.09	0.097
13	0.09	0.081
14	0.08	0.077
15	0.07	0.069
16	0.06	0.058

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{0.345}{0.058} = 0.119$$

付図-2.49 自由減衰波形

付図-2.50 自由減衰波形

NO. 225 鉛直方向の自由減衰振動 (V) 0.445 G1 B-1
WAMAX = 0.47 (GAL) F = 0.514 HZ
T = 1.946 SEC



最大振幅の番号 i

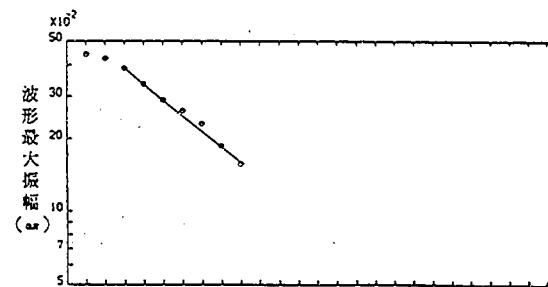
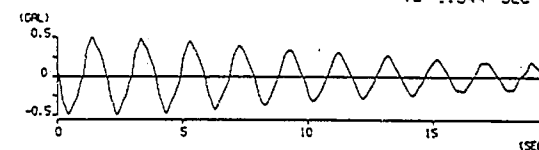
*1 波形 NO
*2 鉛直加振
*3 設定振動数 (Hz)
*4 減衰試験回数
*5 PICKUP NO

波形振幅
加減速 変位
λ (gal) (mm)

1	0.459	0.4403
2	0.439	0.4212
3	0.419	0.4017
4	0.393	0.3574
5	0.327	0.3139
6	0.274	0.2631
7	0.246	0.2361
8	0.207	0.1984
9	0.186	0.1781

$$\delta = \frac{1}{6} \ln \frac{0.402}{0.178} = 0.136$$

NO. 226 鉛直方向の自由減衰振動 (V) 0.445 G1 B-2
WAMAX = 0.46 (GAL) F = 0.514 HZ
T = 1.944 SEC



最大振幅の番号 i

1	0.460	0.4405
2	0.443	0.4241
3	0.405	0.3678
4	0.351	0.3360
5	0.303	0.2905
6	0.274	0.2623
7	0.242	0.2315
8	0.195	0.1871
9	0.165	0.1578

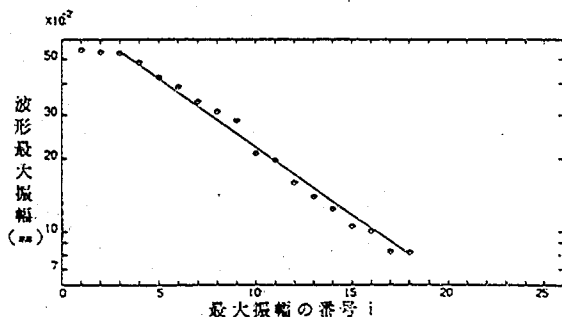
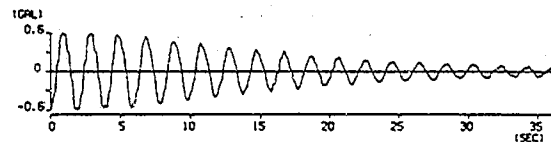
$$\delta = \frac{1}{6} \ln \frac{0.388}{0.158} = 0.150$$

付図-2.51 自由減衰波形

付図-2.52 自由減衰波形

NO. 232 6F ハ"レ キリンキレタ (V) 0.435 G1 A-1

WAMAX = 0.57 (GAL) F= 0.511 HZ
T= 1.956 SEC



1	0.56	0.546
2	0.55	0.533
3	0.54	0.520
4	0.53	0.507
5	0.52	0.494
6	0.51	0.481
7	0.50	0.468
8	0.49	0.455
9	0.48	0.442
10	0.47	0.429
11	0.46	0.416
12	0.45	0.403
13	0.44	0.390
14	0.43	0.377
15	0.42	0.364
16	0.41	0.351
17	0.40	0.338
18	0.39	0.325

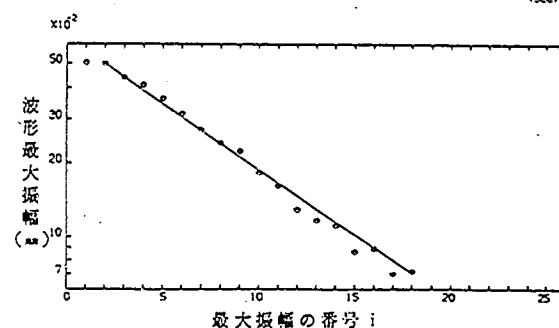
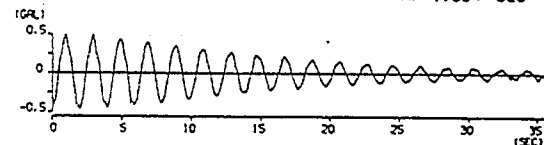
$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{0.528}{0.082}$$

$$= 0.124$$

付図-2.53 自由減衰波形

NO. 233 6F ハ"レ キリンキレタ (V) 0.435 G1 A-2

WAMAX = 0.54 (GAL) F= 0.512 HZ
T= 1.954 SEC



1	0.53	0.504
2	0.51	0.490
3	0.50	0.476
4	0.49	0.462
5	0.48	0.448
6	0.47	0.434
7	0.46	0.420
8	0.45	0.406
9	0.44	0.392
10	0.43	0.378
11	0.42	0.364
12	0.41	0.350
13	0.40	0.336
14	0.39	0.322
15	0.38	0.308
16	0.37	0.294
17	0.36	0.280
18	0.35	0.266

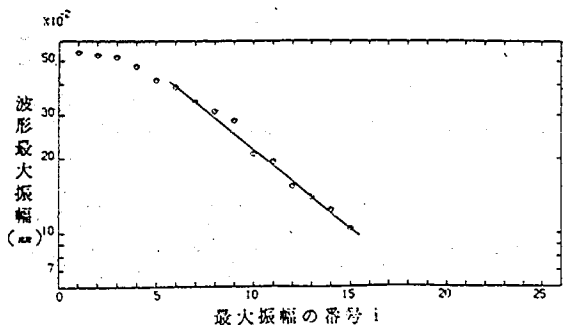
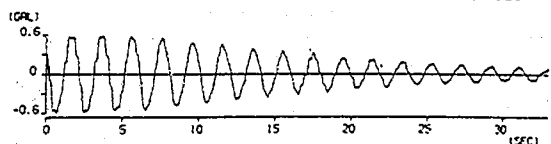
$$\delta = \frac{1}{16} \ln \frac{0.498}{0.071}$$

$$= 0.123$$

付図-2.54 自由減衰波形

NO. 239 6F ハ"レ キリンキレタ (V) 0.435 G1 B-1

WAMAX = 0.57 (GAL) F= 0.509 HZ
T= 1.963 SEC



1	0.554	0.5403
2	0.541	0.5262
3	0.528	0.5121
4	0.515	0.4980
5	0.502	0.4839
6	0.489	0.4698
7	0.476	0.4557
8	0.463	0.4416
9	0.450	0.4275
10	0.437	0.4134
11	0.424	0.3993
12	0.411	0.3852
13	0.398	0.3711
14	0.385	0.3570
15	0.372	0.3429

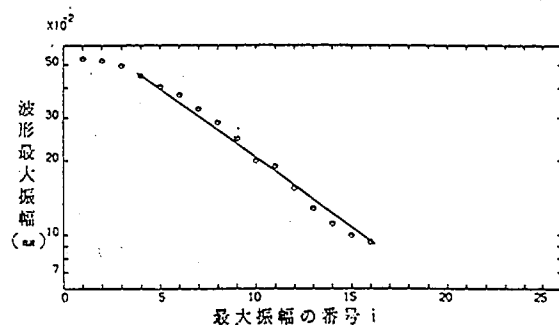
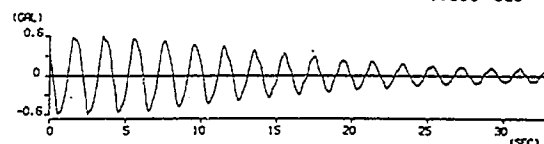
$$\delta = \frac{1}{9} \ln \frac{0.391}{0.104}$$

$$= 0.147$$

付図-2.55 自由減衰波形

NO. 240 6F ハ"レ キリンキレタ (V) 0.435 G1 B-2

WAMAX = 0.56 (GAL) F= 0.512 HZ
T= 1.953 SEC



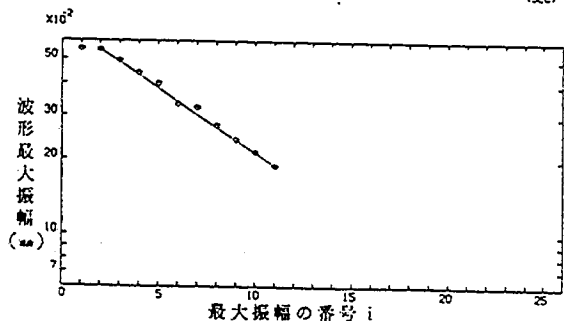
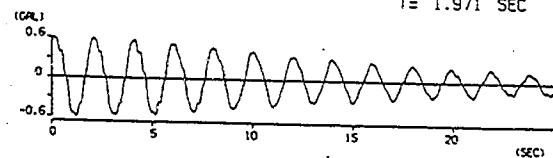
1	0.547	0.5266
2	0.537	0.5193
3	0.527	0.5120
4	0.517	0.5047
5	0.507	0.4974
6	0.497	0.4901
7	0.487	0.4828
8	0.477	0.4755
9	0.467	0.4682
10	0.457	0.4609
11	0.447	0.4536
12	0.437	0.4463
13	0.427	0.4390
14	0.417	0.4317
15	0.407	0.4244
16	0.397	0.4171

$$\delta = \frac{1}{12} \ln \frac{0.448}{0.093}$$

$$= 0.131$$

付図-2.56 自由減衰波形

NO. 260 2F ハシ モリシタ (V) 0.43S GS A-1
WAMAX = 0.58 (GAL) F = 0.507 HZ
T = 1.971 SEC

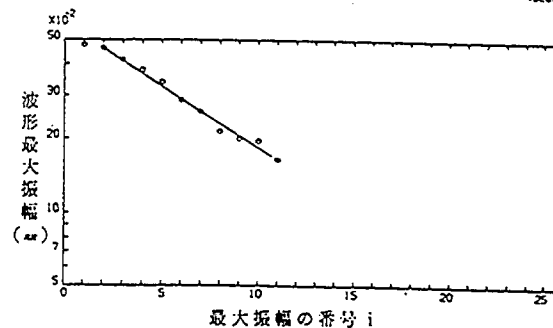
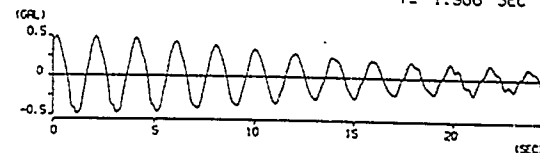


1	0.56	0.551
2	0.56	0.549
3	0.50	0.494
4	0.45	0.441
5	0.41	0.401
6	0.34	0.335
7	0.33	0.325
8	0.28	0.276
9	0.25	0.242
10	0.22	0.215
11	0.19	0.189

$$\delta = \frac{1}{9} \ln \frac{0.549}{0.189} = 0.118$$

付図-2.57 自由減衰波形

NO. 261 2F ハシ モリシタ (V) 0.43S GS A-2
WAMAX = 0.50 (GAL) F = 0.508 HZ
T = 1.968 SEC

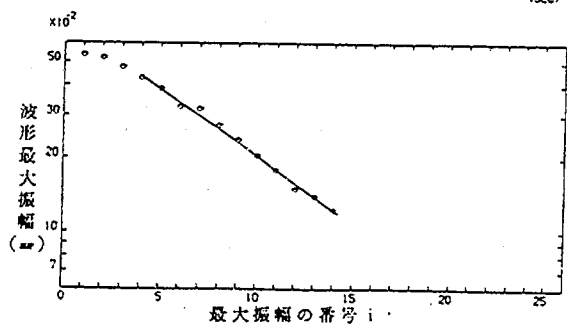
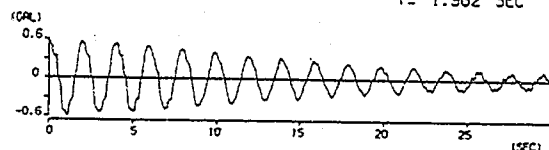


1	0.49	0.477
2	0.45	0.465
3	0.39	0.379
4	0.35	0.346
5	0.32	0.328
6	0.28	0.288
7	0.25	0.259
8	0.22	0.231
9	0.21	0.216
10	0.17	0.165
11		

$$\delta = \frac{1}{9} \ln \frac{0.462}{0.165} = 0.114$$

付図-2.58 自由減衰波形

NO. 267 2F ハシ モリシタ (V) 0.43S GS B-1
WAMAX = 0.60 (GAL) F = 0.510 HZ
T = 1.962 SEC

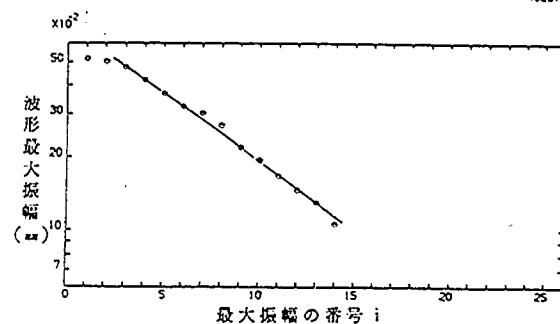
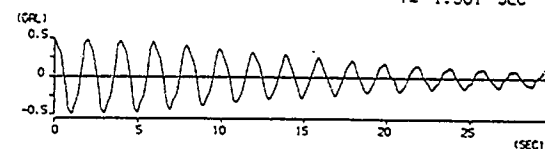


1	0.549	0.5352
2	0.534	0.5204
3	0.489	0.4768
4	0.441	0.4299
5	0.396	0.3877
6	0.355	0.3503
7	0.328	0.3201
8	0.279	0.2717
9	0.242	0.2360
10	0.209	0.2036
11	0.184	0.1794
12	0.154	0.1505
13	0.144	0.1401
14	0.126	0.1227

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{0.430}{0.123} = 0.125$$

付図-2.59 自由減衰波形

NO. 268 2F ハシ モリシタ (V) 0.43S GS B-2
WAMAX = 0.55 (GAL) F = 0.510 HZ
T = 1.961 SEC

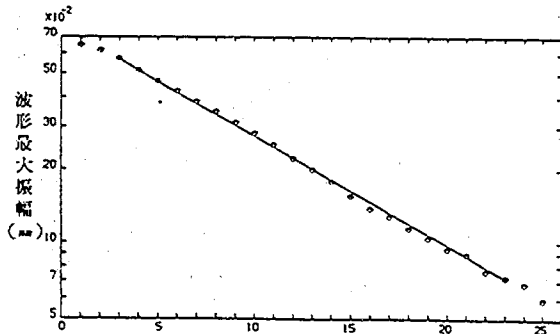
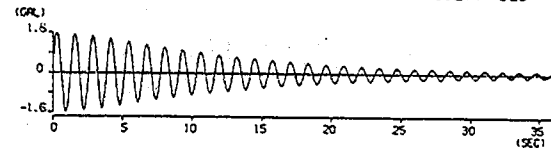


1	0.530	0.5155
2	0.516	0.5010
3	0.488	0.4757
4	0.452	0.4267
5	0.378	0.3682
6	0.352	0.3257
7	0.311	0.3029
8	0.276	0.2682
9	0.225	0.2194
10	0.200	0.1948
11	0.172	0.1676
12	0.150	0.1462
13	0.133	0.1296
14	0.109	0.1060

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{0.476}{0.130} = 0.130$$

付図-2.60 自由減衰波形

NO. 282 6F n³レ カレンセリクン (V) 0.655 G3 A- 2
 WAMAX = 1.62 (GAL) F= 0.783 HZ
 T= 1.277 SEC



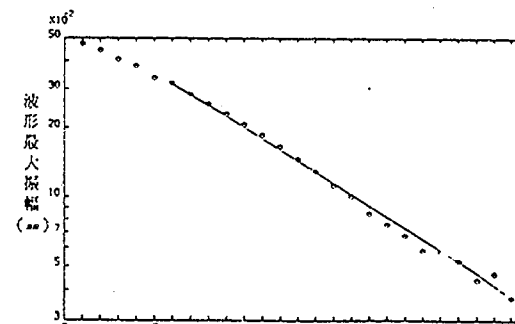
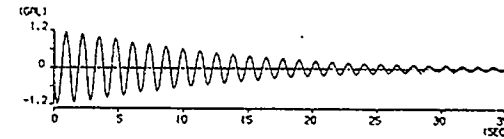
1	1.56	0.646
2	1.49	0.616
3	1.36	0.571
4	1.26	0.513
5	1.12	0.464
6	1.03	0.424
7	0.93	0.383
8	0.84	0.348
9	0.76	0.313
10	0.68	0.281
11	0.61	0.253
12	0.54	0.221
13	0.48	0.200
14	0.43	0.178
15	0.38	0.155
16	0.33	0.136
17	0.31	0.128
18	0.28	0.114
19	0.25	0.104
20	0.23	0.094
21	0.22	0.089
22	0.18	0.076
23	0.17	0.072
24	0.16	0.068
25	0.14	0.059

$$\delta = \frac{1}{21} \ln \frac{0.571}{0.072}$$

$$= 0.099$$

付図-2.61 自由減衰波形

NO. 285 6F n³レ カレンセリクン (V) 0.655 G3 n- 6
 WAMAX = 1.19 (GAL) F= 0.782 HZ
 T= 1.276 SEC



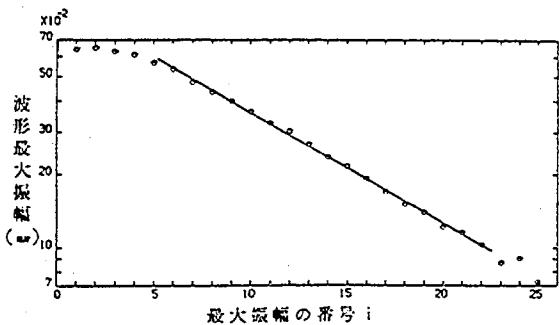
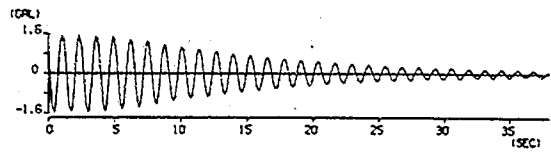
1	1.14	0.473
2	1.08	0.445
3	0.98	0.406
4	0.92	0.381
5	0.81	0.337
6	0.77	0.319
7	0.69	0.284
8	0.62	0.256
9	0.56	0.231
10	0.50	0.208
11	0.45	0.187
12	0.40	0.167
13	0.35	0.146
14	0.31	0.129
15	0.27	0.112
16	0.24	0.101
17	0.21	0.085
18	0.18	0.076
19	0.16	0.068
20	0.14	0.058
21	0.14	0.057
22	0.13	0.053
23	0.11	0.044
24	0.11	0.047
25	0.09	0.037

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{0.319}{0.037}$$

$$= 0.113$$

付図-2.62 自由減衰波形

NO. 288 6F n³レ カレンセリクン (V) 0.655 G3 B- 1
 WAMAX = 1.62 (GAL) F= 0.781 HZ
 T= 1.281 SEC



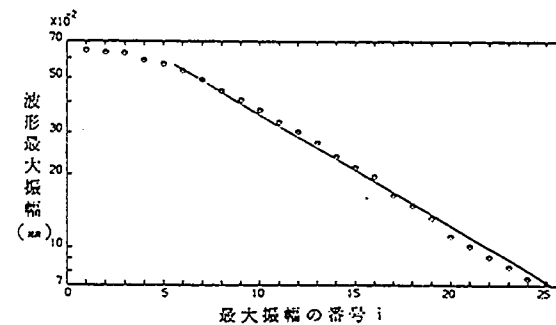
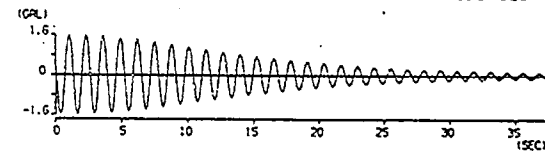
1	1.545	0.6421
2	1.564	0.6499
3	1.513	0.6296
4	1.470	0.6110
5	1.363	0.5663
6	1.267	0.5345
7	1.141	0.4739
8	1.041	0.4324
9	0.958	0.3982
10	0.871	0.3621
11	0.782	0.3250
12	0.726	0.3017
13	0.641	0.2662
14	0.566	0.2351
15	0.519	0.2156
16	0.451	0.1917
17	0.408	0.1697
18	0.363	0.1509
19	0.336	0.1395
20	0.293	0.1218
21	0.278	0.1157
22	0.248	0.1031
23	0.209	0.0867
24	0.210	0.0905
25	0.174	0.0723

$$\delta = \frac{1}{16} \ln \frac{0.535}{0.103}$$

$$= 0.103$$

付図-2.63 自由減衰波形

NO. 293 6F n³レ カレンセリクン (V) 0.655 G3 B- 6
 WAMAX = 1.56 (GAL) F= 0.780 HZ
 T= 1.282 SEC



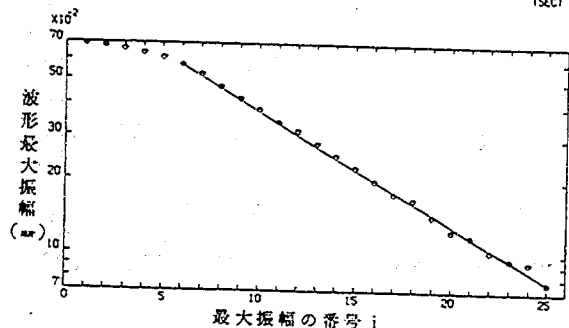
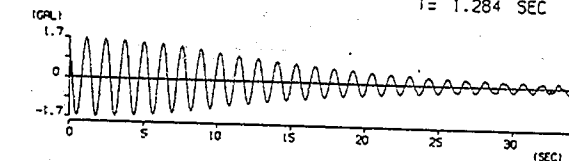
1	1.550	0.6454
2	1.516	0.6312
3	1.507	0.6274
4	1.412	0.5880
5	1.368	0.5694
6	1.283	0.5340
7	1.179	0.4908
8	1.067	0.4441
9	0.980	0.4079
10	0.892	0.3713
11	0.796	0.3312
12	0.725	0.3019
13	0.650	0.2705
14	0.568	0.2363
15	0.512	0.2132
16	0.471	0.1962
17	0.353	0.1637
18	0.356	0.1483
19	0.317	0.1319
20	0.267	0.1110
21	0.243	0.1013
22	0.219	0.0912
23	0.200	0.0833
24	0.185	0.0748
25	0.173	0.0719

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{0.534}{0.072}$$

$$= 0.105$$

付図-2.64 自由減衰波形

NO. 289 2P ハリ キンセンタ (V) 0.655 G4 A-2
WAMAX = 1.66 (GAL) F = 0.779 HZ
T = 1.284 SEC



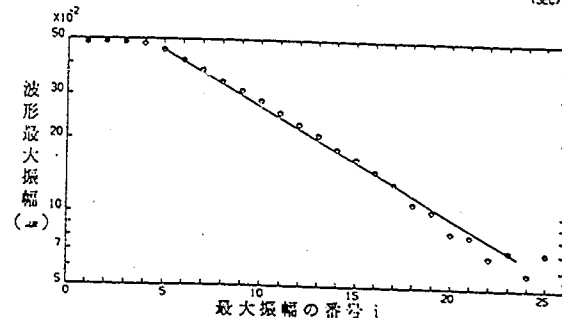
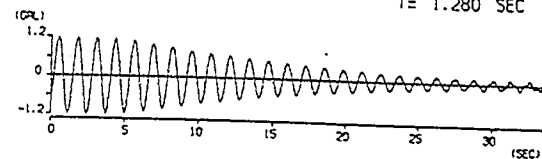
1	1.65	0.698
2	1.62	0.677
3	1.58	0.660
4	1.52	0.636
5	1.46	0.611
6	1.37	0.572
7	1.26	0.525
8	1.12	0.468
9	1.01	0.422
10	0.92	0.383
11	0.82	0.341
12	0.76	0.316
13	0.67	0.281
14	0.60	0.252
15	0.54	0.225
16	0.48	0.198
17	0.42	0.176
18	0.40	0.168
19	0.34	0.142
20	0.30	0.125
21	0.28	0.119
22	0.25	0.104
23	0.22	0.096
24	0.20	0.093
25	0.18	0.077

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{0.572}{0.077}$$

$$= 0.106$$

付図-2.65 自由減衰波形

NO. 293 2P ハリ キンセンタ (V) 0.655 G4 A-6
WAMAX = 1.18 (GAL) F = 0.781 HZ
T = 1.280 SEC



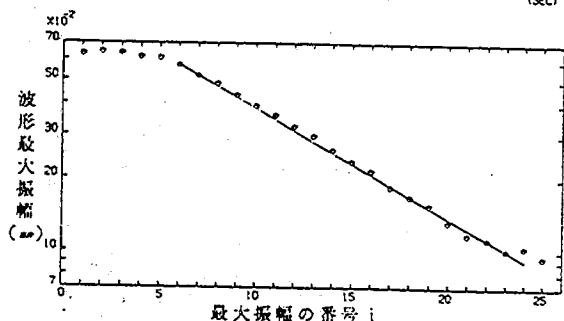
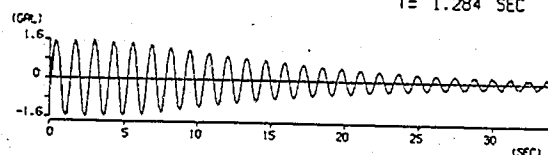
1	1.17	0.485
2	1.17	0.485
3	1.15	0.477
4	1.09	0.452
5	0.99	0.411
6	0.91	0.377
7	0.81	0.336
8	0.75	0.311
9	0.69	0.284
10	0.61	0.255
11	0.55	0.229
12	0.50	0.207
13	0.44	0.182
14	0.40	0.166
15	0.36	0.148
16	0.32	0.132
17	0.27	0.110
18	0.25	0.103
19	0.20	0.084
20	0.20	0.082
21	0.18	0.068
22	0.17	0.062
23	0.14	0.058
24	0.14	0.056
25	0.17	0.071

$$\delta = \frac{1}{18} \ln \frac{0.452}{0.072}$$

$$= 0.102$$

付図-2.66 自由減衰波形

NO. 295 2P ハリ キンセンタ (V) 0.655 G4 B-1
WAMAX = 1.55 (GAL) F = 0.779 HZ
T = 1.284 SEC



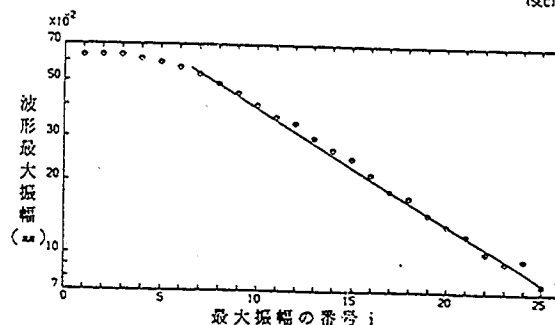
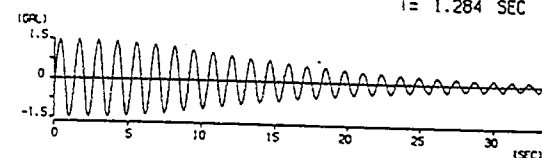
1	1.505	0.6289
2	1.538	0.6428
3	1.523	0.6362
4	1.470	0.6144
5	1.462	0.6109
6	1.369	0.5720
7	1.242	0.5130
8	1.154	0.4823
9	1.033	0.4317
10	0.937	0.3916
11	0.858	0.3584
12	0.778	0.3249
13	0.712	0.2977
14	0.625	0.2614
15	0.561	0.2345
16	0.514	0.2149
17	0.443	0.1852
18	0.405	0.1694
19	0.374	0.1561
20	0.316	0.1327
21	0.282	0.1179
22	0.269	0.1125
23	0.243	0.1015
24	0.220	0.1043
25	0.226	0.0945

$$\delta = \frac{1}{17} \ln \frac{0.572}{0.102}$$

$$= 0.101$$

付図-2.67 自由減衰波形

NO. 300 2P ハリ キンセンタ (V) 0.655 G4 B-6
WAMAX = 1.54 (GAL) F = 0.779 HZ
T = 1.284 SEC



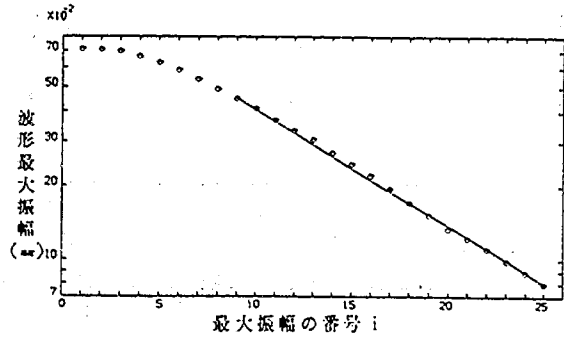
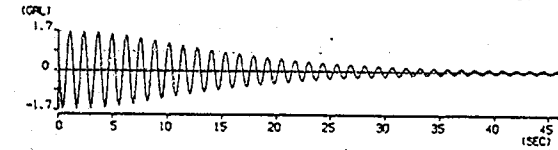
1	1.512	0.6317
2	1.520	0.6351
3	1.516	0.6345
4	1.468	0.6136
5	1.419	0.5930
6	1.268	0.5674
7	1.175	0.5332
8	1.187	0.4876
9	1.071	0.4477
10	0.963	0.4024
11	0.864	0.3609
12	0.815	0.3407
13	0.709	0.2964
14	0.637	0.2663
15	0.569	0.2460
16	0.511	0.2134
17	0.438	0.1833
18	0.413	0.1726
19	0.352	0.1472
20	0.317	0.1323
21	0.269	0.1209
22	0.245	0.1023
23	0.224	0.0934
24	0.230	0.0959
25	0.181	0.0757

$$\delta = \frac{1}{18} \ln \frac{0.533}{0.076}$$

$$= 0.108$$

付図-2.68 自由減衰波形

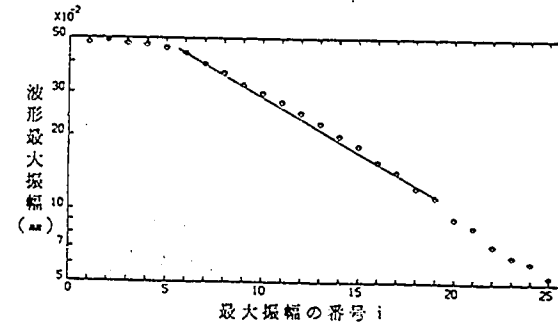
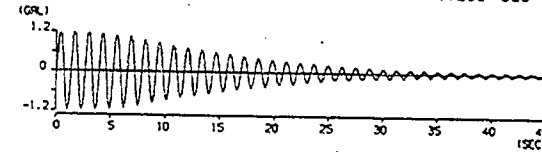
NO. 296 6F ハンシ キンキレン (V) 0.655 GS A- 2
WAMAX = 1.72 (GAL) F= 0.778 HZ
T= 1.285 SEC



$$\delta = \frac{1}{16} \ln \frac{0.451}{0.079} = 0.109$$

付図-2.69 自由減衰波形

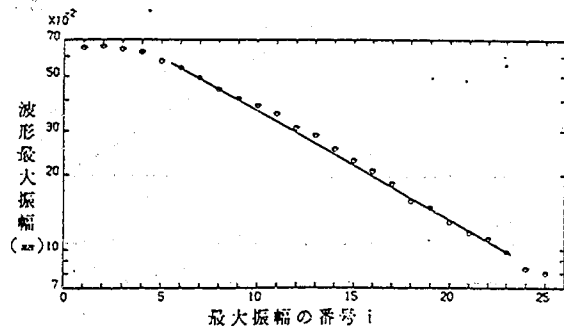
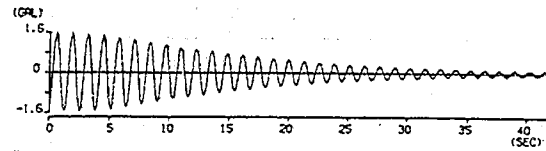
NO. 300 6F ハンシ キンキレン (V) 0.655 GS A- 6
WAMAX = 1.17 (GAL) F= 0.778 HZ
T= 1.285 SEC



$$\delta = \frac{1}{13} \ln \frac{0.435}{0.733} = 0.091$$

付図-2.70 自由減衰波形

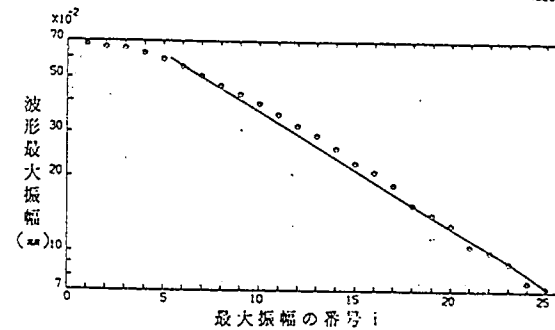
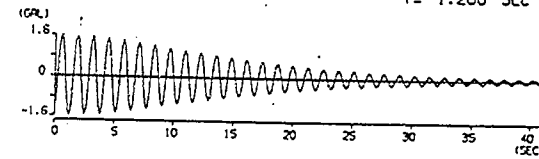
NO. 302 6F ハンシ キンキレン (V) 0.655 GS B- 1
WAMAX = 1.60 (GAL) F= 0.779 HZ
T= 1.284 SEC



$$\delta = \frac{1}{17} \ln \frac{0.539}{0.098} = 0.100$$

付図-2.71 自由減衰波形

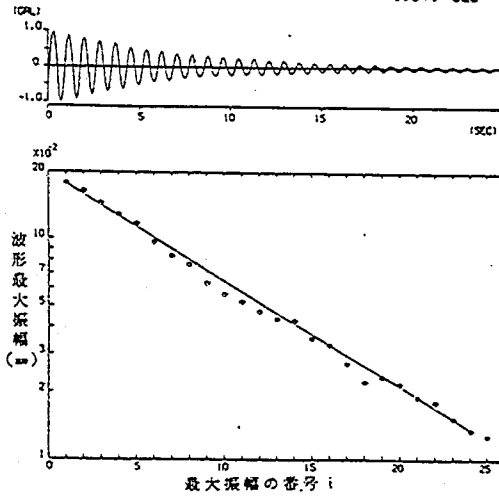
NO. 307 6F ハンシ キンキレン (V) 0.655 GS B- 6
WAMAX = 1.62 (GAL) F= 0.778 HZ
T= 1.286 SEC



$$\delta = \frac{1}{17} \ln \frac{0.553}{0.090} = 0.107$$

付図-2.72 自由減衰波形

NO. 6 6F ハレ マシンモーション (V) 0.99 G1 A-6
WAMAX = 1.01 (GAL) F= 1.189 HZ
T= 0.841 SEC

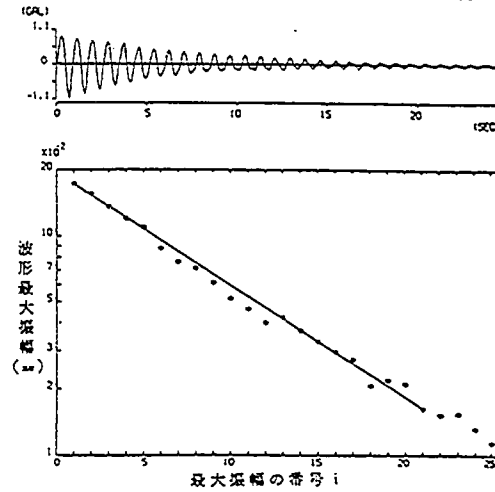


1	0.99	0.178
2	0.81	0.164
3	0.81	0.145
4	0.72	0.129
5	0.65	0.117
6	0.54	0.097
7	0.47	0.084
8	0.43	0.077
9	0.36	0.064
10	0.32	0.057
11	0.29	0.052
12	0.26	0.047
13	0.24	0.044
14	0.24	0.043
15	0.20	0.036
16	0.19	0.033
17	0.15	0.027
18	0.12	0.022
19	0.13	0.023
20	0.12	0.022
21	0.11	0.019
22	0.10	0.018
23	0.09	0.015
24	0.08	0.013
25	0.07	0.013

$$\delta = \frac{1}{20} \ln \frac{0.178}{0.019} = 0.112$$

付図-2.73 自由減衰波形

NO. 7 6F ハレ マシンモーション (V) 0.99 G1 A-7
WAMAX = 1.07 (GAL) F= 1.189 HZ
T= 0.841 SEC

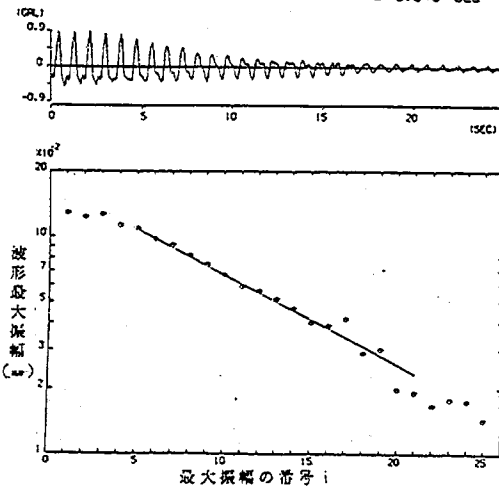


1	0.97	0.173
2	0.87	0.156
3	0.87	0.136
4	0.81	0.119
5	0.68	0.108
6	0.64	0.087
7	0.64	0.074
8	0.58	0.061
9	0.52	0.052
10	0.49	0.046
11	0.47	0.040
12	0.47	0.037
13	0.41	0.033
14	0.38	0.031
15	0.38	0.028
16	0.35	0.027
17	0.35	0.025
18	0.32	0.021
19	0.32	0.021
20	0.32	0.021
21	0.29	0.018
22	0.29	0.015
23	0.27	0.015
24	0.27	0.013
25	0.27	0.011

$$\delta = \frac{1}{20} \ln \frac{0.173}{0.016} = 0.119$$

付図-2.74 自由減衰波形

NO. 5 6F ハレ マシンモーション (V) 0.99 G1 B-5
WAMAX = 0.90 (GAL) F= 1.181 HZ
T= 0.846 SEC

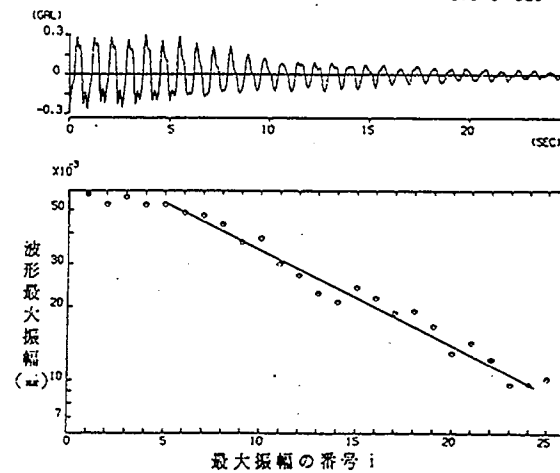


1	0.71	0.129
2	0.68	0.123
3	0.70	0.127
4	0.62	0.113
5	0.60	0.109
6	0.54	0.097
7	0.50	0.091
8	0.45	0.083
9	0.41	0.075
10	0.37	0.067
11	0.33	0.059
12	0.31	0.055
13	0.29	0.051
14	0.28	0.048
15	0.22	0.040
16	0.21	0.038
17	0.23	0.042
18	0.16	0.029
19	0.17	0.030
20	0.17	0.030
21	0.11	0.019
22	0.09	0.017
23	0.10	0.018
24	0.08	0.014
25	0.08	0.014

$$\delta = \frac{1}{9} \ln \frac{0.109}{0.046} = 0.096$$

付図-2.75 自由減衰波形

NO. 6 6F ハレ マシンモーション (V) 0.99 G1 B-6
WAMAX = 0.35 (GAL) F= 1.183 HZ
T= 0.845 SEC

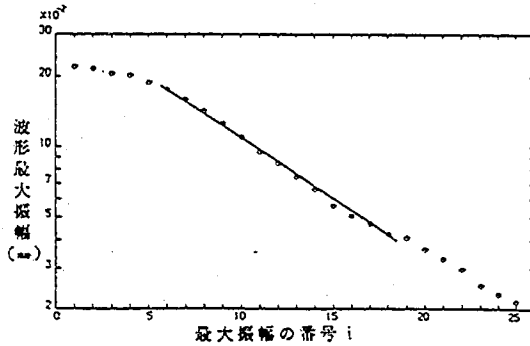
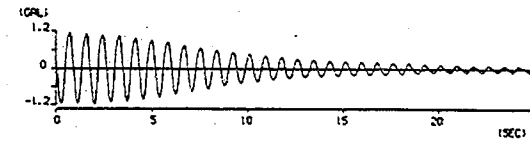


1	0.32	0.058
2	0.29	0.053
3	0.31	0.056
4	0.29	0.052
5	0.29	0.053
6	0.27	0.049
7	0.26	0.047
8	0.24	0.044
9	0.20	0.037
10	0.21	0.038
11	0.17	0.030
12	0.15	0.027
13	0.13	0.023
14	0.12	0.021
15	0.13	0.024
16	0.12	0.022
17	0.10	0.019
18	0.11	0.019
19	0.09	0.017
20	0.07	0.013
21	0.08	0.014
22	0.07	0.012
23	0.05	0.010
24	0.05	0.010
25	0.06	0.010

$$\delta = \frac{1}{19} \ln \frac{0.053}{0.010} = 0.088$$

付図-2.76 自由減衰波形

NO. 13 6F A¹レ リンキレン (V) 0.99 G2 A- 6
WAMAX = 1.24 (GAL) F= 1.183 HZ
T= 0.845 SEC

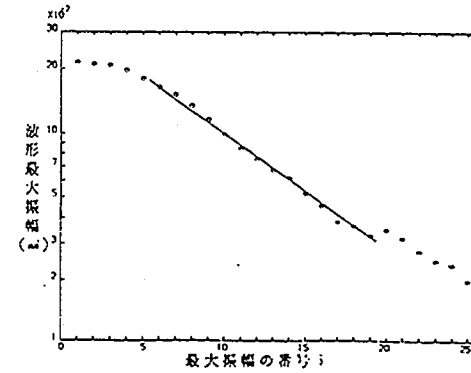
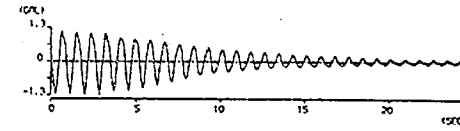


1	1.21	0.220
2	1.19	0.216
3	1.14	0.206
4	1.12	0.203
5	1.06	0.190
6	0.97	0.176
7	0.89	0.160
8	0.79	0.143
9	0.70	0.126
10	0.61	0.110
11	0.52	0.095
12	0.47	0.085
13	0.41	0.074
14	0.35	0.066
15	0.31	0.056
16	0.28	0.051
17	0.25	0.047
18	0.23	0.042
19	0.23	0.041
20	0.20	0.036
21	0.18	0.033
22	0.18	0.030
23	0.14	0.025
24	0.13	0.023
25	0.12	0.022

$$\delta = \frac{1}{12} \ln \frac{0.176}{0.042} = 0.119$$

付図-2.77 自由減衰波形

NO. 14 6F A¹レ リンキレン (V) 0.99 G2 A- 7
WAMAX = 1.26 (GAL) F= 1.183 HZ
T= 0.846 SEC

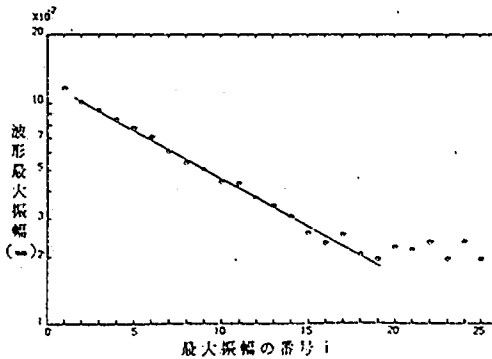
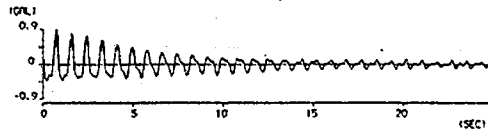


1	1.18	0.214
2	1.18	0.214
3	1.15	0.205
4	1.09	0.197
5	0.97	0.180
6	0.91	0.165
7	0.85	0.152
8	0.75	0.136
9	0.65	0.117
10	0.54	0.099
11	0.47	0.086
12	0.42	0.075
13	0.37	0.067
14	0.34	0.061
15	0.29	0.052
16	0.25	0.046
17	0.21	0.038
18	0.20	0.036
19	0.18	0.033
20	0.19	0.035
21	0.17	0.032
22	0.15	0.027
23	0.14	0.025
24	0.13	0.023
25	0.11	0.020

$$\delta = \frac{1}{13} \ln \frac{0.165}{0.033} = 0.124$$

付図-2.78 自由減衰波形

NO. 12 6F A¹レ リンキレン (V) 0.99 G2 B- 5
WAMAX = 0.87 (GAL) F= 1.194 HZ
T= 0.837 SEC

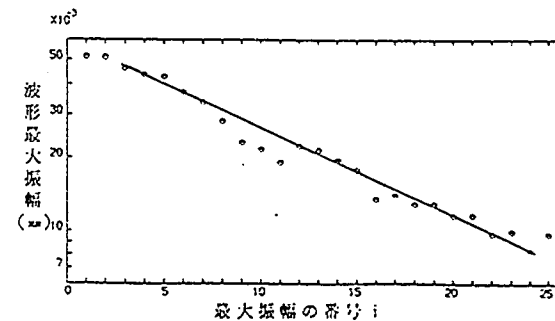
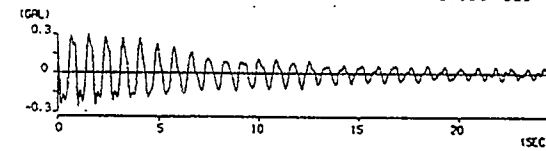


1	0.85	0.115
2	0.87	0.100
3	0.82	0.093
4	0.77	0.084
5	0.74	0.077
6	0.70	0.070
7	0.64	0.060
8	0.58	0.054
9	0.50	0.050
10	0.45	0.044
11	0.44	0.043
12	0.41	0.037
13	0.39	0.034
14	0.37	0.030
15	0.34	0.028
16	0.33	0.027
17	0.31	0.025
18	0.28	0.021
19	0.27	0.020
20	0.24	0.017
21	0.22	0.015
22	0.21	0.013
23	0.21	0.013
24	0.19	0.010
25	0.17	0.009

$$\delta = \frac{1}{12} \ln \frac{0.100}{0.030} = 0.100$$

付図-2.79 自由減衰波形

NO. 13 6F A¹レ リンキレン (V) 0.99 G2 B- 6
WAMAX = 0.32 (GAL) F= 1.198 HZ
T= 0.835 SEC

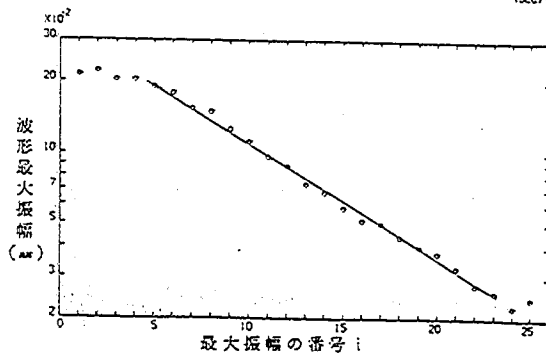
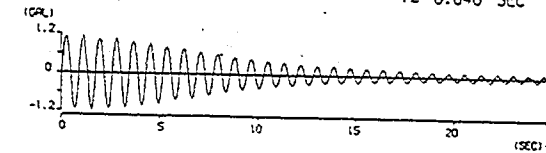


1	0.29	0.051
2	0.29	0.051
3	0.26	0.046
4	0.25	0.044
5	0.24	0.043
6	0.21	0.037
7	0.19	0.034
8	0.16	0.028
9	0.13	0.023
10	0.12	0.022
11	0.11	0.019
12	0.13	0.022
13	0.12	0.022
14	0.11	0.019
15	0.10	0.016
16	0.08	0.014
17	0.08	0.014
18	0.07	0.013
19	0.07	0.013
20	0.07	0.012
21	0.07	0.012
22	0.06	0.010
23	0.06	0.010
24	0.05	0.008
25	0.05	0.010

$$\delta = \frac{1}{21} \ln \frac{0.046}{0.008} = 0.083$$

付図-2.80 自由減衰波形

NO. 20 2F N°レ フレシフクン (V) 0.99 G3 A- 6
WAMAX = 1.25 (GAL) F= 1.181 HZ
T= 0.846 SEC

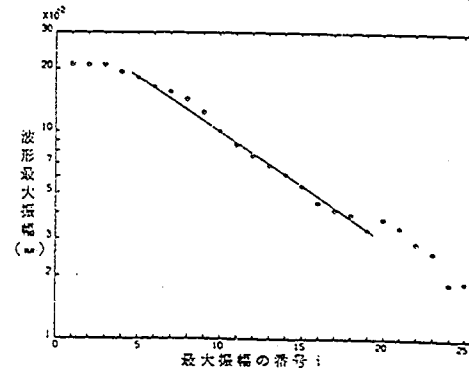
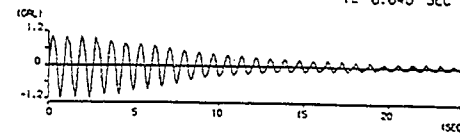


1	1.18	0.214
2	1.23	0.222
3	1.12	0.204
4	1.12	0.204
5	1.05	0.190
6	0.90	0.179
7	0.85	0.154
8	0.83	0.150
9	0.79	0.127
10	0.82	0.112
11	0.53	0.096
12	0.43	0.088
13	0.41	0.074
14	0.37	0.068
15	0.32	0.058
16	0.28	0.052
17	0.26	0.050
18	0.24	0.044
19	0.22	0.040
20	0.21	0.038
21	0.18	0.033
22	0.15	0.028
23	0.14	0.025
24	0.12	0.022
25	0.13	0.024

$$\delta = \frac{1}{18} \ln \frac{0.190}{0.026} = 0.110$$

付図-2.81 自由減衰波形

NO. 21 2F N°レ フレシフクン (V) 0.99 G3 A- 7
WAMAX = 1.25 (GAL) F= 1.180 HZ
T= 0.848 SEC

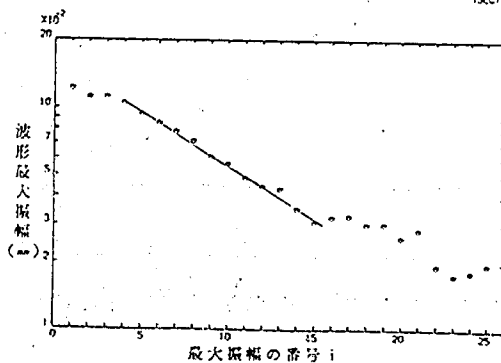
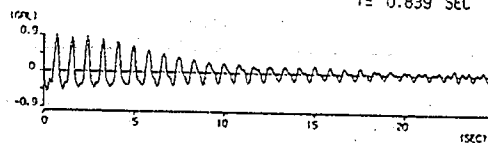


1	1.18	0.210
2	1.13	0.209
3	1.08	0.180
4	0.98	0.181
5	0.88	0.164
6	0.83	0.155
7	0.78	0.147
8	0.73	0.135
9	0.68	0.127
10	0.63	0.120
11	0.58	0.108
12	0.53	0.098
13	0.48	0.088
14	0.43	0.081
15	0.38	0.074
16	0.33	0.068
17	0.28	0.061
18	0.23	0.055
19	0.18	0.049
20	0.13	0.043
21	0.08	0.037
22	0.03	0.031
23	0.03	0.025
24	0.03	0.019
25	0.03	0.013

$$\delta = \frac{1}{14} \ln \frac{0.181}{0.033} = 0.122$$

付図-2.82 自由減衰波形

NO. 19 2F N°レ フレシフクン (V) 0.99 G3 B- 5
WAMAX = 0.87 (GAL) F= 1.192 HZ
T= 0.839 SEC

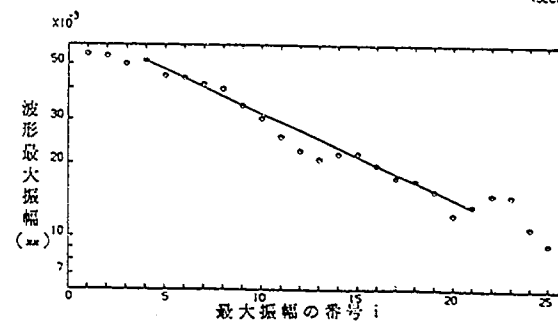
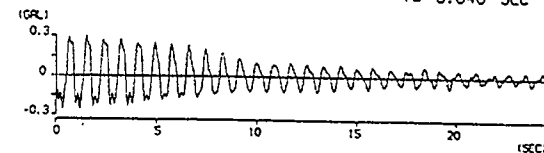


1	0.68	0.122
2	0.63	0.112
3	0.63	0.112
4	0.59	0.105
5	0.53	0.094
6	0.48	0.085
7	0.44	0.078
8	0.46	0.072
9	0.34	0.061
10	0.32	0.057
11	0.27	0.048
12	0.25	0.044
13	0.24	0.043
14	0.20	0.035
15	0.17	0.031
16	0.18	0.032
17	0.18	0.033
18	0.17	0.030
19	0.17	0.028
20	0.15	0.026
21	0.16	0.028
22	0.11	0.019
23	0.10	0.018
24	0.10	0.018
25	0.11	0.020

$$\delta = \frac{1}{8} \ln \frac{0.105}{0.044} = 0.109$$

付図-2.83 自由減衰波形

NO. 20 2F N°レ フレシフクン (V) 0.99 G3 B- 6
WAMAX = 0.34 (GAL) F= 1.190 HZ
T= 0.840 SEC

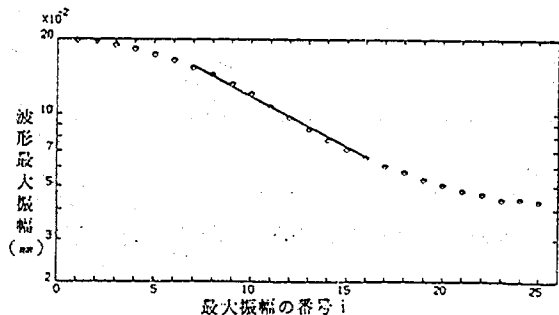
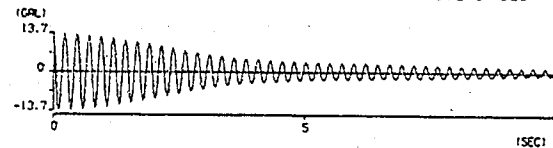


1	0.31	0.055
2	0.30	0.054
3	0.28	0.050
4	0.29	0.052
5	0.25	0.045
6	0.24	0.044
7	0.23	0.041
8	0.22	0.040
9	0.19	0.034
10	0.17	0.030
11	0.14	0.026
12	0.13	0.022
13	0.12	0.021
14	0.12	0.021
15	0.12	0.022
16	0.11	0.020
17	0.10	0.017
18	0.09	0.017
19	0.09	0.015
20	0.07	0.012
21	0.07	0.013
22	0.08	0.016
23	0.08	0.015
24	0.08	0.011
25	0.05	0.009

$$\delta = \frac{1}{17} \ln \frac{0.052}{0.013} = 0.082$$

付図-2.84 自由減衰波形

NO. 13 6F n"シ フリシキラン(TRO) 3.55 3G3 A- 1
WAMAX = 13.65 (GAL) F= 4.160 HZ
T= 0.240 SEC



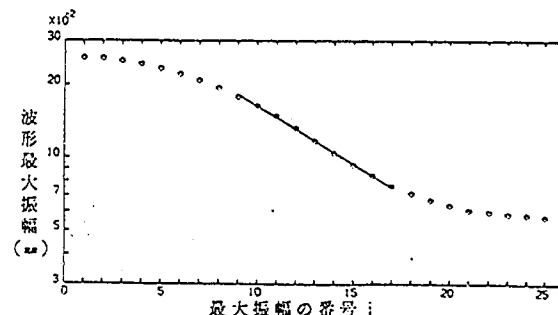
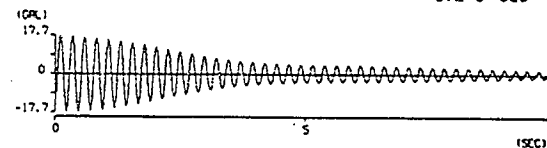
1	13.49	0.197
2	13.34	0.195
3	12.94	0.189
4	12.50	0.183
5	11.87	0.174
6	11.29	0.165
7	10.54	0.154
8	9.90	0.145
9	9.08	0.133
10	8.28	0.121
11	7.32	0.107
12	6.57	0.096
13	5.88	0.086
14	5.30	0.078
15	4.85	0.071
16	4.47	0.065
17	4.13	0.060
18	3.90	0.057
19	3.62	0.053
20	3.44	0.050
21	3.26	0.048
22	3.15	0.046
23	2.99	0.044
24	3.01	0.044
25	2.95	0.043

$$\delta = \frac{1}{9} \ln \frac{0.154}{0.065}$$

$$= 0.096$$

付図-2.85 自由減衰波形

NO. 14 6F n"シ フリシキラン(TRO) 3.55 3G3 A- 2
WAMAX = 17.71 (GAL) F= 4.160 HZ
T= 0.240 SEC



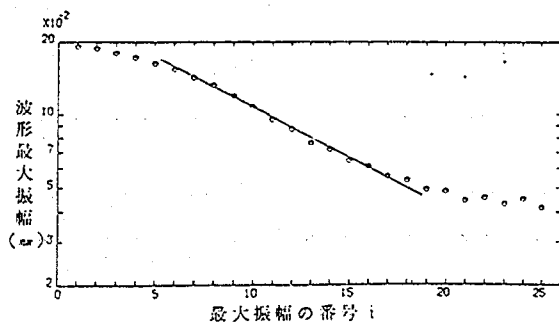
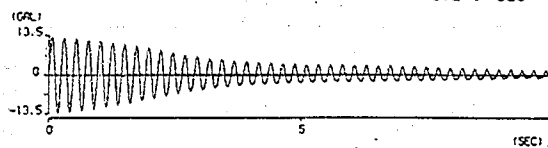
1	17.52	0.257
2	17.47	0.255
3	17.06	0.250
4	16.55	0.242
5	15.91	0.233
6	15.09	0.221
7	14.23	0.208
8	13.31	0.195
9	12.25	0.179
10	11.22	0.164
11	10.14	0.148
12	9.02	0.132
13	8.04	0.118
14	7.15	0.105
15	6.38	0.093
16	5.76	0.084
17	5.22	0.076
18	4.87	0.071
19	4.58	0.067
20	4.35	0.064
21	4.15	0.061
22	4.00	0.059
23	4.00	0.059
24	3.97	0.058
25	3.90	0.057

$$\delta = \frac{1}{8} \ln \frac{0.179}{0.076}$$

$$= 0.107$$

付図-2.86 自由減衰波形

NO. 15 6F n"シ フリシキラン(TRO) 3.55 G3 B- 1
WAMAX = 13.54 (GAL) F= 4.153 HZ
T= 0.241 SEC



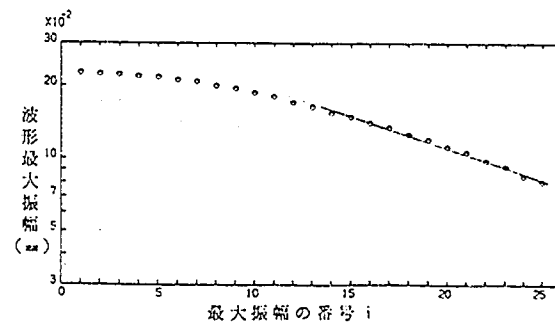
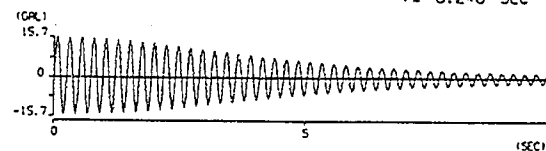
1	13.03	0.191
2	12.90	0.188
3	12.24	0.180
4	11.72	0.172
5	11.07	0.163
6	10.51	0.154
7	9.72	0.143
8	9.05	0.133
9	8.18	0.120
10	7.34	0.108
11	6.49	0.095
12	5.94	0.087
13	5.30	0.076
14	4.88	0.072
15	4.40	0.065
16	4.16	0.061
17	3.78	0.055
18	3.65	0.054
19	3.35	0.049
20	3.30	0.048
21	3.04	0.045
22	3.11	0.046
23	2.84	0.043
24	2.97	0.045
25	2.84	0.042

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{0.143}{0.056}$$

$$= 0.094$$

付図-2.87 自由減衰波形

NO. 20 6F n"シ フリシキラン(TRO) 3.55 G3 B- 6
WAMAX = 15.71 (GAL) F= 4.174 HZ
T= 0.240 SEC



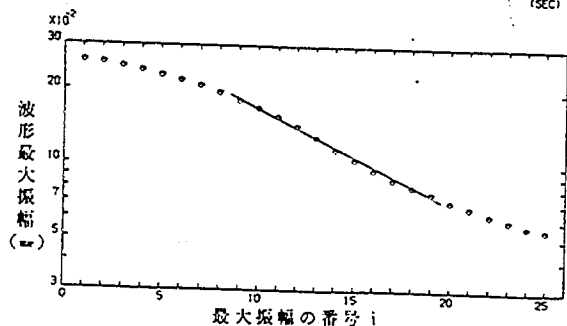
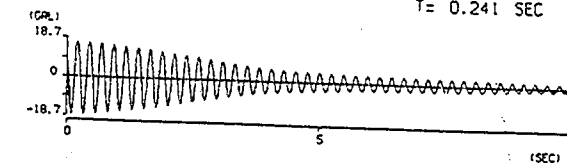
1	15.53	0.225
2	15.35	0.223
3	15.29	0.222
4	15.07	0.219
5	14.94	0.217
6	14.55	0.212
7	14.37	0.209
8	13.80	0.201
9	13.41	0.195
10	12.05	0.187
11	12.42	0.181
12	11.70	0.170
13	11.23	0.163
14	10.56	0.154
15	10.20	0.148
16	9.63	0.140
17	9.22	0.134
18	8.64	0.125
19	8.25	0.120
20	7.68	0.112
21	7.30	0.105
22	6.70	0.097
23	6.34	0.092
24	5.79	0.084
25	5.51	0.080

$$\delta = \frac{1}{8} \ln \frac{0.148}{0.092}$$

$$= 0.059$$

付図-2.88 自由減衰波形

NO. 25 2F ハシ フレキシオン (TRQ) 3.55 4GS A-1
WAMAX = 18.75 (GAL) F = 4.153 HZ
T = 0.241 SEC

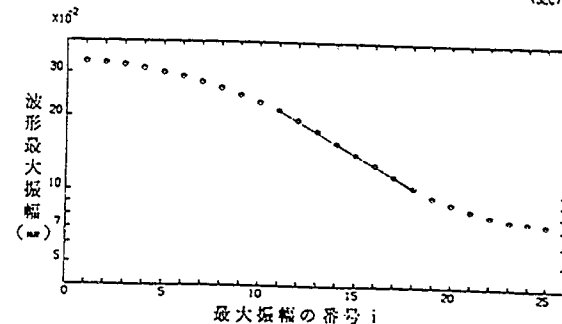
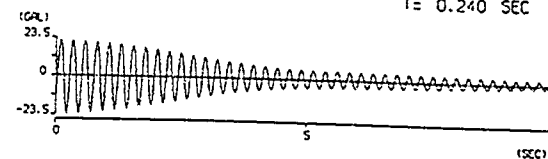


1	17.55	0.258
2	17.31	0.254
3	16.81	0.247
4	16.20	0.238
5	15.55	0.228
6	14.98	0.218
7	14.20	0.209
8	13.34	0.196
9	12.30	0.182
10	11.59	0.170
11	10.71	0.157
12	9.79	0.144
13	8.80	0.129
14	7.96	0.115
15	7.14	0.105
16	6.47	0.095
17	5.92	0.087
18	5.53	0.081
19	5.21	0.076
20	4.92	0.071
21	4.68	0.067
22	4.40	0.063
23	4.10	0.060
24	3.88	0.057
25	3.78	0.055

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{0.182}{0.076} = 0.087$$

付図-2.89 自由減衰波形

NO. 26 2F ハシ フレキシオン (TRQ) 3.55 4GS A-2
WAMAX = 23.51 (GAL) F = 4.160 HZ
T = 0.240 SEC

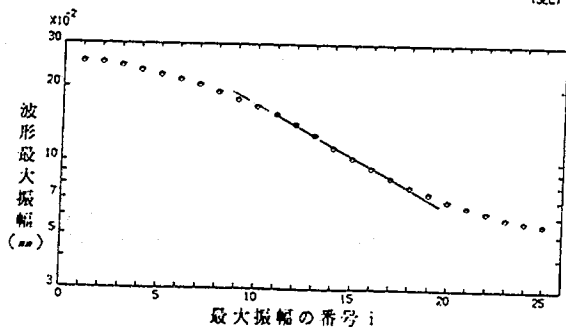
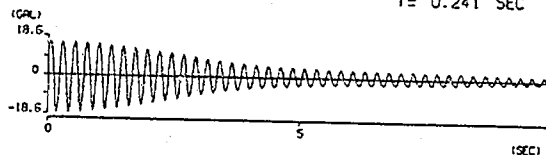


1	22.05	0.332
2	22.37	0.327
3	21.96	0.322
4	21.31	0.312
5	20.51	0.300
6	19.79	0.290
7	18.85	0.276
8	17.85	0.261
9	16.74	0.245
10	15.64	0.229
11	14.50	0.212
12	13.23	0.194
13	11.94	0.175
14	10.66	0.156
15	9.61	0.141
16	8.75	0.128
17	7.85	0.115
18	7.11	0.104
19	6.53	0.096
20	6.16	0.090
21	5.79	0.085
22	5.47	0.080
23	5.26	0.077
24	5.19	0.076
25	5.07	0.074

$$\delta = \frac{1}{7} \ln \frac{0.212}{0.104} = 0.102$$

付図-2.90 自由減衰波形

NO. 29 2F ハシ フレキシオン (TRQ) 3.55 GS B-1
WAMAX = 18.61 (GAL) F = 4.153 HZ
T = 0.241 SEC

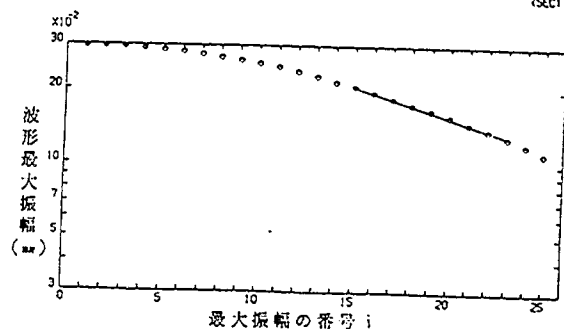
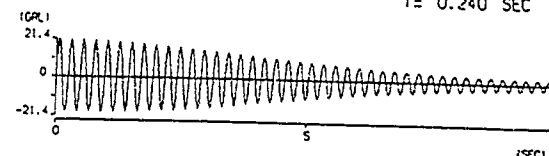


1	17.18	0.252
2	17.07	0.251
3	16.57	0.243
4	15.92	0.234
5	15.30	0.225
6	14.66	0.215
7	13.97	0.205
8	13.09	0.192
9	12.19	0.179
10	11.41	0.168
11	10.60	0.156
12	9.87	0.142
13	9.23	0.128
14	8.77	0.114
15	7.04	0.103
16	6.42	0.094
17	5.83	0.086
18	5.36	0.079
19	5.05	0.074
20	4.73	0.069
21	4.49	0.065
22	4.26	0.063
23	4.02	0.059
24	3.89	0.057
25	3.78	0.056

$$\delta = \frac{1}{6} \ln \frac{0.156}{0.086} = 0.099$$

付図-2.91 自由減衰波形

NO. 34 2F ハシ フレキシオン (TRQ) 3.55 GS B-6
WAMAX = 21.37 (GAL) F = 4.174 HZ
T = 0.240 SEC

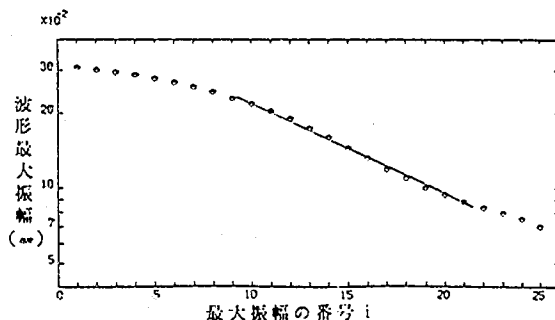
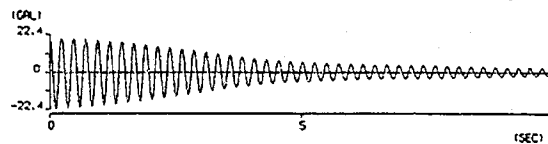


1	20.31	0.295
2	20.26	0.295
3	20.20	0.294
4	19.38	0.281
5	19.73	0.287
6	19.43	0.282
7	19.01	0.276
8	18.50	0.269
9	17.97	0.261
10	17.48	0.254
11	16.94	0.246
12	16.25	0.237
13	15.56	0.226
14	14.82	0.215
15	14.16	0.206
16	13.38	0.195
17	12.63	0.184
18	11.95	0.174
19	11.35	0.165
20	10.74	0.156
21	10.07	0.146
22	9.48	0.138
23	8.89	0.129
24	8.27	0.120
25	7.66	0.111

$$\delta = \frac{1}{7} \ln \frac{0.206}{0.138} = 0.057$$

付図-2.92 自由減衰波形

NO. 43 6F ハンシ キリンキレン(TAQ) 3.55 SG8 A-1
WAMAX = 22.37 (GAL) F= 4.160 HZ
T= 0.240 SEC



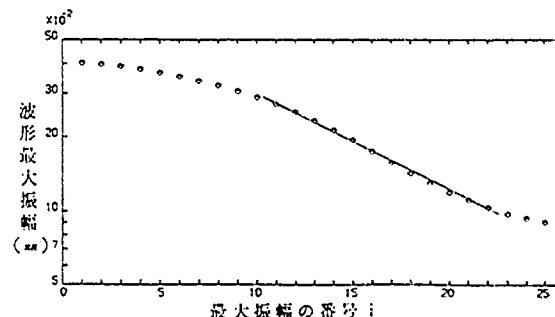
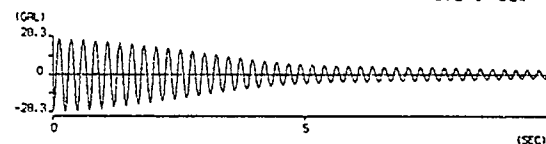
1	21.00	0.307
2	20.59	0.301
3	20.18	0.295
4	19.64	0.288
5	18.96	0.278
6	18.30	0.268
7	17.49	0.256
8	16.69	0.244
9	15.66	0.229
10	14.86	0.218
11	13.99	0.203
12	12.95	0.190
13	11.86	0.174
14	10.93	0.160
15	9.88	0.145
16	8.99	0.132
17	8.09	0.118
18	7.45	0.109
19	6.81	0.100
20	6.40	0.094
21	6.00	0.088
22	5.69	0.083
23	5.41	0.079
24	5.14	0.075
25	4.80	0.070

$$\delta = \frac{1}{11} \ln \frac{0.218}{0.088}$$

$$= 0.082$$

付図-2.93 自由減衰波形

NO. 44 6F ハンシ キリンキレン(TAQ) 3.55 SG8 A-2
WAMAX = 28.33 (GAL) F= 4.160 HZ
T= 0.240 SEC



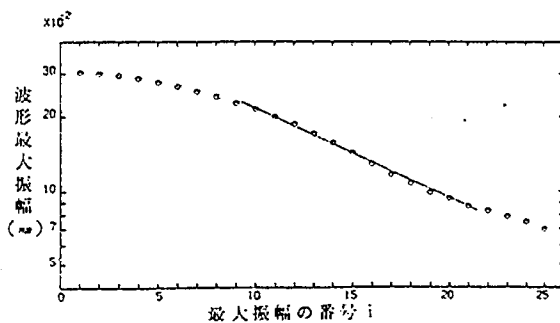
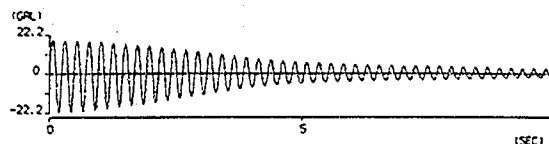
1	27.47	0.402
2	27.10	0.397
3	26.56	0.389
4	25.87	0.379
5	24.96	0.365
6	24.07	0.352
7	23.13	0.339
8	22.14	0.324
9	20.97	0.307
10	19.76	0.289
11	18.51	0.271
12	17.24	0.252
13	15.90	0.233
14	14.57	0.213
15	13.27	0.194
16	11.94	0.175
17	10.74	0.157
18	9.74	0.143
19	8.85	0.130
20	8.14	0.118
21	7.57	0.111
22	7.07	0.103
23	6.66	0.096
24	6.40	0.094
25	6.19	0.091

$$\delta = \frac{1}{11} \ln \frac{0.271}{0.103}$$

$$= 0.088$$

付図-2.94 自由減衰波形

NO. 50 6F ハンシ キリンキレン(TAQ) 3.55 G8 B-1
WAMAX = 22.25 (GAL) F= 4.153 HZ
T= 0.241 SEC



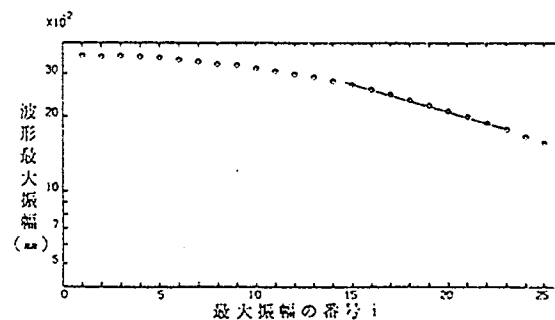
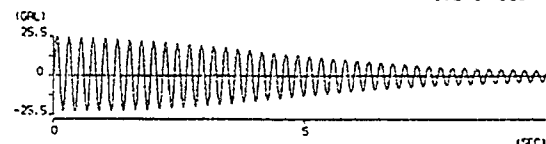
1	20.62	0.303
2	20.38	0.299
3	20.01	0.294
4	19.46	0.286
5	18.72	0.275
6	18.07	0.265
7	17.20	0.253
8	16.42	0.241
9	15.39	0.226
10	14.55	0.214
11	13.61	0.200
12	12.69	0.186
13	11.64	0.171
14	10.68	0.157
15	9.71	0.143
16	8.79	0.129
17	7.96	0.117
18	7.34	0.108
19	6.72	0.099
20	6.34	0.093
21	5.91	0.087
22	5.66	0.083
23	5.36	0.079
24	5.09	0.075
25	4.74	0.070

$$\delta = \frac{1}{11} \ln \frac{0.214}{0.087}$$

$$= 0.082$$

付図-2.95 自由減衰波形

NO. 55 6F ハンシ キリンキレン(TAQ) 3.55 G8 B-6
WAMAX = 25.48 (GAL) F= 4.174 HZ
T= 0.240 SEC



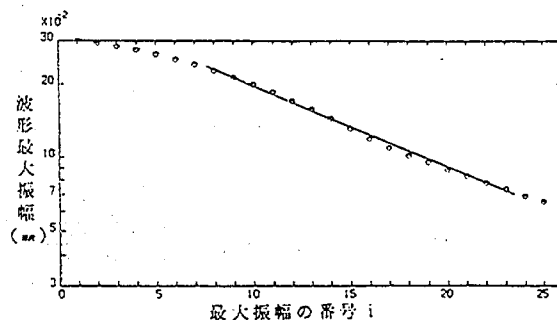
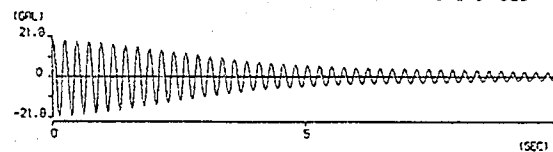
1	24.51	0.356
2	24.32	0.354
3	24.43	0.355
4	24.24	0.352
5	24.07	0.350
6	23.61	0.343
7	23.26	0.338
8	22.72	0.330
9	22.42	0.326
10	21.77	0.317
11	21.25	0.309
12	20.59	0.299
13	20.04	0.291
14	19.30	0.281
15	18.70	0.272
16	17.86	0.260
17	17.03	0.248
18	16.12	0.234
19	15.33	0.223
20	14.51	0.211
21	13.81	0.201
22	12.99	0.189
23	12.25	0.178
24	11.44	0.166
25	10.80	0.157

$$\delta = \frac{1}{8} \ln \frac{0.272}{0.178}$$

$$= 0.053$$

付図-2.96 自由減衰波形

NO. 49 2F ハンシ センシタ (TRQ) 3.55 SG9 A-1
WAMAX = 21.78 (GAL) F = 4.160 HZ
T = 0.240 SEC



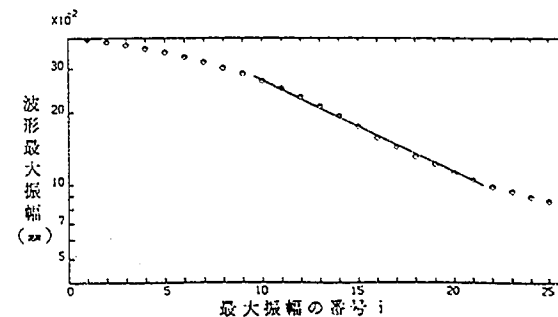
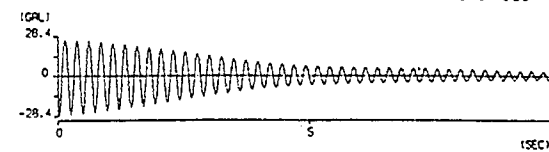
1	20.47	0.300
2	19.96	0.292
3	19.45	0.284
4	18.82	0.276
5	18.10	0.265
6	17.24	0.252
7	16.47	0.241
8	15.53	0.227
9	14.61	0.214
10	13.84	0.200
11	12.76	0.187
12	11.72	0.172
13	10.84	0.159
14	9.93	0.145
15	8.99	0.132
16	8.16	0.120
17	7.49	0.110
18	6.94	0.102
19	6.51	0.095
20	6.03	0.088
21	5.69	0.083
22	5.31	0.078
23	5.01	0.073
24	4.70	0.069
25	4.47	0.065

$$\delta = \frac{1}{15} \ln \frac{0.227}{0.073}$$

$$= 0.076$$

付図-2.97 自由減衰波形

NO. 50 2F ハンシ センシタ (TRQ) 3.55 SG9 A-2
WAMAX = 28.45 (GAL) F = 4.160 HZ
T = 0.240 SEC



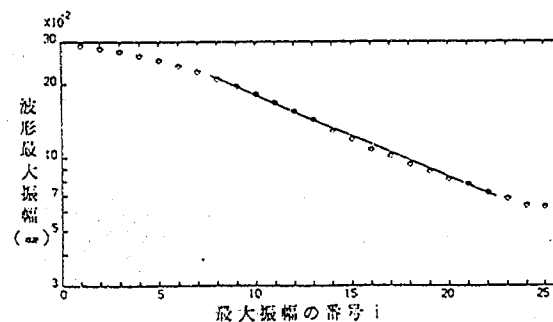
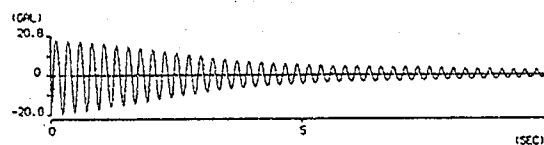
1	26.98	0.395
2	26.32	0.385
3	25.67	0.374
4	24.67	0.361
5	23.87	0.349
6	22.81	0.334
7	21.76	0.318
8	20.64	0.303
9	19.53	0.286
10	18.34	0.267
11	17.03	0.248
12	15.75	0.231
13	14.45	0.212
14	13.18	0.193
15	11.95	0.175
16	10.76	0.150
17	9.85	0.144
18	8.96	0.131
19	8.33	0.122
20	7.66	0.112
21	7.15	0.105
22	6.68	0.098
23	6.40	0.094
24	6.07	0.089
25	5.07	0.086

$$\delta = \frac{1}{11} \ln \frac{0.267}{0.105}$$

$$= 0.085$$

付図-2.98 自由減衰波形

NO. 57 2F ハンシ センシタ (TRQ) 3.55 G9 B-1
WAMAX = 20.81 (GAL) F = 4.153 HZ
T = 0.241 SEC



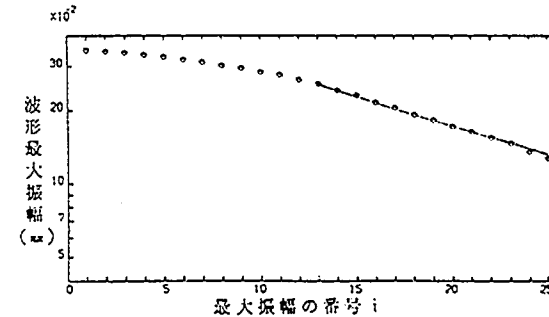
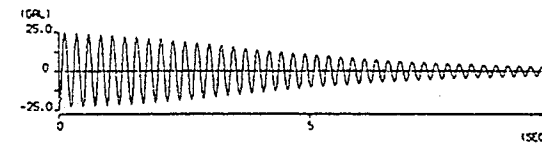
1	19.71	0.289
2	19.17	0.282
3	18.63	0.274
4	17.88	0.263
5	17.12	0.252
6	16.20	0.238
7	15.36	0.226
8	14.30	0.210
9	13.40	0.197
10	12.48	0.183
11	11.55	0.170
12	10.65	0.156
13	9.83	0.144
14	8.82	0.130
15	8.13	0.119
16	7.34	0.108
17	6.91	0.101
18	6.39	0.094
19	6.00	0.088
20	5.56	0.082
21	5.31	0.078
22	4.90	0.072
23	4.52	0.068
24	4.33	0.064
25	4.27	0.063

$$\delta = \frac{1}{14} \ln \frac{0.210}{0.072}$$

$$= 0.076$$

付図-2.99 自由減衰波形

NO. 62 2F ハンシ センシタ (TRQ) 3.55 G9 B-6
WAMAX = 24.97 (GAL) F = 4.174 HZ
T = 0.240 SEC

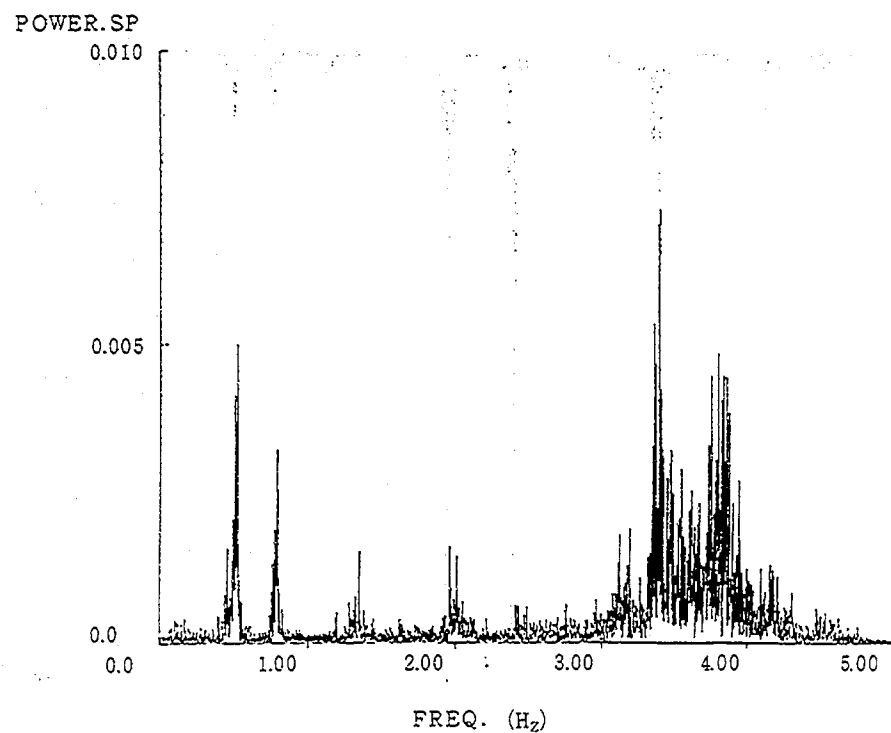


1	24.08	0.350
2	23.79	0.346
3	23.51	0.342
4	23.04	0.335
5	22.62	0.329
6	22.01	0.320
7	21.53	0.313
8	20.81	0.303
9	20.26	0.295
10	19.50	0.284
11	18.95	0.276
12	18.10	0.263
13	17.43	0.253
14	16.45	0.238
15	15.72	0.229
16	14.77	0.215
17	14.12	0.205
18	13.22	0.193
19	12.61	0.183
20	11.85	0.172
21	11.27	0.164
22	10.61	0.154
23	10.04	0.146
24	9.25	0.134
25	8.72	0.127

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{0.253}{0.146}$$

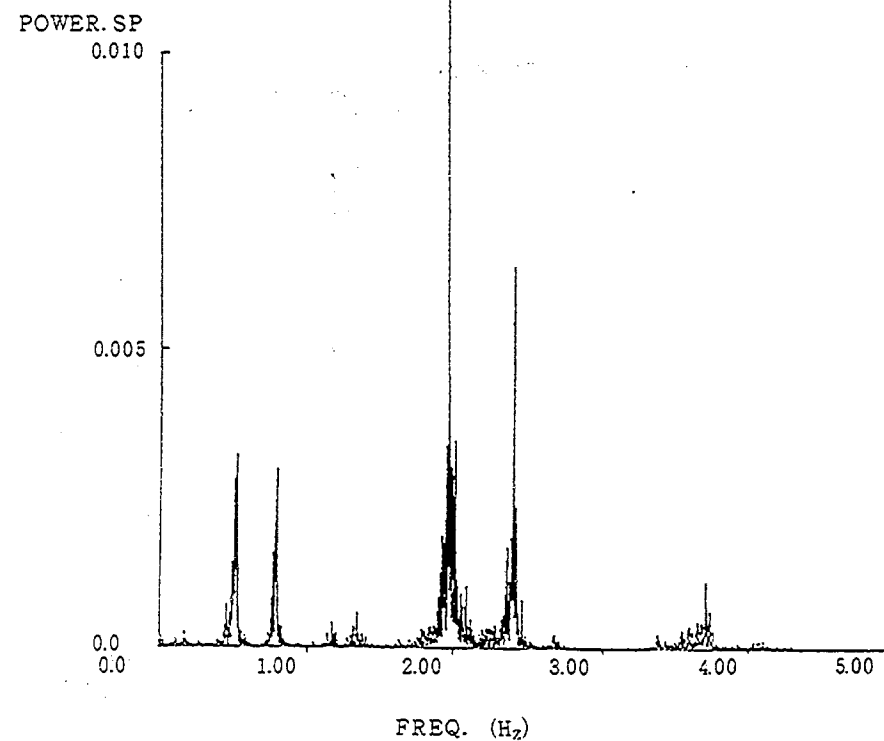
$$= 0.055$$

付図-2.100 自由減衰波形



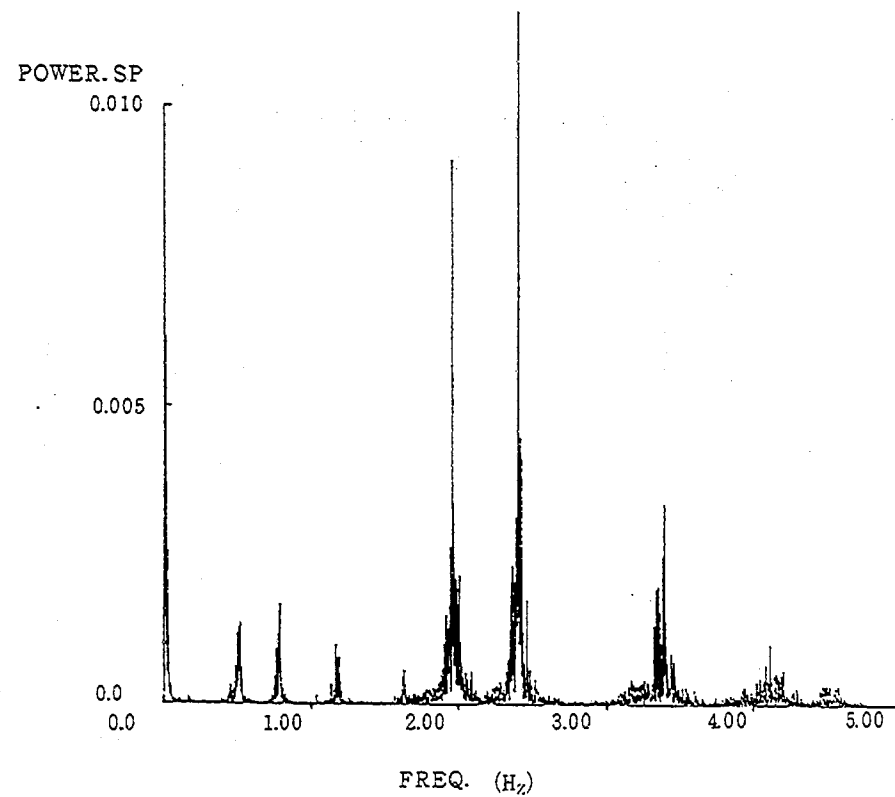
付図-3.1.1 常時微動のパワースペクトル

2F 0.1 0.05 0.02 0.01 0.005 0.002 0.001 0.0005 0.0002 0.0001



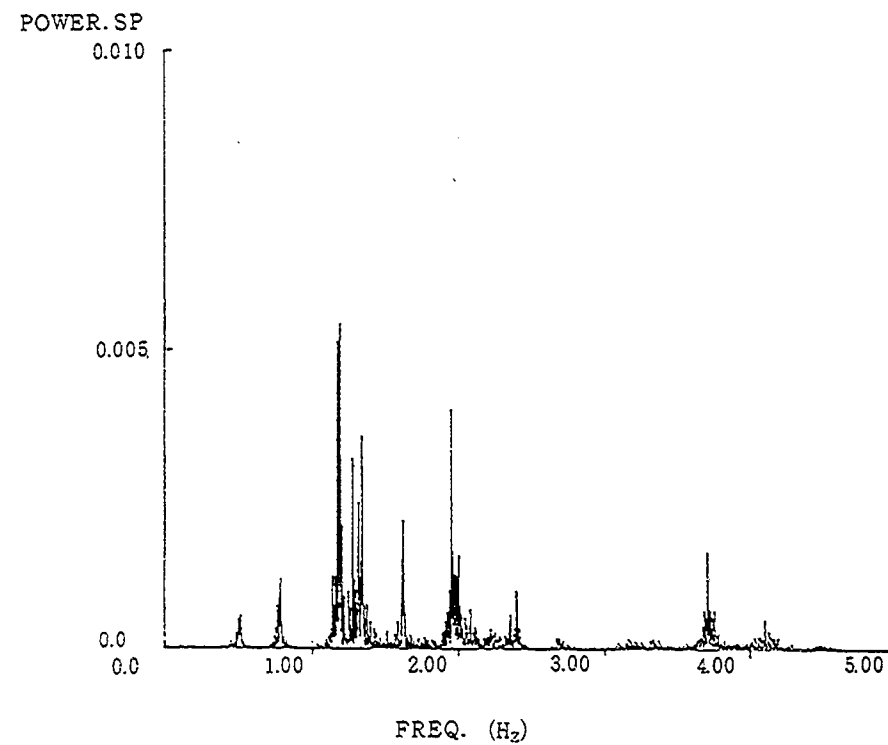
付図-3.1.2 常時微動のパワースペクトル

2F 0.1 0.05 0.02 0.01 0.005 0.002 0.001 0.0005 0.0002 0.0001



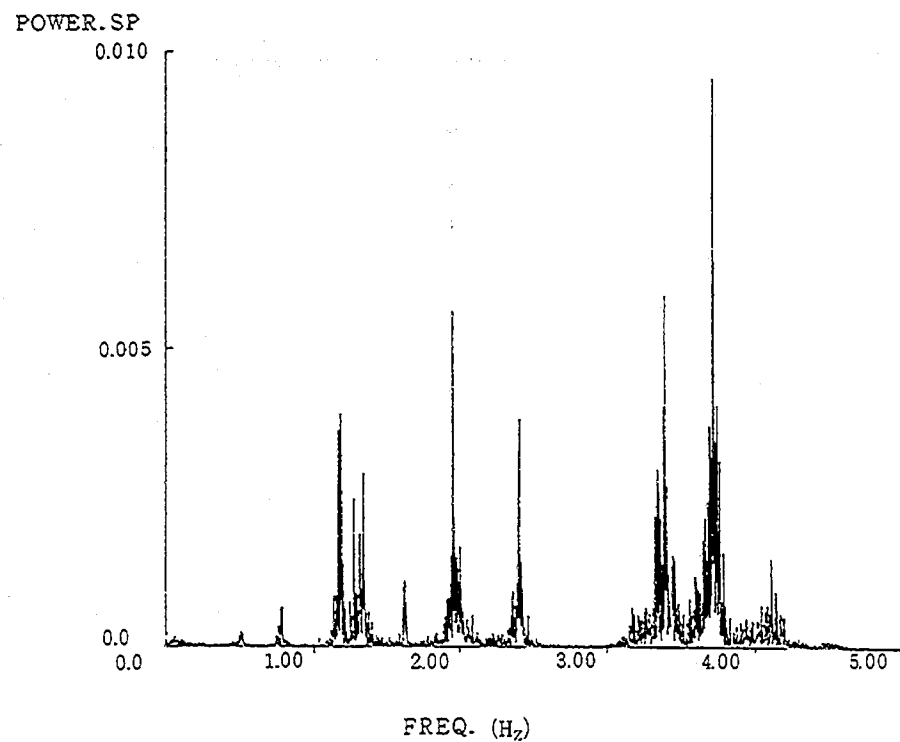
付図-3.1.3 常時微動のパワースペクトル

GP 0's F001070 (V) ビット 1 R-3



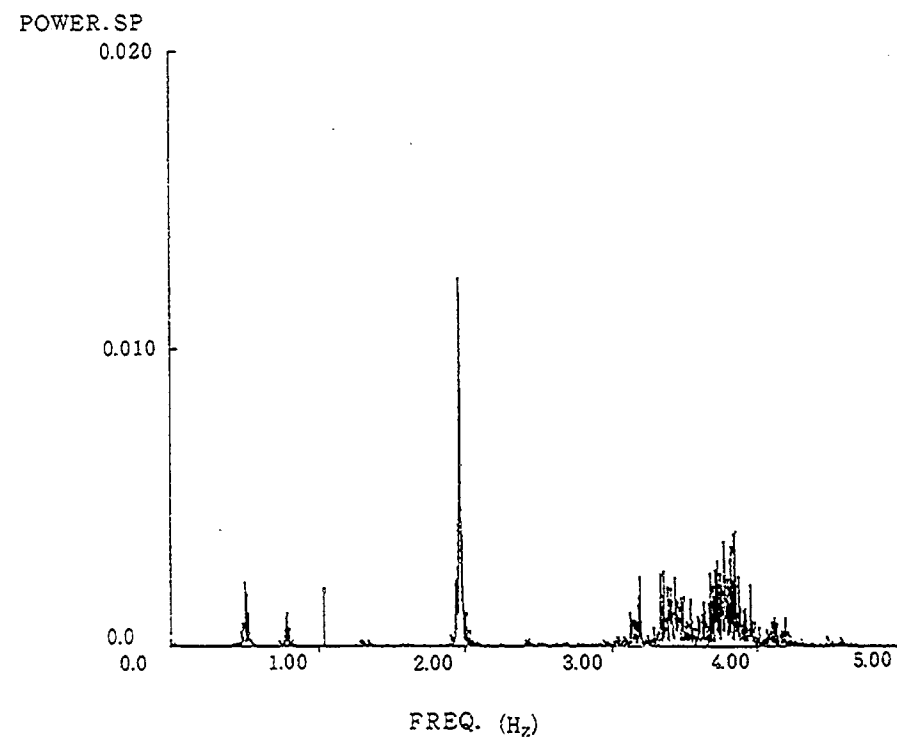
付図-3.1.4 常時微動のパワースペクトル

GP 0's F001070 (V) ビット 1 R-6



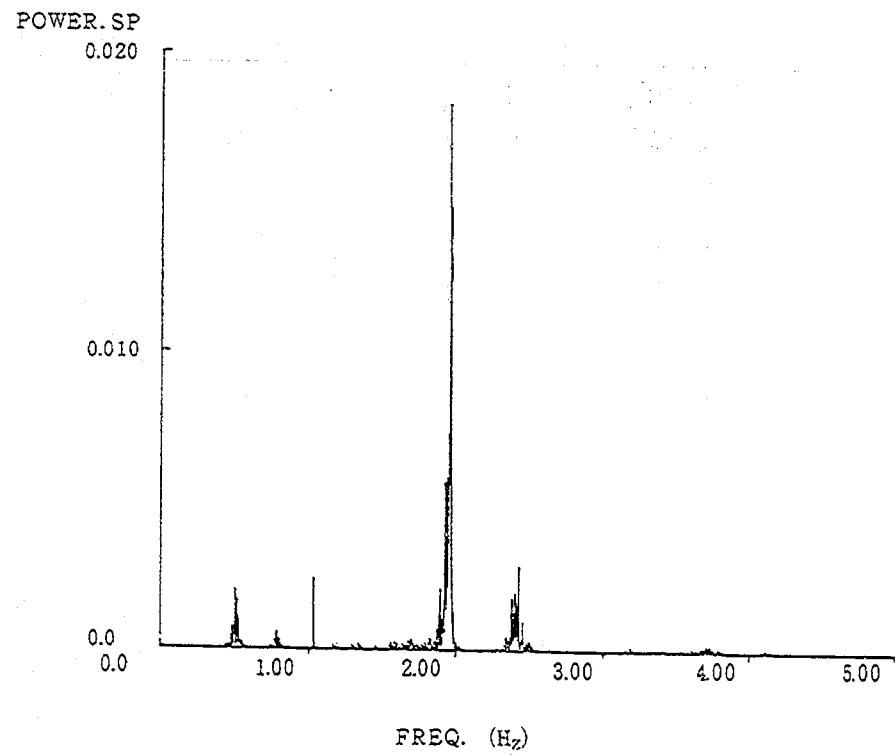
付図-3.1.5 常時微動のパワースペクトル

昭和55年10月10日 18-7



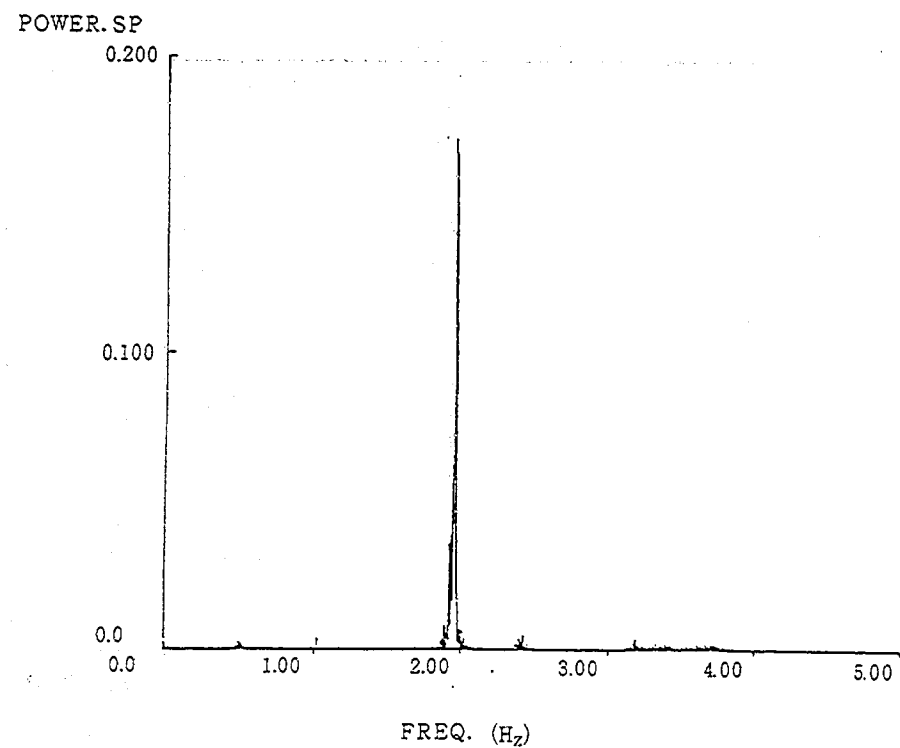
付図-3.1.6 常時微動のパワースペクトル

昭和55年10月10日 18-1



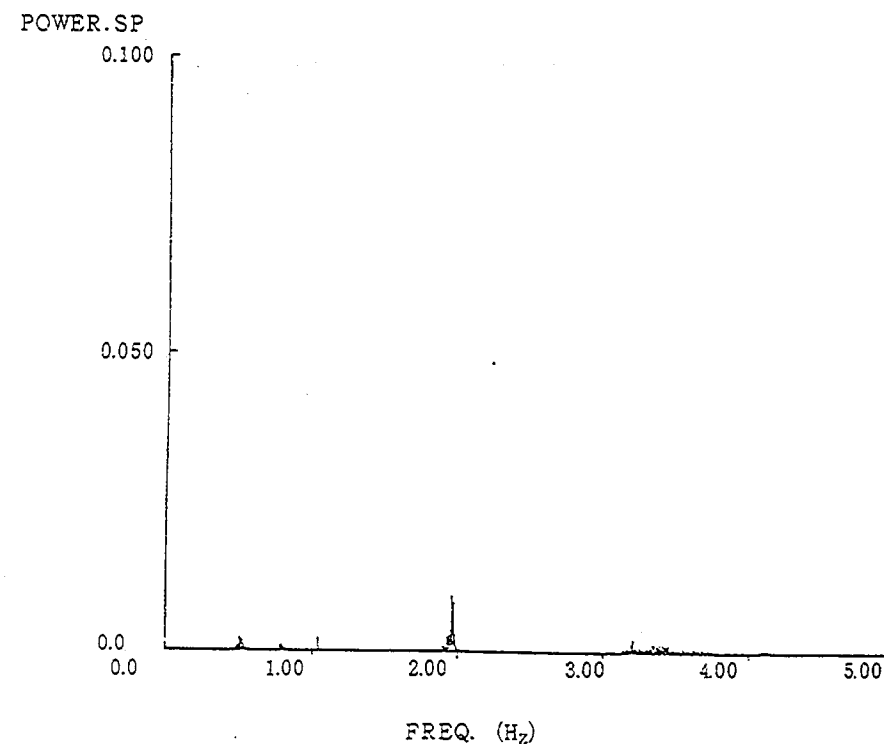
付図-3.1.7 常時微動のパワースペクトル

2000 1000 500 250 125 62.5 31.25 15.625 7.8125 3.90625 1.953125 0.9765625 0.48828125 0.244140625 0.1220703125 0.06103515625 0.030517578125 0.0152587890625 0.00762939453125 0.003814697265625 0.0019073486328125 0.00095367431640625 0.000476837158203125 0.0002384185791015625 0.00011920928955078125 0.000059604644775390625 0.0000298023223876953125 0.00001490116119384765625 0.000007450580596923828125 0.0000037252902984619140625 0.00000186264514923095703125 0.000000931322574615478515625 0.0000004656612873077392578125 0.00000023283064365386962890625 0.000000116415321826934814453125 0.0000000582076609134674072265625 0.00000002910383045673370361328125 0.000000014551915228366851806640625 0.0000000072759576141834259033203125 0.00000000363797880709171295166015625 0.000000001818989403545856475830078125 0.0000000009094947017729282379150390625 0.00000000045474735088646411895751953125 0.000000000227373675443232059478759765625 0.0000000001136868377216160297393798828125 0.00000000005684341886080801486968994140625 0.000000000028421709430404007434844970703125 0.0000000000142108547152020037174224853515625 0.00000000000710542735760100185871124267578125 0.000000000003552713678800500929355621337890625 0.0000000000017763568394002504646778106689453125 0.00000000000088817841970012523233890533447265625 0.000000000000444089209850062616169452667236328125 0.0000000000002220446049250313080847263336181640625 0.00000000000011102230246251565404236316680908203125 0.000000000000055511151231257827021181583404541015625 0.0000000000000277555756156289135105907917022705078125 0.00000000000001387778780781445675529539585113525390625 0.000000000000006938893903907227877647697925567626953125 0.0000000000000034694469519536139388238489627838134765625 0.00000000000000173472347597680696941192448139190673828125 0.000000000000000867361737988403484705962240695953369140625 0.0000000000000004336808689942017423529811203479766845703125 0.00000000000000021684043449710087117649056017398834228515625 0.000000000000000108420217248550435588245280086994171142578125 0.0000000000000000542101086242752177941226400434970855712890625 0.00000000000000002710505431213760889706132002174854278564453125 0.000000000000000013552527156068804448530660010874271392822265625 0.0000000000000000067762635780344022242653300054371356964111328125 0.00000000000000000338813178901720111213266500271856784820556640625 0.000000000000000001694065894508600556066332501359283922410278125 0.0000000000000000008470329472543002780331662506796419612051390625 0.00000000000000000042351647362715013901658312533982098060256953125 0.000000000000000000211758236813575069508291562669910490301284765625 0.0000000000000000001058791184067875347541457813349552451506423828125 0.00000000000000000005293955920339376737707289066747762257532119140625 0.000000000000000000026469779601696883688536445333738811287660595703125 0.0000000000000000000132348898008484418442682226668694056438302978515625 0.00000000000000000000661744490042422092213411133343470282191514892578125 0.000000000000000000003308722450212110461067055666717351410957574462890625 0.0000000000000000000016543612251060552305335278333586757054787872314453125 0.00000000000000000000082718061255302761526676391667933785273939361572265625 0.000000000000000000000413590306276513807633381958339668926369696807861328125 0.0000000000000000000002067951531382569038166909791698344631848484039306640625 0.00000000000000000000010339757656912845190834548958491723159242420196533203125 0.000000000000000000000051698788284564225954172744792458615796212100982666015625 0.0000000000000000000000258493941422821129770863723962293078981060504913330078125 0.00000000000000000000001292469707114105648854318619811465394905302524566650390625 0.000000000000000000000006462348535570528244271593099057326974526512622833251953125 0.0000000000000000000000032311742677852641221357965495286634872632563114166259765625 0.00000000000000000000000161558713389263206106789827476433174363162815570831298828125 0.000000000000000000000000807793566946316030533949137382165871815814077854156494140625 0.0000000000000000000000004038967834731580152669745686910829359079070389270782470703125 0.00000000000000000000000020194839173657900763348728434554146795395351946353912353515625 0.000000000000000000000000100974195868289503816743642172770733976976759731769561767578125 0.0000000000000000000000000504870979341447519083721810863853669884883798658847808837890625 0.00000000000000000000000002524354896707237595418609054319268349424418993294239044189453125 0.000000000000000000000000012621774483536187977093045271596341747122094966471195220947265625 0.000000000000000000000000006310887241768093988546522635798170873561047483235597610473628125 0.0000000000000000000000000031554436208840469942732613178990854367805237416177988052368140625 0.00000000000000000000000000157772181044202349713663065894954271839026187080889940261840703125 0.000000000000000000000000000788860905221011748568315329474771359195130935404449701309203515625 0.0000000000000000000000000003944304526105058742841576647373856795975654677022248506546017578125 0.00000000000000000000000000019721522630525293714207883236869283979878273385111242532730087890625 0.000000000000000000000000000098607613152626468571039416184346419899391366925556212663650439453125 0.0000000000000000000000000000493038065763132342855197080921732099496956834627781063318252197265625 0.00000000000000000000000000002465190328815661714275985404608660497484784173138905316591260986328125 0.000000000000000000000000000012325951644078308571379927023043302487423920865694526582956304931640625 0.0000000000000000000000000000061629758220391542856899635115216512437119604328472632914781524658203125 0.00000000000000000000000000000308148791101957714284498175576082562185598021642363164573907623291015625 0.000000000000000000000000000001540743955509788571422490877880412810927990108211815822869538116455078125 0.0000000000000000000000000000007703719777548942857112454389402064054639950541059079114347690582275390625 0.00000000000000000000000000000038518598887744714285562271947010320273199752705295395571738452911376953125 0.000000000000000000000000000000192592994438723571427811359735051601365998763526476977858692264556884765625 0.0000000000000000000000000000000962964972193617857139056798675258006829993817632384889293461322784423828125 0.00000000000000000000000000000004814824860968089285695283993376290034149969088161924446467306613922119140625 0.000000000000000000000000000000024074124304840446428476419966881450170749845440809622232336533069610595703125 0.0000000000000000000000000000000120370621524202232142382099834407250853749227204048111161682665348052978515625 0.00000000000000000000000000000000601853107621011160711910499172036254268746136020240555808413326740264892578125 0.000000000000000000000000000000003009265538105055803559552495860181271343730680101202779042066633701324462890625 0.0000000000000000000000000000000015046327690525279017797762479300906356718653400506013895210333168506622314453125 0.00000000000000000000000000000000075231638452626145088988812396504531783559326700253006947601665842533111572265625 0.000000000000000000000000000000000376158192263130725444944061982522658917796633501265034738008329212665557861328125 0.0000000000000000000000000000000001880790961315653627224720309912613294588983167506325173690041646063327789306640625 0.00000000000000000000000000000000009403954806578268136123601549563066472944915837531625866845208230316638946533203125 0.000000000000000000000000000000000047019774032891340680618007747815332364724579187658129334226041151583194732666015625 0.0000000000000000000000000000000000235098870164456703403090038739076661823622895938290646671130205757915973663330078125 0.00000000000000000000000000000000001175494350822283517015450193695383309118114479691453233355651028789579868316650390625 0.000000000000000000000000000000000005877471754111417585077250968476916545590572398457266166778255143947899341583251953125 0.0000000000000000000000000000000000029387358770557087925386254842384582727952861992286330833891275719739496707916259765625 0.00000000000000000000000000000000000146936793852785439626931274211922913639764309961431654169456378598697483539581298828125 0.000000000000000000000000000000000000734683969263927198134656371059614568198821549807158270847281892993487417697906494140625 0.0000000000000000000000000000000000003673419846319635990673281855298072840994107749403591354236409464967437088489532470703125 0.00000000000000000000000000000000000018367099231598179953366409276490364204970538747017956771182047324837185442447662353515625 0.000000000000000000000000000000000000091835496157990899766832046382451821024852693735089783855910236624175927212238311767578125 0.0000000000000000000000000000000000000459177480789954498834160231912259105124263468675448919279551183120879636061191558837890625 0.00000000000000000000000000000000000002295887403949772494170801159561295525621317343377244596397755915604398180305957794189453125 0.000000000000000000000000000000000000011479437019748862470854005797806477628106586716886222981988779578021990901529788970947265625 0.0000000000000000000000000000000000000057397185098744312354270028989032388140532933584431114909943897890109954507648944854736328125 0.00000000000000000000000000000000000000286985925493721561771350144945161940702664667922155574549719489450549772538244724273681640625 0.000000000000000000000000000000000000001434929627468607808856750724725809703513323339610777872748597447252748862691223621368408203125 0.0000000000000000000000000000000000000007174648137343039044283753623629048517566616698053889363742987236263744313456118106842041015625 0.00000000000000000000000000000000000000035873240686715195221418768118145242587833083490269446818714936181318721567280590534210205078125 0.000000000000000000000000000000000000000179366203433575976107093840590726212939165417451347234093574680906593607836402952671051025390625 0.0000000000000000000000000000000000000000896831017167879880535469202953631064695827087256736170467873404532968039182014763355255126690625 0.00000000000000000000000000000000000000004484155085839399402677346014768155323479135436283680852339367022664840195910073816776275633453125 0.000000000000000000000000000000000000000022420775429196997013386730073840776617395677181418404261696835113324200979550369083881378167265625 0.0000000000000000000000000000000000000000112103877145984985066933650369203883086978385907092021308484175566621004897751845419406890836328125 0.00000000000000000000000000000000000000000560519385729924925334668251846019415434891929535460106542420877833105024488759227097034454181640625 0.000000000000000000000000000000000000000002802596928649624626673341259230097077174459647677300532712104389165525122443796135485172270908203125 0.0000000000000000000000000000000000000000014012984643248123133366706296150485385872298238386502663560521945827625612218980677425861354541015625 0.00000000000000000000000000000000000000000070064923216240615666833531480752426929361491191932513317802609729138128061094903387129306772705078125 0.000000000000000000000000000000000000000000350324616081203078334167657403762134646807455959662566589013048645690640305474516935646533863525390625 0.0000000000000000000000000000000000000000001751623080406015391670838287018810673234037279798312832945065243228453201527372584678232669317626953125 0.0000000000000000000000000000000000000000000875811540203007695835419143509405336617018639899156416472532621614226600763686292339116334658812890625 0.00000000000000000000000000000000000000000004379057701015038479177095717547026683085093199495782082362663108071133003818431461695581673294064453125 0.000000000000000000000000000000000000000000021895288505075192395885478587735133415425465997478910411813315540355665019092157308477908366470322265625 0.0000000000000000000000000000000000000000000109476442525375961979427392938675667077127329987394552059066577701778325095460786542389541832351611328125 0.000000000000000000000000000000000000000000005473822126268798098971369646933783353856366499369727



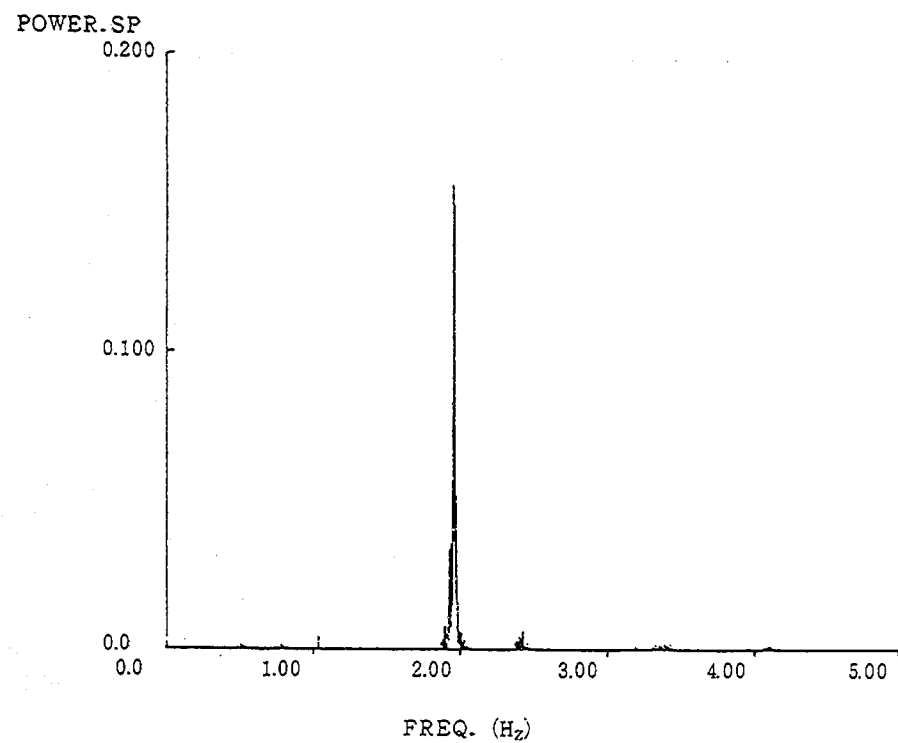
付図-3.1.9 常時微動のパワースペクトル

2F 0'12 10000000 10'00'00 18-5



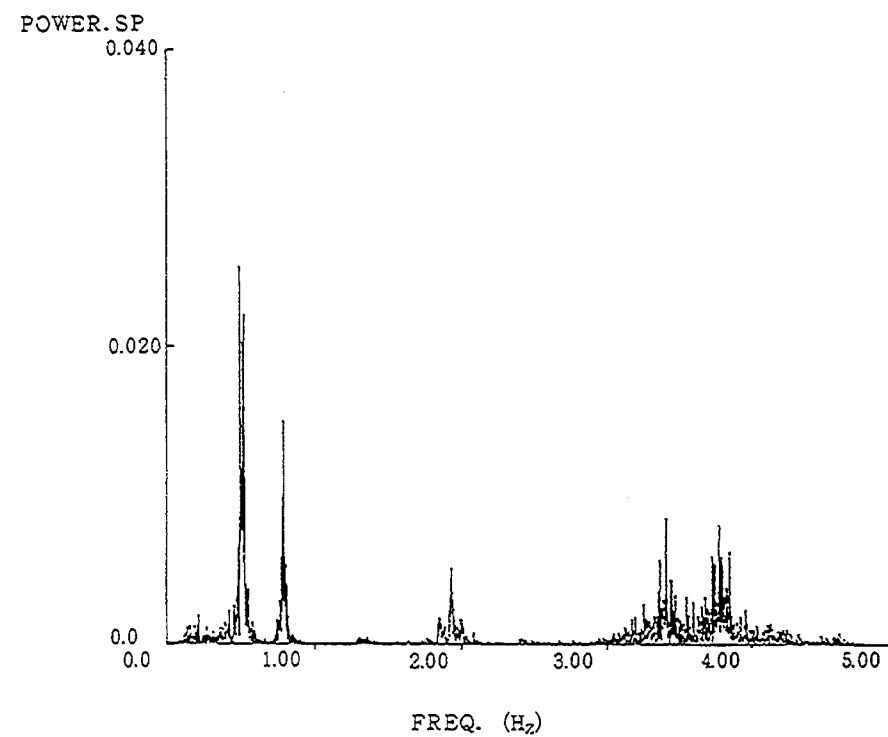
付図-3.1.10 常時微動のパワースペクトル

2F 0'12 10000000 10'00'00 18-6



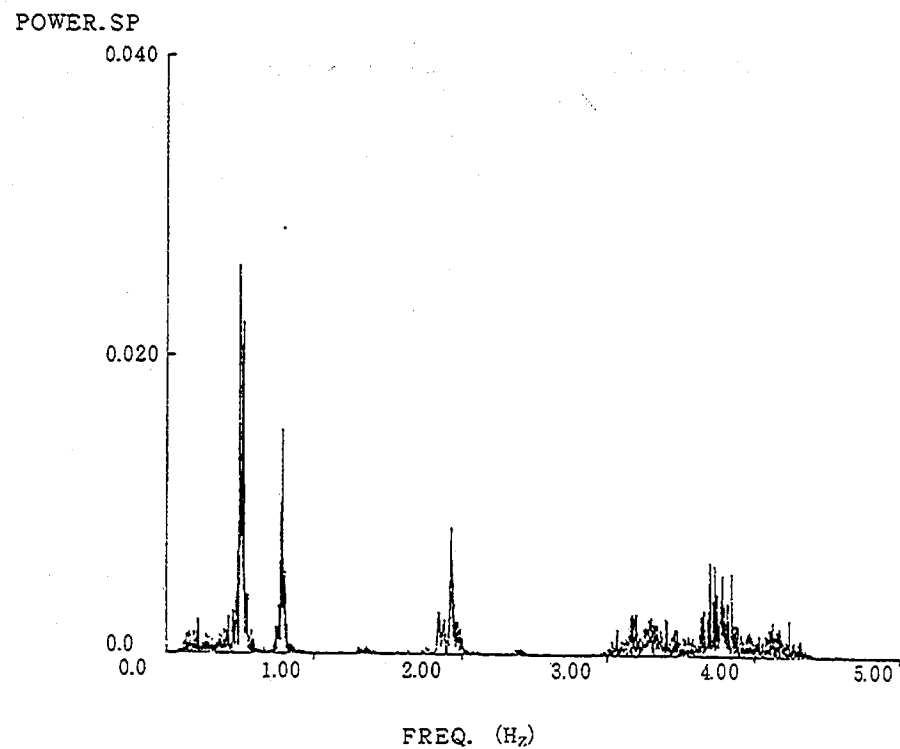
付図-3.1.11 常時微動のパワースペクトル

CP 425 10/1/77 1 B-7



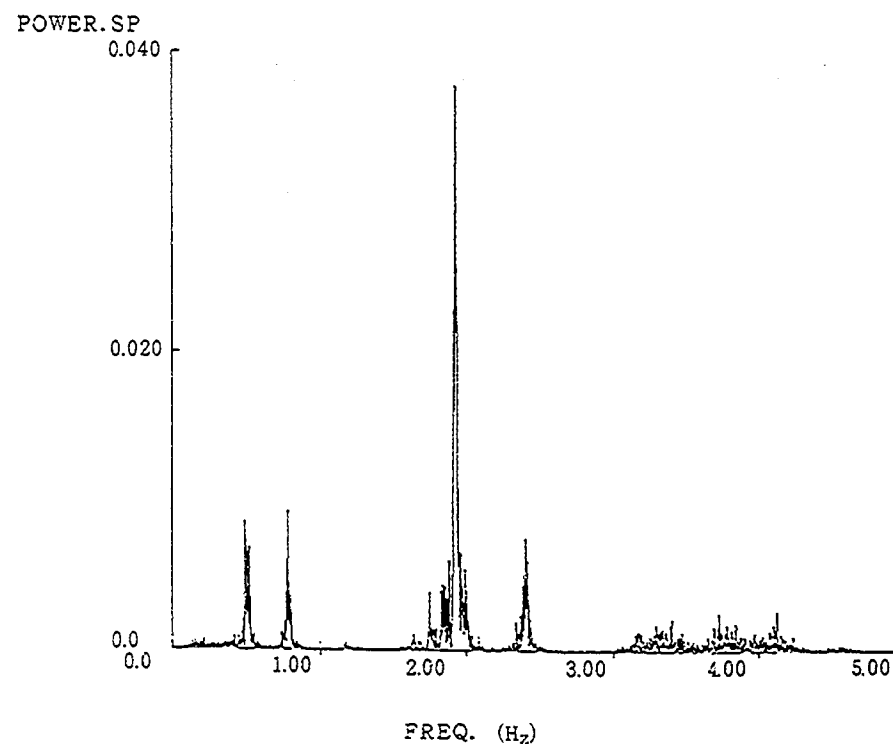
付図-3.1.12 常時微動のパワースペクトル

SP 675 反応機構(TPS) エントラピー 2 R- 1



付図-3.1.13 常時微動のパワースペクトル

2F 0% 100% (T00) 2 F 2 A-2



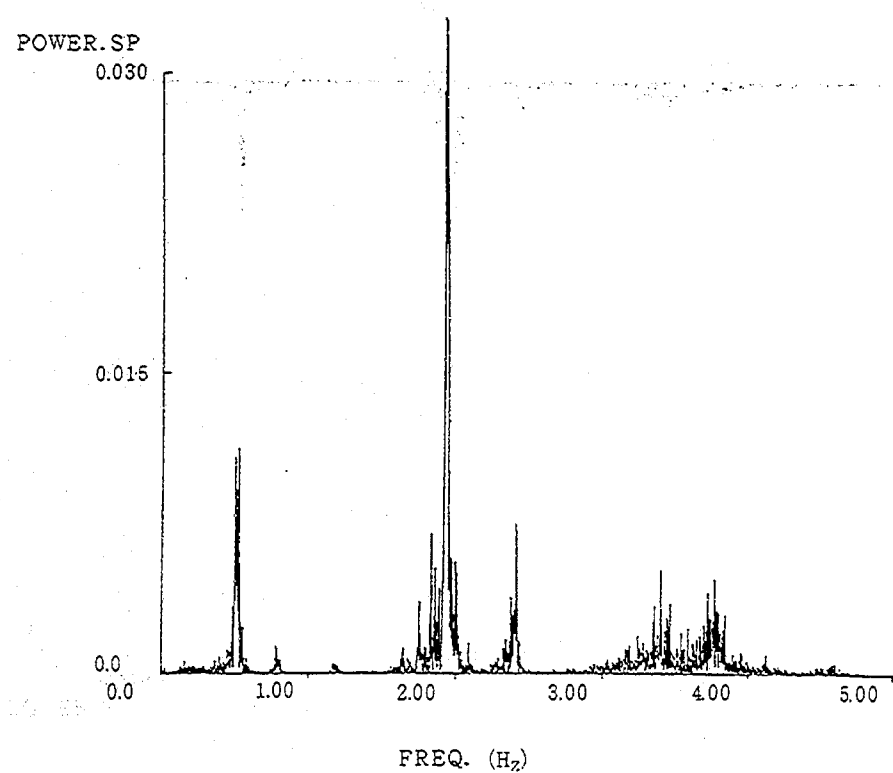
付図-3.1.14 常時微動のパワースペクトル

2F 0% 100% (T00) 2 F 2 A-3

CP 875, F202070 (750) 2 A- 6

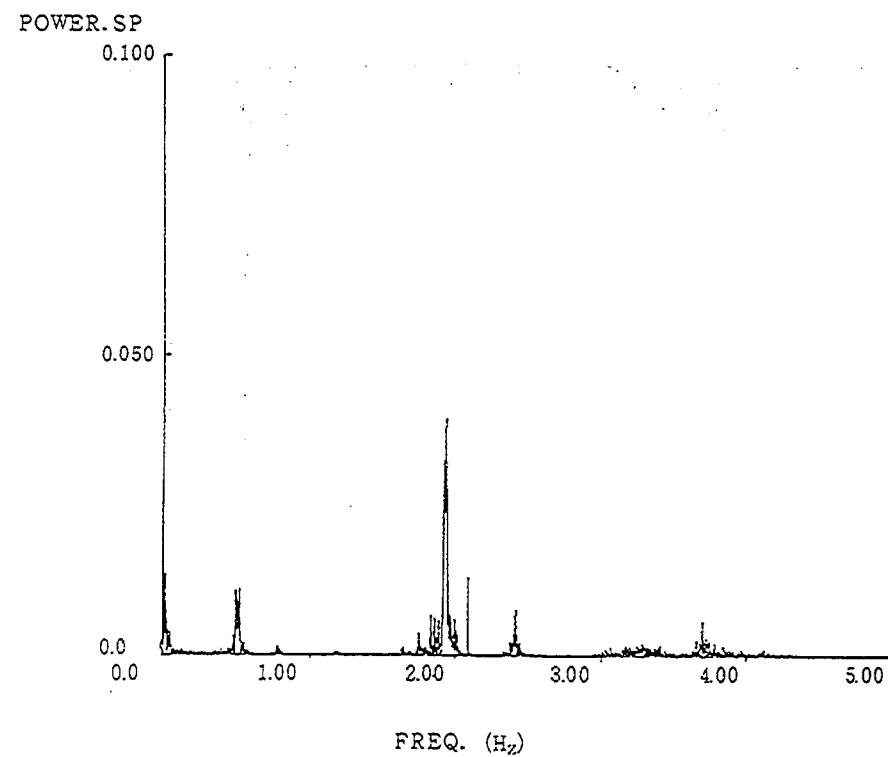


CP 670 190470(700) E-17 28-1



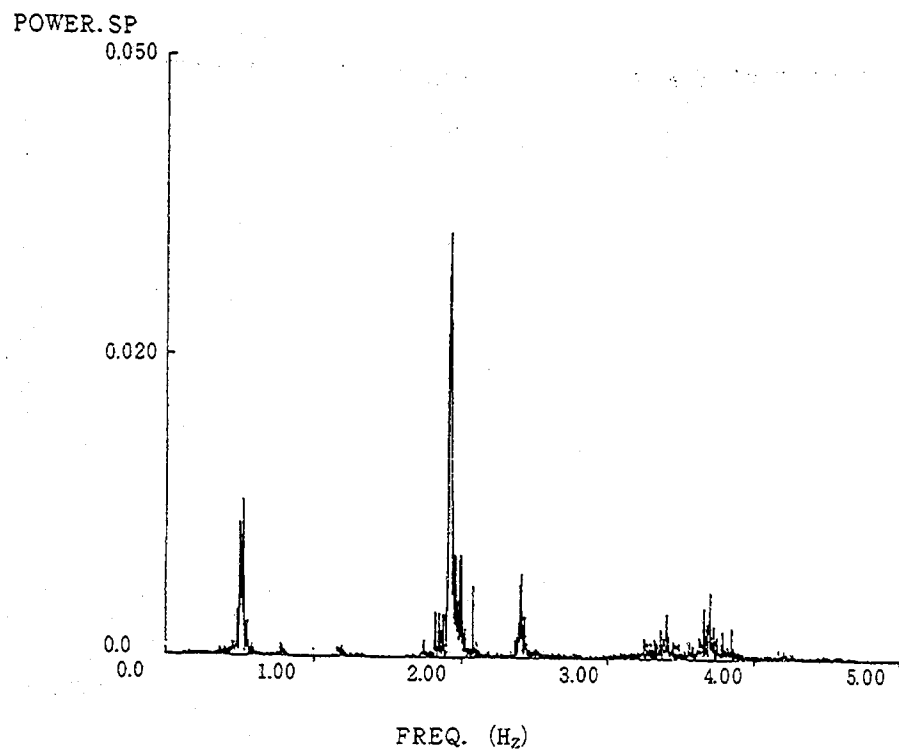
付図-3.1.17 常時微動のパワースペクトル

2000 年 10 月 10 日 (100) 28-2



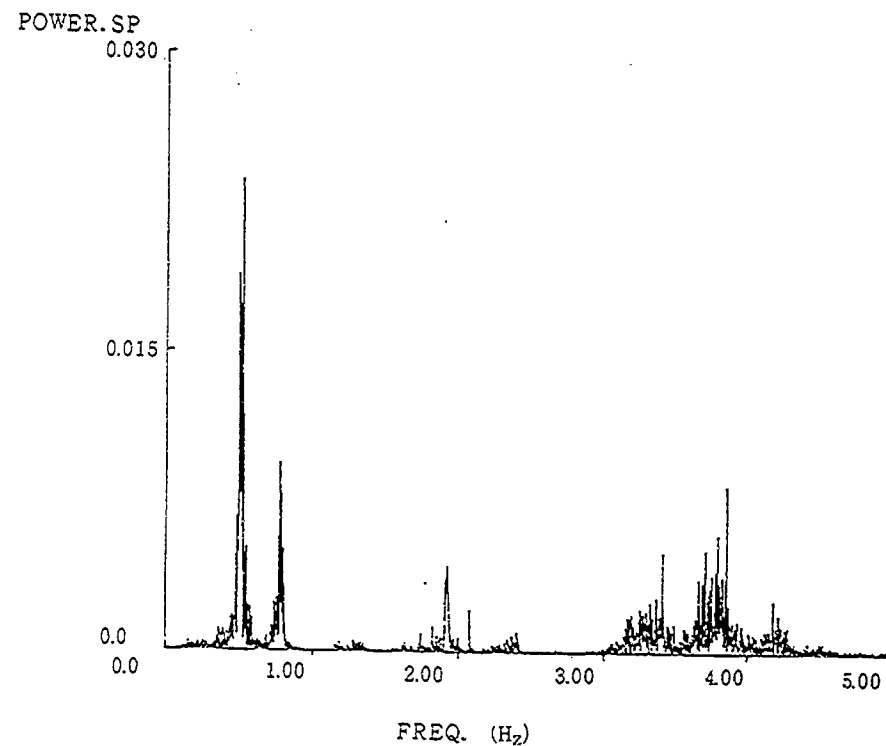
付図-3.1.18 常時微動のパワースペクトル

2000 年 10 月 10 日 (100) 28-3



付図-3.1.19 常時微動のパワースペクトル

SP 0.1% フォルダック(T00) エドワーズ 2 B-5



付図-3.1.20 常時微動のパワースペクトル

SP 0.1% フォルダック(T00) エドワーズ 2 B-6

7-8 28-7

撫養橋振動実験報告書

構造研究室

I S S N 0386-5878
土木研究所資料 第2516号
昭和62年8月(1987)
横山 功一 日下部毅明
神 崎 一夫 東久保正徳

要 旨

鋼箱桁橋の構造特性の調査を目的として、本州四国連絡道路撫養橋(4径間連続鋼床版箱桁橋, 107+160+160+107m)において起振機, クレーンを用いた振動実験と常時微動測定を行なった。その結果, 固有振動数, 固有振動モードが求まり, 構造減衰が対数減衰率で0.07以上であることが判明した。

キーワード: 箱桁橋, 起振機実験, 構造減衰



郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい。

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

構造研究室 御中

No. 18

No. 18

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2516 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印