

土 木 研 究 所 資 料

塩浜工区鋼箱桁橋振動実験報告書

昭和61年5月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

Copyright © 1986 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。

塩浜工区鋼箱桁橋振動実験報告書

構造研究室 室 長 横山 功 一
研究員 中 神 陽 一^{*}
永 原 隆
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、阪神高速道路湾岸線塩浜工区鋼箱桁橋（4 径間連続鋼床版箱桁橋，54.3+70.0+120.0+96.3m）において起振機実験ならびに常時微動の計測を行なった。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，建設省道路局地方道課市町村道室係長

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を超えるような長スパンの箱桁橋も建設されるようになってきた。通常、中小規模の橋梁で風荷重や風による振動が問題になることは稀であるが、箱桁橋でも長スパンのものについては耐風性の検討が望まれるようになった。

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的な特性に加え、構造減衰・固有振動数といった構造的な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し、その値は現段階では数値解析によって算定することは不可能であり、実橋を対象とした振動実験に頼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を経ておらず、風洞実験データと同様に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年度より箱桁橋の実橋での振動実験を行ない構造特性を把握することとした。昭和59年度は、静岡県の日守大橋（3径間連続鋼箱桁橋、最大スパン119.2m）を対象として実験を行ない、構造特性データを収集した。

昭和60年度は、阪神高速道路湾岸線塩浜工区鋼箱桁橋に対して、起振機を用いた加振実験と自然風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61年5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 塩浜工区箱桁橋の概要	1
2. 振動実験計画	6
2.1 起振方法	6
2.2 実験項目	10
2.3 計測方法	10
2.4 実験ケース	10
2.5 実験工程	12
2.6 固有振動数の計算	12
3. 実験結果	15
3.1 記録の整理方法	15
3.2 実験結果の解析	17
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	27
4.4 他の箱桁橋との対比	27
5. ま と め	32
謝 辞	33
参考文献	33
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なっている。

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る。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⁾

今回は昭和60年度に実施した大阪府堺市阪神高速道路湾岸線塩浜工区鋼箱桁橋の振動実験結果について報告する。

実験は、起振機を用いた加振実験と、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。

1.2 塩浜工区鋼箱桁橋の概要

振動実験の対象とした橋梁は、阪神高速道路公団が建設中の湾岸線塩浜工区の4径間連続鋼床版箱桁橋である。本橋の架設位置を図-1.1に、一般図を図-1.2に、全景写真を写真-1.1に示す。

本橋の主たる諸元は以下のとおりである。

橋梁諸元

橋 名 : 阪神高速道路湾岸線塩浜工区(その2)

事業主体 : 阪神高速道路公団

所在地 : 大阪府堺市塩浜町北波止町地先

形式 : 4径間連続1BOX鋼床版鋼箱桁

橋 格 : 自動車専用道路, 一等橋

橋 長 : 340.6 m

支間割 : 54.3 + 70.0 + 120.0 + 96.3 m

幅 員 : 車道幅員 9.5 m (橋梁幅員 10.5 m)

舗 装 : As 70 mm 厚 (実験時未舗装)

床 版 : 鋼床版 (12 mm ~ 22 mm)

使用鋼材 : SS41, SM50Y, SM53

上部鋼重 : (本体部) 1634 t

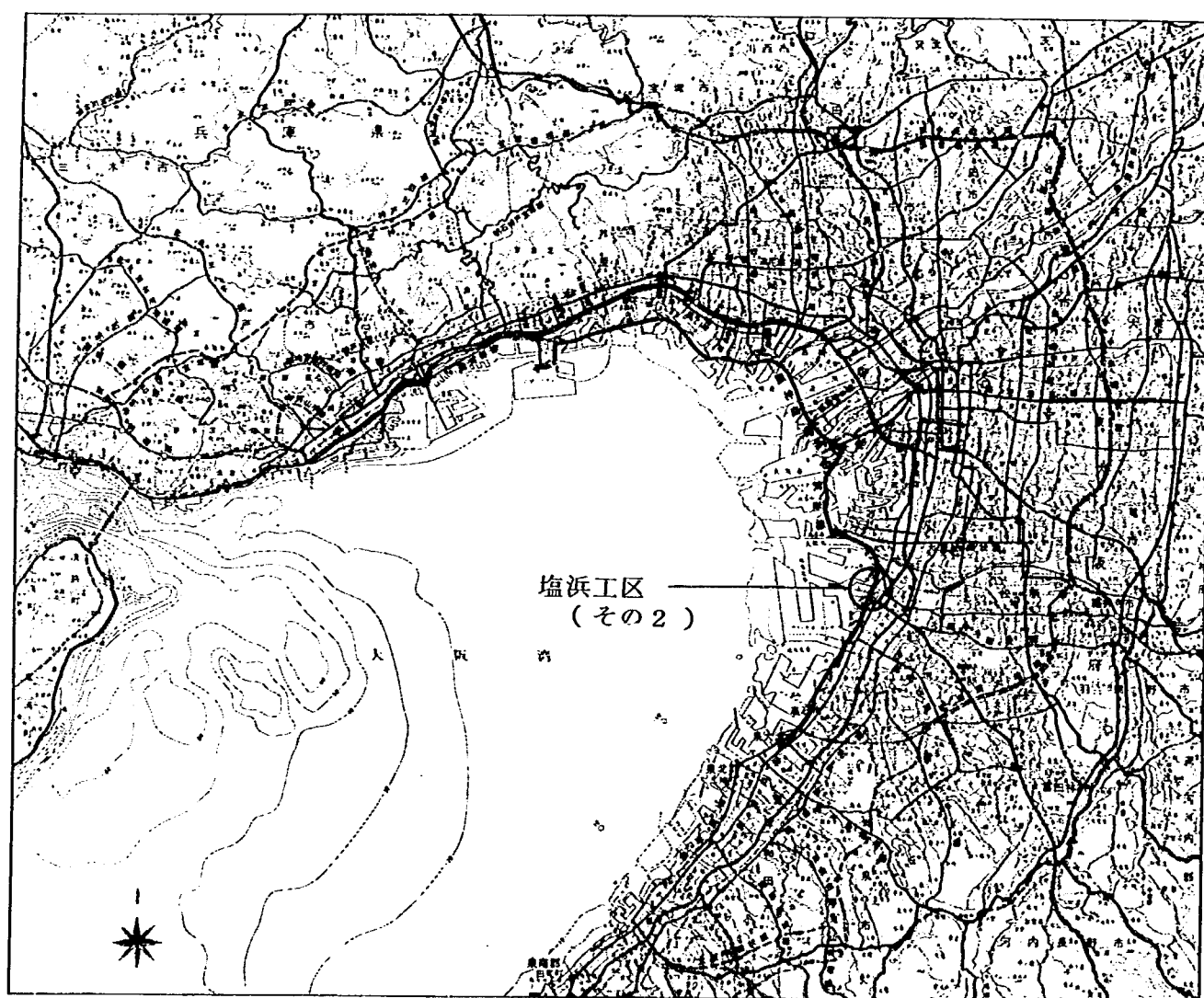


図-1.1 阪神高速道路公団湾岸線

塩浜工区(その2)鋼箱桁橋位置

一般図

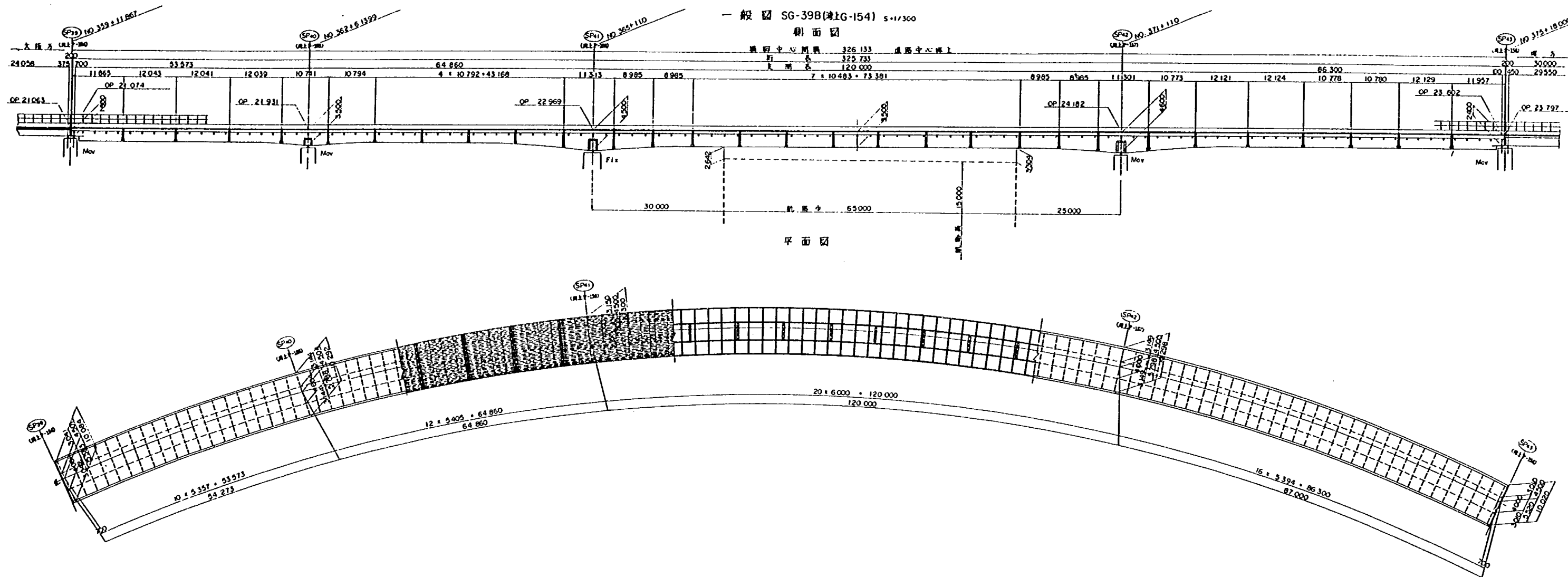


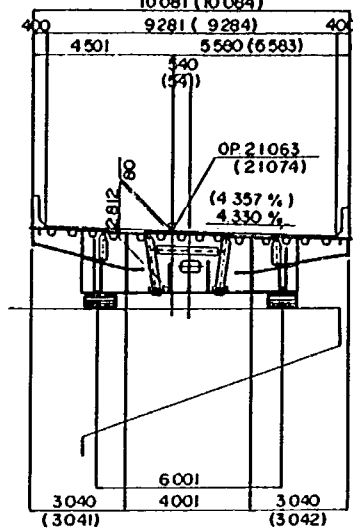
図-1.2 (I) 塩浜工区鋼箱桁橋一般図

断面图

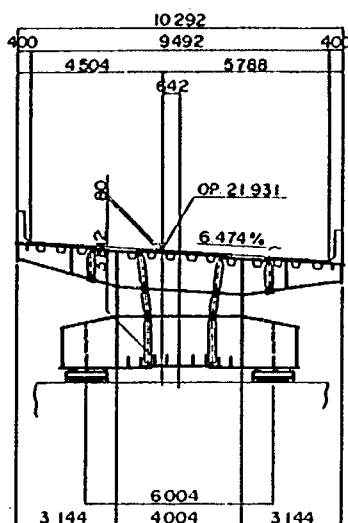
断面图 S=1/100

SP39上新断面图

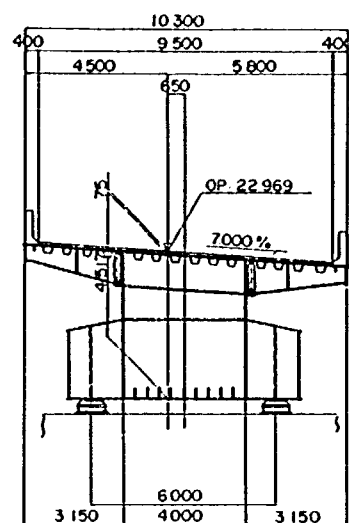
内时支承线上示寸。
10081 (10084)



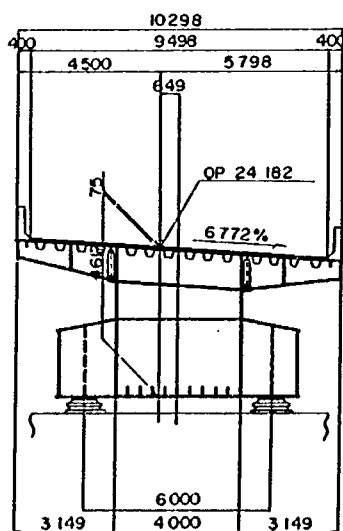
SP40上新断面图



SP41上新断面图

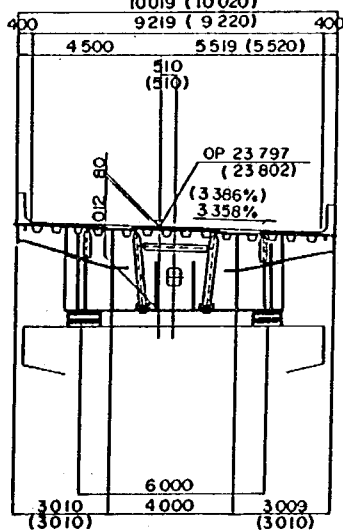


SP42上新断面图

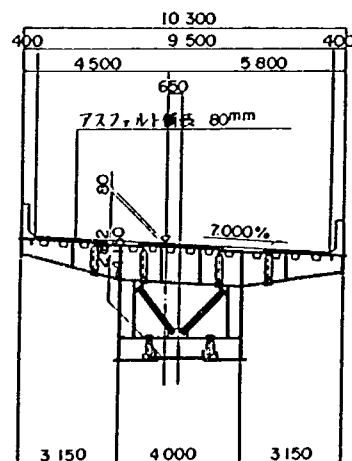


SP43上新断面图

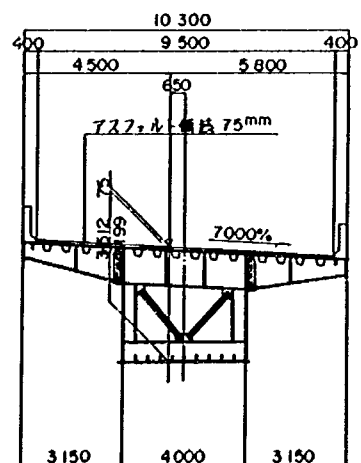
内时支承线上示寸。
10019 (10020)



标准部断面图 (SP39~41, SP42~43)



标准部断面图 (SP41~42)



图— 1.2 (2) 塩浜工区鋼箱桁橋断面图

2. 振動実験計画

2.1 起振方法

1) 使用起振機

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	$0.15 f^2$	AS-40HP	$0.78 \times 1.10 \times 0.70$

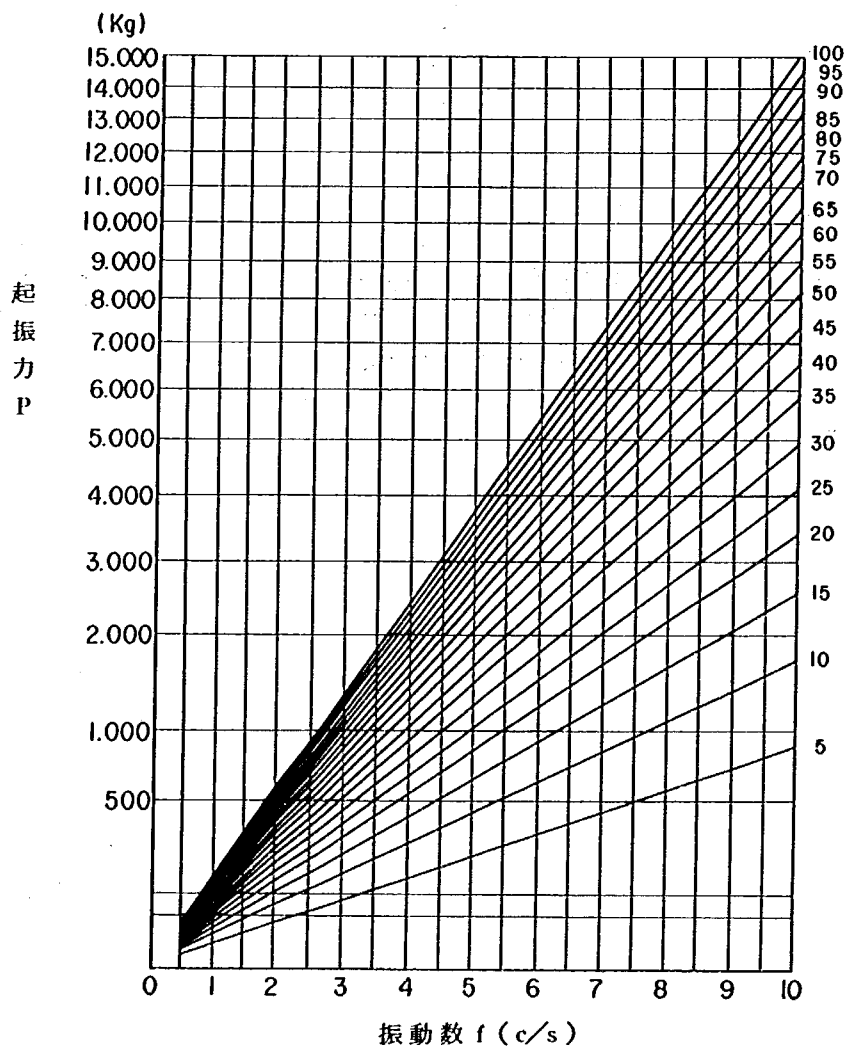


図-2.1 起振力図

2) 起振機の配置

本実験では起振機を図-2.2に示すように、主径間(120 m)の1/2点に設置することとした。通常、振動実験では主径間の1/2点加振により対称の振動モードが、また1/4点加振により非対称の振動モードが得られる。ところが本橋は、4径間連続桁橋であるが、非対称のスパン割となっており、後述の固有値計算結果からも分るように、主径間1/2点を加振することにより鉛直たわみ振動の1次～3次モードが得られるものと考えられたためである。

また、起振機用電源としては、90 KVA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(SP41)付近の路面上に配置した。

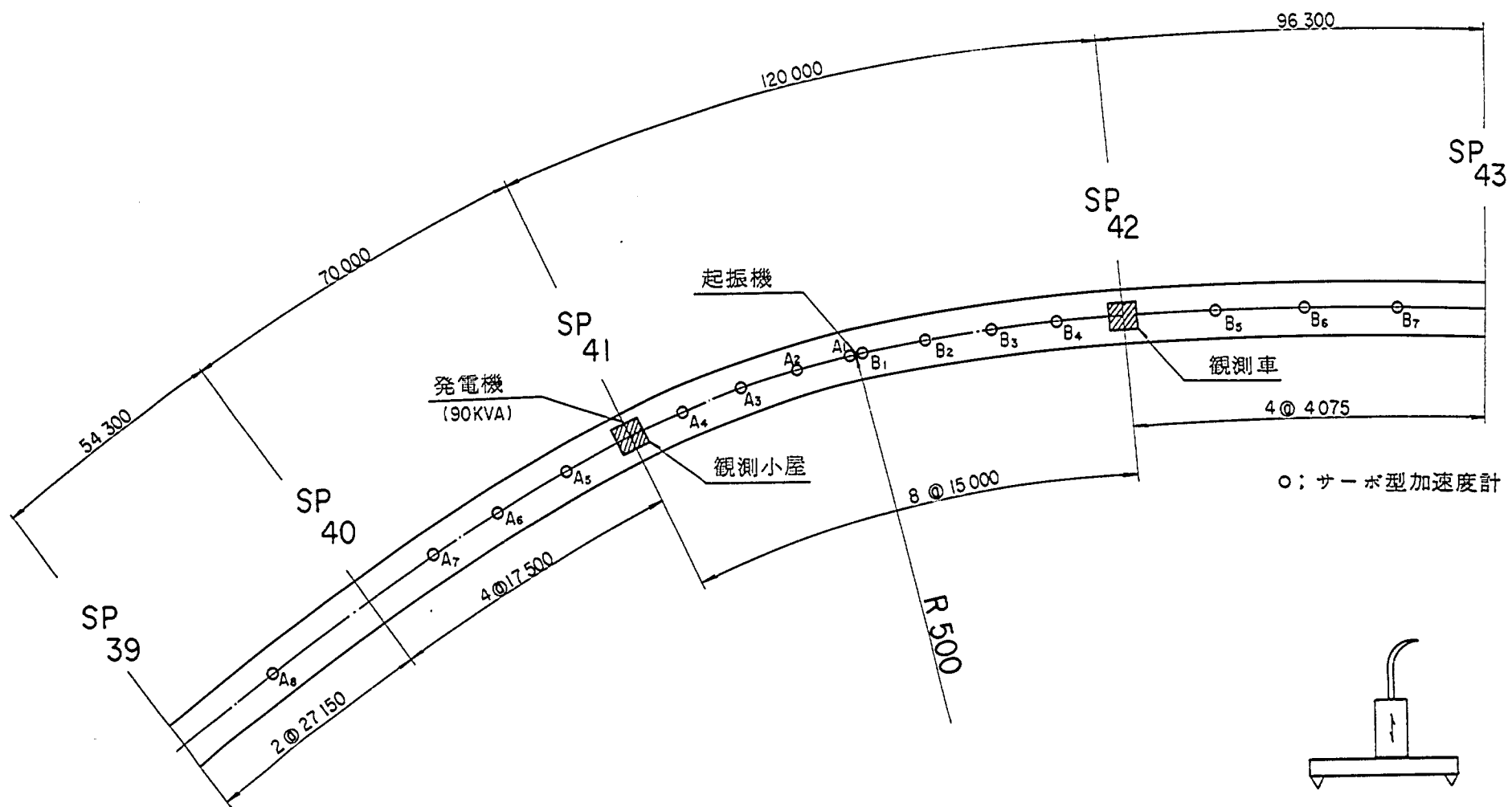


図 - 2.2 計測器配置図 (鉛直方向加振時)

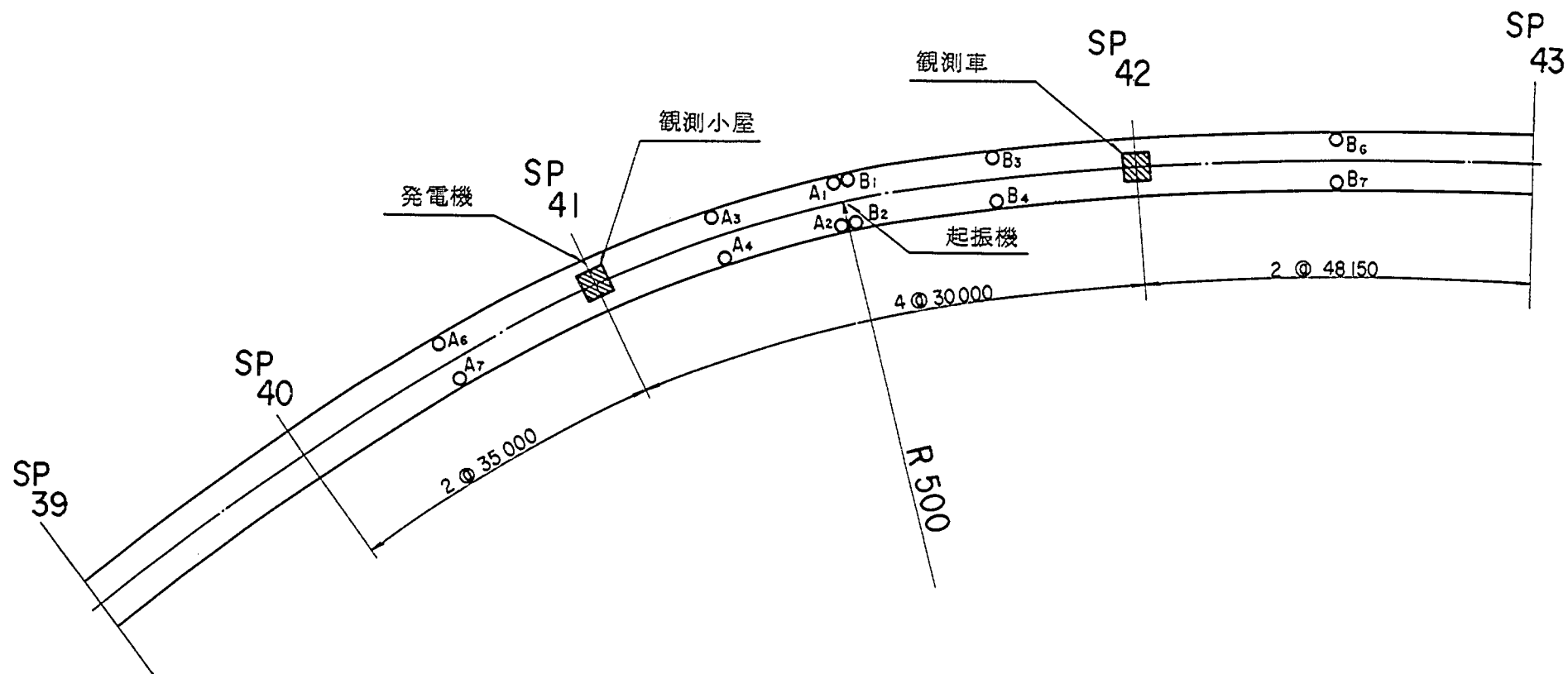


図-2.3 計測器配置図(ねじれ方向加振時)

2.2 実 験 項 目

本実験における実験項目は以下の3項目である。

- ① 固有振動数
- ② 固有振動モード
- ③ 構造減衰

2.3 計 測 方 法

橋桁の振動はサーボ型加速度計を用いて測定した。橋面上のサーボ型加速度計の配置を図-2.2（鉛直方向加振時）、図-2.3（ねじれ方向加振時）に示す。振動モードを計測するために、各スパンに加速度計を配置したが、ねじれ振動計測時には桁幅員両端に1台ずつ設置することとし、たわみ振動計測時には桁幅員中央に1台設置した。また、配線の都合上、計測システムが観測車（SP42上に配置）と観測小屋（SP41上に設置）に二分されたため、両システムの同時をとる目的で主径間1/2点には両システムの加速度計を設置した。

サーボ型加速度計によって得られたデータは2ヶ所の計測ステーションに集められる。図-2.4に計測ブロック図を示す。データはペン書きオシログラフとシンクロスコープでモニターすると同時にデータレコーダに収録した。写真-2.2に計測状況を、写真-2.3にサーボ型加速度計設置状況を示した。

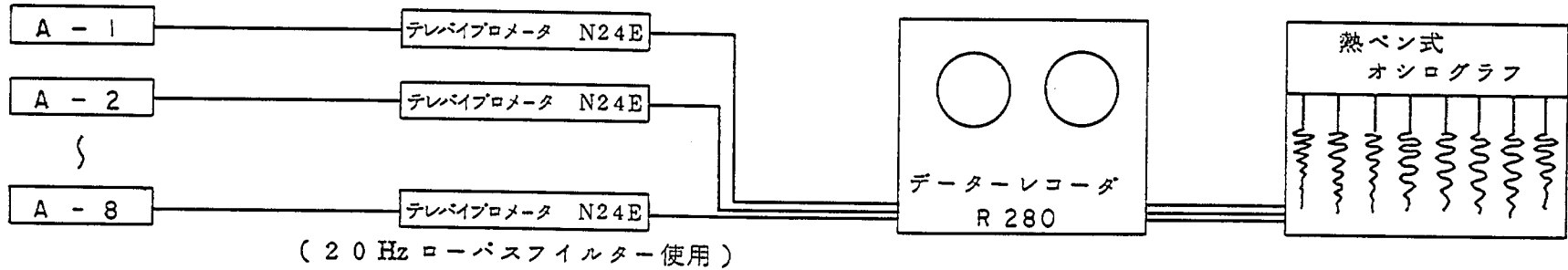
2.4 実 験 ケ ー ス

実験は当初鉛直方向加振により、鉛直振動の1次～3次について共振実験および自由減衰実験を行ない、その後位相を変えてねじれ方向加振により、ねじれ振動1次について同様に共振実験および自由減衰実験を行なった。

各ケースでは、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、計測器の配置は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。

ステーション A (観測小屋)



ステーション B (観測車)

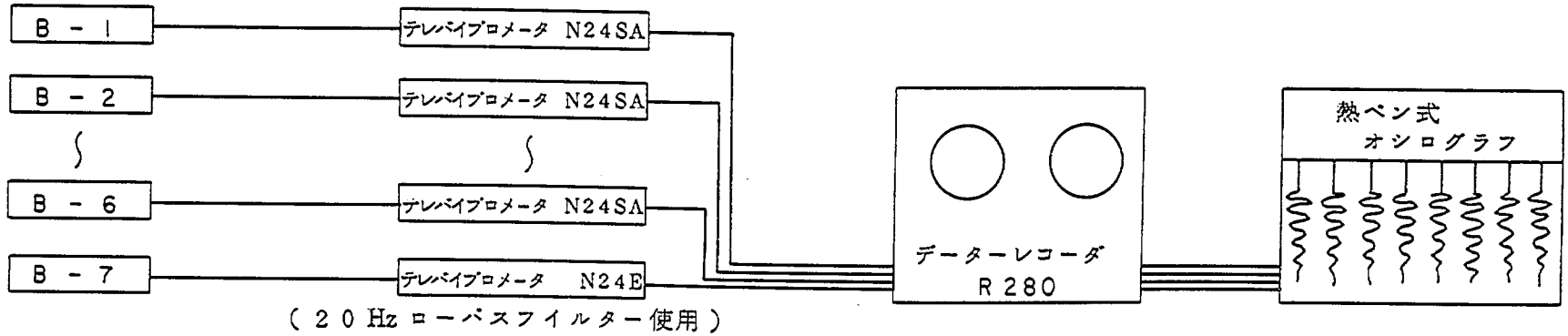


図 - 2.4 計測ブロック図

2.5 実 験 工 程

日 付	午 前		午 後		天 気
11月11日 月	移 動 [筑波 —————]		————— 大阪]		晴
11月12日 火	観測車・起振機 発電機搬入	実験機器 セッティング		起振機試験 計測器試験	曇
11月13日 水	鉛直たわみ1次2次		常時微動 測定	鉛直たわみ1次 2次(減衰試験)	曇のち 雨
11月14日 木	鉛直たわみ3次		常時微動 測定	ねじれ1次	曇とき どき晴
11月15日 金	計測器片付け		観測車・起振機・発電機搬出		晴
11月16日 土	移 動 [大阪 —————]		————— 筑波]		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、本橋の振動モードの算定を行った。主な計算条件としては、格子モデルとし、未舗装であることから舗装重量を無視し、橋脚は支点とした。

計算モデルと入力条件をそれぞれ図-2.5、表-2.2に、また算定結果を図-2.6に示す。

計算結果によると、最大支間中央に起振機を設置すれば、1～3次までの鉛直振動モードが得られるものと推定される。

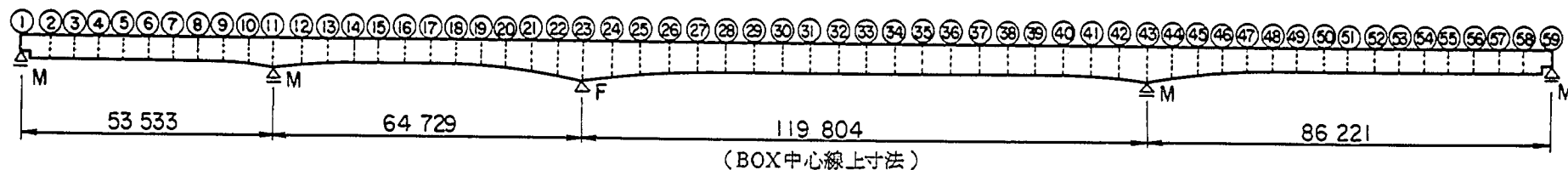


図-2.5 固有振動数計算モデル

表-2.2 入力条件 格子モデル

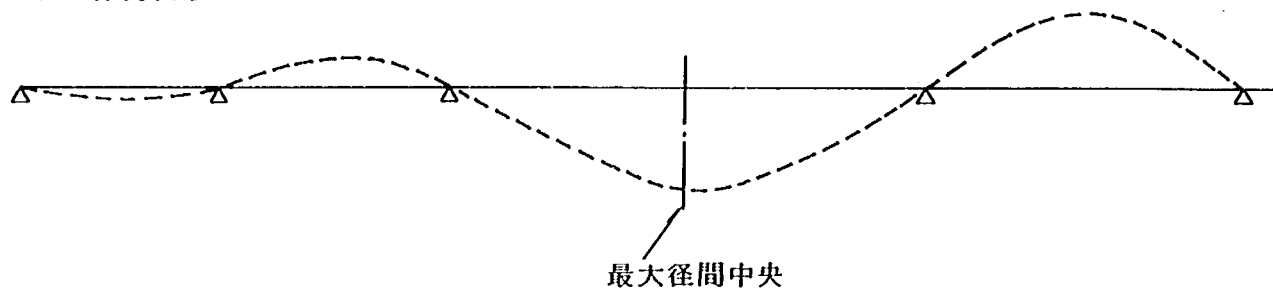
格点座標及び格点重量

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	0.9	-0.3	—	31	163.1	30.4	38.82
2	5.6	1.4	28.46	32	169.1	30.3	"
3	10.9	3.4	"	33	175.1	30.0	"
4	16.0	5.2	"	34	181.1	29.7	"
5	21.0	6.9	"	35	187.7	29.3	"
6	26.1	8.6	"	36	193.0	28.8	"
7	31.7	10.2	"	37	199.0	28.2	"
8	36.3	11.8	"	38	205.0	27.6	"
9	41.4	13.4	"	39	210.9	26.8	"
10	46.6	14.8	"	40	216.8	26.0	"
11	51.8	16.3	—	41	222.7	25.0	"
12	56.9	17.6	31.84	42	228.6	24.0	"
13	62.2	19.0	"	43	234.5	22.4	—
14	67.4	20.2	"	44	239.8	21.8	33.67
15	72.7	21.4	"	45	245.1	20.7	"
16	78.0	22.5	"	46	250.3	19.5	"
17	83.3	23.5	"	47	255.6	18.2	"
18	88.6	24.5	"	48	260.8	16.9	"
19	93.9	25.4	"	49	266.0	15.6	"
20	99.2	26.2	"	50	271.2	14.2	"
21	104.6	27.0	"	51	276.4	12.7	"
22	109.9	27.6	"	52	281.6	11.2	"
23	115.3	28.2	—	53	286.7	9.7	"
24	121.3	28.3	38.82	54	291.9	8.1	"
25	127.2	29.3	"	55	297.0	6.5	"
26	133.2	29.7	"	56	302.2	4.4	"
27	139.2	30.0	"	57	307.3	3.2	"
28	145.2	30.3	"	58	312.4	1.5	"
29	151.2	30.4	"	59	317.5	-0.3	—
30	157.2	30.4	"				

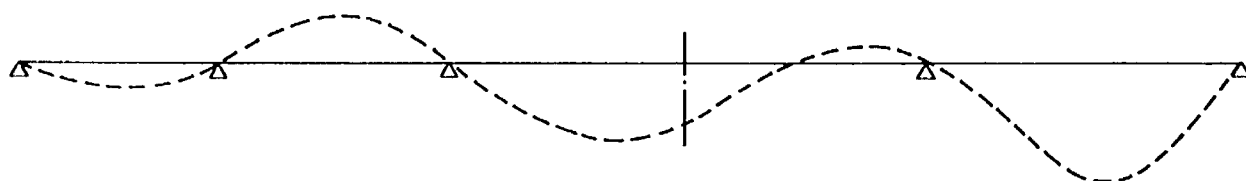
部材断面剛性

部材 No	格点 No	断面積 A (m²)	断面2次 モーメント I _y (m⁴)	ねじり定数 J (m⁴)	部材 No	格点 No	断面積 A (m²)	断面2次 モーメント I _y (m⁴)	ねじり定数 J (m⁴)
1	1 2	0.3208	0.4212	0.4285	31	31 32	0.4219	1.0201	0.7280
2	2 3	"	"	"	32	32 33	"	"	"
3	3 4	"	"	"	33	33 34	0.4087	0.9786	0.7281
4	4 5	"	"	"	34	34 35	0.4044	0.9614	0.7201
5	5 6	"	"	"	35	35 36	0.3798	0.8629	0.6908
6	6 7	"	"	"	36	36 37	0.3556	0.7513	0.6512
7	7 8	0.3317	0.4564	0.4271	37	37 38	"	"	"
8	8 9	"	"	"	38	38 39	0.3689	0.8408	0.6741
9	9 10	"	"	"	39	39 40	0.4098	1.0861	0.8098
10	10 11	0.3777	0.8334	0.6075	40	40 41	0.4596	1.4141	1.0003
11	11 12	"	"	"	41	41 42	0.5423	2.0107	1.2858
12	12 13	0.3576	0.6835	0.6037	42	42 43	0.6155	2.5541	1.5861
13	13 14	0.3326	0.4566	0.4242	43	43 44	"	"	"
14	14 15	"	"	"	44	44 45	0.5675	2.0833	1.2949
15	15 16	"	"	"	45	45 46	0.5101	1.4410	1.0130
16	16 17	"	"	"	46	46 47	0.4253	0.9853	0.6809
17	17 18	0.3486	0.5044	0.4352	47	47 48	0.3914	0.7460	0.5796
18	18 19	0.3648	0.5935	0.4893	48	48 49	0.3505	0.5873	0.5177
19	19 20	0.4001	0.7937	0.6243	49	49 50	0.3406	0.5478	0.4880
20	20 21	0.4207	1.0832	0.7764	50	50 51	0.3447	0.5660	0.4998
21	21 22	0.4639	1.5149	1.0713	51	51 52	0.3628	0.6337	0.5396
22	22 23	0.5179	1.9419	1.3232	52	52 53	"	"	"
23	23 24	"	"	"	53	53 54	"	"	"
24	24 25	0.4279	1.2387	0.9332	54	54 55	"	"	"
25	25 26	0.3767	0.9347	0.7293	55	55 56	0.3533	0.6012	0.5270
26	26 27	0.3556	0.7513	0.6512	56	56 57	0.3283	0.5085	0.4913
27	27 28	"	"	"	57	57 58	"	"	"
28	28 29	0.3755	0.8428	0.6790	58	58 59	"	"	"
29	29 30	0.3957	0.9252	0.7015					
30	30 31	0.4087	0.9789	0.7283					

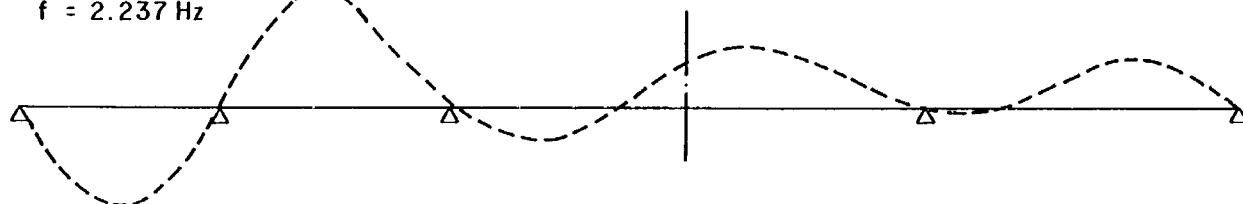
1 次
 $f = 0.835 \text{ Hz}$



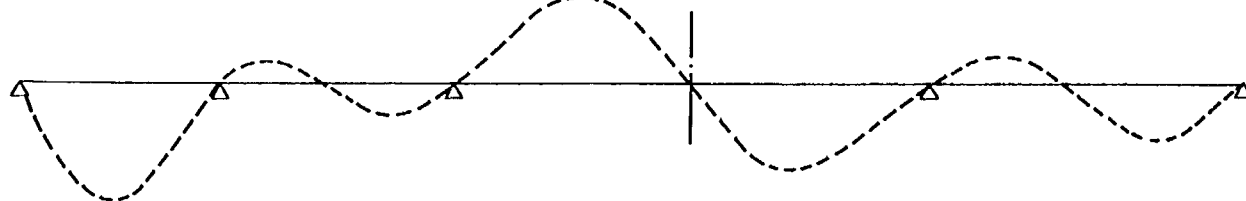
2 次
 $f = 1.526 \text{ Hz}$



3 次
 $f = 2.237 \text{ Hz}$



4 次
 $f = 3.051 \text{ Hz}$



5 次
 $f = 3.877 \text{ Hz}$

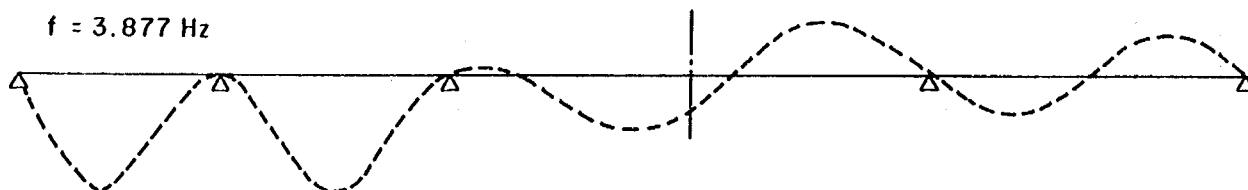


図 - 2.6 振動モード (計算値)

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、データ個数 1024 個、計測時間 10.23 sec にて行った。

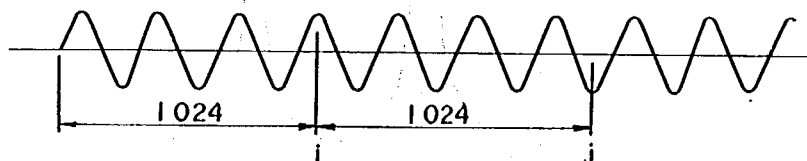
2) 共振曲線の算定

測定された振動波形はノイズを含み、オシロベ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、8192 個のデータにする。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。

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

$R(\theta)$ は図-2.1 に示す目盛より求める。

目盛 100 の場合 $(2\pi)^2 M \cdot R(\theta) = 0.150$

目盛 50 の場合 $(2\pi)^2 M \cdot R(\theta) = 0.080$

目盛 30 の場合 $(2\pi)^2 M \cdot R(\theta) = 0.050$

目盛 20 の場合 $(2\pi)^2 M \cdot R(\theta) = 0.033$

目盛 15 の場合 $(2\pi)^2 M \cdot R(\theta) = 0.025$

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。

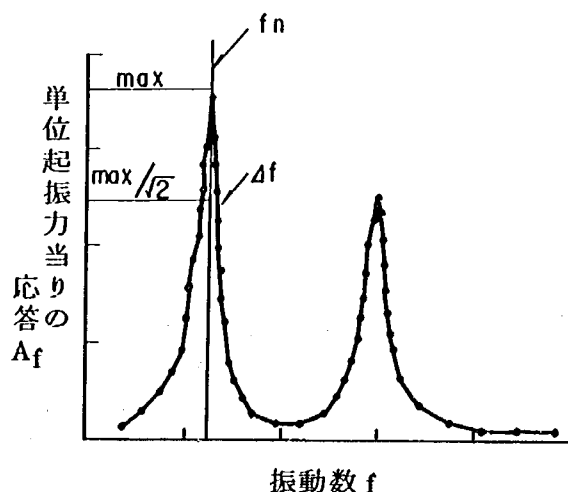
各次の応答値より振動モード、及び減衰定数を算定する。

3) 減衰定数は、共振曲線から、 $1/\sqrt{2}$ 法を用いて

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

$$\delta = 2\pi h$$

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 5 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常数を求めた。

対数減衰率 δ は、自由減衰による記録から

$$\delta = \ln \frac{x_{n-1}}{x_n}$$

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、ほぼ直線上になる。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 13 日及び 14 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 交換を行いパワースペクトルを求めた。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 交換は、サンプリングタイム $\Delta T = 50 \text{ m sec}$ 、データ個数 $N = 16384$ とした。これにより、計測時間 T 等は以下のようになる。

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

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

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

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。

減衰定数はパワースペクトルよりハーフパワー法により算定した。

この場合、ラインプリンターに出力した数値より求める方法（手法 A）と、スペクトル図より求める方法（手法 B）とにより行なった。

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－1.1～1.28 に、共振振動数における自由減衰波形を付図－2.1～2.78 に示す。また、常時微動による橋桁の不規則振動から解析した振動加速度のパワースペクトルを付図－3.1.1～3.2.8 に、観測された常時微動波形の一部を付図－4.1～4.8 に、固有振動数と構造減衰の読み取り値を表－3.1 に示す。

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による不規則振動から得られた加速度パワースペクトルから固有振動数を求め表－3.2 に示す。同表には計算値も併記した。

表－3.1 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であるが、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（パワースペクトルのピーク値を与える振動数）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。

本橋の実測された固有振動数は、計算値と比較すると鉛直1次では若干高め、鉛直2次、3次はほぼ一致している結果となった。

表－3.1 常時微動測定結果

計測日	ステーション	項目	手法A（LP出力数値からの算定）			手法B （スペクトル図より） 鉛直1次
			鉛直1次	鉛直2次	鉛直3次	
1985年 11月 13日	A側	共振振動数 f (Hz)	0.946	1.54	2.25	0.946
		対数減衰率 δ	0.025	0.018	0.005	0.025
	B側	共振振動数 f (Hz)	0.946	1.54	2.25	0.946
		対数減衰率 δ	0.029	0.023	0.010	0.025
1985年 11月 14日	A側	共振振動数 f (Hz)	0.927	1.50	2.20	0.927
		対数減衰率 δ	0.017	0.020	0.014	0.014
	B側	共振振動数 f (Hz)	0.928	1.50	—	0.928
		対数減衰率 δ	0.025	0.020	—	0.010

δ の平均値： 0.024 0.020

表－3.2 固有振動数

	共振試験	常時微動	計算値
鉛直1次	0.896	0.926～0.946	0.804
鉛直2次	1.416	1.496～1.535	1.471
鉛直3次	2.197	2.204～2.248	2.146
ねじれ1次	4.004		

(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表－3.4に示した。付図－2に自由振動波形の波数と振幅の関係を示したが、縦軸を対数軸としており、このグラフ上で振幅と波数の関係が直線になっていれば対数減衰率は一定になる。そこで対数減衰率が一定となる区間の最初と最後の振幅から構造減衰を求めるものとした。表－3.4で減衰を記入していないものもあるが、これは応答波形が乱れており減衰を読み取ることができなかったものである。

表-3.3 共振時応答値

センサー	鉛 直 1 次			鉛 直 2 次			鉛 直 3 次			ね じ れ 1 次		
	$f = 0.896 \text{ Hz}$			$f = 1.416 \text{ Hz}$			$f = 2.197 \text{ Hz}$			$f = 4.004 \text{ Hz}$		
	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	9.5	39.3	0.0	17.5	29.2	0.0	6.9	8.6	0.0	46.4	58.6	0.0
A-2	7.9	32.8	0.0	19.5	32.4	0.0	4.4	5.5	0.0	44.9	56.7	180.0
A-3	5.5	22.7	0.0	17.0	28.2	0.0	2.2	2.8	0.0	28.1	35.7	0.0
A-4	2.6	10.9	0.0	9.5	15.7	0.0	1.8	2.3	180.0	30.7	38.8	180.0
A-5	2.1	8.7	180.0	9.2	15.3	180.0	4.7	5.9	0.0	0.4	0.5	0.0
A-6	2.5	10.4	180.0	12.4	20.6	180.0	8.7	10.9	0.0	6.1	7.7	180.0
A-7	1.5	6.0	180.0	7.8	12.9	180.0	7.0	8.7	0.0	—	—	—
A-8	0.8	3.2	0.0	5.0	8.3	0.0	6.7	8.3	180.0	—	—	—
B-1	9.8	40.7	0.0	17.8	29.6	0.0	7.0	8.6	0.0	46.9	59.3	0.0
B-2	9.2	38.2	0.0	10.6	17.5	0.0	7.8	9.7	0.0	45.6	57.6	180.0
B-3	7.2	30.0	0.0	2.8	4.7	0.0	6.2	7.8	0.0	27.6	34.8	0.0
B-4	1.3	5.4	0.0	0.5	0.8	180.0	1.0	1.2	0.0	9.9	12.6	180.0
B-5	5.9	24.4	180.0	12.2	20.3	0.0	0.7	0.9	180.0	—	—	—
B-6	8.4	34.7	180.0	26.0	43.3	0.0	3.4	4.2	0.0	6.8	8.5	0.0
B-7	5.8	24.4	180.0	21.1	35.2	0.0	4.6	5.7	0.0	5.7	7.2	180.0

応答値：gal

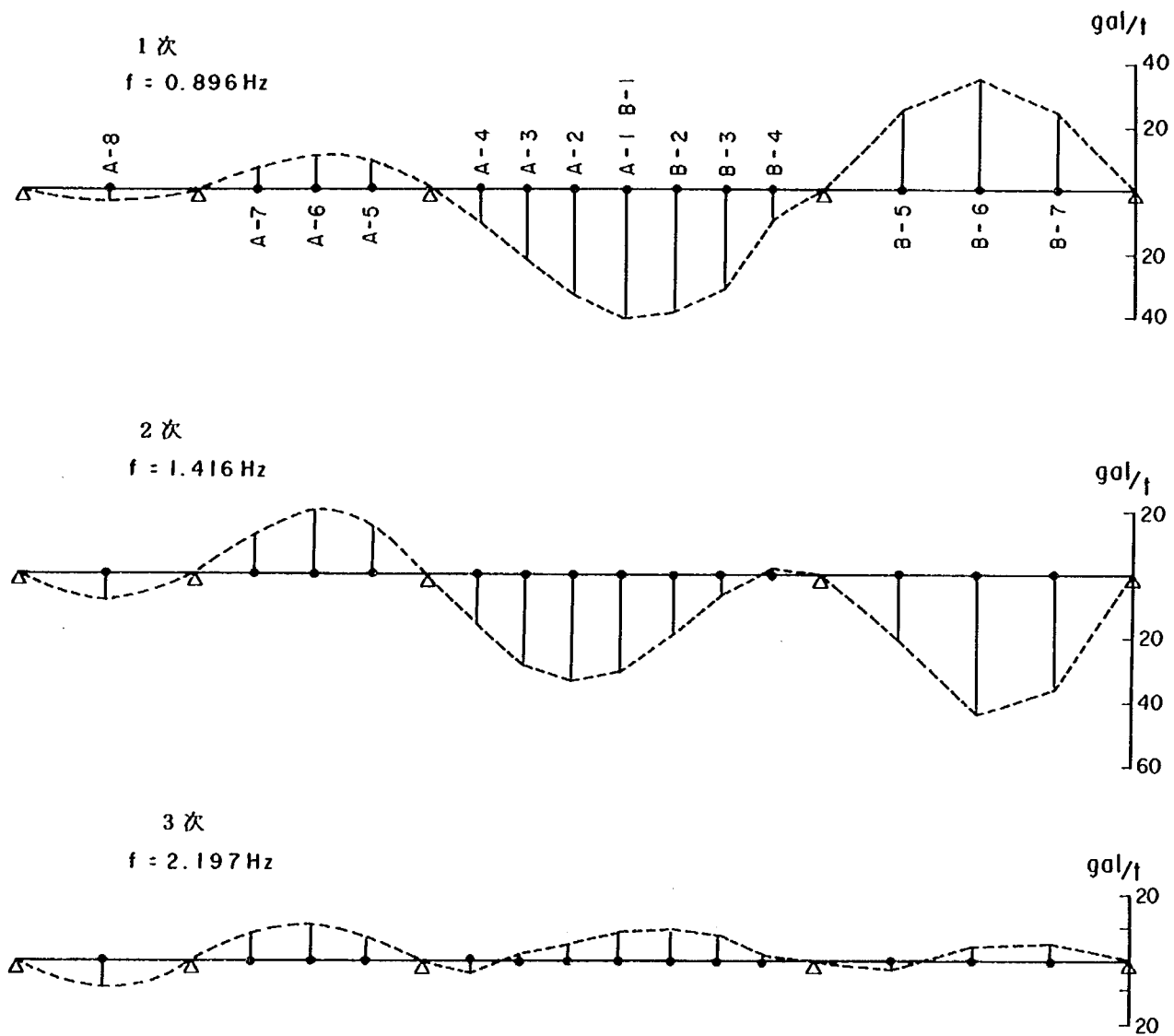
F：起振力（ton）

位相差はA-1及びB-1を基準としている。

構造減衰は、自由減衰波形から直接求める方法の他に、共振曲線から求める方法、また常時微動のパワースペクトル曲線から求める方法もあり、それらによる結果を表-3.5, 3.1 にそれぞれ示す。

表-3.4.1 自由減衰試験結果(平均値)

振動モード 測点	た わ み 振 動			ねじれ振動
	1 次	2 次	3 次	1 次
A-1	0.070	0.080	—	0.108
A-2	0.069	0.080	—	0.113
A-3	0.068	0.084	—	0.099
A-4	0.084	0.088	—	0.111
A-5	0.085	0.090	0.117	—
A-6	0.077	0.085	0.119	0.086
A-7	—	0.079	0.115	—
A-8	—	—	0.120	—
B-1	0.063	0.081	0.115	0.108
B-2	0.065	0.072	0.129	0.106
B-3	0.067	0.086	0.121	0.112
B-4	0.073	—	0.108	0.109
B-5	0.067	0.084	—	—
B-6	0.067	0.076	0.119	0.130
B-7	0.068	0.078	0.132	0.120
平 均	0.071	0.082	0.120	0.109
範 囲	0.06~0.08	0.07~0.09	0.11~0.13	0.08~0.13



図－3.1 鉛直振動モード
 (共振時単位起振力当りの応答分布)

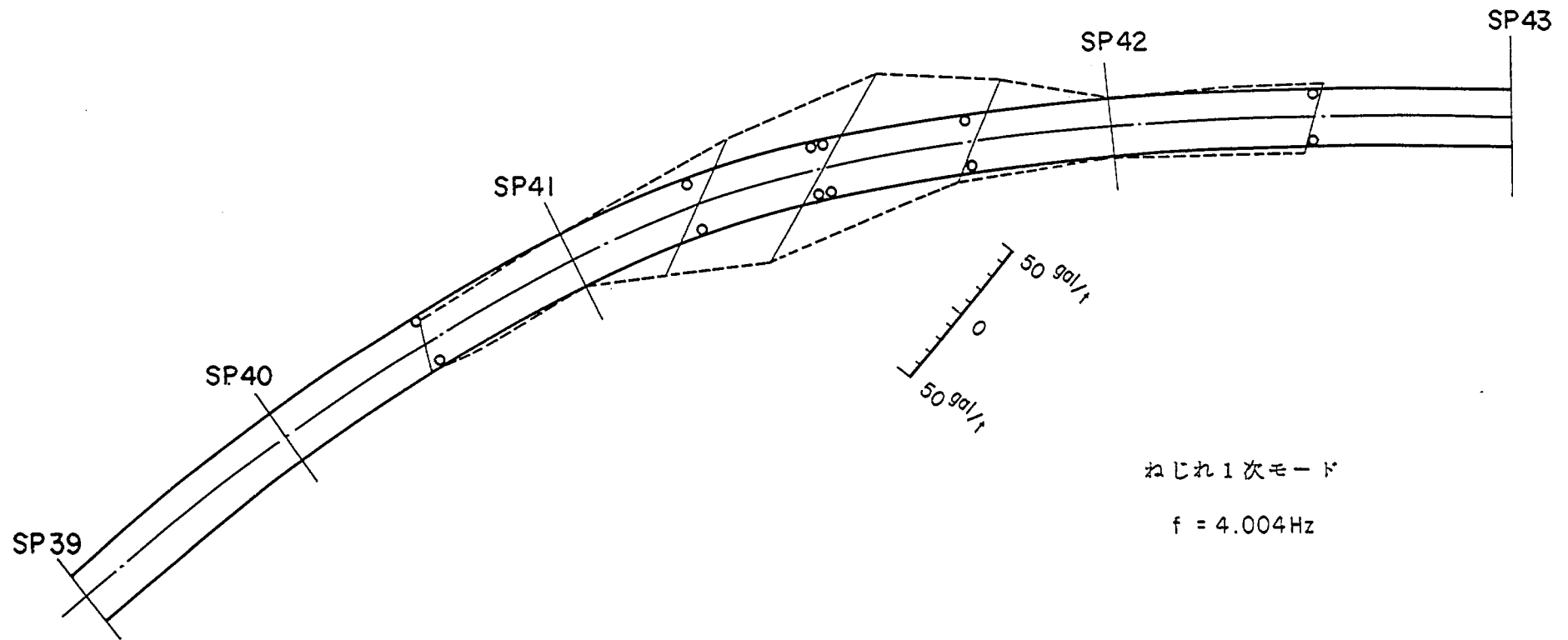


図 - 3.2 ねじれ振動モード

表-3.4.2 鉛直1次自由減衰試験結果

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
A-1	0.075	0.071	0.079	0.073	0.053	0.070
A-2	0.072	0.063	0.077	0.071	0.060	0.069
A-3	0.073	0.072	0.069	0.060	0.065	0.068
A-4	0.077	0.081	0.092	0.065	0.106	0.084
A-5	0.083	0.087	—	0.070	0.100	0.085
A-6	0.073	0.081	0.073	0.073	0.087	0.077
A-7	—	—	—	—	—	—
A-8	—	—	—	—	—	—
B-1	0.072	0.053	0.067	0.068	0.057	0.063
B-2	0.073	0.061	0.075	0.069	0.049	0.065
B-3	0.081	0.063	0.073	0.065	0.051	0.067
B-4	0.073	0.077	0.080	0.077	0.060	0.073
B-5	0.075	0.069	0.066	0.069	0.055	0.067
B-6	0.073	0.067	0.067	0.067	0.056	0.067
B-7	0.072	0.072	0.062	0.065	0.050	0.064

表-3.4.3 鉛直2次自由減衰試験結果

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
A-1	0.072	0.081	0.073	0.100	0.083	0.082
A-2	0.079	0.089	0.076	0.089	0.069	0.080
A-3	0.075	0.080	0.084	0.093	0.089	0.084
A-4	0.076	0.082	0.088	0.086	0.106	0.088
A-5	0.085	0.087	0.089	0.096	0.091	0.090
A-6	0.093	0.086	0.089	0.081	0.076	0.085
A-7	0.079	0.078	0.081	0.087	0.074	0.079
A-8	—	—	—	—	—	—
B-1	0.076	0.078	0.073	0.096	—	0.081
B-2	0.080	0.072	0.076	0.063	—	0.072
B-3	0.073	0.063	0.123	—	—	0.086
B-4	—	—	—	—	—	—
B-5	0.092	0.084	0.081	0.077	—	0.084
B-6	0.078	0.061	0.078	0.086	—	0.076
B-7	0.082	0.066	0.069	0.096	—	0.078

表- 3. 4. 4 鉛直 3 次自由減衰試験結果

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	平 均
A-1	—	—	—	—	—	—
A-2	—	—	—	—	—	—
A-3	—	—	—	—	—	—
A-4	—	—	—	—	—	—
A-5	0.091	0.124	0.134	0.132	0.106	0.117
A-6	0.129	0.121	0.127	0.113	0.107	0.119
A-7	0.117	0.115	0.118	0.114	0.112	0.115
A-8	0.120	0.117	0.112	0.135	0.114	0.120
B-1	0.098	0.117	0.106	0.139	—	0.115
B-2	0.123	0.137	0.120	0.135	—	0.129
B-3	0.103	0.126	0.118	0.138	—	0.121
B-4	0.109	—	0.106	—	—	0.108
B-5	—	—	—	—	—	—
B-6	0.119	—	—	—	—	0.119
B-7	0.132	—	—	—	—	0.132

表- 3. 4. 5 ねじれ 1 次自由減衰試験結果

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	平 均
A-1	0.108	0.110	0.102	0.113	0.105	0.108
A-2	0.109	0.117	0.114	0.114	0.112	0.113
A-3	0.100	0.099	0.092	0.105	0.098	0.099
A-4	0.115	0.107	0.114	0.111	0.110	0.111
A-5	—	—	—	—	—	—
A-6	0.083	—	0.088	—	0.086	0.086
A-7	—	—	—	—	—	—
A-8	—	—	—	—	—	—
B-1	0.108	0.105	0.105	0.115	0.106	0.108
B-2	0.105	0.109	0.102	0.111	0.102	0.106
B-3	0.116	0.113	0.116	0.111	0.106	0.112
B-4	0.104	0.108	0.104	0.110	0.118	0.109
B-5	—	—	—	—	—	—
B-6	0.154	0.126	0.116	0.133	0.123	0.130
B-7	0.107	0.120	0.124	0.129	0.118	0.120

表-3.5 減衰定数(共振曲線より算定)

	鉛直1次 $f=0.896\text{ Hz}$		鉛直2次 $f=1.416\text{ Hz}$		鉛直3次 $f=2.197\text{ Hz}$		ねじれ1次 $f=4.004\text{ Hz}$	
	δ	h	δ	h	δ	h	δ	h
A-1	0.140	0.022	0.111	0.018	—	—	0.094	0.015
A-2	0.140	0.022	0.111	0.018	—	—	0.094	0.015
A-3	0.140	0.022	0.111	0.018	—	—	0.102	0.016
A-4	0.175	0.028	0.111	0.018	—	—	0.110	0.017
A-5	0.140	0.022	0.111	0.018	0.314	0.050	—	—
A-6	0.140	0.022	0.088	0.014	0.300	0.048	☆ 0.055	0.009
A-7	0.175	0.028	0.088	0.014	0.128	0.020		
A-8	0.175	0.028	0.111	0.018	0.358	0.057		
B-1	0.140	0.022	0.111	0.018	—	—	0.126	0.020
B-2	0.140	0.022	0.133	0.021	—	—	0.126	0.020
B-3	0.140	0.022	—	—	—	—	0.126	0.020
B-4	0.140	0.022	—	—	—	—	0.126	0.020
B-5	0.140	0.022	0.089	0.014	—	—		
B-6	0.140	0.022	0.133	0.021	—	—		
B-7	0.140	0.022	0.089	0.014	—	—	—	—
平均	0.147		0.107		0.275		0.113	

δ : 対数減衰率

h : 減衰定数

$$\delta = 2\pi h$$

☆印は平均値に含まず

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による不規則振動計測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られ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。

$$f = 100 / \ell$$

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－5.1 によると起振機加振と常時微動とから求められ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，常時微動による値の方が若干高めになっている。従来，両者はよく一致すると言われていたが，最近の吊橋の振動実験結果³⁾でも若干異なるとの測定例が見られる。

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されている。今回の結果でも鉛直たわみ1次モードについては実測値を約7%ほど下回っており，高次のモードについては，実測値が計算値を下まわっている。ところで，今回実験対象とした塩浜工区鋼箱桁橋は，未舗装の状態であり，計算にはこの点を考慮しており，計算上の仮定によると考えられる誤差は一般の場合より小さいものと考えられるが，このような大きな差が生じた理由は明らかではない。

経験式による推定値は，実測値と数値解析値と中間となった。

表－4.1 各算定法による固有振動数

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	0.90	0.94	0.835	1.04	0.93	0.83
〃 2次	1.42	1.52	1.526	1.07	1.08	—
〃 3次	2.20	2.23	2.237	1.01	1.02	—
ねじれ1次	4.00	—	—	—	—	—

4.2 固有振動モード

図－4.1 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次モードは計算と実測はよく一致しているが，2次・3次モードでは多少ずれが生じており，計算手法による誤差による影響と考えられる。

4.3 構造減衰

表－4.2 に起振機実験による自由減衰振動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。

この結果をとりまとめると以下のとおりである。

(1) 起振機実験による自由減衰振動波形と共振曲線から求めた構造減衰値は、ねじれ振動1次については比較的良い一致を示した。しかし、鉛直たわみ振動に関しては自由減衰振動波形による推定値が0.7～1.2程度であるのに対し、共振曲線による推定値は1.1～2.8と大幅に大きめの値となった。過去の調査によると共振曲線から求めた構造減衰の推定値は自由減衰振動波形とほぼ良く合うと言われている。ただし、共振実験では必ずしもピーク値を捕えているとはかぎらない面もあり、他の方法よりも大きめの推定値を与える可能性はある。また自由減衰試験も、共振点から僅かでも離れた周波数で自由減衰振動を発生させると、共振状態よりも減衰が早くなることも知られている。

以上の結果を踏まえて、今回の振動実験による構造減衰としては、自由減衰振動波形から求められた鉛直たわみ振動で0.07～0.12、ねじれ振動で0.1程度となるものとする。

(2) 自由減衰振動と常時微動のパワースペクトルからの推定値を比較すると、常時微動の結果は自由減衰振動による推定値の1/3～1/4となった。前回の実験結果¹⁾でも、同様の傾向を示しているが、今回の方が差が大きく表われている。

表－4.2 各算定法による構造減衰の比較

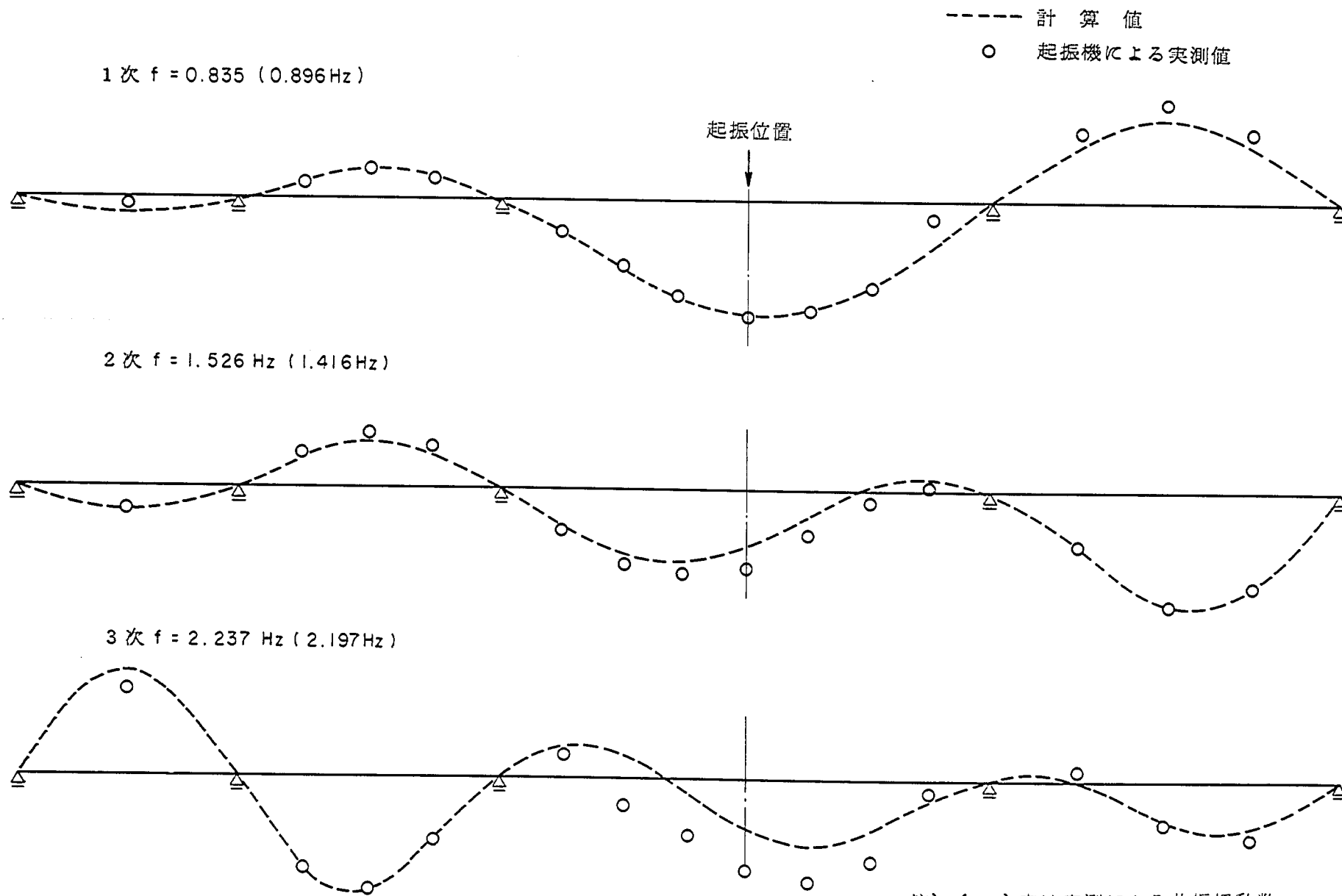
算定法 振動モード	起振機実験		常時微動のパワースペクトル曲線による (c)	比率	
	自由振動波形による (a)	共振曲線による (b)		b/a	c/a
鉛直たわみ1次	0.071	0.147	0.024	2.1	0.3
" 2次	0.082	0.107	0.020	1.3	0.2
" 3次	0.120	0.275	—	2.3	—
ねじれ	0.109	0.113	—	1.04	—

4.4 他の箱桁橋との対比

既に述べたように、箱桁橋の耐風性に関する調査は始められてから日も浅く、構造特性の実測データも少ない。ここでは、過去に行なわれた振動実験結果をとりまとめ、塩浜工区鋼箱桁橋とあわせて構造特性について概観する。

表－4.3 に箱桁橋の振動実験例をとりまとめた。また図－4.2、4.3 にそれぞれスパン長と固有振動数、構造減衰の関係を示す。固有振動数は、スパンの増加とともに減小し経験式($f=100/l$)でほぼ表わすことができる。塩浜工区鋼箱桁橋は未舗装でもあり、多少高めの固有振動数になっている。一方、たわみ1次振動の構造減衰(対数減衰率で表示)は、斜張橋のデータと合

せて図示されている。従来、箱桁橋の耐風性を検討する際は、箱桁橋の構造減衰は十分なデータがなかったために、本州四国連絡橋耐風設計基準(1976)⁴⁾に準拠して充腹断面を有する斜張橋に等しく対数減衰率で $\delta = 0.02$ であるとして来た。しかし、最近の実測データを取りまとめてみると、斜張橋においては200m以下の箱桁橋と同等のスパン長を持つものでも構造減衰は $\delta = 0.02 \sim 0.05$ と小さく、スパン長によってそれほど変動していないように考えられるのに対し、箱桁橋の構造減衰は $\delta = 0.06 \sim 0.11$ となっており、斜張橋に比べ一様に大きな値を示している。塩浜工区鋼箱桁橋も従来の実測値と同程度であり、上記の特性を裏づける貴重な資料となっている。以上の結果より、箱桁橋の構造減衰は斜張橋に比してかなり大きく、対数減衰率で0.04以上となるものと考えられる。



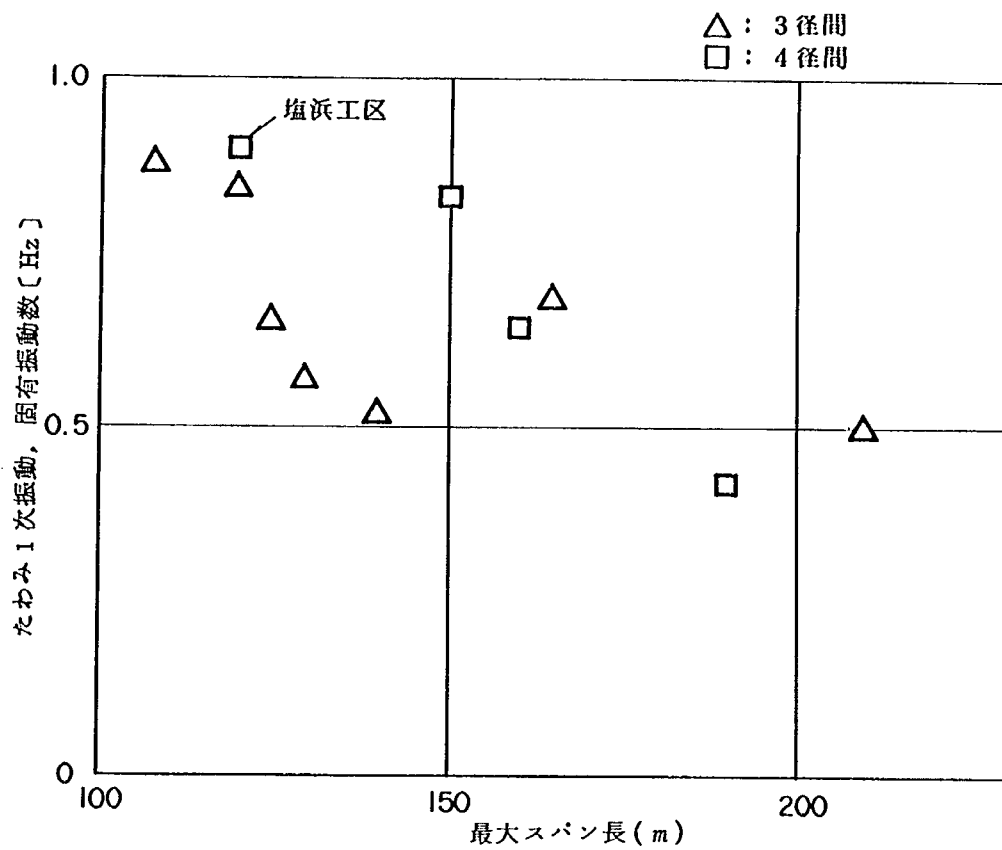
注) () 内は実測による共振振動数

モード最大値 (応答値) に対する比率で図化

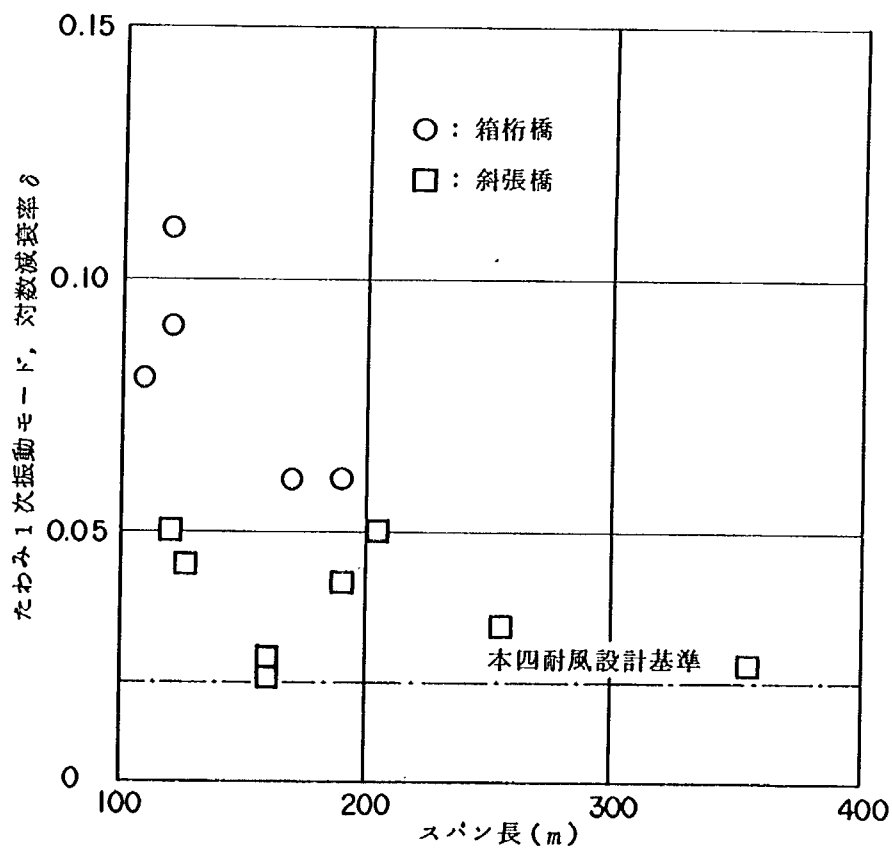
図 - 4.1 固有振動モード

表-4.3 箱桁橋の振動実験例

橋 梁		塩浜工区鋼箱桁橋	日 守 大 橋	門 崎 高 架 橋	門 崎 高 架 橋
(スパン割[m])		(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)
加 振 方 法		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
構 造 特 性 上段：固有振動数 下段：対数減衰率	たわみ1次	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)
	たわみ2次	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)
	たわみ3次	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)



図－ 4. 2 箱桁橋の固有振動数（たわみ 1 次振動）



図－ 4. 3 箱桁橋の構造減衰（たわみ 1 次振動）

5. ま と め

起振機を用いた振動実験結果をとりまとめると、以下のとおりである。

- (1) 起振機実験と常時微動解析より固有振動数を求めた。最低次の固有振動数は以下のとおりである。

たわみ 1 次振動 0.90 Hz

ねじれ " 2.20 Hz

起振機実験と比較すると、常時微動解析は大きめに、また数値解析は小さめになった。

- (2) 固有振動モードは、起振機実験と数値解析を比較したが、たわみ 1 次振動はよく一致したが、2 次、3 次振動は多少ずれが生じた。
- (3) 起振後の自由減衰波形から算定した構造減衰は、鉛直たわみ 1 次～3 次、ねじれ 1 次の計 4 振動モードにおいて、 $\delta = 0.07 \sim 0.12$ であった。これらと比較して、起振機実験による共振曲線から算定した構造減衰はねじれ 1 次振動はほぼ一致したものの、たわみ 1 次～3 次振動ではあまり良い一致を示さなかった。また、常時微動解析結果はかなり小さな値となった。
- (4) 他の振動実験結果と比較したが、耐風設計に最も重要なたわみ 1 次振動の固有振動数、構造減衰は他の同程度の値となった。これらより、箱桁橋の耐風設計の際には、構造減衰としては、 $\delta = 0.04$ としても良いものと考えられる。

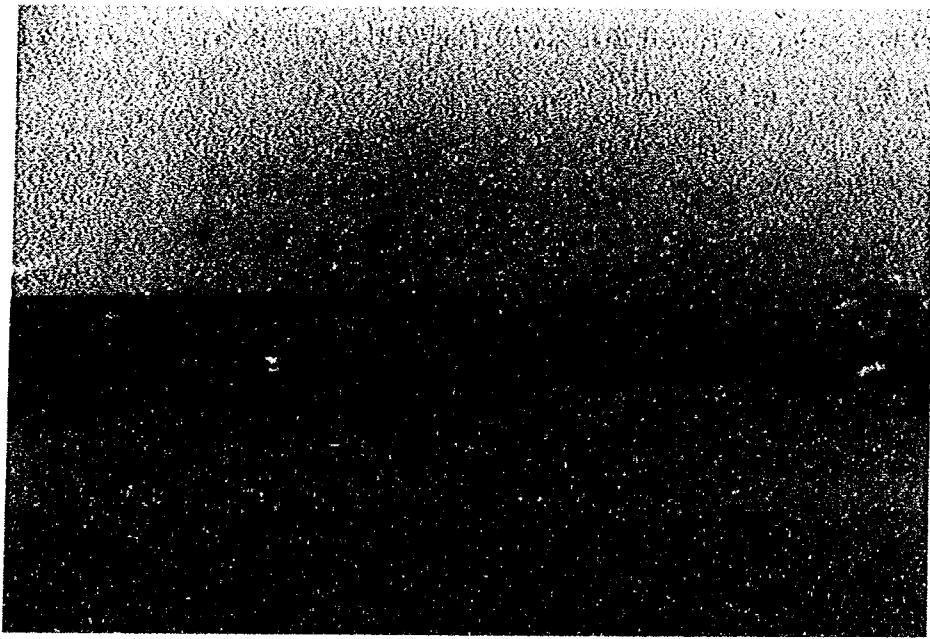
謝

辞

本実験を行うにあたり、阪神高速道路公団工務部設計課の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

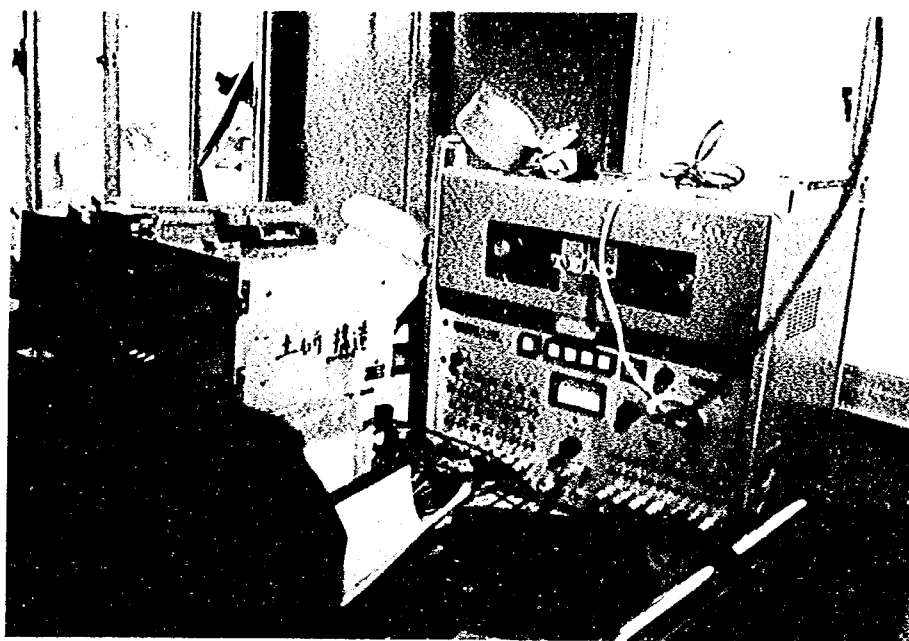
- 1) 横山功一，中神陽一，永原隆；「箱桁橋の振動実験」，土木技術資料 第28巻，第4号，（1986.4）
- 2) 建設省土木研究所構造橋梁部構造研究室，「日守大橋振動実験報告書」，土木研究所資料 第2251号，（1980.9）
- 3) 田中淳之，瀧田政信，岩屋勝司；大鳴門橋振動実験の報告，本四技報1月号，1986
- 4) 本州四国連絡橋公団；「本州四国連絡橋耐風設計基準（1976）・同解説」（1976.3）



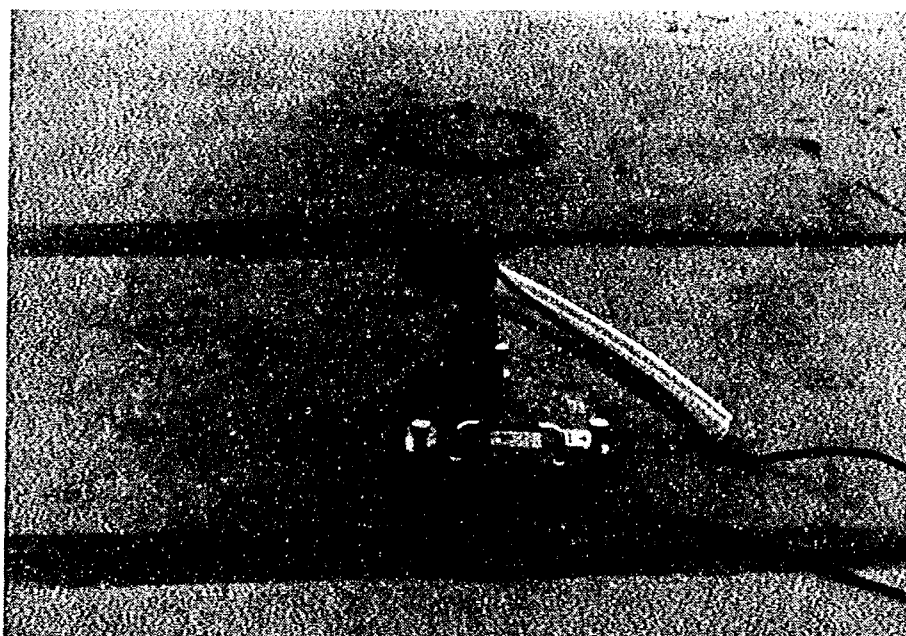
写真－ 1. 1 塩浜工区箱桁橋全景



写真－ 2. 2 実験状況（計測小屋，起振機，電源）



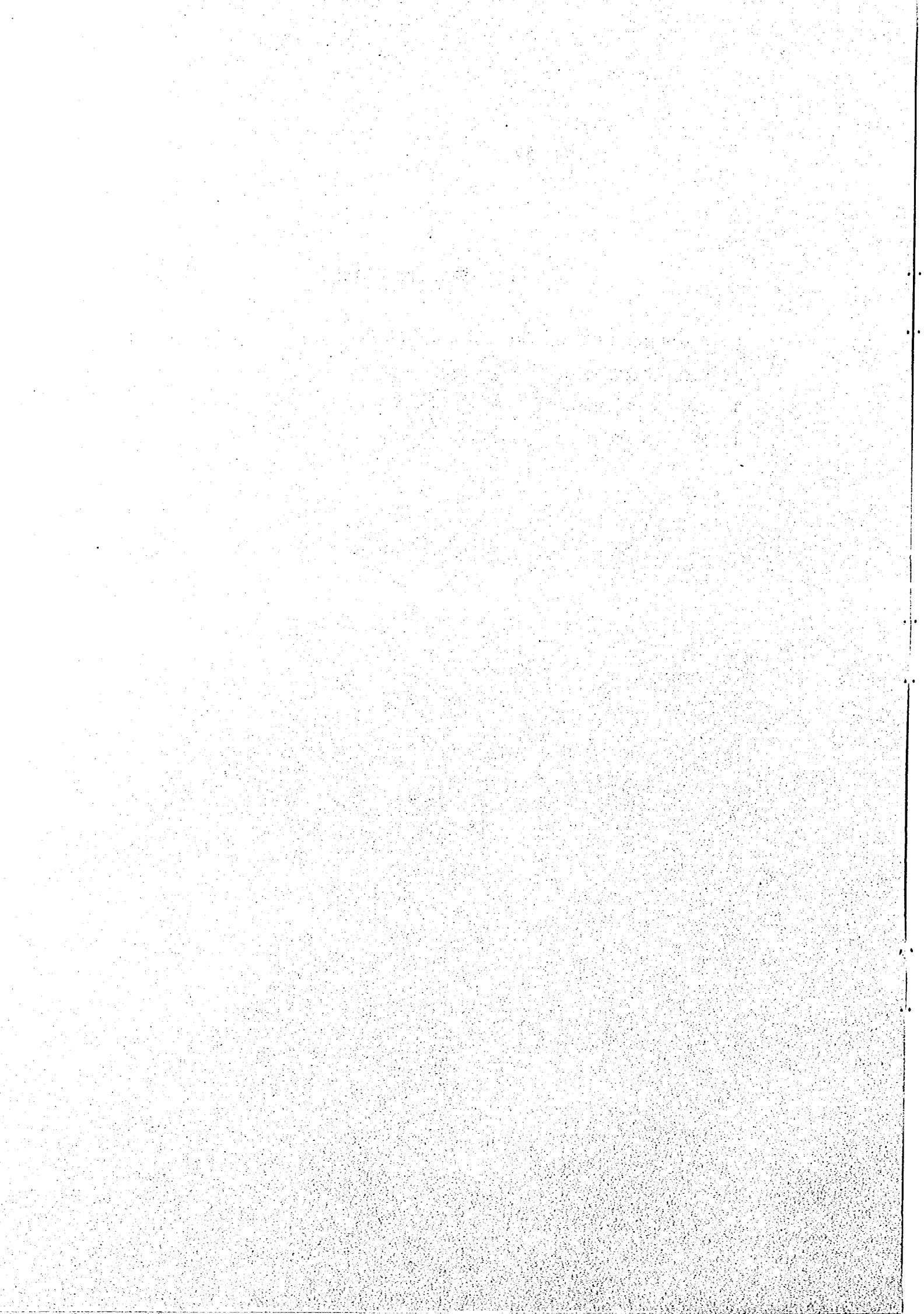
写真－ 2. 2 計 測 状 況

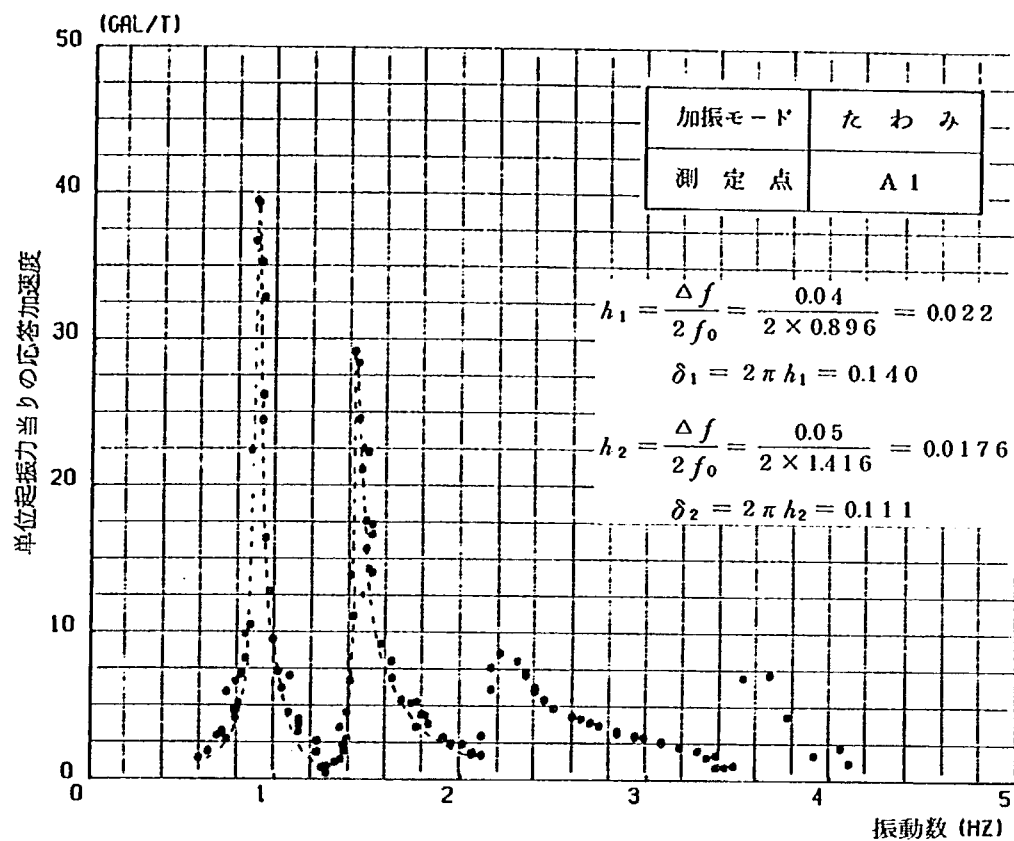


写真－ 2. 3 サ ー ボ 型 加 速 度 計

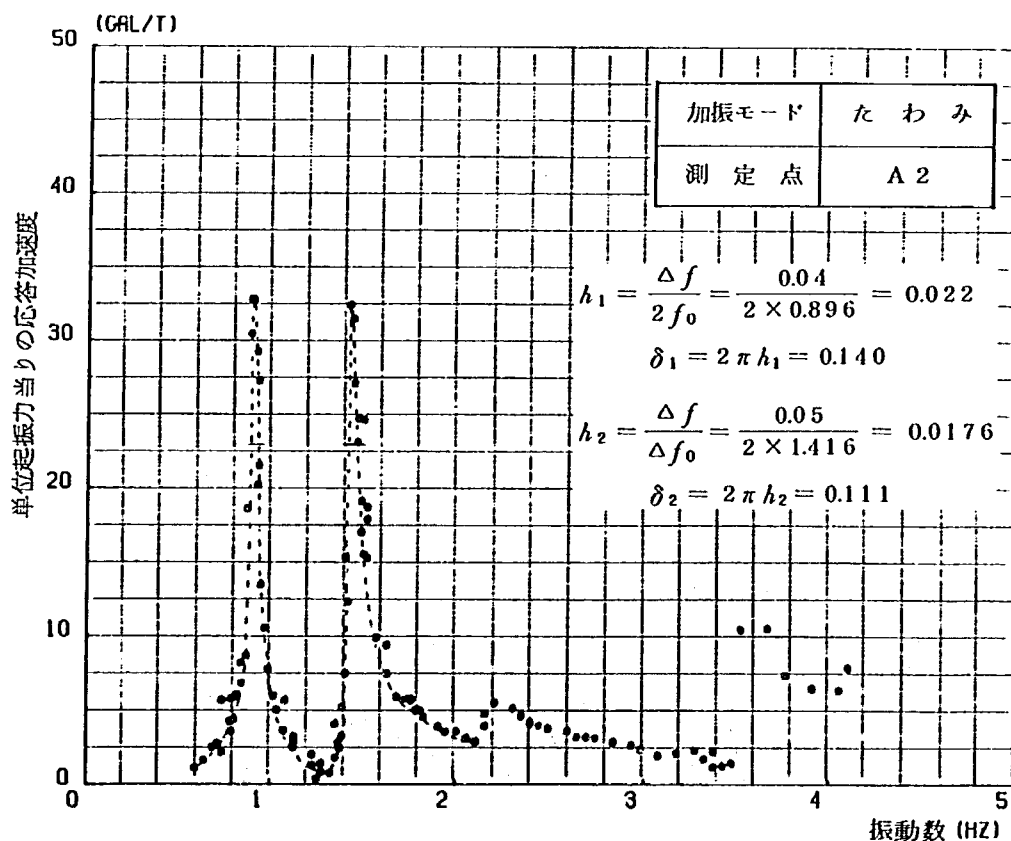
付 属 資 料

1. 起振機加振による共振曲線	39
2. 振幅～波数曲線, 自由減衰振動波形	53
3. 常時微動のパワースペクトル	73
4. 常 時 微 動 波 形	82

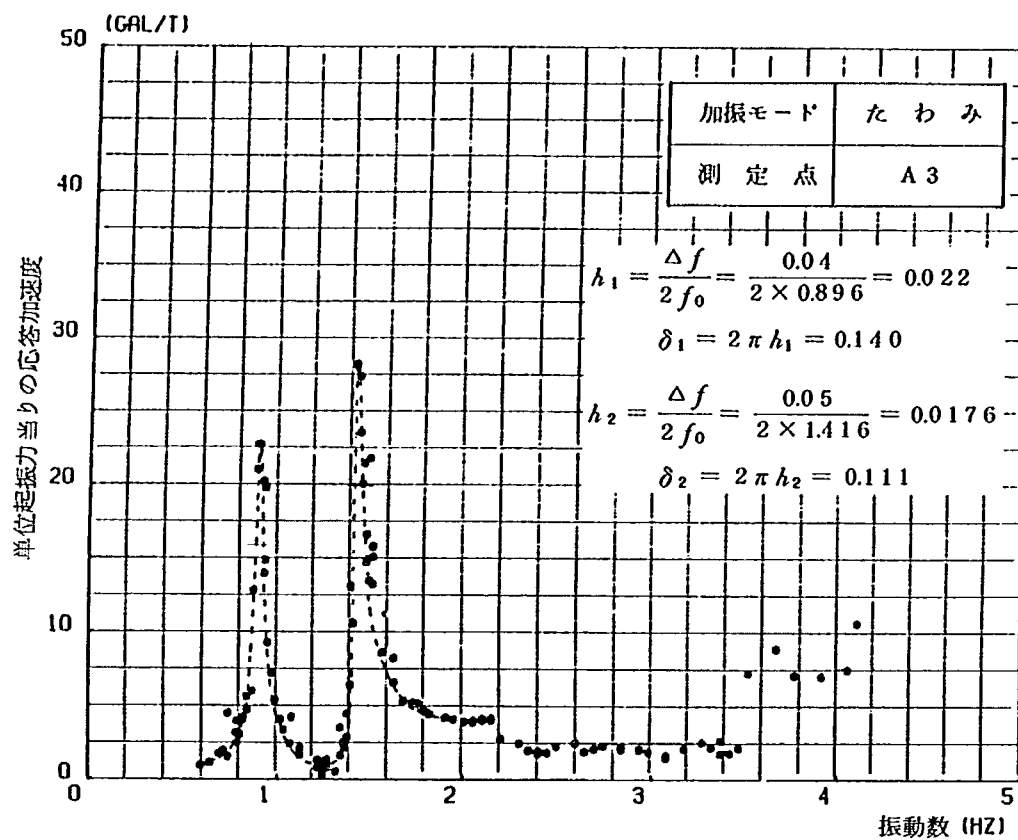




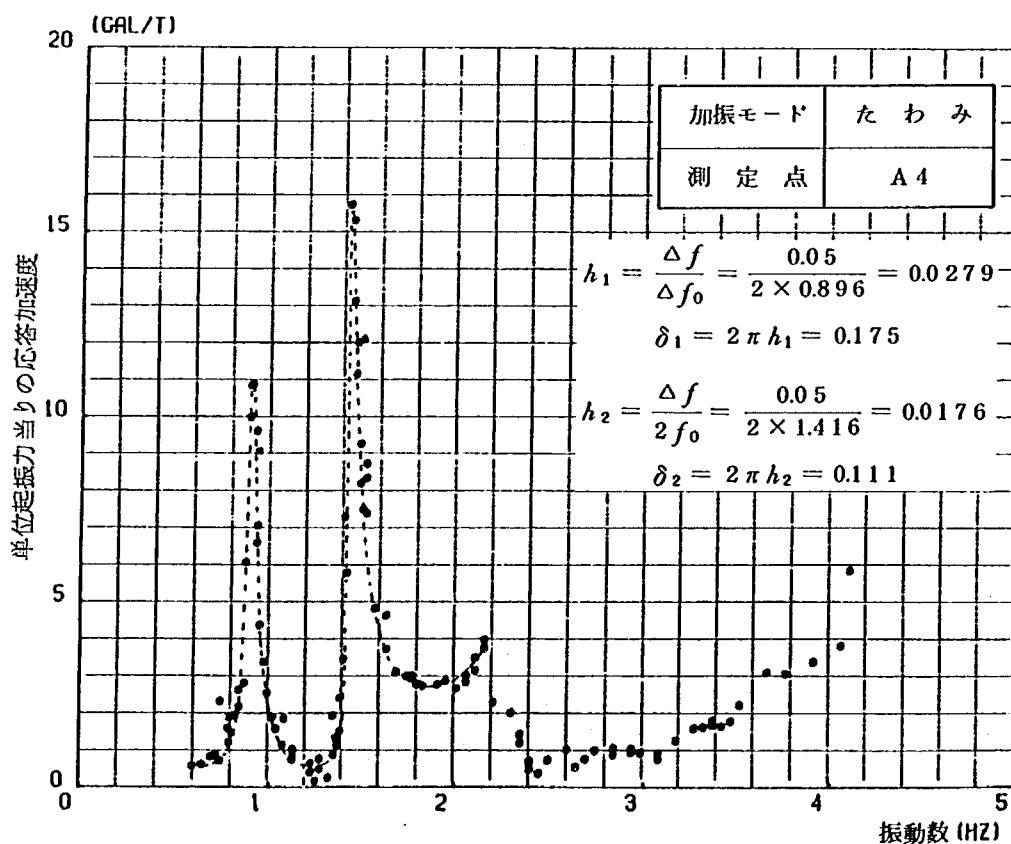
付図－ 1. 1 起振機加振による共振曲線



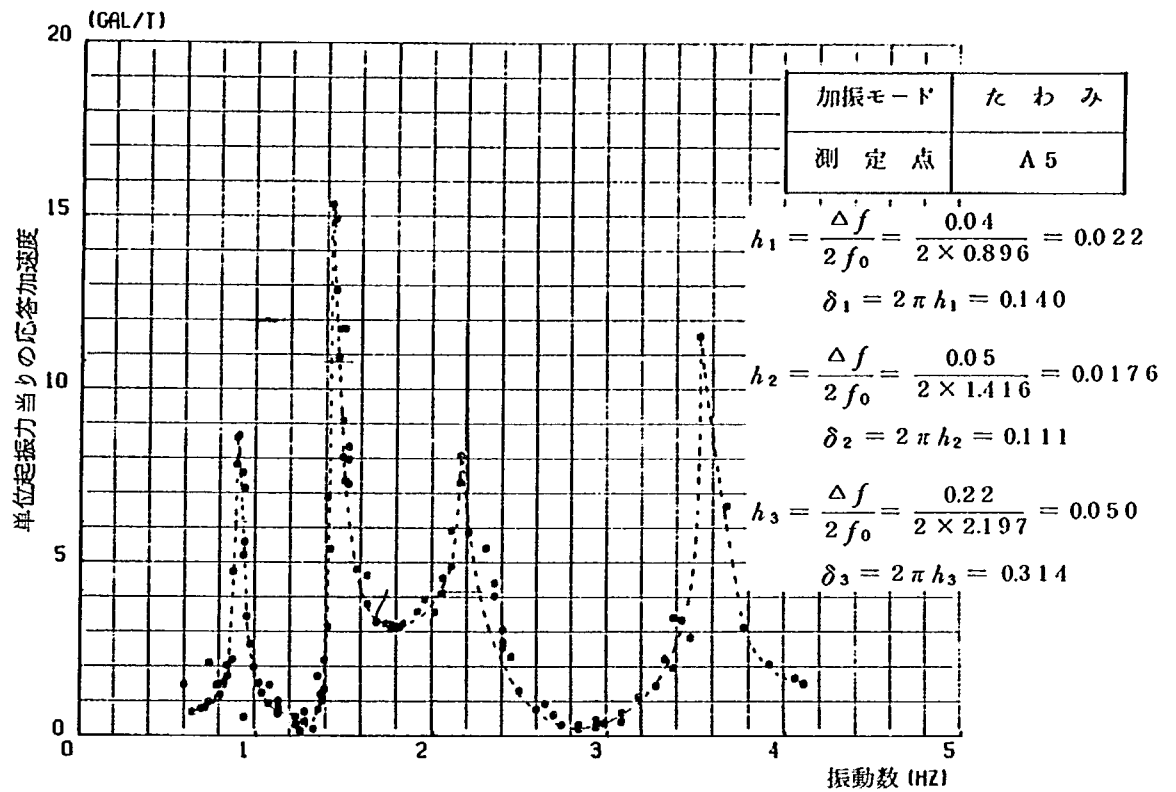
付図－ 1. 2 起振機加振による共振曲線



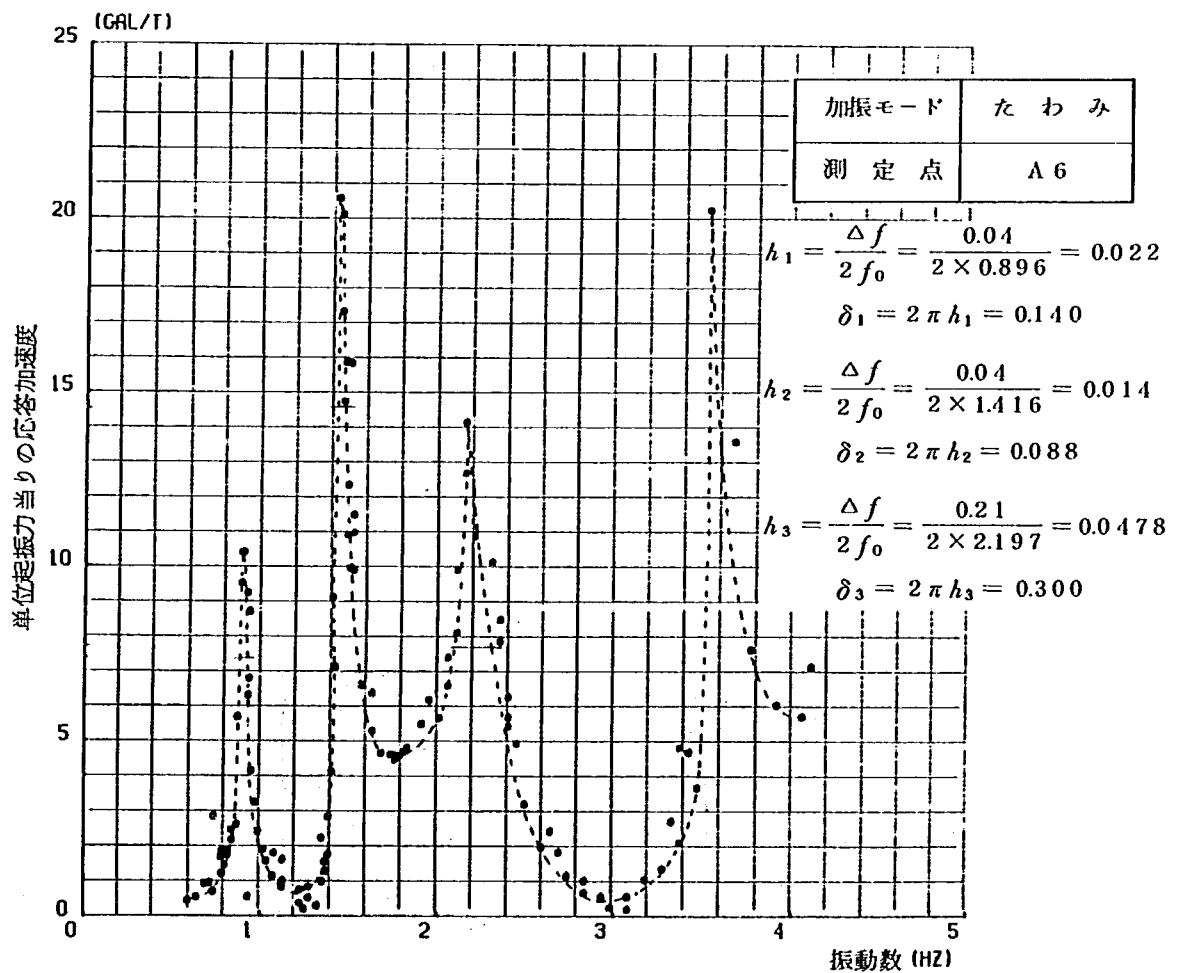
付図－1.3 起振機加振による共振曲線



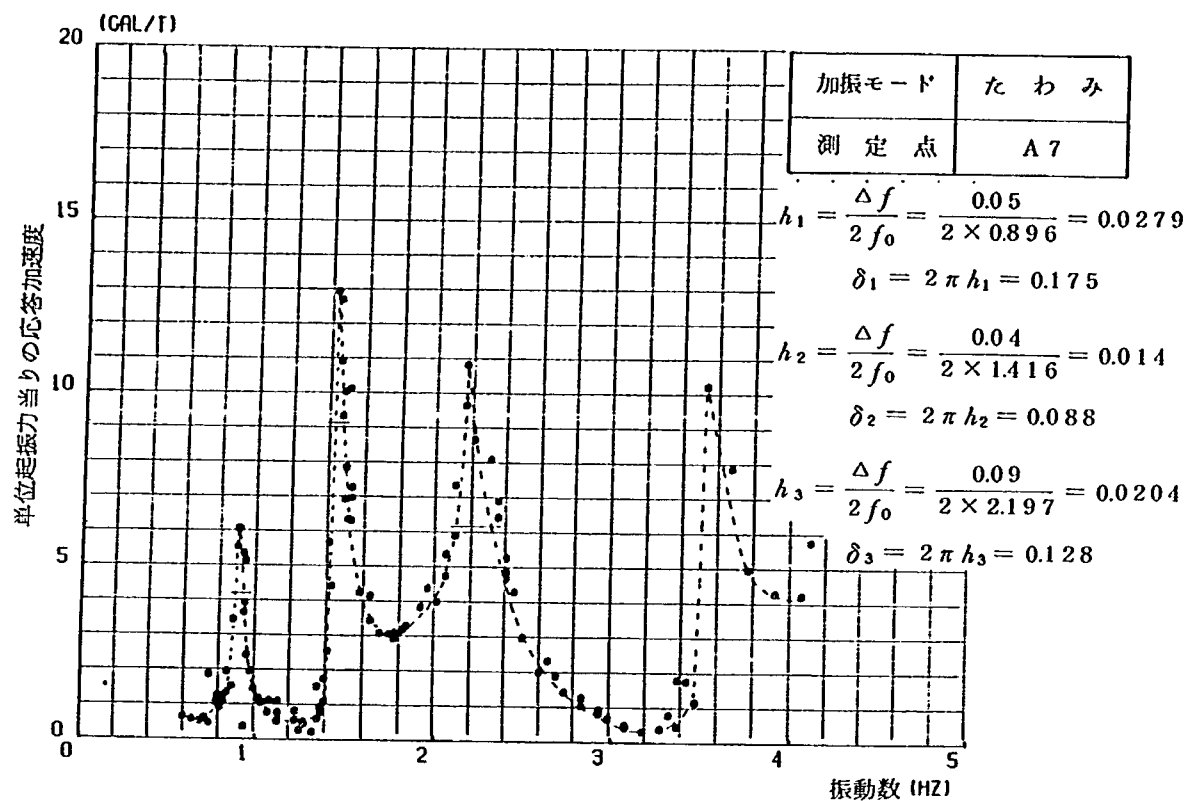
付図－1.4 起振機加振による共振曲線



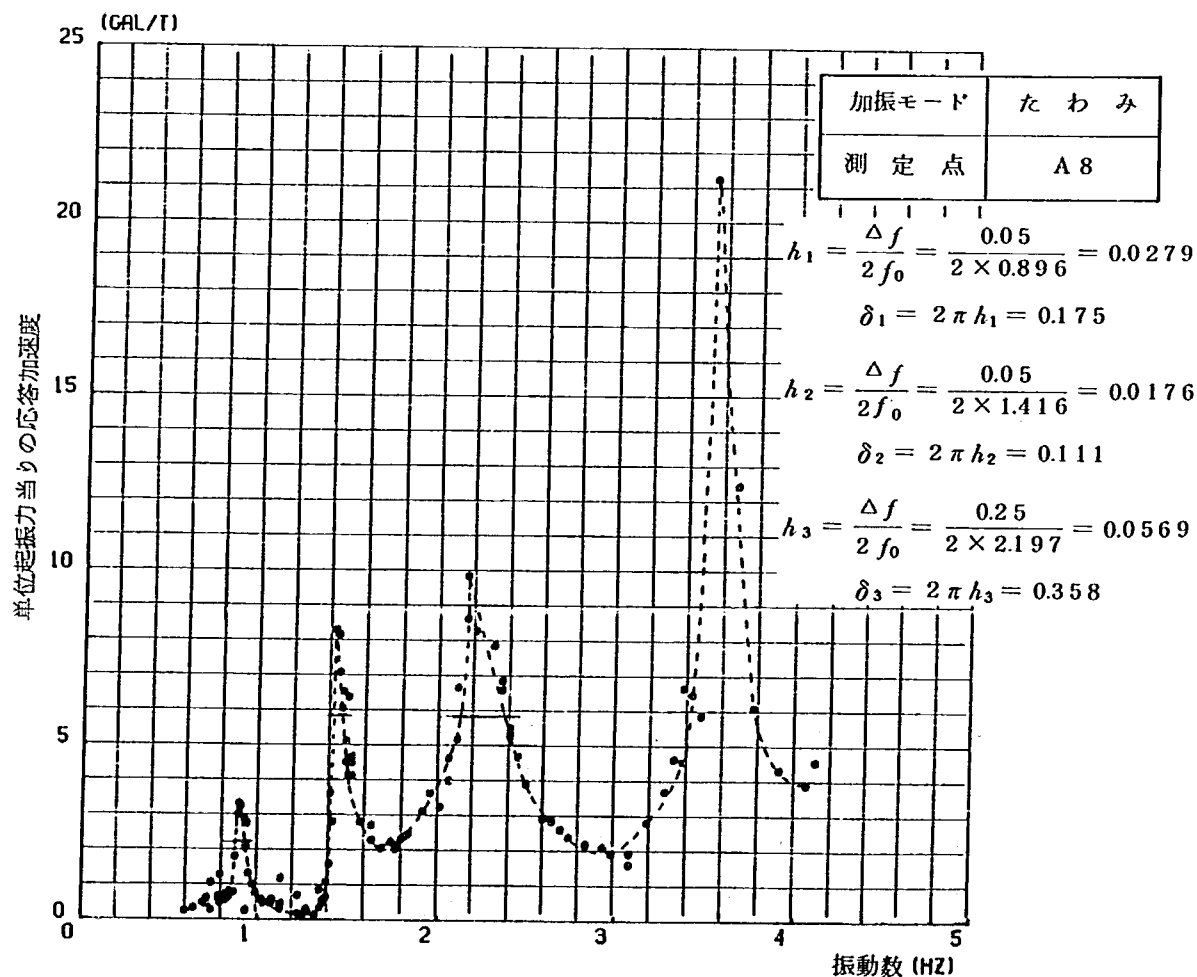
付図－1.5 起振機加振による共振曲線



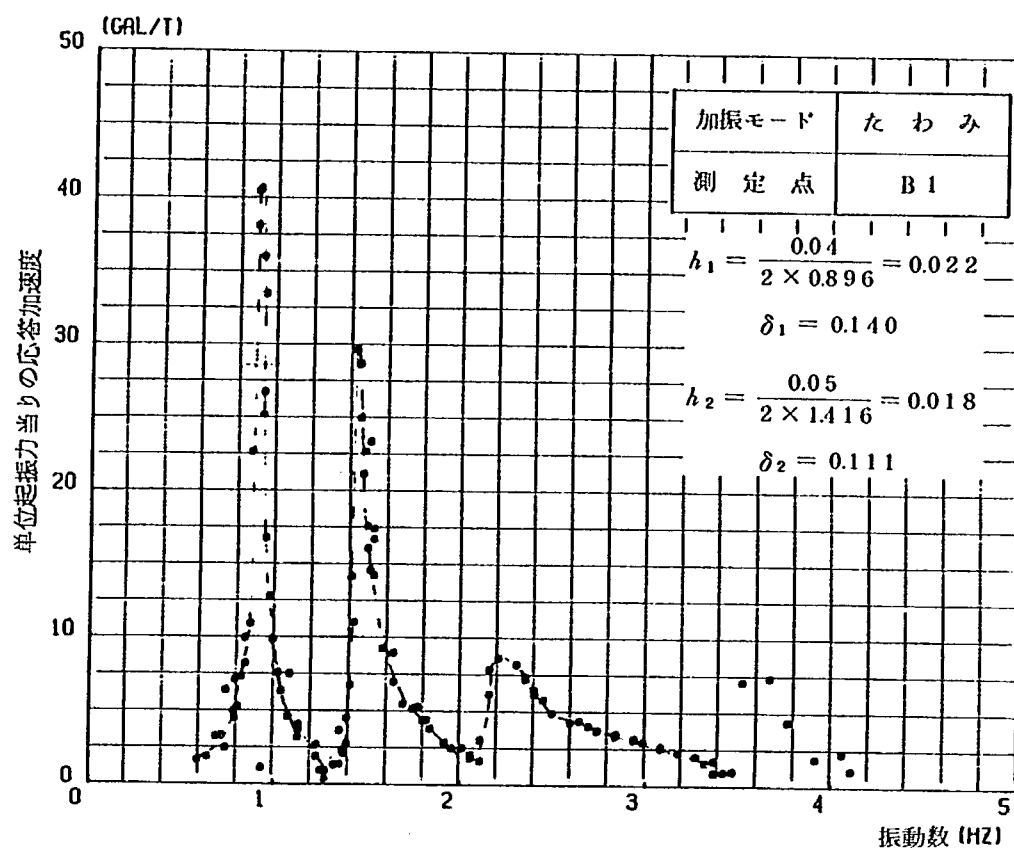
付図－1.6 起振機加振による共振曲線



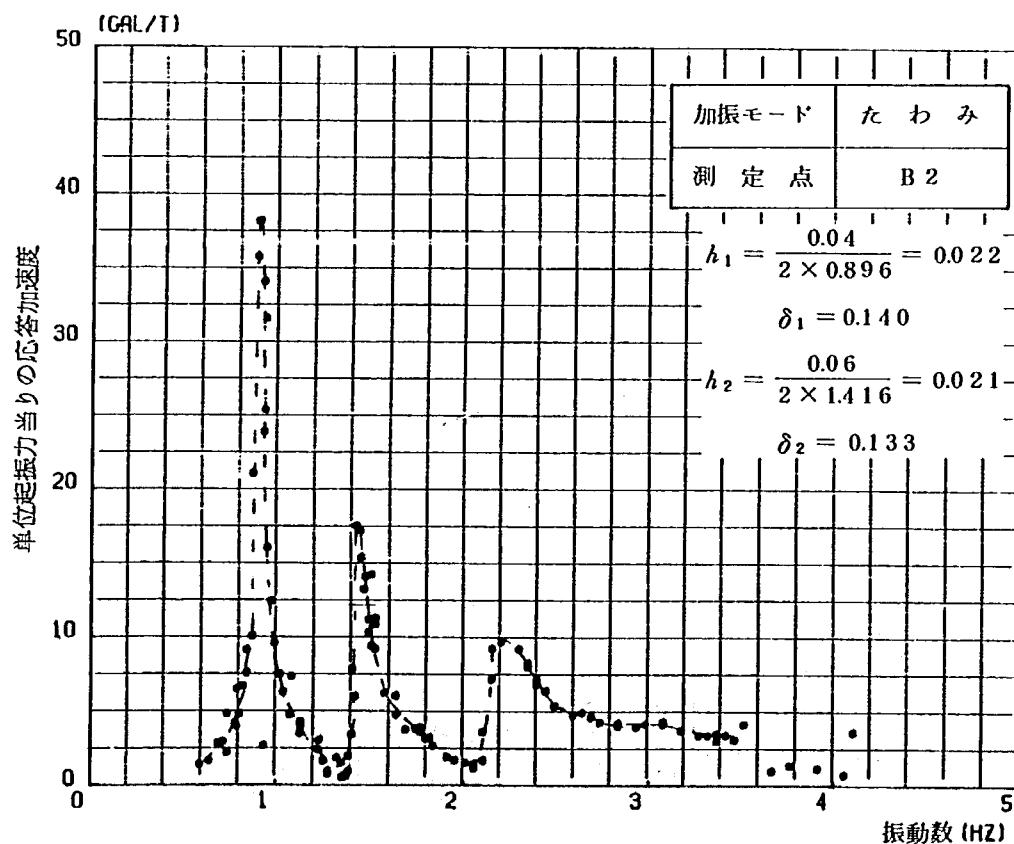
付図 - 1.7 起振機加振による共振曲線



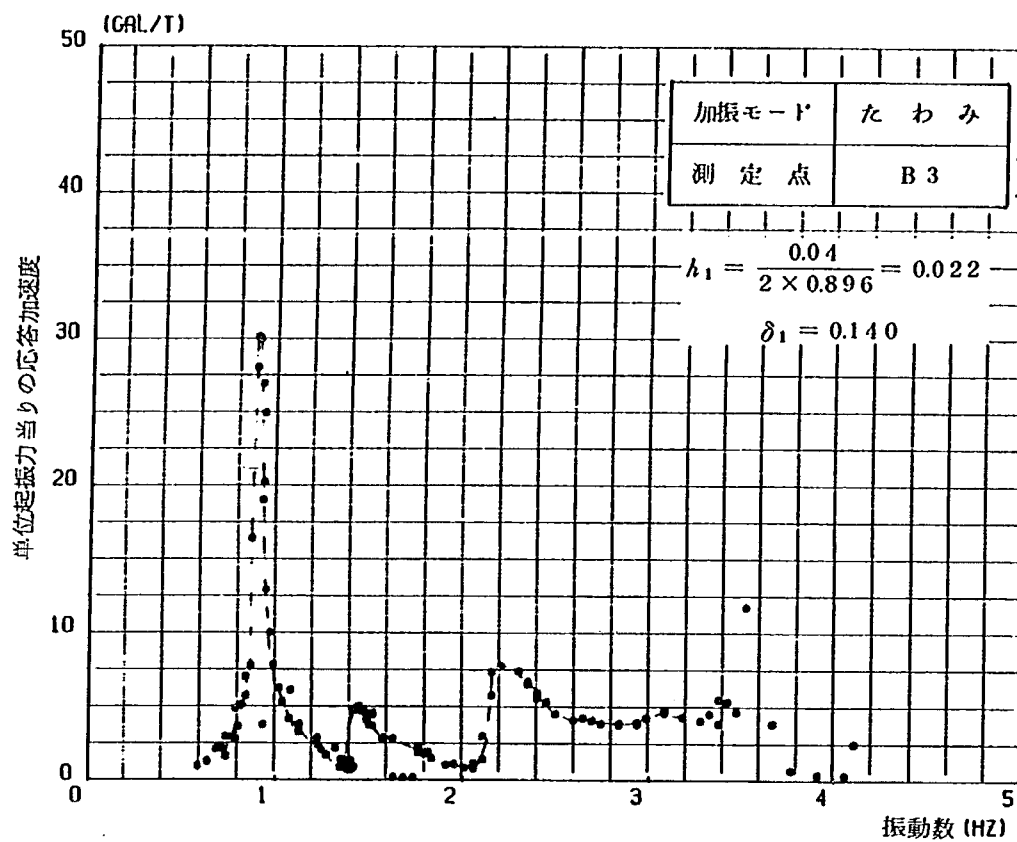
付図 - 1.8 起振機加振による共振曲線



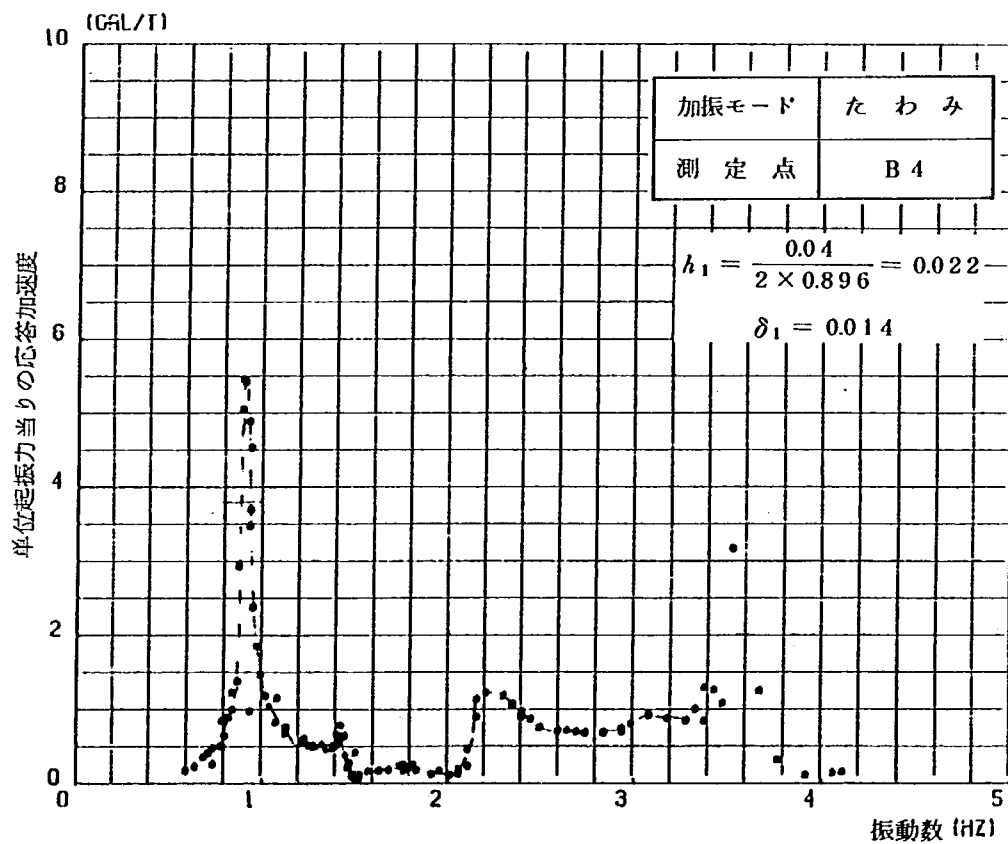
付図－ 1. 9 起振機加振による共振曲線



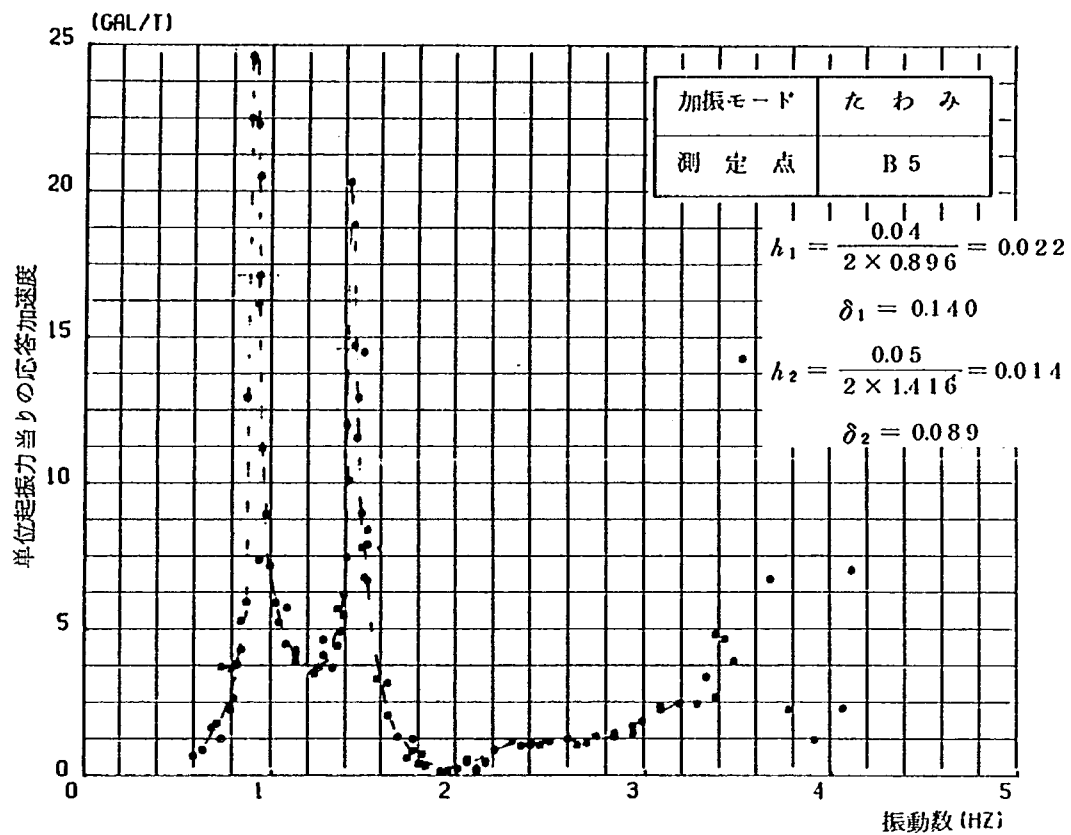
付図－ 1. 1 0 起振機加振による共振曲線



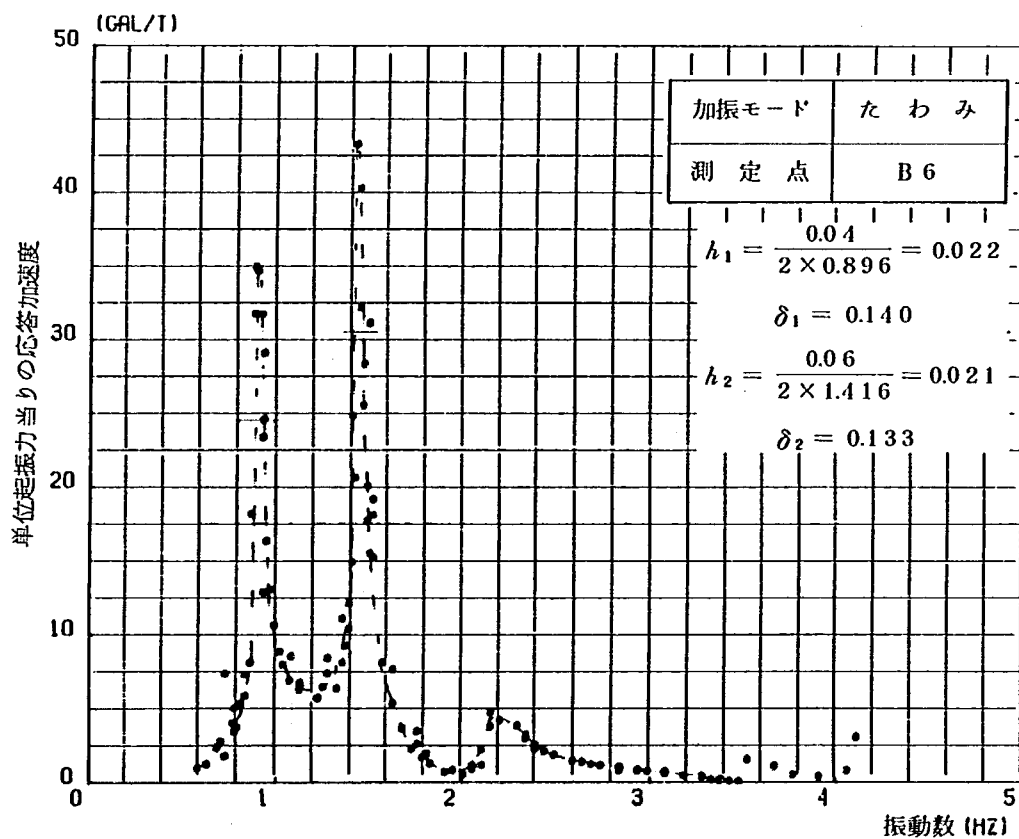
付図－ 1. 1 1 起振機加振による共振曲線



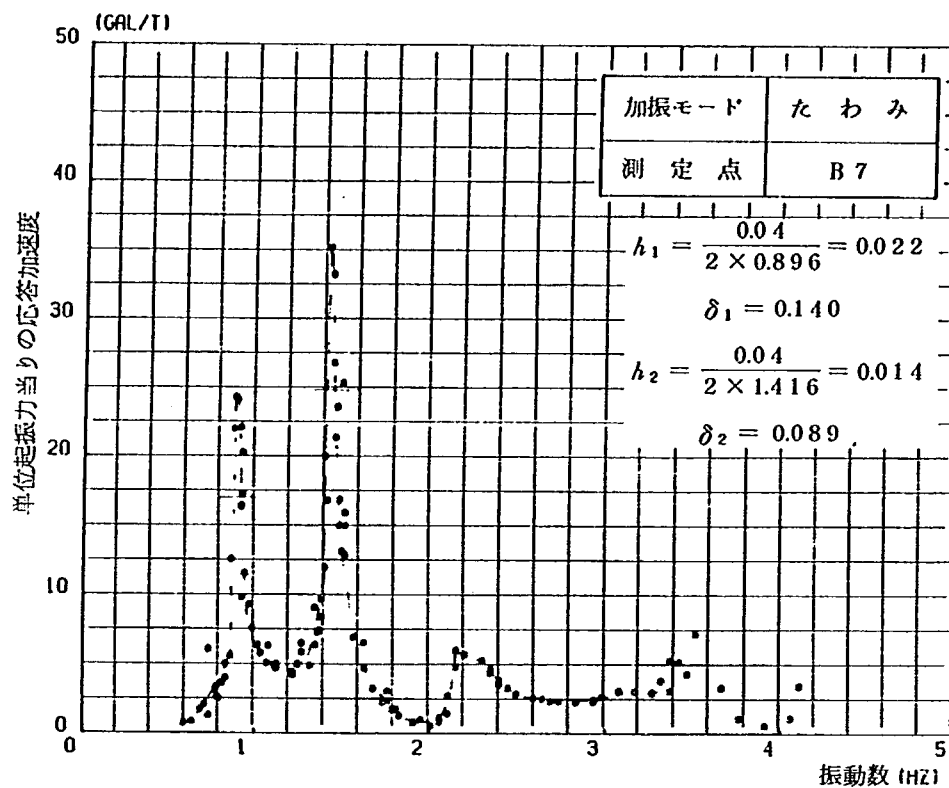
付図－ 1. 1 2 起振機加振による共振曲線



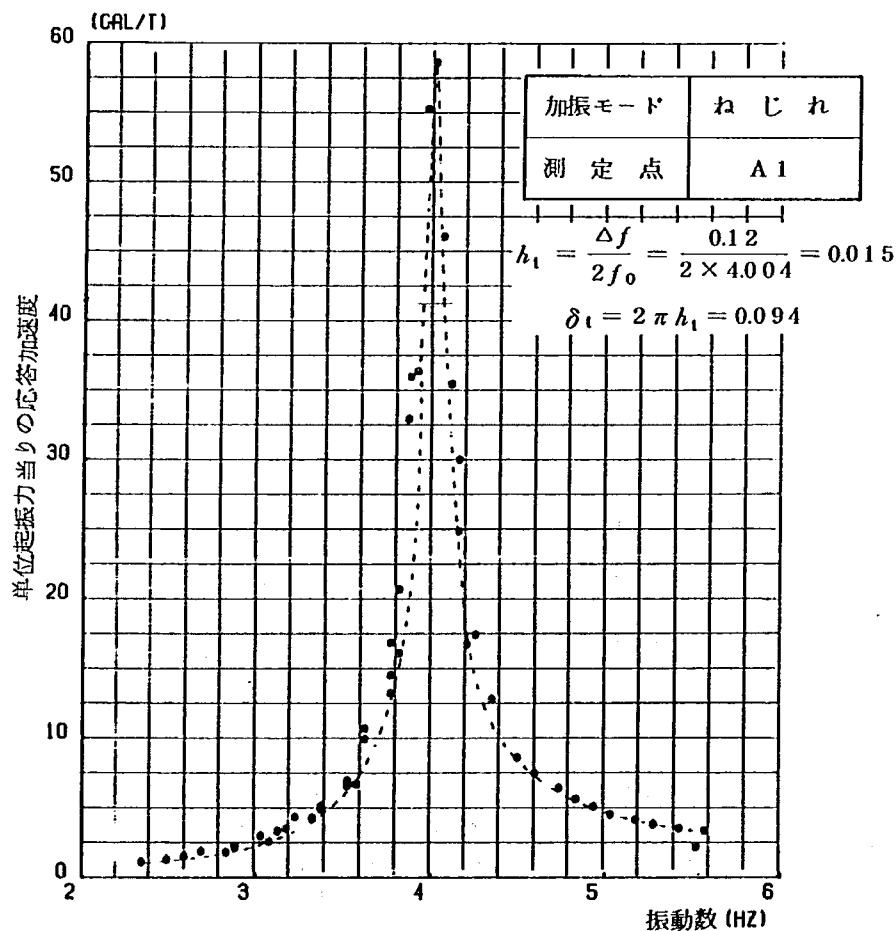
付図－ 1.13 起振機加振による共振曲線



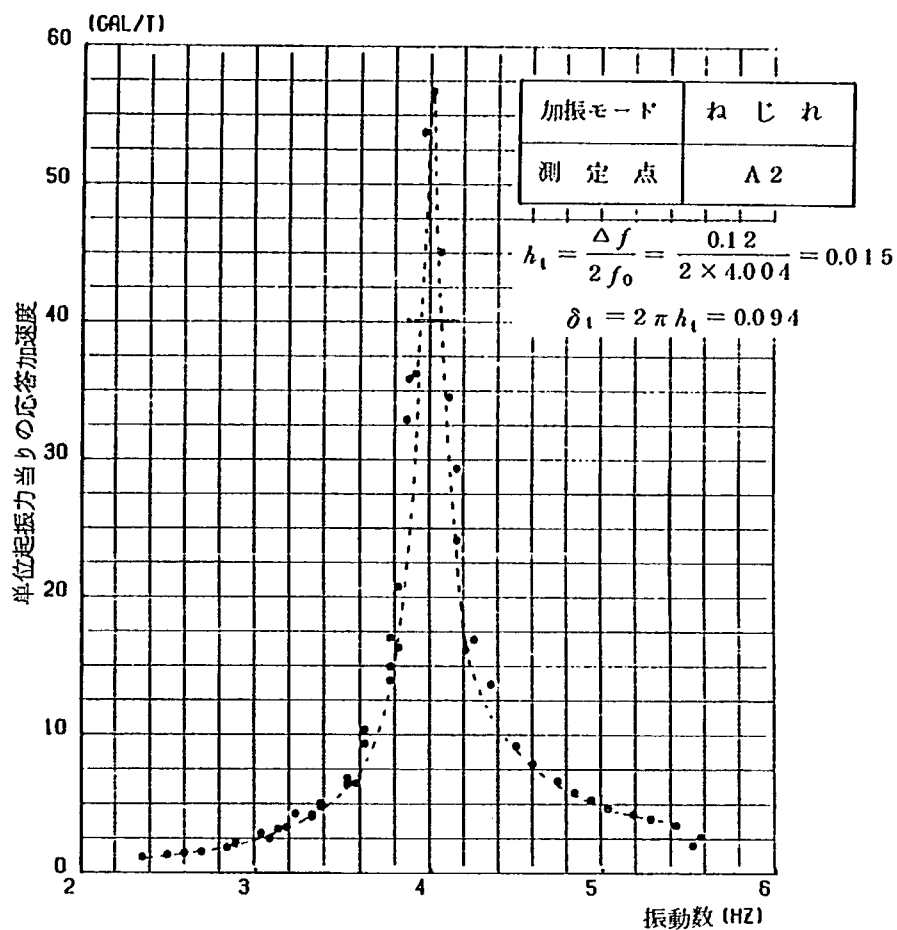
付図－ 1.14 起振機加振による共振曲線



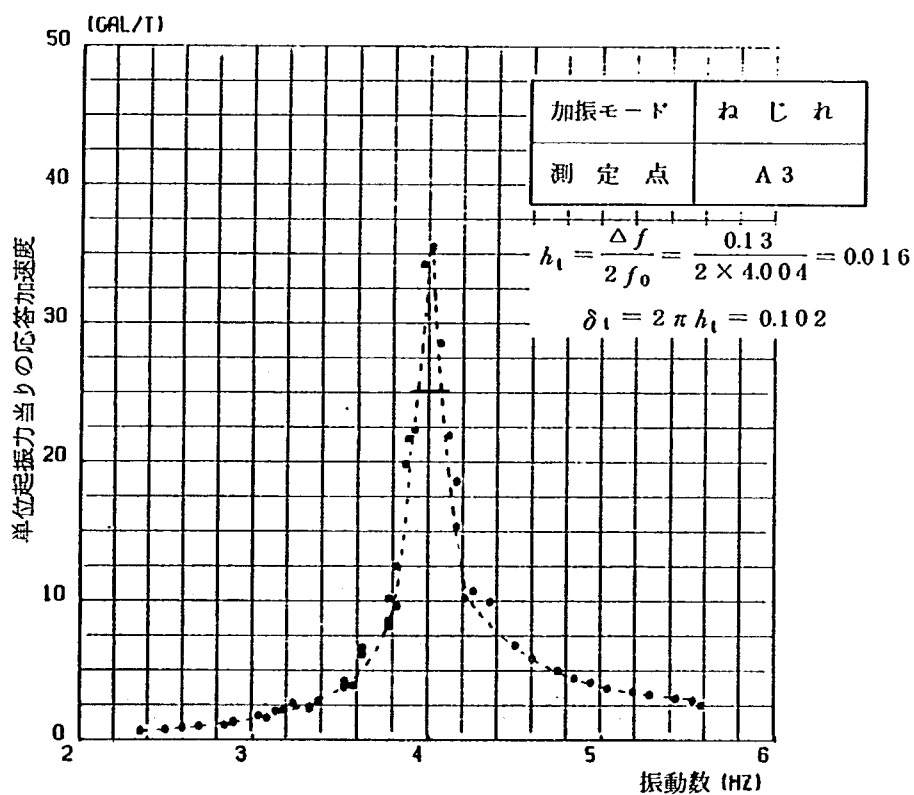
付図－ 1.15 起振機加振による共振曲線



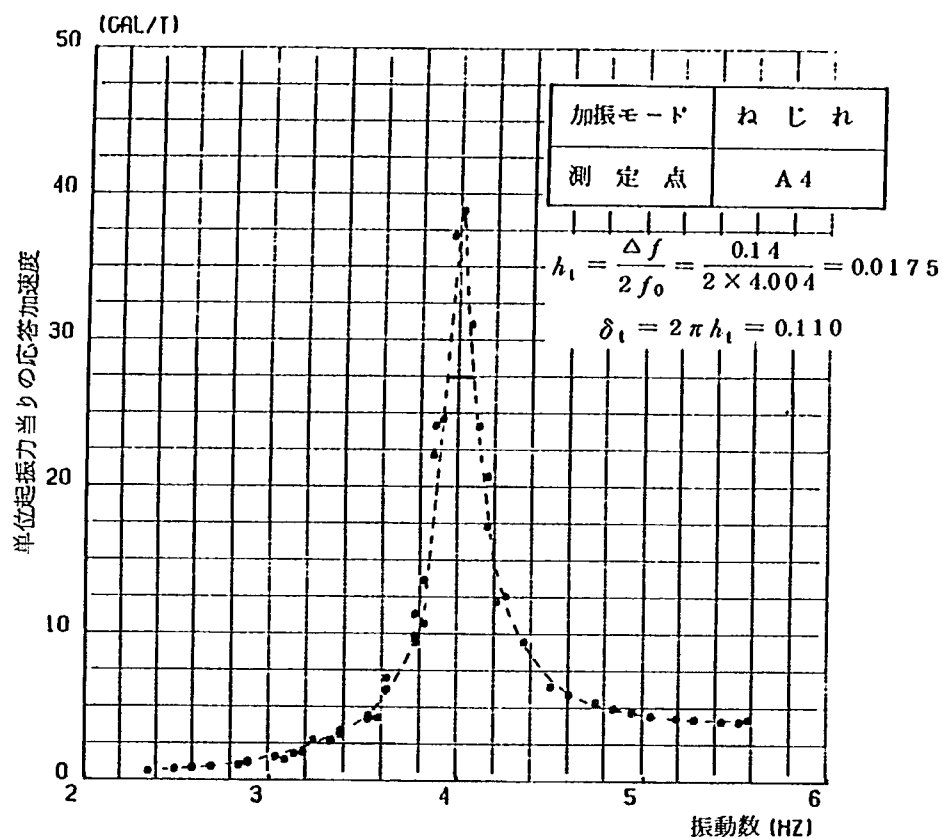
付図－ 1.17 起振機加振による共振曲線



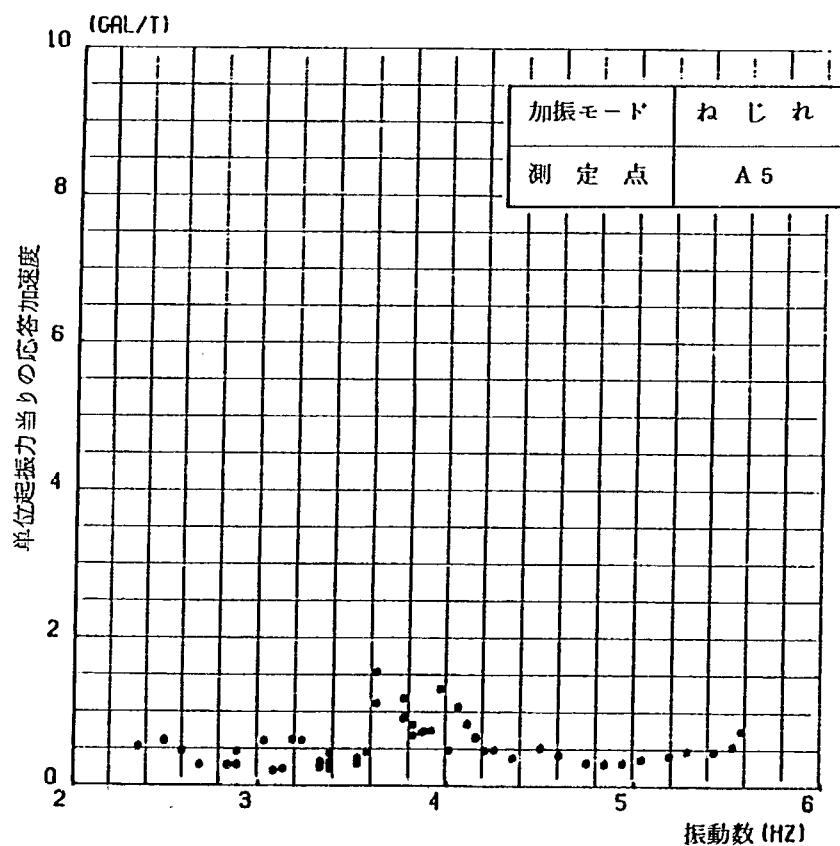
付図－1.18 起振機加振による共振曲線



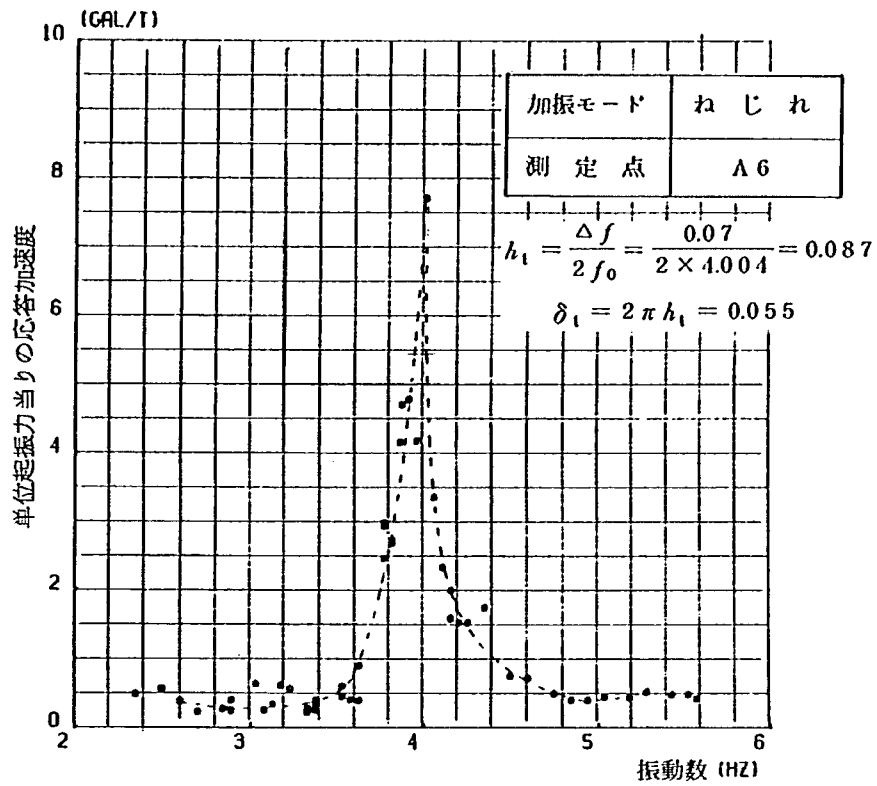
付図－1.19 起振機加振による共振曲線



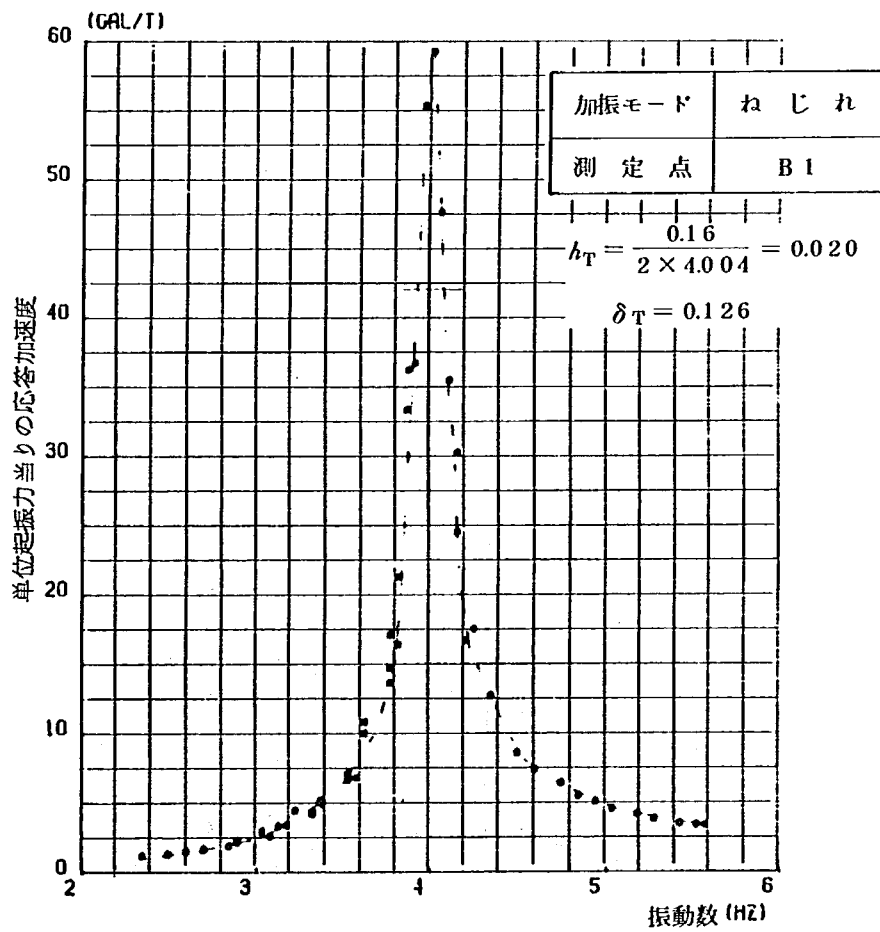
付図－ 1. 2 0 起振機加振による共振曲線



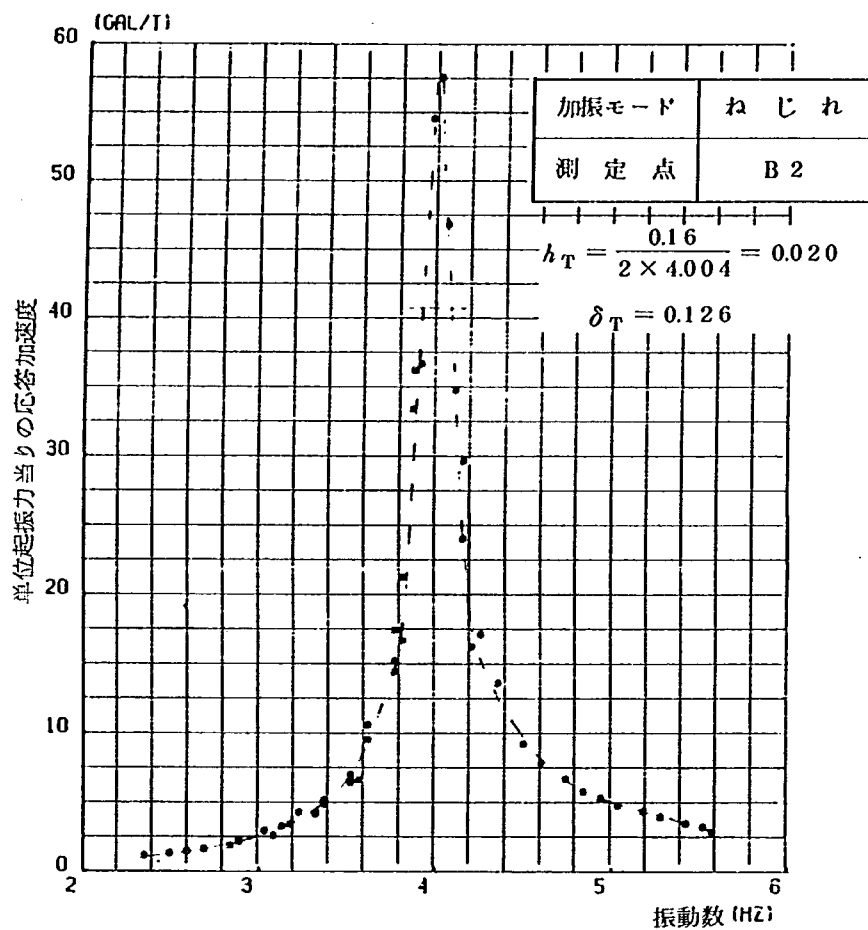
付図－ 1. 2 1 起振機加振による共振曲線



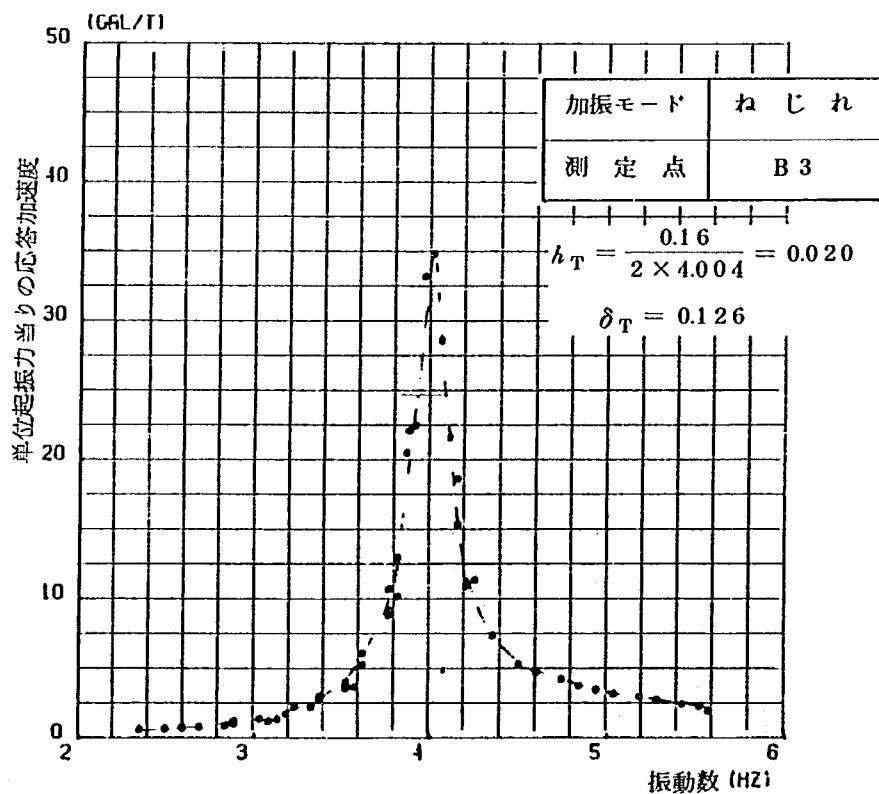
付図－1.22 起振機加振による共振曲線



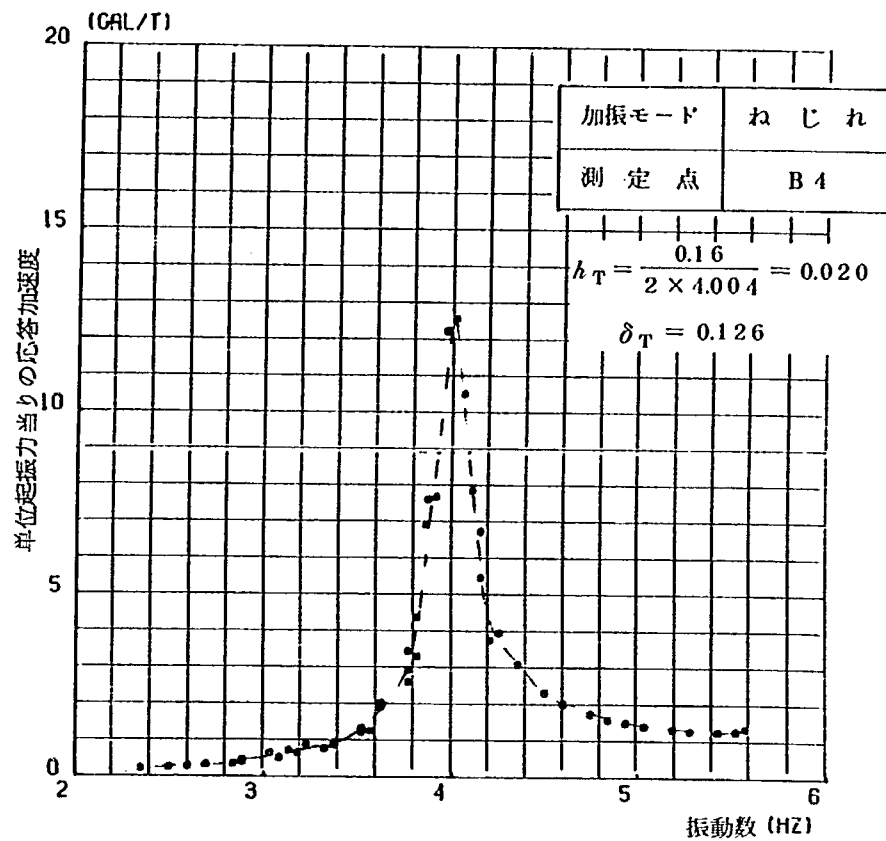
付図－1.23 起振機加振による共振曲線



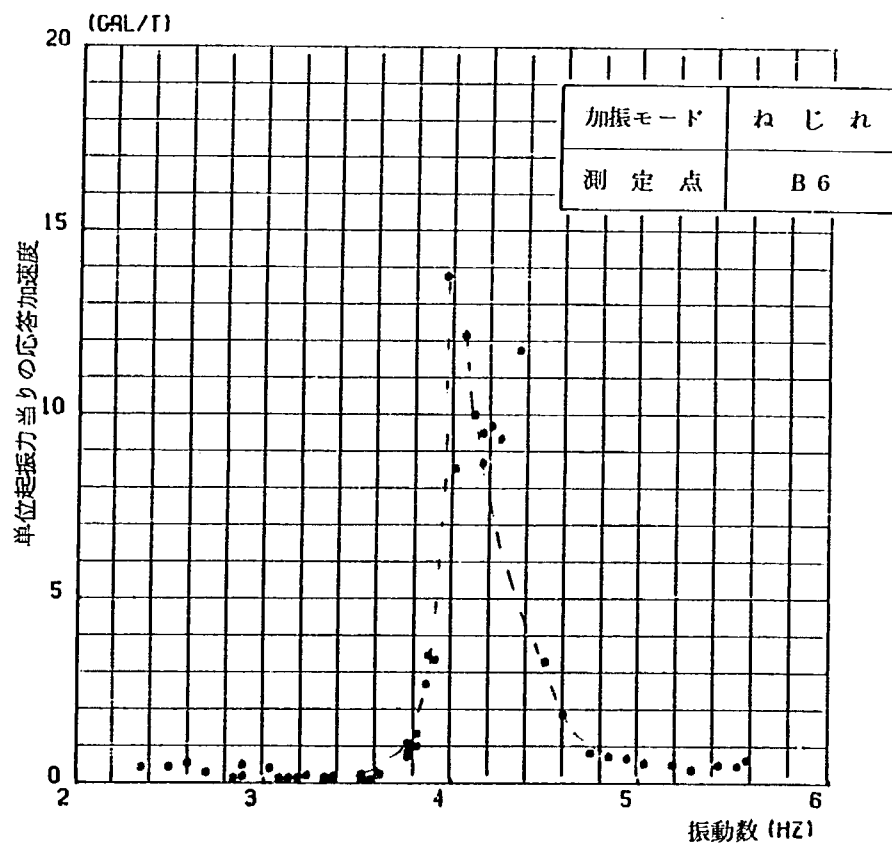
付図－ 1. 2 4 起振機加振による共振曲線



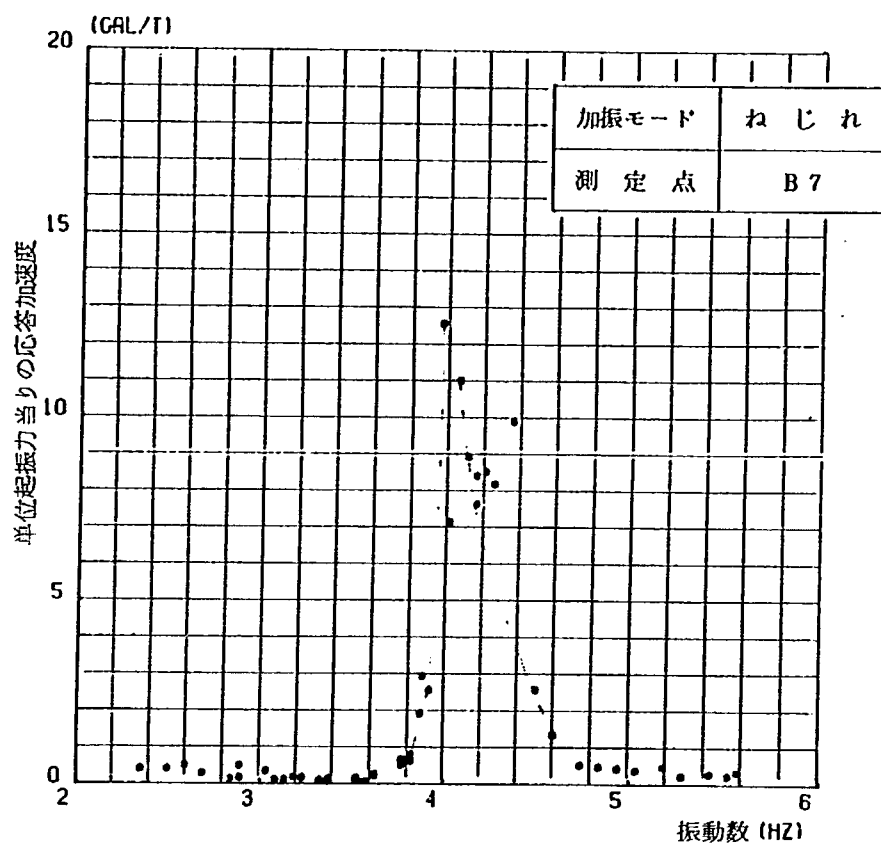
付図－ 1. 2 5 起振機加振による共振曲線



付図－1.26 起振機加振による共振曲線



付図－1.27 起振機加振による共振曲線

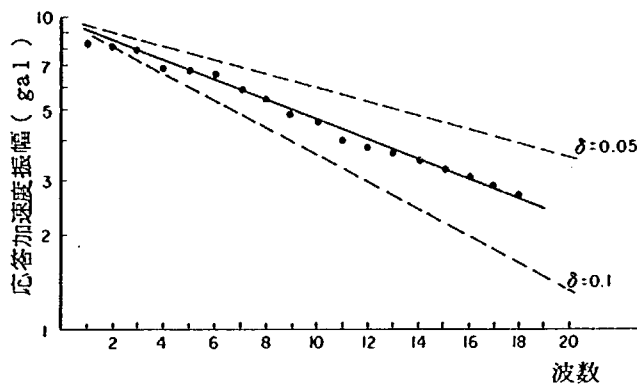


付図－ 1. 2 8 起振機加振による共振曲線



振動モード	たわみ 1 次
測 定 点	A 1
デ - タ No	1
δ	0.075

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{7.0}{3.3} = 0.075$$

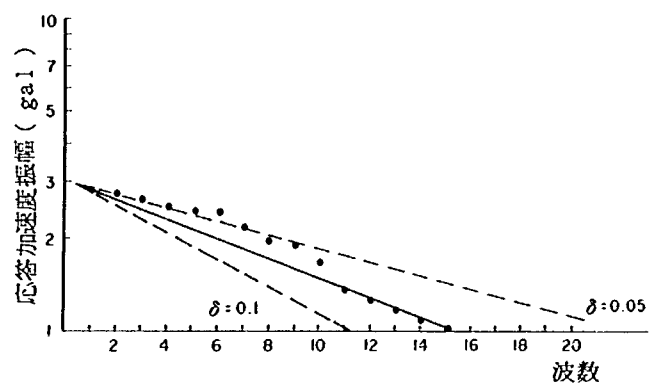


付図 - 2.1 振幅～波数曲線

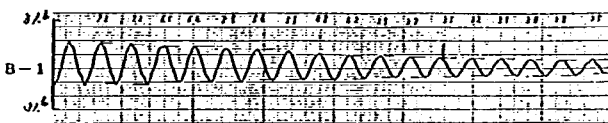


振動モード	たわみ 1 次
測 定 点	A 6
デ - タ No	1
δ	0.073

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{2.9}{1.4} = 0.073$$

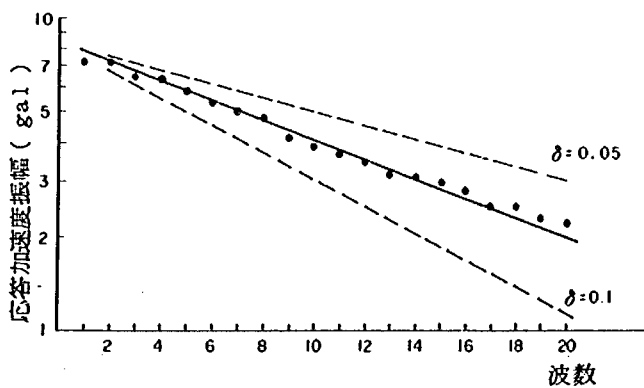


付図 - 2.2 振幅～波数曲線

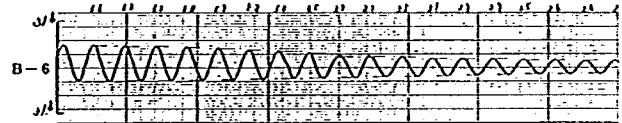


振動モード	たわみ 1 次
測 定 点	B 1
デ - タ No	1
δ	0.072

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{6.4}{3.1} = 0.072$$

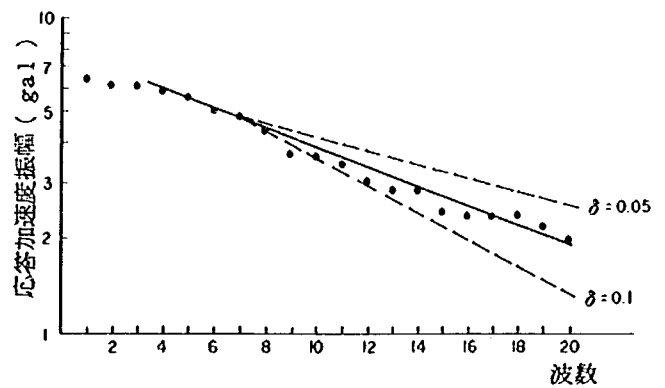


付図 - 2.3 振幅～波数曲線



振動モード	たわみ 1 次
測 定 点	B 6
デ - タ No	1
δ	0.073

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.0}{2.4} = 0.073$$

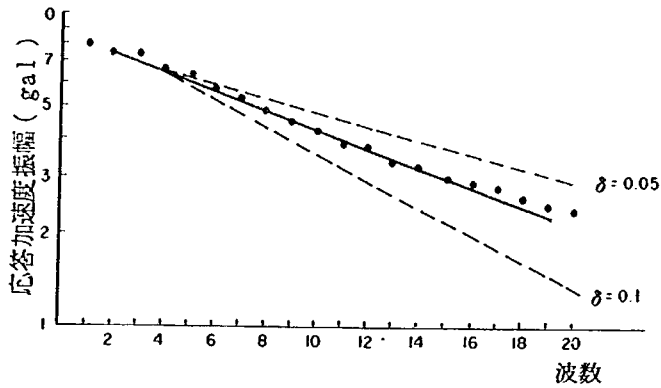


付図 - 2.4 振幅～波数曲線



振動モード	たわみ1次
測定点	A 1
データ No	2
δ	0.071

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{6.7}{3.3} = 0.071$$

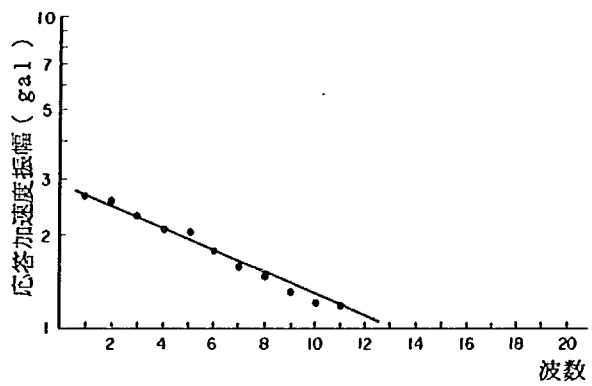


付図-2.5 振幅～波数曲線

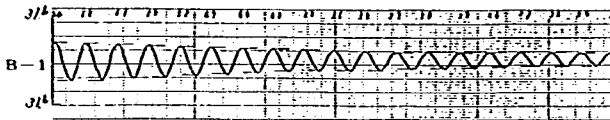


振動モード	たわみ1次
測定点	A 6
データ No	2
δ	0.081

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{2.7}{1.2} = 0.081$$

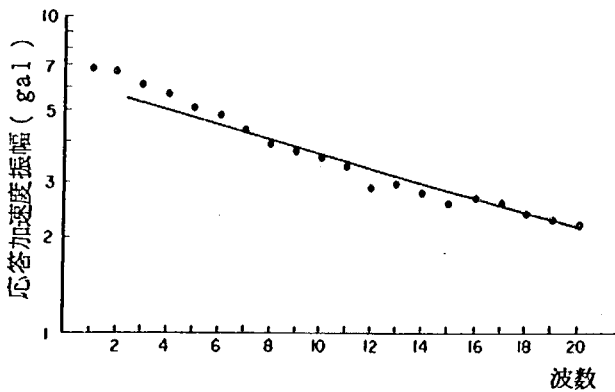


付図-2.6 振幅～波数曲線

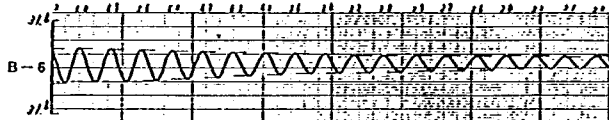


振動モード	たわみ1次
測定点	B 1
データ No	2
δ	0.053

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.4}{2.6} = 0.053$$

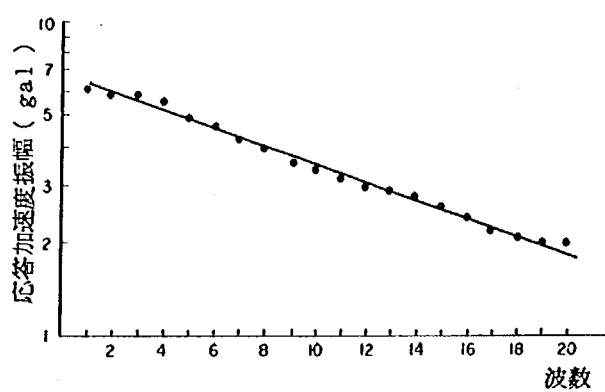


付図-2.7 振幅～波数曲線

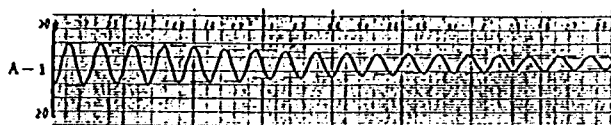


振動モード	たわみ1次
測定点	B 6
データ No	2
δ	0.067

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.7}{2.4} = 0.067$$

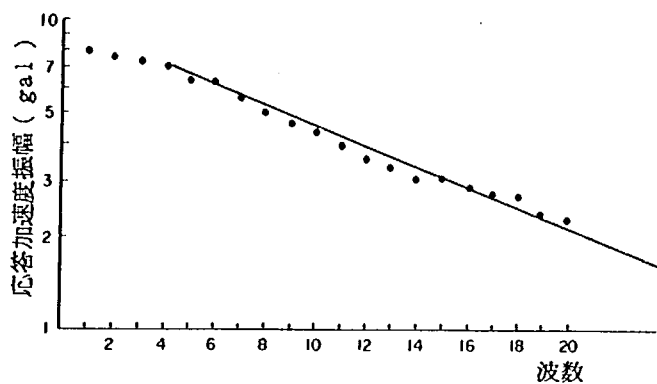


付図-2.8 振幅～波数曲線

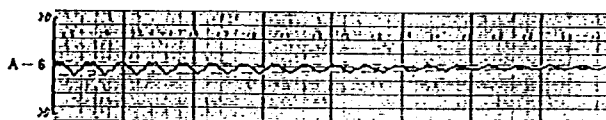


振動モード	たわみ1次
測定点	A 1
データ No	3
δ	0.079

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{6.4}{2.9} = 0.079$$

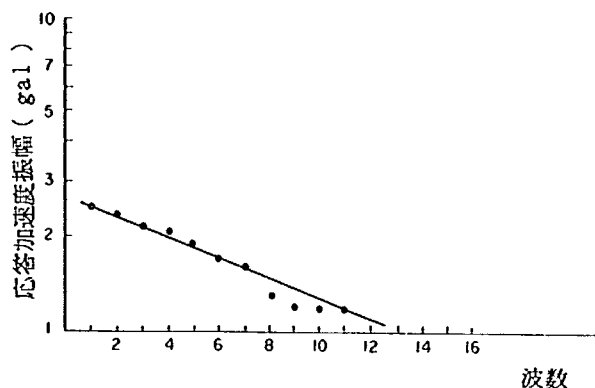


付図-2.9 振幅～波数曲線

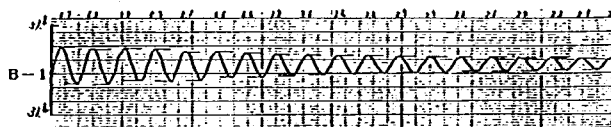


振動モード	たわみ1次
測定点	A 6
データ No	3
δ	0.073

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{2.5}{1.2} = 0.073$$

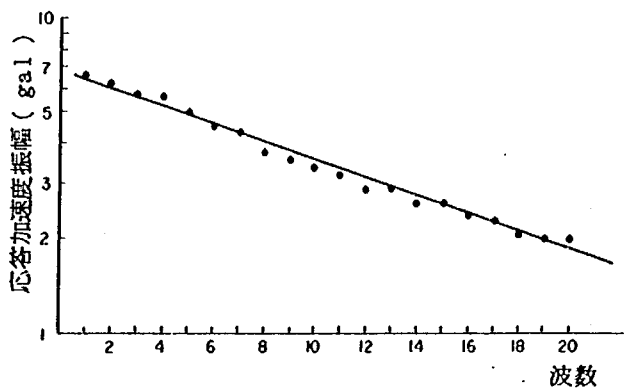


付図-2.10 振幅～波数曲線

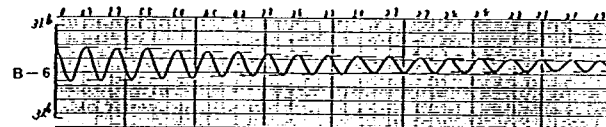


振動モード	たわみ1次
測定点	B 1
データ No	3
δ	0.067

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.1}{2.6} = 0.067$$

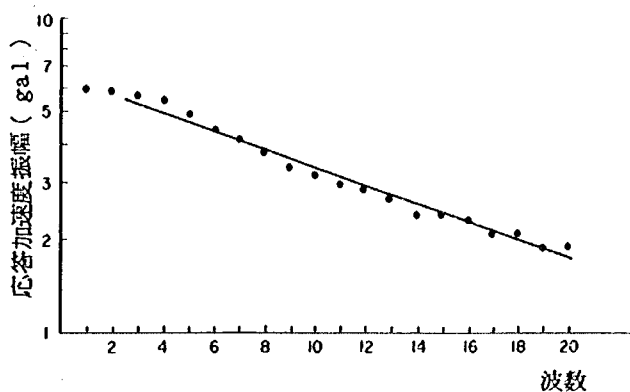


付図-2.11 振幅～波数曲線

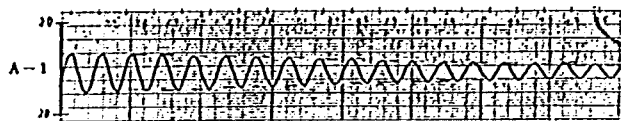


振動モード	たわみ1次
測定点	B 6
データ No	3
δ	0.067

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.5}{2.3} = 0.067$$

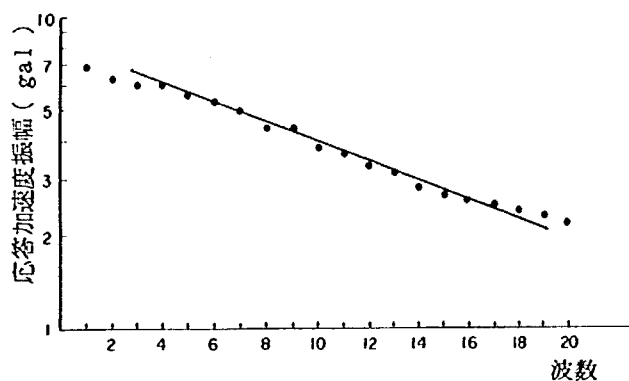


付図-2.12 振幅～波数曲線



振動モード	たわみ1次
測定点	A1
データ No	4
δ	0.073

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.4}{2.6} = 0.073$$

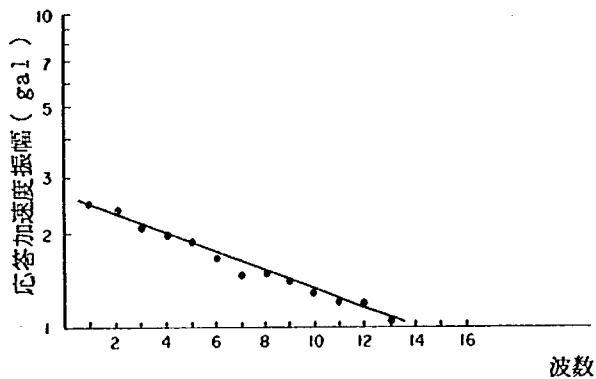


付図-2.13 振幅～波数曲線

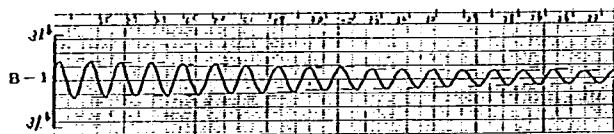


振動モード	たわみ1次
測定点	A6
データ No	4
δ	0.073

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{2.5}{1.2} = 0.073$$

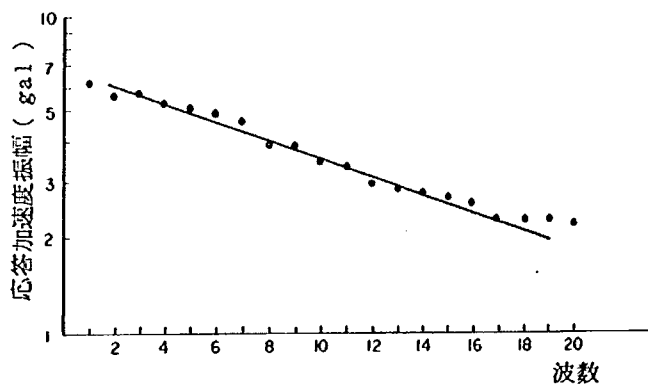


付図-2.14 振幅～波数曲線

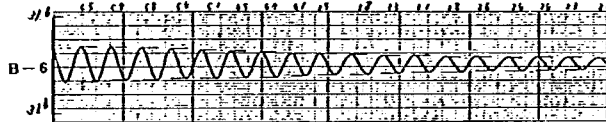


振動モード	たわみ1次
測定点	B1
データ No	4
δ	0.068

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.5}{2.8} = 0.068$$

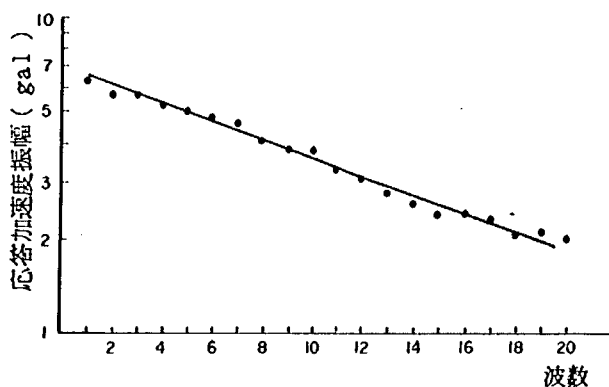


付図-2.15 振幅～波数曲線

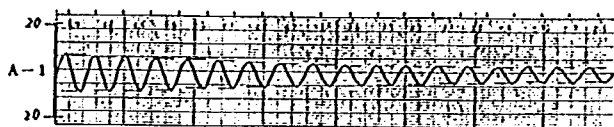


振動モード	たわみ1次
測定点	B6
データ No	4
δ	0.067

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.1}{2.1} = 0.067$$

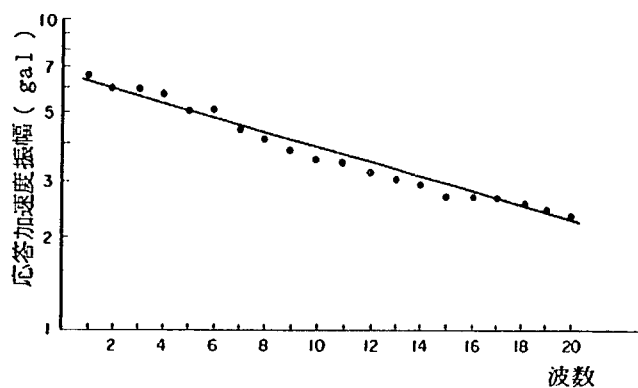


付図-2.16 振幅～波数曲線

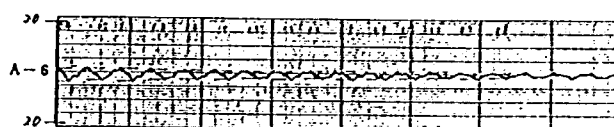


振動モード	たわみ1次
測 定 点	A 1
デ ー タ No	5
δ	0.053

$$\delta = \frac{1}{12} \ell_n \frac{5.1}{2.7} = 0.053$$

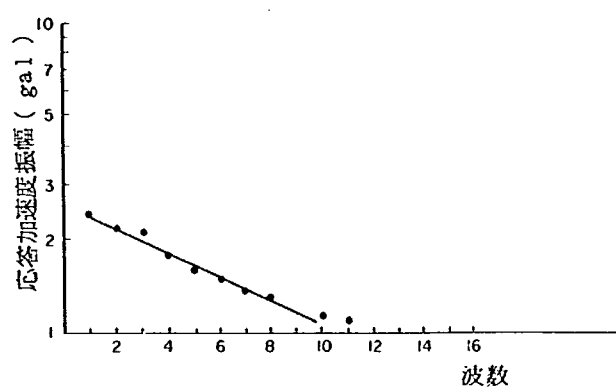


付図-2.17 振幅～波数曲線



振動モード	たわみ1次
測 定 点	A 6
デ ー タ No	5
δ	0.087

$$\delta = \frac{1}{8} \ell_n \frac{2.4}{1.2} = 0.087$$

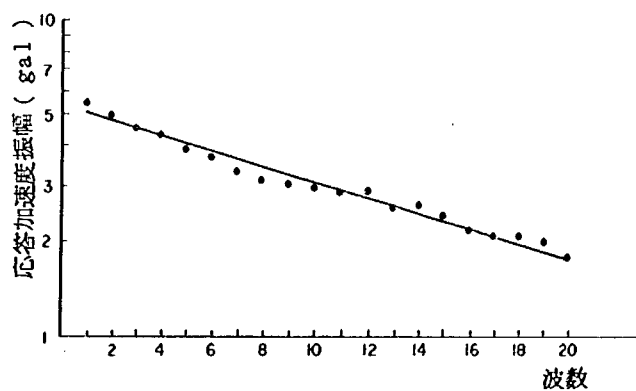


付図-2.18 振幅～波数曲線

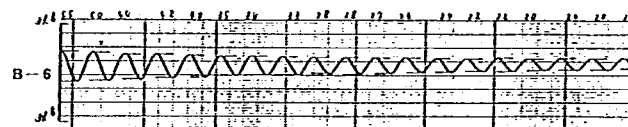


振動モード	たわみ1次
測 定 点	B 1
デ ー タ No	5
δ	0.057

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.6}{2.6} = 0.057$$

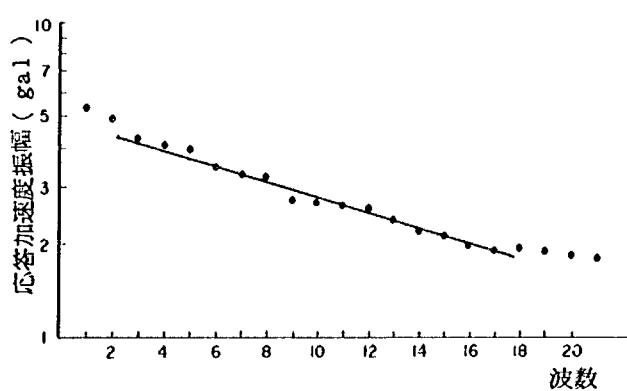


付図-2.19 振幅～波数曲線

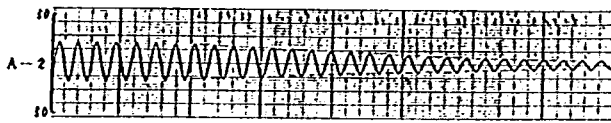


振動モード	たわみ1次
測 定 点	B 6
デ ー タ No	5
δ	0.056

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{3.5}{2.0} = 0.056$$



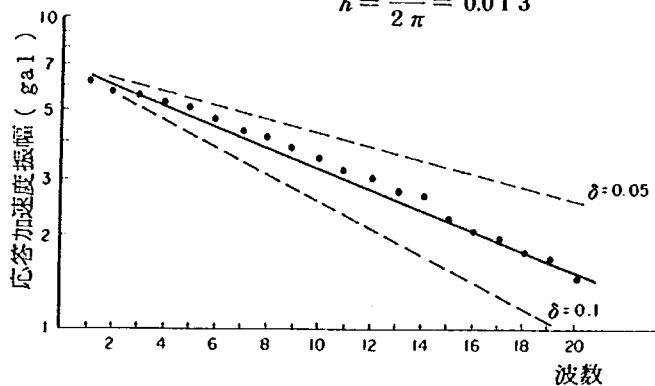
付図-2.20 振幅～波数曲線



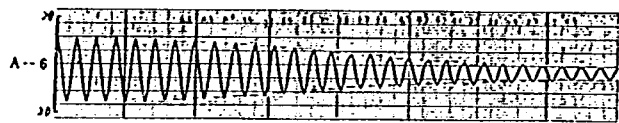
振動モード	たわみ2次
測定点	A 2
データ No	1
δ	0.079

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.3}{2.4} = 0.079$$

$$h = \frac{\delta}{2\pi} = 0.013$$



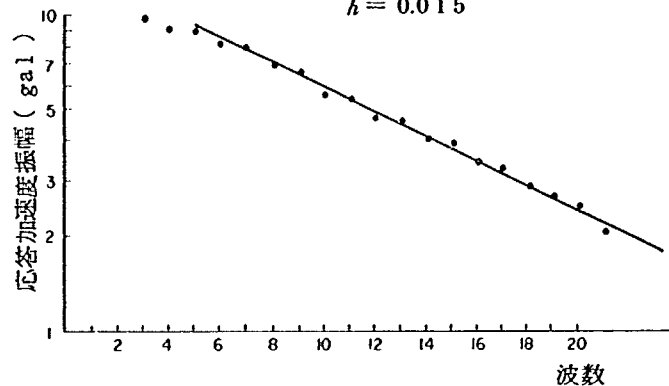
付図-2.2 1 振幅～波数曲線



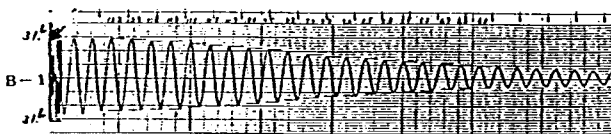
振動モード	たわみ2次
測定点	A 6
データ No	1
δ	0.093

$$\delta = \frac{1}{9} \ell_n \frac{8.1}{3.5} = 0.093$$

$$h = 0.015$$



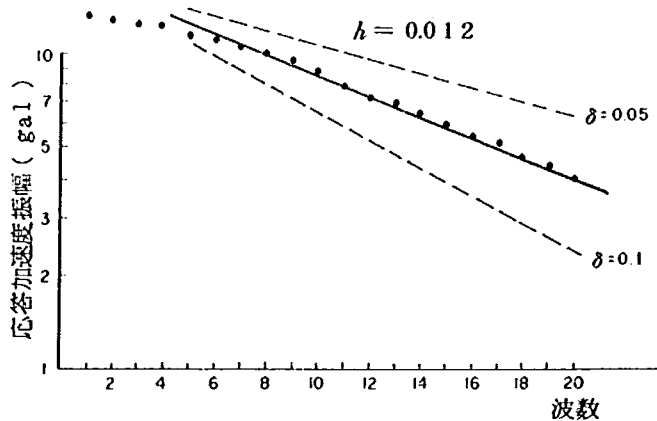
付図-2.2 2 振幅～波数曲線



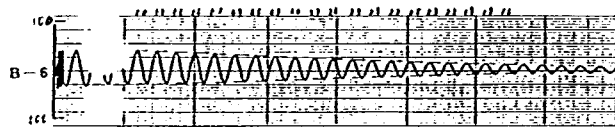
振動モード	たわみ2次
測定点	B 1
データ No	1
δ	0.076

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{10.0}{4.7} = 0.076$$

$$h = 0.012$$



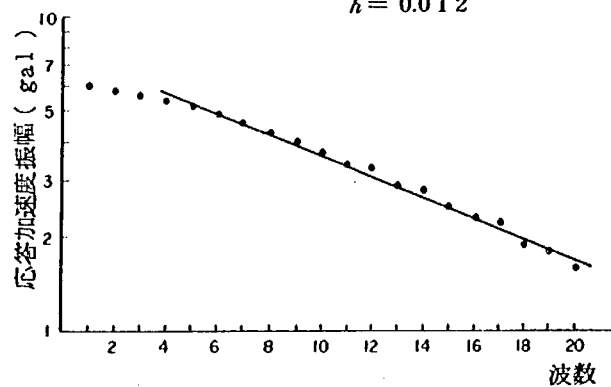
付図-2.2 3 振幅～波数曲線



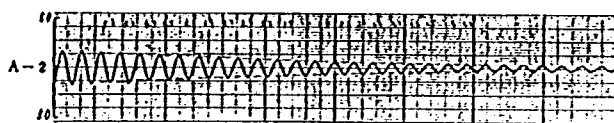
振動モード	たわみ2次
測定点	B 6
データ No	1
δ	0.078

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.0}{2.3} = 0.078$$

$$h = 0.012$$



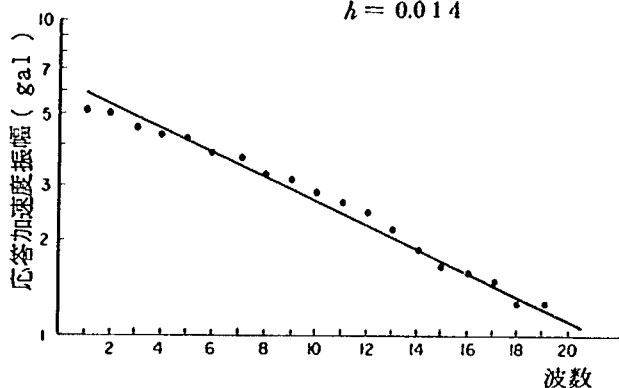
付図-2.2 4 振幅～波数曲線



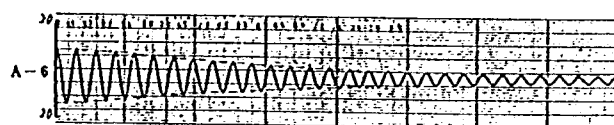
振動モード	たわみ2次
測定点	A 2
データ No	2
δ	0.089

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{3.9}{1.6} = 0.089$$

$$h = 0.014$$



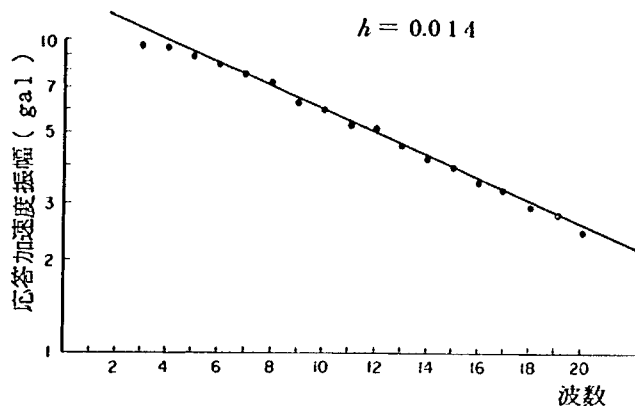
付図－2.25 振幅～波数曲線



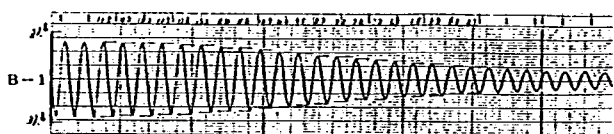
振動モード	たわみ2次
測定点	A 6
データ No	2
δ	0.086

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{8.0}{3.4} = 0.086$$

$$h = 0.014$$



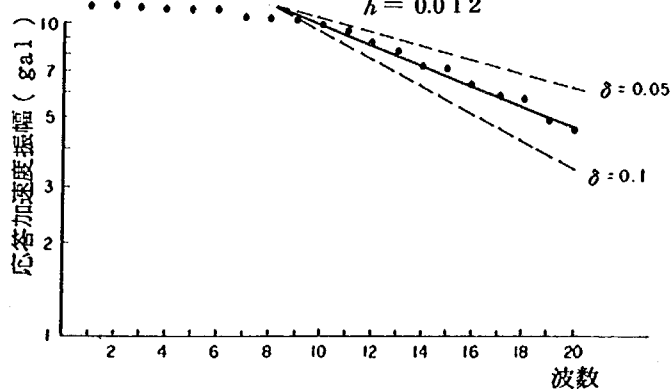
付図－2.26 振幅～波数曲線



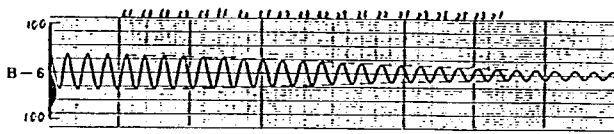
振動モード	たわみ2次
測定点	B 1
データ No	2
δ	0.078

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{10.0}{4.6} = 0.078$$

$$h = 0.012$$



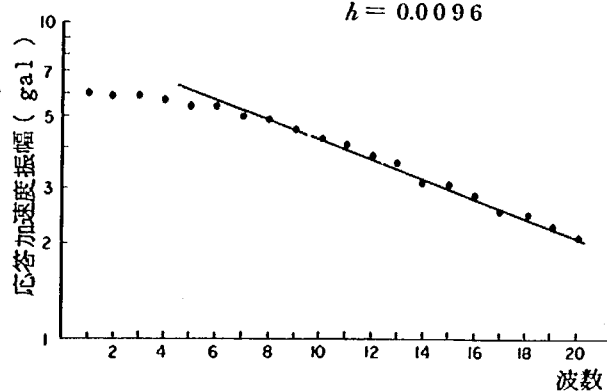
付図－2.27 振幅～波数曲線



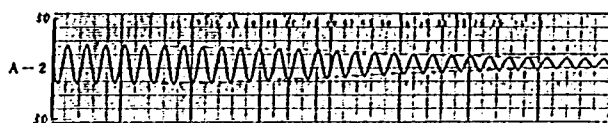
振動モード	たわみ2次
測定点	B 6
データ No	2
δ	0.061

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.4}{2.4} = 0.061$$

$$h = 0.0096$$



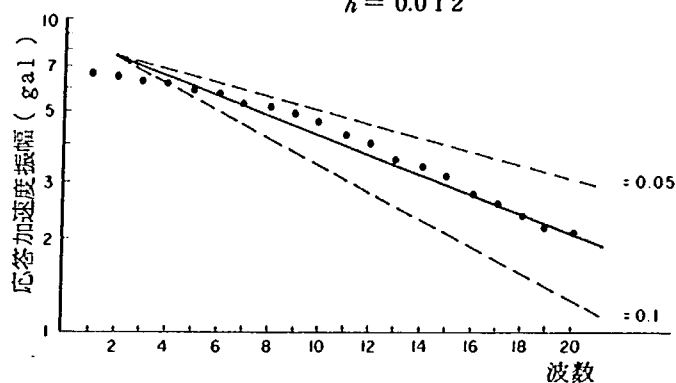
付図－2.28 振幅～波数曲線



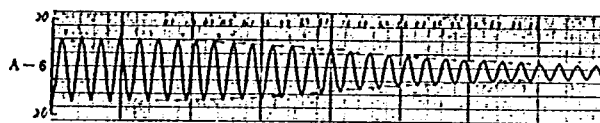
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	A 2
デ ー タ N _n	3
δ	0.076

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{5.8}{2.7} = 0.076$$

$$h = 0.012$$



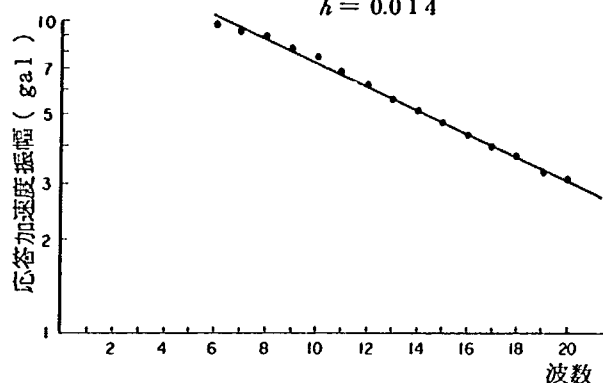
付図 - 2.29 振幅～波数曲線



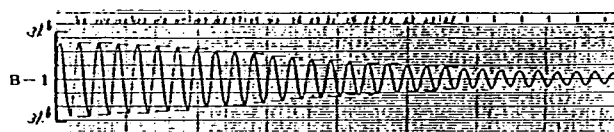
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	A 6
デ ー タ N _n	3
δ	0.089

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{9.0}{3.7} = 0.089$$

$$h = 0.014$$



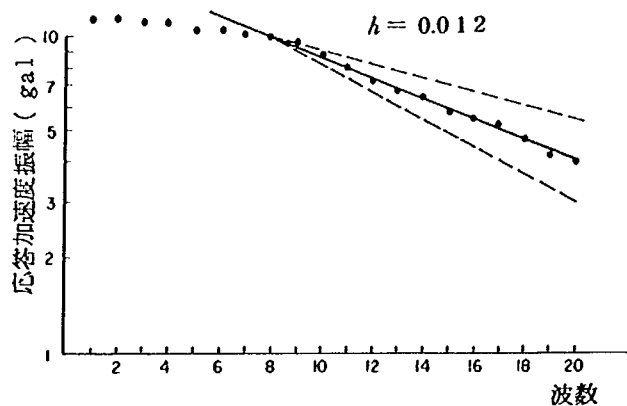
付図 - 2.30 振幅～波数曲線



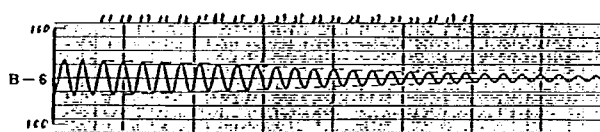
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	B 1
デ ー タ N _n	3
δ	0.073

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{10.0}{4.8} = 0.073$$

$$h = 0.012$$



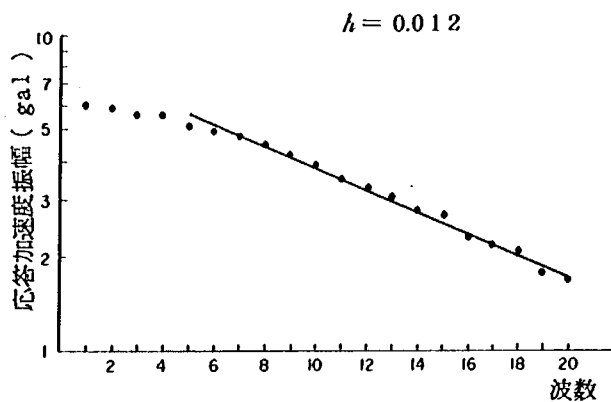
付図 - 2.31 振幅～波数曲線



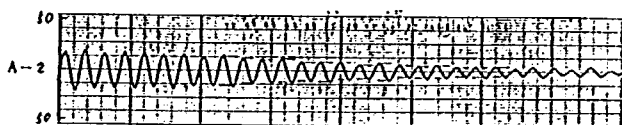
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	B 6
デ ー タ N _n	3
δ	0.078

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{4.8}{2.2} = 0.078$$

$$h = 0.012$$



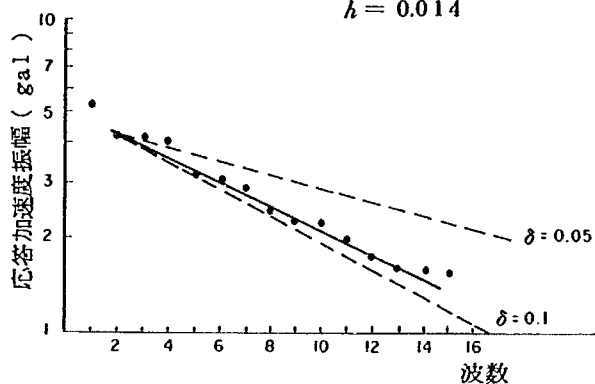
付図 - 2.32 振幅～波数曲線



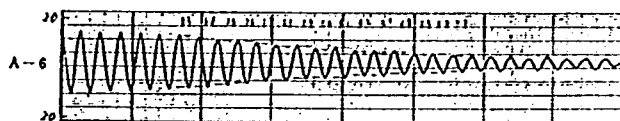
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	A 2
デ ー タ No	4
δ	0.089

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.4}{1.8} = 0.089$$

$$h = 0.014$$



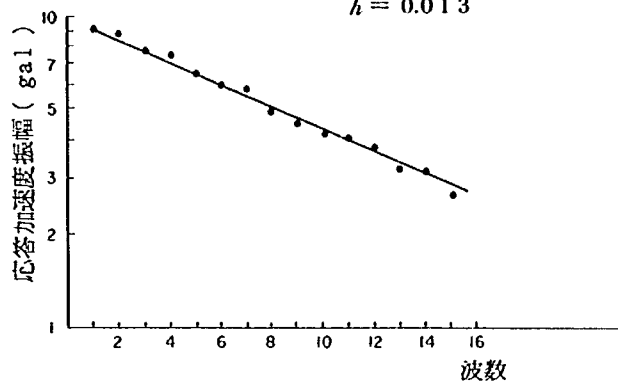
付図－ 2.3 3 振幅～波数曲線



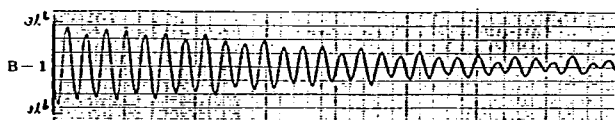
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	A 6
デ ー タ No	4
δ	0.081

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{9.2}{4.1} = 0.081$$

$$h = 0.013$$



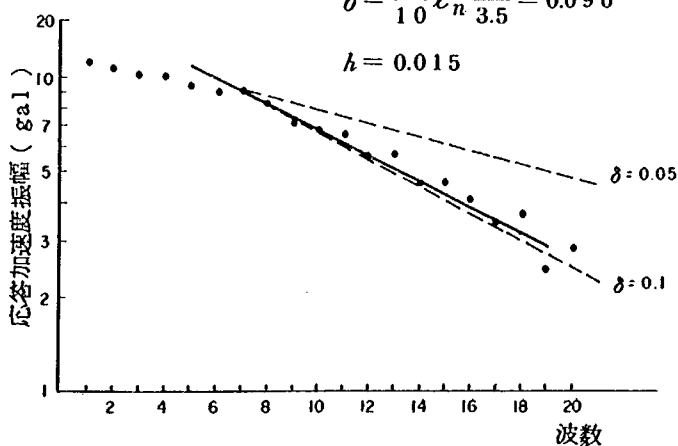
付図－ 2.3 4 振幅～波数曲線



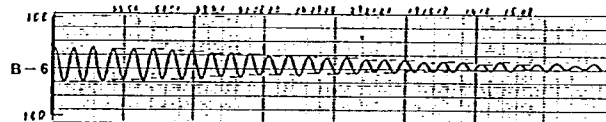
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	B 1
デ ー タ No	4
δ	0.096

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{9.1}{3.5} = 0.096$$

$$h = 0.015$$



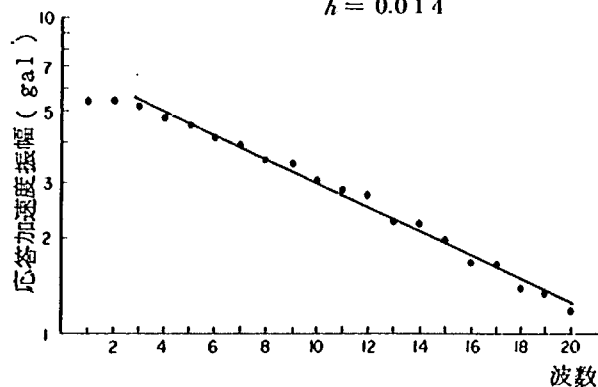
付図－ 2.3 5 振幅～波数曲線



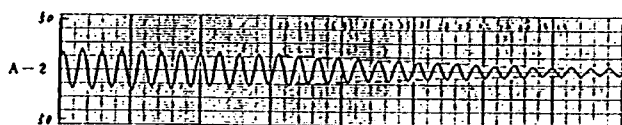
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	B 6
デ ー タ No	4
δ	0.086

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.0}{1.7} = 0.086$$

$$h = 0.014$$



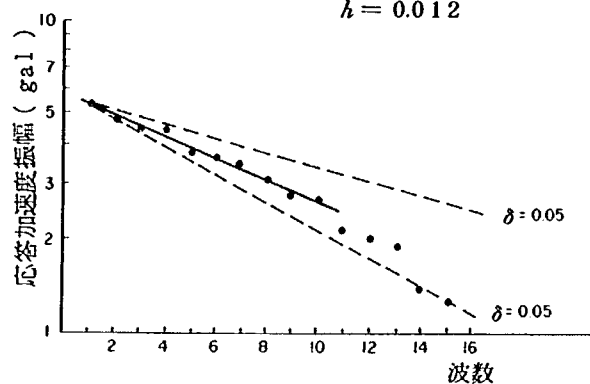
付図－ 2.3 6 振幅～波数曲線



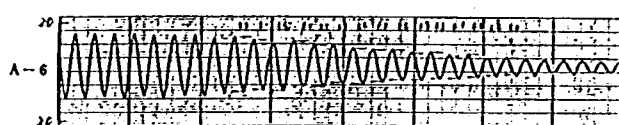
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	A 2
デ - タ N _d	5
δ	0.077

$$\delta = \frac{1}{9} \ell_n \frac{5.4}{2.7} = 0.077$$

$$h = 0.012$$



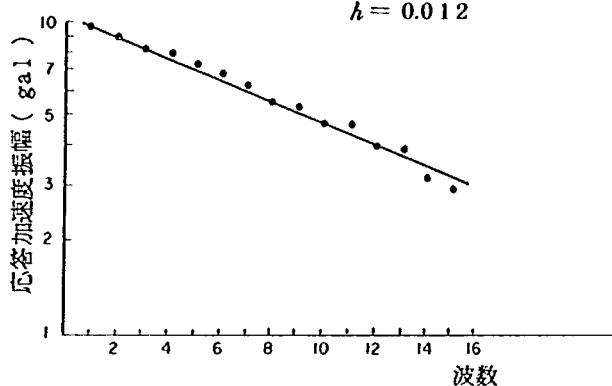
付図 - 2.3 7 振幅～波数曲線



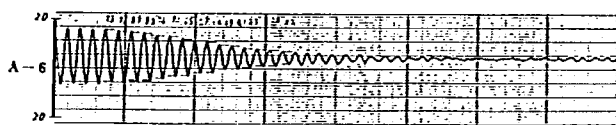
振動モード	たわみ 2 次
測 定 点	A 6
デ - タ N _d	5
δ	0.076

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{9.0}{4.2} = 0.076$$

$$h = 0.012$$



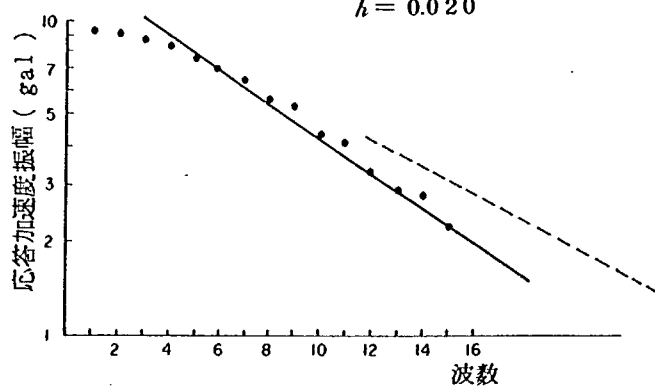
付図 - 2.3 8 振幅～波数曲線



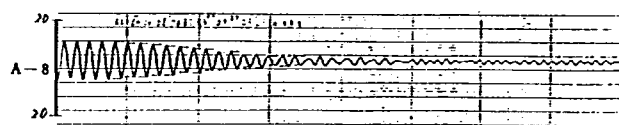
振動モード	たわみ 3 次
測 定 点	A 6
デ - タ N _d	1
δ	0.129

$$\delta = \frac{1}{9} \ell_n \frac{7.0}{2.2} = 0.129$$

$$h = 0.020$$



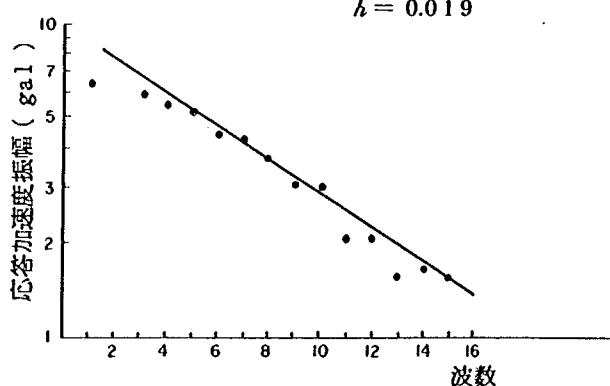
付図 - 2.3 9 振幅～波数曲線



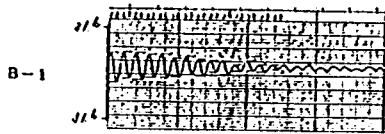
振動モード	たわみ 3 次
測 定 点	A 8
デ - タ N _d	1
δ	0.120

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.3}{1.6} = 0.120$$

$$h = 0.019$$



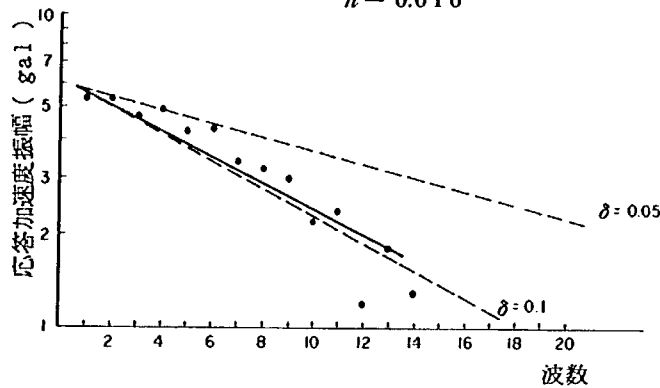
付図 - 2.4 0 振幅～波数曲線



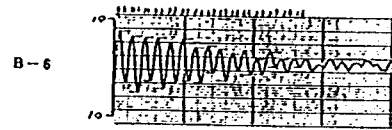
振動モード	たわみ3次
測定点	B 1
データ No	1
δ	0.098

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.8}{1.8} = 0.098$$

$$h = 0.016$$



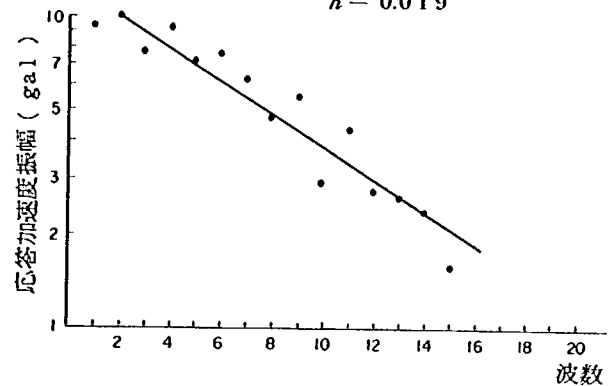
付図-2.4 1 振幅～波数曲線



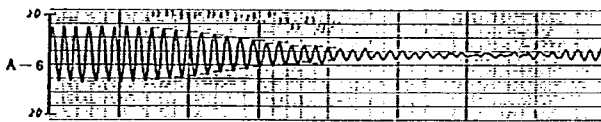
振動モード	たわみ3次
測定点	B 6
データ No	1
δ	0.119

$$\delta = \frac{1}{11} \ell_n \frac{10.0}{2.7} = 0.119$$

$$h = 0.019$$



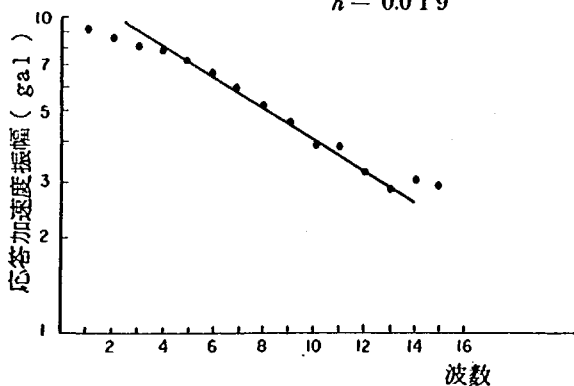
付図-2.4 2 振幅～波数曲線



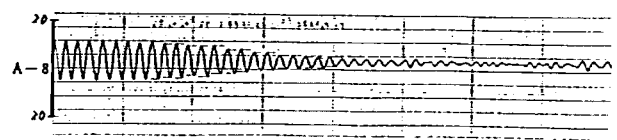
振動モード	たわみ3次
測定点	A 6
データ No	2
δ	0.121

$$\delta = \frac{1}{8} \ell_n \frac{7.4}{2.8} = 0.121$$

$$h = 0.019$$



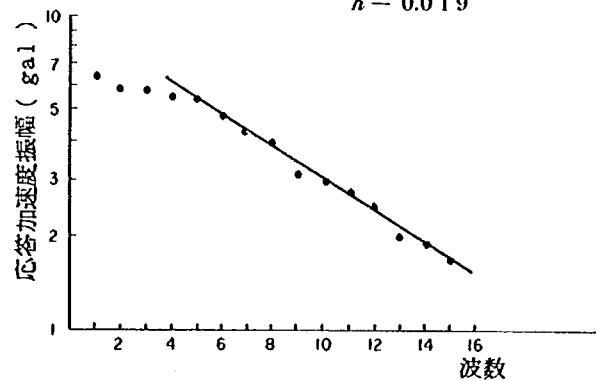
付図-2.4 3 振幅～波数曲線



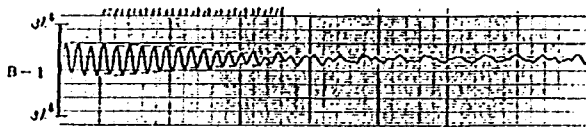
振動モード	たわみ3次
測定点	A 8
データ No	2
δ	0.117

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.5}{1.7} = 0.117$$

$$h = 0.019$$



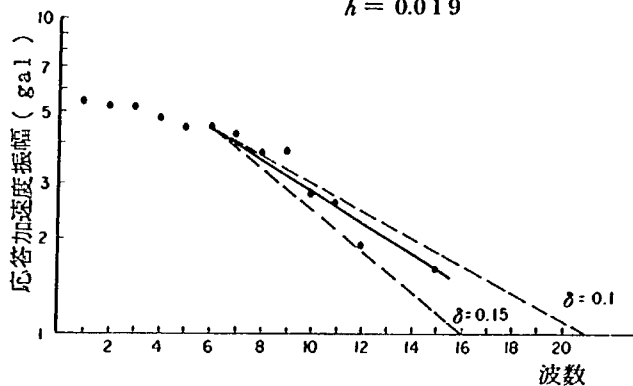
付図-2.4 4 振幅～波数曲線



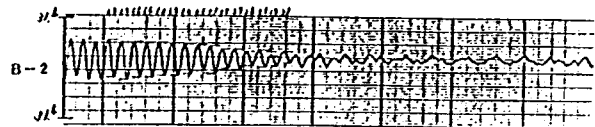
振動モード	たわみ3次
測定点	B 1
データ No	2
δ	0.117

$$\delta = \frac{1}{9} \ln \frac{4.6}{1.6} = 0.117$$

$$h = 0.019$$



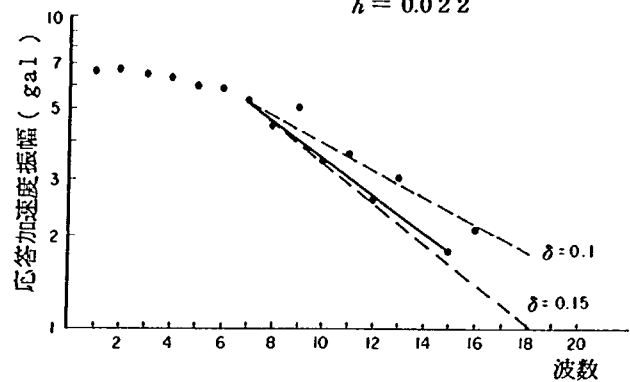
付図-2.4 5 振幅～波数曲線



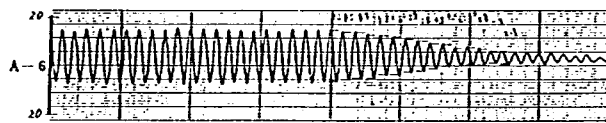
振動モード	たわみ3次
測定点	B 2
データ No	2
δ	0.137

$$\delta = \frac{1}{8} \ln \frac{5.4}{1.8} = 0.137$$

$$h = 0.022$$



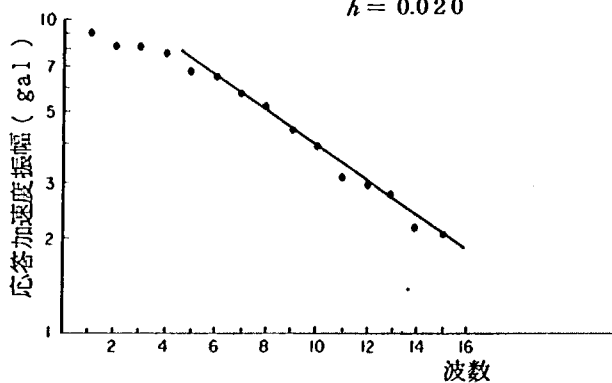
付図-2.4 6 振幅～波数曲線



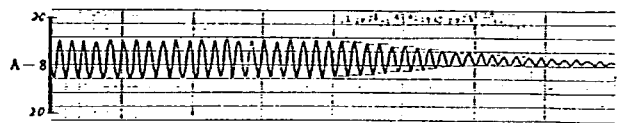
振動モード	たわみ3次
測定点	A 6
データ No	3
δ	0.127

$$\delta = \frac{1}{9} \ln \frac{6.6}{2.1} = 0.127$$

$$h = 0.020$$



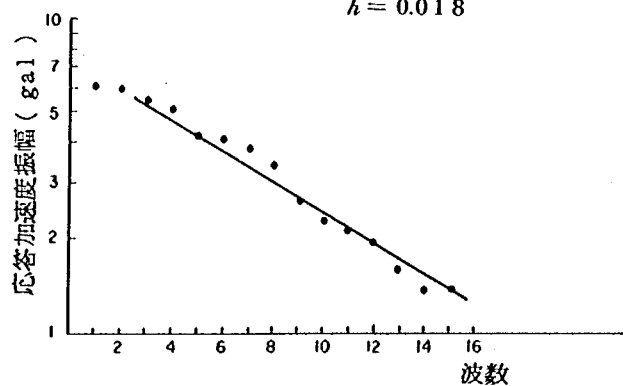
付図-2.4 7 振幅～波数曲線



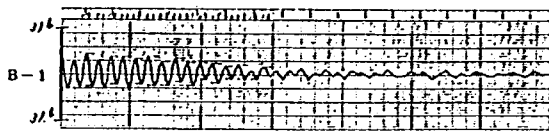
振動モード	たわみ3次
測定点	A 8
データ No	3
δ	0.112

$$\delta = \frac{1}{10} \ln \frac{4.3}{1.4} = 0.112$$

$$h = 0.018$$



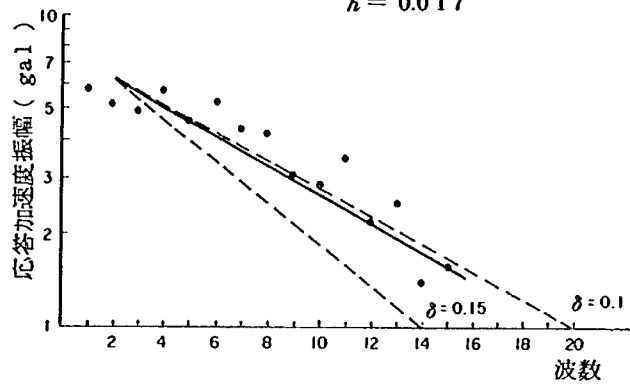
付図-2.4 8 振幅～波数曲線



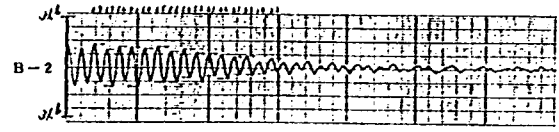
振動モード	たわみ3次
測定点	B 1
データ No	3
δ	0.106

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.6}{1.6} = 0.106$$

$$h = 0.017$$



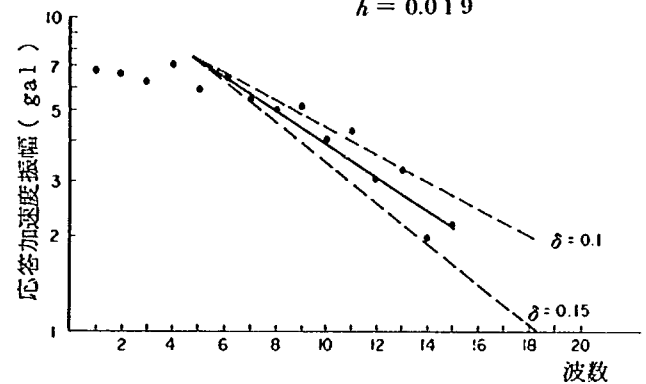
付図-2.49 振幅～波数曲線



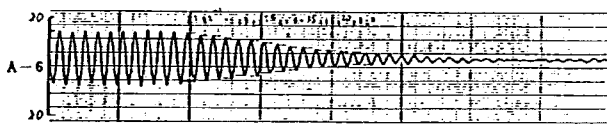
振動モード	たわみ3次
測定点	B 2
データ No	3
δ	0.120

$$\delta = \frac{1}{9} \ell_n \frac{6.5}{2.2} = 0.120$$

$$h = 0.019$$



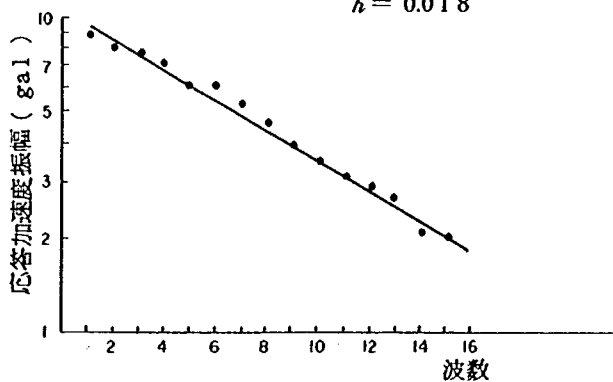
付図-2.50 振幅～波数曲線



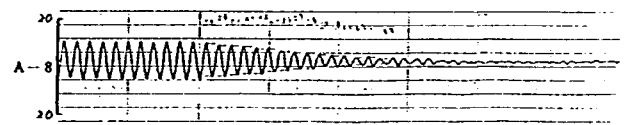
振動モード	たわみ3次
測定点	A 6
データ No	4
δ	0.113

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{6.2}{2.0} = 0.113$$

$$h = 0.018$$



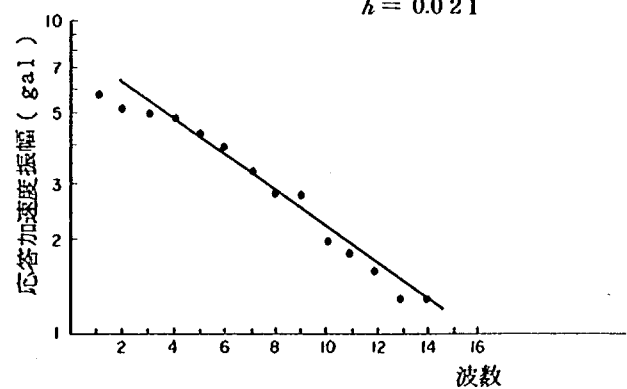
付図-2.51 振幅～波数曲線



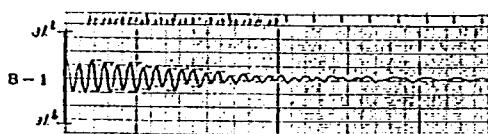
振動モード	たわみ3次
測定点	A 8
データ No	4
δ	0.135

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.0}{1.3} = 0.135$$

$$h = 0.021$$



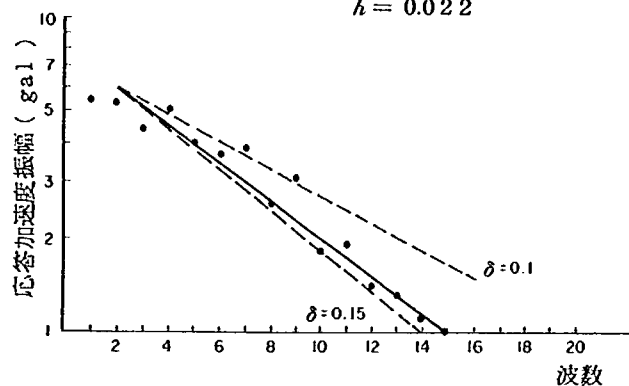
付図-2.52 振幅～波数曲線



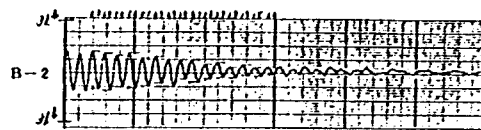
振動モード	たわみ3次
測定点	B 1
データ No	4
δ	0.139

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.0}{1.0} = 0.139$$

$$h = 0.022$$



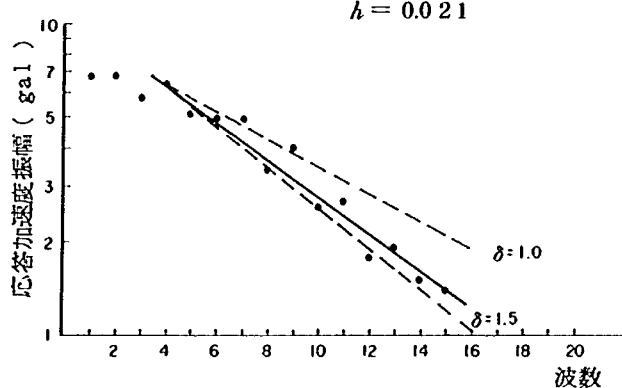
付図-2.53 振幅～波数曲線



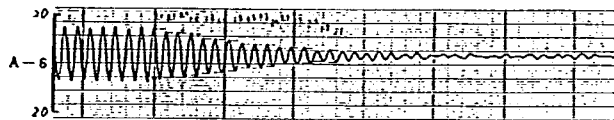
振動モード	たわみ3次
測定点	B 2
データ No	4
δ	0.135

$$\delta = \frac{1}{9} \ell_n \frac{6.4}{1.9} = 0.135$$

$$h = 0.021$$



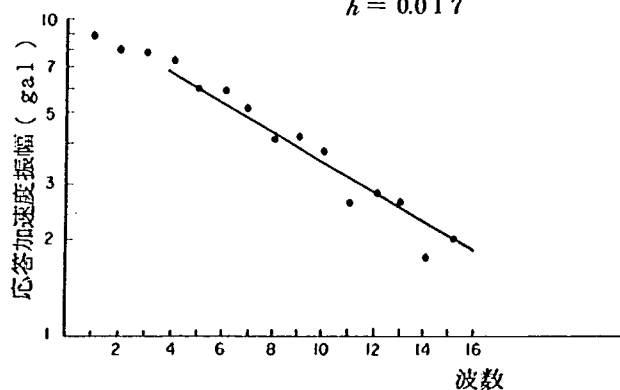
付図-2.54 振幅～波数曲線



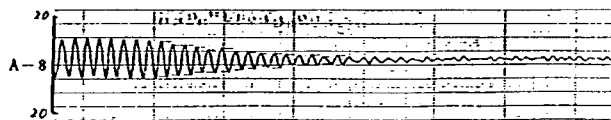
振動モード	たわみ3次
測定点	A 6
データ No	5
δ	0.107

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{6.1}{2.1} = 0.107$$

$$h = 0.017$$



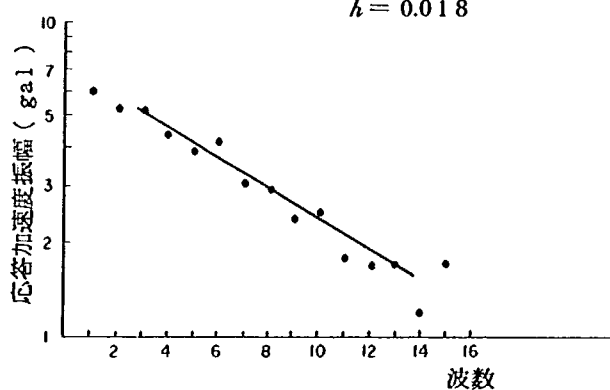
付図-2.55 振幅～波数曲線



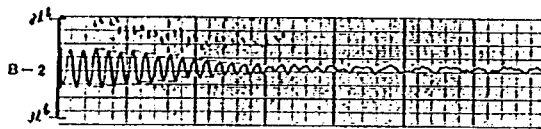
振動モード	たわみ3次
測定点	A 8
データ No	5
δ	0.114

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.3}{1.7} = 0.114$$

$$h = 0.018$$



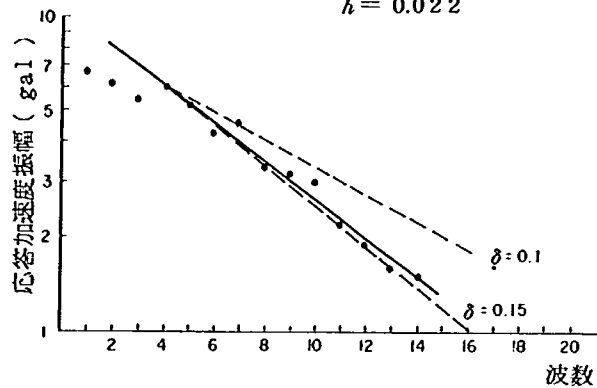
付図-2.56 振幅～波数曲線



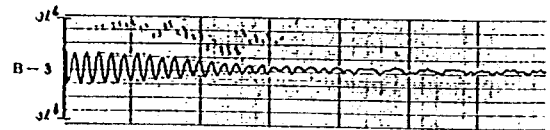
振動モード	たわみ3次
測定点	B 2
データ No	5
δ	0.139

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{6.0}{1.5} = 0.139$$

$$h = 0.022$$



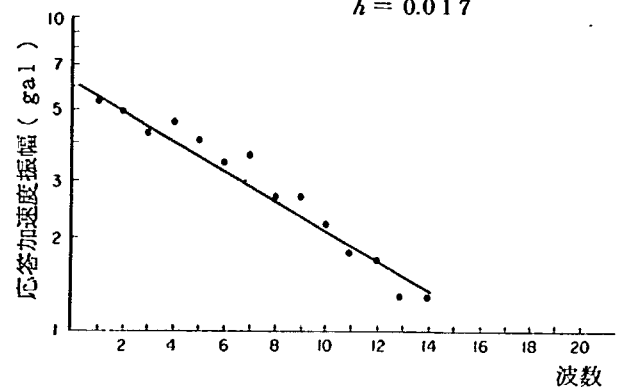
付図-2.57 振幅～波数曲線



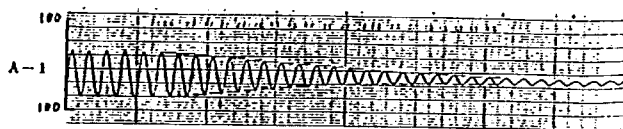
振動モード	たわみ3次
測定点	B 3
データ No	5
δ	0.109

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.0}{1.7} = 0.109$$

$$h = 0.017$$



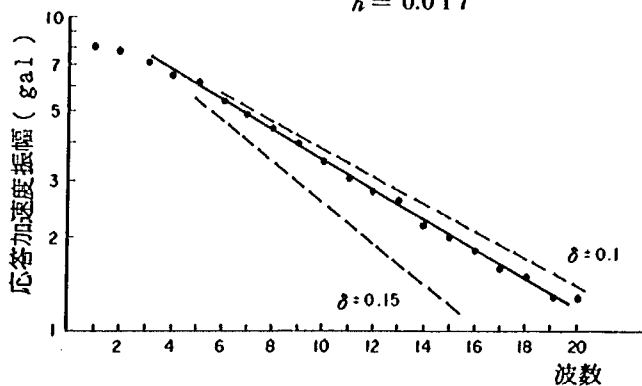
付図-2.58 振幅～波数曲線



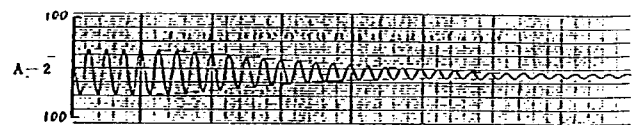
振動モード	ねじれ
測定点	A 1
データ No	1
δ	0.108

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.4}{1.5} = 0.108$$

$$h = 0.017$$



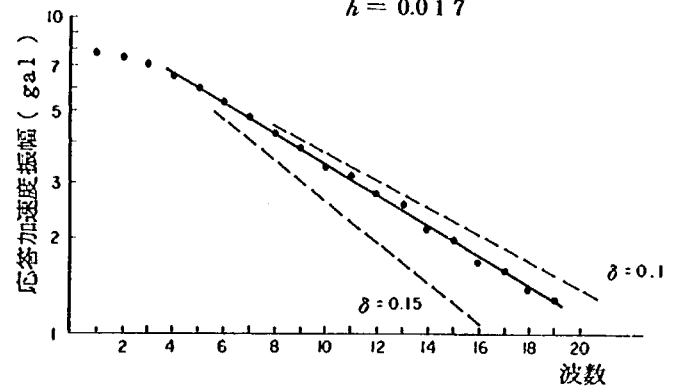
付図-2.59 振幅～波数曲線



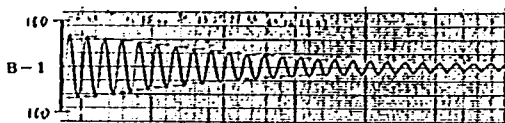
振動モード	ねじれ
測定点	A 2
データ No	1
δ	0.109

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{4.8}{1.6} = 0.109$$

$$h = 0.017$$



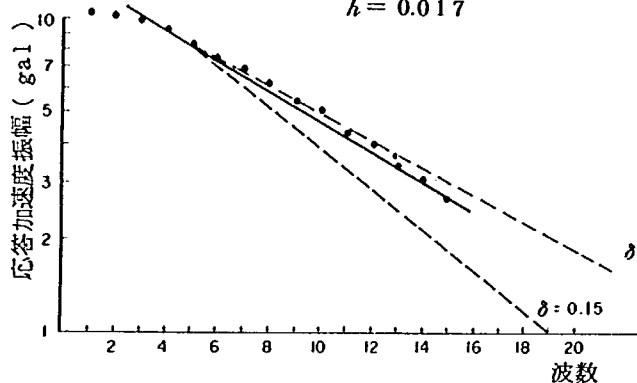
付図-2.60 振幅～波数曲線



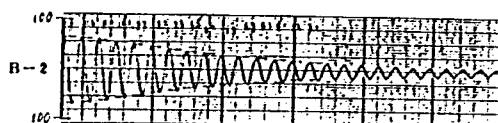
振動モード	ねじれ
測定点	B 1
データ No	1
δ	0.108

$$\delta = \frac{1}{9} \ell_n \frac{8.2}{3.1} = 0.108$$

$$h = 0.017$$



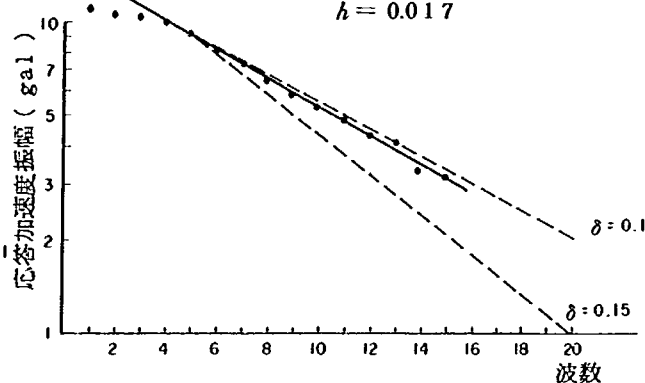
付図-2.6 1 振幅～波数曲線



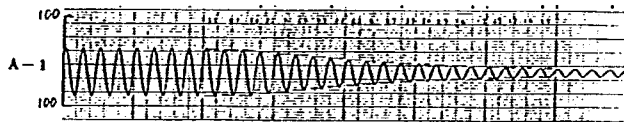
振動モード	ねじれ
測定点	B 2
データ No	1
δ	0.105

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{9.1}{3.2} = 0.105$$

$$h = 0.017$$



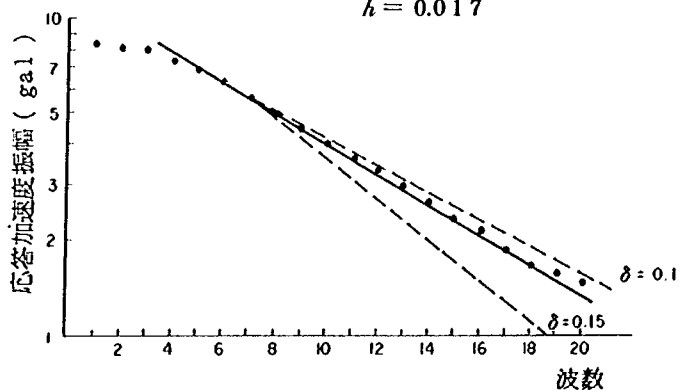
付図-2.6 2 振幅～波数曲線



振動モード	ねじれ
測定点	A 1
データ No	2
δ	0.110

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.7}{1.9} = 0.110$$

$$h = 0.017$$



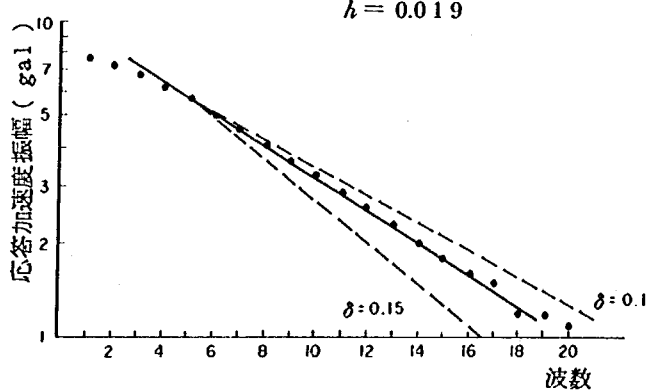
付図-2.6 3 振幅～波数曲線



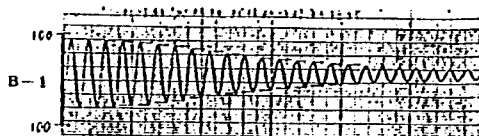
振動モード	ねじれ
測定点	A 2
データ No	2
δ	0.117

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.8}{1.8} = 0.117$$

$$h = 0.019$$



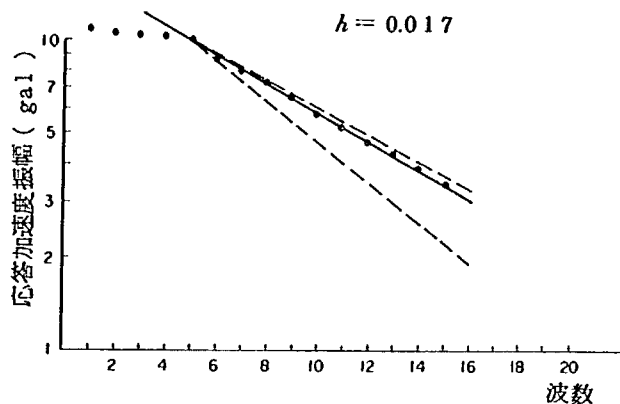
付図-2.6 4 振幅～波数曲線



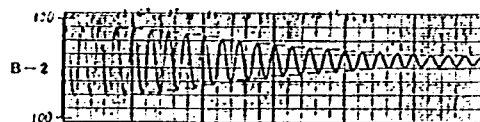
振動モード	ねじれ
測定点	B 1
データ No	2
δ	0.105

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{10.0}{3.5} = 0.105$$

$$h = 0.017$$



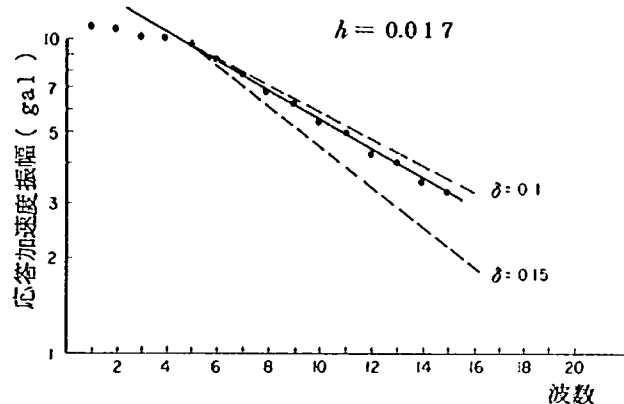
付図- 2.6 5 振幅～波数曲線



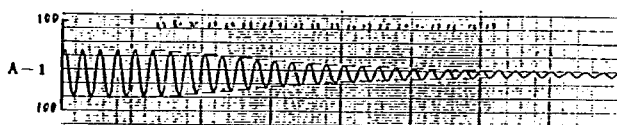
振動モード	ねじれ
測定点	B 2
データ No	2
δ	0.109

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{9.8}{3.3} = 0.109$$

$$h = 0.017$$



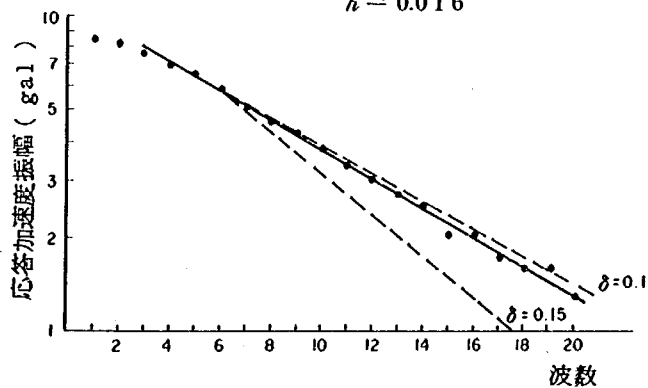
付図- 2.6 6 振幅～波数曲線



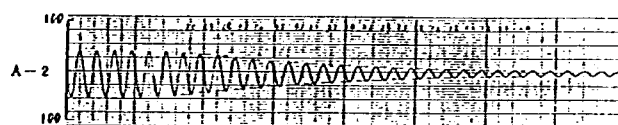
振動モード	ねじれ
測定点	A 1
データ No	3
δ	0.102

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.8}{2.1} = 0.102$$

$$h = 0.016$$



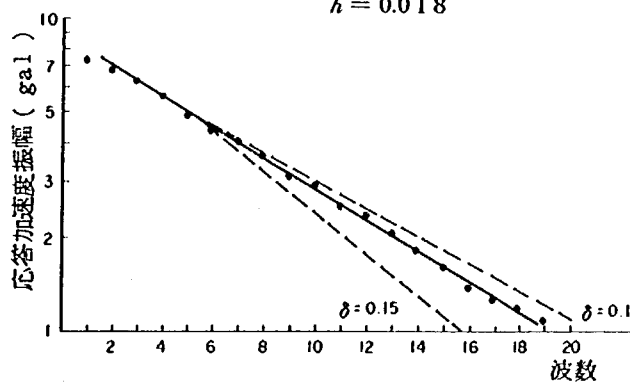
付図- 2.6 7 振幅～波数曲線



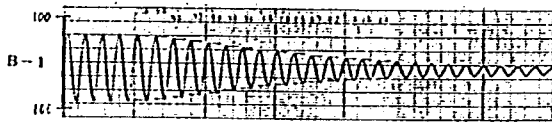
振動モード	ねじれ
測定点	A 2
データ No	3
δ	0.114

$$\delta = \frac{1}{9} \ell_n \frac{5.0}{1.8} = 0.114$$

$$h = 0.018$$



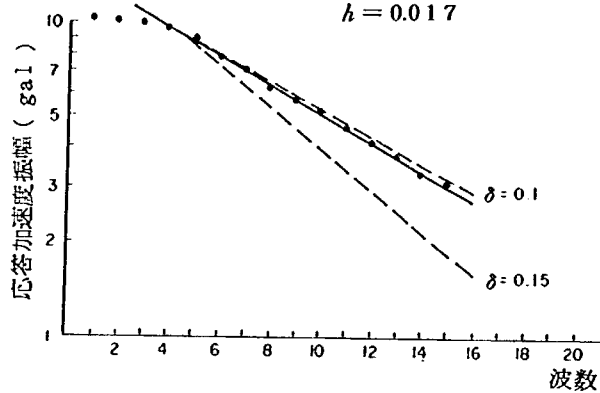
付図- 2.6 8 振幅～波数曲線



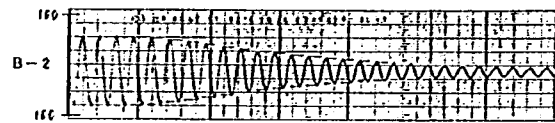
振動モード	ねじれ
測定点	B 1
データ No	3
δ	0.105

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{9.7}{3.4} = 0.105$$

$$h = 0.017$$



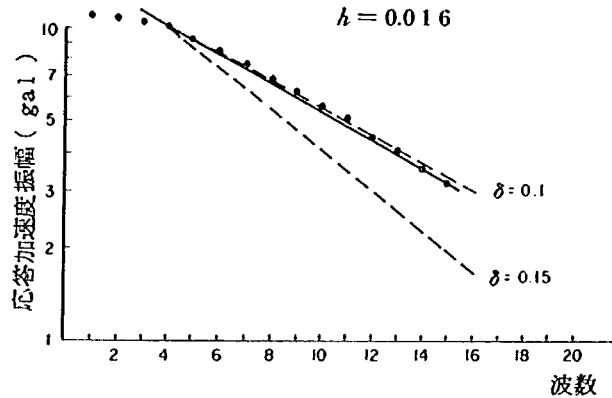
付図-2.69 振幅～波数曲線



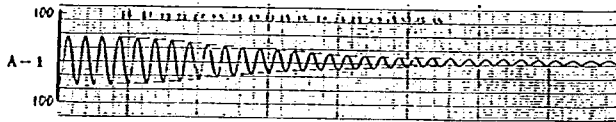
振動モード	ねじれ
測定点	B 2
データ No	3
δ	0.102

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{10.0}{3.6} = 0.102$$

$$h = 0.016$$



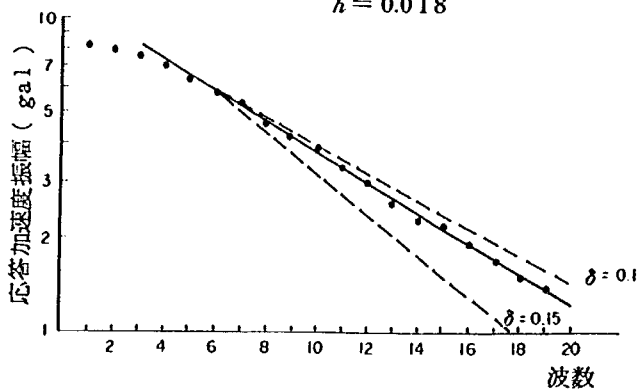
付図-2.70 振幅～波数曲線



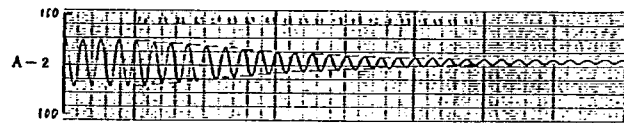
振動モード	ねじれ
測定点	A 1
データ No	4
δ	0.113

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.9}{1.9} = 0.113$$

$$h = 0.018$$



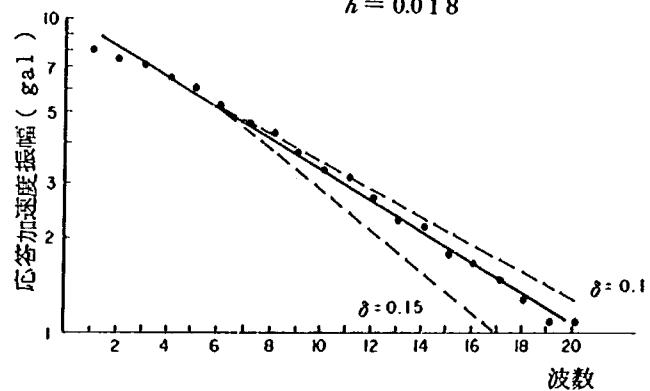
付図-2.71 振幅～波数曲線



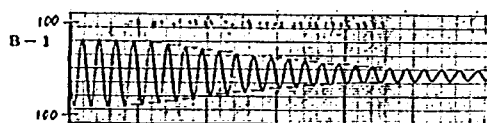
振動モード	ねじれ
測定点	A 2
データ No	4
δ	0.114

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{5.3}{1.7} = 0.114$$

$$h = 0.018$$



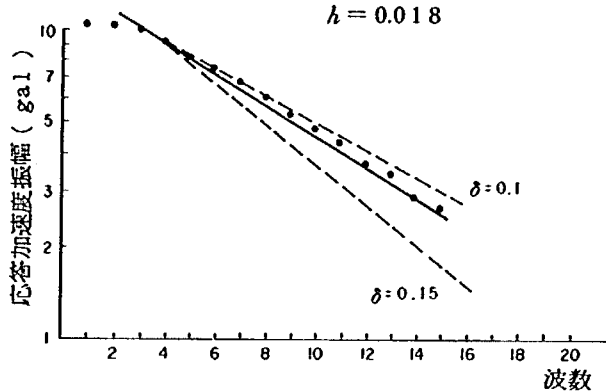
付図-2.72 振幅～波数曲線



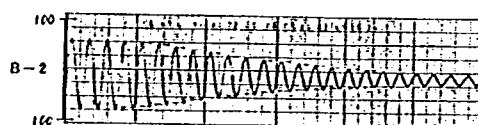
振動モード	ねじれ
測定点	B 1
データ No	4
δ	0.115

$$\delta = \frac{1}{10} \log_{10} \frac{9.2}{2.9} = 0.115$$

$$h = 0.018$$



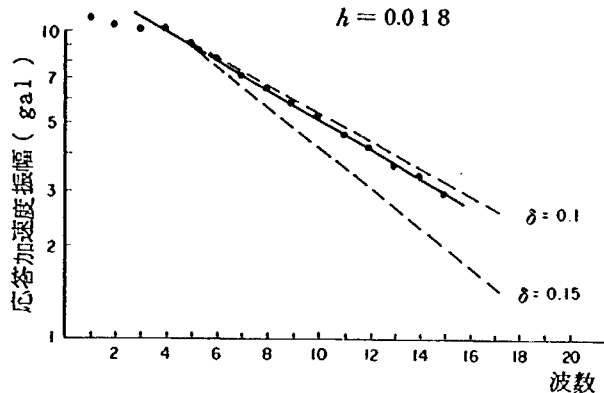
付図-2.7.3 振幅～波数曲線



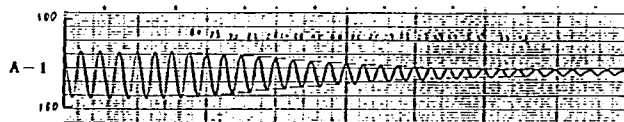
振動モード	ねじれ
測定点	B 2
データ No	4
δ	0.111

$$\delta = \frac{1}{10} \log_{10} \frac{9.1}{3.0} = 0.111$$

$$h = 0.018$$



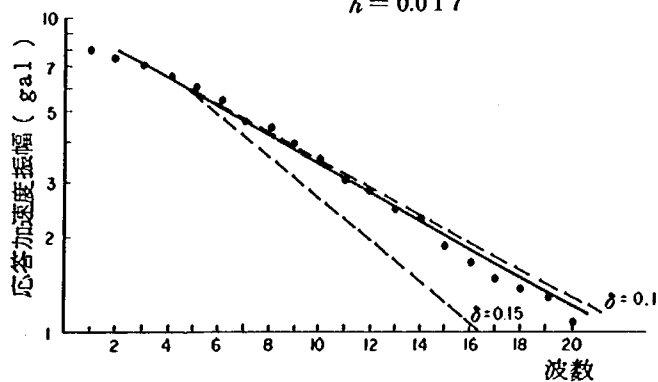
付図-2.7.4 振幅～波数曲線



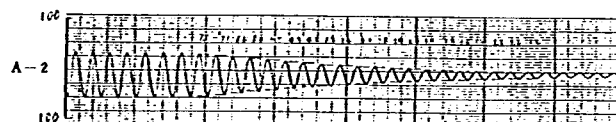
振動モード	ねじれ
測定点	A 1
データ No	5
δ	0.105

$$\delta = \frac{1}{10} \log_{10} \frac{6.6}{2.3} = 0.105$$

$$h = 0.017$$



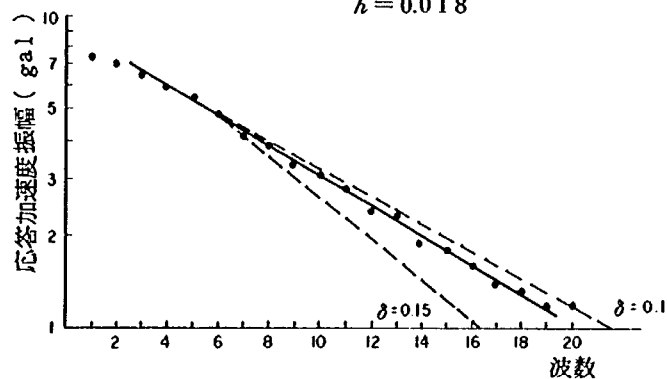
付図-2.7.5 振幅～波数曲線



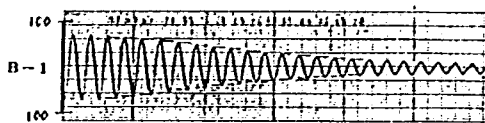
振動モード	ねじれ
測定点	A 2
データ No	5
δ	0.112

$$\delta = \frac{1}{10} \log_{10} \frac{4.9}{1.6} = 0.112$$

$$h = 0.018$$



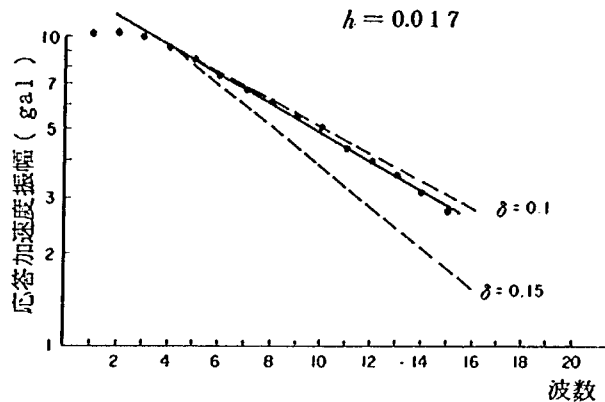
付図-2.7.6 振幅～波数曲線



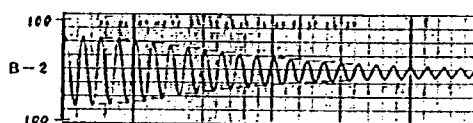
振動モード	ねじれ
測定点	B 1
データ No	5
δ	0.106

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{9.2}{3.2} = 0.106$$

$$h = 0.017$$



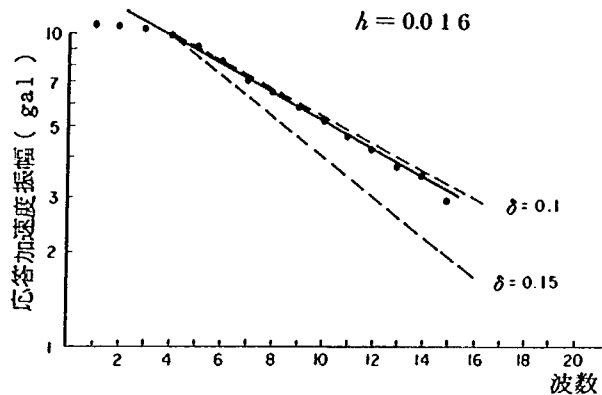
付図－ 2.7 7 振幅～波数曲線



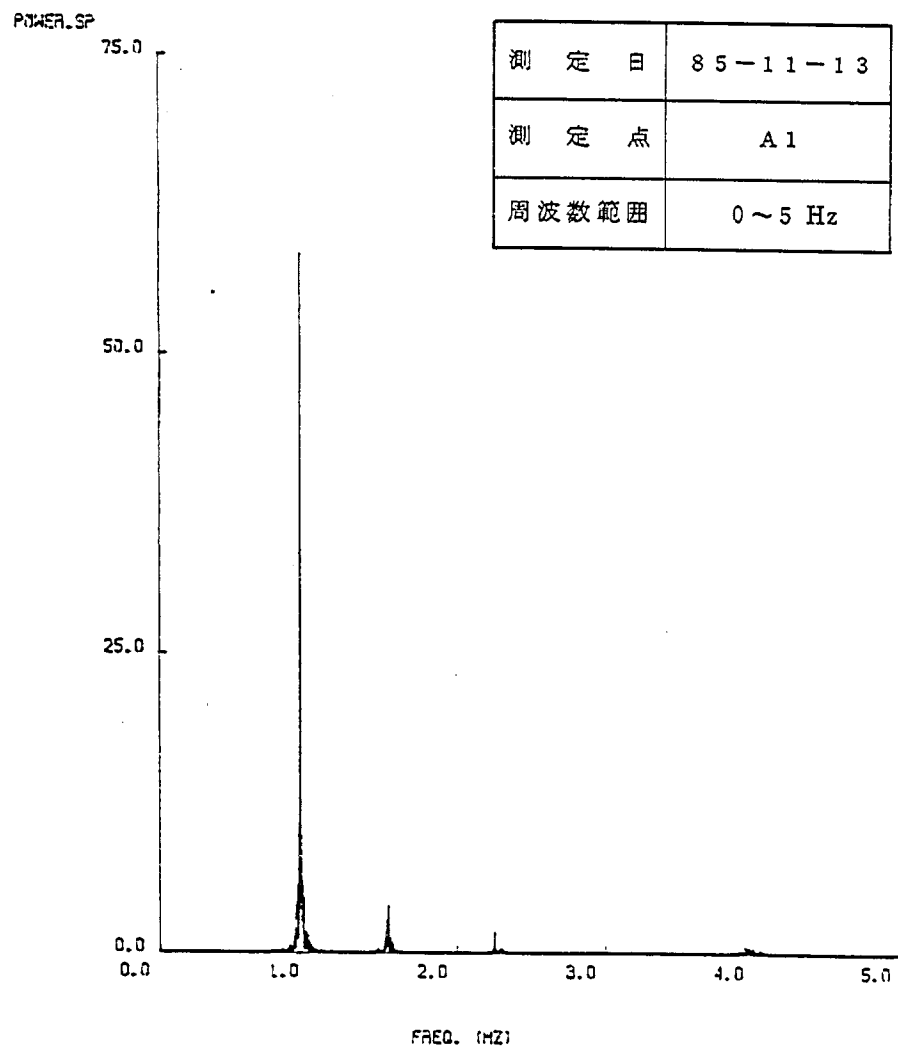
振動モード	ねじれ
測定点	B 2
データ No	5
δ	0.102

$$\delta = \frac{1}{10} \ell_n \frac{10.0}{3.6} = 0.102$$

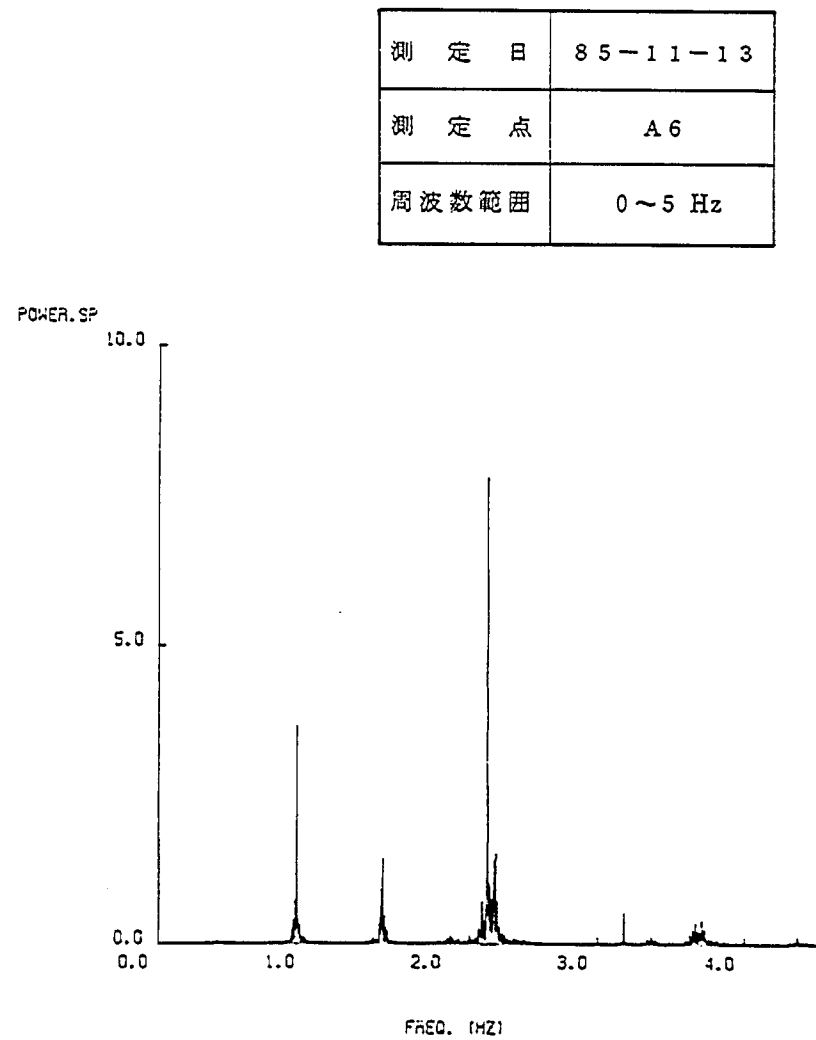
$$h = 0.016$$



付図－ 2.7 8 振幅～波数曲線

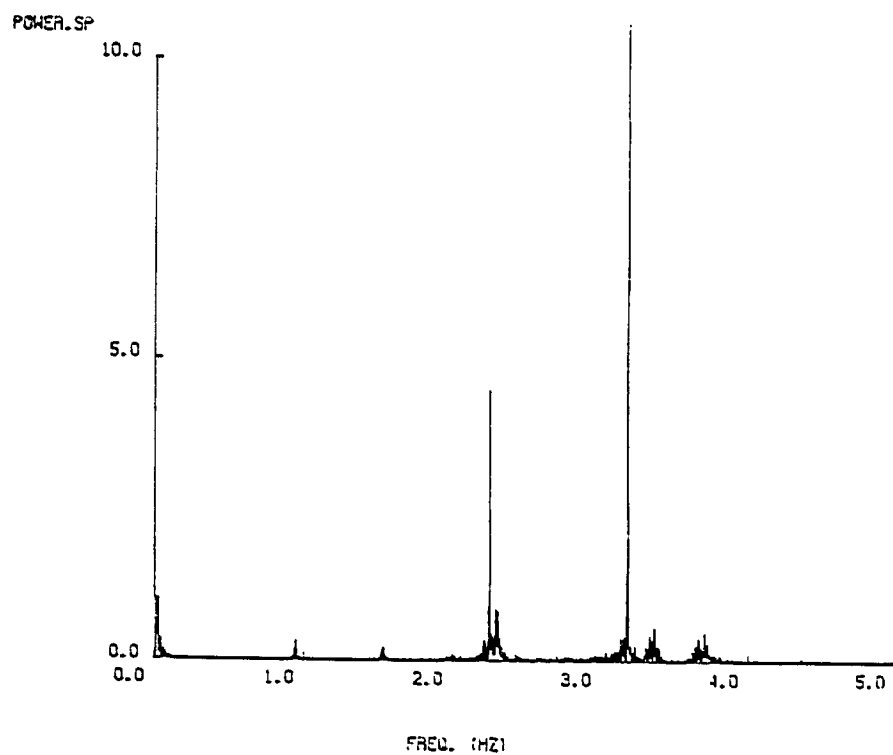


付図-3.1.1 常時微動のパワースペクトル



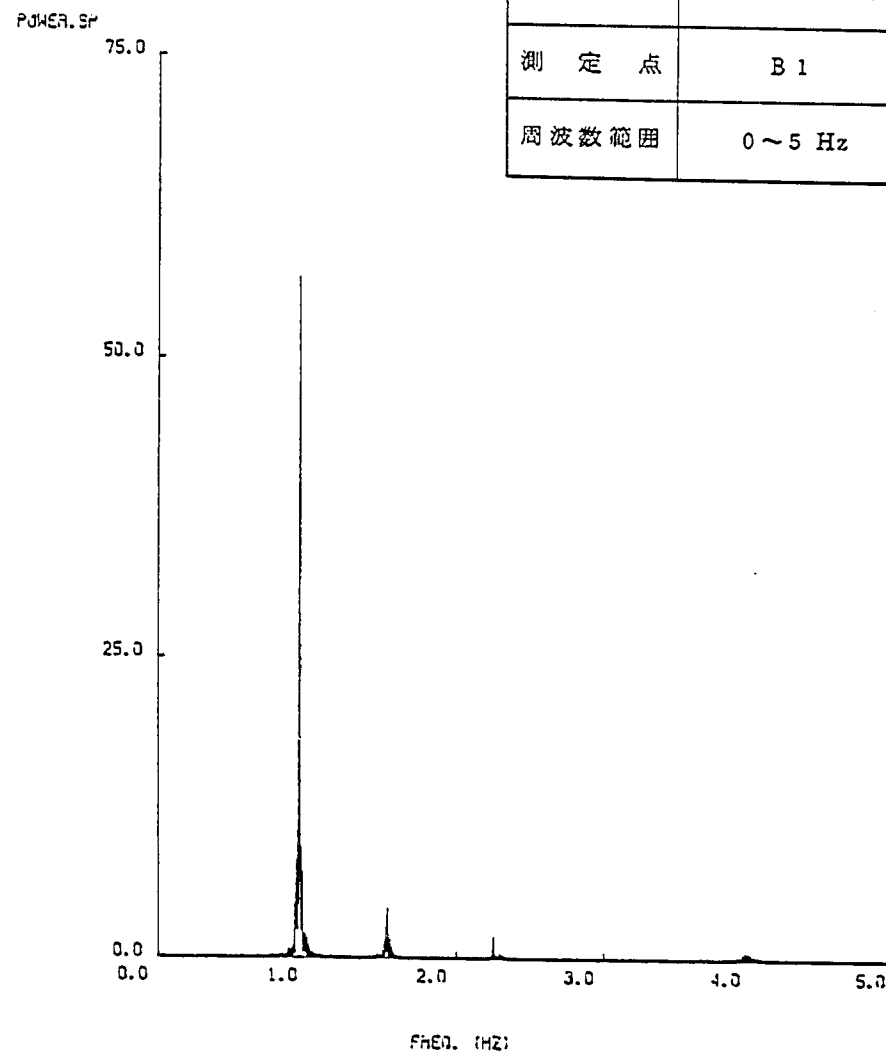
付図-3.1.2 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 3
測 定 点	A 8
周波数範囲	0 ~ 5 Hz



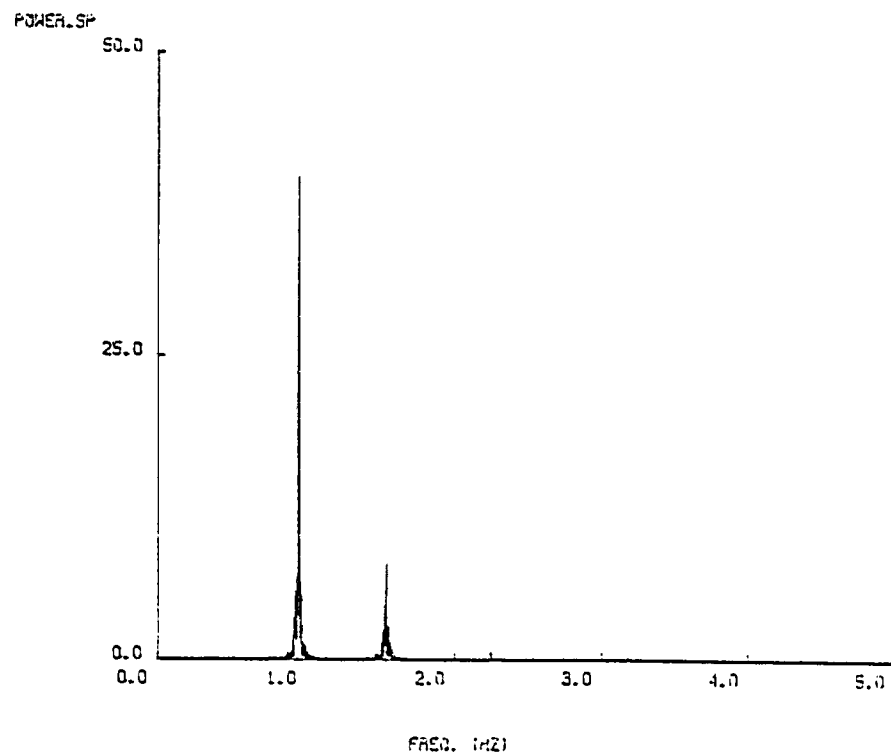
付図-3.1.3 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 3
測 定 点	B 1
周波数範囲	0 ~ 5 Hz



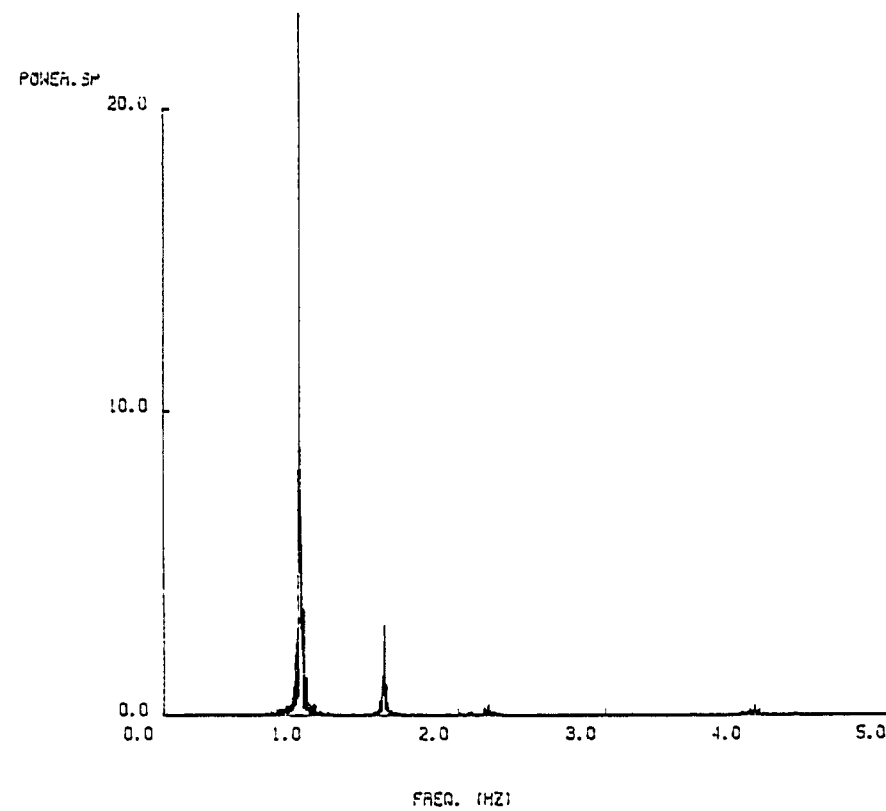
付図-3.1.4 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 3
測 定 点	B 6
周 波 数 範 囲	0 ~ 5 Hz



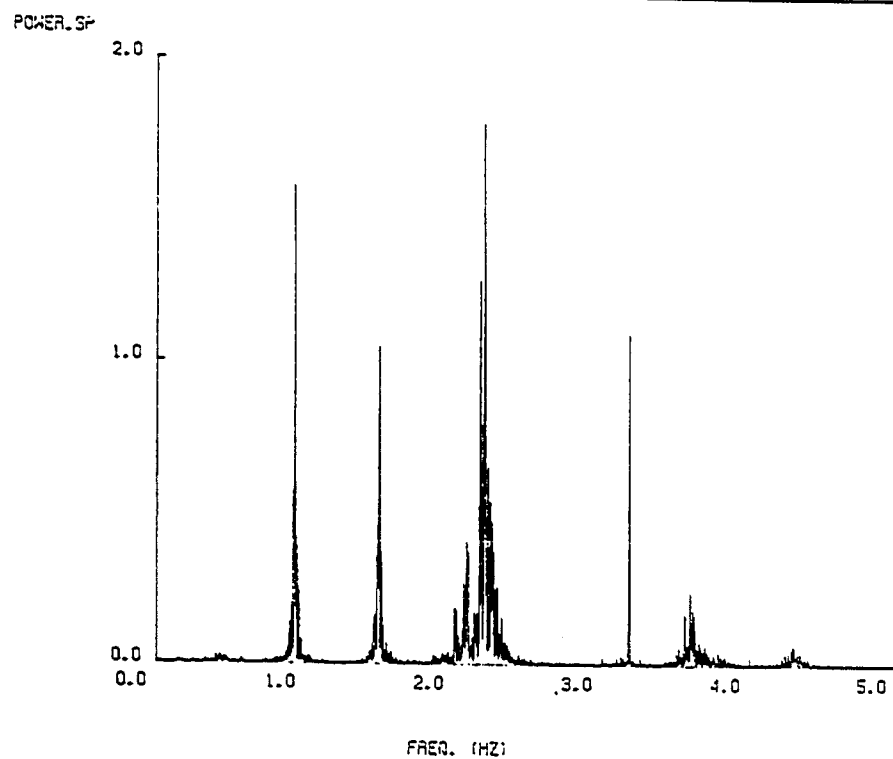
付図- 3. 1. 5 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 4
測 定 点	A 1
周 波 数 範 囲	0 ~ 5 Hz



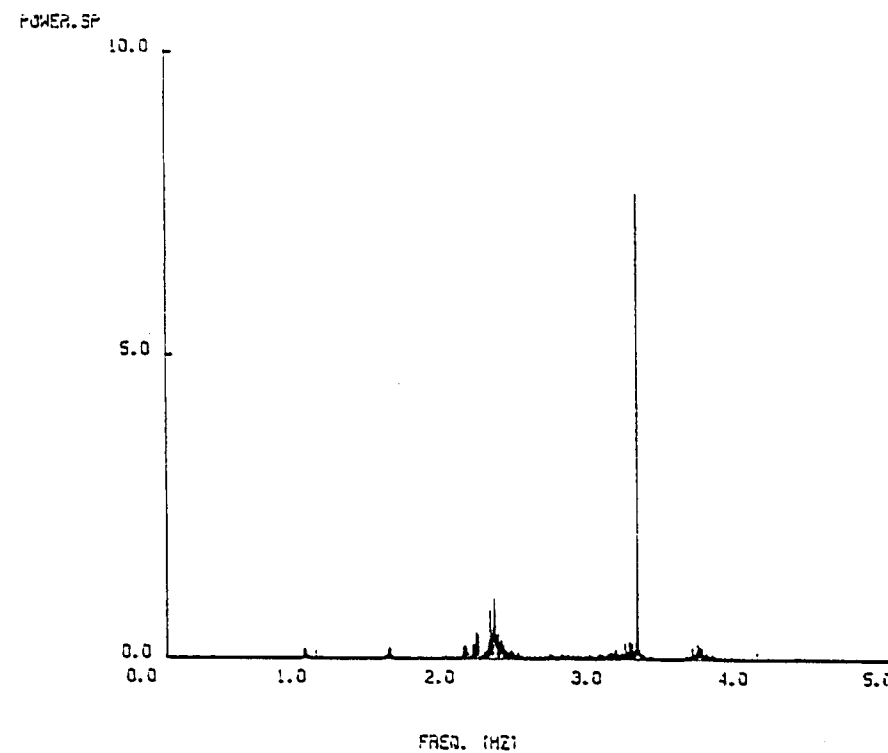
付図- 3. 1. 6 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	85-11-14
測 定 点	A 6
周波数範囲	0 ~ 5 Hz



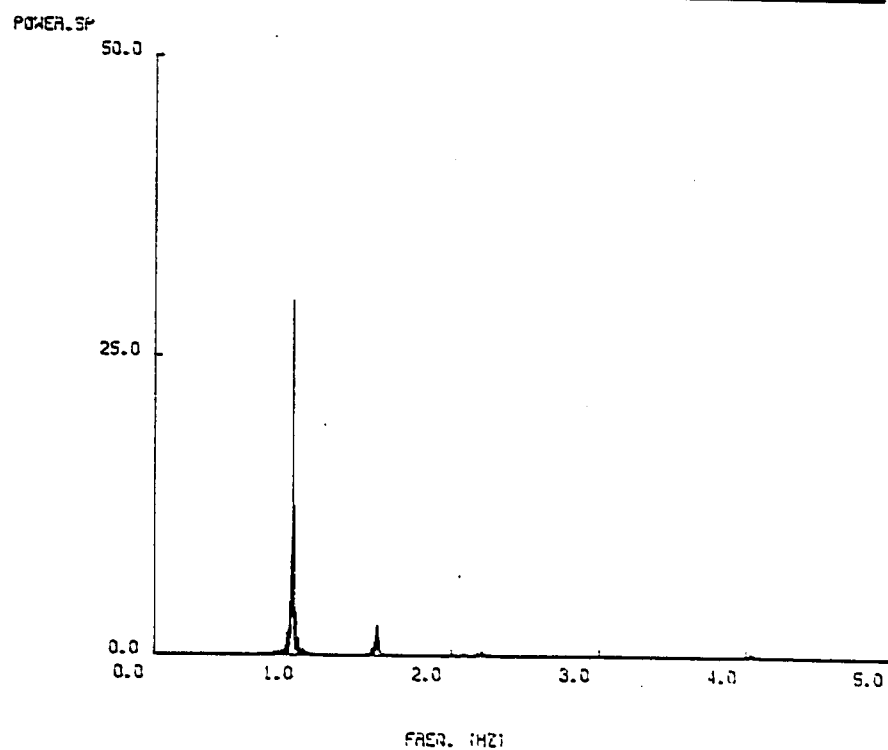
付図-3.1.7 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	85-11-14
測 定 点	A 8
周波数範囲	0 ~ 5 Hz



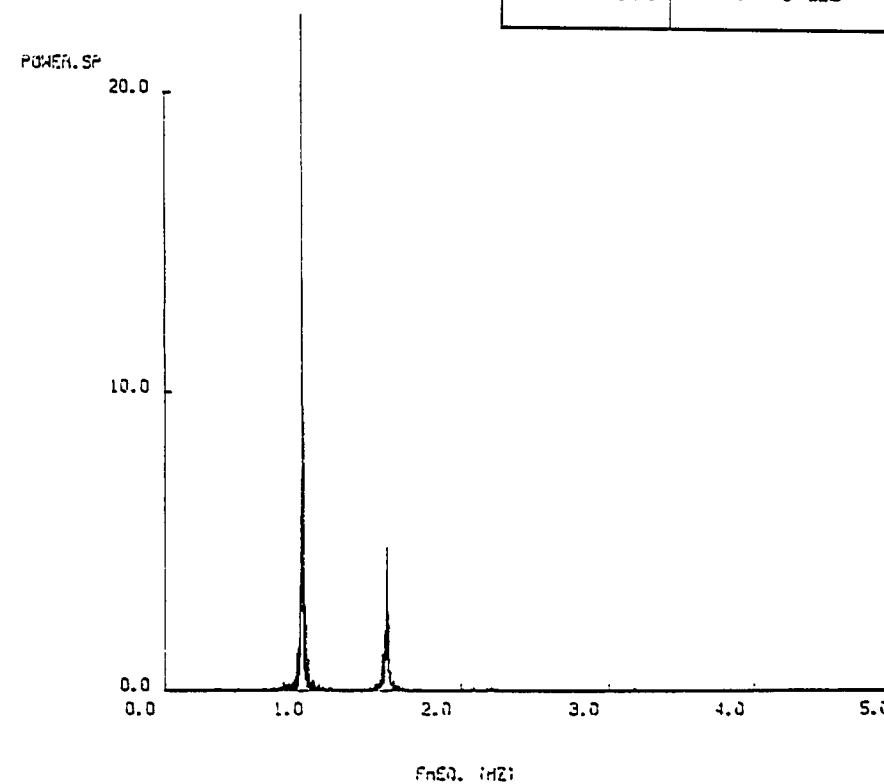
付図-3.1.8 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 4
測 定 点	B 1
周 波 数 範 囲	0 ~ 5 Hz

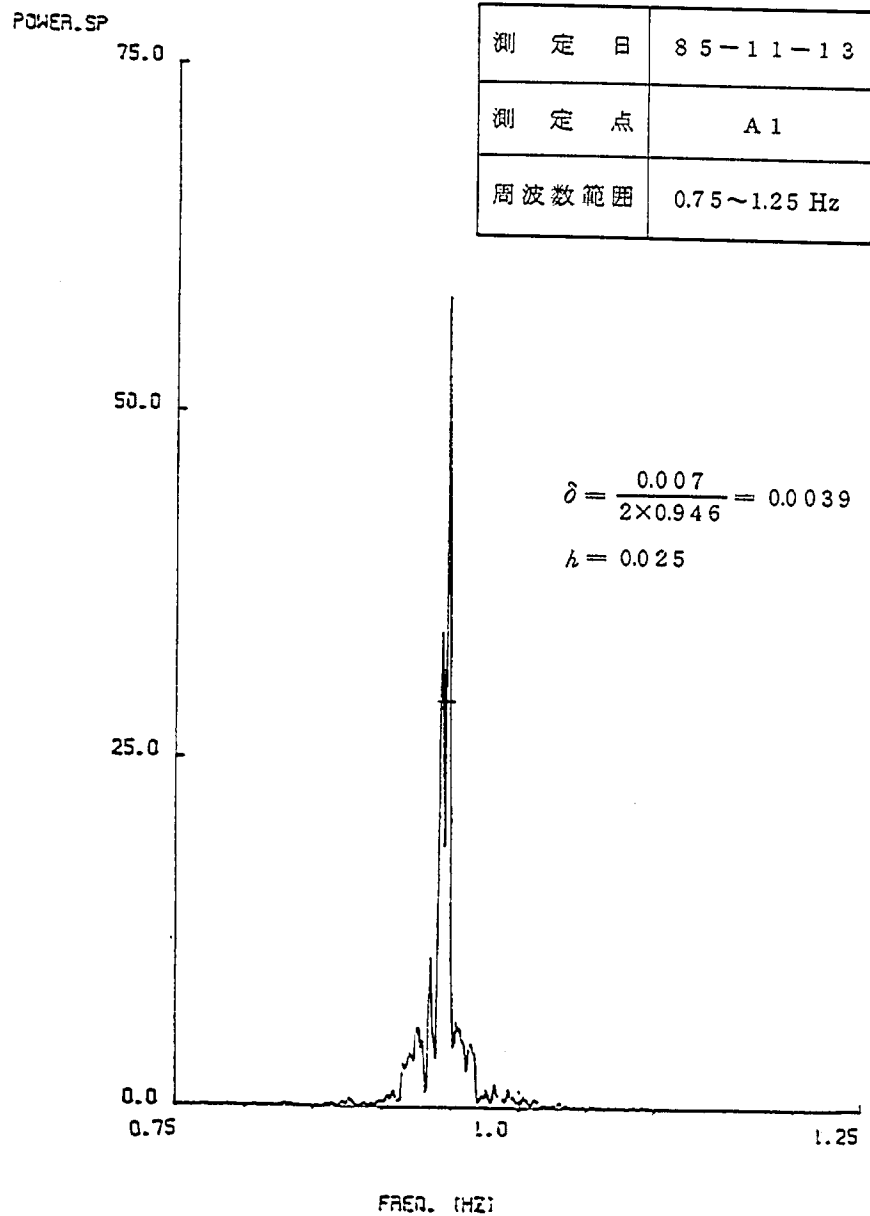


付図- 3. 1. 9 常時微動のパワースペクトル

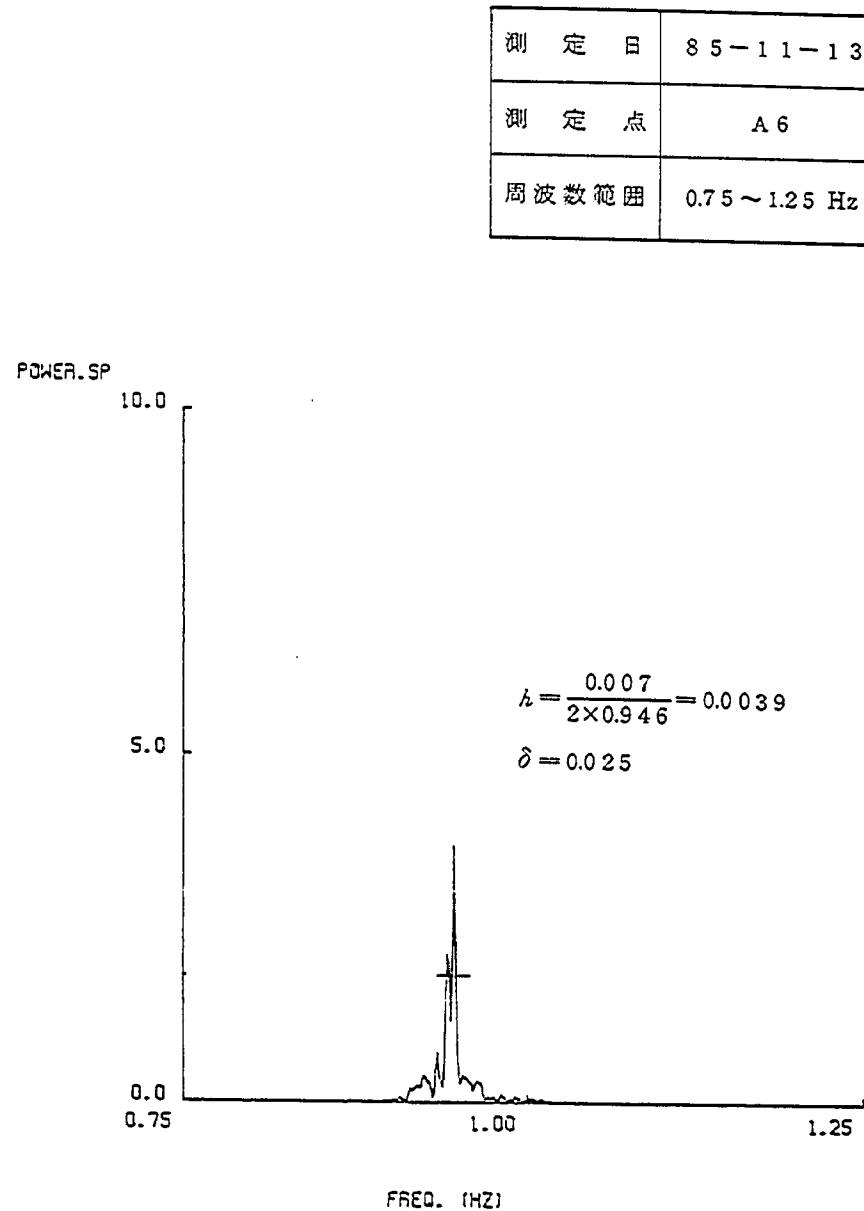
測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 4
測 定 点	B 6
周 波 数 範 囲	0 ~ 5 Hz



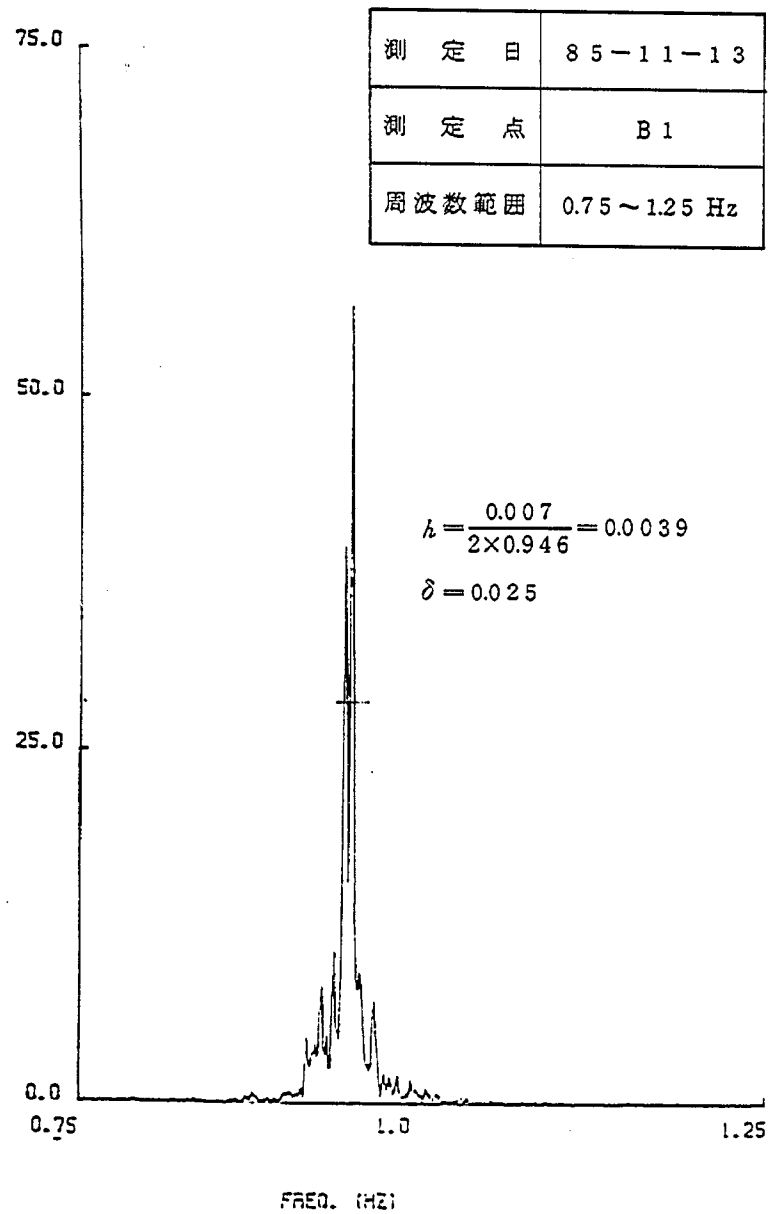
付図- 3. 1. 10 常時微動のパワースペクトル



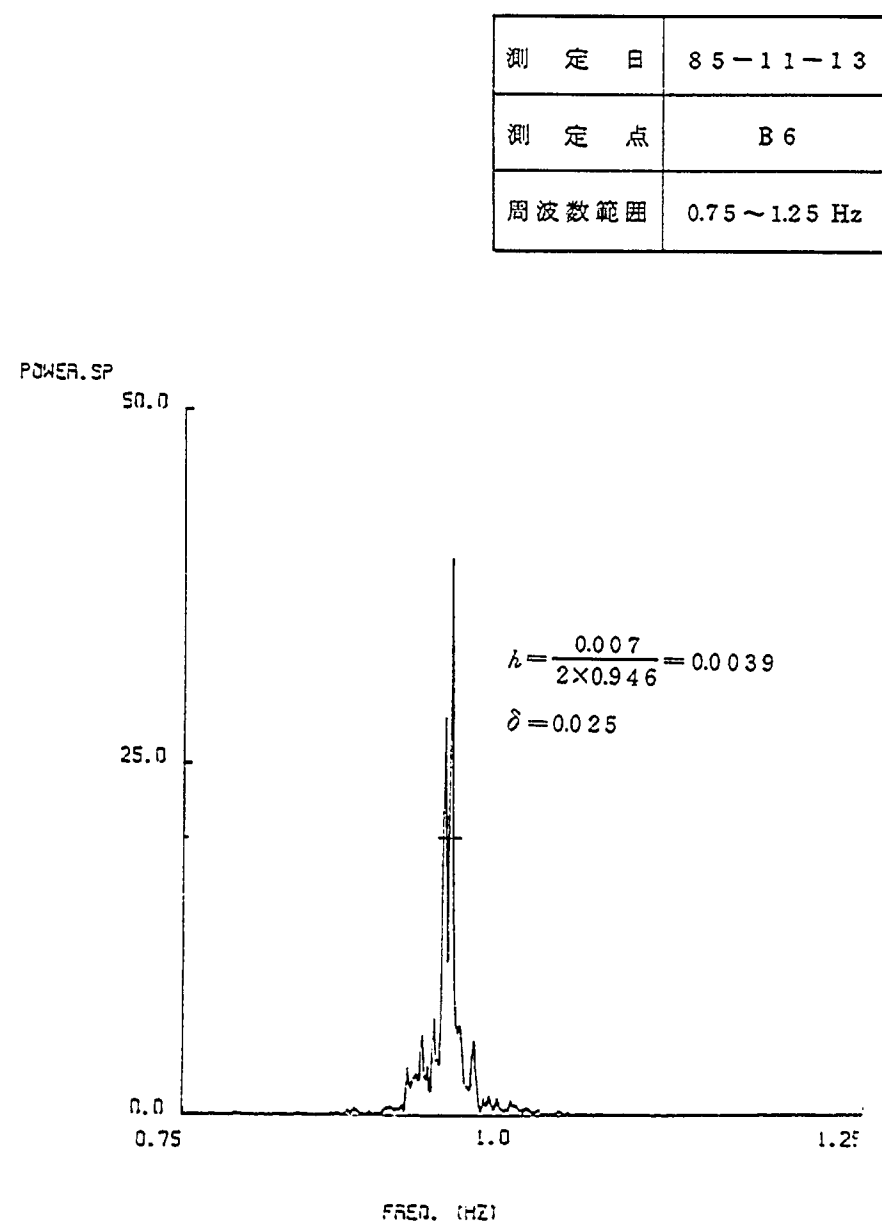
付図-3.2.1 常時微動のパワースペクトル



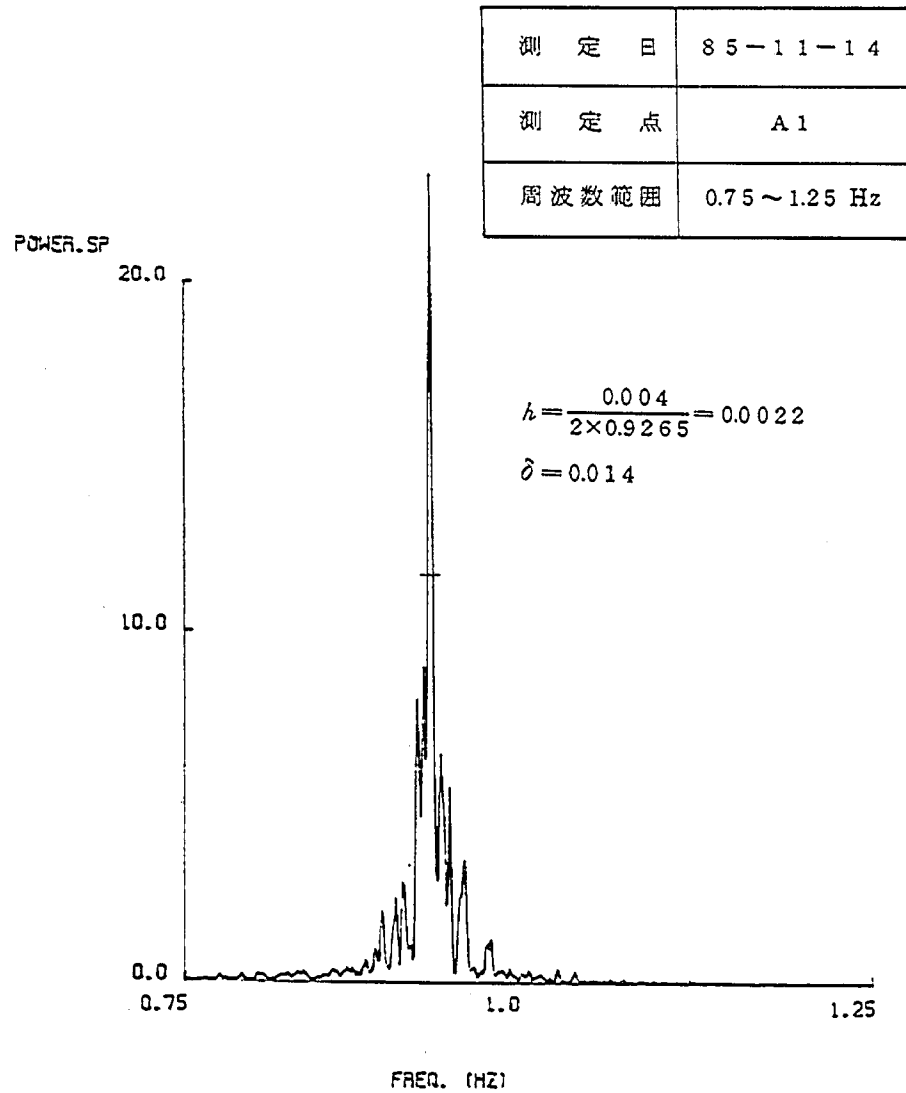
付図-3.2.2 常時微動のパワースペクトル



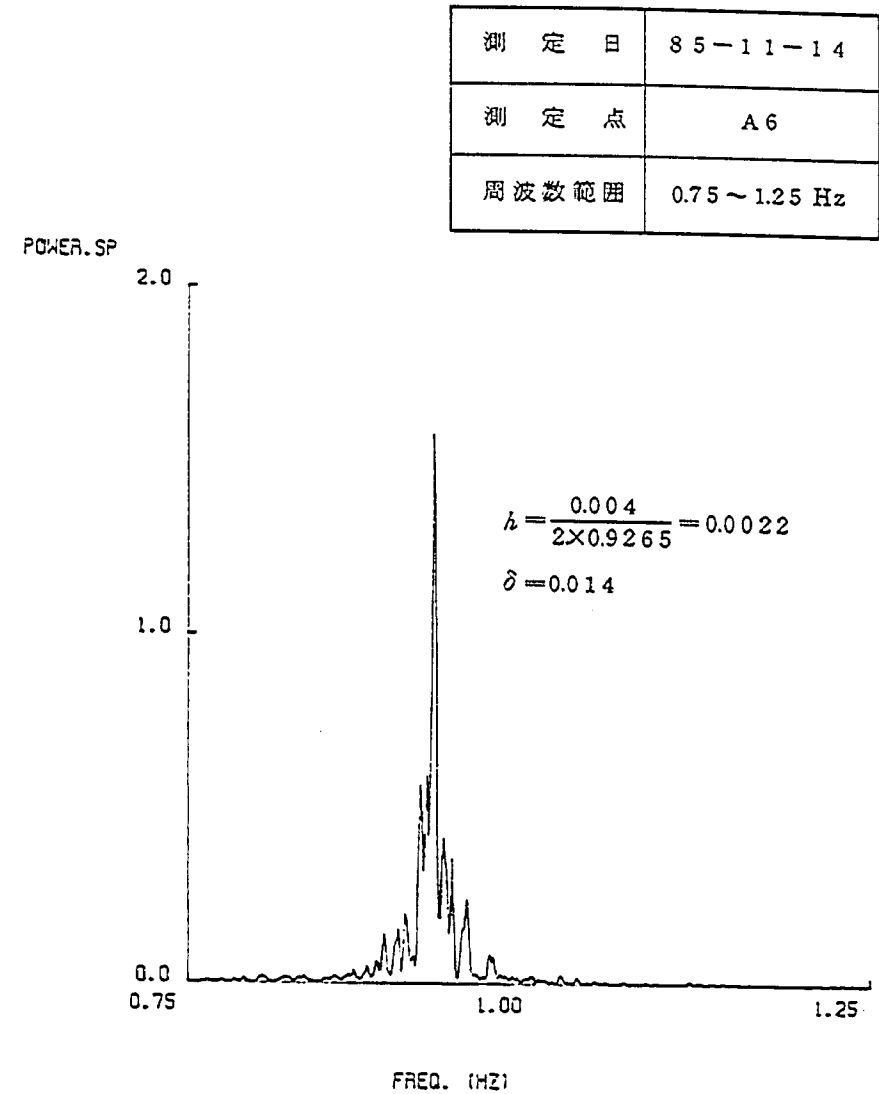
付図- 3. 2. 3 常時微動のパワースペクトル



付図- 3. 2. 4 常時微動のパワースペクトル

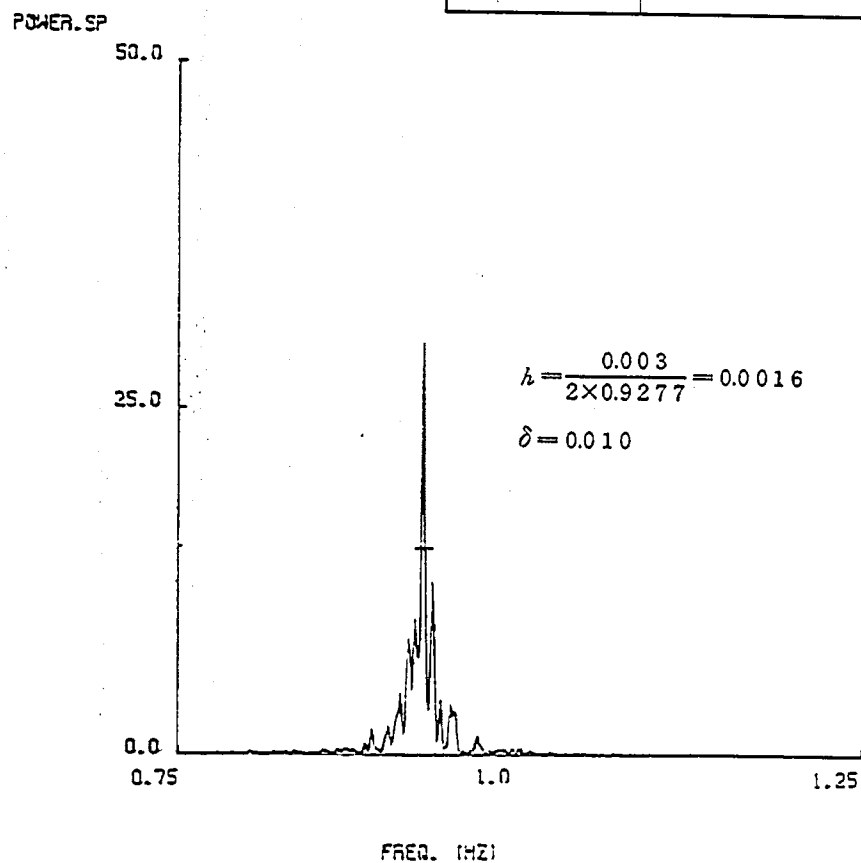


付図-3.2.5 常時微動のパワースペクトル



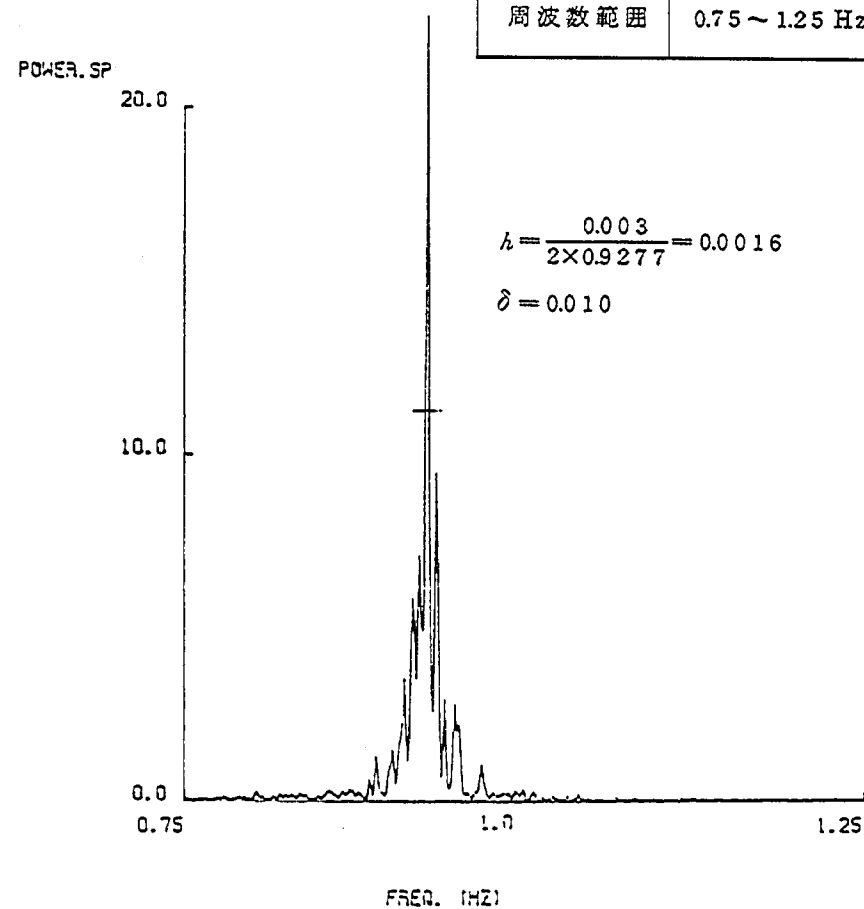
付図-3.2.6 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 4
測 定 点	B 1
周波数範囲	0.75 ~ 1.25 Hz



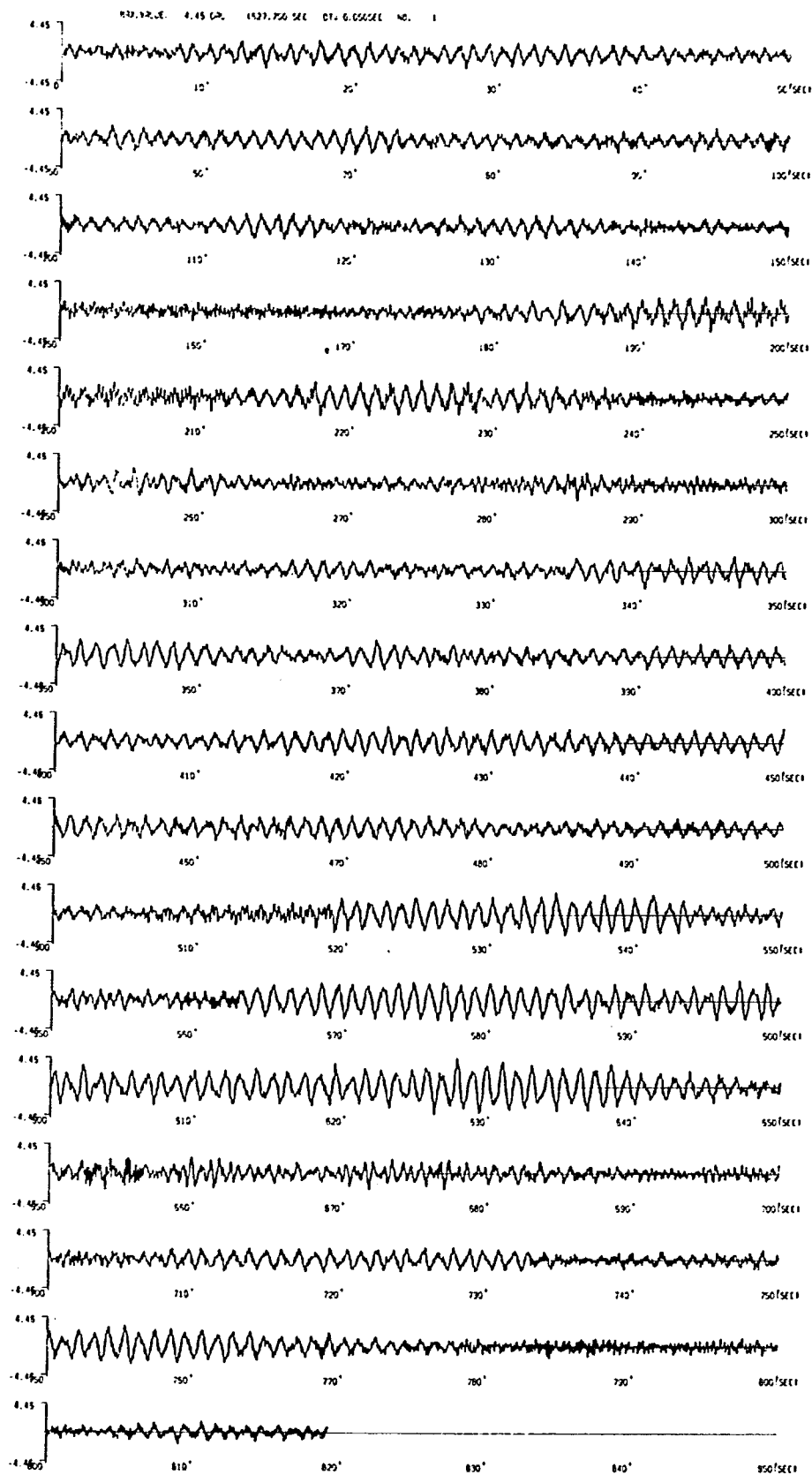
付図 - 3.2.7 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 4
測 定 点	B 6
周波数範囲	0.75 ~ 1.25 Hz



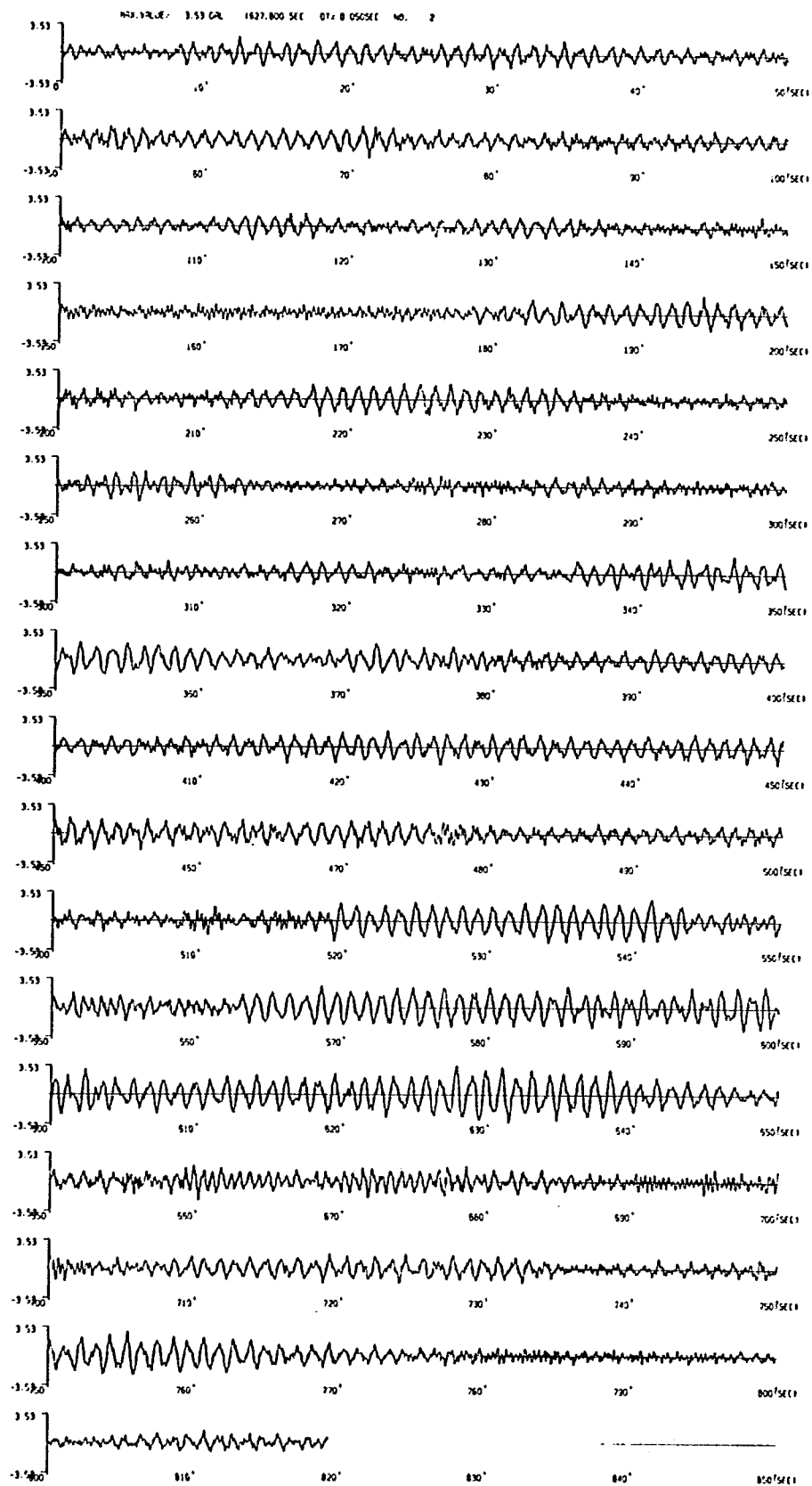
付図 - 3.2.8 常時微動のパワースペクトル

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 3
測 定 点	A - 1



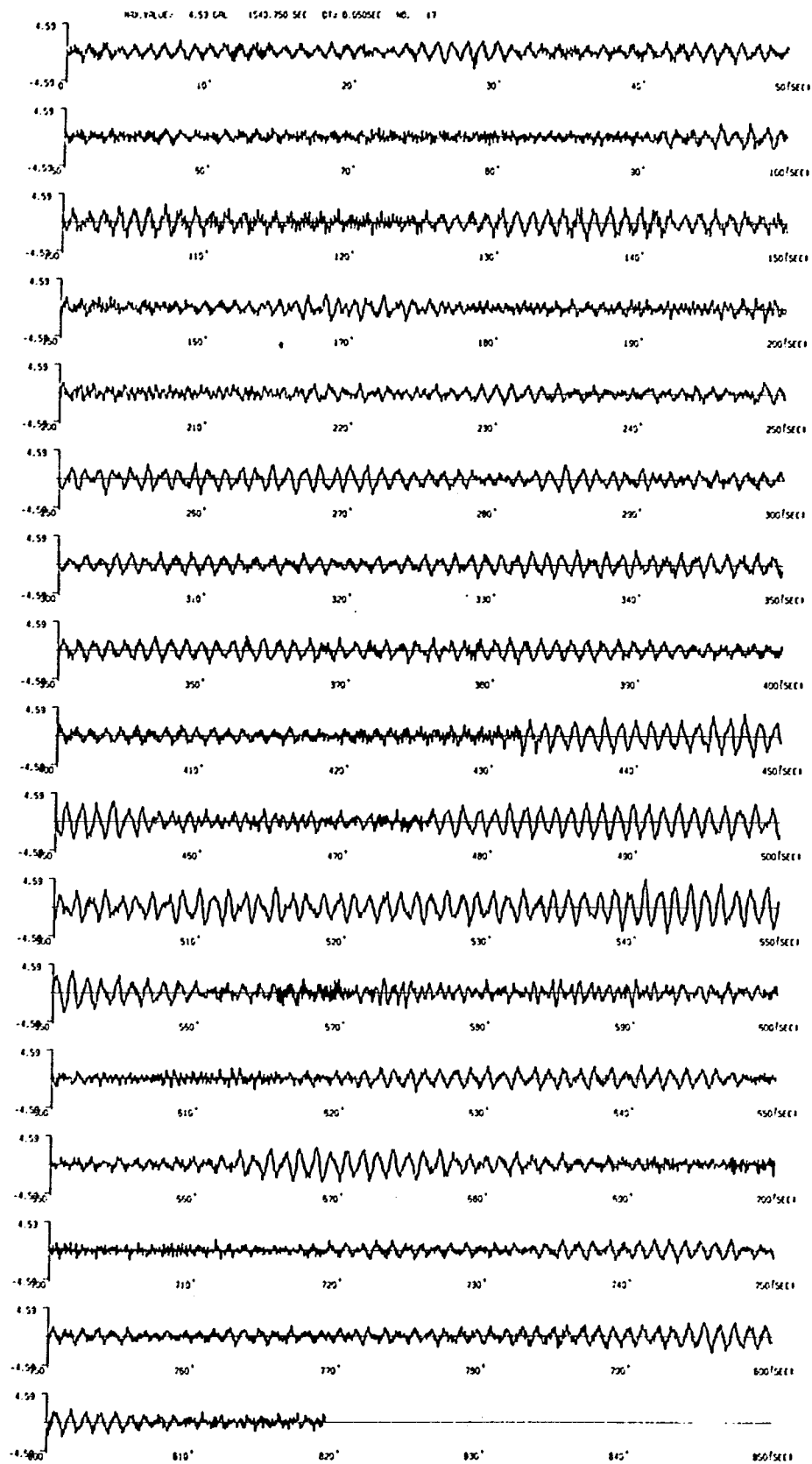
付図 - 4. 1 常時微動波形

測定日	85-11-13
測定点	A-2



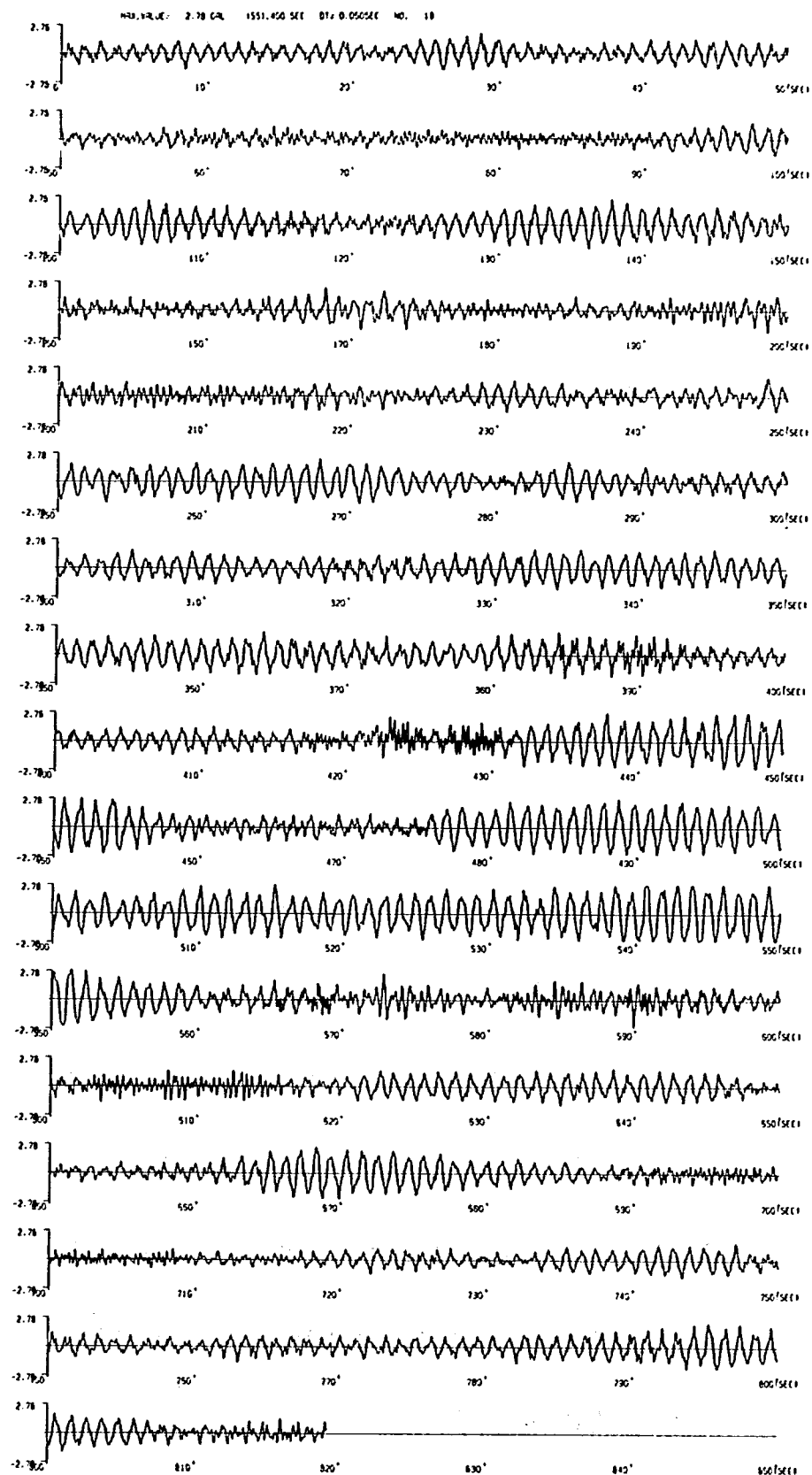
付図— 4.2 常時微動波形

測定日	85-11-13
測定点	B-1



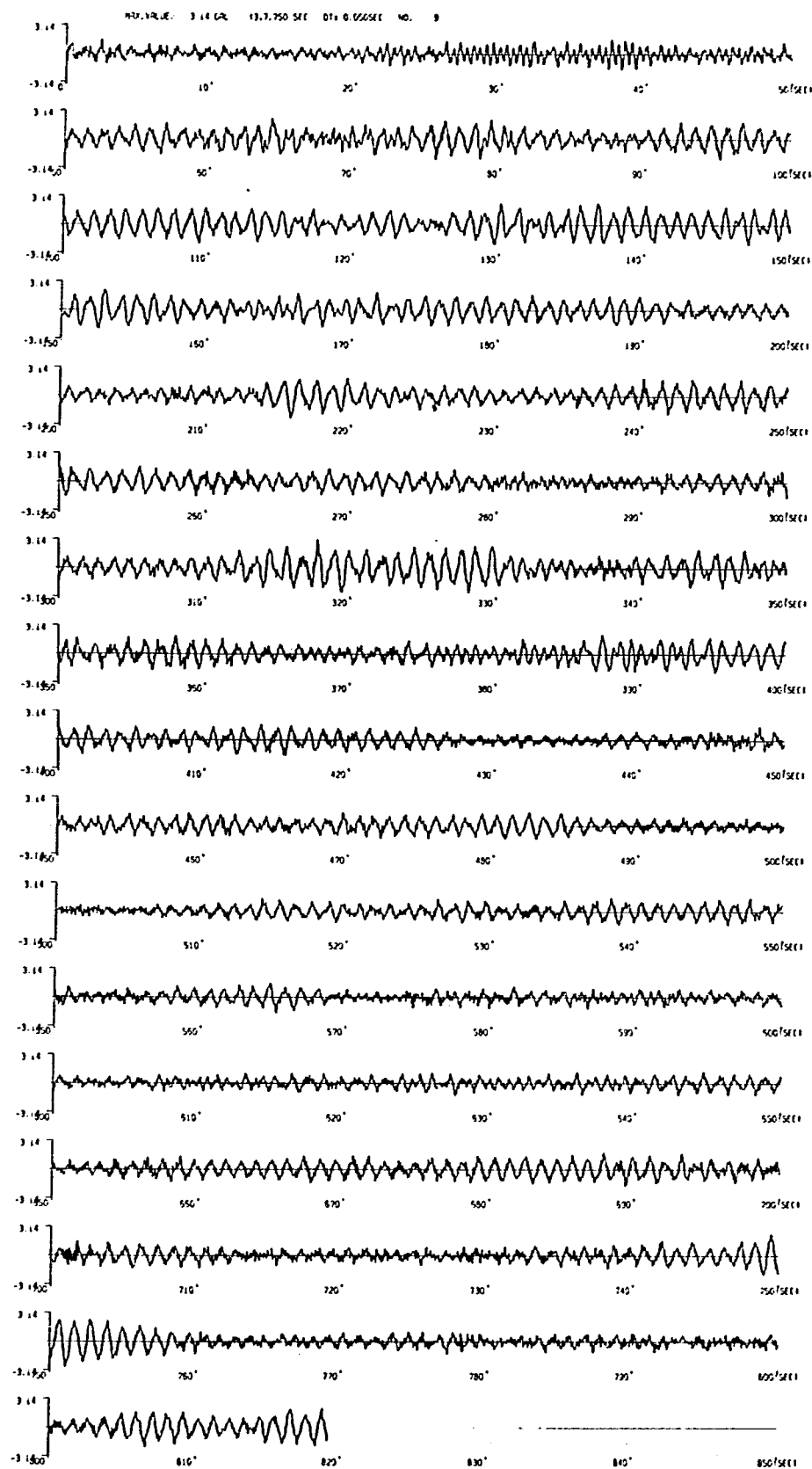
付図 4.3 常時微動波形

測定日	85-11-13
測定点	A-2



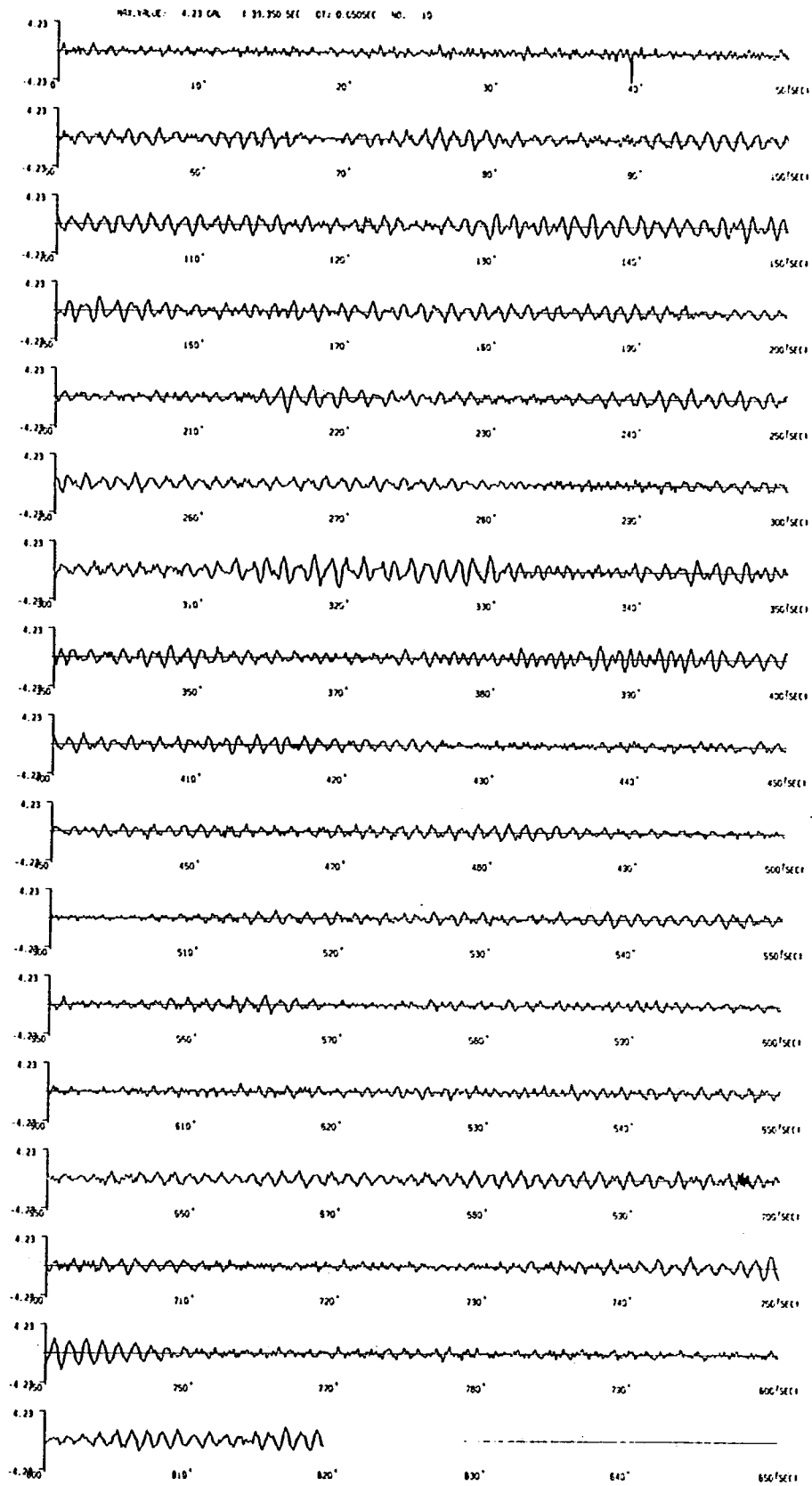
付図-4.4 常時微動波形

測定日	85-11-14
測定点	A-2



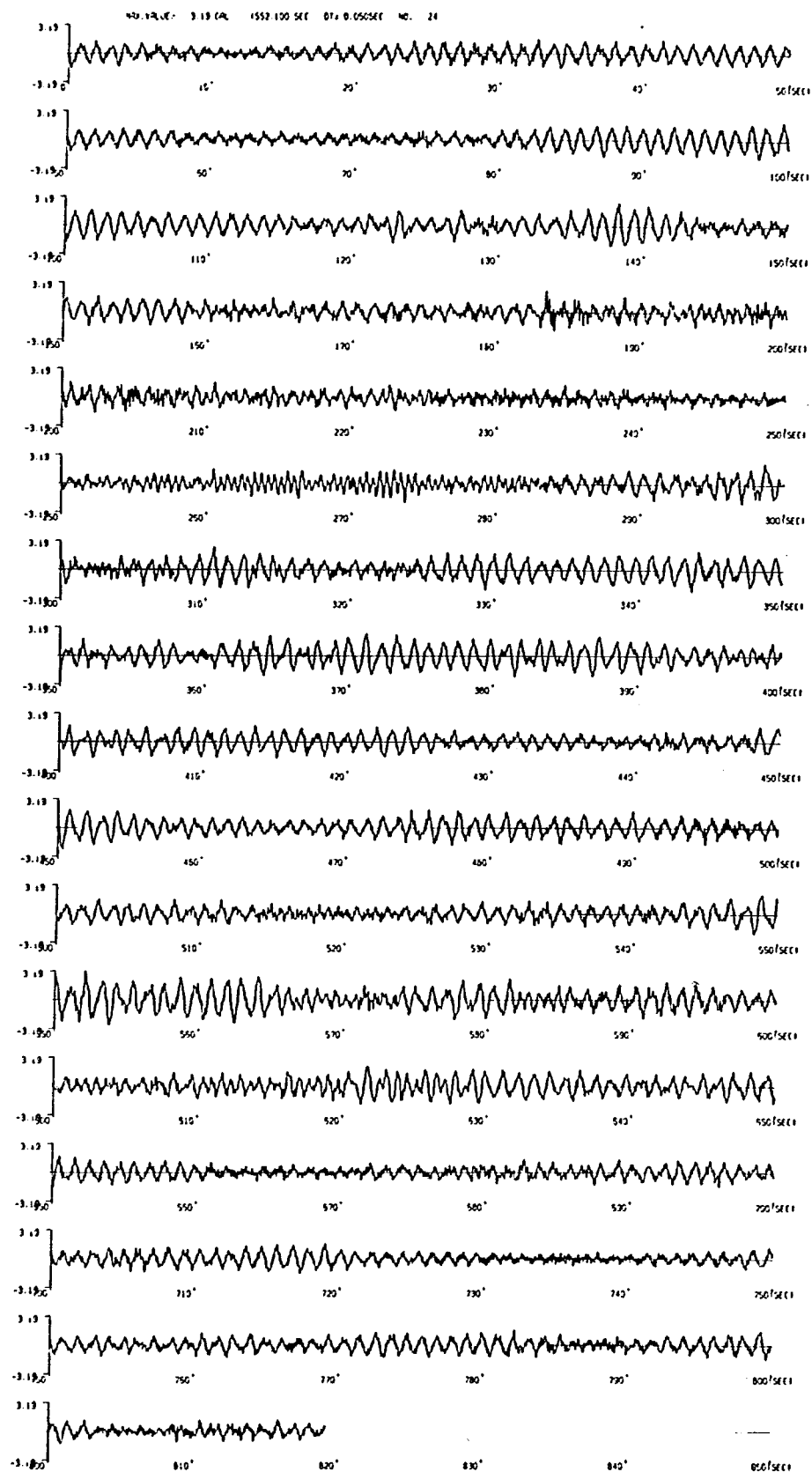
付図— 4.5 常時微動波形

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 4
測 定 点	A - 2



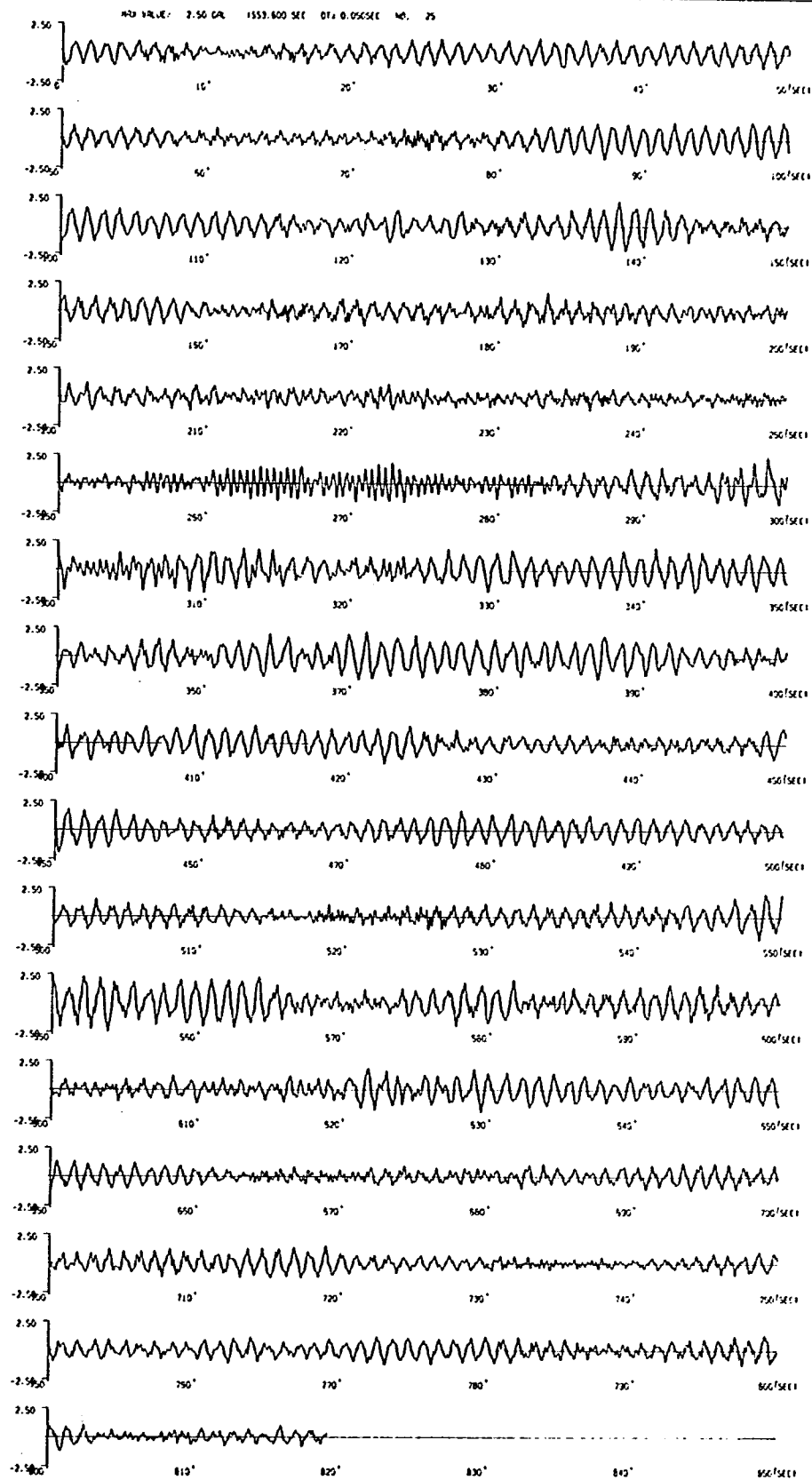
付図— 4. 6 常時微動波形

測定日	85-11-14
測定点	B-1



付図-4.7 常時微動波形

測 定 日	8 5 - 1 1 - 1 4
測 定 点	B - 2



付図 - 4.8 常時微動波形

塩浜工区鋼箱桁橋振動実験報告書

ISSN 0386-5878

土木研究所資料 第2382号

昭和61年5月 (1986)

構造研究室

横山 功一

中神 陽一

永原 隆

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、阪神高速道路湾岸線塩浜工区鋼箱桁橋(4径間連続鋼床版箱桁橋, $54.3+70.0+120.0+96.3m$)において起振機実験ならびに常時微動の計測を行なった。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

305-□□

40円切手
をはいて
下さい。

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. 1

No. 1

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2382号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印