



Aero-26
ST. Section.
2

土 木 研 究 所 資 料

第 1016 号

天草 2 号橋吊材の振動実験報告書

昭和50年 2 月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

ま え が き

昭和49年2～3月に、天草2号橋の吊材の振動特性を把握することを目的とした振動実験が行なわれた。本報告書はその結果を取りまとめたものである。

なお、この実験および解析には元構造研究室員 石川泉君も参加したことを付記する。

昭和50年2月

構造研究室	室 長	成 田 信 之
	研究員	横 山 功 一
	室 員	野 村 一 夫

目 次

1. 概 説	1
1.1 実験の目的	1
1.2 問題の背景	1
2. 実験方法	2
2.1 一 般	2
2.2 加振方法	2
2.3 測定項目, 測定器	3
3. 実験結果と考察	3
3.1 共振々動数	3
3.2 減衰定数	4
4. 結 論	4
あとがき	5
Appendices	7
表, 図, 写真	17

1. 概 要

1.1 実験の目的

近年、橋梁吊材が風により振動し、破損に至る事故が起きたと報告されている。また、それらに対する振動対策についても検討が行なわれている。^{(1)~(5)}

天草2号橋は、支間15.6mのランガー橋であるが、台風の際にその吊材が振動していることが観測され、8ミリ映画に記録された。それによると、⁽⁶⁾ 水平迎角 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 、風速 $19 \sim 26 \text{ m/s}$ でねじれ振動が生じ、ねじれ角の最大倍振幅は約 5.5° 、また水平迎角 90° 近く（橋軸方向）、風速 20 m/s 以下で曲げ振動を生じ、その時の振幅は約 10 mm であった。しかし、その後の調査で幸い亀裂などの被害は発見されなかった。

振動が比較的低風速で生じていること、生じた振幅が大きいこと、その後に行なわれた風洞実験で観測された吊材の振動はねじれフラッターであると推定されたことなどから、何らかの対策が必要であると考えられるが、検討のための資料が不足しており、そのために今回の実験が計画された。実験は静的載荷試験と動的振動試験が行なわれた。静的試験は日本橋梁学会が担当し、曲げおよびねじれ載荷時の吊材端部の応力状態および固定度を、また動的試験は土木研究所が担当し、曲げ振動およびねじれ振動の固有振動数・減衰定数など動特性を求めることとした。静的試験の結果は別に報告されており、⁽⁷⁾ ここでは動的試験についてのみ報告することにする。

1.2 問題の背景

橋梁吊材の耐風設計法の作成の流れ図

- 現在までのところ確立された橋梁吊材の耐風設計法はなく、実施設計の際に多くの場合その検討がないがしろにされているのが実情である。土木研究所ではこのような実情を鑑み、数年前から吊材の耐風設計法確立のための調査を進め、暫定的な設計計算法を提案してきた。耐風設計法作成のための調査は右図に示すような流れで進められて行くものと考えられる。現在までに、建設省道路局により吊材の諸元調査と土木研究所により一部のH型断面に対し風洞実験が実施され、その空力特性についての検討が行なわれ
1. 被害調査
 2. 吊材諸元調査 → 振動数, 減衰率, 許容応力度
 3. 標準断面の選定
 4. 風洞実験による空力特性調査
 5. 応答の推定
 6. 細部構造の検討 → 継手応力照査, 疲労に対する検討
 7. 耐風設計法(対策) → 断面形状, 継手構造

ている。今回の動的試験は前ページの流れ図の2番に、また静的試験は6番に関する資料の収集と考えられる。

天草2号橋の吊材の耐風性に関する問題点で、従来の概念から大きく変わっている点は、H型断面の吊材は風により曲げ振動の限定振動が生じると考えられていたのに対し、ねじれ振動を生じ、しかもその振動は破壊に直接的につながるねじれフラッターであると考えられる点である。

2. 実験方法

2.1 一般

実験対象とした吊材は、天草2号橋(写真-1)の有明海側の吊材で、支間中央および大矢野島側よりの2本の計3本である。これらの吊材が台風の際に振動を生じたものである。

天草2号橋の一般図を図-1に、諸元を表-1に示す。また、吊材の諸元を表-2に示す。

実験は吊材の曲げおよびねじれの自由振動実験から、固有振動数と減衰定数を求めるものである。

また実験に先立ち、初期変位を与えるために必要な加振力と、固有振動数の推定を行なった。その結果はAppendix AとBに示されている。

2.2 加振方法

吊材の加振方法としては、予め吊材に与えた変形を瞬時に解放する方法を用いている。これは曲げ振動・ねじれ振動ともに同じである。つまり図-2、写真-2に示されるような載荷装置を実験対象吊材の1/2点に取り付け、これにケーブルを結び隣接する吊材を利用して方向を転じ、写真-3のようなレバーブロックを用いケーブルを引張ることにより初期変形を与える。その概略は図-3に示される通りである。曲げ振動の場合、およびねじれ振動の場合のケーブルの張り方がそれぞれ写真-4、5に示されている。

荷重は吊材の1/2点の変位量を道路反対側の歩道に設置されたトランシットで読みとり、変位量が一定になるまで加えた。また、この時の荷重は載荷ケーブル途中に取りつけられたロードセルにより読み取られた。加えられた初期変形は、1/2点の変位量が曲げ振動で9mm程度(載荷力約500Kg)、ねじれ振動で約3°程度(載荷モーメント約250Kg・cm)であった。

荷重の除去方法は、電磁石を利用した除荷装置(写真-6)により行なった。

2.3 測定項目・測定器

測定は、吊材の1/2点、1/4点の外側および内側フランジに取りつけられた合計4台の加速度計により、曲げまたはねじれ振動時の加速度を測定した(写真一7)。用いられた計測器は図一4に示される通りであり、データはデータ・レコーダに記録されると同時に、電磁式オシログラフにも出力された。

なお実験は各吊材に対し3回ずつ行った。

3. 実験結果と考察

3.1 共振々動数

共振々動数は、曲げ振動の場合は吊材に取りつけられた加速度計4台のそれぞれについて電磁式オシログラフによって記録された波形の20波分を読み取って求めた。ねじれ振動の場合、大部分の記録はうなりが生じた。これは除荷の際に2本のケーブルを同時に載荷装置から離しているが、どうしても偏載荷重が残る；ねじれ振動に曲げ振動が含まれるためではないかと考えられる。そこで曲げ振動の影響を除去するため、 $l/2$ 点、 $l/4$ 点に取りつけられているそれぞれ2台の加速度計の出力をA/D変換し、電子計算機を用いて次式によりXを求め、これに対し固有振動数および減衰定数を算定した。

$$X = (x_1 - x_2) / 2 \quad \text{ただし } x_1, x_2 \text{ は加速度計の出力 } (0 \sim 10.0)$$

得られた結果は表一3、4に示されている。測定は5000～6000 rpmの範囲で行った。

これらの結果は台風時に観測された結果および実験前に行なった計算結果とはかなりの差がある。これは加振のために載荷装置を取りつけたため、重量が増加したためと考えられる。

Appendix Cの方法で補正を行なうと表一5のような結果が得られた。

曲げ振動の固有振動数の計算値は、Appendix Bによれば、従来から言われているように、両端部をピンあるいは固定と仮定した場合、値にはかなりの差があり、固有振動数には端部の拘束条件の影響が大きいことが分る。また、軸力の影響は、吊材の長さが短い場合には影響は少ないが、吊材No 8のように長さが20mを超すものでは約10%ほど振動数を高める結果となっている。

曲げ振動の固有振動数の実測値を計算値(Appendix B)と比較すると、両端ピン支および両端固定と仮定して計算された値の間にあり、次式で表わされる。

$$f_B = f_{\text{ピン支}} + 0.4 \times (f_{\text{固定}} - f_{\text{ピン支}})$$

ねじれ振動の固有振動数の計算値は、Appendix Bにより、St. Venantのねじりを考慮した場合と曲げねじれを考慮した場合とでは、その値にかなりの差があることが分る。また

軸力を変化させて影響を調べたが、今回は結果には大きな差は生じなかった。実測値を計算値と比較すると、曲げねじれを考慮した場合とよく合っている。ただし計算値よりも約10%程度低くなっている。

3.2 減衰定数

固有振動数を求めたと同じようにして、自由振動減衰波形より減衰率を読みとった。その結果は表-7に、曲げ振動の振幅と減衰率の関係が図-5(1)~(9)に示されている。

これらの実験結果を見ると吊材の減衰率は一定の傾向を示していない事が分る。つまり、(1)、同一の吊材でも実験6によりその値が異なっている。また、(2)、同じ実験6でも加速度計の取り付け位置でやや差が生じている。更に、(3)、振幅との関係では、振幅が減少するにつれて減衰率が増加・一定・減少と3通りの異なった傾向を示している。これらの原因としては、除荷の方法・記録の読み取りなどが考えられるが、はっきりとは分らない。

載荷装置の影響は重量の増加だけに限定され、減衰能には影響しないものと仮定してAppendix Dの方法で補正することができる。ねじれ振動はこの方法により補正したが、曲げ振動では実験値のパラツキが大きく補正係数が小さいことから、この差は無視することができるとした。

従来の測定データは少ないが、吊材の曲げ振動の対数減衰率は、吊材の長さにより異なり、0.01~0.04の範囲にあると言われている(表-7参照)。しかし今回の実験からはややパラツキが多いが、0.005~0.025程度の結果が得られた。これは従来の値と比してかなり小さいので、長さの長い吊材の設計の際には注意する必要があると思われる。また、ねじれ振動の対数減衰率も曲げ振動とほぼ同じ程度の結果であった。

減衰には端部固定状況・構造が大きく影響すると考えられる。更に多くのデータの収集が望まれるところである。

4. 結 論

今回行なつた実験結果をまとめると次のようになる。

- (1) 曲げ固有振動数は、両端をピンチ、固定と仮定した場合の計算値の中間の値をとり、次式で表わされる。

$$f_B = f_{\text{ピンチ}} + 0.4 \times (f_{\text{固定}} - f_{\text{ピンチ}})$$

- (2) ねじれ振動数は、曲げねじれを考慮した計算法を用いるのが適当と思われるが、計算値は

やや大きめの結果を与える。

- (3) 構造減衰は、実験値にはバラツキが多かったが、対数減衰率で0.005～0.025程度で、従来考えられていた値よりもかなり小さく、長さの長い吊材の設計には注意しなければならない。

あとがき

現在まで、確立された「吊材の耐風設計基準」はない。基準作成のために風洞実験などが実施されつつあるが、今回の振動実験もこのための有益な資料となると考えられる。

終に、実験に際し協力いただいた日本道路公団ならびに日本橋梁株式会社の関係各位に感謝いたします。

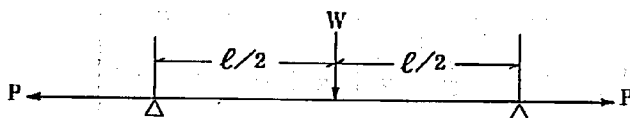
参 考 文 献

1. 建設省土木研究所；橋梁吊材の耐風設計法(I)，土木研究所資料46753，1972，3
2. 坂田，梅村，松井；細長比の大きい橋梁部材の風による振動について，土木学会年次講演会講演集 I-87 pp.239～240，1969，9
3. 吉村(虎)，吉村(健)，水田；細長いH型橋梁部材の風洞実験，土木学会年次講演会講演集 I-286 pp.831～834，1972，10
4. ランガー橋におけるH形断面吊材の耐風設計，土木学会年次講演会講演集 I-287 pp.835～836，1972，10
5. 建設省土木研究所；橋梁吊材の耐風設計に関する調査(2)，1974，3
6. 吉村(虎)，吉村(健)，水田；H型断面橋梁部材の風による振動の観測と風洞実験，土木学会年次講演会講演集 I-195 pp.414～415，1973，10
7. 日本橋梁株式会社；天草2号橋静的実験報告，1974，3

Appendix.A. 所要加振力の算定

加振は初期変位を解放して行なう。

1. 計算式



[A] たわみ

(a) 軸力考慮, 両端ピン

$$y_{x=\frac{l}{2}} = \frac{W\ell}{4P} - \frac{W}{2Pk} \tanh \frac{k\ell}{2} \quad \text{ただし } k^2 = \frac{P}{EI}$$

(b) 軸力考慮, 両端固定

$$y_{x=\frac{l}{2}} = \frac{W\ell}{8P} \cosh \frac{k\ell}{2} - \frac{W}{2Pk} \sinh \frac{k\ell}{2} + \frac{W\ell}{8P}$$

(c) 軸力無視, 両端ピン

$$y_{x=\frac{l}{2}} = \frac{W\ell^3}{48EI} \quad M_{x=\frac{l}{2}} = \frac{W\ell}{4}$$

(d) 軸力無視, 両端固定

$$y_{x=\frac{l}{2}} = \frac{W\ell^3}{192EI} \quad M_{x=\frac{l}{2}} = \frac{W\ell}{8}$$

[B] ねじれ

(a) 軸力無視, 単純ねじり

$$\varphi_{x=\frac{l}{2}} = \frac{M_t}{GJ} \cdot \frac{\ell}{4}$$

(b) 軸力考慮, 単純ねじり

$$\varphi_{x=\frac{l}{2}} = \frac{M_t}{GJ - r_0^2 P} \cdot \frac{\ell}{4}$$

2. 計算結果

単位荷重 (1 ton), 単位モーメント (100 kg·m) を載荷した時の $\ell/2$ 点の変位を計算した。その結果を表-Aに示す。

表-A 単位荷重によるたわみとねじれ角

格点	ラ イ ズ	死荷重張力	単位荷重(1ton)による, $\ell/2$ のたわみ (cm)				単位荷重(100Kg-m)による, $\ell/2$ のねじれ角(deg)			
			死荷重張力無視		死荷重張力考慮		死荷重張力無視		死荷重張力考慮	
			両端ビン	両端固定	両端ビン	両端固定	単純ねじり		単純ねじり	
2	5.156									
4	9.625	63.170								
6	13.406	"	1.86	0.47	1.26		3.47		2.45	
8	16.500	"	3.47	0.87	2.06		4.27		3.02	
10	18.906	"	5.22	1.30	2.77		4.90		3.46	
12	20.625	"	6.77	1.69	3.32		5.34		3.78	
14	21.656	"	7.84	1.96	3.67		5.61		3.96	
16	22.000	"	8.22	2.05	3.78		5.70		4.03	

Appendix B. 固有振動数の推定

1. 固有振動数の計算式

曲げ1次

$$\text{両端ピン} \quad f = \frac{\pi}{2\ell^2} \sqrt{\frac{EI\epsilon}{Ar}} \sqrt{1 + \frac{P\ell^2}{EI\pi^2}}$$

$$\text{両端固定} \quad f = \frac{4.73^2}{2\pi\ell^2} \sqrt{\frac{EI\epsilon}{Ar}} \sqrt{1 + \frac{P\ell^2}{EI\pi^2}}$$

ねじり1次

$$\text{単純ねじり} \quad f = \frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{GJ + Pr_0^2}{\mu}}$$

ただし、 ℓ : 部材長、 EI : 曲げ剛性、 ϵ : 重力加速度

Ar : 単位長さ当り重量、 P : 死荷重張力

μ : 極慣性モーメント、 J : ねじり抵抗、 r_0 : 回転半径

2. 吊材の諸元

$$2 \text{ PL } 390 \times 13 \quad A = 119.4 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ PL } 300 \times 6 \quad I_x = 12,850 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 26,185 \text{ cm}^4$$

$$\mu = r(I_x + I_y)/g = 0.3107 \text{ Kg sec}^2$$

$$r_0 = \sqrt{(I_x + I_y)/A} = 18.081 \text{ cm}$$

$$J = \frac{1}{3} b t^3 = 59.282 \text{ cm}^4$$

3. 計算結果

仮定 : P は全強の 20%, ℓ はライズの 90% とする。

結果 : 表-B

4. ねじり振動数の計算

曲げねじれを考慮した場合の固有振動数は解析的には与えられていないので、マトリックス法により求めた。また、吊材 No. 6 に対しては軸力を変化させてその影響を調べた。

吊材 No.	軸力 (kg)	ねじり振動数 (sec)	曲げ振動数 (sec)	複合振動数 (sec)
1	0	0.015	0.015	0.015
2	100	0.015	0.015	0.015
3	200	0.015	0.015	0.015
4	300	0.015	0.015	0.015
5	400	0.015	0.015	0.015
6	500	0.015	0.015	0.015

表-B1 固有振動数計算値

格点	ライズ (m)	死荷重張力 (Kg)	曲 げ (Hz)		ね じ り (Hz)		
			両端ピン	両端固定	単純ねじり	曲げねじり	実測値 ⁽⁶⁾
2	5.156						
4	9.625	63,170	11.35 (11.15)	25.75 (25.30)	8.69 (7.31)		
6	13.406	'	5.95 (5.75)	13.50 (13.04)	6.24 (5.25)		
8	16.500	'	3.99 (3.80)	9.05 (8.62)	5.07 (4.26)		
10	18.906	'	3.08 (2.89)	6.99 (6.56)	4.42 (3.72)		
12	20.625	'	2.62 (2.43)	5.94 (5.51)	4.06 (3.41)		4.86
14	21.656	'	2.39 (2.20)	5.42 (4.99)	3.86 (3.25)		4.60
16	22.000	'	2.33 (2.14)	5.29 (4.85)	3.80 (3.20)		4.57

() は軸力無視

表-B2 ねじり振動数 (Hz)

振動次数	吊材 ^{1/6}	単純ねじり			曲げねじり		
		6	7	8	6	7	8
1			2.94	2.90	5.18	4.79	4.68
2			5.77	5.68	12.53	11.55	11.25
3			8.38	8.24	22.95	20.99	20.40

P は全強の 20 %

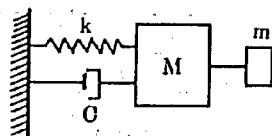
ℓ はライズそのまま

表-B3 軸力の固有振動数に及ぼす影響 (曲げねじり振動, 吊材^{1/6}) (Hz)

振動数	軸力の比率 (%)	0	20	40	60	80	100
1		5.10	5.18	5.24	5.29	5.38	5.43
2		12.45	12.53	12.66	12.77	12.87	12.97
3		22.78	22.95	23.04	23.15	23.31	23.42

Appendix C 固有振動数の加振装置重量の補正

〔方法Ⅰ〕曲げ振動の場合について考える。ねじれ振動の場合も同様。



系を等価な 1 自由度系に置換する。

$$\text{(実験時)} \quad (M+m)\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

$$\omega_{NE} = \sqrt{\frac{k}{M+m}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{(補正時)} \quad M\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

$$\omega_N = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

m は実測値を用いる。k は静的試験より求められた値を用いる。

(1)式より M を計算し、(2)式により、補正値を求める。

表-C 1 固有振動数補正

	吊材 No	f_{NE}	k	m	M	f_N
曲げ振動	6	3.86 Hz	543 Kg/cm	84.7 Kg	819.9 Kg	4.05
	7	3.49	452		836.5	3.66
	8	3.38	475		872.7	3.68
ねじれ振動	6	3.92	2285 Kgcm/rad	64.2 Kgcm sec^2	312.5 (252.8)	4.30 (4.78)
	7	3.63	1982		316.8 (257.1)	3.98 (4.42)
	8	3.61	2205	(123.9)	364.4 (294.7)	3.92 (4.35)

() は m として 123.9 を用いた場合

ばね定数の算定（静的試験結果より）

たわみ載荷

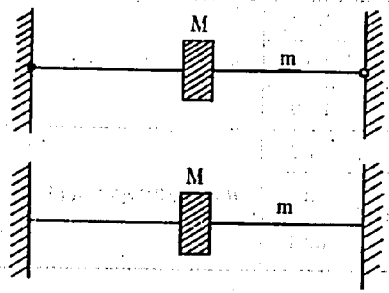
（F：載荷力，x：読み取り値）

吊材No 載荷状況	No 6		No 7		No 8	
	F	x	F	x	F	x
0 ton	Kg	mm				
0		700.0		290.0		294.5
1	969	682.5	972	271.5	978	314.8
0		700.3		292.5		294.3
1	979	681.5	992	267.5	1,018	316.0
0		699.8		290.5		294.0
1	986	682.0	982	269.0	997	314.8
0		700.0		291.0		294.0
k (Kg/cm)	543		452		475	

ねじれ載荷

吊材No 載荷状況	No 6		No 7		No 8	
	M	x	M	x	M	x
0 ton·m	Kg·m	mm				
0		700.0		300.0		299.5
0.25	259	682.0	238	280.0	252	281.0
0		700.0		300.0		300.0
0.25	250	682.0	252	280.5	268	281.0
0		700.0		300.3		301.5
0.25	248	682.0	234	280.0	268	281.5
0		700.0		299.5		301.0
k (Kg·m/rad)	2285		1982		2205	

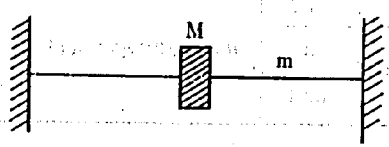
〔方法Ⅱ〕 1. 曲げ振動



両端ヒンジ

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M + 0.49m}}$$

$$k = \frac{48EI}{\ell^3}$$



両端固定

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M + 0.37m}}$$

$$k = \frac{192EI}{\ell^3}$$

付加質量の有無の比較

$$M = 84.7\text{Kg}$$

$$m = A\ell \cdot r = 119.4 \times 2200 \times 7.8 = 2049\text{Kg}$$

(1) 両端ヒンジ

$$\frac{\omega_{\text{無}}}{\omega_{\text{有}}} = \sqrt{\frac{M + 0.49m}{0.49m}} = 1.041$$

(2) 両端固定

$$\frac{\omega_{\text{無}}}{\omega_{\text{有}}} = \sqrt{\frac{M + 0.37m}{0.37m}} = 1.054$$

(1), (2)で求められた比率を用いて補正すると、下表のようになる。

吊材	測定値	補正 (1)	補正 (2)
6	3.86Hz	4.02Hz	4.07Hz
7	3.49	3.63	3.68
8	3.38	3.52	3.56

2. ねじれ振動

Appendix B の 4. で用いたと同じ計算方式により、載荷装置が取り付けられた場合の振動数を求めた。載荷装置の有無を比較し、これから補正係数を求める。

(曲げねじれ)

吊材No	f _{NE}	f _{計算値有} ^{a)}	f _{計算値無} ^{b)}	補正係数 ^{a/b}	f _N	載荷治具極慣性モーメント
6	3.92	5.18	4.63	1.119	4.39	$\theta_1 = 64.2 \text{ Kgc} \cdot \text{sec}^2$
7	3.63	4.79	4.31	1.111	4.03	
8	3.61	4.68	4.22	1.109	4.00	
6			4.26	1.216	4.77	$\theta_2 = 123.9 \text{ Kgc} \cdot \text{sec}^2$
7			3.97	1.207	4.38	
8			3.89	1.203	4.34	

Appendix D 減衰率の補正

$$(M+m)\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (\text{重り付き}) \quad (1)$$

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (\text{重りなし}) \quad (2)$$

載荷治具が付加された時は、振動系の質量のみが変化して、減衰には影響が無いものと仮定する。

$$(1)\text{式より} \quad \ddot{x} + \frac{C}{M+m} \dot{x} + \frac{k}{M+m} x = 0$$

$$\ddot{x} + 2\zeta_1\omega_1\dot{x} + \omega_1^2 x = 0$$

$$\therefore \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{M+m}} \quad \zeta_1 = \frac{C}{2\omega_1}$$

$$\delta_1 = 2\pi\zeta_1$$

$$\text{同様に(2)式より} \quad \zeta_2 = \frac{C}{2\omega_2} \quad \delta_2 = 2\pi\zeta_2$$

$$\text{従って} \quad \delta_2 = \frac{\omega_1}{\omega_2} \delta_1$$

補正係数 ω_1/ω_2 を計算すると次表のようになる。

表-D 減衰率の補正係数

吊材 No	たわみ振動			ねじれ振動	
	方法 I	方法 II 両端ピン	方法 II 両端固定	方法 I	方法 II
6	1.049	1.041	1.054	1.219	1.217
7	"	"	"	1.218	1.207
8	1.089	"	"	1.205	1.202

表-1 天草2号橋諸元

橋 長	249.1m (61.90 + 156 + 31.20)
幅 員	6.5m
歩 道	両側に 0.75m

表-2 吊材の諸元

断 面	2PL390×13 1PL300×6	(1) - 11.3
断 面 積	119.4 cm ² (101.4 cm ² フランジのみ)	
実 応 力	623 Kg/cm ²	(1) - 11.3
設計応力	47 t	
材 質	SS41	

表-3 固有振動数(曲げ振動)

吊材№	実験№	加速度計位置	20波のよみcm	振動数(Hz)
6	№ 2 - ②	1/2 h	海橋	20.82 3.86
		1/4 h	海橋	20.81 3.86
				20.83 3.86
				20.84 3.86
	№ 3 - ③			20.82 3.86
				20.83 3.86
				20.82 3.86
				20.83 3.86
	№ 4 - ④			20.80 3.87
				20.80 3.87
				20.81 3.86
				20.83 3.86
7	№ 13 - ③			23.01 3.49
				23.03 3.49
				23.04 3.49
				23.06 3.49
	№ 12 - ②			22.95 3.50
				22.98 3.50
				22.99 3.50
				23.01 3.49
	№ 11 - ①			データーなし 3.49
				23.02 3.49
				23.04 3.49
				23.01 3.49
8	№ 19 - ③			23.80 3.38
				23.80 3.38
				データーなし 3.38
				23.82 3.38
	№ 18 - ②			23.82 3.38
				23.81 3.38
				データーなし 3.38
				23.81 3.38
	№ 17 - ①			23.81 3.38
				23.82 3.38
				データーなし 3.38
				23.82 3.38

表-4 固有振動数(ねじれ振動)

吊材№	実験№	加速度計位置	40波のよみ cm	振動数(Hz)
6	№ 7 - ③	$1/2$ h $1/4$ h	25.52	$\frac{40 \times 25 cm}{25.52 cm} \cdot s$ 3.92
			25.52	3.92
	№ 6 - ②	,	25.52	3.92
			25.52	3.92
	№ 5 - ①	,	25.52	3.92
			25.53	3.92
7	№ 14 - ①	,	27.53	3.63
			27.53	3.63
	№ 15 - ②	,	27.57	3.63
			27.55	3.63
	№ 16 - ③	,	27.54	3.63
			27.55	3.63
8	№ 21 - ②	,	27.68	3.61
			27.67	3.61
	№ 22 - ③	,	27.68	3.61
			27.69	3.61
	№ 24 - ④	,	27.68	3.61
			27.68	3.61

表-5 固有振動数補正值

	吊材 №	測定値	補正值Ⅰ	補正值Ⅱ	計 算 値	
					両端ピン	両端固定
曲げ振動	6	3.86	4.05	4.05	2.62	5.94
	7	3.49	3.66	3.66	2.39	5.42
	8	3.38	3.68	3.54	2.33	5.29
	吊材 №	測定値	補正值Ⅰ	補正值Ⅱ	計 算 値	
					St. Venant	曲げねじれ
ねじれ振動	6	3.92	4.78	4.77		5.18
	7	3.63	4.42	4.38	2.94	4.79
	8	3.61	4.35	4.34	2.90	4.68

表一 6 ねじれ振動対数減衰率

吊材No	実験No	位 置	対数減衰率 (測定値)	対数減衰率 (補正值)
6	1	1/2	0.009 ~ 0.012	0.011 ~ 0.014
		1/4	0.0095 ~ 0.0135	0.011 ~ 0.016
	2	,	0.009 ~ 0.0165	0.011 ~ 0.020
			0.0062 ~ 0.0165	0.007 ~ 0.020
	3	,	0.016	0.019
			0.015	0.018
7	1	,	0.0095 ~ 0.0145	0.011 ~ 0.017
			0.0105 ~ 0.0147	0.013 ~ 0.018
	2	,	0.0145 ~ 0.0185	0.017 ~ 0.022
			0.0140 ~ 0.0225	0.017 ~ 0.027
	3	,	0.012 ~ 0.0137	0.014 ~ 0.016
			0.010 ~ 0.0135	0.012 ~ 0.016

表一 7 実橋の振動実験結果

橋 名	スパン m	(内部材長 ライズ m	吊材断面	断面積 cm ²	曲げ一次振動数Hz			対 数 減 衰 率	そ の 他
					理 論 値		実測値		
					ピン	固 定			
向島大橋	118.0	18.0 (17.02) (14.48)	2-p1.170×8 1-p1.352×6	48.3	2.15 2.67	4.88 6.06	3.35 4.32	0.008 0.016	破断後、ウエップを継ぎ、 リブを添加して補強
馬下橋	65.2	11.0	2-p1.210×9 1-p1.150×8	49.8	5.27	11.96	7.7	0.029 0.032	吊材フランジを補剛桁の 垂直スチフナーに結ぶ
四徳大橋	150.0	21.5 (19.75)	1-pipe 318.5φ×6.9	67.6	2.65	6.02	3.42	0.0098 0.011	トラスト、ランガー桁 リブを添加して補強
Zdakovya橋 (CSSR)	330.0 +2φ26.0	42.5 (41.48)	1-pipe 1000φ×12	38.1	1.48	3.36	1.56	0.007 0.014	逆ランガー桁 振動振幅の抑制措置とし て、パイプ内に砕石を挿入

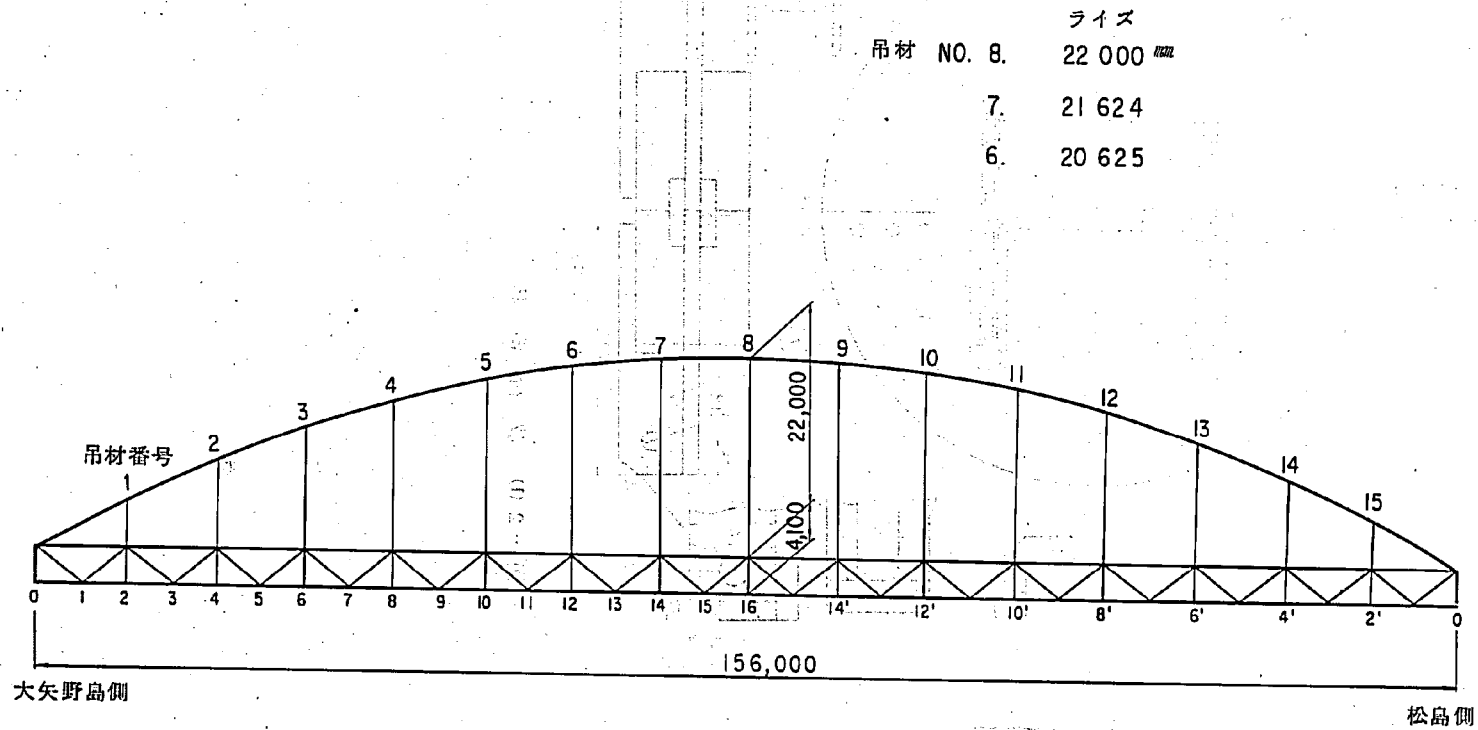


図 - 1 天草 2 号橋一般図

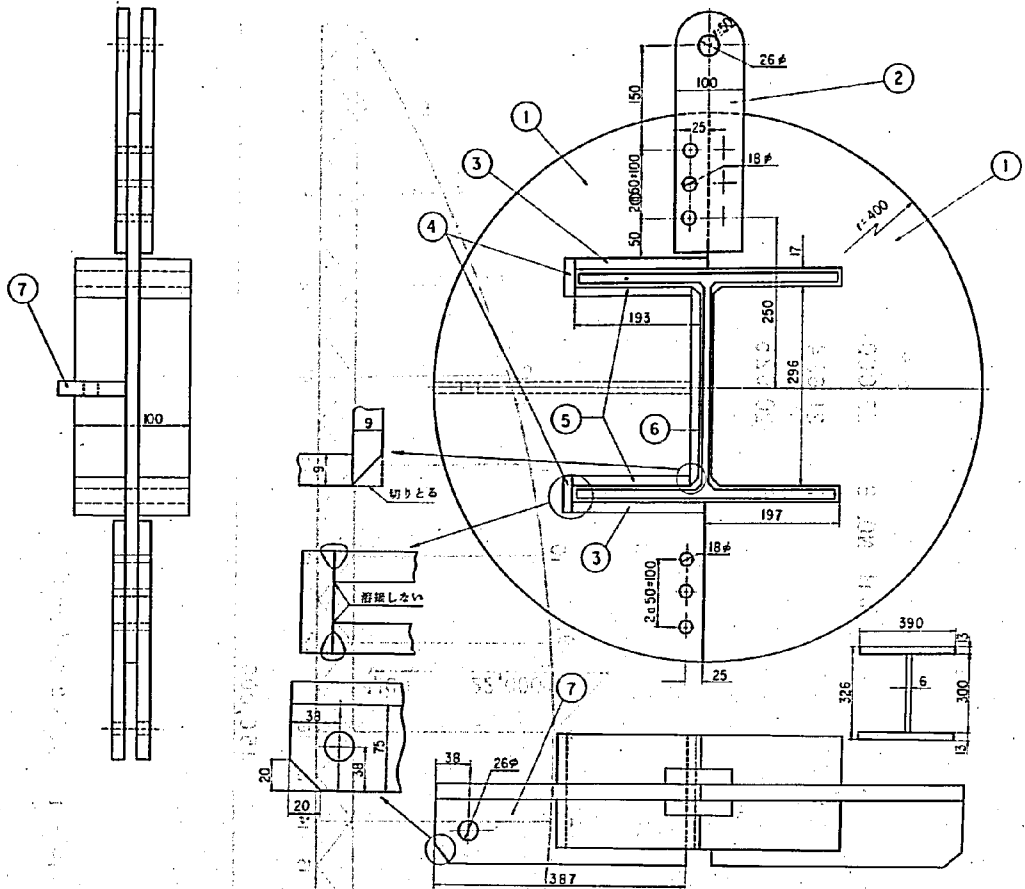


図 - 2 (1) 載荷治具

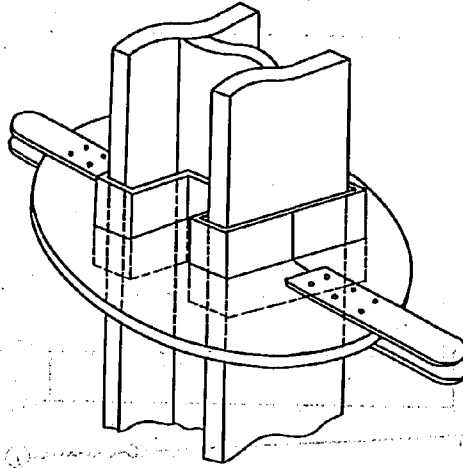


図-2 (2) 載荷治具

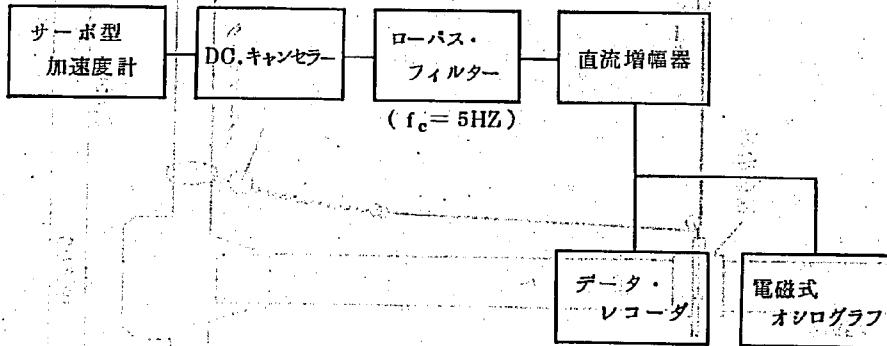


図-4 計測器ブロック図

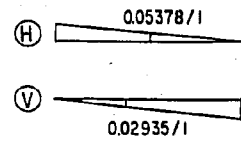


圖-3 試驗方法

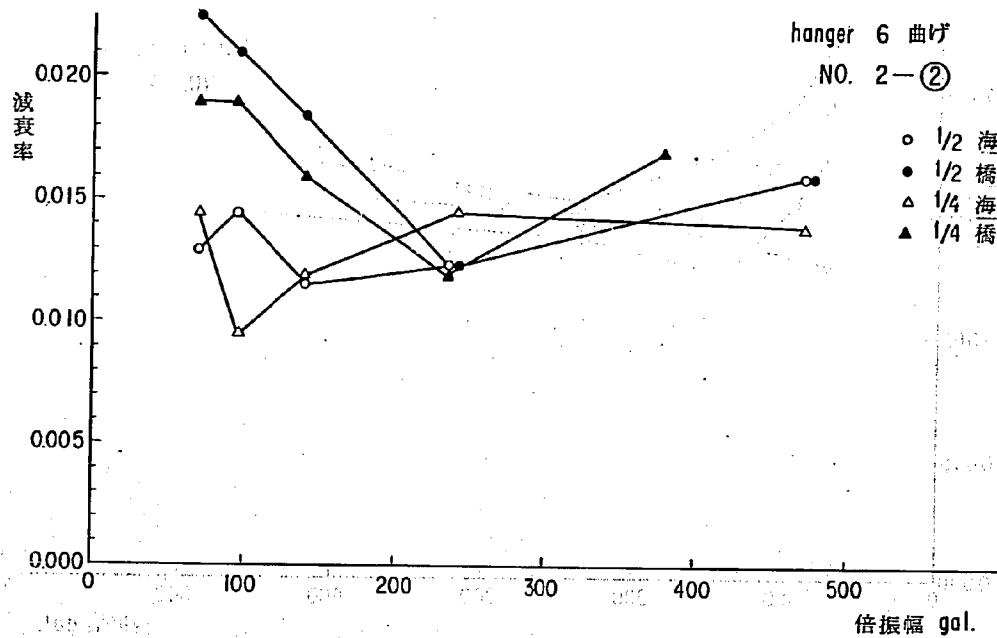


図-5 (1) 振幅～減衰率曲線

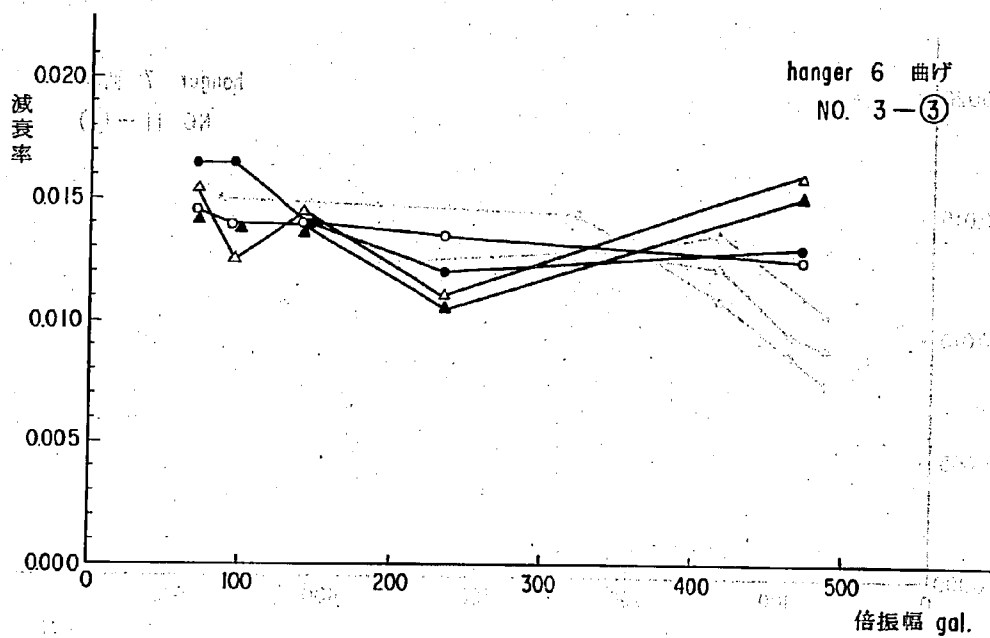


図-5 (2) 振幅～減衰率曲線

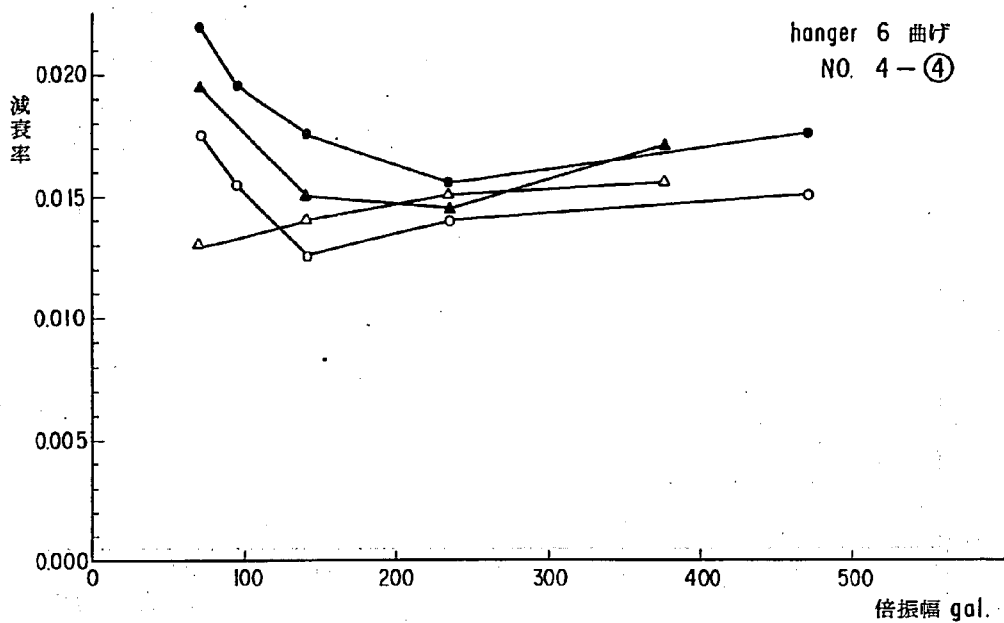


図-5 (3) 振幅～減衰率曲線

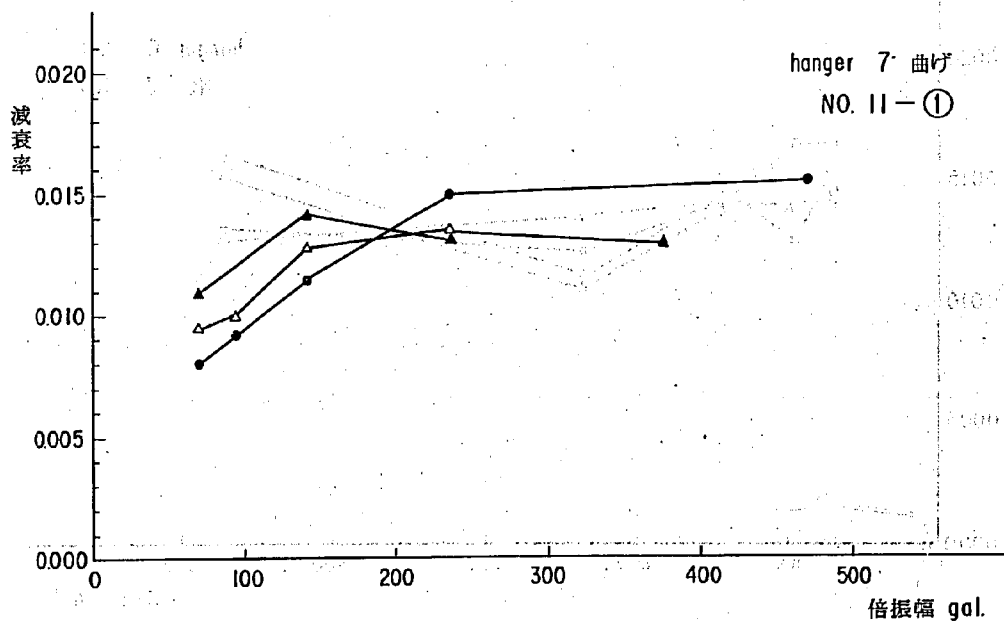


図-5 (4) 振幅～減衰率曲線

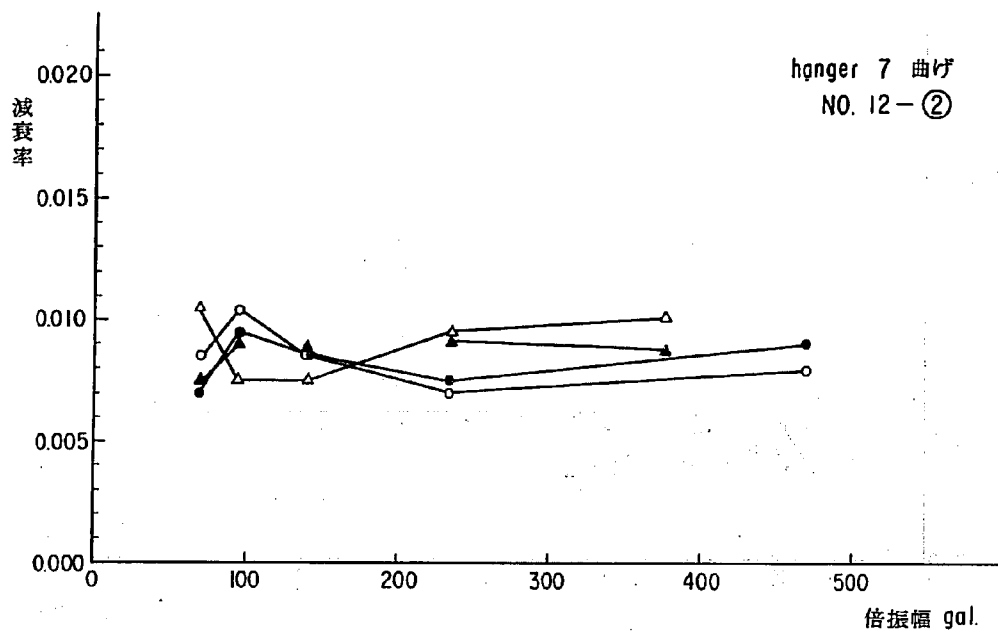


図-5 (5) 振幅～減衰率曲線

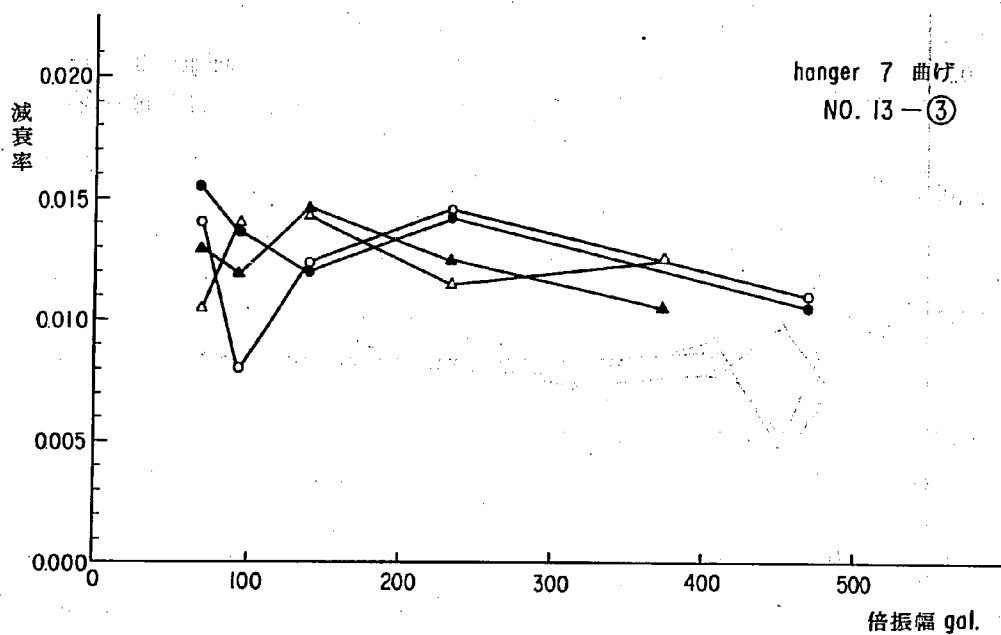


図-6 (6) 振幅～減衰率曲線

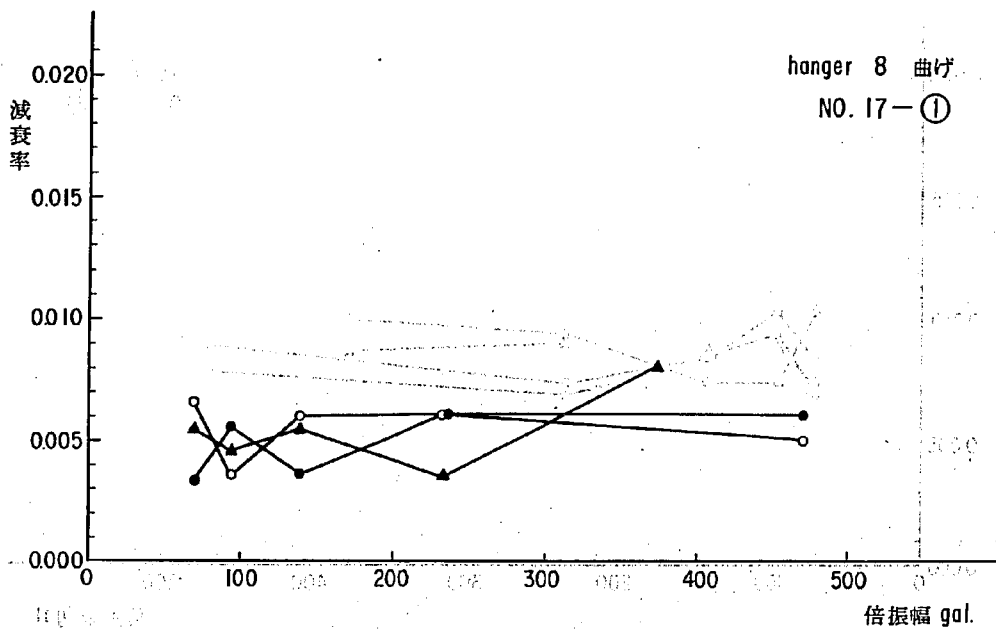


図-5 (7) 振幅～減衰率曲線

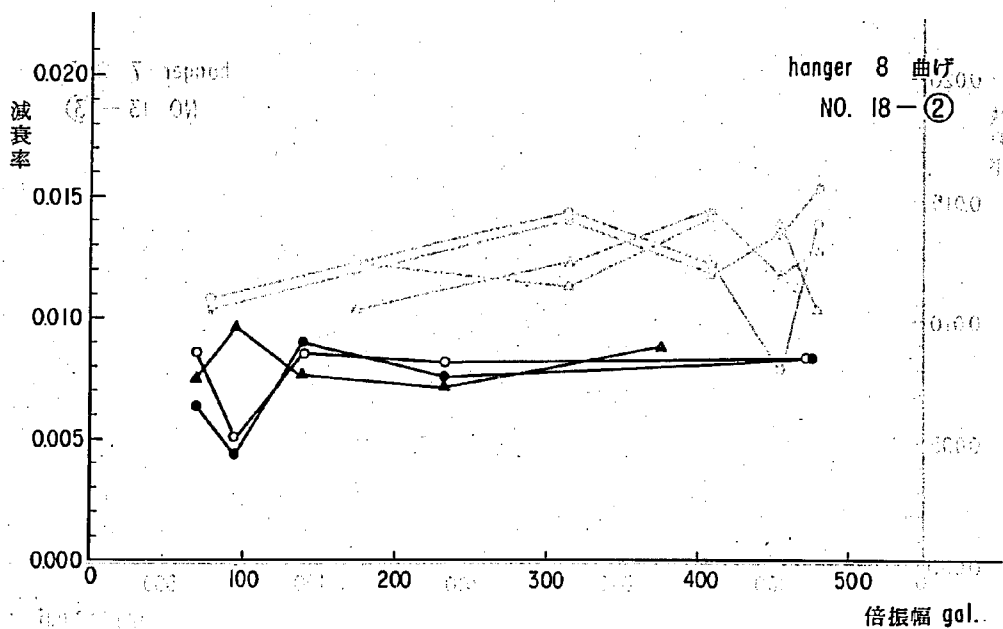


図-5 (8) 振幅～減衰率曲線

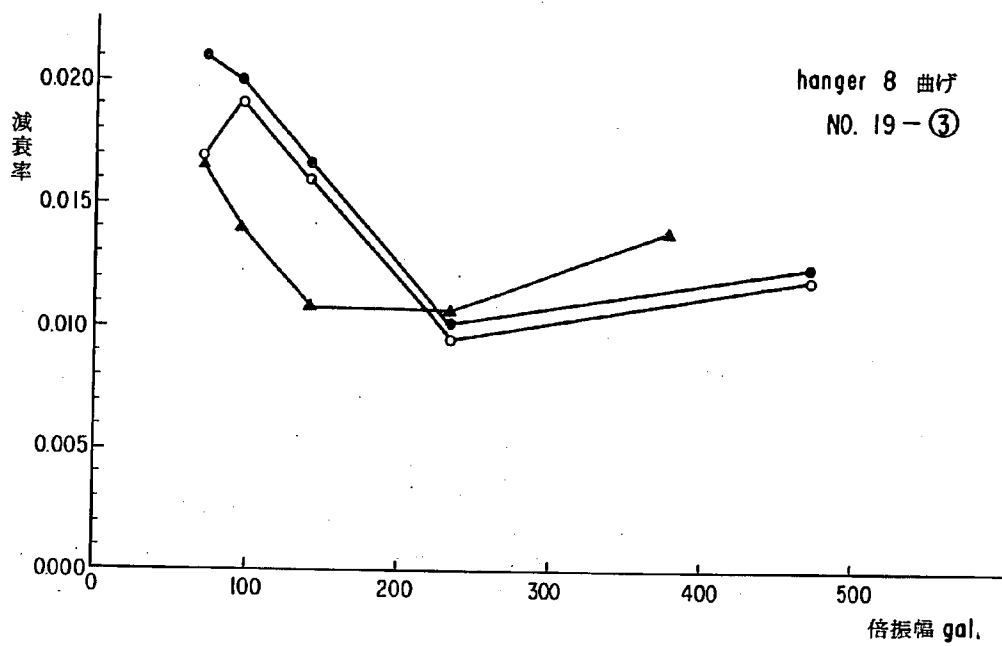


図 - 5 (9) 振幅～減衰率曲線

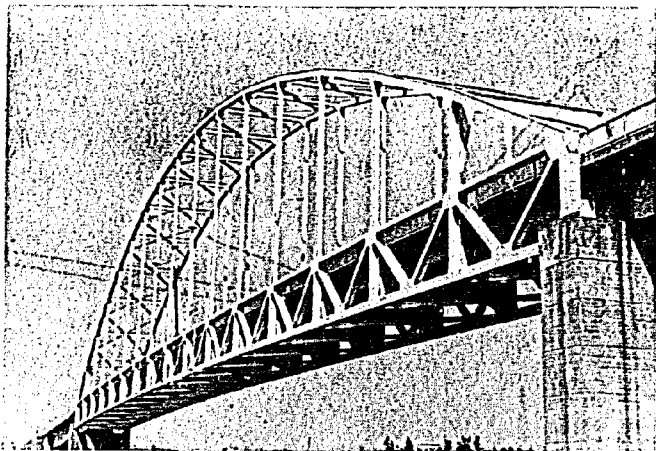


写真1. 天草2号橋

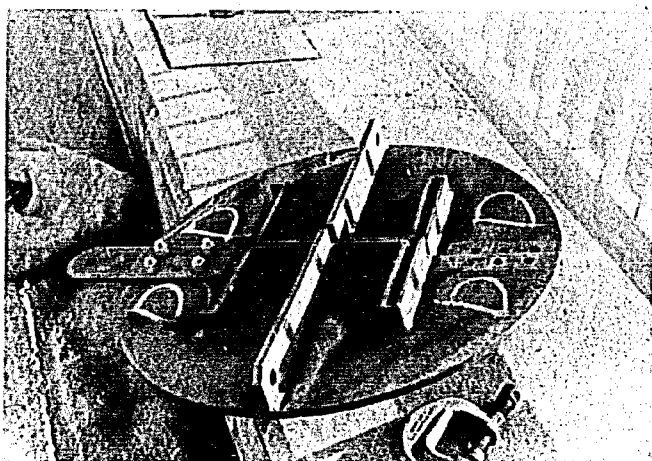


写真2. 载荷装置(1)

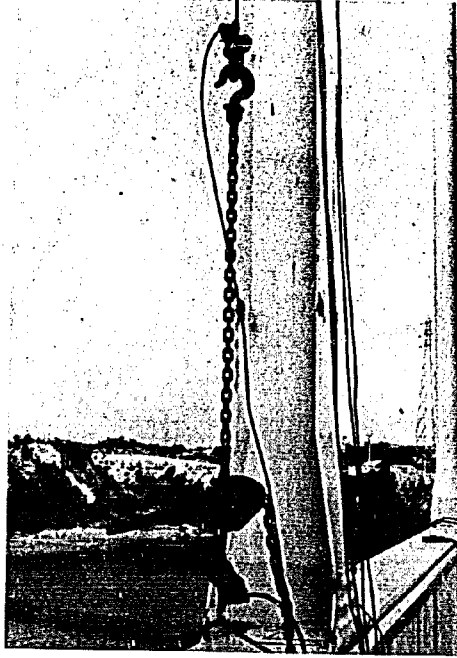


写真3. 载荷装置(2)

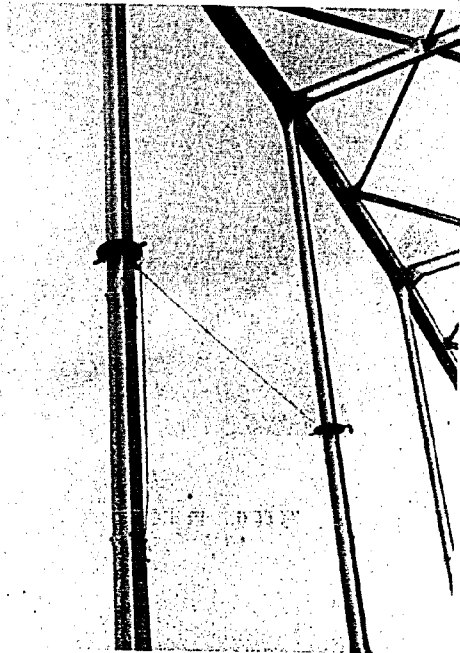


写真4. 曲げ载荷



写真 5. ねじれ載荷

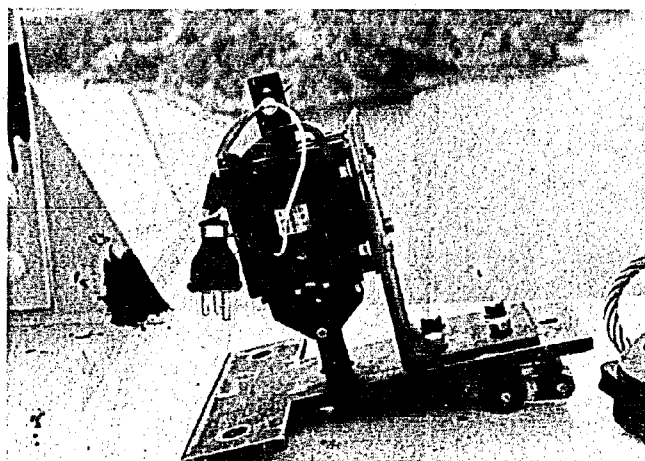


写真 6. 抜重装置

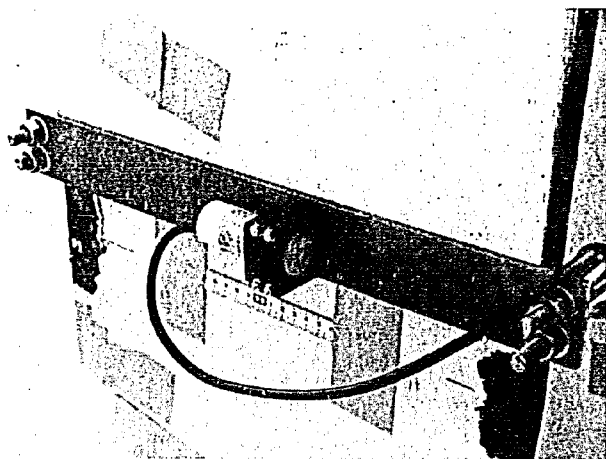


写真7. 加速度計取り付け状況

天草2号橋吊材の振動実験報告書

土木研究所資料第1016号

昭和50年2月(1975)

成田信之、横山功一、野村一夫

キーワード 橋梁吊材、振動実験、固有振動数、減衰定数

要 旨

天草2号橋(ランガー橋)の吊材の振動実験を行ない曲げおよびねじれ振動の固有振動数、減衰定数を求めた。また、固有振動数を計算値と比較し、計算方式の検討を行った。



郵便はがき

十円切手
をはって
下さい

2 8 0 - □ □

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号
建設省土木研究所
構造研究室
御中

No. 2

No. 2

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 1016 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印