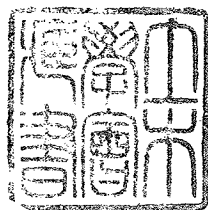


鉄道橋りょう下部構造の運動性状について

續

振動性状とその図集

堀 松 和 夫



昭和 33 年 9 月

日本国有鉄道盛岡工事局

鉄道橋りょう下部構造の振動性状とその図集

土木課 課長補佐 堀 松 和 夫

目 次

第 1 章 概 説.....	1
第 2 章 振 動 性 状.....	1
§ 1. 健全下部構造の振動.....	1
§ 2. 老朽下部構造の振動.....	2
§ 3. 振動図の符号.....	3
§ 4. 振動図の判読.....	4
§ 5. 躯体天端左右方向の振巾ならびに週期算式.....	6
§ 6. 振 動 図 集.....	7

第 1 章 概 説

鉄道橋りょう下部構造の運動性状を知ることは、設計、施工、保守およびその管理上極めて必要なものである。運動性状中、振動性状のしむる割合は極めて大きいものであり、構造物の振動は極めて多くの要素によつて支配されるもので、各種の状況における現場の実物試験によらなければその性状を求めることが困難であり、しかも多数の例についてその共通性を求めなければその性状を究明することはむづかしい。盛岡工事局に於ては昭和26年以来 800 基以上の振動試験の結果をえたので、ここにその実績に基づいて振動性状の内、構造物の現況判定の資料として必要な性質と、この性質の理解を助けるための実測振動図について必要な資料を本書にのせることとした。

構造物の現況調査においては、沈下ならびに振動試験を行つてその結果より運動性状を求め、実験式により計算をすれば、現状に相当近い結果を求めえられる場合が多い。

本書の振動図面は、800 基以上の構造体について収集したものの内、共通性のあるものを除いた59種について掲載しこの関係の橋りょう図面を附記してある。

つぎに下部構造の運動性状一般について研究をなす場合には、1958年土木学会論文集才58号（別冊）の「鉄道橋りょう下部構造の運動性状について」と本書を併せ参照すればよく、この点を考慮し本書は、前述の資料と用語ならびに符号等については関連をもたせておいてある。

終りにこの資料によつて振動性状の理解を進め、更に活用することによつて業務上の一助とされんことを望むものである。

尙本書中の老朽橋りょうは、既に補強或は改築を終了しているものである。

第 2 章 振 動 性 状

§ 1. 健全下部構造の振動

測定橋りょうの橋脚数が、 $1 \sim n + m$ 号まである時に才 n 号橋脚上に振動計をおき列車振動を受ける場合について考える。

1. 列車が 1 P に接近すると橋桁を通して橋軸方向の前後振動が発生する。
2. 機関車が $n - 1$ 橋脚上にのると、この橋脚が振動し、桁を通して n 橋脚に振動を伝達する、またこの機関車荷重の一部が n 橋脚に伝わり反力となつて n 橋脚が振動をする。
3. $n - 1$ と n 橋脚間の桁上に機関車がのると桁の変位が大となり n 橋脚の振動が大となる。
4. n 橋脚上に機関車がのると橋脚反力が最大となり一般にこの橋脚の振動が最大となり易い。
5. $n + 1$ 橋脚上に機関車がのると、 $n + 1$ 橋脚の振動が最大となり、一部が n 橋脚に伝達されると共に列車の後続車輛が $n - 1$ および n 橋脚上に来ているために n 橋脚の振動はこれらの合成されたものとなる。

基礎地盤が軟弱な場合には、同様な傾向が、地盤を通して前述の桁の作用による如く n 橋脚に伝達され累加される。

6. 以上を総合すると、機関車重量、車輛重量、桁の横剛性、支間、沓の状態、 $n - 1$ 、 n 、 $n + 1$ 等の橋脚の耐振性、地盤状態および列車速度等によつて振動の状態が變つて来るものであり、 $n - 1$ 、 $n + 1$ 橋脚の構造寸法が變つたり、桁支間、構造等が左右同一でない時には、上り、下り列車の別により同一な機関車、車輛、ならびに速度であつても振動状態は變つて来るものである。

7. 一般に機関車重量が大きくなる程また速度が大きくなる程振巾は増大し易く、桁の横剛性は、支間が大きくなる程一般に小となり左右方向振巾は増大し易い。

8. 桁支間が大となる程、後続車輛の桁上の荷重が機関車荷重に比し大きくなり n 橋脚に反力として作用し振動に變るために後続車輛の影響は振動に大きく作用するようになり易い。

9. コンクリート桁は、鉄桁に比し左右方向の剛性が大きく自重が大で支承部の摩擦力が大きいため、橋脚の振動を拘束し易くこのため振動の振巾は、一般に鉄桁を有する橋脚よりも小さい。

10. 橋脚はその高さが大となる程また細長となる程左右方向振巾は大きくなり易い。

11. 前後方向には、桁があるために拘束されていて橋脚の状態が振動図には余り明瞭には出にくい、左右方向には相当明瞭に出易い。

12. 橋脚は天端において、水平力をうけると変位する、基礎が完全固定であれば、曲げモーメントは軀体に発生するし、基礎が完全ヒンデであれば軀体には曲げモーメントは発生しない。

すなわち、基礎地盤の拘束力の大小によつてこれが大きい時は軀体に、また小さい時は基礎に曲げによる変位が出て外力によるエネルギーが消費される、地盤拘束力が上記の中間値をとる場合には、軀体および基礎の両者に変位が出て両者においてエネルギーが消費される。

13. 軀体内に左右方向の曲げモーメントが発生し振動エネルギーが消費される場合を弾性振動と云い、基礎地盤（根入部を含む）の土が変位して振動エネルギーを土が消費する時には、動揺振動と云い、軀体および基礎地盤の両者に変位を生ずる場合には、合成振動と夫々の左右方向振動について名づけることとした。

14. 弾性振動の場合には、軀体の状態をよく示めているし、動揺振動の場合には、軀体の状態を示めさず基礎の土質、根入、洗掘等の拘束状態を示している、また合成振動の場合にはその振動の前後の振動において弾性或は動揺の内いづれかが出易いためにその振動状態は軀体か、基礎地盤のいづれかの状態を示めす場合が多い。

15. 桁の拘束のため前後方向振巾は、左右方向振巾よりも小さくまた橋台は、背面に土による拘束作用力があるために橋脚よりも左右方向振巾は一般に小さい。

16. 測定橋脚の前方より列車が接近すると振巾は増大し、通過して遠ざかるにつれて減少する傾向をとり、週期も同様な変化をする、そして左右方向の振巾波型は、一つの菱形をとる場合が多い、健全橋脚であつても他橋脚の耐振能力の相違等によつて色々この波型が変わり、老朽橋脚をも含めると大体その波型種類は15種のA………O型式となる。

17. 動揺振動をなしている橋脚の左右方向振巾は、普通基礎および井筒基礎においては、主として根入長さによつて定まり、杭基礎においては、基礎土質、軀体と基礎の全高、および基礎の辺長によつて定まつてくる。

一般に根入が小となる程、また軀体の高さ大となる程左右方向振巾は増大し基礎土質の支持力小となる程、また基礎の辺長短くなる程振巾は増大し易い。

弾性振動においては、軀体の全高、および断面二次モーメントによつて左右方向振巾は主として定まり細長軀体程、振巾は増大し易い。

18. 天端左右方向週期は、動揺振動においては、左右方向振巾、根入長さ、全高および桁と活荷重反力の和等によつて定まり、弾性振動においては、軀体の断面二次モーメント、弾性係数、天端左右方向作用力、軀体の振動変位の原点より天端迄の高さおよび天端の荷重反力等によつて定まる。

したがつて動揺振動においては、振巾が大きくなる程また弾性振動においては、振動変位の原点が下方に下る程週期は大きくなり易い。

19. 列車速度が極めて小さい時には、下部構造体に動揺振動が出易く、極めて大きい時には弾性振動が発生し易い一般的傾向がある。

20. 橋台は前方向に桁がありまた左右方向にウイングがあるために振動のみでは橋台の十分な運動性状を把握することの困難な場合が多い、このため一般に沈下、変位試験を併用する場合が多い。

§ 2. 老朽下部構造の振動

軀体の不健全なものおよび地盤の拘束力小なるものを老朽下部構造と名づけることとする。

1. 動揺振動は弾性振動に比し一般に週期振巾が大きい、しかし特に老朽した軀体の弾性振動の振巾は可成り大きいものが出ている。

2. 動揺振動となりうるごとき地盤軟弱な箇所において老朽構造体の振動で弾性振動の出ているものがあるが、これは地盤拘束力よりも更に一層軀体の剛度が小さいために振動エネルギーが軀体で消費されたことを意味するもので軀体弱化的大きいことを現わしている。

3. 地盤拘束力特に大きい箇所では、可成り強い橋脚であつても或る大きさの弾性振巾を出し易い、若しも老朽軀体である時には更に大きな振巾を出し易いものである。

したがつて地盤拘束力の大小と発生した弾性振巾の大きさを併せ考え軀体の老朽度を判定しなければならない。

4. 軀体が若干老朽していても、地盤拘束力が特に不良で小さい場合には、左右方向振巾には軀体の状態を示す弾性振動は出ないで基礎地盤の状態を示す動揺振動が出る、この場合には一般に前後方向振巾によつて軀体の状態を判断しなければならない場合が多い。

5. 地盤拘束力と軀体の剛度との夫々の値の比により動揺、弾性、合成振動のいづれかの発生する場合が多い。

- 6. 沓、アンカー或は床石の緊定度不良な場合には、前後方向振巾が増大し易く一般にこの方向の週期は小さい、
- 7. 軀体に大きな亀裂のある場合には、振巾が大きく仲々減衰しにくく、この時の亀裂位置が天端より下方に下るにつれ週期は増大する。
- 8. 軀体の川上部が弱化している場合には、左右方向振巾は川上か川下側かの何れかに偏倚し易く、川下の場合も同様な結果となり易い。
- 9. 動揺振動においては、基礎の地耐力大なる程振巾図の尖端部は尖鋭化するし弾性振動においては、軀体の材質強堅な程同様に尖鋭化し易い。このため尖端部の丸味の大きさにより地耐力、或は軀体材質の強さの程度を推定し易い。
- 10. 基礎が洗掘されると動揺振動の左右方向振巾は、その方向に偏倚し地耐力均一でない時には、弱い方向に偏倚し易い。
- 11. 岩盤の基礎の一部が腐蝕した時は、傾斜沈下をなすものがある、これは動揺振動をなし腐蝕した方向に振巾が偏倚し易い。
- 12. 基礎地盤或は軀体が特に軟弱である場合には、振動の振巾中心線は左右方向の何れかに大きく波型に移動し易い。
- 13. 曲線橋りょうにおいては、左右方向振巾は曲線の外側に振巾の中心軸が移動する筈であるがこの例は、特に老朽橋りょうか半径の小なる区間の構造物の一部に見られるに過ぎない。
- 14. 以上を総合すれば老朽下部構造は、一般に振巾が大きく、振巾の偏倚、中心軸の移動、波型の乱れ、等が発生し易く週期にも乱れがあり振巾の減衰の遅れる傾向が多い。

§ 3. 振動図の符号

符号を次の通り定める。

表 — 1

記号および番号		番 号		記 号			
振動性 状	動揺振動	1	下部	鉄筋コンクリート	100	直線区間	s
	弾性振動	2	構造	無筋コンクリート	200	曲線区間	c
	合成振動	3	材	コンクリートブロック	300	勾配区間	g
上部 構造	構 桁	T	質	石 積 工	400	桁 支 間	l ^m
	鋳 桁	G		練 瓦 工	500	軀体基礎全高	h ^m
	コンクリート桁	C		練瓦工で基礎水中コンクリート	600	基礎根入(桁長含まず)	l ^m
基礎 構造	普通	N	軀 体 健 全 度	健全	00	橋脚全数 週期 振巾	P
	杭	P		沓アンカー緊定不良	10		T ^{sec}
	井筒	W		床石緊定不良	20		a ^{mm}
	補強	,		軀体上部弱点	30		
基礎 土質	岩盤	A		軀体下部弱点	40		
	礫	B		軀体基礎弱化	50		
	砂	C	基 礎 状 態	軀体亀裂大	60		
	粘土	D		地盤拘束大	1		
	極軟粘土	E		— // — 小	2		
	極軟粘土で基盤岩盤	F		補強基礎	3		
		洗掘		4			
		腐蝕		5			
		偏倚不等沈下	6				
		偏	7				
		掘さくによる地盤の緩み	8				

記号範例

2-GPC 101

振動性状は動揺振動(2)、上部構造は鋳桁(G)、基礎構造は杭基礎(P)、基礎土質は砂(C)にして、下部構造材質は鉄筋コンクリート(100)、軀体健全度は健全(00)、基礎状態は地盤拘束大(1)をあらわしている。

§ 4. 振動図の判読

橋りょう図面を参照し、関係振動図の記号と番号を見て、振動の種類、上部構造、基礎構造、躯体材質、躯体健全度、および基礎状態を知り、次の順序で判読を行う。

1. 前後、左右方向の振巾の大きさと割合
2. 最大振巾と機関車先輪位置
3. 振巾の増減型式
4. 振巾の中心線の移動或は振巾の偏倚
5. 振動発生および終了時の機関車位置
6. 振巾図の波型端部の尖鋭度
7. 振巾図の波型の乱れ
8. 振巾図の振動波の復元状態
9. 週期の変化および共振の状態と機関車位置等

以上を判読して躯体の健全度、構造型式および基礎状態に対する特性を吟味する。

このようにして判読回数を重ねる場合には、振動図より構造物の老朽度や設計、施工管理等の要点を求めうるようになるものと考えられる。

構造物の現況を知るには、十分な現地調査をなし振動、沈下試験を併せ行い多角的な判定をなさなければならないもので判定者は必ず現地の調査計画を立案し測定をなし既往の諸資料を基として判定を行わなければならないものと考えられる。

表一2には、左右方向振巾の増減および最大振巾位置と橋脚の関係を示す型式、A……Oの15種類を示してあり、また、下部構造の振動種類、上部構造、基礎土質、躯体材質、健全度、地盤の拘束力と振動上の特性を各図面番号順に本表中に示してある。

表一2

図面番号	符 号	番 号	健 全 度	振巾型式	新設	標準振動	振 巾	週 期	摘 要
1	1—CNB	101	躯体健全		○		小	小	良好 ラーメン
2	1—GNC	401	— // —			○	小	小	// 橋台
3									
4	1—GPE	201	— // —	B	○	○	小	小	良好
5									
6	1—GP'D	201	— // —				減少	大	良好、補強
7									
8	1—GWB	201	— // —	B	○	○	偏倚	小	良好 複線中の単線運転
9	1—GWF	201	— // —	//	○	○	普通		良好、地盤軟弱
10									
11	1—GWF	201	— // —	D	○	○	小		良好、築堤振動あり
12	2—GNB	531	— // —		○	○	小	小	良好、鉄筋井筒
13	3—GNA	205	— // —				中心移動	小	岩盤基礎緩みあり
14		101							
15	1—CPD	201	— // —	E	○	○	小	小	良好
16									
17	2—GPC	101	— // —	A			端部尖鋭、大	小	基礎フーチング大
18									基礎上面振原
19	3—GWC	101	— // —		○	○	波型傾斜		地盤セット不十分
20	1—GNA	202	— // —	I			減衰遅い、		躯体細長、他橋脚影響
21	1—GPE	202	— // —	F	○		盛土作用受ける		良好、地盤軟弱
22	1—GPE	202	— // —	C			乱れあり、大	乱れあり	地盤拘束力小、杭支持力不均等
23									
24	1—GPE	202	— // —	B			前後比較的、大		普通
25	1—GWC	402	— // —	C			小	小	良好

図面 番号	符 号	番 号	健 全 度	振巾 型式	新設	標準 振動	振 巾	週 期	摘 要
76	1—GPD	252	躯体基礎弱 化						良好
77	1—GPE	252	— // —	F			大	大	不良
78	3—GPE	554	— // —	F			移動大	大	躯体、基礎特に不良
79									
80	1—GWB	154	— // —	I			乱れあり大	大	不良
81									
82	1—GNA	455	— // —	A			偏倚大 前後の減衰 不良大	大	上り動揺下り弾性振動不良
83	1—GWC	462	躯体亀裂大	M				共振	井筒天端上1m附近、深60cm亀裂、 不良
84									

§ 5. 躯体天端左右方向の振巾ならびに週期算式

以下の式は土木学会論文集才58号(別冊)より再録したものである。

現象解析においては、各要素間の関係を式より知り、調査結果を基として未知な一要素を計算しこれによつて現況の判定をするのが普通である。

a) 左右方向振巾

動揺振動をなす場合(傾斜沈下を除く)

普通基礎	底面矩形	$\Delta l \approx 0,315 \cdot K \cdot \beta \dots\dots\dots$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{直上振巾の時 } \beta \approx 0.8 \\ \text{最大振巾の時 } \beta \approx 1.0 \end{array} \right.$
	底面円形	$\Delta l \approx 0,535 \cdot K \cdot \beta \dots\dots\dots$	

杭基礎	底面矩形	$\Delta l \approx 15 \times \frac{l^2 \cdot f_{\max}}{ab^3}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{直上振巾の時 } \beta \approx 0.84 \\ \text{最大振巾の時 } \beta \approx 1.16 \end{array} \right.$
	底面円形	$\Delta l \approx 15 \times \frac{l^2 \cdot f_{\max}}{b^4}$	

井筒基礎 底面円形 $\Delta l \approx 4.1 \cdot K \cdot \beta \dots\dots\dots$ 直上、最大振巾の時 $\beta \approx 0.4$

ここに 普通基礎の時は $K = 6e^{-0.28l_1}$

杭基礎の時は $K = 10e^{-0.56l_1}$

井筒基礎の時は $K = 4e^{-0.32l_1}$

傾斜沈下をなす場合

普通基礎 $\Delta l = \frac{4l \cdot f_{\max}}{b}$

上記式中

Δl : 躯体左右方向全振巾 (mm)

l : 躯体と基礎の全高 (m)

l_1 : 基礎の根入長さ (m)

a : 基礎底面の前後方向の巾 (m)

b : 基礎底面の左右方向の巾 (m)

f_{\max} : 橋脚の列車荷重による最大弾性沈下量 (mm)

直上振巾とはその下部構造直上に機関車が来た時の振巾を意味する。

最大振巾とは振巾図の内の最大振巾のことを意味する

弾性振動をなす場合

$$\Delta l \approx \frac{0.36l}{Ia + Il}$$

ここに Ia : 躯体の底部断面=次モーメント (m⁴)

Il : 躯体天端断面=次モーメント (m⁴)

l : 躯体の全高 (m)

b) 躯体天端の週期

動揺振動をなす時 $T = 2\pi \sqrt{Y_{x=l} \cdot f_1(l, P) \dots\dots\dots} l$: 躯体基礎の全高 (m)

弾性振動をなす時 $T = 2\pi \sqrt{Y_{x=l} \cdot f_2(l, P) \dots\dots\dots} l$: 天端より振動の原点迄の高さ (m)

ここに
$$Y_{x=l} = \frac{\Delta l}{K \left(\frac{1 + \frac{l}{b^3} A c w}{N} \right)} \dots\dots\dots \text{動揺振動}$$

$$Y_{x=l} = \frac{Q^3}{192 E I a} \left(12 + 8e^{\frac{nl}{9}} + 21e^{\frac{2nl}{9}} + 8e^{\frac{3nl}{9}} + 10e^{\frac{4nl}{9}} + 5e^{\frac{6nl}{9}} \right) \dots\dots \text{弾性振動}$$

ここに $l = l a e^{-nl}$

A : 基礎底面積 (m^2)

C : 土の受圧土圧係数

W : 土の単位重量 (t/m^3)

N : 活荷重鉛直力 (t)

P : 桁自重および活荷重による躯体天端の反力 (t)

$Y_{x=l}$: 天端に 1ton の水平力が作用した時のその方向の変位量 (m)

尚これらの算式に係る計算図表は土木学会論文集および本書の巻末に附記してある。

§ 6. 振 動 図 集

1) 図面配列の順序は次の通りである。

図面中の番号の10位を00, 10, 20, 30, 40, 50, 60の順序に区分する。

次に00, 10, ……中を夫々1, 2, 3, ……8に区分する。

次に1, 2, ……中の夫々をN, P, Wに区分し, 最後にN, P, W, 中を夫々A, B, C, ……Fに区分してある。

2) 振動図面の横枠寸法は, 測定記録図において35cmのもので, 本図はこれを1/5に縮小したものである。(図-8参照)

3) 図面中の符号において, Aは橋台を, Pは橋脚を, またFは前後方向振動図を, Lは左右方向振動図を示し, その中間にある図は, 時間, 位置記録である。

この記録中1 P, 2 Pとあるのは進行列車の機関車先輪が1 P或は2 P上に来ていることを示していて, その時のF, L, 振動図は同時に記録したものである。

4) D51, $V=40\text{k/h}$ とあるのは, 列車の機関車型式および測定時の列車速度を示している。

次にF-4-53とあるのは, 図面整理番号で本書に直接の関係はない。

上り, 下りは上り列車, 下り列車の別を示す。

この測定に使用した振動計は, 変位計であつて, 水平2成分, 円筒煤煙記録式スプリングモーター付, 幾何倍率50, 固有週期0.5秒, 図上の週期3.92cm/secの規格のものである。

図 - 1

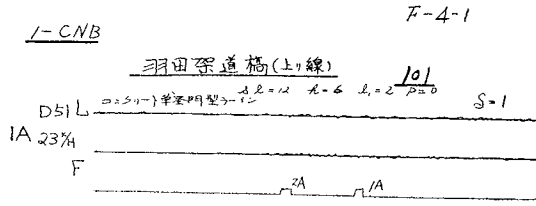


図 - 2

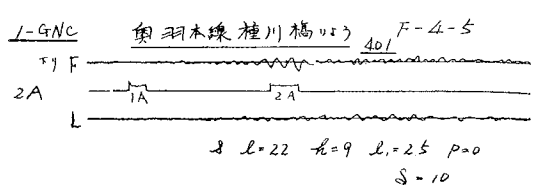


図 - 3

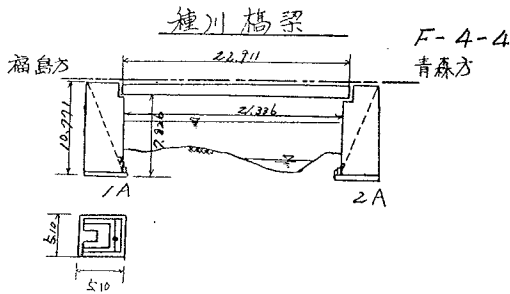


図 - 4

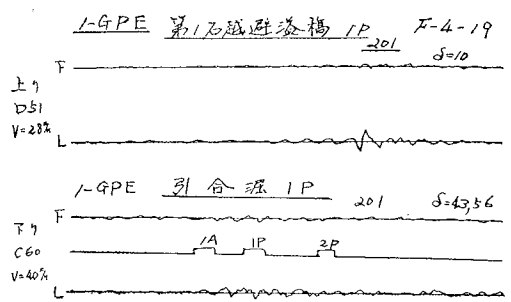


図 - 5

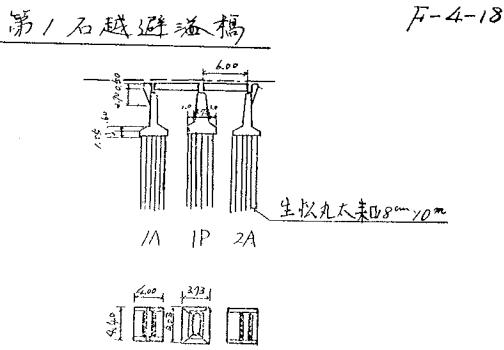


図 - 6

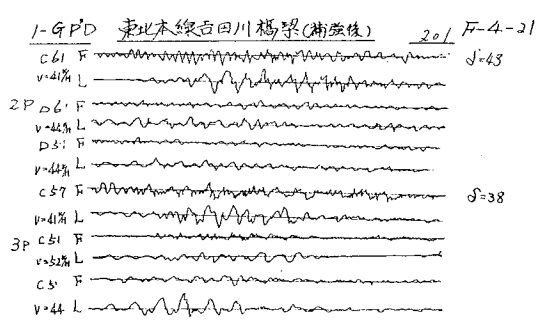


図 - 7

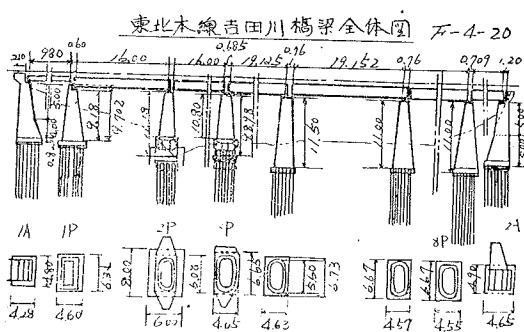


図 - 8

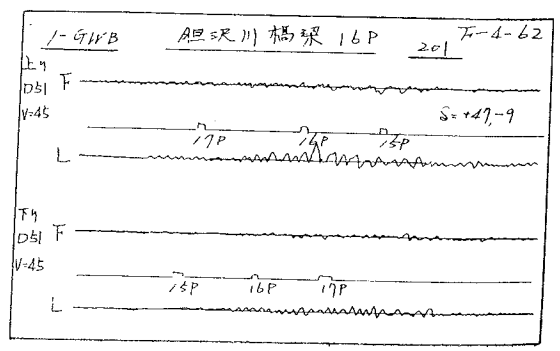


图 - 9

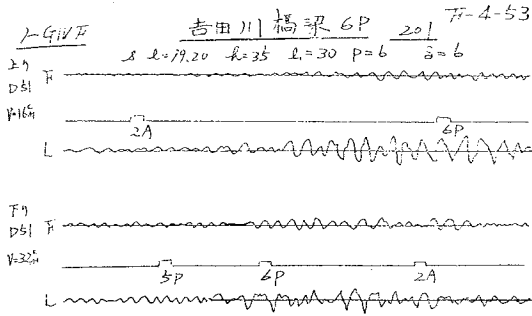


图 - 10

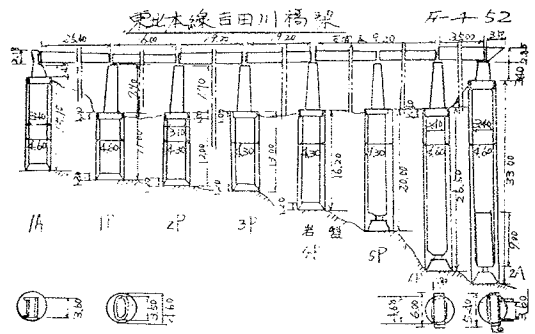


图 - 11

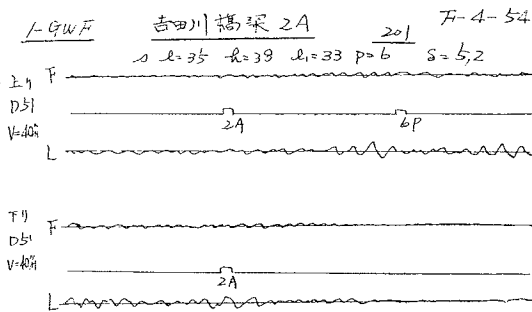


图 - 12

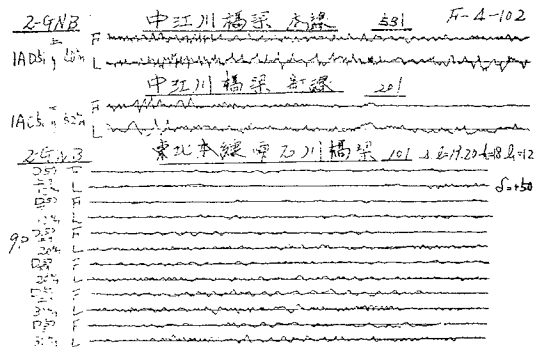


图 - 13

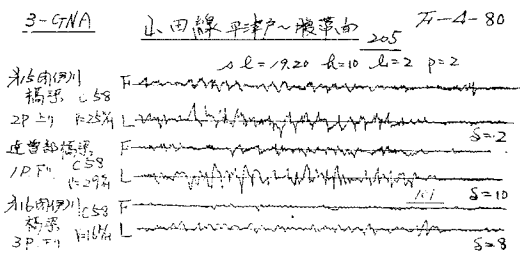


图 - 14

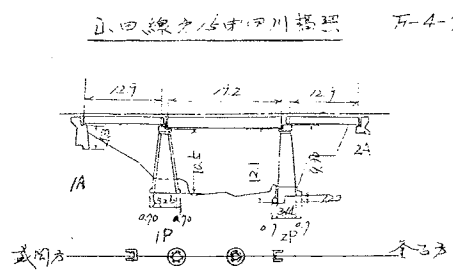


图 - 15

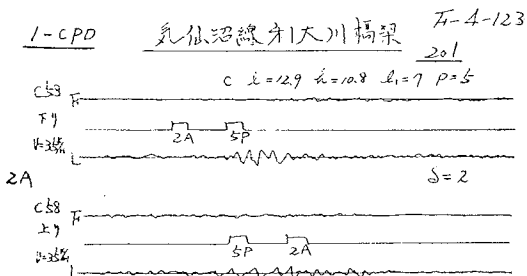


图 - 16

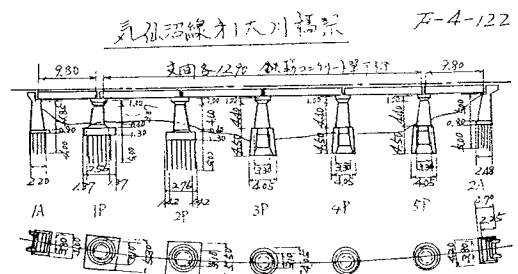


图 - 17

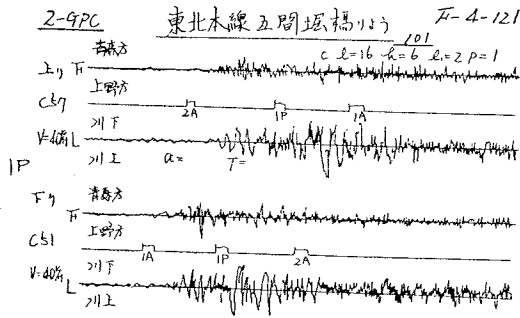


图 - 18

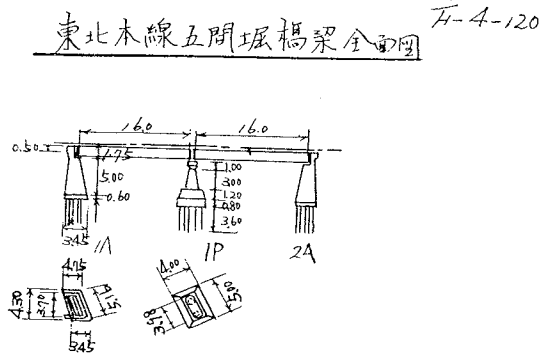


图 - 19

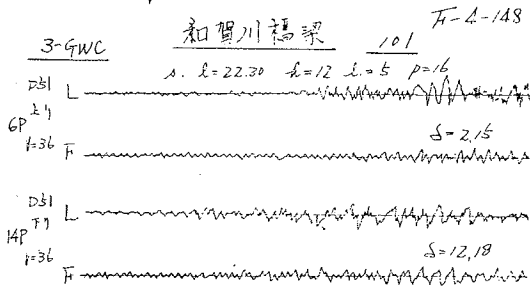


图 - 20

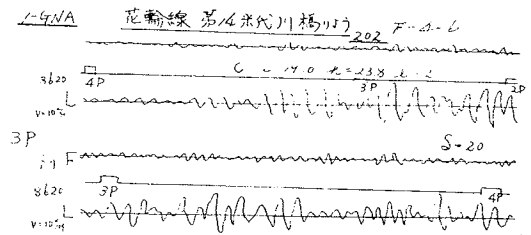


图 - 21

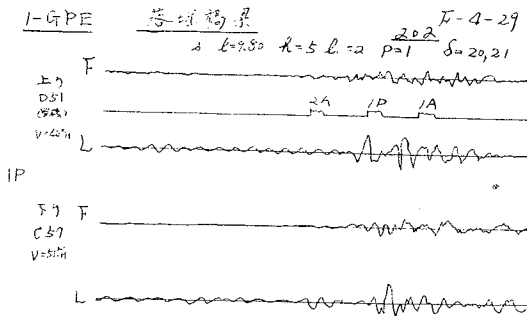


图 - 22

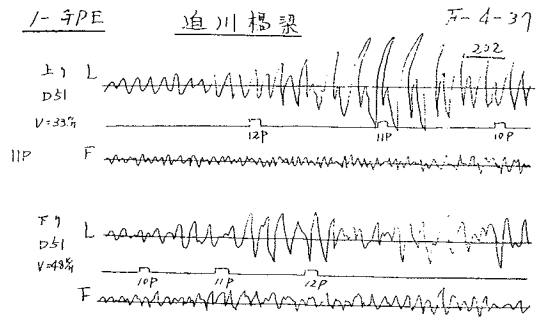


图 - 23

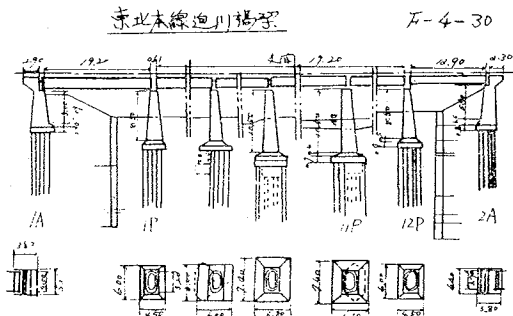


图 - 24

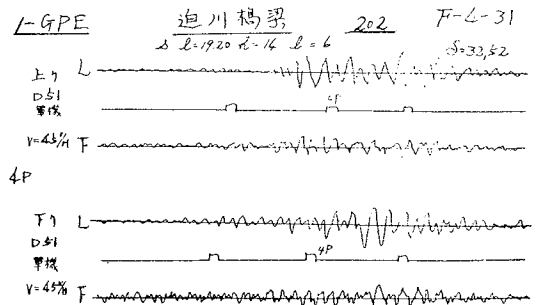


图 — 25

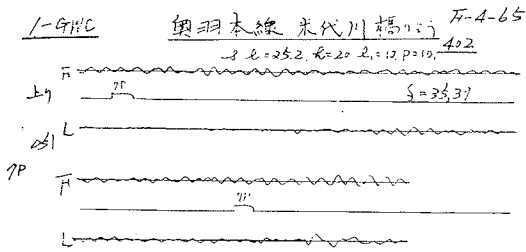


图 — 26

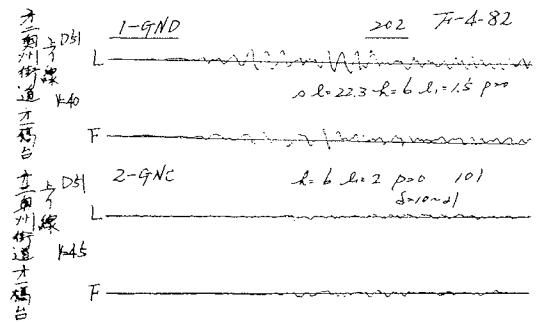


图 — 27

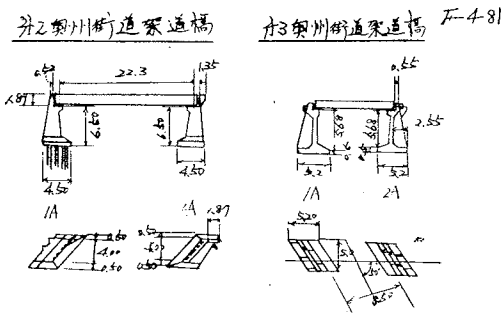


图 — 28

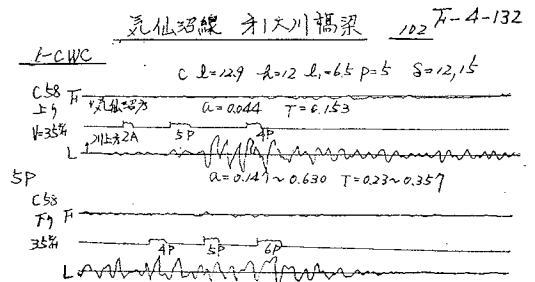


图 — 29

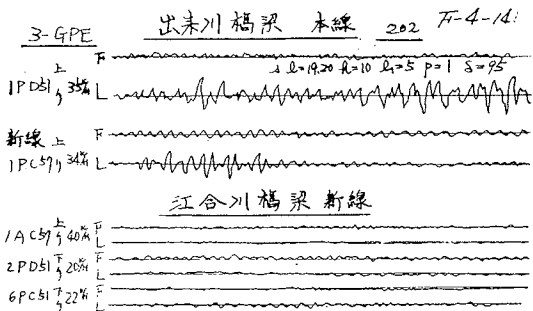


图 — 30

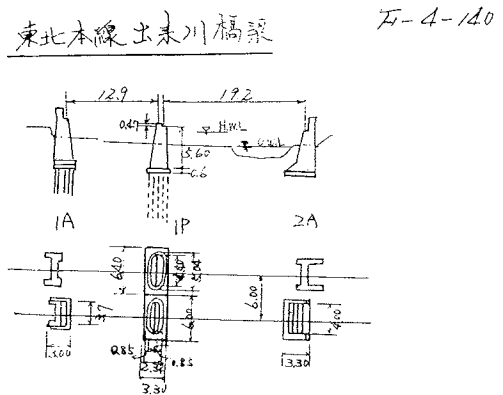


图 — 31

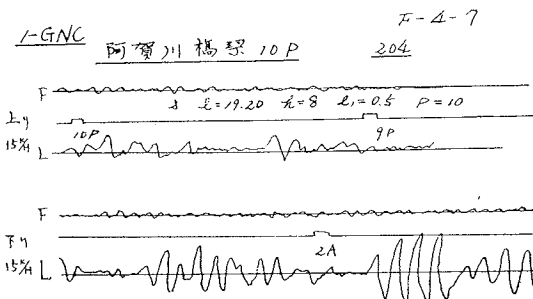


图 — 32

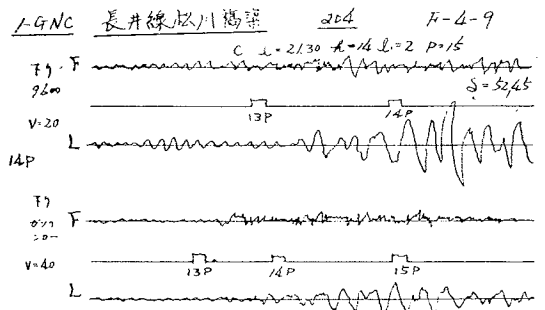


图 - 33

長井線松川橋梁

F-4-8

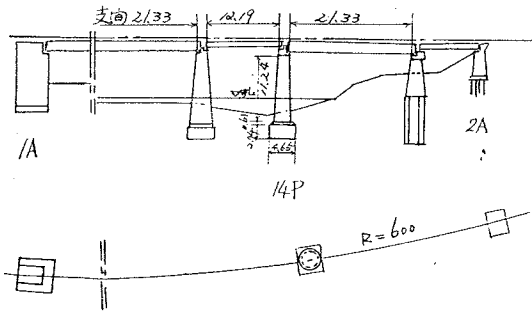


图 - 35

1-GNA 奈曾川橋梁 羽越線子吉川橋梁

F-4-12

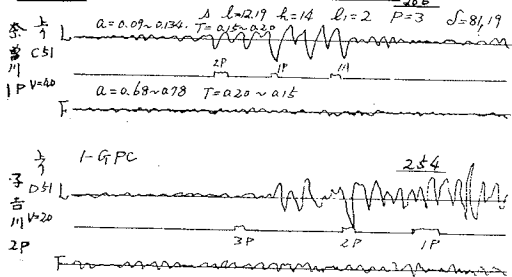


图 - 37

1-GNA 小浜線第二平井川橋梁

108 F-4-14

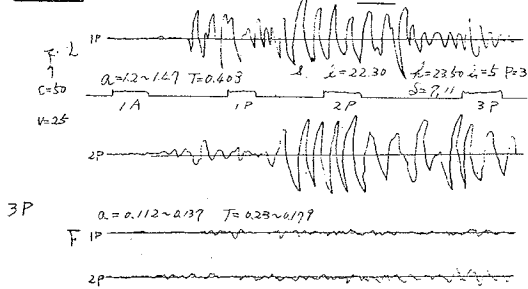


图 - 39

2-GNB 鬼面川橋梁

211 F-4-84

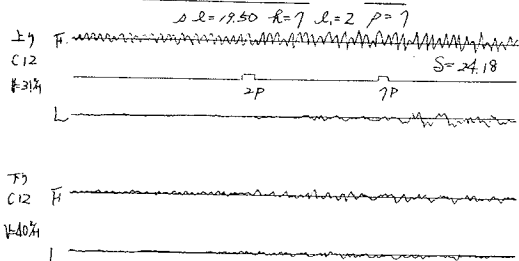


图 - 34

1-GNC 羽越線子吉川橋梁

F-4-66

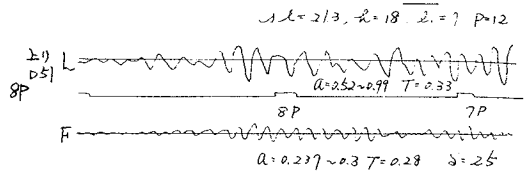


图 - 36

奈曾川橋梁

F-4-10

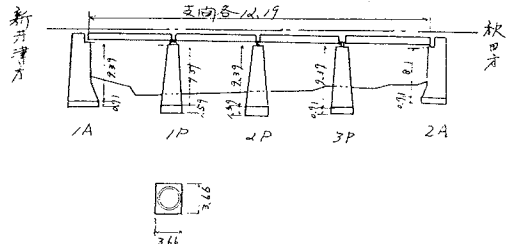


图 - 38

1-GNA 第二平井橋梁

108 F-4-13

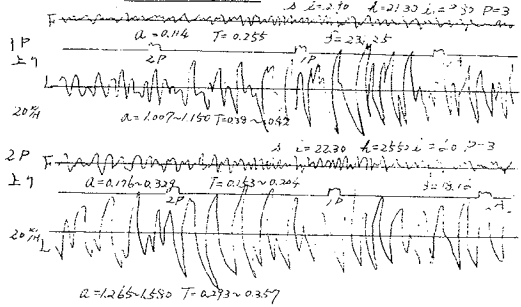


图 - 40

鬼面川橋梁全体図

F-4-83

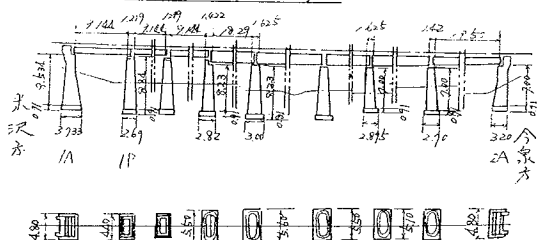


图 - 41

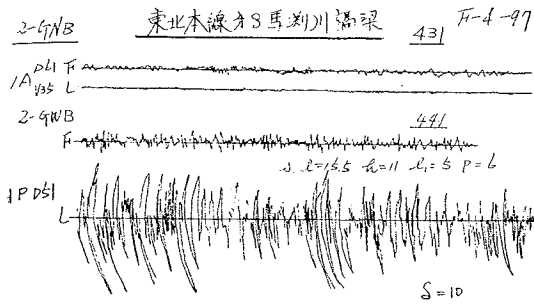


图 - 43

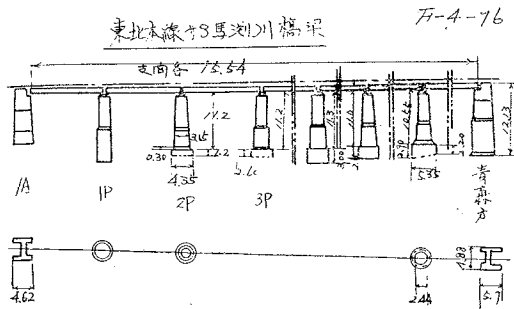


图 - 45

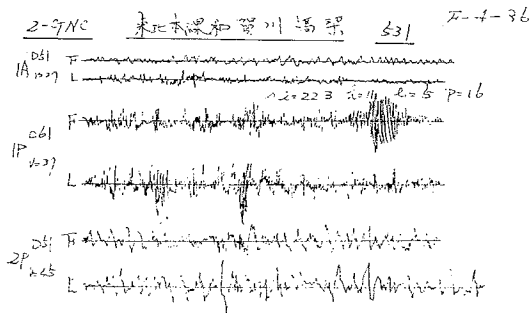


图 - 47

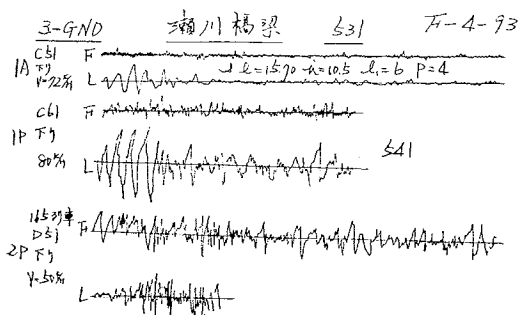


图 - 42

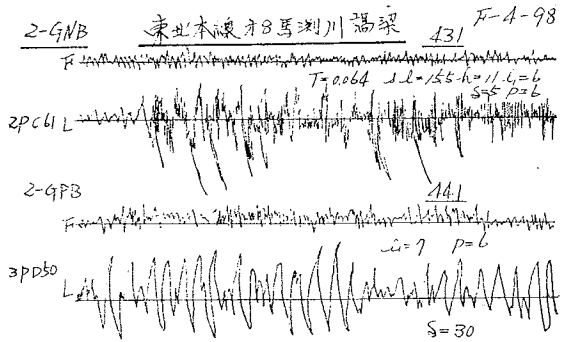


图 - 44

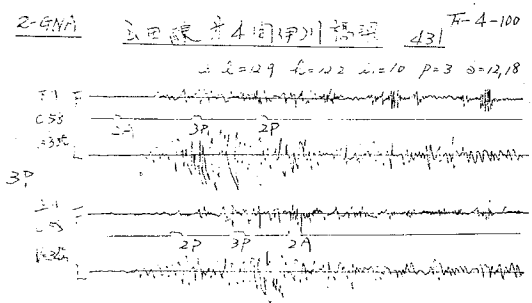


图 - 46

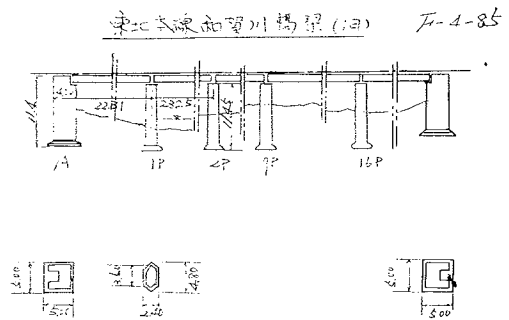


图 - 48

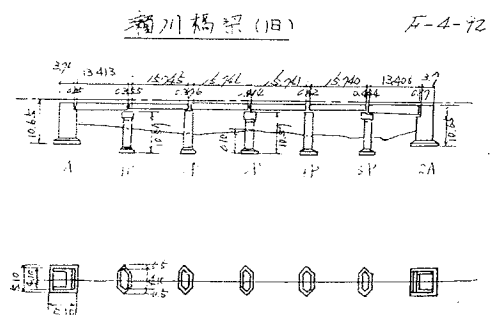


图 - 49

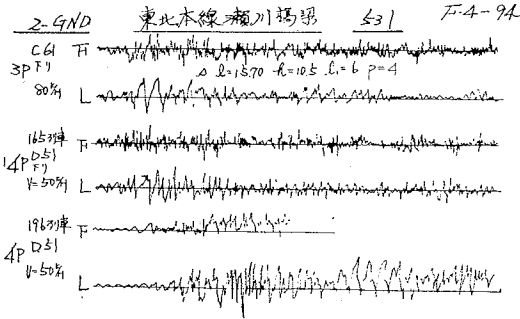


图 - 50

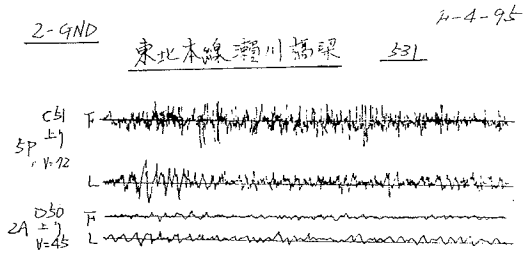


图 - 51

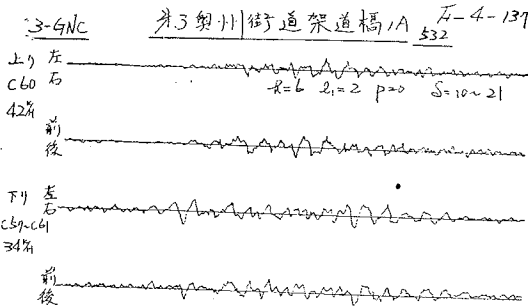


图 - 52

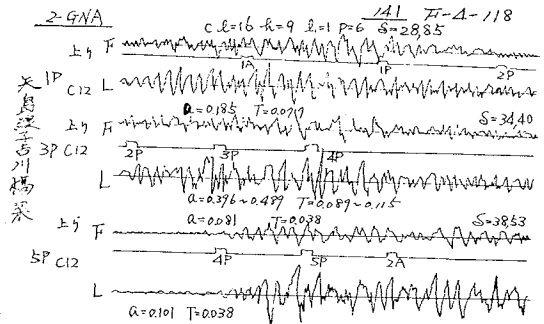


图 - 53

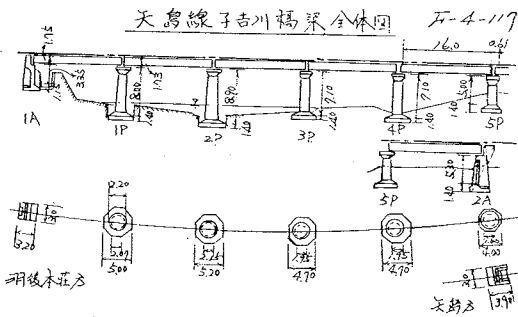


图 - 54

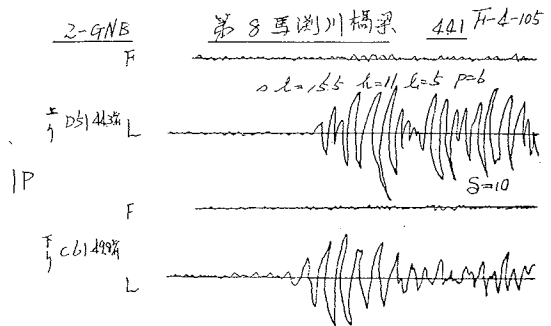


图 - 55

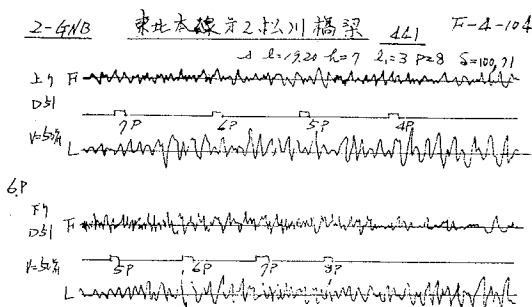


图 - 56

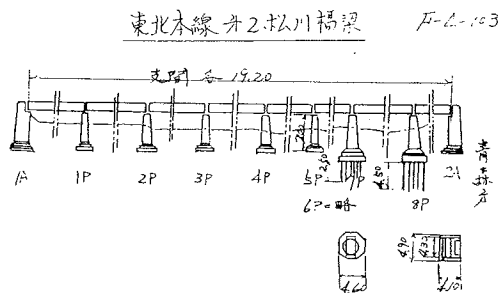


图 - 57

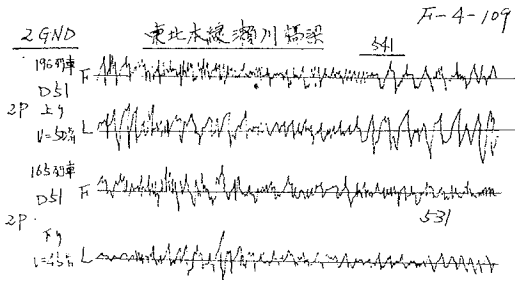


图 - 59

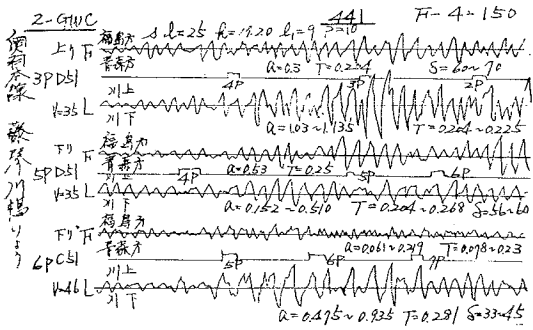


图 - 61

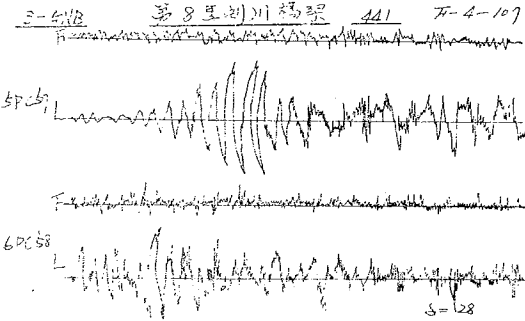


图 - 63

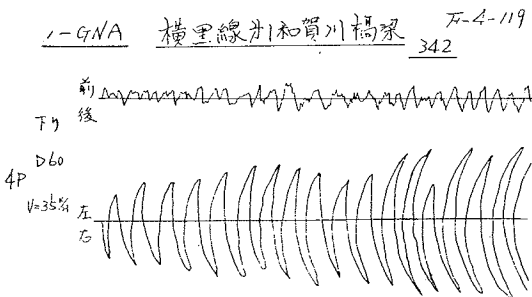


图 - 58

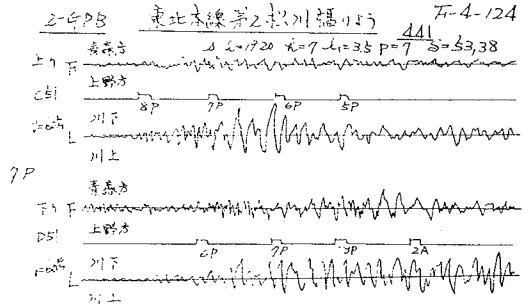


图 - 60

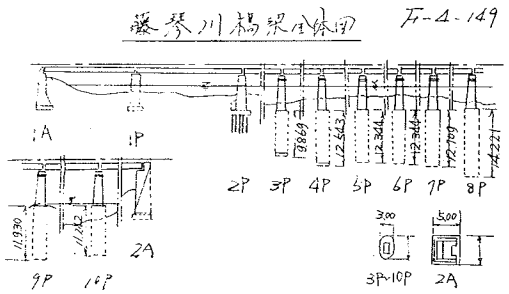


图 - 62

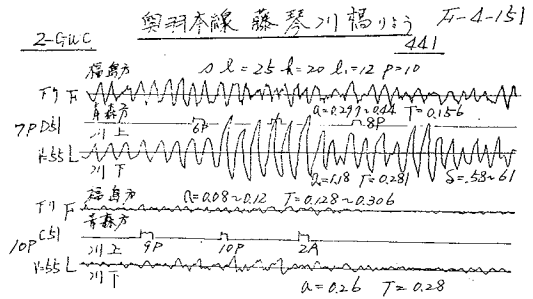


图 - 64

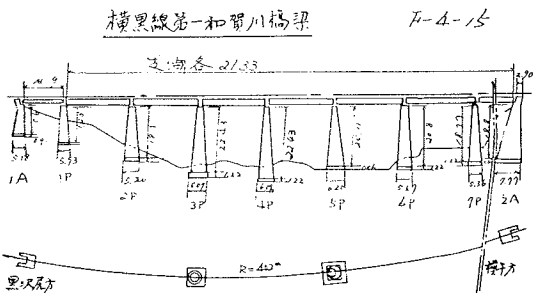


图 - 65

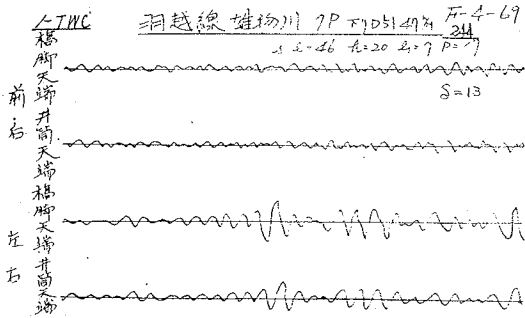


图 - 67

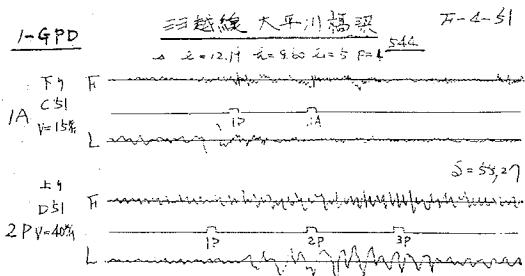


图 - 69

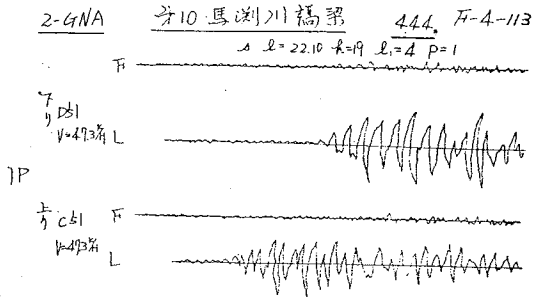


图 - 71

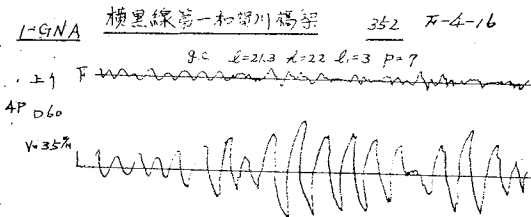


图 - 66

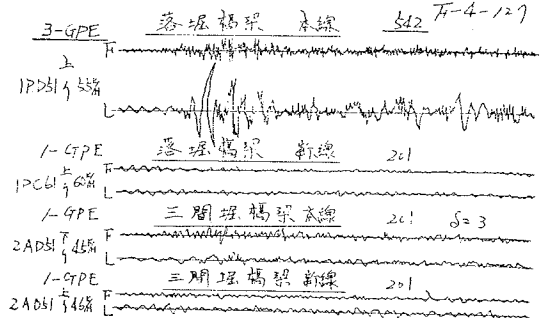


图 - 68

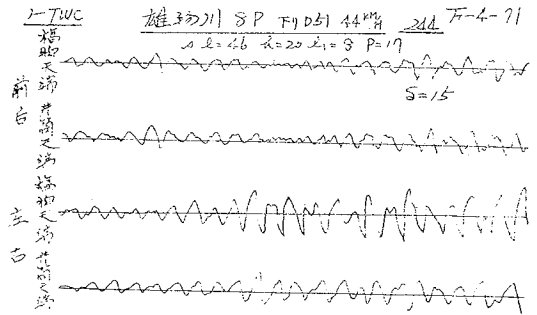


图 - 70

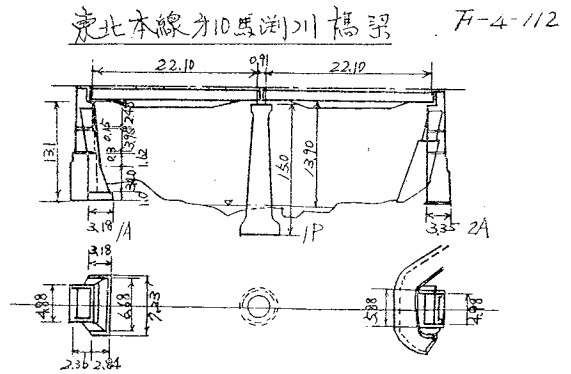


图 - 72

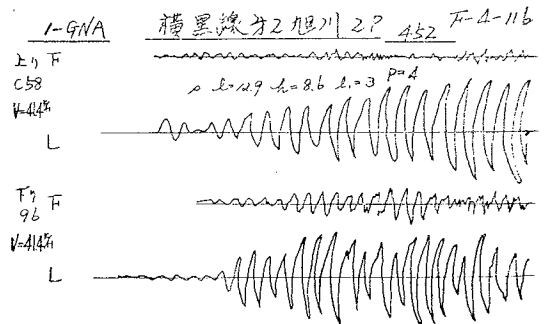


図 - 73

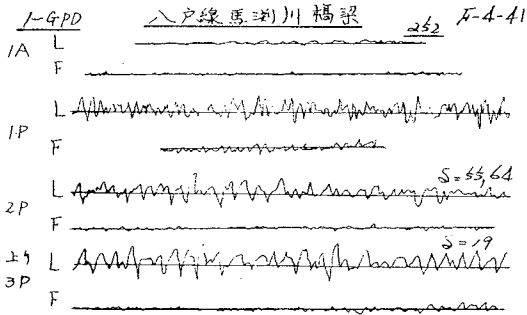


図 - 74

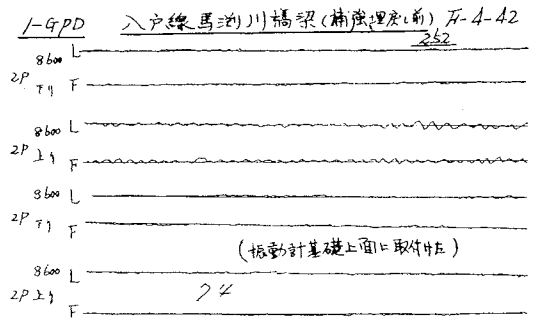


図 - 75

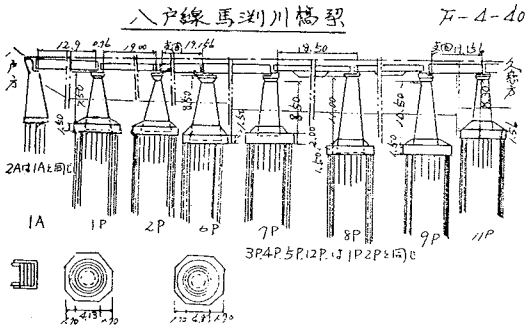


図 - 76

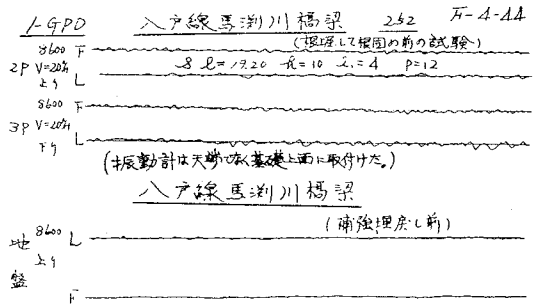


図 - 77

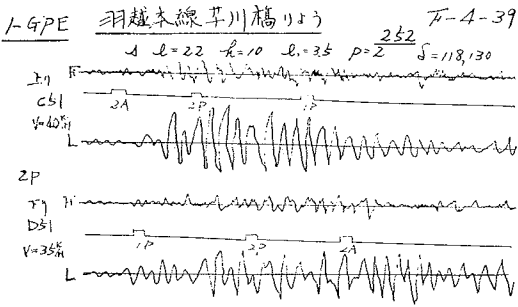


図 - 78

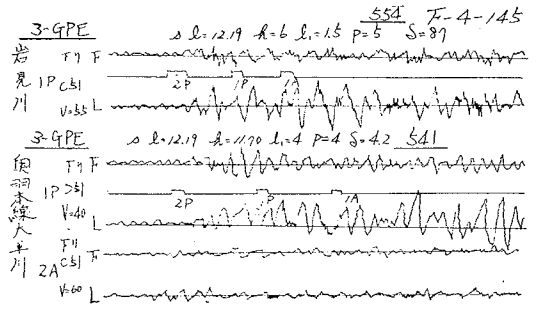


図 - 79

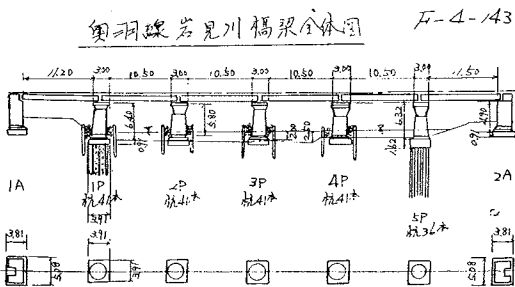


図 - 80

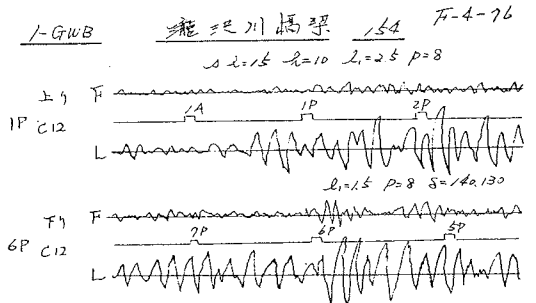


図 - 81

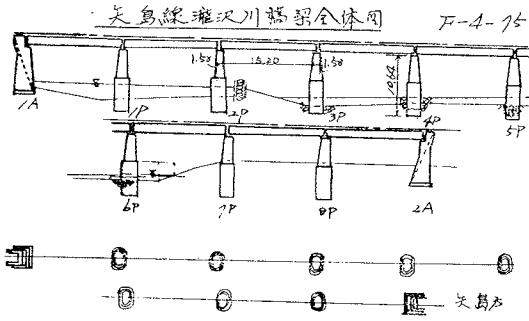


図 - 83

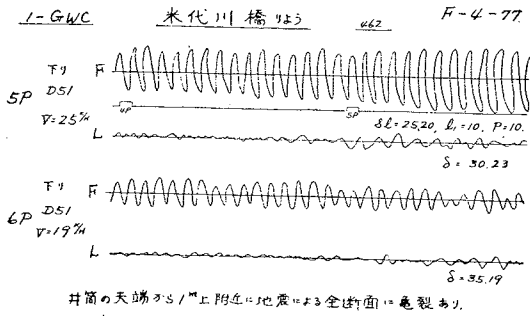


図 - 82

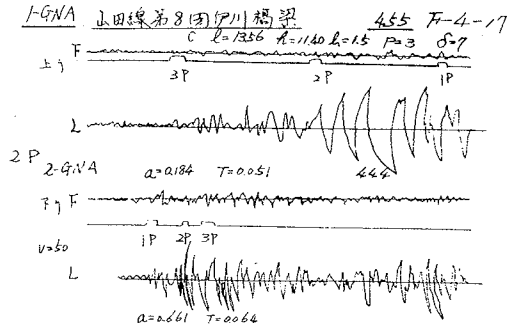


図 - 84

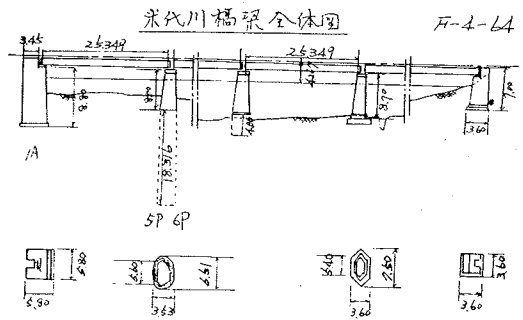
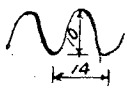
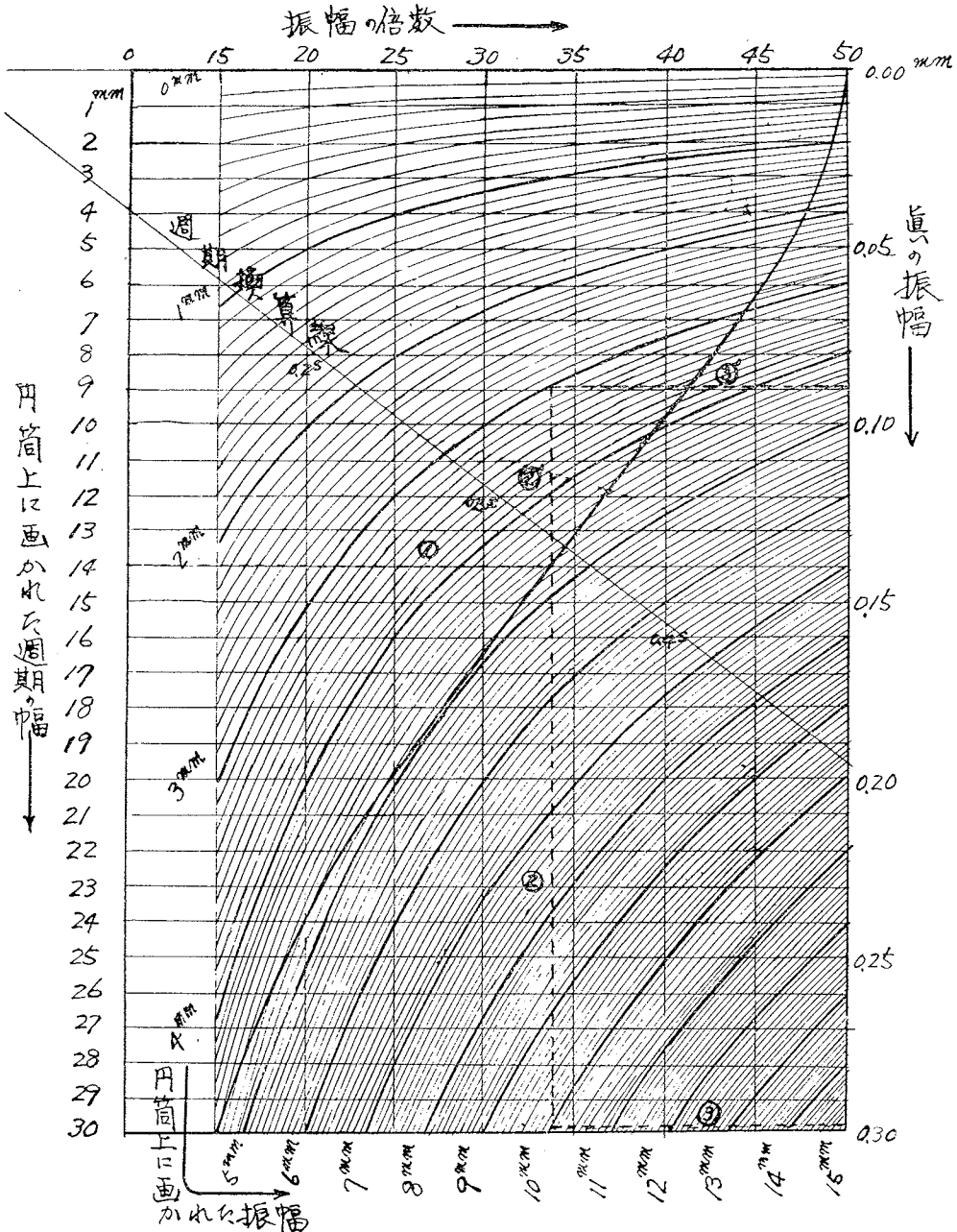


図 - 85

振動変位計 週期 振幅計算ぐらふ

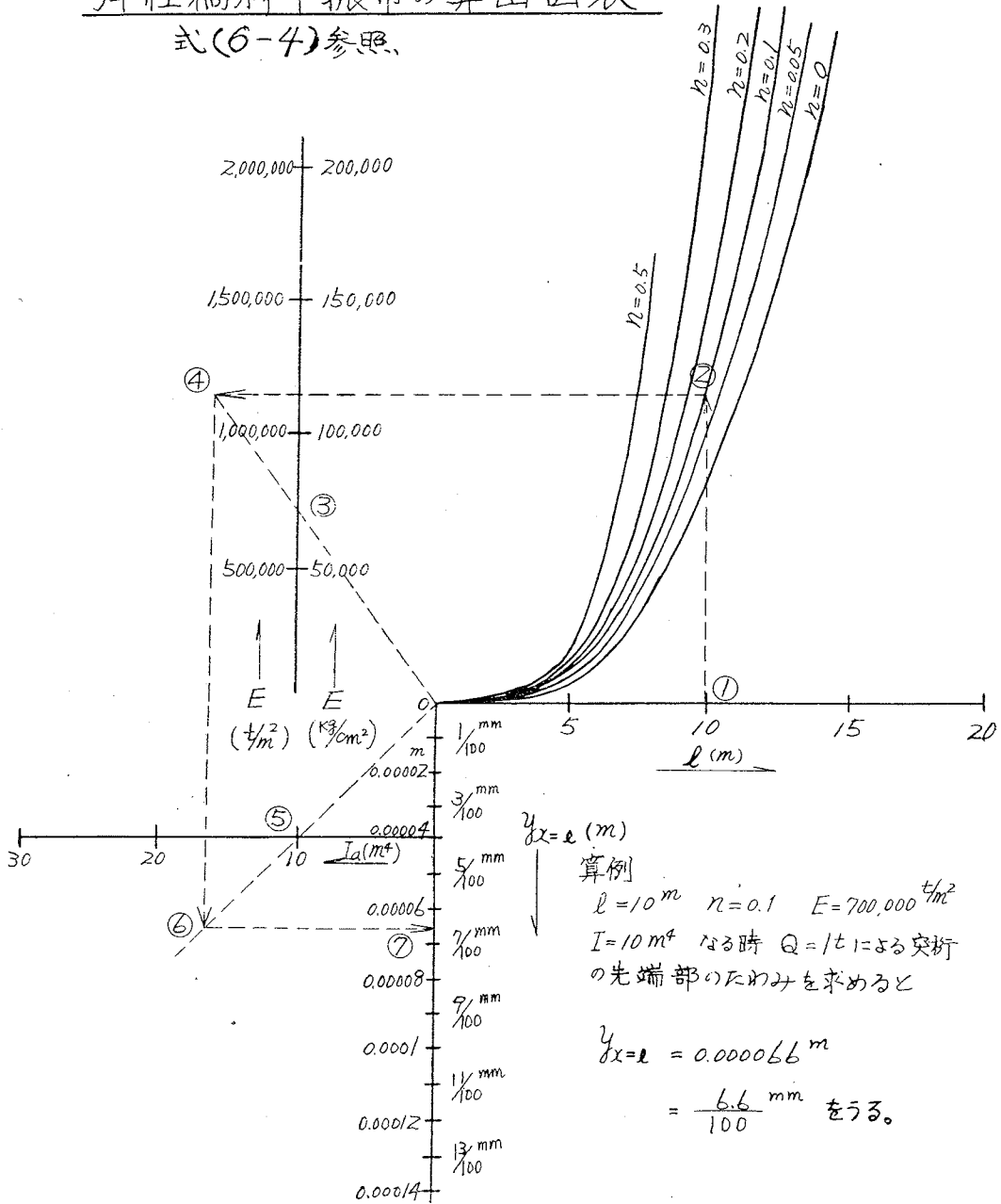
F-10-17



- 例 (1) 振中 15^{mm} 以下の場合 図上 { 週期 14^{mm} ①-②-③ 真の振中 0.298
 振中 10^{mm} }
 (2) 振中 15^{mm} 以上の場合 図上 { 週期 14^{mm} ①-②'-③' --- 0.870
 振中 30^{mm} }

弾性橋脚半振巾の算出図表

式(6-4)参照



本図は7頁の弾性振動の $Yx-l$ の式の図表化したものである

