



Title	12. 青森県津軽大橋（長泥端）の振動測定の記事
Author(s)	田治米, 鏡二; TAZIME, Kyozi; 坂尻, 直己 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 24, 167-187
Issue Date	1970-09-18
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.24.167">https://doi.org/10.14943/gbhu.24.167</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13988">https://hdl.handle.net/2115/13988</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_p167-187.pdf



## 12. 青森県津軽大橋（長泥橋）の振動測定の記事

田治米鏡二・坂尻直己・五十嵐 亨

吉井敏尅・笹谷 努

(北海道大学理学部地球物理学教室)

長 能 正 武

(北海道大学工学部建築工学教室)

— 昭和 45 年 4 月 受理 —

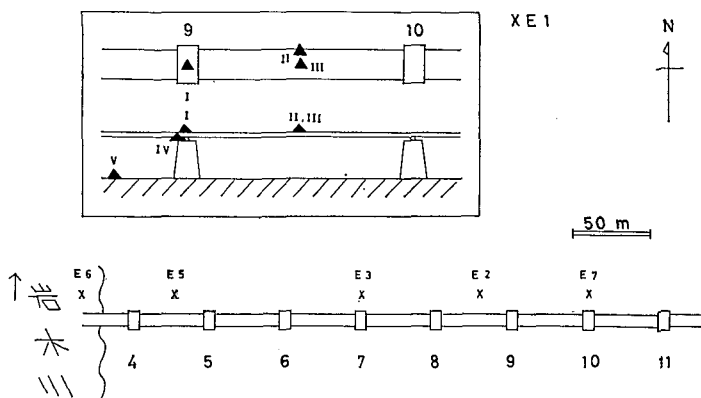
### ま え が き

長泥橋の地盤調査と橋脚の振動測定とは 1968 年の 5 月に行なわれ、それらの結果はすでに筆者らにより報告されている<sup>1),2)</sup>。

1969 年の 11 月になって、同橋の横桁がほぼ完成されたので、地盤と橋脚と横桁と各部の振動比較測定が行なわれた。この際に、大型起振器による振動実験が早稲田大学工学部堀井健一郎教授らによって行なわれたが、ここではそれには触れない。われわれは、前回と同様に、ダイナマイトの爆発による振動測定を行なった。

### 測 定 方 法

第 1 図の爆発点  $E_1, E_2, \dots, E_7$  は前回の爆発点と同じ位置であり、しかも同じ番号である。前回の測定の対象になった橋脚 9 の頂上で今回も橋脚の振動を測定した。



第 1 図 爆発点と測定点との位置関係

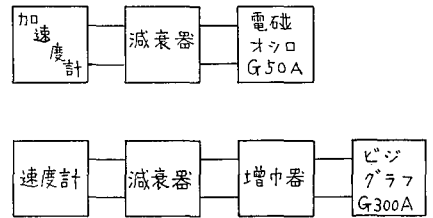
Fig. 1. Locations of shot points and observation points.

- 1) 田治米鏡二・田 望・森谷武男・五十嵐亨・本山満雄・米田征弘・長能正武 1969; 青森県長泥橋の橋脚の振動測定と地盤調査, 物理探鉱, 22, 34-42.
- 2) 田治米鏡二・吉井敏尅・五十嵐亨 1969; 青森県長泥橋の橋脚の振動測定と地盤調査(続), 北大地物報告, 21, 133-150.

振動計設置場所 I, II, III には固有周期“0.25 秒”の“加速度計”がそれぞれ 3 成分ずつ置かれている。これらの加速度計はいずれも横桁の上に置かれているが、I は橋脚 9 の真上であり、II と III とは橋脚 9 と 10 との真中である。第 1 図の枠内に示されているごとく、I と III とは桁平面上の真中にあり、II は桁の端にある。

設置場所 IV, V には周期“1 秒”の“速度計”がそれぞれ 3 成分ずつ置かれている。これらの場所に速度計を置いたのは、加速度計の台数が足りなかったからである。IV は橋脚の頂上で、その平面の真中に近い。V は橋脚を結ぶ直線上の地上であり、橋脚 9 から約 10 m 離れている。

上記の 9 台の加速度計の出力は弾性波探査用の 26 芯絶縁電線 1 本を用いて記録器に伝えられ、6 台の速度計の出力は 2 芯のビニール電線 6 本を用いて記録器に伝えられた。加速度記録系と速度記録系のブロック・ダイアグラムは第 2 図のごとくである。



第 2 図 記録系のブロック・ダイアグラム

Fig. 2. The block diagram of the recorder.

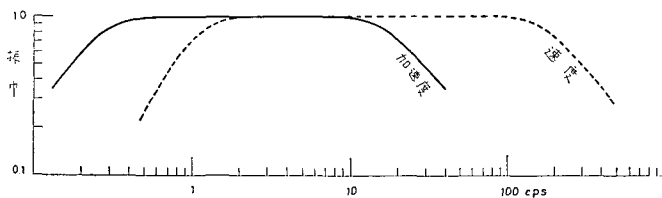
増幅器の感度は発振器による 10 cps の正弦波によって較正され、測定時の記録系の総合感度が第

1 表および第 2 表にそれぞれ gal/mm および kine/mm で表わされている。ビジグラフによる速度記録紙上の 0.1 秒の刻時線の長さは 10 mm であって、この長さは電磁オシログラフによる加速度記録紙の方にも共通である。記録紙上の各波形の速度または加速度の大きさは上記の刻時線の長さを基準にして算出される。各記録系の電流計の固有周波数は、第 2 図に記入されているごとく、50 および 300 cps であった。

水晶時計を用いて、正確な 1 秒の刻時を各記録紙に入れてある。さらに、ビジグラフに内蔵された刻時装置を利用し、0.1 秒の刻時が 1 秒の刻時に重ねられている。ビジグラフの方では、実は大部分の記録には 0.1 秒の刻時しか入れられていない。

振動計の定数は第 3 表に挙げられている。速度計の方は新品で、6 台の各定数は一致していた。各記録系の総合周波数特性は第 3 図に示されている。振幅特性が平らな周波数範囲内で各記録系が用いられることが望ましい。

加速度記録と速度記録との比較を行なうためには、kine で記録されている後者の振幅を



第 3 図 記録系の総合周波数特性

Fig. 3. Frequency characteristics of the recording system in total.

第1表 加速度計の測定資料

Table 1. Data of the acceleration meters.

	測点	トレース	方向	mm/gal		測点	トレース	方向	mm/gal
爆発番号 1 爆発点 3 薬量 1kg 深度 4m 11月12日 振幅過大	I	1	上下	4.77	爆発番号 2 爆発点 3 薬量 0.5kg 深度 3.5m モーター回転 むら	I	1	上下	0.60
		2	南北	5.51			2	南北	1.90
		3	東西	2.86			3	東西	0.69
	II	4	上下	2.21		II	4	上下	0.54
		5	南北	1.74			5	南北	0.87
		6	東西	1.55			6	東西	0.78
	III	7	上下	2.93		III	7	上下	0.71
		8	南北	3.10			8	南北	1.70
		9	東西	6.44			9	東西	3.08
爆発番号 3 爆発点 3 薬量 0.5kg 深度 3.5m	I	1	上下	0.60	爆発番号 4 爆発点 2 薬量 0.1kg 深度 4m 11月13日	I	1	上下	0.60
		2	南北	1.89			2	南北	1.89
		3	東西	0.69			3	東西	0.69
	II	4	上下	0.54		II	4	上下	0.54
		5	南北	0.40			5	南北	0.40
		6	東西	0.35			6	東西	0.35
	III	7	上下	0.71		III	7	上下	0.71
		8	南北	1.69			8	南北	1.69
		9	東西	1.68			9	東西	1.68
爆発番号 5 爆発点 2 薬量 0.1kg 深度 3.5m	I	1	上下	0.60	爆発番号 6 爆発点 2 薬量 0.1kg 深度 3.5m	I	1	上下	0.60
		2	南北	1.89			2	南北	1.89
		3	東西	0.69			3	東西	0.69
	II	4	上下	0.54		II	4	上下	0.54
		5	南北	0.40			5	南北	0.40
		6	東西	0.35			6	東西	0.78
	III	7	上下	0.71		III	7	上下	0.71
		8	南北	1.69			8	南北	1.69
		9	東西	1.68			9	東西	1.68
爆発番号 7 爆発点 2 薬量 0.1kg 深度 3.5m	I	1	上下	0.60	爆発番号 8 爆発点 7 薬量 0.5kg 深度 4m	I	1	上下	0.60
		2	南北	1.89			2	南北	1.89
		3	東西	0.69			3	東西	0.69
	II	4	上下	1.07		II	4	上下	0.54
		5	南北	0.87			5	南北	0.40
		6	東西	0.78			6	東西	0.35
	III	7	上下	0.71		III	7	上下	0.71
		8	南北	1.69			8	南北	1.69
		9	東西	1.68			9	東西	1.68
爆発番号 9 爆発点 7 薬量 0.5kg 深度 4m	I	1	上下	0.60	爆発番号 10 爆発点 5 薬量 1kg 池の中 深度 1.5m	I	1	上下	1.19
		2	南北	1.89			2	南北	3.78
		3	東西	0.69			3	東西	1.39
	II	4	上下	0.54		II	4	上下	1.07
		5	南北	0.87			5	南北	2.21
		6	東西	0.76			6	東西	1.74
	III	7	上下	0.71		III	7	上下	1.46
		8	南北	1.69			8	南北	3.10
		9	東西	1.68			9	東西	3.08

	測点	トレース	方向	mm/gal		測点	トレース	方向	mm/gal
爆発番号 11 爆発点 5 薬量 1 kg 池の中 深度 1.5 m 失敗 記録なし	I	1	上下	—	爆発番号 12 爆発点 5 薬量 1 kg 池の中 深度 1.5 m	I	1	上下	1.19
		2	南北	—			2	南北	1.89
		3	東西	—			3	東西	0.69
	II	4	上下	—		II	4	上下	0.54
		5	南北	—			5	南北	0.87
		6	東西	—			6	東西	0.76
	III	7	上下	—		III	7	上下	0.71
		8	南北	—			8	南北	1.69
		9	東西	—			9	東西	3.08
爆発番号 13 爆発点 1 薬量 10 kg 深度 20 m	I	1	上下	0.60	爆発番号 14 爆発点 1 薬量 10 kg 深度 20 m	I	1	上下	1.19
		2	南北	1.89			2	南北	1.89
		3	東西	0.69			3	東西	0.69
	II	4	上下	0.54		II	4	上下	0.54
		5	南北	0.40			5	南北	0.87
		6	東西	0.35			6	東西	0.78
	III	7	上下	0.71		III	7	上下	0.71
		8	南北	1.69			8	南北	1.69
		9	東西	1.68			9	東西	1.68
爆発番号 15 爆発点 2 薬量 0.1 kg 深度 3 m 11月14日	I	1	上下	0.60	爆発番号 16 爆発点 7 薬量 0.1 kg 深度 3 m	I	1	上下	0.60
		2	南北	1.89			2	南北	1.89
		3	東西	0.69			3	東西	0.69
	II	4	上下	0.54		II	4	上下	0.54
		5	南北	0.87			5	南北	0.87
		6	東西	0.78			6	東西	0.78
	III	7	上下	0.71		III	7	上下	0.71
		8	南北	1.09			8	南北	1.69
		9	東西	1.68			9	東西	1.68
爆発番号 17 爆発点 7 薬量 0.1 kg 深度 3 m	I	1	上下	1.19	爆発番号 18 爆発点 5 薬量 1 kg 池の中 深度 1.5 m	I	1	上下	1.19
		2	南北	3.79			2	南北	3.79
		3	東西	1.39			3	東西	1.39
	II	4	上下	1.07		II	4	上下	1.07
		5	南北	1.74			5	南北	1.74
		6	東西	1.55			6	東西	1.55
	III	7	上下	1.46		III	7	上下	1.46
		8	南北	3.10			8	南北	3.10
		9	東西	3.08			9	東西	3.08
爆発番号 19 爆発点 6 薬量 2 kg 深度 2 m 川の中	I	1	上下	1.19	爆発番号 20 爆発点 6 薬量 3 kg 深度 2 m 川の中	I	1	上下	1.19
		2	南北	3.79			2	南北	3.79
		3	東西	1.39			3	東西	1.39
	II	4	上下	1.07		II	4	上下	1.07
		5	南北	1.74			5	南北	1.74
		6	東西	1.55			6	東西	1.55
	III	4	上下	1.46		III	7	上下	1.46
		5	南北	3.10			8	南北	3.10
		6	東西	3.08			9	東西	3.08

第2表 速度計の測定資料

Table 2. Data of the velocity meters.

	測点	トレース	方向	mm/kine		測点	トレース	方向	mm/kine
爆発番号 1 爆発点 3 薬量 1 kg 深度 4 m 11月12日	V	1	上下	33.50	爆発番号 2 爆発点 3 薬量 0.5 kg 深度 3.5 m	V	1	上下	33.50
		2	南北	15.63			2	南北	15.63
		3	東西	17.15			3	東西	17.15
	IV	4	上下	23.43		IV	4	上下	23.43
		5	南北	24.47			5	南北	24.47
		6'	東西	—			6'	東西	—
爆発番号 3 爆発点 3 薬量 0.5 kg 深度 3 m 観測失敗 記録なし	V	1	上下	—	爆発番号 4 爆発点 2 薬量 0.1 kg 深度 4 m 11月13日 観測失敗	V	1	上下	—
		2	南北	—			2	南北	—
		3	東西	—			3	東西	—
	IV	4	上下	—		IV	4	上下	—
		5	南北	—			5	南北	—
		6	東西	—			6	東西	—
爆発番号 5 爆発点 2 薬量 0.1 kg 深度 3.5 m	V	1	上下	33.50	爆発番号 6 爆発点 2 薬量 0.1 kg 深度 3.5 m	V	1	上下	33.50
		2	南北	—			2	南北	—
		3	東西	7.34			3	東西	7.34
	IV	4	上下	53.80		IV	4	上下	30.38
		5	南北	57.00			5	南北	53.80
		6	東西	33.50			6	東西	53.16
爆発番号 7 爆発点 2 薬量 0.1 kg 深度 3.5 m	V	1	上下	272.00	爆発番号 8 爆発点 7 薬量 0.5 kg 深度 4 m	V	1	上下	11.77
		2	南北	98.40			2	南北	15.80
		3	東西	6.08			3	東西	7.34
	IV	4	上下	30.38		IV	4	上下	48.61
		5	南北	53.80			5	南北	8.54
		6	東西	53.16			6	東西	6.33
爆発番号 9 爆発点 7 薬量 0.5 kg 深度 4 m	V	1	上下	46.73	爆発番号 10 爆発点 5 薬量 1 kg 池の中 深度 1.5 m	V	1	上下	46.73
		2	南北	50.00			2	南北	25.80
		3	東西	23.20			3	東西	23.20
	IV	4	上下	193.00		IV	4	上下	193.00
		5	南北	26.00			5	南北	26.00
		6	東西	20.00			6	東西	63.29
爆発番号 11 爆発点 5 薬量 1 kg 池の中 深度 1.5 m 記録なし	V	1	上下	—	爆発番号 12 爆発点 5 薬量 1 kg 池の中 深度 1.5 m	V	1	上下	23.43
		2	南北	—			2	南北	50.00
		3	東西	—			3	東西	53.80
	IV	4	上下	—		IV	4	上下	193.00
		5	南北	—			5	南北	26.00
		6	東西	—			6	東西	63.29
爆発番号 13 爆発点 1 薬量 10 kg 深度 20 m	V	1	上下	33.50	爆発番号 14 爆発点 1 薬量 10 kg 深度 20 m	V	1	上下	12.03
		2	南北	19.62			2	南北	19.62
		3	東西	7.34			3	東西	53.80
	IV	4	上下	35.77		IV	4	上下	35.77
		5	南北	8.54			5	南北	85.44
		6	東西	5.70			6	東西	56.96
爆発番号 15 爆発点 2 薬量 0.1 kg 深度 3 m 11月14日	V	1	上下	12.03	爆発番号 16 爆発点 7 薬量 0.1 kg 深度 3 m	V	1	上下	13.04
		2	南北	3.17			2	南北	12.66
		3	東西	7.34			3	東西	23.20
	IV	4	上下	35.77		IV	4	上下	150.00
		5	南北	26.00			5	南北	85.44
		6	東西	63.29			6	東西	56.96

	測点	トレース	方向	mm/kine		測点	トレース	方向	mm/kine
爆発番号 17 爆発点 7 薬量 0.1kg 深度 3m	V	1	上下	25.94	爆発番号 18 爆発点 5 薬量 1kg 池の中 深度 1.5m	V	1	上下	66.83
		2	南北	25.19			2	南北	38.54
		3	東西	24.60			3	東西	24.60
	IV	4	上下	150.00		IV	4	上下	150.00
		5	南北	72.15			5	南北	72.15
		6	東西	22.00			6	東西	22.00
爆発番号 19 爆発点 6 薬量 2kg 深度 2m 川の中	V	1	上下	66.83	爆発番号 20 爆発点 6 薬量 3kg 深度 2m 川の中	V	1	上下	66.83
		2	南北	153.00			2	南北	153.00
		3	東西	24.60			3	東西	24.60
	IV	4	上下	150.00		IV	4	上下	150.00
		5	南北	72.15			5	南北	72.15
		6	東西	22.00			6	東西	22.00

第3表 振動計定数

Table 3. Various constants of the transducers.

	トレース	方	向	加速度計 番号	固有周波数 (cps)	電圧感度 (volt·sec)	コイル抵抗 ( $\Omega$ )
I	1	上	下	4	3.91	4.20	70
	2	南	北	601	2.80	3.97	44
	3	東	西	602	3.60	3.96	44
II	4	上	下	1	3.85	5.35	82
	5	南	北	8	3.34	3.37	94
	6	東	西	9	3.34	5.10	83
III	7	上	下	2	3.57	4.78	88
	8	南	北	6	3.21	5.10	88
	9	東	西	7	3.29	5.11	80

	速度計番号	固有周波数 (cps)	感度 (volt/kine)
水 平	TSD-1HA	1.0	2.0
上 下	TSD-1VA	1.0	2.0

第4表 記録18の加速度振幅と速度振幅との比較

Table 4. Comparison of the amplitude of acceleration with that of velocity on record 18.

測点	記録系	成分	感度	最大振幅	周波数	加速度
I	加速度	上下	1.19 mm/gal	2 mm	7.5 cps	1.7 gal
IV	速度	上下	150 mm/kine	5 mm	6.8 cps	1.4 gal

gal に換算しなければならぬ。この換算がうまく行なわれるか否かをためてみるために、爆発番号18のIとIVにおける上下動の記録の最大振幅を比較した。この試算経過は第4表に示されている。測点IとIVとは場所が接近しているので、測定された加速度が甚だしく喰い違うとは考えられぬ。第4表の試算結果を比較すると、両者は甚だしくは違ってないので、速度から加速度への換算は妥当に行なわれたものと解釈される。

たいていの振動計は固有周波数の30倍以上の周波数に対して第2次共振を起しやすい。今回使用した周期1秒の水平動速度計は40 cps 付近で極めて強い第2次共振を行なう。ゆえに、40 cps より大きな周波数の速度記録の振幅は第2表によって較正することはできぬ。今回の速度記録の中にも異常に角ばった波形が散見される。このような部分は残念ながら測定資料として用いることはできない。

第1表および第2表に対応する加速度記録および速度記録はそれぞれ本文の後にまとめて示されている。加速度記録 no. 2 の終りに示されているのは起振器による記録である。

これらの記録から波形の良いものだけを選び出せば、各爆発に対してすべての測点における記録を解析することができる。北大工学部の金子孝吉が実際にすべての測点の記録のスペクトル解析を行なった。ただし、この報文では測定された記録を提出するだけで、記録の解析については触れない。

謝 辞 今回の測定は北大工学部渡辺昇教授の意向に沿って行なわれた。測定に際しては青森県土木部道路課と横河橋梁 KK とから多くの便宜が与えられた。

## 12. Records of the Vibration at Various Part of Tsugaru-Ōhashi (the Bridge of Nagadoro), Aomori Prefecture

By Kyozi TAZIME, Naomi SAKAJIRI, Tōru IGARASHI,  
Toshikatsu YOSHII and Tsutomu SASATANI

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Masatake NAGANO

(Department of Architecture, Faculty of Technology, Hokkaido University)

The ground motion as well as the vibration of the pier were already measured by the use of explosives. The same measurement as the previous has been repeated, since the grider of the bridge has recently been almost completed. In the present measurement five observation points were selected: two were the center and the side on the middle of the grider, one was the end of the grider just above the pier, one was the top of the pier beneath the grider and the last one was the ground surface 10 m far from the pier.

Each observation point had three components of the transducer. Every vibration, acceleration or velocity, was observed at the same time by one explosion. Explosions were repeated at various shot points.

We had aimed to measure not only the absolute amplitude but also the damping constant of the bridge. However, the ground itself made damping vibration. It seems difficult to distinguish the damping constant of the bridge from that of the ground. The damping of the ground is mainly due to the dispersion of the surface waves. This fact must become an important problem for the motion of the ground.

