



土木研究所資料

第640号

地盤振動の実測調査

昭和 46 年 4 月

建設省土木研究所

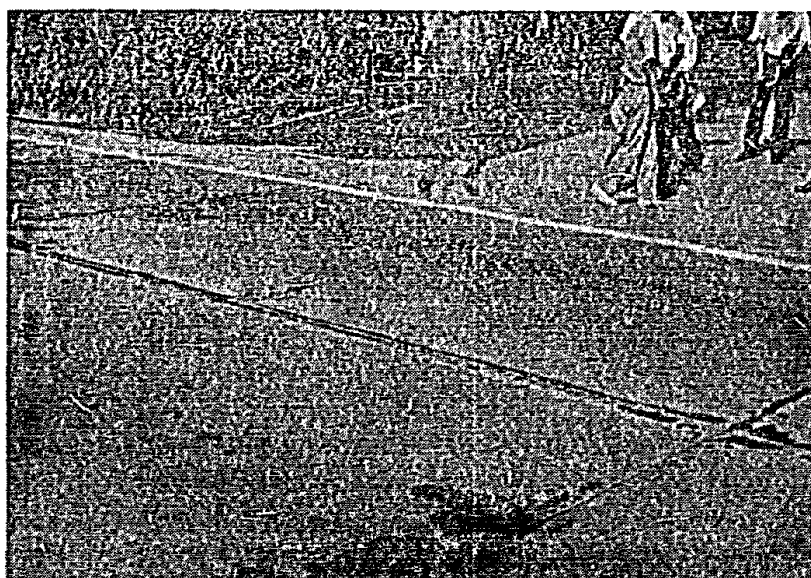


写真-1 補修前の路面

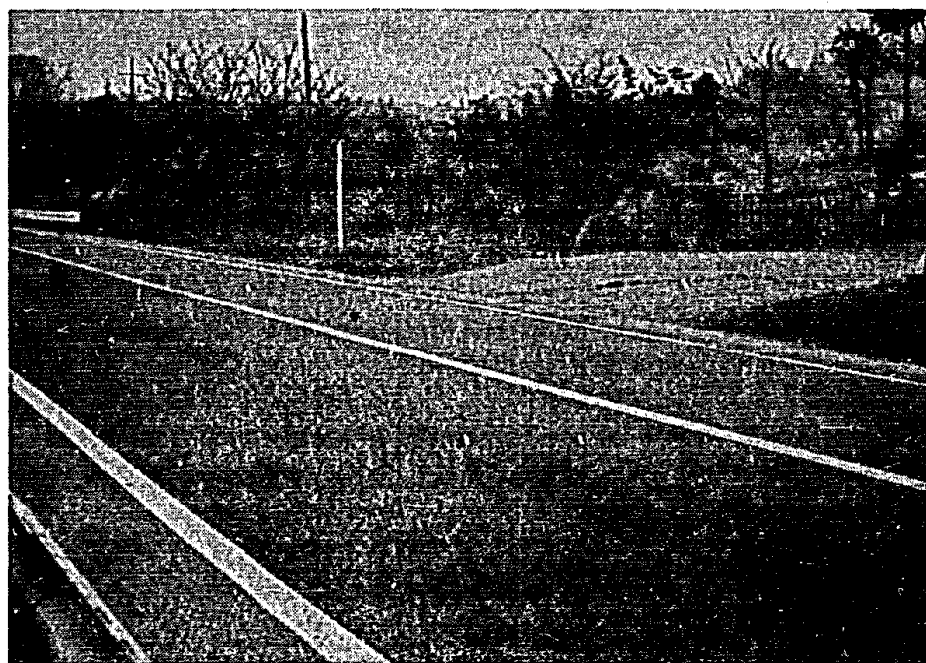


写真-2 補修後の路面

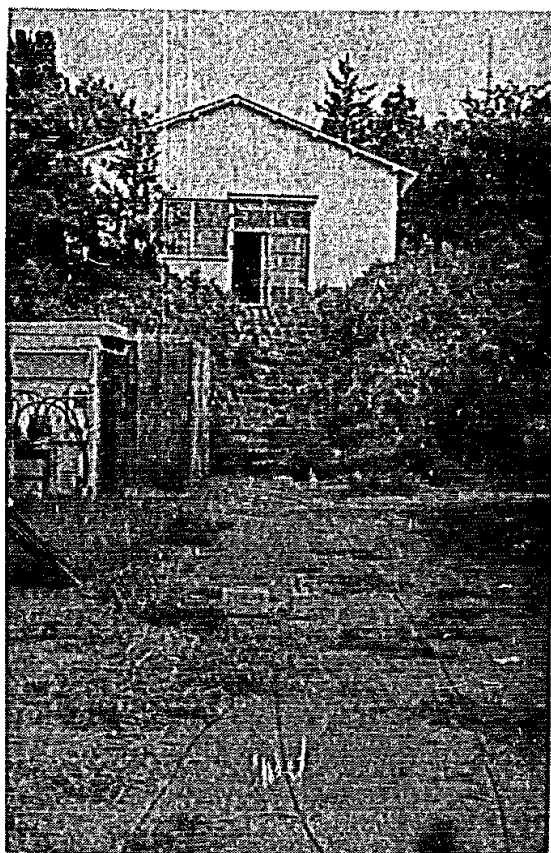


写真-3 計器の配置状況

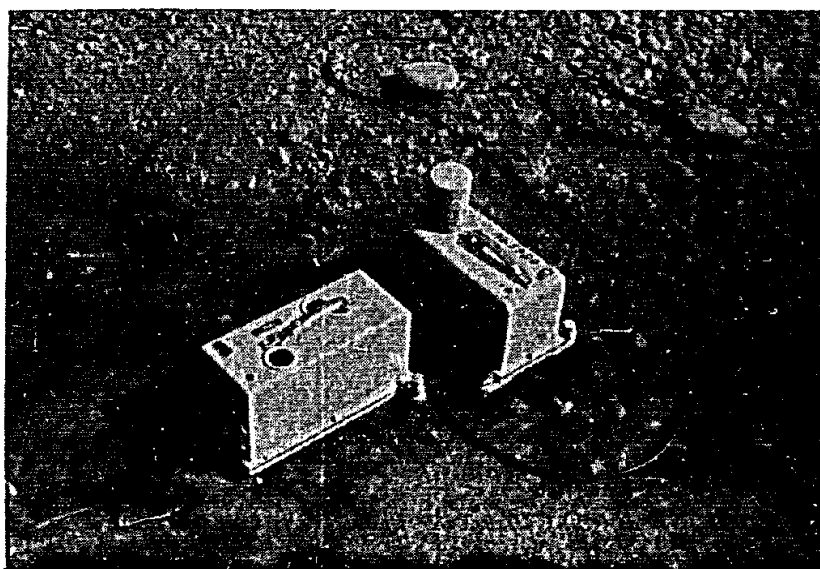


写真-4 計器の設置状況

ま え が き

昭和45年9月、関東地方建設局宇都宮国道工事事務所の要望により栃木県塩谷郡高根沢町において、4号国道を通過する交通車両によって発生する地盤振動の実測調査を行なった。

その後、当該区間の路面補修がなされ、昭和45年12月1日に同一個所において、路面補修後の地盤振動の実測調査を実施した。本資料は、これら2回の測定調査の結果をまとめて報告するものである。

現地での測定は、宇都宮国道工事事務所調査課、土木研究所交通安全研究室ならびに振動研究室が行ない、測定資料の整理、解析は振動研究室が行なった。

昭和46年4月

土木研究所

振動研究室

室 長

栗 林 栄 一

主任研究員

岩 崎 敏 男

若 林 進

斉 藤 俊 三

目 次

写 真 集

ま え が き

1. 国道4号線高根沢地区(栃木県)における地盤振動の測定(その1—路面補修前).....	1
1.1 概 要	1
1.2 測定結果	1
1.2.1 高根沢地区における測定結果	1
1.2.2 雀宮地区(宇都宮市内)における測定結果	11
1.3 考 察	11
2. 国道4号線高根沢地区における地盤振動の測定(その2—路面補修後).....	18
2.1 概 要	18
2.2 測定結果	18
2.3 考 察	25
3. 地盤振動の測定における今後の問題点	26
参 考 文 献	27

付 録

参考資料 一 地盤振動の実態調査表 —	28
1. 関屋分水堰杭打時の振動測定	
2. 国道4号線高根沢地区における地盤振動の測定(その1)	
3. 国道4号線高根沢地区における地盤振動の測定(その2)	

1 国道4号線高根沢地区（栃木県）における地盤振動の測定（その1－路面補修前）

1.1 概 要

測定の概要をまとめると、表-1に示す通りである。

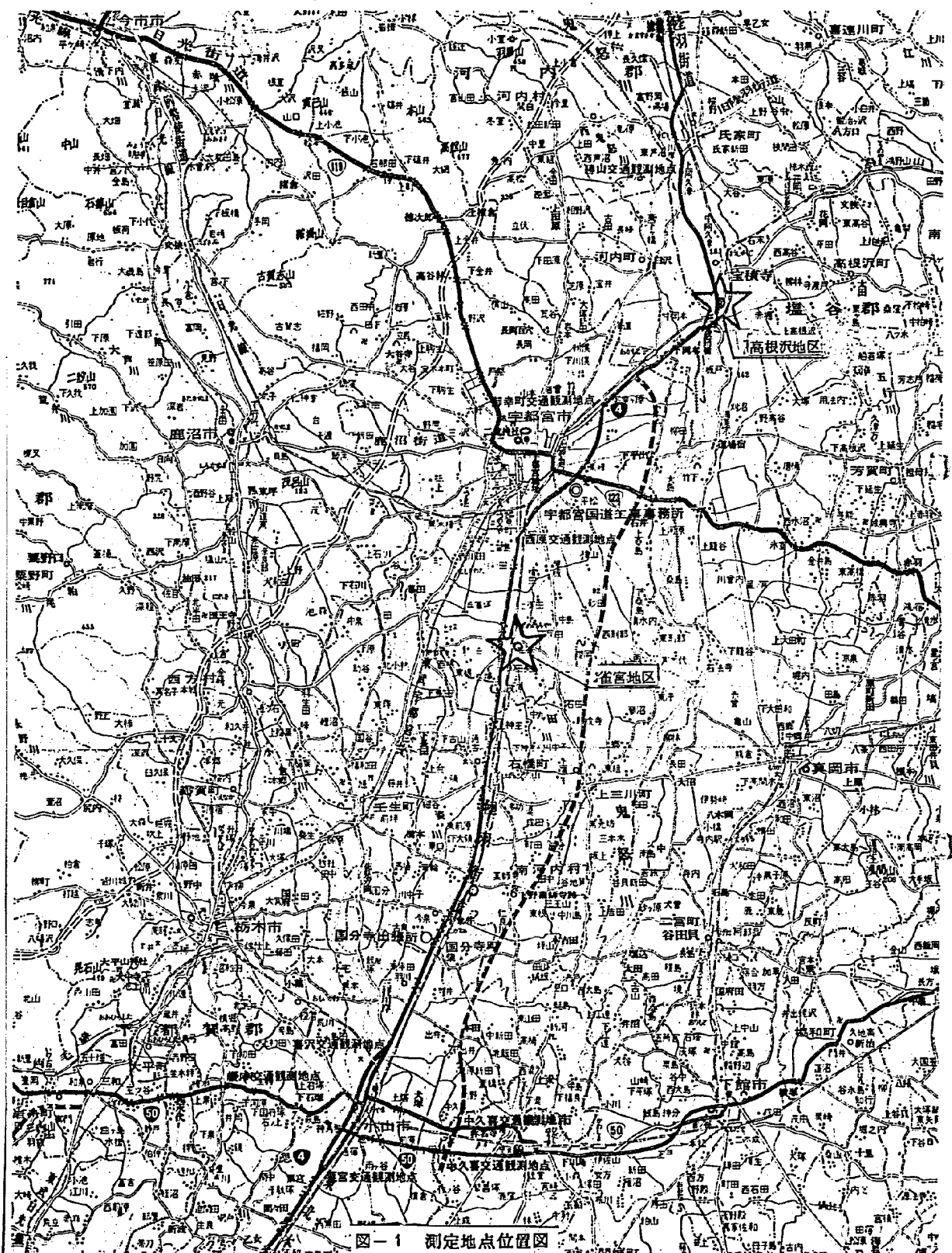
今回の地盤振動の測定は、関東地方建設局宇都宮国道工事事務所の要望により、昭和45年9月4日に実施した。測定場所は、図-1に示す栃木県塩谷郡高根沢町の国道4号線沿線で、路肩より60m地点までの間の14地点において、通過する車両により発生する地盤の振動を測定した。図-2に測定地点の詳細を示す。測定地点のうちA'9は、今回の測定に含まれていない。振動の測定量は、各地点の上下及び水平方向の速度（ mm/sec ）と加速度（ gal ）の時間的変化を記録し、その最大値を求めた。このほか、通行車両の方向、車種、重量および車両速度についても記録をとった。

尚、参考資料を得るために、宇都宮市内雀宮地区の東北本線沿線において、通過列車により発生する地盤の振動を測定した。

測定に使用した計測器は、土木研究所振動研究室が所有するもので、電磁式速度計4成分（上下動2成分、水平動2成分）、電磁式加速度計3成分（上下動1成分、水平動2成分）、直流増幅器（8成分）1台および直記式電磁オシログラフ1台を使用した。各計測器の特性を示すと表-2のとおりである。

表-1 測定の概要

測 定 年 月 日		昭和 4 5 年 9 月 4 日		
測 定 場 所	1	栃木県塩谷郡高根沢町 国道 4 号沿線（図 - 1 参照）		
	2	栃木県宇都宮市雀宮地区 国鉄東北本線沿線		
測 定 点	高根沢地区	路肩より 6 0 m 地点までの間の 1 4 地点		
	雀 宮 地 区	道床端より 5 0 m 地点までの間 6 地点		
測 定 量	各地点の上下、水平方向の振動速度および加速度			
使 用 計 器	電 磁 式 速 度 計	水平 2 成分	4 成分	
		上下 2 成分		
	電 磁 式 加 速 度 計	水平 2 成分	3 成分	
		上下 1 成分		
	直 流 増 巾 器	8 成 分		
記 録 器	直記式電磁オシログラフ			



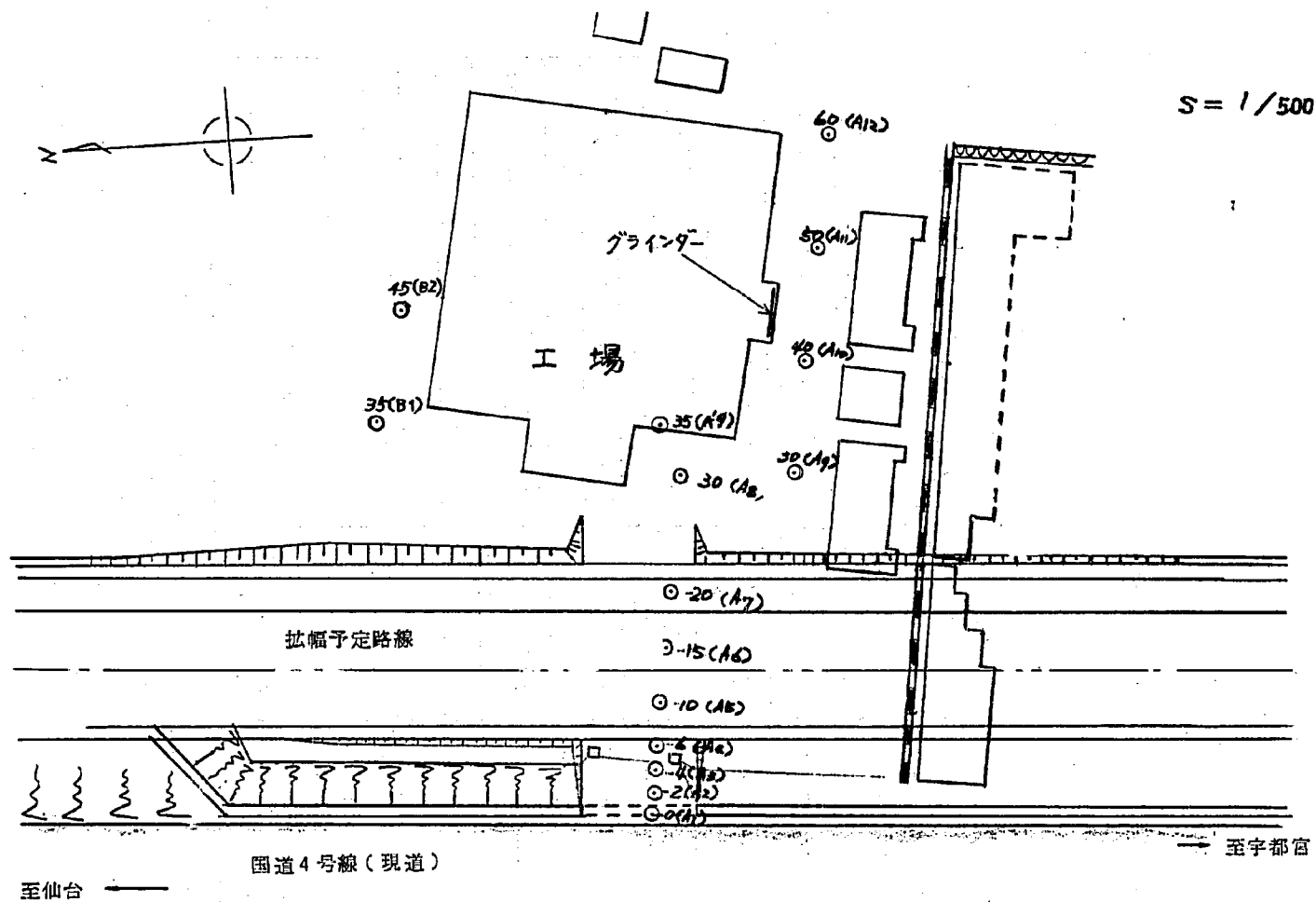


図-2 高根沢地区における地盤振動の測定位置

表-2 振動計測器の特性

計測器名	特 性		
電磁式速度計 (MTDH-10) (MTDV-10)	固有周期	1 秒	
	測定振動数	1.5 Hz 以上	
	電圧感度	3~3.5 V/kine	
	外形寸法	水平動	140×280×150mm
		上下動	140×250×240mm
	重 量	11 kg	
電磁式加速度計 (PK-130)	固有周期	0.25 秒	
	測定振動数	0.5~30 Hz	
	電圧感度	1.8~4 mV/gal	
	外形寸法・重量	水平動	260×220×190mm, 10.5kg
		上下動	260×220×220mm, 9.5kg
直 流 増 幅 器 (6L5)	周波数特性	DC~20 KHz	
	入力インピーダンス	10 MΩ+10 MΩ 平衡入力	
	最大感度	入力電圧 10/6 mV に対し出力電圧 0.5 V	
	出力インピーダンス	1 Ω	
	出力電圧、電流	±10 V、±50 mA	
	安定度	入力換算 200μV/10 時間、200μV/10℃	
	雑音	DC~100 Hz で入力換算 10 μVp-p	
	外形寸法・重量	200×200×350mm, 10 kg	
直記式電磁 オシログラフ (EMO-121)	記録素子数	12	
	記録紙幅	178 mm	
	ガルバノメーター (G-170G)	周波数特性	DC~100 Hz
		コイル抵抗	75 Ω
		外部制動抵抗	93 Ω
		電流感度	0.5 mm/μA
		電圧感度	2.9 mm/mV
	外形寸法・重量	545×328×222mm, 35kg	

1.2 測定結果

1.2.1 高根沢地区における測定結果

高根沢地区における測定の諸元を表-3に示してあるが、測定番号、測定時刻、オシロペーパー番号、測定地点および通過車両の概略諸元を示している。測定番号は大別して、1~7まであり、Nは北向き（下り）交通を、Sは南向き（上り）交通を示しており、各々5回以上の測定を行っている。またキャリブレーションは、計器の感度を調整したことを表わしている。備考欄には、道路交通以外の攪乱源による振動を測定したことを示している。

各測定番号における2地点に設置した速度計（水平、上下両方向）の測定結果を、表-4（1）~（4）に示してある。

表-4の中の記号は

HT：水平動路線直角方向、（ ）内は計器番号。

V：上下方向、（ ）内は計器番号。

f：毎秒の振動数、単位はHz〔ヘルツ〕

a₀：記録紙上の片振幅〔mm〕

S：記録紙上の感度、単位振幅当りの速度〔（mm/sec）/mm〕

v：実測された地盤の振動速度〔mm/sec〕

を表わしており、地盤の振動速度 V は

$$v = S a_0 \quad (\text{mm/sec})$$

で求められる。また、振動速度の記録波形が図-3のような正弦波であれば、変位 a および加速度 α は

$$a = \frac{v}{\omega} = \frac{v}{2\pi f} \quad (\text{mm}) \quad \alpha = \omega v = 2\pi f v \quad (\text{mm/sec}^2)$$

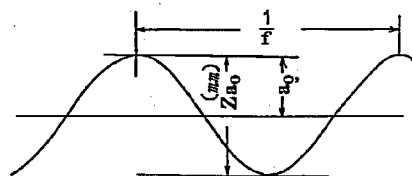


図-3 記録波形（速度記録）

-9-

(凡例) N:北向き(下り)交通, S:南向き(上り)交通
B:大型バス, T:大型トラック, TP:中型トラック
C:クリーン車, TK:タンクローリー, D:ダンプトラック
TR:トレーラー

表-4(1) 高根沢地区における地震振動の測定結果

測定地点	A1 (0m)						A2 (2m)					
計器番号	HT[5982]			V[5980]			HT[5814]			V[5955]		
記録紙上速度	S=0.0716 (mm/sec)/mm			S=0.246 (mm/sec)/mm			S=0.0704 (mm/sec)/mm			S=0.249 (mm/sec)/mm		
測定番号	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)
1-N-1	12.19	3.65	0.26	13.15	3.60	0.89	5.32	2.50	0.18	11.62	3.00	0.75
1-N-2	6.90	4.90	0.35	9.52	5.40	1.33	13.33	4.50	0.32	8.69	4.25	1.06
1-N-3	20.00	6.00	0.43	5.26	4.50	1.11	5.56	3.60	0.25	5.26	3.45	0.85
1-N-4	9.52	3.65	0.26	5.72	4.75	1.17	4.65	2.90	0.20	5.56	4.00	1.00
1-N-5	4.26	7.45	0.53	8.33	7.70	1.89	4.48	7.00	0.49	5.32	6.60	1.64
1-N-6	8.13	8.25	0.59	6.54	11.75	2.89	7.69	7.25	0.51	6.25	9.65	2.40
1-S-1	7.14	4.25	0.30	3.77	10.95	2.69	7.14	3.50	0.25	11.77	5.55	1.38
1-S-2	7.41	6.35	0.45	8.00	7.45	1.83	12.50	5.25	0.37	13.33	7.05	1.76
1-S-2'	18.18	8.10	0.58	10.87	7.65	1.88	13.89	6.00	0.42	8.00	5.20	1.29
1-S-2''	10.00	6.25	0.45	9.09	9.95	2.45	10.53	5.80	0.41	8.70	7.95	1.98
1-S-3	13.89	8.45	0.61	11.11	9.10	2.24	6.06	5.30	0.37	10.53	7.65	1.90
1-S-4	3.57	8.35	0.60	3.82	8.40	2.07	10.53	6.90	0.49	11.76	5.95	1.48
1-S-5	12.50	7.90	0.57	6.90	7.70	1.89	13.33	2.10	0.15	6.45	3.60	0.90
1-S-5'	6.90	10.15	0.73	4.87	12.25	3.01	4.44	6.15	0.43	4.44	9.30	2.32
1-N-7	13.33	3.95	0.28	13.33	5.15	1.27	9.52	4.25	0.30	13.33	5.85	0.96
1-N-8	5.41	4.20	0.30	6.06	5.45	1.34	10.53	2.95	0.21	9.52	4.50	1.12
1-N-9	10.53	4.70	0.34	11.76	5.30	1.30	10.00	5.60	0.25	11.76	4.90	1.22
1-N-10	4.08	13.20	0.95	4.08	17.00	4.18	3.57	7.00	0.49	4.08	9.45	2.35
Train	3.24	0.65	0.05	5.18	0.50	0.12	3.22	0.55	0.04	4.93	0.50	0.12
1-N-11	19.23	7.90	0.57	12.82	6.40	1.57	15.39	5.40	0.38	13.33	3.75	0.93
測定地点	A3 (4m)						A4 (6m)					
2-S-1	15.38	5.95	0.43	10.00	8.60	2.12	5.26	4.00	0.28	11.11	8.70	2.17
2-S-2	5.71	5.75	0.41	11.11	5.80	1.43	5.00	4.00	0.28	10.53	5.40	1.34
2-S-3	4.65	5.10	0.37	11.11	7.25	1.78	6.06	4.55	0.32	10.53	7.90	1.97
2-S-3'	13.33	6.70	0.48	10.52	8.10	1.99	13.18	6.35	0.45	13.33	8.20	2.04
2-S-4	8.70	5.85	0.42	10.53	6.65	1.64	6.25	6.25	0.44	13.33	5.35	1.33
2-S-5	15.38	5.50	0.39	11.76	8.65	2.13	15.38	4.05	0.29	10.53	8.35	2.08
2-S-5'	7.30	6.15	0.44	10.53	7.80	1.92	10.53	5.10	0.36	11.76	8.50	2.12

表-4 (2)

测定地点	A 3 (4 m)						A 4 (6 m)					
计数器号	HT[5982]			V[5980]			HT[5816]			V[5955]		
记录纸上速度	S=0.0716 (mm/sec)/mm			S=0.246 (mm/sec)/mm			S=0.0704 (mm/sec)/mm			S=0.249 (mm/sec)/mm		
测定番号	振動数 f (Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)	振動数 f (Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)	振動数 f (Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)	振動数 f (Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v (mm/sec)
2-N-1	7.69	5.25	0.38	9.52	5.70	1.40	4.76	5.35	0.38	6.76	5.90	1.47
2-N-2	7.58	4.90	0.35	8.00	5.20	1.28	5.88	4.55	0.32	12.50	5.15	1.28
2-N-3	4.16	4.35	0.31	7.69	4.25	1.05	4.88	4.45	0.31	7.69	4.15	1.03
2-N-4	10.00	3.60	0.26	13.33	4.55	1.12	7.41	2.90	0.20	10.53	5.05	1.26
2-N-5	10.53	4.20	0.30	11.11	4.50	1.11	5.41	3.85	0.27	10.53	4.20	1.05
测定地点	A 5 (10 m)						A 6 (15 m)					
3-S-1	9.52	7.90	0.57	10.53	6.10	1.50	9.52	12.20	0.86	13.33	5.60	1.39
3-S-2	11.76	7.90	0.57	12.50	8.45	2.08	15.38	10.85	0.76	13.33	5.80	1.44
3-S-3	20.00	2.15	0.15	14.29	2.70	0.66	16.67	3.95	0.28	15.38	2.45	0.61
3-S-4	10.00	6.05	0.43	8.70	7.55	1.86	9.09	10.25	0.72	7.41	4.95	1.23
3-S-5	11.76	7.85	0.56	10.53	9.65	2.37	11.76	10.65	0.75	12.50	6.25	1.56
3-S-5	12.50	9.15	0.66	12.50	11.60	2.85	9.09	14.40	1.01	12.50	6.75	1.68
3-N-1	6.58	3.90	0.28	5.41	3.45	0.85	12.82	4.10	0.29	6.67	2.95	0.73
Train	3.64	1.55	0.11	5.72	0.30	0.07	3.85	2.15	0.15	11.11	0.50	0.13
3-N-2	6.45	3.25	0.23	10.53	3.20	0.79	11.76	3.90	0.27	6.06	2.30	0.57
3-N-3	13.33	2.50	0.18	10.53	4.20	1.03	12.50	4.60	0.32	12.50	3.80	0.95
3-N-4	6.45	2.55	0.18	11.76	2.45	0.60	11.76	4.70	0.33	11.11	2.35	0.59
3-N-5	9.52	4.05	0.29	11.11	4.10	1.01	10.53	7.45	0.52	13.33	4.20	1.05
3-N-6	6.90	4.95	0.35	9.52	4.85	1.19	14.29	6.80	0.48	15.38	4.15	1.03
测定地点	A 7 (20 m)						A 8 (30 m)					
记录纸上速度	S=0.0699 (mm/sec)/mm			S=0.250 (mm/sec)/mm			S=0.0710 (mm/sec)/mm			S=0.250 (mm/sec)/mm		
4-S-1	8.70	10.30	0.72	9.52	4.30	1.08	12.50	9.40	0.67	10.53	3.94	0.99
4-S-2	11.11	6.65	0.46	10.87	2.95	0.74	9.52	6.75	0.48	8.47	2.45	0.61
4-S-3	9.52	14.00	0.98	9.52	3.65	0.91	8.00	10.70	0.76	9.52	3.90	0.98
4-S-4	15.38	12.60	0.88	13.33	4.20	1.05	16.67	7.15	0.51	15.38	4.10	1.03
4-S-5	12.50	6.95	0.49	11.11	4.05	1.01	15.38	9.45	0.67	11.49	2.80	0.70
4-S-6	11.76	9.30	0.65	6.45	4.20	1.05	8.00	10.70	0.76	10.53	3.60	0.90

表 - 4 (3)

测定地点	A 7 (20 m)						A 8 (30 m)					
计数器序号	HT[5982]			V[5980]			HT[5816]			V[5955]		
记录纸上速度	S=0.0716 (mm/sec)/mm			S=0.246 (mm/sec)/mm			S=0.0704 (mm/sec)/mm			S=0.249 (mm/sec)/mm		
测定番号	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)
4-N-1	11.11	4.55	0.32	10.53	3.05	0.76	13.89	10.50	0.75	8.70	2.90	0.73
4-N-2	11.36	6.20	0.43	11.76	3.00	0.75	10.53	9.25	0.66	10.53	3.15	0.79
4-N-3	11.90	13.10	0.92	12.99	6.25	1.57	11.11	13.70	0.97	10.00	6.25	1.56
4-N-4	8.70	7.15	0.50	7.14	4.10	1.03	11.76	9.70	0.69	11.11	3.05	0.76
4-N-4	9.90	8.60	0.60	10.53	4.30	1.08	10.00	9.45	0.67	9.09	3.70	0.93
4-N-5	5.26	9.85	0.69	9.52	4.35	1.09	6.67	8.75	0.62	9.53	3.70	0.93
4-N-6	9.09	6.95	0.49	14.29	2.60	0.65	10.53	7.40	0.53	13.33	2.10	0.53
4-N-7	11.11	6.20	0.43	10.53	2.45	0.61	12.50	4.70	0.33	10.53	1.75	0.44
测定地点	A 9 (30 m)						A 10 (40 m)					
记录纸上速度	S=0.0699 (mm/sec)/mm			S=0.248 (mm/sec)/mm			S=0.0722 (mm/sec)/mm			S=0.249 (mm/sec)/mm		
5-S-1	11.11	23.15	1.62	10.00	4.30	1.07	11.76	23.00	1.66	11.76	4.10	1.02
5-S-2	12.05	15.35	1.07	10.53	3.30	0.82	11.63	12.15	0.88	11.63	4.00	1.00
5-S-3	12.05	9.60	0.67	10.53	3.30	0.82	10.00	11.90	0.86	11.36	2.30	0.57
5-S-4	11.76	11.30	0.79	8.33	2.30	0.57	9.52	10.20	0.74	9.52	2.50	0.63
5-S-5	10.00	10.20	0.71	9.09	2.30	0.57	10.64	11.10	0.80	12.50	2.90	0.73
5-N-1	9.52	17.00	1.19	9.52	3.75	0.93	10.00	11.70	0.84	10.00	3.20	0.80
5-N-2	12.50	7.90	0.55	10.64	3.90	0.97	10.00	10.30	0.74	9.09	2.70	0.67
5-N-3	9.52	10.70	0.75	6.10	2.10	0.52	11.24	9.00	0.65	8.00	1.75	0.44
5-N-4	9.09	10.00	0.70	9.09	4.00	0.99	11.76	12.00	0.87	13.33	4.40	1.10
5-N-5	10.00	9.10	0.64	10.00	1.80	0.45	7.40	7.90	0.57	11.11	1.90	0.47
5-N-6	7.41	6.10	0.43	9.52	2.00	0.50	6.90	4.80	0.35	7.69	1.50	0.37
测定地点	A 11 (50 m)						A 12 (60 m)					
记录纸上速度	S=0.0699 (mm/sec)/mm			S=0.248 (mm/sec)/mm			S=0.0722 (mm/sec)/mm			S=0.249 (mm/sec)/mm		
6-S-1	11.50	3.70	0.26	12.90	0.60	0.15	9.50	5.30	0.38	10.00	1.40	0.35
6-S-2	7.41	5.40	0.38	13.33	1.20	0.30	5.62	3.30	0.24	9.09	1.00	0.25
6-S-3	7.69	7.20	0.50	8.62	1.85	0.46	8.62	6.65	0.48	8.33	1.20	0.30
6-S-4	9.10	5.30	0.37	10.00	1.50	0.37	7.69	4.90	0.35	12.50	1.00	0.25
6-S-5	7.41	3.95	0.28	8.33	1.20	0.30	10.50	3.10	0.22	8.00	0.70	0.17

表-4 (4)

测定地点	A 1 1 (5 0 m)						A 1 2 (6 0 m)					
时器番号	HT[5982]			V[5980]			HT[5816]			V[5955]		
记录纸上速度	S=0.0699 (mm/sec)/mm			S=0.248 (mm/sec)/mm			S=0.0722 (mm/sec)/mm			S=0.249 (mm/sec)/mm		
测定番号	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)	振動数 f(Hz)	片振幅 a ₀ (mm)	速度 v(mm/sec)
6-N-1	9.09	9.40	0.66	10.00	2.80	0.69	8.40	8.00	0.58	11.11	1.80	0.45
6-N-2	9.53	4.80	0.34	10.53	1.75	0.43	9.09	2.80	0.20	10.99	1.24	0.31
6-N-3	8.40	2.25	0.16	19.20	0.90	0.22	17.85	0.75	0.05	8.20	1.90	0.47
6-N-3	11.24	5.40	0.38	12.50	2.20	0.55	9.09	4.50	0.32	12.82	1.25	0.31
6-N-4	14.29	3.30	0.23	14.29	1.40	0.35	11.11	2.40	0.17	11.49	0.65	0.16
6-N-5	10.00	2.60	0.18	13.33	1.00	0.25	9.52	2.55	0.18	12.50	0.65	0.16
6-N-6	5.71	6.80	0.48	11.11	2.10	0.52	9.09	4.80	0.35	10.53	1.30	0.32
6-B-6	8.70	4.40	0.31	7.41	1.90	0.47	7.75	4.90	0.35	9.09	1.60	0.40
6-B-7	8.70	3.20	0.22	8.70	0.80	0.20	5.41	2.50	0.18	7.52	1.00	0.25
6-B-8	9.52	4.00	0.28	10.00	1.15	0.29	10.00	5.50	0.40	9.52	1.10	0.27
测定地点	B 1 (5 0 m)						B 2 (4 0 m)					
7-B-1	8.70	4.95	0.35	8.00	2.55	0.63	8.00	5.60	0.40	10.53	2.15	0.54
7-B-2	14.93	2.40	0.17	10.00	2.90	0.72	10.20	3.85	0.28	9.26	2.40	0.60
7-B-3	5.88	4.40	0.31	6.17	2.60	0.64	9.52	4.20	0.52	9.09	2.60	0.65
7-B-4	6.25	4.30	0.30	10.53	2.55	0.63	9.52	3.75	0.27	9.52	2.15	0.54
7-B-5	9.52	2.75	0.19	6.06	1.65	0.41	7.41	3.10	0.22	7.41	1.25	0.31
7-N-1	7.69	4.15	0.29	10.00	1.50	0.37	10.53	3.80	0.27	9.52	1.50	0.37
7-N-2	10.53	3.80	0.27	9.09	1.80	0.45	10.53	4.65	0.34	7.14	2.30	0.57
7-N-3	6.76	4.60	0.32	7.04	2.20	0.55	7.41	4.50	0.32	7.14	2.20	0.55
7-N-4	9.09	4.55	0.32	8.70	1.50	0.37	6.90	2.55	0.18	9.52	1.60	0.40
7-N-5	8.00	3.25	0.23	8.00	1.55	0.38	11.76	3.45	0.25	9.52	1.40	0.35

で求められるが、車両等の走行時に発生する地盤の振動では、種々の振動成分を含んでいるので、近似的に求められるだけで、正確には、速度の電圧波形を電氣的に微積分するか、変位計または、加速度計を使用しなければならない。

表-5は、測定地点A3（路肩より4m）に設置した加速度計（HL：水平動路線方向、HT：水平動路線直角方向、V：上下動方向）3台の測定結果の一部である。

表-4の測定結果の値から測定地点（路肩からの距離）と速度振幅の関係を図示すると図-4のとおりである。

この図では、各測定地点における各測定番号の水平（HT）、および上下（V）成分の測定値のうち、大きな値のみを示している。また一部東北本線を通過する列車に起因する測定値を示してあるが、非常に小さな値である。

車両走行速度、車種と速度振幅との関係を示すと図-5となる。車両の諸元が一定でないため走行速度と振幅の関係は明確でないが、走行速度45～50km/h付近で振動が卓越する傾向がある。車種別の振動の大きさでは、資料数があまり多くはないが、トレーラー、バス、ダンプおよびトラック等の重量の大きな車両の振動が大きい模様である。

1.2.2 雀宮地区における測定結果

雀宮地区における地盤振動の測定は、表-6に示すような諸元で行なった。計器の移動中に速度計の上下動1成分の板バネが破損したため、加速度計の上下動成分と速度計との組合せで測定を行なった。これらの測定結果を示すと、表-7および図-6となるが、高根沢地区とほぼ同様の整理を行っている。

1.3 考 察

今回の測定により、下記の事柄が判明した。

（1-1）高根沢地区における大型車両による地盤の速度振幅として、次の結果を得た。

測 定 位 置	路 肩	10m	20m	30m	40m	50m	60m
速度 (mm/sec)	0.9~4.2	0.6~2.8	0.6~1.6	0.4~1.6	0.4~1.7	0.2~0.7	0.2~0.5

振動に関する許容値については、統一的なものは現在ないが、東京都の条例に基づく振動の基準に従えば、工業地域で、1.5mm/sec（夜間は1.1mm/sec）を許容値として規定している。

表-5 高根沢地区における地盤の振動加速度測定結果(一部分)

計器番号 測定点	H L (1505)				H T (1506)				V (1507)			
	S=1105 gal/m				S=0894 gal/m				S=0594 gal/m			
測定番号	f(Hz)	a ₀ (m)	α(gal)	v(m/sec)	f(Hz)	a ₀ (m)	α(gal)	v(m/sec)	f(Hz)	a ₀ (m)	α(gal)	v(m/sec)
1-N-1	2.222	0.85	0.94	0.07	1.282	1.40	1.25	0.16	1.370	4.20	2.49	0.29
1-N-2	1.333	1.25	1.38	0.16	1.177	2.00	1.79	0.24	1.333	4.55	2.89	0.46
1-N-3	1.819	0.95	1.05	0.09	1.333	2.50	2.24	0.27	1.333	4.20	2.49	0.30
1-N-4	1.052	0.90	0.99	0.15	1.491	1.20	1.07	0.11	1.250	3.45	2.05	0.26
1-N-5	4.45	1.25	1.38	0.34	4.41	1.95	1.74	0.43	4.65	4.75	2.82	0.97
1-N-6	4.85	2.95	3.26	0.76	8.33	3.75	3.35	0.64	8.00	9.45	5.61	1.12

$$gal(ガル) = cm/sec^2 \quad v = 10\alpha/\omega = 10\alpha/2\pi f (m/sec)$$

表-6 雀宮地区における地盤振動測定の諸元

測定番号	測定時刻	番 シ ム 1 号	計 器 配 置						通 過 列 車	
			速 度 計			加 速 度 計				
			H T (5816)	V (5955)	H T (5982)	V (1507)	H T (1506)	H L (1505)	種 類	速 度
※リブレーション		9								
T1N1	16:57	#	[T-1]		[T-2]		[T-2]	客車 (急行)	108km/h	
T1S1	16:58	#	(1 m)		(6 m)		(6 m)	客車 (普通)	#	
T1N2	17:03	#						貨物	65	
T2S1	17:18	#	[T-3]		[T-4]		[T-2]	客車 (特急)	108	
T2S2	17:23	#	(10 m)		(20 m)		(6 m)	客車 (普通)	#	
T2N1	17:27	#						貨物	54	
T3N1	17:45	#	[T-5]		[T-6]		[T-2]	貨物	55	
T3S1	17:49	#	(30 m)		(50 m)		(6 m)	客車 (普通)	86	
T3N2	17:58	#						客車 (普通)	83	
T3S2	18:00	#						客車 (急行)	90	

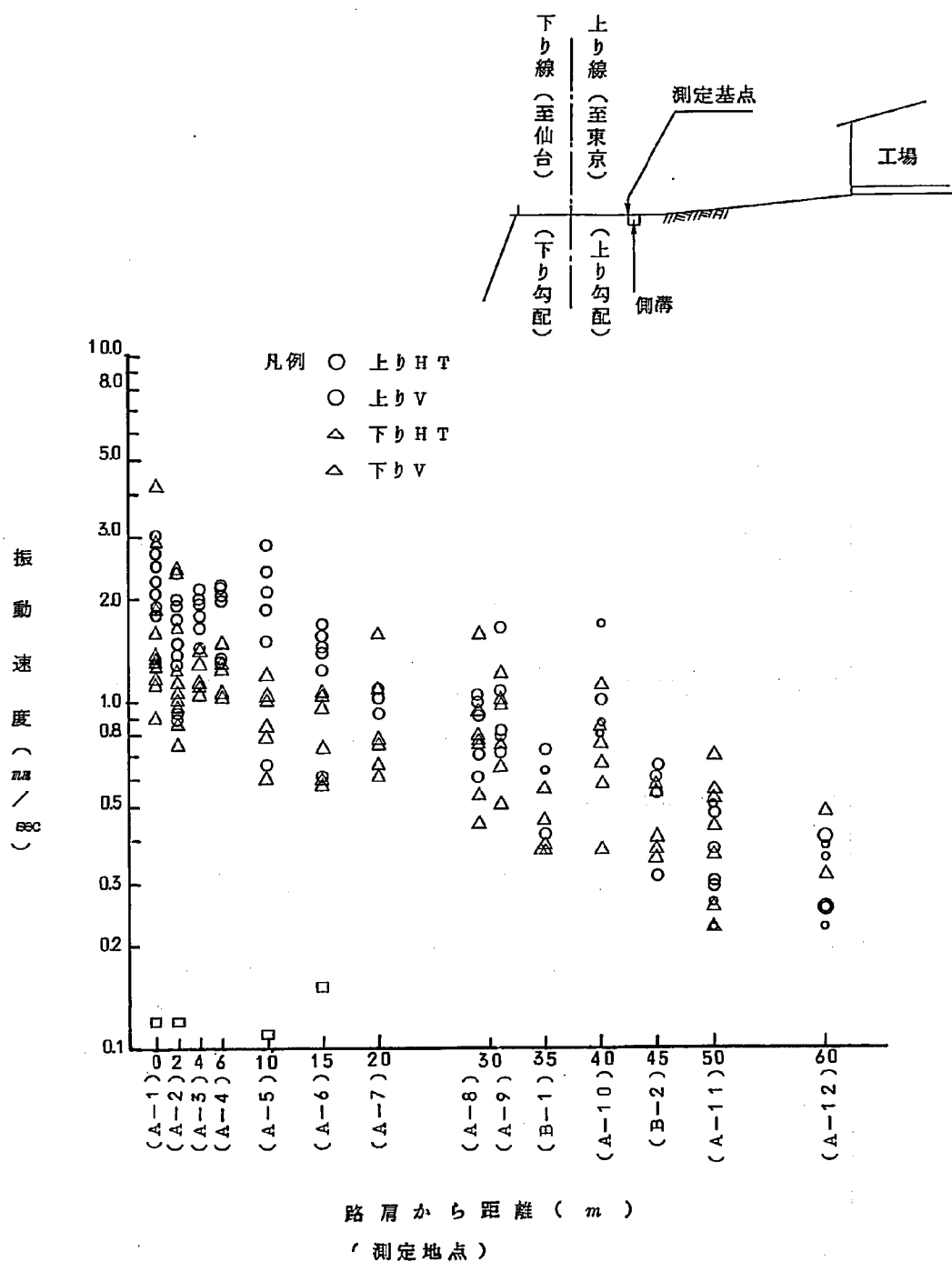
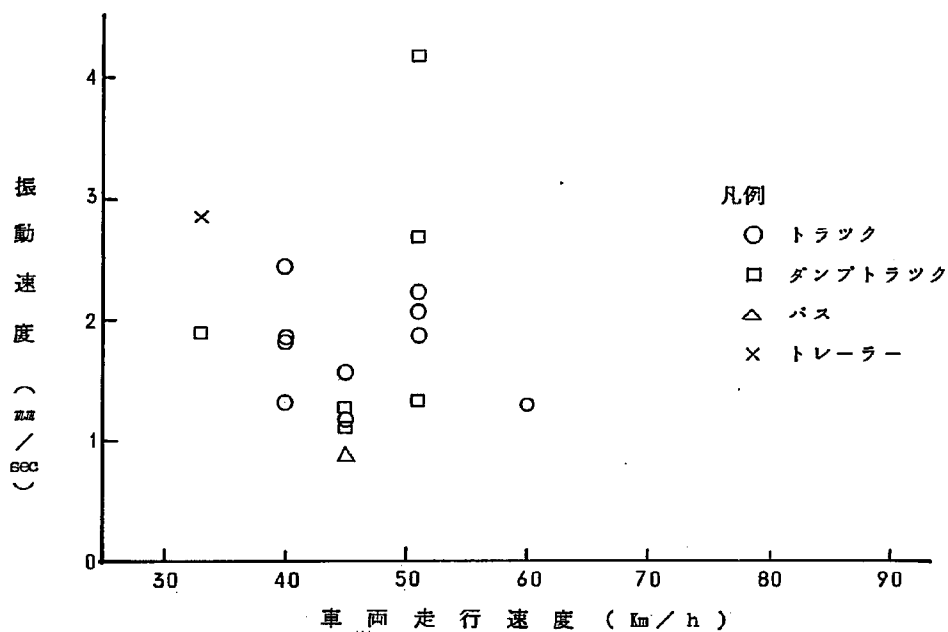


図-4 高根沢地区における地盤の振動速度

図-5 車両走行速度と地盤の振動速度

(a) 測定地点A-1 (0 m) の場合



(b) 測定地点A-5 (10 m) の場合

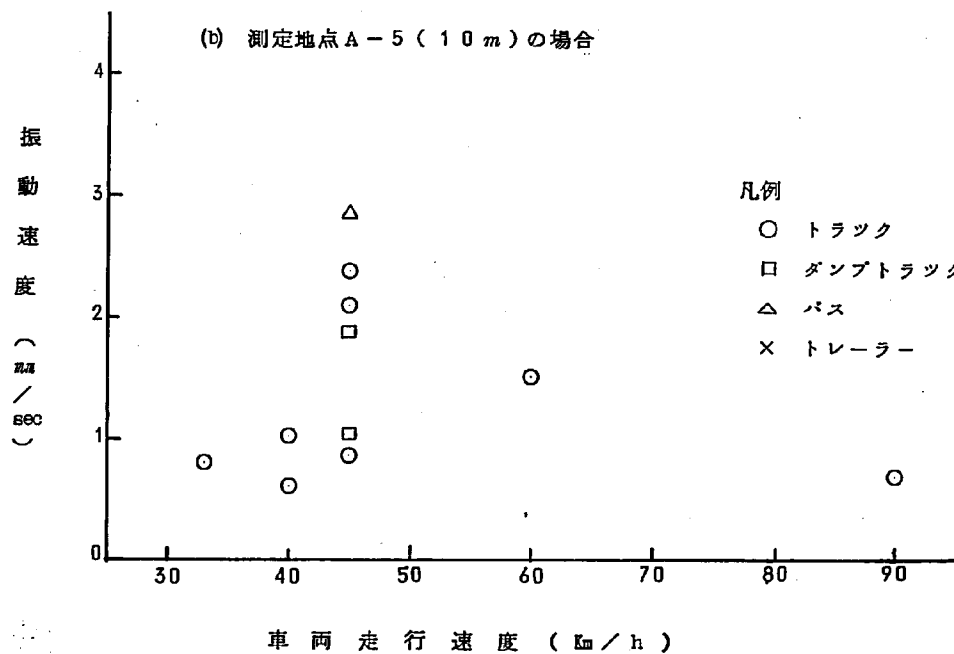


表-7 省宮地区における地盤振動の測定結果

測定番号 測定地点	H T (5 8 1 6)			V (5 9 5 5)			H T (5 9 8 2)			V (1 5 0 7)				H T (1 5 0 6)				H L (1 5 0 5)				
	振動数	片振幅	速度	振動数	片振幅	速度	振動数	片振幅	速度	振動数	片振幅	加速度	速度	振動数	片振幅	加速度	速度	振動数	片振幅	加速度	速度	
	f(Hz)	a ₀ (mm)	v(mm/s)	f(Hz)	a ₀ (mm)	v(mm/s)	f(Hz)	a ₀ (mm)	v(mm/s)	f(Hz)	a ₀ (mm)	α(gal)	v(mm/s)	f(Hz)	a ₀ (mm)	α(gal)	v(mm/s)	f(Hz)	a ₀ (mm)	α(gal)	v(mm/s)	
測定地点	T-1 (1 m)						T-2 (6 m)						T-2 (6 m)						T-2 (6 m)			
	S=0.722mm/sec/mm			S=0.754mm/sec/mm			S=0.697mm/sec/mm			S=1.995gal/mm				S=3.014gal/mm				S=5.759gal/mm				
T1N1	3125	990	715	5263	665	501	2941	345	240	5000	1470	2933	0.93	3846	1435	4325	179	3448	1885	7086	327	
T1S1	2513	1985	1433	4020	800	603	2010	395	275	4188	1000	1995	0.76	4020	1695	5109	202	2792	1610	6057	345	
T1N2	2857	905	653	3125	335	253	2778	225	157	3571	735	1466	0.65	3333	1120	3376	161	2857	1135	4266	238	
測定地点	T-3 (10 m)						T-4 (20 m)						T-2 (6 m)						T-2 (6 m)			
	S=0.241mm/sec/mm			S=0.251mm/sec/mm			S=0.232mm/sec/mm			S=0.200gal/mm				S=0.200gal/mm				S=0.200gal/mm				
T2S1	2476	275	199	1750	160	121	1390	121	084	1692	235	469	0.44	3172	2105	6344	318	3076	2245	8439	437	
	S=0.241mm/sec/mm			S=0.251mm/sec/mm			S=0.232mm/sec/mm			S=0.200gal/mm				S=0.200gal/mm				S=0.200gal/mm				
T2S2	5076	775	187	3759	310	078	860	210	049	1068	178	355	0.53	2985	1585	4777	255	3383	1735	1522	307	
	S=0.0754mm/sec/mm			S=0.0697mm/sec/mm			S=0.0697mm/sec/mm			S=0.0697mm/sec/mm				S=0.0697mm/sec/mm				S=0.0697mm/sec/mm				
T2N1	3846	495	119	2941	610	046	2000	450	031	3846	125	249	0.10	2941	1155	3481	188	2778	1235	4642	266	
測定地点	T-5 (30 m)						T-6 (50 m)						T-2 (6 m)						T-2 (6 m)			
	S=0.0241mm/sec/mm			S=0.0251mm/sec/mm			S=0.0232mm/sec/mm			S=0.200gal/mm				S=0.200gal/mm				S=0.200gal/mm				
T3N1	781	870	021	1269	705	016	825	925	021	2071	380	076	0.06	2743	1108	3340	194	3328	1310	4924	235	
T3S1	1053	1440	035	1351	1685	042	971	1565	036	980	515	103	0.17	4000	1580	4762	189	2857	1420	5338	297	
T3N2	1031	1095	026	1111	665	017	901	980	023	2000	325	065	0.05	3226	1350	3933	194	3448	1580	5939	274	
T3S2	1613	1115	027	1449	1075	027	847	1130	026	1639	400	080	0.08	3704	1990	5998	258	3333	1365	5131	245	

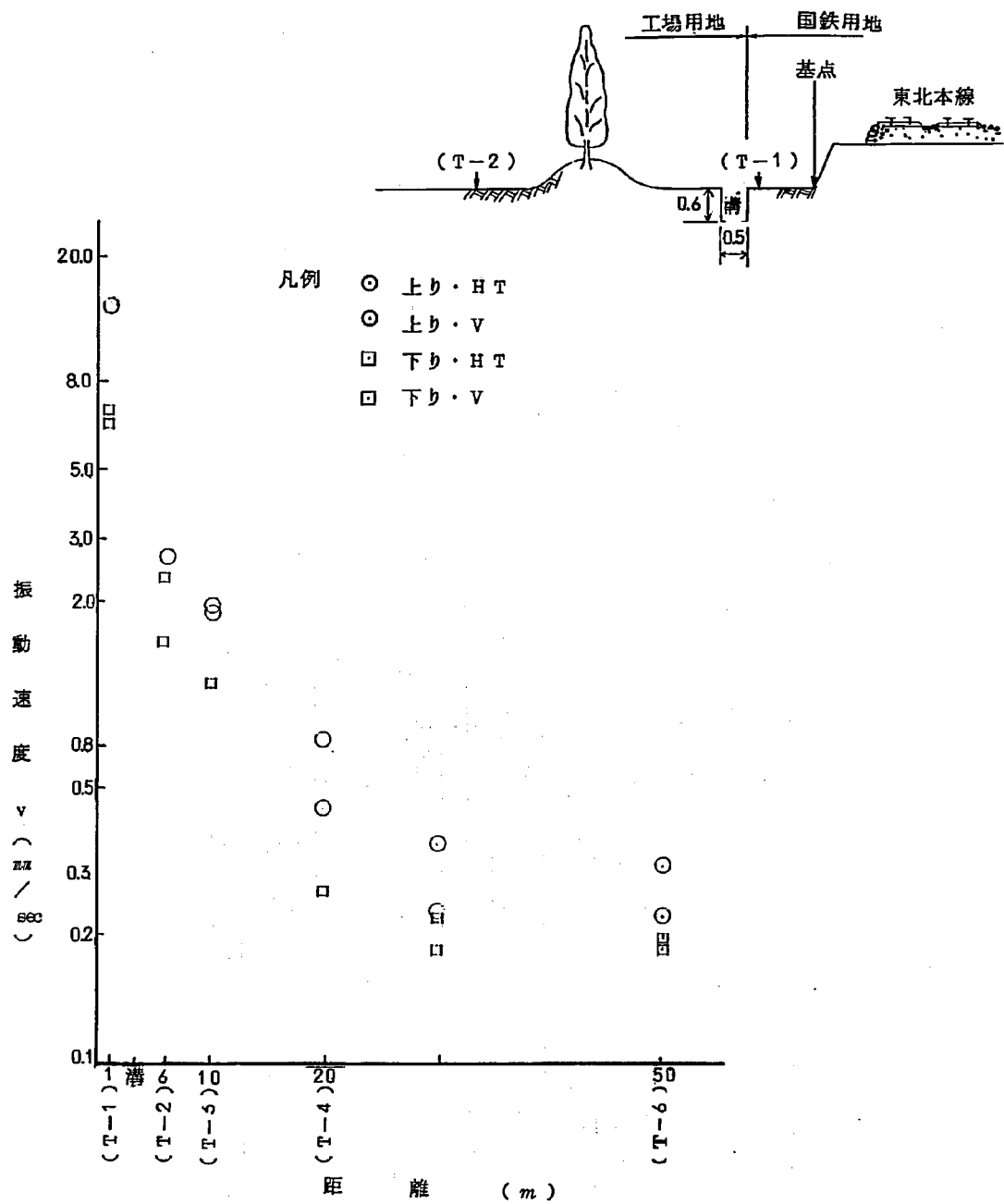


図-6 雀害地区にのける地盤の振動速度

神奈川県では、同一条件で 1.2 mm/sec (0.9 mm/sec) であり、他の府県もほぼ同様の値である。これらに従い許容参考値として 1.0 mm/sec 前後を考えれば、現状では路肩から 40 m 位まで参考値以上の振動が起っていることになる。

(1-2) 20 m 以内では上下動が水平動より大きい、 30 m 以上になると水平動が大きくなることもある。

(1-3) 他の実測例に比べ、距離による減衰が非常に小さい傾向がうかがえる(特にA5~A10の地点)。これは地盤条件に起因するものと考えられる。

(1-4) 道路交通に起因する振動で他の実測例に比べると速度振幅が最も大きい場合に相当している。

(1-5) 路肩から 10 m までの範囲では、走行速度 $45 \sim 55 \text{ km/h}$ 付近の大型車両による振動が卓越する。

(1-6) 東北本線を通過する列車による振動は、ほとんど感じられなかった。

(2-1) 省宮地区における列車による振動は、列車に起因する振動に関する既往資料の最大値付近であるが、距離による減衰が大きく、 20 m を越せば許容値以下になっている。

(2-2) 道路の場合とは逆に、一般に水平動の方が大きい。

(2-3) 振動防止のための溝(幅 50 cm 、深さ 60 cm)の効果の有無は、今回の測定では明確でない。過去の事例によれば、一般に溝の効果は少ないとされており、特に道路の場合のように上下動が卓越する場合に対してはさらに効果が少ないとされている。

今後の対策として

(3-1) 一般に自動車等による沿道の振動は、特殊な場合を除いて路面の適切な維持補修によって障害の多くは避けられるものとされており、防振のためには痛んだ路面の補修およびジョイント部の平滑化等に心掛けるべきであろう。

既往の資料から補修前の $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ に振動を減少できることが予想される。(土木学会関西支部「騒音、振動公害」による)

(3-2) 現国道に関しては、路面の補修を行ない、再度測定を行なってみることが考えられる。

(3-3) 改良完成時(拡幅部分)においては、当然良好な路面が期待でき、振動の軽減が予想されるが、路肩から工場までの距離がかなり接近するため、必ずしも許容値以下に収まるとは確言できない。しかし、路面の状態が良好である限り、工場付近における現状の振動(A8~A10において 1.6 mm/sec 程度)以下に押えることは可能であろう。

改良完成時の段階でも振動の測定が望まれる。

(3-4) 今後の測定に対し、測定法、荷重車および測定体制を、地建および土研で検討する必要がある。

(3-5) 今後、残された調査事項として、路面（亀裂およびジョイントの状況）、路盤の状況、路面の傾斜および当該地点の地質概況を定量的に把握しておく必要がある。

2 国道4号線高根沢地区における地盤振動の測定（その2—路面補修後）

2.1 概 要

高根沢地区においては、昭和45年9月4日に地盤振動の測定が行なわれたが、その後、当該区間の路面補修がなされたので、昭和45年12月1日、同一個所において測定を行なった。調査の方法は、前回とほとんど同じであるが、測定地点では、B1およびB2の測定を除き、A9（工場入口のコンクリート床上）の測定を行なったことが異なっている。

また使用した計測器では、前回使用した計測器のほかに製作会社の異なる速度計（上下動、水平動）2成分を使用し、計器の取扱いおよび測定値などについて比較した。この測定器の特性を示したのが表-8である。

2.2 測定結果

路面補修後の高根沢地区における地盤振動の測定の諸元を示すと、表-9となる。測定の方法は、前回とはほぼ同様に行なったが、測定番号1および2については、上り交通が渋滞したため上り交通車両による正規の測定が出来ず、走行速度20 Km/h以下の低速のときに1、2回測定を行なっただけである。

今回試験的に使用したV261-H、V261-Vの2台の速度計は、入力コードのコネクターの交換などにより測定開始が遅れ、測定番号3から測定を始めた。

各測定地点における振動の測定結果を示すと、表-10(1)~(3)となる。この測定結果では、測定地点A7以降の一部の成分（表-10(1)~(3)の備考参照）に、50 Hzの振動が含まれており、特に測定地点A-10では、50 Hzの振動成分が、路肩に近い測定地点（A2~A9）よりも大きな値となっているが、これは車両による振動ではなく、近くにある工場のグラインダーの振動かまたはグラインダーを動かしたときの電源による誘導ノイズであると思われる。

表-10(1)~(3)より路肩から測定地点までの距離と振動速度の関係を示すと図-7となる。

表-8 電磁式振動測定器の特性

特 性		
電 磁 式 速 度 計	固 有 振 動 数	1 H z
	電 圧 感 度	2 Volt/kine
	振 動 数 範 囲	1.5 ~ 100 H z
	コイル可動範囲	最大 3 mm (全振幅)
	寸 法 ・ 重 量	130×240×150 mm、4.5 kg
増 幅 器	振 動 数 範 囲	1 ~ 100 H z
	測 定 範 囲	変 位 測 定 0.001 ~ 3 mm (全振幅)
		速 度 測 定 0.001 ~ 3 kine (cm/sec)
		加 速 度 測 定 1 ~ 1000 gal (cm/sec ²)
	精 度	± 5 %
	出 力	電 圧 出 力 3 V以上 (負荷抵抗100kΩ以上)
		電 流 出 力 5 mA (30 Ω以下)
	電 源	AC100V±10%, 50/60 H z、DC±12V
	寸 法 ・ 重 量	300×300×250 mm、10 kg以下 (3成分)

この図では、各測定番号における水平動および上下動の測定値の最大値を示した。また、路面補修前の最大値についても、図-7に示している。路面補修前後における各測定地点の最大振動速度を比較すると表-11となる。表-11では、測定地点A10およびA11における比が大きいのは、補修後の測定値が車両による振動ではなく、その他の原因による50Hzの振動波形の読取り値を使用したためである。

表-9 路面補修後の高根沢地区における振動測定の結果

測定 番号	測定 時刻	オ ン ペ ル 番 号	測 定 地 点				通 過 車 両		備 考	測 定 番号	測 定 時刻	オ ン ペ ル 番 号	測 定 地 点				通 過 車 両		備 考
			速 度 計		加 速 度 計		車 種	重 量 (ト) 速 度 (km/h)					速 度 計		加 速 度 計		車 種	重 量 (ト) 速 度 (km/h)	
			V261H	HT(5816)	HT(5982)	HL(1505) HT(1506) V(1507)							V261H	HT(5816)	HT(5982)	HL(1505) HT(1506) V(1507)			
			V261V	V(5955)	V(5980)	V(1507)	種					V261V	V(5955)	V(5980)	V(1507)	種			
1-N-1	10:50		調 整 中	A 1 (0m)	A 2 (2m)	A 3 (4m)	TK	10	36	4-S-5	12:24	A 7 (20m)	A 7 (20m)	A 8 (30m)	A 3 (4m)	D	10	36	
1-N-2	52	#					11	28	4-S-6	25	T					105	43		
1-N-3	53	#					10	36	4-N-1	57	TK					10	45		
1-N-4	54	#					#	28	4-N-2	58	#					#	44		
1-S-1	56	T					#	—	4-N-3	#	T					11	65		
1-N-5	58	#					8	45	4-N-4	13:00	#					8	42		
1-N-6	59	TK					10	36	4-N-5	02	#					11	#		
1-N-7	11:00	#	#	40	5-S-1	13:22	#	10	46	5-S-2	23	#	7	51	#	7	51		
1-S-2	05	T	#	—	5-S-3	25	T	3.5	37	5-S-4	27	T	7.6	#	#	8	45		
2-N-1	15	TK	11	36	5-S-5	29	#	8	45	5-S-6	33	#	10	49	D	#	39		
2-N-2	16	#	#	#	5-S-7	37	T	11	#	5-N-1	40	T	#	42	T	#	50		
2-N-3	#	T	8	40	5-N-2	#	#	6	#	5-N-3	44	#	8	44	#	8	44		
2-N-4	19	B	#	45	5-N-4	#	#	—	—	5-N-5	48	D	10	—	T	#	46		
2-N-5	20	T	11	#	5-N-6	#	#	8	33	5-N-7	#	#	#	—	#	#	—		
2-N-6	21	#	6	#	6-S-1	14:09	#	10	49	6-S-2	#	A 9 (35m)	A11 (50m)	A12 (60m)	A 3 (4m)	#	#	45	
2-S-1	22	#	—	6-S-3	10	TK	8	#	6-S-4	11	T					10.5	40		
2-N-7	23	#	8	43	6-S-5	12	T	10.5	45	6-S-6	13					D	10	43	
3-S-1	11:52	#	11	40	6-S-7	15	T	#	41	6-N-1	16					B	#	44	
3-S-2	56	#	10	#	6-N-2	#	#	6	51	6-N-3	17					T	10.5	31	
3-S-3	57	#	11	#	6-N-4	19	#	11	#	6-N-5	21					#	7	41	
3-S-4	#	#	8	49	6-N-6	22	#	8	49							#	8	49	
3-S-5	58	TK	8	#	#	10.5	54	#	—	—		#	11	50	#	#	51		
3-S-6	59	T	10.5	45	#	—	—	#	—	—		#	10	44	#	#	49		
3-N-1	12:00	TK	11	40	T	4	48												
3-N-2	01	T	#	41															
3-N-3	02	#	10	#															
3-N-4	05	#	6	51															
3-N-5	06	#	11	#															
4-S-1	12:19	#	8	49															
4-S-2	#	#	10.5	54															
4-S-3	20	T	—	—															
4-S-4	#	T	4	48															

凡例) N:北向き(下り)交通 S:南向き(上り)交通 B:大型バス T:大型トラック C:クレーン車 TK:タンクローリー
D:ダンプトラック TR:トレーラー

表-10 (1) 路面補修後の高根沢地区における地盤振動の測定結果

計器番号	V-5955		HT-5816		V-5980		HT-5982		HL-1505		HT-1506		V-1507		V 261-V		V 261-H		備考
測定 番号	振動数 f (Hz)	速度 v (mm/s)	振動数 f (Hz)	速度 v (mm/s)	振動数 f (Hz)	速度 v (mm/s)	振動数 f (Hz)	速度 v (mm/s)	振動数 f (Hz)	加速度 a (gal)	振動数 f (Hz)	加速度 a (gal)	振動数 f (Hz)	加速度 a (gal)	振動数 f (Hz)	速度 v (mm/s)	振動数 f (Hz)	速度 v (mm/s)	
測定番号	A 1 (0 m)				A 2 (2 m)				A 3 (4 m)										
1-N-1	5.89	1.43	5.32	0.27	5.21	1.16	5.0	0.22	11.13	0.94	8.23	0.93	10.71	3.54					
1-N-2	4.12	2.09	4.31	0.31	9.42	0.84	3.62	0.18	14.71	0.60	3.98	0.53	8.33	2.87					
1-N-3	4.94	0.83	5.10	0.19	6.25	0.65	4.46	0.22	10.87	0.94	13.61	0.93	12.25	3.31					
1-N-4	5.27	0.83	4.03	0.28	5.21	0.57	4.32	0.20	5.00	0.61	7.35	0.70	13.16	2.32					
1-B-1	3.85	2.00	3.14	0.33	3.91	0.75	3.40	0.17	5.22	0.32	6.25	0.47	4.46	1.45					
1-N-5	6.94	0.53	11.14	0.23	7.55	0.41	4.17	0.16	17.86	0.61	10.42	0.66	8.93	1.86					
1-N-6	4.31	1.51	3.42	0.27	5.27	0.59	3.18	0.17	11.90	0.74	6.81	0.64	7.66	2.55					
1-N-7	7.55	0.96	2.84	0.38	7.55	0.55	5.68	0.22	5.68	0.65	5.95	0.75	8.33	2.44					
1-B-2	4.63	1.67	4.31	0.30	4.90	0.87	5.43	0.22	3.29	0.83	5.95	0.90	5.95	3.02					
測定地点	A 3 (4 m)				A 4 (6 m)				A 3 (4 m)										
2-N-1	5.15	0.54	2.02	0.19	5.43	0.40	6.10	0.18	13.51	0.64	5.81	0.72	11.36	2.55					
2-N-2	5.81	1.20	5.32	0.18	5.95	1.12	5.95	0.21	12.25	1.01	5.68	1.13	7.50	4.00					
2-N-3	5.63	1.07	4.59	0.22	5.63	1.00	4.85	0.25	5.42	0.88	5.98	1.36	6.36	3.60					
2-N-4	7.14	0.65	5.21	0.14	7.58	0.57	4.55	0.17	14.70	1.07	11.36	1.04	12.50	4.50					
2-N-5	7.08	1.15	6.14	0.22	6.99	1.24	6.07	0.22	6.71	0.75	8.50	0.90	7.08	4.58					
2-N-6	4.30	0.44	4.02	0.15	5.95	0.42	3.79	0.14	16.67	0.91	15.94	0.73	13.89	2.78					
2-B-1	5.00	0.57	4.46	0.23	5.43	0.46	4.63	0.23	3.91	0.71	6.76	0.73	10.42	1.97					
2-N-7	5.00	1.25	5.00	0.28	5.15	0.91	4.46	0.25	5.44	1.00	7.90	1.20	4.46	4.12					
測定地点	A 5 (10 m)				A 6 (15 m)				A 3 (4 m)				A 5 (10 m)						
3-B-1	6.13	1.01	14.17	0.33	5.83	0.68	15.00	0.24	-	-	-	-	11.36	4.87	6.94	0.36	-	-	記録不鮮明のため読み取れない。
3-B-2	11.11	0.60	8.62	0.13	12.50	0.51	15.63	0.49	12.43	0.51	14.29	1.18	11.90	3.80	10.10	0.25	10.64	0.77	
3-B-3	11.63	0.83	6.58	0.28	8.33	0.61	11.63	0.84	13.89	1.29	8.93	1.30	11.11	3.94	5.52	0.53	14.03	1.01	
3-B-4	11.36	0.97	11.36	0.28	5.95	0.78	14.71	0.67	17.24	1.87	10.42	1.64	14.14	7.60	6.41	0.49	11.11	1.15	
3-B-5	9.35	0.75	6.19	0.28	6.51	0.71	6.94	0.59	16.67	0.62	6.10	1.18	11.90	3.71	5.43	0.43	6.17	0.60	
3-B-6	10.98	1.04	10.52	0.23	11.11	0.84	14.29	0.88	11.63	1.29	11.90	1.89	11.36	7.83	9.43	0.23	10.75	1.15	
3-N-1	15.15	0.67	10.42	0.21	8.33	0.74	13.51	0.73	19.23	1.25	15.15	1.05	11.11	3.92	16.67	0.52	23.81	1.00	
3-N-2	7.75	0.69	3.97	0.17	6.85	0.43	9.43	0.67	15.63	0.74	7.50	1.02	10.00	4.44	6.17	0.36	10.00	0.78	
3-N-3	11.36	1.07	12.50	0.25	11.36	0.82	13.89	0.91	21.74	1.66	11.36	2.05	11.90	7.42	8.30	0.49	11.36	1.29	
3-N-4	7.69	1.01	3.73	0.49	4.39	0.76	10.00	0.65	13.16	1.87	7.35	1.43	12.07	5.57	4.46	0.74	4.72	1.06	
3-N-5	6.01	0.85	6.10	0.30	10.42	0.70	9.62	0.90	13.75	1.50	10.25	1.58	10.42	6.38	9.43	0.50	6.94	1.11	

表-10 (2) 路面補修後の高根沢地区における地盤振動の測定結果

計器番号	V・5955		HT・5816		V・5980		HT・5982		HL・1505		HT・1506		V・1507		V261-V		V261-H		備 考
測定番号	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(mm/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(mm/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(mm/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(mm/s)$	振動数 $f(H_z)$	$\alpha(gal)$	振動数 $f(H_z)$	$\alpha(gal)$	振動数 $f(H_z)$	$\alpha(gal)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(mm/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(mm/s)$	
測定地点	A7 (20m)				A8 (50m)				A3 (4m)				A7 (20m)						
4-S-1	14.43	0.71	12.50	0.44	10.20	0.49	12.50	0.63	13.51	2.30	12.86	1.09	16.15	9.92	10.42	0.51	15.63	0.70	底5982の波形には 50Hzの成分(振動が誘 導ノイズ?)が少し含ま れている。
4-S-2	11.76	0.78	13.51	0.47	7.94	0.44	6.49	0.64	13.16	1.60	12.20	2.08	11.90	9.16	11.63	0.54	11.56	0.85	
4-S-3	6.49	0.14	5.43	0.12	5.68	0.15	5.43	0.23	12.24	0.74	26.32	0.81	10.42	2.44	6.17	0.16	15.63	0.20	
4-S-4	15.63	0.50	13.89	0.18	11.11	0.20	13.51	0.24	25.00	1.07	13.89	1.05	19.23	3.68	11.90	0.18	10.00	0.57	
4-S-5	7.25	0.44	4.13	0.26	8.06	0.53	5.80	0.51	6.76	0.70	9.26	1.12	5.10	3.60	5.21	0.31	6.25	0.50	
4-S-6	11.63	0.61	8.20	0.43	11.48	0.46	10.00	0.60	14.71	2.38	9.26	1.78	11.11	5.77	4.46	0.34	7.55	0.61	
4-N-1	4.29	0.43	7.50	0.25	7.50	0.31	9.25	0.58	5.71	0.55	10.91	0.91	5.00	2.84	4.90	0.27	5.22	0.45	底5982の成分は 50Hzの成分(振動が誘 導ノイズ?)が少し含ま れている。
4-N-2	14.00	0.47	12.50	0.17	16.90	0.27	16.33	0.56	12.50	0.70	13.61	0.74	14.29	3.16	7.50	0.19	9.90	0.32	
4-N-3	7.42	0.54	6.53	0.31	7.55	0.55	4.31	0.64	10.85	1.25	12.82	1.18	12.82	4.29	13.16	0.31	7.07	0.63	
4-N-4	7.62	0.57	8.77	0.20	13.89	0.35	15.47	0.55	12.38	0.96	18.85	0.60	7.21	3.45	4.95	0.25	6.41	0.41	
4-N-5	7.28	0.47	10.31	0.26	7.58	0.54	7.14	0.61	15.15	1.35	6.78	1.38	10.43	4.35	7.73	0.34	7.42	0.57	
4-N-6																			
測定地点	A9 (50m)				A10 (40m)				A3 (4m)				A9 (50m)						
5-B-1	10.53	0.38	—	—	8.22	0.63	10.10	0.94	15.75	3.35	9.43	1.58	20.63	9.43	4.67	0.35	6.49	0.38	底5980, 底5982には 50Hzの成分を含む。
5-B-2	8.20	0.31	—	—	10.10	0.53	9.52	0.96	10.89	2.26	10.10	1.78	9.52	5.97	6.67	0.20	7.55	0.39	
5-B-3	6.94	0.16	5.90	0.12	23.57	0.25	—	—	9.71	0.47	10.00	0.78	9.90	2.32	7.28	0.08	8.47	0.17	
5-B-4	10.31	0.27	6.56	0.23	6.91	0.32	—	—	9.52	1.35	7.21	1.35	11.67	5.10	6.56	0.29	7.90	0.31	
5-B-5	8.62	0.18	4.58	0.22	15.00	0.23	—	—	14.56	0.92	7.75	1.30	11.14	5.10	5.21	0.22	15.17	0.29	
5-B-6	5.00	0.33	—	—	9.02	0.35	9.90	0.45	12.38	1.03	12.38	1.66	11.79	7.54	7.66	0.19	5.74	0.45	
5-B-7	7.21	0.41	4.56	0.40	7.74	0.44	11.25	0.90	18.46	2.81	7.74	1.80	14.70	7.54	—	—	8.53	0.40	
5-N-1	8.14	0.35	6.58	0.23	7.74	0.56	55.56	1.13	5.88	0.70	9.34	1.66	8.53	5.45	—	—	8.42	0.39	底5980, 底5982には 50Hzの成分が含まれる。 底5980は50Hzの成分 を少し含む。 底5982は50Hzの成分 を少し含む。 底5982に50Hzの成分 を少し含む。
5-N-2	10.91	0.30	4.71	0.19	9.90	0.40	18.15	1.28	14.70	0.62	6.67	0.65	13.03	2.15	—	—	9.41	0.32	
5-N-3	12.50	0.27	5.00	0.15	8.03	0.40	50.00	0.20	14.41	0.59	12.07	0.81	12.25	2.55	—	—	13.89	0.27	
5-N-4	6.05	0.44	5.33	0.36	8.51	0.47	50.00	0.24	5.27	0.88	14.00	0.71	8.20	2.58	—	—	7.21	0.49	
5-N-5	12.07	0.27	6.83	0.29	17.50	0.46	50.00	0.20	17.50	0.98	6.81	0.87	14.85	3.68	—	—	15.31	0.35	
5-N-6	8.80	0.39	7.38	0.24	8.51	0.36	11.16	0.33	6.64	1.01	2.03	1.05	8.42	3.57	—	—	8.51	0.36	
5-N-7	6.38	0.39	5.56	0.33	7.28	0.38	8.56	0.40	14.27	2.11	8.51	1.04	12.86	4.87	—	—	5.84	0.41	

表-10 (3)

計器番号	V・5955		HT・5816		V・5980		HT・5982		HL・1505		HT・1506		V・1507		V261-V		V261-H		備 考	
	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(m/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(m/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(m/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(m/s)$	振動数 $f(H_z)$	加速度 $a(gal)$	振動数 $f(H_z)$	加速度 $a(gal)$	振動数 $f(H_z)$	加速度 $a(gal)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(m/s)$	振動数 $f(H_z)$	速 度 $v(m/s)$		
測定番号	A11(50m)				A12(60m)				A3(4m)				A'9(55m)							
測定地点																				
6-S-1	5.52	0.56	6.93	0.17	7.24	0.16	3.18	0.30	15.31	0.90	7.14	1.18	13.24	5.77	24.63	0.12	8.62	0.28	底5816は50Hzの振動 一様な波形(振動か誘導 ノイズ?)である。 底5955は50Hzの成分 を少し含む波形である。	
6-S-2	2.57	0.53	5.44	0.53	7.10	0.25	6.76	0.42	14.85	2.44	10.44	1.05	16.67	6.58	9.51	0.10	15.00	0.58		
6-S-3	4.67	0.58	5.00	0.77	16.73	0.22	8.93	0.24	12.62	2.57	13.89	1.21	10.51	5.80	5.89	0.12	5.95	0.32		
6-S-4	12.86	0.40	5.00	0.75	10.20	0.18	7.10	0.26	11.02	1.95	8.19	1.80	20.83	6.50	4.22	0.08	20.83	0.32		
6-S-5	14.29	0.59	5.00	0.74	6.67	0.23	7.21	0.22	15.76	1.11	11.67	1.05	9.29	5.02	8.08	0.13	6.67	0.36		
6-S-6	6.23	0.27	5.00	0.78	5.44	0.22	7.58	0.23	4.76	1.05	5.56	1.36	6.49	5.10	—	0.12	7.00	0.42		
6-S-7	—	0.52	5.00	0.85	—	0.27	—	0.30	—	1.70	12.56	1.49	—	5.92	—	0.12	15.00	0.43		
6-N-1	9.62	0.23	4.85	0.26	8.53	0.18	4.72	0.30	12.58	0.96	14.71	1.10	6.27	2.61	8.28	0.08	12.68	0.25	底5816は50Hzの成分 を少し含む波形である。	
6-N-2	—	0.28	—	0.16	—	0.16	—	0.13	—	0.62	13.24	0.64	12.89	2.32	—	0.07	—	0.22		
6-N-3	—	0.32	—	0.21	—	0.19	—	0.32	—	1.31	—	0.95	—	4.29	—	0.12	—	3.36		
6-N-4	—	0.52	—	0.22	12.89	0.16	—	0.23	—	0.76	—	0.87	—	2.84	—	0.06	—	0.27		
6-N-5	—	0.27	—	0.20	—	0.15	—	0.16	—	1.31	—	0.96	—	3.60	—	0.07	—	0.31		
6-N-6	—	0.32	—	0.19	—	0.17	—	0.25	—	0.82	—	0.93	—	3.19	—	0.10	—	0.28		

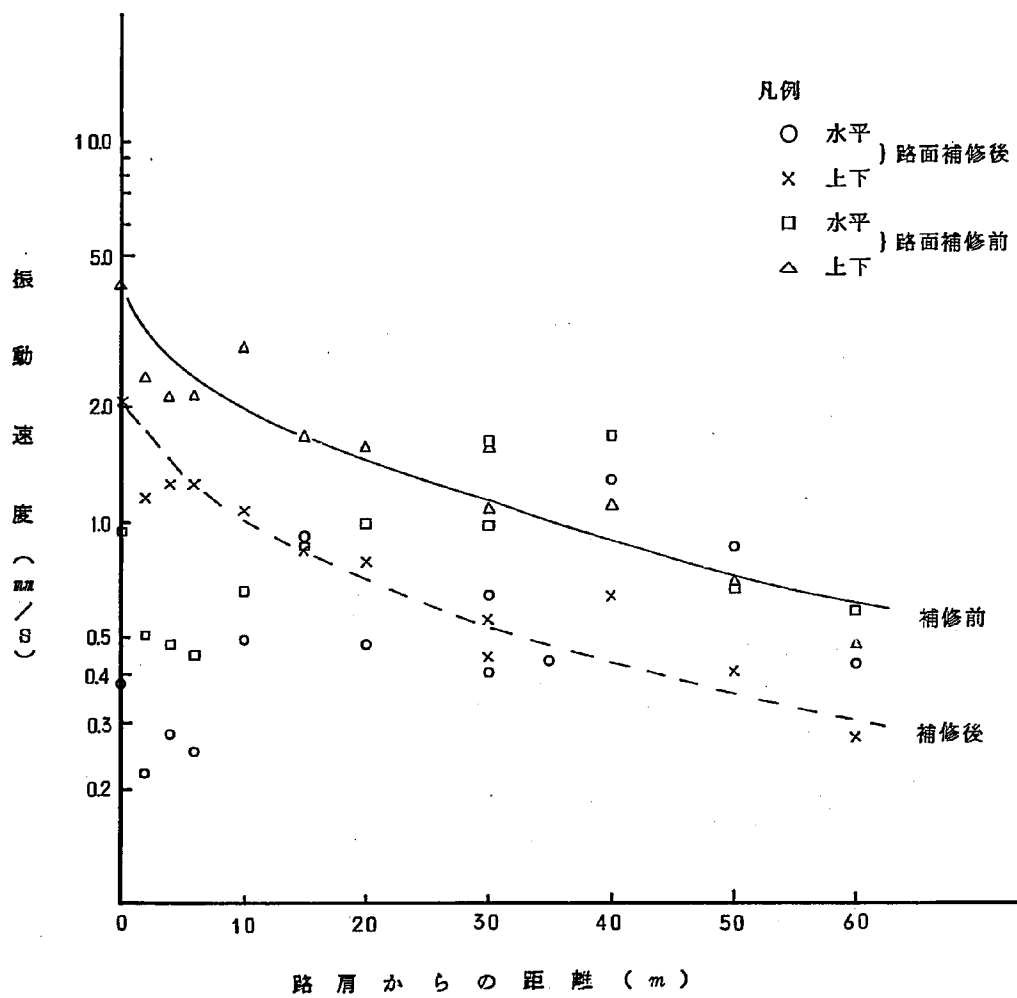


図-7 高根沢地区における地盤振動の測定結果

表-11 高根沢地区における路面補修前後の最大振動速度

測定地点	路面補修前 (mm/s)	路面補修後 (mm/s)	補修後/補修前
A 1 [0 m]	4.18	2.09	0.50
A 2 [2 m]	2.40	1.16	0.48
A 3 [4 m]	2.13	1.25	0.59
A 4 [6 m]	2.17	1.24	0.57
A 5 [10 m]	2.85	1.07	0.38
A 6 [15 m]	1.68	0.91	0.54
A 7 [20 m]	1.57	0.78	0.50
A 8 [30 m]	1.56	0.64	0.41
A 9 [30 m]	1.62	0.44	0.27
A 10 [40 m]	1.66	1.28 *	0.77
A 11 [50 m]	0.69	0.85 *	1.23
A 12 [60 m]	0.58	0.42	0.72

* 振動数が50Hzで測定時以外でも出ているので近くの工場のグラインダーの振動か又は電源の誘導ノイズである。

2.3 考 察

(1) 路面補修後の測定により、地盤の振動速度について次の結果を得た。

測定地点	路肩	10m	15m	20m	30m	40m	50m	60m
速度 (mm/s)	0.19~2.09	0.13~1.07	0.24~0.91	0.12~0.78	0.12~0.64	0.23~1.28	0.16~0.85	0.13~0.42

(2) 現道はコンクリート舗装であり、継目部分の路面のひびわれが相当ひどく、また路盤も悪くなっていたが今回の補修は、費用の関係上、アスファルトによるオーバーレイを行なっただけであるので、補修の効果は、当初予想した程には減少しなかったが約 $\frac{1}{2}$ の減少はみられた。

- (3) 許容参考値 (1.0 mm/sec) 以上の振動速度の範囲は、補修前（路肩から 40 m までの範囲）に比べて非常に狭くなり、路肩から 10 m 付近までの範囲となった。
- (4) 道路拡幅部分の路床、路盤およびアスファルト舗装部などの厚さは、当該場での地質条件（振動が減衰しにくい特性をもつ）を考慮して、振動の発生を少なくするように決める必要があり、完成時には、当然良好な路面が期待できるのでさらに振動の軽減が予想される。
- (5) 補修後の振動速度で、補修前の工場付近（測定地点 A 8 ～ A 10）と同等の場所は、路肩付近だけである。
- (6) 道路拡幅後の路肩から工場付近までは、 10 m 以上は離れているので、許容参考値以下に押えることは可能であると予想されるが、拡幅後の地盤振動も再度測定を行なってみることが考えられる。
- (7) 今回、試験的に使用した振動測定器は、換振器および増幅器ともに小型、軽量であるため、取扱いが容易である。測定値については、同一地点においても同時刻に最大振動速度を記録しなかった。また測定地点、A 5、A 7、および A 9 における測定値では、水平動と上下動の間で同じ対応とならなかった。計器の配線等の誤りかどうかは現地で、チェックしなかったもので、原因がはっきりしない。

従って、測定値は、前回との比較の対象から除いた。

3 地盤振動の測定における今後の問題点

今回使用した測定器は、実験室での測定あるいは屋外での地震観測に使っていたものを流用したので、取扱いに注意を要した。特に地盤の振動を検出する換振器は、取扱いが面倒であるので、今後改良し、より小型軽量で取扱いが簡単な換振器を開発する必要がある。また振動振幅は換振器の地盤固着方法により測定値が異なるので、設置方法についても、検討を加える必要がある。

地盤振動の測定は現在、東京都あるいは大阪府などが指導基準として速度 (mm/s) を使用しているので、これを準用しているが、公害振動計などについて、日本音響学会が試案を作成し検討中であり、又 ISO（国際標準化機構）においても検討を行なっているので今後これらの検討結果を注目する必要がある。

自然交通における地盤振動の測定では、振動源が一定でないため、測定する時間は最も振動が大きく発生する時期（重量車の通行する割合が多くて、車の流れの良いときなど）に行なうことが考えられるが、このような条件のときは、そう長い時間続くことはないので、計測方法についても、短時間

に出来るだけ多くの点が測定できるよう多数の計測器を準備する必要がある。また自然交通だけでなく、一定の荷重車などを準備して、車の重量、走行速度と振動の大きさとの関係を調査することも今後検討する必要があるものと思われる。

そのほか調査事項として、路面（凹凸、亀裂およびジョイントの状況）、路盤の状況および当該地点の地質概況を定量的に把握しておく必要がある。

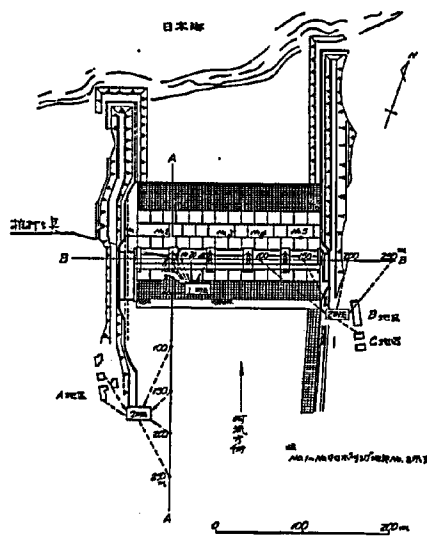
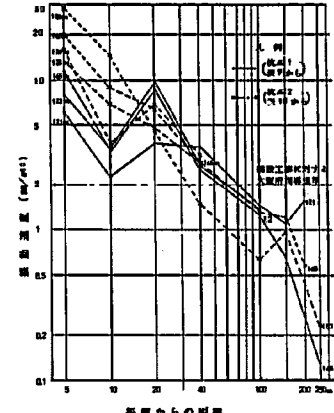
参 考 文 献

土木研究所振動研究室：表層地盤における振動伝播の実測、土研資料 535号、昭44.9

付録

地盤振動の実態調査 (1)

整理番号 1

調査名	関尾分水堰杭打時の振動	関連工事名 (管轄)	関尾分水路事業 (北陸地建、旧信濃川工事)	調査依頼 機関	北陸地建、旧信濃川工事	本報告書名	表層地盤における振動伝播の実 測 土研資料 555号 B44.9
調査箇所 (地名)	関尾分水堰工事現場 (新潟市関尾地区)	擾乱源	杭打ち機械 石川島播磨製 IDH40	調査実施 機関	土木研究所・振動研究室	現地調査 年月日	B43.8.18, 19
調査目的 (有無) 苦情の有無	① 杭打工作に伴う振動の近隣住家に及ぼす影響を調査するため。 ② 振動源からの距離による振動の減衰 ③ 波動伝播速度 (苦情なし)			使用計器 東京振動 3成分加速度計-6 共和電業 加速度計-3, 保坂速度計 8 (水平 4, 鉛直 4)			
調査概要説明 (概略図・測定点・振動発生原因)	 図-2 調査区域平面図			 判定			
基礎地盤の概況	砂丘地で、平均粒径 0.2mm 程度の均質な砂で構成され、比較 的大きな N 値を示している。			対策			
				措置			
				結果			

【注記】 ① 全ての記事に日付を明記すること。 ② 本調査には概要のみ示し、詳細は別紙に示すか、又は参考資料を掲げる。
 ③ 重要な参考資料は明記すること。

本調査の作成 担当者
年月日

地盤振動の実態調査 (2)

整理番号

2

調査名	4号国道高根沢地区における地盤振動の測定	関連工事名 (管轄)	4号バイパス (関東地建宇都宮国道)	調査依頼 機関	関東地建宇都宮国道	本報告書名	—	
調査箇所 (地名)	4号国道高根沢地区 (栃木県塩谷郡高根沢町)	振動源	交通車両	調査実施 機関	土木研究所振動研究室 交通安全研究室	現地調査 年月日	昭和45.9.4	
調査目的 (有無)	4号国道改良事業に伴い、交通車両による現道の当該地点の振動の把握 (改良完成後の障害を予測しての苦情)			使用計器 速度振動計 4 ch (水平2, 鉛直2) 加速度振動計 3 ch (水平2, 鉛直1)				
調査概要説明 (概略図・測定点・振動発生原因)								
								調査結果
								判定
								対策
措置								
結果								

- [注記] ① 全ての記事に日付を明記すること。 ③ 本調査には概要のみ示し、詳細は別紙に示すか、又は参考資料を掲げる。
② 重要な参考資料は明記すること。

本調査の作成

担当者

年月日

地盤振動の実証調査 (3)

整理番号 3

調査名	4号国道高根沢地区における地盤振動の測定	関連工事名 (管轄)	4号バイパス (関東地建宇都宮工事)	調査依頼 機関	関東地建宇都宮国道	本報告書名	—
調査箇所 (地名)	4号国道高根沢地区 (栃木県塩谷郡高根沢町)	振動源	交通車両	調査実施 機関	土木研究所 振動研究室 交通安全研究室	現地調査 年月日	昭和45.12.1
調査目的 (有無)	4号国道改良事業に伴う、交通車両による現道の当該地点の振動の把握 (改良完成後の障害を予測しての苦情)						
調査概要説明 (概略図・測定点・振動発生原因)				調査結果	使用計器 速度振動計 4 ch (水平2, 鉛直2) 加速度振動計 3 ch (水平2, 鉛直1) 図-7 高根沢地区における地盤振動の測定結果		
				判定			
				対策			
				措置			
結果				結果			

【注記】 ① 全ての記事に日付を明記すること。 ② 重要な参考資料は明記すること。 ③ 本調査には概要のみ示し、詳細は別紙に示すか、又は参考資料を掲げる。

本調査の作成 担当者 年月日

地盤振動の実態調査(4)

整理番号

調 査 名		関連工事名 (管 轄)		調 査 依 頼 関		本報告書名	—		
調 査 箇 所 (地 名)		擾 乱 源		調 査 実 施 関		現 地 調 査 年 月 日			
調 査 目 的 (苦 情 有 無)	調 査 概 要 説 明 (概略図・測定点・振動発生原因)			調 査 結 果	使用計器				
調 査 概 要 説 明 (概略図・測定点・振動発生原因)					判 定				
				対 策					
				措 置					
				結 果					
基礎地盤の概況									

〔注記〕 ① 全ての記事に日付を明記すること。 ② 重製な参考資料は明記すること。 ③ 本調査には概要のみ示し、詳細は別紙に示すか、又は参考資料を掲げる。

本調査の作成

担当者

年月日