

土木研究所資料

道路交通振動の伝播に関する調査

昭和53年 3 月

建設省土木研究所

動土質研究室

ま え が き

道路交通振動に関する調査、研究は最近各方面で精力的に行なわれているが、振動が伝播する媒体が地盤であり、その土質条件、層構造が複雑である場合が多いために、振動の伝播機構についてはまだ十分解明されていないのが現状である。特に道路交通振動の土中振動記録は今まではほとんど測定された例がない。

今回、山梨県の勝沼バイパスにおいて、試験車による振動実験を実施し、地表面および地中の振動を測定した。実験より得られたデータに基づいて、道路交通振動の振動数の問題、距離減衰に対する振動レベルの影響、振動の地中分布および振動モード等について解析を行なったので報告する。

最後に実験の実施に当り、多大の御協力をいただいた建設省甲府工事事務所の方々並に(株)応用地質調査事務所の吉村正義氏、佐藤信一氏に対し深く感謝の意を表する。

昭和53年3月

動土質研究室

沢 田 健 吉

谷 口 栄 一

小 笠 原 久

館 山 悟

目

次

ま え が き

1. 調査目的	1
2. 調査地点概要	2
3. 調査方法	6
3.1 振動源	6
3.2 地盤振動測定	6
3.2.1 測定計器	6
3.2.2 振動測定位置	13
3.3 車体振動測定	19
3.4 試験車走行条件	20
4. 調査結果	22
4.1 振動測定データ	22
4.2 波動の種類	46
4.3 地盤振動の振動数	55
4.4 距離減衰	64
5. 結論	74
参考文献	75

1. 調査目的

本調査の目的を以下に記す。

- ① 道路交通振動の振動数が何によって決まるかを知ること。
- ② 道路交通振動の距離減衰と振動レベルの関係をj知ること。
- ③ 道路交通振動の地中分布（地中の影響範囲および振動モード）について知ること。

2. 調査地点概要

○調査場所

山梨県東八代郡石和町中川（一般国道20号（勝沼バイパス））

○道路構造

高さ1mの低盛土道路（第3種第1級）

暫定2車線（計画は4車線）

○実験時の道路の状態

舗装完成後

○道路外の状況

桃畑およびぶどう畑が広がっている。

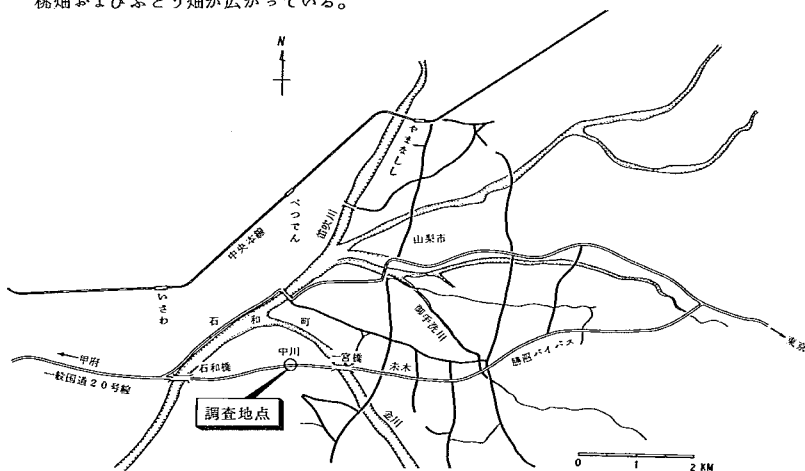


図2-1 調査地点位置図

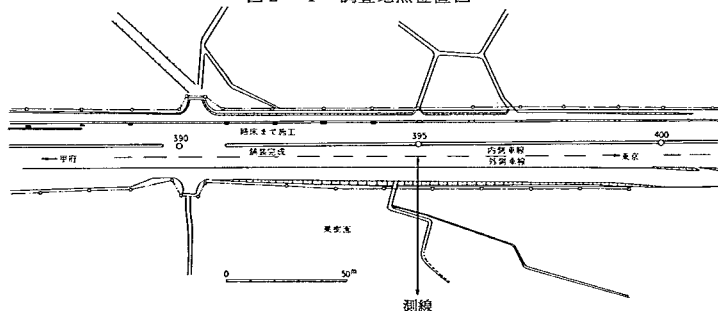


図2-2 平面図

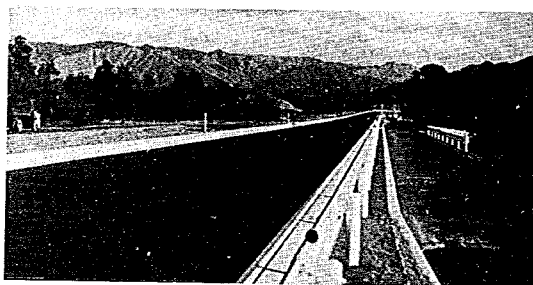


写真2-1 調査地点概況

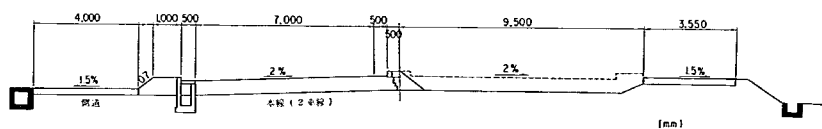


図2-3 道路横断面図



写真2-2 道路より測線のある桃畑を望む

(cm)	As 密粒度
5	
10	As 粗粒度
10	As 安定処理
10	粒調碎石
20	切込碎石

図2-4 舗装構造

○地盤の土質条件

図2-5に外側車線(振動測定側)中央より20m地点の土質柱状図、PS検層結果を示す。調査地点は玉石混りの砂礫地盤であり、N値もかなり大きい。

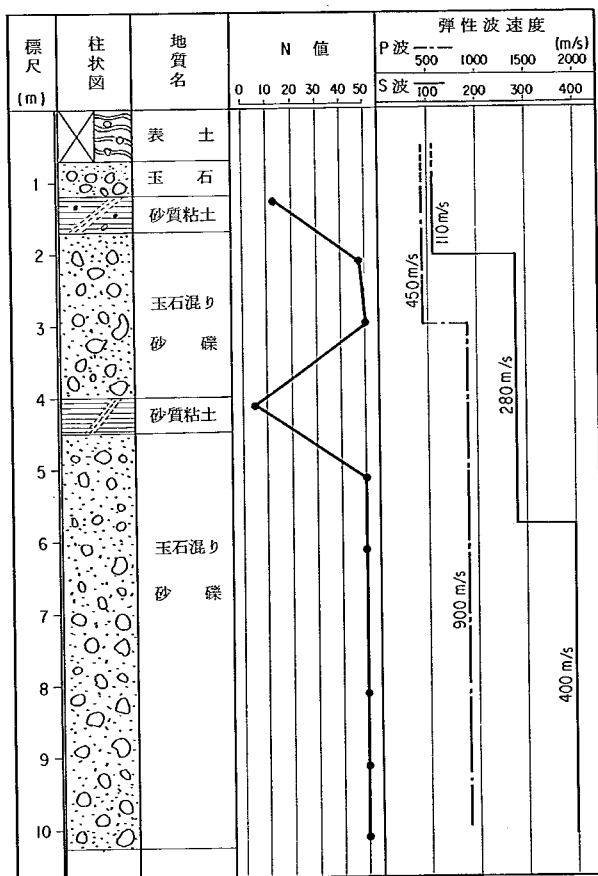


図2-5 土質柱状図およびPS検層結果(20m地点)

○路面凹凸

図2-6に示す区間において3mプロファイルメーターを用いて路面凹凸を測定し、標準偏差 σ を求めた。表2-1に σ の値を示す。

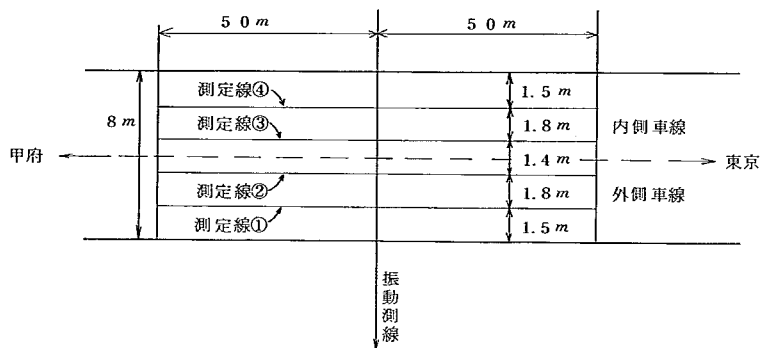
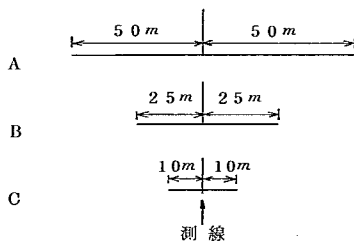


図2-6 路面凹凸測定線位置

表2-1 路面凹凸の標準偏差 σ (mm)

ケース 測定線	A	B	C
①	0.913	0.582	0.629
②	1.438	0.572	0.398
③	0.873	0.808	0.648
④	0.961	0.849	0.662



A: 測線の前後50m計100mのデータによる σ

B: " 25m計50m "

C: " 10m計20m "

3. 調査方法

3.1 振動源

振動源は大型トラック走行、小型トラック走行の2種類である。図3-1に試験車の概要を示す。大型トラックは3軸、小型トラックは2軸である。積載状態で大型トラックの重量は20 ton、小型トラックは10 tonになるように荷台に砂利を積んだ。実験では積載状態および空車の状態で走行させた。試験車の固有振動数を測るために試験車の後輪を約10cmの板の上から落下させて試験車のバネ上、バネ下に取り付けた加速度計を用いて試験車の自由振動を測定した。図3-2に振動記録およびフーリエスペクトルを示す。(解析に用いたフーリエアナライザーはYHP製である。)大型車、小型車共にバネ上のフーリエスペクトルについては鋭いピークが見られるが、バネ下については比較的ランダムな振動になっており、はっきりした固有振動数を見つけることは困難である。

3.2 地盤振動測定

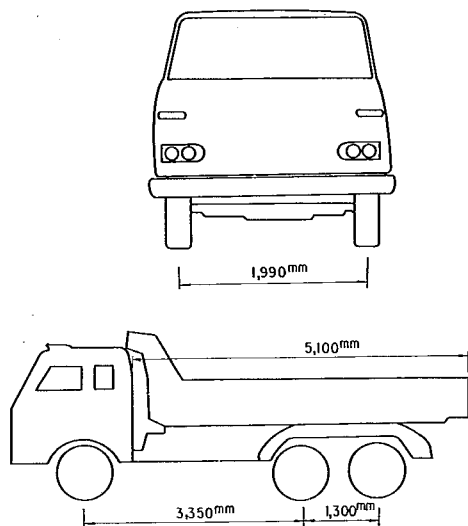
3.2.1 測定計器

表3-1に測定計器の規格を示す。また図3-3にブロックダイアグラムを示す。振動は全てデータレコーダーに記録し、現場でただちにオシログラフに再生して波形のチェックを行なった。地表面の振動測定には公害用振動計を用い、地中の測定には加速度計を用いた。加速度計は

表 3 - 1 測定計器一覧表

名 称	型 式	製造会社	仕 様
振動レベル計	VM-12A	RION	測定範囲: 振動レベル 45~120dB 加速度レベル 35~120dB 振動速度 0.01~10cm/s
加 速 度 計	PV-87	RION	任意電圧加速度計(センサ型) 共振振動数: 7kHz 感度: 300mV/G(ケーブル込) 寸法: 42.4×33mm 振動数範囲: 2~3000Hz 重量: 125g
加 速 度 計	PV-09	RION	任意電圧加速度計 共振振動数: 20kHz 感度: 60mV/G(ケーブル込) 寸法: 41.4×30.5mm 振動数範囲: 2~10000Hz 重量: 35g
プリアンプ	VP-14	RION	入力インピーダンス: 1000MΩ以上 周波数範囲: 2~20000Hz 最大入力電圧: 6V peak 利得: 1, 2, 5, 10倍及びその1/2 出力インピーダンス: 30Ω以下 寸法: 120×100×70mm
メインアンプ	OPAS	OYO	入力インピーダンス: 10kΩ 利得: 最小 50倍 出力インピーダンス: 20Ω 最大 5000倍 周波数範囲: 1~6000Hz
データレコーダー	R-280	TEAC	オープンリール方式 テープ速度: %, 1%, 3%, 7%, 15, 30 ips 記録再生方式: FM方式 周波数特性: DC~1.25kHz (3% ips) チャンネル数: 14チャンネル
	R-70A	TEAC	カセット方式 テープ速度: 1 1/4 ips 記録再生方式: FM, DR方式 周波数特性: DC~625Hz (FM) チャンネル数: 4チャンネル 100~8kHz (DR)
電 圧 オシロ グラフ	5L-33	三栄測器	チャンネル数: 18チャンネル 周波数範囲: DC~170Hz 記録紙送り速度: 12段切換 使用ガルバノメータ: 3312-B1(P-270)
	FR-102	三栄測器	チャンネル数: 12チャンネル 周波数範囲: DC~270Hz 記録紙送り速度: 8段切換 使用ガルバノメータ: G-300

3-4



名 称	日産ディーゼル
型 式	OW-51HD
総 重 量	10.25 ton
載荷時総重量	20.00 ton
載荷重量	9.75 ton
軸 重	前輪 4.18 ton
(空荷時)	後輪 1 3.12 ton
	後輪 2 2.95 ton
軸 重	前輪 4.90 ton
(載荷時)	後輪 1 7.65 ton
	後輪 2 7.45 ton
空荷時、載荷時荷台の静的変位量	
2.8 cm	

加速度計設置場所

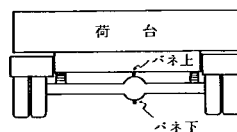
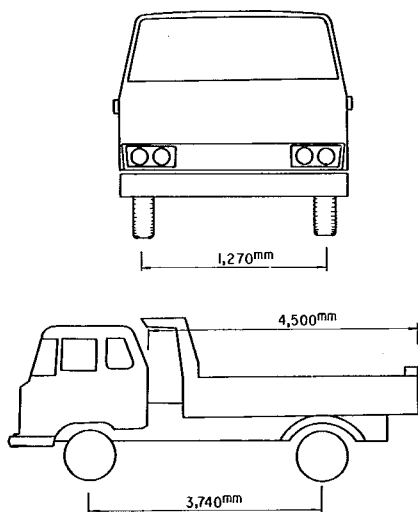


図 3-1 (a) 試験車仕様一覧 (大型車)



名 称	日野トラック
型 式	レンジャー
総 重 量	3.55 ton
載荷時総重量	10.0 ton
載荷重量	6.45 ton
軸 重	前輪 1.8 ton
(空荷時)	後輪 1.7 ton
軸 重	前輪 3.12 ton
(載荷時)	後輪 6.88 ton
空荷時、載荷時荷台の静的変位量	
10.7 cm	

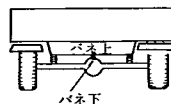


図 3-1 (b) 試験車仕様一覧 (小型車)



写真 3-1 大型トラック



写真 3-2 小型トラック



写真 3-3 試験車走行実験

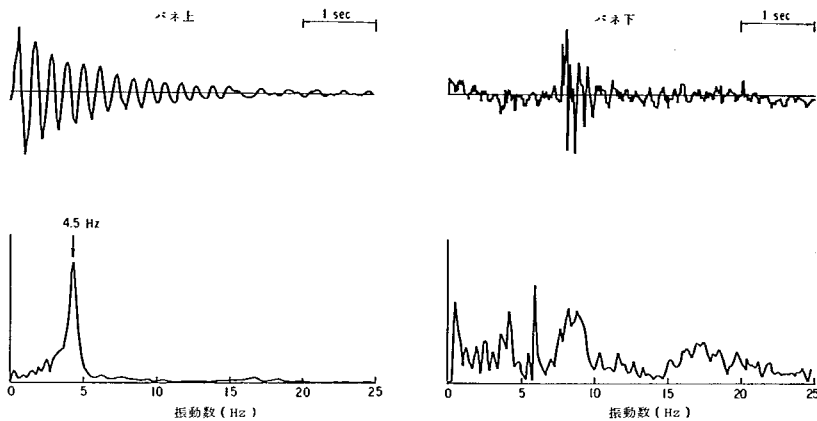


図 3-2 (a) 車体自由振動結果 (大型トラック, 空荷)

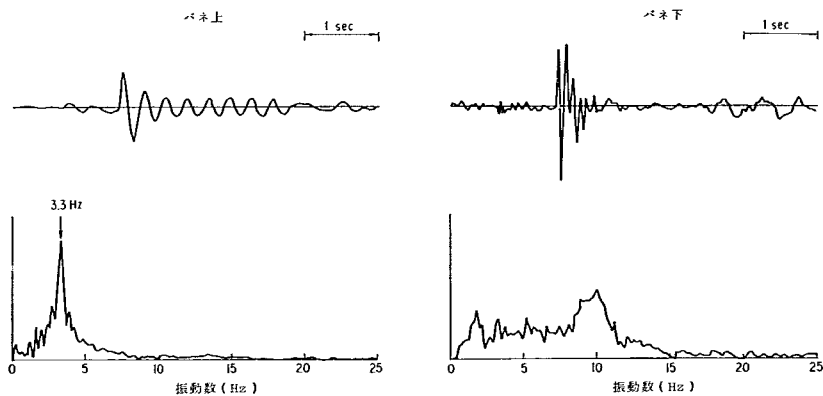


図 3-2 (b) 車体自由振動結果 (大型トラック, 積荷)

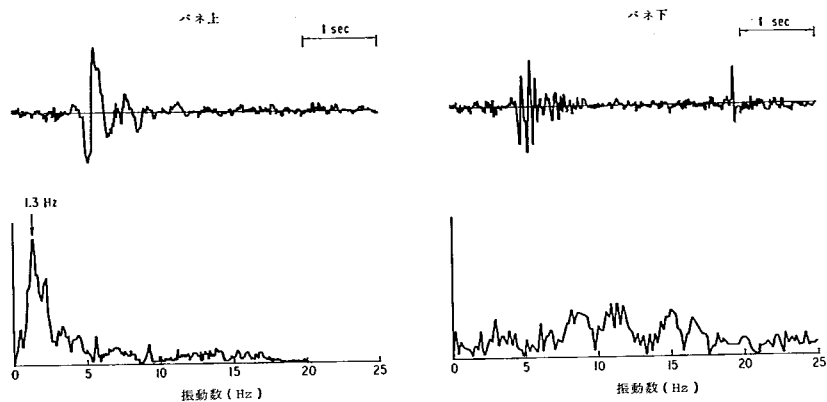


図 3-2 (c) 車体自由振動結果 (小型トラック、空荷)

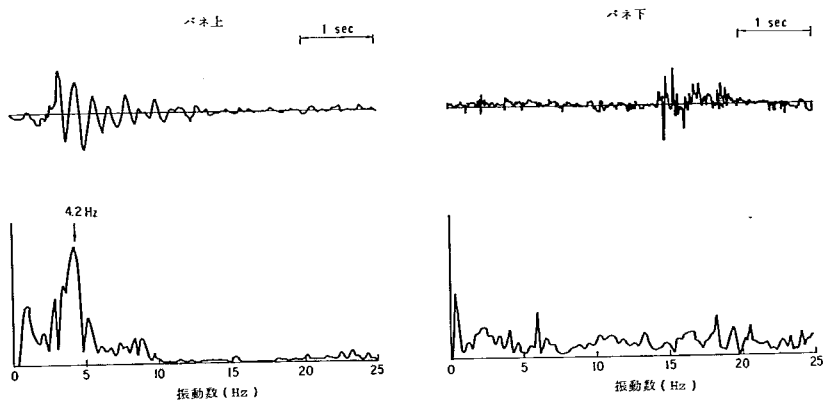


図 3-2 (d) 車体自由振動結果 (小型トラック、積荷)



写真 3-4 振動記録器

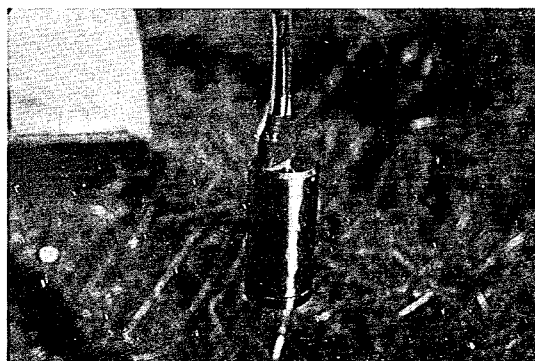
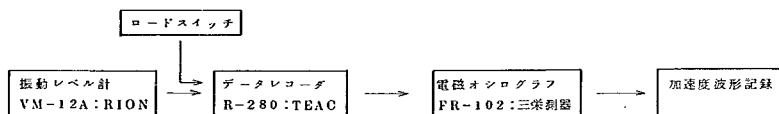
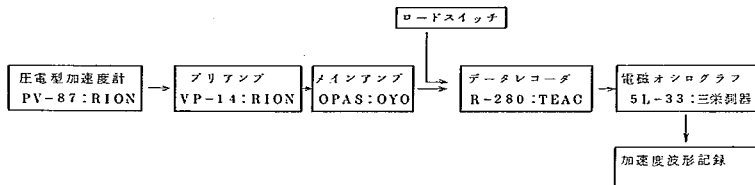


写真 3-5 3個の加速度計を収納した箱

1. 地表部



2. 地中部



3. 車両部

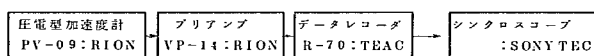


図 3-3 測定系ブロックダイヤグラム

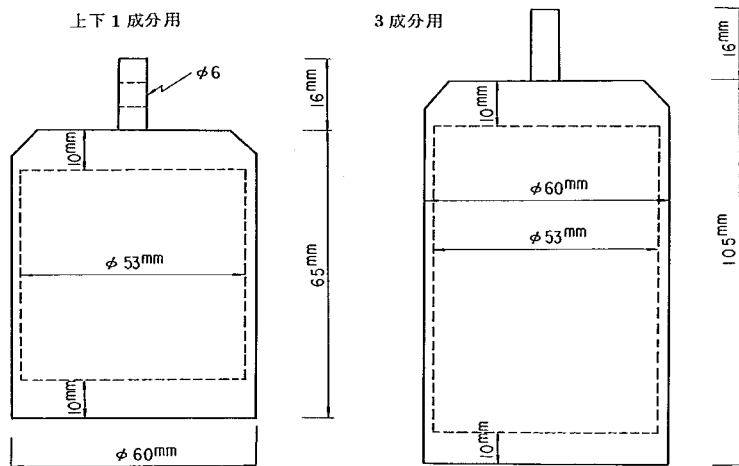


図 3-4 埋設振動計ケース形状

830

ステンレス製の円柱形（外径 6 cm、高さ 1 0.5 cm（3 成分用）、6.5 cm（1 成分用）、図 3-4）の箱に密閉し、防水加工をして地中に埋設した。振動の 3 成分を同時に測定する地点では 3 個の加速度計を 1 つの箱に収納し、1 成分だけを測定する地点では 1 個の加速度計を箱の中に固定して地中に埋設した。写真 3-5 に加速度計を収納した箱を示す。

加速度計を深さ 2 m および 4 m の地中に埋設したが、埋設するためにはまず直径 8 6 mm、深さ 2 m および 4 m のボーリング孔を掘削した。ボーリング孔には塩化ビニールパイプを設置して孔内の壁の崩壊を防いだ。次に孔底に加速度計を収納した箱を設置し、3 成分の方向を調整した。そして塩化ビニールパイプを約 5 0 cm 引き上げ、砂を孔内に投げこんで加速度計を固定した。

（図 3-5）なお加速度計は実験終了後、回収した。

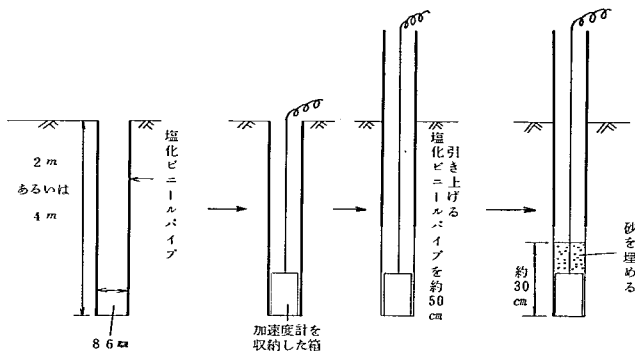


図 3-5 加速度計の地中埋設方法

3.2.2 振動測定位置

道路の外側に道路直角方向に振動測線を設けた。実験は次の 2 種類に分れている。

（実験 1）距離減衰測定実験

（実験 2）振動分布測定実験

それぞれの実験の振動測定位置と測定成分を図 3-6 に示す。測定成分の定義は図 3-7 に示されている。地表の振動測定に

おいては実験 1 の 1.5 m、5 m 地点では振動計のピックアップを舗装の上に設置したが、他の全ての点ではピックアップをよく踏み固めた土の上に直接設置した。写真 3-6 に実験 2 のピックアップの設置状況を示す。

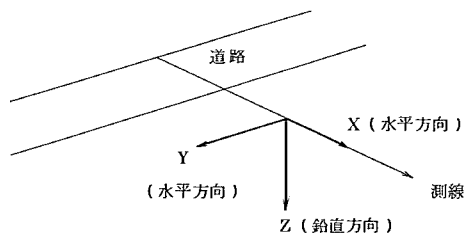


図 3-7 測定成分

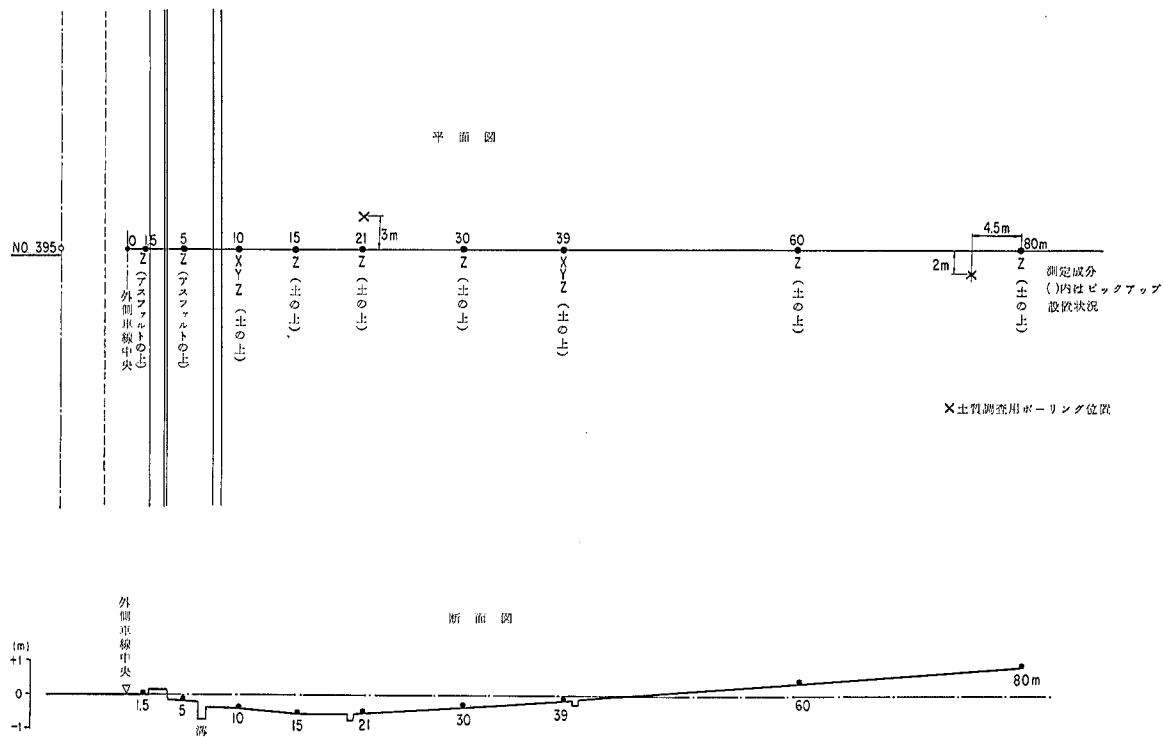


図3-6(a) 測定点位置図(実験1)

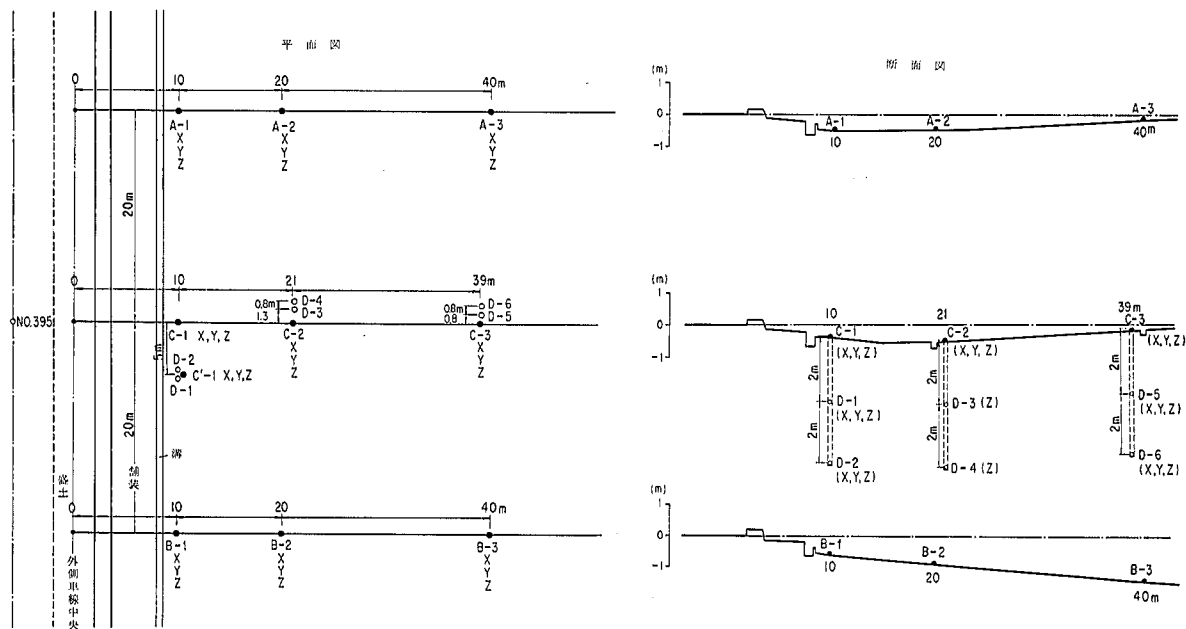
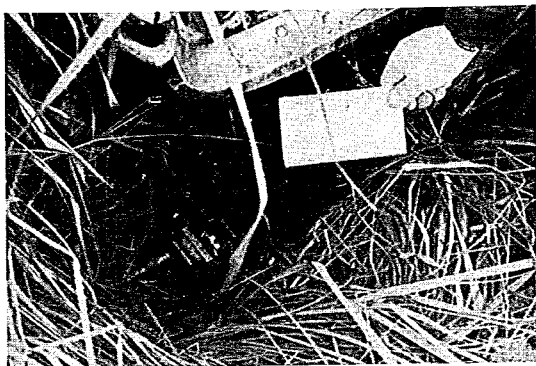


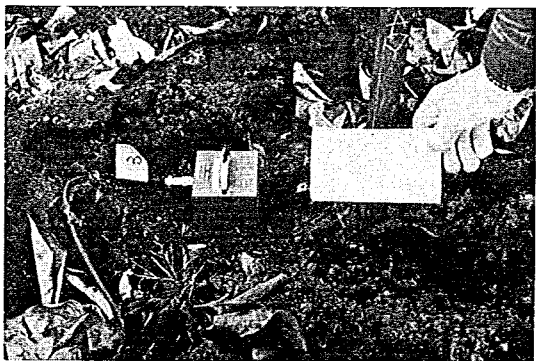
图 3-6 (b) 测定点位置图 (实验 2)



A-1

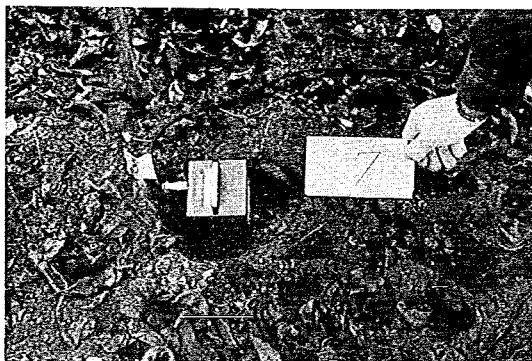


A-2

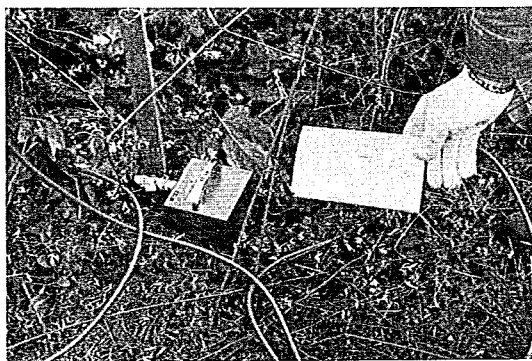


A-3

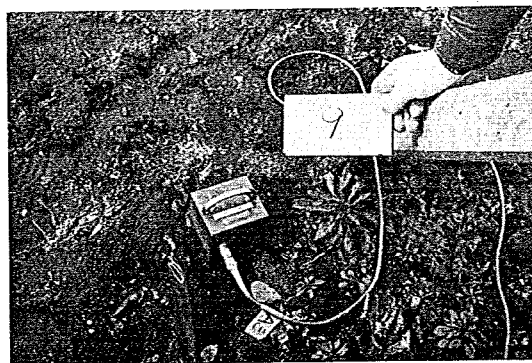
写真3-6 ピックアップ設置状況



B-1

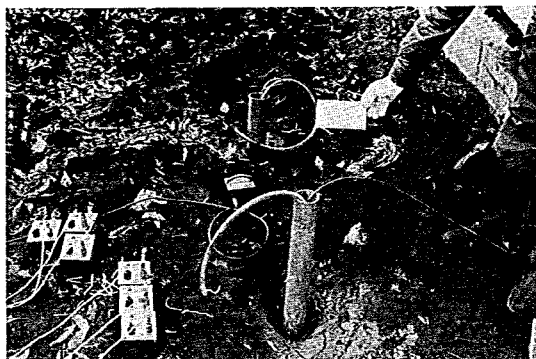


B-2

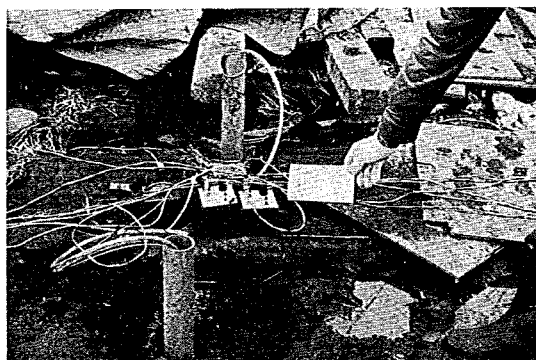


B-3

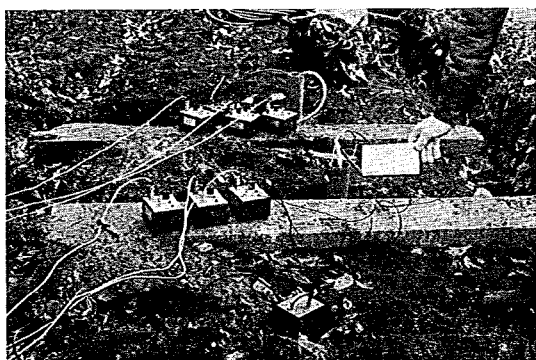
写真3-6 ビックアップ設置状況



C-1



C-2



C-3

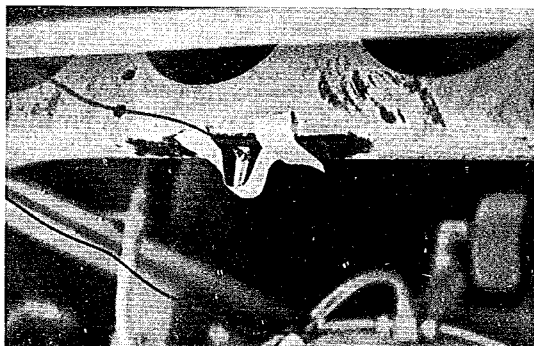
写真3-6 ビックアップ設置状況

実験1では外側車線中央から80mまでの9点で地盤振動を測定した。外側車線中央から10mおよび39m地点においてはX、Y、Zの3成分を同時に測定し、その他の地点ではZ成分のみを測定した。

実験2では20m間隔に3本の測線を設け、地表では1測線に3点ずつ合計9地点で地盤振動を測定した。測定成分は3成分である。また真中のC測線では地表より2mおよび4m地点の地中振動を測定した。地中の測定成分は、10m、39m地点が3成分、21m地点はZ成分のみである。

3.3 車体振動測定

大型トラック、小型トラックのバネ上、バネ下の加速度を測定した。測定に用いた計器を表3-1に、加速度計の設置状況を写真3-7に示す。車体振動は全てカセット式データレコーダーに記録した。



(a) バネ上



(b) バネ下

写真3-7 加速度計設置状況(小型トラック)

3.4 試験車走行条件

測線の前後50m、計100mを定常走行区間とした。試験車の速度は図3-8に示すように長さ1mのロードスイッチ(写真3-8)を用いて測定した。試験車は外側車線(測線側)のみを一方向に走行させた。

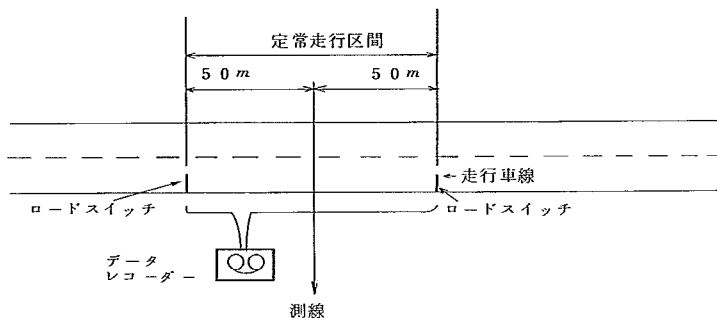


図3-8 ロードスイッチの配置



写真3-8 ロードスイッチ(長さ1m)

また図3-9、写真3-9に示す木製の段差を用いて段差走行実験も行なった。表3-2に試験車走行条件を示す。試験車は各速度毎に3回ずつ走行させた。

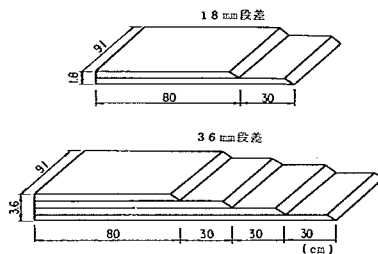


図3-9 段差形状

表 3 - 2 試験車走行条件

(実験 1)

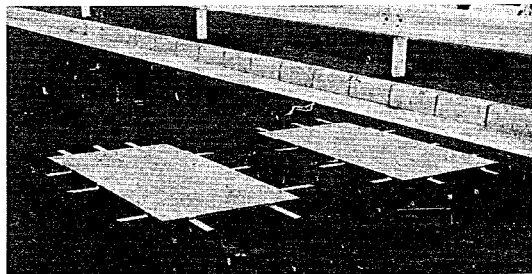
車種	積載状態	段 差 高 (mm)	走行速度 (km/h)	ケースの数
大型トラック	積載	0	20, 40, 60	9
	空車	0	20, 40, 60	9
	積載	18	60	3
	積載	36	60	3
小型トラック	積載	0	20, 40, 60	9
	空車	0	20, 40, 60	9
	積載	18	60	3
	積載	36	60	3

計 48

(実験 2)

車種	積載状態	段 差 高 (mm)	走行速度 (km/h)	ケースの数
ト大型トラック	積載	0	40, 60	6
	積載	18	40, 60	6
ト小型トラック	積載	0	40, 60	6
	積載	18	40, 60	6

計 24



(a) 18mm段差設置状況



(b) 段差走行実験

写真 3 - 9

4. 調査結果および考察

4.1 振動測定データ

図4-1に地表面・地中における地盤振動波形記録(Z成分)および車体振動記録の一例を示す。振動波形は正弦波とランダム波の中間的なものであり、振動の伝播速度は150~300 m/sec となっている。この速度はPS換層より求められた表層付近のS波速度に近い値である。

表4-1に全側定点の地盤振動の加速度振幅のピーク値(gal)、代表的な振動数(Hz)(波形記録の半周期の時間を読んで求めた。)、振動レベルVL slow(dB)のピーク値の一覧表を示す。走行速度については小型車の場合に若干予定より大きい値になっているが、大型車の場合にはほぼ予定通りの値となっている。5m地点のVLは段差がない場合に40~50dBであり、本調査地点における一般家屋および人体への振動障害という点については全く問題はないと思われる。地盤振動の振動数は15~30Hzであり、道路交通振動の振動数としては平均的な値である。

図4-2にA、B、C各測線のVLが示されている。この図によれば3測線のVLはZ成分についてはほぼ同じ値になっているが、X、Y成分についてはB測線の値が他の測線より若干大きくなっている。また同一地点の3成分を比較すると、水平成分が鉛直成分より大きくなっている地点も見られる。ところで道路交通振動の規制は現在のところ鉛直成分だけを対象に実施されている。その理由は一般的に鉛直成分が水平成分に比べて大きいことおよび人体が水平成分よりも鉛直成分に対して敏感であることの2つである。しかし実際には今回の測定値のように水平成分の方が大きい地点もあることは、道路交通振動の対策を考える場合に注意を要する点である。

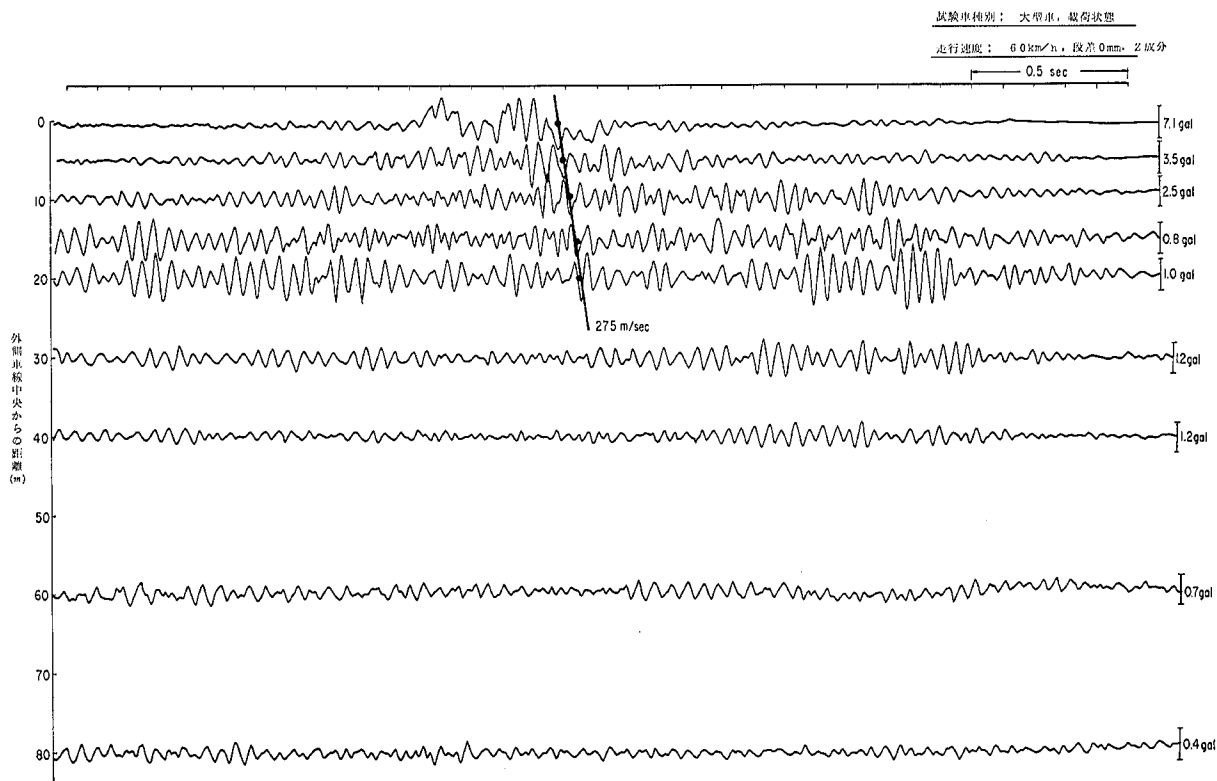


図 4-1 (a) 地盤振動波形記録

試驗車種別：小型車，載荷狀態

走行速度：60 km/h，段差 9mm，25 度分

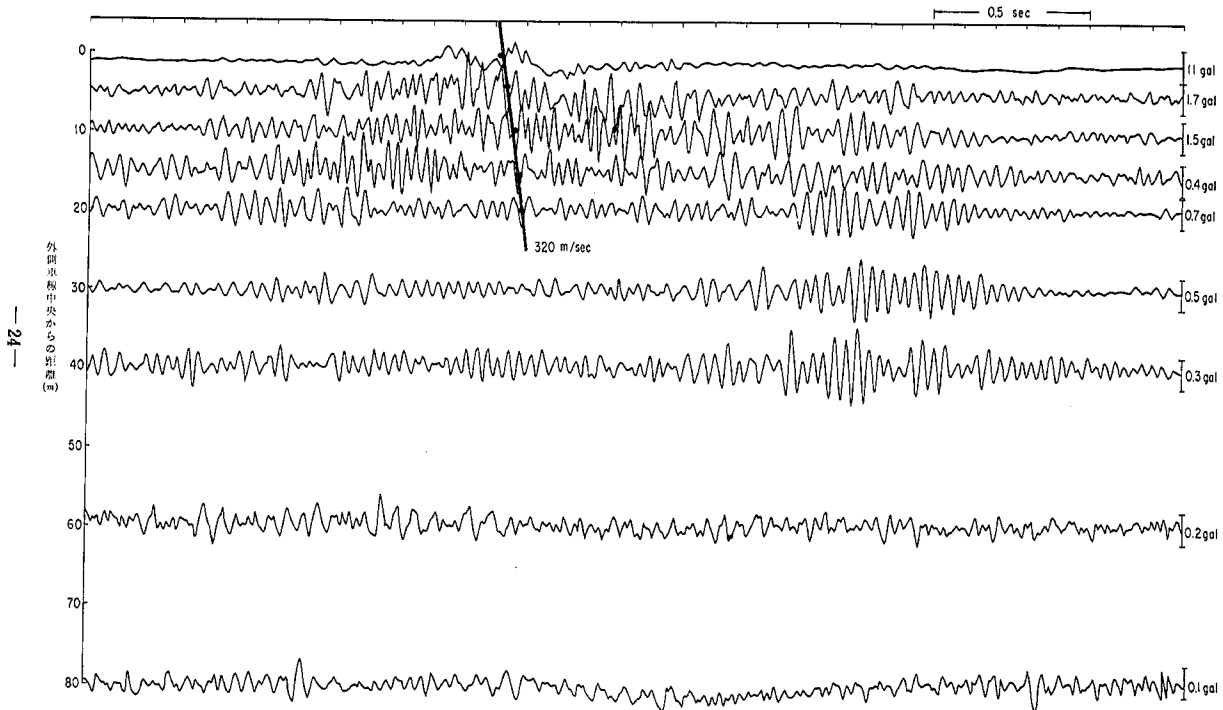


圖 4-1 (b) 測定波形記錄例

60

試験車種別： 大型車， 載荷状態， 走行速度： 60km/h

段差高： 18mm， Z成分

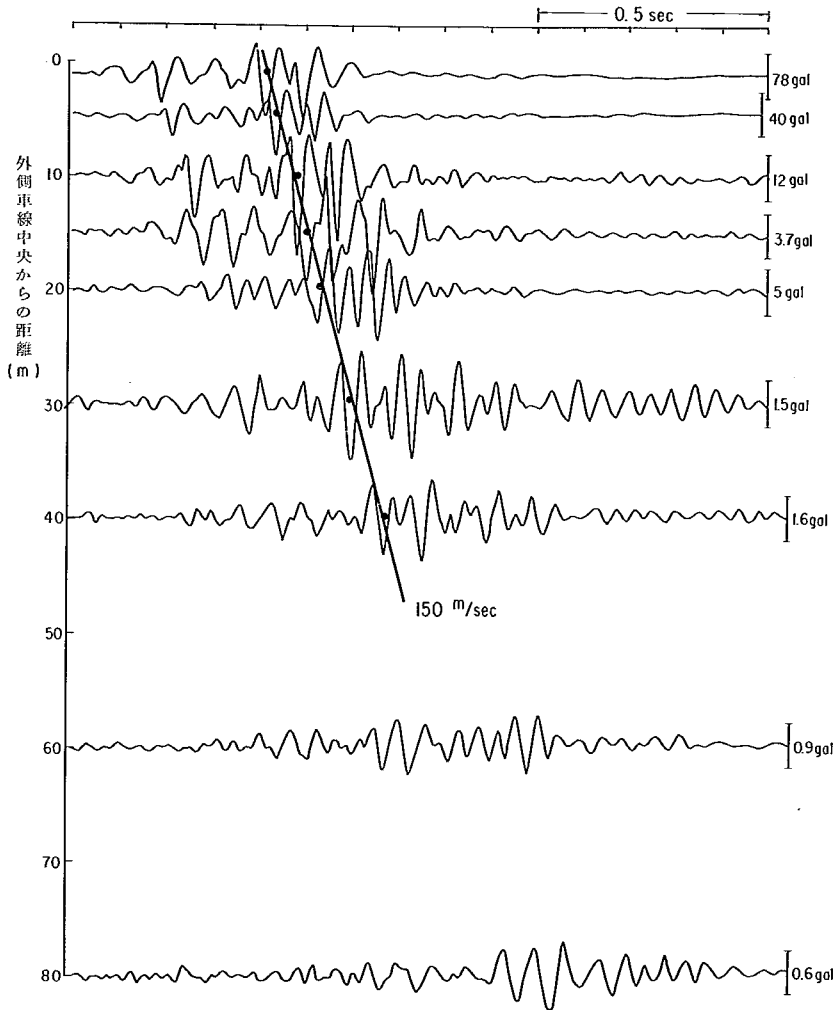


図4-1(c) 測定波形記録例

試験車種別： 小型車，载荷状態，走行速度： 60km/h

段差高： 18mm，Z成分

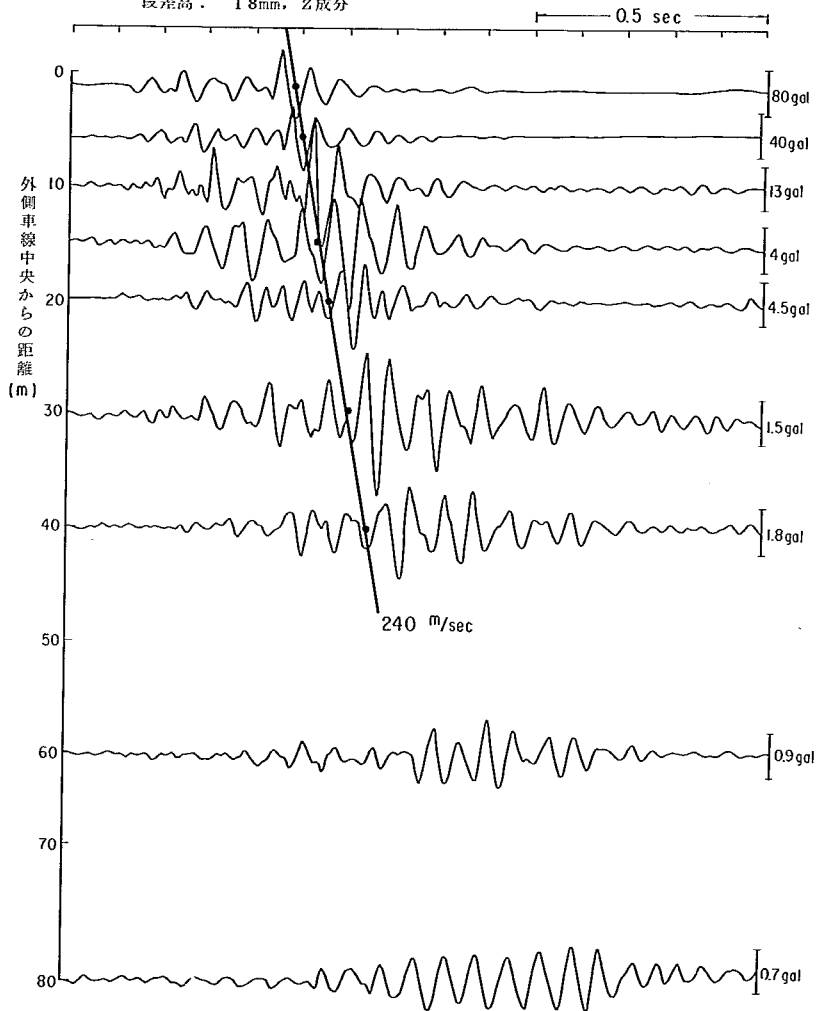


図4-1(a) 測定波形記録例

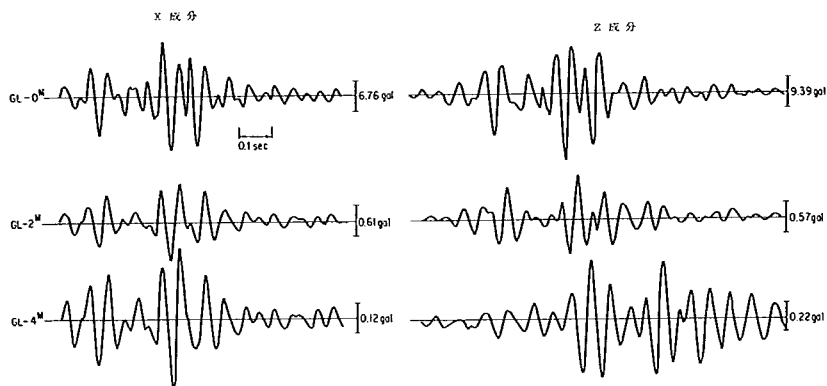


图 4-1 (e) 地中振動波形記錄
(大型車, 60 km/h, 段差 18 mm, 10 m 地点)

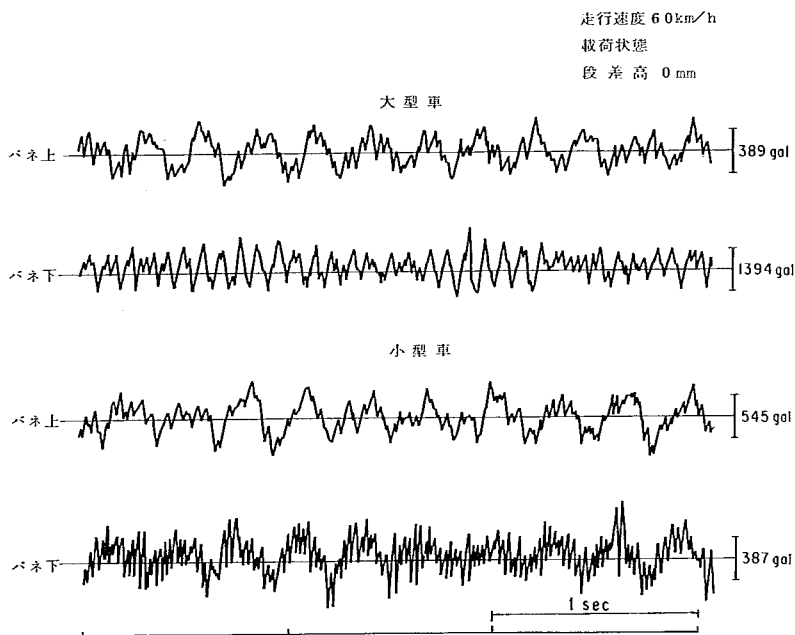


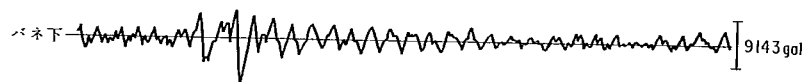
图 4-1 (f) 車体振動測定波形記錄

車体部 走行速度 60km/h

载荷状態

段差高 18 mm

大型車



小型車

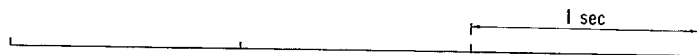
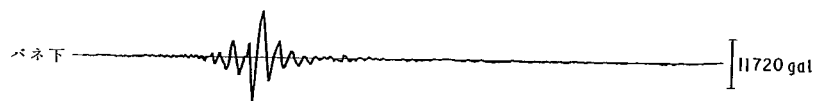
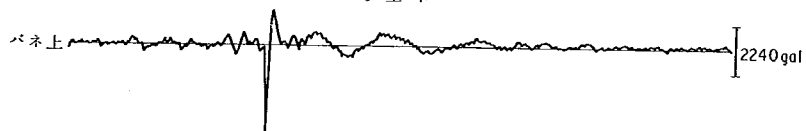


図4-1(c) 測定波形記録例

表 4 - 1 (a)

測定結果一覧表

試験内容：横荷状態走行試験

試験車種別

積載種別

測定成分

1 ……大型車

A ……空荷状態

x ……側偏方向水平動

2 ……小型車

B ……積荷状態

y ……側偏直角方向水平動

z ……上下動

段差高 (mm)	走行速度 (km/h)		試験車種別	積載種別	0 m Z			5 m Z			10 m X			10 m Y			10 m Z			15 m Z			21 m Z		
	予定	実測			加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)
0	60	63.8	1	B	5.897	29.0	62.0	2.380	29.0	47.7	1.494	29.0	44.5	1.179	29.0	40.8	2.253	29.0	47.1	0.751	25.8	38.2	1.013	29.0	40.1
0	60	61.5	1	B	5.897	23.2	62.7	3.174	23.2	47.8	1.597	29.0	44.5	0.737	23.2	42.8	1.912	29.0	47.2	0.601	29.0	37.9	1.013	29.0	40.2
0	60	64.2	1	B	7.863	19.3	62.4	3.404	25.8	49.8	2.396	25.8	47.0	1.376	19.3	42.5	2.321	29.0	47.6	0.746	25.8	38.3	0.929	29.0	41.0
0	60	66.3	2	B	5.594	5.8	60.1	2.164	14.5	44.0	1.331	29.0	40.8	0.737	29.0	37.0	1.434	29.0	42.6	0.488	29.0	33.1	0.591	29.0	36.2
0	60	67.3	2	B	5.594	28.7	60.0	2.164	21.1	43.6	1.131	29.0	41.0	0.835	29.0	38.2	1.229	29.0	42.0	0.514	19.3	32.8	0.612	29.0	35.0
0	60	65.6	2	B	6.215	5.8	60.5	2.669	19.3	43.2	1.331	29.0	40.7	0.688	29.0	36.8	1.365	19.3	42.2	0.514	19.3	32.9	0.633	29.0	36.1
0	40	40.4	1	B	8.080	4.1	64.4	1.875	14.5	43.6	1.098	14.5	40.9	0.786	19.3	38.0	1.365	29.0	43.0	0.566	19.3	34.3	0.591	25.8	34.7
0	40	40.4	1	B	6.215	23.2	64.1	1.443	38.7	43.8	0.998	29.0	40.5	0.688	19.3	37.4	1.092	19.3	41.5	0.514	19.3	34.0	0.549	29.0	33.0
0	40	43.6	1	B	8.080	4.5	63.5	1.443	14.5	40.1	0.266	38.7	37.2	0.404	29.0	33.5	0.950	23.2	40.2	0.566	14.5	31.8	0.380	23.2	31.0
0	40	50.0	2	B	6.526	4.5	63.6	1.010	19.3	39.7	0.547	23.2	35.9	0.528	16.6	33.2	0.842	23.2	39.7	0.411	19.3	31.4	0.338	19.3	30.2
0	40	44.2	2	B	7.458	5.8	63.9	1.154	19.3	39.7	0.694	29.0	35.3	0.497	38.7	32.9	1.036	23.2	40.8	0.360	23.2	31.7	0.295	19.3	30.5
0	40	42.6	2	B	8.080	4.5	63.8	1.443	23.2	39.2	0.505	23.2	35.1	0.466	19.3	33.0	1.231	16.6	40.2	0.463	19.3	31.8	0.422	23.2	31.1
0	20	17.8	1	B	7.070	1.6	62.5	0.866	20.7	37.2	0.507	25.2	35.9	0.346	26.4	32.0	0.509	23.2	33.9	0.154	26.4	26.5	0.274	29.0	26.2
0	20	18.8	1	B	6.455	4.0	64.9	0.866	22.3	39.0	0.540	24.2	37.8	0.503	16.6	33.6	0.647	16.6	36.4	0.154	19.3	26.1	0.300	23.2	27.6
0	20	18.5	1	B	8.607	2.0	64.9	1.298	29.0	40.4	1.119	29.0	39.0	0.299	29.0	33.5	0.841	32.2	40.2	0.206	23.2	26.5	0.386	29.0	29.7
0	20	21.6	2	B	7.992	2.1	65.7	0.721	23.2	33.7	0.371	29.0	30.7	0.241	29.0	27.8	0.379	29.0	30.2	0.206	29.0	23.9	0.171	29.0	22.3
0	20	21.1	2	B	8.914	2.0	66.8	1.298	26.4	42.9	0.380	29.0	33.7	0.204	29.0	29.4	0.302	29.0	30.2	0.129	23.2	23.3	0.171	23.2	22.4
0	20	21.3	2	B	8.607	2.1	68.1	1.154	29.0	41.2	0.401	32.2	30.5	0.236	29.0	28.2	0.323	29.0	29.9	0.154	29.0	23.9	0.129	29.0	22.3

※ 振動レベルは全て SLOW の値

表 4 - 1 (b)

測定結果一覧表

試験内容：積荷状態走行試験

試験車種別

1...大型車

2...小型車

積載種別

A...空荷状態

B...積荷状態

測定成分

x...測線方向水平動

y...測線直角方向水平動

z...上下動

段差 高 (mm)	走行速度 (km/h)		試験車種別	積載種別	30m Z			39m X			39m Y			39m Z			60m Z			80m Z		
	予	定	実	測	加速度 振幅 (g_{rms})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (g_{rms})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (g_{rms})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (g_{rms})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (g_{rms})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (g_{rms})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)
0	60	63.8	1	B	0.928	23.2	36.0	0.922	25.8	38.9	0.733	19.3	38.5	0.465	23.2	33.5	0.182	19.3	26.0	0.076	19.3	22.3
0	60	61.5	1	B	0.707	23.2	35.1	0.799	25.8	37.1	0.733	19.3	38.5	0.542	29.0	33.9	0.234	11.6	31.4	0.088	19.3	25.0
0	60	64.2	1	B	0.685	21.1	36.1	0.861	19.3	39.1	0.955	23.2	39.7	0.581	29.0	35.8	0.182	19.3	27.9	0.134	19.3	24.0
0	60	66.3	2	B	0.619	29.0	32.0	0.523	29.0	33.4	0.419	23.2	33.3	0.310	23.2	30.9	0.104	14.5	21.1	0.482	19.3	24.0
0	60	67.3	2	B	0.486	29.0	31.5	0.492	29.0	32.7	0.524	17.8	32.5	0.349	23.2	29.7	0.130	16.6	21.5	0.099	19.3	20.9
0	60	65.5	2	B	0.464	29.0	31.8	0.492	25.8	33.1	0.471	19.3	32.7	0.291	23.2	30.1	0.130	23.2	21.1	0.470	23.2	26.0
0	40	40.4	1	B	0.619	19.3	31.4	0.615	19.3	32.3	0.576	21.2	36.8	0.349	29.0	31.5	0.104	14.5	22.8	0.093	16.6	21.0
0	40	40.4	1	B	0.486	19.3	31.8	0.400	29.0	32.7	0.681	19.3	36.2	0.349	19.3	30.8	0.156	19.3	23.2	0.093	12.9	20.6
0	40	43.6	1	B	0.464	21.1	29.5	0.338	23.2	29.2	0.419	19.3	32.8	0.232	21.1	27.2	0.078	14.5	21.5	0.082	29.0	22.0
0	40	50.0	2	B	0.265	25.8	28.9	0.307	19.3	29.0	0.367	19.3	32.2	0.232	16.6	26.1	0.130	29.0	26.0	0.070	25.8	22.6
0	40	44.2	2	B	0.309	19.3	28.5	0.246	23.2	29.0	0.419	19.3	32.0	0.232	23.2	27.1	0.104	18.1	22.5	0.058	12.9	21.1
0	40	42.6	2	B	0.309	19.3	28.4	0.307	19.3	29.3	0.314	19.3	30.8	0.252	23.2	26.7	0.091	38.7	24.0	0.082	29.0	21.6
0	20	17.6	1	B	0.114	21.4	21.1	0.390	21.4	27.2	0.146	23.5	27.2	0.115	23.5	24.9	0.086	23.5	25.5	0.037	23.5	22.2
0	20	18.8	1	B	0.137	23.5	22.8	0.546	29.4	24.9	0.250	23.5	26.2	0.120	23.5	22.1	0.075	15.7	22.3	0.023	15.7	21.5
0	20	18.5	1	B	0.175	23.5	23.0	0.683	29.4	28.2	0.218	19.6	28.2	0.115	23.5	23.0	0.075	16.8	22.5	0.039	23.5	21.5
0	20	21.6	2	B	0.088	29.4	17.9	0.244	29.4	21.0	0.125	15.7	21.1	0.064	29.4	18.8	0.034	11.8	20.5	0.015	19.6	19.9
0	20	21.1	2	B	0.079	23.5	18.5	0.244	19.6	22.3	0.125	23.5	22.2	0.092	29.4	19.0	0.043	7.8	19.3	0.015	9.8	19.0
0	20	21.3	2	B	0.090	23.5	19.9	0.254	29.4	21.0	0.150	23.5	22.7	0.074	23.5	21.4	0.034	9.4	21.5	0.015	23.5	21.4

※ 振動レベルは全てSLOWの値

表 4 - 1 (c) 測定結果一覧表

試験内容：空荷状態走行試験

試験車種別

積載模別

測定成分

1...大型車

A...空荷状態

x...測機方向水平動

2...小型車

B...積荷状態

y...測機直角方向水平動

z...上下動

段 差 高 (mm)	走 行 速 度 (km/h)	試 験 車 種 別	積 載 模 別	α … 上下動																											
				0 m Z				5 m Z				10 m X				10 m Y				10 m Z				15 m Z				21 m Z			
				加 速 度 振 幅 (g _{rms})	周 波 数 (Hz)	振 動 レ ベル (dB)	振 動 レ ベル (dB)	加 速 度 振 幅 (g _{rms})	周 波 数 (Hz)	振 動 レ ベル (dB)	振 動 レ ベル (dB)	加 速 度 振 幅 (g _{rms})	周 波 数 (Hz)	振 動 レ ベル (dB)	振 動 レ ベル (dB)	加 速 度 振 幅 (g _{rms})	周 波 数 (Hz)	振 動 レ ベル (dB)	振 動 レ ベル (dB)	加 速 度 振 幅 (g _{rms})	周 波 数 (Hz)	振 動 レ ベル (dB)	振 動 レ ベル (dB)	加 速 度 振 幅 (g _{rms})	周 波 数 (Hz)	振 動 レ ベル (dB)	振 動 レ ベル (dB)				
0	60	62.2	1	A	6.351	29.0	57.2	24.09	27.6	48.2	16.11	32.2	44.8	11.86	24.2	43.7	25.64	23.2	48.1	0.885	25.2	39.8	0.898	29.0	41.2						
0	60	62.7	1	A	5.841	20.0	57.3	30.67	22.3	48.4	19.47	32.2	44.7	19.09	27.6	43.3	1.988	29.0	47.1	0.984	24.2	39.5	0.925	30.5	41.8						
0	60	59.8	1	A	6.908	19.3	57.5	26.47	25.3	48.1	15.44	34.1	44.0	15.07	27.6	42.6	3.379	27.6	50.6	1.312	25.2	41.2	—	—	—						
0	60	66.7	2	A	8.113	23.2	57.3	43.08	30.5	53.3	27.66	30.5	50.0	14.27	20.7	42.8	4.472	27.6	50.7	1.246	27.6	41.1	1.506	29.0	45.8						
0	60	66.7	2	A	6.537	30.5	54.4	41.55	24.2	49.1	18.80	32.2	46.1	13.57	29.0	41.8	29.22	25.2	46.5	1.008	30.5	39.3	1.089	29.0	43.0						
0	60	64.7	2	A	5.563	27.6	55.3	39.25	27.6	49.7	21.89	36.3	47.1	13.97	36.3	43.4	2.942	29.0	47.8	1.139	30.5	39.8	1.125	29.0	43.6						
0	40	38.4	1	A	3.410	20.0	56.2	20.99	26.4	47.0	0.942	26.4	41.5	0.476	23.2	39.8	1.950	22.3	45.2	1.028	23.2	37.8	0.816	23.2	40.0						
0	40	40.6	1	A	3.036	20.7	53.9	17.16	24.2	45.3	12.06	25.2	41.7	0.486	20.0	40.0	2.054	25.2	45.0	0.857	22.3	37.1	0.522	22.3	38.9						
0	40	41.8	1	A	2.953	27.6	53.8	20.08	26.4	46.3	11.10	25.2	41.9	0.799	20.7	41.3	2.396	27.6	46.0	1.414	23.2	39.1	0.881	20.7	41.1						
0	40	43.5	2	A	4.991	23.2	54.5	27.98	27.6	49.4	15.89	26.4	45.6	0.595	21.5	39.9	2.947	23.2	49.6	1.285	22.3	41.2	0.848	29.0	42.8						
0	40	44.0	2	A	7.985	25.2	57.2	36.51	23.2	50.0	20.14	24.2	46.2	0.971	23.2	40.0	2.871	20.7	48.8	0.934	20.0	39.6	0.761	21.5	42.5						
0	40	43.6	2	A	4.159	26.4	55.2	27.20	27.6	50.0	15.71	26.4	46.1	0.922	32.2	39.5	2.589	26.4	48.4	0.643	29.0	39.5	0.761	29.0	42.0						
0	20	17.8	1	A	1.209	1.1	48.8	0.416	16.7	36.2	0.501	35.7	32.0	0.293	41.7	30.0	0.404	35.7	34.0	0.144	16.7	27.3	0.233	25.0	29.8						
0	20	18.2	1	A	1.918	1.7	50.0	0.738	25.0	37.0	0.477	20.8	34.0	0.283	35.7	31.8	0.595	16.7	34.0	0.161	16.7	28.0	0.219	20.8	30.7						
0	20	17.6	1	A	1.692	1.1	47.0	0.519	25.0	34.2	0.501	27.8	31.9	0.320	41.7	31.0	0.452	27.8	35.2	0.171	20.8	29.0	0.183	20.8	30.0						
0	20	20.2	2	A	0.943	2.7	52.0	0.505	25.0	38.9	0.354	27.8	35.1	0.214	41.7	33.3	0.452	27.8	35.8	0.132	20.8	29.1	0.196	20.8	29.8						
0	20	21.5	2	A	1.410	16.7	48.5	0.495	25.0	36.0	0.330	31.3	32.7	0.275	31.8	30.4	0.417	16.7	35.0	0.155	16.7	28.8	0.198	20.8	30.0						
0	20	21.7	2	A	1.354	18.7	79.1	0.515	25.0	38.0	0.401	20.8	33.9	0.233	31.8	32.0	0.364	16.7	35.0	0.186	16.7	28.8	0.221	20.8	28.8						
18	60	59.0	1	A	82.37	19.0	79.1	32.24	27.1	66.0	17.29	32.6	61.1	7.353	26.5	55.8	18.99	26.5	62.1	4.798	20.7	56.0	5.913	27.8	55.1						
18	60	59.9	1	A	82.37	20.7	79.8	31.20	27.8	66.5	20.29	35.6	61.3	7.805	28.5	56.4	18.18	27.8	62.3	5.303	20.7	56.7	4.885	31.7	54.4						
18	60	73.8	1	A	82.37	20.7	79.0	35.78	28.5	66.7	18.79	45.6	61.9	8.710	28.5	56.5	21.30	28.5	62.8	4.596	32.6	57.1	6.427	27.8	55.5						
18	60	65.8	2	A	57.66	16.8	75.4	23.30	28.5	63.8	14.28	45.6	59.2	6.877	43.8	53.9	12.79	30.0	60.5	4.293	17.5	54.9	4.113	27.8	52.5						
18	60	66.7	2	A	76.88	17.5	76.0	28.08	28.5	64.2	21.04	45.6	59.5	7.692	40.7	54.0	16.56	32.6	60.8	42.93	16.8	56.8	4.628	27.1	53.2						
18	60	66.1	2	A	66.99	16.3	81.0	26.62	28.5	64.5	20.29	45.6	59.9	7.070	38.0	54.2	14.91	32.6	61.1	4.293	16.3	55.9	4.113	27.1	53.4						

※ 振動レベルは全てSLOW値

628

表 4 - 1 (d)

測定結果一覧表

試験内容：空荷状態走行試験

試験車種別

1・・・大型車

2・・・小型車

積載種別

A・・・空荷状態

B・・・積荷状態

測定成分

x・・・前後方向水平動

y・・・側傾方向水平動

z・・・上下動

測定高 (mm)	走行速度 (km/h)		試験車種別	積載種別	30m Z			39m X			39m Y			39m Z			60m Z			80m Z		
	予定	実測			加速度 振動 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)
0	60	62.2	1	A	0.595	24.2	37.1	0.638	22.3	38.5	0.795	23.2	38.8	0.447	24.2	33.8	0.173	12.9	31.0	0.051	19.4	29.5
0	60	62.7	1	A	0.648	23.2	38.5	0.859	23.2	39.0	0.837	23.0	39.0	0.505	26.4	32.4	0.257	20.0	29.8	0.058	20.0	33.6
0	60	59.8	1	A	0.678	27.6	39.0	0.789	29.0	37.1	0.770	20.7	39.5	0.426	21.5	34.0	0.191	20.0	27.2	0.081	15.7	32.2
0	60	66.7	2	A	0.990	32.2	40.9	1.010	29.0	39.8	1.247	26.4	41.5	0.721	29.0	34.8	0.270	26.4	27.8	0.077	25.2	31.9
0	60	66.7	2	A	0.658	32.2	37.4	0.644	26.4	36.8	0.594	27.6	37.8	0.527	26.4	33.5	0.182	16.3	25.6	0.084	19.3	29.2
0	60	66.7	2	A	0.702	32.2	37.9	0.758	26.4	36.8	0.929	22.3	39.0	0.491	32.2	33.8	0.155	16.6	25.1	0.091	26.4	33.6
0	40	38.4	1	A	0.429	20.0	36.8	0.636	24.2	37.8	0.765	23.2	40.2	0.426	26.4	31.3	0.135	14.5	25.4	0.031	13.5	27.9
0	40	40.6	1	A	0.425	27.6	35.1	0.515	26.4	34.4	0.832	20.0	40.5	0.356	20.7	32.0	0.139	15.3	26.5	0.080	27.6	27.0
0	40	41.8	1	A	0.558	27.6	37.5	0.718	23.2	35.6	0.998	14.9	43.0	0.475	27.6	33.9	0.213	12.9	28.3	0.057	14.1	28.5
0	40	43.5	2	A	0.737	27.6	40.1	0.934	26.4	39.7	0.915	20.0	42.0	0.279	27.6	32.1	0.222	14.9	25.2	0.055	18.1	26.0
0	40	44.0	2	A	0.566	27.6	39.8	0.826	27.6	40.6	0.624	29.0	39.2	0.384	26.3	32.8	0.209	14.5	26.4	0.044	19.3	23.0
0	40	43.6	2	A	0.425	23.2	38.4	0.769	26.4	39.2	0.699	27.6	40.2	0.314	29.0	32.6	0.152	15.3	25.2	0.046	19.3	27.5
0	20	17.8	1	A	0.134	17.9	27.3	0.212	16.7	26.8	0.206	17.9	29.7	0.107	16.7	24.8	0.073	16.7	22.0	0.034	11.4	23.0
0	20	18.2	1	A	0.130	16.7	30.1	0.190	25.0	29.0	0.198	16.7	31.0	0.112	17.9	26.1	0.065	12.5	22.7	0.054	19.2	18.0
0	20	17.6	1	A	0.126	19.2	29.1	0.163	25.0	26.5	0.198	17.9	29.5	0.067	20.8	25.5	0.060	20.8	23.5	0.037	20.8	21.9
0	20	20.2	2	A	0.179	19.2	28.2	0.190	25.0	29.3	0.190	17.9	32.5	0.114	20.8	23.8	0.039	14.7	20.7	0.025	20.8	18.9
0	20	21.5	2	A	0.162	16.7	28.6	0.190	16.7	27.0	0.119	17.9	28.8	0.092	31.8	23.2	0.050	25.0	22.0	0.033	7.1	20.8
0	20	21.7	2	A	0.160	20.8	27.5	0.222	16.7	28.3	0.140	20.8	30.2	0.114	22.7	23.8	0.034	16.7	23.0	0.034	14.7	16.1
18	60	59.0	1	A	1.934	26.5	47.1	2.981	16.8	52.0	4.109	21.9	52.5	1.309	28.5	43.8	0.759	23.8	43.0	0.455	18.7	33.4
18	60	59.9	1	A	2.079	25.3	46.2	3.578	19.0	52.7	4.158	20.7	54.0	1.360	32.6	43.0	1.000	19.7	44.2	0.444	17.5	33.5
18	60	73.8	1	A	1.934	19.0	49.9	3.429	28.5	52.3	4.835	28.5	54.3	1.400	38.0	45.2	0.759	22.8	42.2	0.631	20.7	35.4
18	60	65.8	2	A	1.837	22.8	46.2	2.385	13.2	51.3	3.626	21.9	54.3	1.209	25.3	43.0	0.828	19.0	41.0	0.434	15.2	36.5
18	60	66.7	2	A	1.934	23.8	46.2	2.534	17.5	51.4	4.109	22.8	54.5	1.450	28.5	45.0	0.883	16.8	41.0	0.454	16.3	37.3
18	60	66.1	2	A	1.885	23.8	47.0	2.564	16.3	51.5	4.109	22.8	54.2	1.460	30.0	44.7	0.862	17.5	41.8	0.530	14.3	38.0

※ 振動レベルは全て SLOW の値

表 4 - 1 (e)

測定結果一覧表

試験内容：積荷状態段差試験

試験車種別

積載種別

測定成分

1・・・大型車

A・・・空荷状態

x・・・測線方向水平動

2・・・小型車

B・・・積荷状態

y・・・測線直角方向水平動

z・・・上下動

段差 高 mm	走行速度 (km/h)		試験車種別	積載種別	0m Z			5m Z			10m X			10m Y			10m Z			15m Z			21m Z		
	予定	実測			加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($\text{g}\cdot\text{s}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)
18	60	61.7	1	B	75.41	16.1	78.4	32.20	32.1	66.3	73.57	45.0	53.1	72.72	26.8	54.8	19.64	24.5	62.4	51.43	23.4	55.0	51.18	22.5	54.0
18	60	63.5	1	B	67.87	17.3	78.4	32.20	20.5	66.2	73.57	45.0	52.6	71.10	29.6	54.7	20.42	20.5	62.2	55.01	20.5	55.3	49.69	20.5	53.4
18	60	62.6	1	B	71.64	16.1	77.1	33.99	25.0	66.8	79.34	45.0	53.1	76.76	26.8	55.1	21.71	23.4	62.9	12.52	51.1	56.2	80.50	32.1	53.9
18	60	64.5	2	B	68.81	20.5	74.1	29.69	26.8	64.9	63.47	35.1	51.8	71.10	29.6	53.2	20.74	24.5	61.5	58.14	20.8	56.1	54.66	22.5	52.1
18	60	64.3	2	B	75.41	20.5	73.2	30.41	25.6	65.2	62.75	35.1	51.9	54.94	32.1	53.7	18.54	25.0	61.7	54.56	22.5	56.4	49.69	23.4	52.2
18	60	64.7	2	B	65.99	22.5	73.6	31.13	25.0	65.3	61.31	37.5	51.9	63.02	28.1	53.8	18.07	26.2	62.1	66.19	20.5	56.8	52.17	22.5	52.5
36	60	61.5	1	B	115.0	17.3	81.4	43.65	20.5	70.3	85.11	28.1	55.8	12.12	26.2	58.4	24.84	18.8	66.8	90.50	16.8	59.9	62.84	22.5	56.7
36	60	61.9	1	B	158.0	16.1	81.5	40.07	22.5	70.9	88.00	32.1	56.0	12.36	22.4	59.3	25.84	19.4	67.2	84.84	17.3	60.9	62.84	22.5	57.3
36	60	61.4	1	B	125.2	16.1	82.1	39.35	20.5	70.9	80.78	33.1	56.0	12.36	26.2	59.1	20.87	18.8	67.2	91.91	18.1	60.9	72.27	18.8	57.1
36	60	63.9	2	B	125.2	18.8	77.9	45.08	26.8	69.4	101.7	37.5	54.9	8.888	27.4	57.9	31.30	22.5	65.9	84.84	20.5	58.6	75.41	22.5	55.1
36	60	63.4	2	B	104.3	18.8	72.0	44.72	26.8	68.9	10.46	37.5	55.0	9.292	20.5	57.6	27.33	22.5	65.5	84.84	20.5	58.3	72.27	22.5	55.2
36	60	63.3	2	B	120.7	20.1	77.9	47.22	25.6	69.4	10.82	37.5	55.1	8.484	29.6	57.9	34.29	22.5	65.9	98.98	20.5	58.4	81.70	20.5	53.1

※ 振動レベルは全て SLOW の値

表 4 - 1 (c)

測定結果一覧表

試験内容：積荷状態段差試験

試験車種別

積載種別

測定成分

1...大型車

A...空荷状態

x...測線方向水平動

2...小型車

B...積荷状態

y...測線直角方向水平動

z...上下動

段差高 (mm)	走行速度 (km/h)		試験車種別	積載種別	30 m Z			39 m X			39 m Y			39 m Z			60 m Z			80 m Z		
	予	定	実	調	加速度 振幅 ($g_{a\&}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($g_{a\&}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($g_{a\&}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($g_{a\&}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($g_{a\&}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 ($g_{a\&}$)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)
18	60	61.7	1	B	1.938	26.8	43.3	3.067	22.5	51.2	4.472	22.5	54.1	1.420	20.5	45.0	0.723	20.5	39.2	0.533	18.8	34.6
18	60	63.5	1	B	1.714	25.0	43.5	3.067	21.6	51.1	4.391	20.5	53.8	1.491	20.5	44.8	0.628	20.5	39.6	0.545	18.8	35.2
18	60	62.6	1	B	1.863	17.3	43.6	3.322	21.6	51.4	5.014	21.6	55.0	1.661	25.0	46.2	0.654	22.1	39.3	0.525	18.1	36.6
18	60	64.5	2	B	2.460	22.5	46.2	3.322	20.5	50.9	4.336	18.8	56.2	2.130	20.5	48.1	0.723	21.6	40.1	0.493	20.1	39.0
18	60	64.3	2	B	2.534	22.5	46.5	3.526	20.8	51.1	4.499	20.5	56.4	2.201	22.5	48.4	0.742	21.6	40.1	0.566	18.1	39.3
18	60	64.7	2	B	2.564	22.5	46.4	3.450	19.4	51.5	4.391	17.8	56.7	2.130	22.5	48.7	0.691	20.5	40.0	0.473	18.8	39.4
36	60	61.5	1	B	2.206	16.5	47.3	4.855	20.1	56.0	5.827	20.5	56.9	2.342	26.2	47.6	1.194	19.4	45.2	0.949	18.8	40.4
36	60	61.9	1	B	2.087	17.1	48.8	4.983	18.8	56.8	5.692	20.1	57.9	1.988	18.8	48.6	1.163	20.5	45.3	1.030	18.8	40.8
36	60	61.4	1	B	2.161	22.5	50.8	4.855	19.4	58.9	5.746	20.1	58.0	2.073	20.1	48.5	1.414	18.8	45.9	1.071	16.5	41.0
36	60	63.9	2	B	2.832	21.6	48.9	6.261	18.8	55.6	6.505	18.8	57.9	2.768	22.5	48.7	1.383	18.8	44.9	0.465	18.8	40.1
36	60	63.4	2	B	2.683	22.5	48.0	6.133	18.8	55.2	6.505	20.1	57.4	2.697	25.0	48.2	1.267	18.8	43.6	0.533	18.8	39.9
36	60	63.3	2	B	3.056	23.4	50.9	6.133	18.8	55.6	6.234	20.1	57.4	2.740	25.0	48.7	1.414	18.8	44.9	0.485	18.8	40.1

※ 振動レベルは全て SLOW の値

表 4 - 1 (c)

測定結果一覧表

試験内容: 振動分布, 座席部

試験車種別 1.....大 型 車 2.....小 型 車
 搭載種別 A.....内蔵状態 B.....積荷状態
 測定成分 x.....姿勢方向水平軸 y.....姿勢方向水平軸 z.....上下軸

段 差 高 mm	走行速度 (km/h)	試験車種別	積載種別	測定点A-1						測定点A-1						測定点A-1						測定点A-2						測定点A-2						測定点A-2					
				10 m x			10 m y			10 m z			20 m x			20 m y			20 m z			20 m x			20 m y			20 m z			20 m x			20 m y			20 m z		
				加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速 振幅 (g _{rms})	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)			
0	60	62.8 63.2 63.9 62.0 62.3	1	B	1.230	27.6	43.0	1.123	23.2	40.6	42.84	23.2	52.7	18.71	27.6	44.2	1.697	20.0	43.8	23.17	27.6	47.0																	
0	60	64.2 64.1 64.3	1	B	1.444	14.5	44.5	1.208	29.0	41.0	45.30	24.2	52.8	19.67	23.2	45.7	1.920	15.3	45.0	21.12	27.6	45.9																	
0	60	64.2 64.1 64.3	1	B	1.314	29.0	44.0	1.085	23.2	42.2	51.44	29.0	52.8	17.40	23.2	46.8	1.440	24.3	43.7	1.601	27.6	45.1																	
0	60	64.2 64.1 64.3	2	B	0.848	19.3	40.0	0.368	29.0	36.8	29.23	23.2	48.9	0.879	27.6	39.0	0.857	27.6	38.5	1.806	30.5	43.2																	
0	60	64.1 64.1 64.7	2	B	0.941	19.3	40.3	0.755	32.2	46.6	36.64	26.4	51.0	1.001	29.0	38.6	0.857	24.6	39.2	2.112	26.4	45.9																	
0	60	64.7 64.9 65.2	2	B	0.950	26.4	41.0	0.613	25.2	36.3	38.00	27.6	49.3	1.453	36.3	42.0	0.977	23.2	38.3	1.721	19.3	43.0																	
0	40	46.0 46.7 46.7	1	B	0.703	15.5	36.5	0.788	23.2	37.2	21.63	23.2	45.9	0.908	23.2	40.2	0.752	20.7	39.9	1.296	23.2	40.1																	
0	40	46.1 46.1 46.9	1	B	0.739	14.5	37.0	0.556	19.3	37.2	21.63	29.0	47.8	0.744	19.3	39.3	0.893	20.7	40.8	1.333	23.2	42.3																	
0	40	46.1 46.1 46.9	1	B	0.591	23.2	35.9	0.567	20.7	38.0	15.78	23.2	42.3	1.147	23.2	40.1	0.848	23.2	39.3	1.036	23.2	39.8																	
0	40	43.0 42.9 43.2	2	B	0.685	19.3	34.0	0.398	23.2	33.0	14.14	23.2	43.0	0.506	23.2	35.2	0.417	18.7	35.0	0.888	23.2	34.4																	
0	40	42.9 42.9 43.0	2	B	0.476	23.2	34.8	0.525	27.6	33.0	19.18	23.2	41.0	0.558	16.6	34.2	0.729	23.2	38.0	0.533	23.2	33.8																	
0	40	43.1 43.1 43.1	2	B	0.649	19.3	34.3	0.430	23.2	32.5	14.78	14.5	43.3	0.551	14.5	35.9	0.588	23.2	34.3	0.629	25.8	35.7																	
18	60	62.1 62.3 62.5 62.5 62.5	1	B	80.10	22.1	60.1	69.47	31.9	50.8	73.56	31.9	55.5	48.90	20.5	47.9	5.542	19.1	51.1	21.32	23.9	40.7																	
18	60	62.5 62.5 62.5	1	B	73.56	23.9	60.2	76.83	41.0	50.7	86.64	28.7	56.3	49.74	19.8	47.2	5.684	18.5	50.9	28.42	22.1	40.2																	
18	60	62.5 62.5 62.5	1	B	81.73	23.9	60.3	70.29	44.2	50.5	78.46	26.1	55.8	51.16	22.1	48.0	5.827	18.5	51.9	28.42	20.5	40.0																	
18	60	62.5 62.5 62.5	2	B	89.91	19.1	50.1	71.92	41.0	48.0	53.94	25.0	53.7	63.95	20.5	49.5	3.553	19.1	49.4	21.32	22.1	40.1																	
18	60	62.5 62.5 62.5	2	B	86.64	19.1	50.3	81.73	44.2	48.6	63.75	22.1	53.8	73.06	19.1	49.4	3.979	17.9	49.8	31.26	22.1	40.0																	
18	60	62.5 62.5 62.5	2	B	91.54	19.1	50.0	78.46	44.2	48.2	63.75	20.5	53.7	69.63	19.8	49.2	3.979	19.1	49.3	32.69	20.5	40.6																	
18	40	42.1 41.7 40.9	1	B	36.17	16.9	54.2	44.95	47.8	48.5	49.04	23.0	53.3	71.06	20.5	48.1	4.974	22.1	47.0	1.990	22.1	38.8																	
18	40	41.9 41.7 41.2	1	B	41.10	16.4	56.1	38.76	31.9	48.1	60.48	22.1	54.3	82.42	20.5	50.0	4.690	19.8	48.5	28.42	22.1	40.0																	
18	40	41.4 41.1 41.6	1	B	49.33	15.9	56.4	4.095	26.1	49.0	67.02	20.5	55.3	88.11	21.3	50.1	4.121	18.5	45.2	1.760	22.1	41.0																	
18	40	46.2 46.2 45.7	2	B	58.37	14.4	57.6	4.095	47.8	46.1	55.58	23.0	54.1	58.98	20.5	47.4	4.619	15.9	48.6	29.84	21.3	40.0																	
18	40	46.2 46.2 45.7	2	B	51.79	14.7	57.7	4.135	44.2	48.2	52.31	20.5	53.9	56.84	20.5	47.2	4.690	17.9	48.8	27.00	22.1	39.6																	
18	40	45.2 45.2 45.4	2	B	54.26	15.4	57.3	4.387	47.8	47.9	57.21	20.5	53.5	61.11	20.5	47.5	5.116	16.9	48.0	22.03	22.1	39.1																	

※ 振動レベルは全て SLOW の値

測定結果一覽表

試驗內容：振動分布，地表部

試驗車種別	積載種別	測定成分
1……大型車	A……空荷状態	x……偏航方向水平動
2……小型車	B……積荷状態	y……偏航直角方向水平動
		z……上下動

機 種 名	走 行 速 度 (m/h)	試 験 車 種 別	機 載 機 種 別	測定点A-3										測定点B-1																			
				40 m x					40 m y					40 m z					10 m x					10 m y					10 m z				
				周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加減速 率 (g/s)			
0	60	0.28 0.32 0.30	1	B	0.633	25.2	3.62	0.378	1.66	3.39	0.419	27.6	330	22.71	27.6	491	22.63	19.3	50.7	25.75	232	47.1											
0	60	0.28 0.26 0.32	1	B	0.854	24.2	3.95	0.559	20.7	35.8	0.357	22.3	324	34.31	20.7	456	20.24	26.4	51.3	28.10	27.6	47.5											
0	60	0.47 0.34 0.55	1	B	0.692	23.2	4.05	0.461	16.1	34.5	0.535	20.7	334	33.13	29.0	499	25.89	24.2	524	28.15	30.5	48.5											
0	60	0.57 0.61 0.64	2	B	0.388	27.6	3.02	0.315	20.7	28.9	0.410	27.6	31.0	26.03	32.2	46.8	13.42	24.2	45.2	30.44	38.7	48.9											
0	60	0.64 0.68 0.61	2	B	0.320	1.61	37.1	0.370	15.3	28.9	0.446	27.6	31.0	23.66	29.0	44.1	15.30	23.2	44.8	30.06	29.0	51.0											
0	60	0.59 0.55 0.65	2	B	0.390	1.76	32.0	0.252	22.3	29.5	0.298	26.4	28.3	1.751	27.6	44.9	14.12	26.4	45.9	24.58	38.7	47.0											
0	40	0.37 0.37 0.30	1	B	0.328	23.2	3.14	0.300	18.7	31.8	0.318	23.2	30.1	16.26	23.2	43.8	18.58	18.7	45.0	10.39	25.8	41.0											
0	40	0.40 0.31 0.39	1	B	0.243	23.2	3.11	0.307	19.3	31.0	0.229	19.3	29.0	14.64	23.2	33.9	20.57	18.7	46.8	11.31	29.0	41.1											
0	40	0.35 0.39 0.34	1	B	0.265	23.2	3.18	0.300	23.2	30.9	0.311	23.2	29.0	24.39	19.3	45.3	16.71	16.3	45.3	10.39	29.0	46.4											
0	40	0.37 0.32 0.40	2	B	0.177	1.66	28.7	0.221	26.4	29.1	0.191	23.2	25.0	16.26	23.2	43.5	17.42	19.3	44.2	11.77	29.0	41.3											
0	40	0.42 0.38 0.41	2	B	0.284	1.66	28.9	0.184	14.5	26.8	0.114	23.2	24.1	18.97	19.3	43.6	13.77	20.0	44.1	13.85	29.0	39.8											
0	40	0.34 0.34 0.31	2	B	0.237	19.3	28.8	0.225	13.2	27.3	0.207	23.2	25.8	15.45	17.8	42.5	13.77	19.3	42.9	0.993	29.0	39.3											
18	60	0.51 0.55 0.55	1	B	2.555	1.69	50.0	2.192	22.1	46.9	0.799	23.0	44.8	7.497	22.1	56.9	11.71	20.5	60.9	11.31	31.9	56.1											
18	60	0.59 0.55 0.50	1	B	2.683	17.9	50.0	2.427	20.5	47.0	1.789	20.5	44.8	7.103	23.9	56.5	9.734	22.1	60.8	11.71	31.9	56.6											
18	60	0.57 0.53 0.52	1	B	2.555	17.9	49.9	2.428	22.1	47.1	1.789	18.5	44.7	6.971	22.1	56.5	10.52	22.1	61.3	10.65	31.9	56.8											
18	60	0.75 0.70 0.70	2	D	2.396	19.8	47.0	3.002	20.5	49.3	1.374	20.5	42.8	9.602	22.1	56.9	15.63	20.5	62.5	9.602	31.9	56.3											
18	60	0.63 0.74 0.60	2	B	2.492	20.5	47.2	3.322	19.1	49.6	1.214	20.5	42.9	9.865	22.1	56.9	16.84	20.5	63.0	9.865	31.9	56.1											
18	60	0.70 0.70 0.67	2	D	2.300	19.1	47.0	3.067	19.8	49.4	1.469	22.1	42.8	9.865	23.9	56.2	16.44	19.8	62.9	10.26	31.9	56.6											
18	40	0.51 0.47 0.47	1	B	1.278	22.1	42.6	2.555	22.1	46.5	0.958	22.1	40.0	3.994	22.1	54.2	11.18	19.1	63.2	4.998	25.0	52.6											
18	40	0.47 0.47 0.47	1	B	1.342	16.4	43.6	2.555	20.5	46.2	1.022	22.1	40.3	45.87	28.5	53.9	10.52	19.1	63.0	5.919	26.1	53.0											
18	40	0.47 0.47 0.47	1	B	1.661	16.4	44.4	2.108	22.1	45.0	1.278	22.1	40.7	46.41	23.9	56.3	8.635	19.1	63.0	5.919	23.9	53.5											
18	40	0.47 0.47 0.47	2	B	2.364	18.4	47.6	3.130	19.1	48.5	1.022	25.0	41.0	6.801	22.1	58.9	14.47	19.8	66.2	7.892	27.3	55.1											
18	40	0.47 0.47 0.47	2	B	2.779	18.5	47.8	3.194	17.9	48.5	0.984	22.1	40.6	63.68	19.1	58.9	11.44	19.1	65.6	7.192	26.1	54.5											
18	40	0.52 0.50 0.58	2	B	2.555	19.1	47.6	3.194	17.9	48.9	1.310	22.1	41.3	69.08	20.5	58.9	12.09	19.1	66.0	6.577	23.9	54.9											

※ 振動レベルは全て SLOW の値

★ 振動レベルは全てSLOWの値

85-4

表 4 - 1 (i) 測定結果一覧表

試験内容：振動分布、地盤部

試験車種別 1.....大 型 車 2.....小 型 車
 積載種別 A.....空位状態 B.....積荷状態
 運動成分 x.....運動方向水平動 y.....運動方向垂直動 z.....上下動

段 差 高 度 (mm)	走行速度 (km/h)	試験車種別	積載種別	上下動																		
				測定点系B-2			測定点系B-2			測定点系B-2			測定点系B-3			測定点系B-3			測定点系B-3			
				20m x			20m y			20m x			40m x			40m y			40m x			
				加速度 値 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 値 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 値 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 値 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 値 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 値 (m/s^2)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	
0	60	62.8 63.2 63.0	1	B	1.391	29.0	49.2	29.1	20.7	32.3	1.869	26.4	44.5	0.589	1.87	37.2	1.164	20.0	42.0	1.023	1.81	41.9
0	60	62.8 62.6 62.9	1	B	1.928	27.6	50.0	29.1	19.3	32.8	1.783	26.4	43.9	0.595	1.93	38.0	1.142	20.0	42.1	1.113	1.66	43.0
0	60	63.2 64.7 63.2	1	B	1.809	29.0	49.5	3.379	1.81	52.4	1.820	32.2	43.1	0.536	1.45	38.0	1.173	1.45	44.8	0.969	1.66	41.2
0	60	63.3 65.7 65.7	2	B	1.193	32.0	46.7	1.980	1.93	45.9	1.512	32.2	43.1	0.359	1.49	32.9	0.718	1.81	36.0	0.560	1.45	37.6
0	60	65.1 66.4 65.7	2	B	0.994	30.5	46.2	2.354	2.32	46.3	1.291	32.2	42.4	0.536	2.16	37.4	0.653	1.93	35.9	0.542	1.81	37.4
0	60	65.8 65.9 65.5	2	B	1.212	29.0	46.4	1.988	1.45	46.4	1.353	29.0	41.5	0.471	2.00	32.2	0.598	2.00	37.2	0.602	1.66	37.4
0	40	66.0 68.7 68.7	1	B	1.519	23.2	42.9	1.735	1.87	16.2	0.813	23.8	39.4	0.536	1.93	34.8	0.591	1.93	37.1	0.585	2.58	36.1
0	40	66.6 68.1 68.5	1	B	1.293	19.3	43.1	1.629	1.53	45.0	0.959	29.0	40.2	0.468	1.83	35.0	0.527	1.93	38.2	0.585	2.32	37.3
0	40	68.5 68.9 68.5	1	B	1.374	23.2	42.7	1.723	1.66	45.4	0.699	23.2	39.0	0.488	23.2	34.0	0.597	1.87	37.5	0.558	2.32	36.2
0	40	68.9 68.9 68.9	2	B	0.921	23.2	39.6	1.131	1.41	42.1	0.683	29.0	36.1	0.319	1.93	31.2	0.500	1.66	34.2	0.491	1.93	32.8
0	40	68.9 68.9 68.9	2	B	0.970	29.0	39.8	1.157	1.87	41.8	0.593	33.1	35.1	0.280	23.2	32.0	0.419	1.14	33.9	0.420	2.32	33.2
0	40	69.0 69.0 69.0	2	B	0.929	23.2	40.0	1.157	1.87	41.8	0.536	29.0	35.1	0.358	29.0	34.5	0.435	1.45	33.5	0.321	1.93	31.8
18	60	69.1 69.5 69.5	1	B	1.293	35.9	54.8	1.131	2.21	58.8	9.373	38.3	52.2	25.50	1.91	49.1	30.83	22.1	52.3	3.616	1.79	56.0
18	60	69.9 69.5 69.5	1	B	1.309	31.9	54.6	10.83	23.0	59.0	1.018	31.9	52.2	27.78	20.5	49.2	28.54	17.4	52.0	3.521	1.79	56.0
18	60	69.7 69.5 69.5	1	B	1.390	35.9	55.2	9.858	26.1	59.2	91.30	30.2	52.0	23.22	19.1	49.0	29.69	17.4	53.1	3.692	1.74	56.1
18	60	69.7 69.5 69.5	2	B	1.180	28.7	55.3	19.23	1.91	57.4	7.434	26.1	52.2	39.20	20.5	50.9	42.63	10.1	54.7	3.844	1.74	53.5
18	60	69.7 69.5 69.5	2	B	1.294	31.9	55.2	10.50	1.91	58.1	7.272	23.9	52.2	41.10	22.1	51.0	45.29	18.5	55.2	3.616	1.85	53.6
18	60	69.7 69.5 69.5	2	B	1.357	31.9	55.2	10.67	1.91	57.7	7.595	23.9	52.8	40.72	21.3	50.5	41.87	19.1	55.0	3.610	1.79	53.1
18	40	70.1 70.1 70.1	1	B	3.269	26.1	51.3	7.272	22.1	56.2	50.10	28.7	48.2	19.81	20.5	47.0	25.12	18.5	51.2	1.827	1.79	49.5
18	40	70.2 70.2 70.2	1	B	4.087	26.1	51.3	7.272	22.1	55.9	63.02	22.1	46.9	20.28	19.8	48.3	24.74	20.5	51.0	2.093	1.91	50.2
18	40	70.2 70.2 70.2	1	B	6.048	31.9	51.6	62.12	22.1	55.0	60.60	27.3	49.5	29.42	20.5	49.1	1.844	22.1	49.3	2.360	1.81	50.0
18	40	70.2 70.2 70.2	2	B	6.866	26.1	52.7	62.92	17.4	57.1	7.757	28.7	51.8	29.22	19.1	49.7	4.110	1.69	53.1	3.654	1.79	52.6
18	40	70.2 70.2 70.2	2	B	6.212	26.1	52.5	60.48	17.9	56.9	60.60	28.7	51.2	27.46	19.1	49.7	3.621	1.64	53.0	3.425	1.79	51.8
18	40	70.2 70.2 70.2	2	B	7.029	26.1	52.5	7.356	18.5	57.2	61.41	27.3	51.2	29.42	19.1	50.1	3.413	1.69	53.3	3.559	1.79	52.5

※ 振動レベルは全て SLOW 値

表 4 - 1 (3)

測定結果一覧表

試験車種別
1.....大型車
2.....小型車

騒音種別
A.....定常状態
B.....保続状態

騒音成分
x.....道路方向の平均
y.....道路面内方向の平均
z.....上下動

試験内容：振動分布、地表部

段差高 (mm)		走行速度 (km/h)	試験車種別	騒音種別	測定点 C-1						測定点 C-1						測定点 C-1						測定点 C-1						測定点 C-1					
					10 m x			10 m y			10 m z			10 m x			10 m y			10 m z			10 m x			10 m y			10 m z					
					加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)	加速度 振 動 (g & E)	周波数 (Hz)	振 動 レベル (dB)			
0	60	828 832 838 823	1	B	2872	290	465	1594	264	432	3900	276	521	1710	290	440	1267	232	420	2581	290	501												
0	60	828 828 823	1	B	2294	290	465	1789	276	435	2808	290	506	1394	341	442	1416	290	427	2019	207	485												
0	60	828 828 823	1	B	2129	387	468	2042	242	446	3588	264	515	1592	193	462	1416	232	430	2479	207	483												
0	60	828 828 823	2	B	1446	322	425	0933	215	385	3172	290	491	1250	207	419	0656	322	382	2300	341	460												
0	60	828 828 823	2	B	1349	290	426	0875	193	383	2860	290	496	1328	290	418	0538	193	369	2070	290	458												
0	60	828 828 823	2	B	1272	305	425	0719	322	380	2080	290	474	1157	290	412	0656	387	376	1814	193	452												
0	40	828 828 823	1	B	1346	232	412	1004	200	410	1769	290	466	0965	290	412	0664	207	392	1397	232	442												
0	40	828 828 823	1	B	1278	232	411	0993	276	400	1902	232	460	1052	258	403	0646	252	372	1046	232	435												
0	40	828 828 823	1	B	1095	290	413	0947	280	400	1892	232	459	0943	232	403	0613	290	370	1281	232	430												
0	40	828 828 823	2	B	0966	232	377	0566	232	370	0987	211	404	0858	290	358	0521	193	348	0798	232	393												
0	40	828 828 823	2	B	0821	290	371	0583	290	374	0823	232	409	0421	232	346	0523	187	340	0853	232	397												
0	40	828 828 823	2	B	0621	290	377	0566	215	355	1363	290	420	0631	290	360	0326	193	327	0898	232	411												
18	60	828 828 823	1	B	1320	319	582	4006	359	520	1932	287	625	1133	239	600	6958	230	571	1571	221	630												
18	60	828 828 823	1	B	1355	287	588	5420	287	519	2311	261	628	1010	239	600	6958	205	570	1858	221	632												
18	60	828 828 823	1	B	1414	287	586	4949	137	528	1863	261	624	1145	239	601	6958	205	575	1651	221	625												
18	60	828 828 823	2	B	1744	319	589	6599	205	517	1956	261	638	1571	239	602	8417	191	566	1863	221	622												
18	60	828 828 823	2	B	1473	261	587	7306	198	520	1863	221	637	1571	221	601	7856	221	570	1720	221	624												
18	60	828 828 823	2	B	1862	319	585	6127	319	518	2311	205	645	1560	230	600	8753	198	575	1720	221	628												
18	40	828 828 823	1	B	6010	221	560	4006	221	500	1267	174	596	9427	338	571	4371	179	550	1170	221	592												
18	40	828 828 823	1	B	8013	287	558	3727	191	495	1342	198	610	1010	319	581	4740	191	545	1101	239	601												
18	40	828 828 823	1	B	9427	362	569	2161	179	486	1342	221	619	1032	230	590	4887	189	533	1238	221	609												
18	40	828 828 823	2	B	1756	261	580	4242	221	502	1863	179	639	1055	221	582	4345	191	566	1376	221	614												
18	40	828 828 823	2	B	1037	261	579	2534	205	494	1640	221	632	9051	261	582	4374	179	550	1376	221	610												
18	40	828 828 823	2	B	1013	261	579	2686	191	499	1342	205	625	1167	213	584	4890	198	555	1238	213	612												

☆ 振動レベルは全てSLOWの値

表 4 - 1 (k) 測定結果一覧表

試験車種別 搭載機器別
1.....大 型 車 A.....内装状態 x.....道路勾配
2.....小 型 車 B.....外装状態 y.....道路勾配(方向別)平均値
z.....上下動

試験内容：振動分布、地表部

設 置 高 度 (mm)	走行速度 (km/h)	試 験 取 得 機 別	積 載 機 別	測定点C-2 20 m x						測定点C-2 20 m y						測定点C-2 20 m z						測定点C-3 40 m x						測定点C-3 40 m y						測定点C-3 40 m z						
				加速度 振 動 (g・L)			周波数 (Hz)			振 動 レベル (dB)			加速度 振 動 (g・L)			周波数 (Hz)			振 動 レベル (dB)			加速度 振 動 (g・L)			周波数 (Hz)			振 動 レベル (dB)			加速度 振 動 (g・L)			周波数 (Hz)			振 動 レベル (dB)			
				予 定	実 測																																			
0	60	0.28 0.37 0.28 0.28 0.22	1	B	1.124	264	429	1.447	252	417	1.527	276	432	1.236	290	401	0.803	193	388	0.519	232	332																		
0	60	0.28 0.28 0.22	1	B	1.054	276	443	1.225	267	408	1.188	276	409	0.984	232	392	0.730	290	389	0.354	264	330																		
0	60	0.32 0.47 0.41 0.31	1	B	1.020	276	425	1.336	264	422	1.068	322	418	0.830	290	495	1.049	215	389	0.504	290	332																		
0	60	0.53 0.57 0.51	2	B	1.720	290	390	0.544	290	375	0.962	276	388	0.523	290	338	0.392	232	323	0.264	276	303																		
0	60	0.61 0.64 0.67	2	B	0.577	153	37.6	0.744	290	373	1.075	264	396	0.553	153	328	0.529	193	339	0.476	232	315																		
0	60	0.58 0.55 0.52	2	B	0.566	145	35.4	0.668	276	364	0.848	264	381	0.375	305	328	0.319	264	315	0.338	290	294																		
0	40	0.60 0.67 0.67	1	B	0.868	211	394	0.683	260	385	0.797	260	362	0.550	166	360	0.721	232	362	0.234	232	291																		
0	40	0.61 0.61 0.59	1	B	0.504	193	35.5	0.683	193	391	0.581	260	373	0.418	280	327	0.610	232	359	0.374	232	301																		
0	40	0.89 0.89 0.84	1	B	0.775	232	402	0.837	193	392	0.621	232	351	0.446	232	350	0.638	200	360	0.262	290	293																		
0	40	0.89 0.89 0.84	2	B	0.581	232	37.0	0.483	200	339	0.324	290	313	0.280	232	331	0.333	193	323	0.184	290	261																		
0	40	0.89 0.89 0.84	2	B	0.542	232	34.9	0.442	193	337	0.340	290	324	0.234	232	295	0.388	207	328	0.187	232	253																		
0	40	0.89 0.89 0.84	2	B	0.643	232	36.5	0.448	193	340	0.385	290	318	0.293	232	301	0.410	193	331	0.210	290	268																		
18	60	0.21 0.53 0.65	1	B	7.490	261	590	5.809	221	566	5.197	287	538	3.354	221	510	5.739	239	530	1.491	261	433																		
18	60	0.21 0.55 0.50	1	B	6.879	239	587	5.045	211	564	4.692	250	527	3.279	205	510	4.037	230	532	1.789	230	426																		
18	60	0.21 0.55 0.52	1	B	7.338	261	589	5.350	191	576	5.197	230	531	2.832	179	509	5.292	221	529	1.640	261	415																		
18	60	0.21 0.53 0.70	2	B	8.102	221	605	7.185	198	570	5.056	221	526	3.727	221	517	5.963	191	557	2.167	287	462																		
18	60	0.21 0.54 0.62	2	B	8.102	221	607	7.490	230	583	5.503	221	524	4.994	205	519	6.559	191	562	2.161	261	456																		
18	60	0.21 0.58 0.60	2	B	8.408	221	602	7.185	205	580	5.062	221	529	4.845	221	516	6.186	191	558	2.236	230	458																		
18	40	0.21 0.17 0.09	1	B	3928	185	560	5.656	221	556	3974	261	500	1.863	205	485	4.845	221	538	1.379	319	408																		
18	40	0.17 0.17 0.17	1	B	6127	191	580	5.656	191	551	4.739	261	505	2.385	198	499	4.696	191	536	1.416	191	423																		
18	40	0.17 0.17 0.17	1	B	6442	221	586	5.028	185	532	4.892	230	509	3.056	221	502	3.578	213	520	1.640	213	430																		
18	40	0.22 0.42 0.51	2	B	7.541	285	595	6.497	164	542	5.197	261	514	3.727	198	511	4.472	179	540	1.491	169	446																		
18	40	0.24 0.48 0.49	2	B	7.541	185	595	6.127	179	557	4.739	230	508	3.652	191	510	4.099	185	536	1.416	221	438																		
18	40	0.22 0.50 0.52	2	B	8.327	205	595	6.284	185	560	5.045	230	510	3.950	185	509	4.323	191	540	1.416	179	434																		

※ 振動レベルは全てSLOWの値

表 4 - 1 (2) 測定結果一覧表

試験車種別
1 ……大型車
2 ……小型車

積載種別
A ……空荷状態
B ……積荷状態

測定成分
x ……測線方向水平動
y ……測線直角方向水平動
z ……上下動

試験内容：振動分布、地中節

段差高 (mm)	走行速度 (km/h)	試験車種別	積載種別	測定点NoD-1						測定点NoD-1						測定点NoD-1						測定点NoD-2						測定点NoD-2						測定点NoD-2						測定点NoD-3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				10m x			10m y			10m z			10m x			10m y			10m z			10m x			10m y			10m z			21m x			21m y			21m z																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
				加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)	加速度 振動 (g ・ dB)	周波数 (Hz)	振動レベル (dB)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
0	60	63.2	1	D	1.231	23.4	42.4	0.897	23.4	39.4	1.635	29.3	45.4	0.598	23.4	36.4	0.379	23.4	33.0	0.549	23.4	34.5	0.421	29.0	35.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			</

※ 振動レベルは全てSLOWの値

表 4 - 1 (m) 測定結果一覽表

試驗內容：振動分布、地中壓

試驗車種別

1. . . 大型車

2. . . 小型車

積載種類

A . . . 空荷状態

B... 積荷状製

測定成分

 α . . . 型線方向水平軸 y ……測線直角方向水平動

2...上下動

段差 高 (mm)	走行速度 (km/h)	試験車種別	積載 種別	測定点A-D-4				測定点A-D-5				測定点A-D-5				測定点A-D-5				測定点A-D-6				測定点A-D-6			
				20m x		39m x		39m y		39m x		39m x		39m y		39m x		39m y		39m x		39m y					
				加速度 振動レ ベル (g値)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (dB)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (dB)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (g値)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (dB)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (g値)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (dB)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (g値)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (dB)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (g値)	周波数 (Hz)	加速度 振動レ ベル (dB)	周波数 (Hz)		
0	60	63.2	1 B	0.227	20.0	30.0	0.3 43	23.4	22.0	0.2 45	21.3	19.7	0.2 76	23.4	18.6	0.1 02	16.7	15.9	0.1 29	23.4	14.6	0.1 15	23.4	14.2			
0	60	64.7	1 B	0.260	20.0	30.4	0.2 95	23.4	20.7	0.2 01	26.0	19.4	0.2 80	23.4	19.2	0.1 25	19.5	15.3	0.1 16	24.4	14.3	0.2 19	14.6	14.5			
0	60	63.4	1 B	0.282	22.3	30.2	0.2 91	29.3	21.1	0.2 03	29.3	19.5	0.3 28	26.0	19.5	0.1 07	13.0	15.9	0.1 41	13.0	14.6	0.1 16	23.4	13.8			
0	60	65.8	2 B	0.184	19.3	26.4	0.2 22	23.4	17.7	0.5 53	19.5	15.6	0.1 63	29.3	12.5	0.0 65	29.3	11.3	0.0 58	29.3	9.7	0.0 76	23.4	10.1			
0	60	65.5	2 B	0.158	30.5	24.2	0.1 25	14.6	14.9	0.1 70	16.7	14.4	0.1 37	29.3	13.8	0.0 83	16.7	10.4	0.0 58	11.7	9.5	0.0 84	19.5	9.5			
0	60	65.2	2 B	0.198	19.3	25.2	0.1 41	23.4	13.9	0.1 25	14.6	13.7	0.1 37	11.7	13.1	0.0 67	23.4	9.5	0.0 75	23.4	8.5	0.0 89	16.7	9.0			
0	40	39.5	1 B	0.151	23.2	25.8	0.1 21	23.4	17.5	0.1 92	16.7	15.4	0.1 27	14.6	14.8	0.0 72	19.5	11.0	0.0 80	19.5	11.9	0.0 74	10.6	12.2			
0	40	38.9	1 B	0.100	23.2	25.3	0.1 98	23.4	18.0	0.1 27	21.3	14.0	0.1 95	23.4	15.8	0.0 63	14.6	11.6	0.0 68	23.4	12.0	0.0 95	23.4	11.4			
0	40	39.4	1 B	0.147	29.0	26.6	0.1 78	19.5	17.5	0.0 92	14.6	14.3	0.2 11	23.4	15.8	0.0 50	23.4	11.7	0.0 91	23.4	11.1	0.0 86	19.5	11.5			
0	40	44.1	2 B	0.091	23.2	23.2	0.1 74	21.3	13.8	0.0 87	23.4	12.5	0.0 96	23.4	11.6	0.0 37	16.7	8.5	0.0 53	19.5	8.1	0.0 60	19.5	11.3			
0	40	43.4	2 B	0.079	23.2	20.9	0.1 45	21.3	17.2	0.0 66	19.5	11.4	0.1 14	19.5	11.6	0.0 42	16.7	9.5	0.0 52	23.4	8.5	0.0 65	16.7	9.3			
0	40	44.1	2 B	0.157	23.2	23.2	0.1 29	19.5	13.0	0.0 87	23.4	11.7	0.1 01	23.4	14.2	0.0 42	11.7	9.5	0.0 56	14.6	7.8	0.0 69	16.7	9.2			
18	60	65.7	1 B	1.754	18.5	43.2	0.9 46	15.9	42.4	0.9 43	18.5	44.8	0.9 56	27.8	38.4	0.4 48	13.9	38.0	0.5 22	15.9	36.3	0.3 33	18.5	34.4			
18	60	65.5	1 B	1.579	20.2	43.3	0.8 92	20.2	41.8	0.9 14	20.2	44.8	0.9 57	20.2	38.5	0.4 60	17.8	37.9	0.5 38	17.1	34.2	0.3 30	20.2	34.6			
18	60	66.2	2 B	2.526	17.1	42.5	1.5 41	17.1	47.2	1.2 86	17.1	46.0	1.5 36	18.5	41.2	0.5 71	16.5	39.9	0.8 02	17.1	38.0	0.4 80	17.1	37.0			
18	60	67.6	2 B	2.632	16.5	42.4	1.757	15.9	47.5	1.2 00	13.9	44.3	1.4 49	20.2	41.2	0.5 64	17.1	39.9	0.7 91	16.5	38.0	0.5 00	16.5	37.0			
18	60	68.0	2 B	2.386	18.5	42.4	1.730	17.1	47.0	1.3 43	18.5	45.9	1.5 36	20.2	41.0	0.4 91	17.1	39.6	0.8 35	18.5	37.8	0.4 53	18.5	36.8			
18	40	41.8	1 B	1.754	17.1	40.3	1.432	20.2	45.5	0.8 00	13.9	43.8	1.4 49	20.2	39.8	0.4 23	17.8	38.4	0.6 48	18.5	36.0	0.3 33	17.1	36.3			
18	40	41.1	1 B	1.579	22.3	43.5	1.243	17.1	44.0	0.757	24.7	40.5	1.3 62	19.3	39.3	0.3 16	20.2	37.0	0.5 22	17.1	35.0	0.3 90	22.3	35.0			
18	40	41.6	1 B	1.930	14.8	43.2	1.419	19.3	45.0	0.857	20.2	41.4	1.594	22.3	41.1	0.4 11	13.9	38.0	0.6 04	17.1	35.5	0.3 67	14.8	36.0			
18	40	45.2	2 B	1.754	15.9	42.4	1.568	18.5	47.0	1.057	18.5	42.4	1.2 17	18.5	39.0	0.4 17	15.9	38.9	0.6 81	18.5	36.5	0.3 33	15.9	35.2			
18	40	45.0	2 B	1.719	15.9	42.4	1.378	15.9	46.6	1.1 43	15.8	43.0	1.0 87	17.1	38.8	0.4 48	17.1	39.0	0.6 70	18.5	36.5	0.3 27	15.9	34.9			
18	40	45.8	2 B	1.684	14.8	41.2	1.486	18.5	47.0	1.0 86	20.2	44.9	1.1 59	18.5	39.0	0.4 85	17.1	39.2	0.6 15	18.5	36.7	0.3 20	14.8	35.0			

※ 振動レベルは全て S L O W の値

表 4 - 1 (n) 車体振動測定結果一覧表

試験内容：積荷状態 段差 0 mm

段 差 高 (mm)	走行速度 (km/h)		試 験 車 種 別	積 載 種 別	測 定 点			測 定 点		
					パ ネ 上			パ ネ 下		
	予 定	実 測			加速度 振幅 (<i>gal</i>)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (<i>gal</i>)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)
0	60	63.8	大型車	積 荷	334.3	5.8	97.6	140.8	17.8	111.3
0	60	61.5	"	"	349.8	5.8	96.5	156.1	9.3	111.0
0	60	64.2	"	"	349.8	9.7	96.8	206.3	11.6	111.4
0	60	66.3	小型車	"	599.8	4.8	110.0	484.3	23.2	107.1
0	60	67.3	"	"	436.2	3.8	107.2	654.7	25.8	106.9
0	60	65.5	"	"	436.2	6.6	108.3	464.9	23.2	104.9
0	40	40.4	大型車	"	552.0	3.9	102.0	133.8	9.7	111.1
0	40	40.4	"	"	450.9	4.1	103.5	110.1	10.1	111.3
0	40	43.6	"	"	533.3	3.3	102.1	771.4	3.4	113.0
0	40	50.0	小型車	"	605.2	3.3	106.1	387.4	15.5	106.3
0	40	44.2	"	"	599.8	4.0	106.8	387.4	23.2	108.3
0	40	42.6	"	"	599.8	3.7	106.8	542.4	23.2	105.7
0	20	17.6	大型車	"	191.9	3.7	99.6	221.3	5.4	103.1
0	20	18.8	"	"	230.2	3.7	99.1	173.6	6.0	103.1
0	20	18.5	"	"	216.9	4.0	99.4	253.2	5.2	104.1
0	20	21.6	小型車	"	436.2	3.3	107.6	484.3	4.0	103.9
0	20	21.1	"	"	490.7	5.5	108.8	387.4	3.8	105.3
0	20	21.3	"	"	490.7	3.4	106.3	309.9	2.9	102.6

※ 振動レベルは全て S L O W の値

80

表 4 - 1 (c) 車体振動測定結果一覧表

試験内容：積荷状態 段差 18, 36 mm

段 差 高 (mm)	走 行 速 度 (km／h)		試 験 車 種 別	積 載 種 別	測 定 点			測 定 点		
	予 定	実 測			バ ネ 上			バ ネ 下		
					加速度 振幅 (<i>gal</i>)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (<i>gal</i>)	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)
18	60	61.7	大型車	積 荷	181.6	3.7	103	9143	12.2	116.9
18	60	63.5	"	"	165.3	3.3	102.6	9143	12.9	119.1
18	60	62.6	"	"	198.0	3.6	102.8	11250	11.0	121.1
18	60	64.5	小型車	"	414.6	23.5	112.8	11720	15.5	122.1
18	60	64.3	"	"	385.4	23.5	110.2	11720	12.9	122.0
18	60	64.7	"	"	336.1	23.5	110.9	10670	15.5	122.1
36	60	61.5	大型車	"	236.7	3.1	106.3	21120	10.5	120.2
36	60	61.9	"	"	200.0	2.6	106.6	19930	8.9	120.2
36	60	61.4	"	"	228.6	3.4	106.5	19290	10.5	121.1
36	60	63.9	小型車	"	560.2	23.2	117.1	18640	11.6	130.1
36	60	63.4	"	"	649.9	23.2	116.1	19810	11.6	129.4
36	60	63.3	"	"	638.7	23.2	117.5	17470	7.5	130.1

※ 振動レベルは全て SLOW の値

表 4 - 1(p) 車体振動測定結果一覧表

試験内容：空荷走行試験

段 差 高 (mm)	走 行 速 度 (km / h)		試 験 車 種 別	積 載 種 別	測 定 点			測 定 点		
	予 定	実 測			パ ネ 上			パ ネ 下		
					加速度 振幅 (g_{a1})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)	加速度 振幅 (g_{a1})	周波数 (Hz)	振動レ ベル (dB)
0	60	62.2	大型車	空 荷	559.6	7.3	97.3	1058	11.6	119.6
0	60	62.7	"	"	648.0	7.3	100.1	1746	11.6	120.6
0	60	59.8	"	"	618.5	7.7	98.9	1482	7.7	120.2
0	60	66.7	小型車	"	507.3	7.3	110.3	2154	11.6	111.1
0	60	66.7	"	"	656.5	7.3	111.7	1230	19.3	111.2
0	60	66.7	"	"	567.0	4.6	109.1	1745	12.2	111.6
0	40	38.4	大型車	"	542.0	7.7	95.9	1376	11.6	118.9
0	40	40.6	"	"	677.5	6.1	97.4	1164	11.6	119.2
0	40	41.8	"	"	618.5	6.6	96.9	1217	15.5	120.0
0	40	43.5	小型車	"	736.0	3.9	108.1	1663	15.5	110.6
0	40	44.0	"	"	830.5	5.5	110.6	1265	11.6	112.1
0	40	43.6	"	"	741.0	4.7	111.0	6440	23.2	111.4
0	20	17.8	大型車	"	542.0	4.6	112.3	793.6	7.7	120.7
0	20	18.2	"	"	471.3	4.6	105.5	582.0	9.3	119.6
0	20	17.6	"	"	353.5	5.8	111.1	137.6	8.3	122.2
0	20	20.2	小型車	"	383.9	9.3	105.0	526.0	4.6	110.6
0	20	21.5	"	"	349.7	11.6	105.9	516.2	4.6	110.2
0	20	21.7	"	"	426.4	11.6	106.0	649.4	4.6	111.6
18	60	59.0	大型車	"	2437	3.9	112.1	7662	11.6	126.2
18	60	59.9	"	"	2573	3.9	113.8	7534	11.0	132.2
18	60	73.8	"	"	2708	4.6	112.2	8619	10.5	131.0
18	60	65.8	小型車	"	2595	7.7	123.7	9347	11.6	121.6
18	60	66.7	"	"	2058	7.7	124.1	9469	11.6	121.8
18	60	66.1	"	"	2552	9.3	123.6	8980	11.6	122.1

※ 振動レベルは全てSLOWの値

802

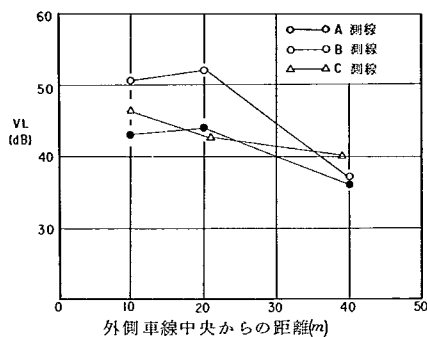


図 4 - 2(a)各測線の VL (大型車、積載、
走行速度 60 km/h、X 成分)

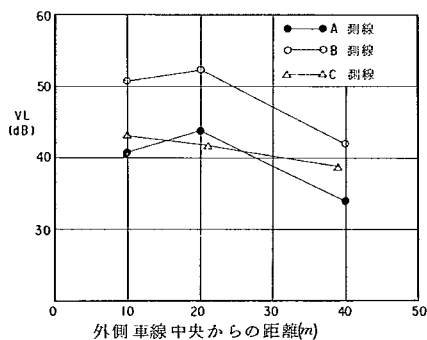


図 4 - 2(b)各測線の VL (大型車、積載、
走行速度 60 km/h、Y 成分)

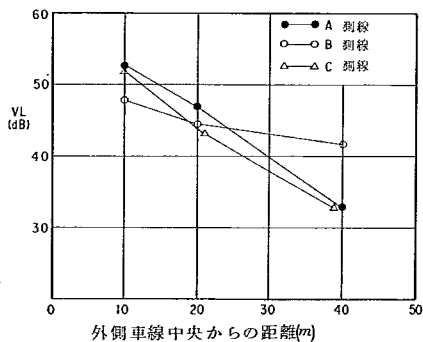


図 4 - 2(c)各測線の VL (大型車、積載、
走行速度 60 km/h、Z 成分)

863

4. 2 波 動 の 種 類

一般的に道路交通振動においては実体波よりも表面波が卓越するとされている。その理由は波動が伝播する場合に伝播距離の増大とともに振動振幅は減少するが、その減少の割合が実体波の方が表面波よりもかなり大きいためである。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾表面波の中でも主要な波動はRayleigh波と呼ばれる波である。半無限弾性体の表面に加えられた点振源より発生するRayleigh波の波の先端 (wave front) は図4-3に示すように円筒形を保ちながら四方に広がって行く。

Rayleigh波の振動振幅は図4-4に示すように表面で大きく、地中では急激に小さくなる。また粒子の運動は波の進行方向を含む鉛直面内で図4-5のような反時計方向の楕円運動となり、一様な半無限弾性体で $\lambda = \mu$ (λ, μ : Laméの定数) の場合には表面の上下振動振幅は水平振動振幅の1.47倍となる。なお層構造を有する弾性体を伝播するRayleigh波では必ずしも表面の上下振動が水平振動より大きいとは限らないことが知られている。⁽⁴⁾

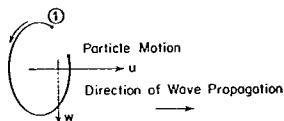


図4-5 Rayleigh波の理論的運動軌跡 (H. Lamb)

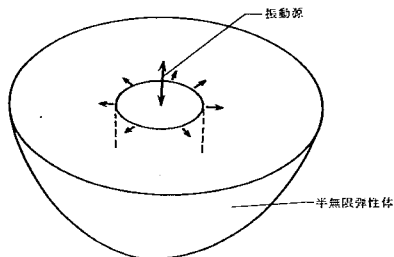


図4-3 半無限弾性体を伝播するRayleigh波のwave front

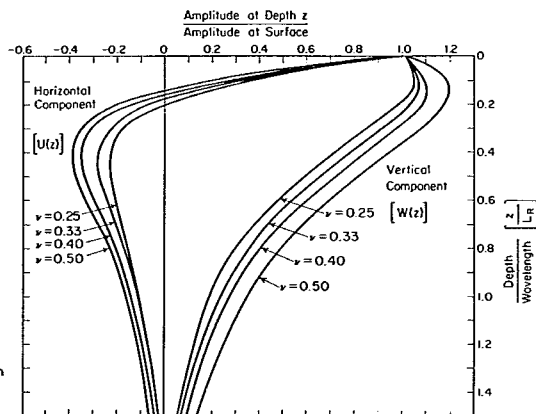


図4-4 Rayleigh波の理論的地中分布 (F. E. Richart, Jr.)

図4-6に今回の実験で得られた地盤振動加速度の最大値の地中分布を示す。いずれの場合においても地表の加速度が大きく、地中に入ると急激に減少している。深さ2mの地点の加速度は地表に比べて20~50%になっており、深さ4mの地点では地表に比べて1.0~3.0%に減少している。従って明らかにこの波動は表面波であると言える。

664

図4-7は均一な半無限弾性体を伝播するRayleigh波の地中分布（Z成分）と実測値を比較したものであるが、実測値の方が地中での加速度の減少率が大きくなっている。この原因としては実際の地盤は層構造を有しているために、地中分布は必ずしも均一な半無限弾性体における理論値と一致しないということが考えられる。

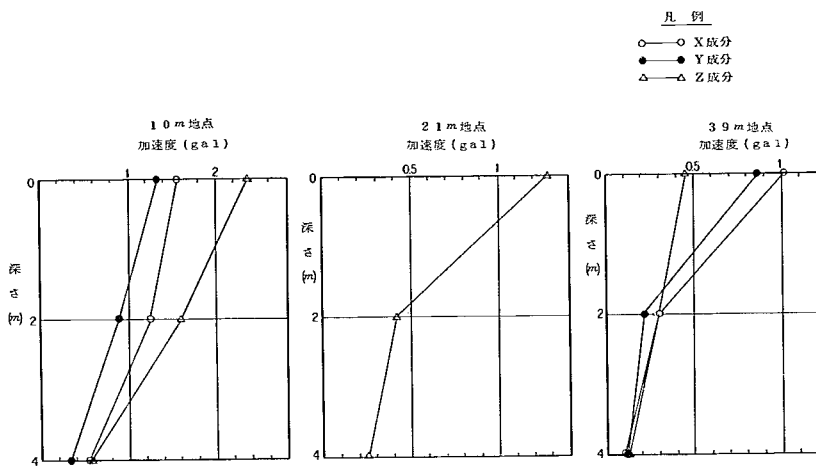


図4-6(a)地中加速度分布

(大型車、60km/h、段差0mm、3回走行の平均値)

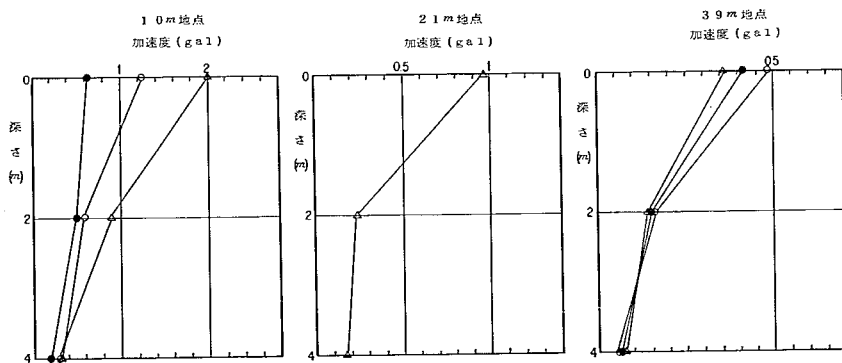


図4-6(b) 地中加速度分布

(小型車、60km/h、段差0mm、3回走行の平均値)

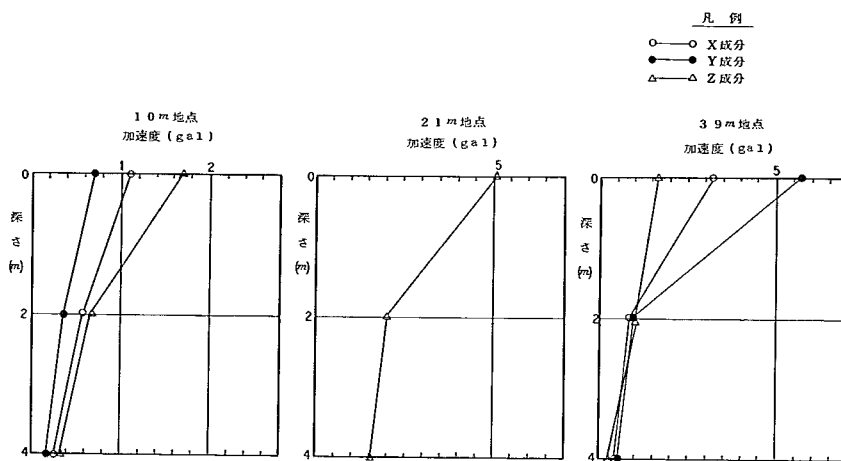


図4-6(c) 地中加速度分布

(大型車、60km/h、段差18mm、3回走行の平均値)

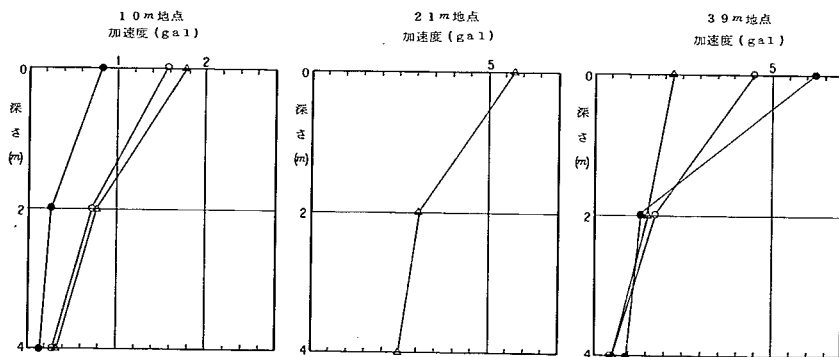


図4-6(d) 地中加速度分布

(小型車、60km/h、段差18mm、3回走行の平均値)

306

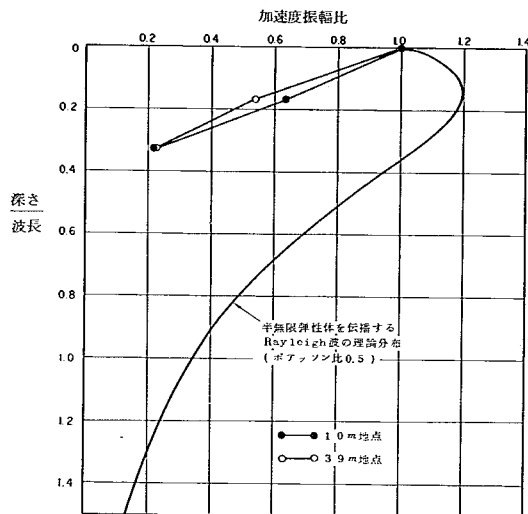


図 4-7(a)理論的な Rayleigh 波の地中分布と実測値の比較
(大型車、60km/h、段差 0mm、Z 成分)

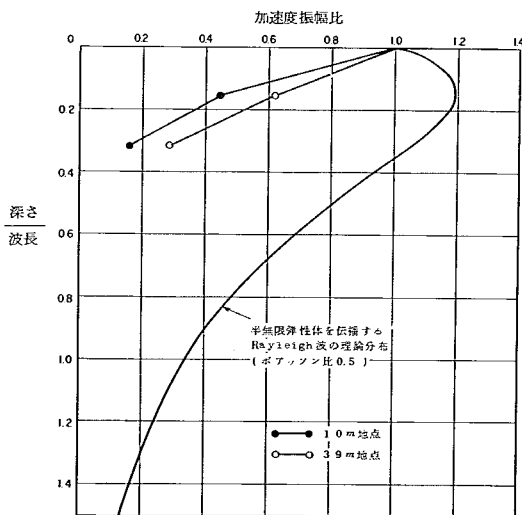


図 4-7(b)理論的な Rayleigh 波の地中分布と
実測値の比較 (小型車、60km/h、段差 0mm、Z 成分)

層構造を有する地盤を伝播する Rayleigh 波の速度は振動数によって変化する。これを分散性と呼ぶが、図 4-8 は今回の現場地盤を 4 層のモデルに置き換えて計算した Rayleigh 波の

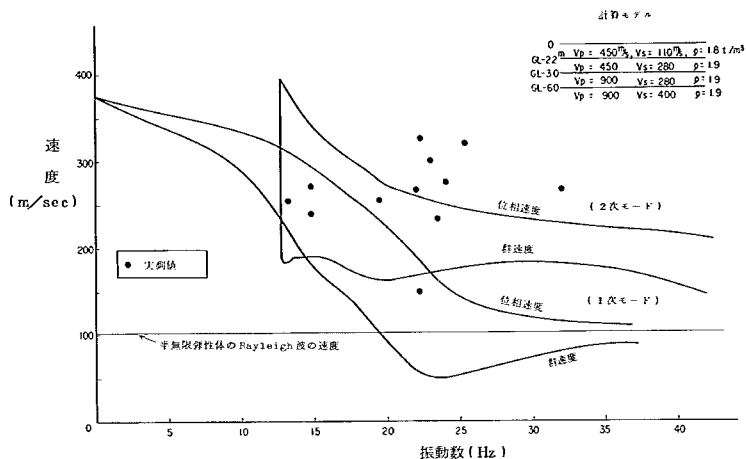


図 4-8 Rayleigh 波の分散曲線

分散曲線である。⁽⁵⁾ 図 4-8 には実測値がプロットされているが、これは波形記録より求めた伝播速度および後に述べる地盤振動のフーリエスペクトル (5 m 地点) の最大ピークを示す振動数を用いて描いたものである。図 4-8 によると低振動数では 1 次モードの Rayleigh 波、高振動数では 2 次モードの Rayleigh 波の位相速度に近い速度で伝播していることがわかる。

なお図 4-8 中の群速度が最小になる振動数が最も起りやすいことがわかっており、今の場合は 1 次モードの Rayleigh 波では 23 ~ 24 Hz、2 次モードでは 19 ~ 20 Hz となるが、これらの値がこの地盤の固有振動数と考えられる。

図 4-9 は 0.01 秒毎の地中振動加速度を表わしており、X 成分については 1 次のモードで振動していることがわかる。

図 4-10 に地表および地中における運動軌跡を示す。地表の 10 m 地点では Z 成分が最も大きく、XZ 面内で、水平と約 45° 傾いた方向に直線運動している。地表の 39 m 地点では XZ 面内で Rayleigh 波的な反時計回りの楕円運動が見られるが、加速度は X、Y、Z 成分のいずれも同程度の値となっている。これは先にも述べたように層構造の影響であろうと思われる。また地中においても XZ 面内において比較的きれいな楕円運動が見られ、運動方向は地表と同様に反時計回りとなっている。

以上述べてきたことより、実測振動はその地中分布、伝播速度、運動軌跡等の点から Rayleigh 波が主成分をなしているものと考えられる。

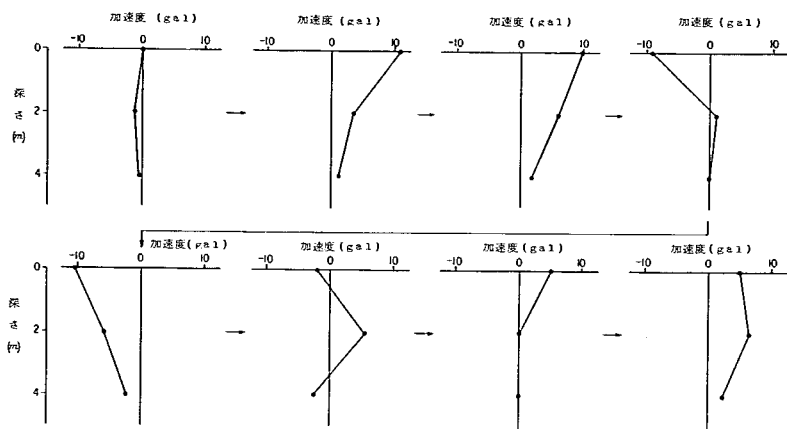


図4-9(a) 地中振動モード

(大型車、6.0km/h、段差18mm、1.0m地点

X成分、時間間隔0.01秒)

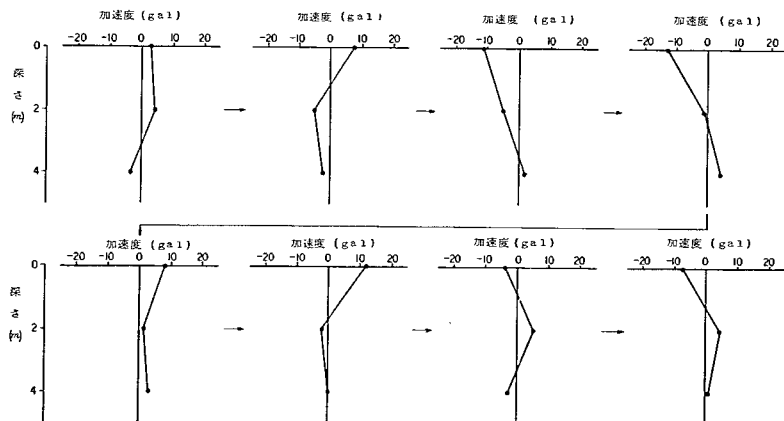


図4-9(b) 地中振動モード

(大型車、6.0km/h、段差18mm、1.0m地点Z成分、時間間隔0.01秒)

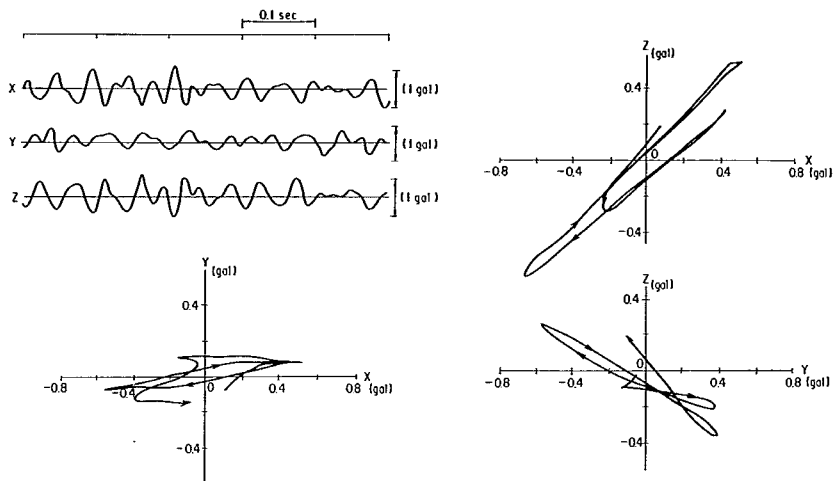


図4-10(a) 運動軌跡 (10m地点 大型車, 走行速度: 60km/h)

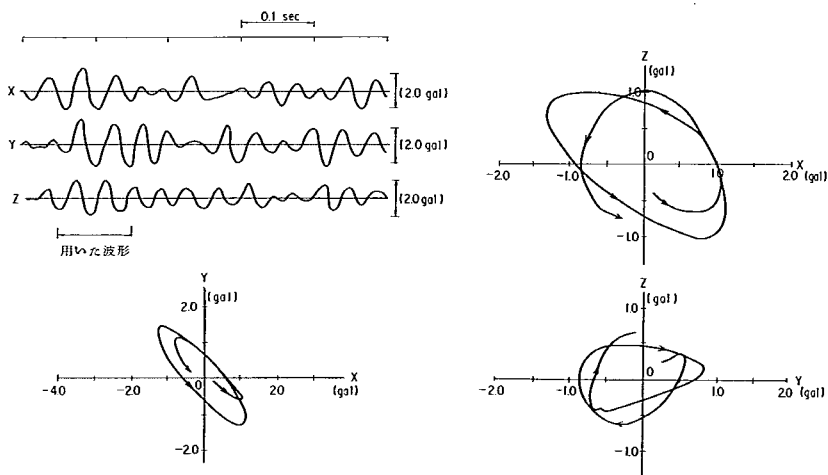


図4-10(b) 運動軌跡 (39m地点 大型車, 走行速度: 60km/h)

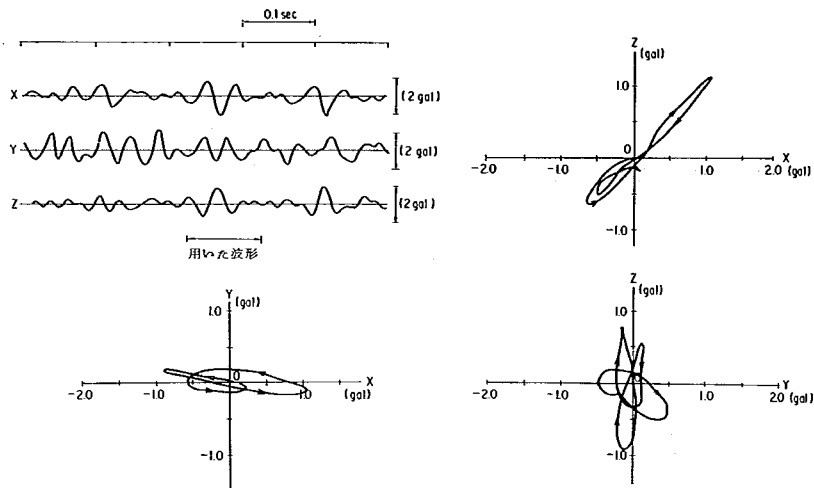


図 4 - 1 0(c) 運動軌跡 (10m地点 小型車, 走行速度: 60km/h)

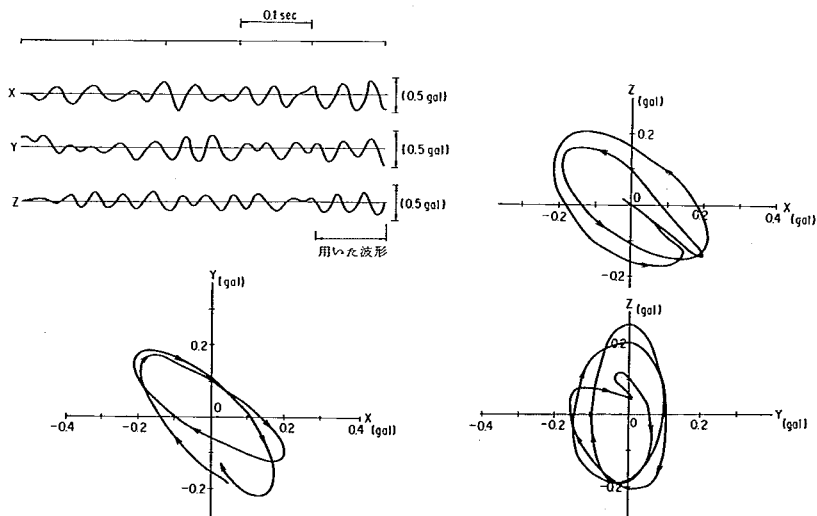


図 4 - 1 0(d) 運動軌跡 (39m地点 小型車, 走行速度: 60km/h)

871

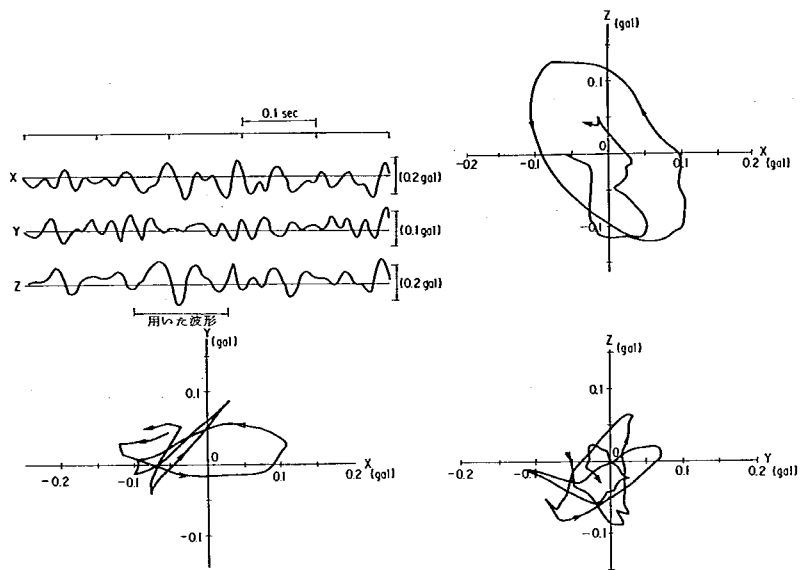


図 4-10(e) 運動軌跡 (D-2地点 小型車, 走行速度: 60 km/h)

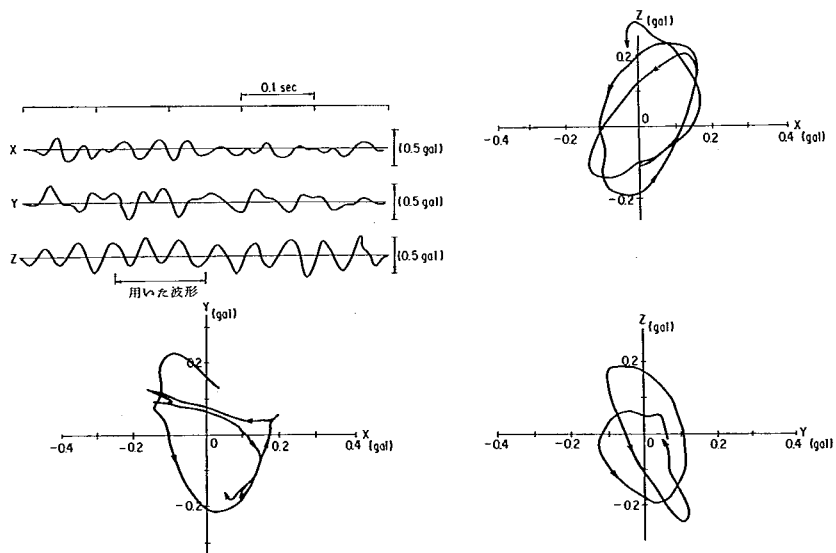


図 4-10(f) 運動軌跡 (D-6地点 小型車, 走行速度: 60 km/h)

4.3 地盤振動の振動数

図4-11に地盤振動および試験車の車体振動のフーリエスペクトルの絶対値が示されている。また表4-2に各測定点の卓越振動数(フーリエスペクトルの最も大きいピークを示す振動数^(注))の一覧表を図4-12にその頻度分布を示す。地盤振動のフーリエスペクトルの形を見ると、どのケースにおいても1~3個の大きいピークを持っているが、その他にも多数の小さいピークが現われている。表4-2によると地盤振動の卓越振動数は20 Hz前後のものが多く、最小は10 Hz、最大は33 Hzとなっている。また振源からの距離によって卓越振動数はあまり変化していない。

次に試験車の車体振動の振動数と地盤振動の振動数の関係について考察を加える。荷重としての車体振動は直接路面に接しているバネ下の振動が重要であるので以下では主にバネ下の振動を取り上げる。大型車(積載時)の走行速度40、60 km/hの時のバネ下の卓越振動数はほぼ10 Hz付近にあるが、地盤振動の卓越振動数は20~25 Hzとなっている。前節で述べたように調査地点の地盤の固有振動数は1次モードが23~24 Hz、2次モードが19~20 Hzであるので、地盤は車体振動の卓越振動数ではなく、自己の固有振動数で振動しているものと考えられる。もちろん、起振機を振源とした場合のように荷重が1つの振動数成分しか持たない正弦波振動であるならば、地盤もやはりその振動数で強制加振される。しかし自動車走行による荷重は単一正弦波とホワイトノイズ(全振動数成分を均等に含む振動)との中間的なものであるために、地盤の固有振動数付近の成分だけが選択されて大きくなるものと考えられる。

大型車(積載)の走行速度が20 km/hの場合のバネ下振動では70 Hzのところにピークが見られる。これは低速運転のためのギアの影響で発生したのではないかと思われるが、道路交通振動ではこのような高周波領域でしかもレベルの低い振動は人体、家屋にほとんど影響がないと見られる。

次に小型車(積載)のバネ下の振動は大型車に比べるとランダムな振動になっている。地盤振動の方は大型車走行の時とあまり変わらず、20~25 Hz付近にピークを持つ振動となっている。

積載の場合と空荷の場合を比較してみると、大型車では空荷の場合のバネ下振動数が積載の場合に比べて若干低くなっている。地盤振動の振動数は走行速度が40 km/hの時はほとんど変わらず、20、60 km/hの時には空荷の方が若干低くなっている。小型車では空荷の場合のバネ下振動が偶然にも地盤の固有振動数と思われる20 Hzのところにピークを持っているため、地盤も20 Hz付近にピークを持つ振動となっている。

段差走行については段差18 mmの大型車走行の場合、車体および地盤振動の振動数は段差のない場合に比べてほとんど変化がない。小型車の場合には空荷の場合のバネ下振動の振動数が10 Hzに下っており、地盤振動の振動数も段差のない時よりも若干低くなり、15 Hz付近にピークが見られる。36 mmの段差走行の場合の地盤振動の振動数は大型車、小型車共に段差のない場

(注) 75 Hz付近に最も大きいピークが存在するものもあるが、道路交通振動を評価する場合に

は人体感覚フィルターをかけるので、このような高周波数の振動は問題にならない。それで表4-2では取り除いてある。

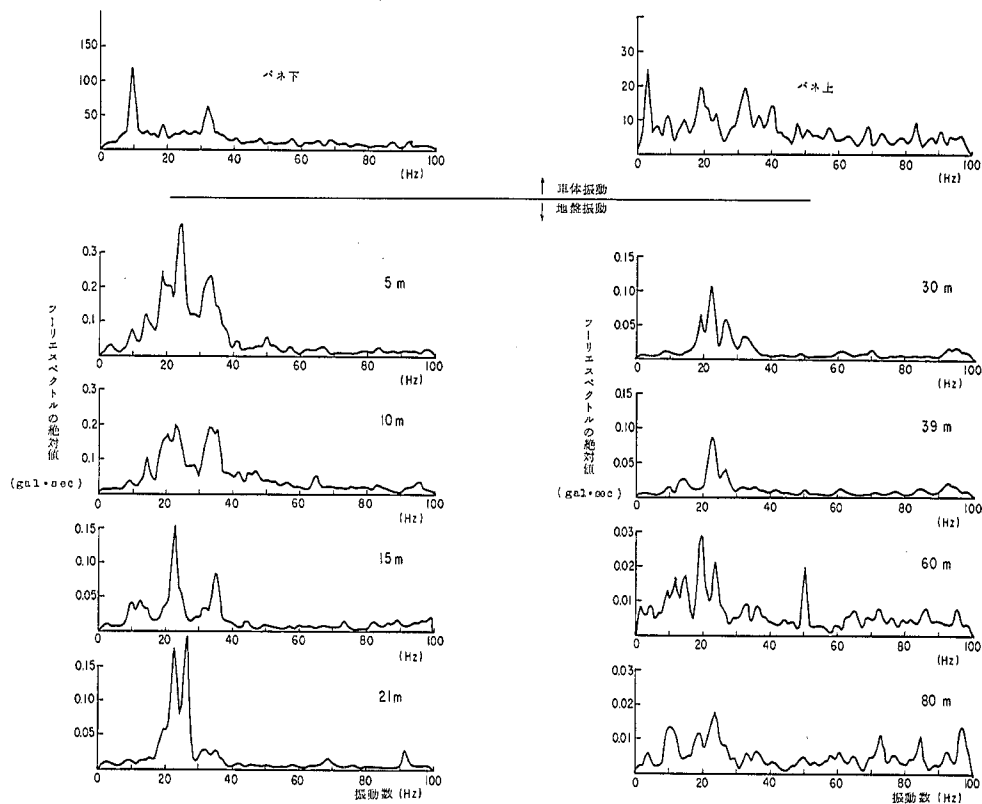


図 4-11(a) フーリスベクトル (大型車、積載、60 km/h、段差 0 mm)

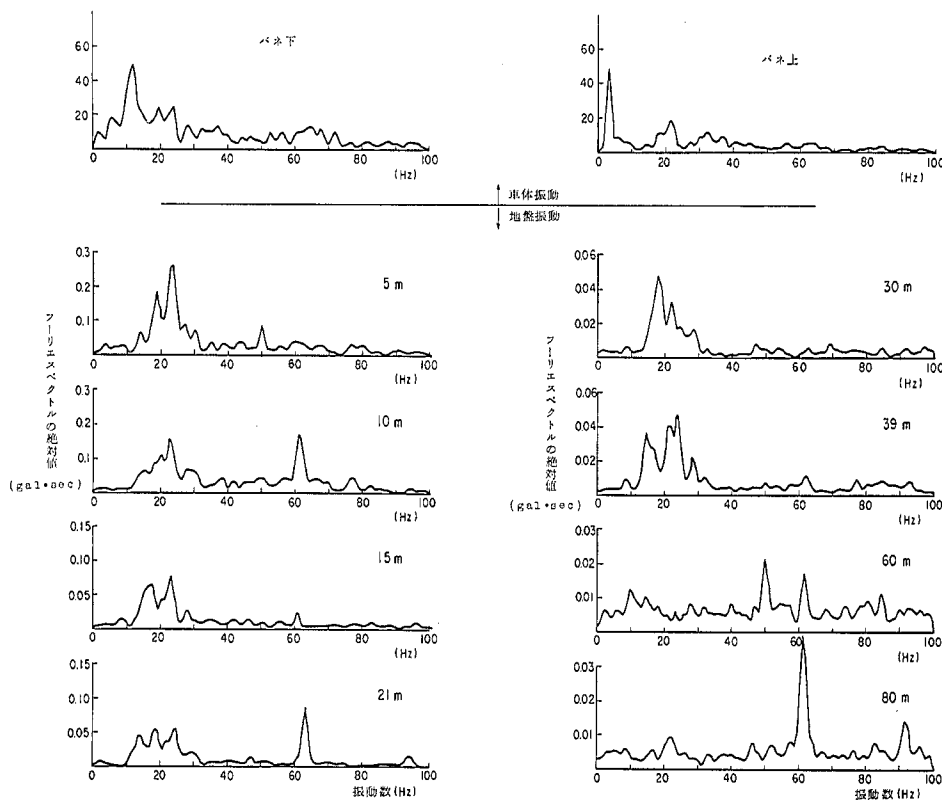


図 4-1 1(b) フーリエスペクトル (大型車、積載、40km/h、段差 0mm)

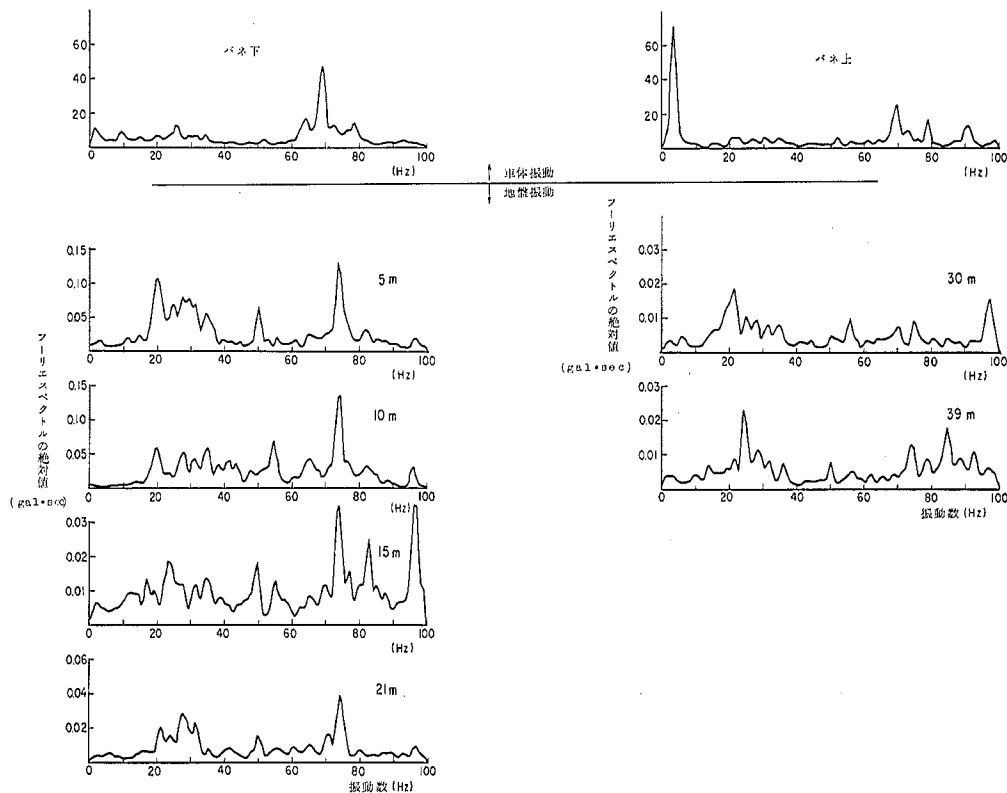


図 4-11(c) フーリエスペクトル (大型車、積載、20km/h、段差0mm)

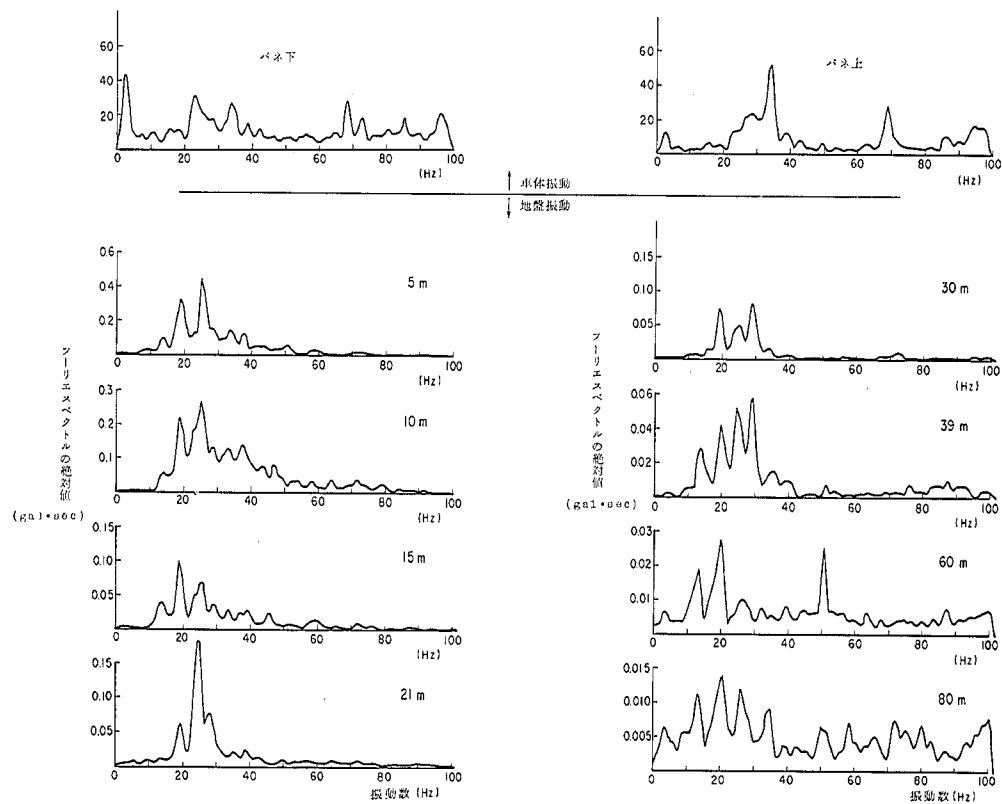


図 4-1 1(d) フーリエスペクトル (小型車、積載、60km/h、段差 0mm)

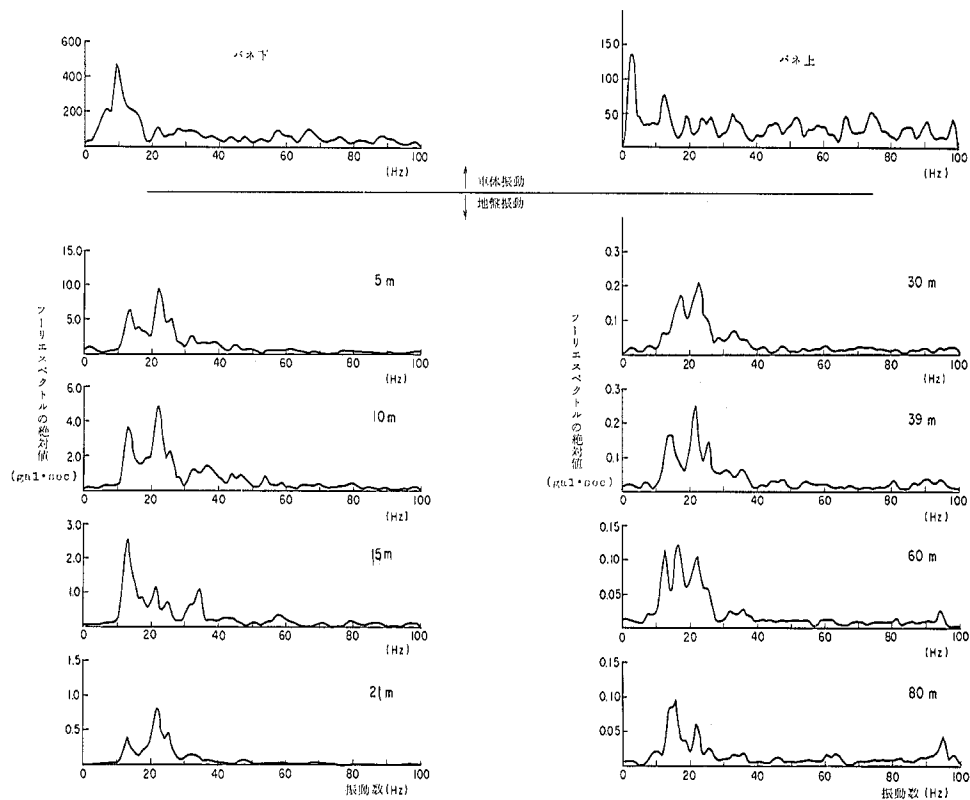


図 4-1 1(a) フーリエスペクトル (大型車、積載、60 km/h、段差 18 mm)

4/8

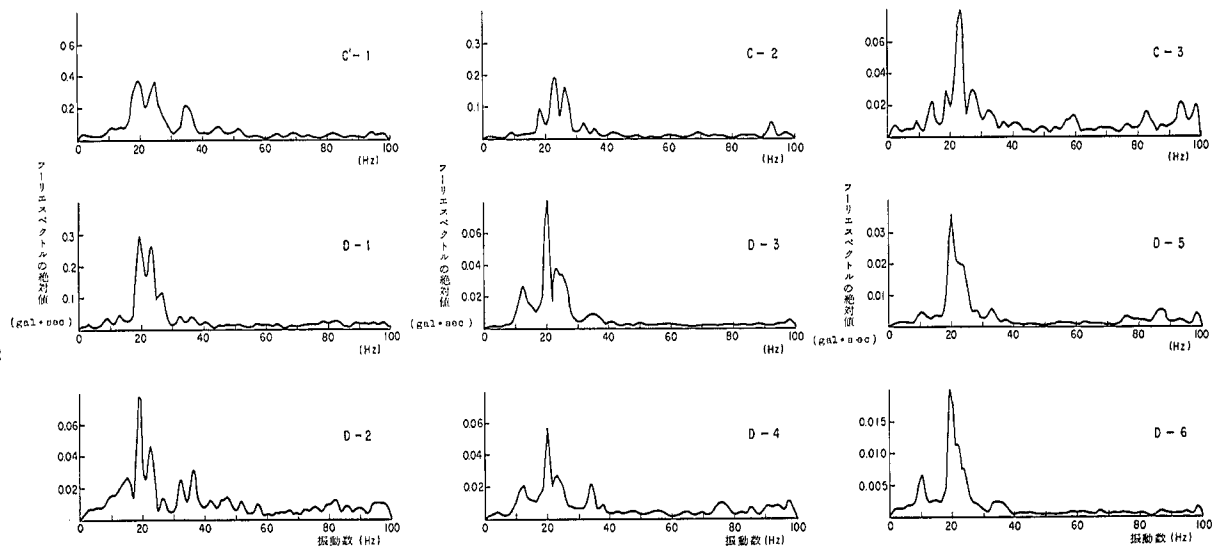


図 4-1 1(2) フーリエスペクトル (大型車、積載、60km/h、段差0mm)

648

表 4 - 2 卓越振動数一覧表

(内は 2 位のピーク値

車輛種別	載荷種別	走速 km/h	段差 高 (mm)	測 定 点									
				車 体 パネ上	車 体 パネ下	5 m	1 0 m	1 5 m	2 1 m	3 0 m	3 9 m	6 0 m	8 0 m
大型車	空荷	2 0	0	3.8	69.7 (8.5)	16.5	16.2	17.0	13.5	17.2	13.5 (16.5)	15.4	22.5 (17.3)
		4 0	0	6.0	20.5 (8.8)	23.5	21.5	15.4 (21.0)	24.0	15.8 (21.5)	24.0	15.8	16.5
		6 0	0	4.8	8.5	20.3	21.0	21.0	19.0	21.0	24.0	18.2	19.8
		6 0	18	3.5	8.0	22.0 (13.0)	21.5 (13.0)	13.2	21.5	16.5 (21.0)	16.5 (22.5)	16.2 (12.5)	15.5 (22.0)
	積荷	2 0	0	3.1	69.0	20.0	19.5	23.5	27.5	21.2	24.2	—	—
		4 0	0	3.1	12.0	23.0	23.0	23.0	24.5	18.0	23.5	10.0	22.0
		6 0	0	3.0	9.4	24.0	23.0	22.6	26.5 (22.5)	22.3	22.5	19.4	23.5
		6 0	18	3.0	9.5	22.2	22.2	18.0	22.0	22.8	21.8	16.5	16.0
		6 0	36	—	—	13.2	13.2	13.5	21.6 (13.5)	15.3	14.5	15.5 (12.2)	14.8
		小型車	空荷	2 0	0	3.0	19.5	22.5	20.0 (16.3)	17.0	22.5	21.0	24.0 (16.5)
4 0	0			20.0	20.0	21.5	20.3	20.0	21.0	20.5	21.2	21.0 (17.0)	17.6 (21.0)
6 0	0			34.0 (6.0)	18.0	32.0	32.0	33.0	25.3	28.8	24.5	19.2	23.0
6 0	18			11.0	11.0	14.8 (25.0)	14.5 (24.5)	15.0	24.5 (14.6)	15.5 (24.2)	14.8 (26.0)	11.5 (15.3)	14.8
積荷	2 0		0	29.0 (3.0)	18.8 (3.0)	30.0	29.5	33.0	25.2	21.0	25.0	—	—
	4 0		0	32.0	28.5 (3.5)	22.3	22.0	19.3	22.5 (26.4)	17.0	16.5	—	—
	6 0		0	34.0	2.5 (23.0)	25.3	25.3	19.0	24.5	29.0 (19.3)	29.0 (24.5)	19.6	20.0
	6 0		18	13.0	6.0 (12.0)	14.8	14.8	14.5	23.3 (14.8)	15.5	15.0	16.0	14.8
	6 0		36	—	—	19.5	19.5	13.5	19.5	17.5 (20.0)	20.0	17.5	14.0

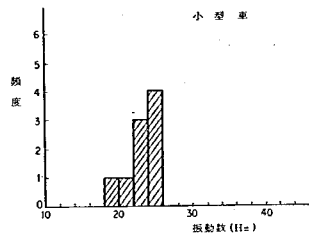
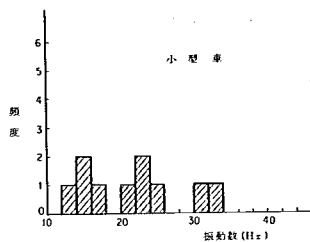
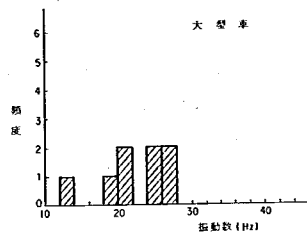
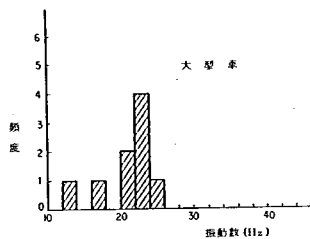


図 4-1 2(b)卓越振動数分布図 (21m地点) 図 4-1 2(a)卓越振動数分布図 (5m地点)

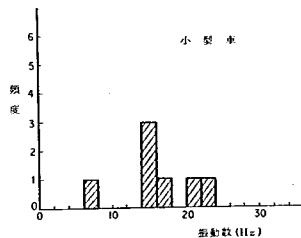
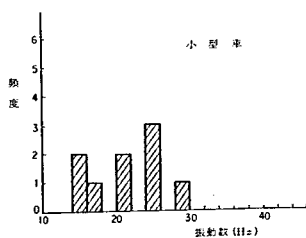
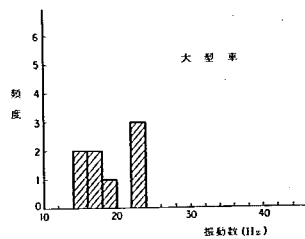
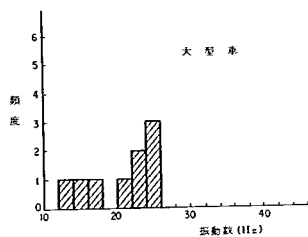


図 4-1 2(c)卓越振動数分布図 (39m地点) 図 4-1 2(d)卓越振動数分布図 (80m地点)

合に比べて若干低くなっている。従って段差が大きくなってくると地盤振動の振動数は若干低くなるようである。

図4-11は地表および地中振動の振動数を比較したものである。地表および地中振動の卓越振動数はほぼ変化ないが、振源より遠い地点では地中の方が地表より若干低くなっている。この理由は、振源より遠い地点ではRayleigh波が主成分となっていると考えられるが、振動数の低いRayleigh波は深い地点まで振動させながら伝播するためである。

4.4 距離減衰

図4-13に地盤振動の鉛直方向加速度のピーク値の距離減衰(3回走行の平均値)を、図4-14にVLの距離減衰を示す。

距離減衰を表現する方法としてはいろいろのものが考えられるが、ここではG. Bornitz⁽⁶⁾の提案した次式を用いる。

$$A = A_1 \left(\frac{r_1}{r} \right)^n \exp \left[-\alpha (r - r_1) \right] \quad \text{式 (4-1)}$$

A: 振源からの距離 r の点の加速度

A₁: 振源からの距離 r₁ の点の加速度

n: 定数

α: 距離減衰係数

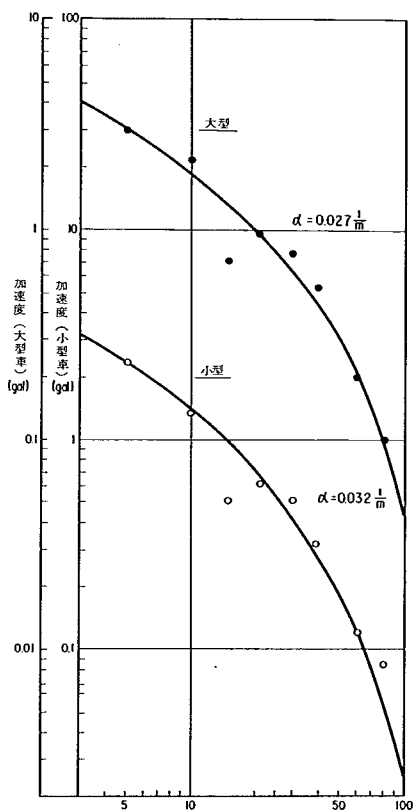
距離減衰には幾何減衰と内部減衰の2種類のものがあり、⁽²⁾⁽³⁾式(4-1)の $\left(\frac{r_1}{r}\right)^n$ は幾何減衰を表わし、 $\exp[-\alpha(r-r_1)]$ の項は内部減衰を表わしている。点振源より発生するRayleigh波の幾何減衰は $n=\frac{1}{2}$ となることが理論的に確かめられている。⁽¹⁾交通振動の場合は移動荷重であるので固定振源の場合とは条件が少し異なるが、荷重の移動速度は最高で60km/h(=16.7m/sec)であり、波動の伝播速度(150~300m/sec)に比べてかなり小さいので、固定振源の場合と同様に $n=\frac{1}{2}$ と仮定する。

図4-13の曲線は $n=\frac{1}{2}$ とし、 $r_1=5m$ として、最小二乗法により求めた実測値の近似曲線である。どの場合にもかなりよい精度で近似できている。表4-3は近似曲線のαの値の一覧表であり、αは0.019~0.054の範囲に入っている。

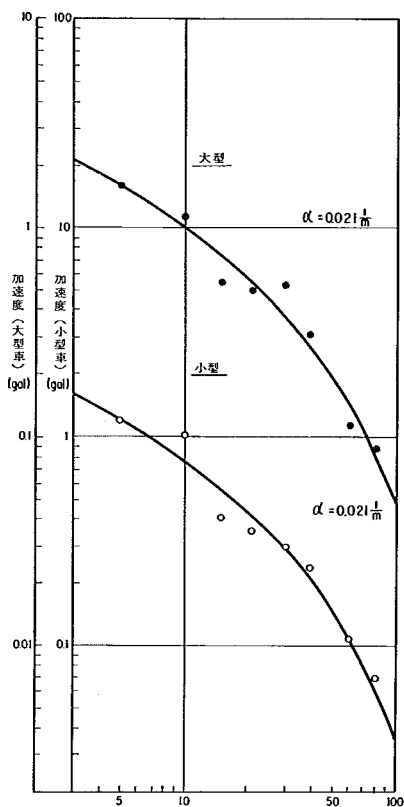
図4-15はαと基準点(外側車線中央より5m地点)の加速度の関係を表わしている。この図によると基準点の加速度が大きくなる程、αは増大する傾向が見られる。この原因について以下に考察を加える。

筆者等は先にαに影響を与える因子として、地盤振動の振動数ω、地盤を構成する土の減衰比h、振動の伝播速度Uの3つをとり上げ、これらの間に次のような関係のあることを示した。⁽²⁾⁽³⁾⁽⁷⁾

$$\alpha = \frac{h\omega}{U} \quad \text{式 (4-2)}$$

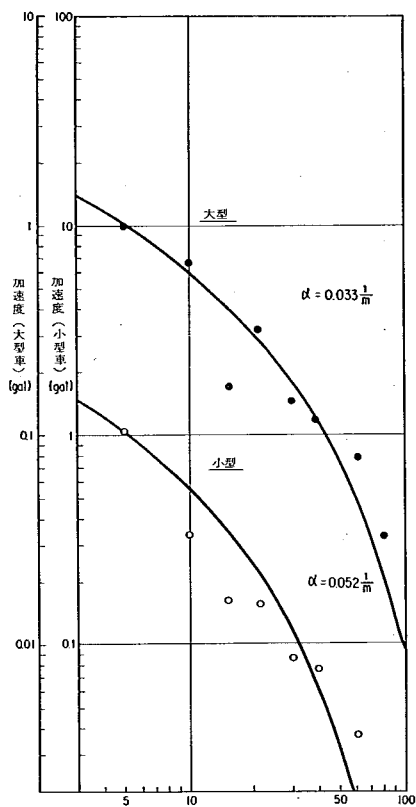


外側車線中央からの距離(m)

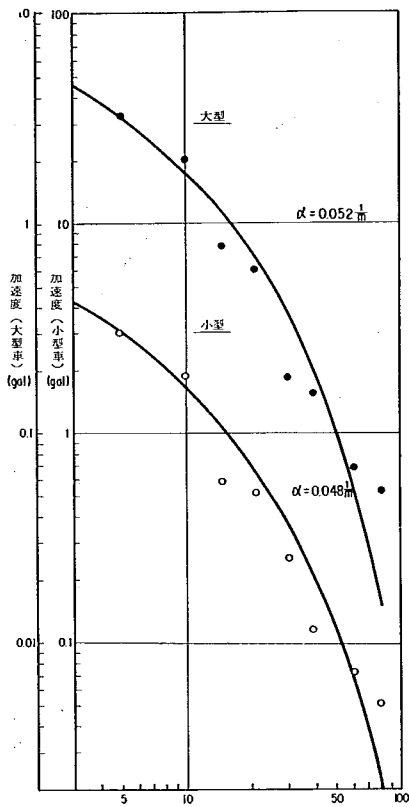


外側車線中央からの距離(m)

図4-13(a) 距離減衰 (積載、60km/h) 図4-13(b) 距離減衰 (積載、40km/h)



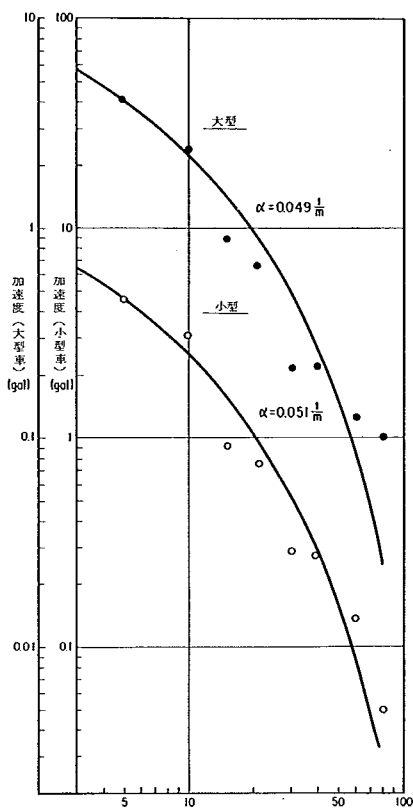
外側車線中央からの距離 (m)



外側車線中央からの距離 (m)

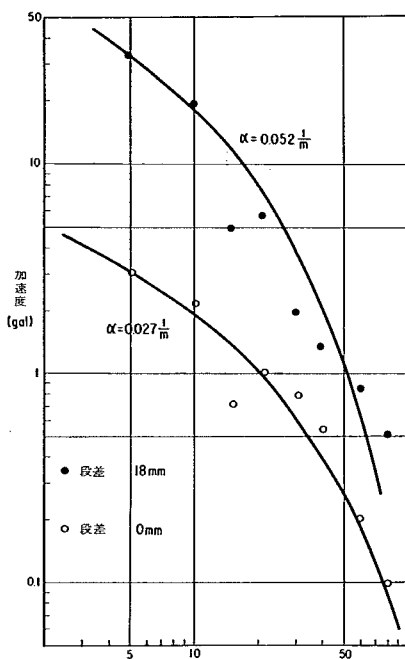
図4-1 3(c) 距離減衰 (積載、20 km/h)

図4-1 3(a) 距離減衰 (積載、60 km/h、
段差 1.8 mm)



外側車線中央からの距離 (m)

図4-1 3(e) 距離減衰 (積載、60 km/h、
段差 36 mm)



外側車線中央からの距離 (m)

図4-1 3(f) 距離減衰 (大型車、積載、
60 km/h)

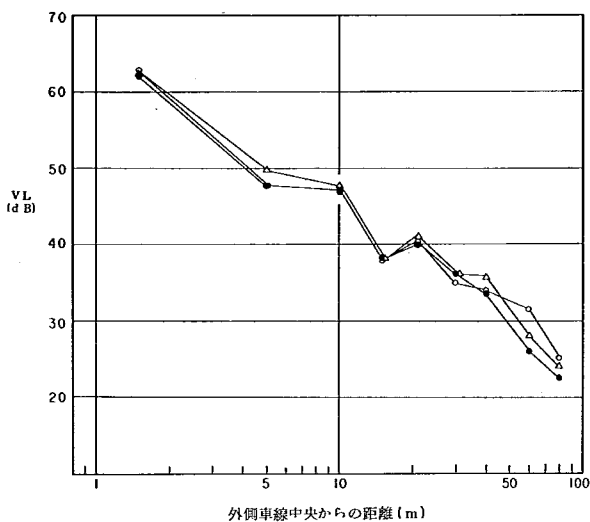


図 4-14(a) VLの距離減衰 (大型車、積荷、60km/h、段差0mm)
(3本の線は3回走行した中のそれぞれの結果を表わす。)

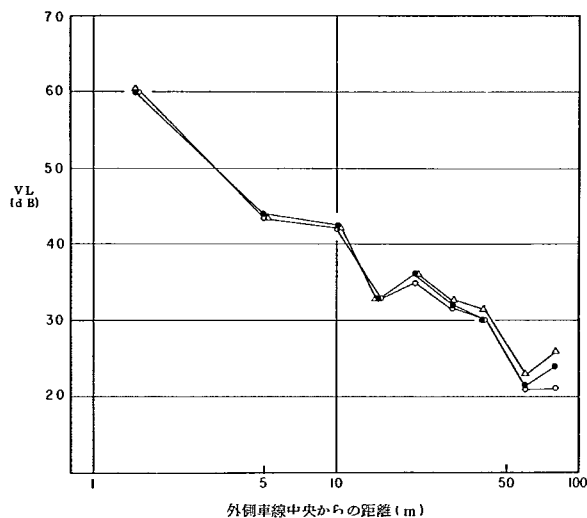


図 4-14(b) VLの距離減衰 (小型車、積荷、60km/h、段差0mm)
(3本の線は3回走行した中のそれぞれの結果を表わす。)

286

表 4-3 α および振動諸特性値

車種	積載条件	段差高 (mm)	走行速度 (km/h)	α ($\frac{1}{m}$)	基準点 (5 m 地点) の加速 度 (g_{a1})	基準点 (5 m 地点) の V L (dB)	基準点 (5 m 地点) の振動 数 (Hz)	伝播速度 U (m/Sec)	せん断歪 γ	減衰比 h (%)	
大型車	空荷	0	20	0.019	0.56	35.8	16.5	—	—	—	
		0	40	0.019	1.94	46.2	23.5	232	5.66×10^{-7}	3.0	
		0	60	0.025	2.71	48.2	20.3	—	—	—	
		18	60	0.054	33.07	66.4	22.0	267	8.96×10^{-6}	10.4	
	積載	0	20	0.033	1.01	38.9	20.0	—	—	—	
		0	40	0.021	1.59	42.5	23.0	300	3.67×10^{-7}	4.4	
		0	60	0.027	2.99	48.4	24.0	275	7.21×10^{-7}	4.9	
		18	60	0.052	32.80	66.4	22.2	150	1.57×10^{-5}	5.6	
	36	60	0.049	41.02	70.7	13.2	255	1.94×10^{-5}	15.1		
	小型車	空荷	0	20	0.019	0.51	37.6	22.5	—	—	—
			0	40	0.033	3.06	49.8	21.5	—	—	—
			0	60	0.032	4.14	50.7	32.0	267	7.71×10^{-7}	4.2
18			60	0.050	26.00	64.2	14.8	272	1.03×10^{-5}	14.6	
積載		0	20	0.052	1.06	39.0	30.0	—	—	—	
		0	40	0.021	1.20	39.5	22.3	326	2.63×10^{-7}	4.9	
		0	60	0.032	2.33	43.6	25.3	320	4.58×10^{-7}	6.4	
		18	60	0.048	30.41	65.1	14.8	240	1.36×10^{-5}	12.4	
36	60	0.051	45.67	69.2	19.5	255	1.46×10^{-5}	10.6			

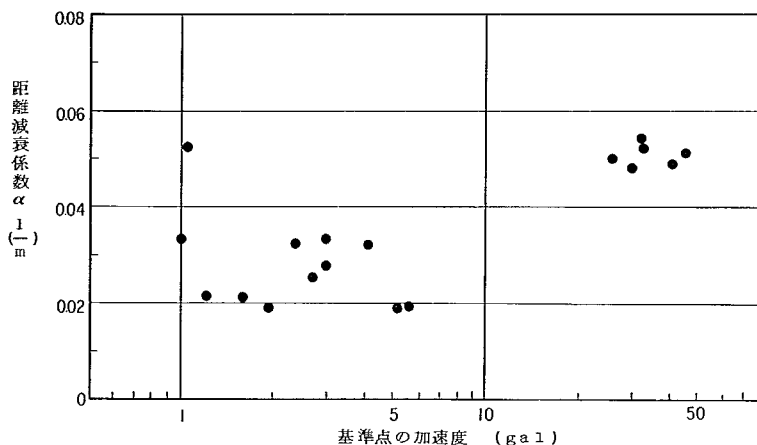


図4-15 基準点(5m地点)の加速度振幅と距離減衰係数 α

そして同一振動レベルであれば振動数の高い振動の方が距離減衰が大きいことが今までの実験で確認されている。⁽²⁾⁽³⁾⁽⁷⁾ 今回の実験で基準点の振動加速度の大きいのは段差走行の場合であるが、段差走行の時の地盤振動の振動数は段差のない場合とほとんど同じであるかあるいはむしろ若干低くなっていることは前述で述べた。従って α の相違の原因が振動数の相違であるとは言えない。

次に伝播速度 U であるが、図4-1から読みとった伝播速度の値が表4-3に示されている。これによると基準点の加速度の大きい振動では伝播速度が少し小さくなっている。式(4-2)において U が小さくなれば α は大きくなることは明らかである。従って今回の実験で基準点の加速度が大きい程 α が大きくなった1つの原因は伝播速度が小さくなっていたことにあると考えられる。さらに伝播速度が小さくなった原因の1つとして地盤を構成する土の弾性係数の歪依存性ということが考えられる。表4-3に基準点のせん断歪が示されている。ただしせん断歪 τ は次式より計算した。(注(次頁))

$$\tau = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{v}{U} = \frac{a}{2\pi f \cdot U} \quad \text{式(4-3)}$$

ここに u : 変位、 x : 座標

v : 粒子の運動速度

U : 波動の伝播速度

a : 加速度

f : 振動数

(注) 地盤を伝播する波動の変位 $u(x, t)$ が次式のように表わされるとする。

$$u = B e^{i k (x \pm U t)} \quad \text{式 (A-1)}$$

ここに B : 振幅、 k : 波数、 x : 座標、 U : 伝播速度、 t : 時間
粒子の速度 v は

$$v = \frac{\partial u}{\partial t} = \pm B i k U e^{i k (x - U t)} \quad \text{式 (A-2)}$$

となる。せん断歪 r は

$$r = \frac{\partial u}{\partial x} = B i k e^{i k (x - U t)} \quad \text{式 (A-3)}$$

式 (A-2)、(A-3) より

$$r = \pm \frac{v}{U}$$

表 4-3 によると、段差のない場合のせん断歪 r が 10^{-7} のオーダーであり、段差のある場合が 10^{-5} のオーダーになっている。図 4-16 は今回の実験における波動伝播速度 U とせん断歪 r の関係を示しており、この図によると U は r の増大と共に若干減少する傾向が見られる。

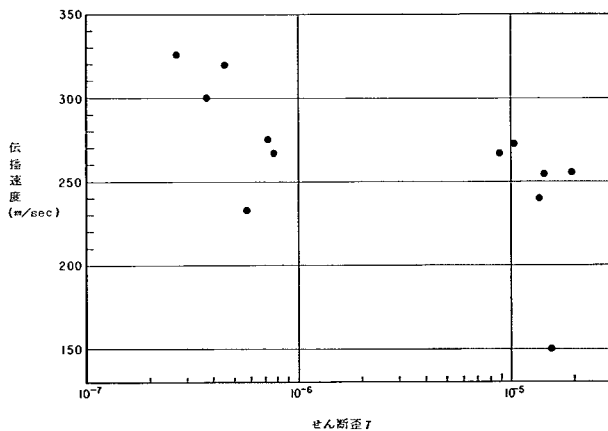


図 4-16 地盤振動の伝播速度とせん断歪の関係

筆者等は粘土のせん断弾性係数 G が微小歪 ($\gamma = 10^{-6} \sim 10^{-4}$) の範囲においても若干の歪依存性があることを示した。⁽⁸⁾ 図 4-17 は共振法より求めた沖積粘土の G と γ の関係を表わしているが地表面に近い位置から採取した試料の方が歪依存性は強くなっている。龍岡等⁽⁹⁾ は砂のせん断弾性係数 G が $\gamma = 10^{-6} \sim 10^{-4}$ の範囲においても若干の歪依存性をもっており、拘束圧が小さくなる程、歪依存性は大きくなることを報告している。弾性体においては G と S 波速度 V_s の間には

$$G = \rho V_s^2 \quad \text{式 (4-4)}$$

ρ : 密度

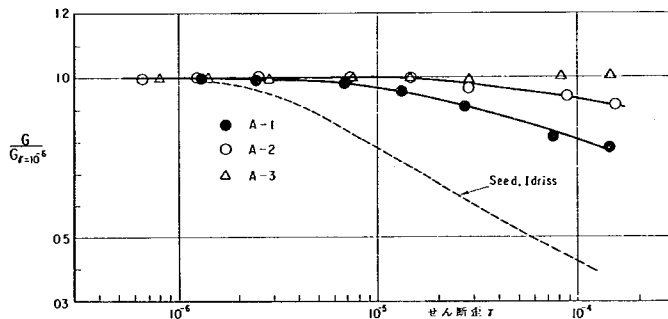


図 4-17 沖積粘土の $\frac{G}{G(\gamma=10^{-6})}$ と γ の関係 (文献⁽⁸⁾)

の関係があり、また Rayleigh 波の速度 V_R は V_s とポアソン比のみの関数により結びつけられている。従って歪の増大と共に G が小さくなることは V_R が小さくなることを意味する。また Rayleigh 波の伝播する地表面は拘束圧が 0 の状態であり、先の共振法の実験結果から類推して拘束圧が非常に小さい状態では $\gamma = 10^{-6} \sim 10^{-4}$ の微小歪領域においても G がかなりの歪依存性を持っているのではないと思われる。

次に減衰比 h についても歪依存性があることが知られているが、せん断歪 γ が $10^{-6} \sim 10^{-4}$ の微小範囲における土の減衰化の正確なデータは非常に少ないのが現状である。筆者等は共振法を用いて沖積粘土の減衰比 h を求めたが、⁽⁸⁾ (図 4-18) それによると $\gamma = 10^{-6} \sim 10^{-4}$ の範囲ではデータに少しばらつきはあるが h はほとんど歪に依存しないで一定値であるかあるいは γ の増大とともに h が若干上昇する傾向がある。砂についての龍岡等⁽⁹⁾ の結果もほぼ同様の結果となっている。従って今回の実験で基準点の加速度が大きくなった時に α が大きくなった原因として h の歪依存性を挙げることは室内実験の結果を見る限りでは困難である。この点を確認するために、式 (4-2) が成り立つとして、今回の実験結果から逆に h の値を求めたものが表 4-3、図 4-19 に示されている。これによると土の減衰比 h の値はせん断歪の増大と共に増大する傾向が見られる。この現象は室内実験ではまだ確認されていないものである。せん

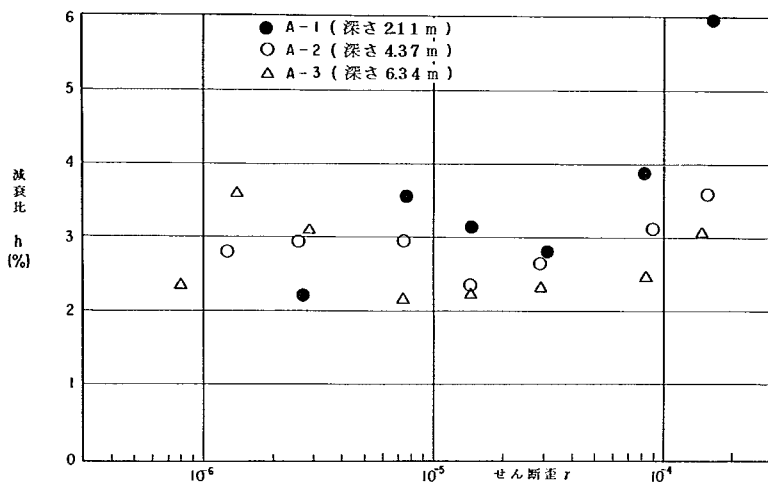


図 4-18 沖積粘土の h と r の関係 (文献(8))

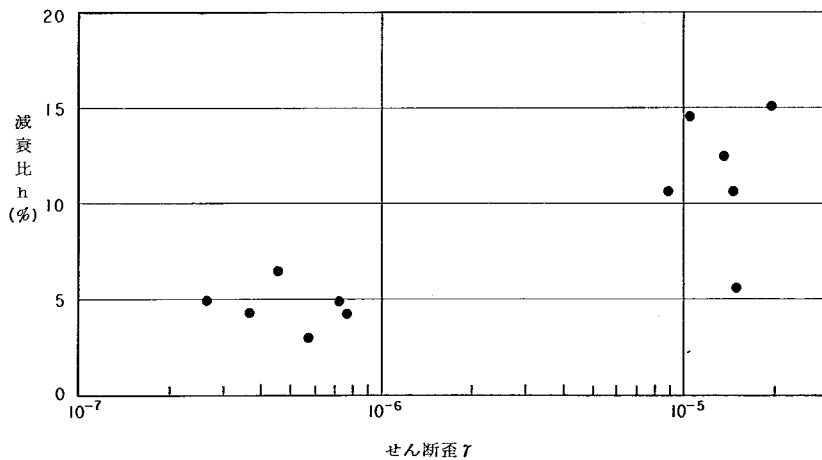


図 4-19 地盤振動の距離減衰測定より求めた h と r の関係

断歪が $10^{-6} \sim 10^{-5}$ というのは極めて微小な範囲であり、実験誤差が入る可能性が多いが、今後さらに精密な実験を行なうことによりこの問題が解決されるものと考えられる。

5. 結 論

今回の実験より得られた結論を以下に記す。

- ① 調査地点は比較的良好な地盤を有しており、道路周辺の家屋、住民に対する道路交通振動障害を起こす可能性はほとんどない。
- ② 外側車線中央より10m以遠において測定された地盤振動は表面波であり、地中内部では急激に加速度が減少する。たとえば深さ2mの地点の鉛直方向の加速度は地表の約20～50%に減少し、深さ4mの地点では地表の10～30%に減少している。
- ③ 測定された地盤振動の地中分布、伝播速度、運動軌跡等から考えると、波動の種類としてはRayleigh波が卓越していると言える。
- ④ 地盤振動の卓越振動数は試験車の固有振動数とはあまり関係がなく、地盤自体の固有振動数で振動していると考えられる。
- ⑤ 試験車の車体振動は正弦波振動とランダム振動の中間的なものであるが、地盤に対して比較的ランダムな加振をしているために、地盤の応答では地盤の固有振動数付近の成分が選択されて卓越するものと考えられる。
- ⑥ 地盤振動の振動数は振源からの距離によってあまり変化しない。
- ⑦ 大型車走行による地盤振動の振動数と小型車走行による地盤振動数はほとんど同一である。
- ⑧ 段差走行の場合の地盤振動の振動数は段差のない場合に比べて若干低くなる傾向がある。
- ⑨ 基準点（外側車線中央より5m地点）の加速度が大きい程、距離減衰は大きくなる傾向がある。その原因として基準点の加速度が大きい振動の方が、その伝播速度が若干小さくなっていたことおよび土の減衰比の歪依存性ということを挙げることができる。

参考文献

- (1) H. Lamb, "On the Propagation of Tremors over the Surface of an Elastic Solid, "Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series A203, 1904
- (2) 沢田健吉、谷口栄一、"地盤を伝播する振動の距離減衰に関する一考察、"土木技術資料 Vol. 19、No. 12、1977
- (3) 沢田健吉、谷口栄一、"道路交通振動の距離減衰について(第1報)、"土木技術資料 Vol. 20、No. 3、1978
- (4) 本多弘吉、"地震波動、"岩波書店、P. 65~P. 68、1954
- (5) N. A. Haskell, "The Dispersion of Surface Waves on Multilayered Media, "Bulletin of Seismological Society of America, 1953
- (6) G. Bornitz, "Über die Ausbreitung der von Groszkolbenmaschinen erzeugten Bodenschwingungen in die Tiefe, "J. Springer (Berlin), 1931
- (7) 土木研究所、"道路交通振動の対策に関する研究、"第31回建設省技術研究会、1977
- (8) 沢田健吉、谷口栄一、小笠原久、"共振法による不攪乱粘土の動的変形係数の測定、"土木技術資料、Vol. 20、No. 2、1978
- (9) 栗林栄一、岩崎敏男、龍岡文夫、堀内俊一、"土の動的変形特性——共振法土質試験機による測定——、"土木研究所資料第912号、1974
- (10) 沢田健吉、谷口栄一、小笠原久、館山悟、"軟弱地盤における道路交通振動調査(第1報)、"土木研究所資料第1151号、1976
- (11) 沢田健吉、谷口栄一、小笠原久、館山悟、"改良地盤における地盤振動調査、"土木研究所資料第1302号、1978