

● 文 献

(1) 音響と振動 五十嵐寿一

(2) 騒音対策ハンドブック

日本音響材料協会

(3) 茨城県学校環境調査報告書

産業公害防止協会

2. 振動の測定・解析についての一考察

1. はじめに

一般的に振動公害は騒音公害の付加的なものであるとする考え方が強い。現実には騒音と振動の発生源はほぼ同一である場合が多いし、騒音対策がただちに振動の軽減を伴ったりその逆の場合も良く起こり得ることである。これらの理由からか、騒音・振動の測定・解析法は極めて似ている。しかしながらここで疑問に思うことは、はたして現状のように騒音を取扱うのとほとんど同じ観点から振動を取扱って良いのかということである。一例をあげると、振動の距離減衰が時として減衰せずに増幅されたり、騒音で言うところの逆二乗則が成立し得なかったりする場合などに、「地質・地盤の複雑さ」と言う極めて抽象的な表現で事を済ませる場合がある。これなど明らかに振動を騒音と同じ概念のもとに取扱おうとしたことからくる不確かさの現われと言える。もとより騒音は一般的に空気と言う様な媒質を伝わる粗密波であり、振動は自由表面を持ち密度が様々に異なる弾性体とし取扱われる地盤に伝播する表面波・粗密波・セン断波なのである。したがって騒音と振動は同じ波動としての共通点があったとしても、実際に両者を取扱う方法としては相違する場合が多いはずである。

我々は以上のことから、振動公害を地盤に伝播する弾性波としてとらえる方法を試みた。本稿では、探鉱及び地質工学の分野で広く利用されている屈折法弾性波探査による波動の分離測定・伝播速度の解析例について述べ、さらに関連解析法を利用した低周波信号の周波数分析と不規則波動の伝播速度・伝播方向の解析方法を紹介するつもりである。

2. パックドレーン打設機から発生する振動の伝播防止に関する調査

ここに述べる実験は埼玉県土木部の依頼により、建設工事におけるパックドレーン打設機からの振動を防止する方法を検討したものである。パックドレーン工法はサンドドレーン工法の一変形で、袋詰め砂杭を軟弱地盤に打込み地盤改良を行うものである。その際袋詰め砂杭をケーシングごと振動させながら打設するため、ほぼ正弦波に近い定常振動を地盤に与える。もとより振源対策は不可能であるので、発生した振動を伝播経路中の溝で遮断する方法の可否を検討した。

すでに一様な媒質中の表面波については、溝によってその背後に“screened zone”あるいは“shadow”と呼ばれる振幅減少域が現れることが示されている。(1)(2)

“shadow”の面積は溝の長さ、深さ、振源からの距離と波長との関係で定性的に求められている。これらのことから我々はバックドレーンから発生する波動の種類及び波長を決定するために、以下の実験を行った。

2-1 測定システム

図1にブロックダイアグラムを示す。換振器(以後P、U)の型式・性能は表1の通り。またDCアンプは無現像オシログラフとデータレコーダへの出力が同時にとれる。以下にDCアンプの定格及び性能を示す。

チャンネル数 12

入力抵抗 $1\text{M}\Omega$

ローパスフィルタ 遮断周波数 2, 4, 8, 16, 32, 64 Hz - 18 dB/Oct.

最大利得 1万倍

周波数特性 0.5~500 Hz 微積分回路内蔵

出力電圧 $\pm 10\text{V}$

なお今回使用したP、Uはムービングマグネット型の上下動用と水平動用である。

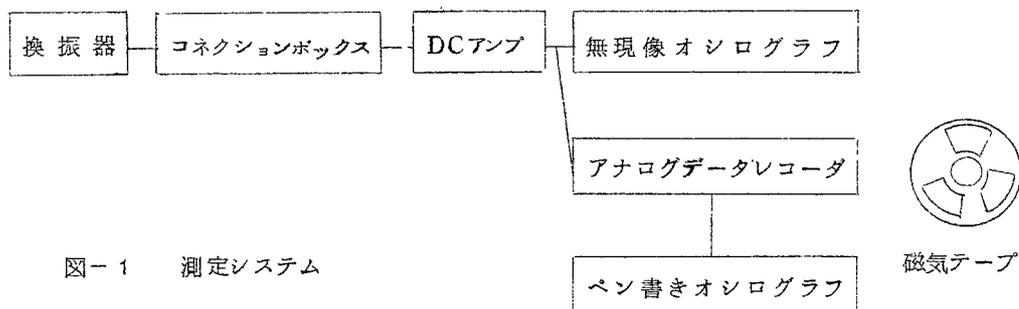


図-1 測定システム

表-1 換振器の性能

	ムービングコイル型	ムービングマグネット型(1)	ムービングマグネット型(2)
固有周波数	1 Hz	4.5 Hz	4.5 Hz
コイル抵抗	9 K Ω	380 Ω	870 Ω
感 度	5.25 V/kine	0.32 V/kine	0.47 V/kine

2-2 波動伝播速度の測定

図2に一般的な屈折法弾性波探査の図解を示す。振源からの波動は地表面に沿って等間隔に並べたP・Uに時間差を持って到達する。

その際、地表を直達した波動と地下の地盤の密度が変化する境界面から屈折して地表に到達した波動とは、速度差によって到達時間の傾向が異なる。したがって各地層を伝播する波動の速度は、その到達時間を結んだ直線の傾きから求まる。しかしながら今回の測定対象であるバックドレーンからは、定常的な正弦波が伝播しているため、位相の追跡がほとんど不可能である。そこでバックドレーンから伝わる波動の速度を推定するため、工専用ハンマーで地表を打撃することによって生じる各種の衝撃的な波動の伝播速度を測定した。また解析の際に波動の識別を容易にするため、図3に示すSH波発生装置により純粋なSH波を得た。なおP・Uは3mおきに12個配列した。

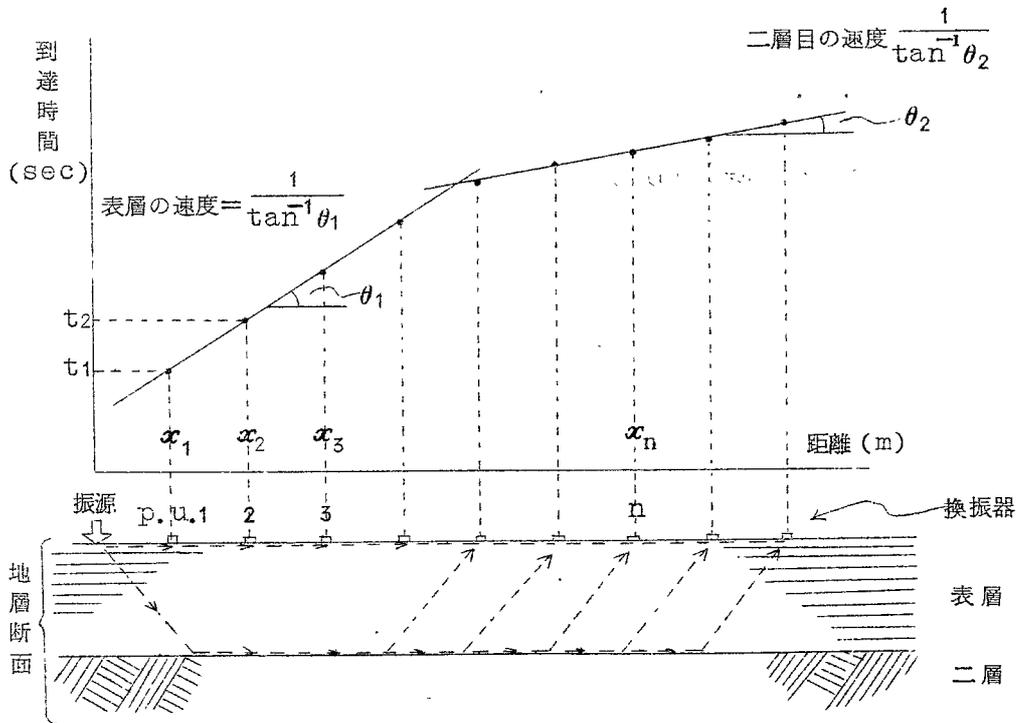


図-2 屈折法弾性波探査の概念図

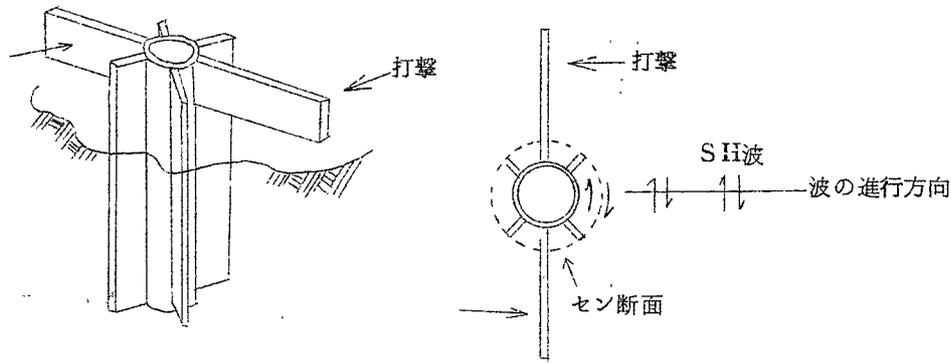


図-3 SH波発生装置

2-3 波動伝播速度の解析

資料1, 2にハンマーの打撃及びSH波発生装置による波動のオンログラムを示す。資料1, 2の記録から各P.U.に現われた波動の同位相を距離方向に追跡し、P.U. Iの波動の立上りからの到達時間を読みとった。(表2) 表2から到達時間VS伝播距離のグラフ(走時曲線)を描いた。(図4)この走時曲線から、ハンマーの打撃によって発生した波動が三種類あることがわかる。これらを、P.U.に到達した順に W_1 波、 W_2 波、 W_3 波と名付ける。図4によれば、 W_1 波とSH波は二つの速度を持っている。このことは、両者が表層ばかりでなく第二層からも伝播していることを示すもので、結局図4に現われた各種の波動の伝播速度は表3にまとめることができる。

次に、SH波を除いた他の $W_1 \sim W_3$ 波がどのような種類の波動であるかを考えてみる。一般に弾性体を伝わる粗密波(D波)、セン断波(S波)、表面波の伝播速度は、表面波<S波<P波の順に速くなる。この関係から W_1 波、 W_2 波、 W_3 波を各々P波、S波、表面波と仮定してみる。この仮定の中で表面波と考えた W_3 波については、図4の走時曲線の傾きが一定であることからほぼ表面波と断定してよい。 W_1 波、 W_2 波についてそれがP波、S波と考えてよいかは、次式に示されるポアソン比から推定できる。いま、P波、S波の伝播速度を V_p, V_s とすれば、ポアソン比 ν は

$$\nu = (V_p^2 / 2V_s^2 - 1) / (V_p^2 / V_s^2 - 1), \quad 0 < \nu < 0.5$$

である。上式において V_p に V_{1-1}, V_{1-2} を V_s に V_{SH-1} (又は V_2)、 V_{SH-2} の値を選ぶと、各地層のポアソン比 ν_1, ν_2 の値は表4にまとめられる。表4の ν_1, ν_2 の値は軟弱地盤として本

来ならばもう少し0.5に近いはずであるが、ほぼ妥当な値であろう。そこでW₁波についてはP波と断定してもよい。W₂波については、表層のSH波との速度差が1割程度であることからSV波と考えられる。なおW₂波に第二層目の速度が現われないのは、振源のエネルギーが小さかったためであろう。

最後に、表面波とみなしたW₃波をレーレー波(Rayleigh wave)と仮定して、S波(W₂波)との比較から検討してみる。一般に一樣な弾性体を伝わるレーレー波の速度V_Rと、表層を伝わるS波の速度V_Sの比V_R/V_Sはポアソン比によって変化する。(図5) そこでW₃波とW₂波の速度の比をとると、

$$V_3 / V_2 = 29.5 \text{ ms}^{-1} / 31 \text{ ms}^{-1} \approx 0.952$$

を得るが、これをV_R/V_S = 0.952としたときのポアソン比はν = 0.47である。これはP波とS波の速度から算出した表層のポアソン比ν₁ = 0.45に近い。このことからW₃波をV-V波、W₂波をS波、さらにW₁波をP波と仮定したことがほぼ正しかったと言える。

(表-2)

P. u.	W ₁ 波 ×10 ⁻² sec	W ₂ 波 ×10 ⁻² sec	W ₃ 波 ×10 ⁻² sec	SH波 ×10 ⁻² sec
1	—	—	—	—
2	8.0	18.0	34.0	20.0
3	11.5	22.0	45.0	*
4	14.5	31.0	54.0	37.5
5	17.0	41.0	65.0	45.5
6	19.0	*	78.0	54.5
7	22.0	*	90.0	63.0
8	24.0	*	102.0	72.0
9	26.0	*	114.0	81.0
10	28.5	*	125.0	87.0
11	30.0	*	135.0	91.5
12	32.0	*	145.0	*

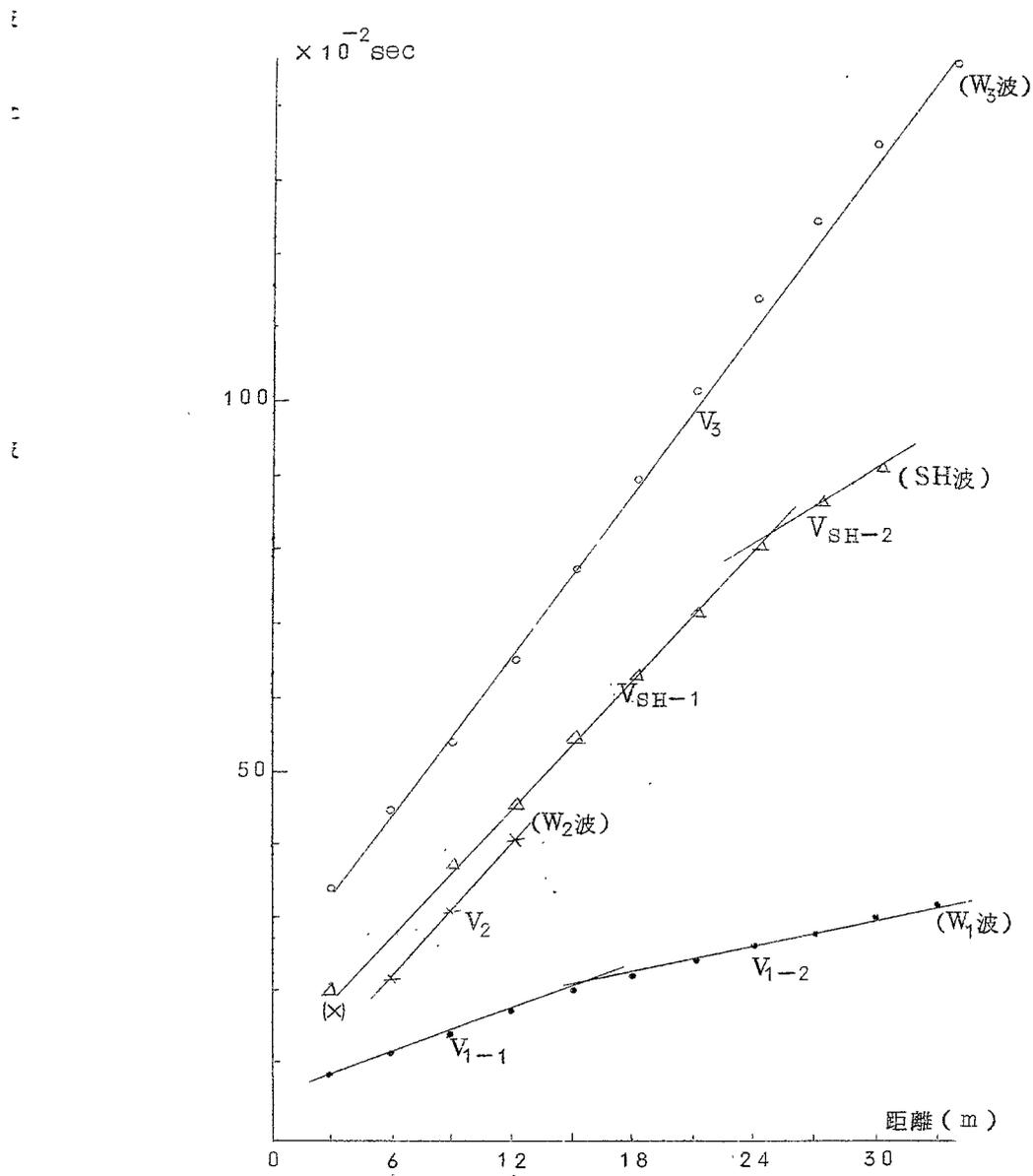


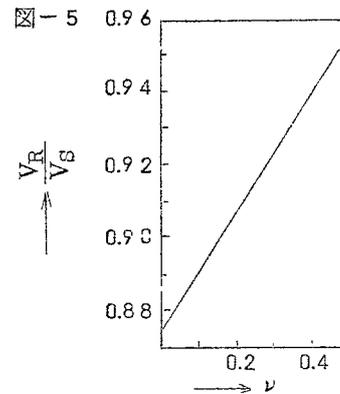
圖-4 走時曲線

(表-3) 単位m/s

	W ₁ 波	SH波	W ₂ 波	W ₃ 波
表層	V ₁₋₁ 100	V _{SH-1} 35	V ₂ 31	V ₃ 29.5
第二層	V ₁₋₂ 150	V _{SH-2} 60	-	

(表-4)

	W ₁ 波	SH波(又はW ₂ 波)	ポアソン比
表層	V ₁₋₁ 100m/s	V _{SH-1} V ₂ 35m/s 31m/s	0.43 (0.45)
第二層	V ₁₋₂ 150m/s	V _{SH-2} 60m/s -	0.40



2-4 パックドレーン打設機から発生する波動の種類と波長の推定。

前項においてこの地盤に発生するP波、S波、表面波の伝播速度が得られているので、次にパックドレーンからはどのタイプの波動が優勢に伝わっているかを検討してみる。

2-4-1 三成分測定と粒子運動軌跡 (particle orbit)

波動は三次元方向に運動成分を持つが、種類(P波、SV波、SH波、レーレー波)によって、運動方向に際立った特徴を示す。三成分測定におけるX、Y、Zの各成分を軸とした三次元空間で、波動の動きをX-Z平面、X-Y平面、Y-Z平面に投影した軌跡(orbit)の傾向から、そこで観測された波動の種類を推定することができる。資料3はパックドレーンの振動を振源から15m、25m、35m、45mの地点で同時測定したときのオシログラムである。図6の(a)、(b)はそのうちの15m、25m地点におけるX-Z、X-Y平面上的orbitである。このorbitから観測された波動がレーレー波に近いものであることがわかる。すなわち図7に示すように、一様な弾性体表面上に伝わる典型的なレーレー波はX-Z平面上に大きな成分を持ち、波動の進行方向と反対に粒子が回転する(逆行運動-retrograde motion)ことが特徴である。またX-Y平面ではX軸に優勢でY軸の成分は小さい。図6のorbitは逆行運動をしないものもあるが、総じてレーレー波の傾向を示している。さらに資料3の波形は遠方まで定常的な正弦波であって、屈折波による重ね合せ等がみられない。以上のことから、パックドレーンから発生した波動は、レーレー型の表面波であると考えてよい。

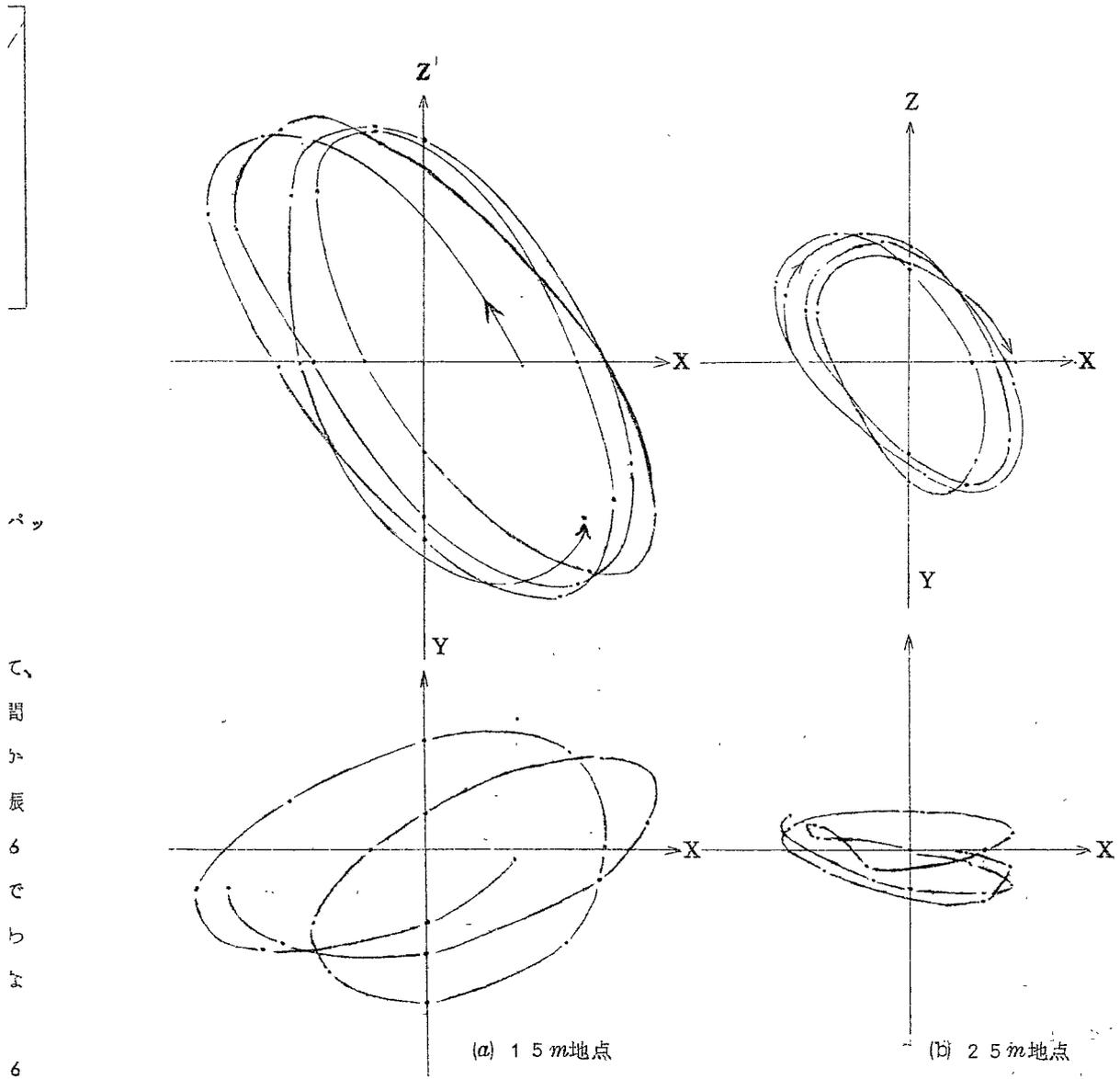


図-6 バックドレーン打設機から発生した振動のorbit図

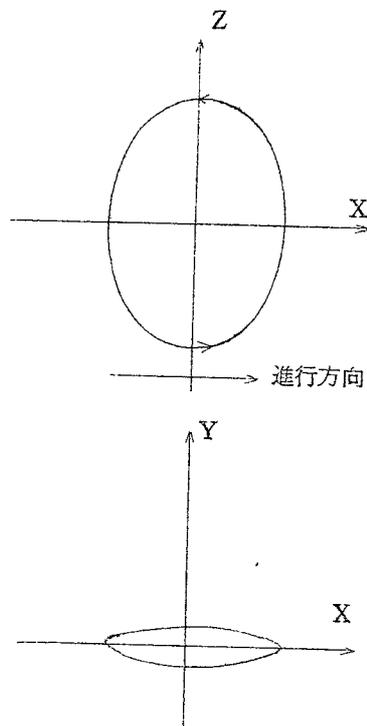


図-7 レーレー波の orbit 図

2-4-2 波長の計算

資料3から明らかなようにバックドレーンの振動は正弦波であるので、その周波数はオシログラムのタイミングラインから1秒当りの波数を数えて容易に14.3 Hzであることがわかる。また伝播速度は直接に測定できていないが、(2-3)に於て衝撃による表面波の速度が得られ、さらにバックドレーンからの波動はレーレー型の表面波であることがわかっている。そして(2-3)で得られた表面波の周波数(約10 Hz)がバックドレーンの周波数(14.3 Hz)と大きく異なっていないので、ここでは W_3 波の速度29.5 m/sを充当してよい。したがってバックドレーンから発生した波動の波長は、 $29.5 \text{ m/s} / 14.3 \text{ Hz} \approx 2 \text{ m}$ として求まる。

以上バックドレーンからの波動の種類と波長を求めてきたが、溝を用いて伝播波動を遮断するためにはこの二点を明らかにする必要がある。この手続きを省略してただ適当な溝を施工してもほとんど無意味である。なおここで紹介した各種の波動の表層の速度は異常に小さい。S波にする表面波にしる、普通の沖積地では100 m/s前後はあるが、この現場では約30 m/sである。これはこの地盤がスポンジ状のヘドロと形容できるほど軟弱で、重機の移動に伴う振動が伝わる様子を目で観測できるほどであったことを付記する。

3. 相関解析の応用例

現在振動の周波数分析は、バンドパスフィルタによるものが一般的である。しかしフィルタタイプの分析器は特に低周波数領域での精度に難点があるだけでなく、周波数軸が対数尺度になることからくる不便さもある。また今日、振動公害も多様な解決法を要求されているため、単なる周波数分析だけでなく、振動の伝達特性、伝播性状、複合した振動の分離等の解析が必要とされるようになってきた。これらの問題に対処するため、当センターでは実時間型デジタル相関計とフーリエ変換器を利用した相関解析手法を取入れた。ここでは常時微動の測定に例をとり、低周波数領域の不規則波動の分析と伝播速度及び方向の解析例を示す。

3-1 解析システム

図8にブロックダイアグラムを示す。磁気テープに集録されたデータはデータレコーダから相関計に直接入力され、自己及び相互相関関数を得る。また相関計からの出力はフーリエ変換器においてパワースペクトル及びクロススペクトルが計算される。以下にこれらの計算方法の概要を示す。

相関計による相関関数計算は、入力信号を Δt 時間ごとに読取ったサンプル値から定義される次式

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n\Delta t) \cdot x(n\Delta t + \tau) \dots \dots \text{自己相関関数}$$

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n\Delta t) \cdot y(n\Delta t + \tau) \dots \dots \text{相互相関関数}$$

について実時間処理を行う。これは相関計の積分器が

$$I_{\text{new}} = I_{\text{old}} + Z - \frac{1}{K} I_{\text{old}}$$

$I_{\text{new}}, I_{\text{old}} \dots$ 新旧の積分器の内容

$Z \dots$ 積分器の I_{old} 時の入力値

$K \dots$ 平均化定数 ($K = 2^k$)

に従って動作し、アナログ相関計で用いるCRフィルタによる平均化動作に近似させるからである。したがって実際に相関計算をさせる操作は、サンプリング周期 Δt と平均化定数 K を指示するだけでよい。相関関数からスペクトル密度関数を求めるには、

$$P_{xx}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\tau) e^{-2\pi i f \tau} d\tau \dots \dots \text{パワースペクトル密度関数}$$

$$P_{xy}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xy}(\tau) e^{-2\pi i f \tau} d\tau \dots \dots \text{クロススペクトル密度関数}$$

をフーリエ変換器により、デジタルな離散式として実時間計算する。すなわちパワースペクトルに例をとると、相関計で設定したサンプリング周期 Δt に対して

$$P_{xx}(f) = R_{xx}(\tau) + 2 \sum_{n=1}^N R_{xx}(n\Delta t) \cos(2\pi f n\Delta t)$$

を計算するわけだが、上限周波数は Δt によって、

$$f_c = \frac{1}{2 \times \Delta t}$$

またスペクトルの周波数の増分は相関値の数(94点)から、

$$\Delta f = \frac{f_c}{94} = \frac{1}{2 \times 94 \times \Delta t}$$

に決定される。 Δt は $0.5 \mu\text{sec} \sim 50 \mu\text{sec}$ まで設定可能であるから分析範囲は $0.001 \text{Hz} \sim 1 \text{MHz}$ 、分解能は $0.000106 \text{Hz} \sim 10.6 \text{kHz}$ である。なおクロススペクトルの計算は実部と虚部が別個に求まる。

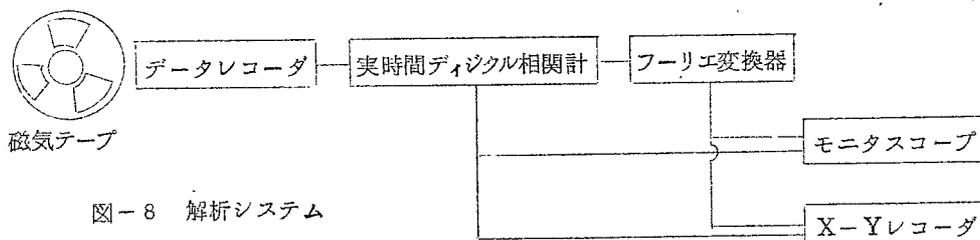
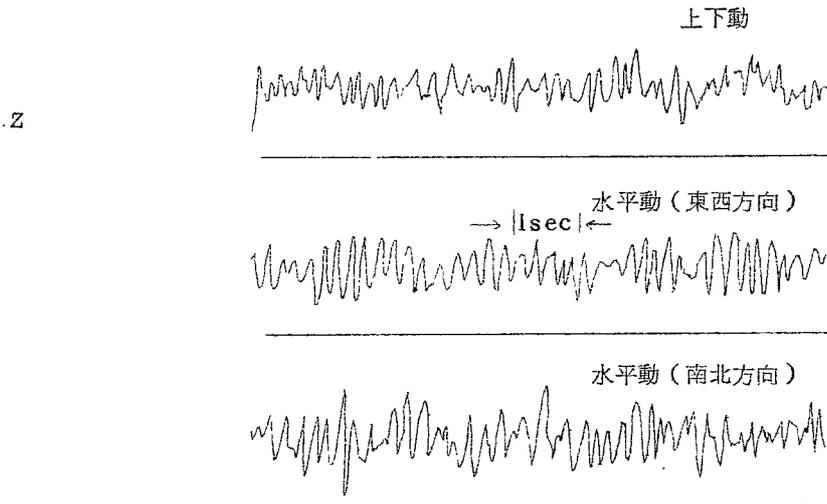


図-8 解析システム

3-2 常時微動の測定

常時微動(microtremor)とは交通機関、稼動している機械、風による地表の物体の振動等、種々の人為的、自然的な振動源から発生した波動の集合で、不規則性の強い雑微動である。この微動は倍率1000倍 \sim 10000倍程度の地震計で常時測定され、その周波数帯域は $0.5 \text{Hz} \sim$ 数 Hz 程度である。一般に、ある地盤で測定した常時微動の卓越周波数から、その地盤の固有周波数を推定できると言われている。現在では耐震設計の分野で、或いは地震時の地盤の挙動を推定する方法として広く利用されている。そこで我々はこの常時微動の性質を利用して、振源対策を行うことを考えた。すなわち機械の防振に弾性支持等を行う場合に、今までは地盤の固有振動数を正確に把握しないで防振設計をしたため、かえって系の固有振動数が地盤のそれに近づいて共振をおこした例があった。このような場合に地盤の固有振動数が実測値として得られるなら、安心して防振設計ができる。ところが常時微動の卓越周波数は同一地盤でも時刻によって変化することが知られていて、その地盤に適する値をみきわめることが困難な場合がある。そこで今回地盤の固有振動数を正しく推定するために、当センターの敷地内の軟弱地盤上で深夜0時から5時まで連続測定を行い、その間のパワースペクトルの変動を求め、この地盤の固有振動

数とみなせるものが出現するかどうかを調べた。深夜に測定を行う理由は、測定点近くからの雑振動を避けるためである。使用した換振器はムービングコイル型 ($f_0 = 1 \text{ Hz}$) の水平・垂直の両成分で、記録はデータレコーダを用いた。また換振器—DCアンプ—データレコーダの総合周波数特性は $1 \text{ Hz} \sim 30 \text{ Hz}$ まで平坦であるが、今回の測定では 8 Hz のローパスフィルタを使用した。常時微動の記録の一例を図9に示す。



図一 常時微動の記録例

3-3 常時微動のパワースペクトルの変化

データレコーダに記録された常時微動について、0時から15分間ごとにパワースペクトルを求めた。記録時のテープ速度に等しく再生速度を調べ、原信号の推定周波数範囲からスペクトルの上限周波数 $f_c = 10 \text{ Hz}$ 、分解能 $\Delta f = 0.106 \text{ Hz}$ となるサンプリング周期 $\Delta t = 50 \text{ ms}$ が決定される。しかしここでは解析時間短縮のため、解析用のデータレコーダの再生速度を10倍とし $\Delta t = 5 \text{ ms}$ 、 $f_c = 100 \text{ Hz}$ 、 $\Delta f = 1.06 \text{ Hz}$ に設定した。平均化定数 K については信号をガウス性ノイズとしたときの平均化による誤差評価の対応から決定されるが、今回は誤差10%以下となるように $K = 2^{10} = 1032$ を選んだ。しかしながら常時微動については信号中にかなりの周期成分が存在するため、ガウス性ノイズとして決定される誤差評価よりもかなり良好なはずである。以上により各測定点の上下動および水平動のパワースペクトルを求め、0時～5時の間の変動を調べた。図10、図11にその時間的変動を示す。これらの測定を測定場所、測定日をかえて数回行った結果、次のことが明らかになった。

- (1) 上下動成分のパワースペクトルは形状および極大を与える周波数が0時～5時の間でほぼ

一定し、卓越周波数は 2.8 Hz 前後であった。

(2) 水平動成分の卓越周波数も上下動成分同様 0 時～5 時の間でほぼ 2.8 Hz 前後を示したが、2 時半～4 時前にかけて約 1.2 Hz の顕著なピークが現われた。

(3) この現象は測定場所・測定日を変えても同様にみられた。

これらの結果で特に注目されることは、水平動成分のみ深夜の最も静かになる時間帯に 1.2 Hz のピークが出たことである。しかも測定場所はいずれも昔荒川と呼ばれる旧河川跡の後背湿地であり、地下 30 m までは軟弱な堆積層なので、地盤の固有振動数は 2.8 Hz より 1.2 Hz のほうが妥当な値と考えられることである。しかしこの二つのピークのどちらが固有周波数を表すかを決定することはなかなか難しい。そこでこれを明らかにするために、2.8 Hz と 1.2 Hz の波動を分離して各々の伝播性を調べてみた。

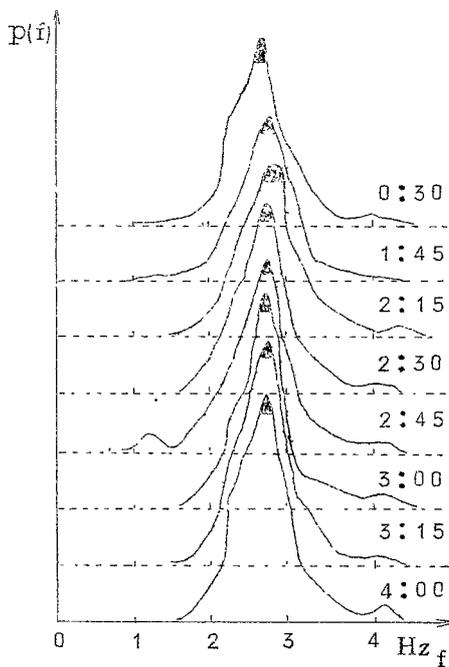


図10 パワースペクトルの時間的変動
(上下動成分)

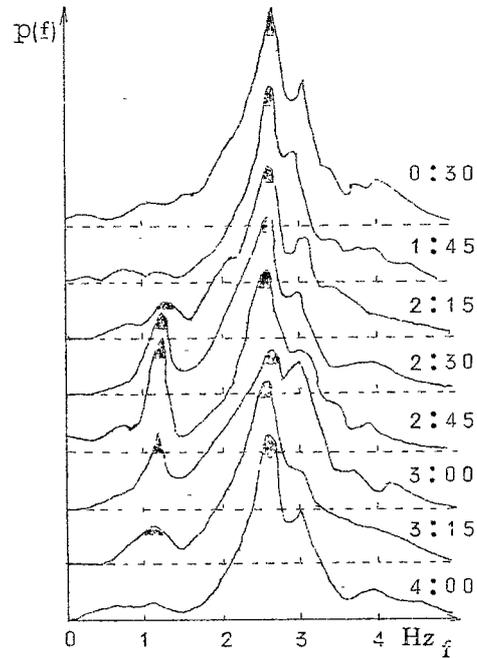


図11 パワースペクトルの時間的変動
(水平動成分)

3-4 相互相関を利用した常時微動の伝播速度の測定

常時微動のような不規則波動は、オシログラムから測定点間の位相遅れ時間を見分けることが困難である。このような場合は測定点間の相互相関関数を計算して、相関値が最大となる遅れ時間を求めればよい。いま換振器 D_1 、 D_2 の特性が等しく、 D_1 、 D_2 に伝わる波動が一定方向のみで、その間隔 d が充分小さければ、 D_1 、 D_2 で検出される波動 $f_1(t)$ と $f_2(t)$ はあ

る時間遅れ τ_s について

$$f_2(t) = f_1(t - \tau_s) \dots \dots \dots (1)$$

が成り立つ。すなわち D_2 で得られた信号波形は、 D_1 で得られた信号からある時間 τ_s だけ遅れた波形に等しいと考えられる。 $f_1(t)$ と $f_2(t)$ の相互相関関数

$$R_{12}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f_1(t - \tau) \cdot f_2(t) dt \dots \dots \dots (2)$$

に式(1)を代入すると

$$\begin{aligned} R_{12}(\tau) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f_1(t - \tau) \cdot f_1(t - \tau_s) dt \cdot \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f_1(t - \tau_s) \cdot f_1[(t - \tau_s) - (\tau - \tau_s)] dt \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

となるが、式(3)は $f_1(t)$ の自己相関関数 $R_{11}(u)$ を示すから結局

$$R_{12}(\tau) = R_{11}(u) = R_{11}(\tau - \tau_s) \dots \dots \dots (4)$$

である。自己相関関数 $R_{11}(u)$ は $u=0$ すなわち $\tau - \tau_s = 0$ で最大値をとるから、 $f_1(t)$ と $f_2(t)$ の相互相関関数 $R_{12}(\tau)$ は $\tau = \tau_s$ で最大値を持つことになる。 τ_s は換振器 D_1 、 D_2 間の距離 d を波動が移動する時間を意味するからその伝播速度は、

$$V = d / \tau_s$$

として求められる。実際に相互相関関数を計算するには、相関計の Xチャンネル、Yチャンネルに信号 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ を入力して $\tau \geq 0$ 部分を求めた後、信号を入れ換えて $\tau \leq 0$ の部分を得る。

これは相互相関関数が

$$R_{12}(-\tau) = R_{21}(\tau)$$

なる性質を持つからである。

伝播速度およびその方向を調べるために図 1 2 に示す三点測定を行った。この測定においては二つの波動を分離させるために、一方の三点測定には 2 Hz のローパスフィルタを用いた。図 1 2 の三角形 A、B について各測定点間の相互相関関数から遅れ時間を求めた。その結果 2.8 Hz の波動には明らかに位相のずれが見られたが、1.2 Hz の波動ではそれがほとんど現れなかった。(図 1 3) A における遅れ時間 τ_{3-1} 、 τ_{3-2} は各々ほぼ 0.070 秒、0.055 秒であったので、南北方向に対する波面の偏り θ とみかけの速度 V が各々 $\theta = 11^\circ 36'$ 、 $V = 284 \text{ m/s}$ と計算された。B については τ_{6-4} 、 τ_{6-5} がほぼ 0 ~ 0.010 秒であるので、位相遅れがないと考えたほうが良い。このことだけで 2.8 Hz と 1.2 Hz の波動の性状を推定するのは危険だが、

- (1) 測定場所の東約 2 Km と 5 Km のところを新大宮バイパス、17 号国道が平行して南北にのびていて、以前行った交通量調査では午前 2 時 ~ 4 時が最低になること。
- (2) 2.8 Hz の波動の伝播方向が測定点のほぼ東からであるのに対し、1.2 Hz の波動には平面的な伝播性がないこと。

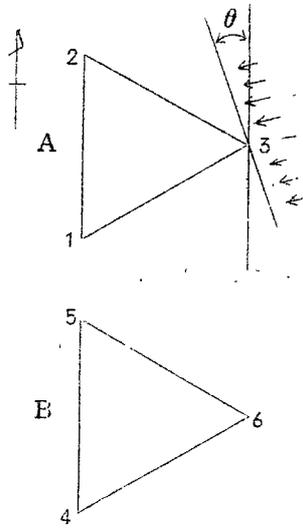
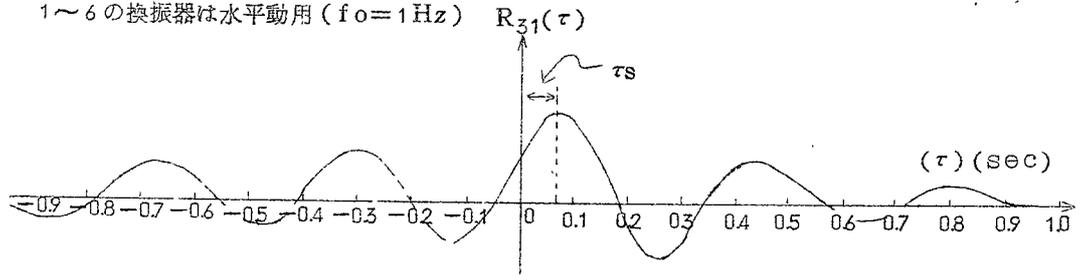
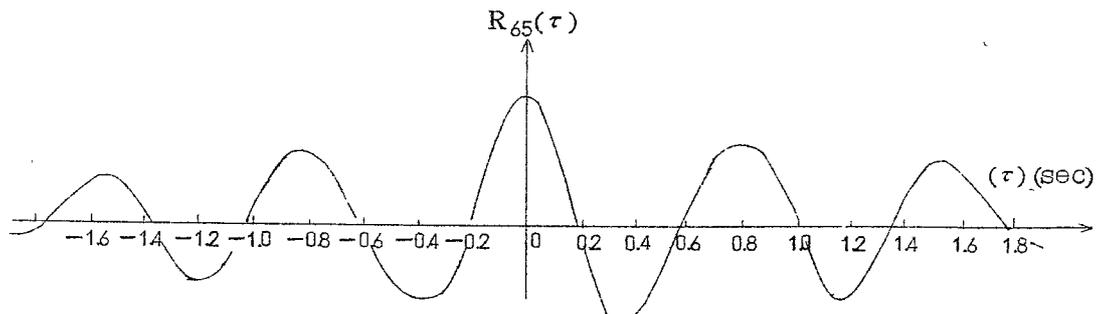


図-12 三点測定

- A : 2.8 Hz の波動の測定
(ローパスフィルタ 8 Hz 使用)
- B : 1.2 Hz の波動の測定
(ローパスフィルタ 2 Hz 使用)
- A, B ともに 1 辺 2.0 m の正三角形
- 1~6 の換振器は水平動用 ($f_0 = 1 \text{ Hz}$)



(a) 卓越周波数 2.8 Hz を持つ波動の相互相関関数



(b) 卓越周波数 1.2 Hz を持つ波動の相互相関関数

図-13 相互相関関数を利用した位相遅れ時間の測定

という事実から、この地盤の常時微動の振源は交通機関（大宮バイパス等）であって、その多くは表面波として伝播してくるが、一部は基盤に伝播し、いわゆるS波の重複反射によって地表に現われるものと考えられる。そして交通量が多いときは伝播性の2.8 Hzの波動が大きなパワーを持ち、交通量が少なくなった時点でそれまで明瞭でなかった1.2 Hzの波動が観測されるのであろう。なお1.2 Hzの波動がS波であることは、水平動成分の換振器にしか検出されないことから推定できる。これでこの地盤の固有振動数に1.2 Hzを選ぶ妥当性が増したが、さらに重複反射理論値と比較してみる必要がある。また今回の実験で、常時微動の測定には慎重な配慮が必要であることがわかった。

4 あとがき

振動の測定・解析という問題について、それを波動の伝播という概念からとらえる方法を述べてきた。我々は今まで振動公害を考える時に、振源と被害領域を重視し、振動を伝播させる地盤という重要な媒質を軽視してきたのではないだろうか。もう古典的な防振方法としてあまり効果を期待しなくなった溝あるいは防振壁等も、伝播してくる波動の経路、波長、エネルギー分布など慎重な検討をしたうえで設計してあれば、決して効果の薄いものではない。現に当センターで研究をすすめている溝の振動遮断効果の実験では、条件に合う溝の後方で12～18 dBの減衰比を示すshadowがみられる。また機械的な防振方法も、振動体がある固有振動数を持つ弾性体に接しているということをより重視して、防振設計を行うべきであろう。本稿では以上の問題の解決にアプローチする基礎的な方法を述べてきたが、今後はさらに応用面での諸問題に取りくむつもりである。

3)

→
1.0

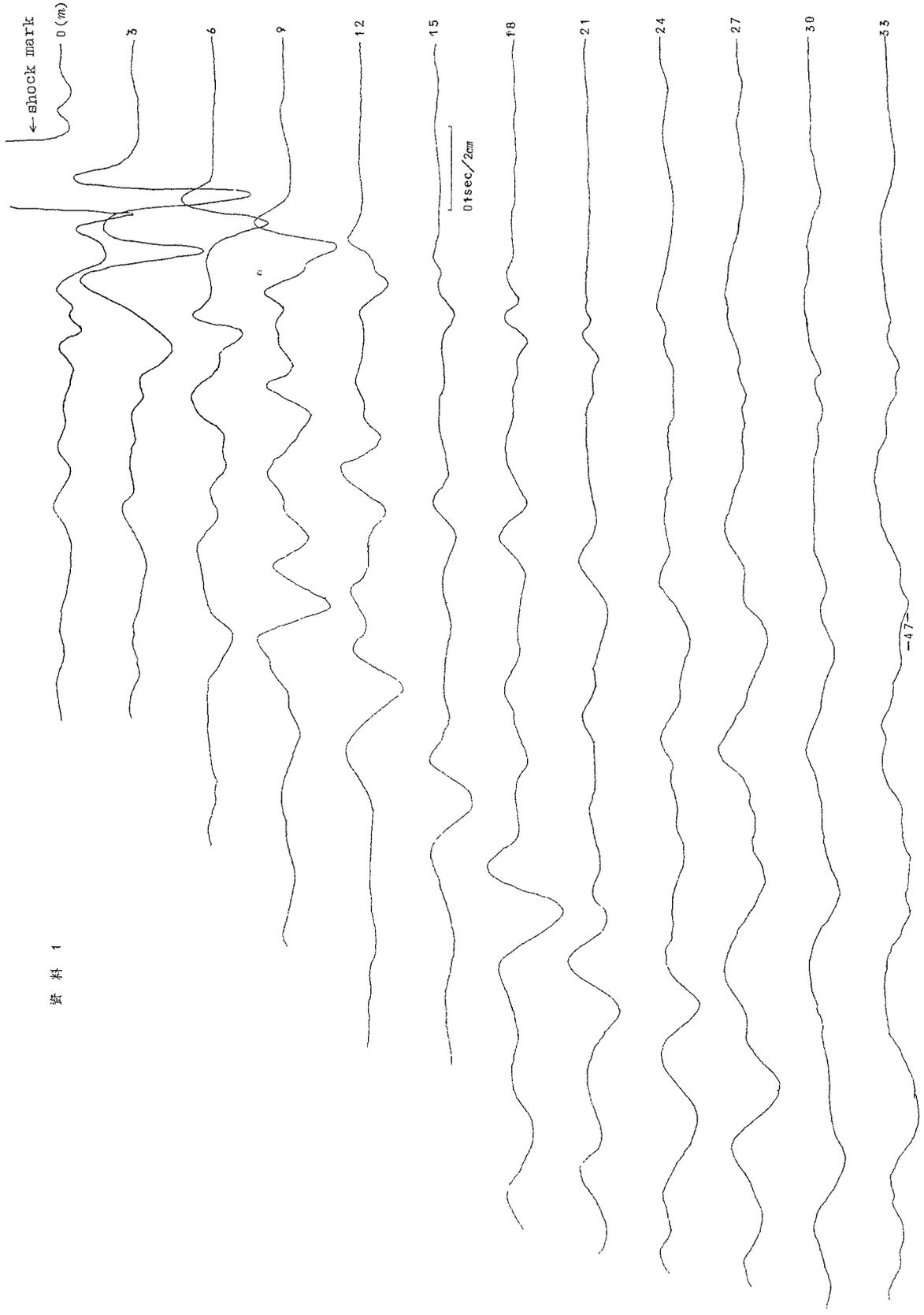
参 考 文 献

1. D.D.Barkan, Dynamics of Bases and Foundations, McGraw-Hill, New York
2. F.E.Richart et al., Screening of Elastic Surface Waves by Trenches, Proc. International Symp. on Wave Propagation & Dynamic Properties of Earth Materials
3. 相関関数およびスペクトル 磯部孝編

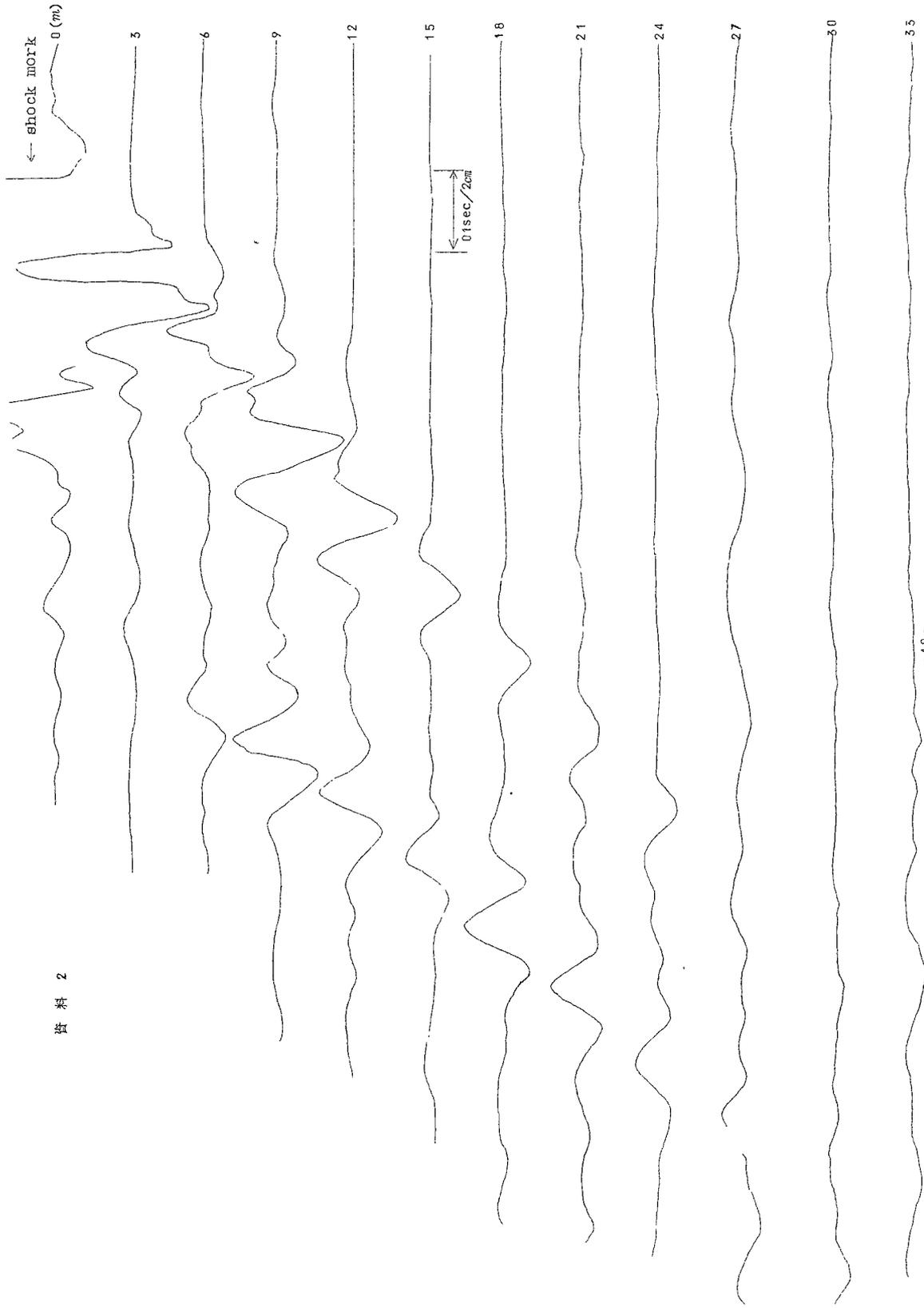
(sec)

→

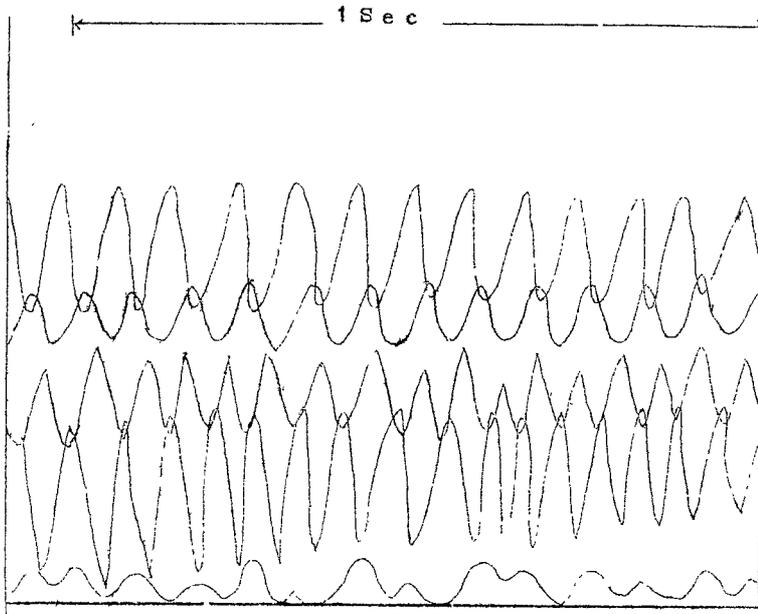
資料 1



資料 2



資料 3



バックドレーン 3成分
(注入時)

	A+(dB)	X
1	42	1.5m
2	42	1.5
3	42	1.5
4	36	2.5m
5	36	2.5
6	36	2.5
7	36	3.5m
8	30	3.5
9	36	3.5
10	30	4.5m
11	24	4.5
12	36	4.5

3. 自動車排出ガス調査

46年度、47年度にひきつづき、県下20市主要交差点のべ54地点において、自動車排出ガスについて調査を行なった。

調査項目と測定、分析方法は次のとおりである。

① 一酸化炭素

a) 連続調査 自動測定装置(日立堀場-非分散赤外線分析方式)を用いて交差点の大気をほぼ1ヶ月測定した。

b) 随意調査 12連式自動サンプラーを用いて24時間採気し、非分散赤外線分析方式で分析した。

② 窒素酸化物

24時間連続自動採取装置で採気し、ヤコブス法で二酸化窒素を分析した。

③ 鉛

ろ紙に24時間大気を吸引し、硝酸に溶解、濃縮させたものを原子吸光法で分析した。

④ 交通量

交通量パターン記録計で24時間連続測定した。

結果は以下のとおりである。