

地盤振動の基礎調査 (第3報)*

野越三雄** 乗富一雄***

Fundamental Investigation of the Ground Vibraton

Part 3

By Mitsuo NOGOSHI and Kazuo NORITOMI

(Received 20, September 1968)

Abstract

The ground motions are continuously observed by a seismometer of high magnification in an ordinary place. By means of measurement of the microtremors, the properties of the ground are inferred from the characteristics of microtremors.

The present investigation was undertaken in order to see a characteristic of the ground vibration in Hachirōgata, Akita prefecture.

In the present investigation, the thin underground structure were measured with the velocities of P-wave and S-wave by seismic prospecting.

These velocities of S-wave in the ground were compared with the relation of the quarter wave-length law.

It is shown the fact that the depth of the soft ground corresponds to the mean period of microtremors.

1 緒 言

昭和40年8月, 同41年8月にひきつづき^{1),2)}, 昭和42年8月に第3回目の八郎潟に於ける地盤の振動特性を調査した。今回も, 常時微動の測定をおこない, その周期頻度曲線を作って地盤振動の特性を解析した。その速報的なものは既に発表した。前回までの調査結果では主に八郎潟干拓地周辺の常時微動(上下動成分)の測定をおこない, これらの周期頻度曲線, 卓越周期は各測定点によってかなりのちがいを示すことがわかった。又, それらの振動特性の違いは水平的または垂直的な地盤の違いとよく対応するようである。今回は内側干拓地での工事也大分終り, 測定が可能になったので, そのような所を測定した。昭和40年, 同41年に調査した地区, G, A₁, A₃にても測定した。尚, これらの場所に於いて, 地下構造の探査もおこなった。

2 測定方法

測定に使用した器械は全く前2回の場合と同じであって, 1c/sの水平動地震計3台, 1c/sの上下動地震計3台を用い, 主に上下, 水平動を組み合わせて1点で, 3成分の測定をおこなった。その器械の結合方式は Fig. 1 にブロック・ダイアグラムで示されている。

* 昭和43年6月地震学会春季大会にて発表

** 物理学研究室

*** 鉱山学部地質学科

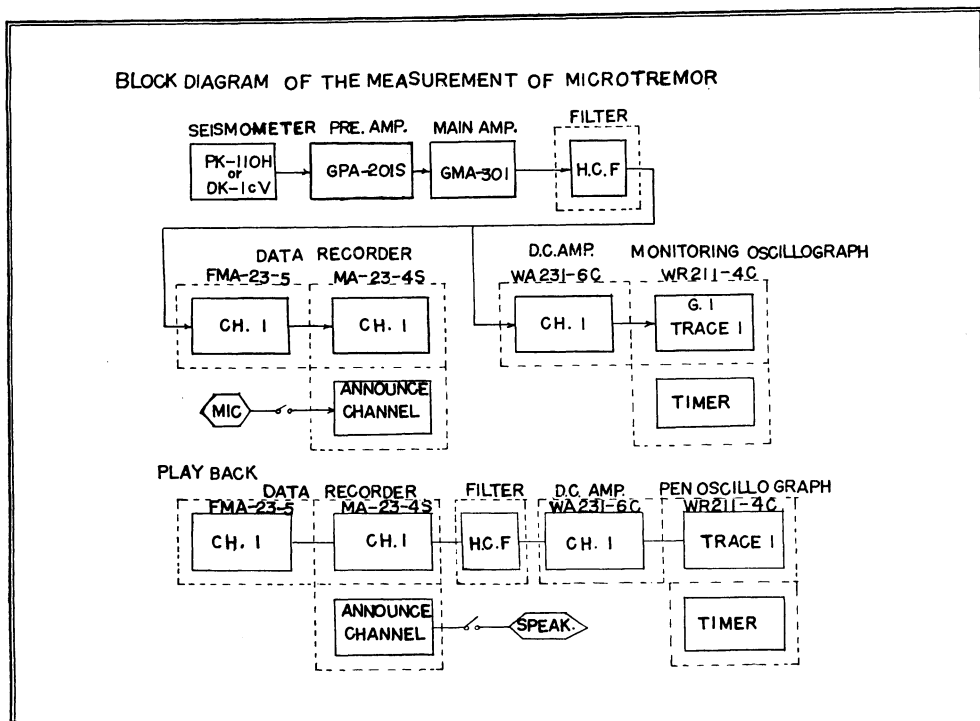


Fig. 1 Block of diagram of the measurement of microtremors.

今回おこなった測定点 ($C_1, C_2, B_3, B_4, B_5, B_6, A_3, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, H_{17}, H_{18}, G_{19}, G_{20}, G, F_{25}, E_{26}, E_{27}, C_{41}, C_{42}, C_{43}$) は Fig. 2 に示した。この測点は大体 2 km の間隔になっているが、工事現場などのノイズ源がある場合は意識的にさけて、他の所を選んだ。この図に書かれてある実線のコンターはいわゆるヘドロと呼ばれる軟弱層の等深線を示す。又、今回おこなわれた測定の方法は Table 1-1, Table 1-2, Table 1-3 に示した。

3 測定結果および考察

各測定点での常時微動の周期頻度曲線は Fig. 3-1, Fig. 3-2, Fig. 3-3, Fig. 3-4, Fig. 3-5 に示した。

この方法も全く前 2 回と同様で測定時間を 10 分以上とし、風、人工的ノイズのないときをみて測定した。そして、読みとる時間は 2 分として、周期の題度曲線を作った。これらの図をみると、やはり内側干拓地に於いても、前回の報告で述べたように大体 4 つのタイプにわけられるようである。今回はこれらのタイプを定量的に扱うために平均周期⁴⁾、即ち測定時間をその間に於ける波数で割った時間を作り、この平均周期と卓越周期（周期題度曲線の極大になる点の周期）との関係を示したのが Fig. 4 である。これは 3 成分 H_{EW} （水平動の東西方向）、 H_{NS} （水平動の南北方向）、 V （上下動）で示した。このように各成分とも、この程度のバラツキで一致しているので、卓越周期を平均周期に置きかえてもよいように思われる。但し、明らかに卓越周期と認めるのが困難な場所、即ち周期題度曲線が同程度の山を 2 つ持っているとか、フラットになっている等の場合は除いてある。この図での点のバラツキの大きさにおいて平均周期が卓越周期より大きくする傾向にある場所は人工的ノイズの大きい所と考えられるが、これらの測定点附近も工事現場が近くあって、現場環境もそうであった。又、この図に於いてその傾向が上下動の方にバラツキが大きいことが認められる。つまり、近い所の

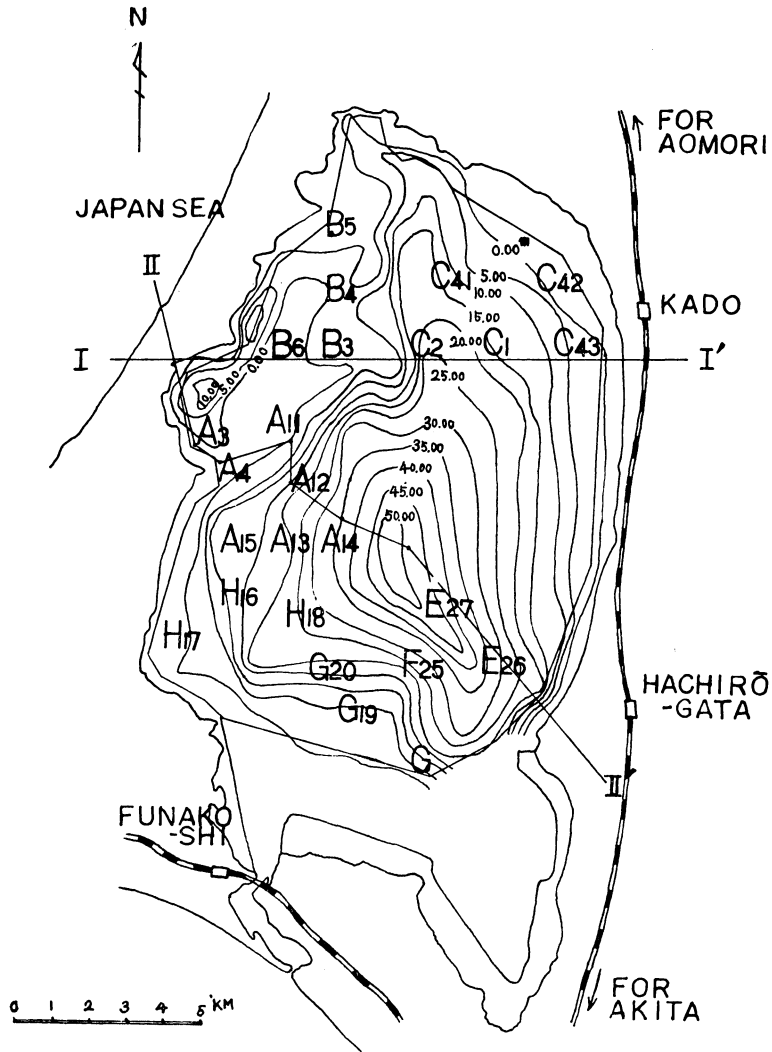


Fig. 2 Map of Hachirogata and measurement place.

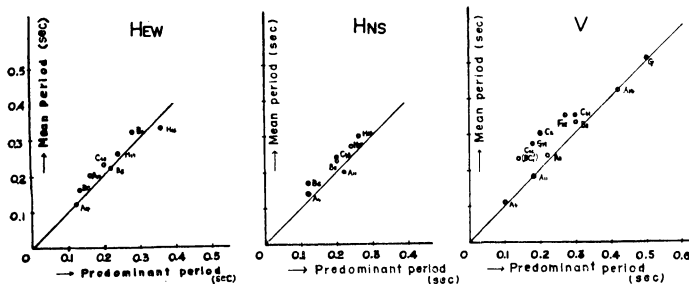


Fig. 4 Relation between the predominant period and the mean period of microtremors.

人工的ノイズの直接的影響は水平動より上下動に多いと思われるが、このことは常時微動の成因、性質を考える上に一つの示唆を与える。更に、この図と第1図で示した軟弱層（ヘドロ）の等深線とを比較すると、軟弱層の薄い所ほどその平均周期は小さくなり、厚い所ほど周期は大きいということがわかる。これは水平動、上下動とも同じ傾向を示す。

又、周期頻度曲線に於ける前記の4つのタイプもこの図から区分することが可能である。²⁾ところで、常時微動を測定した2分間には2, 3波続く最大の周期があり、これを最大周期とし

た。この常時微動に含まれる最大周期も地下に於ける弾性定数などの物理的性質などの情報を持って⁴⁾いることは充分考えられる。既に、金井等はこの最大周期と平均周期との関係を各地に於いて実測し、Fig. 5のように、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳなる区分けをして、これらが地震動災害と密接な関係にあることからⅠ～Ⅳの記号の順に地震動災害に弱い地盤であるとした。これを八郎潟干拓地の地盤にあてはめ、どの測定点がどの地盤種別にはいるからみるために Fig. 5 が作られた。この図に於いて、○印

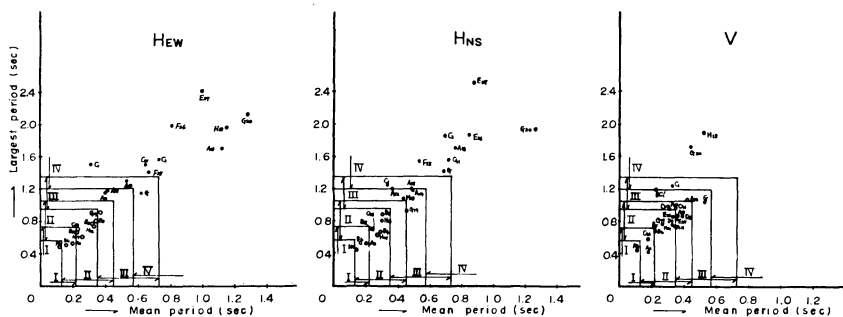


Fig. 5 Classification of the ground by microtremor measurement.

Symbols Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ represent the kinds of ground used in the Building Code of Japan.

は平均周期が卓越周期と考えてよい点であるが、●印は周期頻度曲線がフラットであるが機械的に平均周期を算出した点である。この図からは水平動成分 (H_{NS} , H_{EW}) は同じ傾向を示すが上下動成分 (V) のややその分布が異なる。しかし、どちらも卓越周期が短周期の方にシャープに出現している場所は動特性に対しても地盤がよく、フラットに出現している場所は地盤がわるいことを示している。尚、地盤種別Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳについて、常時微動の波形と周期頻度曲線との対応を示せば Fig. 6 のようになる。又、これらを表にまとめると Table 2—1, Table 2—2, Table 2—3 のようになる。

このようにして、地盤をⅠ～Ⅳに種別して、それらが八郎潟干拓地でどのように分布をしているかをみたのが Fig. 7, Fig. 8 である。

Fig. 5 からわかるように水平動の H_{EW} , H_{NS} は同じ傾向があるから、分布図としては H_{EW} のみを示した。また測定点が少ないので概略的になるが、その傾向として Fig. 2 の軟弱層等深線とくらべればわかるように、 H_{EW} , V とともに全體的に、軟弱層の深い所は地盤の動特性の判定からも悪く、軟弱層の殆んどない地区では非常に良いことが示されている。但し、前述したように、Fig. 5 に於ける水平動と上下動成分で、その測定点の分布がやや異っているのがみられたように、Fig. 7 と Fig. 8 ではやや違いがみられる。この違いは土質的に「非常に軟い層」と「軟い層」との2つに分類された貫入抵抗値の分布図に傾向として対応するのがみられる。即ち、このことは地盤の動特性が地盤の地質の性質は勿論、その軟かさ、硬さという物理的性質に特に左右されることを示している。そして、上下動成分が「非常に軟い層」つまりいくらか浅い層の方に大きく影響されるということがみられる。このことは、常時微動と地震動災害との関連に於いて興味深い。これらのことは測定点もまだ少ない段階なので今後更に追求したい。

さて、常時微動の卓越周期(平均周期)と第1層の深さととの関係はいわゆる 1/4 波長則

$$H = \frac{1}{4} TV$$

なる関係式が成立するとされている。但し、 H は第一層の深さ、 T は卓越周期、 V はその層の速度(条

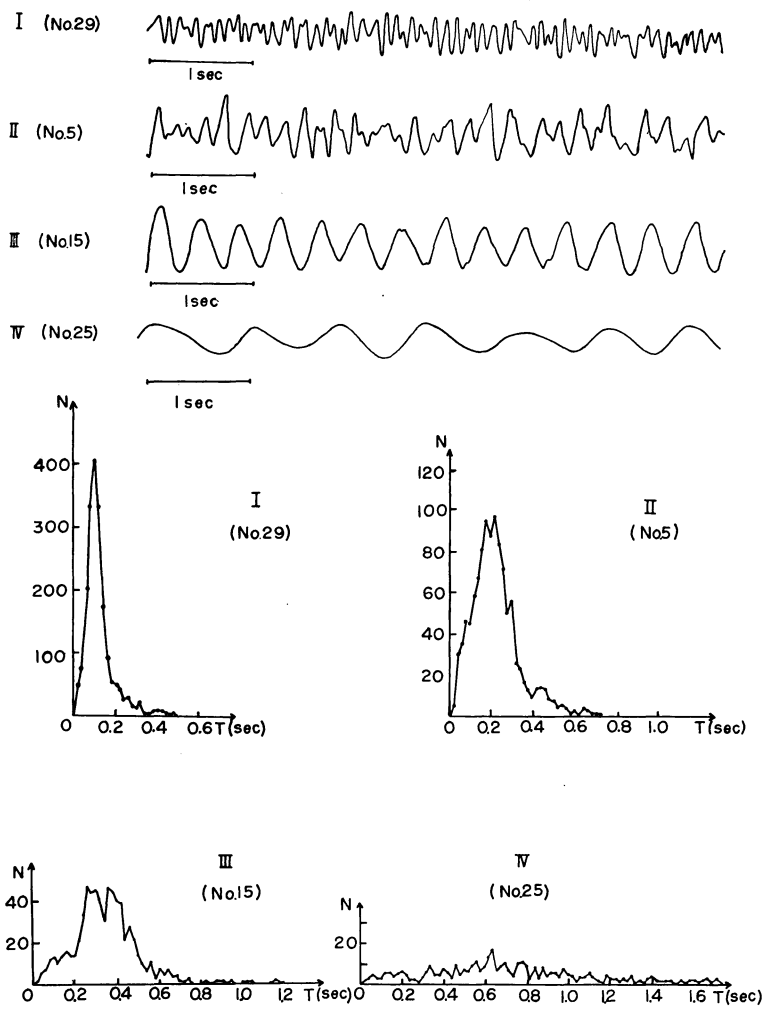


Fig. 6 Representative period distribution curves of microtremors at the various kinds of ground and a part of the each record of them.

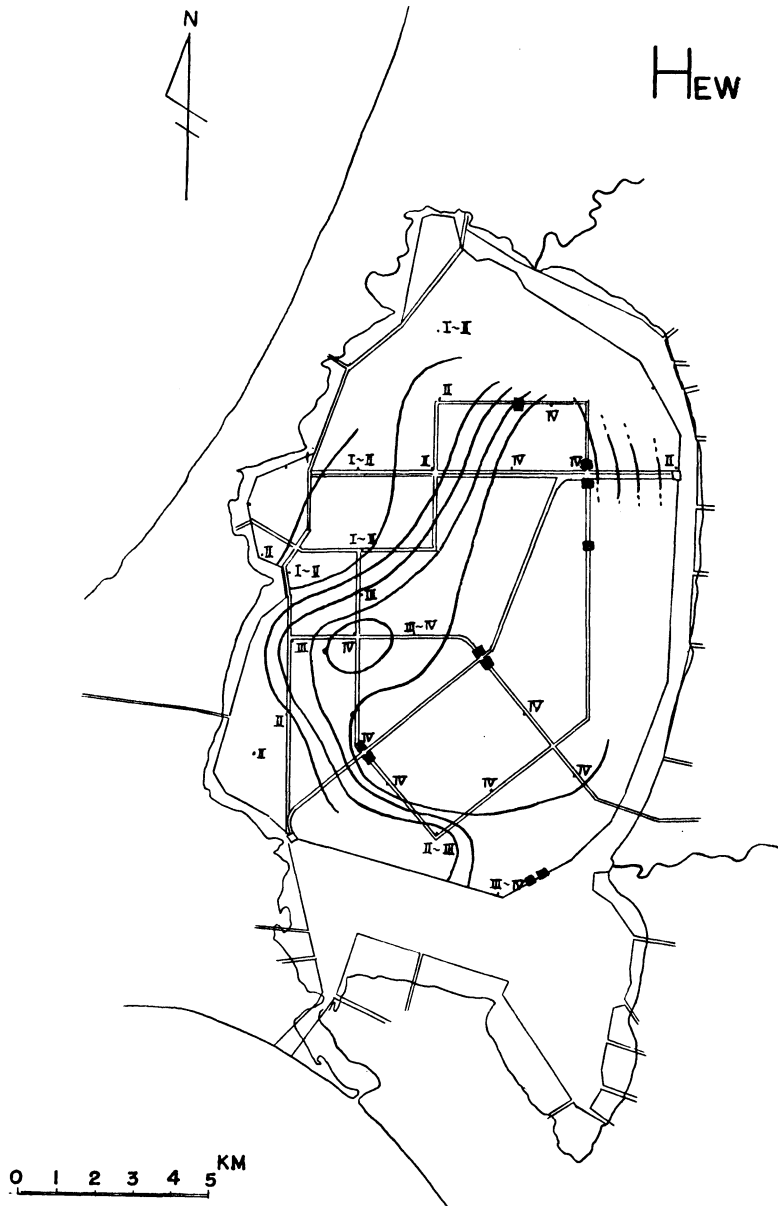


Fig. 7 Contours of the kinds of ground(I, II, III and IV) in Hachirogata.

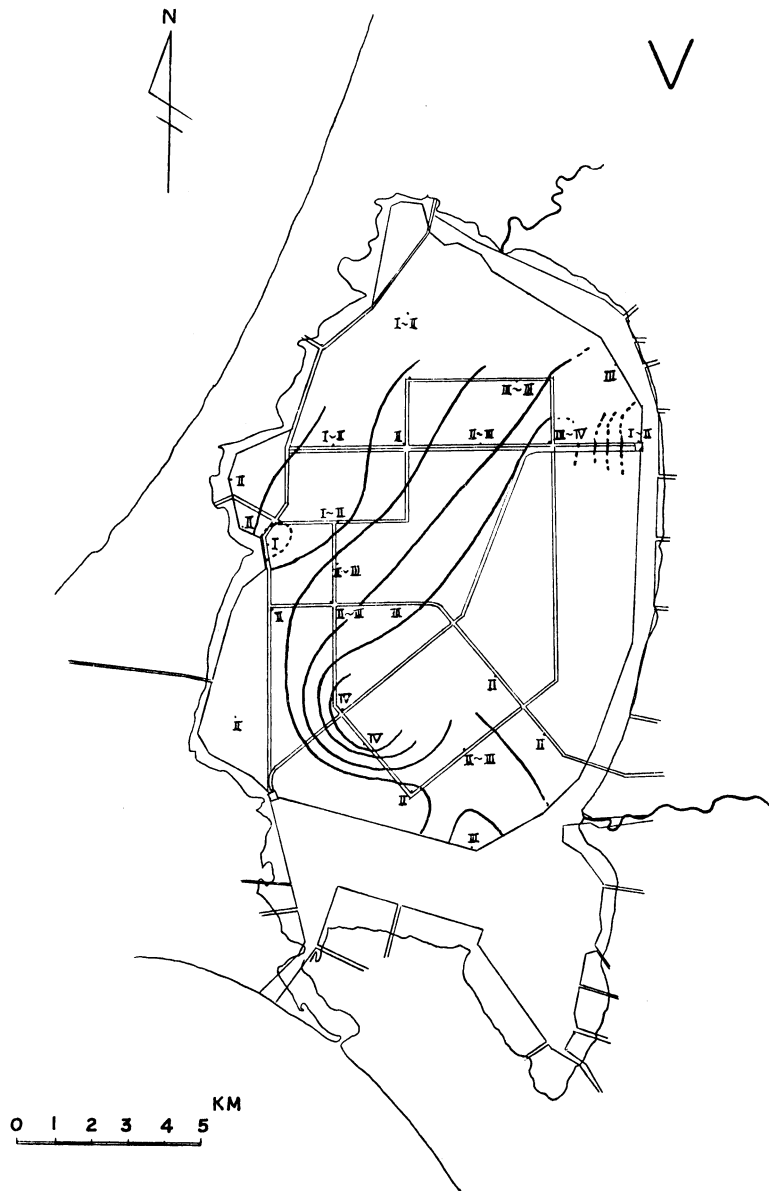


Fig. 8 Contours of the kinds of ground (I, II, III and IV) in Hachirogata.

件によって、P波速度、S速度をとる。)である。この関係式はまだ完成されてはならず、常時微動の成因からんでくる問題もあるのであるが、ここでは一応八郎潟という軟弱層に於いてはどうかをみてみよう。常時微動の卓越周期に関する第一層を軟弱層と考えると、その測定点の卓越周期(平均周期)と軟弱層の厚さと関係を示したのが Fig. 9 である。この図で○印は卓越周期を平均周期

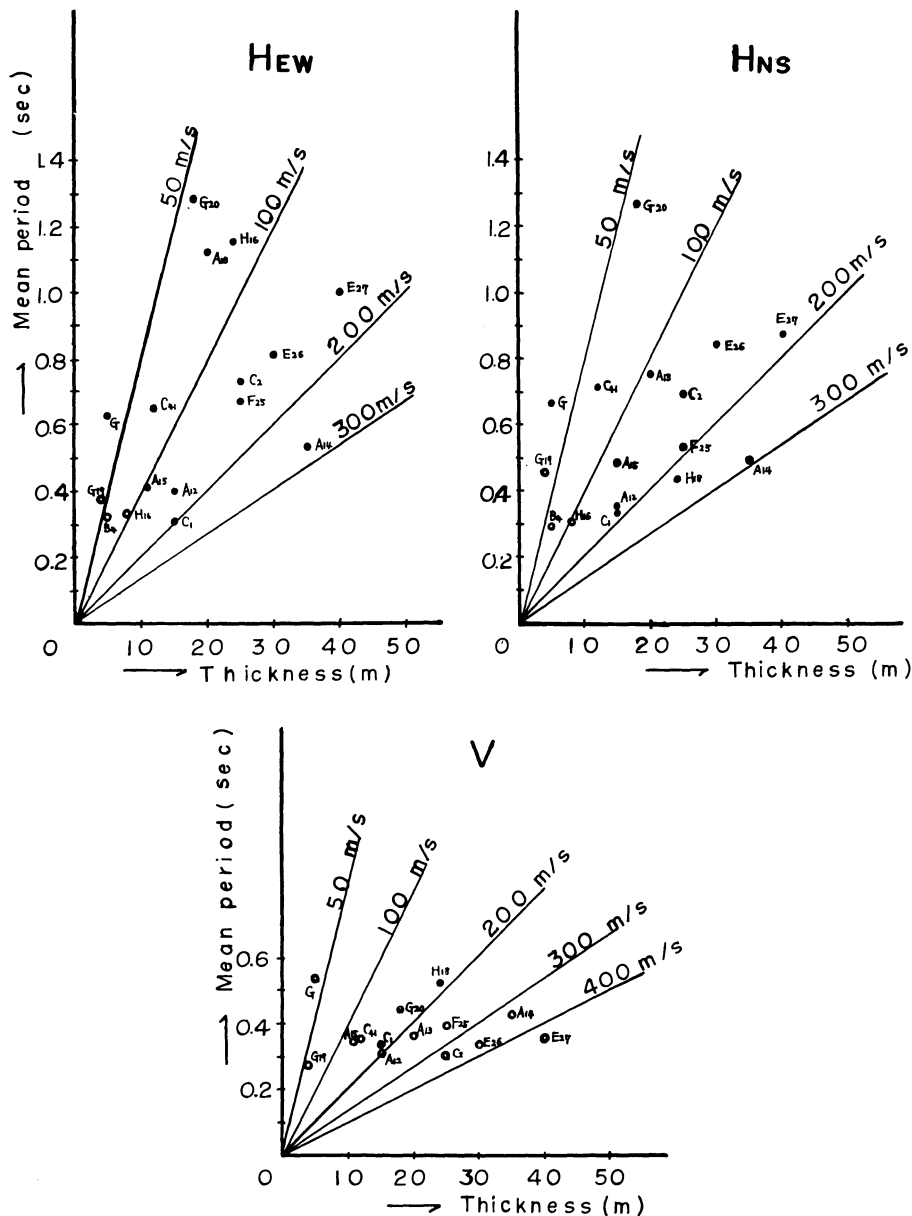


Fig. 9 Relation between the mean period of microtremors and the depth of soft ground.

としてよいところであるが、●は周期頻度曲線がフラットであるものを強引に平均周期を計算して出したものである。大体の傾向として、やはり軟弱層の深さが大きくなると平均周期はのびる。又、前

述のように当然ながら水平動成分を表わす H_{EW} , H_{NS} は大体同じバラツキを示すのに対して, 上下動成分を表わす V はややその傾向が異なる。Fig. 10 には最大周期と軟弱層との厚さとの関係を示した

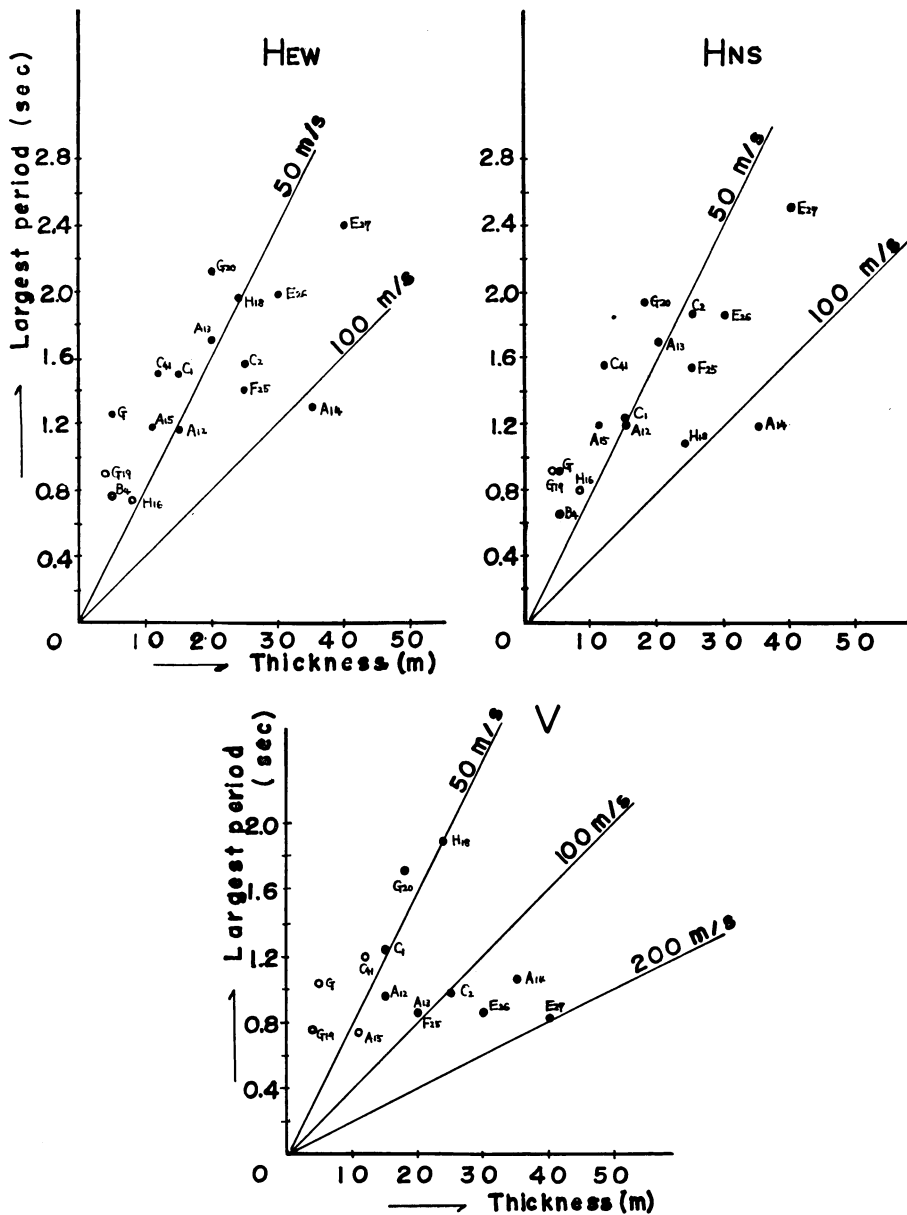
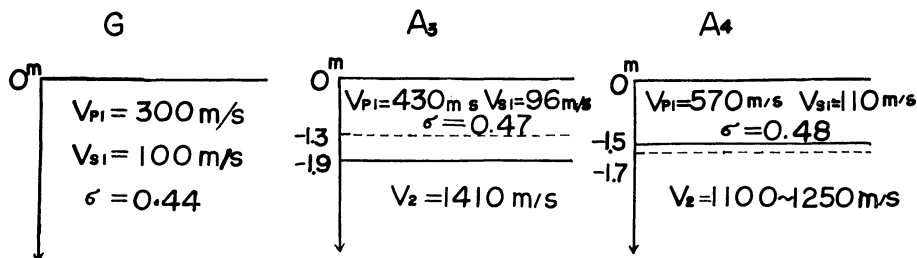


Fig. 10 Relation between the largest period of microtremors and the depth of soft ground.

が, これらも前述したことと同様のことがみられる。

ところで, 常時微動の測定に先だて, 八郎潟干拓地に於ける弾性波速度を知るために重錘落下法による弾性波探査を昭和40年8月と同じ場所 G, A₃, A₄ でおこなった。それを整理しまとめると Fig. 11 のようになる。



Y	V _{p1} (m/s)		V _{p2} (m/s)		DEPTH(m)		V _{s1} (m/s)		σ	
	1965	1967	1965	1967	1965	1967	1965	1967	1965	1967
G	330	300					100	100	0.460	0.44
A ₃	430	430	1250	1410	-1.3	-1.9	100	96	0.471	0.47
A ₄	550	570	1420	1100 1250	-1.7	-1.5	130	110	0.470	0.48

Fig.11 Ground structures obtained from the seismic prospecting.

この図に於いて、点線は昭和40年8月時での境界である。S波測定は板たたき法によっておこなった。この結果は2年間という時間経過にもかかわらず殆んど変化がみられないことを示している。尚、この弾性波速度については昭和42年7月にA₁₃という場所で小爆破実験がおこなわれたが、その時の弾性波速度とよく一致しているので、八郎瀧干拓地全域についても大体似たような値であると考えてよいと思われる。このように、Fig. 9に於ける1/4波長則からだされる速度と比較してみるとH_{EW}、H_{NS}、Vとも地盤内のP波の平均速度にして小さすぎるようであるが、水平動よりは上下動の方がややそれに近い値をとるようである。そして、地盤内のS波の平均速度と比較してみれば、場所によって異なるがやや大きいことが、そして上下動よりは水平動の方がそれに近いことを示す。これらのことは、金井等も指摘しているように、卓越周期（平均周期）が誘発される層が必ずしも地質的にきめられた境界によってはいないのかもしれない。しかし、P波速度が常時微動の上下動成分に、S波速度が水平動成分に対応するのは常時微動の成因から興味深い。これらのことも、更に個々の測定点についてのデータを詳しく検討して追求したいと考えている。

さて、前述してきたように水平動成分（H_{EW}、H_{NS}）と上下動成分（V）の卓越周期（平均周期）が一致しない現象がみられ、この関係を示してみるとFig12のようになる。図のようにH_{NS}、H_{EW}は大体一致しているが、H_{NS}（H_{EW}も同じ）とVとは短周期のところと一致しているのに長周期になると一致しなくなることがみられる。即ち、その一致している所をあげるとA₄、A₁₁、B₆、C₄₃、B₅、A₃、H₁₇、B₃であって他は一致しなくなるのである。そのさかいめはC₁、A₁₃あたりである。前者はその軟弱層の深さをみれば、殆んどそれは0mに近い所であり、その他はいずれも軟弱層の厚い所なのである。つまり、軟弱層の厚さが大きくなれば、水平動成分の卓越周期（平均周期）と上下動成分の卓越周期（平均周期）が違ってくるとい現象がみられる。この点にも関連して、Fig. 1で示したI—I'、II—II'の断面をとり、その線上の測定点に於ける常時微動（H_{EW}、H_{NS}、V）の卓越周期（平均周期）、最大周期とボーリングによる地下構造の深さについての関係をみようとしたのがFig. 13（I—I'）、Fig. 14（II—II'）である。これらの図で地質を示したClay、Sand、Knなどは極く大ざっぱな分け方で、Clayと書いた部分は主にシルトでKnとした部分は瀧西層と呼ばれる洪積層に相当するものである。Fig. 13に於けるBB₅、Fig. 14に於けるE₃、E₂、E₁、E₀、BF₅等は昭和41年8

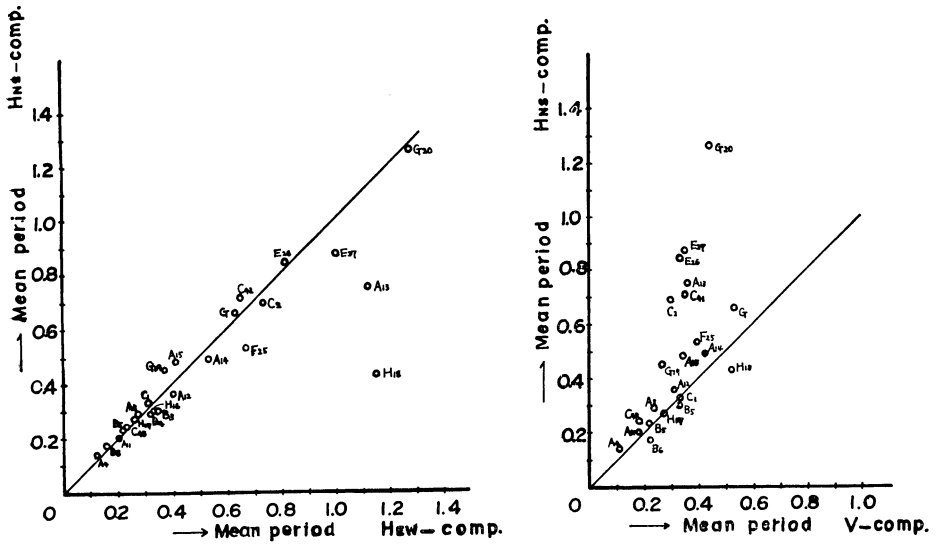


Fig.12 Period relations of H-comp. and V-comp. of microtremors.

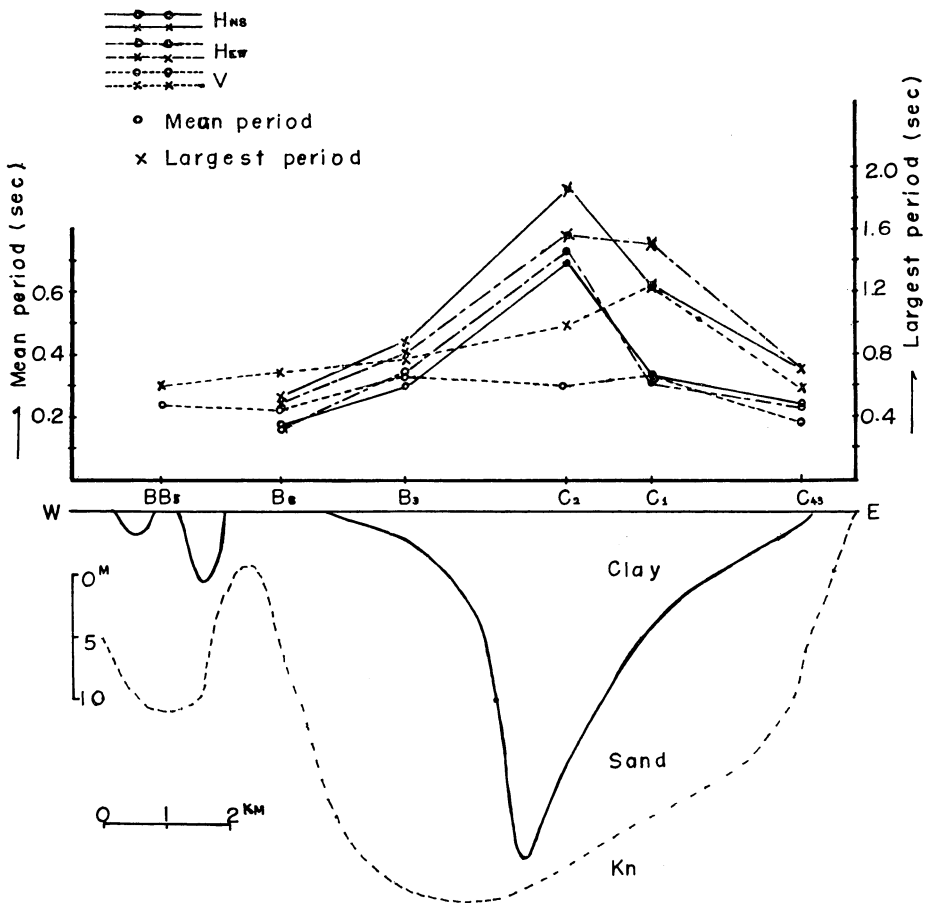


Fig.13 Relation among the mean period and the largest period of microtremors and the underground structure obtained from boring data. (| - | ')

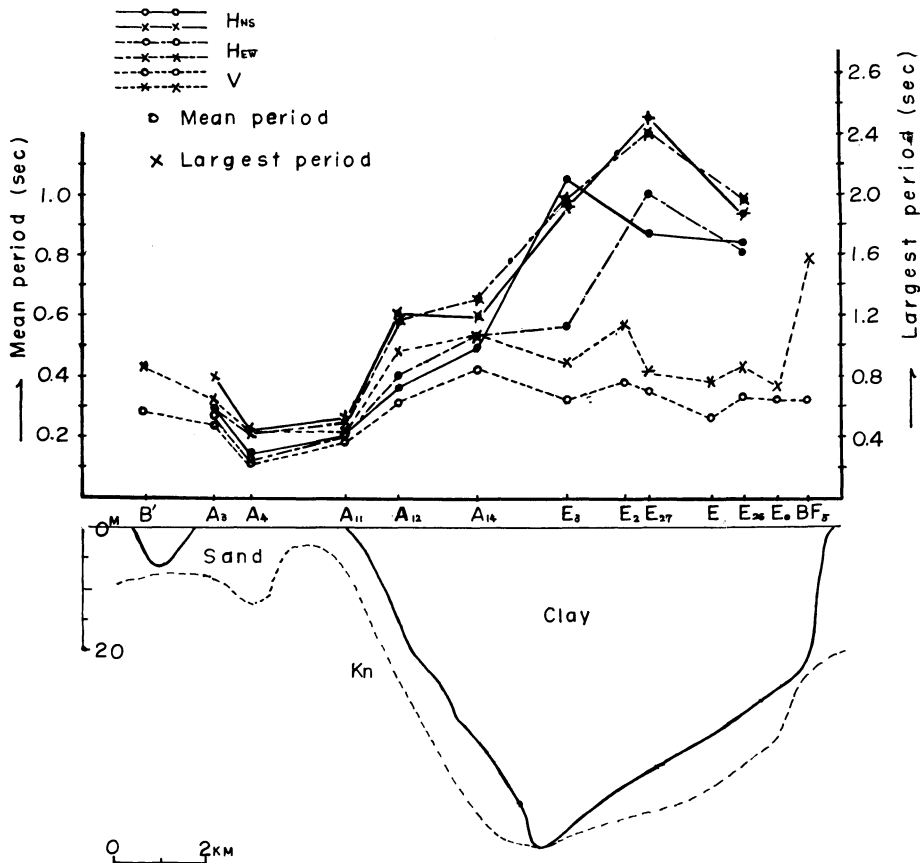


Fig.14 Relation among the mean period and the largest period of microtremors and the underground structure obtained from boring data. (||—||')

月に測定したデータを使用している。これらの図からわかるように、常時微動の卓越周期（平均周期）と最大周期、軟弱層の厚さ及びその上部境界との相関が非常によくできているのであって、卓越周期（平均周期）、最大周期が大きくなるに従って軟弱層は厚くなり、Knの上部境界も深くなるのが明瞭に示されている。即ち、この点に関して常時微動は地下構造による情報であることは間違いない。唯、前述したようにこれらの卓越周期、最大周期がどの境界で誘発されるのかは先ほどの1/4波長則からは未だ説明できない点もあり、今後の課題であろう。

次に上下動成分の卓越周期（平均周期）、最大周期と地下構造とを対比すると水平動の場合よりはその影響が顕著ではなく、軟弱層が厚くなっても、それほど周期は大きくなっていないということがみられる。これも前述してきたように、水平動の卓越周期（平均周期）と上下動の卓越周期（平均周期）が軟弱層の厚い所では一致なくなるということに関連があるのである。このことは地盤種別の所で述べたように上下動成分はいくらか浅い所で誘発された周期を示しやすいということ、そしてこれはM波型の表面波を示しているのではないかとことを示唆しているようにも思えるが、これらの点については更に詳しいデータの検討が必要であって、これも今後の問題である。尚、堤防についての振動特性については別な機会に述べるつもりである。

4 結 語

現在までのデータ解析からは次のようなことがまとめられる。

(1) 八郎潟の内側干拓地に於いても、常時微動の卓越周期と平均周期は水平動、上下動成分とも一致し、その値は軟弱層が厚くなるに従って大きくなる。

(2) 八郎潟干拓地に於いて、建築基準関係の地盤種別から動特性を判定すると軟弱層の厚さとよく対応し、厚い所は悪く、薄い所は良い地盤であることがわかった。

(3) 又、これは地盤の抵抗貫入値の分布と地盤種別もよく対応するが、水平動成分で定められた地盤種別は抵抗貫入値で定められた「軟い層」に、上下動成分で定められた地盤種別は「非常に軟い層」に対応するようである。

(4) 常時微動の平均周期、最大周期は非常によく地下構造を反映し、八郎潟の場合軟弱層の厚さ、潟西層の上部境界との変化と対応する。

この調査にあたって、いろいろ便宜をはかってくださった八郎潟干拓事務所ならびに農地開発機械公団の方々に厚くお礼申し上げます。測定、解析の際には鉱山学部地質学科4年次学生湊務君に協力してもらった。又、測定の時には、秋田工業高専助教授奥山良俊氏、鉱山学部地質学科4年次学生堀江君、教育学部物理学研究室技術員菊池氏にお世話になり感謝致します。

この研究は昭和42年度特定研究（災害科学）費によっておこなわれた。

参 考 文 献

- 1) 野越三雄, その他: 八郎潟に於ける地盤振動の基礎調査, 東北地域災害科学研究報告, 昭和41年3月
野越三雄, その他: 地盤振動の基礎調査—八郎潟の例(1)—, 秋田大学地研報告, 第34号, 昭和41年9月
- 2) 野越三雄, 西城 忠泰: 八郎潟に於ける地盤振動の基礎調査(その2), 東北地域災害科学研究報告, 昭和42年3月
野越三雄, その他: 地盤振動の基礎調査(第2報) 秋田大学教育学部研究紀要, 第18集, 昭和42年6月
- 3) 野越三雄, その他: 八郎潟に於ける地盤振動の基礎調査(その3), 東北地域災害科学研究報告, 昭和43年3月)
- 4) K. Kanai, T. Tanaka and K. O sada : Measurement of Microtremor (I—VIII) B. E. R. I., 32 (1954) ~ 39 (1961)
- 5) 塚本元, 黒田貞蔵, 宮崎武美: 八郎潟の土と水, 八郎潟の研究(1965), 八郎潟学術調査会, 昭和40年7月
- 6) 地震探鉱実験グループ: 地震探鉱実験グループ会報, 第45号, 1967年7月
- 7) 藤岡一男: 八郎潟の地史, 八郎潟の研究(1965), 八郎潟学術調査会, 昭和40年7月

No.	Position	Channel	Direction of seismometer	Remarks	No.	Position	Channel	Direction of seismometer	Remarks
1	C ₁	1	H _{NS}	on ground	10	A ₃	1	H _{EW}	on embankment
		2	H _{EW}	"			2	H _{EW}	on road
		3	V	"			3	H _{EW}	on ground
2	C ₂	2	H _{NS}	on ground	11	A ₁₁	2	H _{NS}	on ground
		1	H _{EW}	"			1	H _{EW}	"
		3	V	"			3	V	"
3	B ₃	2	H _{NS}	on ground	12	A ₁₂	2	H _{NS}	on ground
		1	H _{EW}	"			1	H _{EW}	"
		3	V	"			3	V	"
4	B ₄	2	H _{NS}	on ground	13	A ₁₃	2	H _{NS}	on ground
		1	H _{EW}	"			1	H _{EW}	"
		3	V	"			3	V	"
5	B ₅	1	H _{NS}	on ground	14	A ₁₄	2	H _{NS}	on ground
		2	H _{EW}	"			1	H _{EW}	"
		3	V	"			3	V	"
6	B ₆	2	H _{NS}	on ground	15	A ₁₅	2	H _{NS}	on ground
		1	H _{EW}	"			1	H _{EW}	"
		3	V	"			3	V	"
7	A ₃	2	H _{NS}	on ground	16	H ₁₆	2	H _{NS}	on ground
		1	H _{EW}	"			1	H _{EW}	"
		3	V	"			3	V	"
9	A ₃	1	H _{NS}	on embankment	17	H ₁₇	2	H _{NS}	on ground
		2	H _{NS}	on road			1	H _{EW}	"
		3	H _{NS}	on ground			3	V	"

Table 1—1 Positions and directions of seismographs in the measurement places.

No.	Position	Channel	Direction of seismometer	Remarks	No.	Position	Channel	Direction of seismometer	Remarks
18	H ₁₈	2	HNS	on ground	26	E ₆	2	HNS	on ground
		1	HEW	"			1	HEW	"
		3	V	"			3	V	"
19	G ₁₉	2	HNS	on ground	27	E ₂₇	2	HNS	on ground
		1	HEW	"			1	HEW	"
		3	V	"			3	V	"
20	G ₂₀	2	HNS	on ground	29	A ₄	2	HNS	on ground
		1	HEW	"			1	HEW	"
		3	V	"			3	V	"
21	G	1	HNS	on ground	35	A ₄	1	HEW	on ground
		2	HEW	"			2	HEW	on embankment
		3	V	"			3	HEW	on ground
22	G	1	V	on embankment	36	A ₄	1	HNS	on ground
		2	V	on ground			2	HNS	on embankment
		3	V	on ground			3	HNS	on ground
23	G	1	HEW	on embankment	40	B'	1	V	on ground
		2	HEW	on ground			2	V	on embankment
		3	HEW	on ground			3	V	on ground
24	G	1	HNS	on embankment	41	C ₄₁	2	HNS	on ground
		2	HNS	on ground			1	HEW	"
		3	HNS	on ground			3	V	"
25	F ₂₅	2	HNS	on ground	42	C ₄₂ (BC' ₁)	3	V	on ground
		1	HEW	"			2	V	on road
		3	V	"			1	V	on embankment

Table 1—2 Positions and directions of seismographs in the measurement places.

No.	Position	Channel	Direction of seismometer	Remarks	No.	Position	Channel	Direction of seismometer	Remarks
8	A ₃	1	V	on embankment	39	B'	1	V	on embankment(S)
		2	V	on road			2	V	" (M)
		3	V	on ground			3	V	" (N)
37	BA ₄ '	1	V	on embankment(S)	43	C ₄₃	2	H _{NS}	on ground
		2	V	" (M)			1	H _{EW}	"
		3	V	" (N)			3	V	"
38	B'	1	V	on embankment(S)					
		2	V	" (M)					
		3	V	" (N)					

Table 1—3 Positions and directions of seismographs in the measurement places.

No.	Channel	Period (sec)			Type	Classification of ground	Depth of soft ground (m)	Depth of alluvium (m)
		Dominant	Mean	Largest				
1	1		0.33	1.24	$\dot{A}G$	III ~ IV	15	25
	2		0.31	1.50	$\dot{A}G$	IV		
	3		0.33	1.24	$\dot{A}G$	III ~ IV		
2	2		0.69	1.86	G	IV	25	29
	1		0.73	1.56	G	IV		
	3		0.30	0.98	$\dot{A}G$	II ~ III		
3	2		0.30	0.88	$\dot{A}G$	II	1	30
	1		0.34	0.80	$\dot{A}G$	II		
	3	0.30	0.33	0.76	AG	II		
4	2		0.29	0.66	$\dot{A}G$	II	5	22
	1		0.32	0.76	$\dot{A}G$	II		
	3	—	—	—	—	—		
5	1	0.20	0.23	0.70	$\dot{A}G$	II	0	17
	2	0.22	0.22	0.66	$\dot{A}G$	I ~ II σ II		
	3		0.22	0.70	$\dot{A}G$	I ~ II σ II		
6	2	0.12	0.17	0.52	A or $\dot{A}G$	I ~ II	0	10
	1	0.13	0.16	0.50	A or $\dot{A}G$	I ~ II		
	3		0.22	0.68	$\dot{A}G$	I ~ II σ II		
7	2		0.29	0.87	$\dot{A}G$	II	0	10
	1		0.27	0.58	$\dot{A}G$	II		
	3	0.22	0.24	0.64	$\dot{A}G$	II		
9	1	—	—	—	—	—	0	10
	2	0.12	0.18	0.56	$\dot{A}G$	I ~ II		
	3		0.28	0.72	$\dot{A}G$	II		
10	1	—	—	—	—	—	0	10
	2	0.12	0.16	0.48	$\dot{A}G$ or A	I ~ II		
	3		0.28	0.62	$\dot{A}G$	II		
11	2	0.22	0.20	0.52	A or $\dot{A}G$	I ~ II	0	10
	1	0.16	0.20	0.50	A or $\dot{A}G$	I ~ II		
	3	0.18	0.18	0.42	A	I ~ II		
12	2		0.36	1.20	$\dot{A}G$	III σ III ~ IV	15	25
	1		0.40	1.16	G or $\dot{A}G$	III		
	3		0.31	0.96	$\dot{A}G$	II ~ III		
13	2		0.75	1.70	G	IV	20	25
	1		1.12	1.70	G	IV		
	3		0.36	0.36	$\dot{A}G$	II ~ III		

Table 2—1 Positions and directions of seismographs in the measurement places, predominant period and types of microtremors, depth of soft ground.

No.	Channel	Period (sec)			Type	Classification of ground	Depth of soft ground (m)	Depth of alluvium (m)
		Dominant	Mean	Largest				
14	2 ap		0.49	1.18	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅲ	35	46
	1		0.53	1.30	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅲ ~ Ⅳ		
	3	0.42	0.42	1.06	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅲ		
15	2		0.48	1.20	\dot{G} or $\dot{A} \dot{G}$	Ⅲ σ Ⅲ ~ Ⅳ	5	11
	1		0.41	1.18	\dot{G} or $\dot{A} \dot{G}$	Ⅲ		
	3		0.34	0.74	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ		
16	2	0.26	0.30	0.80	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ	8	20
	1	0.36	0.33	0.74	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ		
	3	—	—	—	—	—		
17	2	0.24	0.27	0.62	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ	0	10
	1	0.24	0.26	0.60	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ		
	3		0.27	0.27	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ		
18	2		0.43	1.08	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅲ	24	25
	1		1.15	1.96	\dot{G}	Ⅳ		
	3		0.52	1.90	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅳ		
19	2		0.45	0.92	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ ~ Ⅲ σ Ⅲ	4	10
	1		0.37	0.90	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ ~ Ⅲ		
	3	0.18	0.27	0.76	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ		
20	2		1.26	1.94	\dot{G}	Ⅳ	18	18
	1		1.28	2.12	\dot{G}	Ⅳ		
	3		0.44	1.72	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅳ		
21	1		0.66	0.92	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅲ ~ Ⅳ	5	35
	3		0.63	1.26	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅲ ~ Ⅳ		
	2	0.52	0.53	1.04	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅲ		
22	1	—	—	—	—	—	5	35
	2	0.58	0.55	0.82	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅲ		
	3	0.50	0.51	0.90	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅲ		
23	1	—	—	—	—	—	5	35
	2		0.68	1.50	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅳ		
	3		0.62	1.14	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅲ ~ Ⅳ		
24	1	—	—	—	—	—		
	2		0.68	1.42	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅳ		
	3		0.62	1.10	$\dot{A} \dot{G}$ or \dot{G}	Ⅲ ~ Ⅳ		
25	2		0.53	1.54	\dot{G}	Ⅳ	25	55
	1		0.67	1.40	\dot{G}	Ⅳ		
	3		0.39	0.86	$\dot{A} \dot{G}$	Ⅱ ~ Ⅲ		

Table 2—2 Positions and directions of seismographs in the measurement places, predominant period and types of microtremors, depth of soft ground.

No.	Channel	Period (sec)			Type	Classification of ground	Depth of soft ground (m)	Depth of alluvium (m)
		Dominant	Mean	Largest				
26	2		0.84	1.86	G	IV	30	38
	1		0.84	1.96	G	IV		
	3		0.81	0.86	A \dot{G}	II		
27	2		0.87	2.50	G	IV	40	49
	1		1.00	2.40	G	IV		
	3	0.28	0.35	0.82	A \dot{G}	II		
29	2	0.12	0.14	0.44	A	I ~ II	0	10
	1	0.10	0.12	0.12	A	I		
	3	0.10	0.11	0.11	A	I		
35	1	0.12	0.12	0.48	A or A \dot{G}	I		
	2	—	—	—	—	—		
	3	0.13	0.15	0.44	A or A \dot{G}	II		
36	1	0.10	0.16	0.60	A	I ~ II		
	2	—	—	—	—	—		
	3	—	—	—	—	—		
40	1		0.28	0.86	A \dot{G}	II	5	10
	2							
	3		0.33	0.86	A \dot{G}	II		
41	2		0.71	1.56	G	IV	12	15
	1		0.65	1.50	G	IV		
	3	0.30	0.35	0.96	A \dot{G}	II ~ III		
42	3	—	—	—	—	—	0	2
	2	—	—	—	—	—		
	1	0.14	0.23	1.20	A \dot{G}	IV σ III ~ IV		
43	2	0.20	0.24	0.70	A \dot{G}	II	1	7
	1	0.20	0.23	0.70	A \dot{G}	II		
	3		0.18	0.58	A \dot{G}	I ~ II		
37	1	0.12	0.23	1.02	A \dot{G}			
	2	0.20	0.25	0.94	A \dot{G}			
	3	0.20	0.29	1.36	A \dot{G}			
38	1	0.34	0.40	1.78	A \dot{G}			
	2		0.56	2.24	G or A \dot{G}			
	3		0.55	2.28	G or A \dot{G}			
39	1		0.37	1.52	A \dot{G} or G			
	2		0.48	2.24	A \dot{G} or G			
	3		0.28	1.64	A \dot{G}			
8	1	0.18	0.23	0.78	A \dot{G}			

Table 2—3 Positions and directions of seismographs in the measurement places, predominant period and types of microtremors, depth of soft ground.

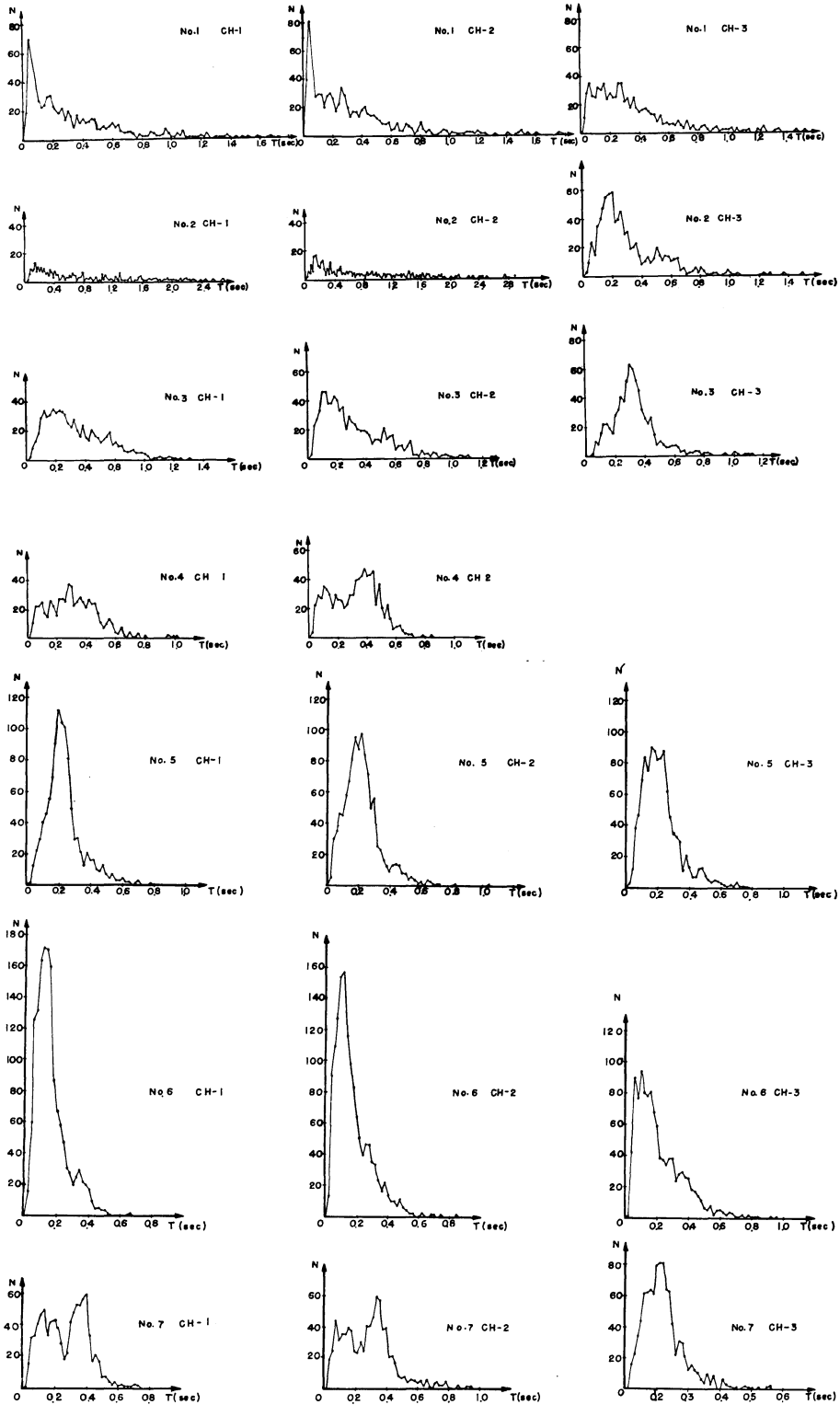


Fig. 3—1 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

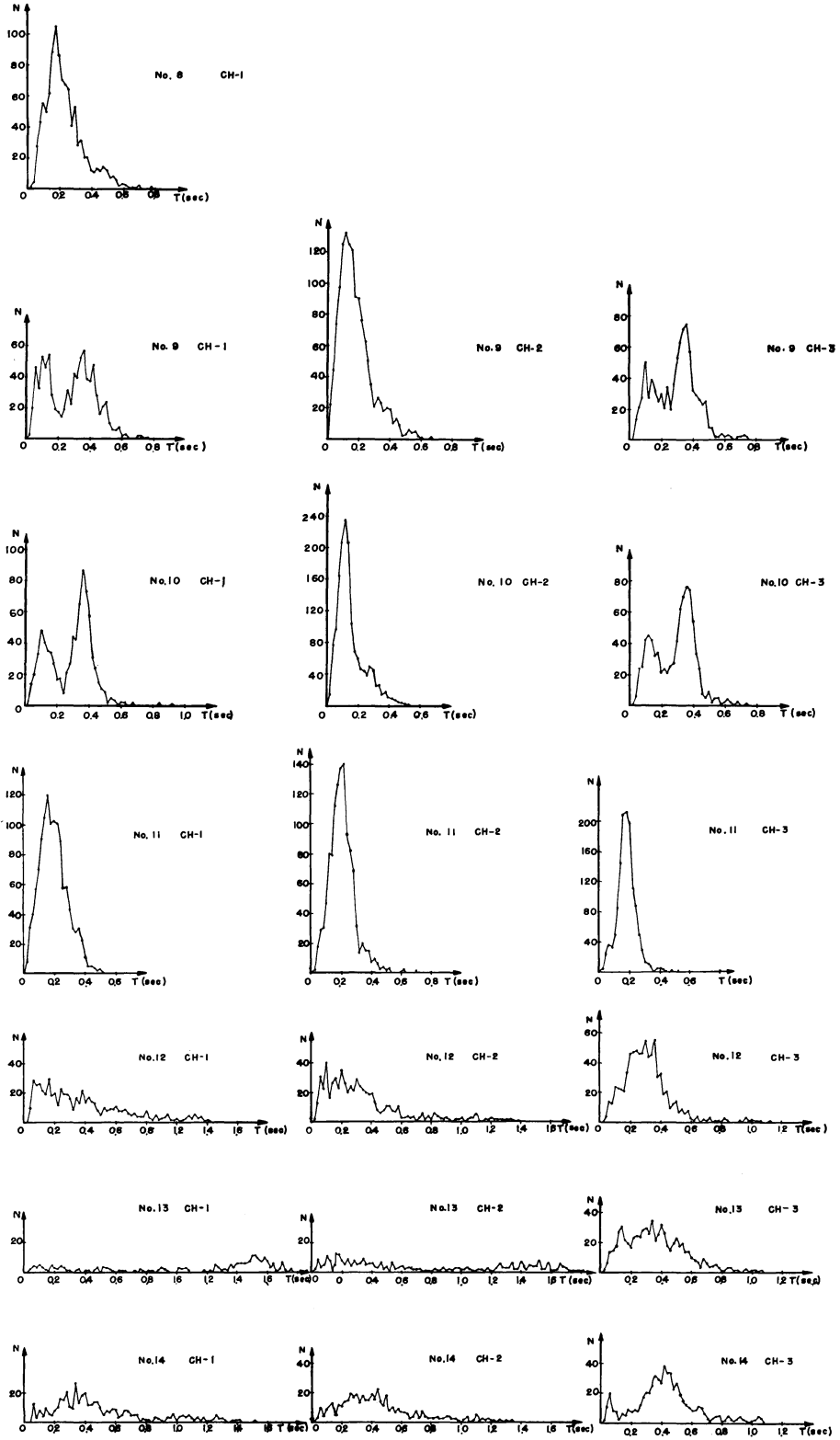


Fig. 3-2 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

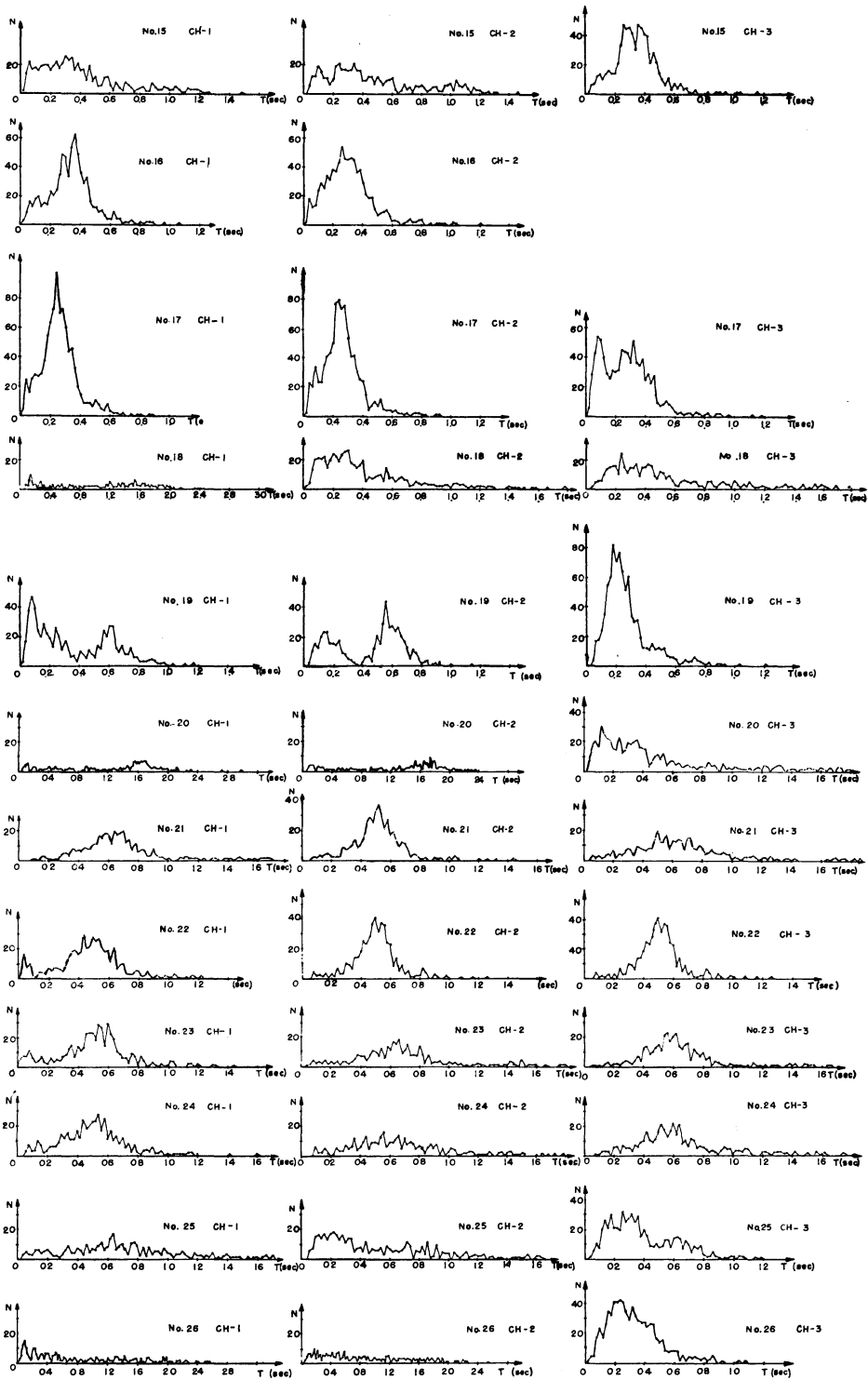


Fig. 3—3 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

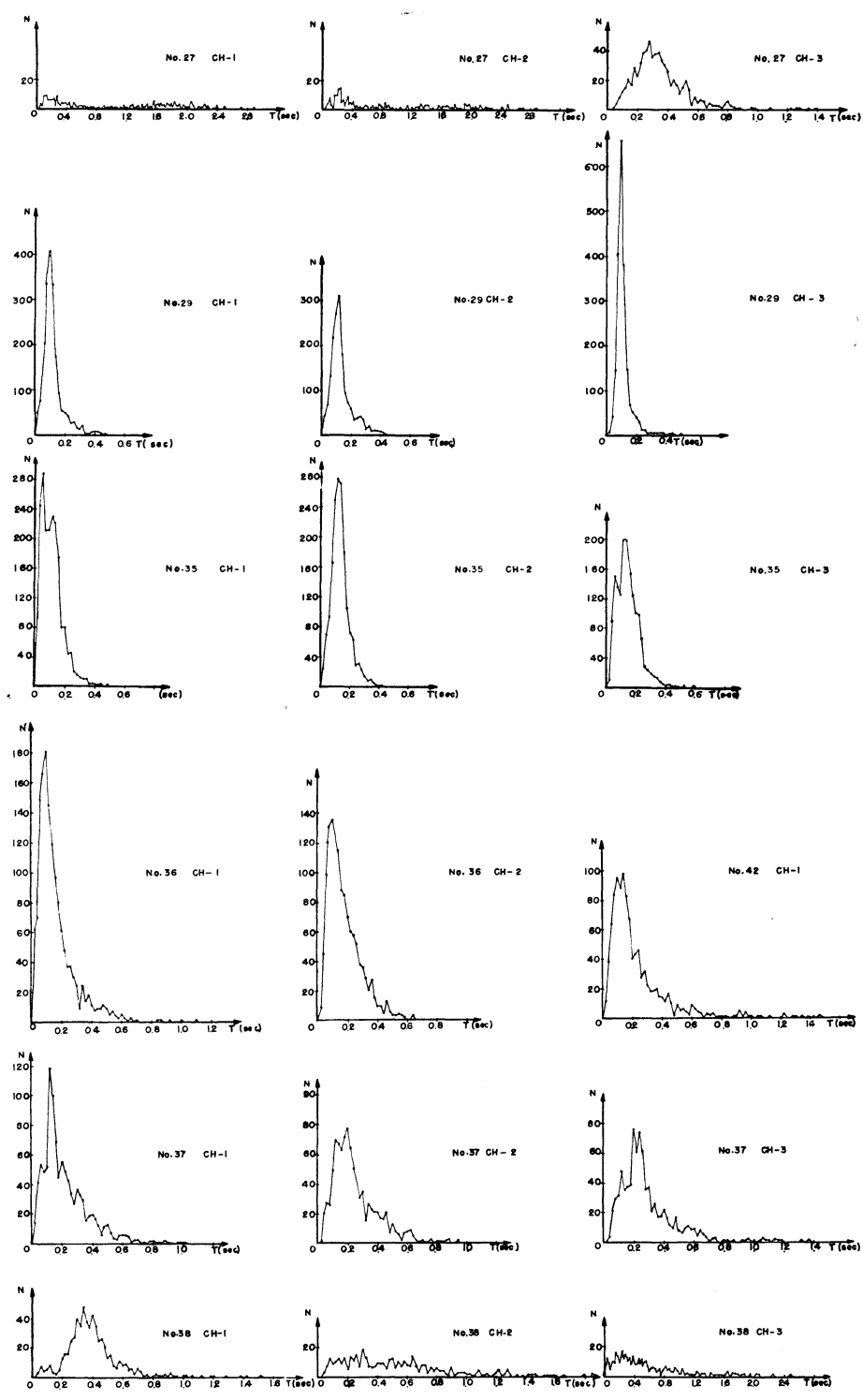


Fig. 3-4 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

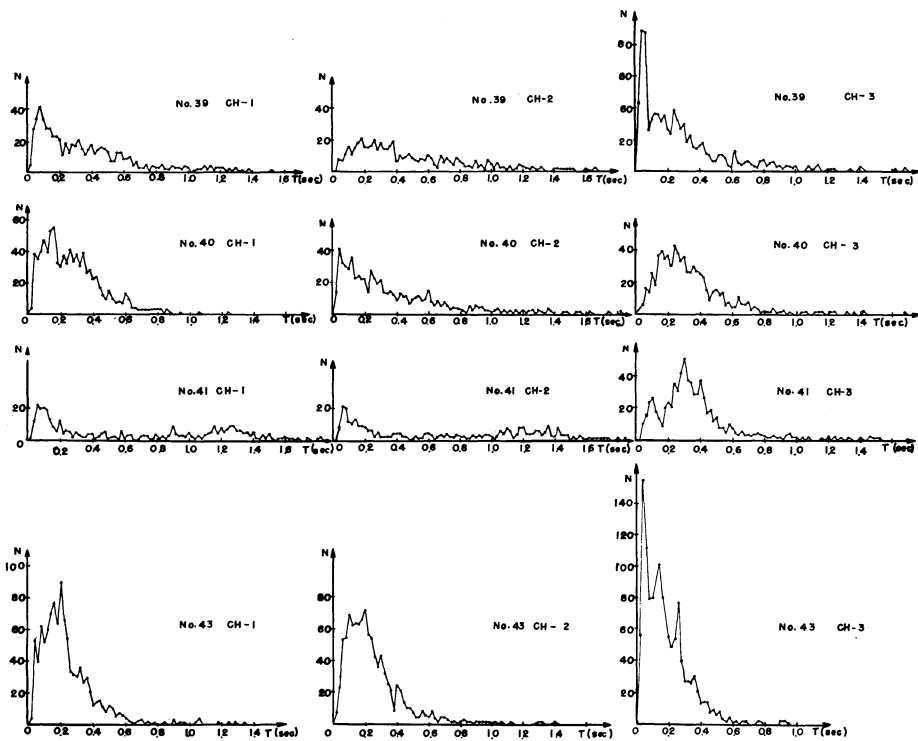


Fig. 3—5 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.