

## 9. 常時微動の測定結果第3報

(横浜市内)

地震研究所 { 金井 清  
田中 貞二  
長田 甲斐男

(昭和31年4月24日, 9月25日発表——昭和31年12月31日受理)

### 1. ま え が き

常時微動の波形は地盤の震動性状と密接な関係があることがわかつたので, その性質を耐震工学上の地盤係数を求める方面に利用する方法の研究に必要な資料を得るための調査を各地で行っている。

現在までにわかつた常時微動の性質のうちの主なものは;

(1) 頻度曲線は堅い地盤では鋭く, その卓越周期は短い。軟い地盤になるほど, 卓越周期が長くなり曲線は平になる。

(2) 常時微動の周期(卓越, 平均, 最大)の時刻による差違は小さいが, 振幅は2倍から10倍の差違がある。周期関係は地盤特性に関係が深い, 振幅は環境条件の影響の受け方が大きい。

(3) 常時微動の波形は沖積層の厚さだけではきまらなく, 土層の構成に大いに関係する。第1層の性質が最も出やすい。

(4) 常時微動の頻度曲線の山が1つの場所では, その周期は地震動の卓越周期に一致する。2つ以上の山がある場所では, 地震動の卓越周期は, そのうちの何れかの山の周期となる。

### 2. 測定方法

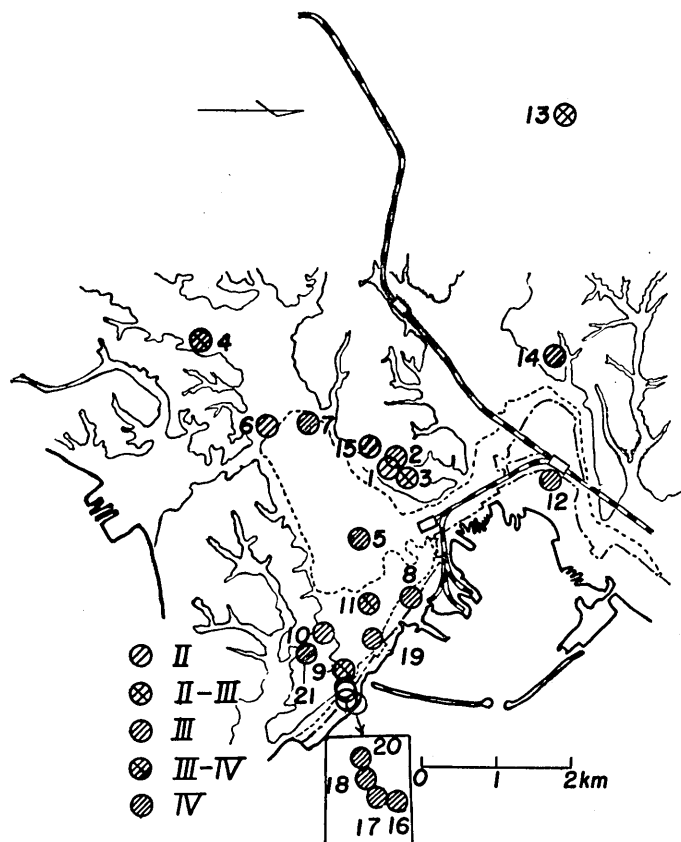
常時微動の測定方法は既報<sup>1), 2)</sup>の通りで, 電磁型煤書微動計(換振器は固有周期1秒の動線輪型倒立振子)によつて5分間の測定を行い, その中の2分間について解析を行つた。

本報告の測定は, 昭和29年4月, 7月, 昭和31年2月, 6月の4回行つたものである。測定場所を第1図並びに第I表に示す。記録の解釈にあつて, 主として交通機関な

1) 金井 清・田中貞二・長田甲斐男 地震研究所彙報 **32** (1954), 199.

2) 地震研究所地盤研究会 同上 **33** (1955), 492~495.

どの人工的震動源からの直接の影響の有無大小を推定するのに役立つ意味で、測定場所の環境条件を第 I 表に詳細に記しておいた。



第 1 図 常時微動の測定場所 (I~IV の記号は建築基準法関係の地盤種別)

### 3. 測定結果

#### (i) 頻度曲線

2 分間の波形についての周期の頻度を求めたものを第 2~26 図に示す。

測定点 15 (中区赤門町) は東福寺の境内での測定であり、何点かの測定結果から 0.1 秒の山は砂の表土の影響と考えられた。このように、交通機関、工場機械の直接の影響だけでなく表土の共振のような現象のために 0.1 秒位の周期の頻度が大きくなることが時々ある。

測定点 1 (野毛山プール), 3 (震災記念館), 6 (共進中学校), 9 (横浜測候所) においては日中及び深夜(午前 2 時) の測定を行った。測定点 1, 6, 9 の昼夜の頻度曲線は大

第I表 常時微動の測定場所

番 号	場 所
1	中区老松町野毛山プール内（鉄筋コンクリート建物床上）
2	中区野毛山遊園地（休憩所地下室コンクリート床上）
3	中区老松町震災記念館（大通り脇鉄筋コンクリート建物1階床上）
4	南区大岡町国立大学工学部（電車通りより約100m奥の平屋建物コンクリート床上）
5	中区羽衣町吉田中学校（電車通り脇鉄筋コンクリート建物1階床上）
6	南区蒔田町共進中学校（電車通りより約150m奥の鉄筋コンクリート建物1階床上）
7	南区山王町日枝小学校（電車通り脇鉄筋コンクリート建物1階床上）
8	中区日本大通り県庁（大通り脇鉄筋コンクリート建物地下1階床上）
9	中区山手町横浜測候所（大通り脇鉄筋コンクリート建物地下1階地震計室床上）
10	中区山手町フェリス女学院（大通り脇鉄筋コンクリート建物1階床上）
11	中区内消防署（大通り脇鉄筋コンクリート建物1階床上）
12	西区内田町横浜市警察署（大通りより約300m奥、鉄筋コンクリート建物1階床上）
13	保土ヶ谷区西谷浄水場（大通り脇木造建物土間の上、交通に敏感）
14	西区宮ヶ谷町（小路脇中庭を約30cm掘る）
15	中区赤門町東福寺（大通りより約100m奥、木造平屋建物コンクリート床上）
16	中区新山下町山下埠頭（岸壁より約1m離れたコンクリート道路上）
17	中区山下町山下アパート（小路脇鉄筋コンクリート建物1階床上）
18	中区山下町信号所の崖下（小路より約40m奥の建物跡石段上）
19	中区山下町ニューグランドホテル（大通り脇鉄筋コンクリート建物1階床上）
20	中区信号所（大通りより約30m離れた信号所の玄関、周囲は至極静か）
21	中区山手町山手病院（大通り脇鉄筋コンクリート建物ドライエリヤ）
22	港北区日吉町慶応義塾附属高校（鉄筋コンクリート建物1階床上、周囲は至極静か）

(つづく)

第 I 表 (つづき)

番 号	場 所
23	鶴見区下末吉町 森永製菓株式会社鶴見工場 (構内車庫コンクリート上)
24	鶴見区生麦 キリンビール株式会社横浜工場 (構内鉄筋コンクリート建物 1 階床上)
25	神奈川区恵比須町 別子建設横浜出張所 (木造小屋土の上)

体類似している。昼の頻度曲線にだけ 0.1 秒附近に僅かな山ができるのは、換振器のごく附近で起る交通機関等の人工的震動の影響と考えられる。測定点 3 の夜の頻度曲線は非常に異形であり、その解釈はまだついていない。頻度曲線の極大になる周期を卓越周期、2 分間の波数で時間を割った値を平均周期、この計器で記録した波形の中で最も長い周期を最大周期と名づけて第 II 表に示した。又、同表中の最大振幅とは、2 分間の記録中で、大振幅が 2, 3 波続くものの中での最大値である。

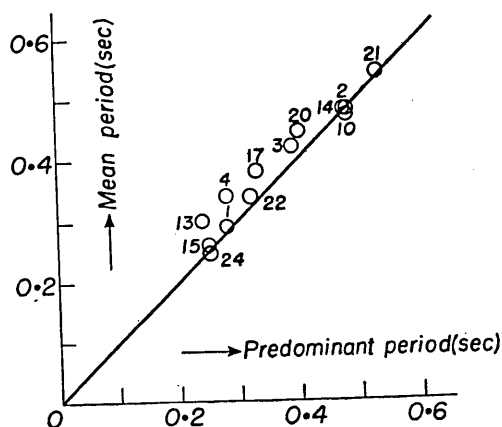
第 II 表 常時微動の周期と最大振幅

No.	Period (sec)						Largest Amplitude ( $\mu$ )	Alluvium Thickness (m)
	Dominant		Mean		Largest			
	Day	Night	Day	Night	Day	Night		
1	0.28	0.28	0.27	0.29	0.79	0.82	—	—
2	—	0.48	—	0.48	—	0.72	—	—
3	0.26	0.39	0.28	0.42	0.85	0.78	—	—
4	—	0.28	—	0.34	—	1.26	—	10~20
5	—	—	—	0.37	—	1.40	—	30~40
6	—	—	0.37	0.39	1.11	1.06	—	10~20
7	—	—	0.53	—	1.63	—	—	20~30
8	—	—	—	0.53	—	1.61	—	40~50
9	—	—	0.52	0.46	1.22	0.92	—	—
10	—	0.48	—	0.47	—	0.64	—	—
11	—	—	—	0.42	—	1.30	—	30~40
12	—	—	—	0.57	—	1.65	—	30~40
13	0.24	—	0.30	—	0.98	—	—	—
14	—	0.25	—	0.26	—	0.88	—	—
15	—	0.48	—	0.48	—	1.09	—	—
16	—	—	0.81	—	1.60	—	2.0	—
17	0.33	—	0.38	—	1.66	—	1.5	—
18	—	—	0.48	—	1.52	—	1.0	—
19	0.40	—	0.78	—	1.61	—	2.5	30~40
20	—	—	0.45	—	1.39	—	1.0	—
21	0.53	—	0.54	—	1.37	—	1.0	—
22	0.32	—	0.34	—	0.90	—	0.5	0
23	—	—	0.46	—	1.26	—	0.5	30~40
24	0.25	—	0.25	—	0.65	—	1.5	0~10
25	—	—	0.53	—	1.26	—	1.5	30~40

頻度曲線が非常に平坦なものと、頻度の山が2つ以上あるものについては、卓越周期の意味が曖昧なので読取らなかつた。即ち、測定点 6 (共進中学校), 7 (日枝小学校), 8 (県庁), 11 (中消防署), 12 (横浜市警察署), 23 (森永製菓), 25 (別子建設) は頻度曲線が平坦なため、測定点 5 (吉田中学校), 19 (横浜測候所) は頻度曲線の山が2つ以上あるため、第 II 表の中に卓越周期の値が記入してない。

卓越周期と平均周期の関係を第 27 図に示す。第 27 図から卓越周期と平均周期の値は非常に近いことがわかる。

平均周期が卓越周期よりも僅かに大きい原因は第 2 報で述べたように、人工的震動の影響のきゝ方の差違によるものと考えられる。



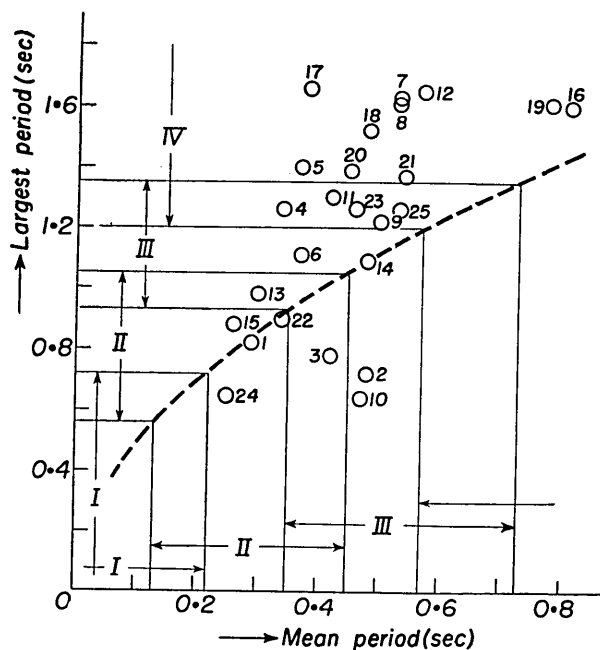
第 27 図 常時微動の卓越周期と平均周期の関係

## (ii) 日中と夜間の常時微動の周期の関係

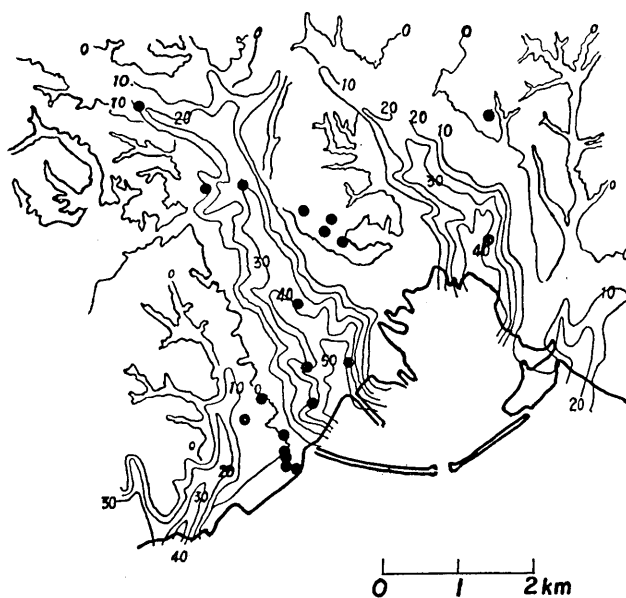
日中と夜間の測定のある場所は測定点 1, 3, 6, 9 であるが、第 II 表で見られる通り、測定点 3 を除いては、昼夜の平均周期の値は非常に近い。(測定点 3 の夜の頻度曲線が異形な事は既に述べた)。昼夜の最大周期は各測定点共に大差はない。

## (iii) 常時微動の平均周期と最大周期の関係

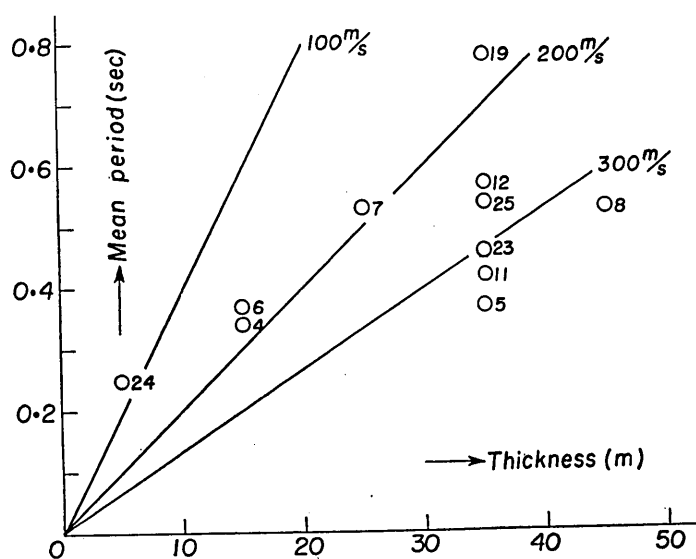
常時微動の平均周期と最大周期の関係を第 28 図に示す。第 28 図で平均周期と最大周期の関係が特に飛び離れている測定点には 7, 8, 12 及び 5 の群と、2, 10 の群とがある。測定点 7 (日枝小学校), 8 (県庁), 12 (横浜市警察署), 5 (吉田中学校) の頻度曲線は特に平坦であり、軟弱な沖積層が特に厚いためと考えられる。測定点 2 (野毛山遊園地), 10 (フェリス女学院) の頻度曲線は非常に単純であり、その卓越周期は比較的に長い。横浜の台地には、かなり均一で厚い表面層 (25 m 位) の場所があるという事で 1 つの解釈はできる。



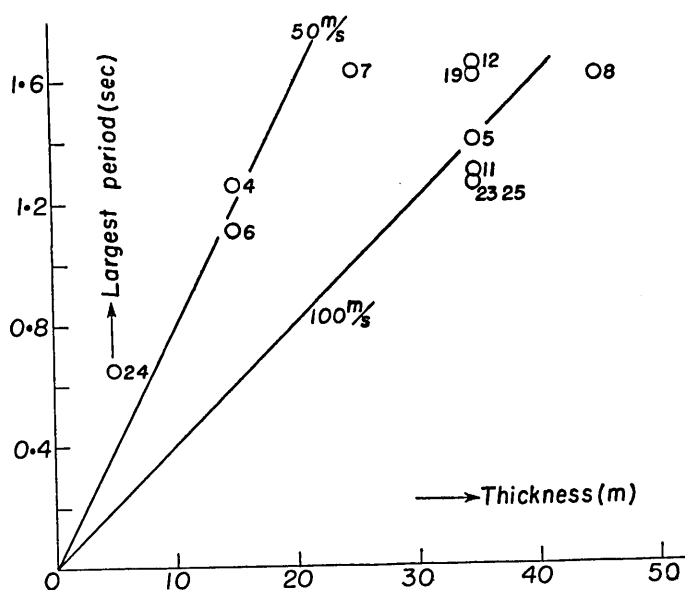
第 28 図 常時微動の平均周期と最大周期の関係  
(I~IV の記号は建築基準法関係の地盤種別)



第 29 図 沖積層の厚さと常時微動の測定場所



第 30 図 沖積層の厚さと常時微動の平均周期との関係



第 31 図 沖積層の厚さと常時微動の最大周期との関係

#### (iv) 沖積層の厚さと常時微動の周期との関係

沖積層の厚さと常時微動の測定場所を記入した地図を第 29 図に示す。又、沖積層の厚さと平均周期及び最大周期の関係を第 30 図及び第 31 図に示す。(卓越周期はきめにくい測定点もあるので省略した)

第 30, 31 図から、沖積層が厚い程、平均周期及び最大周期が長くなる傾向にある事がわかる。平均周期(一般には卓越周期と一致する)は地盤の固有周期にあたると仮定すると、第 30 図から、地盤内の波動速度は  $200 \sim 300 \text{ m/s}$  となる。常時微動は S 波に属するものが優勢であるとする、沖積層内の平均速度としては、この値は大き過ぎる。従つて、沖積層内が弾性的に不連続ないくつかの土層から成っており、その中の表面に近い第 1 層の固有震動が優勢に誘発されると考えるのが自然である。沖積層が厚くなると平均周期が長くなる傾向の説明には、沖積層が厚いと第 1 層も厚くなるということ、沖積層が厚いと第 1 層の弾性が小さいということの何れか或は両方があればよい。この両者の関係は場所によつてちがう筈であるが、沖積層が厚い所ほど、地表面附近の弾性が小さく、第 1 層の固有周期と考えられる卓越周期が長くなるということに近いように考えられる。この問題は耐震工学的には大切な事であるから、今後十分に研究してゆきたい。

最大周期は沖積層全体の震動に関係すると考えられる場所が多い事が第 31 図からわかる。

#### (v) 地震動と常時微動との関係

地震動の卓越周期と常時微動の卓越周期及び平均周期を第 III 表に示す。

測定点 1 (野毛山プール), 9 (横浜測候所), 13 (西谷浄水場), 22 (慶応附属高校), 24 (キリンビール) のように常時微動の頻度曲線に鋭い山のできる地盤では、常時微動と地震動の卓越周期が一致する。測定点 9 (横浜測候所) については、常時微動の頻度は 0.4 秒と 0.5 秒の間が優勢で、その中でも 0.4 秒と 0.5 秒とが特に卓越する。地震動の卓越周期の頻度分布も全くその通りである。従つて、この地盤は、基盤の上が弾性比、層の厚さが特別の構成の 2 層になつており、第 1 層が 0.4 秒、第 2 層まで含めると 0.5 秒の固有周期であると考えられる。そして、基盤に到達した地震波の波形によつて、その何れかの固有周期に共鳴してあらわれるのが、その地震動の卓越周期と考えられる。

測定点 4 (国立大学工学部), 6 (共進中学校) においては、地震によつて 0.3 秒から 1.0 秒の間に卓越周期が現われる。そして、どの卓越周期が特によく現われるという事はない。常時微動の頻度曲線が複雑な事と睨み合せると、これらの地盤構成は比較的弾性比のちがう 2 層以上から成つておると考えられる。

測定点 5 (吉田中学校) の常時微動の頻度曲線には 2 つの山があるが、地震動では、その何れかの周期が卓越し、2 つの山が同時に出る場合もある。

測定点 7 (日枝小学校), 8 (県庁) の常時微動の頻度曲線は非常に平坦であり、卓越周期が 1 秒に近い長周期となる地震が多い。厚い軟弱な沖積層のためと考えられる。

測定点 23 (森永製菓) では、0.3 秒附近で常時微動の頻度も大きく、地震動も卓越する

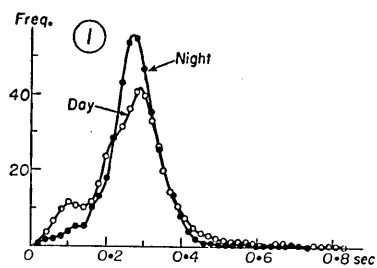


第 III 表 地震動と常時微動の周期特性の比較

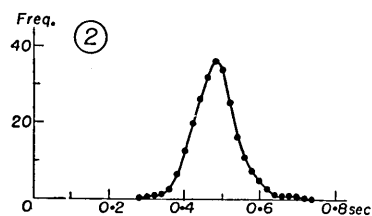
No.	Micro-tremor			Earthquake motion		
	Time	Period(sec)		Domin. (sec)	No. of Earthq.	Bibli.
		Mean	Domin.			
1	Night	0.29	0.27	0.25	1	(4), (5)
	Day	0.27	0.28	0.35 0.55	2 2	
3	Night	0.42	0.39	0.3	9	(1), (2), (3)
	Day	0.28	0.26			
4	Night	0.34	0.1 }	0.3, 0.35, 0.5, 0.65, 0.7, 0.85	6	(4), (5)
			0.8			
5	"	0.37	0.25 0.6	0.25 0.5	1 2	(4)
6	Day	0.37	0.2 }	0.4, 0.5, 0.6, 0.65, 0.7, 0.8, 0.85, 0.9	33	(4), (5)
		0.39	1.0			
7	"	0.53	0.1 }	0.45 0.85	1 3	(5)
			0.5			
8	Night	0.53	0.1 }	0.8 1.0 1.2	3 1 1	(4), (5)
			0.3			
9	Night	0.46	0.4 }	0.4 }	46	(4), (5)
	Day	0.52	0.5			
13	"	0.30	0.25 }	0.35 0.45 0.5 0.55	1 2 1 2	(4), (5)
			0.55			
22	"	0.34	0.32	0.35	12	(6)
23	"	0.46	0.3 0.6	0.25~0.3 0.6	5 2	(6)
24	"	0.25	0.25	0.25 0.3	1 4	(6)
25	"	0.53	0.35 }	0.35, 0.9 0.35	4 1	(6)
			1.0			

## 備考

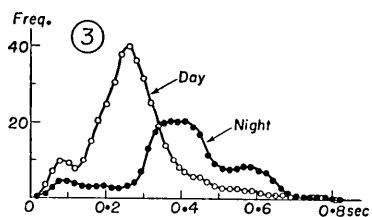
- 文献 (1) 石本巳四雄 地震研究所彙報 **12** (1934), 234.  
 (2) 同上 同上 **13** (1935), 592.  
 (3) 同上 同上 **15** (1937), 536.  
 (4) 表俊一郎他 横浜市内軟弱地盤の振動性能調査報告 (地震研究所 1954), 1.  
 (5) 表俊一郎他 横浜市内地盤の振動性能調査報告 (地震研究所 1955), 1.  
 (6) 表俊一郎他 京浜工業地帯の地盤基本調査結果概報 (地震研究所 1956), 1.



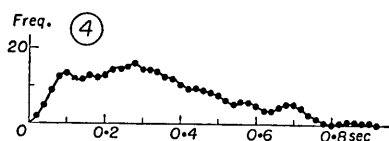
第 2 図 野毛山プール



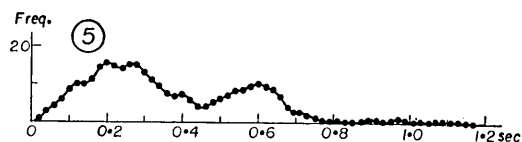
第 3 図 野毛山遊園地



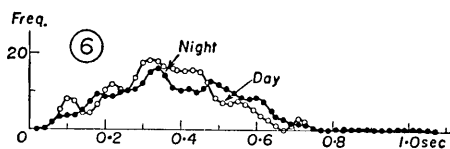
第 4 図 震災記念館



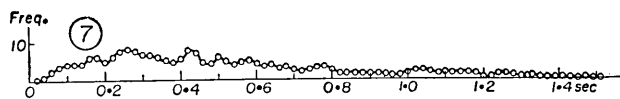
第 5 図 横浜国立大学



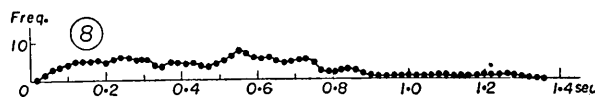
第 6 図 吉田中学校



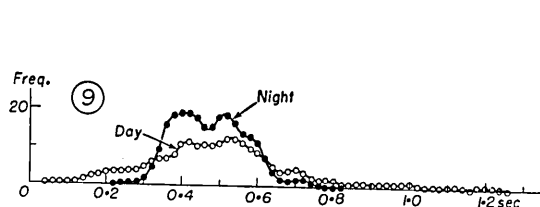
第 7 図 共進中学校



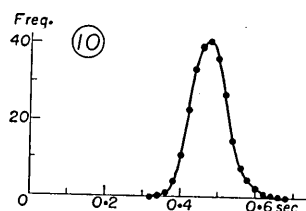
第 8 図 日枝小学校



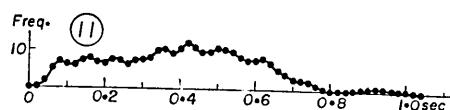
第 9 図 神奈川県庁



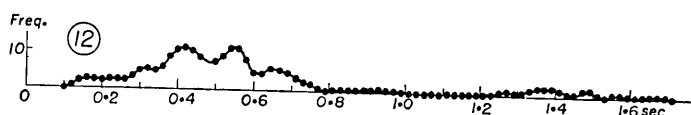
第 10 図 横浜測候所



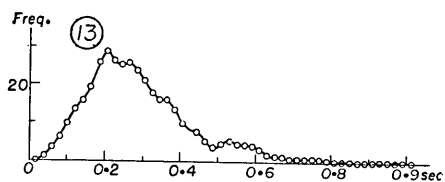
第 11 図 フェリス女学院



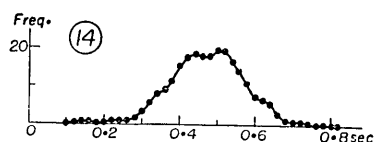
第 12 図 中消防署



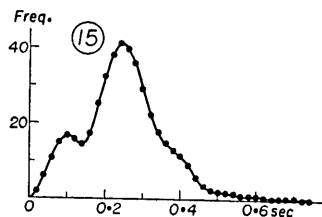
第 13 図 横浜市警察署



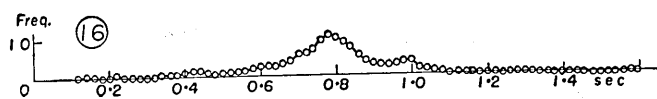
第 14 図 西谷浄水所



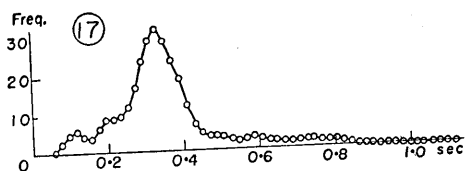
第 15 図 宮ヶ谷町



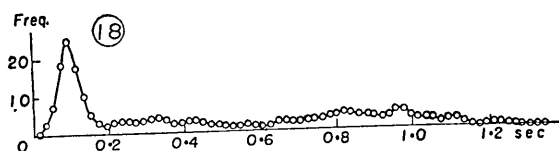
第 16 図 東福寺



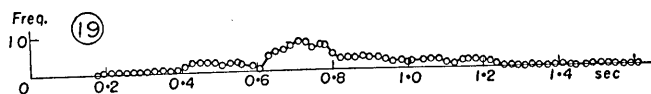
第 17 図 山下埠頭



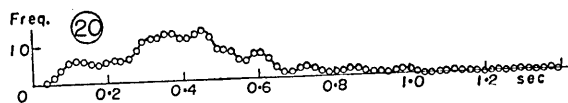
第 18 図 新山下アパート



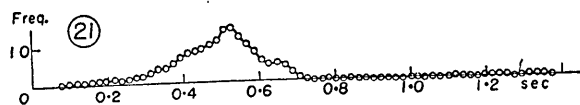
第 19 図 信号所崖下



第 20 図 ニューグランドホテル



第 21 図 信号所



第 22 図 山手病院



周期と最大周期とを使つて、建築基準法関係の地盤種別を推定する試案を作つてみた。  
(筆者 常時微動による地盤種別判定法試案 地震研究所 1956年5月). 第1図, 第28  
図の中の I~IV の記号は, その試案によつたものである。

### 9. *Measurement of the Micro-tremor. III.*

(Yokohama City.)

By Kiyoshi KANAI, Teiji TANAKA and Kaio OSADA,

Earthquake Research Institute.

The distribution of periods of micro-tremors shows a definite form for different kinds of subsoils. The properties of the ground as inferred from the characteristics of micro-tremor are utilized for the determination of the foundation coefficient relating to earthquake-proof construction. Systematic measurements of the micro-tremors have been carried out by us at various places in great earthquake districts in Japan. This is a part of a series of our investigations.

Fig. 1 shows the measurement places. Figs. 2-26; frequency distribution of the period of micro-tremors. Fig. 27; the relation between the predominant period and the mean period of micro-tremors. Fig. 28; the relation of the mean period to the largest period. Fig. 29; contour of the thickness of the alluvium. Fig. 30; the relation of the mean period to the thickness of alluvium. Fig. 31; the relation of the largest period to the thickness of alluvium.

From systematic measurements, we found many micro-tremor of characteristics, which we shall now summarize as follows.

(1) The harder the rigidity of the subsoil is, the sharper the shape of the frequency distribution of the period of micro-tremors and the shorter the predominant period of the distribution curve of period will be. On especially soft ground the distribution curve of period is flat ranging from a period smaller than 0.2 sec to a period larger than 1.0 sec.

(2) The predominant, mean and largest periods of micro-tremors differ slightly according to time and depend greatly on the vibrational characteristics of the subsoil. But, the largest amplitudes of micro-tremor in the daytime is much larger than that at midnight, that is to say, the ratio is 2~10 times, because the amplitudes of micro-tremor depend greatly on the activities of the artificial vibration source surrounding the measuring place.

(3) The wave form of micro-tremor can be decided not only from the thickness of alluvium but also from the physical condition of each stratum, that is to say, vibrational impedance ratio of neighbouring layer and the thickness of each layer.

(4) The predominant period of earthquake motion has a close relation with the distribution curve of period of micro-tremor. While when the distribution curve of period of micro-tremor has a single peak, the peak period coincides clearly with the predominant period of earthquake motion. On the other hand, in a distribution curve of period of micro-tremor has more than two peaks, the predominant period of earthquake motion coincides with either of them. (See Table III.)