

13. 常時微動の測定結果 第7報 (川崎市内)

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事がわかつたので、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を総合すると次のようになる。

- (1) 常時微動は色々な原因で発生した色々な周期と振巾の波が四方から来たものの集りであり、地表層内での重複反射で地盤固有の震動性状を呈するものである。
- (2) 常時微動の周期は地盤の震動特性に関係が深いが、振巾は人口的震動源の遠近、大小等の環境条件に大きく支配される。
- (3) 常時微動の波形は、沖積層の厚さ或は礫層までの深さだけではきまらない。最大周期は沖積層全体の厚さに関係が深い。
- (4) 常時微動の頻度曲線は地震動の周期特性に密接な関係がある。

2. 測 定 方 法

本報告の測定は、昭和31年2月に行つたものである。測定方法は電磁式煤書微動計(換振器は固有周期1秒の動線輪型倒立振子)^{1),2)}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。

測定場所を第1図並びに第I表に示す。記録の解釈に役立つ意味で、測定場所の環境条件はできるだけ詳細に記入しておいた。

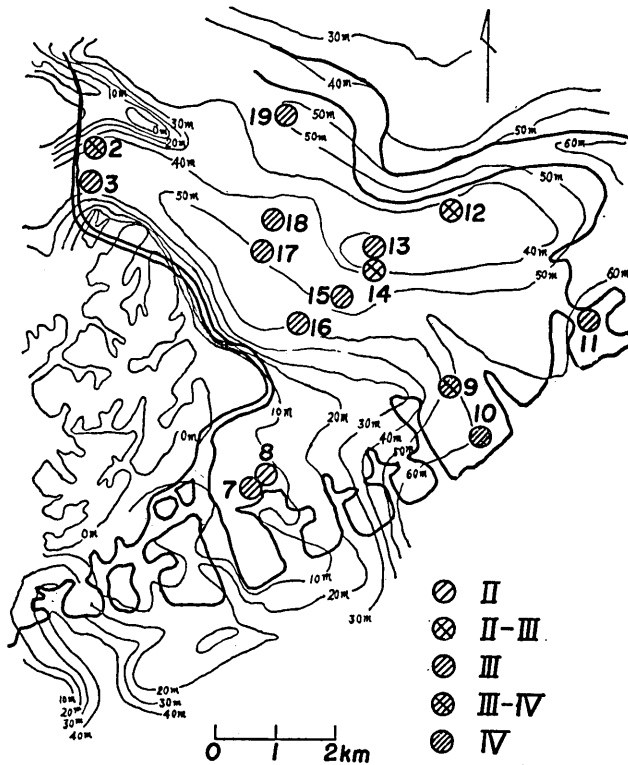
3. 測 定 結 果

(i) 頻 度 曲 線

2分間の波形について、周期の頻度を求めたものを第2~16図に示す。

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.

測定点 10(三菱石油)における常時微動は、第 7 図の頻度曲線でわかるように、0.5 秒位に非常にはつきりした頻度の山があり、しかも周期 1 秒以上の波も含まれている。非常に珍しい震動特性である。その解釈は、相当に厚い沖積層が何層かの土層から成つ



第 1 図 常時微動の測定場所と沖積層の厚さの分布
(I~IV の記号は建築基準法関係の地盤種別)

成がちがうとすれば不思議はない。

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つた値を平均周期、この計器で記録した最も長い周期を最大周期、2 分間の記録の中で大振幅が 2, 3 波続くものの中の最大値を最大振幅と名づけ、それらの値を第 II 表に示した。

卓越周期と平均周期の関係は第 17 図で見られるように、よく一致する。但し、頻度曲線が特に平坦な測定点 2 (南加瀬), 9 (日本鋼管) 及び頻度曲線の山が 2 つ以上ある測定点 7 (旭ガラス), 11 (港湾事務所), 12 (味の素), 14 (新川眼科) については、卓越周期の意味が曖昧なので説取を省いた。

ており、その第 1 層の震動インピーダンスが非常に小さいという事でもできる。

又、第 1 層と第 2 層以下の層との厚さ関係、並びにインピーダンス関係が、第 1 層の固有震動を誘発し易いような構成³⁾になっているという事でも解釈できる。

何れにしても、測定点 10 の地盤は、相当に厚くて 2 層以上の土層から成る沖積層と推定され、ボーリングの結果とも定性的には合う。

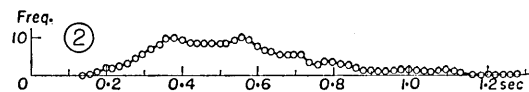
測定点 7 と 8 は共に旭ガラス株式会社構内で、その距離は 100m 前後であるのに、第 4 図と第 5 図の頻度曲線でわかるように、非常に震動特性がちがう。東京都内九段坂、駿河台間における測定結果⁴⁾から考えて、測定点 7 と 8 で地盤構

3) 金井清・吉沢静代 地震研究所彙報 34 (1956), 167~184.

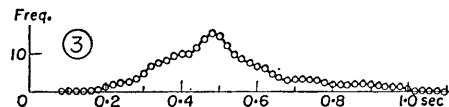
4) 金井清・田中貞二・長田甲斐男 地震研究所彙報 35 (1957), 120~126.

第 I 表 常時微動の測定場所

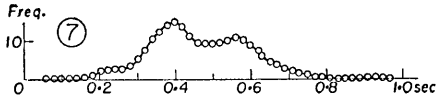
番 号	場 所
2	南加瀬 (大通りより約 100 m 奥の小路脇, 周囲は田圃, 交通機関に敏感)
3	建設省京浜港工事々務所 (大通りより約 15 m 奥の木造平屋建物コンクリート床上)
7	潮田町, 旭ガラス株式会社 (大通り脇正門のコンクリート上)
8	潮田町, 旭ガラス株式会社 (大通りより約 100 m 奥の鉄筋コンクリート建物 1 階床上)
9	南渡田 2730 番地, 日本鋼管株式会社川崎製鉄所 (鉄筋コンクリート建物内)
10	安善町, 三菱石油 (構内自動車々庫コンクリート床上)
11	千鳥町, 川崎港湾部川崎港湾工事々務所 (木造車庫コンクリート床上)
12	鈴木町 2964 番地, 味の素株式会社川崎工場附近 (小路脇の民家入口門のコンクリート上, 鉄道線路に近く交通機関に敏感)
13	砂子, 川崎市役所 (大通脇, 鉄筋コンクリート建物 1 階床上)
14	南町, 新川眼科医院 (大通脇, 鉄筋コンクリート建物の玄関)
15	南町, 川崎運送修理工場 (大通りより約 60 m 入った木造平屋建物コンクリート床上)
16	東京電機株式会社 (大通脇木造モルタル塗建物の玄関)
17	尻手, 尻手駅 (大通りより約 50 m 奥, 駅構内のコンクリート上)
18	南幸町3 の 149 番地, 川崎中央市場 (大通りより約 150 m 奥の鉄筋コンクリート建物 1 階床上)
19	小向東芝町 1, 東京芝浦電気株式会社小向工場 (鉄筋コンクリート建物 1 階床上)



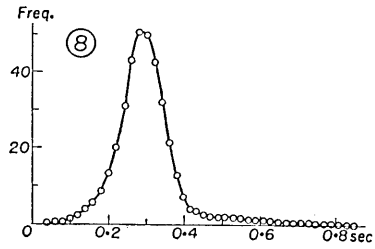
第 2 図 南 加 瀬



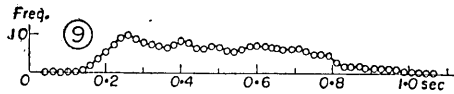
第 3 図 建設省京浜港工事々務所



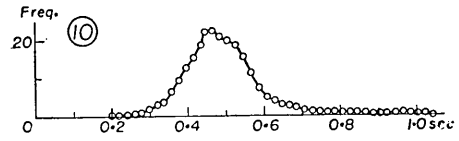
第 4 図 旭ガラス



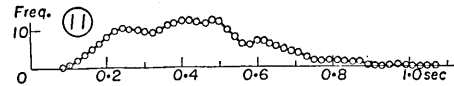
第 5 図 旭ガラス



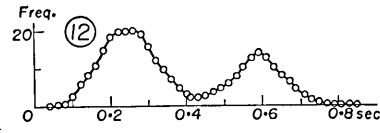
第 6 図 日本鋼管



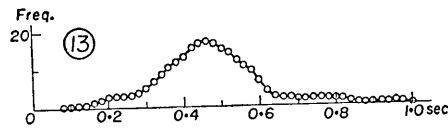
第 7 図 三菱石油



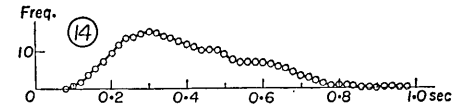
第 8 図 川崎市港湾事務所



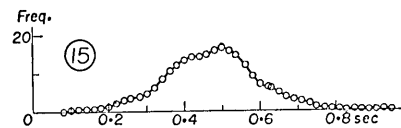
第 9 図 味の素川崎工場附近



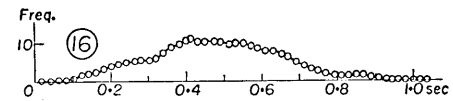
第 10 図 川崎市役所



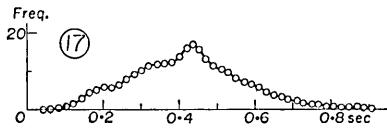
第 11 図 新川崎眼科医院



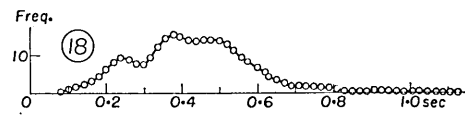
第 12 図 川崎運送修理工場



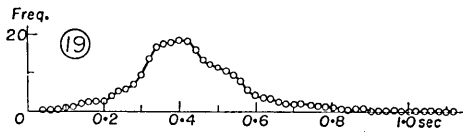
第 13 図 東京電機株式会社



第14図 尻手駅



第15図 川崎中央市場



第16図 東芝小向工場

第II表 常時微動の周期と最大振幅

No.	Period (sec)			Largest Amplitude (μ)	Alluvium Thickness (m)
	Dominant	Mean	Largest		
2	—	0.53	1.36	0.5	40~50
3	0.48	0.52	1.08	1.0	40~50
7	—	0.47	0.93	1.5	0~10
8	0.29	0.30	0.83	0.1	0~10
9	—	0.50	1.23	1.5	50~60
10	0.49	0.50	1.41	1.5	60~
11	—	0.43	1.05	0.5	60~
12	—	0.38	1.02	1.0	30~40
13	0.46	0.48	1.10	1.0	20~30
14	—	0.39	0.96	1.5	30~40
15	0.47	0.48	0.93	1.5	40~50
16	0.50	0.48	1.12	1.5	50~60
17	0.41	0.43	1.16	1.0	40~50
18	0.44	0.43	1.11	1.0	40~50
19	0.40	0.43	1.10	0.5	50~60

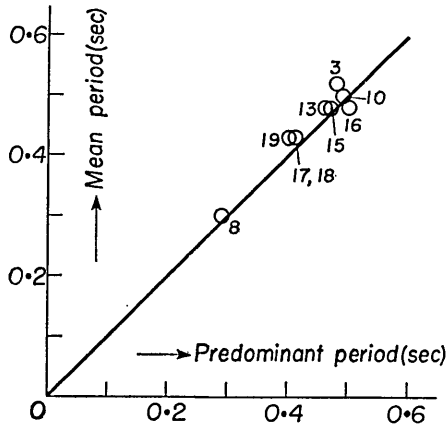
(ii) 常時微動の周期と最大振幅の関係

常時微動の平均周期と最大振幅の関係を示すと第18図になる。常時微動の振巾は環境条件に支配されるので、平均周期は大して変わらないのに振巾は場所によつて相当な差違がある事が、第18図からもわかる。

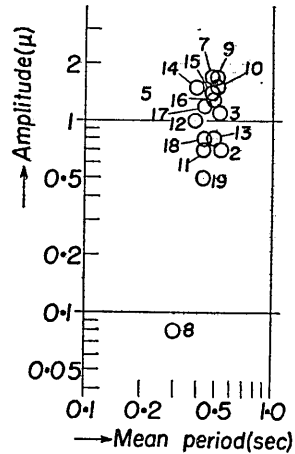
それにしても、測定点8(旭ガラス)の振巾が特に小さい事が目立つ。鉄筋コンクリート建物の地階で測定したためかと一応考えてみたが、鉄筋コンクリート建物の地階で測定した実例は多いが、振巾が特に小さいという事があつた例はない。結局、建物の基礎が特別な条件になつていると考えるよりほかはない。

(iii) 常時微動の平均周期と最大周期

常時微動の平均周期と最大周期の関係を第19図に示す。測定点10(三菱石油)の最大周期は特に大きく、沖積層が非常に厚いと解釈される。この解釈はボーリングの結果と



第 17 図 常時微動の卓越周期と平均周期の
関係



第 18 図 常時微動の平均周期と
最大振幅の関係

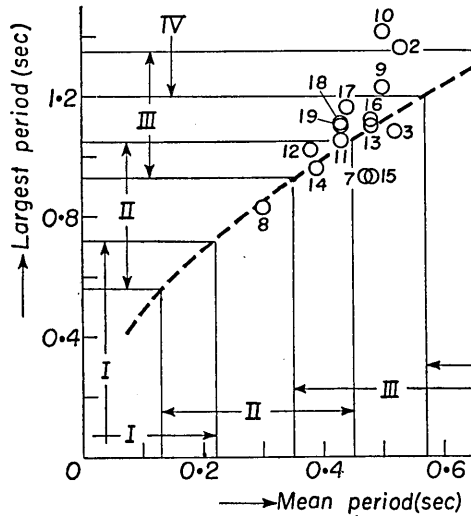
も一致する。

(iv) 常時微動の周期と沖積層の
厚さとの関係

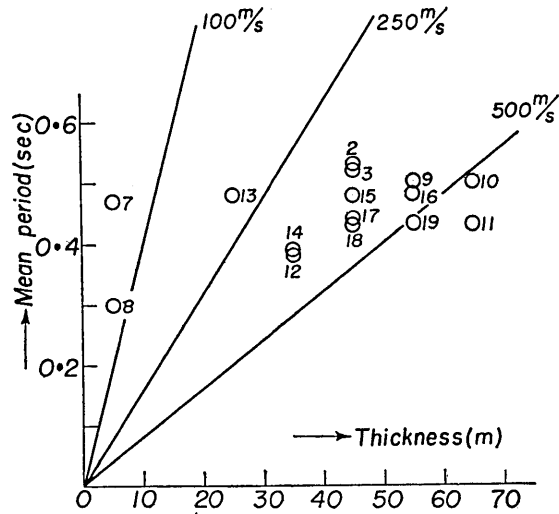
沖積層の厚さと常時微動の平均周期
期及び最大周期の関係を第 20 図及
び第 21 図に示す。第 20, 21 図から
沖積層の厚さが大きくなると、常時
微動の平均周期、最大周期が長くな
る傾向のある事がわかる。しかし、
速度関係からして、平均周期（卓越
周期と同等）は沖積層全体の固有震
動の誘発によつて現われたものでは
ないと考えられる。即ち、沖積層の
中に震動インピーダンス比の顕著な
不連続面があり、その面と地表面と
の間の固有震動が誘発され易いと考
えるのが自然である。

最大周期は大体、沖積層全体の震動に関係していると考えられる。

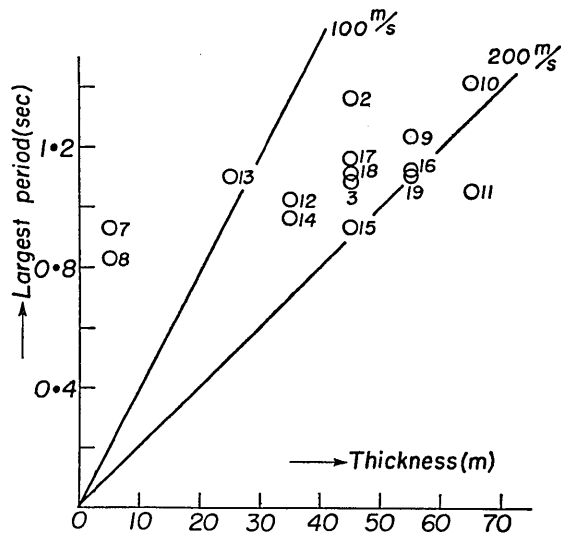
測定点 7, 8 の旭ガラス株式会社附近の沖積層は 20~30 m はありそうに考えられ
る。



第 19 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 20 図 沖積層の厚さと常時微動の平均周期の関係



第 21 図 沖積層の厚さと常時微動の最大周期の関係

(v) 地震動と常時微動

地震動の卓越周期と常時微動の平均周期，卓越周期の関係を第3表に示す。

測定点 9 (日本鋼管)，11 (港湾事務所) は厚い沖積層のため，常時微動の頻度曲線には特に頻度の卓越する周期が存在せず，地震でも 0.2~1.0 秒にわたって同等の頻度のものが多い。

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.			
9	Day	0.50	0.2~1.0	0.2~1.0	3	5)
				0.3	2	
				0.6	1	
11	Day	0.43	0.2~1.0	0.2~1.0	3	5)
				0.3	3	
				0.25	3	
12	Day	0.38	0.25 0.6	0.25	3	5)
				0.25~0.6	2	
				0.6	2	
18	Day	0.43	0.4~0.5	0.5	3	5)
				0.1~0.7	1	
				0.25	1	
19	Day	0.43	0.40	0.4	2	5)
				0.5	2	
				0.5	2	

測定点 12 (味の素) の常時微動の頻度曲線には 0.25 秒と 0.6 秒にはつきりした頻度の山ができる。この震動特性は地震動にも，はつきり現われている。即ち，基盤の上が 2 層に分れており，それらの震動インピーダンス比並びに層の厚さの関係が $H_1/V_1=H_2/V_2$ の関係⁵⁾になつていると考えるのが自然である。但し， H_1, H_2 は第 1 層，第 2 層の厚さ， V_1, V_2 は第 1 層，第 2 層の速度である。

測定点 18 (中央市場)，19 (東芝) における常時微動は 0.4 秒から 0.5 秒の間の頻度が大きい，曲線としては鋭くない。地震動でも，この間の周期の頻度が卓越するから，この位の周期をもつ厚さの特に軟い層があり，その下がすぐに固い基盤になつていると解釈される。

4. む す び

川崎市内での常時微動の測定結果から特に目立つた性質としては，

(I) 常時微動の卓越周期は沖積層全体の固有震動の誘発によるものではない。最大周

5) 表 俊一郎・小牧昭三・小林直吉 地震研究所彙報 34 (1956), 335.

6) 前出 3)

期は沖積層全体の震動に関係が深い。

(II) 常時微動の頻度曲線は地震動の周期特性に密接な関係がある。

終りに臨み、本調査に多大の御援助を頂いた川崎市当局に深い謝意を表す。又、種々御援助と御議論を賜った地震研究所地盤研究会の方々に厚く御礼を申し述べる。

附記

常時微動の平均周期と最大周期を使つて、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図及び第19図の中のI~IVの記号は、その試案によつたものである。

13. Measurement of the Micro-tremor. VII. (Kawasaki 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 the great earthquake districts in Japan. This is a part of a series of our investigations.

Fig. 1 shows the measurement places. Figs. 2-16; frequency distribution of the period of micro-tremors. Fig. 17; the relation between the predominant period and the mean period of micro-tremors. Fig. 18; the relation between the mean period and the largest amplitude. Fig. 19; the relation of the mean period to the largest period. Fig. 20; the relation of the mean period to the thickness of alluvium. Fig. 21; the relation of the largest period to the thickness of alluvium.

From systematic measurements, we found many micro-tremor 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 the 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 wave form of micro-tremor can be decided not only from the thickness of alluvium but also from the conditions of each stratum, that is to say, the wave form depends mainly on the vibrational impedance ratio of neighbouring layers and the thickness of each layer.

(3) The predominant period of micro-tremor is in many cases influenced by the properties of the first layer. All the properties between the free surface and the bed rock seem to play an important part in deciding the largest period of micro-tremor.

(4) The frequency distribution curve of the period of micro-tremor on fresh rock is flat at periods ranging from less than 0.2 sec to larger than 1.0 sec. From these facts,

we can consider that the distribution curve of the period of micro-tremor arrived at bed rock will be flat in form. Then we can reach the conclusion that the amplitudes of vibration at the surface become relatively large at such periods as are synchronous with the natural period of the stratum from the feature of selective resonance.

(5) The predominant, mean and largest periods of micro-tremors differ slightly according to time and depend greatly of the vibrational characteristics of subsoil. But, the largest amplitude of mirco-tremor at day time is greatly 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 activity of the artificial vibration source surrounding the measuring place.

(6) The predominant period of earthquake motion has a close relation with the distribution curve of period of micro-tremor. When the place in which 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, when the place in which the distribution curve of period of micro-tremor has more than two peaks, the predominant period of earthquake motion usually takes either of them.
