

21. 長岡地震の被害地域における 常時微動の測定結果

地震研究所 { 田 中 貞 二
森 下 利 三

(昭和 36 年 11 月 28 日および昭和 37 年 9 月 18 日発表—昭和 37 年 12 月 28 日受理)

1. ま え が き

昭和 36 年 2 月 2 日の長岡地震¹⁾は、長岡市西部、信濃川左岸の農村地帯にかなりの被害をもたらした^{2), 3)}。家屋被害は、震央付近の半径約 3 km の小区域に限られたとはいえ、住家全壊率 20% を超えるもの 11 ケ町におよんだ。また、その被害分布はかなり複雑で地盤の震動特性の相違を示唆するものがあつたので、同年 9 月 11 日から 16 日までと、12 月 4 日から 8 日までの 2 回にわたつて、被害地域における常時微動の測定を実施

第 1 表

町 名	住家全壊率(%)	測定点数
南 新 保	67	5
高 瀬	60	11
古 正 寺	53	13
寺 宝	52	9
福 道	48	15
寺 島	33	7
雨 池	28	7
王 番 田	25	9
宝 地	24	6
蓮 界	23	16
蓮 瀧	22	10
福 戸	14	8
河 根 川	8	9
大 荒 戸	6	10
計		135

した。

測定した地域は、第 1 表および第 4 図に示すように住家全壊率 6%以上の 14 ケ町で、測定点の数は 135 である。本報告は、これら常時微動の測定結果、およびそれらと住家被害との比較に関するものである。

2. 測定および解析方法

測定には磁気録音式常時微動計を使用し、1 ケ所について約 2 分 30 秒間の記録をとつた。測定は日中に行つたので、自動車、耕運機などの走行による振動が、直接混入することに極力注意し、特に鑿井現場付近では機械の運転を停めて測定するなどの考慮をはらつた。周期の頻度分布は、周期頻度解析器⁴⁾を使つて 2 分間について解析したものであり、常時微動の変位振巾は、磁気テープの再生記

- 1) 岡田 惇「長岡地震による地盤変動」地震研究所彙報 39 (1961), 537.
- 2) 大沢 胖・山本正勝「昭和36年2月2日 長岡地震の家屋被害について」地震研究所彙報 39 (1961), 549.
- 3) 加藤勝行・伯野元彦「長岡地震被害調査報告」土木学会誌 46-8 (1961), 19.
- 4) 田中貞二「周期頻度解析器」地震研究所彙報 40 (1962), 861.

録から読みとつたものである。

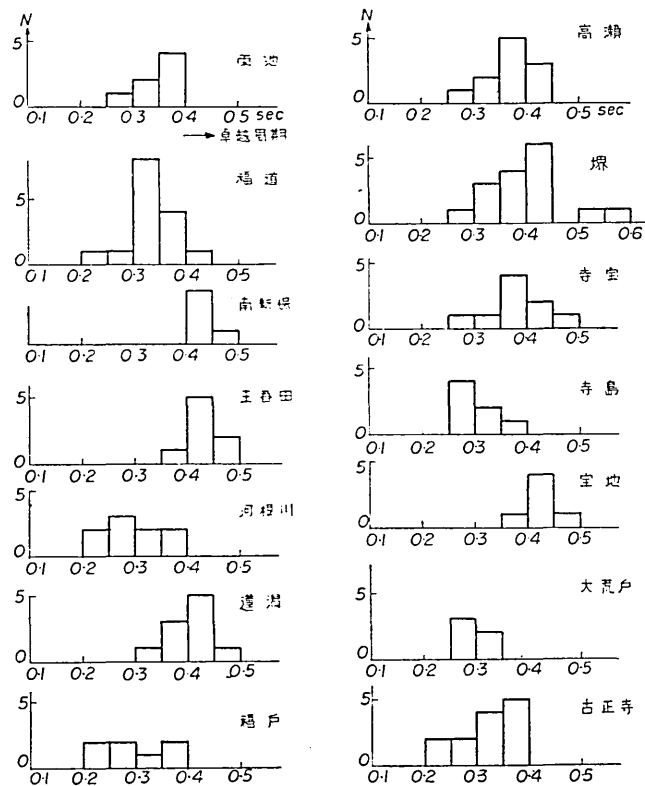
大部分の測定場所は、道路上であるが、民家の庭や、土間コンクリート上で行つたものもある。また、測定点の配置は、住家の分布状況を考慮して決めた。

3. 測定結果

2分間の波形についての周期の頻度分布を第6~10図に示す。これらのうち、測定点、4, 11, 22, 50などの頻度曲線に見られる0.10~0.15 secの短周期にある山は、測定時の周囲状況、および再生記録波形からみて測定点近傍の人工地動の直接の影響によるものと考えられる。

常時微動波形の性質を量的に表わすために、従来から用いている4つの特性値、すなわち、卓越、平均、最大の各周期および最大振巾の値を第2表に示す。

なお、解析器では、0.05 secから2.5 secまでの周期を、その間隔が等比級数をなす20の群に分割し、それぞれの群に分類される波の数は、その中心周期で代表させるような方法を使っている。したがって、ある範囲内の周期は一つの値で表わされるので、解析器か



第1図 地盤の卓越周期の頻度分布

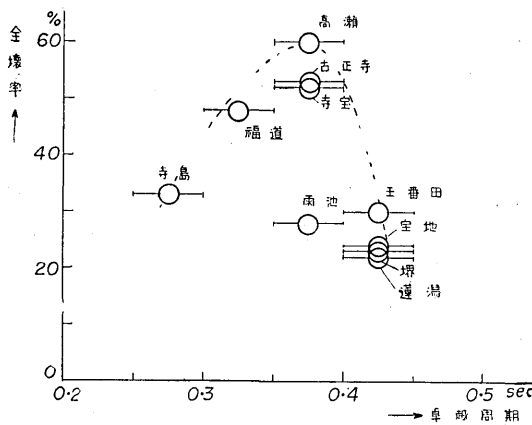
ら得られる最大周期の値は不連続である。これら4つの数値を建築基準法関係の地盤種別を決める第1次および第2次試算⁵⁾に適用して求めた各測定点の地盤種別を第2表中に示してある。

大雑把にいつて、今回の調査地域内の大部分の地盤は、0.25~0.50 secの卓越周期をもち、最大振巾は0.1~0.5 micronで、周期、振巾とも比較的狭い範囲内にある。

第4図中の種々の丸印は、各測定点における地盤種別判定値を示すものである。同様に卓越周期の分布を示すと第5図のようになる。

これらの図において、地盤種別値や卓越周期はかなり複雑な分布をしているから、家屋被害と地盤特性との関連性は、一見しただけでわかるというものではない。けれども、第5図の卓越周期の分布をよく見ると、住家全壊率の大きい高瀬、古正寺、寺宝、福道などでは、0.35~0.40 sec付近の地盤が比較的多く、全壊率の小さい他の部落では、その値がより短いか、またはより長いものが多いように見える。

そこで第1図に示すように、各町毎に0.05 secの周期間隔で集計した、卓越周期と測定点の数との頻度分布をしらべ、最大頻度を与える周期をその町を代表する地盤の卓越周期と考え、住家全壊率との関係を見



第2図 住家全壊率と地盤の卓越周期との関係

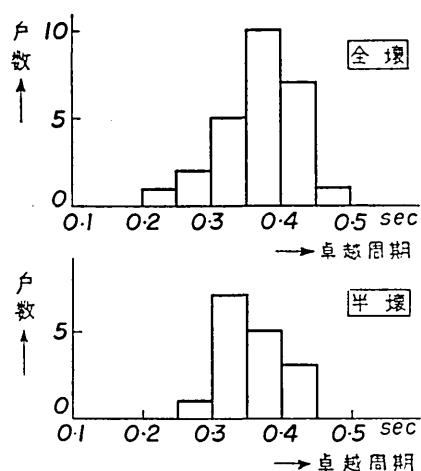
ると第2図のようになる。ただし、卓越周期が幅広く分布するもの(河根川、福戸)や、多くの測定点で卓越周期の決定が困難なもの(大荒戸)などは一応この比較から除外した。南新保は総戸数が僅か12戸にすぎず、測定点の数も少いので同様に除外した。また、王番田は地理的および被害の差からみて東西2つの区域に分けて考えるべきであるが、測定点の数が少いのでそのままとした。

第2図から、全壊率の大きい町では0.35~0.40 secの卓越周期をもつ地盤が多いという傾向が見られる。

大沢・山本⁶⁾は被害の多かつた6つの町(古正寺、寺宝、王番田、福道、南新保、高瀬)の大部分の住家について個別的な現地調査を行い、各家の全壊、半壊の判定を行った。そこで、これらの資料を使つて個々の住家の被害程度と、その敷地々盤における常時微動の卓越周期との関係を調べてみた。今回の測定点のうち、この比較ができるのは42ヶ所で、うち26ヶ所が全壊、16ヶ所が半壊である(第2表参照)。0.05 sec間隔にとつた地盤の卓越周期と全壊、半壊戸数との関係を示すと第3図のようになる。この図で見ると、僅

5) 金井 清・田中貞二「常時微動について 第8報」地震研究所彙報 39 (1961), 97.

6) 前出 2)



第3図 住家の敷地々盤における卓越周期と、全・半壊戸数との関係

このことはまた、この地域の住家被害が建物の固有振動周期と密接に関連していることを意味するものであるが、同地域で行われた住家の起振機による振動実験結果⁷⁾とも一致する。今回の地震による住家被害が、すべて、地盤と建物の周期関係のみで説明できるというのではなく、場所による地震力の違いや、各家屋の耐力そのものの違いによる影響もあることはいうまでもない。

なお、今回の常時微動測定から求められた地盤の卓越周期は、この付近で厚さ 80~100 m といわれる⁸⁾ 沖積層全体に関係したのではなく、沖積層内の比較的浅い不連続面に関係するものと予想される。このことは、現地で行われた弾性波地下探査結果と試験資料の比較からも明かにされている⁹⁾。

21. Microtremor Measurement in the Disaster Area of the Nagaoka Earthquake of February 2, 1961.

By Teiji TANAKA and Toshizo MORISHITA,
Earthquake Research Institute.

Measurements of microtremors in the disaster area of the Nagaoka earthquake were carried out in order to investigate the relation between the damage to dwelling-houses and the vibrational properties of the ground.

7) 金井 清・森下利三「震害と地盤の関係 第2報」地震研究所彙報 41 (1963), 271.

8) 前出 1)

9) 河角 広・他 地震研究所談話会 昭和 37 年 4 月.

第2表 常時微動の周期, 最大振幅および地盤種別判定値

No.	周 期 (sec)			最大振幅 (micron)	地 盤 種 別			住家被害
	卓 越	平 均	最 大		一次試案	二次試案	綜合試案	
1	0.21	0.20	1.00	0.45	II ~ III	II ~ III	II ~ III	全半 壊 " " " " " " " " " " " "
2	0.34	0.28	1.00	0.23	II ~ III	II	II ~ III	
3	0.34	0.30	1.45	0.23	IV	II	III	
4	0.31	0.25	0.90	0.21	II	II	II	
5	0.22	0.28	0.67	0.38	II	II ~ III	II	
6	0.28	0.26	1.20	0.10	III ~ IV	I ~ II	III	
7	0.38	0.31	1.80	0.17	IV	II	III	
8	0.37	0.30	1.20	0.19	III ~ IV	II	II ~ III	
9	0.38	0.27	1.00	0.23	II ~ III	II	II ~ III	
10	0.32	0.23	0.60	0.27	II	II ~ III	II ~ III	
11	0.38	0.31	1.45	0.17	IV	II	III	半全 壊 " " " " " " " " " " " "
12	0.38	0.31	1.45	0.17	IV	II	III	
13	0.30	0.25	1.20	0.21	III ~ IV	II	II ~ III	
14	0.30	0.27	0.82	0.37	II	II ~ III	II	
15	0.34	0.27	1.45	0.34	IV	II ~ III	III	
16	0.35	0.31	1.45	0.26	IV	II ~ III	III	
17	0.36	0.27	1.00	0.28	II ~ III	II ~ III	II ~ III	
18	0.28	0.23	1.00	0.26	II ~ III	II	II ~ III	
19	0.30	0.26	0.67	0.30	II	II ~ III	II	
20	0.29	0.29	1.45	0.39	IV	II ~ III	III	
21	0.43	0.37	2.25	0.27	IV	II ~ III	III ~ IV	
22	0.31	0.24	1.20	0.22	III ~ IV	II	III	
23	0.43	0.42	1.45	0.23	IV	II ~ III	III	
24	0.42	0.42	1.80	0.20	IV	II	III ~ IV	
25	0.43	0.34	1.80	0.21	IV	II	III ~ IV	
26	0.38	0.31	1.45	0.33	IV	II ~ III	III	
27	0.38	0.35	1.80	0.25	IV	II ~ III	III	
28	0.42	0.45	1.80	0.24	IV	II ~ III	III ~ IV	
29	0.46	0.47	1.80	0.16	IV	II	III ~ IV	
30	0.40	0.35	1.80	0.24	IV	II ~ III	III ~ IV	
31	0.37	0.35	1.00	0.30	II ~ III	II ~ III	II ~ III	
32	0.37	0.33	1.45	0.32	IV	II ~ III	III ~ IV	
33	0.37	0.29	0.82	0.34	II	II ~ III	II ~ III	
34	0.37	0.34	1.45	0.39	IV	II ~ III	III	
35	0.35	0.32	1.45	0.29	IV	II ~ III	III ~ IV	
36	0.31	0.35	1.00	0.49	II ~ III	II ~ III	II ~ III	
37	0.30	0.28	0.67	0.35	II	II ~ III	II ~ III	
38	0.32	0.33	2.25	0.14	IV	II	III ~ IV	
39	0.34	0.30	0.82	0.13	II	II	II	
40	0.38	0.28	1.20	0.16	III ~ IV	II	III	
41	0.43	0.24	0.67	0.12	II	I ~ II	II	
42	0.36	0.30	0.82	0.15	II	II	II	
43	0.38	0.32	1.20	0.14	III ~ IV	II	II ~ III	
44	0.42	0.37	1.00	0.18	II ~ III	II	II ~ III	
45	0.43	0.35	1.00	0.23	II ~ III	II ~ III	II ~ III	
46	0.42	0.34	1.20	0.44	III ~ IV	II ~ III	III	
47	0.30	0.28	1.80	0.30	IV	II ~ III	III ~ IV	
48	0.29	0.27	1.00	0.18	II ~ III	II	II ~ III	
49	0.38	0.29	0.82	0.18	II	II	II	
50	0.42	0.33	0.82	0.30	II	II ~ III	II ~ III	

(つづく)

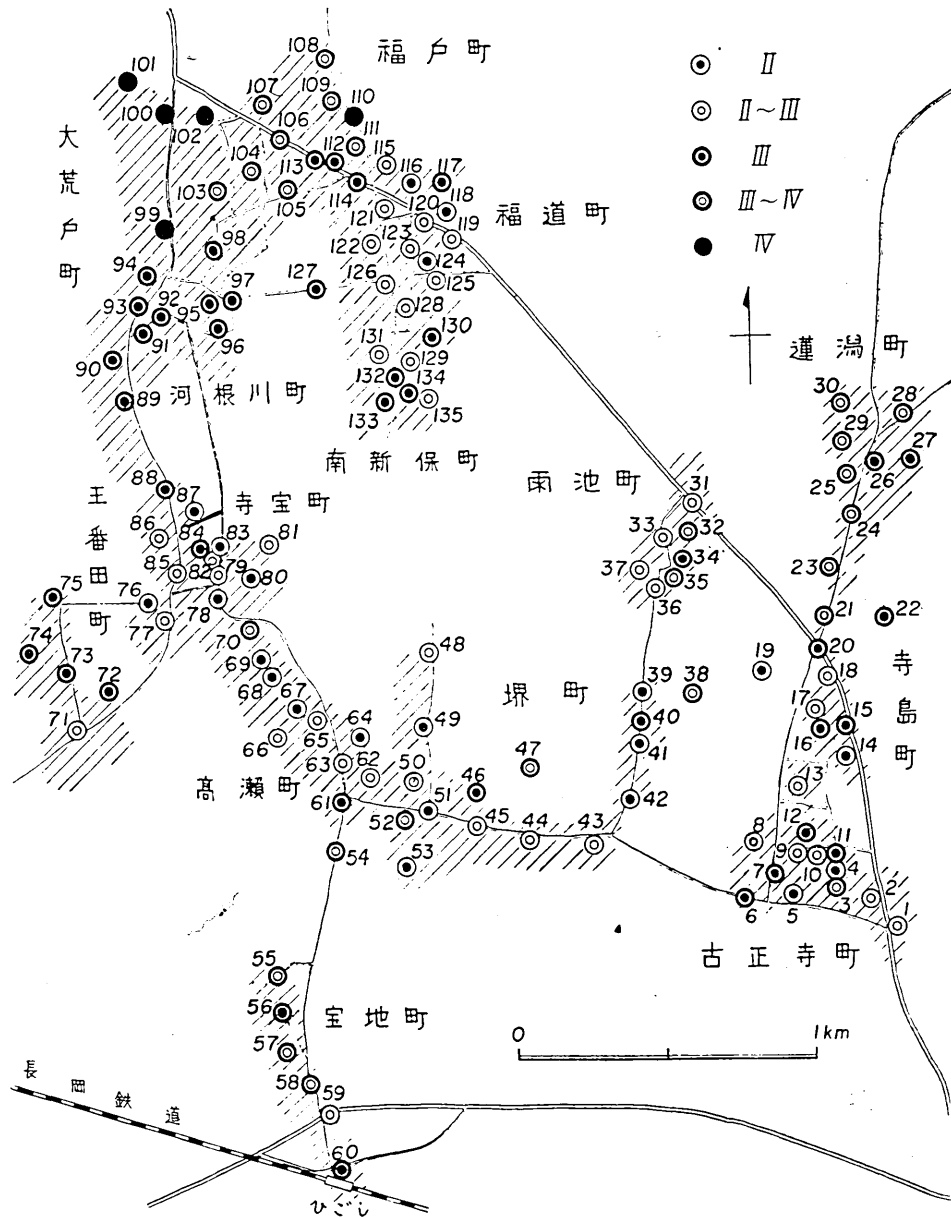
(第2表 つづき)

No.	周 期 (sec)			最大振巾 (micron)	地 盤 種 別			住家被害
	卓 越	平 均	最 大		一次試案	二次試案	綜合試案	
51	0.56	0.38	0.82	0.11	II	II	II	
52	0.52	0.38	1.45	0.30	IV	II~III	III~IV	
53	0.45	0.38	1.00	0.14	II~III	II	III	
54	0.39	0.41	1.80	0.25	IV	II~III	III~IV	
55	0.48	0.36	1.80	0.26	IV	II~III	III~IV	
56	0.42	0.36	1.80	0.30	IV	II~III	III	
57	0.39	0.35	1.80	0.37	IV	II~III	III~IV	
58	0.41	0.34	1.80	0.53	IV	III	III~IV	
59	0.42	0.30	1.00	0.47	II~III	II~III	II~III	
60	0.44	0.38	1.45	0.31	IV	II~III	III	
61	0.42	0.45	1.20	0.15	III~IV	II	III	全 壊
62	0.42	0.36	1.00	0.18	II~III	II	II~III	半 壊
63	0.40	0.32	0.82	0.24	II	II~III	II~III	
64	0.26	0.25	0.82	0.15	II	II	II	全 壊
65	0.38	0.35	1.00	0.15	II~III	II	II~III	半 壊
66	0.40	0.39	1.00	0.13	II~III	II	II~III	
67	0.38	0.36	0.82	0.12	II	II	II	全 壊
68	0.35	0.29	0.82	0.15	II	II	II	" 壊
69	0.36	0.32	0.82	0.18	II	II	II	半 壊
70	0.45	0.41	1.45	0.12	IV	II	III~IV	全 壊
71	0.44	0.28	1.00	0.24	II~III	II~III	II~III	
72	0.46	0.38	1.20	0.24	III~IV	II~III	III	
73	0.41	0.37	1.80	0.14	IV	II	III	
74	0.42	0.35	1.45	0.16	IV	II	III	
75	0.50	0.44	1.20	0.15	III~IV	II	III	
76	0.38	0.33	1.00	0.11	II~III	I~II	II	全 壊
77	0.41	0.42	1.00	0.12	III	II	II~III	
78	0.38	0.27	0.82	0.14	II	II	II	全 壊
79	0.45	0.26	0.82	0.10	II	I~II	II	
80	0.44	0.28	1.00	0.11	II~III	II	II~III	全 壊
81	0.48	0.40	1.00	0.18	II~III	II	II~III	
82	0.34	0.33	0.90	0.53	II	III	II~III	半 壊
83	0.42	0.31	0.82	0.17	II	II	II	
84	0.38	0.33	1.20	0.12	III~IV	II	III	半 壊
85	0.42	0.37	1.00	0.14	II~III	II	II~III	全 壊
86	0.37	0.31	1.00	0.23	II~III	II	II~III	" 壊
87	0.30	0.26	0.82	0.26	II	II	II	半 壊
88	0.38	0.33	1.20	0.15	III~IV	II	III	全 壊
89	0.40	0.34	1.45	0.18	IV	II	III	
90	0.30	0.27	1.80	0.12	IV	I~II	III	
91	0.30	0.26	1.40	0.15	IV	II	III	
92	0.33	0.28	1.80	0.18	IV	II	III	
93	0.37	0.33	1.45	0.26	IV	II~III	III	
94	0.24	0.27	1.45	0.25	IV	II	III	
95	0.30	0.33	1.45	0.17	IV	II	III	
96	0.33	0.32	1.45	0.23	IV	II	III	
97	0.24	0.31	1.45	0.18	IV	II	III	
98	—	0.24	2.25	0.17	IV	—	IV	
99	—	0.51	2.25	0.20	IV	—	IV	
100	—	0.65	2.25	0.14	IV	—	IV	

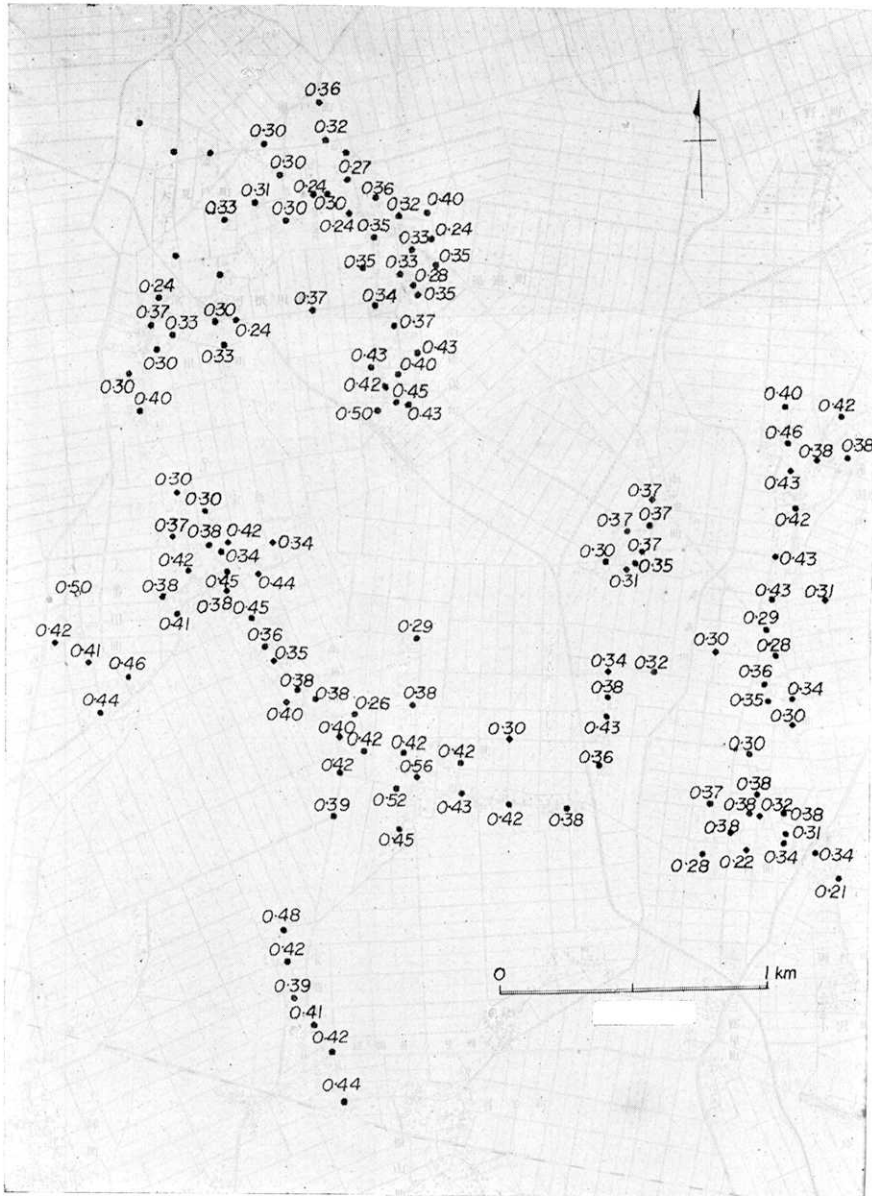
(つづく)

(第2表 つづき)

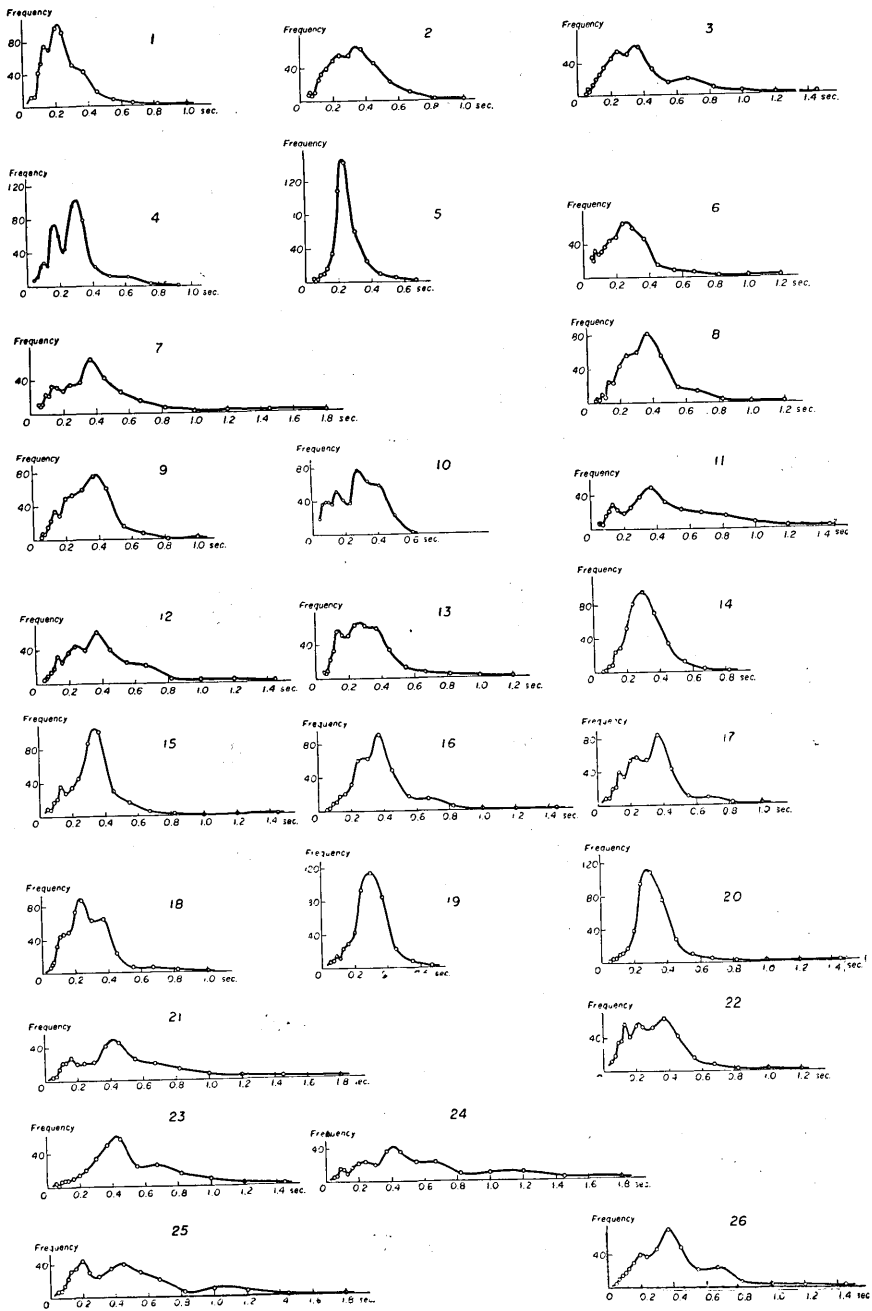
No.	周 期 (sec)			最大巾振 (micron)	地 盤 種 別			住家被害
	卓 越	平 均	最 大		一次試案	二次試案	綜合試案	
101	—	0.51	2.25	0.20	IV	—	IV	
102	—	0.46	2.25	0.22	IV	—	IV	
103	0.33	0.40	2.25	0.30	IV	II ~ III	III ~ IV	
104	0.31	0.42	2.25	0.22	IV	II	III ~ IV	
105	0.30	0.34	2.25	0.20	IV	II	III ~ IV	
106	0.30	0.45	2.25	0.27	IV	II ~ III	III ~ IV	
107	0.30	0.34	2.25	0.31	IV	II ~ III	III ~ IV	
108	0.36	0.41	2.25	0.32	IV	II ~ III	III ~ IV	
109	0.32	0.43	2.25	0.24	IV	II	III ~ IV	
110	—	0.68	2.25	0.16	IV	—	IV	
111	0.27	0.35	2.25	0.42	IV	II ~ III	III ~ IV	
112	0.30	0.29	1.20	0.46	III ~ IV	II ~ III	III	
113	0.24	0.30	1.45	0.39	IV	II ~ III	III	
114	0.24	0.28	1.80	0.25	IV	II	III	
115	0.36	0.30	0.82	0.36	II	II ~ III	II ~ III	
116	0.32	0.29	0.82	0.24	II	II	II	
117	0.40	0.35	1.20	0.18	III ~ IV	II	III	
118	0.24	0.26	0.82	0.26	II	II	II	
119	0.35	0.30	0.82	0.32	II	II ~ III	II ~ III	半 壊
120	0.33	0.28	1.00	0.27	II ~ III	II ~ III	II ~ III	全 壊
121	0.35	0.30	1.00	0.26	II ~ III	II ~ III	II ~ III	半 壊
122	0.35	0.30	1.00	0.25	II ~ III	II ~ III	II ~ III	全 壊
123	0.33	0.28	0.82	0.29	II	II ~ III	II ~ III	
124	0.28	0.26	0.67	0.30	II	II ~ III	II	
125	0.35	0.30	1.10	0.29	II ~ III	II ~ III	II ~ III	全 壊
126	0.34	0.32	0.82	0.29	II	II ~ III	II ~ III	半 壊
127	0.37	0.36	1.45	0.29	IV	II ~ III	III	
128	0.37	0.32	1.00	0.26	II ~ III	II ~ III	II ~ III	全 壊
129	0.40	0.33	1.00	0.41	II ~ III	II ~ III	II ~ III	"
130	0.43	0.36	1.45	0.20	IV	II	III	"
131	0.43	0.42	1.00	0.27	II ~ III	II ~ III	II ~ III	"
132	0.42	0.33	1.45	0.41	IV	II ~ III	III	"
133	0.50	0.40	1.20	0.28	III ~ IV	II ~ III	III	"
134	0.45	0.40	1.45	0.27	IV	II ~ III	III	半 壊
135	0.43	0.34	1.00	0.35	II ~ III	II ~ III	II ~ III	"



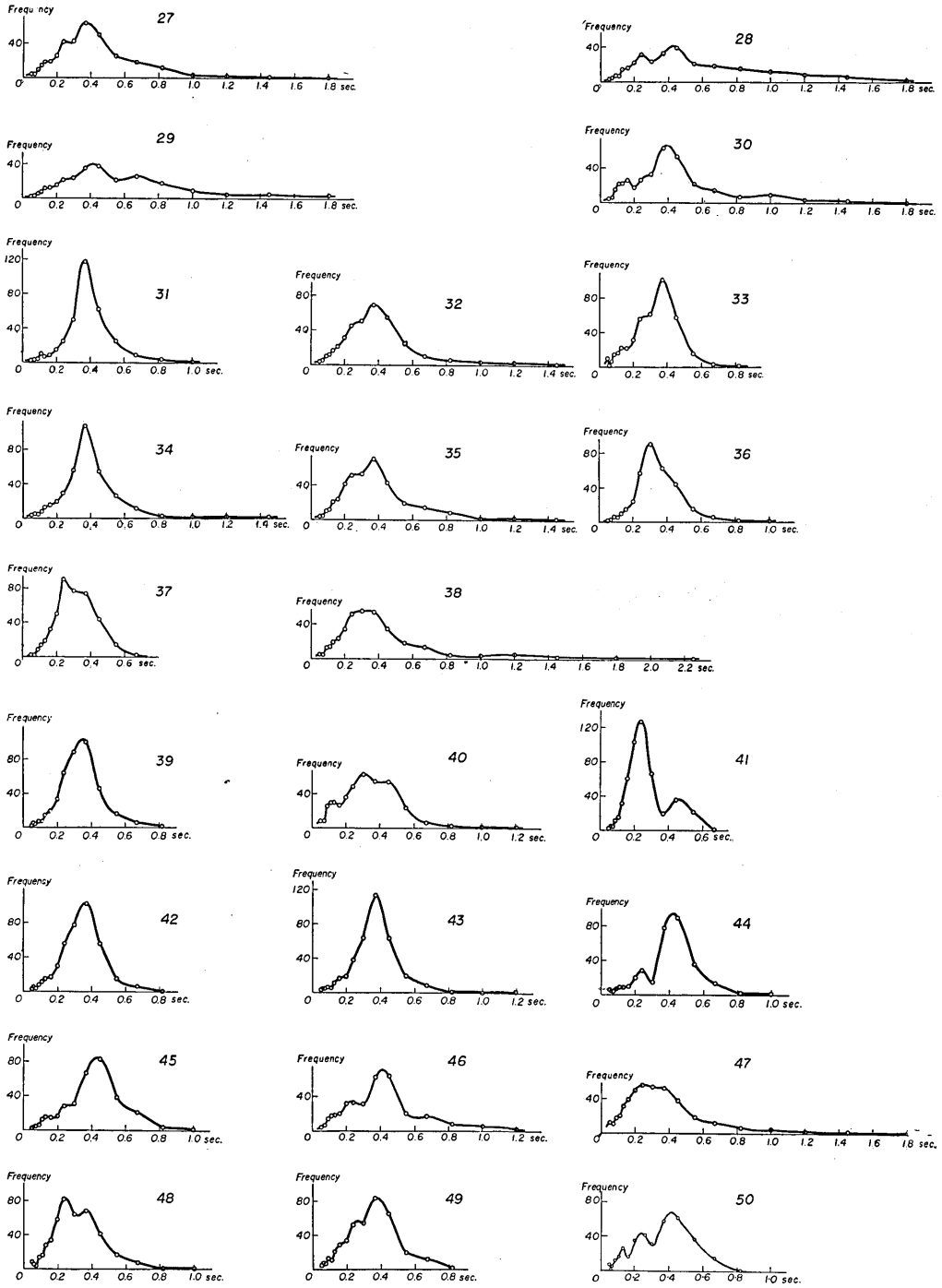
第4図 常時微動の測定場所 (II~IV の記号は建築基準法関係の地盤種別)



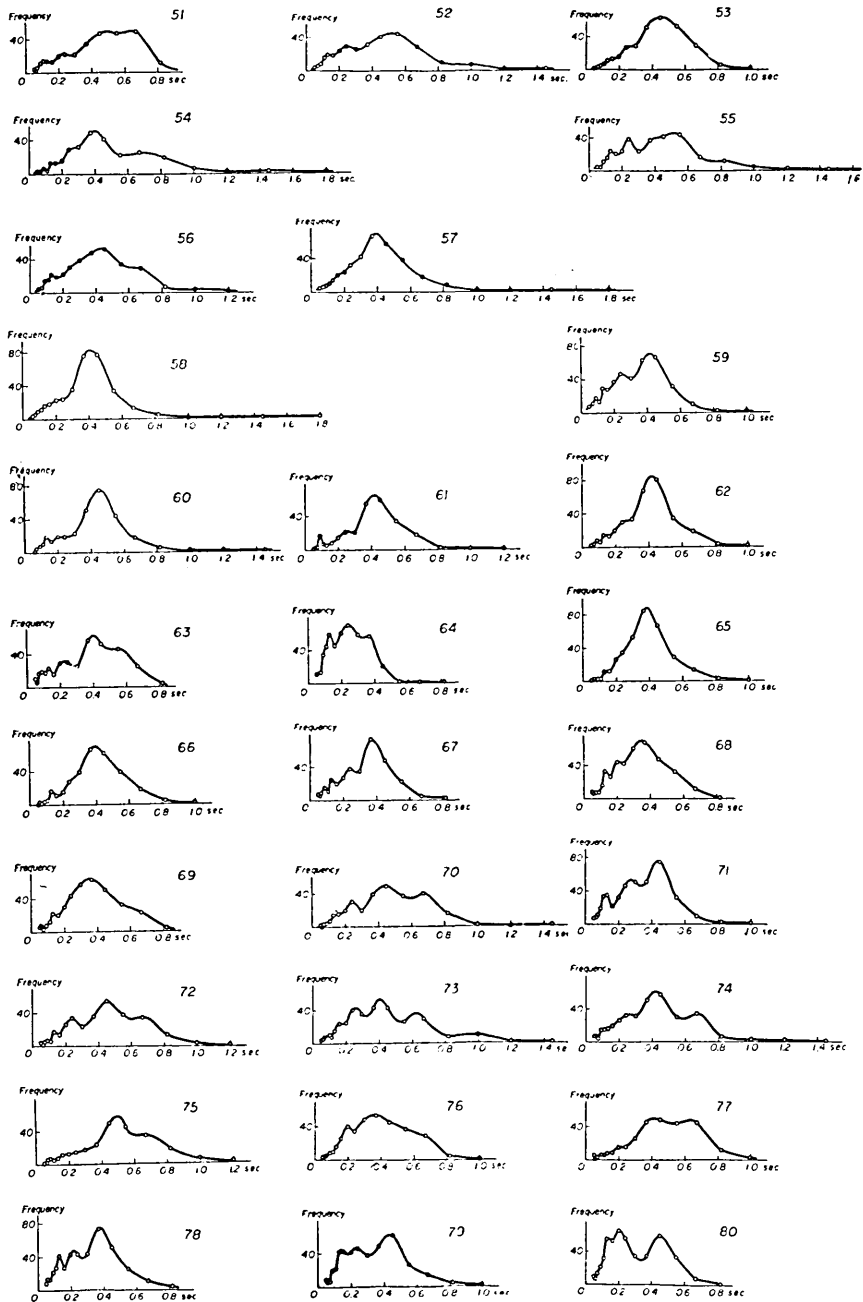
第5図 常時微動測定から得られた地盤の卓越周期 (単位 sec.)



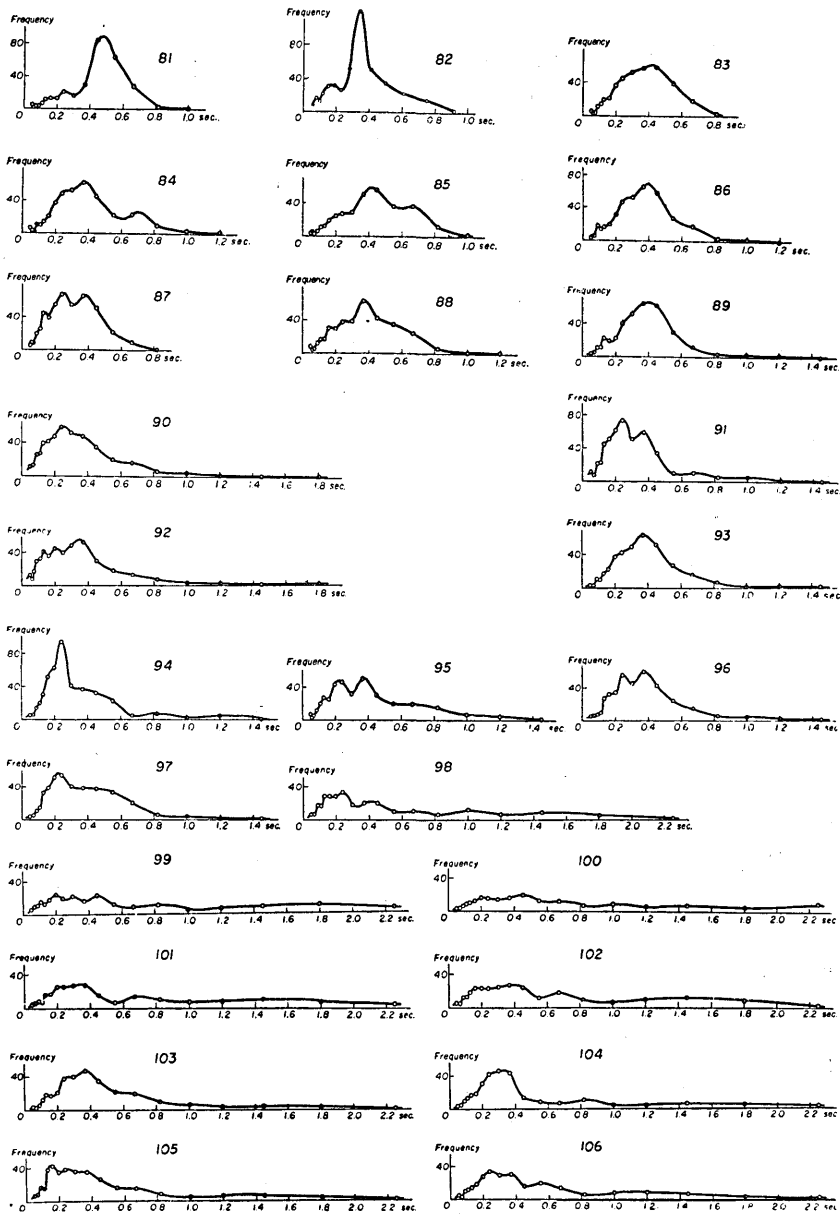
第6図 常時微動の周期の頻度曲線 (測定点 1~26)



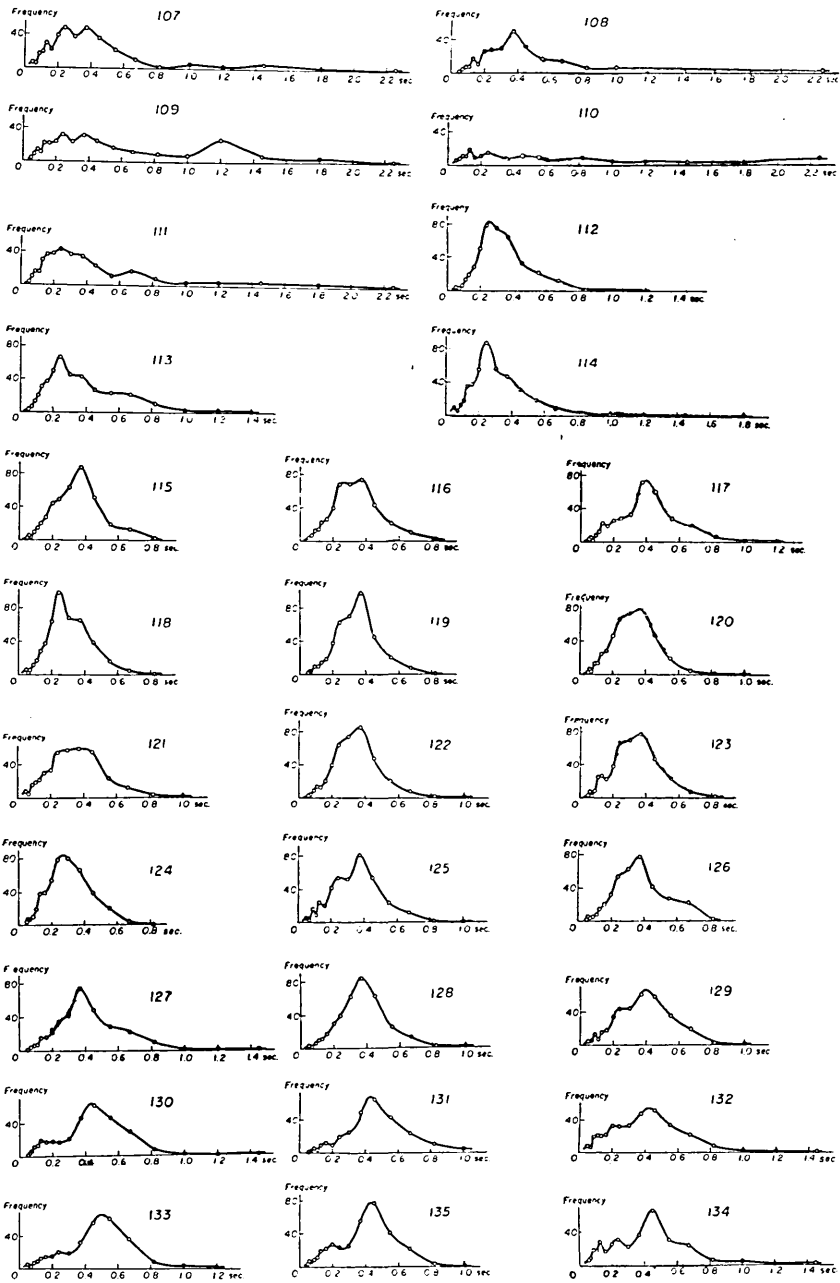
第7図 常時微動の周期の頻度曲線 (測定点 27~50)



第8図 常時微動の周期の頻度曲線 (測定点 51~80)



第9図 常時微動の周期の頻度曲線 (測定点 81~106)



第 10 図 常時微動の周期の頻度曲線 (測定点 107~135)

Measurements were made at 135 sites as shown in Fig. 4. The frequency-period curves of microtremors obtained by the period distribution analyser are shown in Figs. 6~10. The predominant periods of respective sites are shown in Table 2 and are plotted in Fig. 5.

Fig. 2 shows the relation between the percentage of totally-collapsed wooden dwelling-houses and the predominant period of the ground. Fig. 3 shows the relations of the numbers of totally- as well as half-collapsed dwelling-houses to the predominant periods of the ground on which the houses stood.

From these figures it may be derived statistically that the damage to dwelling-houses in the disaster area of this earthquake was the largest at the sites where the predominant periods of the ground registered approximately 0.35~0.40 sec.