

13. 木造家屋の耐震性(第2報)

(自然地震の観測)

地震研究所 鈴木正治

(昭和31年6月26日発表—昭和33年3月31日受理)

1. 緒言

従来構造物の耐震性の研究を目的としてなされた地震動の観測には、大抵は変位地震計又は加速度地震計が使用され、これ等の地震計は通常構造物の床上及びこれに近接せる地上に設置観測された。坪井、宮村¹⁾等は直接家屋の歪の観測を行い、重要な研究報告をされている。木造家屋の耐震性に関する研究結果の内、自然地震を木造家屋で観測した代表的なものは、宮村²⁾、金井³⁾及び斎田⁴⁾等によるものをあげることが出来る。

これ等の観測に用いた家屋と地盤との関係は、斎田の場合は、沖積層の比較的軟弱地盤上に建つ古い二階建店舗、ローム層の良好なる地盤上に建つ比較的新しい二階建住宅である。宮村の場合は、ローム層上の比較的柔構造の古い一階建教室である。又金井の場合は良好なる地盤上の貼石・モルタルぬり等の木構造の短周期の建物及び神殿造の住居のような柔構造の建物である。

上記建物に於ける震動観測結果を要約すれば次の如きものである。

(i) **卓越振動周期** 建物の震動(加速度)⁵⁾観測記象から周期とその頻度の関係を求めると、建物に卓越振動周期が存在し、その値は建物に強制力を与える地震動(地上)の周期及びその加速度の大きさによつて多少異なる値を示し、なおそれは、その建物を人工的加力による建物の自由振動及び強制振動の実験結果より得られた建物の固有振動周期と一致した。

又建物の歪⁶⁾震動についてその波動群の平均周期とその頻度との関係を求めると、卓越周期が存在し、その値は地震により多少異なるが、これらの平均値は、記象を高橋、伏見⁷⁾の方法によつて求めた建物の自己振動周期と殆んど一致することがわかつた。

今市地震の余震の観測結果⁸⁾によれば、建物の歪震動の卓越周期は、剛構造の建物では地上の加速度の卓越周期と殆んど一致し、柔構造の建物では二つの卓越周期が存在するものと、一つの卓越周期のものがある。この二つの卓越周期が存在する場合、小さい周期は地上の卓越周期に、他の一つは人工的に加えた強制振動の共振周期にそれぞれ一致するこ

1) 坪井忠二・宮村撰三 震研彙報 **20** (1942), 291~295; **21** (1943), 216~230.

2) 前出 1).

3) 金井 清・鈴木富三郎 震研彙報 **28** (1950), 465~470.

4) 斎田時太郎 日本學術振興会「第**14**小委員会(耐震構造)」報告, 第1号.

5) 前出 4).

6) 前出 1).

7) 高橋浩一郎 理研彙報 **14** (1935), 255~271.

8) 前出 3).

とがわかつた。

(ii) **最大加速度** 階上と地上の震動の加速度比を比較すると⁹⁾、軟弱地盤上の店舗では、0.8~3.4で、建物の方向(間口、奥行)により多少の差違がある。又ローム層上の住宅では1.3~4.1倍で、建物の間口方向の比率が平均して約2倍大きな値が観測された。この方向による比率の差違は、その建物の自己振動周期、その減衰率及び地上地震動の周期等の関係により差違を生ずるものと考えられるのであるが、店舗の場合は建物の自己振動周期の長い方向、住宅では短い周期の方向がそれぞれ比率が大きい。これらの比率の大きい方向は著者の考えではそれぞれの建物の地上地震動の卓越振動周期に近い周期を有する方向のようである。

(iii) **加速度又は歪と周期** 建物の震動加速度とその周期の関係¹⁰⁾を、比較的震度の大きい二つの地震について調べた結果によれば、建物の二階の震動加速度の振巾とその周期は大体に於て直線的な関係で、振巾の増加に伴い周期は増加する。これ等の関係は人工的に加えた強制振動による振巾、周期の関係と殆んど同じ傾向にあることが認められた。

又歪振動の群の最大歪振巾とその平均周期との関係¹¹⁾について多くの地震について求めると、歪振巾が増加すると平均周期も増加の傾向にあることがわかり、これ等の関係を $T = KA^n$ (T は群の平均周期, A は群の最大歪振巾, n は常数) と置き, K, n を最小二乗法によつて決定している。

(iv) **加速度振巾比と周期**¹²⁾ 階上と地上の震動加速度振巾比とその周期との関係、即ち共振曲線より極大振巾比を与える地上の震動周期は建物を人工的に振動せしめて得られた共振周期の値と殆んど一致することがわかつた。

(v) **歪の振巾分布とその周期**¹³⁾ 歪の振巾と周期との関係を求めると、その極大値を与える周期は、柔構造の場合には二つ、剛構造は一つ存在し、前者の場合の一つの極大値を与える周期は地上地震動の加速度の最大値の周期に、他の一つは人工的に与えた強制振動による共振周期に殆んど一致する。又後者の場合には強制振動による共振周期又は地上の地震動の加速度の最大値の周期と殆んど一致することがわかつた。

その他建物の自己振動周期、減衰率¹⁴⁾を高橋、伏見の方法によつて求め、建物の歪振動の解析がなされている。

本研究の目的は、従来多くの人々によつてなされた研究事項を、前報告において使用した実験家屋を用い、地震動の観測をなし、そこで得られた結果と比較検討し、更に実験家屋と類似体(単一質量系振子)の震動観測も併せ行い、その振動特性と実際の建物との比較を行い、耐震構造研究の基礎的な資料を求めんとするものである。

9) 前出 4).

10) 前出 3).

11) 前出 1).

12) 前出 4).

13) 前出 3).

14) 前出 1).

15) 鈴木正治・荏司良也 震研彙報 20 (1956), 381~400.

2. 測定器及び地震動の観測方法

観測に使用した測定器は変位地震計2台、加速度地震計1台、家屋歪計2台及び類似体(固有周期、減衰係数可変の振動計)2台で、これらの測定器の諸常数は第1表の如きものである。

第1表 観測期間中の測定器の常数

観測期間			天井(変位)			地上(変位又は加速度)				歪			類似体(A)			類似体(B)			
年	月	日	周期	減衰比	倍率	周期	減衰比	倍率	感度	倍率	周期	減衰比	倍率	周期	減衰比	倍率	周期	減衰比	倍率
			T_n	v	V	T_n	v	V	s	V	T_n	v	V	T_n	v	V	T_n	v	V
			sec.				sec.	mm/gal			sec.			sec.					
30	12	18	1.0	10	57.0	1.0	11	54.0		128	0.160	1.27	46.0						
"	"	29	"	"	"	"	"	"	"	"	0.200	1.25	43.0						
31	1	10	"	"	36.8	"	10	36.0		"	"	"	"						
"	"	18	"	"	"	"	"	"		"	0.212	1.22	"						
"	3	20	"	"	"	"	"	40.0		92	0.186	"	44.0						
"	4	18	"	"	"	"	"	"		"	0.225	"	37.0						
"	5	05	"	"	22.5	"	"	"		55	0.256	"	28.0						
"	"	27	"	"	"	"	"	"		"	0.221	"	33.0						
"	6	06	"	"	"	"	"	"		"	"	1.40	"						
"	"	10	"	"	"	"	"	"		"	"	1.22	"						
"	"	30	"	"	"	"	"	"		"	0.300	1.25	"						
"	7	29	"	"	"	"	"	"		"	0.193	1.27	33.3	0.48	1.20	50			
"	8	31	"	"	"	0.13	13		0.29	"	0.317	1.25	22.5	"	"	"			
"	9	30	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.90	"	"	"	"			
"	10	13	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.25	"	"	"	"			
"	11	6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"			
振子型式			剪断振動型			剪断振動型				逆立振子型			逆立振子型						
質量 kg			14.6			14.6				1.77			4.27						
慣性能率 g-cm ²										2.3×10 ⁵			2.8×10 ⁶						

変位地震計は天井及び地上に設置し、家屋の歪計は A (玄関), B (物置) の場所において、それぞれ地上約 70cm の高さの柱の位置と地上との相対変位を記録せしめるように、類似体は地上に設置した。第1図はこれら測定器の家屋における平面上の位置を示す。

測定器は総て東西方向の地震動を観測せしめた。なお歪計と類似体はその記録の比較に便ならしめるため、同一の記録用ドラムに記録するようにした。

測定器の総ての記録用ドラムはワーレン電動機により駆動され、その記録紙速度は2mm毎秒とした。No. 23 以後の地震観測には田中、金井¹⁶⁾による地震動の初期に作動する記

16) 田中真二・金井 清 地震研究所談話会(昭和30年12月)

録用ドラム起動装置の使用により記録紙速度を最初の5倍にすることが出来た。

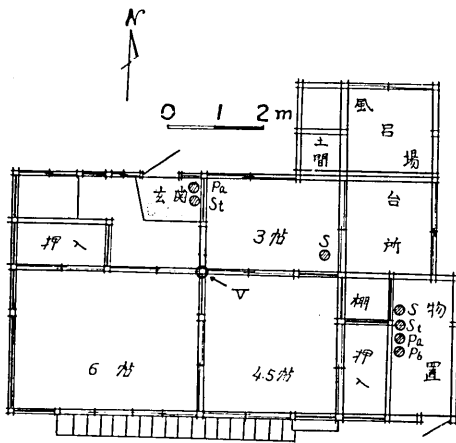


Fig. 1. Plan view of the wooden house.
 V: vibrator, P₁, P₂: pendulum, S: displacement or acceleration seismograph, S_t: strain-graph.

類似体の固有周期，減衰率の値を如何にするかが問題となるが，その固有周期は0.16 sec. より始め家屋の固有周期を含むように変化した。即ち必要な記録を観測し終ると適宜その値を変化するようにした。減衰率は二三の地震観測以外はなるべく家屋の減衰率附近の値を選んだ。観測期間中の類似体の固有周期，減衰率は第1表に示す。第2図は家屋の天井，歪，及び類似体の自由振動の記録を示したものである。

東京都地盤調査のための地震動観測に際し，宮村¹⁷⁾は構造物の類似体を兼ねた数種類の固有周期の地震計を使用した。その際の振子の減衰率は通常地震観測時の値であつた。多くの人々によつて測定された木造家屋の減衰率は大抵1.1~2程度のもので，一般に地震の観測時の値に比較して小さいものである。類似体の減衰率が通常地震観測時の値であれば，類似体の地上地震動による震動周期は一般に，地上地震動の周期に似る事は想像されることである。そこで類似体の減衰率は木造家屋に存在するやうなものを選ぶことにした。

天井，地上，歪及び類似体2成分，合計五要素を約一年間観測し，この期間中観測し得た地震中で東京に於ける有感地震の震度は次の如くであつた。震度IV: 2回，III: 3回，其の他II, Iは合計30余回であつた。

第2表は観測し得た地震の発震時，震央其の他の事項で，気象庁地震観測課の報告によるものである。

第3図は第2表の地震の震央位置を示し，なお図中の数字は地震番号を示す。

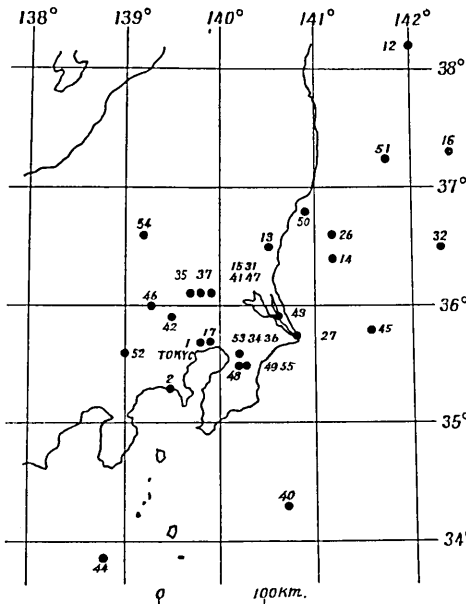


Fig. 3. The epicenters of earthquakes.

第2表 観測された地震

地震 番号	発 震 時					震 央		地 名	深 さ (km)
	年	月	日	時	分	ϕ	λ		
1	30	12	21	02	30	35.7°	139.8°	東 京 附 近	約 60
2	"	"	"	05	00	35.3	139.5	神 奈 川 県 南 部	約 40
3	"	"	31	04	27			東 京 附 近	
4	31	1	5	14	06	32.3	138.5	八 丈 島 南 西 沖	
5	"	"	7	07	25	38.4	142.5	牡 鹿 半 島 東 方 沖	
6	"	"	10	23	51			茨 城 県 南 西 部	
7	"	"	11	15	39	32.6	139.3	八 丈 島 南 西 沖	約 280
8	"	"	18	04	24			房 総 半 島 南 東 沖	
9	"	"	30	05	42			房 総 半 島 東 方 沖	
10	"	2	1	23	18			Marianas	
11	"	"	2	04	22			東 京 附 近	
12	"	"	4	05	12	37.8	142.0	金 華 山 南 東 沖	約 60
13	"	"	"	18	58	36.5	140.5	茨 城 県 中 部	約 40
14	"	"	9	19	19	36.4	141.2	茨 城 県 東 方 沖	約 60
15	"	"	10	06	55	36.1	139.9	茨 城 県 南 西 沖	約 60
16	"	"	"	09	02	37.3	142.4	福 島 県 東 方 沖	約 60
17	"	"	14	09	53	35.7	139.9	江 戸 川 下 流	約 50
18	"	"	14	23	12			関 東 地 方 南 部	
19	"	"	18	16	34	29.9	138.5	鳥 島 西 方 沖	約 480
20	"	"	20	02	06			茨 城 県, 群 馬 県 境	
21	"	"	21	23	19			茨 城 県 南 西 部	
22	"	4	1	04	11			千 葉 県 北 部	
23	"	"	2						
24	"	"	12	11	32			神 奈 川 県 南 部	
25	"	"	"	15	17			千 葉 県 北 部	
26	"	"	25	02	25	36.6	141.2	茨 城 県	約 40
27	"	"	26	20	38	35.3/4	140.8	銚 子 附 近	約 30
28	"	"	30	16	40			関 東 中 部	
29	"	5	12	19	05			福 島 県 地 域	
30	"	"	13	05	33			茨 城 県 南 西 部	
31	"	"	16	00	47	36.1	139.9	"	約 50
32	"	"	18	08	00	36.5	141.3	茨 城 県 東 方 沖	約 40
33	"	"	24	12	08			群 馬 県, 栃 木 県 境	
34	"	6	5	04	09	35.6	140.2	千 葉 県 中 部	60~80
35	"	"	6	04	56	36.1	139.7	埼 玉 県, 茨 城 県 境	約 90
36	"	"	10	05	05	35.6	140.2	千 葉 県 中 部	約 80
37	"	"	26	07	00	36.1	139.8	茨 城 県 南 西 部	約 60
38	"	7	7	16	37	35.4	139.0	神 奈 川 県 西 部	約 10

(続<)

第 2 表 (続き)

地震 番号	発 震 時					震 央			深 さ
	年	月	日	時	分	φ	λ	地 名	km
39	31	7	16	15	28	38.5°	137.3 $\frac{3}{4}$ °	相川北北西沖	約 30
40	"	"	24	23	01	34.3	140.7	房総半島南東沖	約 40
41	"	"	30	07	03	36.1	139.9	茨城県南西部	約 50
42	"	8	5	10	57	35.9	139.5	埼玉県東部	約 90
43	"	"	10	00	14	35.9	140.6	千葉県, 茨城県境	約 40
44	"	"	13	01	59	33.8	138.8	伊豆半島南方沖	約 70
45	"	"	24	07	05	35.8	141.6	銚子沖	約 60
46	"	"	31	23	48	36.0	139.3	埼玉県中部	約 120
47	"	9	24	21	01	36.1	139.9	茨城県南西部	約 70
48	"	"	30	08	21	35.5	140.2	千葉県中部	約 70
49	"	"	30	09	03	35.5	140.25	"	約 60
50	"	10	14	09	31	36.8	140.9	茨城県東岸沖	約 90
51	"	"	15	06	05	37.25	141.75	福島県東方沖	約 40
52	"	"	29	02	40	35.6	139.0	山梨県東部	約 20
53	"	11	4	14	37	35.6	140.2	千葉県中部	約 80
54	"	"	5	11	38	36.7	139.2	群馬県東部	約 10
55	"	"	5	17	09	35.5	140.25	千葉県中部	約 60

第 4 図～第 6 図は観測された地震の記象例で、比較的震度の大きいものである。なお昭和 31 年 4 月以降に記録紙速度が大きくなった時に観測し得たものについては次の機会に掲載の予定である。

3. 家屋及び類似体の最大振巾と地上地震動との関係

第 3 表は各地震における家屋の天井の振巾が最大るとき、家屋の歪、類似体及び地上の振巾、周期等の値を示すものである。

第 7 図～第 8 図は第 3 表に示した各要素の震動振巾の地上地震動振巾に対する割合、即ち振巾比と地上地震動周期との関係を示したものである。又これ等の図中の実線は単一質量系の振子の支持点に単位振巾の正弦波振動を与えた時、定常状態における、絶対系及び運動系の座標に対する振子の位置を示す¹⁸⁾。

天井の振巾比は 7.2～1.0 であつて、その最大値を与える地上の震動周期は 0.2 sec. 附近で、この値は家屋の振巾が小さい時の家屋の固有振動周期の値と殆んど等しい。

家屋の歪振巾の地上地震動振巾に対する振巾比は 2.1～0.02 であつて、天井と同様に、その最大値を与える周期の値は家屋の固有周期と殆んど一致し、地上の周期が相当に大き

18) 例えば、坪井忠二 振動論によれば、

$$F = \frac{u \sqrt{u^2 + 4h^2}}{\sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2 u^2}} \quad (\text{絶対系}), \quad F_a = \frac{1}{\sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2 u^2}} \quad (\text{運動系}).$$

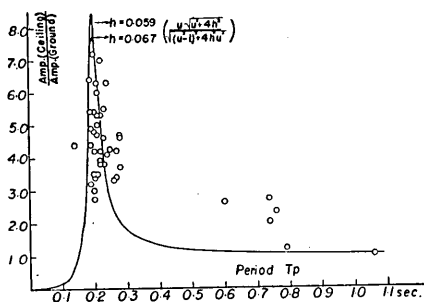


Fig. 7. Relation between the maximum amplitude ratio and the period of the earthquake motion on the ground.
(Representation of $u \sqrt{u^2 + 4h^2} / \sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2 u^2}$)

くなると(速震の場合), その値は零に近くなる. この場合家屋の振巾は地上の震動振巾に殆んど等しくなり, 家屋は地面と一体となつて振動し, 即ち家屋は剛体のような運動をしていることを意味する.

歪の観測は, 地上で変位震動計で観測を行つた期間において, A点(No. 8~No. 21), B点(No. 22~No. 45)で行つたもので, 二点の同時観測ではない. これらの点の振巾比は夫々0.14~0.49及び2.09~0.60となり, B点はA点の約3.5倍となる. この二点の振巾比の相違は家屋の構造上より生ずるものと, 二点が同時観測によらない即ち地上地震動の性質とによることが一応は考慮される事である. そこでA, B二点の観測期間中の天井の振巾比の平均を求めて見ると4.1及び4.7となるから, この振巾比の相違を地上地震動の性質によるものと考えこれを考慮して上記二点の振巾比の平均を修正すると, その倍率は2.9となる. この値は実に家屋に人工的に自由振動又は強制振動を与えた時に, 天井における振巾を一定値としたときの二点の振巾比と殆んど一致する. この事実は二点A, Bの剛性比を示すものであろう.

第9図は家屋の自由振動による天井とA, B

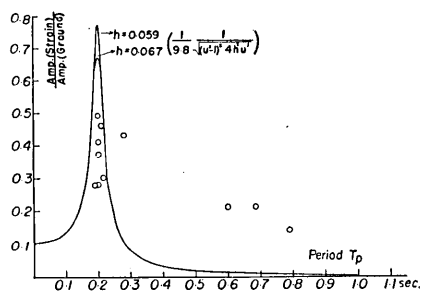


Fig. 8a. Relation between the maximum amplitude ratio and the period of the earthquake motion on the ground.
(Representation of $1/9.8 \sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2 u^2}$)

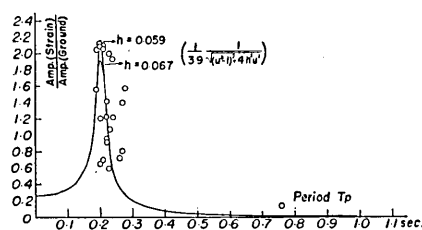


Fig. 8b. Relation between the maximum amplitude ratio and the period of the earthquake motion on the ground.
(Representation of $1/3.9 \sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2 u^2}$)

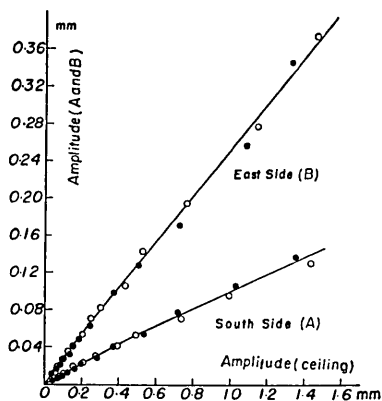


Fig. 9. Comparison of the amplitude between A and B in the case of free vibration.

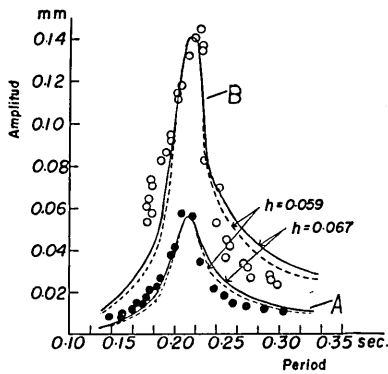


Fig. 10. Comparison of amplitude between A and B in the case of forced vibration. (Representation of $\alpha_h \sqrt{\left(1 - \frac{1}{u^2}\right)^2 + 4h^2 \frac{1}{u^2}}$,
 A ($\alpha_{h=0.007} = 0.0076$, $\alpha_{h=0.059} = 0.066$),
 B ($\alpha_{h=0.037} = 0.0189$, $\alpha_{h=0.059} = 0.0164$).

に対する振巾比を示す。ここに T_p, T_n は夫々地上地震動の周期及び類似体の固有振動周期である。

地震番号 1~45 の観測期間中の類似体の固有周期は第 1 表の如く $T_n = 0.16 \sim 0.32$ sec. その減衰比 $h = 0.122 \sim 0.149$ で、0.149, 0.140 の二つの場合以外は 0.122~0.127 で

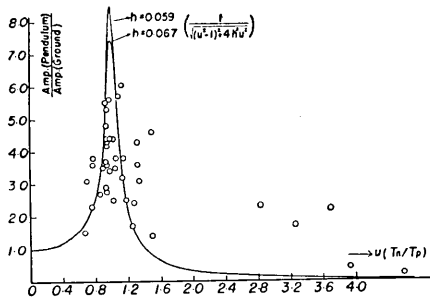


Fig. 11. Relation between the maximum amplitude ratio and the period of the earthquake motion on the ground.
 $u = T_p/T_n$, T_p : period of the ground,
 T_n : natural period of the pendulum.
 (Representation of $1/\sqrt{(u^2-1)^2 + 4h^2 u^2}$)

の地震動の波形の正弦波よりの歪の程度はその一つの大きな要素と考えられる。尚家屋の天井、歪及び類似体等の各要素に最大振巾を与えた地上の地震動周期の大部分は、0.15 sec. ~ 0.27 sec. である。

二点の振巾の関係を示し、第 10 図は強制振動を与えた場合、天井の振巾を一定としたとき、A, B 二点の振巾、周期の関係を示すもので、各周期に対する二点の振巾比は殆んど一定で、自由振動の場合の比率と殆んど一致することを示している。第 7 図中の曲線は単一質量系の振子に、正弦力を加えたとき定常状態における振子の振巾、周期の関係を表わすもので、振子の周期 ($T_n = 0.212$ sec.), 減衰率 ($h = 0.059, 0.067$) とし、極大振巾は実験値の極大値に一致せしめた。図に示す如く家屋の振動は単一質量系の振子の振動とは完全には一致しないことを示す。さてここにおける h の値は、極大振巾の $1/\sqrt{2}$ の振巾を与える二つの周期の値と、極大振巾を与える周期から前報告において述べた方法で求めた。

第 11 図は類似体 (A) の各周期比 ($u = T_p/T_n$) に対する振巾比を示す。ここに T_p, T_n は夫々地上地震動の周期及び類似体の固有振動周期である。

振巾比は地上の震動周期と類似体の固有周期及びその減衰係数により相異なる値を示すことは当然なことであるが、一般に固有周期、減衰係数が一定の振子の場合と同様、周期比と振巾比の関係を図示すると第 11 図の如くなり、周期比が 1 附近において振巾比が最大となり、斯様な場合でも家屋歪における周期一振巾比の傾向と類似な傾向にあることを示している。

第 6 図~第 8 図及び第 11 図において、同一の地上震動周期に対する各要素の振巾比の分布の要因としては種々考えられるが、地上

4. 周期と頻度との関係

各要素の周期とその頻度との関係を求める方法としては、先ず記象上の波動の相続く極大値と極小値間の時間差の2倍を以てその震動振巾の周期と定め、斯様な方法で記象を、適宜に定めた時間(各地震につき比較的大きな振巾時であると考えられる主要動の20秒間をとつた)につき、各周期に対する集計を行つた。

第12図～第39図は各地震毎に、各要素の周期とその頻度との関係を示したものである

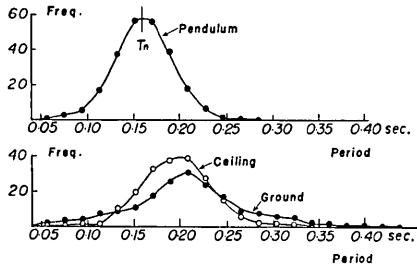


Fig. 12. Typical relationships between frequency and period for each element. (Earthquake No. 2)

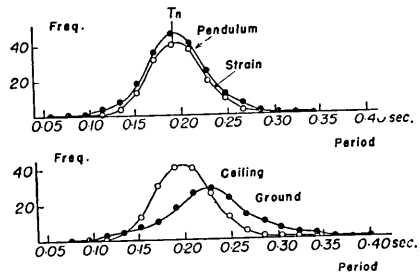


Fig. 13. Typical relationships between frequency and period for each element. (Earthquake No. 42)

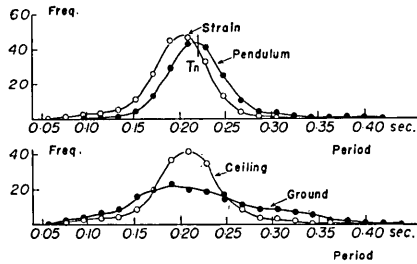


Fig. 14. Typical relationships between frequency and period for each element. (Earthquake No. 35)

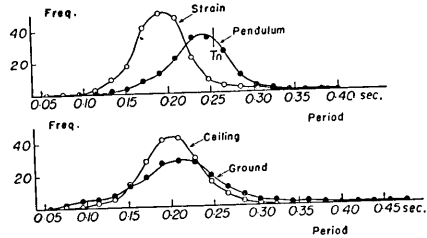


Fig. 15. Typical relationships between frequency and period for each element. (Earthquake No. 31)

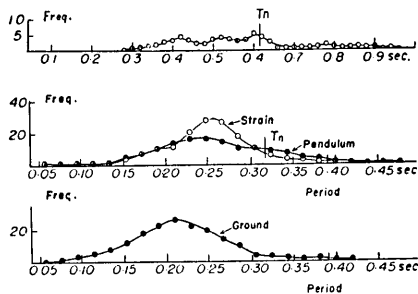


Fig. 16. Typical relationships between frequency and period for each element. (Earthquake No. 48)

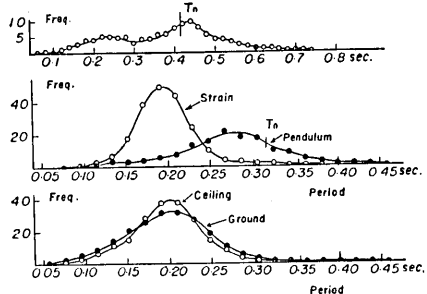


Fig. 17. Typical relationships between frequency and period for each element. (Earthquake No. 51)

る。これらの曲線の極大値を与える周期をその地震の各要素の卓越振動周期と決めることにする。第4表は第12図～第39図の各図より求めた卓越振動周期を一括して示したも

第4表 観測された卓越振動周期及び類似体の固有周期 (T_n), 減衰比 (v)

地震 番号	天井	歪	地上	類似体		類似体		周期比		減衰比	
	T_p	T_p	T_p	A	B	A	B	A	B	A	B
	sec.	sec.	sec.	T_p	T_p	T_n	T_n	T_p/T_n	T_p/T_n	v	v
1	0.19		0.22	0.17		0.160		1.06		1.27	
2	0.20		0.21	0.16		0.160		1.00		1.27	
15	0.24	0.23	0.20	0.22		0.212		1.04		1.22	
16				0.21		0.212		0.99		1.22	
17	0.23	0.23	{0.17 0.26	0.21		0.212		0.99		1.22	
17	0.19	0.24	0.22			0.212				1.22	
19	0.22	0.22	0.20	0.23		0.212		1.08		1.22	
26	0.19		0.21	0.21		0.225		0.99		1.22	
27	0.22	0.22	0.21	0.21		0.225		0.99		1.22	
28	0.20	0.19	0.22	0.22		0.225		1.04		1.22	
31	0.20	0.19	0.21	0.24		0.256		0.94		1.22	
32		0.20	0.23	0.25		0.256		0.98		1.22	
33	0.20	0.19	0.22	0.26		0.256		1.01		1.22	
34	0.19	0.19	0.21	0.21		0.221		0.95		1.22	
35	0.21	0.21	0.19	0.22		0.221		1.00		1.40	
36	0.20	0.19	0.22	0.22		0.221		1.00		1.22	
38	0.19	0.18	0.22	0.27		0.300		0.90		1.25	
39	0.19	0.18	0.20	0.27		0.300		0.90		1.25	
40	0.21	0.19	0.21	0.27		0.300		0.90		1.25	
41	0.20	0.19	0.20	0.19		0.193		0.99		1.27	
42	0.20	0.20	0.23	0.20		0.193		1.04		1.27	
43	0.20	0.20	0.22	0.20	{0.22 0.49	0.193	0.48	1.04	{0.46 1.02	1.27	1.20
44	0.20	0.19	{0.17 0.26	0.20	{0.18 0.48	0.193	0.48	1.04	{0.38 1.00	1.27	1.20
46	0.20	0.19	0.21	0.23		0.317	0.48	0.73		1.25	1.20
48		0.26		0.24	{0.42 0.60	0.317	0.48	0.76	1.06	1.90	1.20
49	0.20	0.20	0.20	0.26		0.317	0.48	0.82		1.25	1.20
50	0.19		0.21		{0.20 0.40	0.317	0.48		{0.42 0.83	1.25	1.20
51	0.20	0.19	0.20	0.28	{0.23 0.44	0.317	0.48	0.88	{0.48 0.92	1.25	1.20
53	0.24		0.21								
平均	0.20	0.20	0.21		{0.21 0.46		0.48	0.96	{0.44 0.97		

のである。

家屋、類似体の強制力となる地上の地震動の卓越周期は 0.19 sec.~0.23 sec. で、加速度振巾の場合もこれらの値と殆んど同様な値で、それらの平均値は、同一地点において観測された常時微動による地上の卓越周期¹⁹⁾の値と全く一致している。

家屋の天井における卓越周期は 0.19 sec.~0.24 sec. で、又歪の場合は天井の値と殆んど同様に、これらの値は地上の震動周期に支配されることは勿論、その振巾の大小により影響をうける。即ち地上の振巾の大きいものほど卓越周期は大となる。これは前報告における振巾と固有周期の関係²⁰⁾から求めた家屋の固有周期(家屋のある振動振巾に対する固有周期)と一致している。

類似体の卓越周期は、観測時における夫々の固有周期の値により異なる値を示すが、それらの値は観測時の固有周期の値に近く、若しも類似体の固有周期と地上の地震動の周期が比較的差異ある場合は、その卓越周期は地上の地震動の卓越周期の方へ偏する。又類似体 B の如くその固有周期が地上の地震動の卓越周期に比較して相当に大きい場合は、その卓越周期は一つ又は二つ生ずる場合がある。前者の場合は勿論その値はその固有周期に殆んど一致し、後者の場合は、その一つは類似体の固有周期に、他の一つは地上の地震動の卓越周期に殆んど一致するようである。斯様な事実は齋田²¹⁾、金井等²²⁾の研究報告においても見られる。

一般に木造家屋のような固有周期の値で、その減衰係数が比較的小さい構造物における地震動による卓越振動周期は、地上地震動の卓越周期と一致する場合と、家屋の固有周期附近に卓越する場合及びこの両者が適当な割合で卓越する場合とがある。これらの関係は家屋の有する固有周期及び減衰係数に接近した振子の特性と類似している。又これら両卓越周期の関係は、建物の固有周期と地上地震周期の大小、建物の減衰の状態及び地上地震動の波形即ちその波形の正弦波よりの歪の程度、相続く振動の持続性等によるものと考えられる。

5. 結 言

関東地方及び近傍に発生した地震の変位、加速度を地上で、又この地点における木造家屋の天井の変位、柱の歪及び類似体の運動を観測した。これより得られた結果と、前報告の同建物に対する人工的振動試験結果と比較を行つた結果、次の項目について知り得た。

1. 卓越周期 観測地点における地上の地震動の卓越周期は 0.19 sec.~0.23 sec. で、この値は同地点の常時微動の観測値と殆んど一致し、地震の大きさが増せば頻度曲線は多少平坦化する。家屋はその振巾に応じた固有振動周期附近の卓越周期で振動し、その卓越周期は振巾の増加に伴い増加する。類似体はその固有振動周期附近に卓越周期を有し、家屋

19) 金井 清・田中貞二・長田甲斐男 震研彙報 35 (1957), 109~133.

20) 前出 15).

21) 前出 4). 15. 第 11 図

22) 前出 3). 468. 第 7 図

第3表 最大振巾及び其の周期

地震番号	天 井		地 上			類 似 体		歪		振 巾 比		
	振 巾 (mm)	周期 (sec.)	振 巾 (mm)	加速度 (gal)	周期 (sec.)	振 巾 (mm)	周期 (sec.)	振 巾 (mm)	周期 (sec.)	天井 地上	類似体 地上	歪 地上
1	0.140	0.17	0.034		0.24	0.048	0.15			4.1	1.4	
2	0.768	0.22	0.260		0.20	0.500	0.16			3.0	1.7	
3	0.154	0.18	0.035		0.19	0.148	0.20			4.4	4.2	
4	0.056	0.21	0.013		0.14	0.040	0.19			4.4	3.1	
5	0.094	0.74	0.035		0.74	0.076	0.20			2.7	2.2	
6	0.059	0.18	0.011		0.19	0.040	0.19			5.4	3.6	
7	0.124	0.22	0.025		0.21	0.094	0.20			5.0	3.8	
8	0.051	0.19	0.011		0.28	0.047	0.19	0.0047	0.19	4.6	4.3	0.43
9	0.081	0.19	0.017		0.20	0.082	0.20	0.0070	0.19	4.8	4.8	0.41
10	0.089	0.10	0.086		1.06	0.017	0.20			1.0	0.2	
11	0.043	0.19	0.008		0.20	0.035	0.20	0.0039	0.19	5.4	4.4	0.49
12	0.035	0.20	0.010		0.19	0.038	0.20	0.0031	0.19	3.2	3.5	0.28
13	0.099	0.19	0.028		0.20	0.078	0.20	0.0078	0.17	3.5	2.8	0.28
14	0.116	0.19	0.044		0.60	0.101	0.20	0.0094	0.18	2.6	2.3	0.21
15	1.92	0.25	0.556		0.21			0.2540	0.23	3.5		0.46
16	0.229	0.79	0.194		0.79			0.0266	0.20	1.2		0.14
17			0.905		0.22			0.356	0.28			0.39
18	0.070	0.19				0.096	0.20	0.0070	0.19			
19	0.669	0.22	0.328		0.69	0.540	0.23	0.0704	0.23	2.0	1.7	0.21
20	0.048	0.19	0.013		0.28	0.047	0.21			3.7	3.6	
21	0.064	0.19	0.019		0.20	0.082	0.20	0.0070	0.19	3.4	4.3	0.37
22												
23												
24	0.157	0.21	0.041		0.22	0.104	0.21	0.046	0.21	3.8	2.5	1.12
25	0.109	0.19	0.023		0.28	0.106	0.18	0.036	0.20	4.7	4.6	1.57
26	0.098	0.20	0.014		0.22	0.049	0.22			7.0	3.4	
27	1.51	0.23	0.394		0.23	1.05	0.23	0.236	0.23	3.8	2.5	0.60
28	0.140	0.21	0.030		0.21	0.11	0.22	0.024	0.22	4.7	3.7	0.70
29	0.088		0.013		0.24	0.071	0.21	0.025	0.21	6.8	5.5	1.92
30	0.133	0.19	0.032		0.27	0.105	0.21	0.045	0.21	4.2	3.3	1.40
31	0.279	0.21	0.071		0.22	0.189	0.24	0.068	0.24	3.9	2.7	0.96
32			0.045		0.24	0.132	0.24	0.055	0.24		2.9	1.22
33	0.226	0.21	0.054		0.20	0.207	0.24	0.058	0.24	4.2	3.8	1.07
34	0.153	0.20	0.021		0.20	0.114	0.21	0.042	0.21	7.2	5.3	2.08
35	1.31	0.24	0.388		0.27	0.871	0.25	0.313	0.25	3.4	2.2	0.80
36	0.229	0.20	0.043		0.21	0.178	0.19	0.090	0.19	5.3	4.4	2.09
37	0.204	0.21	0.049		0.22	0.171	0.21	0.044	0.21	4.2	3.5	0.91

(続く)

第 3 表 (続き)

地震 番号	天		井		地		上		類似体		歪		振 巾 比		
	振 巾 (mm)	周期 (sec.)	振 巾 (mm)	加速度 (gal)	周期 (sec.)	振 巾 (mm)	周期 (sec.)	振 巾 (mm)	周期 (sec.)	振 巾 (mm)	周期 (sec.)	天井 地上	類似体 地上	歪 地上	
38	0.394	0.21	0.085			0.23	0.196	0.25	0.091	0.25	4.6	2.3	1.07		
39	0.159		0.060			0.20	0.090	0.30	0.040	0.30	2.7	1.5	0.66		
40	0.231	0.21	0.042			0.23	0.153	0.28	0.085	0.28	5.5	3.6	2.00		
41	0.226	0.19	0.040			0.19	0.225	0.19	0.082	0.19	6.4	5.6	2.05		
42	0.257	0.21	0.054			0.22	0.337	0.18	0.077	0.18	5.3	6.2	1.41		
43	0.300	0.22	0.050			0.21	0.285	0.21	0.106	0.21	6.0	5.7	2.06		
44	0.586	0.76	0.261			0.76	0.105	0.19	0.034	0.19	2.3	0.4	0.13		
45	0.099	0.23	0.030			0.26	0.094	0.24	0.022	0.24	3.3	3.1	0.73		
46	0.342	0.24		7.0	0.25	0.750	0.32	0.064	0.24	0.049	0.105	0.009			
47	0.080	0.20		2.3	0.24	0.057	0.28	0.031	0.24	0.035	0.025	0.013			
48				132.0	0.21	2.43	0.25	0.955	0.31		0.018	0.007			
49	0.320	0.22		3.4	0.17	0.063	0.22	0.086	0.23	0.095	0.018	0.025			
50	0.378	0.23		8.1	0.20					0.047					
51	0.276	0.23		4.9	0.23	0.208	0.30	0.058	0.24	0.056	0.043	0.019			
52	0.332	0.23		4.5	0.23					0.074					
53	1.82	0.26		77.2	0.19					0.023					
54	0.085	0.21		2.1	0.22					0.041					
55	0.149	0.22		3.4	0.19					0.044					
平 均	No. 1~21	0.20			0.21		0.20		0.20	3.6	3.1	0.33			
	No. 22~45	0.21			0.23		0.22		0.22	4.7	3.6	1.26			
	No. 1~45	0.21			0.22		0.21		0.22	4.2	3.3				
	No. 46~55	0.23			0.21		0.27		0.25	0.052	0.042	0.015			
	No. 1~55	0.21			0.22		0.22		0.22						

備考: 1. No. 46~55 の振巾比の単位: mm/gal.

2. 遠震は平均周期の集計より除く。

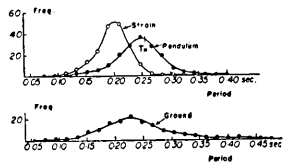


Fig. 30. Earthquake No. 32

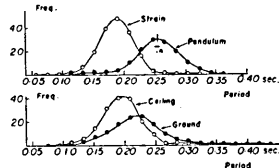


Fig. 31. Earthquake No. 33

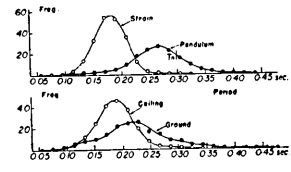


Fig. 32. Earthquake No. 38

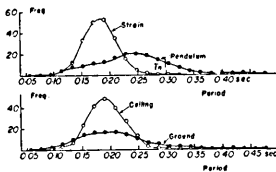


Fig. 33. Earthquake No. 39

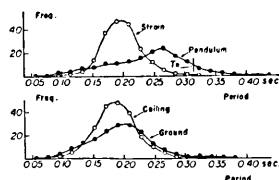


Fig. 34. Earthquake No. 40

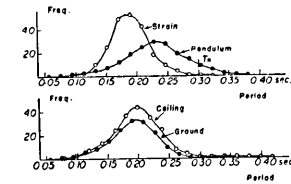


Fig. 35. Earthquake No. 46

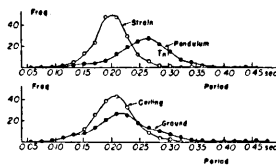


Fig. 36. Earthquake No. 49

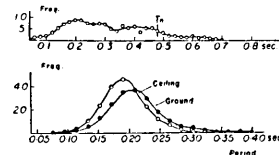


Fig. 37. Earthquake No. 50

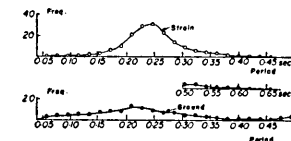


Fig. 38. Earthquake No. 17

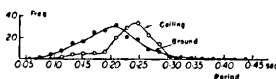


Fig. 39. Earthquake No. 53

Figs. 30~39. Relation between frequency and period for each element.

と類似の振動特性を示すが、家屋のように振巾の増加に伴う卓越周期の増加は認められない。

2. 最大振巾と周期 各要素に最大振巾を与えた地上の地震動の周期は 0.19 sec.~0.27 sec. で、この値は地上地震動の卓越周期と一致する。家屋、類似体の各要素の振巾の地上地震動振巾に対する振巾比の極大値を与える周期は、振巾に応じた家屋の固有周期及び類似体の夫々の固有周期と一致することが認められる。

終りに臨み本研究に当り終始御指導、激励を賜わつた東京大学教授西村源六郎先生、東京大学地震研究所金井清先生、建設省建築研究所久田俊彦博士、中川恭次氏に感謝の意を表し、又種々御助力を頂いた莊司良也君に御礼を述べる。なおこの実験、観測費は主として文部省科学試験研究費によるものである。

13. *Seismic Properties of a Wooden House. Part 2.* (*Observation of Earthquakes*)

By Masazi SUZUKI,

Earthquake Research Institute.

The displacement and acceleration of earthquakes in the Kanto district and its vicinity were observed on the ground simultaneously with the displacement of a ceiling, the strain on a pillar of a wooden house and the vibration characteristics of a pendulum at the same place. These experiments were held to compare the results with those of a previous paper in which were described the vibration characteristics of the same house when vibrated by means of artificial force. The results of the present experiment can be summarized as follows:

1. Predominant Period:

The predominant period of the earthquake at the observation place was 0.19-0.23 sec., which is nearly equal to that of the micro-tremors observed at ordinary times at the same place, and the relationship between the period and its frequency becomes conspicuous to a certain degree as the amplitude of the earthquake increases. The house vibrates in the predominant period near the natural frequency which occurred in correspondence to the different amplitude of vibration and the predominant period increases as the amplitude increases.

The pendulum has similar vibration characteristics to those of the house, and the predominant period can be observed near its natural period of frequency, but does not tend to increase with an increase in the amplitude as was the case with the house.

2. Maximum Amplitude and its Period

The period of earthquake on the ground that caused the maximum amplitude to each element mentioned above was 0.19-0.27 sec., which is in accord with the predominant period of the earthquake on the ground. The period that gives a maximum amplitude ratio, that is, the ratio of each element of the house and of the pendulum to the earthquake on the ground was observed to concur with the natural periods of the house and of the pendulum respectively.

In conclusion, we express sincere thanks to Prof. G. Nishimura, Faculty of Engineering, Dr. K. Kanai, Earthquake Research Institute of Tokyo University, Dr. T. Hisada and Mr. K. Nakagawa, Architectural Research Institute of the Ministry of Construction for their kind guidance and encouragement given us, and also to Mr. R. Shoji for his valuable assistance during this work. Moreover, we wish to acknowledge the fact that part of these experiments was carried out by grant from the scientific experiment and research fund of the Education Ministry.

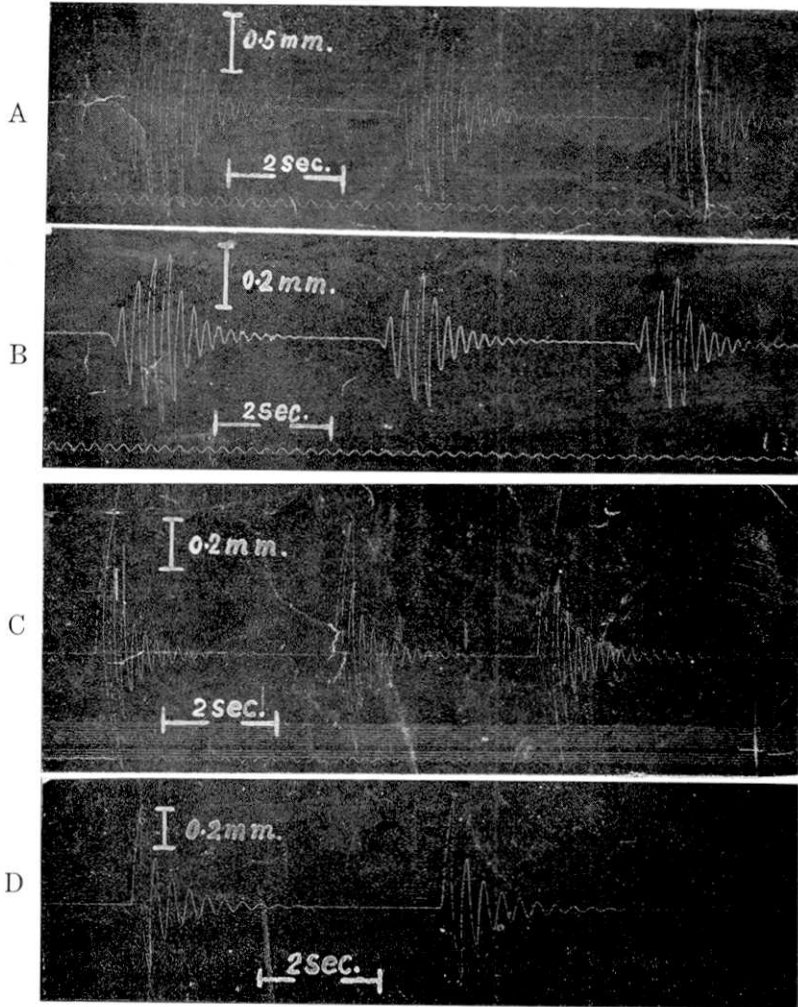


Fig. 2. Records of free vibration of the test house and pendulum.
A: Ceiling. B: Strain. C: Pendulum ($T_n = 0.186$ sec.).
D: Pendulum ($T_n = 0.30$ sec.).

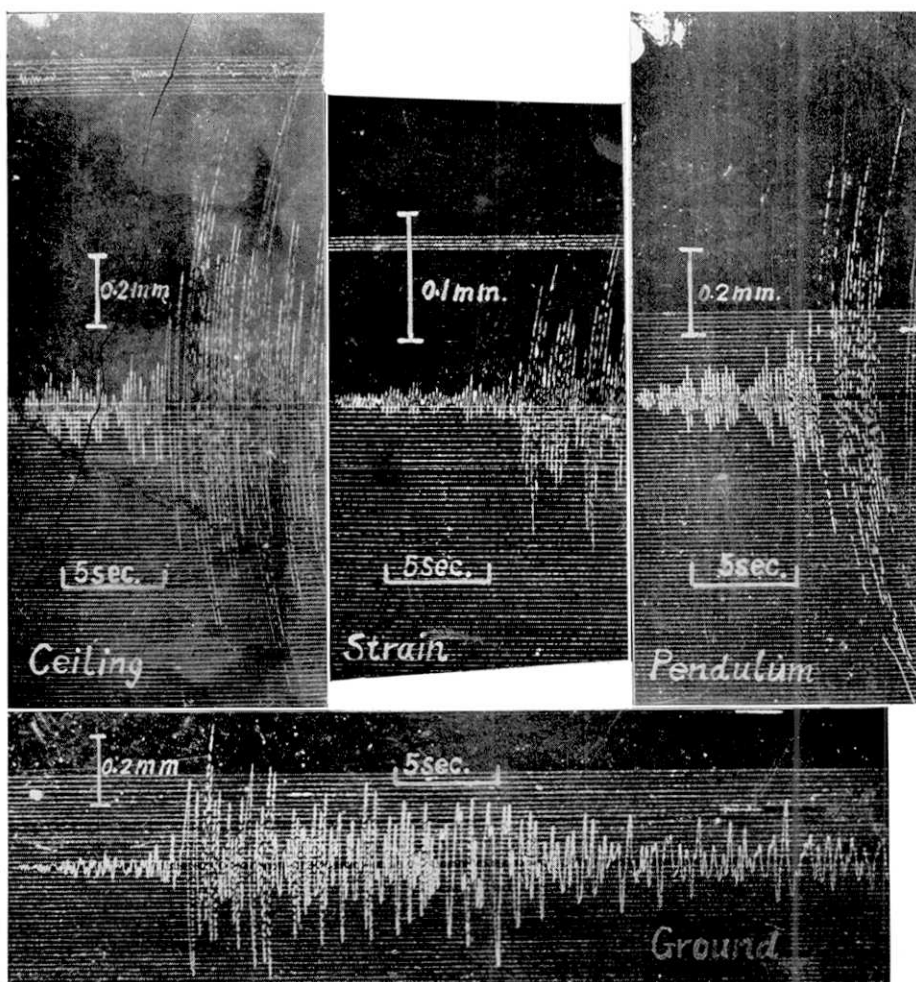
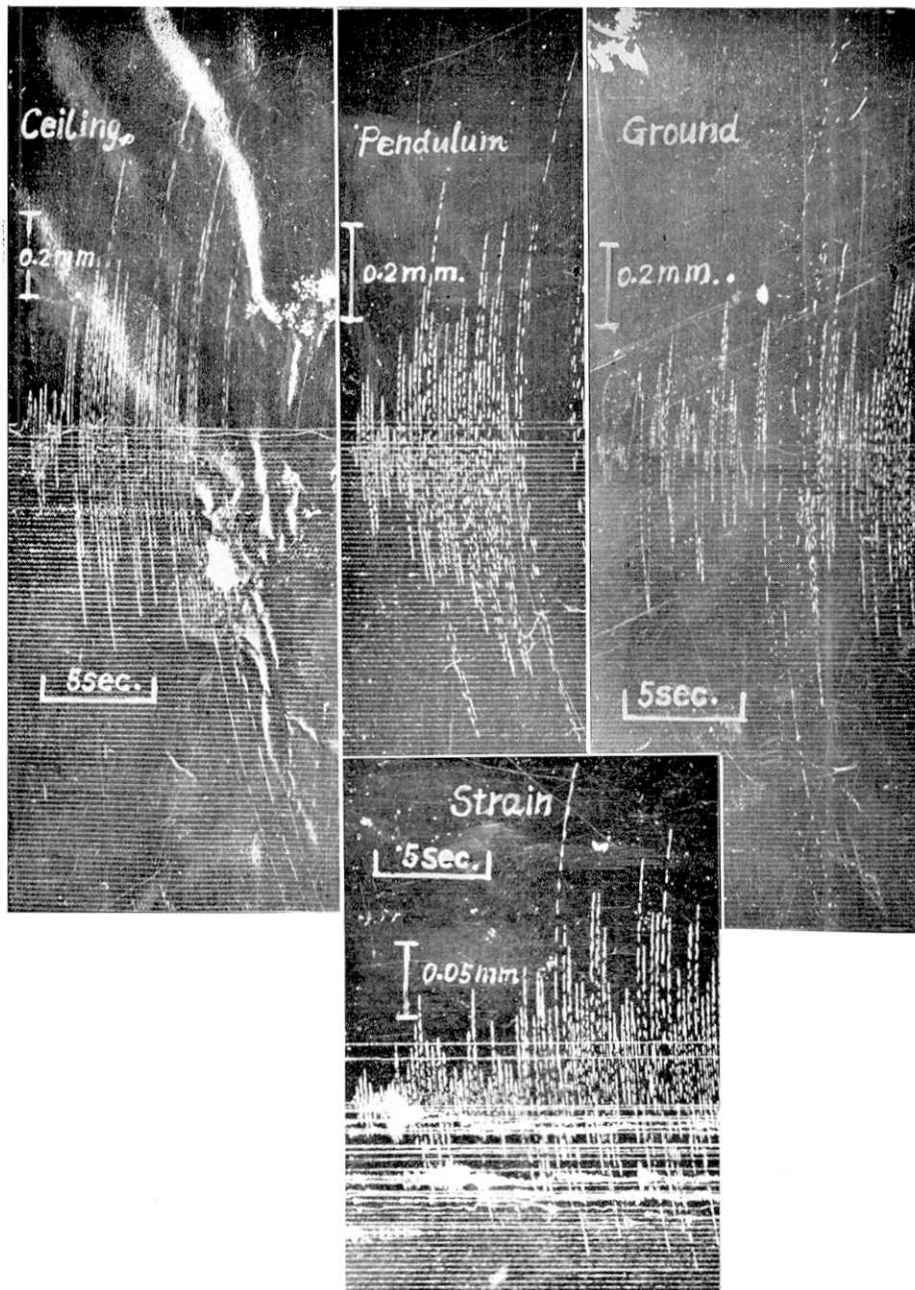


Fig. 4. The representative seismograms.
(Earthquake No. 15) Original $\times 1.4$



(震研彙報 第三十六号 図版 鈴木)

Fig. 5. The representative seismograms.
(Earthquake No. 17) Original $\times 1.4$

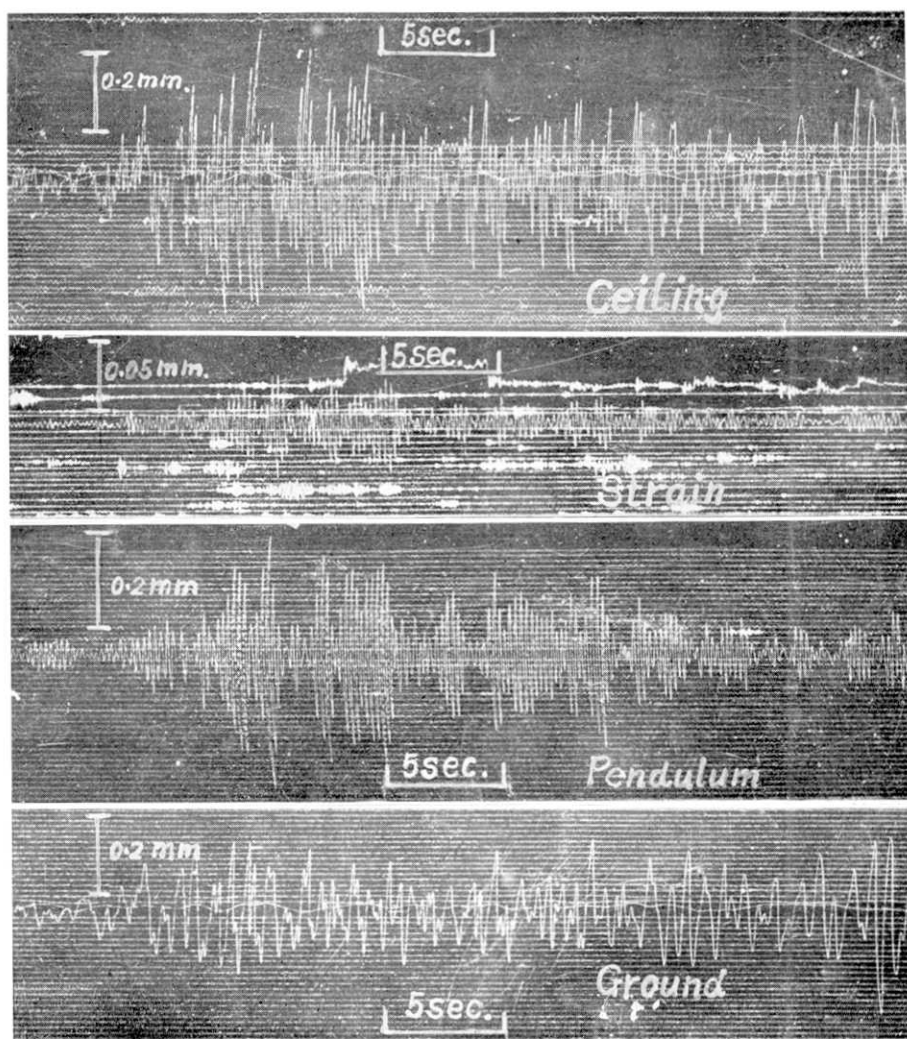


Fig. 6. The representative seismograms.
(Earthquake No. 19) Original $\times 1.4$