

## 34. 武田ビルディング振動験測結果報告

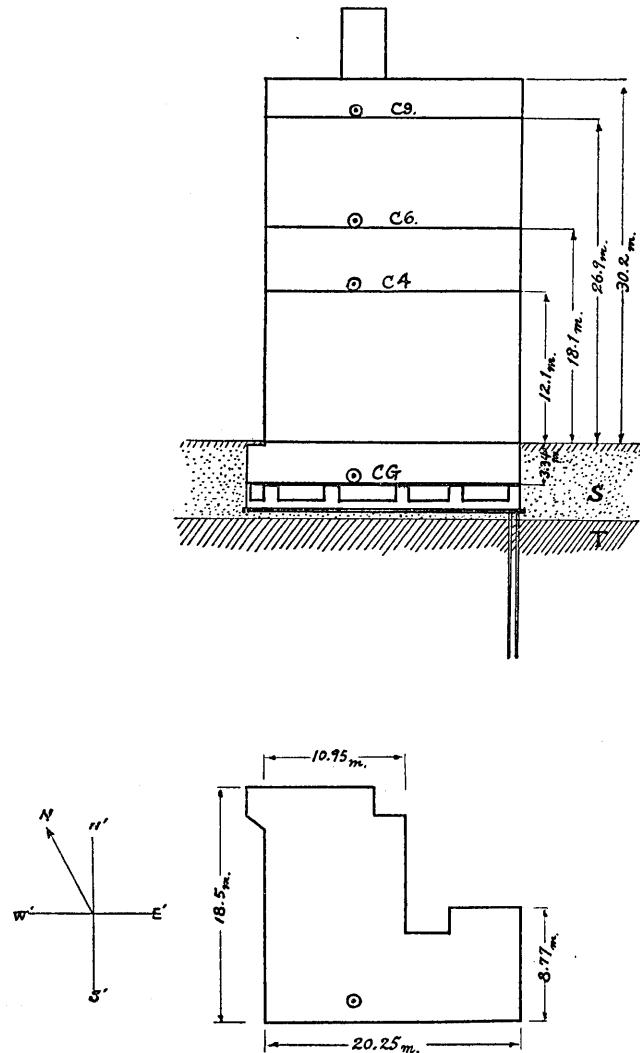
福 富 孝 治

(昭和六年七月七日發表—昭和六年九月十七日受理)

獨逸工學博士久米權九郎氏の御依頼に依つて、昭和六年四月二十五日より五月二十六日まで一ヶ月間日本橋通一丁目の武田ビルディングの振動験測を行ひました。此の結果に就きまして概略ではありますが報告申し上げます。

武田ビルディングは渡邊久米建築事務所設計、昭和土木株式會社施工の鉄筋コンクリート造の建築物であります。器械据付の當時は既に九分通り竣工して居りまして只上塗が残つて居る程度であります。建築物の大きさは第一圖に示します様に建坪 271 平方米 (82.1 坪)、地面上の高さ約 30.2 米(約百尺) の比較的棒状の建築物であります。敷地の地質は二回のボーリングの結果明らかであります。復興局建築部の調査<sup>1)</sup>に依りますと地面より約 6 米の深さに於いては既に比較的堅硬な第三紀層が表れて居る事が知られて居ます。建築物は地下 5.45 米に基底がありましてその下には長さ 10.9 米の松の杭が 560 本打ちこんであります。建築物は地下一階、地上は一階、中二階、二階から九階まで十階であります。四月二十五日器械を先づ地階、四階、九階の印の場所に建築物の壁の方向に平行に据付けました。即ち第一圖に示される様に地震計の東西、南北を取りました。地震計の北の方向は實際の北から時計の針の進む方向に 26.5° 偏よつて居ます。験測に用ひました器械は大正十四年式簡単微動計三臺であります。一分毎の time mark は同時に入れ又地震計の drum の廻轉速度は一分時につき 5 粒から 7 粒位であります。五月十六日以後は四階の器械を六階に移轉して観測致しました。各地震計の常數を示せば次の様であります。

1) 復興局建築部 東京、横濱地質調査報告



第一圖 武田ビルディング略圖

Fig. 1. Sketch of the Takeda Building.  
 Small circle indicates the place where Tromometer was installed.  
 S indicates Filled-in soil.  
 T " Tertiary layer.

第一表

Table I.

微動計の常数  
 CG: 地 階  
 C 4: 四 階  
 C 6: 六 階  
 C 9: 九 階

Constants of Tromometers  
 Underground of the structure  
 Fouth floor of " "  
 Sixth floor of " "  
 Ninth floor of " "

1. April 27th.

位置 Place	器械 Instrument	成 分 Component	倍 率 Mechanical Magnification	$T_0$ sec.	$\epsilon$	$r$ mm.
CG	1925-type Portable Tromometer	EW	50	5.32	0.10	0.73
		NS	"	5.43	0.13	1.67
C4	"	EW	"	5.48	0.17	1.41
		NS	"	5.46	0.13	2.61
C9	"	EW	"	5.52	0.13	1.66
		NS	"	5.48	0.10	0.36

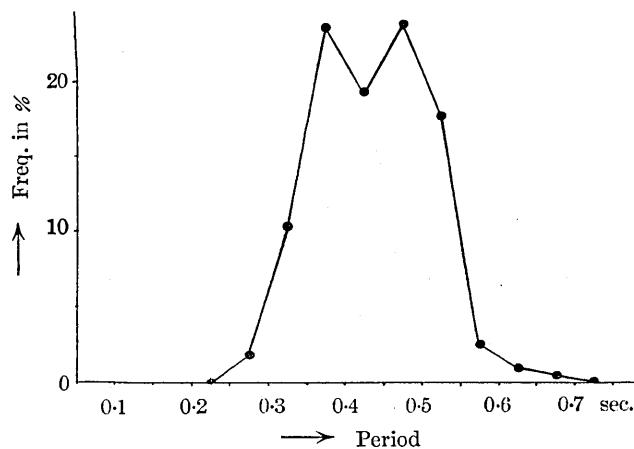
2. May 16th-18th.

CG	1925-type Portable Tromometer	EW	50	4.84	0.10	2.67
		NS	"	5.31	0.16	0.62
C6	"	EW	"	5.45	0.09	2.09
		NS	"	5.56	0.13	2.62
C9	"	EW	"	4.98	0.15	1.98
		NS	"	4.74	0.12	1.59

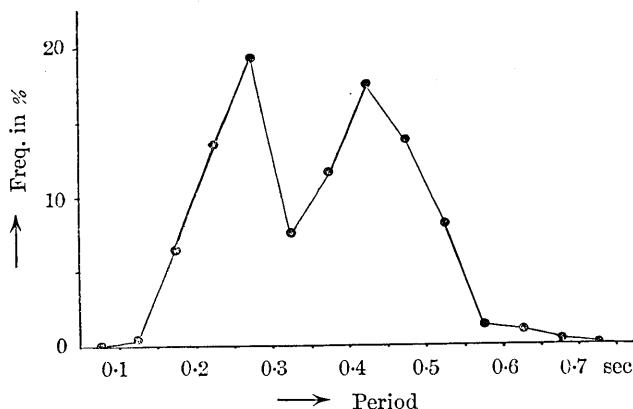
## I. 建築物日常の振動

九階、六階、四階に据えられた器械では日常 0.2 秒から 0.5 秒位の週期の微動が見られましたが地階の器械では全く見えないか、痕跡的に見得る程度でありました。この微動に就いて針の吸上げ直前の振動を各階について比較しますと非常によく位相 (phase) が一致致しました。是れは建築物が部分的な振動をする事なく、全體としての振動をして居る爲め

NS Comp. (C9) total numbers=672



EW comp. (C9) total numbers=629



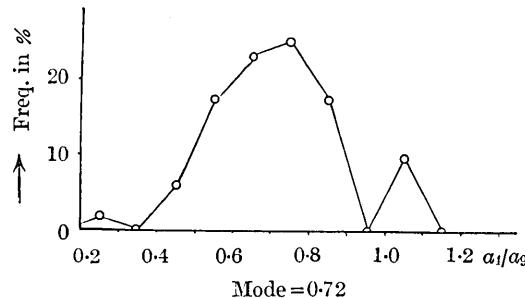
第二圖 建築物の自己振動週期の頻度分布

Fig. 2. Frequency distribution of the self-vibration periods of the structure.

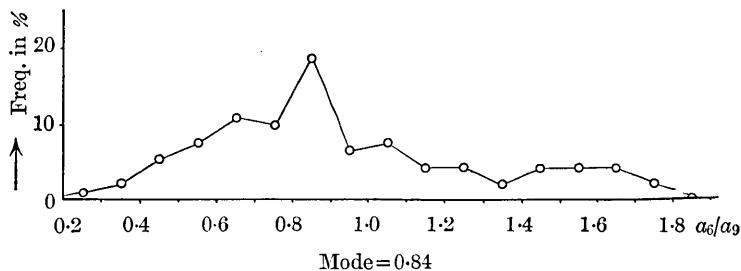
であると考へられます。それで九階の東西、南北の兩成分につきまして、その一つ一つの振動の週期を測つてその頻度曲線 (frequency curve) を作つて見ますと、第二圖の様に東西動では 0.27 秒、0.43 秒で頻度が大となつて居ますし、南北動でも 0.37 秒、0.49 秒位で頻度が大となつて居ます。即ちこの建築物は大約 0.4 秒位の振動週期を有する事が知られます。

次ぎに一振動毎に、各階の振幅と 9 階の振幅との比を作り、これを多くの振動について調べてその頻度曲線を作りますと第三圖を得ます。即ち東西動では 9 階の振幅を 1 にとった場合、6 階では 0.84、4 階では 0.72 位の振幅の振動が多く、南北動では 9 階の振幅を 1 に取つた場合、

EW Comp.

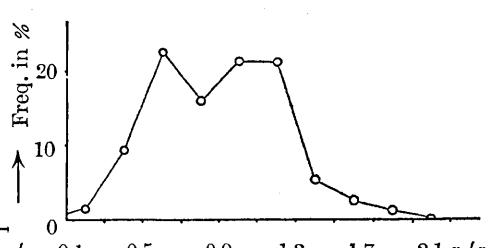
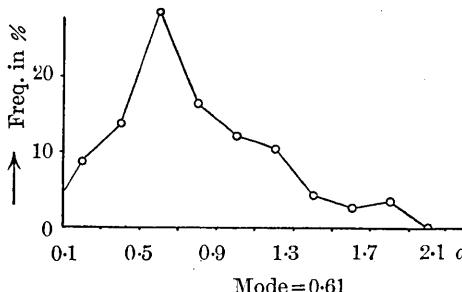


EW Comp.



NS Comp.

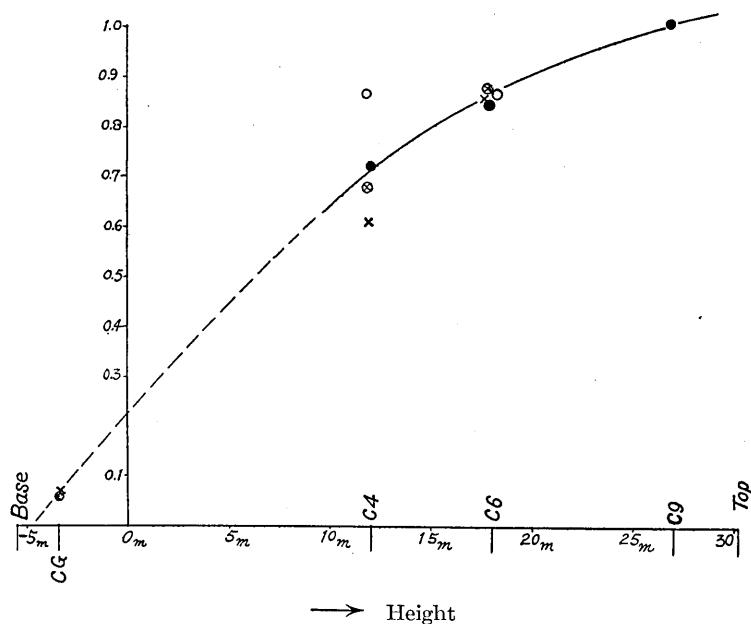
NS Comp.



第三圖 自由振動振幅の各階と九階との比の頻度

Fig. 3. Frequency distribution of the ratios of amplitudes  $\alpha^4/\alpha_9$  and  $\alpha_6/\alpha_9$ .

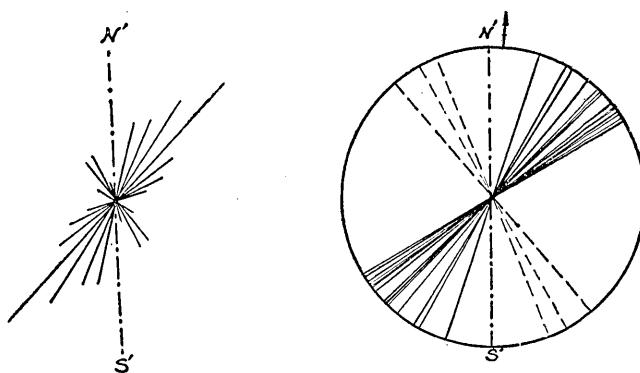
6階は 0.62 及 1.09 即平均 0.85、4 階では 0.61 位の振幅の振動が多くあります。地階に於ては東西、南北両成分共に全く振動が見えないか痕跡的に見える程度でありましたが、9 階の振幅を 1 とすれば地階の振幅は平均 0.06 位であります。即ち概して上層にゆく程、振動の振幅は増します。その増し方を圖示しますと第四圖の様になります。南北動では東西動に比較して稍不規則であります。時に 6 階の振幅が 9 階の振幅よりも大である様な振動をして居るのが見られます。



第四圖 九階に於ける振動振幅に対する各階振動の振幅比率  
Fig. 4. Comparative view of the amplitudes of vibration at the different stories, amplitude at C.G. is taken as unit.

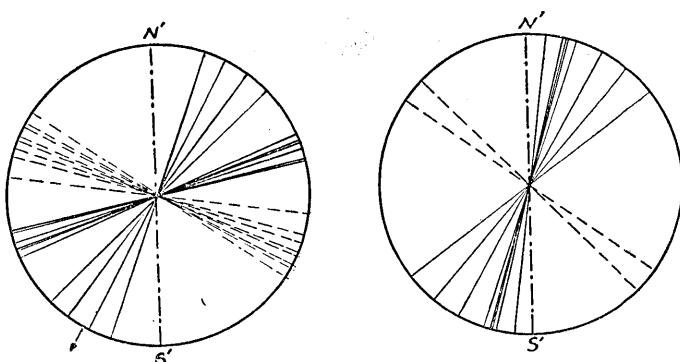
- 自由振動 東西動 free vibration EW comp.
- × " 南北動 " NS comp.
- ◎ 共鳴による強制振動 東西動 forced vibration in resonance EW comp.
- " 南北動 " NS comp.

次ぎに一振動毎に 9 階の東西、南北両成分を組合してその振動方向を求めて、その頻度を圖示しますと第五圖 (a) の様になります。即ち北東の方向の振動が最も多い事が知られます。



(a) direction of free-vibration.

(b) Earthquake of May 4.

(c) Earthquake of May 5, 19<sup>h</sup>. (d) Earthquake of May 25, 15<sup>h</sup>.

第五圖、建築物の振動方向、

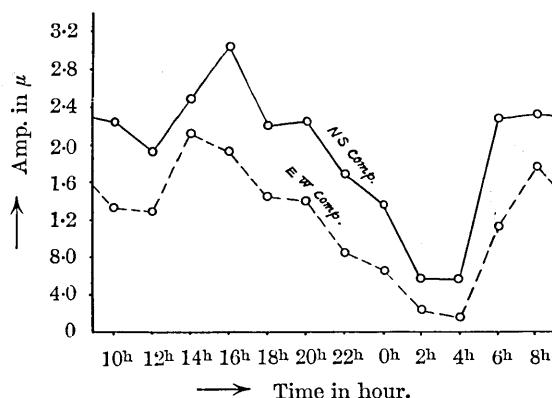
Fig. 5. Direction of the vibration of the structure.

Full line: direction of principal vibration at C9.

Broken line: " " " at C.G.

Arrow head: " " epicentre.

以上述べました振動は建築物に固有な振動であると考へられますが、この振動の振幅の一日中の消長を調べますと第六圖の様に東西、南北両成分共に午後三時、午後四時頃振幅が最大となりまして9階では南北動で約 $3\mu$ 東西動で約 $2\mu$ となります。又午前二時、四時頃振幅は最小となりまして南北動で $0.6\mu$ 、東西動で $0.2\mu$ となります。南北、東西の両成分を比較しますと南北動は東西動の約1.8倍位常に大であります。観測の際、屢々電車が日本橋交叉點を通過する時に、がたん、がたんと云

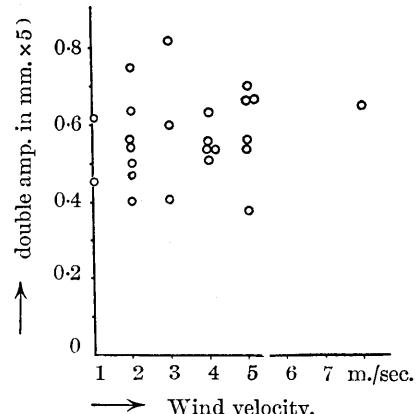


第六圖 建築物固有振動振幅の一日中の變化

Fig. 6. Diurnal variation of the amplitude of free vibration.

ふ音響と共に振動が大きく現れるのを見ましたが、上記の一日中の振動の消長も矢張り電車、自動車等の交通機關に依る影響が大であると考へられます。

大森先生は煙突、無線電信塔の振動験測<sup>2)</sup>の際に風速が大である程之等の振動の振幅が大である事を注意せられました。此の建築物の場合に於いては、毎日午前六時頃の平均振幅と天氣圖から読み取つた午前六時の風速とを比較して見ましたが第七圖の様にあまり明瞭な關係は見出せませんでした。

第七圖 固有振動振幅と風速との關係  
Fig. 7. Correlation between the vibration of the structure and wind velocity.

## II. 地震の際の建築物の振動

振動験測中、有感地震四回、無感覺地震三十五回、遠震五回が観測されました。有感地震の発震時、震央等を挙げれば第二表の様であります。

2) 大森房吉 構造物振動験測調査報告前編 (震災豫防調査會報告 97 號)

第二表

Table II.

発震時 Time of Occurrence	初期微動継続時間 Duration of Preliminary Tremor	震央 Epicentre
(1931) May 4 23 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 28.6 <sup>s</sup>	8.1s	利根川流域 Drainage basin of River Tone.
May 12 3 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 8.3 <sup>s</sup>	23.2	小名浜沖 Off the coast of Onahama.
May 25 15 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 36.9 <sup>s</sup>	29.9	金華山沖 Off the coast of Kinkwazan.
May 25 19 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 51.5 <sup>s</sup>	9.8	相模西南部 South-western part of Sagami province.

第三表

Table III.

上記地震の主要動五秒間の平均最大加速度  
5-minute means of max. acc. of  
principal motions.

発震時 Time of Occurrence	CG	C4	C6	C9
May 4 (Ratio)→	4.9 mm./sec. <sup>2</sup> 1	12.5 mm./sec. <sup>2</sup> 2.55	—	17.4 mm./sec. <sup>2</sup> 3.55
May 12 (Ratio)→	5.5 mm./sec. <sup>2</sup> 1	12.0 mm./sec. <sup>2</sup> 2.18	—	22.0 mm./sec. <sup>2</sup> 4.00
May 25 (15 <sup>h</sup> ) (Ratio)→	11.1 mm./sec. <sup>2</sup> 1	—	43.5 mm./sec. <sup>2</sup> 3.2	56.7 mm./sec. <sup>2</sup> 5.10
May 25 (19 <sup>h</sup> ) (Ratio)→	5.2 mm./sec. <sup>2</sup> 1	—	19.4 mm./sec. <sup>2</sup> 3.73	20.5 mm./sec. <sup>2</sup> 3.94
Mean ratios of max. accelerations.	1	2.36	3.82	4.15

第三表は四有感地震の主要動五秒間の平均最大加速度であります。(地震動が正弦運動をするものと假定して計算しました)。表の様に上層程地震の際の最大加速度は大で、九階では地階の約四倍に達して居ます。地震の際の各階の振動の位相 (phase) を見ますと、地階と他の各階とを比較致しますと、初動及主要動の初め、地震の後尾部には差は認められませんが其の他の部ではあまりよく一致はして居りません。然し乍

ら四階、六階、九階の振動の位相は東西成分では非常によく一致して居ります。南北成分でも大體一致して居ります。これは此の建築物が全體として振動して居る事を益々強く證據立てる事であります。(第十圖、第十一圖の寫真參照)

第四表

四有感地震の各階に於ける振幅周期の  
五秒間毎の平均値

数字は微動計に記録された値の全振幅

Table IV.

5-minute means of amplitudes and  
periods of 4 sensible earthquakes observed  
at underground, 4th, 6th and 9th floors.

Figures indicate the double amplitude  
in mm.  $\times 50$ .

(1) 五月四日の地震 (Earthquake of May 4.)

	EW comp.				NS comp.			
	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C4	Mean double amp. in C9	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C4	Mean double amp. in C9
1	0.37	0.29	1.52	1.83	0.42	0.65	1.62	1.58
2	0.39	1.36	3.64	5.69	0.39	1.22	.90	3.11
3	0.39	0.99	2.95	4.93	0.39	1.19	4.09	6.14
4	0.42	1.34	4.74	6.19	0.46	1.51	5.16	6.54
5	0.42	0.71	2.23	4.81	0.39	1.09	2.83	3.01
6	0.39	0.68	2.85	4.55	0.46	1.53	4.77	4.18
7	0.31	0.53	1.29	2.98	0.39	0.50	1.39	3.15
8	0.39	0.54	1.70	2.27	0.46	0.56	1.00	1.83
9	0.42	0.57	0.94	1.47	0.50	0.64	1.46	1.85
10	0.42	0.47	0.76	1.66	0.56	0.47	1.68	2.09
11	0.56	0.41	0.91	1.00	0.72	0.64	1.05	1.56
12	0.63	0.49	1.21	1.61	0.46	0.42	0.99	1.48
13	0.50	0.39	0.88	1.32	0.50	0.30	1.36	1.35
14	0.50	0.35	0.63	0.81	0.56	0.40	1.14	1.04
15	0.50	0.32	0.86	1.01	0.63	0.30	1.26	0.94
16	0.72	0.9	0.41	0.62	0.63	0.32	1.00	0.75
17	0.72	0.29	0.38	0.56	0.63	0.26	0.53	0.46
18	0.72	0.30	0.35	0.49	0.63	0.21	0.77	0.65
19	0.84	0.28	—	—	1.00	0.46	0.55	0.55
20	1.00	0.45	—	—	0.72	0.13	0.27	0.37
21	0.84	0.17	—	—	0.84	0.23	0.28	0.27
22	0.84	0.22	—	—	1.25	0.28	0.29	0.31
23	2.50	0.23	—	—	1.25	0.20	0.26	0.24
24	1.00	0.15	—	—	2.00	1.57	0.20	0.17
25	0.72	0.15	—	—	1.00	0.17	0.22	0.17
26	1.25	0.18	—	—	1.25	0.18	0.24	0.16
27	1.67	0.28	—	—	1.67	0.33	—	0.33
28	1.67	0.33	—	—	1.67	0.36	—	0.35

## (2) 五月十二日の地震 (Earthquake of May 12).

	EW comp.				NS comp.			
	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C4	Mean double amp. in C9	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C4	Mean double amp. in C9
1	0.31	0.14	0.34	0.43	0.45	0.25	0.77	0.72
2	0.50	0.22	0.55	0.94	0.50	0.35	1.59	1.37
3	0.46	0.37	1.27	1.52	0.39	0.38	1.36	1.30
4	0.50	0.59	0.93	1.38	0.39	0.45	0.93	1.25
5	0.39	1.50	4.40	7.44	0.50	2.28	6.18	11.75
6	0.33	1.36	4.78	8.20	0.50	2.88	9.65	7.74
7	0.39	1.87	7.63	8.14	0.39	1.99	8.23	10.82
8	0.33	1.01	4.17	6.11	0.50	3.25	9.90	10.32
9	0.50	1.63	2.91	5.37	0.50	2.17	5.60	7.65
10	0.46	2.01	4.57	4.32	0.46	1.86	5.68	7.89
11	0.50	1.35	3.67	4.81	0.46	2.07	3.60	4.04
12	0.46	1.67	3.25	4.14	0.42	1.03	3.09	2.77
13	0.46	0.94	1.97	2.97	0.56	1.19	1.39	3.98
14	0.72	1.59	1.97	1.91	0.63	1.22	2.69	1.90
15	0.72	1.47	1.59	3.31	0.63	1.33	2.00	3.37
16	1.00	2.37	1.44	1.62	0.56	1.55	2.29	3.16
17	0.56	0.67	2.40	2.59	0.63	0.96	2.05	2.75
18	0.56	0.84	1.68	2.51	0.56	1.31	2.35	2.62
19	0.63	1.13	1.23	1.98	0.63	1.19	1.91	2.08
20	1.00	1.28	1.50	1.40	0.72	1.53	1.48	2.90
21	1.67	1.85	1.70	1.72	0.84	1.72	1.97	1.88
22	0.72	1.11	0.68	1.42	1.67	2.70	1.31	1.83
23	1.25	1.66	0.75	1.25	2.00	5.30	2.27	4.09
24	1.00	0.70	0.74	1.17	1.65	2.16	0.89	1.37
25	1.67	1.45	1.08	0.82	2.00	1.87	1.28	1.73

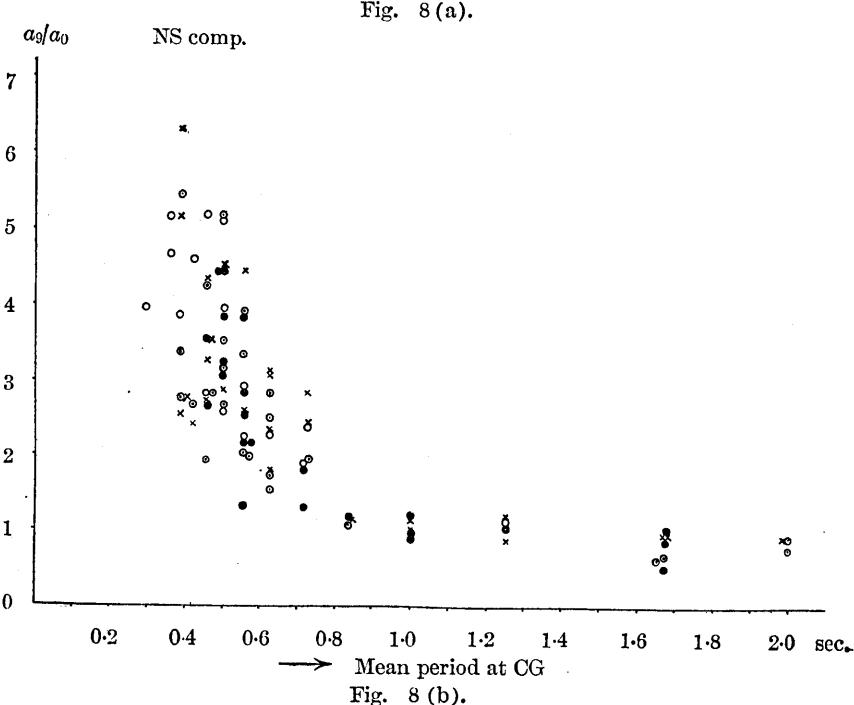
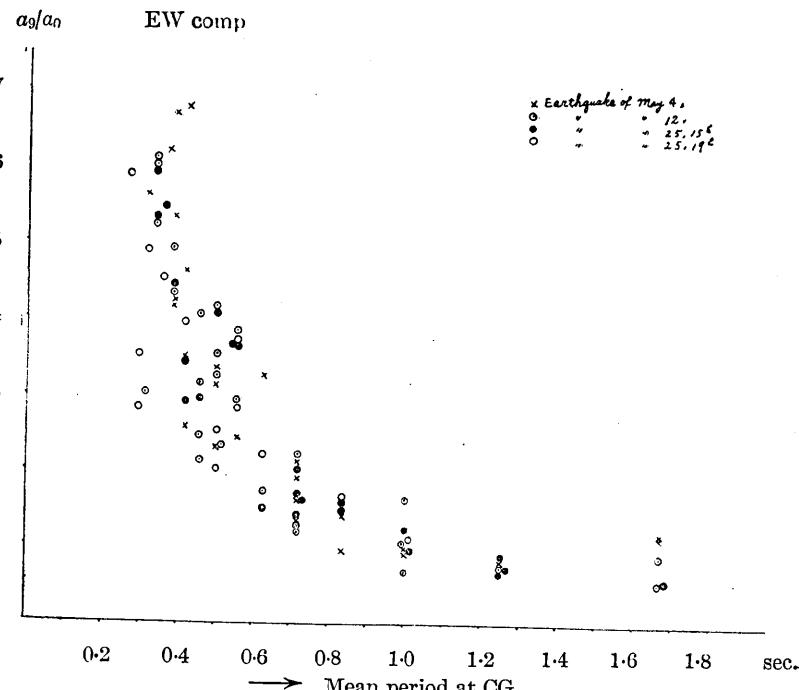
(3) 五月二十五日十五時の地震 (Earthquake of May 25, 15<sup>h</sup>)

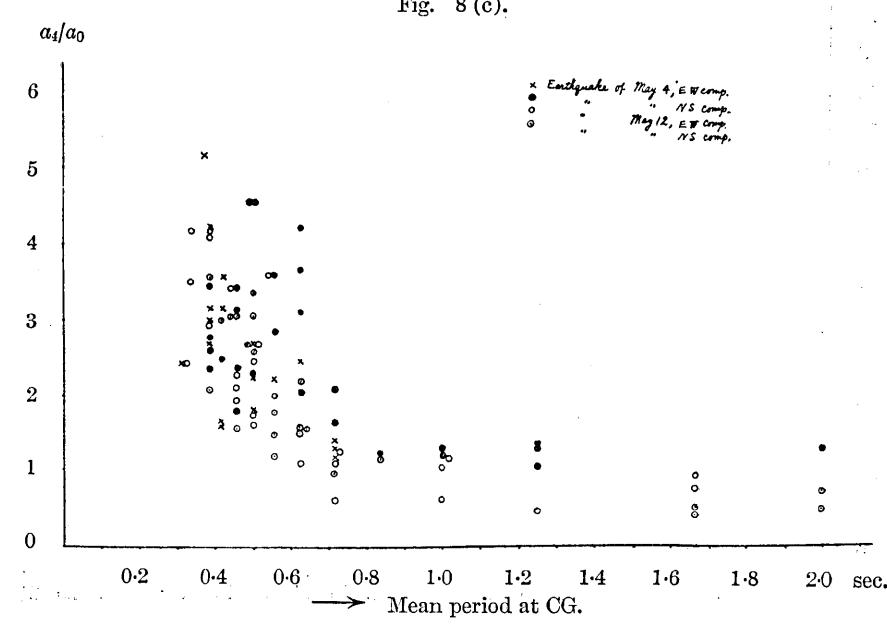
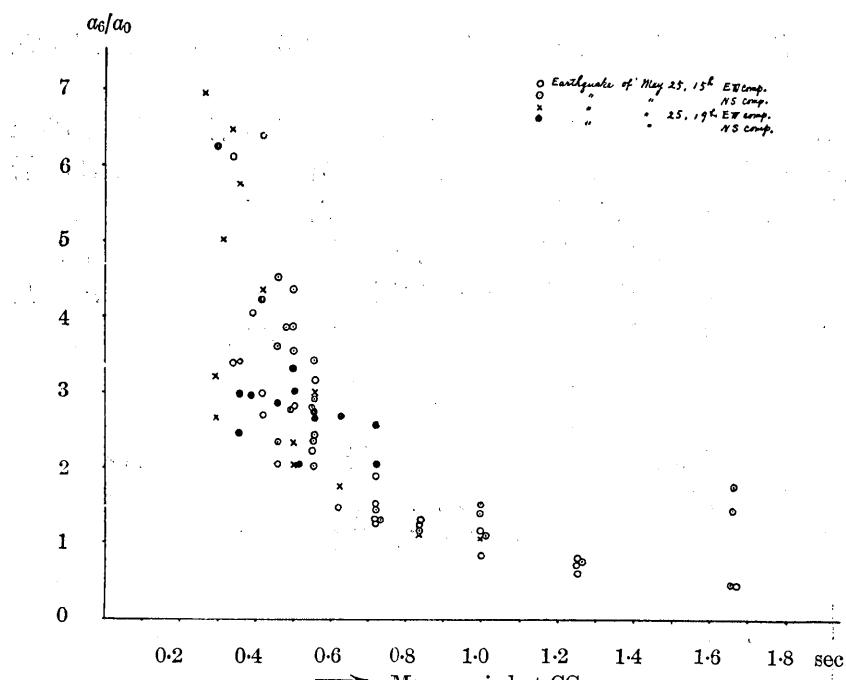
	EW comp.				NS comp.			
	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C6	Mean double amp. in C9	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C6	Mean double amp. in C9
1	0.42	0.36	0.97	1.05	0.56	0.41	1.21	1.18
2	0.46	0.70	1.44	2.08	0.56	0.79	1.94	2.00
3	0.36	0.48	1.63	2.62	0.50	0.54	1.92	2.08
4	0.33	0.41	1.39	2.18	0.46	0.79	1.85	2.11
5	0.63	1.62	2.38	2.46	0.50	1.36	5.27	4.18
6	0.42	1.06	6.76	9.41	0.50	5.56	24.40	24.80
7	0.56	4.96	15.66	18.22	0.50	4.42	17.10	19.73
8	0.33	1.79	10.91	10.69	0.56	4.21	14.58	16.15
9	0.39	1.95	7.91	8.56	0.56	3.81	10.62	8.25
10	0.42	1.95	5.82	6.74	0.46	2.11	9.55	10.95
11	0.56	1.67	3.74	6.16	0.50	2.20	6.14	7.18
12	0.50	1.08	3.07	4.40	0.46	2.36	8.55	8.34
13	0.72	2.27	4.28	4.59	0.56	1.57	3.78	2.11
14	0.72	2.57	3.90	4.15	0.72	3.55	5.33	6.44
15	0.83	2.28	3.13	3.39	0.56	2.00	4.05	4.38
16	0.72	2.07	2.79	2.99	1.00	2.74	4.17	3.38
17	1.25	3.83	2.75	2.82	1.00	1.90	2.72	1.75
18	0.72	1.37	1.75	2.36	1.00	2.41	2.73	2.33
19	1.25	3.07	1.92	2.09	0.72	1.65	2.19	2.18
20	0.83	0.86	1.13	1.38	0.84	1.62	2.00	1.95
21	1.00	1.50	1.28	1.45	1.25	1.60	1.22	1.71
22	1.25	1.41	1.14	1.23	1.67	3.42	1.64	1.77
23	1.00	0.71	0.84	0.89	1.67	3.44	6.13	3.62
24	1.67	1.64	0.74	0.95	1.67	2.18	3.25	1.98

(4) 五月二十五日十九時の地震 (Earthquake of May 25, 19<sup>th</sup>)

	EW comp.				NS comp.			
	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C6	Mean double amp. in C9	Mean period in CG sec.	Mean double amp. in CG	Mean double amp. in C6	Mean double amp. in C9
1	0.29	0.21	0.67	0.73	0.36	0.22	0.66	1.03
2	0.29	0.19	0.49	0.53	0.29	0.16	1.02	0.65
3	0.31	1.33	6.67	6.50	0.46	1.46	4.23	4.14
4	0.26	0.38	2.62	2.22	0.36	0.59	1.47	3.07
5	0.36	0.47	2.71	2.13	0.50	0.64	2.11	3.26
6	0.33	0.23	1.51	1.22	0.42	0.41	1.72	1.89
7	0.42	0.26	1.21	1.02	0.50	0.32	1.08	1.29
8	0.50	0.40	0.93	0.81	0.39	0.32	0.94	1.23
9	0.50	0.37	0.75	0.95	0.50	0.34	0.70	0.87
10	0.56	0.24	0.56	0.69	0.63	0.32	0.86	0.73
11	0.63	0.30	0.53	0.67	0.56	0.31	0.83	0.92
12	0.56	0.17	0.53	0.65	0.72	0.25	0.52	0.60
13	0.84	0.30	0.34	0.51	0.56	0.18	0.49	0.40
14	1.00	0.27	0.30	0.31	0.72	0.20	0.52	0.38

振動の振幅は概して上層程大でありましたが建築物の振動の振幅がある特定の週期の地震動に對して大となると云ふ現象即共鳴 (Resonance) の様な現象の存在の有無を確めますために上述の有感地震に就きまして、地震動を五秒間毎に區分して各區分毎に平均の週期、平均の振幅を測定しまして(第四表)、第八圖の様に横軸に地階で測定された地動の五秒間毎の平均週期をとり、縦軸に 9 階、6 階又は 4 階の地震動の五秒間毎の平均振幅と地階の平均振幅との比を取つて見ますと地階の震動の五秒間毎の平均週期が 0.3 秒から 0.5 秒の間では、即ち建築物の固有振動週期に近い所では上層の振動の振幅は著しく大となりますが、地階の振動週期が一秒以上になりますと、上層の振動の振幅は地階の振幅とほとんど等しくなると云ふ著しい現象が見られます。即ち共鳴の現象が地階の平均週期が 0.3 秒から 0.5 秒の場合に起つて居ると考へられます。





第八図  $a_0/a_0$ ,  $a_0/a_0$ ,  $a_0/a_0$  と地階の平均周期との関係  
Fig. 8. Relation between the ratios of amplitude  $a_0/a_0$ ,  $a_0/a_0$ ,  $a_0/a_0$  and the mean period of vibration at the underground floor.

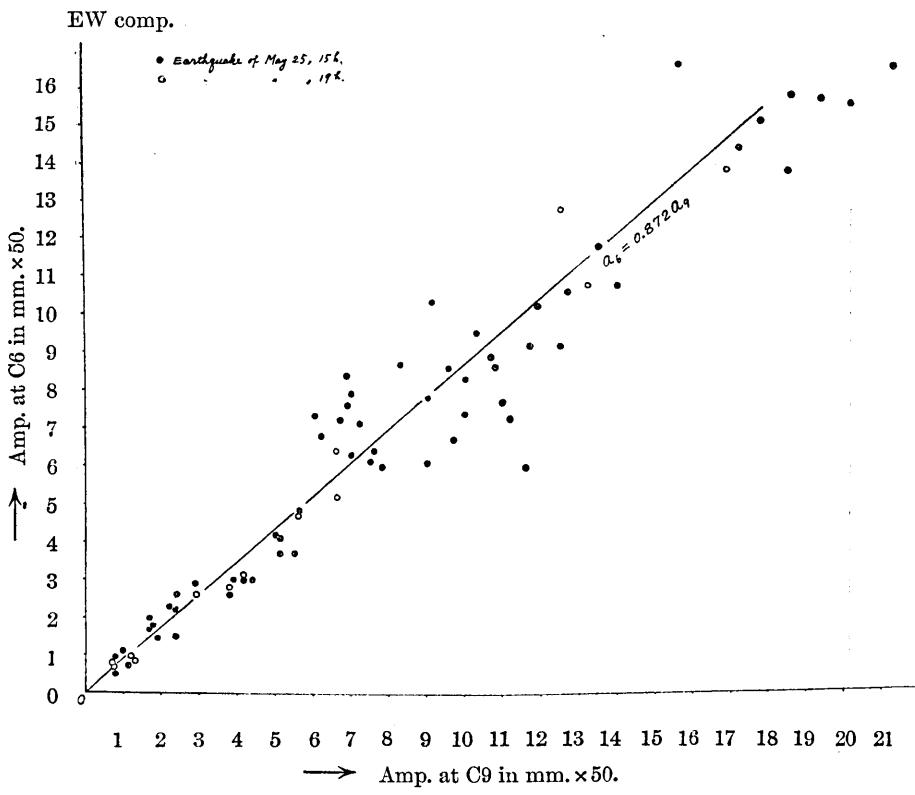
此場合の各階の振幅は 9 階では地階の振幅の約 5 倍、6 階では 4.5 倍、4 階では 3.5 倍に達して居ます。

9 階、6 階、4 階の地震の際の位相はよく一致して居りましたから上層の振動が地階の振動に比して著しく大である部分即ち共鳴を起して居る部分に就いて一振動毎の各階の振幅を測つて、第九圖の様に横軸に 9 階の振幅を縦軸にこれに對應する 6 階又は 4 階の振幅を取つて、點でその位置を表しますと東西動については原點を通る一直線上に乗つて居ります。この直線を最小自乗法を用ひて決定しますと、

$$6 \text{ 階では } a_6 = 0.872 a_9$$

$$4 \text{ 階では } a_4 = 0.679 a_9$$

となりました。南北動では大分點が散つて居ます。これは日常の振動の場合と同様でありまして振動が少しく不規則な爲めであると考へられますが矢張り原點を通る直線とみなしてその値を求める



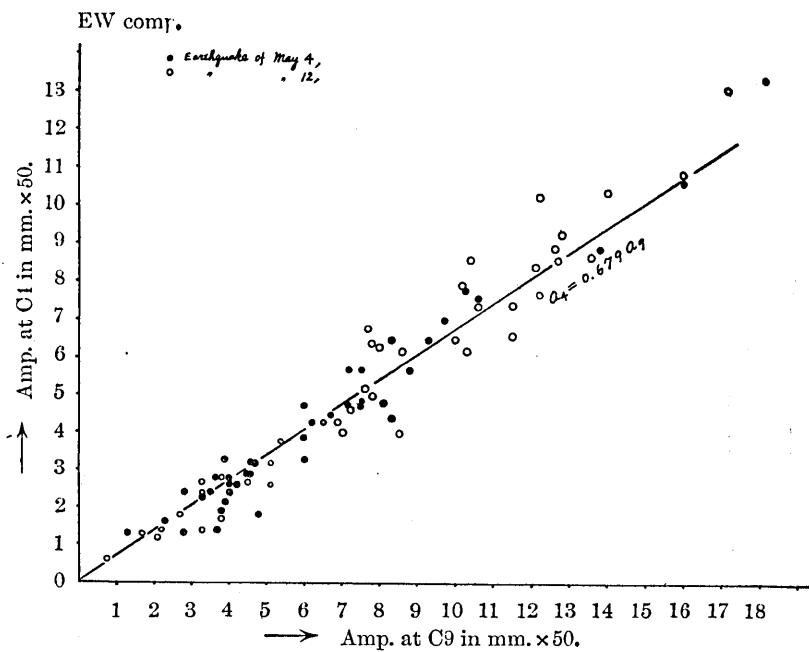


Fig. 9 (b).

NS comp.

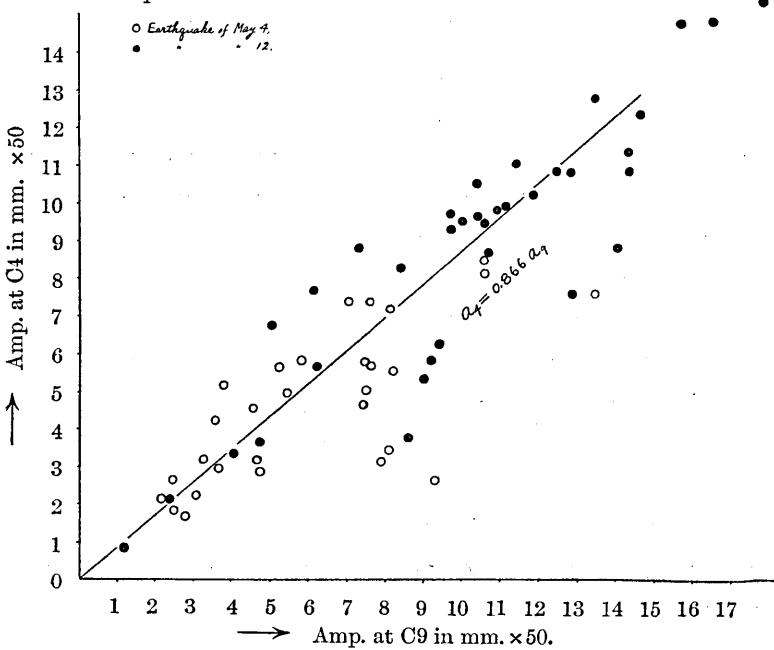
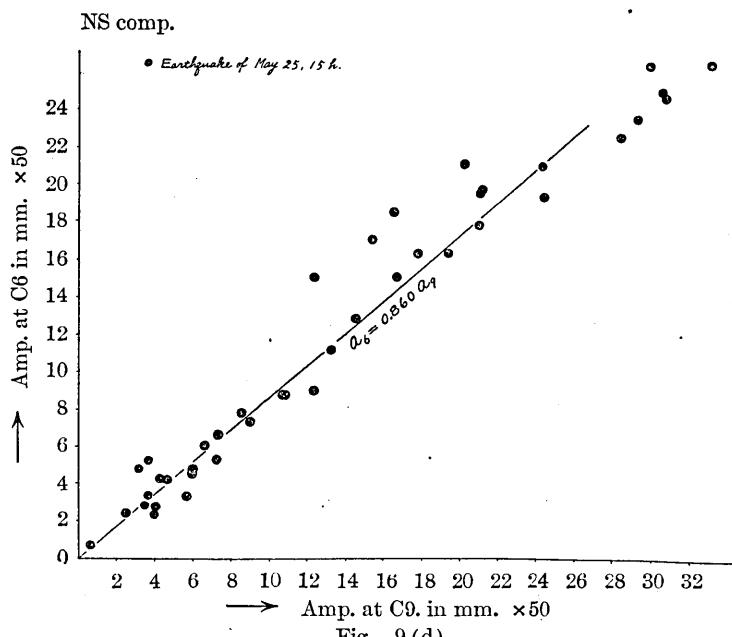


Fig. 9 (c).



第九圖 強制振動共鳴の際の振幅比

Fig. 9. Ratio of the amplitudes of forced vibration in resonance.

$$a_6 = 0.860 a_9$$

$$a_4 = 0.866 a_9$$

を得ました。9 階の振幅を 1 としまして 6 階、4 階の振幅を圖示しますと第四圖を得ます。建築物全體としての振動は末廣博士の研究<sup>3)</sup>に依れば横振動 (Lateral vibration)、剪断振動 (Shearing vibration)、Rocking motion の三つが考へられますか、圖を見ると、此の建築物の主な振動は地面で完全に固定された横振動や Rocking motion ではない様に思はれます。この振動の形は東西成分に就いては規則正しく南北成分では稍不規則ですが、これは地震計の位置が東西方向では建築物の中部に近く、南北方向では南に著しく偏して居る影響ではないかと考へられます。

次に地震の際の主要動の振動方向を調べて見ましたが、第五圖 (b) (c) (d) の様に各地震に就いて主要動の初めの振動の地階の振動方向と 9 階の振動方向とを比較しますと地階では震央の方向に略々直角な方向即ち

3) 末廣恭二 構造物振動の理論及其測定法 (建築雑誌、大正十五年七月)

S 波の振動方向に略々一致して居ますが、9 階では常に建築物の北東方向に振動して居る様であります。これは日常の振動の振動方向とも一致して居ます。即ち此建築物は全體として北東方向に振動し易い性質がある様に思はれます。

### III. 風、日射に依る床の傾斜變化

四月二十八日朝は非常に南風が強く、ヒューと云ふ音と共に九階、四階の地震計の針が南に動くのが見られました。此時の 9 階と 4 階との記象の形は非常によく類似して居まして 9 階と 4 階との振幅の比は 2:1 位がありました。これは建築物が風でたわむるのであると考へられますか、この際地震計の描針は傾斜に依る針の動きと建築物上層の移動に依る針の動きとの差を書いて居ると考へられますから、之等を分ける事は稍々困難でありますが、大體に於いて建築の上層程風のための傾斜が大で 9 階では 6.5" 程度の傾斜をしたと考へられます。

又傾斜の日々の變化が観測されましたが九階、六階、四階では毎日午前十時頃から北へ傾いて午後六時頃最も北へ傾きそれから逆に南方に傾斜して午前九時頃最も南に傾斜します。その量は上層程大であります九階では全振幅が約 6 秒(五日間平均)に達します。(各階の傾斜量の比は大約  $I_9 : I_6 : I_4 = 1 : 0.4 : 0.3$ )

これは地震計を据付けました室が何れも建築物の南側の壁に接して居たために、日射の爲めのこの壁の膨脹、収縮に依つて、上記の傾斜變化が惹起されたのであると考へられます。地階に於いては上層と異なり東北東の方向に平均一秒位の全振幅の日々傾斜變化が見られました。

### VI. 結論

以上に於いて武田ビルディングの日常の振動、地震の際の振動に就いて論じたのであります。建築物の固有振動の週期は東西方向 0.27 秒、0.43 秒、南北方向で 0.37 秒と 0.49 秒位の振動が優越して居ります。今日まで験測せられた略同高の鐵筋コンクリート造建築物の振動週期<sup>4)</sup>は第五表の様に 0.4 秒から 0.7 秒位の間にありまして、何れも微震、弱震程度の地震の主要動の振動週期(第六表)と一致して居ります。即ち主要動の部と共に鳴の現象を起して居る様に思はれます。これは建築學上注意すべ

4) 2) に同じ。

第五表  
鋼筋コンクリート造建築物の固有  
振動週期

Table V.  
Free vibration periods of reenforced  
concrete buildings.

建築物の名稱 Name of building	建築物の高さ Height of building	驗測年月日 Date of measurement	東西動週期 Period in EW comp.	南北動週期 Period in NS comp.
明海ビルディング Meikai Building	30.3 m (100 尺)	April, 1923	—	0.5 sec.
日本銀行北別館 A house of Nippon bank	30.3 m (100 尺)	May, 1923	0.50 sec.	0.48 sec.
東京日々新聞社 Tôkyô-niti-niti newspaper office	24.3 m ( 80 尺)	June, 1922	0.52 sec.	0.52 sec.
内外ビルディング Naigai Building	30.3 m (100 尺)	August, 1923	0.65 sec.	0.65 sec.

第六表  
地震主要動初五秒間の平均週期  
(東京本郷観測)

Table VI.

5-Minute means of periods of principal  
earthquake motions.  
(observation at Tôkyô)

發震時 Time of Occurrence	震央 Epicentre	震度 Intensity	平均週期 Mean period	平均最大加速度 Mean max. acc.
July 17, 1949 33 (1929)	Drainage basin of River Tone.	III	0.24 sec.	230 mm./sec. <sup>2</sup>
May 24, 1 38 38.4 (1930)	Far off the coast of Mera.	III	0.50 sec.	90 mm./sec. <sup>2</sup>
May 1, 10 16 5 (1930)	Off the coast of Tyôsi.	II	0.50 sec.	65 mm./sec. <sup>2</sup>
June 1, 2 58 43 (1930)	Vicinity of city of Mito.	IV	0.50 sec.	330 mm./sec. <sup>2</sup>
June 17, 21 09 50 (1931)	Central part of Musasi province	IV	0.46 sec.	600 mm./sec. <sup>2</sup>
May 4, 23 48 28.6 (1931)	Drainage basin of River Tone.	I	0.25 sec.	10 mm./sec. <sup>2</sup>

き問題であると思はれますが建築物の破壊を惹起する様な強震、烈震程度の地震の主要動では、今村先生の研究<sup>5)</sup>に依りますと非常に振幅の大きな比較的長い周期の振動（1秒から1.5秒位）の上に小振幅の上記の様な周期の振動が重つて居る事が知られて居ます。この様な複雑な振動が建築物に如何なる影響を與へるかは尙今後の研究に俟たねばなりませぬ。又建築物の振動減衰率（damping ratio）も振動周期と同様に建築物の振動に重要な影響を及ぼすものと考へられますから、これも決して等閑に附す事の出来ない事であります。

永田氏の關東大地震の際の鐵筋コンクリート造建築物の破壊状況の研究<sup>6)</sup>に依りますと、建築物の固有振動周期が大なるに従つてその被害の程度が大でありますし、その周期の數値が略建築物の耐震强度に逆比例すると云ふ事即ち帳壁式鐵筋コンクリート造建物の固有振動周期は0.3秒及至0.65秒であります0.65秒の内外ビルディングは全潰しました事を注意せられて居ます。此見地よりしますと、武田ビルディングは高層鐵筋コンクリート造建築物としては比較的耐震强度の大なる建築物であると考へられます。

終りに臨み、終始色々と指導を賜つた今村先生に厚く御禮申し上げます。又大正十四年式簡単微動計一臺を期間中使用する事を許し下されました建築學教室の武藤先生に厚く御禮申し上げます。

#### 34. On the Vibration of the Takeda Building.

By Takaharu FUKUTOMI.

At the request of Dr. G. Kume, the writer measured with three 1925-type tremometers the vibrations of the Takeda Building which is situated at Nihon-bashi street in Tôkyô during a period from April 25th to May 25th.

The Takeda Building which is made of reenforced concrete, was almost in completion at the time. It is comparatively long prismatic and has, besides the underground floor, nine floors with a total height of about 30.2 m. and an area of about 271 square metres (Fig. I). On April 25th the tremometers (see Table 1) were installed on the underground, on the 4th and on the 9th floors, and on May 16th the instrument which had been installed on the 4th floor, was removed into the 6th, 4 sensible, 35 non-sensible and 5 distant earthquakes having been observed with them during the above-mentioned period.

The results of observations may be summerized as follows:—

5) 今村明恒 關東大地震調査報告（震災豫防調査會報告百號（甲））

6) 永田念郎 鐵筋「コンクリート」造被害調査報告（震災豫防調査會報告百號（丙））

### I. Free vibrations of the structure.

- 1) The whole structure vibrates with a period of about 0.4 sec. in the direction about N 70°E and with amplitudes in the ratios of 1:0.84:0.67:0.06, on the 9th, on the 6th, on the 4th and the underground floors. This seems to suggest that the structure vibrates in the type of fundamental vibration with the upper end free and the other end fixed—perhaps fixed at the level of the base of structure.
- 2) As seen in Fig. 6, the vibration of the structure has a diurnal variation of amplitude, showing the max. of about  $3\mu$  at 3 or 4 p.m. and the min. of about  $0.6\mu$  at 2 or 4 a.m. in NS component on the 9th floor. The ratio of amplitude of NS comp. to that of EW comp. is approximately 1.8:1.

The writer tried to find out possible correlation between the vibrations of the structure and wind velocity, but could not find any distinct one.

During the observations, however, the writer frequently noticed the vibrations becoming larger whenever tram-car passes through the Nihonbashi junction with rattling noise. The diurnal variation of amplitude of vibration above mentioned may thus be attributed to the effect of traffic.

### II. Vibrations due to earthquake.

- 1) The 5-minute means of max. accelerations of the principal motion in 4 sensible earthquakes have been calculated; the ratios of accelerations on the underground, the 4th, the 6th and the 9th floors came out as 1:2.36:3.82:4.15.
- 2) When the period of vibrations of the underground floor due to earthquake approaches 0.4 sec., the structure shows a phenomenon of resonance. (See Fig. 8). The ratios of amplitudes in this case are as follows.

$$a_9:a_6:a_4=1:0.872:0.679 \quad \text{in EW comp.}$$

$$a_9:a_6:a_4=1:0.860:0.866 \quad \text{in NS comp.}$$

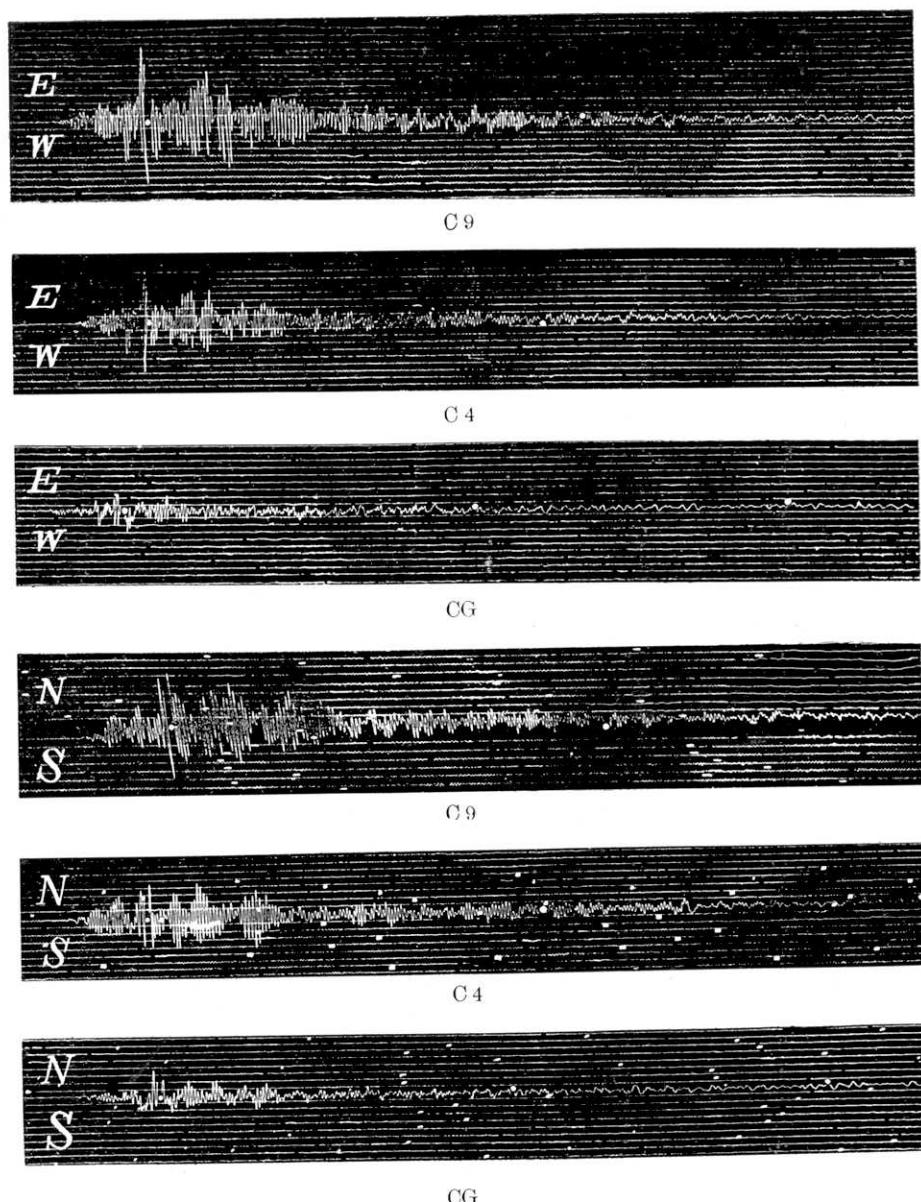
As for the motion of whole structure, there may be three cases, namely, the lateral vibration, the shearing vibration and a rocking motion.

According to the results above mentioned, it seems that the principal vibration of the Takeda Building may be neither the lateral vibration fixed perfectly at the earth's surface, nor the rocking motion on the ground on which the structure stands.

- 3) On the underground floor, the direction of vibration of the structure due to the principal motion of earthquake is nearly perpendicular to that of the epicentre, whereas, on the 9th floor, it is nearly coincident with the direction of the free vibration, suggesting that the structure vibrates at the foot in the direction of forced vibration, but at the top in the direction of free vibration.

[T. FUKUTOMI.]

[Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. IX, Pl. XLIX.]



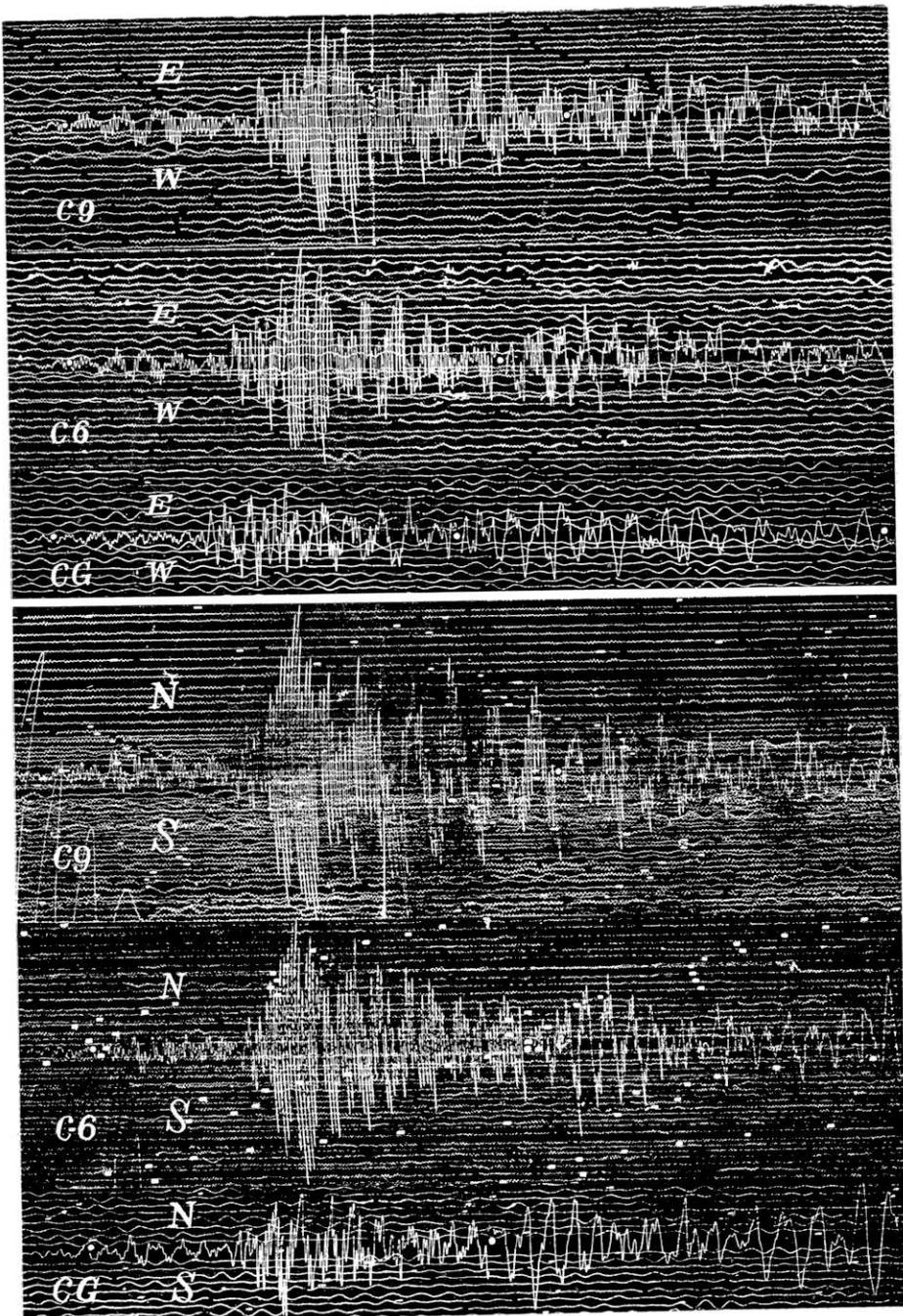
(震研彙報、第九號、圖版、福富)

第十圖 昭和六年五月四日二十三時四十八分二十九秒の微震の記象(五十倍)

Fig. 10. Seismograms due to the earthquake of May 4, 1931, at 23<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> 29<sup>s</sup>.  
(Dot indicates minute mark) Magnification=50

[T. FUKUTOMI.]

[Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. IX, Pl. L.]



(震研彙報、第九號、圖版、福富)

第十一圖 昭和六年五月二十五日十五時五十分三十七秒の微震の記象(五十倍)  
Fig. 11. Seismograms due to the earthquake of May 25, 1931, at 15<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> 37<sup>s</sup>  
(Dot indicates minute mark.) Magnification = 50.

### III. Tilting of floors due to wind and sun-shine.

1) On the morning of April 28th, bendings of the structure due to strong winds were observed, the amount of inclination at the 9th floor having been in an order of 6.5 seconds. The daily change of inclination of the floor, which may be attributed to the expansion of the south wall of the structure due to sun-shine, was also noticed.

In conclusion, the writer wishes to express his hearty thanks to Professor A. Imamura for his kind guidance and revision of this paper and also to Professor K. Mutô for his kind permission to use one of the 1925-type thermometers.