

25. 地震による家屋の歪の實測

地震研究所 { 坪 井 忠 二
宮 村 攝 三

(昭和17年3月19日發表——昭和17年3月20日受理)

耐震構造に關する數理的及び實驗的研究は、日本の地震學の搖籃時代から現在に到る迄多くの人によつて行はれて居り、發表された業績は實におびただしい數にのぼり、到底枚擧のいとまは無い位である。しかしながら、地震に際して家屋が如何なる歪を受けるかといふ事を直接測定せんとした試みは、寡聞にして J. Milne¹⁾の簡単な實驗以外にあるを知らない。

地震による家屋の振動を測定する實驗は從來多くの人によつてなされて居るのであるが、それらは通常の變位地震計を家屋内及近接せる地上に置いて行つたものであつて、もし地震の際に家屋が如何なる歪を受けるかを求めんとするならば、此の二つの地震計による記象の差をとらなければならない。勿論これでも大勢を知る事は出来るけれども、少しく精確な事を欲するならば、實驗上幾多の困難に遭遇する事はいふまでもない。例へば兩地震計の特性を一致させる事、兩地震計記象のどことどことが同時であるかを判定する事等は決して容易な事ではない。

一方において、家屋が地震の際にどの位の歪を受けるか、例へば柱と床との角はどの位の地震ではどの位變化するものであるか、又それが方杖、アングル等による補強によつてどの位小さくなるものであるかと云ふ事は、耐震構造を考へる上に最も根本的な資料となるべきものである。

我々はいかゝる資料が從來得られて居なかつた状態にかんがみ、我々のこれまでの研究とは全く知識ひであるにもかゝらず、あへて此の實測を思ひ立つた次第である。

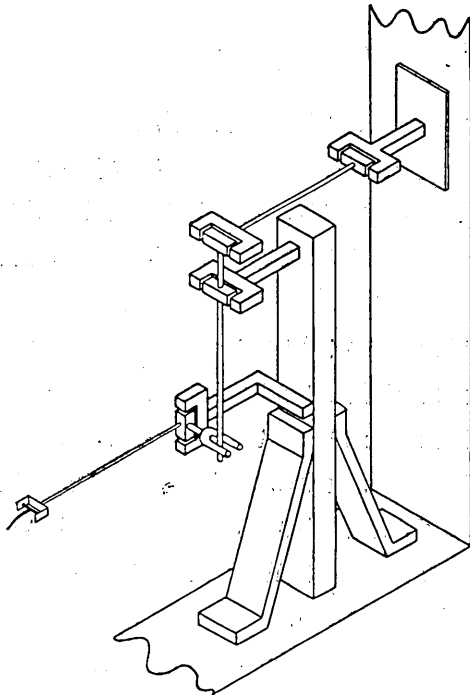
先づ第一に我々は、柱と床との間の角が地震に際して如何に變化するかを直接に測定する事を企て、第1圖に模型的に示した様な装置を作つた。この装置の働きは圖から明瞭であるから、くはしく説明するにも及ばないと思ふ。要するに柱と床との間の角の變化を、てこで擴大して記録させるまでの事であつて、床から365 mm上の所の柱の變位が第一のてこで4.1倍、第二のてこで5.2倍、結局約21.3倍されて記録される様になつて居る。従つて記録の上の1 mmのふれは

1) J. MILNE, *Trans. Seism. Soc. Jap.*, 14 (1891), 43.

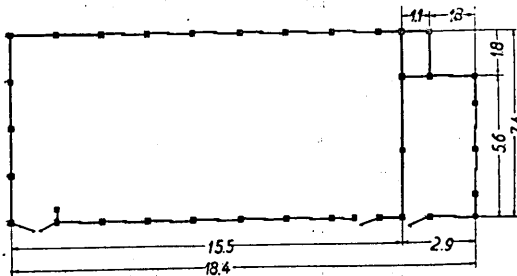
$$\frac{1}{21.3 \times 365} = 1.28 \times 10^{-4}$$

即ち角度にして約 26'' の變化に相當するのである。

さてこの装置は理學部掛谷教授の御好意により數學別館の東隅に取付ける事が出来



第 1 圖 測定装置模式圖



第 2 圖 東京帝大、理學部數學別館平面略圖 (單位 m)

た。此の數學別館は第 2 圖に示す如く、東西 18.4 m、南北 7.4 m、のきの高さ 3.3 m、棟の高さ 5 m のほど矩形の瓦ぶきの平家であつて、構造上からいつて特に耐震的になつて居るといふ事はない。(第 3 圖参照)。装置は建物の東端へ取付けたから、地震によつて此の建物が長い方向、即ち東西方面に如何なる歪を生ずるかを測る事が出来る。又地震動を記録させるために、同方向に振動する加速度地震計をならべ、同じ記録紙の上に建物の歪と地震の加速度とをかかせる様にした。加速度地震計は石本式のものであつて、自己振動週期は約 0.1 秒、臨界制振の附近にしてあるので、記象上 1 mm のふれが 2.1 gal にあたる。装置全體は第 4 圖の寫眞に示した様なものである。

装置がはたらき始めたのは昭和 17 年 1 月上旬からである。實驗を始めて早速わかつた事

は、日照によつて此の建物は角度にして十數分も傾き、又風によつて數分も傾くといふ事であるが、これは今問題にしない。

昭和 17 年にはいつて地震の数はきはめて少く、適當な大きさの地震で完全に記象

がとれたものは未だ一つもなく、わづかに昭和17年2月21日16時8分頃の金華山沖の地震による不完全な記録が得られたに過ぎない。従つて話を此の建物に限つても、



第3圖 數學別館全景 (矢印の内側が測定の場所である)

一般的に何事かを述べる事は出来ないのであるが、此の地震によつてわかつた事だけでも二三注目すべき點もあるので、それをこゝに記しておきたいと思ふのである。

第 I 表

(昭和17年2月21日16時8分頃の地震)

| 群 | 歪振動の平均週期 (單位秒) | 家屋振動の最大全振幅 (單位角度の秒) | 最大加速度全振幅 (單位ガル) |
|---|-------------------|------------------------|--------------------|
| 1 | 0.51 | 16.5 | 1.4 |
| 2 | 0.52 | 22.6 | |
| 3 | 0.49 | 27.8 | |
| 4 | 0.54 | 38.2 | 1.8 |
| 5 | 0.48 | 27.8 | |
| 6 | 0.38 | 26.0 | — |
| 7 | 0.60 | 121. | 7.0 |
| 8 | 0.64 | 260. | 14.0 |
| 9 | 0.66 | 312. | |

第 II 表

(昭和17年3月5日21時30分頃の地震)

| 群 | 歪振動の平均週期 (單位秒) | 家屋振動の最大全振幅 (單位角度の秒) | 最大加速度の全振幅 (單位ガル) |
|---|-------------------|------------------------|---------------------|
| 1 | 0.45 | 17.3 | 2.1 |
| 2 | 0.44 | 8.7 | 1.4 |
| 3 | 0.42 | 6.9 | 1.3 |

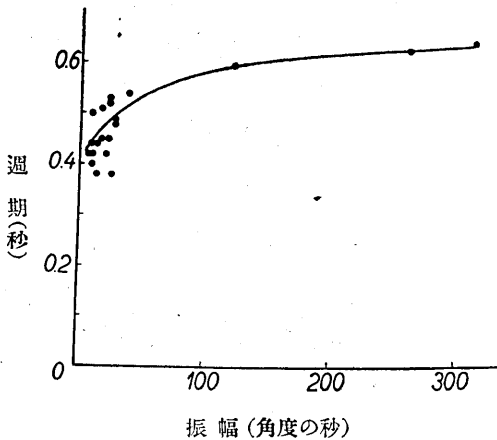
第 III 表

(昭和17年3月6日4時50分頃の地震)

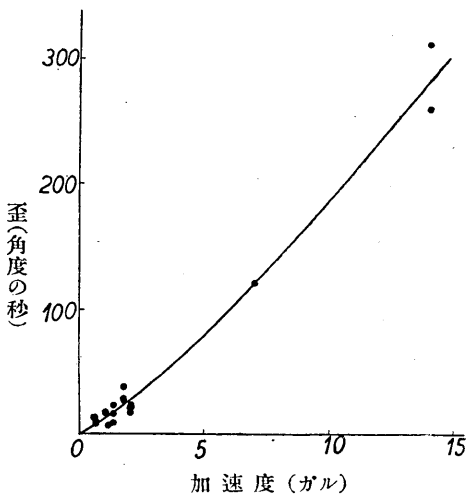
| | | | |
|---|------|------|-----|
| 1 | 0.38 | 13.9 | 0.7 |
| 2 | 0.42 | 10.4 | |
| 3 | 0.40 | 9.5 | |
| 4 | 0.42 | 20.8 | 2.1 |
| 5 | 0.53 | 22.6 | |
| 6 | 0.45 | 23.4 | 1.4 |
| 7 | 0.44 | 13.9 | 0.7 |
| 8 | 0.50 | 8.8 | |

第5圖は此の地震によつて得られた記象であるが、これを見て直ちに明らかなる事は、建物は始めから美事な自己振動を始めて居ると云ふ事である。

主要動に入つてから針がとんで仕舞つたので建物の振動の記象は不完全であるが、全體を9つの群に分けて、それぞれの群の中の平均の週期と最大の振幅を測つて見ると



第6圖 地震による家屋の歪の振幅と週期の関係



第7圖 地震による家屋の加速度と歪の関係

即ち此の家屋に關する限り、大體において 10 gal に對して 200'' と考へればよい。但しこれには週期の關係も入つて來るし、又連続する波數も問題になるであらうから、さう簡單ではない事は明らかであるが、大體の目安として以上の如く云つてもさしつかへないかと思はれる。

第 I 表の通りになる。尙昭和 17 年 3 月 5 日と 3 月 6 日とに非常に小さい地震があつたので其の記象も同様に讀取つて見ると、第 II 表第 III 表の通りの結果になつた。

週期の平均は全體としては 0.48 秒になるが、群にわけて見ると振動の振幅が大きい程週期がのびて居る様に見える。そこで週期と振幅との關係を圖にかいてみると、第 6 圖の如きものが得られる。此の圖によつても明らかな様に、此の建物の自己振動の週期と考へられるものは、明らかに振幅と共にのびて居る。此の事は別段新しい事ではなく、齋田理學士²⁾が、木造家屋の人爲的振動の實驗ですで見出された處である。

次にどの位の地震動の加速度があると此の家屋がどの位歪むかといふ事が問題である。これを知る事が我々の實驗の第一の目的なのであるが、既に第 I~III 表に記しておいた値をもとにして圖示すれば第 7 圖の如くなる。

2) 齋田時太郎 地震研究所彙報 17 (1939). 152.

齋田理學士の實驗を参考にしてもし 1/15 の歪を生ずれば家屋は倒れると考へれば、我々の實驗した建物に對する危険な加速度は

$$10 \times 1/15 \div (200 \times 5 \times 10^{-6}) = 700$$

即ち 700 gal 位になる事になる。しかしこれは歪と加速度とがどこまでも比例するとしてのお話であつて、事實はさうではなく歪が大きくなれば週期が長くなる事から考へても、もつと小さい加速度で危険な状態に達するものと考へるべきであらう。

我々の實驗は着手したばかりで未だ何等定量的な確かな事は云へないのであるが、此の方面の新しい試みとしてあへてこゝに書き残しておく次第である。これから數年間の材料が蓄積すれば、もう少し具體的に論ずる事が出来るだらうと期待してゐる。

終りに此の建物の使用を許されたる掛谷教授、又 Milne の實驗の文献を教示せられたる今村博士に深謝の意を表する。又實驗に助力されつつある實川顯、島津孝兩君にも感謝する。

25. *Direkte Messungen der Verbiegung eines hölzernen Gebäudes beim Beben.*

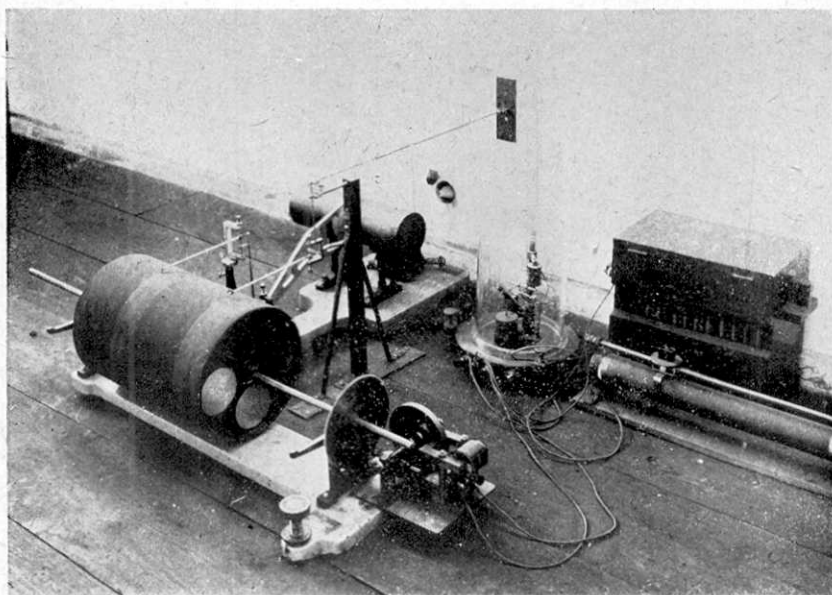
Von Chuji Tsuboi und Setumi Miyamura,

Institut für Erdbebenforschung.

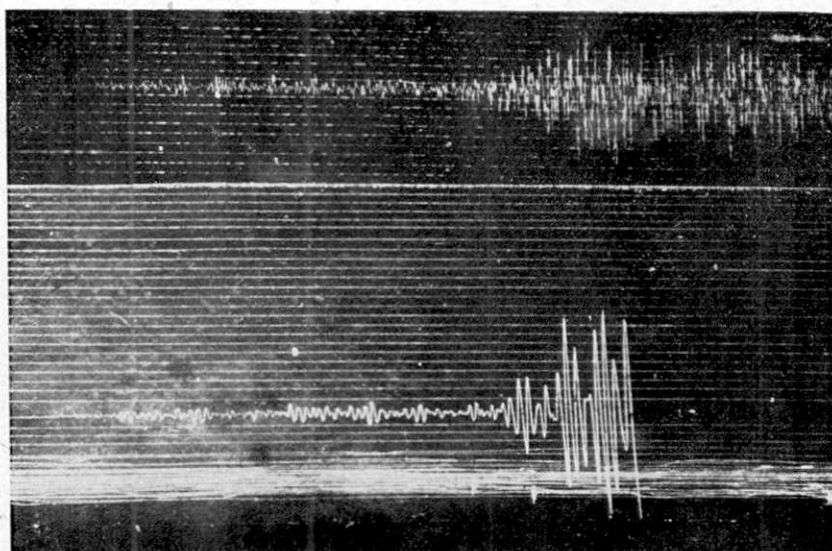
Der Versuch, die Verbiegung eines hölzernen Gebäudes in einer horizontalen Richtung beim Beben direkt zu messen und mit der Bodenbeschleunigung in derselben Richtung zu vergleichen, ist seit dem letzten Januar von den Verfassern in einem hölzernen Gebäude ausgeführt worden. Wie die in Fig. 1 schematisch dargestellte Messungsvorrichtungen uns zeigen, wird die Verbiegung des Gebäudes als die Winkelveränderung zwischen Pfosten und Dielenlager registriert. Fig. 4 zeigt die ganze Anordnung an der Meßstelle.

Da es uns neulich gelungen ist, die Aufzeichnungen einiger Beben zu bekommen, werden hier die Resultate kurz besprochen. Die Verbiegung nimmt natürlich mit der Beschleunigung zu, und zwar wenigstens in Betreff dieses Gebäudes schwingt der Pfosten um 200 Bogensekunden gegen die Diele durch die Beschleunigung von 10 Gal (s. Fig. 7). Die Periode der Gebäudeschwingungen scheint auch ein wenig mit der Amplitude derselben zuzunehmen. (s. Fig. 6).

Wir hoffen bald wieder die Gelegenheit zu haben etwas näheres und quantitatives mitzuteilen auf Grund von weiteren Durchführungen der Messung.



第 4 圖 測 定 装 置



第 5 圖 昭和 17 年 2 月 21 日 16 時 8 分頃の地震(金華山沖)

上 加速度記象(1 cm~6.9 gal)

下 家屋振動記象(1 cm~83%)

時間 1 cm~3.8 sec