

## 講 演

第 21 卷 第 6 號 昭和 10 年 6 月

## 地 震 動 に 就 て

(昭和 10 年 4 月 16 日土木學會第 66 回講演會に於て)

理學博士 石 本 巳 四 雄\*

## On the Earthquake Motion

By Mishio Ishimoto, Dr. Sc.

## 内 容 梗 概

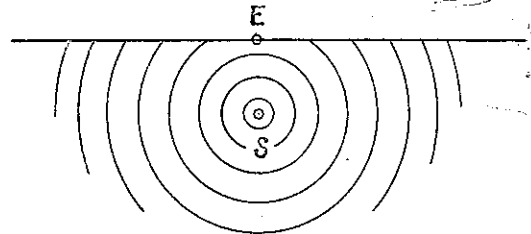
本文は先づ地震動の概要を述べ、その観測方法、強さと卓越周期、表面層の振動及び災害と地盤との關係等に就て述べたものである。

**緒 言** 地震と言ひますものは、地殻の内部から波動が傳播して参りまして、地表に居る我々が其れを感じることから知り初めたものでありますが、實際には震動のみでなく、大きい地震になりますと、土地の變形が認められます。即ち土地が隆起陥没或は横こりなどを致すのでありますが、今日お話致しますのは、斯様な地形變動的ものは申上げませんで、單に地面が振動します現象に限つてお話を進めたいと思ひます。地面が振動する結果と致しまして、地こり崖崩れ或ひは湖水が振動を起しまして、水が岸に氾濫を致しますこともあります。さういふ點にも今日は觸れません。單に地面がどういふ風に振動するかといふお話のみを致したいと思ひます。

表題に掲げました地震動と申しますのも地面の振動する事でありまして、一般には地震と地震動とを區別をしないで使つて居りますが、實際は地震と地震動といふものを十分區別をしてお話を致しませんと不明瞭な點が生じます。従つて振動の方は地震動といふ名前を與へる習慣であります。

地震動と申しますものは、観測機械、即ち地震計の發明が出来て以來、色々なことが分つて参りました。特に重要な性質は地殻の内部に於きまして或る源があり、其所から波動が生じて地上に到達するものが地震動であること云ふ事があります。斯様に考へる事によつて、地表で観測し得る地震動の性質の中納得されるものが多くありますから、其れを事實として考へて居る次第であります。即ち第 1 圖 S に源があり、此れは震源と呼ばれて居ります。震源の直上の點 E は震央と呼ばれる所であり、最も早く地震波が到着する所であります。而して地表の各點に次々に時の経過と共に地震波が到達して地震動が起ると云ふ風に考へられて居ります。確かに地震動の中或る部分は左様に考へて十分差支ないのであります。従つて地震動といふものは傳播をするといふ事が云へるのであります。

第 1 圖 震源 (S) と震央 (E)



然し乍ら、吾々が地震計を以て記録する全部の地震動が震源を中心として傳播する地震波自體であるや否やといふ問題に關しては、非常に疑問があるのであります。之は次の地震動の観測といふ所で詳しく申上げますが、地

\* 東京帝國大學教授

震動は(第2圖)初め静止の所から急に振動が始めるのでありますが、水平成分に於ては其れに續く震動部分は比較的振幅の小さい波動が續き、其の次に主要動と呼ばれる相當振幅の大きなものになり、それが又次第に減衰を示して居ります。この初めの小振幅の部分を初期微動、それに續く大振幅の部分を主要動と呼んで居ります。

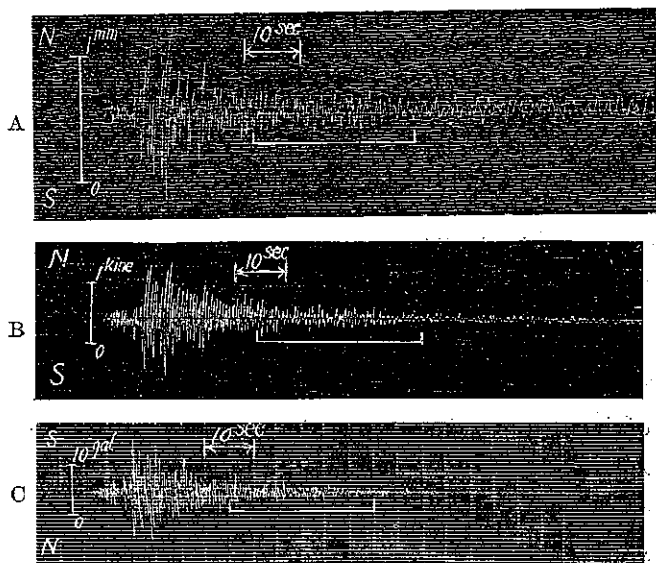
又初期微動の始まり、即ち地震動の始まりは初動と申しますが、この初動といふものは確かに傳播を行ふものでありまして、震央で最も早く遠隔の地に段々に傳はつて参ります。勿論震源の深さに依りまして、震央附近の地表では非常に早く傳はる事になります。斯様なことからして震源の深さを決定することも出來ます。又地震動の中振幅が急に大になる所即ち主要動の初めも矢張り傳播性があるのであります。然らば初期微動或ひは主要動中に見出される各個の波動も同じく傳播するかと申しますと、是には議論のある所でありまして、一口に申しますと其れは普通の意味に於ける傳播性は有して居ないと考へられるものであります。

地震動と申しますものは以上述べた如き性質を持つて居るものであります。特に極く近い所に起る地震、即ち震央距離が數百料以下の地震に就ては斯様な性質があるのでありますが、震央が遠くなりますと以上の性質の中には消滅して仕舞ふものがあります。以上の區別は近地震と遠地震との性質上の區別となりますが、左様な區別を念頭に置いて考へませんと實際の現象の取扱ひが困難に陥る場合が多い事になります。災害を惹起します所の地震動は總て近地震でありますから、近地震に就てのみお話を進める事と致します。

**地震動の觀測** 次に地震動の觀測に就て御話を致しますが、地震動の觀測は勿論地震計に依つて行はれるのであります。地震計の發明は明治10年頃日本に於て出來上つたものでありまして、その頃から地震動を記録することに成功致しました。それ以來觀測が續けて行はれて居る次第で、其の後地震計も色々改良され、又觀測所も方々に出來ましたものでありますから、地震動に對する性質も段々に明瞭となつて参りました。然るに此所に一つ申し上げたいことは、最近に至りまして地震計に關して又違つた意味の進歩の行はれた事でありまして、今日では單に地震計と言ひましても、それでは意味が充分でありません。どういふ種類の地震計であるかといふことを言はなければなりません。昔は地震計として何式々と色々な名稱の附いた地震計がありましたが、此れは總て今日で申しますれば變位地震計であります。即ち地面の振動する變位をその儘記録せしめる目的で作られて居るのであります。地震計の主要部分は要するに地面に据付けた振子で、此の振子が、地面の動きに従つてどう運動するかといふことを調べ、逆に地面の動きを推察するものであります。振子の自己振動周期が比較的大であれば地面の振動變位を記録するのであります。従つて斯様な振子を備へた地震計を變位地震計と呼びます。次に速度地震計と言ひますのは振子の周期が大體地震動の周期と等しいのであります。たゞ等しいだけでなく、其の

第2圖 地震動記録

A: 變位 B: 速度 C: 加速度



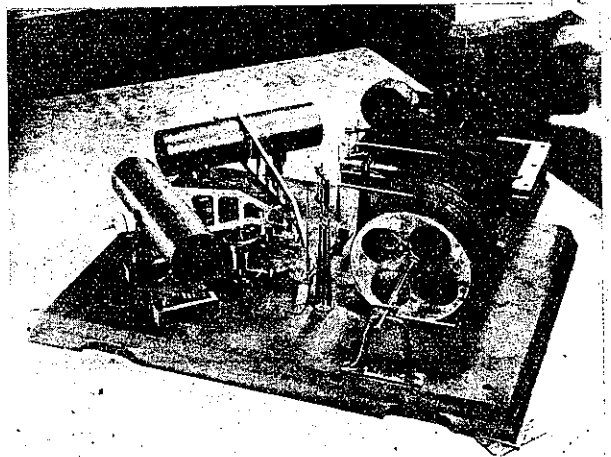
上振子の運動が洗滌の粘性等を利用して極度に減衰されて居るものでありまして、例へば振子を零位置から少し振れさせて放した場合、その元位置に戻る事が非常に緩慢であるものであります。加速度地震計と申しますものは、振子の周期が地震動周期に比べて十分小であるものであります。勿論變位地震計に於きましても加速度地震計に於きましても、振子は適當な減衰度、即ち臨界減衰値に置かれて居なければ正しい地動を記録することは出来ません。若し左様でない、振子の自己振動が誘發される恐れがあるからであります。即ち以上の如く異つた周期を有する振子で、上述の注意が行はれることに依つて、各々の地震計は夫れ夫れ地震動の變位、速度、加速度を記録することが出来るのであります。今日では此の 3 種類の地震計が存在して居るのでありまして、若し何れの地震計も正しく記録を行つて居りますならば、變位地震計の記録を一度微分すれば速度地震計の記録となり、今一度それを微分すれば加速度地震計の記録になるべき筈であります。又逆に加速度地震計の記録を積分すると速度になり、もう一度積分すると變位に一致する筈であります。今日製作された地震計に於きまして十分以上の関係が見えるのでありまして、此の事實は一種類の地震計で得た記録も十分信用し得るといふ事になつた次第であります。第 2 圖は以上 3 種類の地震計を以て同一地震動を記録したものであります。

特に今日お話致しますものは加速度地震計でありまして、加速度は地震動の與へる災害の根本になつて居ります量でありますから、加速度地震計による觀測結果をお話致したいと思ひます。

加速度地震計の主體である振子に就て申しますと、此れは第 1 に地震動の周期に比べて周期の相當短かいものである事が要求され、今日採用して居りますものは約 0.1 秒の周期を持つて居るものであります。地震動の周期は、所に依つて可成り違ひますが、東京附近では 0.3 秒乃至 0.8 秒程度であります。従つて振子として以上の周期であれば宜しいといふことになります。地震動周期に比較して小さい周期を有する振子の振れは、何故に地動の加速度を記録するかと云ふ議論は此所には省略致しますが、結局此の振子の運動を適當に擴大致しまして、其れを記録すれば地震動を加速度の値として示す事になるのであります。振子の運動は 3 段の槓桿によつて約 200 倍に擴大され記録されます。それから制振器が附けてありますが、此れは振子の自己振動を止める役を致します。今日では制振器としましてピストンの形のものを使用して居ります。ピストンと側壁との間は極めて僅かの間隙 (0.1 mm) があるのみであります。ピストンの運動に對して此の間隙を通じて空氣が運動を致しますと、速度に比例した抵抗を起します。制振器の横側にあるコックを適當に開閉して空氣の流通を整正する事により結局、振子に適當な減衰値を與へる事が出来ます。今日所々で觀測して居るものは斯様な加速度地震計を使つて居る次第であります (第 3 圖)。

扨て一言此所で申上げたい事は、何故地震動の加速度を測定することが必要なものであるかと云ふ事でありまして、此れは力學上の取扱に於て加速度は物體を運動せしめる根本的のものとして其の量が正しく判つて居る事が必要であるのみならず、實際地震動による災害の場合に於きましても、地面が振動を致しますとその時地上にあります剛體は或る程度迄地面と一緒に運動致します。その

第 3 圖 加速度地震計



時に受ける力はどういふ力であるかと申しますと、それは其の剛體の質量に地震動の加速度を乗じた力でこれが剛體の地面と接續する部分を通じて働くことになります。若しも加速度の値が大であれば其の力が大となつて地面と一緒に運動を致さないことになります。即ち地上には斯様に剛體と考へて差支へないものが多くあります。例へば建物のやうなものでありましても、地震動の周期に比べて自己振動が非常に短かいものでありますと、それは剛體と考へて差支ないで、斯様のものには地震動の加速度が其のまま働き、加速度と質量と掛けたものがその儘力となつて底部に作用するといふ風に考へて差支ないのであります。併しながら或る周期を持つた振動體が地上等にある場合に於ては加速度がその儘働くといふことはありません。或る時は振動の速度が主要な意味を持つ場合も存在するのは勿論であります。

**震動の強さと卓越周期** 地震動は土地の振動でありますので、その振幅といふことが先づ問題になりますが、此處でお話致します様に加速度地震計を以て測ります場合には、その加速度の大きさが問題となり、所謂振幅とは違つたものであります。若しも地震動が正弦運動でありますならば其の變位は  $a \sin \frac{2\pi}{T} t$ 、而して加速度は  $-\frac{4\pi^2}{T^2} a \sin \frac{2\pi}{T} t$  として表はされるのであります。地震動は斯様に單純な運動のみではありませんから、之れをその儘採用することは出来ません。昔は變位地震計を使用して居り、この  $T$  と  $a$  とを求めてから加速度を計算して居たのであります。今日から見ると非常に誤差が多い方法でありまして、今日では採用されないやうになりました。従つて今日では今申し上げたやうな周期の非常に短かい振子を利用した地震計の記録から地震動の加速度を決定するやうになつて居ります。即ち實際記録した地震動は第 2 圖に示す如く形の上においては殆ど變位地震計によつて得られたものと似通つて居りますが、此の場合には所謂振幅と申します替りに加速度振幅と云ふ言葉を用ひ、又其の中の最大なるものを目標として此の地震動は最大加速度がどの位あつたかと云ふことを申します。次にもう一つ問題にする事は大なる加速度を與へる震動の周期がどの位であるかといふことであります。地震動中に現はれる波動の周期は色々であります。加速度地震計の記録中に現はれる所の卓越周期を問題として地震動の性質を表はす事が試みられて居ります。而して最大加速度を與へる震動の周期は大體卓越周期に相當して居ります。

扱て最大加速度といふものは從來地震動の強さを表はすと考へて居る譯であります。強さといふものは加速度に當るや否やといふことは、根本的には判らないこととあります。先程申したやうに剛體を動かすといふ事に働く力は加速度に相違ありませんから、強さといふことが果してどういふ意味に當るかどうかは扱て置き、これを定義と考へて差支ないと思つて居ります。確かに從來の慣用としましても最大加速度を以て地震動の強さを表はして居りますが、大した矛盾は生じない様であります。

斯様に考へますと地震動の強さの區別が大體出来まして、我々が身體に感ずる事の出来る地震動は人により所によつて多少差はありますが、東京の山ノ手方面では 0.5 gal の最大加速度がある場合であります。又我々は地震動に色々な階級を付けて居りますが、其れは微震、弱震、強震、烈震といふ風に分けて居ります。勿論此等は我々の體驗其の他を本として判断の仕方でも決つて居ります。此の區別は地震計を使はずして決定する方法であります。最大加速度で表はしたら何ういふ風に當るかと申しますと大體第 1 表に示す如くであります。

第 1 表

無 感 覺	微 震	弱 震 (弱き方)	弱 震	強 震 (弱き方)	強 震	烈 震
0~0.5	0.5~2.0	2~8	8~32	32~128	128~512	512 以上

(單位 gal)

即ち 512 gal 以上が裂震に属するのでありますが、500 gal と申しますと重力の半分位の加速度であり、家は倒れ山は崩れるといふ状態に達するのであります。勿論此等の値は先程申し上げました卓越周期の比較的小さい所で決定したものでありまして、約 0.3 秒、東京の山ノ手の卓越周期であります。東京の下町でありますと卓越周期が 0.6 秒或ひはもつと長いものでありますから、恐らく是は 400 gal 位で既に澤山の倒れ屋が生ずるといふ状態に達するものと思はれます。斯様の現象は次の表面層の振動の所で又お話致します。

卓越周期の問題はどうであるかと申しますと、是は各地の地震動を丹念に調べまして、中に存在する振動周期を統計的に調べるのであります。即ち地震動の中に何ういふ周期の波動がその中に一番よく現はれて居るかといふことを調べるのであります。勿論災害を論じます場合に於きましては、その周期のみならず一體強い振動、加速

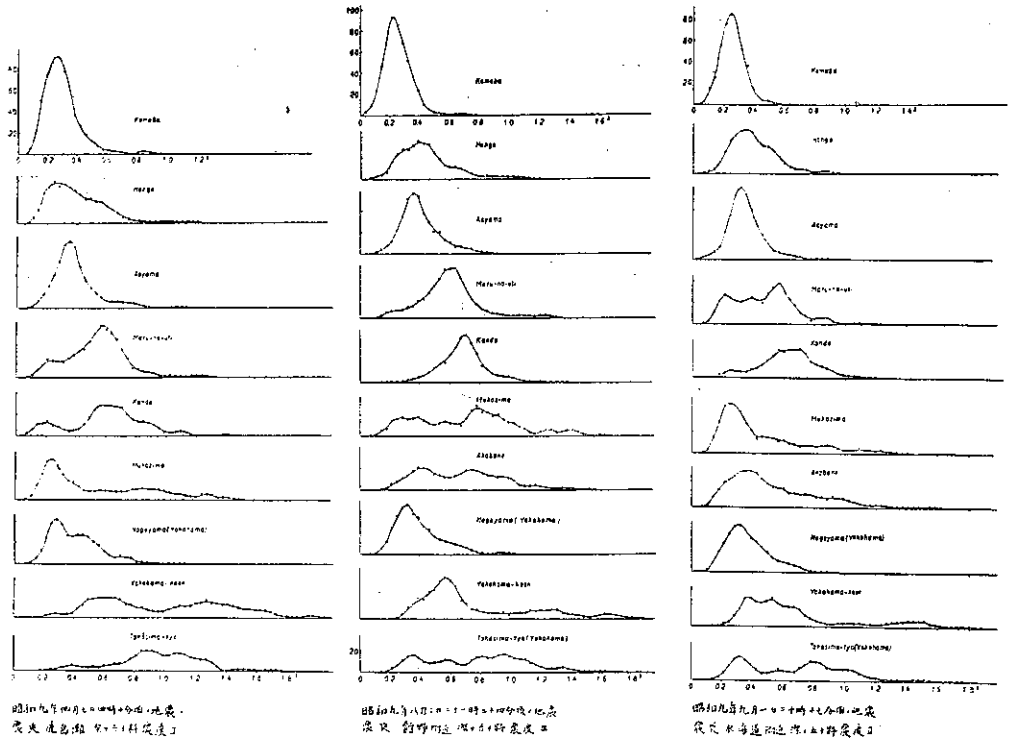
第 2 表 各地卓越振動周期

\* 甚々平坦

	本郷	青山	丸の内	神田	深川	向島	赤羽	横野山	横濱公園	横濱	駒場	震天
昭和8年 3月3日	0.34 <sup>5</sup>	0.35 <sup>5</sup>	0.68 <sup>5</sup>	0.27 <sup>5</sup>	0.31 <sup>5</sup>	0.26	※	0.34	0.33	0.26		三陸沖
6月19日	0.41	0.38	0.65	0.72	0.36	0.26	0.36	0.35	0.57	0.85		金豊山沖
7月6日	0.23 <sup>*</sup>	0.29	0.20	0.19	0.20	0.20	0.20	0.70	※	0.20		江戸川河口
10月9日	0.41	0.27	0.22	0.20	0.36	0.23	0.43	0.27	0.40	0.37		道尾川流域
昭和9年 4月7日	0.28	0.35	0.58	0.67		0.24	0.28	0.28	0.60	0.90	0.26	鹿島灘
5月31日	0.35	0.33	0.67	0.68		0.28	0.70	0.30	0.33	0.78	0.28	水戸臨海附近
6月3日	0.39	0.35	0.59	0.70		0.34	0.36	0.30	0.40	0.60	0.23	江戸崎附近
8月3日	0.40	0.36	0.61	0.70		0.35	0.42	0.31	0.57	0.33	0.22	館野附近
9月1日	0.35	0.32	0.24	0.24		0.25	0.35	0.35	0.37	0.32	0.25	水海道附近
平均	0.37	0.34	0.22	0.21	0.31	0.27	0.35	0.35	0.49	0.36	0.25	
			0.61	0.67	0.88	0.80	0.75		1.30	0.94		

度の大きい振動が果してその最も卓越して居る周期に相當して居るや否やの吟味は必要であります、是は常に充分一致して居るのであります。各地に於ける卓越周期を調べた結果は第 2 表に掲げたものであります。この卓越周期を出します方法は勿論統計によるのでありますから、直ちに斯様な数が出て来るものではありません。地震動記録を寫眞で引延し、各振動に印をつけ、此れを順に讀んでから其の差をとり、各振動周期を決定し、如何なる周期が最も多く現はれるかを決定するのであります。例へば第 4 圖に示しますものは其の曲線でありまして、縦軸には波數、横軸には振動周期を探つてあります。東京の山ノ手でありまして、0.3 秒附近の波が最も多いのでありまして、此の項上に相當した周期を以つて表に示したものであります。東京の下町でありまして例へば丸ノ内の例では 0.2 秒の所と夫から其の約 3 倍の 0.6 秒の所に山が出るといふ有様であります。各地方では圖中に見られる通り、異つた地震動の卓越周期を與へるのでありまして、何れも昭和 8 年、昭和 9 年に於きまして東京地方に相當大きな加速度を與へた代表的な地震によるものであります。さう致しますと青山では 0.34 秒に一つの山があるに反し、丸ノ内では 0.20 秒と 0.61 秒と 2 つの山がある事になります。即ち大なる方を基本振動周期と致しますと 1/3 周期の調和振動が含まれて居る事になります。この中基本振動として最も卓越周期の大きい場所は横濱公園でありまして、1.30 秒となつて居ります。是が災害に對してどういふ影響を持つて居るかと申しますと、先づ各地の地盤關係を見ると、所謂地盤の良い所は卓越周期が小さく地盤の悪い所は周期が大きいといふ事が見られます。なほ圖には示してありませんが地盤の極めて宜敷い筑波、秩父地方ではこの卓越周期が非常に短かいのでありまして 0.04 秒乃至 0.08 秒と云ふ觀測があります。卓越周期が此れ程短かくなりますと、是は無論振動には

第4圖 各地地震動卓越周期

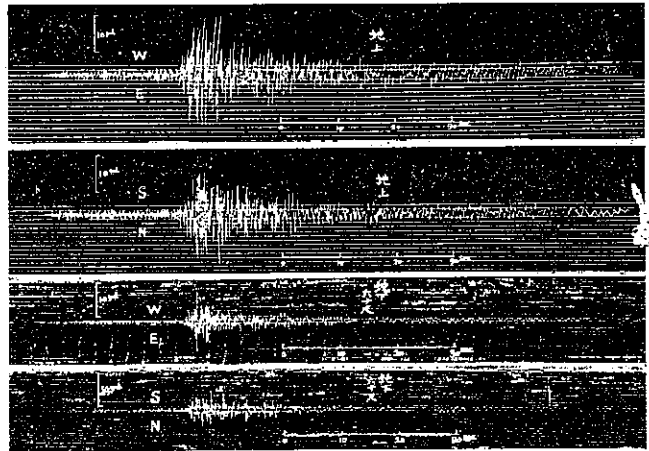


違ひありませんが、單に地面の振動に止まるのでありませんで、その振動が空氣に傳はり音として我々は聴くことが出来ます。筑波地方に於きましては地震の發生に際して、先づ地鳴が聞え其れから震動が感ぜられることが通常でありますが、先程申し上げましたやうに地震動の最初の部分は初期微動で、此の時に地面は已に振動して居るのであります、人體には感ぜず音になつて空中に傳播したものを感知するのであります。さうして引續き主要動が來ますと、振幅が大である關係上、その時初めて振動を身體に感ずることになります。勿論主要動の時にも音は聞えて居るのであります。即ち山地では一般にゴーツと音がしまして、それから振動がやつて來るのであります、時には音だけで終る事もあります。斯様の現象は山嶽地方にお住ひになつた方は多く御経験の事と思ひますが、それは以上説明した關係によるからであります。東京地方の如く地盤の比較的悪い所に於きましては震動の卓越周期が大で殆ど地鳴を聞く事無く、たい揺れるのみであります。

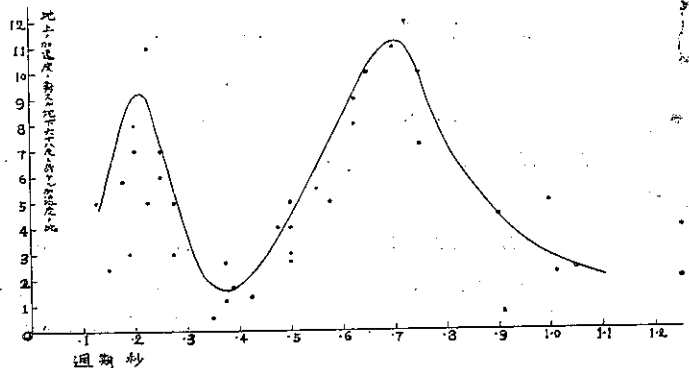
**表面層の振動** 以上の如き現象が起りますのは一體どういふ譯であるかといふことを申しますと、初めに申上げた様に若し地震動中の總ての波動が傳播するものであるならば、其の振動周期は決して變るものではありません。或る所では波動の速度が早い場所があれば、其の振幅は變化しましても、振動周期は決して變らないものであります。然るに以上述べた如く各地で觀測された地震動は、地盤の差異に依りまして色々違つた振動周期を示すのであります。斯様の現象を説明するには、地震動は震源で發生した其の儘の波動ではなく、地表に來て初めて誘起されたものが多分に含まれて居るといふ風に考へる方が納得が出来ることになります。それで地震動の中には各地の固有振動があるといふ考が段々に高まつて參り、遂に是は各地の表面を覆つて居る所の比較的軟弱な地層があるが、その地層が振動するものであらうといふ解釋をするやうになりました。例へば丸ノ内では約 20 m の

非常に軟かい地層が地表にありまして、その下には堅い岩盤がありますが、是は復興局のボーリングその他に依つて分つて居ります。斯様な表面層の厚さは所によつて違ひますが、一般に地表には數十 m の軟かい層がありまして、其の下には比較的堅い岩盤があります。斯様な状態にある地層に地震波が下からやつて参りますと、表面層が烈しく振動を起す事になります。即ち地表振幅が大きく、基盤の中では非常に小さい振幅となるのであります。而して此の振動の様式は恐らく此れは表面層の剪断振動として豆腐の如き軟かい物質が硬い岩の上に乗つて居り、振動する状況に比較されるのであります。従つて豆腐は水平方向によく振動する結果は水平動が上下動に比較して大となるのであります。なほ以上の事實を證明すべき観測が去年行はれました。丁度丸ノ内参視廳の跡に第一生命相互會社の本社が建つ事になりましたが、其所に井戸を掘りまして、基盤に達するものが出来たのであります。此の井戸を利用して、地表 1 箇所と地中 2 箇所、都合 3 臺の地震計を据えまして観測をして見ますと、確かに地震動は表面では大きく、地中では小さい事が判つたのであります(第 5 圖)。即ち地表と地中基盤上

第 5 圖 丸ノ内における地上、地中における地震動加速度記象



第 6 圖 地上、地下における地震動振幅比



との振幅の比を取つて見ますと振動周期により相違はありますが 0.25 秒及び 0.75 秒附近では約 10 倍の差がありました(第 6 圖)。此の場合 0.75 秒は基本振動周期、0.25 秒は第 3 次調和振動周期と考へられます。即ち此れが此の地域の固有振動に當つて卓越周期である事も判ります。従つて我々が感ずる地震動は表面が最も甚しく、地下數十 m の下に入りますと非常に振動が小さく約 1/10 位になるのであります。以上の事實から表面層の振動といふ事が益々信ぜられるやうになつたのであります。斯様な現象に注意して見ますと初めに述べました様に地震動といふものは初期微動と主要動から成り立ち、而も是れは近地震にあつて遠地震に無い現象であると申しましたが、此れは表面層の影響と考へられるのであります。震央附近では縦波は大なる震動を地表に起さず初期微動として存在するのであります。横波であると進行方向に直角に分子が動く結果は表面層を水平

方向に多分に振動せしめ主要動が発生すると考へられるのであります。従來初期微動と主要動との振幅の相違が起るか否かと云ふ議論が屢々起されたのでありますが徹底しない嫌があつたのであります。ところが表面層を考へに入れますと是は十分説明出来るのでありまして、縦波、横波の別に従つて表面層の振幅に相違が生じ主要動として振幅の大きくなつたものが災害、即ち建物を破壊したり堤防を壊はしたりするのであるといふ説明が出来る

やうになつたのであります。

**災害と地盤との關係** 然らば災害と地盤との關係は如何なるものであるかといふことになりませんが、今迄申上げた現象を解釋すれば、それで宜しいのであります。地盤の悪い所と申しますれば、表面層が軟弱である事、尙ほ加へて其の厚さが大であると、此所に起る所の剪斷振動の周期は非常に長いものとなります。此の周期の大なるものは特に木造家屋に災害を與へ大地震の時には澤山の倒れ家が生ずるのであります。我々の先祖は斯様の事實を経験的に目撃し、地盤の悪い所は家が倒れるといふ結論を得たのであります。今日では表面層の振動が存在する結果に外ならないのであります。即ち地盤の良否といふことは地震動の加速度の大きさには直接關係を持たないのであります。さういふ地盤の弱い所に生ずる地震動の卓越周期が非常に大である結果は木造家屋に害を與へるといふ風に考へる様になつた次第であります。

尙ほ従來地震帯といふものを考へ、此の地帯には大地震の發生を屢々見る所として居ります。日本の國の太平洋岸には外側地震帯があり、又日本海の沿岸には内側地震帯があるといふことを言つて居るのであります。斯様のものに對しての議論は今申しませんが、尙ほ細かい分け方をして信濃川地震帯、淀川地震帯、江戸川地震帯といふ工合に、川の存在する所に地震帯があるといふ考へ方をして居ります。然し乍ら以上申述べた観測から言ひますと、河川の沿岸の如き地域は當然地盤の悪い所であり、地震動中の卓越周期が大である所でありまして、斯様の所はどこに地震の源があらうとも主として木造家屋に災害の與へられる地域であると解釋されるのであります。従つて左様の所は地震帯といふよりは寧ろ地震の災害を大きく受ける關係にあるため、是れを地震災害帯と考へたらよと思ひます。何も其の場所に地震が起つたといふ譯ではなく災害が帯狀の地域に起ると言ふ事は賛成でありますけれども、地震の原因がさういふ所にあるといふ考へ方には賛成し兼ねる次第であります。

**問** 山田隆二君 一つ伺ひたいと思ひます。それは先刻岩盤の上に軟弱な地層がある。さうして振動が大きくなるといふお話がございました。その軟弱地盤の厚さが厚ければ厚い程地表面の振動は大きく従つて被害が大きいですか。

**答** 石本巳四雄君 その邊がどうも實際能く分らないのでありまして、先程申しましたやうに一次振動も第何次振動も同時に出て来る筈であります。層が非常に厚くなれば一次振動が誘發されない事もあるだらうと思ひます。さういふ關係は未だ能く分りませんが、例へば横濱公園では 1.80 秒といふやうな振動周期が出ますが、あの位迄が限度であつて、恐らくそれ以上厚くとも加速度の大きな波動は出て來ないだらうと思つて居ります。勿論これは震源で發生した地震波の中に存在する波の周期にもよる事で下から來る波が激勵しない限り安全な譯です。

**問** 山田隆二君 土木の工事に於きまして、是がうんと厚ければいゝか、薄ければいゝか、その關係は如何ですか。

**答** 石本巳四雄君 木造家屋といふことでお話を致しましたが、煉瓦構造或ひは土藏造は大正 12 年の地震に際して東京の山ノ手では結果が悪かつたのであります。下町では反つて安全のものが多かつた様であります。例へば統計上土藏は山ノ手で多く破壊されたのであります。震動周期は小であるが、恐らく加速度が相當あつた結果と思はれます。下町では木造は害を被りましたが、反つてガツシリした建物は害が無かつたと報告されて居ります。斯様なことを思ひ合せますと土木工事に於きましてはどういふ風にしたらよいか、地震の時にはよく盛土した堤防が破壊されるのでありますから、斯様な工作物には充分注意する事が必要かと思ひます。但し絶対に軟弱な地盤が工作物がいけないといふことはないと思ひます。それ相當なブロックにでも致しまして各々動けるやうにして、一つ一つ動くといふことが軟弱地盤の方は安全であるかと思ひます。



問 山田隆二君 今一つ伺ひたいのです。地震動の強さといふ所で gal といふのはどういふことですか。

答 石本巳四雄君 あれはガリレオの名譽の爲に採つた加速度の單位でありまして、C.G.S. システムでは從來加速度の單位が無かつたのですが、最近に gal と云ふ單位が出来ました。即ち毎秒、毎秒 1 cm の加速度が 1 gal に當ります。

問 山田隆二君 吾々は能く地震には 1000 mm とか何とか言つてゐるやうですが……。

答 石本巳四雄君 1000 mm と云ふのは丁度 100 gal に當ります。重力加速度は 980 gal と呼ぶやうになりました。

問 龜田 素君 ちよつと伺ひますが、第 2 表の中で周期が同じもので、1 つの地震に對して 2 つ出て居る。あゝいふ風なことは外の場所でもあるのでございませうか。

答 石本巳四雄君 唯統計的に波の數を曲線に直し、山の出た所を書き抜いた譯であります。本郷、青山、それから駒場などは絶対に 2 つ以上出ないことはありませんが、常に簡單でありまして、山が一つであります。下町では常に 2 つ以上出ます。

問 龜田 素君 それははつきり 2 つ現はれるのですか。

答 石本巳四雄君 近い地震でありますと山がはつきり出ますが、遠い地震でありますと出憎くなります。これは基本振動のみが激勵される結果でありませう。

問 龜田 素君 古來の地震計でその土地の卓越周期といふものを出す譯に行きませんか。

答 石本巳四雄君 地震動の中には色々の周期を持つた振動が同時にありますから、變位地震計によると實際加速度の大きな波動でも、周期の大きな加速度の小さい波に隠蔽されるのであります。大森先生などは振幅の割合に小さく加速度の大きいものを見逃して居られたやうであります。即ち斯様のものは主要なものでなくつて漣と呼んで居られました。變位地震計の記録では加速度の大きな波動が振幅の大きい波の上に重疊して見えるのであります。此の振幅の大きい波動は加速度計記録に致しますと大きい加速度を示さないで、寧ろ漣の方が重要性があるやうになりました。昔の考からすると地震動の強さと地盤との關係が説明が出来ない状態にありました。例へば神田一ツ橋と本郷とでは長い波を見て居た關係上、本郷の方が周期の長い波を見て居たのであります。神田の方では 0.6 程度の波を見て居りましたが、本郷の方では加速度計にはよく現はれませんが、變位計の方でありますと、所謂脈動性の波がもう一つそれに重つて來まして地震動の周期を約 1 秒と決定して居たのであります。其の結果どうしても説明出来ない現象が澤山あつて困つて居た次第であります。

古川主事挨拶 外に御質問ございませんでしたならば私から一言講演者に御禮を申し上げたいと思ひます。

本日は御多忙の所を時間をお割きになりまして、我々一同に最も有益な御講演を下さいまして、會員一同に代りまして厚く御禮を申述べ次第でございませう。我々の日常從事致して居ります所の色々の仕事は、この地震の問題とは非常に密接な關係がございまして、最近に起りました關東大震災初め奥丹後地方の震災、伊豆の伊東附近の震災、或は三陸沿岸地方の津波に於きましても、色々我々の從事致して居ります所の各ブランチの仕事に對しまして多大の損害を受けました次第で、我々は日常この地震に對しましては多大の關係と興味を有する者でございませう。本日はこの地震に付きまして最も御造詣の深い石本教授が御研究のその一端を最も分り易く御講演を下さいまして我々の裨益した所は多大なものであると考へる次第でございませう。

茲に厚く御禮を申述べます。(拍手)