

21. 出羽村及び濱松町における 地震動卓越周期の観測

地震研究所 石本 巳 四 雄

(昭和11年4月21日発表—昭和11年3月20日受理)

地震動中に卓越する加速度の大なる波動の周期は各地に於て一定ならず其の地盤の良否と密接な関係を有する事は既に數回報告¹⁾したものであるが、今回は特に地盤の悪いと考へられる埼玉縣出羽村と東京市芝區濱崎町とにおける観測結果とを述べ、表面層の厚さと卓越振動周期との關係に就て言及し度いと思ふ。

出羽村に於ける観測

埼玉縣南埼玉郡出羽村は關東地方に相當の地震が発生する場合常に家屋の被害を見る地方であつて、明治20年以來3回も倒壊家屋を出した。即ち明治27年6月20日の地震、大正12年9月1日の關東地震、昭和6年9月21日の埼玉地震によつて災害が齎らされたのである。なほ以上の3地震の震央は何れも此の地方を離れて相當の距離にあつたにも拘らず災害は此の附近に著しかつた事實を思へば、此の地方の地盤の震動の中には何か特種のものゝあり得べき事を想起せしめるのである。斯様の理由を以て、水平動二成分の加速度地震計を出羽村字越巻、菊池福太郎氏方に設置して観測を繼續した次第である。

此の地震計の要素は次の如くである。

振子の重錘	15 kg.
振子の周期	0.1 秒.
幾何倍率	208 倍.
感 度	(兩成分とも) 1 mm が 1.7 gal に當る.
制 振 器	空氣振制器にて振子は臨界減衰狀況.
起 動 機	毎分 300 回轉同期電動機.
圓筒回轉速度	10 分に 1 回轉, 1 mm は約 1 秒に當る.

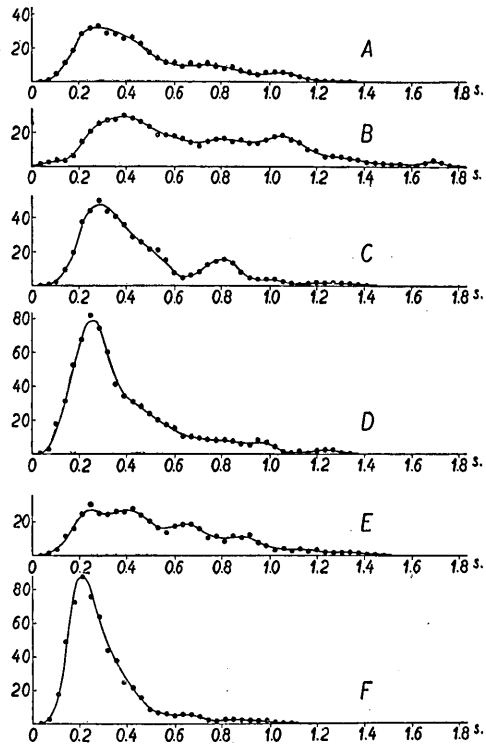
観測は昭和9年11月29日より開始されたが當地方には晝間送電なく、止むを得ず夜間のみ観測を行つた。従つて相當な地震の発生があつても、晝間のものは全部記

1) 石本巳四雄 地震研究所彙報 10 (1932), 171; 12 (1934), 234; 13 (1935), 592.

録し得なかつた事は遺憾に屬する。昭和 11 年 3 月迄約 1 年と 4 ヶ月の間に記録し得た主なる地震は次の通りである。

昭和 10 年	震 央	卓越周期(秒)
A 1 月 3 日 23 時 55 分頃	江戸川河口	0.29 0.72 1.04
B 2 月 20 日 5 時 11 分頃	九十九里濱	0.40 0.8 1.05 1.7
C 4 月 19 日 1 時 31 分頃	水海道附近	0.30 0.81 1.01
D 6 月 21 日 4 時 30 分頃	下妻附近	0.23 0.99 1.27
E 9 月 17 日 5 時 52 分頃	取手附近	0.25 0.42 0.67 0.9
F 9 月 22 日 23 時 40 分頃	熊谷附近	0.21 0.67

以上の地震の卓越周期は従來の方法によつて見出されたが、其れは第 1 圖に示してある。第 1 圖の示す如く此の地方の卓越周期は震央の遠近によつて異なるが、震央の遠い場合には 1.0 秒程度のもの多く、1.7 秒も現はれる事がある。震央の近い場合には 0.2~0.3 秒であつて、従來の観測から判断すれば此の地方は地盤不良の例に屬する。なほ E の地震は震央が近いが出羽村以外の観測點に於ても近い地震の特性を示さぬのは恐らく地震發生の機巧に異なるものがあるかも知れない。又 F 地震の震央は熊谷附近で震源は 100 軒程度の深さであるが、相當小周期の波動が現はれて居る。なほ比較的小周期の卓越周期と比較的大周期の卓越周期との間に簡単な比は見えない。従つて若し進んで議論を行ふ場合には東京丸ノ内で齊田學士が行つた如き観測²⁾をなす必要があらう。震央距離の近



第 1 圖 埼玉縣出羽村に於て観測せられた地震動卓越周期(縦軸は波数、横軸は振動周期)

- A 昭和 10 年 1 月 3 日地震
 B " 2 月 20 日 "
 C " 4 月 19 日 "
 D " 6 月 21 日 "
 E " 9 月 17 日 "
 F " 9 月 22 日 "

2) 齊田時太郎・鈴木正治 地震研究所彙報 12 (1934), 517,

い地震波の中には恐らく 0.3 秒程度の周期のものが多分に含有されて居る故に、表面層もこれによつて激勵されると思はれる。遠い所から来る地震波の中には小周期の波は消失して 1 秒程度の波動が大部分を占める爲め、此の程度の卓越周期が現はれると考へられる。大地震の場合にも單に距離の問題よりも、表面層中に起される比較的大周期の波動の加速度如何と云ふ事が問題となるであらう。

此の地方が特に地震に對して不適當であると云ふ事はないが、1 秒以上の卓越周期の現はれる所は東京附近でも餘り多くなく、濱松町或ひは横濱公園の例があるのみである。斯様に大なる周期を生ずる原因としては、表面層の厚さが大であるのと、其れを形成する土質の剛性率が大ならざる事に歸納し得るであらう。

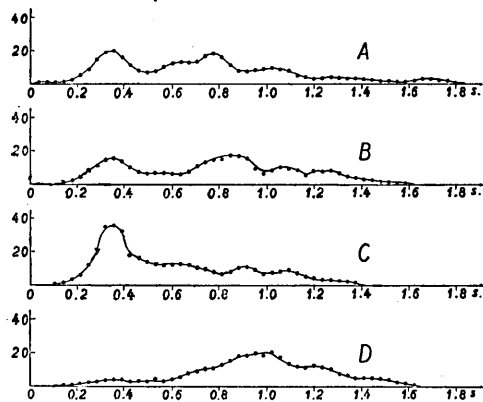
濱 松 町 に 於 ける 観 測

通稱濱松町と稱するが實は芝區濱崎町鐵道大臣官房研究所内に於て行はれた観測である。平家道家屋内のコンクリート床上に加速度地震計が設置されたが、其の要素は出羽村に於けるものと殆ど等しい。濱松町附近は大正 12 年關東地震の際相當被害の著しかつた所で、元來は埋立地と思はれる。

昭 和 10 年	震 央	卓越周期(秒)
A 6 月 8 日 13 時 58 分頃	土 浦 附 近	0.35 0.78 1.03 1.7
B 6 月 15 日 6 時 10 分頃	安 房 沖	0.35 0.88 1.08 1.27
C 6 月 21 日 4 時 30 分頃	下 妻 附 近	0.35 0.9 1.08
D 6 月 29 日 3 時 58 分頃	安 房 沖	0.95

観測は昭和 10 年 5 月から開始されたが、6 月には相當に地震回数も多く、充分の結果を得るに至つた。其の中主なものを表にすれば上記の如くである。

此等の地震の卓越周期を見出す方法は従來と同じき方法によつたが、此の場合原記録の寫眞引延しを 5.2 倍となし、0.1mm 迄讀取つた。而して此等を従來の如き間隔に配分した關係上、波動周期の分布状況には影響は無い、



第 2 圖 濱松町に於て観測せられた地震動卓越周期(縦軸は波數, 横軸は振動周期)

A 昭和10年 6 月 8 日地震 C 昭和10年 6 月 21 日地震
B " 6 月 15 日 " D " 6 月 29 日 "

第2圖に見る如く震央の近い地震に對しては卓越周期も小で 0.35 秒が卓越し、震央の遠い地震に對しては 1.08 秒が卓越して居る。此れは大體3倍になつて居ると云ふ理由で基本振動周期と其の第三次振動と考へる事が出来やう。然し乍らDの地震に見る如く比較的遠い地震の場合でも 0.95 秒程度のみが激勵される事もある。

東京山手に於ける地震動の卓越周期に關しては震央距離の遠近に従つて多少の變化はあつても常に 0.3 秒程度に止まり、下町に見る様な三倍程度の振動が誘導される事はない。此の現象の説明に就ては恐らく下町における表面層が基盤とは充分に異つた弾性を有すると云ふ事で充分であらうと思ふ。此の問題は將來の議論として残して置き度い。

各地卓越周期の比較

次に同一地震に就て各地の卓越周期を比較して見やう。斯様の研究は既に數回に互つて報告を行つたものであるが、出羽村、濱松町の観測も加はつた次第であるから、今一度繰返して見たのである。昭和 10 年は經費の關係上以前にあつた観測所の中廢止を行つた所もあつて其の數は多くない。各所で多く記録し得た地震の最大加速度、震央等は次の通りである。

第I表 各地最大加速度 gal

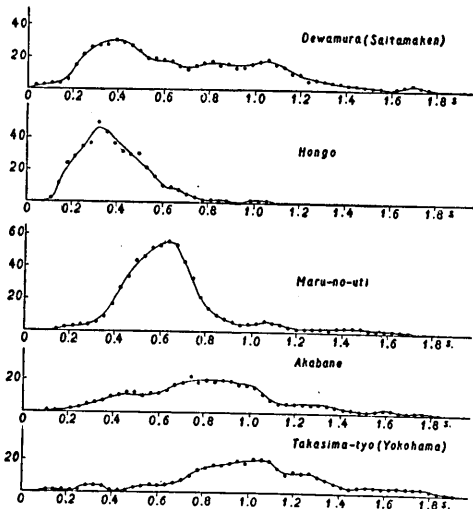
地震番號	月	日	時	分	震度		出羽村	本郷	駒場	丸ノ内	神田	向島	赤羽	濱松町	野毛山	高島町	震央
3	1	3	h	m	III	S	24.0	14.0		34.0	12.7	60.8	15.7		65.4	9.3	江戸川河口
						N	30.9	14.7		32.9	11.6	49.6	20.5	52.2	11.9		
						W	16.5	18.4	25.7	27.5	7.3	23.4	32.4	55.1	14.5		
						E	20.9	15.4	31.8	26.4	7.1	23.5	31.0	61.4	8.6		
						平均	23.1	15.6	28.8	30.2	9.7	39.3	24.9	58.5	11.1		
15	2	20	h	m	II	S		3.9		9.2			6.1			3.8	九十九里濱北部
						N		4.6		8.1			5.2			3.6	
						W	7.7	4.6		8.1			5.4			5.4	
						E	9.8	5.8		7.6			5.0			4.5	
						平均	8.8	4.7		8.3			5.4			4.3	
42	6	21	h	m	II	S		10.3		14.9			12.6	6.4		5.2	下妻附近
						N		9.6		14.5			10.3	8.2		7.2	
						W	17.0	9.3	21.2	13.0			14.0	6.6		5.6	
						E	20.8	7.6	21.4	17.0			9.7	6.3		4.5	
						平均	18.9	9.2	21.3	14.9			11.7	6.9		5.6	

卓越周期を決定する爲めに製作した曲線は第3圖～第5圖に示してある。従來研究

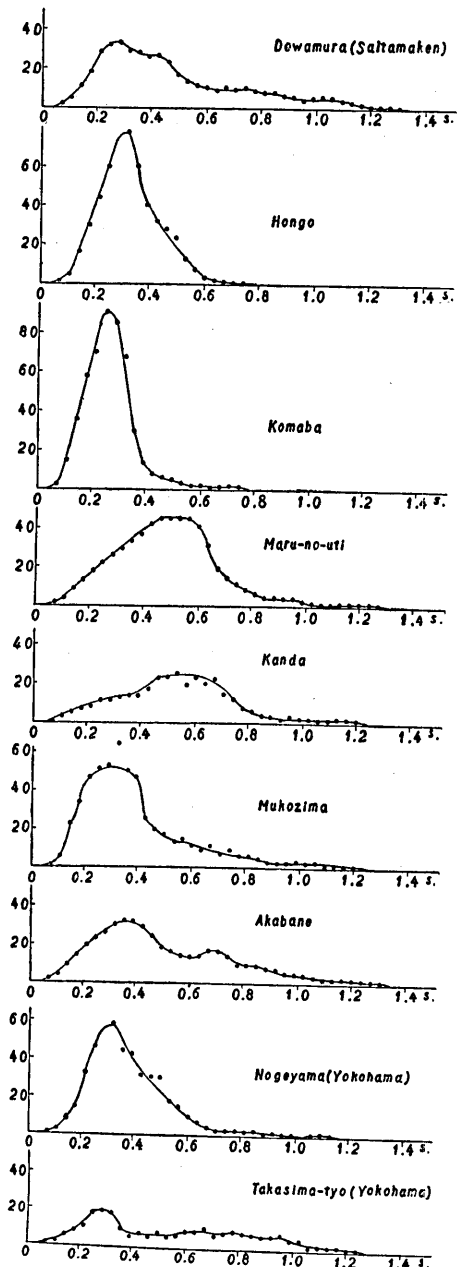
の行はれた地点のものは今回も全く同様の特性を示して居る。此れは各地に殆ど一定の固有振動周期—卓越振動周期—の存在する事實を益々證明する事となる。本郷、駒場等における東京山手においては 0.3 秒程度の卓越周期が現はれるに反し、下町にては相當長い周期のものも誘發される。

昭和 10 年 1 月 3 日の地震は横濱野毛山の加速度が大で 58.5 gal の最大加速度を與へて居る。下町においては一般に加速度は小であるが、向島は 39.3 gal が最大である。横濱高島町は野毛山と接近して居るが、其の約 5 分の 1 の 11.1 gal を與へるに過ぎない。一般に山手の震動は 0.3 秒附近に總ての波動が密集して居る事が注意される。

2 月 20 日の地震は震央が九十九里濱にあつた關係上、稍遠い地震である。従つて



第 4 圖 昭和 10 年 1 月 20 日九十九里濱北部地震による地震動中の卓越周期 (縦軸は波數, 横軸は振動周期)



第 3 圖 昭和 10 年 1 月 3 日江戸川河口地震による地震動中の卓越周期 (縦軸は波數, 横軸は振動周期)

下町における卓越周期の中には比較的大なるものが見出し得る。即ち出羽村で 1.1 秒,

赤羽で 0.9 秒, 高島町で 1.1 秒である。出羽村と高島町とは相當似通つた所がある様に見える。

6 月 21 日の地震の震央は寧ろ近い方である。殊に出羽村に最も近いものである。従つて出羽村に於ては 0.3 秒程度の卓越周期が明瞭に現れた。本郷, 駒場等の山手におけるものは同様の特性を示すが, 赤羽, 濱松町, 高島町も亦別の類似の曲線を示して居る。此の事實は地盤の良否が同様ならば地震動も常に同様の特性を示すと云ふ事が云へるであらう。丸ノ内東京驛前に於ては卓越周期として 0.6 秒程度であり, 此れは比較的常に一定のものである。

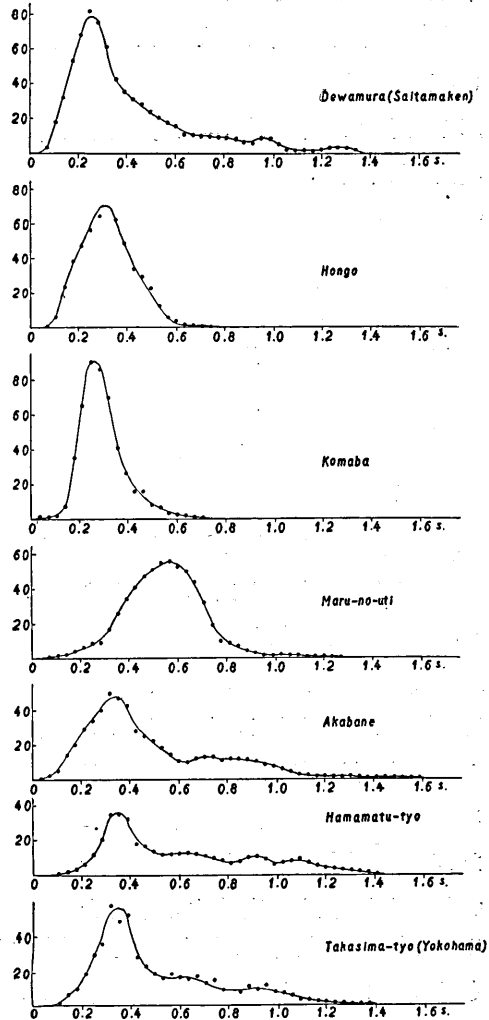
卓越周期と表面層の厚さ

地震動中に見出される振動周期の分布は山手と下町とにて其の特性の異なる事は明かであるが, 今山手におけるものは考へず下町におけるもののみを問題として見やう。下町における地震動, 特に大なる加速度を與へる震動は大部分表面層の振動である事は充分信じ得べき事である。然も此の振動は表面層の剪断振動による自己振動であると考へるならば其の周期 T は

$$T = \frac{4l}{1+2s} \sqrt{\frac{\rho}{\mu}}, \quad s = 0, 1, 2, 3 \dots$$

但し l は表面層の厚さ, ρ は層を形成する物質の密度及び μ は其の物質の剛性率である。又此の物質内を傳播する横波の速度を V_s とすれば

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$



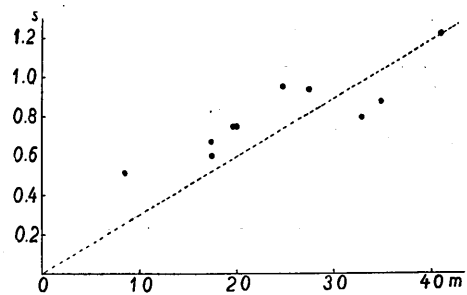
第5圖 昭和10年6月21日下妻附近による地震動中の卓越周期(縦軸は波數)

となる。従つて若し何處にても V_s が一定ならば、各地固有振動周期は單に表面層の厚さに正比例するものとなる。

東京横濱市内に於ては大正 12 年震災直後、復興局において數多のボーリングを行ひ、表面層の厚さ（地表面より所謂第三紀層に至る距離）が決定されて居る。今此の厚さに對して基本振動周期と考へられる卓越周期が如何に變化するかを調べて見るに次表の如くなる。

	表面層の厚さ	卓越期		表面層の厚さ	卓越期
深 川 木 場	34.8 ^m	0.88 ^s	濱 松 町	24.7 ^m	0.95 ^s
向 島	32.8	0.80	丸ノ内(第一相互會社)	19.6	0.75
赤 羽	20.0(?)	0.75	東 京 驛 前	17.5	0.60
横 濱 公 園	41.0	1.23	神 田 電 機 學 校	17.4	0.67
高 島 町	27.4	0.94	小 石 川 柳 町	8.5	0.51

以上の値を圖に示したものが第 6 圖である。此の圖に見る如く卓越周期は先づ表面層の厚さと比例すると云へるであらう。點直線の示す如き關係が行はれて居るならば表面層中における横波の速度は毎秒 134 m となる。勿論ボーリングの結果の信用度、或ひは各地に於ける基盤の地形、表面層の土質が同等でない事及び卓越周期の決定が適當でない事等が點の散在を意味する事となる。又表面層が相當薄い場合には寧ろ基盤における卓越周期が其のまゝ觀測される事も考へ得べき事である。出羽村にはボーリングの結果なく、表面層の厚さを知るに由ないが、其の震動様式は横濱高島町におけるものとよく似る事を以て、恐らく表面層の厚さは 30 米附近のものかと思はれる。



第 6 圖

結 語

要するに地震動中加速度の大なる波動の周期は各地固有のものにて、此れは表面層の剪斷固有振動と考へられる。而して震央の遠近に従ひ其の一次或ひは三次の振動が誘發されるものと想像出来る。又大地震においても恐らく振動周期には變化ないものと思はれる。其の理由の一つは従來の大地震による災害を見るに、以上の考へを以て

すれば解釋が與へられるからである。但し加速度の値は寧ろ山手は下町に比較して大である。

従來地盤の良否が地震被害、特に木造家屋被害と關係づけて問題とされたが、此れは主として表面層の彈性と其の厚さに關係した問題として取扱ふ事が出来るのである。即ち木造家屋は卓越振動周期の比較的大なる地方においては、假令其の加速度は小であつても倒壊が實現される可能性が充分あるからである。

最後に此の研究を遂行するに當つては服部報公會竝に日本學術振興會の援助補助を得た事を明記して謝意を表すると同時に、各観測點における直接観測に従事された諸氏に對して其の勞を多とするものである。

21. *Observation des périodes prédominantes dans les secousses séismiques à Dewa-mura et à Hamamatu-tyô*

par Mishio ISHIMOTO,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

Nous avons installé deux séismographes accélérométriques à Dewa-mura et à Hamamatu-tyô et réussi à enregistrer certain nombre de séismes apparus surtout dans la région de Kantô. Il y a toujours les périodes prédominantes dans les secousses qui ont un rapport serré avec l'épaisseur du boue superficiel au desur la croûte comparativ ment solide.
