

## 市内電車に因る地面震動の測定

森田稔\* 八木恒介\* 佐藤道司\*

今般仙臺市當局に於て當仙臺地方氣象臺附近に電車軌道新設の計畫あり、當然當臺地震觀測に影響すべきことが豫想されるので、事前に當局と十分なる折衝を遂げる傍ら、市電に因る地面震動の模様を知り對策上の參考資料を得るため、當局の協力の下に、市内數ヶ所に於て震動の測定を行つた。測定は昭和17年8月10日より9月16日に亘つて行はれた。次に其の概要を報告する。

1. 測器並に測定方法 震動の測定には簡單微動計（制振器なし）の臺を木製に替へた可搬式のものを用ひ、大體次の如き状態の下に記録せしめた。

倍率 60 倍、固有週期 2.0~2.5秒1分の長さ約25耗、木製臺は厚さ3厘の檜板に2本の足を付け8ヶのボルトにて締めたものである。

測定に當つては水平動2成分が線路に對し夫々平行及直角になる様に地震計に設置した。因みに當臺地震計は新設さるべき電車線路と略々平行及直角の向きに設置されてある。A點及D點（第1圖參照）以外は閉塞室内に於ける測定は不可能なるため地震計の周りに三脚を立て紙を廻らして風に因る擾亂を避け、又測定に當つては荒天を避けたため思ひ通りの好結果を得る事が出來た。測定場所は各點共コンクリート床を選んだ。一々の電車通過は時刻其の他必要事項を野帳に記入して置いて、後に記象紙上の震動と對照同定する方法を取つた。電車以外の交通機關の通過に當つても震動が記録されたが、之等は後に同定整理の際取除いた。

第1表 測點表

測點	場所	線路状態	線路よりの距離
A	東北大醫部構内	6本熔接	40 <sup>m</sup> 59
B	ミヤギトヨタ自動車店内	4本熔接	20 40
C	長町青物市場	未熔接	10 20 30 40 60
D	東照宮前	未熔接	85* 88*

\* 鐵道線路の兩側

2. 測定場所及状態 測定場所は第1圖に示す如くである。又各場所に於ける測點の位置並に線路状態等は之を纏めて第1表に掲げた。

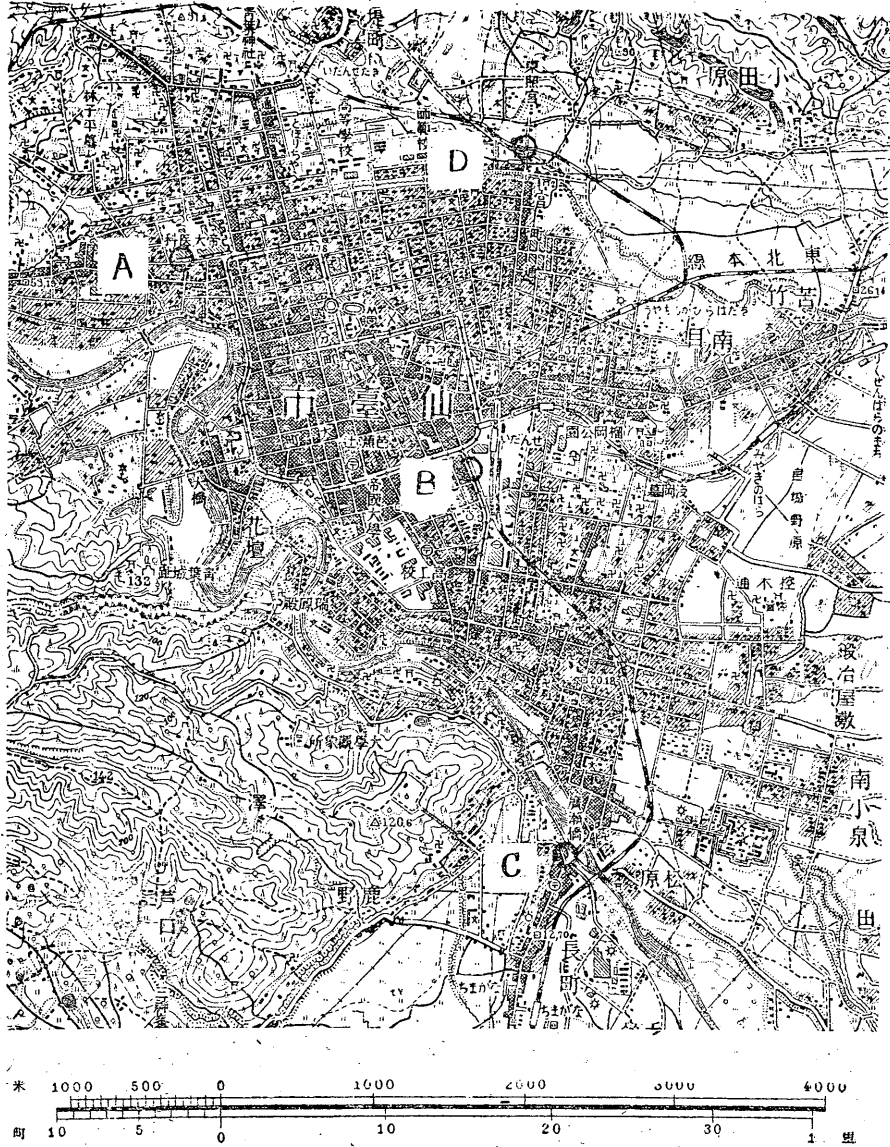
A點は單線にして6本熔接のレールを用ひ、測點は路面より約1.5米高くなつて居り、廣瀨川河岸段丘洪積砂礫層なるも土質は比較的締つてゐる。

B點は複線にして4本熔接のレールを用ひるも、同店前に1ヶ所上下に食違つたレールの繋ぎ目があり、目撃せる所によると可成の震動を誘發してゐる様に思はれた。店内迄道路の舗装と連續せるコンクリート叩きを有する。

C點は複線未熔接レールで線路状態最も悪く、各繋目は可成り電車の震動を増大せしめる如くで

\* 仙臺地方氣象臺

第一圖 測點分布圖



ある。土質は第1圖に示す如く廣瀬川畔に望む極く軟弱なる地盤にして、今回の測點中最も地盤の軟弱なる箇所である。

尙各所共市電レールの1本の長さは10米で、電車自重量は8・5~8・7噸である。

D點は震動防止に對する堀割の効果を檢べる目的で擇んだものであるが、市電軌道の附近には適當な所がないので、止むを得ず省線仙山線鐵道線路の附近に該當する場所を求めて測定を行つた。此の附近には線路より約10米の距離に幅8米深さ3・6米の堀割があり、堀割効果を驗すのに恰好

の場所と考へた。併し機械据附の場所として堀割近くに適當の所なく、止むを得ず更に約 40 米を距てた所に据附けた。一方線路の向側にも略同一の距離に測點をとり、兩側の震動を比較したのである。この鐵道は運轉回数が少いので、相當長時間に亘り觀測したので拘らず、列車通過の記録は 1 測點で 3・4 回の程度であつて、十分とは言へなかつた。汽車は皆貨客混合で客車 3 輛貨車 2~7 輛程度のものであつた。

3. 測定結果 各測定に於て記録せしめた震動記象の數及び最大全振幅の平均を第 2 表に掲げる。

第 2 表により 30 米迄は可成り振幅大なるも 40 米になるに及び急減するのが見られる。又直角成分と平行成分との比較は 30 米迄は各地點共直角成分が優り、40 米以遠にては平行成分が優勢になるのが見られる。仙山線に於ける堀割の影響は測點と堀割の距離が遠過ぎたためか殆んど認められなかつた。

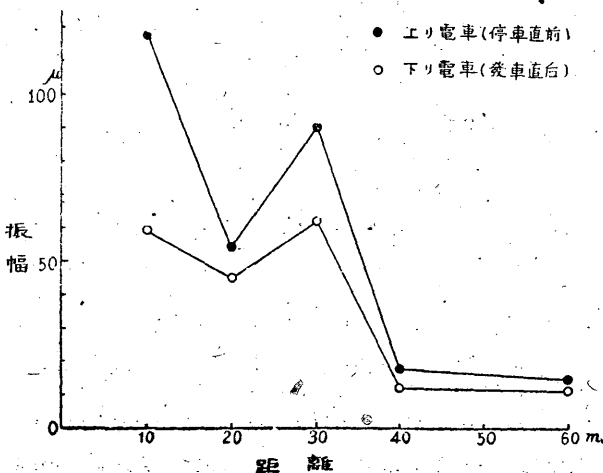
第 2 表 觀測結果平均表

測 點	記象の數	最大全振幅		平均振幅	振動時間	週期
		平行成分	直角成分			
A <sub>57</sub>	6	1.4 <sup>v</sup>	0.8 <sup>v</sup>	1.1		
	7	1.7	—			
B <sub>40</sub>	22	(11.6)	47.2	(29.4)	23 <sup>s</sup>	0.3 <sup>s</sup>
	19	1.7	1.4	1.6		
C	10	42.9	77.8	60.4	25	
	20	31.2	39.5	35.4		
	30	27.2	67.6	47.4		
	40	11	12.8	8.6		
	60	9	11.1	6.9		
D <sub>88</sub>	5	4.5	7.1	5.8		
	2	4.6	6.2	5.4		

距離による振幅の變化を見る爲

め長町 (C) 點に於ける測定結果を少しく詳細に調べて見た。長町に於ては 5 つの測點をとり、その最も手前側の線路 (上り線に屬す) よりの距離は第 1 表に示す通り夫々 10, 20, 30, 40, 60 米で

第 2 圖 振幅—距離曲線(上り下り別)



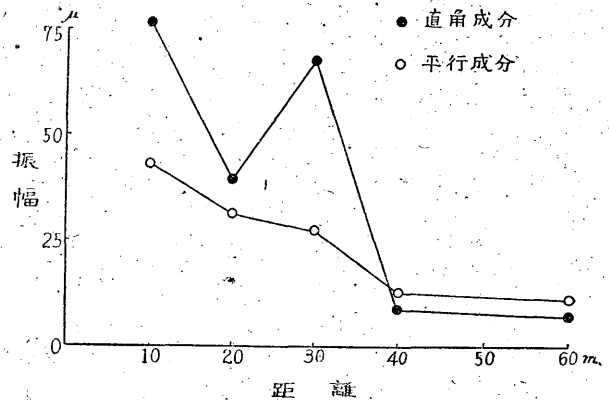
ある。驗測結果の整理に當り電車を上り下りに分けたのは上り電車を基準とし下り電車はそれより 2・8 米距つて居り、又附近 (約 50 米) に停留所あり下り電車は該停留所より出發直後に當り、逆に上り電車は次第に制動を行ひ初める所だからである。觀測點近くに於ては上り電車の方が速度が幾分大なる如くであつた。上り下り別に距離による振幅變化模様を圖示して見ると第 2 圖の様になる。振幅は平行直角各成分の平均最大全振幅のベクトル和を以

て示した。又上りトりの線路近の距離は大差ないので同一と見做した。第2圖より見る如き兩者の差異の原因は電車に因る震動エネルギーの相異に在り、震動エネルギーの相異は主として線路の良否と電車の速度とに因るものと思はれるが、兩者を區別し難い。距離に依る減衰状態は必ずしも距離と共に單調なる減衰を示さずして、20米に於て極小を示し30米に於て極大を示す。此の現象を一層明ならしむるため振動方向別に圖示して見たのが第3圖である。振幅は全觀測の最大全振幅の平均を以てした。

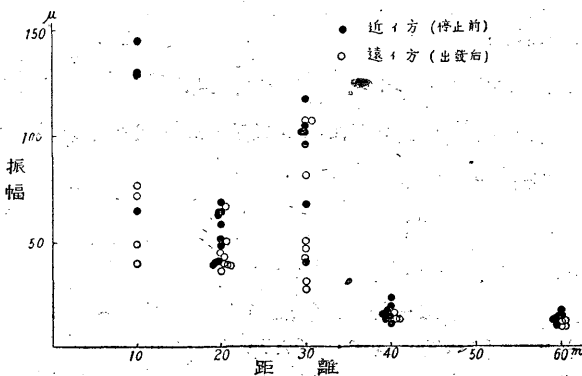
曲線の此の傾向は嘗て著者の一人が矢張り同型の地震計を用ひ、列車に因る地面振動の測定を行つた際に得られたものと殆んど全く同一である。即ち前回に於ても30米附近に著しい極大が現れ、それより近い所では振幅が急減する點、又直角成分が平行成分に優る點、且つ兩成分の振幅比迄が大體等しい事等は著しい相似を示し、曲線の此の如き傾向が決して測定の誤差等に依つて生じたものではないことを證するに足るものと思はれる。此の事實に關する更に詳細な議論は後日に譲る。

なほ又圖に付いて見るに40米附近迄は直角成分が平行成分に優り、40米以遠は逆に平行成分が稍優勢を示す如くである。平行成分が今回の測定に於ては極大を示さなかつたのに反し、直角成分

第3圖 振幅—距離曲線(直角平行別)



第4圖 各測點に於ける最大振幅測定値



は第2圖に於けるよりも一層明瞭に極大極小を示す。

次にC點に於ける測定の値の全部をベクトル和にして圖示したものを參考として第4圖に掲げる。

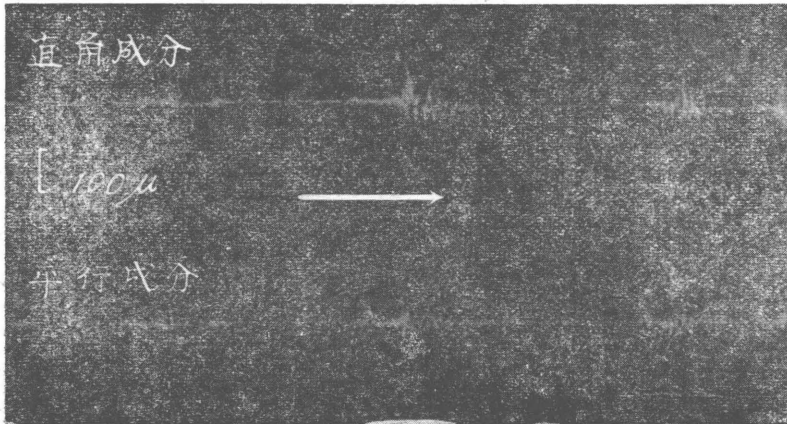
圖を見るに振幅の大なる程觀測値がばらつき、見方に依つては二群に分られる如くである。第5圖に記象の一部を示す。

#### 4. 結語 今回の測定結果より推定す

るに、新設さるべき電車線路と當臺地震計室との距離は約50米なる故、最悪の状態と思はれる長

町の結果よりすれば振幅  $10u$  程度の妨害を受けることが豫想され、此測點は前述の如く地盤軟弱なる上線路は未熔接であつて、振幅は他の測點に比し格段に大きいのはそのためと推定される。他の測點に於ける値よりすれば、この距離に於ける振幅は  $1\sim 2u$  程度で、其の影響は遙に小さい。本臺

第 5 圖 長町(C點)に於ける測定距離 10m の記象



近傍の基礎地盤は第三紀砂礫層であつて相當堅固であるから振幅も先づ此の程度と見做すのが妥當である。更に今回の測定結果より見るに、線路の状態は相當振動に影響する如くであり、掘割も亦若干の効果を有することが認められて居るから、

夫等を適當に考慮すれば更に或る程度迄震動を防止し得る事が豫想される。

かくて此等の結果を參酌し十分なる震動防止法を講ずる時は振幅をより小ならしめることが出來先づ地震觀測には差支へないであらうとの見當がついた。

次に本調査の目的とは直接の関係はないが、調査の結果得られた 23 の事實を擧げて置く。

(1) 震動は線路よりの距離約 20 米に於て極小、30 米に於て極大を示し、40 米に到れば極めて小となる。

(2) 線路に直角方向の震動は平行方向の震動に比べて約 2 倍大きい。

(3) 以上の事實は著者の 1 人が嘗つて行つた列車震動の測定結果と一致する。

(4) 電車に依る震動時間は約 25 秒と求められた。

(5) B 點 20 米に於て速回轉の結果見出された市電震動の週期は  $0.03$  秒である。

終りに種々御骨折を戴いた都市計畫地方委員國分技師及び測定に當つて多分な便宜を計つて戴いた都市計畫課の吉田技師に深く感謝の意を表する次第である。

參 考 文 獻

- |             |         |     |         |        |
|-------------|---------|-----|---------|--------|
| (1) 森田, 波佐谷 | 験 震 時 報 | 11, | 54~67   | (昭16)  |
| (2) 棚橋 嘉市   | 海 と 空   | 18, | 161~64  | (昭13)  |
| (3) 星野 市郎   | 地 震     | 4,  | 737~745 | (昭7)   |
| (4) 坪井 忠二   | 震 研 彙 報 | 4,  | 9~20    | (1928) |