

實態調查

宋 榮 淳* · 池 哲 根**

1. 總 論

直流電氣鐵도가 架設된 地域에서는 電氣鐵道の 軌條로부터 地中으로 漏洩되는 漏洩電流 때문에 地中에 埋設되어 있는 埋設金屬體인 電話, 電信케이블, 電力케이블, 水道管, 펌핑의 基礎콘크리트의 鐵筋 등이 電氣分解作用을 받아서 이들의 腐蝕이 急速히 進展되어 穿孔事故가 發生하게 된다.

금번 서울特別市 水道局에서는 巡和洞地區 주로 巡和洞變電所 부근에 1958年末에 施設하여 불과 5년도 되지 않은 600 mm 鋼管上水道管的 漏水事故가 빈번하여 이 事故의 原因이 電蝕作用에 起因되는 것인가의 疑門을 갖고 서울大學校 工科大學附屬 電力研究所에 上記地區의 電蝕作用 實態調查를 依頼하여 왔다.

電力研究所 電蝕研究室에서는 上記地區의 電蝕作用이 豫想되는 10餘個點에서 豫備調査를 한 結果 上水道管이 電蝕作用을 받고있음을 確認하고, 巡和洞地區의 上水道管의 電蝕作用 實態調查에 着手하게 되었다.

地中 埋設金屬體의 腐蝕에는 漏洩電流에 의한것 외에도 電氣化學作用에 의한것, 化學反應에 의한것, 物理的作用에 상반되는 것 등이 있다.

漏洩電流에 의한 것은, 실적의 경우, 電鐵이 軌條로부터의 漏洩電流는, 電解質로서 볼수 있는 土壤을 媒體로 하여, 이것보다 抵抗이 적은 埋設金屬體에 流入하여, 變電所 近處에서 이것으로부터 流出 歸流한다.

즉 流出地點의 埋設體는 陽極으로 되고, 金屬體自身은 그것을 둘러싸고 있는 土壤 또는 沼水中에 溶出하여, 그에 포함되고 있는 陰이온과 結合하여 結晶적으로 腐蝕된다. 이 경우에 電蝕量은 Faraday의 電解法則에 따라서 進行된다. 즉 다음과 같은 관계를 갖이고 있다.

$$W_g = i \cdot z \cdot t$$

i 는 通過電流量(A), z 는 金屬의 電氣化學當量(g), t 는 時間(秒), W 는 電蝕에 의하여 消耗되는 金屬量, 다음 表(1)은 地中 金屬體의 電蝕에 관계있는 각종 金屬이 電氣化學當量 및 其他를 표시한 것이다.

第1表 電蝕에 關係된 諸元素의 當量表

元 素	電氣化學當量 1Ah의 電解量 (mg)	1Ah의 電解量 (g)	1A 1年間의 電解量 (kg)
알 미 늑	0.0932	0.336	2.9
마 그 네 슴	0.1260	0.454	4.0
鐵 (2價)	0.2893	1.042	9.1
銅 (2價)	0.3294	1.086	10.4
亞鉛 (2價)	0.3388	1.220	10.7
鉛 (2價)	1.0737	3.865	33.9

다음에 電鐵의 漏洩電流에 의한 電蝕의 過程을 간단히 설명하기로 한다.

第1圖는 간단한 直流電氣鐵道の 回路를 표시한다. 陽極인 電車線으로부터 電車의 電動機를 통하여 陰極인 軌條를 따라서 變電所 負母線에 歸流할아 원칙이다. 그러나 이 負極電流가 軌條에만 따라 통과하지 않고, 軌條는 大地에 접촉되어 있기 때문에, 雨中이나, 濕氣가 많은 곳과, 軌條의 접촉점인 bond의 접촉불량으로 接觸抵抗이 높아짐으로 電流는 大地에 漏洩되어 地中에 流入한다.

이 漏洩電流는 導電率이 좋은 金屬埋設體에 流入하여 變電所 附近의 歸流點에서 流出됨으로 이곳에서 電蝕이 발생하게 된다.

埋設金屬體의 한 종류인 上水道管은 鉛管, 鑄鐵管, 鋼鐵管 등으로 되어있으며, 幹管은 대체로 鋼管이 많이 사용되고 있다.

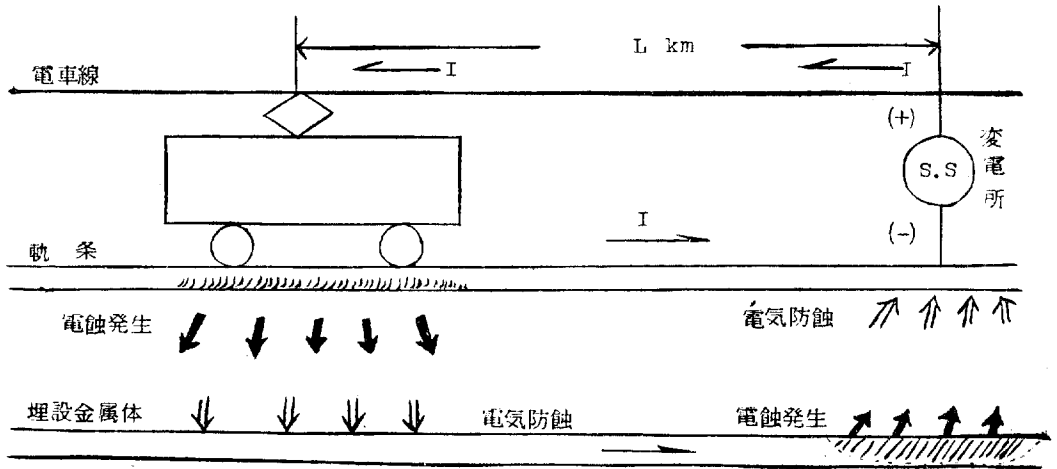
한편에 支管으로는 鑄鐵管, 鐵管이 널리 사용되고 있다. 第1表에서 볼수 있는 바와 같이 腐蝕후의 크기가 鉛, 亞鉛, 鋼, 鐵의 順位로 되어 있으나, 鉛管은 管의 두께가 幹管에 비하여 두꺼움으로 電蝕穿孔 當하는 시간은 幹管에서 빨리 발생한다.

특히 電信, 電話케이블 등은 鉛被케이블을 사용하거나 管의 두께가 두꺼운 것이 많으므로, 약간의 微少電流로서도 局部的으로 流蝕되어 穿孔性으로 되어 絶緣이 없는 電信 케이블은 빠른 피해를 받게 된다.

지금 流出電流密度를 i_0 (mA/dm²), 鉛被의 管厚를 T (mm), 鉛被의 比重을 S , 腐蝕效率를 η , 穿孔率을 p 라 하면, 鉛被가 電蝕에 의하여 穿孔 當하는 年數 L 은 다음식과 같다.

* 서울工大 附屬電力研究所 電蝕研究室

** 서울工大 敎授, 電蝕研究室



第 1 圖

$$L = \frac{100 T S}{i_0 z \eta p}$$

ηp 의 數値는 約 30~40 정도이다.

여기서 i_0 는 얼마까지 許容하는 가하면, 이것은 그 나라의 經濟 등 여러 사정에 따라서 달으나 各國의 예를 들면 다음 第 2 表와 같다.

第 2 表 各國의 許容 流出 電流密度 (mA/dm²)

銅 管	獨逸 地電流協會	0.7
	美國의 Bureau of standard	0.35~0.45
	Swizland 의 電蝕豫防調査會	0.35
鉛 管	日本電蝕防止研究會	0.02~0.05

또한 다음 第 3 表는 i_0 가 0.1 mA/dm²의 경우와 1 mA/dm²인 경우의 埋設金屬體의 電蝕率의 速度를 비교한 것이다.

第 3 表 許容流出電流와 電蝕率의 速度

管 厚 (mm)	$i_0=0.1 \text{ mA/dm}^2$	$i_0=1 \text{ mA/dm}^2$
1.0	1 個年	1.3 個月
1.5	2 //	2 //
2.0	2.5 //	2.8 //
2.5	3 //	3.3 //
3.0	3.5 //	4 //

2. 電蝕作用實態調査

約 2 個月間에 걸쳐 還和洞地區의 上水道管에 대한 電蝕作用調査를 다음과 같은 測定으로 실시하였다.

(A) 各 水道管(600, 400, 250, 150, 100, 75 mm) 對 對地電壓

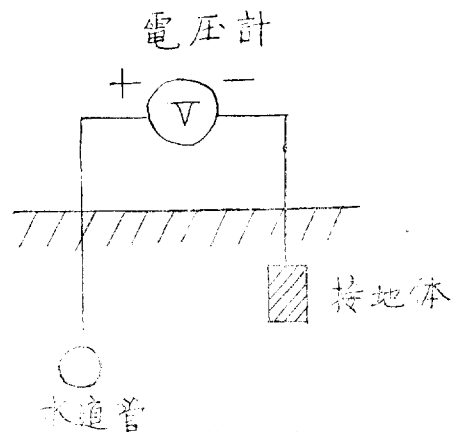
- (B) 各 管別電壓
- (C) 軌條 對 對地電壓
- (D) 上水道管 對 對地電壓과 軌條 對 對地電壓의 測定
- (E) 幹管 對 對地電壓과 電流測定

水道管 配管圖에 의거하여 百數十個所에서 위의 測定을 하여 上記地區에 埋設된 水道管全體에 대하여 電蝕地帶 즉 危險地帶와 安全地帶를 調査하였다.

(1) 測定方法

(a) 水道管의 對地電位差測定

水道管의 對地電位差의 測定은 第 2 圖에 시와 같은 結線으로 한다. 接地體로서는 埋設體와 同質의 金屬을 上記의 장소에 接地하여 사용한다.



第 2 圖

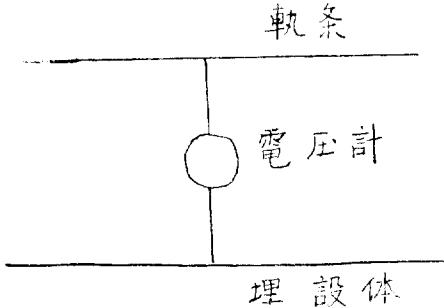
이에 使用한 計器로서는 電蝕用高抵抗電壓計와 硫酸銅電極이다.

(b) 水道管의 對軌條電位差測定

水道管의 對軌條電位差測定은 埋設된 水道管과 電鐵

軌條와의 電位差, 즉 어떤 것이 다른 것보다 電位가 낮은가 또는 높은가라는 것은 양자가 접근되어 있을 경우는 埋設體에의 漏洩電流 流出入의 어떤 것이 되거나, 또는 그의 정도를 淸정할수 있다.

일반으로 電位差는 對地電位差에 비하여 높으므로 엄밀한 주의는 필요치 않다. 第3圖와 같이 埋設體와 軌條間에 電壓計를 挿入하면 된다.



第 3 圖

(2) 測定結果

第 14 圖는 巡和洞地區의 上水道管의 配置圖이고, 第 4 圖는 서울市內의 電車의 饋電線 및 電車線 結線圖이고, 第 5 圖는 서울市 電線路와 負荷電流 分布圖이며 第 6 圖는 巡和洞變電所의 3個月 平均時間別 負荷曲線이다.

測定은 第 6 圖로부터 午前 7時부터 午後 7時까지 12 時間 실시하여도 負荷電流에 의한 變動으로 인한 誤差는 무시할수 있다.

第 4 表에 調査結果를 표시하였다. 本表로부터 第7圖와 第8圖를 얻은 것이다. 보통 (+) 100 mV 以上을 나타내면 일단 電蝕을 당하고 있다고 판단 할수 있으며,

同圖에서 알수 있는 바와같이 B, F, C, D, E, G의 각 코우스의 水道管은 대체로 電蝕은 當하고 있지 않음을 알수 있다.

그러나 약간의 電蝕영향을 받고있는 곳은 다음과 같다.

B 코우스.....Tap No. 14, 20, 21

C 코우스.....Tap No. 1, 5

E 코우스.....Tap No. 1, 5

F 코우스.....Tap No. 7, 10, 15

完全한 危險地帶인 電蝕地帶은 A 코우스와 H 코우스이다.

第 9 圖는 A₁ 地點부터 A₁₂ 地點까지의 측장 個所를 地點別로 對地電位差를 測定한 結果의 圖面의 일예이다. 第10圖는 Tap No. A₆ 와 H₉의 同時測定圖이고, 第 11圖 A₆의 軌條 對 對地電位差와의 同時測定圖이고, 第12圖는 A₆ 點의 對地電流, 電壓의 同時測定圖이고 13圖는 軌條對地電壓測定圖이다.

以上の 結果를 檢討하여 보려는 曲線이 比例하고 있음을 알수 있고, 또한 電蝕의 影響이 매우 큼을 알수 있다. 以上으로 第 14 圖와 같은 危險地帶을 設定하였다.

3. 電蝕防止策

他管에 비하여 600 mm 幹管이 전면적으로 電蝕作用을 받고 있음을 알수 있다.

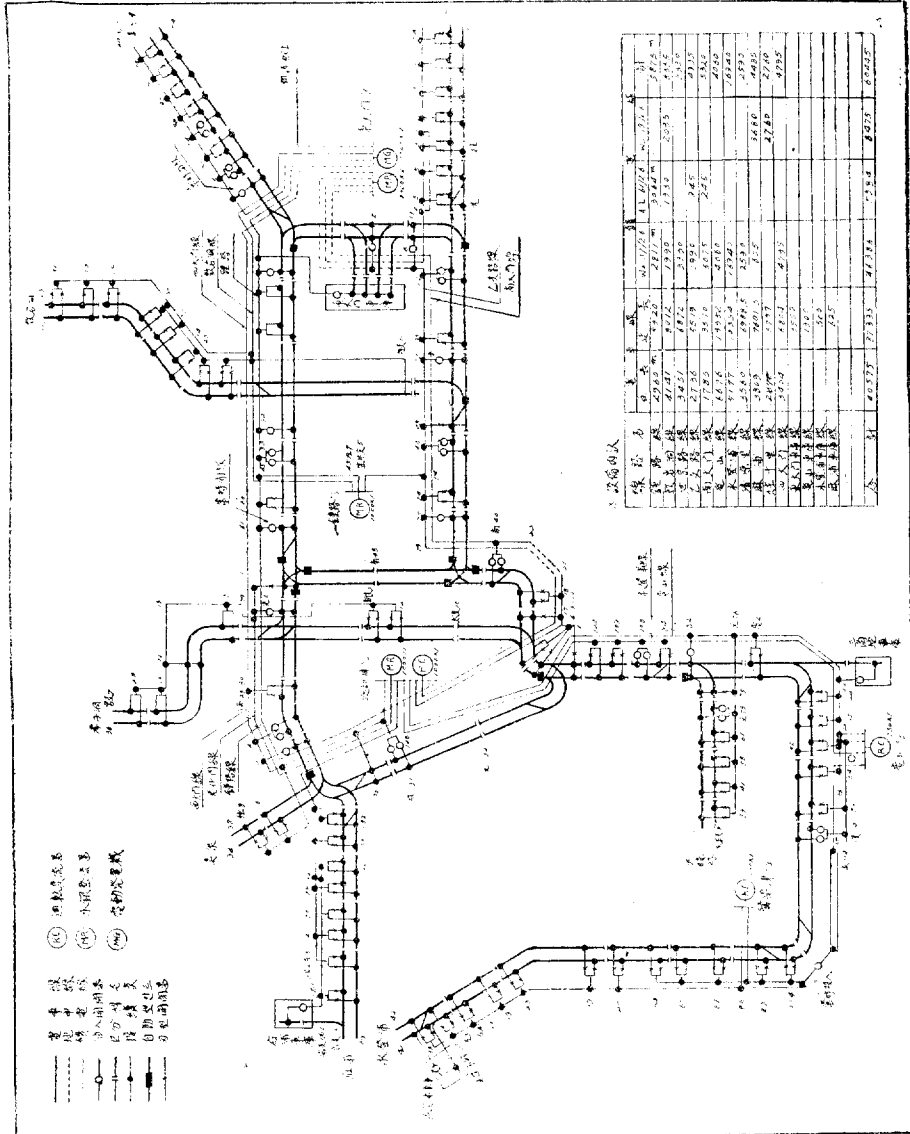
防止設置豫定點을 第 14 圖와 같이 4個點으로 設定하였다.

本 調査는 危險地帶發見을 목적으로한 것이인만큼, 防止器 設置前에 精密測定을 시행하여야 할 것이다. 以上の 結果로부터 電鐵施設者인 韓國電力會社에서는 電蝕으로 인한 埋設者側의 被害를 될수 있는限 감소시키기 위하여 다음과 같은 點에 유의하여야 할것이다.

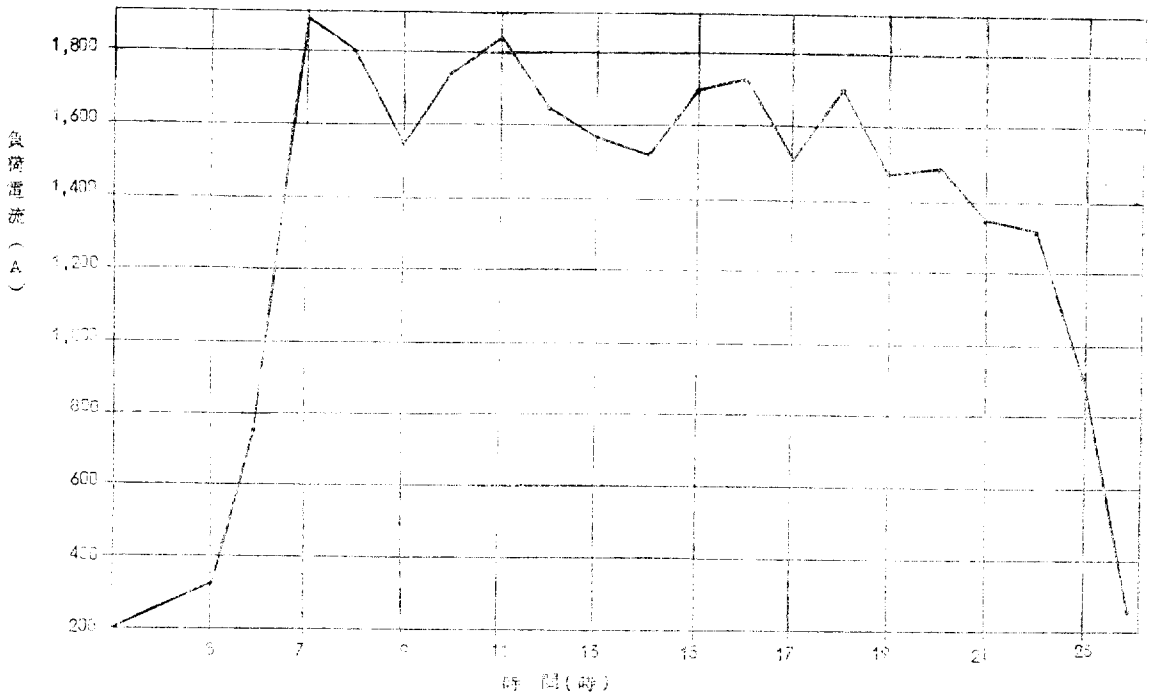
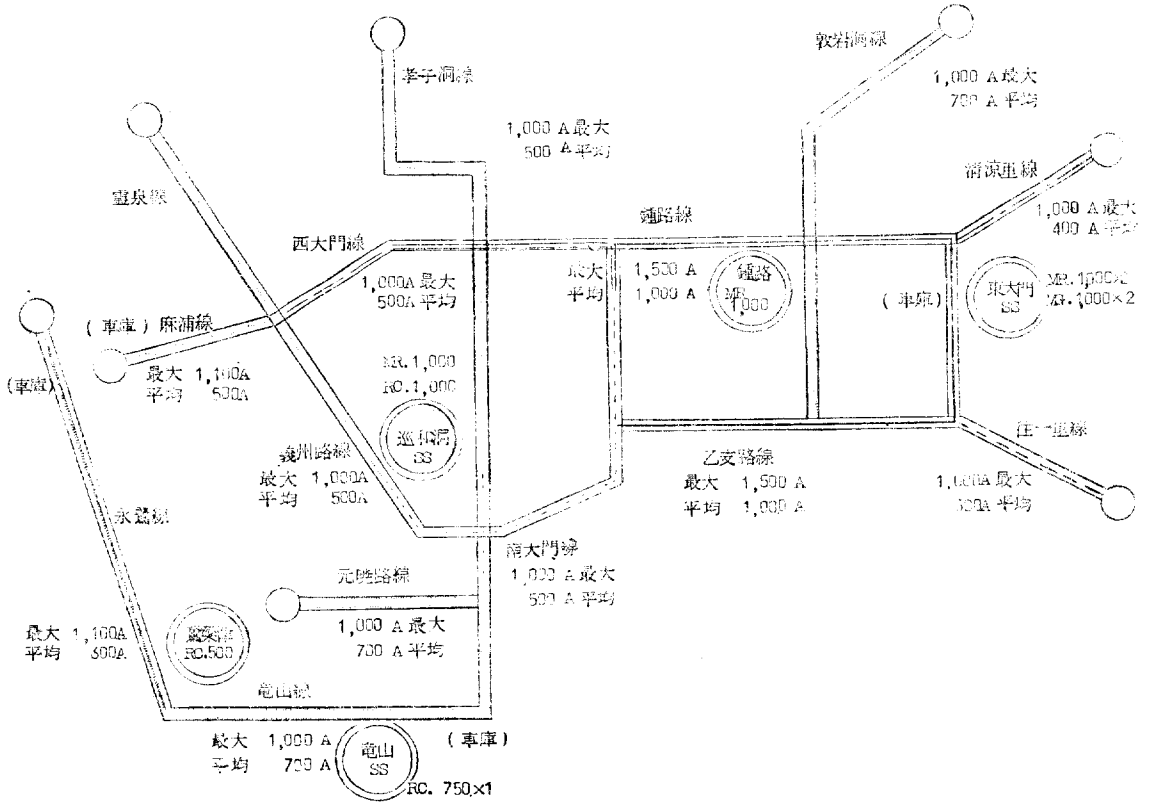
- (1) 軌道床에의 絶緣物사용에 주의한 것.
- (2) 軌道床에서는 排水裝置가 잘되어 있을 것.
- (3) Bond 接續에 각별 조심할 것.

(1963年 11月 29日接受)

(제4도)饋電線 및 電車線 結線 平面圖



第5圖 竹尾市電線路外負荷電流分布圖



第6圖 龜山和洞支線 3個月平均時間別負荷曲線

第4表 測定結果 其(一)

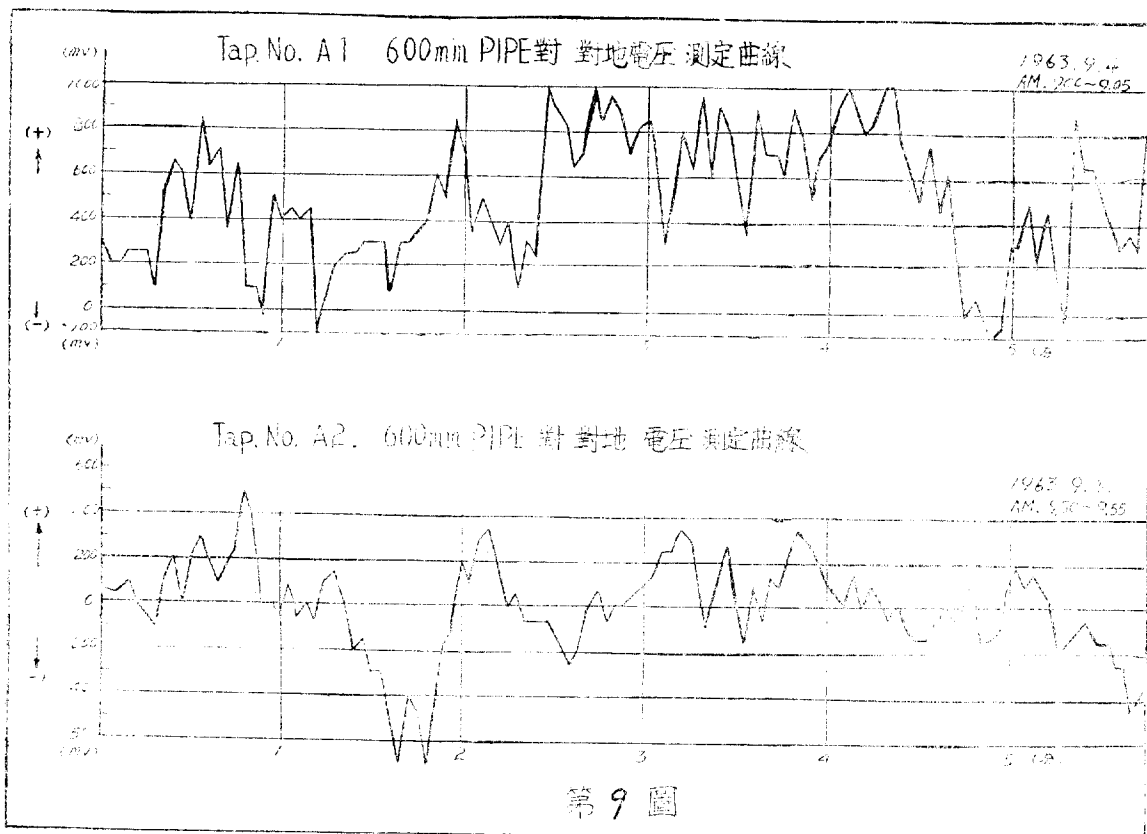
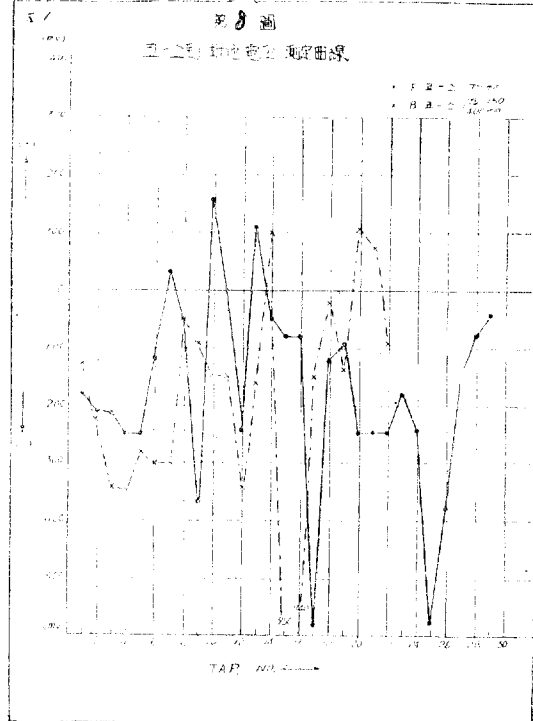
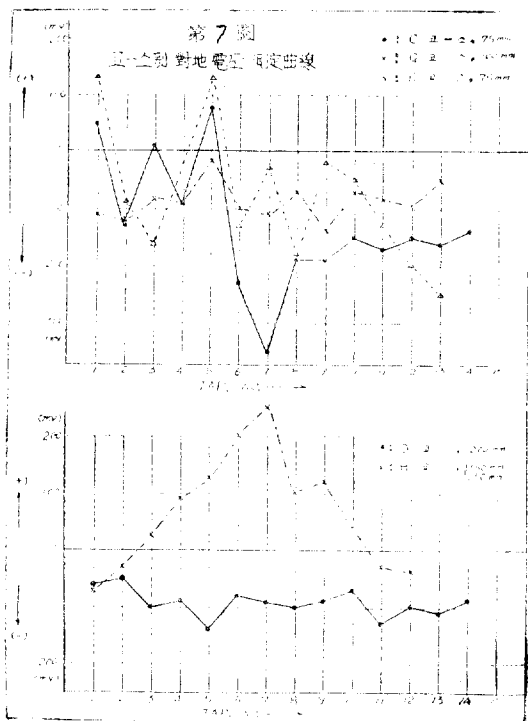
測定日付	測定時間	測定番號	變動範圍 (mV)	平均値(mV)	平均波動電壓 (mV)
8.30	AM 9.20~9.24	C 1	-440 ~ -470	-450	+ 50
〃	AM 10.14~10.18	C 2	-620 ~ -640	-630	- 130
〃	AM 11.04~11.11	C 3	-490	-490	+ 10
〃	AM 12.01~12.05	C 4	-580 ~ -600	-590	- 90
〃	PM 2.32~2.56	C 5	-420 ~ -430	-425	+ 75
〃	PM 3.16~3.23	C 6	-710 ~ -740	-730	- 230
〃	PM 3.52~3.57	C 7	-810 ~ -890	-850	- 350
〃	PM 4.25~4.29	C 8	-690 ~ -700	-690	- 190
〃	PM 4.56~3.61	C 9	-690 ~ -700	-690	- 190
〃	PM 5.57~5.41	C 10	-630 ~ -650	-650	- 150
〃	PM 6.26~6.51	C 11	-660 ~ -680	-670	- 170
8.31	PM 4.29~4.53	C 12	-630 ~ -680	-650	- 150
〃	PM 5.10~5.16	C 13	-650 ~ -660	-660	- 160
〃	PM 6.15~6.21	C 14	-630 ~ -640	-640	- 140
〃	AM 9.15~9.20	G 1	-610	-610	- 110
〃	AM 10.12~10.16	G 2	-610 ~ -620	-620	- 120
〃	AM 10.55~11.06	G 3	-590 ~ -750	-580	- 80
〃	AM 11.40~11.44	G 4	-590 ~ -760	-590	- 90
〃	PM 1.20~1.23	G 5	-460 ~ -540	-515	- 15
〃	PM 2.20~2.25	G 6	-600 ~ -610	-600	- 100
〃	PM 3.09~3.35	G 7	-590 ~ -630	-610	- 110
〃	PM 3.40~3.45	G 8	-570 ~ -580	-570	- 70
〃	PM 3.55~4.00	G 9	-620 ~ -640	-640	- 140
9. 1	AM 8.40~8.45	G 10	-570 ~ -580	-570	- 70
〃	AM 9.30~9.35	G 11	-585 ~ -590	-585	- 85
〃	AM 10.20~10.25	G 12	-590 ~ -610	-595	- 95
〃	AM 11.00~11.05	G 13	-520 ~ -570	-550	- 50
〃	AM 11.50~11.55	F 1	-690 ~ -670	-680	- 180
〃	PM 1.20~1.25	F 2	-700 ~ -720	-710	- 210
〃	PM 2.06~2.10	F 3	-670 ~ -690	-680	- 180
〃	PM 2.50~2.55	F 4	-780 ~ -720	-750	- 250
〃	PM 3.32~3.36	F 5	-700 ~ -760	-725	- 250
〃	PM 4.48~4.52	F 6	-610 ~ -660	-629	- 120
〃	PM 5.02~5.06	F 7	-510 ~ -450	-470	- 30
〃	PM 5.48~5.52	F 8	-450 ~ -510	-470	- 30
9. 2	AM 9.17~9.21	F 9		-970	- 370
〃	AM 10.00~10.05	F 10	-330 ~ -340	-340	- 160
〃	AM 10.20~10.26	F 11	-460 ~ -520	-500	0
〃	AM 11.12~11.16	F 12	-220 ~ -540	-390	- 110
〃	AM 11.30~11.34	F 13	-320 ~ -540	-420	- 80
〃	PM 1.50~1.14	F 14	-540 ~ -600	-570	- 50
〃	PM 1.45~1.39	F 15	-580	-580	- 80
〃	PM 3.42~3.46	F 16	-520 ~ -640	-580	- 80
〃	PM 4.16~4.20	F 17	-580	-1080	- 580
9. 3	AM 9.24~9.29	F 18	-510 ~ -570	-500	0
〃	AM 9.45~9.49	F 19	-580 ~ -600	-590	- 90

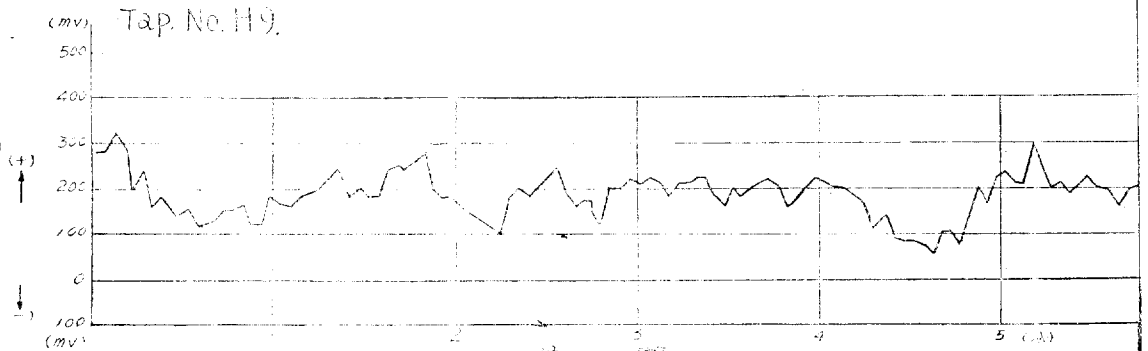
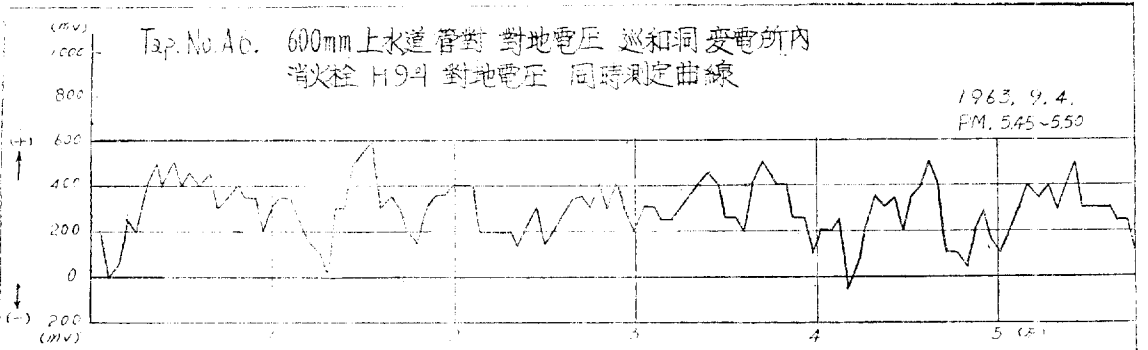
其(二)

測定日字	測定時間	測定番號	變動範圍(mV)	平均値(mV)	平均實効電壓(mV)
9. 3	AM 10.42~10.46	F 20	-600 ~ -620	-610	-110
〃	AM 11.24~11.28	F 21	-700 ~ -810	-750	-250
〃	PM 1.12~ 1.16	F 22	-720 ~ -770	-750	-250
〃	PM 2.20~ 2.24	F 23	-670 ~ -690	-680	-180
〃	PM 3.25~ 3.29	F 24	-740 ~ -750	-745	-245
〃	PM 4.51~ 4.55	F 25		-1080	-580
〃	PM 5.15~ 5.20	F 26	-840 ~ -900	-880	-380
9. 5	AM 10.46~10.50	F 27	-630 ~ -670	-650	-150
〃	AM 9.10~ 9.14	F 28	-560 ~ -600	-580	- 80
〃	AM 11.50~11.54	F 29	-510 ~ -550	-540	- 40
9. 4	AM 9.00~ 9.05	A 1			
〃	AM 9.10~ 9.55	A 2			
〃	AM 10.20~10.25	A 3			
〃	AM 11.10~11.15	A 4			
〃	AM 11.35~11.39	A 5			
〃	PM 1.25~ 1.29	A 6			
〃	PM 1.58~ 2.03	A 7			
〃	PM 2.50~ 2.55	A 8			
〃	PM 3.30~ 3.35	A 9			
〃	PM 4.05~ 4.10	A 10			
〃	PM 5.10~ 5.15	A 11			
〃	PM 5.30~ 6.00		(A 6 同時測定)		
9. 5	PM 1.10~ 1.14	B 1	-600 ~ -640	-625	-125
〃	PM 2.14~ 2.18	B 2	-700 ~ -740	-720	-220
〃	PM 3.04~ 3.08	B 3	-740 ~ -940	-840	-340
〃	PM 4.50~ 4.54	B 4	-500 ~ -1200	-850	-350
〃	PM 5.44~ 5.48	B 5	-680 ~ -905	-780	-280
9. 6	AM 10.51~10.55	B 6	-700 ~ -900	-800	-300
〃	AM 11.42~11.46	B 7	-700 ~ -900	-800	-300
〃	PM 1.30~ 1.35	B 8	-500 ~ -580	-550	- 50
〃	PM 2.48~ 2.52	B 9	-490 ~ -680	-590	- 90
〃	PM 3.27~ 3.31	B 10	-560 ~ -800	-650	-150
〃	PM 4.15~ 4.19	B 11	-600 ~ -710	-650	-150
〃	PM 5.33~ 5.37	B 12	-820 ~ -870	-845	-345
〃	PM 5.55~ 5.59	B 13	-540 ~ -800	-660	-160
〃	PM 6.11~ 6.15	B 14	-100 ~ -580	-400	-100
9. 7	AM 8.40~ 8.45	B 15	-1200 ~ -1700	-1450	-950
〃	AM 9.17~ 9.21	B 16	-1200 ~ -1650	-1440	-940
〃	AM 10.39~10.46	B 16	-520 ~ -800	-650	-150
〃	AM 10.50~10.55	B 18	-230 ~ -780	-520	- 20
〃	PM 1.42~ 1.46	B 19	-560 ~ -690	-640	-140
〃	PM 2.10~ 2.15	B 20	-300 ~ -500	-390	-110
〃	PM 2.47~ 2.51	B 21	-390 ~ -440	-420	- 80
〃	PM 4.46~ 4.50	B 22	-580 ~ -600	-590	- 90
9. 8	AM 9.10~ 9.14	E 1	-300 ~ -500	-370	-130
〃	AM 10.10~10.15	E 2	-565 ~ -600	-590	- 90

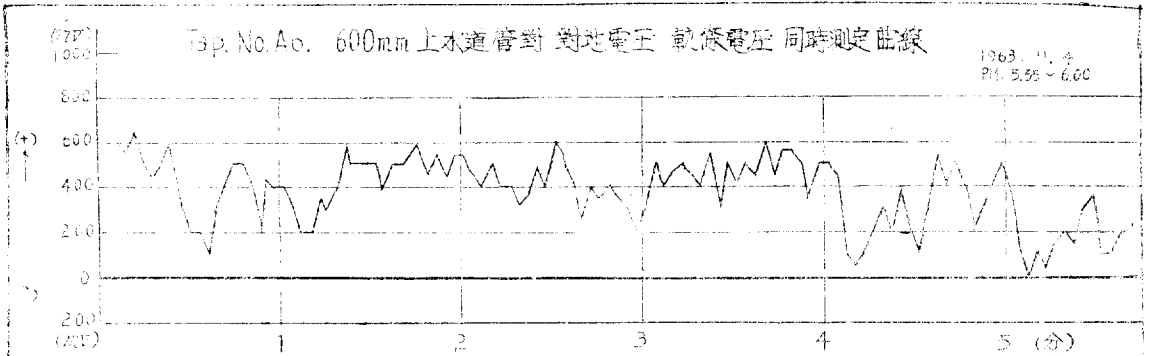
其(三)

測定日字	測定時間	測定番號	變動範圍(mV)	平均値(mV)	平均有效電壓(mV)
9. 8	AM 11.05~11.09	E 3	-600 ~ -630	-660	-160
〃	AM 11.58~12.02	E 4	-510 ~ -540	-520	-20
〃	PM 1.10~1.14	E 5	-370 ~ -380	-370	+130
〃	PM 2.23~2.27	E 6	-625 ~ -640	-630	-139
〃	PM 3.17~3.22	E 7	-520 ~ -550	-530	-30
〃	PM 4.45~3.49	E 8	-670 ~ -720	-680	-180
9. 9	AM 9.16~9.21	E 9	-520	-520	-20
〃	AM 10.10~10.14	E 10		-550	-50
〃	AM 11.10~11.14	E 11	-630 ~ -640	-630	-130
〃	PM 1.50~1.54	E 12	-670 ~ -720	-700	-200
〃	PM 2.13~2.18	E 18	-730 ~ -780	-730	-250
〃	PM 4.41~4.45	D 1	-550 ~ -560	-560	-60
〃	PM 3.34~3.38	D 2	-550	-550	-50
〃	PM 5.48~5.53	D 3	-600	-600	-100
9.10	AM 8.51~8.55	D 4	-590 ~ 580	-590	-90
〃	AM 11.55~11.59	D 5	-640 ~ 630	-640	-140
〃	PM 1.10~1.14	D 6	-580	-580	-80
〃	PM 2.10~2.14	D 7	-590	-590	-90
〃	PM 3.16~3.20	D 8	-600	-600	-100
〃	PM 4.16~4.14	D 9	-590	-590	-90
〃	PM 5.10~5.14	D 10	-570	-570	-70
〃	PM 6.16~6.20	D 11	-630	-630	-130
9.11	AM 8.50~8.54	D 12	-600	-600	-100
〃	AM 9.06~9.10	D 13	-610	-610	-110
〃	AM 10.10~10.13	D 14	-590	-590	-90
9.12	AM 8.40~9.09	H 1	-620 ~ -510	-570	-70
〃	AM 9.20~9.40	H 2	-530	-530	-30
〃	AM 10.00~10.10	H 3	-450 ~ -500	-475	+25
〃	AM 10.30~10.50	H 4	-390 ~ -440	-410	+90
〃	AM 11.10~11.30	H 5	-350 ~ -420	-375	+125
〃	AM 11.50~12.15	H 6	-250 ~ -350	-300	+200
〃	PM 1.10~1.25	H 7	-100 ~ -400	-250	+250
〃	PM 1.40~1.55	H 8	-380 ~ -420	-400	+100
〃	PM 2.30~2.55	H 9	-100 ~ -590	-380	+120
〃	PM 3.20~3.50	H 10	-400 ~ -550	-460	+40
〃	PM 4.20~4.50	H 11	-530	-530	-30
〃	PM 5.00~5.20	H 12	-540	-540	-40

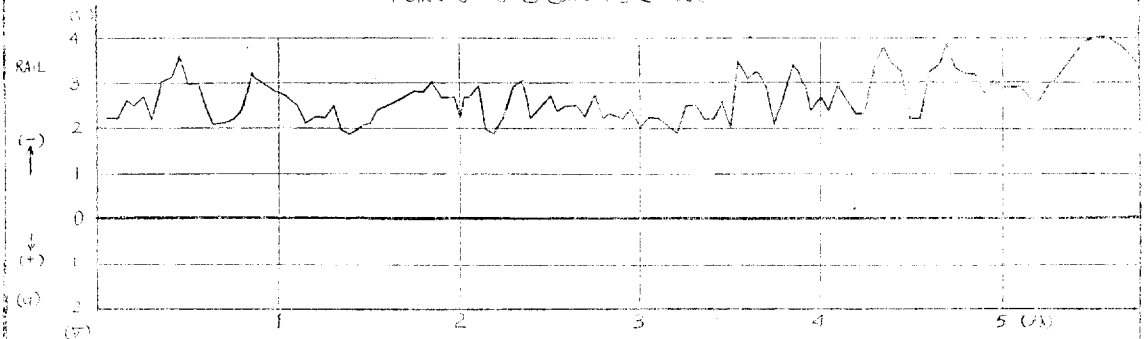




第 10 圖



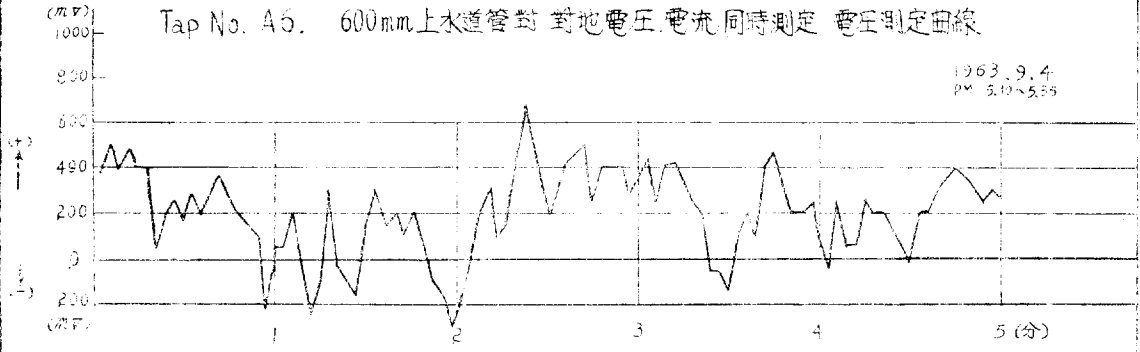
軌條對 對地電圧 測定曲線



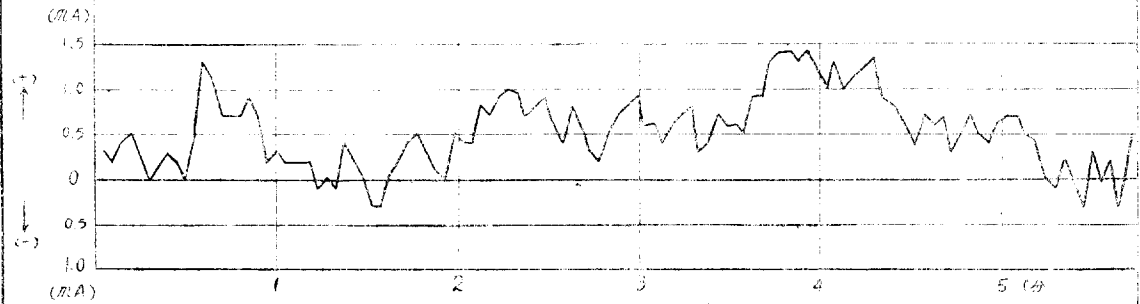
第 11 圖

Tap No. A5. 600mm上水道管封 對地電圧・電流同時測定 電圧測定曲線

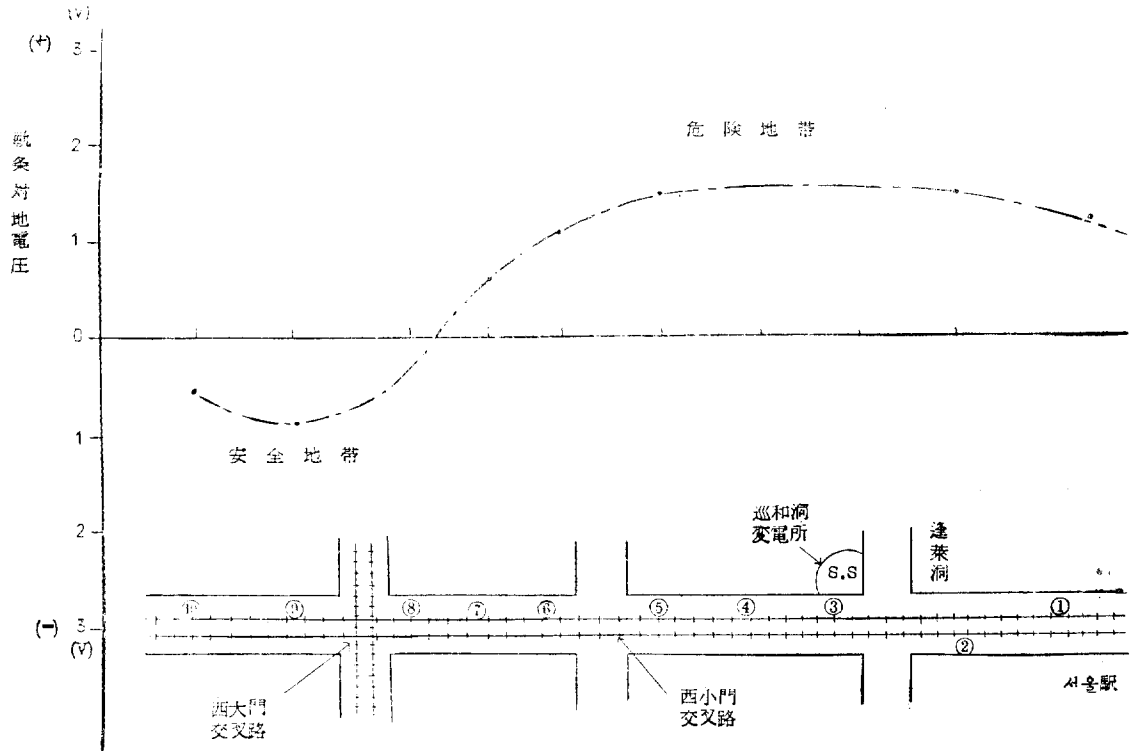
1963.9.4
PM 5.10~5.55



上圖 電流測定曲線



第12圖



才13圖 軌条對地電圧測定図 9月21日

中華民國二十九年
 五月十四日
 軍事委員會
 工程兵司令部
 工程兵第一師
 工程兵第一旅
 工程兵第一營
 工程兵第一連
 工程兵第一排
 工程兵第一班
 工程兵第一組
 工程兵第一隊
 工程兵第一班
 工程兵第一組
 工程兵第一隊

