

〈研究報告〉

## AM放送 안테나의 落雷와 接地에 關한 研究

A Study of AM Broadcasting Antenna's Lightning  
and Ground System李 門 浩\*  
Lee, Moon Ho

(接受日字 1979. 12. 20)

## 目 次

I. 序 論	IV. Radial Ground System
II. 落雷分析	V. 落雷對策
III. 大地表面의 이온化	VI. 結 論

## 要 約

地域的으로 相異하게 發生하는 落雷는 6~9月이 至體의 80%를 차지하였고 山頂에 雷事故가 많았다. AM 放送 안테나는 大地固有抵抗이 적은 곳인 粘土의 平野지대에 置局해야 하고 高周波 Choke, Sphere gap (75,000 V/inch) 그리고 反射電力檢出리레이 등을 設置하여 雷事故를 줄일 수 있음을 確認했다.

## = Abstract =

The lightning which is occurred in different regions Contains 80% of whole between June and September. There were the lightning accidents at the peak of mountains. AS a result, the antenna tower of AM broadcasting Systems build up a clyish plain where has a low earth characteristics resistivity. The following have been observed as a Counter lightning Systems such as high frequency choke, sphere gap (75,000 V/inch) and reflective power detection relay.

## I. 序 論

氣象 變化에 따라 地域的으로 相異하게 發生하는 各種 電機通信 設備에 미치는 影響과 被害는 매우 크다.

이러한 被害를 最小한 줄이거나 豫防하여 系統의 安定과 良好한 通信을 하는 것이 무엇보다도 重要한 것은 雷被害의 對策이다. 따라서 經國의인 雷發生日수의

分布를 同一日數로 表示하는 線으로서 地圖의 等高線과 같은 形인 IKL (Isokeraunic Level: 年間 平均雷發生日數를 作成하였다<sup>1)</sup>. AM 放送의 送信所는 大地의 固有抵抗이 적은 곳인 粘土의 平野지대에 置局하여 空中線輻射效率를 증가시킬 뿐만 아니라 落雷被害를 감소시킬 수 있다. 즉 落雷는 平野보다는 山頂이나 계곡측에 많이 들어 오고 있다<sup>2)</sup>. 일반적으로 山岳部分은 固結한 岩石이 連續性層으로 되어 있고 地下水가 적다. 따라서 大地의 固有抵抗의 値가 큰 것이 보통이다. 그

\* 正會員·南洋文化放送(株) 次長·濟州大學 講師

려나 平野部에 達하면 地下水가 많아 固有抵抗의 値는 작게 되는 傾向이 있지만 地質은 地殼變動 其他에 의해서 變動이 많다.

### II. 落雷 分析

그림 1에서 1978年 한해동안 經國 백삼십구個의 觀測所에서 觀測한 總雷日數는 1680일이고 平均日數는 12日. 10年 平均 9.7日에 비해 2.3日이 높고 1975年이 14.2日, 1969年이 12.4日이 다음으로 높으며 1976年부터 增加하고 있다. 表 1에서 보는 바와같이 多雷地域은 주로 경기도와 忠淸道 內陸地方에 集中 分布하고 있다. 다음이 서울에서 長湖完에 이르는 京畿道地方이 亦是 最多雷地域이다. 그 밖이 多雷地域은 榮州, 安東, 義城의 慶北內陸地方과 小川, 蔚珍의 경북東海岸 地方, 淸道 密陽의 경남內陸地方 그리고 淳昌, 光州의 內陸湖南地方으로 散在해 있다. 反面에 寡雷地域으로는 南海岸에 沿한 地方으로 되어 있고, 部分的으로는 東海岸地方으로 되어 있고, 部分的으로는 東海岸地方과 軍威, 구미, 星州를 잇는 경북內陸地方과 熊川과 裡里를 그리고 七寶와 井邑을 連結하는 西海岸地方

그림 1 年度別 平均雷日數

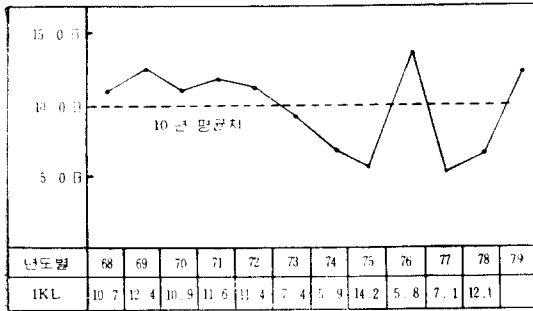


表 1. 雷日數 實積 比較表

區分	年産		78年度		10年平均	
	區分	IKL	地域	IKL	地域	
	最高	26	大田, 儒城	16	平澤, 七寶	
	最低	3	馬山, 高성	5	完島, 서귀포	
	平均	12.1		10		
地域 分布	多雷 地域은 京畿道 東草와 木浦를 境界 忠淸道 內陸地方 寡雷 地方은 南海岸 南(海岸 包含)은 寡雷 地域					
月別 分布	6~8月이 至體의 85% 占有 6~9月이 至體의 80% 占有					

과 濟州島로 되어 있다. 濟州島는 한라산을 中心으로 東西가 多雷地域이고 南北이 寡雷地域으로 돼 있어 變化가 없다. 月別로는 3個月(6~8月)이 至體이 85%가 雷發生이 되고 있으며 都心地의 高층건물이 많은 地域보다는 계곡측 및 山頂에 많은 雷事故가 나고 있다.

### III. 大地表面의 이온化

通信線에 나타나는 雷 Surge에는 通信線 부근을 통과하는 放電에 의해서 유도되는 雷電壓과 雷의 直擊에 의한 雷電壓이 두 종류가 있다. 雷放電은 일반적으로 多重性을 가지며 대체로 30~70%는 同一放電路를 통하여 2회이상, 때로는 20~30회나 放電을 되풀이하는 일이 있으므로 通信線상의 雷電壓도 多重性을 가지며 어떤 간격을 두고 발생한다. 落雷직전에 地表 부근에 나타나는 雷界強度는 보통 최고 30KV/m~50KV/m, 100KV/m 정도이며 落雷電流는 60KA 이상이 대부분이며 100KA을 넘는 것은 거의 없다는 것이 實測되고 있다(97).

誘導雷電壓을 發生하는 機構는 雷雲이 갖는 電荷의 靜電誘導에 의해서 형성된 通信線상의 拘束電荷가 雷雲이 放電으로 自由電荷로 바뀌어 雷雲의 放電狀況에 따른 波高值의 進行波가 된다. 直擊雷電壓은 雷擊을 通信施設이 받을 때 發生하는 電壓으로서 架空線路에서는 그 높이가 3.5倍인 범위내의 雷擊을 끌어들이나, 地表面에 落雷한 경우에는 雷擊點 周의 電界強度는 매우 커져서 表面 모양이 破壞電界強度를 상회하여 모양의 絶緣이 파괴된다. 이 때문에 雷擊點에서 일정한 거리는 일종이 導電體라 볼 수 있다. 즉 地表面의 強電界는 모양의 이온화되어 絶緣파괴가 일어난다.  $10^5 \sim 5 \times 10^5 [V/m]$ 의 電界에 의해서는 大地表面이 이온化되고,  $10^6 \sim 2 \times 10^6 [V/m]$ 의 電界에 의해서는 大地의 内部까지 이온化 된다. 大地의 絶緣파괴가 일어나기 시작하는 전압은  $10^5 [V/m]$  정도다.

AM 送信塔 주변의 地表가 絶緣 파괴되어서 電氣를 통하게 된 지역이 범위는 地表의 電界가 絶緣파괴 電壓 이하로 떨어진 곳까지며 그 거리  $\gamma$ 은

$$\gamma = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\rho I}{E_0}} \dots \dots \dots (1)^{(98)}$$

여기서  $E_0 = 10^5 [V/m]$  地表面 絶緣파괴 電位傾度

$\rho$  = 大地固有抵抗,  $I$  = 雷電流

AM 送信所는 大地의 固有抵抗이 적은 곳에 置局해야 한다(表 2)<sup>9, 9, 11, 12, 13</sup>.

日本 陶山氏는 粘土의 固有抵抗을 5~15(mΩ) 정도

表 2. 大地特性<sup>7,10,11,12,13)</sup>

	固有抵抗 (mΩ)	誘電率
海水(sea water)	0.20~0.25	81
淡水(fresh water)	50~1000	81
濕地 (fresh water marsh)	10~100	15~25
牧草地(pastoral soil)	50~250	12~15
岩石地帶(sandy soil)	500~1000	10~14
岩塊地帶(solid rock)	1000이상	5~10

로 CCITT 概數値와 비슷하게 보고 있다<sup>1)</sup>.

大地固有抵抗의 逆인 導電率은 地質의 年代, 降雨量, 地下水位 기타 土地狀況에 따라 크게 다르며 그 범위는 일반적으로 10<sup>-12</sup>~10<sup>-15</sup> 정도이다<sup>1)</sup>. 均質等方이 아닌 실제의 大地導電率은 周波數가 높아짐에 따라 작아진다. 우리나라의 大地導電率은 花崗岩이 大部分이 內陸地方은 대체적으로 3~10[mV-m] 되는 地點이 제일 많으며 玄武岩층으로 構成되어 있는 濟州島는 6.82[mV-m] )특히 濟州市 禾化)로써 內陸보다 固有抵抗이 적은 값이다<sup>13)</sup>. 大地固有抵抗이 적은 值일 경우 空中線의 輻射能率을 증가시킬 수 있다.

$$\eta = \frac{P_r}{P_i} = \frac{I^2 R_r}{I^2 (R_r + R_l)} = \frac{1}{1 + \frac{R_l}{R_r}} \dots\dots\dots ②^{12)}$$

- 但 P<sub>i</sub> = 入力電力, P<sub>r</sub> = 輻射電力
- R<sub>r</sub> = 輻射抵抗 R<sub>l</sub> = R<sub>e</sub> + R<sub>c</sub> + R<sub>d</sub> + R<sub>res</sub>
- R<sub>l</sub> = 損失抵抗 R<sub>e</sub> = 接地抵抗, R<sub>c</sub> = 導體抵抗
- R<sub>d</sub> = 誘電體抵抗 R<sub>res</sub> = 殘餘抵抗

AM 放送의 空中線의 能率을 높이기 위해서는 接地抵抗을 적게 (R<sub>l</sub>/R<sub>r</sub> → 0) 하기 위해서 大電力 中波放送局의 放射狀接地方式(Radial Ground System)과 長波의 大電力 送信局에 잘 사용되는 多重接地方式 그리고 大地導電率이 나쁠 때 中電力 中波放送의 Counterpoise 방식이 있다<sup>12), 13)</sup>.

IV. Radial Ground System

AM 大電力局에서는 Radial ground System이 地面이 등가적인 固有抵抗을 감소시키기 위해서 使用되고 있다. 이 때 接地抵抗 R<sub>n</sub>은

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi l} \left( L_n \frac{2l}{\sqrt{2ab}} - 1 + (n-1)L_n \right. \\ \left. (2 \times 1,707) - L_n n \right) \dots\dots\dots ③^{2)}$$

但 n = Radial의 個數, l = Radial의 길이(m)  
a = Radial wire의 반경(m)

d = Radial이 묻혀진 깊이(m)

Ground System이 있는 送信탑에 I [A]의 落雷電壓은 AM Tower Base에 다음과 같은 電壓 V가 유 기된다.

$$V = R_n I \dots\dots\dots ④$$

Ground System이 없을 때 AM Tower Base 전압 V는

$$V = \frac{\rho I}{2\pi r} \dots\dots\dots ⑤$$

但 r = Tower Base 반경(m), I = 落雷電流 ④式과

⑤式에서 地表의 等價固有抵抗

$$\rho' \text{는} \\ \rho' = \frac{2\pi BV}{I} [m\Omega] \dots\dots\dots ⑥$$

이 때 AM Tower Base 주변의 電界強度

$$E = \frac{\rho I}{2\pi r^2} [V/m] \dots\dots\dots ⑦$$

로 구할 수 있다.

④式과 ⑤式을 같다고 놓으면

$$r = \frac{\rho}{2\pi R_n} [m] \dots\dots\dots ⑧$$

Tower Base의 반경에 대한 電位傾度 e<sub>B</sub>는

$$e_B = \frac{V}{r} [V/m] \dots\dots\dots ⑨$$

즉 大地面의 電位傾度는 Tower Base를 中心으로 거리에 반비례한다.

放送用 送信탑이 Ground System은 直徑 2.9[mm]의 硬銅線을 空中線을 中心으로 地下 약 50~100[cm]로서 空中線 높이가 같은 半徑으로 放射狀으로 埋設하고 接地抵抗은 1 [Ω] 미만이어야 한다.

V. 落雷 對策

AM의 수직 接地 空中線의 落雷對策에는 靜電電荷에 의한 콘덴사의 絶緣물雷 파괴를 방지시키기 위하여 leak 되는 高周波 Choke를 基部 또는 支線 中間에 설치한다<sup>5), 6)</sup>. 또는 基部, 支線 中間 등에 Spark gap을 설치한다. 空中線의 Sphere gap은 75,000 V/inch (=30,000 V/cm)로 球의 直徑 D가 두球간의 거리보다 크고 水平으로 설치한다.

$$D > d \dots\dots\dots ⑩^{9)}$$

落雷에 의한 Spark gap 放電에서는 高周波電力에 의한 放電이 지속되는 일이 많다. 空中線, 給電系, 送信機各部를 보호하는 데는 給電線에 反射電力檢出리레이를 설치하고 反射電力이 發生시에 送信機 高壓電源을 일시적으로 끊고 또 反射電力이 생기면은 송신기를 정지

시킨다.

## VI. 結 論

1. 多雷地域은 京畿道, 忠清道, 內陸地方이고 寡雷地域은 南海岸이다. 月別로는 6~9月이 至體이 80%를 차지하고 도심지보다는 계곡이나 山頂에 많이 발생하고 있다. 落雷는 最大 100KA, 平均 20 KA 이 충격전

류를 순간적으로 흘리고 있다.

2. AM 送信所는 大地固有抵抗이 적고 (5~15 mΩ) 寡雷地域인 粘土의 平野에 置局하는게 좋다는 것을 確認했다<sup>10,11,12,13</sup>.

3. 落雷對策에는 수직접지 空中線의 Sphere gap 이나 給電線에 反射電力檢出리레이를 설치한다. Radial ground System은 1<sup>1</sup>Ω 미만이다.

## 參 考 文 獻

1. 任勇赫, 權甲壽, IKL圖作成研究 韓電技術研究 13호, 1979, pp. 5
2. Kim, Kyung young, lightning and ground system for Broadcasting Tower Antenna, Journal of the Korean Professional Engineers Association, Vol. 11, No. 3, Sep 1978, pp. 37~39
3. Hugh Hildreth SKililing, Fundamentals of Electric Waves, John Wiley & Sons, Inc, New York, pp. 184.
4. 陸來承外 3人, 大地導電率測定研究, 韓電電氣試驗所 1970. 6, pp.124~143
5. 日本放送出版協會, 放送工學データブック 昭和 43年 pp. 2~47.
6. 申龍徹, 有線通信工學, 文運堂 1978, pp. 301
7. Maumus, J.P. Ronsin, 電氣通信局舎における裝置の接地, C601A Commutation Electron (FRA)pp. 50~58, 1975.
8. Ciaranfi, L. Lo Piparo RAI의 TV-MF局における雷撃に對する對處, Electronica (ITA)pp. 941~950, 1975
9. E. Kuffel & M Abopullah, Highvoltage Engineering, Pergamon Press, 1966, pp. 200
10. C.R. Burrows, Radio Propagation over a plane Earth, Bellsystem Tech. J, 1937 pp. 16, 45
11. Jordan, Balmain, Electromagnetic Wavesand Radiating System, Prentice Hall, pp. 635
12. 鄭萬承, 金應鎮, 空中線과 電波傳播, 文運堂, 1976, pp. 136
13. 李門浩, 中波放送의 電波傳播特性에 관한 研究, 全北大學院碩士學位論文, 1977, pp. 8, 9