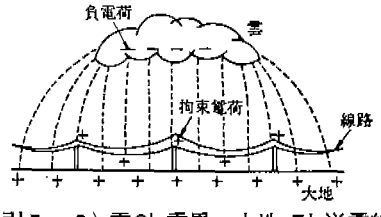
● 特別寄稿 ●

雷(번개)의 世界 (4)

現在 앞에 圖示한 送電線 鐵塔의 構造圖에서 굳이 保護角을 求하려면 275kV 送電線에서는 0度 즉 鉛直線을 잡았을 때 架空地線의 直下가 된다. 또 500kV 送電線, 鉛直線에서 內側에 本線이 位置하고 있음을 알 수 있다.

따라서 架空地線의 保護角이라는 것은 全혀 뜻이 없는 것으로 이 表現을 쓰지 않게 되었음은 當然한 것이다.



〈그림 5 - 6〉 雲의 電界, 大地 및 送電線의 拘束電荷

以上 說明한대로 保護覺이라는 表現은 建築物의 避雷에 對하여는 現在 存在하나 차차 희미하여져 가고 다른 適用에 對하여는 相當한 注意를 要한다고 보아야 겠다.

5. 誘導雷에 對한 避雷

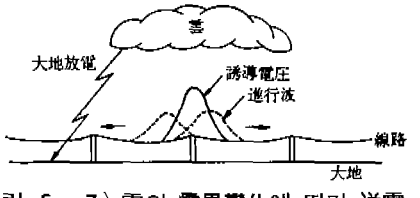
지금까지는 落雷의 直接問題만을 取扱하여 왔다. 그러나 雷雲 안에는 直接의 落雷外에 誘導雷라고 하는 雷雲과 雷雲 사이의 放電(雲間放電이라 한다)에 의하여 地上의 施設에 誘導現象을 일으켜 2次的인 雷害가 發生하는 때가 있다. 또 落雷地點 近處에도 落雷時의 誘導現象에 의하여 2次的 雷害가 일어나는 때도 있다. 이 兩側에 의하여 일어나는 雷害를 誘導雷에 의한 雷害라고 한다.

또 이것을 電氣的으로 나누어 보면 雷의 放電現象에 의하여 雷雲의 電荷分布가 變하기 때문에 地上施設의 電荷分布가 變하여 이에 의하여 發生하는 靜電誘導에 의한 誘導雷와 放電現象에 의한 大電流에 의하여 强한 磁場이 생겨 이에 의하여 發生하는 電磁誘導에 의한 誘導雷의 두 가지로 分類된다.

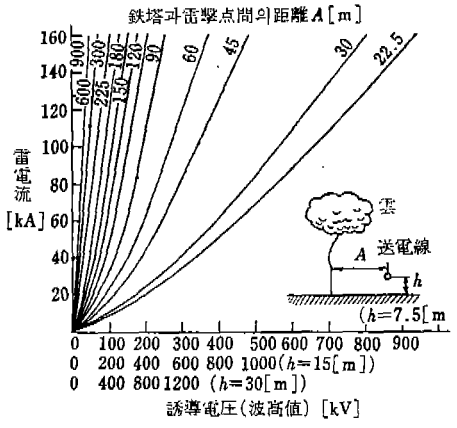
例를 들면 **그림 5-6**에 表示한 것 같은 電線路가 있어 이 線路上에 雷雲이 있으면 雷雲에는 負電荷, 地表面上이던가 線路에는 正電荷가 蓄積되어 있다. 그림에서의 線路上의 電荷를 拘束電荷라고 부른다.

여기서 **그림5 - 7**과 같이 雷雲에서 大地에의 落雷가 있으면 雷雲의 電荷는 消滅하니까 지금까지 線路上에 있던 拘束電荷는 線路에 따라 移動한다.

이와 같이 電荷가 移動할 때에 發生하는 電氣를 進行波라고 한다. 進行波는 線路의 兩側에 向하여 進行한다. 이 進行波는 역시 衝擊的인 電壓으로 落雷時의 電壓보다 波高値는 一般的으로 얕으나 거꾸로 時間은 길다.



〈그림 5 - 7〉 雲의 電界變化에 따라 送電線에 誘導되는 電壓



〈그림 5－8〉近處의 雷放電에 따라 送電線에 誘導되는 電壓

그러므로 이 進行波가 電氣施設에 侵入하여도 여러 가지 事故를 일으키는 수가 있다.

그림 5－7은 落雷時의 例이나 雲間放電일 때도 역시 拘束電荷가 進行波가 됨으로 이 때도 같이 생각하여도 된다. 이것이 靜電誘導에 의한 誘導電이다.

線路上에 發生하는 誘導電壓은 電雲의 電位와 線路와 雷雲間 및 線路와 土地間의 靜電容量에 따라 定하여 진다.

또 電荷의 移動變化가 있다는 것은 電界가 變化한다고 表現하여도 좋다. 다음에 落雷 또는 雲間放電에 의한 電磁誘導에 의한 誘導雷에 對하여 說明한다.

그림5－8은 落雷時의 電磁誘導에 의한 誘導電의 說明圖이다. 여기서는 送電線의 例를 들었다. 送電線의 地上에서의 높이를 h라 하고 送電線에서 落雷地點까지의 距離를 A라고 하면 그림과 같이 落雷時의 雷擊電流의 크기에 따라 送電線에 發生하는 誘導電壓이 決定된다.

이 그림에 의하면 落雷地點이 1km以內에는 어떠한 誘導電壓이 發生하는 것을 안다. 이 電磁誘導에 의한 誘導雷電壓도 落雷點에 가까운 線路에 誘導電壓이 생김으로 앞의 靜電誘導에서의 때와같이 進行波로서 線路의 兩側에 進行하는 衝擊性의 電壓이 되어 역시 線路에 施設되어 있는 機器에 被害를 준다.

(a) 電氣施設의 避雷對策

앞에 記述한 架空地線은 誘導電에 對하여 어느 程度의 役割을 하고 있을까. 架空地線은 線路의 最上部에 있으니까 靜電誘導에 對하여는 차폐效果가 있고 雷雲의 線路上에 왔을 때 拘束電荷의 大部分은 架空電線에 蓄積된다. 이것이 進行波가 되여 兩쪽에 誘導雷電壓으로서 發生하여도 鐵塔部分에 接地가 되어 있으므로 鐵塔部分에서 消滅되어 線路에의 影響은 없다. (嚴密하게는 架空地線과 線路間의 絶緣問題 進行波에 의한 架空地線과 線路間의 電磁誘導의 問題는 생각된다)

다음에 電磁誘導에 의한 誘導電일 때는 어떠한가. 이것은 雷放電時의 大電流에 의하여 생긴 磁束과 線路가 鎖交함으로써 誘導電壓이 發生되니까 이 때는 架空地線도 線路와 같은 誘導電壓을 받게 된다.

그러나 架空地線은 兩側의 鐵塔에서 接地되어 있으므로 架空地線의 에너지는 大部分 架空地線回路에서 消費되고 이 때문에 線路에의 誘導電壓은 極端的으로 적게 된다.

以上과 같이 架空地線은 靜電誘導雷電壓에도 電磁誘導雷電壓에도 매우 效果가 있음을 알 수 있다만, 鐵塔의 接地抵抗은 充分히 얕지 않으면 이 效果도 적어짐으로 注意를 要한다.

또 嚴密히 말하면 雷電壓과 같이 빠른 現象에는 進行波 取扱이라는 것이 進行波의 傳搬定數 透過係數 反射係數 等이 影響됨으로 波形에서 이들의 計算이 必要하나 이 點에 對하여는 省略키로 한다

다음에 避雷器라던가 서어지吸收器의 效果이나 이것은 線路에 들어 온 衝擊波의 避雷效果로서 의 直接落雷 때와 같이 그 役割을 한다.

또 여기서 電氣施設에 對하여 直接落雷와 誘導雷 어느 쪽이 많은 被害를 가져오나에 對하여는 明白하지 않다. 左右間 前述의 電氣施設에 對한 落電統計 및 配電線機器設備의 事故統計 等의 속에는 誘導雷에 의한 件數도 包含되어 있음을 알아두어야 한다.

(b) 電氣雷管의 避雷對策

鑛山이나 土木工事 現場 等에는 다이나마이트發破作業이 따른다. 다이나마이트 點火에는 電氣配管이 쓰인다. 電氣雷管은 1回의 發破作業에 相當한 個數 數10個에서 때에 따라서는 數百個가 쓰인다. 이 때문에 1個의 電氣雷管의 點火 에너지는 극히 적게 만들어져 있다. (點火 에너지가 적은것

은 0.1MJ) 다시 發破線(發破器에서의 에너지 供給母線) 및 脚線(電氣雷管 1個에 연결되어 있는 가는 線)의 길이는 꽤 기니까 臨時이기는 하나 하나의 電線路의 모양이 된다. 이 때문에 空中 電氣의 影響을 받기 쉽고 單純한 靜電氣에 의하여 誤爆이 發生할 때도 있다. 항차 落雷가 있으면 100% 點火爆發한다. 따라서 雷가 接近하였을 때는 發破作業은 中止하여야 한다.

한편 誘導雷에 對하여는 靜電誘導 電磁誘導같이 誤爆의 危險이 있다. 靜電誘導에 對하여는 單純히 雷雲이 上空에 나타날 뿐으로 拘束電荷가 發破線原에 蓄積되어 爆發할 때도 있다 한다. 近接地에 落雷가 있을 때는 말할 것도 없다.

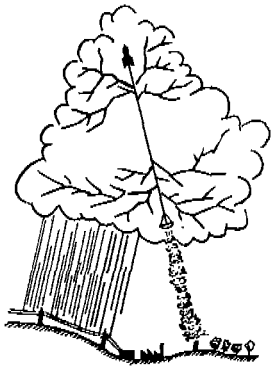
電氣電管은 發破線系의 電位가 數千V가 되면 絶緣破壞가 되며 이때 點火 에너지에 達하면 (이 에너지는 $CV^2/2$로 C는 線路와 大地間의 靜電容量 V는 線路의 電位) 爆發한다.

이를 막기 위하여는 雷가 가까이로 오는것을 알았을 때 發破線과 脚線을 떼어 놓고 發破線系의 電線의 길이를 짧게 하여 對地靜電容量을 적게 하여 놓는 方法이 있다.

더욱 最近 耐靜電氣雷管이라 하여 脚線과 雷管外側金屬과의 사이에 半導体를 써서 拘束電荷가 蓄積되지 않게 한 것이 있다.

雷가 많은 時期에는 이것을 쓰면 좋다.

다음에 電磁誘導에 對하여 亦是 電線의 길이가 길면 誘導電壓이 커지므로 發破線의 脚線과의 分離가 良策이다. 또 電線이 꼬여져 있으면 電磁誘導가 적으니까 이에 대한 研究도 必要하다. 一說에 따르면 雷雲이 8km 以內에 接近하면 電氣雷管의 誤爆 危險性이 있다고 한다.



〈그림 6 - 1〉 로켓트發射 와이야로서 誘發된 雲內放電에 의한 電荷의 中和

(c) 人間의 避雷對策

誘導雷에 의하여 人間이 被害를 입은 例는 別로 明白히 되어 있지 않다. 그러나 誘導를 받을 金屬体던가 電線路에 닿아 있으면 當然히 被害를 받게 되니까 雷가 接近하였을 때는 線路工事나 안테나 工事는 中止하여야 하며 또 큰 金屬物体에 닿아있는 것도 危險하므로 避하여야 하겠다.

제 3 장 最近의 雷에 關한 研究課題

● **로켓트에 의한 雷의 誘導實驗**

1966年 美國의 뉴맨은 후로리다의 海上 船上에서 約 100m 높이에 로켓트를 쏘아 올려 雷放電을 誘導하는데 成功하였다. 1973年 以來 프랑스에서는 높이 600m까지 와이야를 쏘아 올려 1977年까지 64回의 雷誘導에 成功하고 있다. 이 實驗 目的은

(a) 雷放電現象의 研究

(b) 電氣設備 等의 雷害防止技術의 研究

(c) 避雷 消雷技術의 開發

(d) 雷 에너지의 研究

等이다. 지금 현상으로는 가는 와이야를 걸어 쏘아 올리고 雷雲에서의 放電誘發을 꾀하고 强制 落雷시키는 段階이다. 將來는 **그림 6 - 1**과 같이 로켓트만을 雷電 속에 突入시켜 이 段階에서 와이야를 내고 雲中의 電荷를 雲內에 放電中和 시킴으로서 雷雲電荷를 消滅시키는 消電시스템의 研究까지 發展시킨다고 한다.

日本에서도 여러 大學에서 그룹이 되어 實驗이 시작되고 겨울雷로 1977年末 2回의 誘雷에 成功하고 있다. 이때의 雷擊電流는 2400A와 2600A였다.