

# 낙뢰 보호시스템의 신기술

유 상 봉  
쌍용엔지니어링(주) 부장

## 1. 머리말

인류의 생활에 위협과 공포를 주는 천둥 번개는 다른 아닌 전기현상(電氣現象)에 지나지 않는다는 것을 벤자민·프랭클린이 확신시켜 준 것은 240여년 전의 일이었다.

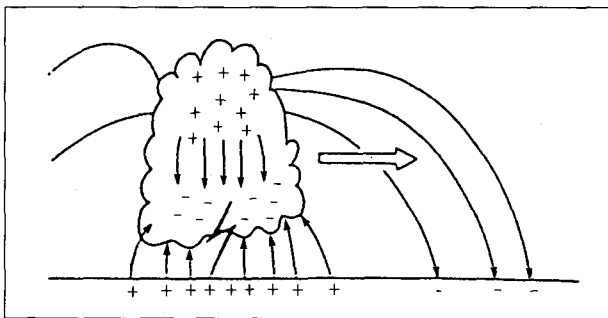
지금까지 인류는 이 위대한 괴물을 가공(可恐)할 자연현상으로 그대로 인정하고 천둥번개현상을 과학적으로 계통을 세워 해명하는 노력을 계속해 왔지만 현재까지도 아직 수수께끼의 부분이 남아 있다.

그러나 뇌현상의 본격적인 해명이 시도되기 시작한 것은 1928년의 Boys Camera에 의한 뇌광(雷光)의 사진기록이 가능하게 된 이래로부터이며, 최근에 이르러 관측기술 진보와 발달에 의해, 그 전모가 상당히 명백해졌다.

이하 뇌운의 발생개념 및 뇌격 메커니즘을 설명하고, 낙뢰 보호시스템의 최신기술에 대하여 이 분야에 종사하는 전문가뿐만 아니라 비전문가라도 이해하기 쉽도록 수식을 사용하지 않고 알기 쉽게 설명해 보고자 한다.

## 2. 뇌운 발생의 개념

뇌운의 가장 일반적인 것은 여름철에 발생하는 적란운(積亂雲)이며, 상층의 대기와 하층의 대기가 불안정한 층을 구성할 경우에 생긴다. 그림 1은 전형적인 뇌운 모델을 나타낸 것이다.



〈그림 1〉 전형적인 뇌운모델

적란운 속에는 고온다습한 격렬한 상승기류가 존재하며, 수천m의 상공에서는 대기중의 수증기가 단열 팽창하여 응결, 빙결(氷結)이 일어난다. 이 과정에서 싸락눈, 우박, 빙정(氷晶)이 형성되는데, 각각의 입자의 온도차에 기인하는 전하분리(電荷分離)가 일어난다.

그 결과 온도가 높은 얼음입자(싸락눈, 우박)에 (-)가, 온도가 낮은 얼음입자에 (+)가 대전하며, 중력(重力)과 상승기류에 의해 분리되어, 뇌운(적란운)의 상층

에 (+), 하층에 (-)의 전하분포가 생긴다.

이 때 운저(雲底)에 있는 (-)의 전하와 그 (-)의 전하로 인해 지표면상에 유기되는(+의 전하 사이에서 일어나는 전광을 대지방전(對地放電)이라 한다. 이 대지방전이 일반적으로 말하는 '낙뢰현상'이다.

또한, (+)전기를 가진 구름과 (-)전기를 가진 구름이 접근하면 구름과 구름 사이의 공기의 절연을 깨뜨리고 방전을 한다. 이 때 구름은 매우 큰 전기(전하)를 가지고 있으므로 방전할 때는 강한 불꽃 때문에 대단한 빛과 높은 소리를 낸다.

이것이 모두가 잘 아는 천둥번개이다. 천둥번개의 소리가 '우르릉팡'하면서 큰소리를 내는 것은 방전에서 낸 소리가 구름에 부딪혀서 반사하면서 울리기 때문이다.

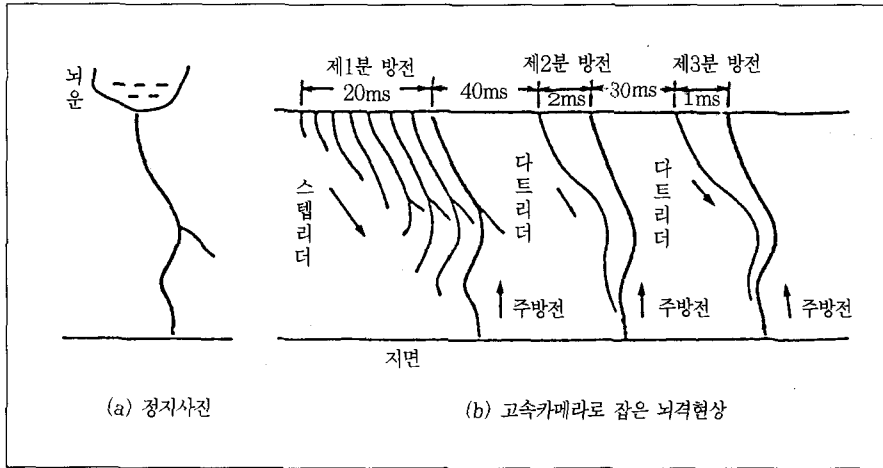
## 3. 뇌격 메커니즘

낙뢰는 한가닥의 빛이 번쩍이는 것처럼 보이지만 미크로적으로 보면, 뇌운에서 공기절연이 파괴되어 선형 방전(Step Leader), 즉 리더가 출발하여 진전과 휴지를 반복하면서 이의 끝이 대지면 또는 지상의 물체에 접근할 때 대지에서 상향의 스트리머가 생기고, 이 양자가 결합할 때 뇌운에서 대지에 이르는 방전로가 형성된다.

이 방전로에 대지측에서 많은 전하가 유입되어 주방전로가 생기고, 뇌운내의 전하가 중화되지만 눈으로 볼 수 있는 휘도는 주방전(Return Stroke)때 생긴다(그림 2 참조).

따라서 뇌는 실제로 주방전(Return Stroke)에 의해서 하늘에서 떨어지는 것이 아니라 땅에서 하늘로 올라가는 것이다.

이런 과정을 거쳐 리더 마지막 단계에 이를 때의 진전거리를 뇌격거리  $r_s$ 라 하며, 이 뇌격거리  $r_s$ 는

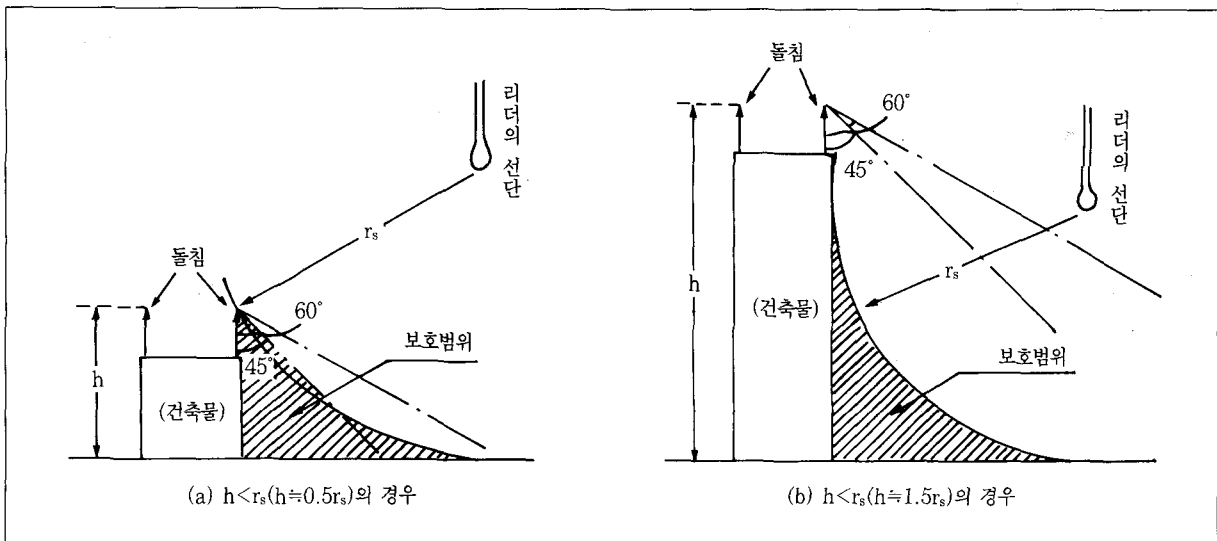


〈그림 2〉 방 전 특 성

건축물 등의 뇌격차폐에 직접관계하는 요인이라는 것이 최근의 개념이고, 이 때 파괴설비의 뇌격 차폐효과 평가는 확실적인 개념을 도입하여 취급하여야만 된다.

이러한 뇌서지는 직격뢰의 경우 파고치가 수백만

V, 수만A를 초과하는 급준한 파형(250kV/μS 정도)으로 서지 에너지가 1000Joule 이상인 매우 큰 파괴에너지를 가지고 있기 때문에 대부분 파괴침을 사용하여 건축물이나 전기·통신설비를 보호하고 있다.



〈그림 3〉 회전구체법에 의한 보호범위

## 4. 뇌보호 범위의 신평가 기술

뇌격거리의 개념을 이용하여 피뢰설비의 돌침높이  $h$ 가 뇌격거리  $r_s$ 보다 작은 경우와 큰 경우의 뇌보호 범위를 예시한 것이 그림 3이다.

이는 뇌의 리더가 대지에 가까워진 때를 상정하여 반지름  $r_s$ 의 구가 대지면에 접하도록 하여 보호범위를 구하는 것으로, 회전구체법(Rolling Sphere Method)이라 하며 현재 IEC에서 가장 합리적인 개념으로 받아들여지고 있다. 이에 따라 결정되는 보호범위는 수뢰부(돌침 등)가 높은 정도, 단순히  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  등의 보호각을 근거로 한 종래의 개념에 의한 보호범위보다 좁게 되고, 양자 사이에는 큰 차이가 있다.

즉, 그림 3과 같이  $h > r_s$ 일 때는 돌침의 꼭대기 주변은 보호공간이 없게 된다.

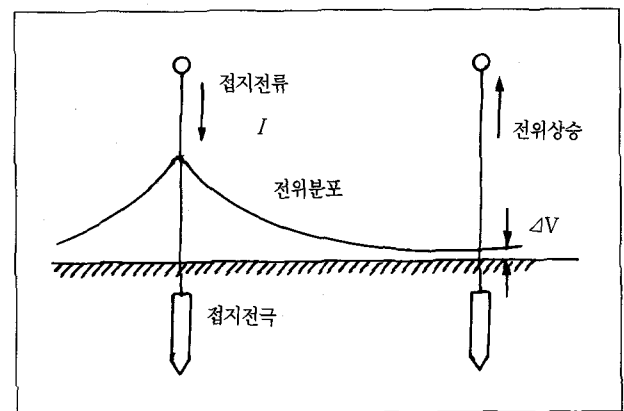
이는 높은 건축물 옥상에 돌침을 설치하여도 옥상 가까이 건축물 측면에는 뇌격이 있을 수 있다는 것을 의미하며, 건축물의 재해방지를 위하여 종래부터 인식되어 온 단순한 보호각에 의한 보호범위와 근본적으로 다르다는 것을 알 수 있다.

따라서, 돌침이나 용마루 위의 도체 등 피뢰설비의 보호효과는 뇌격거리  $r_s$ 의 개념을 적용하여 평가하는 것이 아주 중요한 일이고 더욱이 자연현상이 대상이므로, 뇌격전류의 크기나 이에 대한  $r_s$ 의 값을 얼마로 하는가 등의 통계확률적인 측면에서 본 피뢰효과를 예측하여 설계에 반영하는 것이 중요하다.

## 5. 접지계의 전위간섭

건축물내에는 각종 설비기가 설치되어 있고 접지의 종류도 기기접지, 신호용접지 등 여러 가지이다. 게다가 피뢰용접지도 빌딩의 부지내에 시공된다. 이

들 접지를 각각 독립된 접지전극에서 시공한 경우 한정된 빌딩부지 내에는 많은 접지전극이 존재하게 된다. 이같은 상황에서 어떤 접지계에 지락사고가 생긴 경우나 뇌전류가 유입된 경우 그림 4와 같이 다른 접지계에 전위 상승을 일으키는 전위간섭의 우려가 예상된다.

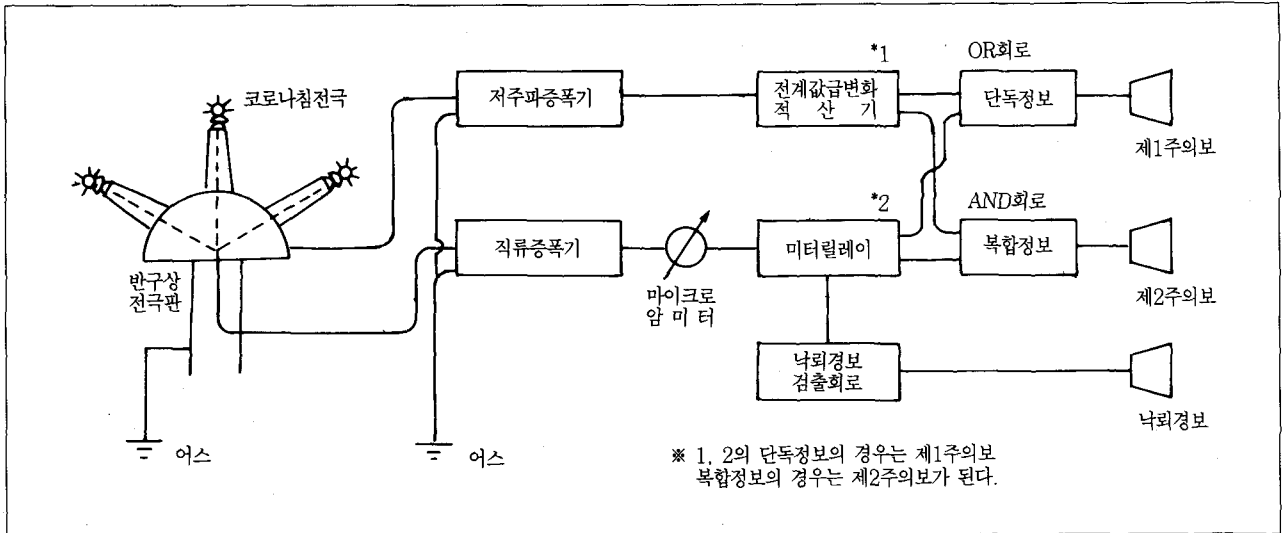


〈그림 4〉 접지전극의 상호간섭

IEC에서는 대지에 시공하는 접지전극을 단순히 뇌전류를 대지에 방류하는 목적만이 아니고, 전위를 같게 하는 즉, 등전위화라는 역할을 부과하고 있다.

여기에서 생각할 수 있는 것이 공용접지의 채용이다. 특히 빌딩접지에 있어서는 루프모양으로 된 망상전극이 바람직하다. 망상(Mesh) 접지를 함으로써 저접지저항을 얻을 뿐만 아니라 전극에 확대를 가져와서, 서지 임피던스 감소에도 유효하기 때문이다.

예를 들어, 철근 콘크리트조의 건물기초, 기초슬라브, 건물지표 아래의 구조체는 대지와 큰표면적으로 접촉하고 있어서, 접지전극으로 대응하는 구조체 접지방식을 적용할 수 있다.



〈그림 5〉 복합형 습뢰경보시스템

## 6. 최신 복합형 습뢰경보시스템

낙뢰의 위험을 자동적, 단계적으로 처리하여 뇌 재해를 사전에 대비할 수 있는 실용적인 뇌경보 시스템을 간단히 소개해 본다.

전계 급변화에 의한 유도전압(수mV 정도)은 반경 30km를 넘어서면 현저하게 감쇄하고 30km권 내의 수km 차이라도 크게 다르기 때문에 뇌방전될 때마다 발생하는 전압의 급변화를 반구형 전계 급변화 검지판으로 검지하여 비교적 가까운 거리의 뇌의 발생과 접근을 알 수 있다. 또한, 뇌운이 약 10km 이내로 접근하면 코로나(Corona)침에 최저 수  $\mu$ A의 전류가 유입 또는 유출된다. 상기 2개의 신호가 각각 송출된 경우는 뇌 발생 주의보, 동시에 송출되면 뇌접근 경보가 발보 된다(그림 5 참조).

## 7. 신접지 공법

### 가. 심타식 접지전극(Dash Earth)

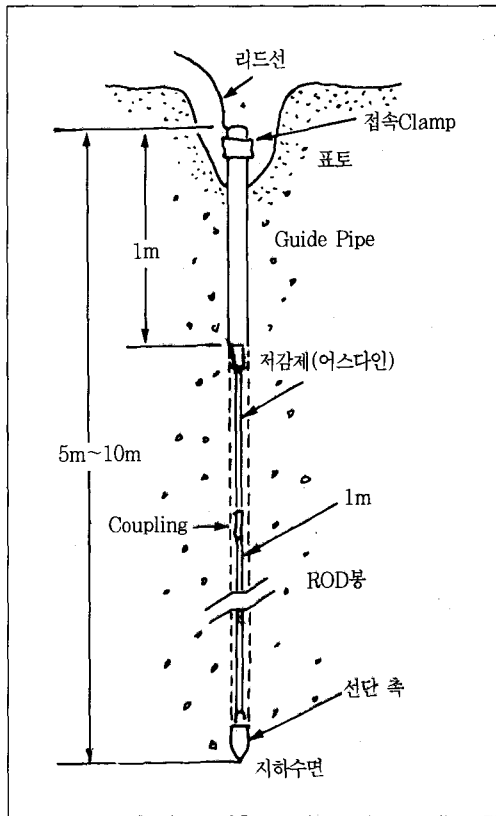
수만 암페어(A)를 초과하는 강력한 뇌전류를 대지로 안전하게 방류하기 위한 접지공사는 방뢰대책을 강구하는 것 이상으로 더욱 중요한 것이라고 생각한다.

그러나 실제로는 10~20m 깊이에 전극을 타입하는 것은 용이한 일이 아니므로 그다지 채택되지 못하였다. 대시 어스는 직경 14mm 전극봉(용융 아연도금 강봉)의 선단에 지름 32mm의 원추형 모양의 축을 붙여 가이드 파이프(SUS 304, 외경 32mm, 길이 1m)에 끼워서 타입한 후 화살촉 모양의 커플링에 의해서 계속하여 접속하고 가이드 파이프 내에서 타입하는 방법이다.

이것에 의하면 전극봉과 토양과의 마찰 저항은 0 (제로)이고, 똑바로 박아 넣기 때문에 선단부의 측에 강력한 충격력이 가해져서 단단한 지반이라도 용이하게 심타할 수 있다.

### 나. 신접지저항 저감제(Earth Dain)

카본과 생석회가 주성분인 접지저항 저감제로서, 전해질 물질이 포함되어 있지 않으므로 종래의 아스콘과 같은 저감제와는 달리 장기간 땅속에 있어도 지하수로 유실되는 일이 없다. 이 때문에 장기간 무공해이며 안정한 낮은 접지 저항치를 얻을 수 있다.



〈그림 6〉 접지 시공단면 (Dash Earth + Earth Dain주입)

심타할 수 없는 암반지대 등은 매설지선과 어스다인을 병용하는 공법이 효과적이며 저항치는 매설지선만의 경우보다 40% 정도 저감된다. 굴착 도랑에 나동선을 포설하고, 나동선 위에서 가루 그대로 살포하여 흙을 되메움으로써 작업을 끝낸다.

종래의 저감제와 같이 물로 용해시킬 필요가 없기 때문에 작업이 용이하며 경제적인 공법이다(그림 6 참조).

## 8. 맺음말

낙뢰에 대한 연구의 역사는 일찍부터 행해져 왔으며, 뇌해대책도 긴 세월을 걸쳐 검토결과와 경험에 근거해서 실시되고 있다.

그러나, 전기 및 통신장비가 나날이 다양화, 고도화해짐에 따라, 이러한 장비는 점점 더 민감하게 뇌에 반응하게 되었고, 보다 고도의 방호기술(防護技術)이 요구되고 있다.

이에 따라, 뇌운발생의 개념 및 낙뢰의 메커니즘과 이를 보호하는 피뢰기술에 대하여 살펴보았다.

여기서, 피뢰침에 대한 보호범위도 지금까지는 보호각이 뇌격전류의 크기나 뇌격거리와 관계가 없다는 개념이었으나 회전구체법에 의한 보호범위는 종전의 단순한 보호각에 의한 보호범위보다 좁아지게 되며, 따라서 피뢰설비의 설계시 기본적인 개념을 근본적으로 바꾸어야 할 것이다.

한편, 뇌보호를 위한 접지설계에서도 현재 IEC에서 검토되고 있는 전극형상이나 접지 시스템적인 사항들을 파악하여 충분히 반영해 나가야 할 것으로 본다.

또한, 비행장, 골프장, 경기장, 공원 또는 여가시설 등의 안전대책으로서 뇌재해를 방지하기 위해 신속히 작업을 중지하고 안전한 장소로 조기 대피할 수 있는 습뢰경보 시스템이 향후 더욱더 필요하다고 생각된다. ■