



낙뢰와 피뢰설비

○ 모듈의 목적

본 모듈형 교재는 교육생에게 낙뢰로 인한 재해를 예방하고 낙뢰안전을 확보하기 위한 정보를 제공한다. 논의될 주제는 낙뢰 및 서지의 특성, 피뢰설비(뇌보호 시스템), IEC 규정 등이다.

○ 학습목표

1. 낙뢰의 생성 및 특성을 이해함으로써 낙뢰로부터 안전한 환경구축의 필요성을 인식할 수 있다.
2. 낙뢰의 위험성을 정량적으로 해석하고 낙뢰로부터 재해를 예방할 수 있는 피뢰대책을 수립 할 수 있다.
3. 피뢰설비의 원리를 이해하고 설치관련 규정 및 기술을 인지하여 낙뢰 피해를 최소화하는 합리적인 방법을 이해할 수 있다.

자료 _ 한국산업안전공단

2. 피뢰설비(뇌보호 시스템)

1. 피뢰의 기본 개념 및 용어

(1) 피뢰의 기본개념

직격뢰에 대한 보호대책은 대지에 형성된 전하를 줄여 줄 수 있는가 혹은 상향방전의 방전거리를 줄이거나 지연시킬 수 있는가 하는 가정에서 시작되며 이러한 가정은 점전하 방전(Point discharge) 이론으로 접근이 가능할 것이다. 돌침 전극에 의해 지표면에 대전된 전하의 일부를 대기 중으로 방출시키거나 돌침을 통해 상향방전이 일어나는 것을 억제시킴으로써 뇌격을 방지할 수 있다.

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon\gamma^2} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$D = \frac{Q}{4\pi\epsilon\gamma} \dots\dots\dots (2-2)$$

여기서, E : 전계강도, Q : 전하, D : 전속밀도, ε : 매개체의 유전율, r : 돌침 전극의 반경

식 (2-2)에서 전극의 반경(r)이 작을수록 전속밀도가 커진다. 만약 전극의 반경이 영에 가까워진다면 전계강도는 무한대에 가깝게 되며 전하의 방전이 연속적으로 일어나서 지표면의 전하축적은 제한될 것이며 상향방전을 지연 또는 억제시키는 효과를 가져다 줄 것이다.

이러한 점전하 방전 이론을 적용하여 돌침 전극을 최대한 크게 하면 뇌격을 최소화 시킬 수 있을 것이다.

(2) 용어

- ① 피뢰설비 : 건축물의 본체 및 설비와 그 속에 있는 인축 및 물건을 뇌재(雷災)로부터 보호하는 설비를 피뢰설비(Lightning protection facilities)라고 한다.
- ② 수뢰부 시스템(Air-termination system) : 뇌격을 포착하기 위한 외부 뇌보호 시스템의 일부
- ③ 돌침 : 수뢰부로 하는 것을 목적으로, 공중에 돌출하게 한

봉상(봉狀) 금속체를 말한다.

- ④ 수평도체(Catenary wires) : 수뢰부로 하는 것을 목적으로 건축물의 외부에 밀접 또는 띄어서 거의 수평으로 시설하는 도체를 말한다.
- ⑤ 수직도체 : 수뢰부로 하는 것을 목적으로 건축물의 외부에 밀접 또는 띄어서 거의 수직으로 시설하는 도체를 말한다.
- ⑥ 메시도체(Mesh conductors) : 피뢰를 목적으로 피(彼)보호물 전체를 덮은 연속적인 망상(網狀) 도체(금속판도 포함)를 말한다.
- ⑦ 환상접지극(Ring earth electrode) : 건축물 등 주위의 대지면 아래 또는 위에 페루프를 구성하는 접지극
- ⑧ 접지전극(Earth electrode) : 대지와 직접 전기적으로 접촉하고 뇌전류를 대지로 방류시키기 위한 접지 시스템의 한 부분 또는 그 집합
- ⑨ 보호범위(Space to be protected) : 돌침을 설치함으로써 뇌격의 직격(直擊) 위험으로부터 보호될 수 있는 돌침 주변의 대지 및 공간을 말한다.
- ⑩ 보호각(Protection angle) : 돌침의 선단, 기타 뇌격의 단자(端子)가 되는 도체의 상단에서 그 상단을 지나는 연직선에 대해서 보호범위를 포함하는 각도를 말한다.
- ⑪ 뇌보호 시스템(LPS : Lightning protection systems) : 뇌의 영향에 대하여 공간을 보호하기 위해 사용되는 시스템의 전체. 이 시스템은 외부와 내부 뇌보호 시스템으로 구성된다.
- ⑫ 외부 뇌보호 시스템(External lightning protection system) : 수뢰부(Air-termination system), 인하도선과 접지 시스템(Earth termination system)으로 구성된다.
- ⑬ 내부 뇌보호 시스템(Internal lightning protection system) : 보호범위 내에서 뇌전류의 전자적 영향을 감소시키기 위하여 추가하는 모든 조치
- ⑭ 등전위 본딩(EB : Equipotential bonding) : 뇌전류에 의한 전위차를 감소시키기 위한 내부 뇌보호 시스템의 일부
- ⑮ 본딩용 바(Bonding bar) : 금속제 설비, 계통의 도전부, 전력선, 통신선 및 기타 케이블을 뇌보호 시스템에 본딩할 수 있는 바
- ⑯ 접지 시스템(Earth termination system) : 뇌전류를 대지로 흘려 방류시키기 위한 외부 뇌보호 시스템의 일부
- ⑰ 인하도선(Down conductor) : 뇌전류를 수뢰부 시스템으로부터 접지 시스템으로 흐르게 하기 위한 외부 뇌보호 시스템의 일부

⑱ 보호레벨(Protection level) : 그 효율에 따라서 뇌보호 시스템을 분류하는 용어로서 뇌보호 시스템이 뇌영향으로부터 공간을 보호하는 확률을 나타낸다.

2. 피뢰설비의 조건 및 설치기준

(1) 피뢰설비의 조건

피뢰설비의 목적은 보호하고자 하는 대상물에 접근하는 뇌격(雷擊)을 확실하게 흡인해서 뇌격전류를 안전하게 대지로 방류하여 건축물 등을 보호하는데 있으므로 피뢰설비는 가능한 한 다음 조건을 만족하여야 한다.

- ① 보호대상물에 접근한 뇌격은 반드시 피뢰설비로 막을 것
- ② 피뢰설비에 뇌격전류가 흘렀을 때 피뢰설비와 보호대상물 사이에 불꽃 플래시 오보를 발생시키지 않을 것
- ③ 피뢰설비의 낙뢰시에 그 접지점 근방에 있는 사람 및 동물에 장애를 미치지 않을 것
- ④ 낙뢰시 건축물 안의 전위를 균등화 할 것(건축물 안의 각점의 전위차를 없앨 것)
- ⑤ 건축물 안의 전자, 통신용 전기회로 및 기기를 낙뢰에 기인하는 2차 재해로부터 보호할 것

(2) 피뢰설비의 설치기준

- ① 낙뢰의 우려가 있는 건축물 또는 높이 20m 이상의 건축물
- ② 돌침은 건축물의 맨 윗부분에서 25cm 이상 돌출시켜 설치하고 풍하중에 견딜 수 있는 구조일 것
- ③ 피뢰설비 재료는 동선의 경우 수뢰부 : 35mm² 이상, 인하도선 : 16mm² 이상, 접지극 : 50mm² 이상의 성능을 갖출 것
- ④ 인하도선 대응으로 철골조의 철골구조물과 철근콘크리트조의 철근구조체의 전기적 연속성이 보장될 수 있도록 건축물 금속 구조체의 상단부와 하단부 사이의 전기저항이 0.2Ω 이하가 되도록 할 것
- ⑤ 60m를 넘는 건축물 등에는 지면에서 건축물 높이의 4/5 되는 지점부터 상단부까지 측면에 수뢰부 설치(높이 60m를 넘는 부분 외부의 각 금속부재를 2개소 이상 전기적으로 접속)
- ⑥ 접지(접지)는 환경오염을 일으킬 수 있는 시공방법이나 화학 첨가물 등을 사용하지 아닐 것
- ⑦ 급수·급탕·난방·가스 등을 공급하기 위하여 건축물에 설치하는 금속배관 및 금속제 설비는 전위(전위)가 균등하게 이루어지도록 전기적으로 접속할 것

3. 피뢰설비의 설치

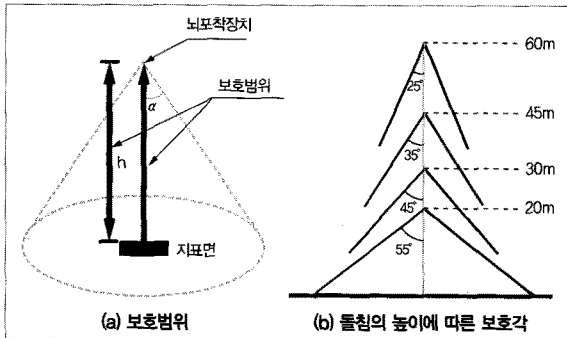
낙뢰로부터 국내 건축물의 보호를 위해 KS C 9609 에 돌침에 대한 규정이 존재하여 왔으나, 피뢰를 위한 완벽한 대책수립이 미흡하여 2004년에 폐지하였으며, 2005년 국제규격인 IEC 61024를 도입하였다. 그러나 IEC 61024를 개정한 IEC 62305 시리즈가 새로이 제정되면서 국내에도 2007년 부터 IEC 62305를 도입하고자 분석 및 정리 작업을 통하여 2007년 11월 30일자로 고시하고 KS C IEC 62305로 표준화하였다. 본 교재에서는 IEC 61024 및 IEC 62305의 주요 내용을 발췌하여 기술하였다.

(1) 외부 뇌보호 시스템(External lightning protection system)

뇌격이 피(彼)보호범위 내로 침입할 확률은 수뢰부 시스템을 적절하게 설계함으로써 상당히 감소된다. 수뢰부 시스템은 다음의 요소들의 조합으로 구성된다.

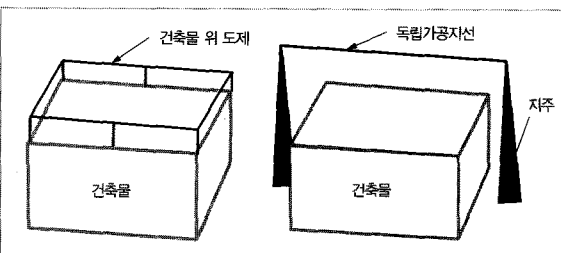
① 돌침(Air terminal)

뇌격은 선단이 뾰족한 금속 도체 부분에 잘 떨어지므로 건축물 근방에 접근한 뇌격을 흡인하여 선단과 대지사이를 접속한 도체를 통해서 뇌격전류를 대지로 안전하게 방류하는 방식이다.



【그림 2-1】 돌침의 보호각과 보호범위

② 수평도체(Catenary wires)

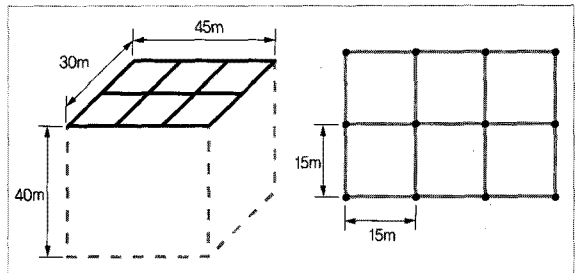


【그림 2-2】 수평도체 방식

이 방식은 보호하고자하는 건축물의 상부에 수평도체를 가설하고 뇌격을 흡인하게 한후 인하도록을 통해서 뇌격전류를 대지에 방류하는 방식이다. 이 방식의 대표적인 예로는 송전선의 가공지선을 들 수 있다. 수평도체의 보호각은 돌침의 보호각과 본질적인 차이는 없다. 수평도체를 가설하는 방식은 [그림 2-2]와 같이 건물의 옥상에 약간의 거리를 두고 가설하는 방식과 건축물에 밀착해서 시설하는 방식이 있다.

③ 메시도체(Mesh conductors)

피(彼)보호물 주위를 적당한 간격과 그물눈을 가진 망상도체로 포위하는 방식을 말하며 완전한 피뢰방법에 속한다.



【그림 2-3】 메시도체 방식

(2) 외부 뇌보호 시스템 배치

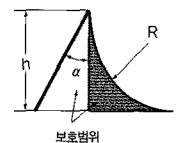
수뢰부의 보호범위의 산정은 다음의 방법을 개별 또는 조합하여 산정하며, 수뢰부 시스템의 배치는 수뢰부 시스템 설계시 다음의 방법을 개별 또는 조합하여 사용할 수 있으며, 배치는 <표 2-1>의 요구사항에 적합하여야 한다. 보호레벨은 피(彼)보호물(건물내외)의 중요도에 따라 선택한다.

- 보호각 방법
- 회전구체(Rolling sphere)법
- 메시(Mesh)법

【표 2-1】 보호레벨에 따른 수뢰부의 배치

보호 레벨	h(m)	20	30	45	60	메시폭 (m)
	R(m)	α	α	α	α	
I	20	25	* (1)	* (1)	* (1)	5
II	30	35	25	* (1)	* (1)	10
III	45	45	35	25	* (1)	15
IV	60	55	45	35	25	20

* 표시는 회전구체법과 메시법만을 적용한다.



① 보호레벨 분류

【표 2-2】 건축물의 보호레벨 분류

보호레벨	건축물의 종류	건축물의 형태	뇌격의 영향
IV 일반건축물	주택		전기설비의 파손, 화재 및 물질적인 손상 일반적으로 뇌격점이나 뇌격력에 노출된 물체에 한해 손상됨
			화재의 일차적인 위험과 위험한 보폭전압 따른 이차적 위험, 정전시 환기시스템이나 사료공급시스템의 고장으로 가축이 폐사될 위험
	극장, 학교 백화점 운동장		전기설비(조명 등)의 손상으로 혼란 발생 화재 경보설비의 고장으로 화재진압이 지연
	은행, 보험회사, 상업지구, 회사 등		위의 영향에 추가하여 통신 두절, 컴퓨터의 고장과 데이터의 손실
	병원, 요양원, 교도소		위의 영향에 추가하여 집중치료중인 환자에 게 불편을 주고 거동이 부자유스런 사람들 의 구조 어려움
	제조 사업장		제조물에 따라 추가하여 영향이 있으며 광 범위한 피해와 생산손실
	박물관과 유물 전시관		문화적인 유산의 복구 불가능한 손실
III 위험을 내포 한 건축물	전신전화국 발전소 화재위험이 있는 사업장		공공 서비스의 손실 화재 등에 의해 인근 주변에 피해를 줌
II 주변에 위험 한 건축물	정유공장 주유소 화기 작업장, 군수 작업장		공장과 그 주변에 화재와 폭발이 피해를 줌
I 환경적으로 위험한 건축물	화학공장 원자력 공장 생화학 실험실과 공장		해당지역과 환경에 결정적인 피해를 가져올 공장의 화재나 운전정지

보호레벨은 뇌보호 시스템(LPS) 보호레벨 선정 기준에 의해 결정되고 KS C IEC 61024는 보호레벨을 일반 건축물의 경우는 보호등급 IV, 특수 건축물의 경우에는 보호등급 II 이상으로 하되 낙뢰빈도, 입지조건 및 중요도에 따라 보호등급을 적용하도록 하고 있으며, 주변 여건이나 건축물의 위험도를 고려하여 상향 조정해야 한다. 건축물의 보호레벨 분류는 <표 2-2>와 같으며, 보호레벨에 대한 보호효율은 <표 2-3>에 제시하였다.

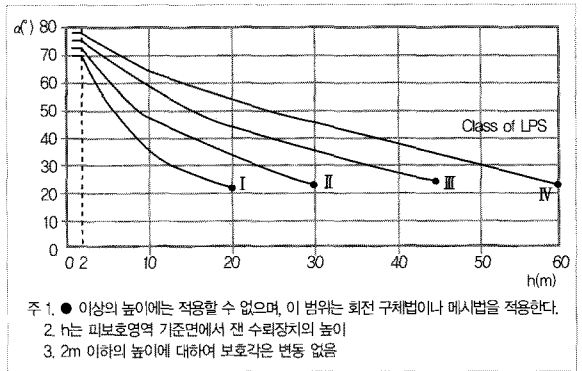
【표 2-3】 보호레벨에 대한 보호효율

보호등급	뇌보호 시스템의 효율(E)
I	0.98
II	0.95
III	0.90
IV	0.80

※ 뇌보호 시스템의 효율(E) ≥ (1-허용낙뢰빈도/연간뇌우일수)

② 보호각 방법(Protection angle method, PAM)

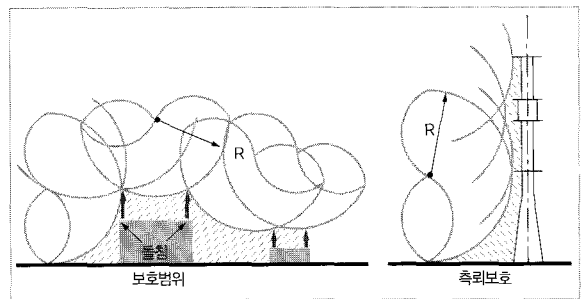
보호각의 결정은 보호레벨과 수뢰장치의 높이에 따라 결정된다.



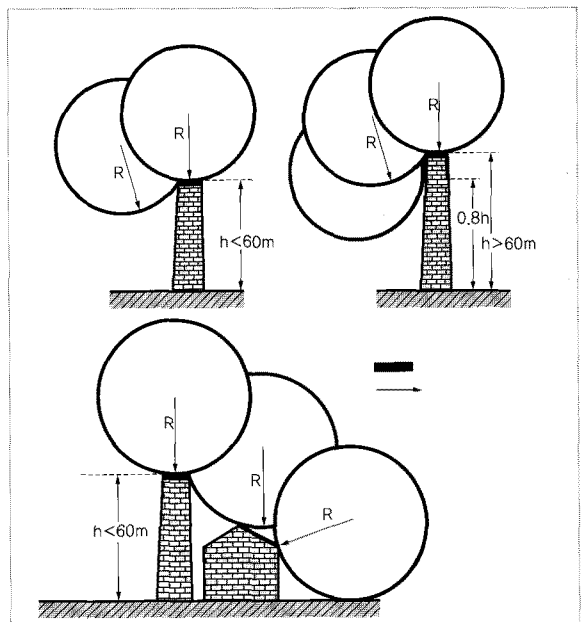
【그림 2-4】 보호각 방법

③ 회전구체법(Rolling sphere method, RSM)

뇌전류 크기에 따른 보호범위를 3차원적으로 해석하여 결정한다.



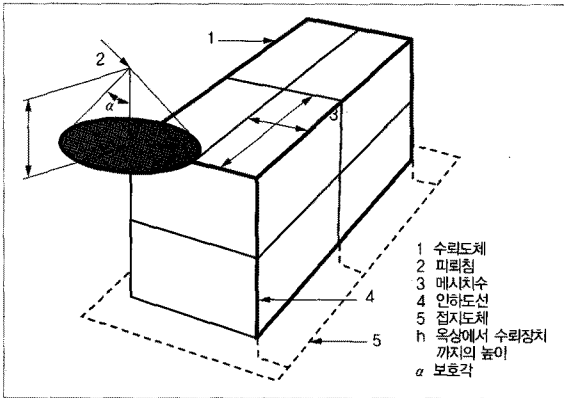
【그림 2-5】 회전구체법



【그림 2-6】 회전구체법 설계 예시

④ 메시법(Mesh method, MM)

피(彼)보호물 주위를 적당한 간격의 망상도체로 포위하는 방법이다.



【그림 2-7】 메시법

(3) 인하도선 시스템

① 인하도선 설치

위험한 불꽃방전의 발생확률을 감소시키기 위하여 뇌격점과 대지 사이의 인하도선은 다음과 같이 설치한다.

- 다수의 병렬 전류통로를 형성할 것
- 전류통로의 길이는 최소로 유지할 것

인하도선은 가능한 한 수뢰부 도체에서 직접 연결되도록 배치한다.

② 뇌보호 시스템 설치

가. 독립된 뇌보호 시스템 설치

수뢰부가 이격된 복수의 지주(또는 하나의 지주)상의 돌침으로 구성된 경우 각 지주에는 1조 이상의 인하도선이 필요하다. 지주가 금속이나 상호 접속된 철틀인 경우에는 인하도선을 추가할 필요가 없다.

수뢰부가 이격된 복수의 수평도체(또는 1조의 도선)으로 되어 있는 경우 도체의 각 말단에 1조 이상의 인하도선이 필요하다. 수뢰부가 도체망인 경우 각 지지물에 1조 이상의 인하도선이 필요하다.

나. 독립되지 않은 뇌보호 시스템 설치

인하도선은 보호범위의 주위에 상호 평균 간격이 <표 2-4>에 표시된 값 이하가 되도록 배치한다. 어떤 경우도 2조 이상의 인하도선이 필요하다.

※ 인하도선은 건축물 둘레에 등(等)간격으로 하는 것이 바람직하다. 인하도선은 가능한 건축물의 각 코너에 가깝게 배치한다.

인하도선은 지표면 가까이 수직거리 20m 간격마다 수평 환상도체로 상호 접속하여야 한다.

【표 2-4】 보호레벨에 따른 인하도선의 평균 간격

보호레벨	평균간격(m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

③ 구조

독립된 뇌보호 시스템의 경우 인하도선 시스템과 보호범위의 금속제 설비와의 거리는 안전거리보다 커야 하고 보호범위와 독립되지 않은 뇌보호 시스템의 경우에 인하도선은 다음과 같이 설치한다.

가. 벽이 불연성 재료로 된 경우에 인하도선을 벽의 표면이나 내부에 설치하여도 된다.

나. 벽이 가연성 재료로 된 경우에 뇌전류의 통과에 의한 온도상승이 벽 재료에 위험을 주지 않다면 인하도선을 벽면에 설치할 수 있다.

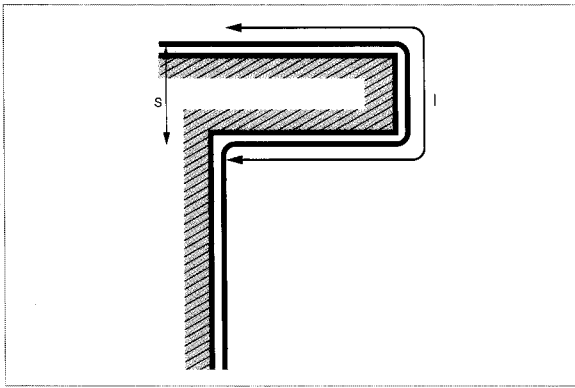
다. 벽이 가연성 재료로 되어 있고 인하도선의 온도상승이 위험을 주는 경우 보호범위와의 거리가 항상 0.1m보다 크도록 인하도선을 설치한다. 금속제로 만들어진 지지 금구를 벽과 접촉하여도 된다.

※ 인하도선이 절연재료로 피복되었더라도 처마 또는 수직의 홀통 안에 설치하지 않는다. 처마 홀통 안의 습기가 인하도선에 강한 부식을 일으킨다. 인하도선은 문이나 창문과 간격을 두어 설치하도록 한다.

라. 인하도선은 최단으로 대지에 가장 직접적인 경로를 구성하도록 루프를 구성하는 것은 지양하고 곧게 수직으로 설치하여야 한다.

이것이 불가능하면 도선의 두 점간의 간격을 측정할 거리 s 와 이두 점간의 도선의 길이 l 은 다음 식에 적합하여야 한다.

이 식은 인하도선 사이의 간격이 20m인 경우 유효하다.



[그림 2-8] 인하도선의 루프

(4) 접지 시스템

위험한 과전압을 발생시키지 않고 뇌전류를 대지로 방류하기 위해서는 접지 시스템의 형상과 크기가 접지저항의 규정값이 중요하다. 그러나 일반적으로는 낮은 접지저항을 권장한다. 뇌보호의 관점에서 구조체를 사용한 통합 단일의 접지 시스템이 바람직하며, 모든 접지목적 즉, 뇌보호, 저압전력 시스템, 통신 시스템에도 적합하다.

① 접지 시스템의 목적

- 가. 뇌전류를 대지로 안전하게 유도한다.
- 나. 인하도선 간에 등(等)전위 분당을 한다.
- 다. 도전성 건물의 전위를 제어한다.

② 접지극 설치

가. 다음 종류의 접지극들이 사용되어야 한다. 1개 또는 복수의 환상 접지극, 수직(또는 경사) 접지극, 방사형 접지극 또는 기초 접지극, 판형 및 소형 그물망(메시)를 사용할 수는 있으나, 특히 접속부가 부식될 우려가 있으므로 가능하면 피한다.

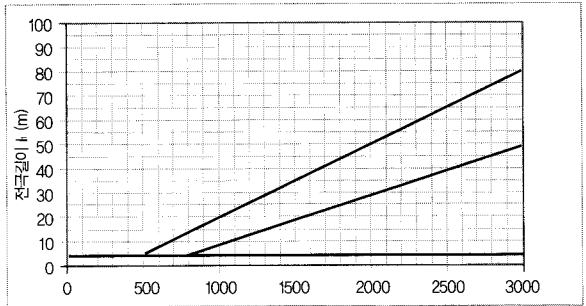
단독의 긴 접지도체를 설치하는 것보다 여러 조의 도체를 적당히 배치하는 쪽이 바람직하다.

나. 그러나 깊이가 깊으면 깊을수록 대지 저항률이 감소되는 곳과 일반적으로 접지봉을 매설하는 깊이보다 깊은 지하에서 대지 저항률이 나타나는 장소는 심타 접지극이 효과적이다.

다. 접지 시스템 설치 시 주의사항

- 접지극의 과도 특성이 매우 중요

- 토중방전에 의해 접지 서지 임피던스 저감
- 짧은 접지극 여러 개가 1개의 긴 접지극에 비해 성능이 우수
- 2m 간격으로 짧은 접지극 3~4개를 설치하는 것이 바람직함



[그림 2-9] 보호레벨에 따른 접지극의 최소길이(KS C IEC 61024 규격)

③ 접지극 종류

가. A형 접지극

A형 접지극에는 수직 접지극, 판상 접지극, 방사상 접지극 등이 있다. 접지극의 최소길이는 [그림 2-9]과 같이 방사상 수평 접지극을 l 이상, 수직(또는 경사) 접지극은 $0.5l$ 이상이 된다. 판상 접지극은 표면적이 $0.35m^2$ 이상으로 한다. A형 접지극을 선택하는 경우는 사람이나 가축에 위험을 미치는 구역에서 특별한 조치를 강구할 필요가 있다. 대지 저항률이 낮아 10.미만의 접지저항이 얻어지는 경우는 [그림 2-9]과 같은 최소길이를 고려하지 않아도 된다. 접지극에 전류가 유입하면 전위가 상승하는데, [그림 2-10]은 방사상 접지극 전위분포를 나타내고 있다. 그림처럼 대지에 타설하는 경우보다 매설한 경우가 전위가 낮아진다. A형 접지극의 전위분포의 개념은 [그림 2-11]과 같은데, 복수의 접지극은 단극의 경우보다도 전위가 완화된다.

[그림 2-10], [그림 2-11]은 다음호에 게재하겠습니다.