



# 낙뢰와 피뢰설비

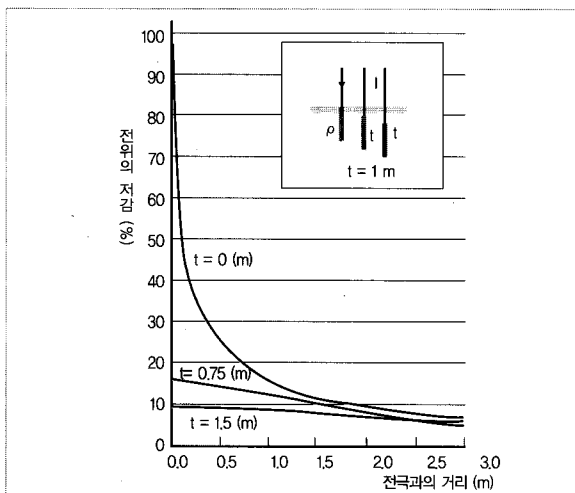
## ● 모듈의 목적

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.

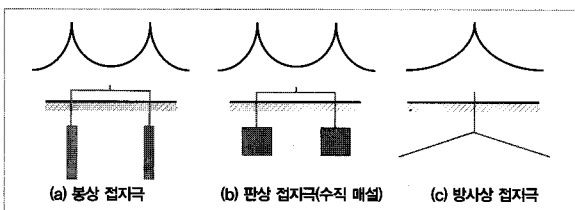
## ● 학습목표

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



[그림 2-10] 접지극에 의한 전위분포의 변화

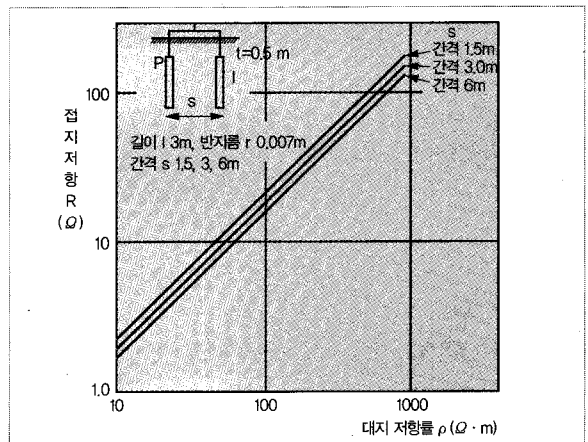


[그림 2-11] 접지극에 의한 전위분포의 개념

보호수준 Ⅲ, Ⅳ의 경우 A형 접지극의 접지저항의 계산은 다음과 같다.

### • 수직 접지극

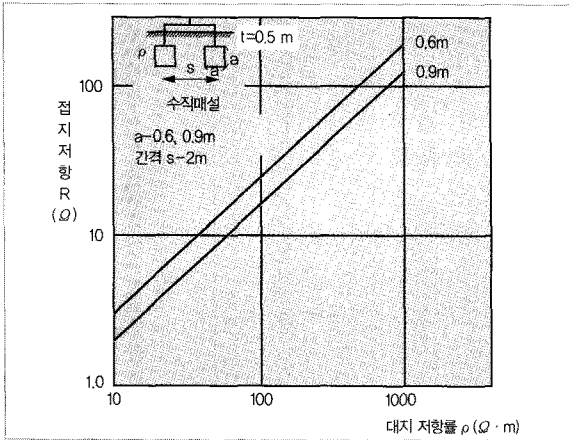
일반적으로 봉상전극을 이용하는데, 조건으로 접지극의 수는 2개 이상으로 병렬접지로 한다. 이때 집합계수는 전극의 간격에 따라 변화하는데, 일례로 [그림 2-12]은 전극의 간격에 따른 접지저항을 표시한 것이다.



[그림 2-12] 봉상 접지극의 접지저항

• 판상 접지극

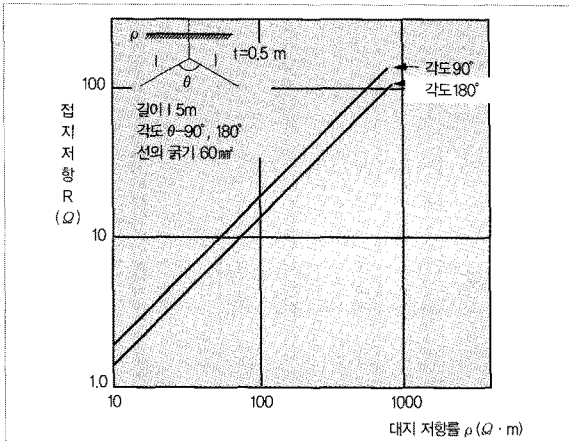
[그림 2-13]는 일본에서 이용되고 있는 일반적인 판상전극을 수직으로 매설한 경우를 예시한 것이다. 조건은 앞에서 설명한 것과 같은 모양의 판상전극의 병렬접지로 한다.



[그림 2-13] 판상 접지극의 접지저항

• 방사상 접지극

선상전극을 2본 병렬로 시공한 경우를 생각할 수 있다. 길이가 5m로 두 개의 접지극을 직각으로 한 경우를 예시한 것으로 [그림 2-14]에 나타난 것과 같다.



[그림 2-14] 방사상 접지극의 접지저항

※ 방사형 접지극, 수직 접지극, 판상 접지극(편면 0.35㎡이상) 접지극의 매설깊이는 대지 저항률, 건물보호 등급에 따라 다르게 적용한다. 또한 10Ω 미만의 접지저항을 얻을 수 있는 경우는 접지극의 최소길이를 만족하지 않아도 된다.

나. B형 접지극

B형 접지극은 환상 접지극, 망상 접지극, 건축물 등의 기초 구조체 대응 접지극 등이 있다. 환상 접지극(또는 기초 접지극)의 경우에 환상 접지극(또는 기초 접지극)에 의해 둘러싸인 면적의 평균반경 r은  $l_1$ 의 값 이상으로 하여야 한다. 여기서  $l_1$ 은 [그림 2-9]에서 나타난 값이다.

$$r \geq l_1$$

요구값  $l_1$ 이 산정값 r보다 큰 경우는 방사상 또는 수직(또는 경사) 접지극을 추가설치하여야 한다. 그 경우 각각의 수평 길이  $l_h$  및 수직 길이  $l_v$ 는 식(2-3)과 식(2-4)으로 주어진다.

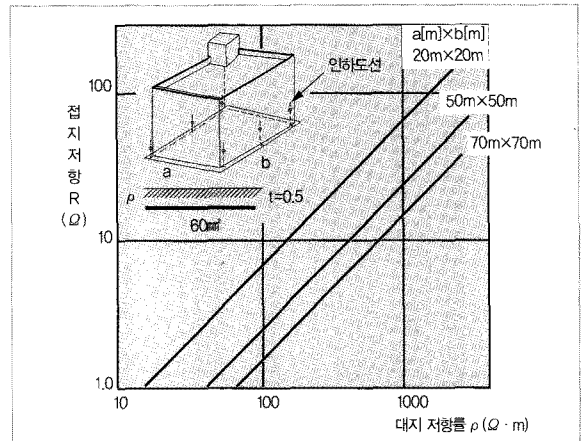
$$l_h = l_1 - r \quad (2-3)$$

$$l_v = l_1 - r/2 \quad (2-4)$$

보호수준 Ⅲ, Ⅳ의 경우 B형 접지극의 접지저항 계산을 나타낸다.

• 환상 접지극

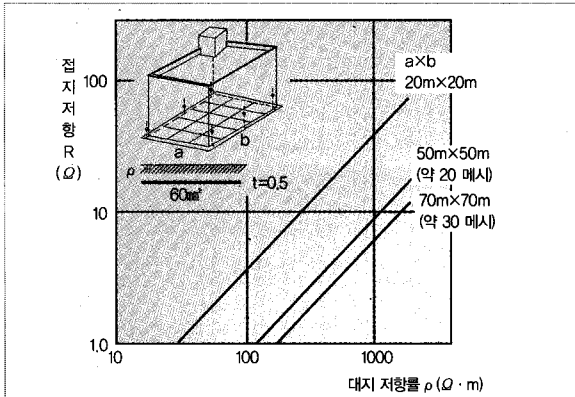
건축물 주위에 깊이 t[m]으로 매설하는 접지극이다. [그림 2-15]은 건축물 주위의 크기에따른 접지저항을 나타낸다.(20m, 50m, 70m)



[그림 2-15] 환상 접지극의 접지저항

• 망상 접지극

[그림 2-16]에 나타난 것처럼 건축물 하부에 깊이 t[m]으로 매설하는 접지극이다. 메시 하나의 크기는 대략 10m×10m (혹은 20m)으로 하고 있다. [그림 2-16]는 건축물 주위의크기에 따른 접지저항을 나타낸다.(20m, 50m, 70m)

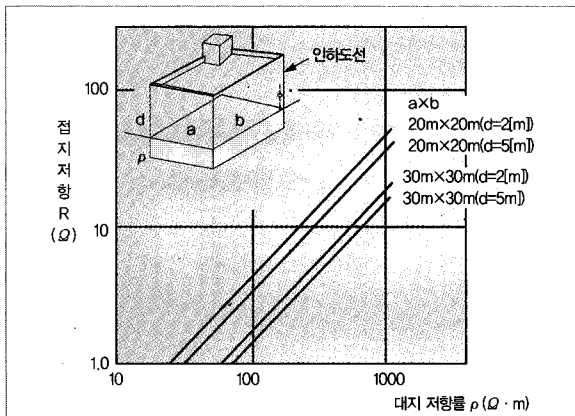


【그림 2-16】 망상(메시) 접지극의 접지저항

• 건축물 등의 기초 구조체 대응 접지극

전술한 것처럼 접지를 목적으로 인공접지극과는 다른 철근 콘크리트조의 기초 구조체를 접지극으로 대응하는 것이다. 땅속에 있는 철근 콘크리트조의 물체는 전기적으로 도체가 되고, 접지극으로 대응할 수 있는 것이 확인되고 있다.

【그림 2-17】에 나타난 것처럼 건축물의 기초 구조체에 있어서 토양과 접하는 표면적을 구하고, 등가표면적치환법에 의해 반구상 전극의 접지저항을 구조체 대응 접지극의 접지저항으로 하는 방법이다. 이 방법 이외에 등가체적치환법 및 모양계수법도 있다.



【그림 2-17】 건축물 기초 구조체의 접지저항

③ 접지극 시공

외부 환상 접지극은 최소깊이 0.5m 에 벽과 1m 이상 떨어져 매설하는 것이 좋다. 접지극은 피(彼)보호 범위의 외측에 깊이 0.5m 이상으로 매설하고 지중에서 상호의 전기적 결합효과가

최소가 되도록 균등하게 배치한다.

매설 접지극 시공 중에 검사가 가능하도록 설치한다.

접지극의 종류 및 매설 깊이는 부식, 토지의 건조와 동결의 영향을 최소한으로 억제하여 등가대지 저항을 안정시켜야 한다. 토지가 결빙상태로 있는 경우에 수직전극의 최소 1m는 그 효과를 무시할 수 있다. 견고한 암반이 노출한 경우에 B형 접지극만을 설치할 것을 권장한다.

(5) 조임 및 접속부

① 조임

전기적 용력이나 우발적 기계력(진동, 눈 붓기의 떨어짐 등)에 의해서 도체의 단선이나 느슨함이 생기지 않도록 수뢰부와 인화도선을 견고하게 고정하여야 한다.

② 접속부

도체의 접속부 수는 최소한으로 한다. 접속은 땀질, 용융 용접, 압착, 나사 조임이나 볼트 조임 등의 방법에 의해서 확실하게 해야 한다.

(6) 재료

사용재료는 뇌전류에 의한 전기적, 전자기적 효과와 예상되는 우발적 스트레스 손상을 받지 않고 견뎌야 한다. 피(彼)보호 건축물이나 뇌보호 시스템에 부식이 발생할 것을 고려하여 재료와 크기를 선정한다.

재료가 충분한 도전성과 내식성이 있으면, 뇌보호 시스템의 부재를 <표 2-5>에 열거한 재료로 제작할 수도 있다. 다른 재료는 이들과 동등한 기계적, 전기적 및 화학적(부식) 특성을 가진 경우에 사용할 수 있다.

【표 2-5】 뇌보호 시스템의 재료와 사용조건

재료	사용			부적		
	기중	지중	콘크리트중	내성	진행성	전해대상
구리	단선, 연선 및 피복선	단선, 연선 및 피복선		대부분의 물결에 견딘다	고농축염의물 황화합물 유기물	
용융 아연 도금강	단선, 연선	단선	단선	산성 토양중에서도 양호		구리
스테인리스강	단선, 연선	단선		대부분의 물결에 견딘다	염화물의 수용액	
알루미늄	단선, 연선				염기성물질	구리
납	단선 및 피복선			고농축황화물	산성토양	구리

(7) 내부 뇌보호 시스템(internal lightning protection system)

① 등전위 본딩

등전위화는 보호범위에서 화재, 폭발위험과 인명피해의 위험

을 감소시키기 위한 매우 중요한 수단이다. 뇌보호 시스템, 금속제 구조체, 금속제 설비, 계통의 도전부분 그리고 피(彼)보호 공간 내의 전원과 통신용 설비를 본당용 도체나 서지 억제기로 접속함으로써 등전위화를 한다.

뇌보호 시스템을 설치한 경우 피(彼)보호범위 외부의 금속체가 영향을 받게 되므로 뇌보호 시스템 설계시 고려하며, 외부의 금속제에는 등전위 본딩(EB)이 필요할 수도 있다.

외부 뇌보호 시스템이 설치되지 않았으나 인입선에 대한 뇌보호가 필요한 경우, 등전위 본딩을 설치하여야 한다.

② 금속제 설비에 대한 등전위 본딩

가. 지하부분이나 지표면 부근의 장소, 본당용 도체는 쉽게 점검할 수 있도록 설계하고, 설치된 본당용 바에 접속하여야 한다. 본당용 바는 접지 시스템에 접속되어야 한다. 대규모 건축물 등에서는 두 개 이상의 본당용 바를 설치하고 그것들은 상호 접속되어야 한다.

나. 높이가 20m를 초과하는 건축물 등에서는 지표상 수직간격 20m 이하의 장소에 인하도선에 접속한 수평 환상도체를 본당용 바에 접속하여야 한다. 뇌전류의 전부 또는 대부분이 본딩 접속부를 흐를 경우 본당용 도체의 최소단면적을 <표 2-6>에 그외의 경우의 단면적을 <표 2-7>에 나타낸다.

【표 2-6】 뇌전류의 대부분이 흐르는 본당용 도체의 최소수치

보호레벨	재료	단면적(mm <sup>2</sup> )
I ~ IV	동(CU)	16
	알루미늄(AL)	25
	철(Fe)	50

【표 2-7】 뇌전류의 일부만이 흐르는 본당용 도체의 최소수치

보호레벨	재료	단면적(mm <sup>2</sup> )
I ~ IV	동(CU)	6
	알루미늄(AL)	10
	철(Fe)	16

③ 계통 외 도전성 부분의 등전위 본딩

계통 외 도전부분에 설치한 등전위 본딩은 가능한 한 건축물 등으로의 인입점 가까이에 실시한다. 이 본당용 접속부에는 뇌전류의 대부분이 흐른다고 예상이 되므로 금속제 설비에 대한 등전위 본딩 기준을 적용한다.

④ 특수조건에 있는 금속제 설비, 전원, 통신설비와 계통외 도전성 부분의 등전위 본딩

외부 뇌보호 시스템(LPS)이 필요 없는 경우 금속제 설비, 전원, 통신설비와 계통 외 도전성 부분을 특수조건에서의 접지 조건을 적용한다.

※ 특수조건에서의 접지 시설 : 외부 뇌보호 시스템은 필요 없는 경우 길이  $l_0$ 의 수평전극 또는 길이 0.5 $l_0$ 의 수직(또는 경사) 전극을 접지로 사용할 수 있다. 접지극의 전체길이가  $l_0$ 의 수평으로  $l_0$ 이거나 수직(또는 경사)으로 0.5 $l_0$ 이상이면, 저압 전기설비의 접지 시스템을 이와 같은 목적으로 사용할 수 있다.

⑤ 일반조건에 있는 전원과 통신설비의 등전위 본딩

전원과 통신설비에 대한 등전위 본딩은 금속제 설비에 대한 등전위 본딩 기준을 적용한다. 등전위 본딩은 가능한 한 건축물 등의 인입점 가까이에 설치한다.

전선이 차폐되어 있거나 금속전선관 내에 수납된 경우, 실드의 전위차로 케이블과 접속 기기에 위험을 주지 않을 정도의 전기저항을 갖는다면 실드만을 본딩하여도 된다. 전로의 전선은 직접 또는 간접적으로 본딩을 해야 한다. 충전용 전선은 반드시 서지억제기를 통해서 뇌보호 시스템에 본딩을 한다.

⑥ 뇌보호 시스템의 근접설비와의 이격

수뢰부 또는 인하도선과 피보호 건축물 등내의 금속제 공작물, 전력신호 및 통신설비 사이의 절연은 그것들의 이격거리 "d"를 안전이격거리 "s" 이상으로 하여야 한다.

$$d \geq s \quad (2-5)$$

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l [m] \quad (2-1)$$

단,  $k_i$  : 뇌보호 시스템의 보호레벨에 관계된 계수(<표 2-8>)

$k_c$  : 치수형상에 관계되는 계수(<그림 2-18>)

$k_m$  : 이격재료에 관계되는 계수(<표 2-9>)

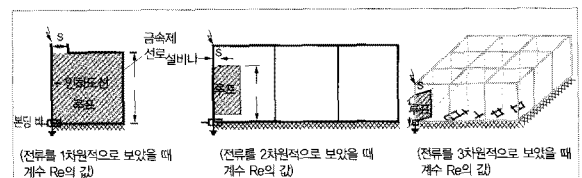
$l$  : 가장 가까운 등전위 본딩에 근접한 점에서부터 인하도선까지의 길이

【표 2-8】 계수  $k_i$ 의 값

보호레벨	$k_i$
I	0.1
II	0.075
III~IV	0.05

【표 2-9】 계수  $k_m$ 의 값

보호레벨	$k_m$
공기	1
고체	0.5



【그림 2-18】 치수형상에 관계된 계수

⑦ 인명위험에 관한 안전대책

피뢰호물 내에 있어서 인명위험에 관한 가장 중요한 보호대책은 등전위 본딩이다.

(8) 뇌보호 시스템 유지관리 및 검사

① 뇌보호 시스템 유지관리

정기검사는 뇌보호 시스템의 신뢰성 있는 유지관리를 위한 기본적 조건이다. 결함이 발견된 경우 즉시 유지 보수를 한다.

② 뇌보호 시스템 검사

가. 검사의 범위

- ㉗ 뇌보호 시스템의 설계적합성 여부
- ㉘ 뇌보호 시스템의 구성부재가 모두 양호한 상태이고 설계된 기능을 다하며, 부식이 없는지 여부
- ㉙ 증설된 인입구 또는 구조물이 뇌보호 시스템으로의 본딩 또는 뇌보호 시스템의 확장에 의해 피보호 공간 내에 포함되는지 여부

나. 검사의 종류

- ㉚ 건축물의 건설 중에 매설 접지극을 체크하기 위한 검사
- ㉛ 뇌보호 시스템의 설치완료 후의 가항의 ㉗과 ㉘에 대한 검사
- ㉜ 피(被)보호 공간의 종류와 부식문제를 감안하여 결정할 주기에 의해 정기적으로 하는 가항의 ㉗, ㉘ 및 ㉙에 따른 검사
- ㉝ 개수, 수리 후 또는 건축물이 뇌격을 받은 것이 확인되었을 때 가항의 ㉗, ㉘ 및 ㉙에 따른 추가 검사

4. 피뢰설비의 종류

(1) 돌침 및 피뢰설비의 구성

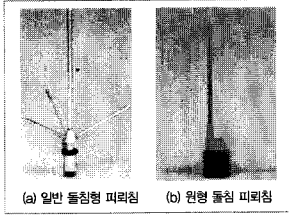
국내의 화학공장, 고층건물, 위험물 저장탱크, 전기설비 등 현장에서 낙뢰로 인한 재해 예방을 위해 현재 주로 설치, 사용하고 있는 피뢰설비의 구성은 <표 2-10>과 같다.

[표 2-10] 피뢰침 및 피뢰설비의 구성

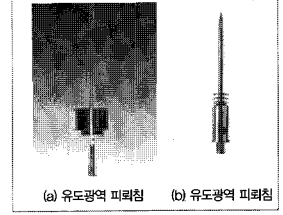
건축물 피뢰설비	화학공장/플랜트	고층건물	단독 전기설비 (조명등, Tower, 송, 변전탑)
피뢰침	○	○	○
수평도체	○	○	○
유도광역 피뢰침/ 전자필스 피뢰침	○	×	○
확인사항	• 낙뢰보호 설비 규정 : KSC IEC 61024-1 • 낙뢰보호 설비 규정에 따라 자봉층 및 지상 1층에서 • 건물 구조체에 등전위 본딩 구성		

(2) 현재 사용 중인 피뢰침의 종류

현재 피뢰설비로는 돌침형 피뢰침이 주로 사용되고 있으며, 일반 돌침형 피뢰침과 유도광역 피뢰침으로 나누어지며 [사진 2-1]과 [사진 2-2]에 제시한다.



[사진 2-1] 일반 돌침형 피뢰침



[사진 2-2] 유도광역 피뢰침

5. 낙뢰보호 규정

(1) IEC 62305 시리즈 개요

2005년부터 국내 피뢰시스템 표준인 IEC 61024 시리즈는 2007년에 폐기되었으며 이를 대신하여 IEC 61024, 61312, 61662를 통합한 IEC 62305 시리즈가 제정되었다. IEC 62305 시리즈를 간단히 살펴보면, 62305-1은 용어정의, 뇌전류 파라미터, 낙뢰에 의한 손상, 보호의 필요성과 대책, 건축물과 설비의 보호기준, 뇌영향 평가요소이며, 62305-2는 위험성 평가 기법, 건축물과 설비에 대한 위험성 평가요소 등을 포함하고 있다. 62305-3은 건축물의 뇌보호 시스템(LPS), 접촉전압과 보폭전압에 대한 인축보호, LPS의 설계시공, 유지보수 및 검사 등을, 62305-4는 LEMP(Lightning electromagnetic pulse)에 대한 보호개념, 62305-5는 건축물에 인입하는 설비에 대한 보호를 포함하고 있다. 따라서 낙뢰에 대한 보호의 필요성, 뇌보호 대책의 경제성, 적절한 뇌보호 대책의 선정은 IEC 62305-2에 제시된 위험성의 관리를 기초로 결정되어야 한다. 건축물 내에서의 인체손상과 생명의 위험성을 줄이는 보호대책은 IEC 62305-3 (Physical damage to structures and life hazard), 건축물 내의 전기전자설비의 고장을 경감시키는 대책은 IEC 62305-4, 전력선이나 통신선과 같은 건축물에 인입하는 설비의 파손을 경감시키기 위한 대책은 IEC 62305-5를 참고하는 것이 합리적이다.

(2) IEC 61024와의 차이

IEC 62305-3은 주로 외부 뇌보호 시스템(LPS)에 해당되는 규정들이며 기존의 규격에 비해 다소 강화된 규격이다. IEC 62305-3의 특징으로서 수평 환상도체의 설치 간격을 보호등급에 따라 차등 적용한 점을 비롯하여 다수 규정내용에서 IEC

61024의 규격에 비하여 다소 합리적인 내용들이 부가되었다고 판단된다. 또한 규격의 적용범위가 IEC 61024에서는 60m 이하의 건축물에만 적용되었지만 IEC 62305-3의 적용범위는 건물 높이에 관계없이 적용하고 있다는 점 등이 가장 큰 차이라고 볼 수 있다. 이미 IEC 61024라는 국제규격을 적용하고 있는 국내의 실정에서 60m 이상의 건축물에는 새로운 규격을 적용함으로써 합리적인 피뢰설비가 가능할 것이다.

① 규격의 적용 범위

IEC 61024의 적용범위는 60m 이하의 구조물을 대상으로 한정하고 있지만 IEC 62305 시리즈에서는 건물 높이에 관계없이 모든 건물에 적용한다.

② 철근 구조체의 전기적 연속성 판단 기준

LPS의 설계 시에 철근 콘크리트(RC)구조 건축물에서 철근 구조체의 전기적 연속성을 판단하는 기준으로 철근 구조체의 전기적 저항을 적합한 방법으로 측정하였을 때 저항값이 0.2 이하이면 그 철근 구조체는 전기적 연속성을 갖는 것으로 규정하고 있다.

③ 보호각 적용 기준

돌침에 의한 보호각 적용기준을 IEC 61024 규격에서는 수치로 제시하고 있지만 IEC 62305에서는 그래프에 의해 연속적으로 나타내고 있다. 또한 2m 이하에서는 보호각의 변화가 없다.

④ 측뢰에 대한 구조물 보호

구조물 높이가 60m 이상일 경우에는 측뢰에 의한 피해가 발생할 수 있음을 제시하고 이를 방지하기 위해서 60m 이상의 건물에서는 건물 높이의 상위 20%에 해당하는 부분에 측뢰를 방지하기 위한 수뢰부를 설치하도록 규정하고 있다.

⑤ 인하도선 및 수평환 도체의 설치간격

인하도선들끼리의 설치간격 및 수평환 도체들끼리의 간격을 <표 2-11>과 같이 IEC 61024 규격에서 규정하고 있는 설치간격보다 좁게 대폭 강화하여 규정하고 있으며 수평환 도체들의 설치간격도 IEC 61024 규격에서는 보호등급에 관계없이 20m로 규정하고 있지만 IEC 62305 규격에서는 보호등급에 따라 차등 적용하고 있다.

<표 2-11> 인하도선의 설치 간격 및 수평환 도체들의 설치 간격

보호등급	인하도선들의 설치 간격 (m)		수평환도체들의 설치 간격 (m)	
	IEC 61024	IEC 62305	IEC 61024	IEC 62305
I	10	10	20	10
II	15	10	20	10
III	20	15	20	15
IV	25	20	20	20

⑥ 접지극의 최소길이

접지극의 최소길이(수직 깊이가 아니라 접지극용 지중환 도체의 총길이)를 IEC 61024 규격에서는 II등급, III등급, IV등급의 경우, 대지 저항률에 관계없다고 나타내고 있으나 IEC 62305에서는 접지극의 최소길이가 III등급과 IV등급에 대해서만 대지 저항률에 관계없음을 제시하고 있다.

⑦ 뇌보호 시스템의 재료별 최소 치수

IEC 62305 규격에서는 IEC 61024 규격에 비해 뇌보호 시스템에 사용되는 재료의 최소 굵기가 <표 2-12>과 같이 더 굵게 규정하고 있다.

<표 2-12> 뇌보호 시스템의 재료별 최소치수

보호레벨	재료	IEC 61024		IEC 62305	
		수뢰부(mm)	인하도선(mm)	수뢰부(mm)	인하도선(mm)
I ~ IV	Cu	35	16	50	50
	Al	70	25	50	50
	Fe	50	50	50	50

⑧ 접촉전압 및 보폭전압에 대한 사항 추가

접촉전압 및 보폭전압에 대한 보호방안을 제시하고 있다. 접촉전압의 경우에는 인하도선의 접촉에 의한 위험을 방지하기 위한 방안들이 제시되고 있으며, 보폭전압의 경우도 인하도선의 근체에서 보폭전압에 의한 피해가 발생할 수 있으므로 이에 대한 대책들을 규정하고 있다. ❖

❖ 미심 ❖

정정안내 4월호(32P)

KS C IEC 61024가 2007. 11. 30일에 폐지 되었으며, <표 2-4> 보호레벨에 따른 인하도선의 평균 간격을 정정하여 안내해 드립니다.

<표 2-4> 보호레벨에 따른 인하도선의 평균 간격

보호레벨	평균간격(m) (2007. 11. 30 폐지)	평균간격(m) (2007. 11. 30 제정)
I	10	10
II	15	10
III	20	15
IV	25	20