

# 최신형 피뢰침 방식의 선정

글/강 인 권  
(주)대우엔지니어링 · 전기기술사

## 1. 서 언

본고에서는 기존의 대표적인 피뢰 보호방식과 최신의 신형 ESE 피뢰침에 대해서 피뢰이론, 보호공간, 동작원리, 구조 및 제반 설치사항을 포함한 기술적 특성과 경제성 등을 비교 검토하고 최신의 피뢰 보호이론 및 신형 피뢰침 설비의 특성을 비교 검토하여 가장 적합한 피뢰 보호설비의 적용 선정기준을 정립하고자 한다.

## 2. 피뢰 보호방식의 비교

### (1) 프랭클린 돌침/메시-케이지/ESE 피뢰침 방식의 비교

기존의 대표적 피뢰 보호방식인 프랭클린 돌침 방식과 메시-케이지(수평도체 포함) 방식과 최신의 ESE 피뢰침 방식을 기술적 특성 및 경제성 면에서 비교하면 표 1과 같다

표 1 피뢰 보호방식의 비교

순번	항목	일반 피뢰 돌침 방식 (Franklin Rod)	메시-케이지 방식 (Meshed Cage) (수평도체 방식 포함)	선형 스트리머 방사형 피뢰침 방식 (ESE Lightning Conductor)
1	피뢰보호원리	· 파라데이(Paraday)의 원리	· 파라데이(Paraday)의 원리	· 선형 스트리머 (이온전하) 방사 원리
2	적용저격	· 직격뢰(단일극성)	· 직격뢰(단일극성)	· 직격뢰(정극성, 부극성)
3	피뢰보호이론 (보호공간설정)	· 보호각(45°, 60°) 적용  · 회전구체법에 의거하면 보호각 내의 공간이 완전히 보호되지 못함 즉, 설치높이가 높을수록 보호각이 매우 좁아짐	· 보호각(45°, 60°) 적용  · 회전구체법에 의거하면 보호각 내의 공간이 완전히 보호되지 못함 즉, 설치높이가 높을수록 보호각이 매우 좁아짐	· 전기기하학적 모델에 의거한 보호반경 적용  · 회전구체법(Rolling Sphere Method) 적용
4	적용표준 (Codes & Standards)	· KS C 9609 · JIS A 4201 · NFPA 780 · IEC 1024-1 · CENELEC /ENV 61024-1 · NF C 17100 · BS 6651	· KS C 9609 · JIS A 4201 · NFPA 780 · IEC 1024-1 · CENELEC /ENV 61024-1 · NF C 17100 · BS 6651	· NF C 17102 (회전구체법 및 ESE 피뢰침) · NFPA 780/781 (회전구체법) · IEC 1024-1 (회전구체법) · CENELEC /ENV 61024-1(회전구체법) · BS 6651 (회전구체법)
5	보호공간	· 보호각 내의 공간	· 보호각 내의 공간	· 회전구체법에 의거하여 피보호 평면에

순번	항목	일반 피뢰 돌침 방식 (Franklin Rod)	메시-케이지 방식 (Meshed Cage) (수평도체 방식 포함)	선형 스트리머 방사형 피뢰침 방식 (ESE Lightning Conductor)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>회전구체법이 적용되면 완전한 보호공간이 되지 못하며 설치높이가 높을수록 보호공간이 매우 협소해짐</li> <li>피보호 건물의 높이가 높으면(20m초과) 실제 보호공간이 매우 협소해짐</li> <li>보호각 내외 공간에서도 완전한 보호가 되지 않으므로 증강보호(평행도체 등) 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전구체법이 적용되면 완전한 보호공간이 되지 못하며 설치높이가 높을수록 보호공간이 매우 협소해짐</li> <li>피보호 건물의 높이가 높으면(20m초과) 실제 보호공간이 매우 협소해짐</li> <li>피보호 건물자체에만 국한됨</li> </ul>	<p>대해 설정된 보호반경 내의 공간</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>회전구체법이 적용된 완전한 보호공간 확보</li> <li>건물의 높이와 관계없이 보호평면에서의 보호반경 적용</li> <li>보호평면별 보호반경 내의 전체범위에 걸쳐 광역으로 보호공간이 설정됨</li> </ul>
6	동작원리	<pre>                     graph TD                     A[자연발생의 상승리더] --&gt; B[뇌격 흡인]                 </pre>	<pre>                     graph TD                     A[자연발생의 상승리더] --&gt; B[뇌격 흡인]                 </pre>	<pre>                     graph TD                     A[전 하 포 집] --&gt; B[고전압발생(20~25[kV])]                     B --&gt; C[고전위인가 및 펄스발생]                     C --&gt; D[선형스트리머 방사 (이온방사)]                     D --&gt; E[뇌격 흡인]                 </pre>
7	내부구조	· 없음	· 없음	· 변환장치
8	외형구조	· 돌침부 · 지지대	· 피뢰도체 · 지지물	· 돌침(Points) · 변환장치 · 지지대
9	설계방식	· 설계가 간단	· 건축구조물 형태를 고려한 피뢰도체 배치의 설계기술 필요	· 설계가 간단 · 보호평면별 보호반경을 적용하여 설치위치 및 수량 선정
10	설치방법	· 설치가 단순	· 건축구조물을 고려한 피뢰도체 설치 기술 필요	· 설치가 단순(기존 피뢰침과 동일)
11	공사비 소요비용 · 동일한 중, 대형 건축구조물 기준(예) : 30m×60m, 20mHt · 소요 피뢰도체	· 증저가 · 비용지수 : 1.0 (프랭클린 돌침 방식)  · 다수 피뢰침 소요 : 소요 피뢰침 수를 줄이려면	· 고가 · 비용지수 : 1.1 (수평도체 방식)  · 다량의 평행도체 (동부재) 소요	저가 · 비용지수 : 0.7 (ESE 피뢰침 방식)  · 소수의 피뢰침 소요 : 보호공간이 매우 크기 때문임

순번	항목	일반 피뢰 돌침 방식 (Franklin Rod)	메시-케이지 방식 (Meshed Cage) (수평도체 방식 포함)	선형 스트리머 방사형 피뢰침 방식 (ESE Lightning Conductor)
	소요 인하도선 소요 접지개소	매우 높은 지지주(Mast)가 필요하며 시공이 상당히 어려움 · 다수 본 · 다수 개소	· 다수 본 · 다수 개소	· 소수 본 · 소수 개소
12	공사기간	· 단기간 소요	· 장기간 소요	· 단기간 소요
13	인증서 및 시험성적서 (Certificate & Test Report)	· 없음	· 없음	· 공인 인증서 · 공인 시험성적서
14	보증(Guarantee)	· 없음	· 없음	· 있음
15	설치사례	· 다수	· 소수	· 다수(국, 내외)

## (2) 프랭클린 돌침/수평도체 방식의 비교

다음으로 건축구조물의 완전보호면에서 피뢰 돌침 방식과 수평도체 방식의 보호특성을 비교하면 다음과 같다.

피뢰 돌침 방식과 수평도체 방식에서 완전 피뢰 보호를 위해서는 공회 회전구체법(Rolling Sphere Method)이 적용되어야 한다.

수평도체 방식은 건축물 상부의 돌출부, 모서리 등 낙뢰 가능부분에 루프(Loop)형태로 설치되고, 보호범위(각)는 피뢰침과 동일하며, 원칙적으로 증강보호방식에서 보조 보호로 사용되는 방식이다.

그리고, 수평도체 방식에서는 수평도체에 의해 보호가 불가능한 건축물 상부의 평탄한 부분에 낙뢰시의 뇌격에 의한 아크(Arc), 섬락(Flash) 등이 발생해도 문제가 없는 경우에 수평도체의 간격을 일정한 수평거리간격 20[m]으로 시설하고 간이 보호가 되는 것으로 간주하는 것이다.

그러므로, 수평도체만에 의한 피뢰 보호는 낙뢰시에 완전 보호가 되지 않는 방식이다.

기준, NFPA 780에서는 수평도체만으로는 완전한 피뢰 보호가 되지 않으므로 반드시 돌침(Air Terminals)을 설치하도록 규정하고 있다.

## (3) 보호방식의 선정

지금까지의 피뢰 보호방식 비교검토 결과에 의

거하면 건축구조물의 완벽한 피뢰 보호를 위해서는 완전한 메시-케이지(Meshed cage)방식 또는 회전구체법을 적용한 피뢰침 설비에 의해 보호가 수행되어야 한다.

즉, 기존의 일반적 피뢰 보호방식에서 일률적인 보호각 적용의 보호공간은 완전한 보호효과를 수행하지 못하며, 건축구조물의 높이가 높을수록 20 [m] 이상 매우 협소한 보호공간만을 제공한다.

실제로, 기존 피뢰침 설치시에 보호각(보호 공간) 내의 건물 모서리에 낙뢰한 사례가 다수 있으며 이는 회전구체법이 필수적으로 적용되어야 함이 명백하게 입증된 것이다.

또한, 수평도체 방식은 간이 보호방식으로 건축물의 완전한 보호효과를 제공하지 못하고 시공 또한 쉽지 않으며 미관도 불량하고 메시-케이지 방식도 완벽한, 즉 매우 조밀한 메시(Mesh)가 아니면 메시 도체사이의 옥상 평면에는 낙뢰 보호효과가 없으며 시공이 상당히 어렵고 미관 및 유지보수 또한 불리하다.

그러므로, 중대형 건축구조물(고층 또는 대형건물 등)에는 회전구체법이 적용되고 완벽한 광역의 피뢰 보호효과를 수행하며 소요비용 또한 저가인 최신형의 ESE 피뢰침을 설치하는 것이 완전한 피뢰 보호 수행면에서 합당하다고 판단된다.

### 3. 최신형 피뢰 방식의 비교

다음으로, 최신의 피뢰 보호이론 및 신형 피뢰(침)설비에 대해 그 특성을 비교하여 적용 피뢰 보호설비의 선정기준을 정립하고자 한다.

#### (1) 주요 피뢰 보호이론(Lightning Protection Theory)

현재, 세계적으로 적용되고 있는 주요 피뢰 보호이론을 보면 다음과 같다.

##### ① 회전구체법(Rolling Sphere Method)

회전구체법은 NFPA 780, BS 6651, IEC 1024-1, CENELEC/ENV 6 1024-1, NF C 17102 등에 적용되어 있으며 국제적으로 인정되어 있는 피뢰 보호이론이다.

이 이론은 전기기하학적 모델에 입각하여 보호평면별 유효 보호반경을 설정하여 보호공간을 확보하는 방식이다. 즉, 뇌격거리를 반경으로 하는 회전구체를 대지 또는 대지상의 건축구조물 등에 접근시켜서 전방향으로 회전하도록 상정하고, 이 회전구체가 피뢰 보호설비 또는 대지상의 건축구조물 등에 접촉하는 경우에 이 접촉지점을 포함하는 수직선과 회전구체의 원주 및 접촉지점 높이만큼의 하부 수평선으로 포위되는 공간이 뇌격으로부터 유효한 보호공간이 되는 것이다.

실제적으로, 일반 피뢰침 설치시에 보호각에 의한 보호공간 내의 구조물 측면에 낙뢰한 사례가 다수 있으며 이는 회전구체법의 적용 필요성이 실제적으로 입증된 것이다.

##### ② 포집공간법(Collection Volume Method)

포집공간법은 NZS/AS 1768에 적용되어 있는 것으로 호주, 뉴질랜드 등의 영연방지역에서 적용되고 있다.

해당지역의 뇌격 관련 제반자료(건축구조물 자료, 뇌운의 위치, 뇌운의 전하밀도, 뇌격강도, 기타 주변환경/기후/대지 관련자료 등)에 기초하여 뇌격 양상을 모의하고 그 결과에 의거하여 피뢰 보호공간을 설정하는 방식이다.

즉, 뇌운으로부터의 하강리더와 대지상 건축구조물 등의 상부의 피뢰침 및 주변 대지로부터의 상승리더에 대해서 각각의 전진속도를 설정하여 이를 모의하고 그 결과, 하강리더가 대지로부터의 상승리더와 먼저 접촉하는 지점을 모두 연결하여 형성되는 건축구조물 상부의 포물선 내부공간은 하강리더가 피뢰침으로부터의 상승리더와 우선적으로 접촉하게 되므로 이 포물선들의 내부공간은 뇌격으로부터 보호된다고 가정하는 것이다.

그러므로, 설계자체가 대부분 가상설정된 자료에 의거하여 수행되며 수행 모의 결과에 대한 실제적 입증이 필요하다.

##### ③ 방산배치법(Dissipation Array System)

해당 지역의 뇌격 관련 제반조건(뇌운의 전하밀도, 전계밀도, 대지/주변 구조물 등의 제반자료)을 입력, 모의하여 전하 방산장치(미세침 또는 도전성띠 형태)를 전기기하학적으로 배치하고 접지하여 주변의 코로나 방전에 의거하여 뇌운의 전하를 방산, 소멸시키는 방식이다. 즉, 강전계속에서 미세침 형태의 첨단부는 주변의 공기분자를 이온화하여 전자를 방산하며 이 첨단부의 전위는 주변전위보다 약 10 [kV] 정도 상승한다. 이 경우, 자연방전에 의해서 미세침 주변의 전하가 소거되고 공기분자로 진이된다.

현재, 일부 배전선로 등에서 시험중이다.

상기의 피뢰 보호이론(방식) 중에서 회전구체법과 포집공간법은 어느 피뢰침에서나 다 적용할 수 있는 방식이다.

#### (2) 최신형 피뢰침 설비의 특성

현재, 국내에 보급되고 있는 주요 신형 피뢰침에는 변환장치의 형식 및 전하포집/방사구조에 따라 다음의 종류가 있으며 그 주요특성은 다음과 같다(이하의 신형 피뢰침 종류 구분 A형~D형은 편의상 구분한 것임).

##### ① A형 : 압전형(포인트/센서 : Point/Sensor)

이 피뢰침은 보호공간 설정에 회전구체법을

적용하고 있다.

센서(Sensors)부 및 복수개의 포인트에 의해 주변전하를 포집하고 뇌운 상황에서서의 기류에 의한 미세진동을 병합하여 압전 세라믹(Ceramics)에 의해 효과적으로 고전압 펄스를 발생시킨다.

이 압전 펄스가 복수개의 포인트에 인가되어 이온을 방사시키는 능동형 동작 방식이며, 상부 센서부의 벤추리 공(Venturi Hole)을 통해 방사효과를 증대시킨 방식이다.

② B형 : 전자형(디스크/돌침 : Disc/Rod)

이 피뢰침도 보호공간 설정에 회전구체법을 적용하고 있다.

단일 돌침(Rod) 및 디스크(Disc)에 의해 주변전하를 포집하고 실린더 내부의 전자회로를 통해 고압으로 승압, 펄스발생 전자장치를 거쳐서 단일 돌침부에서 방사하는 방식이다.

③ C형 : 전자형(하부/상부전극 : Lower/Upper Electrodes)

하부전극(Lower Electrode)에 의해 주변 전하를 포집하고 본체내부(Housing)의 전자회로

에 의해 고압으로 승압하며 펄스발생 전자장치를 통해 상부전극(Upper Electrode)에서 방사하는 방식이다.

④ D형 : 전자형(반구체/돌침 : Sphere/Rod)

이 피뢰침은 뇌격 환경의 전계하에서 포집된 전하와 내장되어 있는 수동형 전자장치(Passive Electronics)에 의해서 외부 반구체면의 최정부 주변의 전계를 집중시켜서 전위를 상승시키고 이 집중된 전계하에서 상부의 돌침에서 전기방전이 발생되도록 하는 방식이다.

그러므로, 이 피뢰침의 뇌격 흡인범위는 일정하지 않고 제반 뇌격 환경에 따라서 달라지게 된다.

그리고, 보호공간 설정에 포집공간법을 적용하고 있으므로 각 경우별 뇌격 양상의 모의 결과에 따라 보호범위가 각각 다르게 설정된다. 즉, 발생 뇌격의 속도, 상승 스트리머의 속도 및 주변 전계강도 등에 따라서 모의결과 및 보호범위가 달라지는 것이다.

기 언급된 신형 피뢰침 방식을 그 특성, 적용 피뢰이론, 구조 및 구성, 동작원리 등을 비교, 요약하면 표 2와 같다.

표 2 최신형 피뢰침 방식의 비교

순번	항목	A형 피뢰침 [압전형(포인트/센서)]	B형 피뢰침 [전자형(디스크/돌침)]	C형 피뢰침 [전자형(하부/상부전극)]	D형 피뢰침 [전자형(반구체/돌침)]
1	피뢰이론 (보호공간설정)	회전구체법 (Rolling Sphere Method)	회전구체법 (Rolling Sphere Method)	회전구체법 (Rolling Sphere Method)	포집공간법 (Collection Volume Method)
2	적용기준	· NF C 17102 (ESE) · IEC 1024-1 · NFPA 780 · BS 6651 · CENELEC /ENV61024-1	· NF C 17102 (ESE) · IEC 1024-1 · NFPA 780 · BS 6651 · CENELEC /ENV 61024-1	· NF C 17102 (ESE) · IEC 1024-1 · NFPA 780 · BS 6651 · CENELEC /ENV 61024-1	· NZS/AS 1768
3	내부구조	압전 세라믹 장치 (Piezoelectric Ceramics) (Active Electronics)	전압증폭용 전자장치 + 펄스발생장치 (Active Electronics)	전압증폭용 전자장치 + 펄스발생장치 (Active Electronics)	전자장치 (Passive Electronics)
4	외형구조	센서부 (Points & Sensors) +	돌침(Rod) + 디스크(Disc)	상부/하부전극 (Electrode & Rod) +	돌침부 (Rod) +

순번	항목	A형 피뢰침 [압전형(포인트/센서)]	B형 피뢰침 [전자형(디스크/돌침)]	C형 피뢰침 [전자형(하부/상부전극)]	D형 피뢰침 [전자형(반구체/돌침)]
		본체	+ 실린더	본체	반구체 (Sphere)
5	동작원리	전하포집 (Points/Sensors) ↓ 고전압 펄스 발생 (포집전하와 미세진동에 의 거한 공명현상 및압전/발전 작용에 의해 효과적으로 고 전압의 압전 펄스 발생) ↓ 선행 스트리머/이온방사 (Points/Sensors) ↓ 뇌격흡인	전하포집 (Rod/Disc) ↓ 고전압 발생 ↓ 고전위인가/펄스 발생 ↓ 선행 스트리머/이온방사(Rod) ↓ 뇌격흡인	전하포집 (Lower Electrode) ↓ 고전압 발생(전자장치) ↓ 고전위인가/펄스 발생 ↓ 선행 스트리머/이온방사 (Upper Electrode/Rod)	전하포집 ↓ 전계집중 ↓ 전기방전 ↓ 뇌격흡인
6	보호공간 (보호반경)	· 회전구체법에 근거한 보 호반경 개념으로 설정됨 · 보호반경기준 : NF C 17102	· 회전구체법에 근거한 보호 반경 개념으로 설정됨 · 보호반경기준 : NF C 17102	· 회전구체법에 근거한 보호반경 개념 · 보호반경기준 : NF C 17102	· 실제적인 제반 뇌격 환경 및 주위환경의 수치자료를 입 력한 뇌격 모의 결과에 의거 하여 보호공간을 설정함
7	설치위치 및 소요본수	· 보호평면별 보호반경을 계산하여 종류/위치/소 요 본수 결정함	· 보호평면별 보호반경을 계산하여 종류/위치/소 요 본수 결정함	· 보호평면별 보호반경을 계산하여 종류/위치/소 요 본수 결정함	· 실제적인 제반 뇌격 환경 및 주위환경의 수치자료를 입력한 뇌격 모의 결과에 의거하여 설 치위치 및 소요 본수를 결정함
8	비고	· 보호공간 설정에 있어서 회전구체법(Rolling Sphere Method)을 적용한 능동형 동작(Active Operation)의 ESE 피뢰침 방식임 · 고전압 펄스 발생은 단지 압전 세라믹에 의거함 · 포집전하와 뇌격기류의 미세진동에 의거한 공명 현상을 이용하여 압전/발 전작용에 의해 효과적으 로 고전압의 압전 펄스를 발생함 · 뇌격기류를 이용한 벤추리 (Venturi) 효과 및 다수개 의 센서에 의해 전하포집 및 선행 스트리머 방사효 과를 극대화 함 · 외형구조가 단순함	· 보호공간 설정에 있어서 회전구체법을 적용한 능 동형 동작의 ESE 피뢰침 방식임 · 고전압 발생 및 펄스 발생 모두 전자장치에 의거함 · 디스크/돌침만에 의해 전 하포집 및 선행 스트리머 를 방사함 외형구조가 다 소 복잡함	· 보호공간 설정에 있어서 회전구체법을 적용한 능 동형동작의 ESE 피뢰침 방식임 · 적용 보호등급 : High/Medium/Standard 고전압 발생 및 펄스 발 생 모두 전자장치에 의 거함 상부/하부의 전극만에 의해 전하포집 및 선행스 트리머 방사를 수행함 · 외형구조가 다소 복잡함	· 전계집중용 수동형 전자장치 (Passive Electronics)로 동작하는 수동형 동작의 ESE 피뢰침 방식임 · 보호공간이 일정하게 설정 되지 않고 제반 뇌격 환경에 따라 변함 · 보호공간 설정에 있어서 포 집공간법(Collection Volume Method)을 적용한 방식임 뇌격/환경 수치자료 및 뇌격 모의 결과에 대한 실증적 입증 이 필요할 것임

#### 4. 최신형 피뢰침 방식의 선정

현재, 설치지역의 정확한 뇌격 관련 제반 수치 자료, 기상 및 지형자료 입수가 어렵고 실제 입증 이 되지 않은 가상 설정 데이터에 의한 뇌격 양상의 모의결과로 설정되는 보호공간에 대한 피뢰 보호효과는 신빙성이 없다고 판단된다.

최신형 피뢰침 선정시에는 실제 시험 입증된 기술적 특성 및 피뢰 효율을 감안하여 선정함이 타당하다. 즉, 실제 입증된 피뢰 보호반경, 내부승압/발전장치, 피뢰 성능, 신뢰도 및 피뢰 효율 증대 구조, 무보수화 등을 감안하여 선정하여야 한다.

그러므로, ESE 피뢰침의 기술성(피뢰이론, 적용 기준, 내외부 구조, 동작원리, 보호공간/반경, 인종/보중 등)을 고려하여 동작 신뢰도가 높고 제반 뇌격 환경(뇌격기류, 미세진동 및 공명 등)을 이용하여 신속·정확하게 동작(전하포집/승압/발전/펄스방사)하는 최신형 소자 및 장치의 적용으로 피뢰 효율을 극대화시키고 피뢰 성능, 신뢰도 및 피뢰 효율이 우수하며 구조가 간단하고 무보수화된 ESE 피뢰침을 선정함이 합당하다.

[자료협조 : 동경 E & C/Franklin France]

### 전력기술인의 기술지식과 정보제공을 위한 전기설비의 기술기준 발간



최근 발간한 「전기설비의 기술기준」은 전기사업법에 의한 전기설비 기술기준, 발전용 화력설비 및 발전용 수력설비 기술기준, 발전설비 용접 기술기준 등 4편으로 구성, 총정리한 1999년도 개정판입니다.

전력기술인 여러분의 좋은 업무수행 지침서가 될 것을 확신합니다.

- ▶ 정 가 : 15,000원[회원가 : 12,000원, 20% 할인]
- ▶ 협회 본부 및 지부 방문 또는 우편 주문 가능
- ▶ 우편주문의 경우는 도서 구입자가 우송료(2,500원) 부담하며, 송금전 확인 요망
- ▶ 기타 궁금한 사항은 본부 및 해당 지부로 문의 바랍니다.