

수뢰부시스템의 회전구체법 이해와 적용

- 피뢰설비규격 KS C IEC 62305-3 -

피뢰설비 수뢰부시스템의 설치 위치는 보호각법, 메시법과 회전구체법 등의 방법에 따른다. 이 가운데 회전구체법이 피뢰설비에서 중요한 요소다. 따라서 적절한 피뢰설비의 계획·설계를 위해서는 회전구체법에 대한 이해가 필수다. 본고에서는 이를 위해 회전구체법의 변천과정과 기초이론을 소개하고, IEC규격에 기술되어 있는 회전구체법의 내용과 적용방법과 사례를 통해 설계·시공·감리 현장 실무자들이 회전구체법을 올바르게 이용할 수 있도록 관련정보를 제공하는데 목적이 있다.

◆ 5월호부터 연재된 내용입니다.

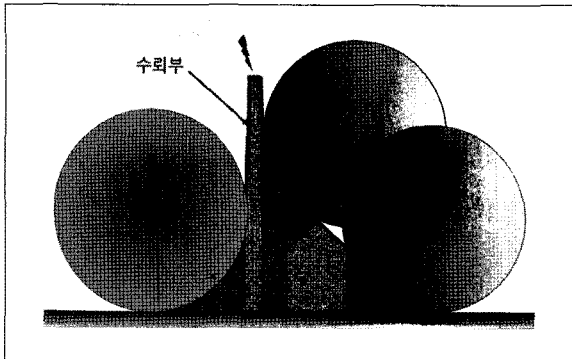


글_ 정지열 (No. 81169)

- 現 한국건설관리공사 재직(전기감리단장)
- 대한주택공사 전기설계처장
- 주택관리공단 기술이사
- 건교부중앙설계심의위원
- 대한조명설비학회이사
- 대한주택공사설계자문위원
- 한국토지공사기술자문위원
- 단국대학교 공과대학 전기공학과 졸업
- 송실대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사)

3.3 회전구체법에 의한 뇌격 장소

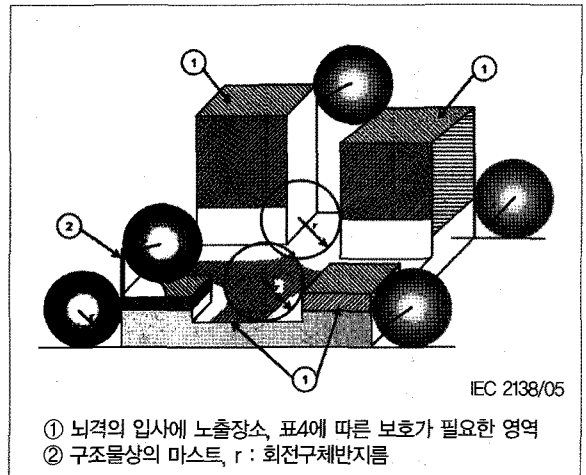
회전구체법은 표4에서 보호각법의 사용이 제외되는 구조물의 일부와 영역의 보호공간을 확인하는데 적용한다. 반지름이 r 인 회전구체를 구조물(또는 건물)의 상부, 둘레 그리고 대지 위에 모든 방향으로 굴렸을 경우 회전구체가 접촉하는 곳에는 대부분 낙뢰의 가능성이 있다. 건물 표면에 회전구체를 굴러봄으로써 그와 같은 뇌격 장소를 결정할 수 있다[그림7참조]. 회전구체와 접촉하는 모든 점과 면에는 수뢰 수평도체 또는 돌침을, 회전구체가 접촉하는 평면에는 수뢰도체 메시를 설치한다.



【그림 7】 회전구체법에 의한 뇌격장소, 수뢰부가 필요한 영역 (KS C IEC62305-3 그림E18a 참조)

수뢰부시스템을 실제로 설계할 때는 각 LPL에 따른 회전구체 반지름 r 과 수뢰도체 메시의 메시폭은 IEC62305-3에 규정되어 있으므로 이것을 이용한다(표4참조).

회전구체가 접촉하는 장소(점과 면)를 확인하기 위해서는 도면 또는 모형을 가지고 할 수 있다. CAD를 이용해 도면위에 건물의 외형도와 같은 축척으로 단지 정면도, 측면도와 평면도에



- ① 뇌격의 입사에 노출장소, 표4에 따른 보호가 필요한 영역
- ② 구조물상의 마스크, r : 회전구체반지름

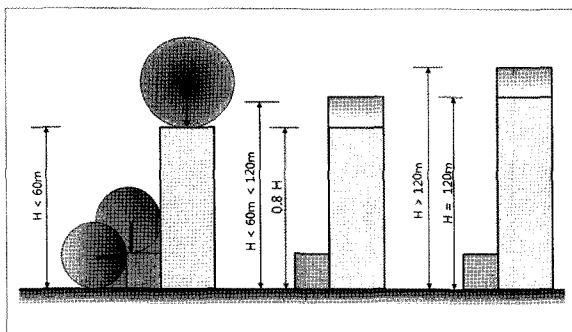
【그림 8】 회전구체법에 의한 복합구조물의 뇌격장소 (KS C IEC62305-3.그림E19 참조)

LPL에 따른 반지름 r 인 회전구체를, 그리고 그 구체가 건물과 바닥면에 접촉할 때까지 굴러 이동시킨다. 이렇게 해서 회전구체가 접촉하는 모든 장소에는 수뢰부를 설치해야 한다. [그림8]은 복잡한 형태의 구조물을 회전구체를 이용해 뇌격장소를 확인하는 방법을 나타낸다. 음영이 있는 부분은 뇌격에 노출되어 표4에 따른 수뢰부시스템의 설치가 필요하고, 음영이 없는 부분은 보호공간에 들어가 있어 수뢰부 설치가 필요 없는 곳이다. 이 때 건물 높이가 다른 부분이 보호공간에 포함되는지, 제외되는지를 주의해서 확인한다[22].

3.4 높은 구조물의 측벽에 대한 수뢰부

회전구체의 반지름 r 보다 높은 모든 구조물(건축물)에는 측벽이 들 수 있다. 회전구체가 접촉되는 구조물 측면의 점과 면에 낙뢰할 수 있다. 그리고 높은 구조물에 가해지는 낙뢰의 대부분은 그 구조물의 꼭대기, 가장자리, 모서리에 떨어지고 측면에는 낙뢰의 수 %만이 가해지기 때문에 일반적으로 이들의 뇌격에 의한 리스크는 적다고 할 수 있다. 그래서 60m이하의 구조물에 들 수 있는 확률은 무시할 수 있는 정도다.

한편, 높이 60m를 초과하는 구조물(또는 건물)은 특히 뾰족한 점, 모퉁이, 모서리에는 측벽이 들 수 있다. 높은 구조물의 상층부(구조물 높이의 최상부에서 20%)와 이 부분에 시설된 설비를 보호할 수 있도록 수뢰부시스템을 설치해야 한다[그림9 참조][22][28]. 그리고 구조물의 높이가 120m를 초과해 위험이 노출될 가능성이 있는 모든 부분은 뇌격으로부터 보호될 수 있도록 피뢰대책을 수립한다. 특히 요즘처럼 증가 추세에 있는 초고층 건물의 경우 건물의 측벽에 수뢰도체를 설치할 경우 비용 증가는 물론 건물 미관을 해칠 우려가 있을 수 있다. 그러므로 건축·피뢰설비 설계 계획 단계부터 보호대상건물의 피뢰대책에 대해 서로 충분한 검토와 협의가 필요하다.

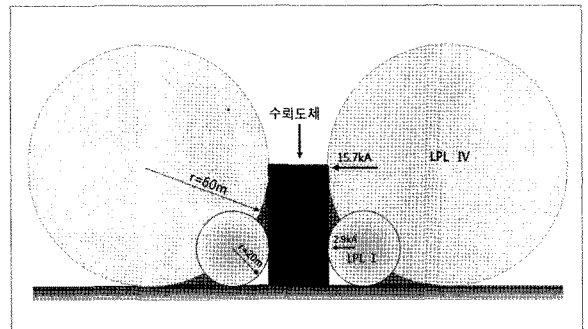


[그림 9] 회전구체에 의한 고층구조물의 수뢰부 (ERICO's Lightning protection handbook)

3.5 회전구체 반지름의 결정

IEC62305-3에서 LPL이 결정되면 회전구체 반지름(‘뇌격거리’와 같다)은 따라서 정해진다(표4참조). 회전구체가 접촉하는 장소에는 수뢰부를 설치해야 한다. [그림10]은 LPL I 과 LPL IV 일 때 회전구체에 따른 보호공간을 나타낸다. 반지름 20m인 회전구체가 접촉하는 장소에는 뇌격전류 최소피크치(이하 ‘피크치’) 3kA의 뇌격이 있으며, 반지름 60m 인 회전구체가 접촉하는 장소에는 16kA의 피크치를 갖는 뇌격이 있다. 이것은 LPL I 인 경우 3kA의 낙뢰를 맞아도 구조물은 손상을 입지 않는다는 전제다. 하지만 피크치가 3kA이상 되는 낙뢰에 대해서는 구조물에 직격뢰를 맞지 않도록 수뢰부시스템을 설치해야 한다.

또한, (2)(3)식에 따라 회전구체의 반지름과 뇌격전류 피크치를 결정할 수 있다. 낙뢰의 피크치가 적은 경우 일반적으로 구조물에 피해를 주는 것은 없다. 건물 측벽이 어느 피크치까지 견딜 수 있는지를 알 수 있다면 (2)(3)식에 따라 계산한 회전구체 반지름에 해당되는 높이까지는 수뢰도체를 설치할 필요가 없다. 예를 들어 LPLIV의 경우 구조물 측벽이 15.8kA의 피크치를 갖는 낙뢰에 견딜 수 있다는 의미이며, 회전구체 반지름과 같은 높이 60m까지는 측벽에 수뢰도체를 설치할 필요가 없다. 하지만 구조물의 외벽이 예민하거나 재료에 따라서는 그러한 피크치의 뇌격에도 손상을 입을 수 있고 경우에 따라서는 벽을 통해 구조물 내부에 있는 전기·전자기기도 영향을 줄 수 있으므로 여러 사항들을 신중히 고려해서 결정한다 [26][28].



[그림 10] LPL I 과 LPLIV 의 보호공간

3.6 수뢰도체간 회전구체의 침투거리

수뢰도체 위를 굴러가는 회전구체는 보호공간 안으로 들어간다. 그 부분이 절연물로 되어 있는 경우는 낙뢰의 우려가 없지만

회전구체와 접촉되거나 또는 대지와 도전적으로 접속된 금속 물이 있을 때는 낙뢰를 맞을 가능성이 있다. 따라서 수뢰도체를 회전구체가 침투하는 거리를 고려해서 수뢰부의 이격거리를 확보하는 것이 중요하다[26]. 이것은 메시법(mesh method)과도 상관이 있지만 본고에서는 제외한다.

[그림 11]과 같이 평탄한 표면의 보호를 위해 장방형 구조물의 각 모퉁이에 높이가 동일한 2개 또는 3개 이상의 수뢰돌침을 설치한 경우 두 개 돌침 사이의 거리(distance between two rods)는 다음의 식에 따라 계산한다. 표 5는 (4)식으로 계산한 수뢰돌침 사이의 거리를 나타낸다.

$$d = 2\sqrt{2rh - h^2} \quad (4)$$

여기서 d = 두 개 돌침 또는 2개의 평행한 수평도체 사이의 거리

r = 회전구체의 반지름 (m)

h = 돌침의 높이 (m)

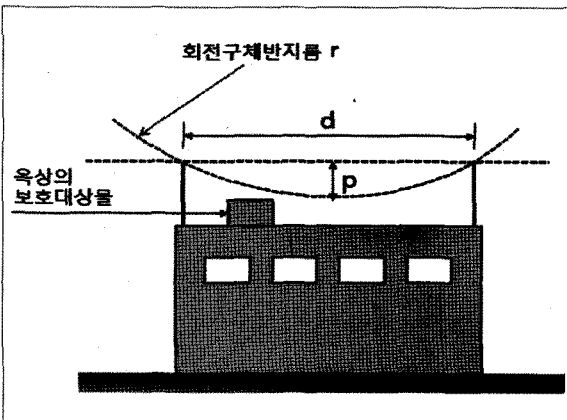
그리고 수평 기준평면의 상부에 2개의 수평 수뢰도체가 평행하게 설치된 경우 수뢰도체 사이의 공간 아래로 회전구체가 침투하는 거리(penetration distance)는 다음의 식으로 계산한다. 표 6은 (5)식에 따라 계산한 회전구체 침투거리를 나타낸다[27].

$$p = r - \sqrt{r^2 - \frac{d^2}{2}} \quad (5)$$

여기서, p = 침투 거리

r = 회전구체의 반지름 (m)

h = 두 개의 돌침 사이 거리 (m)



[그림 11] 회전구체의 침투거리 (ERIC's Lightning protection handkook)

[표 5] 회전구체의 보호거리(d)

돌침높이 h(m)	LPLⅠ r=20	mLPLⅡ r=30m	LPLⅢ r=45m	LPLⅣ r=60m
0.5	8.89	10.91	13.38	15.46
1.0	12.49	15.36	18.87	21.82
1.5	15.20	18.73	23.04	26.66
2.0	17.44	21.54	26.53	30.72
2.5	19.36	23.98	29.58	34.28
3.0	21.07	25.15	32.31	37.47
3.5	22.61	28.12	34.80	40.39
4.0	24.00	29.93	37.09	43.08
4.5	25.28	31.61	39.23	45.60
5.0	26.46	33.17	41.23	47.96

[표 6] 회전구체의 침투거리(p)

돌침높이 d(m)	LPLⅠ r=20	mLPLⅡ r=30m	LPLⅢ r=45m	LPLⅣ r=60m
1	0.01	0.00	0.00	0.00
2	0.03	0.02	0.01	0.01
3	0.06	0.04	0.03	0.02
4	0.10	0.07	0.04	0.03
5(5×5m)	0.16	0.10	0.07	0.05
6	0.23	0.15	0.10	0.08
7	0.31	0.20	0.14	0.10
8	0.40	0.27	0.18	0.13
9	0.51	0.34	0.23	0.17
10	0.64	0.42	0.28	0.21
14(10×10m)	1.27	0.83	0.55	0.41
15	1.46	0.95	0.63	0.47
20	2.68	1.72	1.13	0.84
21(15×15m)	2.98	1.90	1.24	0.93
28(20×20m)	8.72	3.47	2.23	1.66
30	6.77	4.02	2.57	1.91
45	-	10.16	6.03	4.38
60	-	30.00	11.46	8.04

주 : ()는 대각선거리에 상응하는 메시 크기를 나타낸다.

4. 회전구체법의 적용방법과 사례

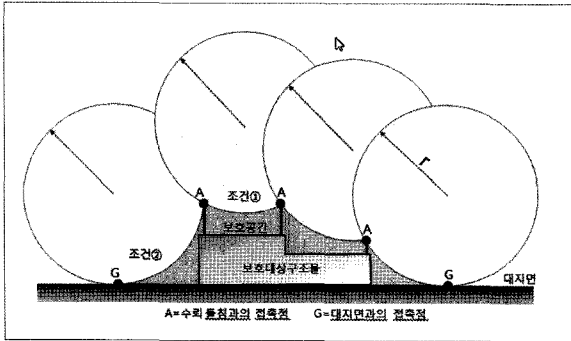
4.1 적용방법

뇌격거리와 뇌격피크전류에 근거한 전기기하학적모델(EGM)에서 유도된 회전구체법은 IEC62305의 외부 수뢰부시스템의 기본이론이다. 또 보호각법과 메시법도 이 회전구체법에 의존한다. 회전구체법은 수뢰부 높이 h 와 뇌격거리(구체반지름) r 이 보호범위를 결정하는 요인이다. 그리고 이론상 회전구체법은 보호대상구조물(이하 건축물에 접촉하는 부분(점, 면)에는 낙뢰를 맞을 수 있다는 개념이며, 뇌격 점을 결정 내지는 확인해서 수뢰부를 배치시키는 방법(method)이기 때문에 회전구체의 접촉부분에는 수뢰부시스템(돌침, 수평도체, 메시 등)을 설치해서 건축물을 보호해야 한다.

회전구체법의 원리는 다음의 두 가지 조건을 전제로 한다. 따라서 회전구체법을 적용할 경우에는 반드시 이점을 염두에

두고 설계해야 한다[그림12참조].

- ① 회전구체가 두 개 이상의 수뢰부에 동시에 접촉해야 하며,
- ② 또는 동시에 하나 이상의 수뢰부와 대지에 접촉해야 한다.

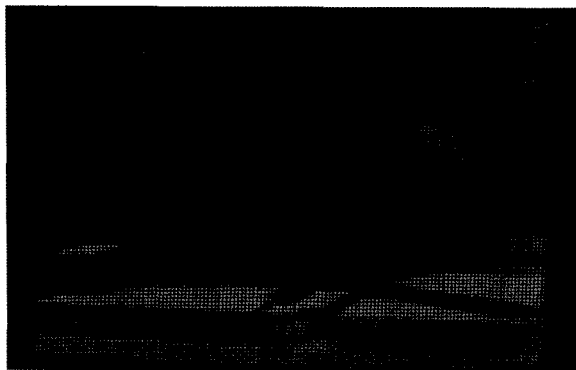


[그림 12] 회전구체법의 전제조건

회전구체법은 아주 단순한 형태의 건축물을 제외하고는 다른 수뢰부시스템 배치방법, 즉 보호각법, 메시법과의 조합을 통해 설계를 해야 한다. 보호각법은 필자가 문헌[12]로 소개 바 있음으로 본고에서는 회전구체법의 기본적인 설계방법을 살펴본다.

실제 회전구체법에 의한 수뢰부시스템을 설계할 때는 종전의 고정보호각(fixed angles method)에 따라 보호범위를 정하는 방법과는 달리 건축물 평면도에 보호범위를 나타내기는 사실상 어렵다. 앞서 본고에서 언급했듯이 회전구체법을 도면에 적용하는 방법으로는 다음 두 가지 방법이 있다.

- ① CAD를 이용해 도면과 동일한 축척의 구체를 건축물의 평면도, 정면도, 측면도, 입면도 그리고 단면상세도 위에 올려가며 접촉부분을 확인 표시한다. 이처럼 도면상의 방법은 단순한 형태의 건축물에는 어렵지 않겠으나 건축물의 구조형태가 복합형이고 다양한 디자인으로 설계된 경우에는 한계가 있다.
- ② [그림13]처럼 건축물(또는 단지)의 축소모형을 제작해



[그림 13] 모형구체에 의한 수뢰부시스템 설치 (Lightning protection guid. www.dehn.de)

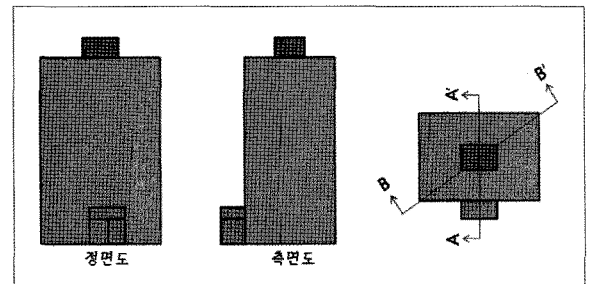
그 위에 축척에 맞는 모형구체를 올려보면서 접촉부분에 대해 확인하는 등의 작업을 한다[31]. 이 방법은 접촉부분을 어느 정도 정확하게 알 수 있다는 이점이 있으나 모형 제작에 따른 비용과 시간이 소요되는 단점이 있다. 상세한 부분에서 이 방법으로도 판단하기가 어려울 때는 확실히 보호가 가능하도록 수뢰부시스템을 추가 설치하는 등의 대책으로 그 부분을 보호범위에 들도록 한다.

4.2 설계 사례

IEC 62305시리즈에 따라 피뢰설비를 설계하려면 보호대상 구조물에 대한 위험성 관리평가를 우선 수행해야 한다. 그 결과에 의해 보호레벨이 결정되고 적절한 피뢰대책을 수립할 수가 있다. IEC 62305-2에서는 <부속서H>에 “구조물에 대한 사례연구”, <부속서J>에 “구조물의 위험성평가를 위한 간이스프트웨어”가 수록되어 있다. 하지만 이것은 매우 복잡하고 까다로운 뿐만 아니라 시간도 상당히 소요된다. 이 점을 고려해 본고에서는 건물 옥상에 시설물이 없고 단순형태의 건물에 대한 설계사례를 통해 회전구체법의 적용방법 등을 살펴본다. 그리고 본 사례에서는 인하도선시스템, 접지시스템은 제외하며, 여기서 언급된 이외의 사항에 대해서는 IEC 62305(KS C IEC62305)시리즈에서 정하는 기준에 따라야 한다.

(1) 모델 건물의 조건

모델 건물은 [그림14]처럼 단순한 형태의 일반 사무실용 건물, 구조는 철근콘크리트조(RC조), 건물높이는 약 22m(옥상의 옥탑 높이 포함)이다.

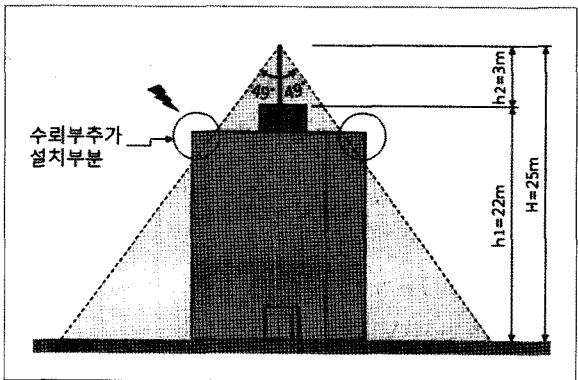


[그림 14] 모델 건물

(2) 피뢰설비 기본시스템과 배치방법 검토

보호레벨(LPL)은 표3에 따라 IV등급으로 선정한다. 대지면에서 수뢰부 꼭대기(옥탑 포함 전체 건물높이)까지 22m이고 보호레벨 IV에 상응하는 회전구체반지름이 60m이므로 건물

측면에 회전구체가 접촉하지 않는 것으로 간주해 건물측면의 피뢰대책은 고려하지 않는다. 먼저, 수뢰부시스템 높이(돌침과 마스트 포함)를 보호범위, 보호대상물, 건물미관 등을 고려해 선정한다. 본 모델건물의 경우 보호각법에 의한 수뢰부 시스템 배치가 가능하다. 따라서 높이가 3m인 수뢰돌침을 배치하는 것을 전제로 표4의 연속곡선에서 보호각법에 의한 보호각에 따라(문헌[12]에서 간이계산표를 참조) 보호범위를 드로잉해 검토한다. 그 결과 [그림15]와 같이 건물 대각선B-B'부분이 보호범위에서 벗어나 보호각법 하나만으로는 적절한 피뢰대책을 수립할 수 없다. 본 사례에서는 두 가지 방법에 대해 살펴본다. 하나는 옥탑에 수뢰돌침(피뢰침)을 그대로 세워두고 회전구체법(회전구체반지름은 표4에 따라 $r=60m$)과 보호각법에 의한 수뢰 돌침, 수평도체를 조합해 구성하는 방법과 또 다른 하나는 보호각법에 의한 피뢰침을 없애고 회전구체법에 따라 돌침과 수평도체를 조합해 설치하는 방법이다.

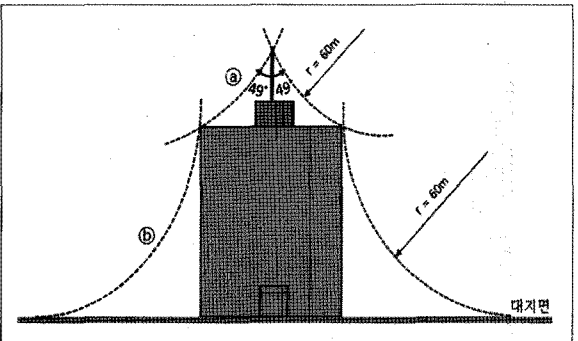


【그림 15】 단면 B-B' 에 의한 보호각법 검토

(3) 보호범위 설계

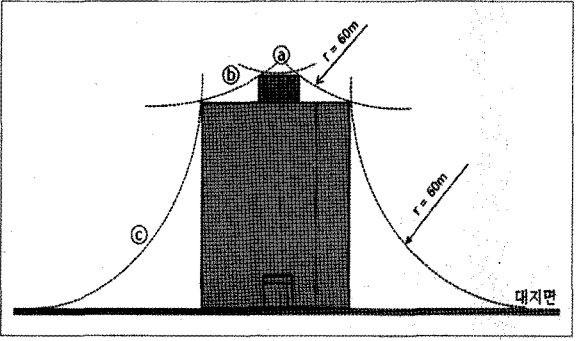
옥탑에 수뢰돌침을 세우는 전자의 경우 [그림16]과 같이 회전구체법과 보호각법에 의한 보호범위 드로잉 개소는 옥탑 위 수뢰돌침과 건물의 대각선 코너부분에 접하는 보호범위②, 건물의 대각선 코너부분과 대지면에 접하는 보호범위①을 기준으로 한다. 필요할 경우에는 ②와 마찬가지로 보호범위를 드로잉한다. 이와 같이 회전구체법 의해 접하는 부분(파라펫트)에는 수평도체를 설치한다. 그리고 뇌격비율이 가장 높은 옥상 코너부위에는 소형 돌침을 추가 설치해 보호범위에 완전히 들도록 한다[12].

다음 옥탑 위 수뢰돌침을 설치하지 않을 경우 보호범위 드로잉 개소는 [그림17]과 같다. 옥탑 위는 대각선상의 코너와 코너



【그림 16】 회전구체법과 보호각법에 의한 보호범위 설계

부분에 접하는 보호범위③, 옥탑 위 대각선 코너와 건물 옥상 층의 대각선 코너부분에 접하는 보호범위②, 그리고 건물 옥상 층과 대지면에 접하는 보호범위 ①을 기준으로 한다. 앞서처럼 회전구체가 접하는 부분(파라펫트)에는 수평도체를 설치해야 하며, 또 코너부위에는 소형 돌침을 설치해 보호범위에 완전히 들도록 한다. 이때 회전구체가 접하는 파라펫트에는 낙뢰의 가능성이 있기 때문에 여기에 설치하는 수평도체 높이가 너무 낮거나 수평도체 위치가 안쪽으로 들어오지 않도록 해야 한다. 회전구체의 아크 면이 파라펫트 구조체에 닿지 않도록 가능한 회전구체의 침투거리를 고려해 수평도체를 파라펫트 바깥쪽으로, 그리고 적절한 높이로 설치하는 것이 필요하다. 회전구체의 침투거리는 표5, 표6을 참고하도록 한다.



【그림 17】 회전구체법에 의한 보호범위 설계

5. 결론

이상에서 회전구체법의 변천과정과 기초이론을 고찰하고 KS C IEC62305 규격상의 회전구체법과 관련된 사항들을 분석 검토했으며 회전구체법의 침투거리 계산표를 제시했다.

그리고 회전구체법의 설계사례를 통해 올바른 적용방법 등을 살펴보았다. 결론적으로 회전구체법이 피뢰대책을 수립하는데 현재로서는 가장 적절한 방법이며, 건물 형태에 따라 보호각법, 또는 메시법을 조합 구성하는 것이 보다 효과적인 설계방법이라 할 수 있겠다. 더욱이 요즘처럼 초고층화·지붕구조의 높낮이가 크고 돌출형태를 이루는 건물이 늘고 있어 피뢰설비의 중요성은 크다고 할 수 있으며 이에 따라 회전구체법에 의한 설계비중도 보호각법에 비해 높아질 것으로 보인다. 하지만

앞서 언급했듯이 규격 내용이 여전히 어렵고 까다롭기 때문에 실무자들이 풀어야 할 하나의 과제라 할 수 있다. 한편으로는 관련 전문가들의 지속적인 연구가 요구되고 아울러 규격을 제대로 충족시키는 설계를 하기 위해서는 적합한 설계데이터와 공법의 표준화가 필요하다고 본다.

본고에서 다른 내용들이 피뢰설비의 설계·시공감리·관리하는 실무자들에게 회전구체법을 이해하는데 도움이 되길 기대하면서 다음 기회에는 다른 과제에 대해 논의하기로 한다. ❖

마침 ❖

참고문헌

- [1] Napolitano, Correlating Lightning with voltage dips and Faults in power distribution network, 2009, www.die.ing.unibo.it/dottrato.it/Napolitano/Napolitano_Fabio_Tesi.pdf
- [2] V.A.Rakov and M.A.Uman, Lightning: Physics and Effects "bookgoole.com/books?isbn=0521583276.."
- [3] A.M.Mousa and K.D.Srivastava, Shielding of tall structures against direct lightning strokes, 1988
- [4] Donald W.Zipse, Lightning protection systems: Advantages and Disadvantages, IEEE Transaction on industry application, Vol.30, No.5, 1994
- [5] T.Horváth, Rolling sphere-Theory and application, ICLP2000, p301-305
- [6] N.Szedeník, Rolling sphere-method or theory, Journal of Electrostatics 51-52(2001), p345-350
- [7] Sonia Ait-Amar and Gérard Berger, A Modified version of the rolling sphere method, IEEE Transaction on dielectrics and Electrical Insulation Vol.16, No.3,2009, p718-725
- [8] 山本賢司・中條博規, 直撃雷遮蔽失敗による架空電力線の事故率の検討, 鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第37巻, 2004, p33-38
- [9] Farouk A.M.zk, Modeling of lightning exposure of buildings and massive structures, IEEE Transactions on power delivery, Vol.24, No.4, 2009
- [10] 大和玄一, 雷保護技術の現状電設工業, 1989.8月?
- [11] 岸本保夫, 外部雷保護システムに関する規格と考察, NTT Facilities Research Institute, 2008.
- [12] 정지열, 수뢰부시스템의 보호각법 이해와 적용방법고찰 한국전력기술인협회, 전력기술인, 02, 2011
- [13] T.Horváth, Computation of the lightning stroke probability and the effectiveness of the air termination, Journal of Electrostatics, 1989, p305-322
- [14] Ralph.H.Lee, Protection zone for against lightning strokes using transmission line protection practice, IEEE Transactions on industry applications, Vol.1A-14, No.6,1978, p465-469
- [15] Ralph.H.Lee, Lightning protection of buildings, IEEE Transactions on industry applications, Vol.1A-15, No.3,1979, p236-240
- [16] H.R. Armstrong and Edwin R. Whiethead, Field and Analytical studies of transmission line shielding, IEEE Transaction on power apparatus and systems, vol. pas-87, no.1,1968, p270-281
- [17] 山本賢司・久保健一, 直撃雷遮蔽における建造物端部の影響に関する検討, 鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第38巻, 2005, p65-70
- [18] 新藤孝敏, 避雷針と雷しゃへい, IEEJ Journal, Vol.125, No.6, 2005, p356-359
- [19] Abdul. M. Mousa, Shielding of high voltage and extra voltage substations, IEEE Transactions on power apparatus and systems, Vol. Pas-95, no.4, 1976, p1303-1310
- [20] C. Bouqueneau, A critical view on the lightning protection international standard, www.lightningsafety.com/nlsi_lhm/critical_view_ip_int_std.pdf
- [21] IEC62305-1(KS C IEC62305-1:2007) 피뢰시스템 제1부 : 일반원칙
- [22] IEC62305-3(KS C IEC62305-3:2007) 피뢰시스템 제3부 : 구조물의 손상 및 인명위험
- [23] ACE LION INC 技術資料, www.ancelion.co.jp/gaibu/
- [24] IEC61024-1(KS C IEC61024-1:2003)
- [25] Abdul.M.Mousa, Non-conventional lightning protection system-an update, A presentation to IEEE Vancouver, 2010
- [26] (社)東京建設機施工事務所協会 編集, 雷保護システム設計・施工指針, 三松株式会社出版事業部, 2005
- [27] www.rle.ie/products/facilityprotection/lightningprotectionhandbook.pdf
- [28] 竹谷是幸, IEC雷保護規格概要解説, 三松出版社, 2009
- [29] IEC62305-2(KS C IEC62305-2:2007) 피뢰시스템 제2부 : 위험성관리
- [30] F.Heidler, Z.Fisowski, W.Zischank, Ch.Bouquegeau, C.Mazzetti, Parameters of lightning current given in IEC62305 background, experience and outlook, 29th International conference on lightning protection
- [31] www.dehn.de, Lightning protection guid
- [32] NFPA780: Standard for the Installation of Lightning protection System(2008년)