

피뢰시스템 자연적 구성부재로서의 0.9 mm 금속지붕패널 적용성 연구

이태형, 김동규, 엄주홍
기초전력연구원

A Study on the Applicability of 0.9 mm Metal Roof Panels as a Natural Component of Lightning Protection System

Tae-Hyung Lee, Dong-Kyu Kim, Ju-Hong Eom
Korea Electrical Engineering & Science Research Institute

Abstract - 건축물의 외장재로 널리 쓰이는 금속지붕패널을 피뢰시스템의 자연적 구성부재로 적용하기 위해 KS C IEC 62305-3 규격을 바탕으로 검토하였다. 금속패널을 피뢰시스템의 자연적 구성부재로 적용할 수 있다면 피뢰시스템을 설치하기 위해 건축물의 미관을 해치지 않을 뿐만 아니라 경제성과 시공성도 확보할 수 있다. 이를 위해 KS C IEC 62305-3에서 규정한 자연적 구성부재의 조건을 확인하고 LPL I~IV 등급의 임펄스전류를 인가하여 적용성 여부를 확인하였다.

실험에 사용된 시료는 두께가 0.9 mm 인 양면불소코팅 철판으로 철판과 철판을 거멸접기로 연결한 형상이다. 2개사의 시료를 가지고 실험을 진행하였다. 그림 1에 실험에 사용한 시료를 나타내었다.

1. 서 론

건축물의 가치를 주거생활로 한정하지 않고 건축물의 미관에도 점차 관심을 가지게 되면서 건축물 외부의 피뢰시스템에도 건축물의 경관을 해치지 않는 방향으로 설계하고 있는 추세에 있다. 이를 위해 경사지붕을 적용하고 경량철골을 설치하고 그 위에 금속지붕패널을 고정하여 경제성과 시공성, 건축 미관을 확보하고 있다. 하지만 수뢰부 피뢰시스템을 설치하기엔 철판의 두께가 얇아 견고하게 시공이 어렵다. KS C IEC 62305-3에서는 자연적 구성부재를 이용한 수뢰부시스템을 규정하고 있는데 이에 대한 실험적 고찰을 진행하였다.



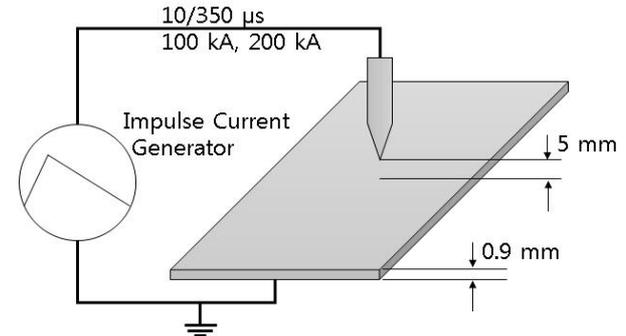
〈그림 1〉 불소코팅 거멸접기형 금속지붕패널

2. 본 론

2.1 수뢰부시스템용 자연적 구성부재

건축물에 시공되는 금속성 건축자재는 용융이나 천공의 위험 등이 없으면 수뢰부의 일부로 활용될 수 있도록 규정하고 있다. 따라서 금속성의 난간이나 경량철골 등은 수뢰부의 일부로 활용될 수 있다. 수뢰부로 사용되는 자재들은 구리, 알루미늄, 스테인리스, 아연도금강, 티타늄, 동, 알루미늄 등을 재료로 사용할 수 있으며 형상은 원형 단선, 테이프형 단선, 연선 등이 사용될 수 있다.

건축물 수뢰부시스템의 금속외장재와 같은 외부 금속 물질이 표 1의 최소 두께 요구사항을 따른다면 건축물의 피뢰시스템의 일부로 보고 자연적 구성부재의 수뢰도체로 간주할 수 있다. 이 때 납땜, 용접, 주름이음, 봉합이음, 나사 조임 등으로 각 부분 사이의 전기적 연속성이 견고해야 하고 금속판의 천공을 방지하거나 판의 하부에 있는 높은 가연성 물질의 발화를 고려할 필요가 없는 경우에 금속판의 두께는 표 1의 t' 값 이상이거나 천공에 대한 예방조치나 고온점의 문제를 고려할 필요가 있는 경우, 금속판의 두께는 t 값 이상일 때 자연적 구성부재도 수뢰도체로 간주할 수 있다.



〈그림 2〉 실험계 구성

〈표 1〉 수뢰부시스템용 금속판 또는 금속배관의 최소 두께

피뢰시스템 레벨	재료	두께 t (mm)	두께 t' (mm)
I~IV	납	-	2.0
	강철(스테인리스, 아연도금강)	4	0.5
	티타늄	4	0.5
	동	5	0.5
	알루미늄	7	0.65
	아연	-	0.7

t 는 관통, 고온점 또는 발화를 방지한다.

t' 는 단지, 관통, 고온점 또는 발화의 방지가 중요하지 않은 경우의 금속판에 한정된다.



〈그림 3〉 실험계 사진

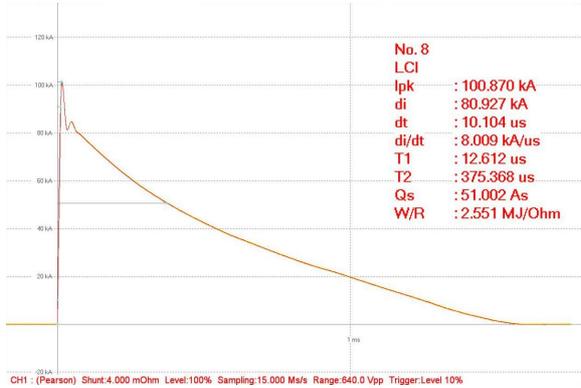
2.2 실험계 구성

금속지붕패널에 직격뢰가 발생하면 판넬의 재질이나 두께에 따라 용융에 의한 천공이 발생할 수 있으므로 본 연구에서는 국내에서 건축물의 지붕재료로 사용되고 있는 불소코팅 금속지붕패널에 LPL I~IV 등급의 최초 뇌격전류를 발생시켜 용융 특성을 분석하였다.

Haefely사의 임펄스전류 발생기를 사용하여 금속지붕패널에 100 ~ 200 kA의 크기의 최초뇌격전류 (10/350 μ s) 파형을 발생시켰다. 스테인리스 재질의 방전전극을 금속지붕패널과 5 mm 간격으로 그림 2와 같이

설치하고 임펄스전류를 흘렸을 때 패널 표면의 용융현상을 관찰하였다. 그림 2에 실험에 사용한 실험계 구성도를 간략하게 나타내었다. 이때의 실험 전경을 그림 3에 나타내었다.

2.3 실험 결과



〈그림 4〉 실험 파형

뇌격전류의 크기는 LPL 등급에 따라 200 kA와 100 kA로 나뉘며, 본문에서 적용한 100 kA의 10/350 μ s 뇌격전류파형을 그림 4에 나타내었다. 임펄스 전류는 과고값 I_{imp} 와 비에너지 W/R 에 따라 정의된다. 임펄스전류는 극성이 바뀌어서는 안 되며, 50 μ s 이내에 I_{imp} 에 도달해야 하며, 비에너지는 5 ms 내에 소멸되어야 한다.

뇌전류에 의한 열적 영향은 도체의 저항성분으로 인해 시료에 흐르는 전류의 순환에 의해 발생하는 저항성 발열과 관계가 있다. 또한 열적 영향은 방전지점에서 아크의 발생부와 아크진전에 따라 피뢰시스템의 모든 부분에서 발생하는 열에 관련된다. 저항성 발열은 뇌전류가 많이 흐르는 LPS의 구성요소에 일어난다. 뇌전류에 따른 도체의 온도상승에 대한 해석적 접근법은 다음과 같다.

전류에 의해 도체 내에 열로 소비되는 순시전력은

$$P(t) = i^2(t) \times R \quad \text{식(1)}$$

전체 뇌전류 임펄스에 의해 발생하는 열에너지는 고려하는 LPS 구성요소를 통과하는 뇌전류 경로의 저항과 뇌전류 임펄스의 곱으로 된다. 에너지는 줄(J) 또는 와트·초(W·s)의 단위로 표현된다.

$$W = R \times \int i^2(t) dt \quad \text{식(2)}$$

뇌방전 발생할 때 낙뢰의 큰 비에너지는 대상물에 발생된 열이 대기 로 방출되기에는 지속시간이 너무 짧다. 따라서 이러한 현상은 단열상태로 고려되어야 한다. LPS 도체의 온도는 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$\theta - \theta_0 = \frac{1}{\alpha} \left[\exp \left(\frac{\frac{W}{R} \times \alpha \times \rho_0}{\rho^2 \times \gamma \times C_w} \right) - 1 \right] \quad \text{식(3)}$$

여기서

- $\theta - \theta_0$ 도체의 온도상승 (K)
- W/R 전류임펄스의 비에너지 (J/ Ω)
- ρ_0 주위온도에서 도체의 비저항 ($\Omega \cdot m$)
- α 저항의 온도계수 (1/K)
- γ 재료의 밀도 (kg/m^3)
- θ_s 용융점 ($^{\circ}C$)
- C_s 용해의 잠열 (J/kg)
- C_w 열용량 (J/kg·K)

〈표 2〉 LPS 구성부재로 사용되는 재료의 물리적 특성

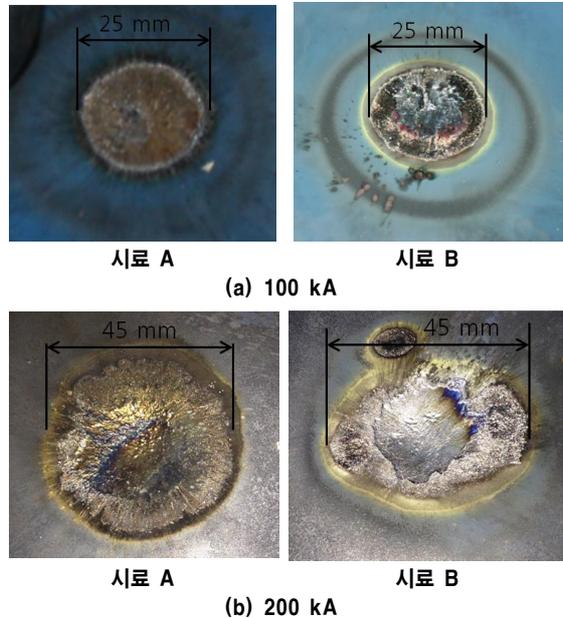
	연철	동
ρ_0 ($\Omega \cdot m$)	120×10^{-9}	17.8×10^{-9}
α (1/K)	6.5×10^{-3}	3.92×10^{-3}
γ (kg/m^3)	7 700	8 920
θ_s ($^{\circ}C$)	1 530	1 080
C_s (J/kg)	272×10^3	209×10^3
C_w (J/kg·K)	469	385



〈그림 5〉 금속지붕패널의 임펄스 내구성 실험 결과

식(3)의 방정식을 이용하면 표 2의 재료에 따라 비에너지 W/R 과 도체 단면적에 대한 도체의 온도상승을 산출할 수 있다. 금속지붕패널의 재료인 연철의 용융점 θ_s 가 1 530 $^{\circ}C$ 이므로 이를 대입하면 도체의 단면적도 구할 수 있다.

임펄스전류를 100 kA, 200 kA의 크기로 금속지붕패널에 인가한 결과 그림 6과 같이 방전지점을 중심으로 원형으로 용융현상이 나타났지만 천공은 발생하지 않았다. 100 kA 크기의 임펄스 전류를 1회 인가한 결과 두 시료 모두 약 25 mm 직경의 용융부가 발생했고 200 kA 임펄스 전류의 경우 약 45 mm 직경의 용융부가 나타났다.



〈그림 6〉 금속지붕패널의 임펄스 내구성 실험 결과

3. 결 론

수뢰부시스템용 강철 금속관의 최소 두께인 0.5 mm 이상 대상시료 중 건축물에 널리 시공되고 있는 0.9 mm 금속지붕판넬에 대해 피뢰시스템의 자연적 구성부재로서의 적용성을 KS C IEC 62305 규격에 따라 검토하였다. 임펄스전류에 따른 용융 특성 실험을 수행한 결과 LPL I~IV 등급 조건에서 모두 적용가능함을 확인하였다. 그러나 지붕판넬의 재료나 두께, 형상 등이 다양하므로 조건별로 자연적 구성부재로서 적용성을 추가적으로 검토할 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이기홍, “공동주택 금속기외지붕 수뢰시스템의 자재 및 시공방법 개발”, 조명·전기설비학회논문지, 제25권, 제10호, pp.109~115, 2011
- [2] KS C IEC 62305-1, “피뢰시스템-제1부: 일반원칙”, 2012
- [3] KS C IEC 62305-3, “피뢰시스템-제3부: 구조물의 물리적 손상 및 인명위험”, 2012