

# 현장조사에 의한 접지시스템의 전기안전성 평가

(Assessment of Electrical Safety for Grounding System by Investigation on the Spot)

길형준\* · 김동우\* · 김동욱\* · 이기연\* · 김향곤\*

(Hyoung-Jun Gil · Dong-Woo Kim · Dong-Ook Kim · Ki-Yeon Lee · Hyang-Kon Kim)

(\*전기안전연구원)

## Abstract

This paper deals with assessment of electrical safety for grounding system of buildings by investigation on the spot at construction site. The investigation was carried out for grounding method, grounding type, shape of grounding electrode, grounding for lightning protection system, continuity of steelwork in reinforced concrete structure and so on. The investigation on the spot was performed by researcher, engineer with over fifteen years of industry experience all over the country. As a result of investigation on the spot to 13 buildings, common grounding method was dominant. A new grounding system based on international standards includes unity grounding system, structure grounding utilizing steel reinforced concrete, equipotential bonding, use of surge protective device.

## 1. 서 론

접지기술은 첨단 전자장비 및 사회시스템의 발전과 더불어 지속적으로 발전하여 왔으며, 접지공학은 전기공학, 전자공학, 정보·통신공학과 대등한 수준의 학문 분야로 발전되었다. 따라서 현대 사회시스템의 근간을 이루는 전자장비의 이용이 일반화되면서 접지기술이 매우 중요하며 시스템적으로 받아들여야 한다는 인식이 전기·전자·정보·통신 기술자들에게 확산되고 있다.

접지란 전기에너지의 안전한 사용을 위해서 전기설비를 비롯하여 전자장비를 전기적으로 대지에 접속하는 것을 말하며, 대지와 접속단자를 접지전극이라고 한다. 전기설비의 접지전극에 지락오장전류나 뇌서지 전류가 유입하면 전위상승이 발생하며, 이로 인하여 인체의 감전, 기기의 파손, 노이즈의 발생이나 오동작 등 여러 가지 장애를 일으키게 된다. 특별한 경우를 제외하고는 전기에너지의 효율적이고 안전한 사용을 위해서 전기설비 및 기기는 반드시 접지를 시공할 것을 전기설비기술기준으로 규제하여 왔다. 국제규격이 한국산업규격으로 채택되면서 건축물의 고층 대형화에 따라 합리적인 뇌보호설비용 접지에 대해서도 구조체 접지라고 하는 새로운 개념의 접지방식이 검토되었으며, 건물 내의 모든 접지를 공용화하는 구조체 접지를 적극적으로 추진하고 있다[1-3].

따라서 본 논문에서는 전기설비기술기준, 국제규격 등을 기반으로 하여 접지시스템의 개선모델 파악 및 분석을 위하여 건설현장에 시설된 접지시스템 중 접지방

식, 접지계통, 접지극 형상, 피뢰시스템 접지, 접지시스템과 강철 보강재 접속방법, 강제 철골조의 전기적 연속성 평가 등이 현장조사를 통해 이루어졌으며 서울, 경기, 강원, 경상지역 등에서 시공중에 있는 13개소의 대형 건축물을 대상으로 하였다. 현장조사를 통해 국제규격에 부합하는 새로운 개념의 접지시스템 모델 제시, 인체 및 설비보호를 위한 등전위 본딩의 적용방법 등을 제시하고자 하며 향후 접지시스템의 안전성 평가기법으로 활용하고자 한다.

## 2. 조사방법

접지시스템의 조사방법은 실제 현장 방문조사를 실시하였으며, 실태조사의 대상은 현재 공사가 진행중인 건설현장의 대형 건축물로서 서울, 경기, 경상 등의 지역에서 수행하였다. 현장감있는 실증 데이터를 확보하여 국제규격에 부합하는 새로운 접지시스템의 개선모델을 제시하기 위하여 전국 65개의 한국전기안전공사 사업소의 경력 15년 이상의 전문인력, 연구원, 현장 기술자 등으로 실태조사팀을 구성하여 과학적이고 전문적인 실태조사를 실시하였다. 조사기간은 2007년 12월부터 2008년 3월까지이며 다양한 건설 현장의 실태파악 및 개선사항 도출을 위해 지속적으로 현장조사를 수행할 예정이다. 접지시스템 실태조사의 주대상은 접지방식, 접지계통, 접지극 형상, 피뢰시스템 접지의 전원계통 접지와와의 공용 여부, 강제 철골조의 전기적 연속성 평가 등이다.

그림 1은 현장조사를 통한 접지시스템의 안전성 평가

과정을 나타낸 것이다. 우선 실태조사팀을 구성하여 현장조사를 실시하였으며, 이를 토대로 대형 건축물 접지시스템의 접지계통, 등전위 분당 적용상태, 전기적 연속성 평가 등을 분석한 후 위험전압을 감소시키기 위한 적합한 대책을 제시하였다.

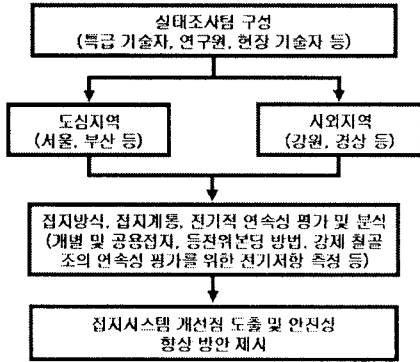


그림 1. 접지시스템의 조사 및 분석과정  
Fig. 1. Investigative and analytical process of grounding system

### 3. 현장조사 및 안전성 평가

#### 3.1 접지시설 현장적용 상태 분석

전기설비에 대한 접지의 근본 목적은 인체에 대한 감전으로부터의 안전성 확보, 기기 또는 설비의 기능 향상 및 유지이다. 접지시스템의 구성은 접지를 하고자 하는 전기설비, 기기 및 구조물, 접지전극 그리고 이들 상호간을 연결시켜 주는 접지선으로 이루어져 있다.

개별접지, 공용접지, 구조체 접지 등 접지방식에 의한 사용실태를 살펴보면, 개별접지 8%, 1종과 2종 공용 및 3종 개별 8%, 1종, 2종, 3종 접지의 공용 31%, 구조체 접지 53%로 나타나 현재 대규모 건축물에서는 구조체 접지를 적용하는 사례가 많은 것으로 나타났다. 여기서 구조체 접지란 의도적으로 접지를 하고자 할 목적으로 시설한 것은 아니지만 넓은 표면적으로 대지와 자연적으로 접촉되어 있는 건축물의 기초공사에 사용한 강관이나 철골 등의 구조체, 금속제 수도관 등 대지에 매설된 도전성 물체를 접지전극으로 대용하는 경우를 말한다.

그림 2에 나타낸 바와 같이, 실제 현장의 접지단자에서 1종 및 2종 접지를 공용으로 하고, 3종 접지를 개별로 사용하는 경우가 있는데 접지단자에서만 분리되어 있을 뿐 접지저항의 측정결과 공용된 1종 및 2종 접지 3.7[Ω], 3종 접지 3.71[Ω]으로 거의 동일한 값이 나타나 실제적으로는 접지전극이 모두 공용되어 있는 것으로 볼 수 있다.

IEC 규격에서는 접지계통을 TT, TN-S, TN-C, IT

계통으로 구분하고 있다. TT 계통은 전원측에서 중성점을 직접 접지하고 설비의 노출된 도전성 부분을 계통 접지의 접지전극과 전기적으로 독립된 접지전극에 접속하는 방식이며, TN-S 계통은 보호도체와 중성선이 완전히 분리되어 있는 접지방식이며, 기기의 외함 등 노출된 도전성 부분을 보호도체에 접속하고 보호도체를 중성선의 접지점에 접속하는 방식이다. TN-C 계통은 기구의 노출된 도전성 부분을 보호도체·중성선 공용선에 접속하는 방식이고, IT 계통은 고임피던스를 통하여 대지에 접속하거나 접지를 시공하지 않는 비접지방식이다. 현장조사 결과 TT 계통이 77%, TN-S 계통이 23%로 나타나 대부분 TT 계통을 사용하고 있었다.

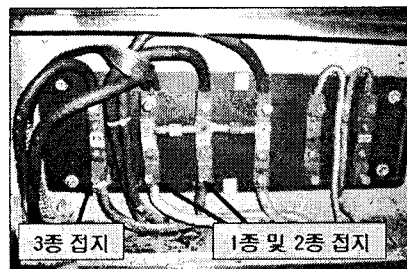


그림 2. 접지단자의 일례  
Fig. 2. Example of grounding terminal

피뢰시스템 접지의 경우 최근 제정된 IEC 62305에서는 전원계통 접지와 공용하도록 되어 있으며 건설현장에서 시공되는 대형 건축물의 경우 공용되어 있는 경우가 46%, 공용되어 있지 않은 경우가 54%로 나타나 아직까지는 피뢰시스템과 전원계통 접지를 분리하는 경우가 더 많은 비율을 차지하였다. 그림 3은 피뢰시스템과 전원계통 접지와와의 공용여부를 나타낸다.

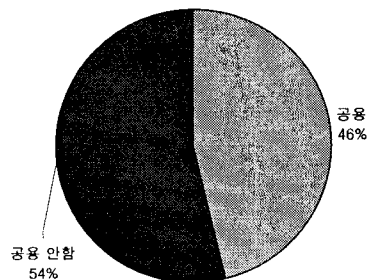
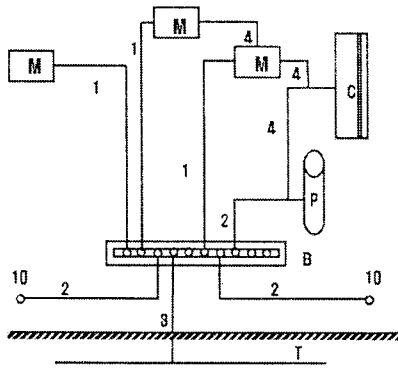


그림 3. 전원계통과 피뢰시스템 접지의 공용 현황  
Fig. 3. Condition of common grounding between power system and lightning protection system

#### 3.2 등전위 분당 분석

등전위분당이란 접근 가능한 노출 도전성부분 상호간

및 계통의 도전성부분 사이를 서로 연결하여 위험한 접촉전압이 발생하지 않도록 하기 위해 전위를 같게 하는 것 즉, 등전위화를 이루는 것을 말한다. 저압 전로 설비의 등전위본딩에는 주 등전위본딩, 보조 등전위본딩 등이 있으며, 뇌보호설비에서는 계통의 도전성부분, 특히 건축물의 철근, 철골 등 구성부재, 덕트, 엘리베이터 등의 금속제 시설물 및 전력·통신설비를 대상으로 뇌격전류에 의한 불꽃방전, 전위차를 저감시키기 위한 도체 혹은 서지보호기에 의해서 이루어지는 접속을 말한다. 그림 4는 등전위본딩 구성 예를 나타낸다[4].



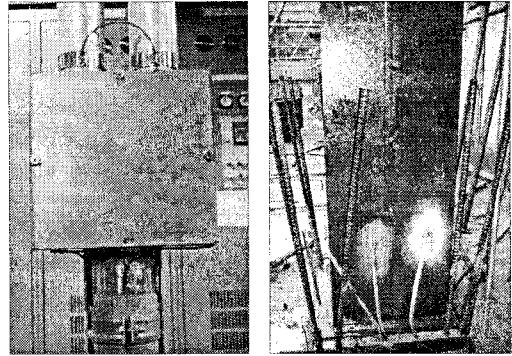
- 1: 보호도체(PE)
- B: 주 접지단자
- 2: 주요 등전위 본딩용 도체
- M: 전기기기의 노출 도전성 부분
- 3: 접지선
- C: 철골, 금속덕트 등 계통외 도전성 부분
- 4: 보조 등전위 본딩용 도체
- P: 수도관, 가스관 등 금속배관
- 10: 기타 기기
- T: 접지극

그림 4. 등전위본딩의 구성  
Fig. 4. Configuration of equipotential bonding

현재 국내 접지시스템에서는 주 접지단자에 보호도체, 접지선 등은 시설되어 있으나 주 등전위본딩용 도체 및 보조 등전위본딩용 도체는 거의 시설되어 있지 않은 실정이다. 그림 5(a)는 금속관 사이 및 금속관과 노출 도전성부분 사이를 등전위본딩한 일례를 나타낸다.

접지시스템에서 기계, 도체, 접지전극, 접지선과 건축물의 철골 및 철근 사이의 접속은 원시접속의 일종인 압착슬리브, 화학용접 접속인 자유용접접합 등이 사용되고 있다. IEC 규격에서는 원시접속 또는 용접으로 건축물 구조체의 전기적 연속성을 확보하도록 하고 있으며 이질금속간 접속의 영향으로 부식이 일어나지 않도록 시설할 것을 권고하고 있다. 그림 5(b)는 철골과 접지선을 자유용접접합을 이용하여 접속한 예를 나타낸다. 현장상태조사결과 대형 건축물의 접속에 있어서 원시접속이 31%, 용접이 69%로 대부분 용접 접속방법을 채용하고 있었다.

건축물의 급수설비의 경우 고가수조방식과 가압급수방식이 있는데 최근의 건축물에서는 가압급수방식을 대부분 채용하고 있는 실정이다. 가압급수방식의 경우 인버터 보호를 위해 전선선에는 서지보호기(SPD : Surge Protective Device)를 이용하여 본딩하여야 한다. 그림 6은 급수방식 및 서지보호기의 사용 유무를 나타낸다.



(a) 등전위본딩 (b) 접지선과 철골의 접속  
그림 5. 등전위본딩의 시설  
Fig. 5. Installation of equipotential bonding

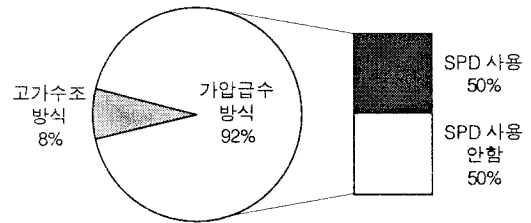


그림 6. 급수설비의 시설현황  
Fig. 6. Condition of water-supply facilities

### 3.3 전기적 연속성 평가

철근콘크리트 구조물에서 강제 철골조의 전기적 연속성은 수평 바와 수직 바의 상호 접속의 주요 부분이 용접되거나 또는 다른 방법으로 확실하게 접속되면 철근콘크리트 구조물 내부에 있는 강제 철골조는 전기적으로 연속적인 것으로 볼 수 있다. 수직 바는 용접, 원시이음, 보조접속선을 이용한 이음 또는 다른 확실한 방법으로 접속해야 한다.

철근콘크리트 구조물에서 수직 바의 전기적 연속성은 최상부와 지표 레벨 사이의 전기적 측정으로 결정된다. 측정된 전체 길이의 전기저항은  $0.2[\Omega]$  이하가 되어야 하며, 만약 측정된 전체 길이의 전기저항이  $0.2[\Omega]$ 을 넘거나 측정할 수 없는 경우는 강제 철골조를 자연적 구성부재의 인하도선으로 사용하면 안 되고 외부 인하도선을 설치하는 것이 바람직하다.

철근콘크리트 구조물의 전기적 연속성 평가는 최상부 철근과 하부 접지시스템 사이의 전기저항을 측정하여 평가하였으며 그림 7에 나타내었다. 측정장비는 초저항 측정기(C.A 6250, France)를 사용하였고 4~24[V]의 무부하전원과 0.2[A] 이상의 전류를 인가하여 측정하였으며 이는 KS C IEC 60364의 보호도체 연속성 측정방법을 참고한 것이다[5-7].

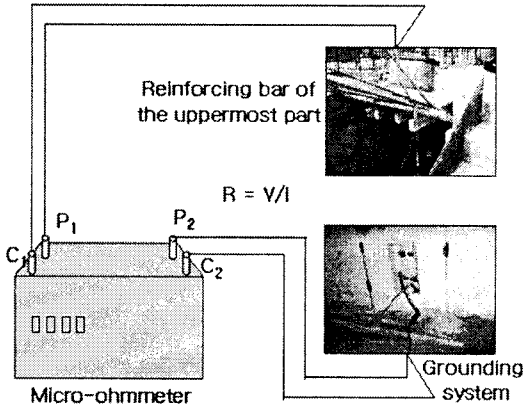


그림 7. 철근콘크리트 구조물의 전기적 연속성 평가  
Fig. 7. Continuity assessment in reinforced concrete structure

철근콘크리트 구조물의 전기적 연속성 평가는 대형 건설현장의 아파트, 인텔리전트 빌딩, 유통단지, 양수장 등에서 이루어졌으며 표 1에 건축물 유형에 따른 구조물의 규모 및 전기저항을 나타내었다.

표 1. 철근콘크리트 구조물의 전기저항  
Table 1. Continuity assessment in reinforced concrete structure

유형	항목	구조물의 규모[m]			전기저항 [Ω]
		길이	폭	높이	
사무용 건물		64	29	11	—
아파트 A		20	20	45	0.182
아파트 B		50	10	42	—
아파트 C		36	13	43	0.14
아파트 D		55	15	90	—
아파트 E		55	15	90	—
탑승건물		1000	50	24	0.011
유통단지 A		113	67	47	0.013
유통단지 B		113	67	47	0.02
대학 기숙사		30	50	70	0.109
후생복지관		47	36	20	—
양수장		13	25	16	—
인텔리전트 빌딩		30	37	92	0.044

표 1에 나타낸 바와 같이, 철근콘크리트 구조물의 전기저항이 측정된 경우는 구조체 접지가 이루어진 건축물이며 측정되지 않은 경우는 건물 구조체를 접지시

템으로 사용하지 않은 건축물이라 할 수 있다. 위험전압의 감소 및 설비 안전성 향상 측면에서 접지시스템은 구조체 접지를 사용하여 도전성 부분이 모두 등전위 본딩되도록 하는 것이 바람직하다[8].

#### 4. 결 론

본 논문에서는 접지시스템의 개선모델 파악 및 분석을 위하여 건설현장에 시설된 접지시스템의 현장조사가 이루어졌으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 조사된 대규모 건축물의 1/2 이상이 구조체 접지를 사용하고 있었으며 피뢰시스템 접지와 전원계통 접지가 공용되어 있는 경우는 46[%]로 나타났다. 등전위 본딩의 경우 주요 등전위본딩용 도체를 사용하는 경우는 없었으며, 일부 현장에서 보조 등전위본딩용 도체를 사용하고 있었다.

(2) 철근콘크리트 구조물의 전기적 연속성 평가에서 구조체 접지를 사용하지 않는 건축물에서는 측정이 불가능하였으나, 구조체 접지를 사용하는 건축물은 모두 전기저항이 0.2[Ω] 이하로 측정되어 국제규격에 적합한 것으로 나타났다. 최근 국제규격의 도입으로 접지시스템의 시설요건에 많은 변화가 예상되며, 국제규격을 충족시키고 위험전압 저감에 의한 설비 안전성을 확보하기 위해서는 확실한 등전위본딩과 구조체 접지를 이용한 통합 접지시스템의 구축이 요구된다.

향후 접지시스템의 전기안전성 평가를 위해 현장조사 및 측정을 지속적으로 수행하고자 하며 이를 토대로 새로운 접지시스템의 평가방법도 개발할 예정이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이복희 외, "정보통신설비의 뇌보호", 인하대학교 출판부, pp.197~221, 2004.
- [2] 이복희 외, "TN-C-S 계통의 인체안전 및 보호대책에 관한 지침 개발", 대한전기협회, pp.8~45, 2006.
- [3] 길형준, 최충석, 이복희, "개별 접지전극과 연결된 접지전극의 전위상승 분포 비교 연구", 한국조명·전기설비학회, Vol. 22, No. 2, pp.57~62, 2008.
- [4] 한국표준협회, "KS C IEC 60364-4-41", 2005.
- [5] 한국표준협회, "KS C IEC 60364-5-53", 2005.
- [6] 한국표준협회, "KS C IEC 62305-3", 2007.
- [7] 이기홍, 이택섭, "국제규격(IEC)에 부합된 공동주택의 최적 접지시스템 표준설계 모델개발", 주택도시연구원, pp.51~77, 2005.
- [8] 길형준, 최충석, 김향근, 이복희, "구조체 접지전극의 유형에 따른 전위경도 특성", 대한전기학회, Vol. 54C, No. 8, pp.371~377, 2005.