

공동주택에서의 인하도선시스템과 접지시스템 설계에 대한 고찰 (Considerations in Down-conductor System and Earth-termination System Design of Apartments)

¹⁾이기홍* ²⁾이재복, ³⁾장석훈

(Ki-Hong Lee, Jae-bok Lee, Sug-Hun Chang)

¹⁾대한주택공사 주택도시연구원, ^{2,3)}한국전기연구원

Abstract

본 논문에서는 공동주택에 적합한 인하도선시스템과 접지시스템 설계를 위한 기본적 사항에 대하여 고찰하였다. 공동주택의 철근구조체는 전기적 연속성을 갖지만 철근들끼리의 결속선에 의한 접속은 전자기계력에 대한 내력이 부족하다. 따라서 전용의 인하도선을 설치하고 이들을 건물 양 측벽의 철근구조체와 본딩하여 낙뢰전류가 인하도선 및 철근구조체에 분산되어 흐르게 하는 인하도선시스템을 제시하였다. 한편 공동주택의 접지시스템은 건물기초접지극과 피뢰설비를 위한 환형 접지극으로 각각 구성하고 이들을 서로 본딩하는 접지시스템을 제시하였다. 또한 공동주택 각동의 건물기초접지극을 공동구의 철근구조체나 접지선을 이용하여 서로 연결함으로써 공동주택 단지에 거대한 총괄접지시스템을 구현하는 방안을 제시하였다. 하지만 이러한 피뢰시스템을 구축하기 위해서는 완벽한 본딩시스템의 구축이 전제되어야 한다.

Abstract

This paper deals with primary consideration in down-conductor system and earth-termination system design of apartments.

For down-conductor system, steelworks within reinforced concrete apartment structures have the electrical continuity, however, lashing is not suitable for lightning-current-carrying connections. So this paper suggest that the additional dedicated conductors should be installed and they are should be lashed to the reinforcement steel.

Also this paper suggested the foundation earth electrode and global earth system as the earth-termination system of the apartments. But perfect bonding system is essential in lightning protection system to avoid life hazard and to protect electronic equipments

Key Word: Steelwork Continuity, Reinforced Concrete Structure, Lightning Protection System

1. 서론

피뢰시스템에서 낙뢰전류에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 인하도선은 다수로 포설되어야 하며 그 길이도 최소가 되도록 설치하여야 한다.

또한 그 인하도선들은 수평환도체에 의해 10~20m 마다 일정간격으로 서로 접속되어야 하며, 위험한 섬락으로부터 건축물 내부에 있는 설비들을 보호하기 위해서는 이들 설비들이 인하도선으로부터 일정 간격 이상 이격되어 설치되어야 한다[1].

그러나 이러한 수평환도체의 시설이나 안전거

리 이격은 실제 구현에 있어서 매우 어려우며 시공성이 매우 낮아서 건설공정에 장애요인이 되고 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위해서 철근구조체를 인하도선으로 사용하는 방법이 고려될 수 있다.

철근구조체가 인하도선으로 사용되면 건물 안에서 등전위를 형성할 뿐 아니라 다수의 경로를 통하여 낙뢰전류가 분류되어 흐르므로 금속체나 전자설비들의 안전거리를 확보할 필요가 없게 된다. 더구나 이러한 철근구조체는 전자기적 실드를 형성하여 낙뢰전류에 의해 발생하는 전자노이즈

(EMI)로 부터도 전자기기들을 보호할 수 있다.

따라서 건축물구조체를 인하도록으로 활용하는 방법은 피뢰설비시스템에서 매우 유익한 방법이다.

하지만 건물구조체를 인하도록으로 활용하기 위해서는 건물구조체의 전기적 연속성이 보장되어야 한다. 따라서 건물구조체에 대한 전기적 연속성에 대한 연구로서 철골조 구조체에 대한 전기적 연속성을 확인하는 연구뿐만 아니라[2] 철근구조체의 전기적 연속성을 평가하는 논문도 보고되고 있다[3]. 그러나 전기적 연속성을 갖는 공동주택의 철근구조체를 이용하여 인하도록으로 활용하는 설계방법이나 이에 적합한 접지시스템 구축을 위한 기본 설계안 등에 대한 연구는 제시되지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 철근콘크리트구조체를 갖는 공동주택에 적합한 인하도록 및 접지시스템 설계를 위한 기본적 사항에 대하여 고찰하고 이에 적합한 기본 설계안을 제시하였다.

2. 공동주택 철근구조체의 특성

2.1. 철근구조체의 건축적 특성

건축물의 철근구조체(reinforced concrete structure)는 일반적으로 그림1과 같이 라멘구조 형식(rahman type)과 벽식구조 형식(wall type)로 분류된다. 라멘구조는 기둥을 세워서 구조체를 구성하는 방식이고 벽식구조는 별도의 기둥을 세우지 않고 벽 자체가 기둥을 역할을 하는 방식이며, 국내의 공동주택에서는 대부분 벽식구조 형식을 채택하고 있다.

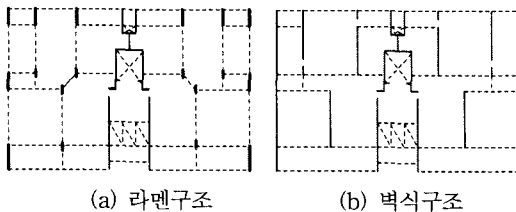


그림 1. 철근콘크리트 건물구조의 형식
Fig.1. Types of reinforced concrete structures

본 연구는 벽식구조 형식의 철근콘크리트 공동주택을 대상으로 한다. 벽식구조 형식의 철근콘크리트 공동주택에서 사용되는 철근은 주로 직경 10mm 또는 13mm의 철근이 주로 사용되며 벽면의 수직 단면적당 철근이 차지하는 면적비인 최소수직철근비는 약 0.12~0.15 %이다. 이러한 최소수직철근비는 지름 10mm인 철근을 사용하여 수직철근이 40cm 이하의 간격으로 2개의 열로 배치되는 면적과 동일하다.

2.2. 철근구조체의 전기적 특성

국내의 경우 공동주택 철근구조체에서 철근들의 상호 접속은 결속선에 의한 결속방법 만이 적용되며 이로 인해 전기적 접속이 불완전해질 수 있다는 특성을 갖게 된다.

국제규격(IEC 62305-3(2006))에서는 건축물 철근구조체의 전기적 연속성에 대한 판단기준으로서 철근구조체의 상단부와 하단부 사이의 전기적 저항이 0.2 Ω 이하이면 전기적 연속성이 있는 것으로 제시하고 있다[1]

이러한 근거를 바탕으로 공동주택의 철근구조체에 대한 전기저항을 측정할 결과 0.2 Ω이하로 측정되어 공동주택의 철근구조체가 전기적 연속성이 있음이 보고되었다[2]. 또한 [2]의 논문에서는 공동주택의 공동구 철근구조체도 신축이음장치가 없을 경우에는 전기적 연속성이 있는 것으로 보고하고 있다.

3. 철근구조체 인하도록시스템의 고찰

3.1. 직격뢰 모의 실험

본 연구에서는 철근구조체를 인하도록으로 활용하기 위한 방안을 모색하기 위하여 낙뢰시 철근구조체에 시설된 전자기기의 영향을 분석하기 위한 직격뢰 모의 실험을 하였다. 직격뢰 모의 실험은 그림 2와 같이 벽식구조형식의 철근구조체를 3m×2m×4m 크기를 갖는 축소모델로 모의하고 이 철근구조체에 금속체 외함을 갖는 전자기기(비디오폰)를 설치한 후 낙뢰시 철근구조체에 부착된 전자기기의 이상여부를 분석하였다.

실험에 사용된 임펄스 제너레이터는 최대출력전압 4.2 MV, 에너지내량 420 kJ(HIGHVOLT사)의 사양을 갖으며 파형은 표준 뇌임펄스 전압 파형 1.2/50 μs와 전류파형 4/11 μs를 발생시킨다.

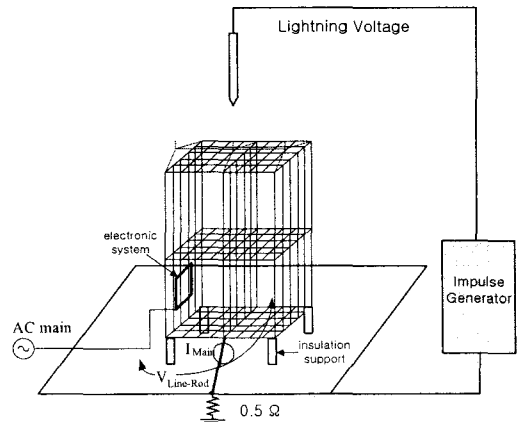


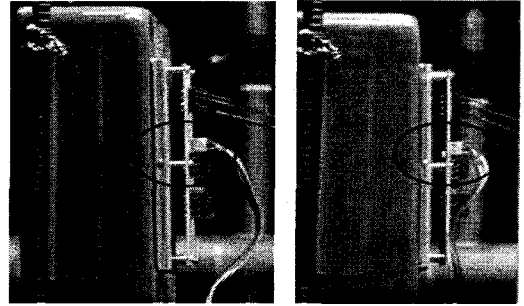
그림 2. 모의실험 개념도
Fig.2. Overview of simulation model experiment

전자기기는 철근구조체의 하부로부터 1m되는 지점에 설치하였으며 공급되는 전원은 임펄스 제너레이터의 접지와 동일한 접지를 갖는다.

3.2. 실험 결과

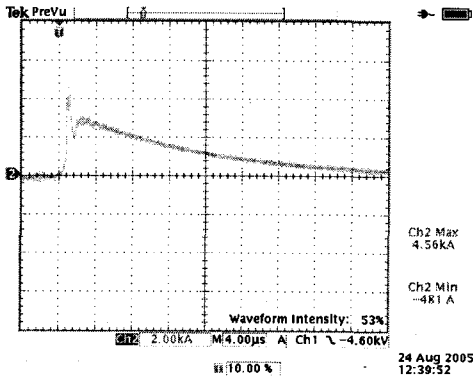
직격뢰 모의 실험에서 측정된 파형의 예를 그림 3에 나타내었다. 철근구조체에 그림 3(a)와 같은 4.56 kA의 임펄스전류를 인가하면 철근구조체와 전자기기 전원선 간에는 그림 3(b)와 같은 43kV의 과전압이 발생되었다.

이때 철근구조체와 전원선간의 전압차에 의해 전자기기에는 그림 4와 같이 전자기기의 금속체 외함과 제어 기관 사이에서 스파킹이 발생하였다.

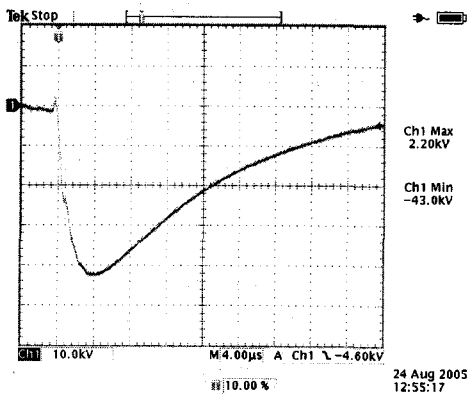


(a) 정상 상태 (b) 스파킹 상태

그림 4. 전자기기에서의 스파킹 현상
Fig.4. Sparking phenomenon in electronic equipment



(a) 인가 전류(주전류)



(b) 전원선과 철근구조체 사이의 과전압

그림 3 모의 직격 뇌전류와 과전압
Fig. 3. Impulse current and overvoltage in electronic equipment

3.4. 전자기기 보호 대책

벽식구조 형식의 철근구조체를 인하도선으로 사용할 때에는 낙뢰전류에 의해 철근구조체에 장착된 전자기기의 파손 현상이 확인되었다. 따라서 전자기기를 보호하기 위한 대책으로서는 본딩에 의한 등전위 구현, 절연 또는 이격, 전자기기의 서지내성 강화 등 전자기기의 설치 및 자체내성강화에 관련된 방법들과 함께 뇌격전류의 대부분을 전자기기들이 설치되지 않는 최외곽 벽면으로 유도하여 전자기기들이 장착된 내부의 벽면에 흐르는 뇌격전류를 최소화시킴으로서 전자기기들을 보호하는 방법 등이 제시될 수 있다.

본딩에 의한 등전위는 SPD(Surge Protective Device)를 사용하여 구현가능하며 절연은 금속합체를 PVC와 같은 플라스틱합체로 대체함으로써 가능하다. 또한 전자기기의 내부회로에 서지내성회로를 부가함으로써 기기 자체의 내성을 높일 수 있는 방법들이 있다.

3.5. 제안된 인하도선 시스템

본 연구에서는 그림 5와 같이 구조체의 외곽 벽면 4개 모서리 부분에 전용 인하도선이 설치된 철근구조체의 인하도선시스템을 제안한다. 그 이유는 결속선에 의한 철근들의 상호 접촉은 낙뢰전류가 흐르면 결속선이 용단되거나 콘크리트를 파열시킬 수 있기 때문이다[1]. 따라서 철근들은 클램프나 용접에 의해 상호 접촉되어야 하지만 이러한 작업은 시공상의 어려움 등 다양한 이유로 실제 현장에서는 적용하기가 힘든 실정이다.

따라서 결속선으로 구성된 철근구조체는 작은 전류에 대해서는 전기적 연속성을 유지할 수 있지만 뇌격전류와 같은 대전류에 대해서는 연속성이 저하될 위험성이 있으므로 구조물에 전용의 인하도선을 설치하는 것이 필요하다.

또한 전자기기는 내부벽면에 주로 설치되는 점을 고려할 때 수외부와 철근구조체와의 접속점들을 외곽벽면으로 제한함으로써 낙뢰전류를 최외곽 벽면으로 유도하여 내부 벽면에 설치되어 있는 전자기기에 유도되는 전기적 스트레스를 감소시킬 수 있다.

또한 이와 같이 철근구조체를 인하도록 활용하기 위해서는 인체안전 및 전자기기 보호를 위한 철저한 등전위 본딩시스템이 전제되어야 한다.

즉, 각 층에서 모든 금속계 및 설비들에서 등전위가 형성되도록 철저한 등전위본딩의 구현이 필수적이다.

이와 같은 인하도록시스템은 철근구조체에 의해 바닥면에서의 등전위를 제공하며 EMI에 대한 차폐효과까지 얻을 수 있어서 인체안전 확보 및 전자기기보호에도 유용할 것으로 판단된다.

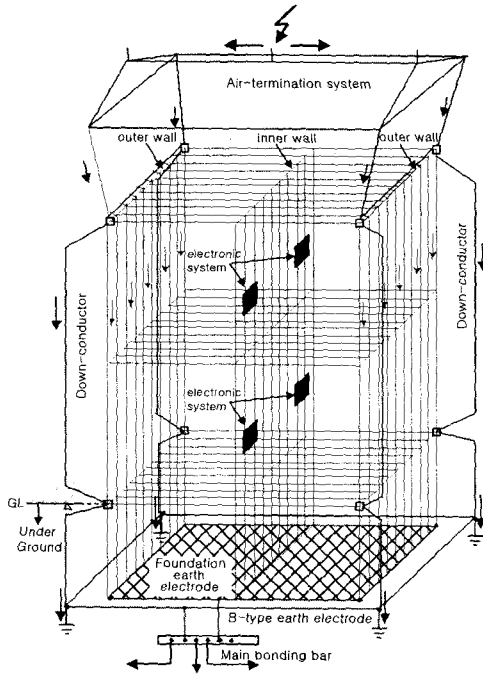


그림 5 제안된 인하도록시스템
Fig.5 Proposed down-conductor system

4. 접지시스템의 고찰

4.1. 공동주택에서의 접지시스템 설계

접지는 인체의 안전 확보를 비롯하여 기기의 확실한 동작 및 손상을 방지하기 위한 가장 중요한 설비이다.

이러한 접지는 사용 목적에 따라 전원설비용 접지, 통신설비용 접지, 피뢰설비용 접지 등으로 크게 분류할 수 있다. 이와 같이 서로 다른 목적을 달성하기 위하여 접지들은 다양한 방법으로 설치될 수 있으나 국제적으로 가장 보편적으로 적용되어지고 있는 설계 개념은 서

로 다른 목적의 접지들이라도 이들을 본딩시켜 등전위를 형성시키는 것이다. 또한 이들 접지시스템들은 건물의 수명과 동일하게 내구성을 가져야 하므로 등전위형성과 함께 부식방지 기법 등이 고려되어야 한다.

본 연구에서는 공동주택에 적합한 접지시스템으로 건물의 기초철근 구조체를 이용하는 건물구조체 접지와 바닥 콘크리트속에 접지극을 매설하는 기초콘크리트 접지를 혼용한 건물기초접지시스템을 제안한다.

즉 건물기초접지시스템은 건물구조체 접지에 전용의 접지극을 부과한 접지시스템으로서 이들 철근구조체와 접지극이 콘크리트속에 함께 매설됨으로 양호한 내구성과 접지성능을 갖게 된다. 이러한 건물기초접지시스템은 전원설비 및 통신설비를 위한 접지로 설계되며 피뢰설비에 대해서는 별도로 건물의 외곽에 구리선으로 환형 접지극을 설치하고 이를 건물기초접지시스템과 본딩하는 방안이 공동주택에 적합한 것으로 판단된다. 피뢰설비의 접지극은 구리를 토양에 매설함으로써 콘크리트속에 있는 건물기초접지극과 비슷한 전위를 갖게 되어 본딩에 의한 부식을 방지할 수 있다[1].

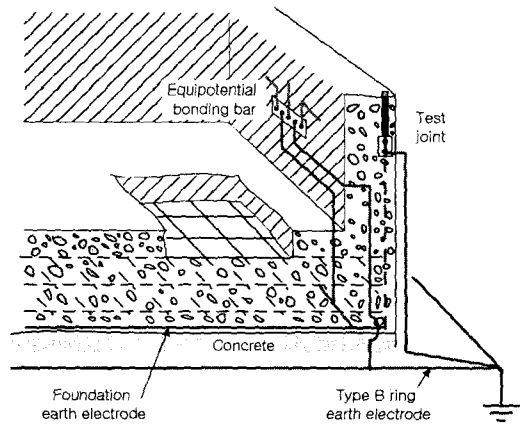


그림 6 제안된 공동주택의 접지시스템
Fig.6 Proposed earth-termination system of apartment

4.2. 총괄접지시스템

접지시스템을 설계하기 위해서는 지락전류를 비롯한 각종 기본데이터와 토양특성의 산정, 대지전위 상승치 산정, 예상 접촉·보폭전압의 산정 등 복잡한 설계절차가 수반된다. 그러나 공동주택에서는 접지시스템의 설계와 시공에 있어서 고도의 안전성 보장, 복잡한 접지절차의 배제, 시공의 단순화, 전국 획일적 적용, 장수명화 등의 조건들이 요구되고 있다.

이러한 요구조건을 만족시킬 수 있는 접지시스템은 총괄접지시스템으로서 이것은 서로 떨어져있는 접지극

들을 서로 연결하여 대형의 접지시스템을 구축하는 것인데, 이와 같이 서로 연결된 대형접지시스템은 안정된 고도의 접지성능을 갖는다.

국제규격에서는 접지설계에 있어서 총괄접지시스템을 구현하면 복잡한 설계절차를 배제할 수 있다고 규정하고 있다[4].

본 연구에서는 그림 7 같이 다수의 건물이 하나의 단지로 구성되어 있는 공동주택에 적합한 접지시스템으로서 총괄접지시스템을 제시하였다. 공동주택에서의 총괄접지시스템은 각 아파트의 건물기초접지극을 공동구의 철근구조체나 접지선을 이용하여 서로 연결시킴으로서 구현할 수 있다.

이때 공동구의 길이가 길어서 구조체의 신축흡수장치가 설치되어 있는 경우에는 신축흡수장치가 설치되는 지점에서 전기적 연속성을 유지하기 위한 별도의 조치가 추가되어야 한다.

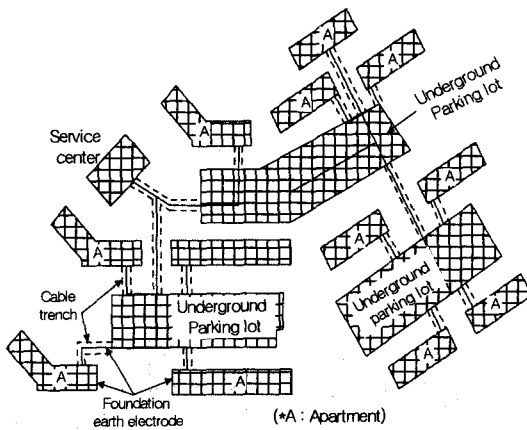


그림 7. 제안된 총괄접지시스템
Fig.7. Proposed global earthing system

4.3. 접지계통방식

본 연구에서 제시한 총괄접지시스템은 고장전류발생 시 큰 고장전류가 흐르므로 실제적으로는 TN계통의 동작을 한다. 따라서 수용가의 접지방식을 TN계통으로 채택하고 이에 적합한 계전보호방식을 적용하는 것이 바람직하다.

현행의 TT방식은 전자제품의 전원부나 필터등에서 누설되는 직류전류에 의해 누전차단기가 적절히 동작되지 않아 안전성을 확보하지 못하므로 선진 외국에서도 TN계통으로 접지계통을 수정하고 있는 추세이다. 따라서 국내에서도 현행의 TT접지방식을 TN(TN-S)방식으로 변경하는 방안이 권장된다.

5. 결론

본 연구에서는 벽식구조형식의 철근콘크리트 공동주택에 적합한 인하도선시스템 및 접지시스템 구성안을 제시하였다.

인하도선시스템에서는 공동주택의 철근구조체가 전기적 연속성을 갖고 있지만 결속선에 의해 접속됨으로 인하여 뇌격전류와 같은 대전류에 대해서는 결속선의 용단이나 콘크리트의 손상이 우려되므로 용접이나 클램프에 의한 수직 철근의 접속이 요구된다.

하지만 이러한 조건은 시공성의 저하 등에 의해 현실적으로 구현하기 힘든 기술이므로 이를 대신하기 위하여 전용의 인하도선을 병행하여 설치하는 방안을 제안하였다. 제안된 인하도선시스템은 낙뢰전류의 대부분을 건물의 최외곽 벽면으로 유도하여 내부 벽면에 설치된 전자기기들에게 미치는 전자유도 스트레스를 최소화할 수 있다. 이와 같이 제안된 시스템은 철근구조체에 의한 등전위 형성 및 EMI에 대한 차폐효과까지도 가져올 수 있어서 인체안전 확보 및 전자기기보호에도 유용할 것으로 판단된다.

한편 접지시스템은 건축물 바닥의 철근구조체를 이용하는 건물기초접지와 피뢰설비를 위한 환형 접지극을 제각각 설치하고 이들을 서로 본당하는 접지시스템을 제안하였다. 또한 공동주택의 건물기초접지극들을 공동구의 구조체를 이용하여 서로 연결함으로써 단지 전체에 총괄접지시스템을 구현하는 방안을 제시하였다.

또한 접지계통방식에서 TT방식은 각종 전자기기에서 누설되는 직류전류에 의해 누전차단기에 의한 안전 확보가 불가능함에 따라 TN 계통으로 변경하는 방안이 검토되어야 함을 제시하였다.

참고문헌

- [1] IEC 62305-3, p.27-306, 2006
- [2] H.Kurita, K.Hanaya, S.I.Yanagawa, A.Ohmi, "Evaluation of electrical resistance and inductance of construction's steelwork", The 2nd Asian Lightning Protection Forum, pp. 15-19, Oct. 2004, Seoul
- [3] Ki-hong Lee, Taik-sueb Lee, Oun-seok Kim, "Evaluation of Steelwork Continuity within Reinforced Concrete Apartment Structures", The 3rd Electrical Installation International Workshop, pp.399-401, Sep. 2005, Japan
- [4] IEC 61936-1, p.173, 2002