건설현장의 수전설비 및 배·분전반의 현장실태 분석

(The Analysis of Field Condition for Power Receiving System and Patch and Panel Boards at Construction Sites)

길형준* · 한운기 · 김향곤 · 최충석
(Hyoung-Jun Gil · Woon-Ki Han · Hyang-Kon Kim · Chung-Seog Choi)

한국전기안전공사 부설 전기안전연구원
(Electrical Safety Research Institute attached to Korea Electrical Safety Corporation)

Abstract

To analyze risk factors of temporary power installations, the investigation was carried out for power receiving system and patch and panel boards at construction sites. The subject was variable such as an airport, an apartment, a municipal playground. There are many risk factors caused by inadequate working environments and the deterioration of temporary power installations using equipment with minimum safety devices at construction sites.

Therefore, it is intended to present problems and preventive measures against electrical shock accidents, through analyzing risk factors of real field condition and investigating temporary power installations all over the country.

1. 서 론

현재 전기에너지는 사회 구조의 혈관이라 할 수 있으며 행정, 금융, 산업, 공공시설 등에서의 전기에너지의 사용이 급증하고 있는 실정이다. 전기는 각종 보호 장치의 개발 및 보급에 따라 안전하고 편리하게 사용할 수 있지만, 부주의한 취급 또는 부적합 전기시설물을 사용할 경우 감전에 의하여 사망으로까지 이어질 수 있다는 문제점을 지니고 있다. 특히, 건설현장에서 공사기간 중 일시적인 전원공급을 위하여 사용되는 임시전력설비는 영구설비와 달리 최소한의 보호 장치만을 구비하여 운용되는 설비로서, 산만한 작업환경, 전기설비의 재사용으로 인한 노후화 등의 불안요인에 의해 타설비에 비해 많은 감전 위해 요인을 나타내고 있다. 임시전력설비에서는 각종 사고를 방지하기 위하여 작업 전의 안전교육에 상당 부분 의지하고 있으나, 건설현장의 작업여건상 잡부들의 잦은 출입으로 인하여 충분한 안전교육을 실시하는 것이 어려울 뿐만 아니라 빈번한 작업의 변화, 불량한 충전부 차폐 등의 불안요인에 의해 감전사고 발생 확률이 영구설비와 비교할 때 높다고 할 수 있다[1-3].

따라서 본 논문에서는 이러한 위해요인을 파악 및 분석하기 위해 수전설비 및 배·분전반에 대해 현장실태 조사 및 설문조사가 병행되어 실시되었으며, 이에 근거하여 건설현장에 존재하는 감전 위해요인을 조사·분석하여 문제점을 도출시키고 그 문제점에 대해 적합한 감전사고 예방대책을 제시하고자 한다.

2. 조사방법

건설현장의 현장상태의 조사방법은 실제 방문조사와 설문조사를 병행으로 실시하였으며, 실태조사의 대상은 대형 건설업체가 공사 중인 서울 8개소, 경기 4개소, 전남 2개소, 경남 6개소, 충북 1개소 등의 총 21호이며 건설현장의 용도는 공항, 아파트, 전차선로, 시립운동장, 문화센터 등으로 다양하였다.

설문조사에 있어 정확성, 객관성, 실용성 등을 갖추고 대표성을 나타내기 위해 대형 건설업체의 경력 10년 이상의 전문성을 갖춘 고급기술자들을 주요 설문대상으로 하였으며 약 100개소의 건설현장에 대해 실시하였다. 하나의 대규모 건설업체 현장에는 수십 개의 협력업체가 하부구조를 이루고 있으므로 현장 총괄 감독인 관리·기술자들에게 설문조사를 실시한 것은 대표성, 전문성, 객관성 등의 측면에서 더욱 효율적이기 때문이다.

3. 설문조사 및 분석

설문 대상은 서울, 경기, 전남, 경남지역 등의 약 100개소의 건설현장에 대해 전국적으로 실시되었고 대상 건설 현장을 살펴보면, 공익성이 강하고 국가 기간산업이 될 수 있는 공항, 전차선로 등이 포함되었으며 그 외에도 문화, 주거 환경 등을 결정하는 건설 현장도 포함되어 있다. 설문조사의 응답률은 약 67% 정도이며 응답자 직군은 100% 전기직이었다.

3.1. 수전설비

수전설비에 대해서는 수전전압, 수전용량, 수전설비 형태에 대해 조사가 실시되었다. 가장 많이 사용되는 수전전압은 22,900V로 71%를 차지하였고, 380/220V가 29%를 나타내었다. 수전설비의 용량은 101~1000kVA의 경우가 86%, 100kVA 이하가 14%이었으며 1000kVA를 초과하는 현장은 없는 것으로 나타났다. 이는 대형 건설업체가 공사 중인 현장인 점을 감안할 때 100kVA 이하의 수용가는 적은 것으로 나타났으며 또한 1000kVA를 초과하는 수용가도 없는 것으로 조사되었다. 다음으로 건설현장에서의 수전설비 형태는 H 변대, 지상노출, 지상 큐비클 등이 있으며 설문조사에서 나타난 유형을 살펴보면, H 변대 형이 93%로 대다수를 차지하였으며 지상 노출 형이나 지상 큐비클형은 사용하지 않는 것으로 나타났다. 이중 특이할 만한 사항으로는 그림 1의 기타에 나타난 것으로 한국전력공사 변압기에서 직접 공급받는 수용가도 있었다.

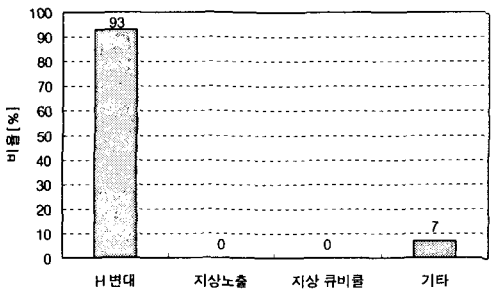


그림 1. 수전설비 형태
Fig. 1. A shape of power receiving system

3.2. 배 · 분전반

배·분전반에 있어서는 최대 분전반 개수, 분기개폐기 개수, 분기개폐기 종류에 대해 조사를 실시하였다. 건설현장에서의 공사 기간 중 최대 분전반 개수는 그림 2에 나타낸 바와 같이, 2개 이하가 7%, 3~5개가 7%, 6~10개가 65%, 10개 이상은 21%로 나타났으며 이중 가장 높은 비율을 나타내는 것은 6~10개인 것으로 나타났다.

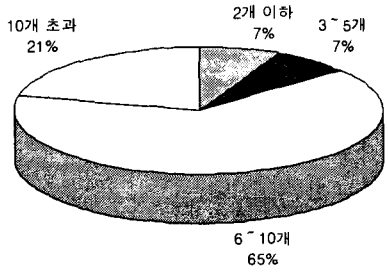


그림 2. 최대 분전반 개수
Fig. 2. The maximum number of panel board

분기개폐기 개수에 대해 살펴보면, 5개 이하가 21%, 6~10개가 36%, 11~20개가 36%, 20개 이상이 7%로 나타났으며 6~20개가 70% 이상을 차지하는 것을 알 수 있다. 이는 건설공사가 대형 설비를 구축하는 현장 특성상 많은 분전반과 분기개폐기를 필요로 한 것으로 판단된다. 설문조사에서 나타난 분기개폐기 종류는 배선용차단기(MCCB)가 93%로 가장 많이 사용하는 것으로 나타났고 누전차단기(ELB)를 사용하는 현장도 7% 정도 있었다. 그러나 현재 커버나이프스위치(CKS)나 나이프스위치(KS)는 거의 사용하지 않는 것으로 나타났다.

3.3. 감전경험 및 안전교육

그림 3에 나타낸 바와 같이, 현 공사현장에서 누전으로 감전을 느낀 경험 여부에 있어 없다가 79%, 있다가 21%로 나타났다.

감전의 경험에 대한 원인으로는 누전차단기 미설치 및 고장이 7%, 접지불량 및 미실시가 7%, 기타 이유로

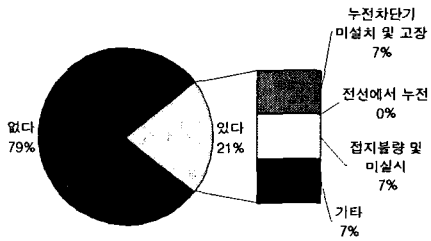


그림 3. 감전경험 및 원인
Fig. 3. Experience and cause of electrical shock

서 가설 전등선 말단의 절연처리 미흡으로 충전부 노출, 백열등 방수 소켓의 파손으로 인한 충전부위 노출 등이 있었다.

그림 4는 안전교육 주기의 실시상태를 나타낸다. 안전교육 주기에 대해서는 30일 마다 실시하는 현장이

57%로 가장 많았고 15일 마다 실시하는 현장은 36%이며 매일 실시하는 곳도 7%나 되었다. 따라서 교육적인 면에서는 양호한 편으로 나타났으나 작업자의 부주의, 작업자의 심리적 상태, 설비 상태 등에 대한 안전관리 측면이 더 강화되어야 감전 사고를 사전에 방지할 수 있다고 본다.

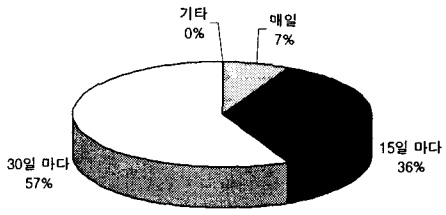


그림 4. 안전교육 주기
Fig. 4. A period of safety education

4. 실태조사 및 분석

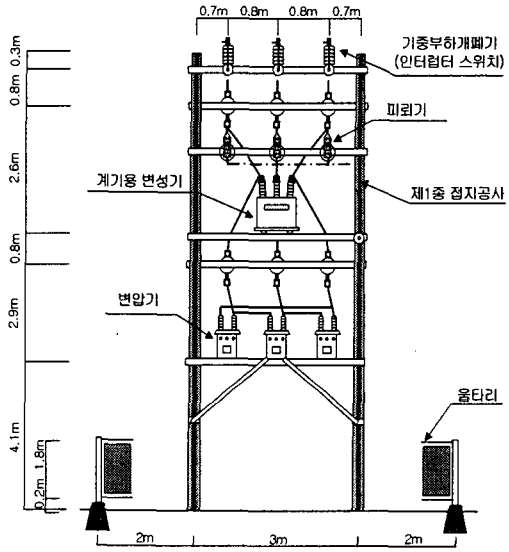
건설현장의 임시전력설비에는 다양한 감전 위해요인이 존재하고 있지만, 그 구성요소를 크게 구분하면 수전설비, 배·분전반, 임시배선 및 이동용 전기기계기구 등으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 상기 구성 요소 중 수전설비 및 배·분전반에 대한 현장실태조사를 통해 건설현장에 존재하는 감전 위해요인을 조사·분석하여 문제점을 도출시키고, 이를 토대로 감전 사고를 예방할 수 있는 대책을 제시하고자 한다.

4.1. 수전설비

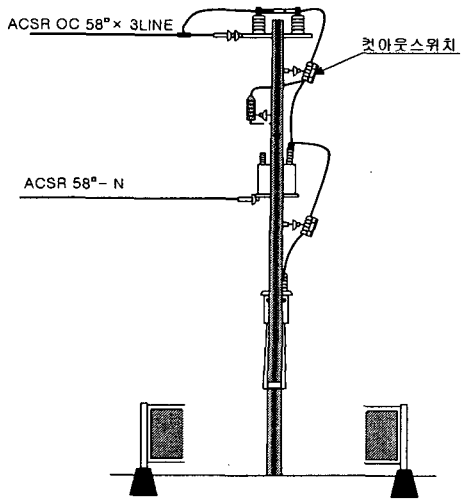
수전설비란 특고압을 고압 또는 저압으로 변성하여 부하설비에 알맞은 전원을 공급하는 변압기 등의 설비 일체를 말한다. 조사대상 건설현장 21호중 특고압으로 수전 받는 수용가는 17호로 전체의 81%를 점유하고 있으며, 건설현장의 수전설비는 대부분 옥외에 설치되어 있고 설치형태는 H 변대가 19호(90%)로 가장 많았다. 이는 설문조사의 93%와 거의 동일한 점유율을 나타낸다고 볼 수 있다. 건설현장의 특성상 공사를 위한 수전설비는 대부분 한시적인 성격을 나타내며 아파트, 전차선로 등은 수전설비 설치공간 확보가 어렵고 일반인 및 작업자들의 빈번한 출입으로 인하여 이에 대한 안전 확보를 위해 충전부와의 충분한 이격거리를 확보하기 위하여 대부분의 수용가에서는 높이, 설치공간 등을 고려하여 H 변대를 많이 설치하고 있었다.

그림 5는 건설현장에서 가장 많이 사용되는 H 변대형 수전설비의 개략도이다. H 변대형 수전설비의 개략적인 구성요소는 기중부하개폐기(인터럽터 스위치), 피뢰기, 계기용 변성기, 변압기, 울타리 등이 있다[4].

건설현장의 방호방법으로는 보호울타리, 위험표지판, 자물쇠장치 등이 있다. 보호울타리의 개념은 충전부분으로부터 적절한 거리를 이격시켜 인축의 접촉을 금지하는 것을 주목적으로 하는 것이다. 보호울타리 규정은 「전기설비기술기준 제50조 발전소 등의 울타리·담 등의 시설」에 기술되어 있으며 울타리·담 등의 높이는 2m 이상으로 하도록 되어 있다. 또한 「내선규정 705-4 수전실 등의 시설」에 의하면 수전실 또는 큐비클 등에



(a) 정면도



(b) 측면도

그림 5. H 변대형 수전설비의 개략도
Fig. 5. Schematic diagram of H-type power receiving system

는 적당한 위험표시를 설치하도록 규정하고 있고 자물쇠로 잠글 수 있는 구조로 하도록 명기되어 있다[5, 6].

수전설비에 의한 전기안전 위험성을 유형별로 살펴보면 수전실 울타리 및 자물쇠장치 불량에 기인한 사고위험, 수전실의 충전부접촉에 의한 사고 위험, 전선로의 높이가 낮아 차량 및 중장비의 접촉에 의한 사고 위험, 분진, 염분 등의 환경요인에 의한 절연커버의 절연열화로 인한 사고 위험 등 다양하게 위험요소가 존재한다. 특히, 그림 6은 H 변대형의 일례이며 자물쇠장치가 불량이거나 울타리가 파손되는 등 불안전 요인을 갖고 있는 상태이다.

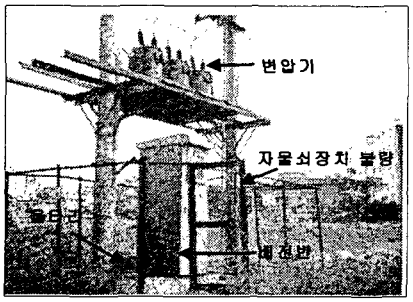


그림 6. 불량한 자물쇠장치의 일례
Fig. 6. Example of a bad lock

표 1에서는 수전설비의 자물쇠장치 상태에 대한 분석 결과를 나타내었다. 자물쇠장치를 필요로 하는 수용가 21호중 자물쇠장치가 양호한 현장은 18호(86%)이며 자물쇠장치의 설치, 교체, 보수 등이 필요한 현장은 3호(14%)로 나타났다. 자물쇠장치가 불량하거나 미설치된 경우 전기상식이 부족한 작업인부나 일반인들이 출입할 수 있어 감전사고 발생 가능성이 있으며 실제 감전사고가 발생한 사례가 있어서 시급한 개·보수가 필요하다.

표 1. 자물쇠장치 시설 상태
Table 1. The installation situation of lock

구 분	자물쇠장치의 상태		계
	양호	불량	
호수(%)	18(86%)	3(14%)	21

또한, 표 2에서는 수전설비의 울타리·담 등의 높이에 대한 분석 결과를 나타내었다. 표 2에서 알 수 있는 바와 같이 울타리를 한 수용가 18호중 바닥으로부터 울타리까지의 높이가 2m 이상인 수용가는 14호(78%)였고, 2m 이하인 수용가는 4호(22%)인 것으로 나타났다. 전기 시설물의 설치시 관련 규정을 참조하여 설치하는 것이 감전사고의 위험성을 감소시키는 측면에서 바람직하므로 시설물 책임자는 관련 규정을 숙지하여 공사 초기에 전기설비가 적합하게 시설되도록 하여야 할 것이다.

표 2. 울타리 높이의 시설 상태
Table 2. The installation situation of fence height

구 분	울타리 높이(지표면~울타리)		계
	2m 이상	2m 이하	
호수(%)	14(78%)	4(22%)	18

일부 현장의 경우, 그림 7과 같이 수전설비 부근에 수목이 울창하게 자라고 건축자재가 쌓여있는 불안정한 모습을 나타내고 있는 현장도 있었으며 이러한 불안요소를 제거하기 위해 주변 환경 정리를 하는 것이 바람직하다. 상술한 바와 같이, 울타리의 자물쇠장치 불량, 수전설비 주변의 적재물, 수목 등으로 인한 불안한 상태, 불량한 울타리 시설 등의 요인으로 감전사고가 발생할 수 있으며 이러한 불안 요소를 제거하기 위해 감독자의 배치, 안전점검 강화, 수전설비 주변 환경 정리 등이 이루어져야 할 것이다.

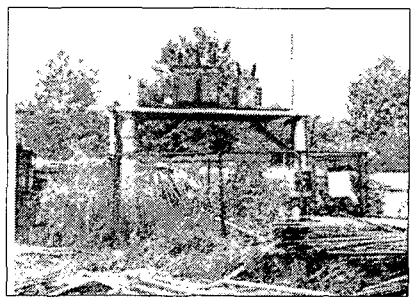


그림 7. 수전설비 주변의 불량한 환경
Fig. 7. A hostile environment in the vicinity of power receiving system

4.2. 배·분전반

건설현장에서 배·분전반을 옥외에 설치할 때는 비, 바람, 눈 등으로부터 보호될 수 있는 구조이어야 한다. 또한, 충전부의 보호조치, 콘센트의 전압표시, 접지 상태, 정리정돈 상태 등이 양호하게 이루어져 있는 가를 관련 담당자가 상세하게 검토하는 것이 바람직하다[8].

다음 그림 9는 대표적인 배전반의 일례를 나타낸다. 배전반을 옥외에 설치할 때 재질에 있어 목재 보다는 철판으로 이루어진 것이 내구성 측면에서 유리하며 충전부가 노출되지 않도록 내부 보호판을 설치하는 것이 감전재해를 예방하는데 효과적이다. 또한, 외함 전면에 회로도, 부하명, 점검일지 등이 표시되어 있도록 하여 유지보수, 관리, 점검 등의 측면에서 용이하도록 하여야 한다. 또한, 누전차단기 2차측에 110V 및 220V 콘센트가 연결되어 현장에서 전기 사용시 지락에 의해 누설전류가 흐를 경우 즉시 누전차단기가 동작하여 감전재해를 방지할 수 있도록 하여야 하며 회로보호 및 인체 감

전보호를 위해 접지를 반드시 시설하고 콘센트도 접지극이 부착된 것을 사용하는 것이 바람직하다[7-9].

배·분전반의 위험요인을 외함상태와 개폐기류 설치실태에 따라 살펴보면 다음과 같다. 우선, 외함상태에 의한 배·분전반의 위험요인으로는 문짝이 없이 개폐기 충전부분이 노출되어 있는 경우, 문짝이 파손되거나 떨어진 경우, 자물쇠장치가 없어 쉽게 전기에 접촉할 우려가 있는 경우 그리고 자물쇠장치가 있으나 형식적으로 설치한 경우 등이 있다. 임시전력현장의 경우에는 옥내는 물론 옥외 곳곳에서 전기를 사용하고 작업위치에 따라 분전함, 전기배선 등이 빈번한 변경이 예상되

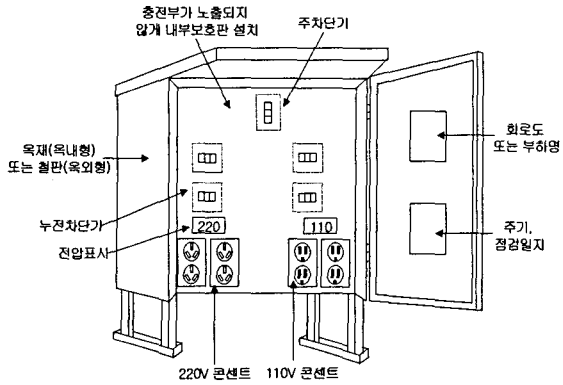
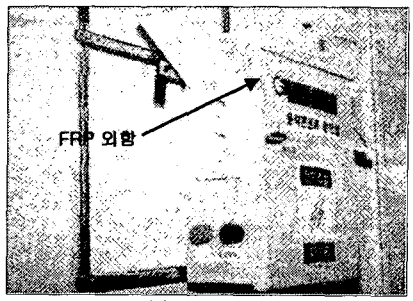
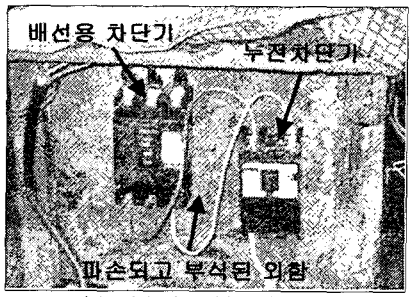


그림 9. 배전반의 개략도
Fig. 9. Schematic diagram of patch board



(a) FRP 외함



(b) 파손되고 부식된 외함

그림 10. 양호 및 불량한 분전반의 일례
Fig. 10. Example of good and bad panel board

어 이에 대한 충분한 안전대책을 수립하기가 쉬운 일이 아니지만 공사진행과 더불어 누전차단기 설치, 분전함에 대한 접지시설 및 시건장치, 작업안전 교육강화 등 공사 전반에 걸친 주도 면밀한 작업계획을 통해 감전사고는 충분히 예방할 수 있다. 일부 현장에서는 그림 10(a)와 같이 FRP(Fiberglass Reinforced Plastics)외함으로 규격화하여 견고하며 감전사고가 없도록 제작 사용하는 곳도 있으나 그림 10(b)와 같이 대부분 배분전함이 불량하여 감전사고 발생우려가 높은 것이 현실이다.

개폐기류에 의한 감전사고 유발요인으로는 충전부 노출 또는 보호장치가 없어 작업자가 충전부에 쉽게 접촉되어 발생하는 것이 대부분이다. 방호장치인 외함이나 뚜껑이 없거나 파손된 경우, 접속단자 부위의 전선 피복이 과도하게 벗겨진 경우, 누전차단기의 미설치 등으로 감전사고가 발생할 수 있다. 건설현장의 분전반내의 개폐기류로는 거의 대부분 배선용차단기(MCCB)와 누전차단기(ELB)를 사용하고 있었고, 극소수의 일부 장소에서는 커버나이프스위치(CKS), 나이프스위치(KS)를 사용하고 있었다. 그림 11(a)는 아크릴로 충전부를 방호하고 관리상태가 양호한 개폐기 설치실태를 나타내며 그림 11(b)는 외함 및 차단기 뚜껑이 파손·소손되고

(a) 양호하게 설치된 개폐기

(b) 불량하게 설치된 개폐기

그림 11. 양호 및 불량하게 설치된 개폐기의 일례
Fig. 11. Example of good and bad switching device

충전부가 노출된 불량한 개폐기 설치의 일례를 나타낸다.

배선용 차단기는 부하설비의 과부하, 단락사고 또는 전로의 지락사고 등에 의한 이상으로부터 전로와 부하설비를 보호하기 위해 전원을 차단하는 역할을 한다. 배·분전함에 있는 누전차단기(ELB)나 배선용차단기(MCCB)는 별도의 방호장치가 없어도 차단기 그 자체는 몰딩되어 있으므로 접속단자 충전부분의 절연상태가 양호하다면 별다른 위험은 없으나 차단기들을 연결하기 위한 버스바와 전선의 경우는 방호장치가 필요하다. 따라서, 노출된 버스바나 전선을 절연테이프, 절연페인트 등으로 절연을 시켜 감전 사고를 방지하도록 하는 것이 바람직하다. 커버나이프스위치(CKS) 및 나이프스위치(KS)의 경우, 관리 소홀로 인해 뚜껑이 탈락, 파손 또는 소손되어 충전부가 노출될 우려가 상당히 높으므로 이러한 설비에 의한 감전재해를 방지하기 위해서는 배·분전함에 시건장치를 설치하여 취급자 이외에는 사용할 수 없도록 하여야 할 것이다.

5. 결 론

상술한 바와 같이, 본 논문에서는 건설현장의 수전설비 및 배·분전반의 감전 위험요인을 설문조사와 실태조사를 통해 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

설문조사의 경우, 약 100개소의 건설현장에 대해 전국적으로 실시되었고 응답률은 약 67%, 응답자 직군은 모두 전기직이었다. 수전설비에 있어서, 수전전압은 22,900V를 가장 많이 사용하였고 수전설비 용량은 101~1000kVA를 가장 높은 비율을 차지하였으며, H 변대형의 이용률이 90% 이상을 차지하였다. 다음, 배·분전반에 있어서, 최대 분전반 개수는 6~10개가 65%를 차지하였으며 분기개폐기 종류로는 배선용차단기를 대부분 사용하고 있었다. 응답자의 21%가 감전경험을 하였고 그 이유로는 누전차단기 미설치 및 고장, 접지불량 및 미실시 등이 있었다.

실태조사의 경우, 수전설비에 의한 감전 위험요소를 살펴보면 수전실 울타리 및 자물쇠장치 불량에 기인한 사고 위험, 수전실의 충전부 접촉에 의한 사고 위험, 절연커버의 절연열화로 인한 사고 위험 등 다양하게 존재하고 있었다. 실태조사를 통한 감전방지대책으로는 수전설비에 울타리, 담 등을 설치하여 일반인 및 조수로의 접근을 방지하고 울타리 등에는 자물쇠장치를 시설하며 울타리 높이는 2m 이상이 되도록 하는 것이다. 또한, 수전설비 주변의 불필요하게 적재된 자재, 수목 등을 제거하여 안전사고가 발생하지 않도록 적합한 주변환경을 조성하는 것이 바람직하다. 배·분전반의 위험요인으로는 외함의 파손 및 부재, 자물쇠장치의 부재 및 불량, 개폐기류의 충전부 노출 등이 있었고, 이러한 배·분전반의 감전방지대책으로는 외함의 유지·보수 철저, 자물쇠장치 설치, FRP 외함 사용 등이 있으며 이 밖에도 노출된 버스바나 전선을 절연테이프 등으로 절연하고 충전부를 아크릴판, 베이크라이트판, 철판 등으로 방호하는 방법 등이 있을 수 있다.

본 논문에서의 분석자료는 건설현장의 감전사고를 감소시키는데 기초 자료로 활용될 수 있고 향후 실증실험장을 통한 실질적 실험을 실시하여 보다 과학적인 분석이 이루어지도록 연구를 수행할 것이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] 한운기, 한기붕, 길형준, 최충석, "임시전력설비 감전재해 발행현황 분석에 관한 연구", 한국산업안전학회 추계학술발표회 논문집, pp.118~123, 2003, 10.
[2] 길형준, 최충석, 한기붕, 한운기, "주요간선 도로에 설치된 가로등의 현장 실태조사 분석에 관한 연구", 한국산업안전학회 추계학술발표회 논문집, pp.293~298, 2003, 10.
[3] Chung-Seog Choi, Hyoung-Jun Gil, Ki-Boong Han, Woon-Ki Han, "The Statistical Analysis and Investigation of Field Condition about Electrical Shock Accidents and Risk Factors in Temporary Power Installations", International Journal of Safety, Vol. 2, No. 2, pp.22~28, 2003.
[4] Chung-Seog Choi, Woon-Ki Han, Hyoung-Jun Gil, Ki-Boong Han, "The Fire Characteristics of MCF Insulation Cover Used in 22.9kV Class Temporary Power Installations", Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, pp.711~716, 2004.
[5] 대한전기협회, "전기관계법령집", 대한전기협회, pp.292~293, 2001.
[6] 내선규정전문위원회, "내선규정", 대한전기협회, pp.529~532, 2003.
[7] 이복희, "접지의 핵심기초기술", 의제, pp.4~20, 2002.
[8] 박무일, "건설현장 안전점검기준", 구미서관, pp.89~107, 2003.
[9] Ronald P. O'Riley, "Electrical Grounding", Thomson Learning, pp.24~29, 2002.