

A Case Study on the Flood Damage and Application of Waterproofing Standards from the Perspective of Electric Rooms in Apartment

공동주택 전기실 관점에서의 침수피해 사례연구 및 수방기준 적용에 관한 연구

Seong-Kyoo Jang · Tae-Hee Choi · Jin-Geun Shon

장성규* · 최태희** · 손진근[†] 

Abstract

In Korea, flood damage caused by heavy rains occurs frequently. In addition, the number of people living in apartments is increasing day by day, and due to this, the electrical room located on the basement floor of the common part of the apartment is flooded. In the event of flooding damage, secondary property damage and personal injury may occur to many residents living in apartments. The case of flood damage in the electric room was investigated and the problems were identified. In this paper, as a solution to this, the ground arrangement of the electric room was suggested, and additional preventive measures were also suggested. Therefore, to better adapt to climate change during the rainy season, it is necessary to establish electric room arrangement and waterproofing standard plans strategically. It is judged that there must be institutional support for the proposed solutions to be realized.

Key Words

Electric accident of apartment, Electrical room, Flood damage influence, waterproofing standard plans

1. 서론

최근 생활수준의 향상 및 라이프스타일(lifestyle)의 변화 등으로 인하여 생활 편의 위주로의 주거 형태 즉 공동주택(apartment)으로의 주거 쏠림 현상이 급격하게 진행되고 있는 실정이다. 근래에 우리나라 아파트의 역사는 산업화 및 도시화와 더불어 시작되었다 하여도 과언이 아니다. 급격 도시화로 인한 인구 밀집으로 주택 부족 문제가 심각하게 발생되었고 이를 해결하기 위하여 건축되어 진 것이 바로 아파트였다. 해방 이후 최초의 아파트(1959년) 건설을 시작으로, 급기야 2018년에 서는 인구주택 총 조사결과 아파트에 거주하는 가구의 수가 무려 1001만 3,000 가구로 전체 1997만 9,000가구의 약 절반이상을 차지한다는 보고가 있다[1].

특히나 더욱 최근에는 1인 가구를 포함, 아파트에 거주하는 인구가 날로 늘어나고 있는 추세이며, 2020년 더욱 더 최근에는 지구온난화로 인한 영향으로 폭우나 기상재해가 더욱 빈번하게 발생하고 있는 실정이며, 향후에도 폭우 등의 기상재해가 더욱 예상된다[2]. 이로 인하여 아파트 공동부의 지하층에 위치해 있는 전기실의 침수 피해가 더욱 빈번하게 발생되고

있으며, 침수피해가 발생 시 아파트에 거주하는 많은 입주민에게 2차 피해를 주게 된다[3,4].

이에 대하여 본 논문에서는 집중호우에 의한 전기실 침수피해의 사례 및 저수조에서 물이 새거나 상수도관 파열 및 관로 누수에 의한 전기실 침수 피해사례를 제시하였다.

이를 토대로 본 논문에서는 행정안전부고시(2019년 12월 개정) ‘지하공간 침수방지를 위한 수방기준’에 따른 침수방지 대책과 방지를 위한 기술적 기준을 지하 전기실의 입장에서 고찰하고 그 대비책에 대한 가이드라인 제시를 본 논문의 목적으로 정하고자 한다. 이의 조사사례 및 기술적 기준을 토대로 전기실 침수피해 사고 시 공통 문제점 및 시사점을 제시하였고 그 방안으로써의 해결책 대안을 결론에 제시하고 한다.

2. 건물 내 지하 전기실의 침수피해 사례와 유형

우리나라의 건물에 대한 전기실 특히 공동주택의 전기실(electric rooms)은 대부분 지하에 위치하고 있으므로 그 구조상 침수의 위험이 매우 상존하고 있다. 이러한 상황에서 전기실의 침수피해는 인재이거나 자연재해에 의해서 발생 되고 있

[†] Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Gachon University, Korea.

E-mail: shon@gachon.ac.kr

<https://orcid.org/0000-0001-8357-4437>

* HITEC EPC CO., LTD., Korea(www.hitecepc.com)

** Dept. of Electrical Engineering, Gachon University, Korea.

Received : Feb. 9, 2021 Revised : Feb. 25, 2021 Accepted : Feb. 27, 2021

다. 인재에 의한 피해는 저수조에서 물이 넘쳐 전기실로 흘러 들어가 발생하거나 상수도관 파열 또는 관로 누수에 의해서 발생하고 있다. 자연재해에 의한 피해는 주로 여름철에 단시간 집중호우나 장마로 인하여 물이 범람하여 전기실로 흘러 들어가서 전기실이 침수 손해를 입고 있는 실정이다. 이에 따른 지하 전기실에서의 침수피해 사례와 유형을 표 1에 정리하여 나타내었다.

표 1 침수피해의 사례와 유형

Table 1 Flood damage case in the underground electrical room.

지하 전기실에서의	유형	비고 (사례제시)
침수피해의 사례와 유형	①. 집중호우	(4건)
	②. 저수조에서의 누수	(5건)
	③. 상수도관 파열 및 관로 누수	(5건)

그림 1은 최근 5년간(2013~2017년) 장마 등으로 습한 여름철에 감전사고 사상자가 집중적으로 발생하는 통계를 보여주는 도표이다. 이의 집계에 따르면 5년간 감전사고로 129명이 사망하고 2천681명이 다치는 등 모두 2천810명의 사상자가 발생하였으며, 월별 감전사고 사상자 수를 보면 7월이 377명으로 가장 많았고 8월 333명, 6월 278명 순으로 뒤를 이은 것으로 파악되었다. 이에 따라 집중호우 기간 전기안전 수칙의 준수가 필요하다 하겠으며 이는 집중호우로 인한 전기실의 침수와 범람에 따른 감전 사고와도 밀접 관계됨을 시사하고 있다[5].

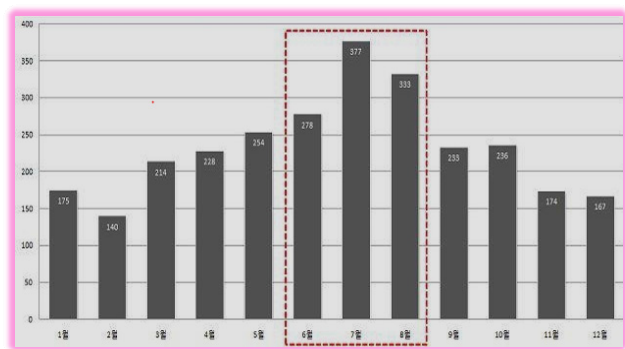


그림 1 월별(여름철) 감전사고 사상자 현황 (전기재해 통계분석, KESCO)
Fig. 1 Monthly (summer) electric shock casualty status (electrical disaster statistics analysis, Korea Electrical Safety Corporation)

2.1 집중호우에 의한 전기실 침수피해

최근 기후변화 영향으로 폭우나 기상재해가 빈번하게 발생하고 있다. 단시간에 지역적으로 집중호우가 쏟아지거나 장시간에 걸쳐 내리는 비의 양으로 인하여 인근 하천이나 도로가 범람하는 사례가 발생되어 이 빗물이 아파트 지하층으로 흘러 들어가 대부분 지하의 최하층에 위치하고 있는 전기실이 침수

되면서 피해를 입고 있는 실정이다. 이와 같은 피해사례는 언론매체에서 발표된 자료를 바탕으로 조사하였다.

2.1.1 광주광역시 북구 신안동 A 아파트

- 사고일시 : 2020. 8. 8
- 장 소 : 광주광역시 북구 신안동 A 아파트
- 사고원인 : 집중호우로 인해 아파트 지하층에 있는 전기실 침수피해
- 피해상황 : 8일부터 단전, 단수가 시작된 이후 12일 오후부터 일부 저층아파트 세대에 임시로 물이 공급되고 있지만 이마저도 14층부터는 수압이 약해 물이 원활하게 공급되지 못함. 또한 고층에 사는 주민들은 승강기를 사용하지 못해 불편이 이어졌다.
- 사고처리 : 북구청은 단수로 어려움을 겪고 있는 주민들을 위해 아파트 안에 임시화장실과 샤워장, 급수시설을 설치했다. 북구청 관계자는 한전관계자와 전기실 복구문제와 별개로 아파트 단수문제를 해결할 방법에 대하여 논의하여 처리.

2.1.2 충청북도 청주시 흥덕구 복대동 B아파트

- 사고일시 : 2017. 7. 26. 오후
- 장 소 : 충청북도 청주시 흥덕구 복대동 B아파트
- 사고원인 : 270mm가 넘는 집중호우로 인해 아파트 지하층에 있는 전기실 침수피해
- 피해상황 : 지하2~3층에 있는 전기실과 기계실이 물에 잠겼다. 내부에 설치된 변압기, 발전기뿐만 아니라 엘리베이터, 소방설비, 상수도펌프, 주차시설 등이 피해를 입었다. 피해액이 최소15억~20억에 달한다. 단전, 단수로 인한 불편으로 인하여 주민들의 일부는 외부의 숙박업소나 친척집에서 거주하였다.
- 사고처리 : 3일후인 19일 임시로 전기가 공급되긴 했지만 25일까지 승강기는 운행하지 못하였으며 20일 상수도는 복구조치 완료하였음.

2.1.3 충청북도 청주시 청원구 우암동 C아파트

- 사고일시 : 2017. 7. 26. 오후
- 장소 : 충청북도 청주시 청원구 우암동 C아파트
- 사고원인 : 270mm가 넘는 집중호우로 인해 아파트 지하층에 있는 전기실 침수피해
- 피해상황 : 도로에 있는 빗물이 넘쳐 지하1층에 있는 전기실로 흘러들어 침수되어 변압기, 발전기뿐만 아니라 엘리베이터, 제어장치 등이 모두 고장으로 가동 불가.

2.1.4 서울특별시 강남구 D 아파트

- 사고일시 : 2011. 7. 27. 오전 7시경
- 장 소 : 서울특별시 강남구 D아파트(4,000세대 규모)
- 사고원인 : 7월26일부터 28일까지 3일 동안 서울에 내린 비의 양은 587.5mm로 기상관측 이래 최고치였으며 7월26일 오후 5시부터 다음날 오전 10시경까지 불과 17시간

동안에 강남구 지역에 약 340mm의 폭우가 내려 아파트 지하층에 있는 전기실 침수 피해

- 피해상황 : 주민들은 단전, 단수로 인해 일상생활을 할 수 없어 불편함이 이루 말할 수 없었다.
- 사고처리 : 한전에서 전기공급을 위한 임시 전력설비 및 비상 발전차를 설치완료 하였으며, 아파트 전기실내 배수작업이 완료 되고나면 제반 전기설비를 안전점검 후 즉시 전기를 공급하기 위한 제반 준비를 신속하게 완료함.

2.2 저수조에서 누수로 인한 전기실 침수피해

고층아파트의 급수방식은 배수지에서 공급된 물을 단지 내 지하 저수조에 저장하고 이를 펌프로 옥상 물탱크로 끌어올린 후 각 가정으로 배분하는 방식이었다. 이 경우 저수조는 통상적으로 기계실 내 일부 장소에 저수조 탱크를 설치하였다. 보통 기계실은 전기실과 인접하여 있기 때문에 저수조의 물이 새면 전기실로 흘러 들어가 전기실이 침수되어 피해를 입을 수 밖에 없는 실정이다. 이와 같은 피해사례는 언론매체에서 발표된 자료를 바탕으로 조사하였다.

2.2.1 대전광역시 대덕구 E아파트

- 사고일시 : 2019. 6. 20 오후 3시경
- 장소 : 대전광역시 대덕구 E 아파트
- 사고원인 : 저수조에서 샌 물이 아파트 지하층에 있는 전기실로 흘러들어 침수피해
- 피해상황 : 7시간 정전이 되어 단전, 단수가 되었으며 승강기에 갇혔던 주민 3명이 119구조대에 의해 구조 되었고 자에서 치료중 이던 1명은 병원으로 이송.

2.2.2 전라북도 익산시 모현동 F 아파트

- 사고일시 : 2016. 6. 6. 오전 2시 33분
- 장소 : 전라북도 익산시 모현동 F 아파트
- 사고원인 : 저수조 자동밸브 고장으로 인해 아파트 지하층에 있는 전기실 침수피해
- 피해상황 : 지하층에 있는 전기실이 1.5m 가량의 물이 차올라 6시간이상 단전, 단수로 주민불편
- 사고처리 : 익산소방서가 출동하여 수중펌프 등을 동원해배수작업 을 시작한데 이어 익산시에서는 수중펌프 1대와 양수기 2대를 긴급 투입하여 배수 작업을 도와 오전 9시경 배수작업을 완료하였다. 한전에서는 오전 8시 투입하여 오전 11시경에 전기 복구를 완료함.

2.3 상수도관 파열 및 관로 누수에 의한 침수피해

상수도관의 파열은 관을 시설 한지 오래되어 부식에 의하거나 기타 작업 중에 상수도관을 건드려 파열됨으로써 발생되기도 한다. 관로 누수는 불량자재를 사용 시공하였거나 부설시공으로 인하여 누수가 발생하게 된다. 이러한 것들로 인하여 물이 지하층에 있는 전기실로 흘러들어 침수피해가 발생되고

있다. 이와 같은 피해사례는 언론매체에서 발표된 자료를 바탕으로 조사하였다.

2.3.1 경기도 수원시 영통구 망포동 G아파트

- 사고일시 : 2020. 10. 9 오전 4시경
- 장소 : 경기도 수원시 영통구 G아파트
- 사고원인 : 지하수도관이 터져 샌 물이 아파트 지하층에 있는 전기실로 흘러들어 침수피해
- 피해상황 : 정전으로 인해 단전, 단수로 이어지면서 아파트 주민이 큰 불편을 겪음.
- 사고처리 : 한전과 아파트 측은 배수펌프를 동원해 배수작업을 진행하고 비상식수 차량을 임시로 운용해서 생활용수를 공급하고 간이화장실을 설치해 주민들의 불편을 최소화 하고자 함. 9일 오전 4시쯤 발생하여 다음날인 10일 낮 12시쯤 복구.

2.3.2 강원도 원주시 행구동 H 아파트

- 사고일시 : 2019. 10. 24. 오후 11시 19분
- 장소 : 강원도 원주시 행구동 H 아파트
- 사고원인 : 단지 내 수도배관에서 누수가 발생해 아파트 지하층에 있는 전기실 침수피해
- 피해상황 : 정전으로 인해 단전, 단수로 이어지면서 아파트 주민이 큰 불편을 겪음.
- 사고처리 : 사고가 발생한 다음날인 25일 오전 7시30분 현재 배수율은 90%로 배수를 완벽하게 완료 해야만 후속작업이 가능하다. 한전에서는 정전복구는 배수 작업을 완료 후 장비를 점검한 뒤 전원공급을 하였음.

2.3.3 대전광역시 대덕구 석봉동 I 아파트

- 사고일시 : 2019. 4. 3. 오후 9시경
- 장소 : 대전광역시 대덕구 석봉동 I 아파트
- 사고원인 : 1층 수도꼭지와 연결된 배관누수로 지하1층에 있는 전기실 침수피해
- 피해상황 : 정전으로 인해 단전, 단수로 이어지면서 아파트 주민이 큰 불편을 겪음.
- 사고처리 : 한전과 소방본부의 관계자 도움으로 정전 6시간만인 다음날 새벽 3시께 전력공급이 재개 되었다.

2.3.4 경기도 이천시 소재 J 아파트

- 사고일시 : 2017. 6. 27. 오전 5시 30분경
- 장소 : 경기도 이천시 소재 J 아파트
- 사고원인 : 지하 상수도 배관이 파손되어 물이 지하층에 있는 전기실, 기계실 침수피해
- 피해상황 : 정전으로 인해 단전, 단수로 이어지면서 아파트 주민이 큰 불편을 겪음.
- 사고처리 : 소방당국은 수중펌프 6대와 대형펌프 1대를 설치해 배수작업을 실시하면서 주민들에게 비상급수를 실시함.

2.3.5 대전광역시 대덕구 비래동 K 아파트

- 사고일시 : 2012. 2. 6. 새벽 1시경
- 장소 : 대전광역시 대덕구 비래동 K 아파트
- 사고원인 : 노후화된 소화전의 파열로 인해 물이 전기실로 흘러들어 침수피해
- 피해상황 : 정전으로 인해 단전, 단수로 이어지면서 아파트 주민이 큰 불편을 겪음.
- 사고처리 : 정전 16시간만인 오후 5시경에 복전이 됨.

3. 전기실 침수피해 사고 시 문제점 분석 및 수방 기준 적용에 의한 해결 방법

3.1 전기실 침수피해 사고 시 문제점 분석

건물 내 지하 전기실에서의 침수피해 사고 시에는 많은 문제점이 발생 된다. 특히 많은 입주민이 거주하는 아파트는 대부분 고층 아파트여서 더욱 더 불편함이 가중되고 있다. 침수피해 사고가 발생되면 복구하는데 많은 비용과 시간이 소요되며 감전사고의 위험도 따르기 마련이다. 이러한 문제점을 살펴보면 그림 2에서 살펴본 사항과 같다.

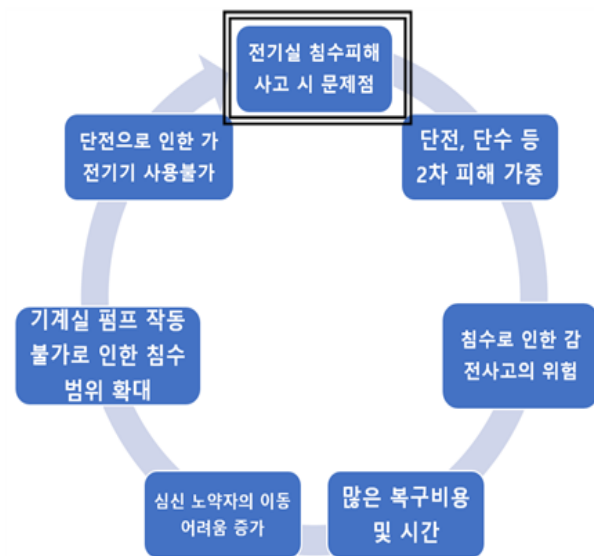


그림 2 전기실 침수피해 사고시의 문제점 제시
Fig. 2 Problem suggestion with the electric room flooding accidents

- 단전, 단수 등 2차 피해를 가중시킨다.
- 단전으로 인하여 가정의 가전기기 사용불가로 인한 문제점 (냉난방 문제, 여름철 : 냉장고 음식부패)
- 기계실 펌프작동 불가로 인한 침수 범위 확대
- 승강기 가동 중단으로 인해 고층부에 거주하는 심신노약자의 경우 이동에 어려움이 따른다.
- 많은 복구비용과 복구하는데 많은 시간이 소요된다.
- 침수로 인해 감전사고의 위험이 있다.

3.2 수방기준 적용에 의한 해결방법

3.2.1 전기실의 지상배치의 검토

기존의 전기실의 경우의 대부분은 지하층에 위치하고 있으며, 이로 인한 인재 또는 자연재해로 인하여 대량의 물이 범람하게 되어 전기실로 들어가게 될 경우 치명적인 피해를 예방하기 어렵다. 이러한 전기실의 침수피해는 다양한 인명피해와 재산피해 및 생활의 불편을 초래하므로 전기실의 지상 배치를 제안한다. 대부분의 공동주택은 효율성과 경제성을 위하여 전기실과 기계실이 지상이 아닌 지하에 배치되어 있으나 설계 시 건축과 평면 계획 단계부터 노력되어야 하며 제도적인 법안 마련이 최 우선적으로 뒷받침이 되어야 한다. 그림 3은 이런 방안을 토대로 최근 T건설사에서 제시된 설계 배치도의 일부를 갈무리한 이미지이다. 지하층에는 주차장 및 기타 장비실이 배치되어 있고 지상층에는 주 전기실(수배전+MCC) 및 필요 건물의 출입구 등이 배치가 늘어나고 있는 추세이다.

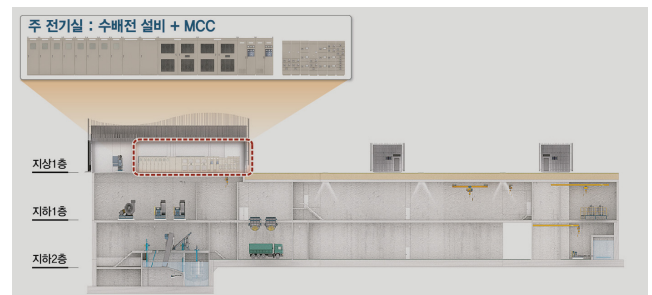


그림 3 지상층에 전기실이 배치된 어느 시설 건축물의 도면 갈무리
Fig. 3 A structure of the facilities building where the ground electricity room is arranged

3.2.2 전기실 침수방지를 위한 수방기준에의 적용 검토

최근 우리나라 행정안전부 고시(제2019-94호)에서는 지하 공간 침수 방지를 위한 수방기준을 법령으로 개정하여(일부 개정(2019년 12월)) 하였는데 이는 ‘지하 공간 침수 방지를 위한 수방기준’으로 그림 4와 같이 총 3장의 구조를 가지고 있으면서 기술적 기준으로는 4개의 항목기준으로 세부사항의 지침이 마련되었다.

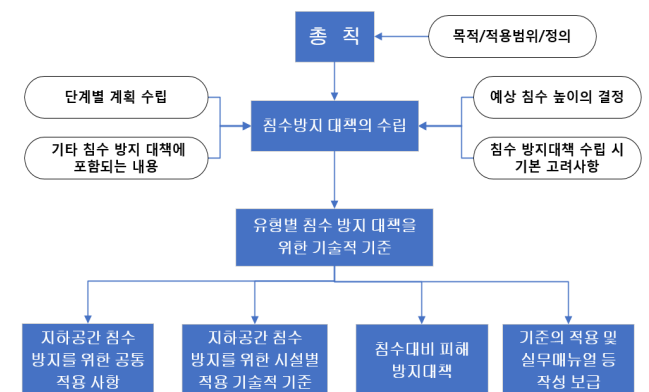


그림 4 지하공간 침수 방지를 위한 수방기준 (행정안전부)
Fig. 4 Waterproofing standard to prevent flooding of underground space

그림 3과 같은 지상의 배치 및 전기실의 이동 배치 등의 현실적 난제의 경우에는 위의 수방기준에서 지정한 바와 같이 다음의 4가지 기본적 단계에 의거 하여 추가적인 대책을 제시하고 있다.

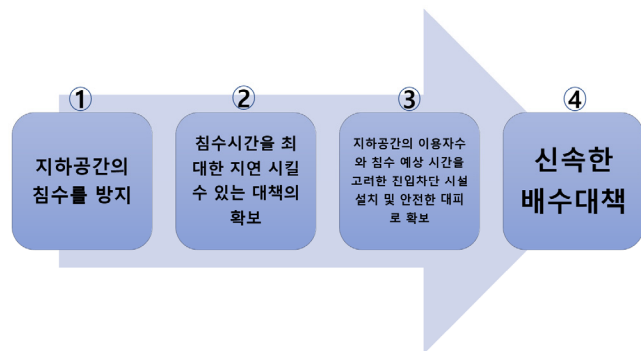


그림 5 수방 기준에 따른 침수방지 및 예방의 기본적 계획수립 4단계

Fig. 5 4 steps to establish a basic plan for preventing flooding according to waterproofing standard

위의 4단계 계획수립에 따라 전기실의 관점에 따른 대비책을 발책하면 다음과 같다. 유형별 침수 방지 대책을 위한 기술적 기준을 참고하면 구조적인 예방 방안으로는 물이 방지력을 넘게 되어 지하로 유입되는 물을 방지하기 위한 방수판, 비상용 모래주머니, 차수문을 준비할 수 있고 지상에 설치된 소형 발전기 또는 축전기를 활용하는 방법을 고려해야 한다.



그림 6 수방기준에 의한 침수사고의 방지대책

Fig. 6 Measures to prevent flooding accidents according to waterproofing standard

또한 인명피해 방지를 위해서라도 누전 차단 장치의 설치 및 접지가 필수적으로 이루어져야 하며 전기시설의 설치 높이를 비교적 고지대에 설치해야 한다. 이미 침수된 경우 역류

방지 밸브를 이용하여 역류를 방지할 수 있으며 유도 수로를 이용하여 침수된 구간의 물을 빼내는 방안 또한 고려할 수 있다. 지하공간 내 유입된 물을 효과적으로 제거 할 수 있는 다른 방안으로는 집수정과 배수펌프의 설치를 지정해 놓을 것을 권장하고 있음을 알 수 있으며 이를 그림 6에 표현하였다.

4. 결 론

2020년 최근에서도 우리나라에서는 집중호우가 빈번하게 발생하고 있으며 저수조 에서 물이 새거나 아파트 노후화로 인해 상수도관 파손 및 관로 누수에 의해 지하층에 설치된 전기 실로 물이 흘러 들어가 침수피해가 발생하고 있다. 침수피해가 발생 할 경우 단전/단수 등을 초래해 각종 재산피해와 많은 입주민의 불편이 발생하고 있는 실정이다. 이로 인해 많은 복구비용과 많은 복구시간이 소요되어 입주민들이 정신적, 금전적인 피해를 입고 있는 현실을 감안하면 이를 방지하기 위한 대책이 필요하나 이에 대한 대책은 미흡한 실정이다.

대부분의 공동주택은 공간계획의 효율성과 경제성을 위해 전기실이 지하층에 배치되고 있다. 그러나 건물의 심장인 전기실을 지상에 설치한다면 1차적으로 위험을 방지할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 이런 중요한 건물의 심장의 역할을 하는 전기실을 지상에 배치하는 방안과 사례제시에 관하여 논하였다. 건축평면 계획 및 설계 시 경제성이 우선시 되어 지고 있기 때문에 전기실을 지상으로 배치하기에는 어려움이 잇따르고 있으므로 먼저 제도적인 뒷받침이 우선 되어야 만이 해결 가능할 것이라 사료된다. 근래에 개정된 행정안전부의 ‘지하공간 침수 방지를 위한 수방기준’에 의거하여 지하 전기실의 관점에서 여러 가지 방지 대책들을 제시하였으며 더욱 더 침수 피해 방지를 위한 지속적인 관심과 구체화된 연구의 필요성에 대한 역설을 포함한다.

Acknowledgments

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20194030202290).

References

- [1] Og-Man Choi, et. all, “Estimation of Electric Vehicle Distribution Rate in Apartment Housing and Prediction of When the Capacit of Transformers Exceeded due to Demand for Electric Vehicle Charging,” KIEE Conference, 2020.
<http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10441277>

- [2] K. Park and J.H. Won, "Analysis on distribution characteristics of building use with risk zone classification based on urbanflood risk assessment," International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 38:101192, pp. 1-10, 2019.
- [3] J. O. Lim, "Estimation of Flood Damage Based on Multi-Dimensional Flood Damage Assessment and Multiple Regression Analysis: A Case Study for the Pyeong Chang River Basin" Master's thesis, Inha University, pp. 1-91, 2019.
- [4] Kiyong Park and Hoo Oh, et. all, "An Analysis of Flood Damage Influence by Urban Spatial Factors," Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol, No. 21-9, pp. 238-250, 2020.9.
- [5] Korea Electrical Safety Corporation, "Monthly (summer) electric shock casualty status," electrical disaster statistics analysis.
- [6] 행정안전부, "지하 공간 침수 방지를 위한 수방기준," 시행 2019. 12. 31 행정안전부고시 제2019-94호.

저자소개



장성규 (Seong-Kyoo, Jang)

1988년 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1997년 송실대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사)
 2011년 송실대학교 전기공학부 졸업(박사)
 현재, (주)HITEC EPC 대표이사
 E-mail: imskjang@daum.net



최태희 (Tae-hee, Choi)

He received his B.S. degree in Gachon University, Gyeonggi-Do, Korea. At present he is enrolled in the master program His research interests are Power conversion and Power control.
 E-mail: chlhogml96@gachon.ac.kr



손진근 (Jin-Geun, Shon)

He received his B.S., M.S. and Ph. D. degrees in the Department of Electrical Engineering from Soongsil University in 1990, 1992 and 1997. He was Chief Researcher in Electro-Mechanical Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea, during 1992-1995. He was a Postdoctoral Researcher in the Department of Electrical and Electronic Engineering, Kagoshima University, from 2002 to 2003. He was also a Visiting Scholar in the Power Electronics Laboratory, Michigan State University, from 2009 to 2010. He is currently a Professor at the school of Electrical Engineering, Gachon University, Korea. His research interests are the power conversion, control and diagnosis of power utility.
 E-mail: shon@gachon.ac.kr