

지하가 시설의 방화대책



정국삼

충북대학교 안전공학과

1. 서 언

최근에 들어서 지하전철의 건설 확대와 도시 지하차도 및 지하구조물의 건설 수요증가 등 대규모 지하생활 공간의 개발이 추진되고 도시 기능의 집중화로, 공간의 유효 이용의 관점에서 적극적으로 지하공간을 활용하고 있는 실정이다.

이와 같이, 기존 건물의 심층화와 지하 주차장 및 지하가, 지하철역 등의 활용성이 증가하면서 더욱 이들 지하 다중이용 시설의 심도화와 대규모화가 이루어지고 있는 것이다.

그러나, 이들 지하시설의 경우, 안전성과 쾌적성을 부여하기 위한 자연채광, 방재, 환기 기술분야의 설계와 시공 기술 등이 선진국의 경우에 비하여 아직 취약한 실정이어서, 이들 시설 공간에서의 환경악화 현상이 클 뿐만 아니라, 특히 방재상의 문제점으로 화재가 발생시, 인명의 피난과 소화 활동의 곤란성 등이 지적되고 있는 것이다.

따라서, 지하 생활 공간에서의 사고 발생으로 인한 피해 규모는 대형화로 직결될 수 있기에, 이에 대응하는 방재 대책이 요구되고 있는 것이다.

이러한 관점에서, 본 고에서는 지하 이용 공간의 개념과 이들 공간 시설에서의 화재 발생 위험 특성을 알아보고 아울러 지하가를 중심으로 이의 방재상을

의 문제점과 안전대책을 개괄적으로 검토하여 봄으로써 지하 이용 시설의 방재에 관한 관심과 주의를 환기시켜 보는 계기를 가져 보고자 한다.

2. 지하 다중이용 공간의 구분과 위험

2.1. 지하 이용 공간의 구분

지하 이용 공간은 경제적 이용이 가능한 범위내에서 지표면 하부에 자연적 형성이나 인위적 조성에 의한 일정 규모의 공간에 일정 목적의 시설이 첨가된 경우로서, 임계심도(critical depth)는 일반적으로 3km까지 보고 있다.

이와 같이, 지하 공간은 활용범위가 매우 넓고 다양한 용도의 시설물들을 지상과 연계하여 구축할 수 있기 때문에 광의의 용어로 볼 수 있다. 따라서 지하 공간을 설명하는데 있어서는 공간 구분의 설정이 필요한데, 다중 이용의 지하 공간은 다음과 같이 구분, 세분화하여 정의하여 볼 수 있다.

(1) 생성별 : 천연동굴에 대응한 인공동굴로서, 지하 시설을 목적으로 개발된 지하 공간: 터널, 지하, 암반공간

(2) 평면적 : 지상을 기준으로 구분하는 경우

1) 건물지하공간(건물 지하실 또는 부속 지하시설) : 지하주차장, 지하상가 등

- 2) 도로지하공간(통행로 부분의 지하공간) : 지하철, 지하상가, 지하도 등
- 3) 공지 지하공간(지상 녹지시설 손상없이 개발) : 도서관, 음악관, 스포츠센터 등
- 4) 고지, 경사지 지하공간(도심지 인근의 산속 지하공간) : 식품저장소, 군사방호시설 등

(3) 심도별

- 1) 표층 지하시설(지하심도 3~30m) : 건물지하층, 지하도/지하철 등 교통시설, 위락시설이나 스포츠 시설, 식료품 등 지하 저장시설
- 2) 중층 지하시설(지하심도 30~300m) : 터널용 지하철, 지역난방시설, 지하유류 저장시설, 군사시설
- 3) 심층 지하시설(지하심도 300~3km) : 지하 양수발전소, 압축공기에 의한 에너지 저장소, 핵폐기물 저장시설

(4) 구조별

- 1) 암반 공동(rock cavern) : 지하 상부에 위치한 암반의 특성에 따라 수평터널 또는 직육면체의 공동 굴착: 각종 지하시설로 이용
- 2) 점토 공동(clay cavern) : 공극률은 크지만 침수율이 매우 작음을 이용 : 유류, LNG저장

(5) 시설별

- 1) 지하 수송 시설
 - 교통용 터널(지하철, 지하도로, 지하도)
 - 운송 터미널(버스정류장, 지하역, 화물보관소)
 - 다용도 공급터널(폐하수, 열수, 가스·전기·전화선)
- 2) 산업 시설
 - 상업시설(지하상가, 지하사무실, 지하창고)
 - 처리시설(폐하수 처리장, 식수·정수 처리장)
 - 발전소(화·수력·지하핵 발전소)
 - 기타 시설(공장, 실험실)
- 3) 위락시설
 - 공공시설(집회실, 극장, 클럽)
 - 오락시설(볼링장, 체력단련장)
- 4) 임대시설
 - 주거시설(임개주택)
 - 기타시설(사무실, 휴게실, 도서관)
- 5) 지하시설
 - 유류, 에너지, 식료품 저장
- 6) 방어시설
 - 군사시설, 지하대피소

2.2. 지하 이용공간의 위험 특성

지하 공간은 지상에 비하여 습기, 분진, 잠재열이 많고 통풍이 잘 되지 않아, 출화율이 상대적으로 적고 화재 발생에서도 내장 구조의 특수성으로 연소확대율이 많은 편은 아니다.

반면에, 연소가 확대되었을 때, 연기와 열기가 장시간 체류되므로 인명의 구조나 화재 진압 활동에 어려움이 따르고 있다. 또한, 불특정 다수인이 이용하는 폐쇄 및 폐쇄적 이미지를 갖고 있는 공간이기에 군집 심리적 현상이 발생하기 쉬워, 화재 및 정전 등의 발생으로 공포 불안감을 강하게 느끼게 되어, 대피를 위한 쇄도군중류(殺到群衆流) 발생으로 적은 국소화재임에도 불구하고 대형의 인명 피해 가능성을 갖고 있는 것이다.

2.3. 지하 이용공간의 화재 위험 요인

(1) 주변 환경에 의한 위험

- 1) 인화성 물질이나 위험물의 휴대 가능
- 2) 흡연자의 담뱃물 방치
- 3) 불순행위에 의한 방화(放火)
- 4) 점포 상가의 상품 진열과 전기 및 전열기 등의 사용 부주의
- 5) 옥내 소화전함, 전기분전함, 화장실, 쓰레기통, 대합실 등의 폭발위험물 장착 우려

(2) 구조상의 위험

- 1) 유효적절한 방화구획의 미비
- 2) 지상출입구의 부족
- 3) 매연설비의 부족
- 4) 열차풍에 의한 연소 확대
- 5) 소방장비의 진입 곤란
- 6) 집중난방설비의 미비

(3) 전기에 의한 위험

- 1) 과열 : 배선기구 합선, 과부하, 누전, 전기기기 과열
- 2) 방전 : 전기기기, 정전기

(4) Flash over 현상 위험

(5) 지하시설의 대규모화, 복잡화로 인한 위험

- 1) 연결 통로를 통한 다른 지하시설로의 연소확대 및 연기확산
- 2) 평면적인 확대와 입체적인 복잡성에 의한 미로화

- 3) 연계부분시설의 방화관리체제의 불명확성 및 부적합성
- 4) 시설별 방화대책의 고려방법에서의 불충분한 대응

3. 지하가의 방재상의 문제점

3.1. 방재상의 난점

지하 생활공간에 있어서의 방재상의 문제점으로는 자연채광의 곤란, 화재 및 정전시의 대처 곤란, 불특정 다수인의 심리적 불안 등이 있는데, 특히 지하가를 중심으로 한 방재상의 난점을 요약하여 보면 다음과 같다.

(1) 화염과 연기로 인한 일체적인 공간의 형성

일반적으로 지하도에 의해서 연결되는 지하가는 폐쇄적인 공간이기에, 일단 화재가 발생하면 전체 공간이 화염과 연기로 충만되면서, 피난 행동 및 소방활동을 매우 저하시켜 인적, 물적 피해를 크게 초래할 수가 있다.

(2) 무질서한 거대공간의 발생

지하가에서 발생한 화재는 지하도로 및 진입로로 확대되어 갈 뿐만 아니라, 지하가와 연결되는 건물의 지하층이 있는 경우에는 이곳 지하층까지 확대되어 무질서한 부정형(不定形)의 거대공간이 발생하게 되어, 지상으로의 계단구와 건물내부로의 계단구의 구별 또한 어려워 피난상의 큰 어려움을 가져오게 된다.

(3) 방화관리의 복잡

일반적인 경우, 지하가의 전체 방화관리를 용역 관리회사가 하고 있지만, 각 점포 임대자가 각각의 임대 점유분에 대하여 방화관리를 하면서 지하가의 관리자의 일원으로서 관리사와 연계하여 공동 방화관리를 행하는 경우도 있다. 또한, 지하가가 다른 지하가와 연결되거나 건물의 지하층 부분이나 지하철역 등과 연계되어 있는 경우, 화재에 대처함은 공동의 개념이지만 관리는 각각이 별도의 조직체로서 행하기 때문에, 방화 관리상에 복잡한 문제점이 발생하여 적절한 대응이 곤란하게 된다.

3.2. 위험성의 증대

지하가에서와 같은 화재 발생시의 위험성은 자연

적인 환기 및 일조가 없는 지하 공간이기에, 지표상의 경우와 본질적으로 다른 특성으로 그 위험성이 증대된다.

(1) 시간의 경과에 따라 불완전연소로 인한 다량의 연기 발생과 때로는 산소결핍 현상도 가져온다.

(2) 폐쇄공간이기에, 연기나 열기가 대기 중으로의 확산이 적어 공간내에 축적되며, 지하철역이나, 인접 건물 지하층과 연계되어 있는 경우에는 발생연기가 이들로 유입되면서 연기 오염범위를 크게 한다.

(3) 점포의 용적에 비교하여 지하도의 용적이 작기 때문에, 화재발생 점포에서 유출되는 연기로 인하여 단시간 내에 지하도가 연기로 오염된다.

(4) 지하가의 공조나 배기덕트를 매개로 하여 화재시 다른 구획으로 연소(延燒)할 위험을 증대시키며, 연기를 보다 확산시키는 결과를 초래한다.

3.3. 소방활동의 난점

(1) 소방구역의 확대 : 지하 환경에서의 잠재불안을 가진 불특정 다수인을 수용하고 있는 것이기에, panic발생의 위험이 크고 각 계단 출입구에서 소방활동의 필요가 동시다발적일 수 있어, 피난 유도 및 도피하고자 하는 사람의 검색·구조를 요하는 구역이 확대된다.

(2) 상황파악의 곤란 : 지상에서 내부를 확인할 수 있는 부분이 국한되어, 화재발생의 위치나 규모 및 피난 지연 등의 상황 파악이 곤란하다.

(3) 내부진입의 저해 : 지하공간에 축적된 짙은 연기와 열기가 지상으로 배출되기 어려워, 내부 진입 소방요원의 활동을 저해한다.

(4) 소방활동의 곤란 : 지하가로의 진입로는 계단, 차로 등에 한하여 피난자에 역행하는 경우가 있으며, 또한 진입방향은 급기 측의 계단 등을 선정하기 때문에 편중되기 쉬워 소방활동 거점의 설정에 시간이 요한다.

(5) 기타 : 화재로 인한 지하시설의 악조건 환경으로 인한 소방작업의 곤란과 누수 및 수물의 우려, 지상과의 무선 교신의 곤란성 등을 들 수 있다.

4. 지아기의 방재대책

4.1. 출화 및 연소 확대 방지대책

지하가 등의 지하생활 공간시설에서는 화재위험 요인이 지상시설의 경우와 별 차이가 없다고 생각되었지만, 화재발생에 따른 피난 및 소방활동에 있어서는 앞에서 언급한 바와 같이 여러 난점이 많고 지상의 경우보다 피해 위험이 크다. 따라서, 통상의 출화방지와 지하공간에서의 연소 확대에 대응하는 소방활동과 피해 감소를 위한 대책이 이루어져야 하며, 이를 위해 소방법이나 건축법 등에서 규제하고 있는 제반 소방 시설의 설치와 이의 유지관리는 물론이고 화재발생 요인에 대응하는 효율적인 안전대책이 실행되어야만 할 것인 바, 주요 기본적인 사항은 다음과 같다.

(1) 화기사용 설비기구의 규제

- 1) 유류사용 화기기구 : 유류가 흘러 쏟아져도 불씨와 접촉하지 않게 하는 구조
- 2) 액화가스 사용기구 : 출화 감지나 진동에 의해 자동적으로 가스공급이 정지되게 하는 구조

(2) 가스공급 차단밸브의 조작 및 긴급, 차단 밸브의 설치

가스공급 차단밸브를 관리자측에서도 조작할 수 있는 것으로 하지만 긴급시를 고려하면 방재실로부터의 원격조작이 가능한 긴급차단 밸브의 설치가 바람직하다.

(3) 가스누설경보기의 설치

가스누설을 조기에 발견하여, 폭발한계에 도달하기 전에 조치를 취할 수 있도록 가스누설경보기를 설치하되, 공급차단밸브 또는 긴급차단밸브와 연동시키는 것이 바람직하다.

(4) 화기사용 장소의 환경정비

점포를 효율적으로 사용하기 위하여 음식점 주방의 경우, 좁은 공간내에 설치·사용하고 있는 많은 화기기구 및 기름때가 부착된 주방 배기덕트 등에 대한 방화상의 환경 정비의 철저화가 필요하다.

(5) 인화성물질에 의한 출화방지

인화성이 있는 약품류나 화학품을 취급 사용하는 경우, 이에 의한 출화위험을 간과하지 않고 위험 방지를 위한 대책이나 개선을 도모할 필요가 있다.

4.2. 인간 피난대책

화재로 인한 화염 및 연기의 확산방향과 지하시설에서 사람이 피난하고자 하는 방향이 동일한 상(上)방향이기때, 지상시설의 경우보다 지하시설내에 있는 사람들은 피난의 어려움이 많은 입장이기때 다음과 같은 피난 대책의 배려가 필요하다.

(1) 심리적 불안감의 완화 대책

- 1) 안내표지의 정비 및 명확화
- 2) 비상조명 확보 또는 심리적 효과를 고려한 비상방송

(2) 상(上)방향 피난 대책

- 1) 상방향으로의 계단부분 : 방배연 대책, 방화문
- 2) 기계식 피난장치 : 피난용의 elevator, escalator

(3) 지하전체 위험에 대한 대책

- 1) 전관(全館) 피난대책 : 피난 개시시간의 단축, 체류자의 피난공간 확보와 체류시간의 단축화, 가스의 감지 및 경보시설의 설치와 정상 작동
- 2) 연계 건물이나 다른 층으로의 연소확산 방지대책 : 방화·방연구획의 성능 향상, 공조시스템을 수평 및 수직으로 block화

(4) 외부 공간에서의 피난 대책

- 1) 외부화된 공간의 도입 : 방배연이 충분한 open cut 방식
- 2) 대피지연의 방지 : 비상 방송설비의 정상 작동 및 재판자의 파악 시스템 확보

4.3. 연기 제어 대책

지하시설의 방배연 방식의 기본으로 피난경로, 일시 피난지점의 방호 및 소방대 진입로, 소방활동거점의 확보에 중점을 둘 필요가 있으며, 급기기계 방배연 방식이 바람직하다. 다만, 이 방식에 대해서는 문제점도 제기되고 있어 다음의 대책이 필요하다.

(1) 방호 구획의 급기와 동시에 화재실 및 연기 확산 구획으로부터의 배기를 행하도록 한다. 따라서, 배연덕트 댐퍼의 기본자세에 대한 검토가 필요하다.

(2) 방화문의 개방이 곤란하지 않도록 급기 구획과 다른 구획과의 압력차를 조정하는 조치를 강구하며, 특히 계단실 등 방화문이 다수 개방될 우려가 있는

경우에는 일정 압력을 유지하도록 배려하여야 한다.

(3) 방배연 구획과 배연기의 배연능력 등 시설의 실태에 적합한 연기제어방식이 기본적인 검토가 필요하다.

4.4. 소방활동대책

지상에서의 경우와 달리 지하시설에 대한 소화활동은 어려운 점이 많기에 다음과 같은 여러 가지 면에 배려를 기울여야 한다.

(1) 지하공간 내부의 파악

잔류자의 위치와 화재상황 등을 파악할 수 있는 시스템의 개발 · 도입

(2) 내부 진입경로의 확보와 안전

소방대 전용의 진입로와 소방대 활동거점의 확보, 소방활동용 elevator의 설치와 기능 향상, 소방활동 시설 등의 방배연대책, 소화설비의 설치

(3) 장시간의 소방활동 고려

소방장비의 경량화, 장시간 사용이 가능한 호흡기의 개발 및 소방대원을 위한 경량 냉각장치의 개발

(4) 소방로봇의 개발 및 이용

인간을 대신한 지하시설내에서의 활동 가능한 소방로봇(정찰, 소화 및 구조용)의 개발과 이의 이용 및 신속한 소화활동을 위한 지하시설에의 상설화

(5) 소화용수의 방수 및 배수

지하시설의 바닥의 방수 조치, 소화용수의 배수 조치 및 겔화제(gel化劑) 함유 소화수의 사용

(6) 통신 수단의 확보

지상과의 연락을 위한 통신보조설비 등의 설치

4.5. 방화관리체제 대책

지하가는 피해가 확대된 경우에 대한 대응이 매우 곤란하므로, 피해의 국한화를 도모하기 위하여 중요한 것이 관리체제의 강화 내지 충실화인 것이다. 따라서, 지하가의 종사원들은 안전의 확보 차원에서 다음 사항들의 추진을 기할 필요가 있는 것이다.

(1) 소방계획의 검토와 자위소방활동 manual의 책정

(2) 방재센터 또는 방재실 기능의 강화

(3) 인명의 구출 · 구조를 위한 지식의 보급과 장비 · 기자재의 충실

(4) 종사원과 이용객 및 통행인에게로 협력을 구하는 종합훈련의 추진

(5) 지하가의 대규모화 · 복합화에 대응하는 방화관리

특히, 지하가는 평면적으로도 입체적으로도 꽤 넓은 공간으로서 최근에 와서는 보다 규모가 커지고 여러 용도의 장소로 이용되고 있는 실정으로, 이와 같은 지하시설의 대규모화와 복합화에 대한 방화안전을 위해서는 다음과 같은 대책이 필요하다고 하겠다.

1) 다른 시설이나 건물과의 연계 연락 통로 등 접속부분의 방화 · 방연 성능의 향상과 자위소방대 활동체제의 정비 도모

2) 기본적인 단위 상호간의 정보전달과 초동대응에 있어서 협력체제 등을 기할 수 있는 광역적인 방화시설 · 설비의 설치 및 방화관리

3) 지상으로부터의 자연광의 도입 및 위치의 표시로서의 공간 등의 도입을 기하는 공간의 명확화

5. 결론

이상과 같이, 지하가에서의 방재에 대한 기본적인 사항을 기술하였는데, 실제적으로 발생하는 재해사례는 과거에 우리들이 얻은 지식이나 경험을 벗어난 현상을 나타내는 경우가 많아 이에 대한 대응 · 검토가 이루어져야 할 분야가 많다고 사료된다.

따라서, 이를 위한 체계적이고도 효과적인 방재대책의 추진과 시행이 이루어져야 할 것인 바, 이와같은 대책을 포괄적으로 종합하여 보면 다음과 같이 정리하여 볼 수 있을 것이다.

(1) 지하공간 공포감의 대처

넓은 내부공간, 높은 천장의 설계, 지하와 상가를 용이하게 연결할 수 있는 출입구의 설계 공간에 glass간막이 벽을 이용함으로써 넓은 공간 이미지 추구, 무창구조, 인테리어면의 연구

(2) 건강한 환경조건의 조성

상용시와 비상시를 고려한 온도 · 습도의 자동 조절 및 자연환기, 기계환기 방식의 채용 검토

(3) 방향·위치 확인 미비의 강화

방향 인식이 가능한 음양각의 기둥 채용, glass의 파티존 구분 등의 시각·청각에 강한 인상을 주는 디자인 연구

(4) 방재 안전기술의 확보

불연재료의 사용, 채광, 환기 및 피난경로 등에 특히 중점을 둔 하이테크의 방재안전시스템 도입 검토

(5) 자연채광 부족의 대응

반사경이나 광섬유 등을 사용하여 자연광을 지하

내부에 유입시킬 수 있는 태양광 채광 시스템의 도입이나 아트리움 방식의 채택과 자연 채광 및 환기가 가능한 top light 방식의 검토

참고문헌

- 1) 韓國建設技術研究院: 地下生活空間의 要素技術開發 -防災技術分野- (1993).
- 2) 村上保富: 地下街火災, 安全工學, 日本安全工學協會 19~6, P. 383(1980).
- 3) 半田 隆: 實大廊下における火災氣流の熱流流動性狀, 火災, 日本火災學會, 26~2(1976).