

D-9

사례를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구

안태영 · 성준식**

한방유비스(주)

A Study on Fire and Life-safety Measures of the Grand-scale Underground Space through Case Studies

Ahn, Tae Young · Sung, June Shik

KF UBIS Co., Ltd.

요 약

대규모 지하공간은 지상공간에 비하여 화재취약요소가 많으며, 재해 발생 시 폐쇄적인 공간 특성으로 인하여 중대재해로 이어져 막대한 인명피해 및 재산손실을 가져올 수 있다. 본 연구는 대규모 지하공간의 방재 특성 분석 및 일본 「샤레오」 방재계획과 국내 C Mall의 방재계획 사례 연구를 통하여 지하공간의 화재 안전상 고려되어야 할 대책들에 대하여 고찰하였다.

1. 서 론

도시의 과밀화 등에 따라 지하공간은 효과적인 특성 활용의 관점에서 새로운 공간자원으로 인식되고 있으며, 이미 국내·외에서는 상당수의 대규모 지하시설이 건설되고 있다. 하지만, 지하공간은 폐쇄적인 공간 특성으로 인하여 지상공간보다 화재·폭발의 영향을 받기 쉬우며, 사고 발생 시에는 도시 기능의 마비뿐만 아니라 대규모 인명 및 재산의 손실로 이어질 가능성이 매우 높다. 더구나 최근의 지하공간은 대규모, 심층화 및 복합화 됨에 따라 잠재 위험이 더욱 가중되고 있으므로 공간의 이용 편리성뿐만 아니라 방화 안전성에 대해서도 충분히 배려되어야 한다.

본 연구는 대규모 지하공간의 화재안전성을 높일 수 있는 방안을 모색하여 지하공간의 이용 및 개발에 일조함과 더불어 지하공간의 방재대책 수립 시 고려하여야 할 참고자료를 제시하는데 목적이 있다. 연구의 주요 내용은 국내·외 대규모 지하공간의 방재대책의 사례조사를 중심으로 대규모 지하공간의 방화 안전상 취약점, 미비점 등을 도출하고, 이것을 준거하여 건축설계 계획적인 측면에서 화재안전대책을 인명안전의 확보에 주안점을 두고 모색한다. 연구방법은 연구논문과 국내·외 대규모 지하공간의 방재대책 사례 등 문헌자료의 조사 및 분석을 통하여 고찰한다.

2. 지하공간의 방재 특성

대규모 지하공간은 지상공간과는 달리 재해가 발생하였을 때 중대재해로 이어져 막대한 인명피해와 재산손실을 가져올 수 있다. 지하공간은 폐쇄적인 공간으로서 화재 발생 시 열·연기의 급격한 확산과 외부와의 시각적인 접촉부재로 인한 폐쇄감(폐쇄공포, 밀실공포), 화재 시 탈출이 어렵다는 불안감, 붕괴에 대한 두려움(매몰공포) 등 심리적 측면에서의 문제점이 제기된다. 최근 대규모화·복합화 되어가는 지하공간의 주요 화재위험요인은 다음의 표 1과 같다.

표 1. 대규모 지하공간의 주요 화재위험요인

항목	화재위험요인
피난상의 곤란성	<ul style="list-style-type: none"> • 불안감 등에 의한 곤란성 • 연기와 동일 방향으로 피난하는 것에 의한 곤란성 • 상방향 피난에 따른 체력적 곤란성 • 지하 전체가 위험해지는 것에 대한 곤란성 • 외부공간으로부터의 최종 피난수단이 없다는 것에 의한 곤란성
소방활동상의 곤란성	<ul style="list-style-type: none"> • 상황 파악의 곤란성 • 시설로의 진입 곤란성 • 장시간의 소방활동이 될 곤란성 • 극한환경 등에 있어서 곤란성 • 누수·수몰의 우려 • 지상과의 무선교신의 곤란성
대규모화·복합화에 따른 위험	<ul style="list-style-type: none"> • 연락 통로 등의 접속부분을 통한 타 시설로 연소확대·연기확산 • 평면적인 넓어짐 및 입체적인 복잡화에 의한 미로화 • 접속부분에서 방화관리 체제의 불명확성 및 부정확성 • 각 시설마다를 단위로 하는 방화 안전대책의 방안으로는 충분히 대응할 수 없는 상황 등

3. 국내·외 대규모 지하공간의 방재계획 사례

3.1 국외 사례

3.1.1 일본 廣島 紙屋町地下街 「샤레오」

본 「샤레오」 계획은 도로 아래에 계획하는 지하2층, 지상1층의 지하(상업시설) 외, 신교통시스템의 지하역, 국토교통성의 지하주차장 및 주변 빌딩 등과 지하로 연결되는 지하보행자 네트워크를 형성하고 있다. 따라서 통상의 건축물과는 다르게 주변시설과의 안전한 연결계획 및 소방설비의 일원화를 포함한 높은 방화·안전대책이 요구되어, 건축계획, 설비계획 측면에서의 안전대책과 더불어 intelligent화된 통합시스템이 계획되었다. 다음의 표 2는 「샤레오」 방재계획에 적용된 주요 사항이다.

표 2. 「샤레오」 방재계획 주요 사항

항목	주요 사항
방재계획	1) 공공 지하보도의 안전계획 <ul style="list-style-type: none"> • 지하가 이용자가 쉽게 위치 및 방향 확인이 가능하도록 명쾌한 평면계획 • 공공 지하보도의 전체 부분에서 보행거리 30m 이내 직통계단 설치 • 공공 지하보도 300㎡ 이내마다 방연구획 설치 • 피난 시 안전성 확보 관점에서 방화셔터 설치 제외 2) 공공 지하광장의 안전계획 <ul style="list-style-type: none"> • 공공 지하보도의 전체 부분에서 보행거리 50m 이내의 위치에 타 부분과 방화구획된 방재상 유효한 광장을 설치 • 광장은 자연배기구 설치, 일부 광장에는 자연채광 취입 • 각 광장에서 직접 지상으로 통하는 출입구 2개소 이상 설치 • 2,000㎡의 광대한 중앙광장은 피난경로 이용부분은 자연배연, 피난상 지장이 없는 부분에는 축연능력을 유효하게 사용한 기계배연 설치 3) 점포의 안전계획 <ul style="list-style-type: none"> • 각 점포는 지하1층에 한정, 풍속영업·위험물 취급업 등의 설치 금지 • 점포는 200㎡ 이내의 방화·방연구획 설치 • 공공 지하보도에 면하는 개구부는 방화·방연셔터 2단 강하식 설치 및 만일의 사태에 대비한 방화문 설치 • 화기를 사용하는 점포는 설치범위를 한정하여 방화구획된 구역에 집중배치 4) 방재센터 <ul style="list-style-type: none"> • 외부에서 직접 진입이 가능한 선근가든을 지하1층에 설치 • 신교통시스템 지하역, 지하주차장 및 인접빌딩의 방재센터 등과 연락장치를 설치하여 상호 방화관리 유지
방재설비	1) 비상용 조명등 : 피난통로 및 지상에 통하는 계단의 바닥면 조도는 10 lx 이상으로 설치하고, 자연채광 미확보 광장에는 조명설비의 비상전원 설치 2) 배연설비 : 공공 지하보도계통의 배연능력은 법 규정의 2배를 적용하고, 화재 및 피난시물레이션을 통한 안전성 검증 3) 소화설비 : 기계실 등을 제외한 지하가의 전역(창고, 화장실 포함) 및 피난 계단에 스프링클러설비 설치 4) 가스보완설비 : 방재센터에서 원격조작이 가능한 긴급가스차단장치(ESV), 가스누설경보설비 설치 5) 광점멸주행기구에 의한 광점멸주행식 피난유도시스템 설치

3.2 국내 사례

3.2.1 C Mall

국내 C Mall은 그 면적이 120,000㎡에 달하는 대규모 지하 위락시설로서 판매시설·관람시설·주차장 및 각종 설비들로 구성되며, 지상부분은 업무시설·숙박시설·컨벤션센터·컨벤션부속동 등 초고층 건축물이 일부 구역에서 상호 연결된다. 특히 평상시

27,000여명의 불특정 다수인이 수용되기 때문에 비상시를 대비하여 쇼핑몰은 다른 용도의 실과 방화구획하여 통로부분의 피난장애를 최소화하였다. 또한 쇼핑몰 내의 에스컬레이터 주위는 지하2층 및 지상1층에서 층별 방화구획하여 지하1층 부분을 피난로로 사용이 가능토록 하였다. 다음의 표 3은 국내 C Mall 방재계획에 적용된 주요 사항이다.

표 3. C Mall 방재계획 주요 사항

항목	주요 사항
방재계획	1) 피난을 고려한 방화구획 <ul style="list-style-type: none"> • 쇼핑몰과 타 용도의 실과 방화구획하여 통로부분의 피난장애 최소화 • 판매시설 바닥면적 500㎡, 유흥주점 바닥면적 200㎡ 이상인 부분은 타 부분과 방화구획 2) 효과적인 피난계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> • Safety Zone을 설정하여 비상 시 대피공간으로 활용 • 주 통로는 신속한 피난을 위하여 방화구획 완화 • 주 통로의 끝 부분은 Sunken Garden으로 통하거나 인접 건물로 연결 • 비상시 에스컬레이터를 정지하여 피난수단으로 활용 3) 시플레이션을 이용한 검증 <ul style="list-style-type: none"> • 시플레이션을 이용하여 피난통로의 폭, 계단까지의 거리, 계단의 수 결정 4) 방재센터 <ul style="list-style-type: none"> • 전시장 지상 1층에 통합 방재센터를 설치하여 집중 감시 및 관리
방재설비	1) 측벽형 Sprinkler Head 설치 : 주통로와 매장 사이에는 방화유리 + 측벽형 Sprinkler Head 추가 설치 2) Drencher System 설치 : 지하1층 에스컬레이터 주위는 Drencher System 및 제연커튼 설치 3) 제연설비 : 공조 겸용 기계식으로서 화재 시 자동적으로 제연기능으로 전환

4. 지하공간의 방재대책에 관한 제언

4.1 피난 대책

지하공간에서는 비상시 피난방향이 상방향이 되고, 연기의 확산방향과 피난방향이 같은 방향이 되는 것 등 지상건축물에서의 피난대책과는 다른 요소들이 많으므로 피난대책 수립 시 다음의 배려가 필요하다. 첫째, 피난 시의 심리적 불안감을 완화하기 위하여 피난자의 위치 및 피난경로를 명확히 하기 위하여 위치표시 System 및 피난유도 System을 도입하고, 평면 계획상 피난경로를 단순 명쾌하게 계획하여야 한다. 또한 화재 시의 불안감을 경감시키기 위하여 필요에 따라서 비상조명의 조도를 높이고, 자연광의 도입 및 심리적 효과를 충분히 고려한 비상방송 등에 의한 적절한 피난유도 전략이 필요하다. 둘째, 상방향 피난에 대한 대책으로써 피난계단 부분을 연기에 의한 영향에서 배제할 수 있도록

방·배연 대책을 행하고, 부상자 등 재해약자를 위하여 피난용 엘리베이터 및 에스컬레이터 등을 개발·도입할 필요가 있다. 셋째, 지하 대공간 전체가 위험하게 되는 것에 대한 대책으로 화재감지를 포함한 피난유도 System의 고도화, 화재 확인의 신속화(감시카메라의 설치 등), 비상방송 매뉴얼 등의 정비를 통하여 피난개시시간의 단축 및 재실자의 안전공간의 확보가 필요하다. 마지막으로 지상시설의 피난기구와 같은 외부공간에서의 최종 피난수단이 없는 것에 대한 대책으로 선근 등 외부화된 공간을 최대한 활용하며, 소방대 전용의 진입로 및 소방활동의 거점 확보, 소방장비의 경량화, 소방로봇의 개발 이용 및 상설화 등 원활한 소방활동을 위한 대책이 필요하다.

4.2 연소확대 방지 및 피난공간의 확보

지하공간은 건물의 지층, 지하가, 지하주차장 및 지하역사 등 복수의 시설이 지하에 연결되어 평면적 및 입체적으로 넓은 공간이며, 다른 시설로 연결되는 지하통로 등은 피난상은 유효하나, 연소확대 및 연기확산의 통로가 되므로 이들 통로 중간에 대중정 혹은 소중정을 설치하여 연소확대와 연소가스를 차단하는 것이 바람직하다. 중정은 배연효과와 더불어 일시적 피난공간의 확보가 가능하고, 특히 방화유리를 통한 중정의 경우에는 화재구역의 정보와 정확한 피난통로의 인식이라는 이점이 있으므로 적극 활용할 필요가 있다. 또한, 일반적인 벽, 바닥 및 천장의 내화도는 부압 또는 중성대의 압력 하에서 시험하여 측정한 것으로 지하공간의 화재조건과는 상이하므로, 지상공간보다 높은 압력 상태의 지하건물에서는 지상공간보다 더 높은 내화성능이 요구된다.

4.3 피난유도설비의 성능 개선

지하공간은 지상공간보다 자연채광을 유입하기 어려운 폐쇄적인 공간적 특성을 가지고 있으므로 명확하고 효과적인 비상표지시스템이 필수적으로 요구된다. 특히 화재 시에는 연기가 천장 부근에 모이게 되므로 표지의 위치는 벽체 아래와 바닥부분이 바람직하며, 내국인 및 외국인의 출입이 빈번한 장소에서는 그래픽으로 처리된 상징물을 이용하는 것이 바람직하다. 유도등 및 비상등 역시 벽체의 낮은 위치에 설치하여야 하며, 비상등은 단전 후 10초 이내에 작동하도록 계획하고, 지하 매장 등 과다한 시각 환경 속에서도 쉽게 분별이 가능하도록 지하통로의 정비 및 대형 유도등의 설치가 필요하다.

4.4 연기제어 성능 개선

화재 시 효과적인 연기제어는 지하 공간 전체의 인명안전에 가장 주요한 요소이며, 연기의 축적은 피난을 방해할 뿐만 아니라 화재관련 사고의 75% 이상이 연기에 의한 사고로 보고되고 있다. 연기제어설비의 기능 부분은 기계적 연기제어시스템에서 화재발생 인접 지역은 정압을 유지하여야 하며, 피난계단 등 피난경로 및 대피장소 등은 적극적으로 가압을 하여야 한다. 또한 복도부분은 공기조절을 위한 덕트의 설치장소로 사용해서는 안 된다. 이러한 연기 배출 방법은 화재발생 지역 내에 부압을 조성하며, 부압이 조성된 후 신선한 공기가 갑자기 유입되면 폭발이 발생할 수 있으므로 주의하여야 한다. 지하공간에서도 연기제어는 방화구획 내의 낮은 위치에서 급기하여 천장 가까이 설치된 배출덕트를 통하여 배출하는 것이 바람직하며, 만일 지하건축물이 별개의 방연구획으로 분리될 경우

에는 비상공조시스템은 각 구획을 별도로 급기 또는 배출하도록 설계하여야 한다.

4.5 지하공간 사용의 제한

화재에 매우 취약한 대규모 지하공간에서는 화재 발생 및 폭발 위험성이 높은 용도와 다중이 이용하는 시설은 심층 지하에 설치하는 것에 대한 금지 규정이 필요하며, 특히 지하 2층 이하에 설치하는 복합상영관, 대규모 위락시설, 화기의 취급이 필수적인 식당, 음식점 등은 설치에 있어서 설치범위를 한정하는 등 그 규모나 수용인원 등에 대한 기준을 정하여 설치에 대한 일정한 제한 규정을 두어 대형 인명피해 발생을 사전에 예방하는 것이 필요하다.

5. 결 론

대규모 지하공간은 일단 시설이 건설되면 철거나 증축이 어렵기 때문에 설계 초기단계에서부터 종합적인 방재대책을 마련하는 것이 중요하다. 더욱이 지하철, 지하상가, 지하쇼핑몰, 지하 복합공간, 건물 지하공간 등이 상호 연결된 대규모 지하공간에서는 화재발생 위험 요인과 화재하중이 갈수록 높아지고 있으므로 지상공간보다 더욱 강화된 규정이 요구된다. 특히 국내 건축법에서 예외적으로 보행거리 30m를 적용하고 있는 지하 공연장·집회장·관람장 및 전시장 이외에도 일정 규모 이상의 대규모 지하공간에서는 최대 보행거리를 30m 정도로 제한하는 것이 바람직하며, 일본 「샤레오」 방재계획에서와 같이 최대 보행거리 50m 이내에는 피난상 유효한 광장의 설치 요구 등 지하대공간의 화재안전을 위한 종합적인 방재대책의 통일된 지침이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한방유비스(주) 지하대공간 COP(Community of Practice)의 사내연구 지원으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 기업 경영진에 감사드립니다.

참고문헌

1. 서울시 소방방재본부 (2007.11).“대규모 화재취약 대상물에 대한 안전성 제고방안”
2. 김현주.“지하도시공간의 방재대책”방재연구지 제6권 제1호(통권 21호)
3. 경남대학교 건축공학과 이강훈 교수 (1996).“지하공간의 화재안전에 관한 연구”
4. 日本建築防災協會 (2002.11).“廣島 紙屋町地下街 「シャレオ」 防災計劃”
5. 東京消防廳.“都市地下空間にして施設の防火安全對策の方案に對して(1)”
“火災”Vol.41 No5(194) pp. 28-32