

산업의 발달과 더불어 인간이 활용하고자 하는 토지의 수요는 계속 증가하고 있으나 이에 부응하기 위한 지상공간이 한정됨에 따라 최근에는 지하공간 개발에 대한 관심이 대두되고 있다.

그러나 지하생활 공간 개발의 기반기술인 환기, 방재기술 분야의 국내제반 해석 및 설계, 시공기술이 국내에서는 미흡한 실정이다.

따라서 한국건설기술연구원 기전연구실은 지난해 정책연구 과제 중 하나로 국내의 지하공간의 환기 및 방재시설의 현황 및 문제점을 분석하고 이의 해결방안 강구와 함께 환기 및 방재 시스템의 해석, 설계, 시공기술 중 취약 부분에 대한 연구를 실시, 국내 지하공간 활용기술의 기반을 마련했다.

기전연구실은 지난해에 이어서 올해에도 지하생활공간 개발에 대한 환기 및 방재기술의 실증실험을 통해 지하공간 활용기술의 자립화를 도모할 계획이다.

〈편집자 주〉

# 지하생활공간 개발에 대한 연구

## — 환기 및 방재기술 분야를 중심으로 —

### 1. 서론

대도시권의 인구집중으로 인한 도시기능의 유지 및 향상을 위하여는 사회 간접자본의 투자가 어느 때보다 절실히 요구되고 있으나, 지하상승 등의 이유로 토지 수요증대에 부응하기가 나날이 어려워지고 있는 실정이다.

이러한 토지 수요증대에 대한 타개책으로 지하공간을 들 수 있다. 이는 지하공간이 타 공간

보다 인간에게 친밀감이 있으며 사용하고 있는 지하공간과의 연결성이 가장 용이하기 때문이다.

특히, 지하공간 중 비교적 지표부분에 해당하는 공간은 오래전부터 인류에게 많은 유익한 공간을 제공하여 주고 있다.

그러나, 지하생활공간에서의 환경적인 면과 안전적인 면에서는 그동안 너무 소홀하게 다루었던 것도 사실이다. 즉, 많은 사람이 이용하는

지하철이나 지하상가 등의 공기오염에 대한 기준치가 설정되어 있지 않고 있다.

외국의 기준이나 국내에서 권장하고 있는 권장치를 상당부분 초과하고 있는 것으로 나타나고 있는 실정이고, 방재적인 측면에서는 대형사고를 유발할 수 있는 여지가 있기 때문에 이에 대한 안전대책이 시급하다고 할 수 있다.

이미 선진 외국에서는 지하생활공간의 환기 및 방재기술에 대해서 구체적이고 체계적인 연구를 오래전부터 실시하여 이미 대형 지하설비에 적용하고 있는 실정이다.

그러나, 국내에서는 아직까지 이에 대한 연구가 상당히 미흡한 실정이며, 환기 및 방재시스템의 운전도 일정한 기준도 없이 실시되고 있기 때문에, 쾌적 환경조성과 안전한 측면에서 본 연구가 절실히 요청되고 있다.

## 2. 지하공간 개발의 필요성 및 전망

폭발적인 인구증가와 더불어 도시기능이 상실되고 있고, 곡물이나 유류등 각종 비축물의 저장물량이 대형화되면서 일부층의 환경과피나 생태적 부작용 우려에도 불구하고, 지하를 효율적으로 개발, 이용하려는 사회적 관심이 크게 확산되고 있다.

특히, 산업의 발달과 함께 도시인구 과밀현상 등이 그 어느 나라보다도 심각한 우리나라에서는 토지에 대한 수요가 양적으로 증가되고 질적으로 다양화 되고 있으며, 지상에서 나타나는 한계성을 극복하는 유일한 수단으로 지하를 개발하는 수 밖에 다른 대안이 없다는 인식이 높아지고 있다.

그러나, 지하공간 개발은 자연채광 부족, 환기 및 안전문제 등으로 일반에게 크게 호응을 받지 못하는 실정이었다.

대형 지하공간이 환경·안전의 사각지대일 수 있다는 우려 때문이다. 일본에서는 지하상가의 대형화재로 인해 한때는 지하가 설치법을 법으로 규제한 적이 있듯이 지하공간에서의 환기상의 문제점이나 화재 등 안전사고의 위험성은 상존하고 있다.

특히, 국내의 설계 및 장비·시공 수준을 충분히 고려치 않고 무분별하게 지하공간 개발에 나설 경우 예기치 못한 환경과피나 대형사고를 초래할 수 있다는 것이다.

따라서, 지하공간의 중요한 연구개발 과제는 지하공간에서 환경 및 방재 안전 대책 등 주변 환경에 지하공간 건설이 미치는 영향 등을 들 수 있다.

앞으로 신·증설되는 지하공간은 다양화, 대규모화, 복잡화 될 것이며, 이와 같은 지하공간에서 방재 안전대책을 확보하기 위해서는 최적 환기시스템과 첨단 방재안전시스템의 개발이 절실히 요구된다.

## 3. 지하생활공간의 환경 및 안전 요소

### 3-1 지하생활공간의 환경요소

지하공간의 환경을 좌우하는 요소들은 여러 가지가 있으나 이런 영향인자들이 복합적으로 작용하기 때문에 지하공간의 용도, 지리적 위치, 심도, 지질학적 조건, 암반의 물리화학적 조건 등에 따라 쾌적한 환경조건을 유지하기 위한 종합적인 대책을 마련하여야 한다.

#### 1) 환 기

지하공간에 있어서 환기의 기본적인 목적은 첫째, 지하공간 내에서 활동하는 사람에게 신선공기를 공급하고, 둘째, 폭발성 또는 유독성 가스, 연기, 분진 및 라돈가스 등을 허용농도 이하로 희석하여 지표로 배출하며, 셋째, 사람이 생활하고 작업하기에 쾌적한 온도 및 습도를 유지하는데 있다.

따라서, 지하공간에 신선한 공기를 공급하기 위해서는 지표로부터 지하공간에 이르는 통로와 오염된 공기를 지표로 배출하기 위한 환기구가 준비되어야 한다.

#### 2) 열 환경

지하에서는 다음과 같은 원인에 의해 온도가 상승하기 때문에 사람이 생활 또는 작업하기에 적합한 온도를 유지할 필요가 있다.

- 지열(암반온도)
- 공기 압축열
- 전기, 기계류에 의한 열
- 고온 용수
- 인체로부터의 발열

지하공간에서의 온도는 단순한 건구온도보다는 사람이 느끼는 감각적인 온도가 중요하기 때문에 피부의 수분을 증발시키는 냉각능력을 포함한 온도를 사용한다.

이러한 온도로 유효온도(Effective Temperature)가 있다. 이들은 온도, 습도 및 풍속 등 열환경 인자를 종합적으로 표시하는 단위이다.

### 3)조 명

지하공간에서 시각에 직접적으로 관계되는 것이 조명이다. 아무리 건강한 눈을 갖고 있어도 조명이 빈약하면 보기에 나쁘고, 일상생활의 모든 행동에 지장이 생기며, 사회 전체로서도 기능이 손실된다.

이와같이 인간이 존재하는 곳에는 반드시 조명이 필요하며, 특히 자연채광이 전혀 안되는 지하공간에 있어서의 조명은 쾌적환경 확보와 방재안전 측면에서 매우 중요한 기능을 한다.

즉 조명으로 인하여 공간에 매력적인 느낌을 주거나 압박감을 조성하는 등의 매우 복합적인 인상은 공간에 어떤 특성을 부여하기도 한다.

따라서, 조명설계에 있어서는 단순히 필요한 조도를 얻는다는 기술적 작업뿐만 아니라 그 공간을 이용하는 사람의 활동이 충분히 발휘되도록 고려하고 있다.

### 4)분 진

분진이란 고형물질로부터 분리된 물리적·화학적 성질이 원래의 물질과 동일한 미세한 입자를 말한다. 일반적으로 부유분진은 0.001~1,000 $\mu$ m의 입자이며, 40 $\mu$ m 이상의 입자는 눈에 보이며 7 $\mu$ m 이상의 입자는 사람에게 그렇게 해로운 대상이 아니다.

지금까지의 연구결과에 의하면 부유분진중 0.5~7 $\mu$ m 범위의 분진이 가장 쉽게 사람의 폐포에 까지 도달하고 진폐증을 일으키는 것으로

밝혀졌으며, 이러한 분진을 호흡성 분진이라고 하고, 7 $\mu$ m 이상의 분진까지 합한 분진을 총분진이라고 하여 구별한다.

### 5)소 음

소음이라함은 인간이 듣기 싫어하는 음이며, 공기등 탄성매체를 전파하는 음파(탄성파)에 의해 생기는 창각적 감각이라 할 수 있다.

공기중의 음파는 음의 진행방향으로 대기압에 비교할 때 미소한 압력변화가 반복되는 종파에 의해 전해진다.

지하공간에서의 소음은 반 자유공간을 전파하는 지표소음과 달라서 통로의 연장방향으로 전파하며, 전파감쇄율은 지표에서보다 매우 작게 나타난다. 통로의 단면적이 작을수록 더욱 그러하다.

## 3-2 지하생활공간의 안전요소

지하생활공간의 이용에 있어서 가장 큰 문제점은 돌발적인 재해이다. 즉 화재, 정전, 가스누출, 침수 등을 거론할 수 있다. 지하공간의 특징은 폐쇄성에 있기 때문에 화재시 열이나 유해가스가 빠른 시간내에 집적되어 초기 진화나 대피가 어렵고, 일시적인 정전이 발생할 경우에 주간일지라도 암흑상태로 되어 심한 패닉(공포, 당황)현상이 야기된다.

따라서, 방재안전대책, 정전대책, 가스누설 방지대책 등이 확보되어야 한다.

### 1)화 재

불을 사용하는 모든 분야의 에너지 산업이 문명의 발달로 인하여 다변화·고도화됨에 따라 예기치 않은 재해의 발생이 증가하고 있으며, 이러한 불로 인한 재해의 종류와 형태가 다양화 되어가고 있다.

화재로 인한 재해 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 지하공간의 대형화, 고급화, 심층화 등으로 인한 사람들의 피난·대피 요령 등의 미숙과 연기의 질식에 의한 인명의 손실이 가장 많아지고 있는 실정이다.

화재의 영향은 열, 연기, 가스 등 세가지가 있으며, 이들은 서로 복합적으로 영향을 미치게 되고, 특히 지하철·지하도에 연결된 지하상

가, 건물지하층, 지하주차장 등에서 발생한 지하화재에 있어서 진압상 곤란한 문제는 화점의 확인에 있다.

## 2)정 전

지하는 폐쇄, 밀폐된 공간의 이미지를 갖고 있으며, 지하생활로부터 격리감을 의식하게 한다. 그리고, 지하공간은 불특정다수의 사람들이 이용하는 전형적 공간이고, 군중심리적 현상이 발생하기 쉽다.

따라서, 일시적인 정전이 발생할 경우에는 중간일지라도 암흑상태로 되어 심한 패닉현상이 발생하게 된다.

정전이 발생할 경우에는 공포감을 강하게 느끼게 되고, 필요이상으로 급하게 대피하기 위해서 「殺到群衆流」가 발생되어 아주 적은 국부적인 화재인데도 불구하고 다수의 압사자가 발생할 가능성이 높다는 것이 전문가의 지적이다.

## 3)방재조명

긴급사태시 피난하는 사람들이 연기속에서 매지 않기 위해서 피난을 위한 유도등을 설치하며, 건물내부의 피난구나 피난방향을 가리키는 유도등은 피난하는 사람들에게 잘 보고 또한 그 내용이 확실하게 이해될 수 있는 이어야 한다.

비상용 조명은 평상시에는 소등되어 있지만 정전시에는 예비전원으로 자동절체되어 점등 되어야 한다.

점등시간은 화재시의 온도상승을 고려하여 140℃에서 30분이상 유지되어야 하며, 조도는 거실, 복도, 기타 피난경로의 바닥면에서 1룩스(형광등은 2룩스), 지하에서는 10룩스를 유지하도록 정하고 있다.

# 4. 지하생활공간의 환경 및 방재안전에 관한 조사

## 4-1 조사개요

지하생활공간 시설중 화재위험성이 가장 많은 지하상가에서 영업 또는 근무하는 사람을 대상으로 환경 상태, 방재상의 안전의식과 방

재특성, 화재 및 정전발생 사례 등을 조사하여 지하생활공간에 있어서의 환경 상태 및 화재 위험 요인을 분석하고, 쾌적환경 확보방안 및 효율적인 방재안전대책을 설정하고자 다음과 같은 내용을 조사하였다.

- 지하상가의 환경상태
- 지하공간 근무상의 문제점
- 안정성과 심리적 불안정도
- 지하상가의 위험요인과 화재 발생 가능요인
- 화재시 가장 불안 요인과 대처방안
- 화재 및 정전발생사례
- 정전시 대처 방안

## 4-2 조사결과분석

### 1)지하공간의 환경

대부분의 응답자들이 지하공간내의 환경상태(환기불량, 공기오염, 소음 등)가 불량한 것으로 지적하였으며, 공기조화시설 및 환기설비의 효율적인 운영이 이루어지지 못하고 있는 것으로 판단된다. 또한, 에너지절약을 위하여 조명관리가 이루어지고 있었으며, 실내 조명기준에 미달되는 등 조명환경도 좋은 상태를 유지하고 있지는 않았다.

따라서, 조사대상자의 대부분은 방재안전상의 위험요인 보다는 일상생활에 밀접한 환경조건에 대한 악화에 더 많은 관심을 나타내 보인 것으로 판단된다.

### 2)지하공간의 안전성 및 위험요인

지하상가에서의 가장 위험요인으로는 화재로 인한 위험이라고 지적하고 있으며, 화재가 발생할 요인으로는 전기누전(87%)이 가장 크다고 응답하였다.

이의 원인으로는 지하상가에서의 가스사용규제로 가스사용설비 대신에 전기사용설비가 급증하고 있는 반면에 전기에 대한 안전의식의 부족으로 전기사용설비의 안전관리가 문제점으로 지적되고 있는 것으로 판단된다. 따라서,

지하생활공간  
개발에 대한  
연구

전기사용설비의 철저한 안전관리 대책이 요구된다.

**3) 화재시 불안요인**

지하상가에서 화재가 발생할 경우 가장 불안요인으로 연기의 농연으로 인해 대피곤란과 출입구쪽으로 사람들의 쇄도로 인한 혼란이 예상된다고 지적하고 있다.

따라서, 지하공간에서의 화재발생시에는 심한 패닉현상이 예상되며, 연기에 대한 배연대책과 계단등 피난로의 안전대책, 그리고 소방대가 용이하게 구조, 소화활동이 가능한 진입로의 확보대책 등의 방재안전대책이 요구된다.

**4) 화재 및 정전발생 사례 조사대상자의 26%가 화재가 발생된 적이 있다고 하였으며, 조사대상자의 74%가 정전이 발생되었다고 지적하고 있다.**

따라서 정전에 대비한 전기안전대책 및 무정전 전원공급대책이 필요할 뿐만 아니라 화재 대응책으로서 완벽한 방재안전시설의 설치와 철저한 유지관리방안이 이루어져야 할 것이다.

**5) 심리적 불안감 및 지하근무 희망 여부**

조사대상자의 78%가 지하공간에서 근무하는 것에 심리적 불안감을 느낀다고 하였으며, 조사대상자의 70%가 지하공간에서 일하고 싶지 않다고 응답하였다.

이의 원인으로는 지하공간내의 환경상태(환기상태, 조명상태, 소음 등)의 악화와 지하시설의 안전성에 대한 부정적인 견해를 갖고 있는 것으로 분석된다.

**5. 지하철 및 도로터널의 환기방식 설계 및 적용기술**

**5-1 환기설비 시스템**

환기는 옥내에서 발생하는 발열, 분진, 유해가스 등 옥내환경을 악화시키는 요인을 제거하기 위해, 신선한 외기와 교체하여 옥내환경을 보다 쾌적한 상태로 유지하는 것이다.

그러나, 최근 도심지역에서는 자동차의 배기

가스나 공장지대의 매연 등에 의해 대기오염이 심해져, 외기의 경우에 있어서도 항상 신선한 공기라고는 할 수 없고, 오히려 악영향을 미치는 경우도 있을 수 있다.

특히, 지상의 시설물보다도 특히 지하 시설물의 경우에는 자연적인 환기상태는 상당히 불량하기 때문에, 대부분이 기계환기방식을 채택하고 있다.

쾌적한 환경을 위해서는 용도에 맞는 최적의 시스템이 설계되어야 하며, <표 1>은 환기설비 선택시 고려하여야 할 사항 등을 보이고 있다.

**<표 1> 환기설비의 고려사항**

환 경	경제성	용통성	안정성
환기효과	년간 운전비	건물/층별	안전계수
공기분배효과	년간 보수유지비	구역별 성능	시스템 변환능력
국부 환기	효율		
공기 체적	년간 전체비용		
노출등급 분석			
열쾌적도 분석			
유해 온도			
습도			
Fanger 지수			

**5-2 지하생활공간의 환기방식 및 설계기법**

**5-2-1 지하철의 환기**

지하철 운행에 따라 시스템내에 발생하는 발열요소는 <그림 1>에서 보는 바와 같다.

**1) 본선의 환기**

기계환기방식은 본선내의 환기가 송풍기를 이용한 강제 급배기되는 방식으로 본 환기방식은 시설비, 유지비 등의 경제적인 면에서는 자연환기방식보다 불리하나 환기구 수가 적게 되므로 초기 토목공사비가 보다 적게 요구되며, 본선내의 환기효과가 확실하여 비교적 쾌적한 환경유지에 유리하다.

**가) 자연환기**

지상에서 개방한 자연 통풍구를 설계하는 방

식으로, 열차의 운행에 따라서 Piston 작용에 의해 터널을 환기시킨다. 환기량은 터널과 열차의 단면적비, 통풍구의 설치 간격, 열차의 운전간격, 열차속도 등에 따라 다르게 된다.

이 방식은 경제적인 방식으로 할 수 있으나, 채용하고 있는 대부분의 노선에서 환기량의 부

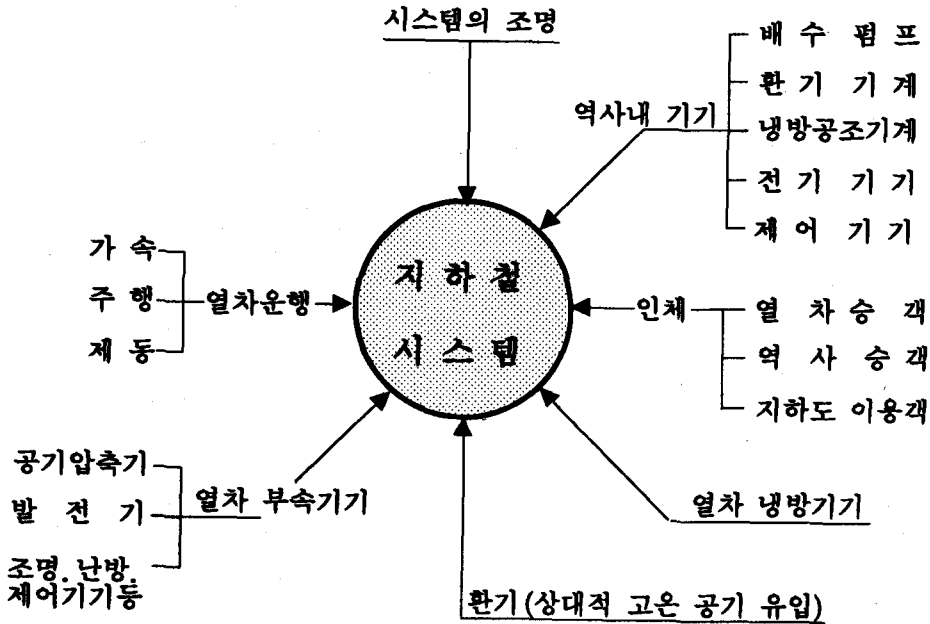
③역사 및 터널의 냉방화에 대응하기 쉽다.

④심야에 낮은 외기온도로 인한 터널 환기가 가능하다.

(2)종류 환기

이것은 터널 환기의 계통을 역의 환기계통과

<그림 1> 지하철 시스템내 발열요소



지하생활공  
개발에 대한  
연구

족으로 말미암아 최근의 발열량 증가에 따른 터널내의 온도가 상승하고 있다.

나)기계환기

(1)역에서 급기하고 터널 중간에 배기 역에서 기계급기하고 역 사이의 중간에 환기 소를 설치하여 기계환기를 실시하는 방식이며, 다음과 같은 특징이 있다.

①Piston 작용에 의한 자연환기 방식의 통풍구 설치에 비해서 환기구 설치에 따른 공 사비가 적게 든다.

②자연환기에서는 통풍구가 지상에 개 방되어 있기 때문에, 교통량이 많은 장소 등 에서는 통풍구로 부터 배기가스 및 분진 등의 침 입이 우려되고 있다.

는 분리시켜, 역간의 단선 터널을 열차의 진행 방향에 따라 급기 및 배기 송풍기로 환기하는 방식이다.

터널내의 환기에 의한 풍속은 일반적으로 2 m/s정도가 적당하며, 양호한 환기효과를 위해 압력손실이 적게 되도록 하는 급·배기구의 형 상이 고려되어야 한다.

2)역사의 환기

가)승강장의 환기

열차 제동에 의해 발생되어 열차풍으로 정거 장에 전달되는 열 및 열차의 정차중에 승강장 으로부터 배출되는 열이 승객이 체류하는 승강장 지역으로 가능한 적게 전달 되도록 열차 하부 를 집중 배기시키고, 승강장 천장에서 수직으

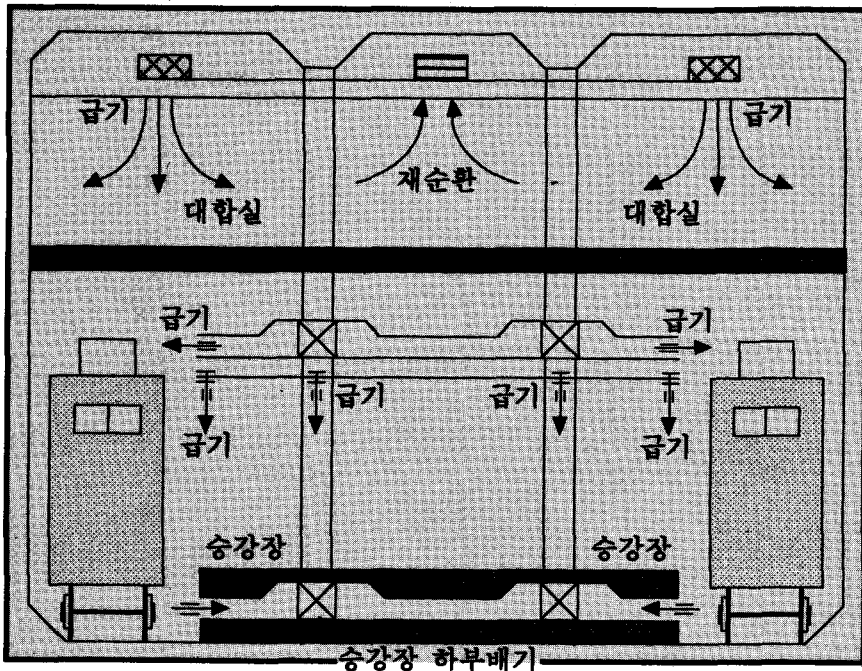
로 유막 급기를 하여 고온의 승강장 선로부와 공조를 하는 승객 체류 지역을 가능한 한 차단한다.

열차 상부의 열차 냉방기(응축기)에 의해 발생하는 열은 승강장 천장에서 수평으로 급기하여 회색시키고 승강장 하부 배기로 함께 배출시키는 방식(그림 2. 참조)을 채택한다.

왕복교통 및 일방향의 교통터널로 분류하여 거론되고 있다.

일방향교통의 터널에서는 자동차의 Piston 작용을 환기력으로 이용할 수 있으나 왕복교통에서는 자동차의 Piston효과를 기대하기 어렵다.

또한 터널의 조건에 따라서 이들 방식을 조합 설계하므로써 보다 합리적인 방식을 추구하는 추세에 있다.



〈그림 2〉역사의 환기

나) 대합실의 환기

대합실은 부하 발생이 일정하고 열차풍의 영향도 승강장보다 적게 받으므로 위생 환기 수준 이상의 환기량을 선정하여 단일 덕트방식의 기계 급·배기방식으로 하고 배기 공기 온도도 높지 않으므로 재순환 공기방식을 채택한다. (그림 2. 참조)

5-2-2 도로터널의 환기

도로터널의 환기방식에 대한 특징은 통과차량의 교통방향에 의해 크게 상이하기 때문에,

1) 종류식 환기

가) 제프팬 방식

제프팬은 모터로 가동하는 가역송풍축류 팬으로서 흡음구조를 갖고 높은 배출풍속에 의해 터널안 공기에 에너지를 주어 종방향으로 환기 흐름을 일으키는 것이다.

환기류는 한쪽 갱구로부터 다른 갱구로 흐르기 때문에 오염농도는 흐름에 따라 직선적으로 증가하고, 토출측 갱구에서 농도는 최대가 되며, 이 최대치가 허용농도를 넘지 않게 계획

되어야 한다.

### 나)사칼드 방식

철도터널에 주로 사용된 것으로서 터널 갱구 또는 내부의 수개소에 송풍기를 설치하여, 이로부터 발생하는 분류(噴流)를 자연환기력에 가하여 환기를 하는 방식이다.

### 다)집중배기방식

경제적으로 수직갱 혹은 가로갱을 만들수가 있을 때는 수직갱에 사용한 종류환기방식이 사용될 때가 있다.

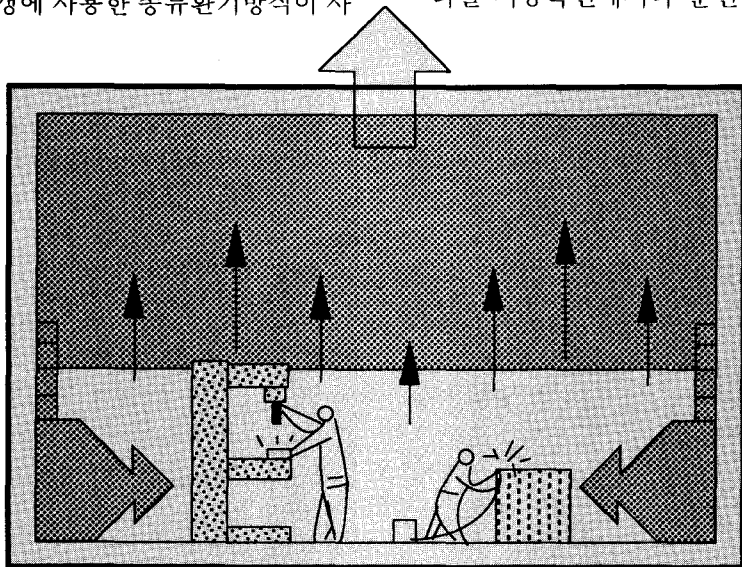
된다. 반면에 종류식 환기에서 발생하는 단점을 해결할 수 있다.

즉, 터널내의 농도분포가 균일하고, 공기 취입구를 용이하게 설치할 수 있다면, 환기면에서는 터널길이에 제한이 없다.

### 3)반횡류식 환기

횡류식 환기의 결정은 대단면의 터널을 필요로 하고, 송풍기와 배풍기를 설치하기 때문에 터널 시공측면에서나 운전측면에서 비경제적이 될 수 있다.

〈그림 3〉  
저속치환방식의  
개요도



지하생활공  
개발에 대한  
연구

수직갱을 사용한 종류환기방식에서는 갱구에서 배출되는 오염공기에 의한 광막(光幕)현상을 방지할 수 있으므로 오염공기를 수직갱에서 배출하는 배기식이 보통 상용된다.

집중배기방식의 환기에서는 수직갱에 의해 분류되는 좌우구간의 풍량밸런스를 잡는것이 경제적인 환기를 하는데 특히 중요하며 일방터널이나 터널중앙부에 수직갱을 만들 수 없을 때에는 차도내에 밸런스용의 제트팬을 설치하여야 한다.

### 2)횡류식 환기

터널 횡단면을 따라 공기를 흐르게 하는 방식이며, 흐름의 방향에 따라 상방향, 하방향, 경사방향 등으로 구분하고 있다.

이 방식의 특징은 터널에 따라 송기 및 배기덕트를 필요로 하기 때문에 터널단면이 커지게

반횡류식 환기 시스템을 갖춘 터널은 화재발생시 연기가 터널내에 층만하는 경우, 차의 대피가 곤란하고 소화활동도 불가능하기 때문에 일반적으로 송기형의 반횡류식에 있어서도 화재시에는 송풍기를 역전운전시킴으로써 배기형으로 변환시키는 설비로 사용된다.

## 5-3 저속치환환기방식의 적용

### 5-3-1 저속치환 환기방식의 개요

더운 공기는 찬공기보다 가볍기 때문에 위로 올라가는 대류의 법칙을 이용한 것으로서 깨끗하고 신선한 급기가 실내온도보다 낮은 온도와 취출속도 0.8m/s 이하의 저속으로 직접 해당 적용구역으로 공급되어 실내의 작업자, 기계, 전등 등으로 부터 발산되는 열과 오염물질을 대류효과에 의해 상승시켜 윗부분에 설치한



배기구를 통하여 순환 또는 배출하는 방식이다.

### 5-3-2 기존 환기방식의 분석

지하철의 열차운전이 자동화되므로 열차 운전속도가 빨라지고 운행빈도도 많아져서 발생열이 증가하게 된다.

이러한 열을 지중의 열흡수와 터널 및 정거장 환기에만 의존한다면 비용도 많이 들고 풍속이 빨라져서 문제가 된다.

국내에서 일반적으로 적용하고 있는 지하철의 실내온도 기준은 다음과 같이 고려하였다.

- 대합실, 승강장 및 통로 : 28℃ DB, 60% RH, (냉방시)
- 직원 근무실 : 26℃ DB, 50% RH, (냉방시)

또한, 현행 환기방식은 Halton사의 HELF4.3 Software를 이용하여 공기 흐름분포와 온도 분포를 각 상태별로 분석하였다.

#### 1) 대합실

기존 환기방식의 외부 조건으로는 다음과 같다.

- 냉방시 : 급기온도 16℃, 실내온도 28℃
- 외기 냉방시 : 급기온도 28℃, 실내온도 28℃
- 겨울철 : 급기온도 -5℃, 실내온도 10℃
- 급·배기구 설치높이 : 2.3m위 천정
- 급기풍량 : 720CMH/개당

〈그림 4〉를 보면 급배기구가 천장에 설치된 경우에 단순회로로 (Short Circuit)와 더불어 냉방용량을 감소시키고자 〈그림 2〉와 같이 실내공기 재순환 방식을 취하기 때문에 거주역의 열환경 및 쾌적도 유지에는 전혀 기여를 하지 못한다는 것이다.

#### 2) 승강장

승강장의 온도조건은 대합실과 같다. 그러나 승강장은 대합실과 달리 급기의 형태가 냉방급기, 수평급기, 유막급기로 나누어지므로 각각의 상태를 별도로 검토한다. 〈그림 5〉에서 보는

바와 같이 수평급기의 형태는 계절에 무관하게 하부배기 인입방향과 일치하게 이루어지므로 외기를 이용한 현행방식은 양호한 것으로 간주된다.

〈그림 6〉을 보면 유막급기와 냉방급기에서는 지상 1.5m에서의 잔류풍속이 건축법규에서 제시한 0.5m/s보다 대부분 높다. 외기 냉방시를 제외하고는 대부분 Cold Draft 현상과 함께 강한 불쾌감을 주고 있다. 따라서 유막급기와 냉방급기의 분사형태 또는 방법을 개선하여야 할 필요성이 있다.

### 5-3-3 저속치환 환기설비 이용 방안

지하철에 현행 환기방식에 대한 개선점에 대해서 대합실과 승강장에서 저속치환 환기방식을 적용하여 보면 다음과 같다.

#### 1) 대합실

〈그림 8〉은 저속치환 기구를 〈그림 7〉과 같이 설치하였을 때 외기 온도변화에 따른 급기 상태를 나타내고 있다.

〈그림 8〉은 동일 조건하에서 기존 급기온도가 16℃ 이하가 되어야 28℃를 유지할 수 있으나 저속치환 시스템에서는 급기 온도가 22℃로 상승되어도 실내온도 28℃유지가 가능하다.

또한 가능한한 실내온도와 급기온도와의 차이를 적게한 전 외기로 공급하게 되면 냉방부하는 현저하게 감소되고 거주역에서의 실내 쾌적도는 현저하게 개선된다는 것이다.

그러므로 〈그림 7〉의 개선안의 단순회로 (Short Circuit) 현상으로 인한 냉방 용량 증가의 자연 해소와 동시에 실내 환경개선 및 에너지 절감방안을 제시하고 있다.

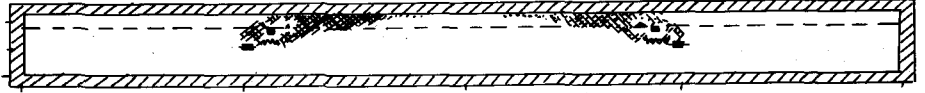
#### 2) 승강장

〈그림 10〉은 승강장의 유막급기를 〈그림 9〉와 같이 설치했을 때의 외기온도 변화에 따른 급기분포 상태를 나타내고 있다.

냉방시에 동일 조건하에서 기존 시스템 〈그림 2〉는 급기온도가 16℃일때 실내온도를 28℃로 유지할 수 있으나, 저속치환 시스템에서는 급기 온도가 24℃로 상승되어도 실내온도는 28

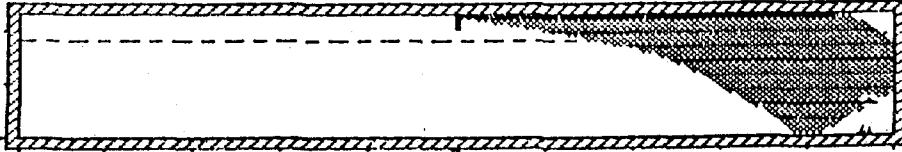
〈그림 4〉  
대합실의  
공기흐름 분포

THK 200	Tr=28.0C	▲	■	●
A=20.0	Tsa=16.0C	40cm/s	30cm/s	20cm/s
QV=200 L/S	Lp=40 dBA	27.5℃	27.6C	27.7C
▲P=41Pa				



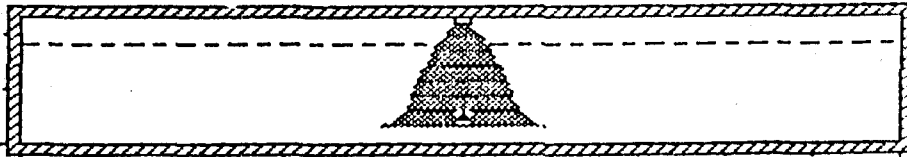
〈그림 5〉 승강장의 수평급기 분포

TLA 200	Tr=28.0C	▲
QV▲200 L/s	Tsa=36.0C	85cm/s
▲P=41Pa	Lp=40 dBA	29.1C
	Angle=0	

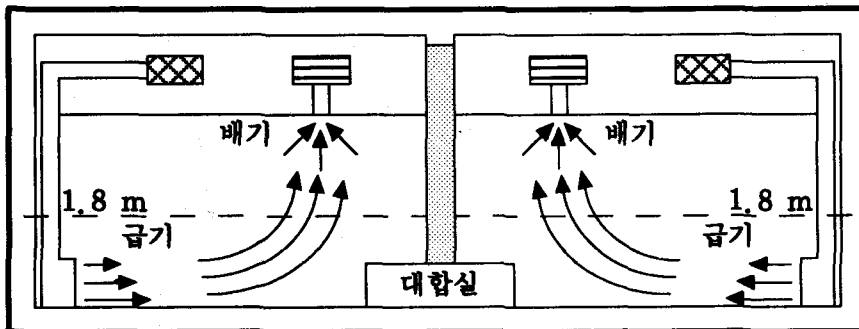


〈그림 6〉 승강장의 유막급기 분포

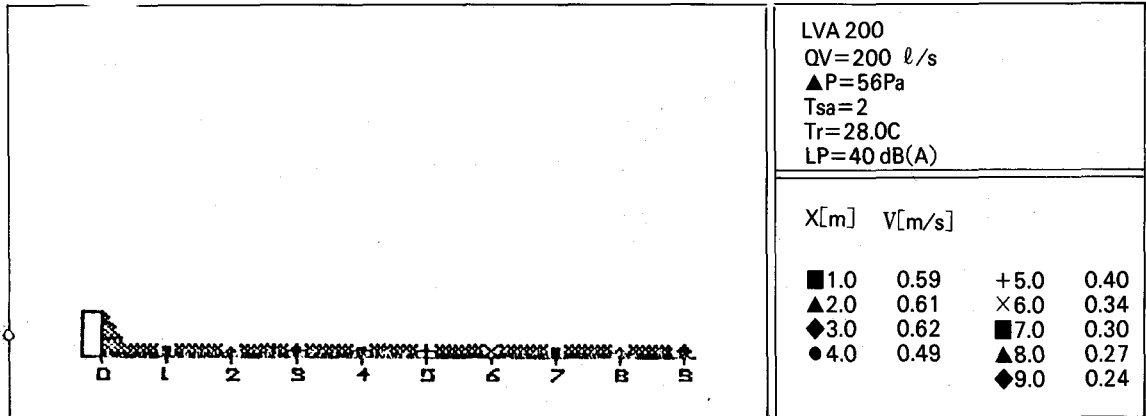
TRS-W200	Tr=28.0C	▲
QV▲501/s	Tsa▲16.0C	92cm/s
▲P=7Pa	Lp=(20 dBA	24.2C
	Angle=-90	



〈그림 7〉 대합실의 환기설비

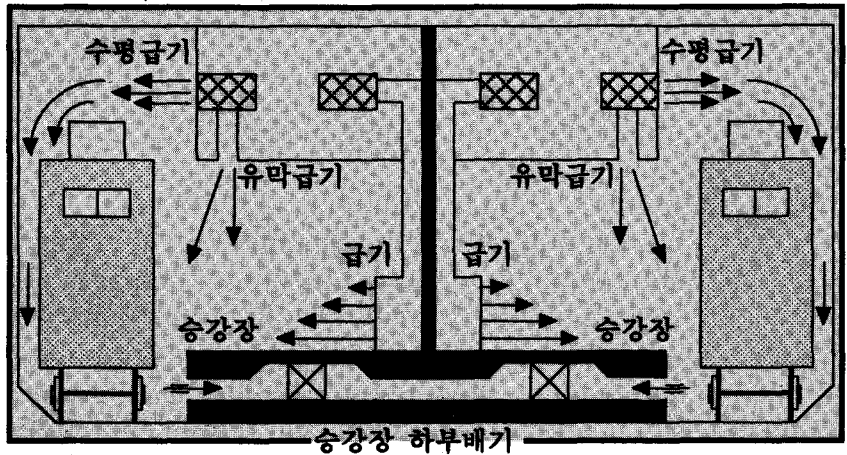


지하생활공간  
개발에 대한  
연구

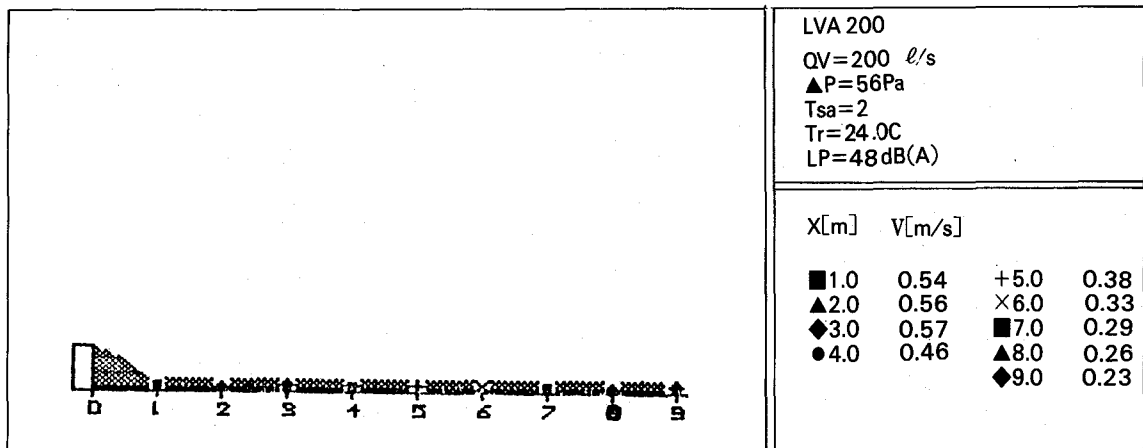


<그림 8> 치환방식의 급기분포

<그림 9>  
승강장의 환기설비



<그림 10> 승강장의 치환방식의 유막급기분포



℃정도로 유지가 가능하다는 것이다.

이때의 잔류풍속은 년중 최대 0.54m/s로서 실내 잔류풍속 조건을 충족하고 있다.

## 5-4 환기설비 운영 및 개선 방안

### 5-4-1 지하철 환기 설비

지하철 터널내의 환기량은 터널구조물의 열 축적방지를 위한 환기량을 기준으로 하여 용량이 결정되었는데, 여러 오염물질을 기준으로 할 필요가 있다.

지하철 터널의 환기량이 일반 건축물에 비하여 커짐에 따라 이에 따른 운영상의 문제점도 있다.

우선 환기를 위한 모든 시설이 대형화되며 지하구조물내에 설치되므로 시설물의 유지관리를 위한 시설에 각별한 고려가 있어야 한다.

또한, 지하철 환기를 위한 환기구(또는 환기탑)는 거의 보도위 통행인이 많은 곳에 위치하므로 오물, 휴지, 보도위의 흙이나 모래 등이 이 환기구를 통하여 다량 유입되므로 환기구는 가능한 보도면보다 3m 이상 높이 설치하여 이러한 문제들을 근본적으로 해결하도록 하여야 한다.

지상 환기구의 형상을 마찰손실이 최소가 되도록 설치하여 Push-Pull 방식의 자연환기 효과를 증대시키는 방안으로 하여야 할 것이다.

지하철 역사의 송풍기는 지하철의 운행시간 중 거의 계속 운전되고, Standby용 여유분의 송풍기가 설비되어 있지 않는 실정이다.

따라서, 부분부하의 운전이 가능한 설비를 갖추던가 송풍기의 대수제어를 통한 운전이 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다.

### 5-4-2 도로터널 환기설비

대도심지에 위치하고 교통량이 많은 도로터널내에서 자동차로 부터 배출되는 오염공기는 외부공기와 쉽게 환기가 되지 않기 때문에, 특별히 자연환기가 용이한 터널의 구조를 갖추거나, 기계적인 환기시스템을 갖추어 양호한 환경으로 유지하도록 하여야 할 것이다.

한편, 자동차의 배출가스에 대한 규제가 한

층 강화되어 도로 터널내에 정체되어 있는 매연이나 CO의 악영향과 자동차의 주행에 지장 때문에 적절한 환기 설비를 갖추어야 한다.

도로 터널의 구조적인 문제로서, Push-Pull 환기 방식으로 자연 환기를 유도할 수 있는 일방향 터널에서는 양방향 터널보다 월등한 환기 효과를 거둘 수가 있다. 특히, 대도심의 장대터널에서는 일방향 터널로의 건설이 필요하다고 하겠다.

도로터널의 환기운전은 교통량 및 외부조건에 따라 계획·운전되어야 한다.

교통량은 단지 자동차의 총 댓수 뿐만 아니라 차종구성, 방향별 분포, 시간, 요일 및 계절적 변동에 따라 변화요인이 많다. 따라서, 이러한 교통량의 변화와 함께 환기에 영향을 미치는 외부조건, 즉, 갭구간의 압력차, 외부 풍향, 풍속 등의 기후에 따른 환기 운전이 뒤따라야 한다.

지하생활공간  
개발에 대한  
연구

## 6. 지하생활공간의 방재특성과 방재안전 시설 적용기술

### 6-1 최근 5년간 화재양상

'93. 1. 1 현재 소방대상물은 377,711개소로서 전년대비 약 17% 증가되었으며, 소방대상물은 매년 증가하고 있다.

특히 최근의 건물은 고층화, 심층화되고 있고, 대규모화와 복잡화하는 경향이 한층 더 확대되고 있다.

아울러 근년에 들어 지하철, 지하상가, 지하주차장 등 지하공간의 개발이 증가되고 있다.

최근 5년간의 원인별 화재발생 상황을 보면 년평균 증가율이 전기가 14.1%, 담배가 5.3% 방화가 17.3%, 불장난 2.4%, 유류 0.9%, 난로 △6.2%, 가스 12.6% 등으로 나타났으며, 불장난이나 난로 등의 화재증가율이 둔화되고 있는 반면, 난방연료의 전환 등에 의한 가스화재의 증가가 두드러지고 있음을 알 수 있으며, 시설적인 면에서 전기 및 가스에 대한 안전대책이 요구된다.

따라서, 지하생활공간에서 일단 화재가 발생하면 많은 인명과 재산손실을 초래하게 되므로 화재발생률이 높고, 화재발생시 위험성이 크며, 시설상의 문제점으로 지적되고 있는 전기, 가스에 대한 안전관리대책과 소방활동대책 등 종합적인 방재안전시설의 설치와 안전관리가 요구되고 있다.

### 6-2 지하화재 사례분석 및 방재특성

지하화재라 함은 건물지하층, 지하철·지하도에 연계된 지하상가, 지하주차장 등에서 발생한 화재를 말한다.

이런 종류의 화재는 통로, 통풍구, 계단 등과의 특이한 현상을 나타내며, 진압상 곤란한 문제는 火點의 확인에 있으며, 분연때문에 엄청난 피해를 가져올 우려가 있다.

여기에서는 건물지하층, 지하상가, 지하철, 지하주차장 등에서 발생한 화재 사례를 통하여 지하공간에서의 화재 특성과 방재상의 문제점을 살펴본다.

#### 1) 지하공간은 無窓의 공간이다.

지하공간에는 창구조가 없으며, 외기는 진입계단을 통하여 들어오는 경우가 전부이다. 따라서 다음과 같은 방재상의 결점이 있다.

① 화재 발생시 연기가 지하공간내에 축만하게 될 뿐만 아니라 용이하게 배출할 수 없다는 것이다.

1973. 12. 30일 발생한 신당동 지하상가 화재는 오후 14:35에 발화, 다음날 오전 08:22 진화되어 147개 점포를 전소시키고 말았다.

연말연시로 점포마다 상품이 산더미처럼 쌓아 놓아 쉽게 불이 옮겨 불기 시작하면서 유독 가스의 발생으로 출입구의 연통구실 등으로 사람 접근은 할 수 없었고, 소방관 조차 들어갈 수 없는 상태이므로, 불이 꺼지지만 기다리고 있었을 뿐이다. 더구나 소방차가 무려 47대(펌프차 16대, 물탱크가 22대, 화학차, 굴절소방차 3대, 배연차 3대)와 소방관이 300여명이 동원되었으나, 불이 꺼지기만 기다리는 속수무책

의 화재였다.

이와같이 지하공간은 폐쇄공간이기 때문에 산소의 공급량이 충분하지 않고 불완전연소를 일으키기 때문에 연기나 CO의 발생량이 많아 피난 및 소방구조상 매우 불리하다.

② 화재발생시에는 주간일지라도 암흑상태가 된다.

화재가 발생하면 상용전원 공급용 전선의 절연피복이 타서 합선이 되어 정전사태가 발생하게 되며, 일반적으로 전원공급이 자동 차단된다. 따라서 지하공간은 주간일지라도 창과 같은 개구부가 없으므로 암흑상태가 된다.

피난이나 소화활동, 구조활동을 위하여 비상용의 조명설비와 피난유도등 설비가 의무적으로 설치되어 있지만, 최소한의 조도만을 확보하게 되어 피난층으로 대피하는 데에는 매우 불리하다.

③ 창을 통한 소화활동 및 구조활동을 할 수 없다.

일반적으로 건물화재에 있어서 소화활동시에는 소방대원이 사다리차 등을 이용하여 창을 이용한 소화·구조활동을 행하는 비중이 매우 크다.

그러나, 지하공간은 창구조가 없으므로 창을 이용한 소화활동 및 구조 활동을 할 수 없다는 것은 소방대가 취할 수 있는 수단이 매우 좁아지게 되는 것이다.

#### ④ 화재의 상황을 파악하기 어렵다.

창으로부터 분출하는 불꽃과 연기 등의 상황을 보고 소방대원은 소화, 진화의 방법을 결정할 수 있는 가장 중요한 요인이 되기도 하며, 또한 구조작업 측면에서 귀중한 정보자료가 되지만, 창이 없다는 것은 이와같은 정보자료를 찾을 수 없게 되는 것으로 어디에서, 무엇이, 어떻게 연기가 나는지, 내부에 남은 사람이 있는지, 불과 연기의 확대상황 등과 같은 정보는 소방대가 모두 지하내로 진입해서 확인하지 않으면 안되는 것이 된다.

#### 2) 지하에서 화재가 발생한다는 것이다.

지하공간은 지하에 위치하고 있는 것이 당연하지만, 이것이 소방대의 활동에 있어서 결정

적으로 불리한 원인이 된다. 왜냐하면 災(불꽃)나 연기는 위로 분출하는 성질을 가지고 있기 때문에 지하 화재의 경우 소방대원은 불꽃이나 연기가 분출하는 계단으로 진입하지 않으면 안되기 때문이다.

또한 지하공간에 돌입한 소방대와 지상에 있는 지휘대와의 무선연락이 곤란한 것도 소화활동 및 정보수집활동에 있어서 불리한 조건이 된다.

3)지하생활공간에는 음식점 및 의류품점등이 많고, 불특정다수의 이용자가 많다는 것이다.

지하상가에 있는 점포의 대부분은 음식점이나 의류품점 등이 많다. 음식점은 화기를 취급하고 있기 때문에 발화 위험성이 높고, 한편 의류품점은 可燃物이 대량으로 있기 때문에 화재로 인한 경우 연소 확대 위험이 높다. 더구나 이용자는 불특정 다수이기 때문에 방재관점에서 보면 최악의 악조건 중의 하나이다.

4)화염과 연기로 인해서 일체적인 공간이다.

지하상가는 지하도에 의해서 연결되는 폐쇄적인 공간이기 때문에 일단 화재가 발생하면 전공간이 연기로 꽉 차게 되어 공포감이 생기고, 피난상 큰 장애를 발생하게 되므로 피해가 크게 될 가능성이 높다. 더우기, 악조건이 가중될 경우에는 대혼란이 야기된다는 것을 생각하지 않으면 안된다.

5)무질서한 거대공간이 발생한다는 것이다.

역전광장내의 지하상가에서 발생한 화재는 지하도로로 확대되어감은 물론 지하가와 연결되는 빌딩지하층이 있는 경우에는 빌딩의 지하층까지 확대되게 된다. 따라서, 지하가와 빌딩의 지하층이 구별되지 않고, 무질서하고 不定形인 거대공간이 발생하게 된다.

이와같은 공간에서는 방향감각을 찾을 수 없게 되어 피난에 큰 지장이 초래되고, 지상으로 통하는 계단과 건물내부로 통하는 계단의 구별이 분명하지 않기 때문에 피난상 매우 큰 문제가 발생한다.

6)방화관리가 복잡하다는 것이다.

근래에 들어 지하공간의 개발이 확대됨에 따라서 건물의 지하층 부분과 지하철역, 다른 지하상가 등이 연계되어 개발되고 있는 추세이나, 관리주체가 서로 다를 경우에는 방화관리상 다양한 문제가 생기게 된다.

화재가 발생한 경우의 연락체제, 자동화재통보 설비의 접속, 합동훈련, 배연설비의 작동방법, 공조설비의 정지여부, 방화문을 어디까지 내릴까, 연결되는 건물의 방화문은 어떤 시점에서 닫아야 하는가 등, 운명공동체로서 미리 협의 결정해야 하는 것은 매우 많지만, 하나의 지하가중 관리회사와 임대자의 관계가 다르고, 각각 별개의 조직체이기 때문에 적절한 대응이 매우 곤란하다.

## 지하생활공간 개발에 대한 연구

### 6-3 해외의 지하생활공간 방재안전시설 특성

선진외국에서는 1900년도 초반 부터 도시 지하공간 개발에 관심과 노력을 기울여 오고 있음

며, 현재에는 안전하고 쾌적한 지하생활환경을 위해 자연광의 실내도입은 물론 환기, 방재안전기술의 발달로 지하공간의 안정성, 쾌적성이 확보됨에 따라 세계 각국에서는 보다 더 지하공간개발을 확대하고 있다.

여기에서는 선진 외국의 도시 지하생활공간의 개발사례를 토대로 방재안전과 쾌적환경 확보측면에서 시설특성을 살펴본다.

#### 1)방재안전시설의 특징

가)방재상 유효한 지하중양광장의 설치

-공공지하보도의 각 부분으로 부터 50m 이내의 위치에 방연구획된 방재상 유효한 광장의 설치

-天窓구조를 이용하여 자연 채광이 가능하도록 설계되며, 또한 자연환기도 가능하도록 설계하여 쾌적한 환경을 조성

-지상과 연결되는 직통계단을 2개소 이상 확보

-분수시설 등을 설치하여 휴식공간과 녹

지공간도 확보

나) 공공지하보도의 안전 확보

-지하보도의 각 부분으로 부터 30m 이내의 위치에서 지상과 연결되는 직통계단을 설치하여 유사시 피난에 용이하게 함.

다) 지하상가의 안전 확보

-지하점포는 위험물 취급업, 풍속영업 등의 시설 억제  
-점포마다의 방화방연 구획을 하고, 상호간의 벽은 내화구조 및 방화벽을 설치  
-공공지하보도 광장에 면하는 부분을 방화문 2단 강화식 셔터를 설치하고, 피난에 지장을 주지않도록 함.

라) 방재센터의 설치

-지하 공간 중심부에 지하공간시설을 중앙집중 감시 가능한 방재센터를 설치하고, 방재센터의 기능을 강화하며, 지하공간의 24시간 감시체제 확립  
-하이테크 방재안전 시스템을 설치하고, 방재반·전력감시반·공조감시반·가스설비감시반·엘리베이터 및 에스컬레이터의 감시반 등을 연계하여 중앙 감시화

마) 가스사고 안전 대책

-가스의 사용은 일부 음식점과 공조열원 기기에 제한  
-가스를 사용하는 점포마다 유사시에 가스공급밸브의 자동 차단 가능한 가스차단장치의 서설  
-가스 주공급배관도 자동 가스차단장치를 설치  
-가스설비를 중앙관리할 수 있는 가스누설 경보시스템의 설치

바) 정전대책

-2계통 수전방식 채용(1계통의 변전소로부터 공급받다가 일시적인 돌발사고로 전원이 차단될 경우, 다른 계통의 변전소로부터 자동 절체, 전원공급이 가능

한 방식

-비상용 예비전원설비의 설치(일반적인 비상전원 부하의 담당)  
-축전지설비 및 직류전원공급장치의 설치(특별 비상전원 부하의 담당)  
-비상조명설비(대피에 필요한 최소한의 조명부하)

사) 소방설비의 완벽한 설치 및 철저관리

일반적으로 지하공간의 용도에 따라 관련 법규에서 정하는 소방설비(소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화용수설비, 기타 소화활동상 필요한 설비 등)를 설치하고, 관리는 민간 주도로 철저한 관리를 행하고 있다.

2) 쾌적한 환경조건 조성

가) 환기, 공조 조건

-사용시와 비상시를 고려하여 온도·습도의 자동 조절  
-자연환기 및 기계환기방식의 채용  
-기계환기에 있어서도 마치 자연풍과 같은 강약 조절

나) 밝은 조명 환경 조성

-지하공간의 용도에 적합한 충분한 조도 확보  
-인공조명도 태광광과 같은 조명 분위기 연출  
-天窓구조를 이용한 자연채광

다) 실내 인테리어의 다양성 추구

-지하공간은 無窓구조로서 창을 대신할 수 있는 회화 또는 인테리어의 장식  
-지하공간 내부 간막이는 강화 유리와 같은 간막이 벽의 사용

6-4 안전하고 쾌적한 지하생활공간 창출방향

안전하고 쾌적한 지하생활공간을 창출하기 위해서는 지하에 대한 공포감의 완화, 쾌적한 환경조건 조성, 자연채광의 부족에 대응, 방향, 위치 확인의 부족에 대처, 방재안전의 확보 측면에서 종합적인 검토가 요구되며, 지하생활공간의 방재 안전의 규제 및 시설기준의 정립이 요구된다.

1) 지하에 대한 심리적·생리적영향을 완화  
지하에 대한 밀폐공간의 이미지와 심리적·생리적인 영향을 완화하기 위해서는 넓은 내부공간과 아트리움식 높은 천정, 지하공간을 지상으로 부터 용이하게 연결할 수 있는 출입구의 설계, 자연채광의 도입에 의한 밝은 조명환경의 조성, 실내 인테리어 디자인의 다양화를 추구하는 것이 바람직하다.

## 2) 쾌적한 환경조건 조성

지하 내부환경은 옥외 기후조건과는 거의 영향을 받지 않으며, 년간을 통해서 극히 적은 에너지로 쾌적한 온열환경을 유지할 수 있는 반면에 신선한 공기의 부족과 공기오염 등에 대해서 유해한 환경을 지적하는 사람이 많다.

따라서, 쾌적한 환경조건을 확보하기 위해서 실내 온도·습도의 자동제어방식의 채용, 자연환기 및 기계환기방식의 채용, 인공조명에 있어서도 태양광과 같은 조명분위기를 연출할 수 있는 조명시스템의 채용, 그리고 분수 및 녹지공간을 조성한다.

## 3) 자연채광의 부족에 대응

지하공간은 밀폐된 공간이고 폐쇄된 공간으로서 자연채광의 확보가 매우 어렵다. 따라서, 지하공간에 자연채광이 가능하도록 천창구조로 설계하여 밝고 안락한 조명환경을 조성하는 것이 바람직하다.

## 4) 방향·위치 확인의 부족에 대처

지하공간은 미토성의 이미지가 많고, 방향감각 및 지각의 상실을 초래하여 심리적 불안을 야기시키게 되므로 視覺·聽覺에 의해 강하게 인상을 주는 디자인을 설계한다.

즉, 방향 인식이 가능한凹凸의 기둥 채용, Glass의 파티존구분, 높은 천정구조 채용, 강제송풍방법의 채용 등을 검토한다.

## 5) 방재안전의 확보

지하공간에서의 정전, 화재, 가스사고 등이 발생할 경우에는 지하특성상 심리적 공포감은 물론 심한 패닉현상이 발생되기 쉽다. 따라서, 유사시에 대비하여 방재안전시설의 완벽한 설치와 철저한 유지관리가 요구된다. 특히 지하공간의 정전대책, 가스안전대책, 배연대책, 피

난로확보대책, 구조·소방활동대책 등의 종합적인 방재안전대책이 강구되어야 한다.

## 7. 결 론

본 연구에서는 지하생활공간의 환기 및 장비기술분야에 대한 문제점과 대책을 다음과 같이 중점적으로 분석하였다.

1) 환경 및 방재안전의식 조사결과, 조사대상자의 70%가 지하공간의 환경이 열악함을 지적하였으며, 지하근무상의 문제점으로 환경조건과 소음이 가장 크게 지적되었다.

2) 기존 지하철 역사의 환기시스템은 1.5m 높이에서는 풍속이 상당히 높기 때문에 저속 치환방식을 적용한다면 실내 풍속 조건에도 충족할 수 있을 뿐만 아니라, 쾌적환경 유지에 보다 적합함이 분석을 통해 확인할 수 있었다.

3) 지하철의 환기 설비는 구조저으로 환기효율이 양호한 구조 및 설비를 갖추어야 한다. 마찰 손실을 최소화 하는 환기구와 지상급기탑은 3m 이상을 유지하여야 한다.

4) 도로터널에서 환기의 대상으로 삼고 있는 규제기준에 대한 심도 있는 연구와 함께 구체적인 기준이 마련되어야 한다.

5) 최근 5년간 전기 및 가스로 인한 화재발생이 크게 증가되고 있으므로 지하공간에 있어서 시설적인 면에서 방재안전대책이 요구된다.

6) 지하화재의 특성은 화점 및 연소 범위의 파악이 곤란하다. 그러므로, 지하 화재의 특성을 고려한 배연대책, 피난로 확보 대책, 구조·소방활동대책 등이 마련되어야 한다.

7) 지하공간은 순간의 정전이나 작은 화재라도 패닉현상이 발생되기 쉽고, 제한된 출입구로의 일시적인 쇄도로 2차 재해가 우려되므로 종합적인 방재안전대책이 마련되어야 한다.

8) 방재상 유효한 지하 중앙광장 및 공공지하보도의 안전확보, 지하상가의 안전확보, 중앙집중감시 기능을 가진 방재 센터의 설치, 정전 및 가스안전대책, 소방설비의 완벽한 설치 및 철저관리등 방재상 안전성을 확보하여야 한다.

지하생활공  
개발에 대한  
연구