

B-09

비상시 축광유도설비의 피난유도 특성에 관한 연구

박영재, 진규엽*, 홍원화*
 동우 E&C, 경북대학교 건축공학과*

A Study on the evacuation guide characteristic of the phosphorescent facility under emergency situation

Young-Jae Park, Gyu-Yeob Jeon*, Won-Hwa Hong*
 Dongwo Engineering & Construction
 Department of Architectural Engineering, Kyungpook National University*

1. 서론

지난 2003년 2월 18일에 발생한 대구 지하철 화재사태를 통해 기존 유도등 형태의 피난유도설비가 화재시 발생하게 되는 피난유도성능상의 한계점은 대규모 인명피해가 발생하게 된 주요 요소임을 보여주었다¹⁾. 즉, 건축 계획적 측면에서의 안전을 확보하였다 하더라도 비상시 유도설비들이 유도성능을 제대로 발휘하지 못할 경우 여전히 화재상황으로부터 피난의 위험성을 가지고 있다고 할 수 있다. 따라서 화재시 유도설비장치의 유도효과에 대한 실증적 검토에 대한 연구가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 비상시 재실자의 원활한 피난활동을 위해 설치되어 있는 기존의 피난유도설비와 축광형 유도설비의 유도효과를 Full-Scale 실험을 통해 비교 측정하여 비상시 축광형 유도설비의 유도성능을 파악하고자 한다.

2. 축광유도설비의 특성

2.1 축광유도설비의 정의와 종류

축광이란 자연광과 인조광 기타 모든 종류의 빛을 축광(蓄光)하여 어둠속에서 장시간 발광(發光)하는 것으로, 이러한 축광을 활용한 축광 유도설비장치는 크게 유도타일과 유도표지로 나뉜다. 축광유도설비는 자연광과 인조광 기타 모든 종류의 빛을 축광(蓄光)하여 어둠속에서 축적된 빛 에너지를 발광하기 때문에 별도의 전원이 필요 없어 비상시 상시 그 기능을 다 할 수 있는 특징을 가지고 있다.

표 1. 축광유도설비의 축광 후 발현 휘도 (mcd./m²)

| 축광유도타일 | 5분 | 10분 | 20분 | 60분 |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 365 | 134 | 81 | 24 |

* A사 제품기준

2.2 축광유도설비의 적용사례

축광유도설비는 지하철, 지하실(지하차고, 지하창고, 지하기관실, 지하상가), 일반빌딩(호텔, 병원, 공장등), 선박, 벙커, 터널, 야간경기장 시설물, 기타 대중이 모이는 각종 공연장 및 공공건물에 이용되고 있으며, 국내에서는 대구지하철 화재이후 축광피난유도시스템이 제안되었으나, 관련 설치규정이 없는 관계로 일부의 지하철역에만 설치되어 있는 실정이다. 안전용품(헬멧, 작업복), 광고용품(광고판, 현황판, 각종공연장의 무대장치나 실내장식), 일반제품(Switch Box, 전화기, 가전제품, 완구류, Sports용품, 의료, 장식품 기타)으로 이용되어 지고 있다.

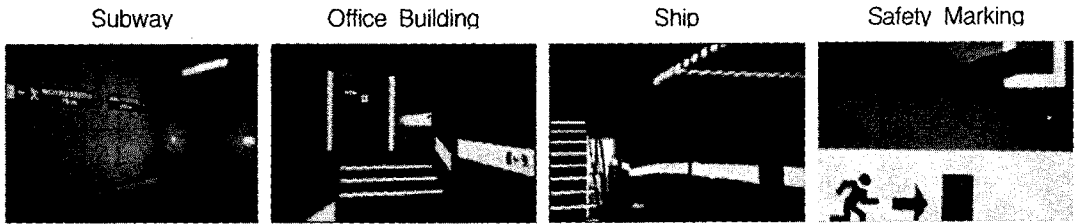


그림 1. 축광유도설비의 적용사례

3. 피난실험의 개요

본 연구에서의 피난유도성을 평가하기 위한 피난실험은 실제 사용되고 있는 V 복합지하공간을 대상으로 화재상황을 모의로 연출하여 재실자들을 피난하도록 하였다. 실험 대상지인 V 복합 지하공간은 지하4층으로 구성되어 있으며 대구지하철2호선 V역이 주 용도이다. 지하 4층 승강장은 섬식 승강장이며, 지하 4층 승강장에서 지하3층으로 연결되는 계단은 중앙부에 2개가 대칭형으로 놓여 있다.

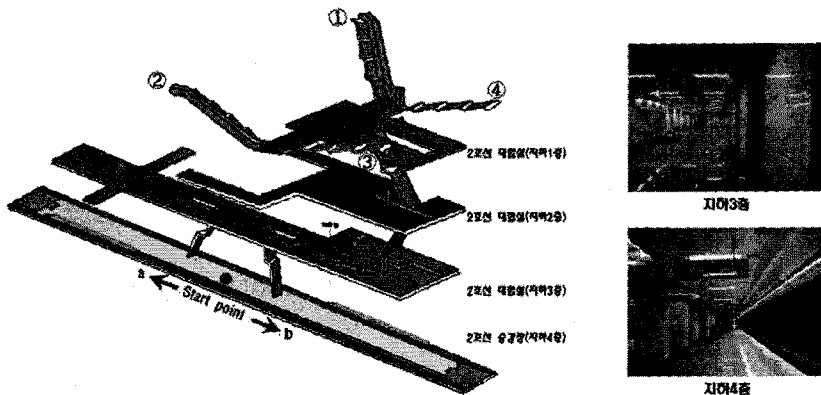


그림 2. 지하공간의 구성도

본 연구에서는 피난실험의 화재시 피난조건은 재실자에게 연기로 인한 시야장애를 발생시키는 것으로 한정하였으며, 실험이 끝날 때 가지 일정한 연기의 농도를 유지시키기 어려운 문제점으로 인해 가시광선 투과율을 조정된 불투명안대를 사용하여 화재시 연기로 인한 감광의 효과를 대신하였다. 즉 피험자에게 특수 제작한 27%의 가시광선 투과율을 가지는 불투명안대를 착용시킴으로써 연기로 인한 시각적 장애가 있는 피난

환경을 모사(模寫)하였다. 이와 같은 불투명 안대를 통한 일률적인 감광의 경우 매질의 거리에 따른 변화가 실제 연기로 인한 감광과는 차이점이 있으나, 빛의 감쇠율에 대한 연기농도와 거리의 관계를 통해 실제 연기농도로의 보정이 가능하다. 즉, 투과율 27%의 안대를 착용상태에서 구조물과 유도등, 물체 등을 확인 할 수 있는 가시거리가 5m~10m의 범위일 경우 0.13~0.26 [1/m]의 연기농도로 볼 수 있으며, 화재초기를 막 지나 연기로 인해 연기감지기가 작동하고 건물에 익숙하지 않은 사람이 피난 장애를 일으킬 수 있는 상태이다²⁾.

피 실험자는 관련 직종에 종사하지 않는 일반시민 100명을 대상으로 하고 피 실험자의 구성은 인간의 생애주기 분류에 기초하되 체력적 요인과 사회적 단계를 고려하여 20대미만, 20~40대, 50대 이상 전 연령층을 고루 포함하도록 하였다.

피 실험자의 피난범위는 해당 지하공간 최저층에서 지상까지로 지하공간 전체를 실험구역으로 설정하였으며, 실험대상공간에 설치되어 있는 기존유도설비장치만 있을 경우와 기존유도설비장치의 기능을 없애고 축광유도설비(축광유도타일)를 설치한 경우로 구분하여 실험을 실시하여 그 결과를 비교 분석하였다.

피난자들의 일반적인 특징 중 하나인 추종경향으로 인해 본인 스스로의 피난행동 및 경로선택이 방해받는 것을 최소화 하기위해 피 실험자 1명씩 피난시키는 개별피난을 기본으로 하여 실험을 실시하였고, 피난출발 지점에서 충분한 시간간격을 유지시켜 피 실험자 1명씩을 출발시켰으며 각각의 피 실험자에게는 1명의 조사 기록자를 동행시켜 피 실험자의 피난행동, 피난경로, 피난시간 등을 기록하게 하였다. 실험의 방법 및 조건은 아래 표 2와 같다.

표 2. 피난모의실험의 실험별 조건

| 실험조건 | 피험자수 | 출발방향 | 기존 유도장치 | 축광유도장치 |
|--------|------|------|---------|----------|
| Case 1 | 50명 | B | O | X |
| Case 2 | 50명 | B | X | O (축광타일) |

4. 축광유도설비의 유도성능 평가

기존의 유도등 설비만 갖추어진 Case 1 피난실험의 경우 20대 미만이 460초, 20~40대가 381초, 50대 이상은 467초의 피난시간이 소요되었다. 반면 축광유도타일을 바닥에 설치한 후 1시간 축광하여 실시한 Case 2 피난실험의 평균 피난시간은 10대의 경우 292.5초, 20~40대의 경우 268.5초, 50대 이상의 경우 379.2초가 소요되었다.

표 3. 축광유도타일 설치에 따른 구간별 피난시간 비교

| 구 간 | Case 1 | Case 2 | 단축시간(Case 1 - Case 2) |
|----------|---------|---------|-----------------------|
| 지하4층 | 37.5 초 | 32.8 초 | 4.7 |
| 지하4층 계단부 | 19.4 초 | 15.7 초 | 3.7 |
| 지하3층 | 197.0 초 | 102.5 초 | 94.5 |
| 지하3층 계단부 | 21.9 초 | 17.1 초 | 4.8 |
| 지하2층 | 21.1 초 | 17.4 초 | 3.7 |
| 지하2층 계단부 | 21.1 초 | 19.6 초 | 1.5 |
| 지하1층 | 75.6 초 | 59.2 초 | 16.4 |
| 지하1층 계단부 | 31.9 초 | 33.3 초 | -1.4 |
| | 425.5 | 297.6 | |

구간별 피난시간의 경우 표 3에서 보는바와 같이 축광유도타일을 설치하지 않은 지하1층 계단부를 제외한 전 구간에서 축광유도타일을 설치하지 않은 Case 1 실험과 비교하여 피난시간이 단축되었으며, 모든 피험자가 가장 많은 시간이 소요되었을 뿐만 아니라 전체 피난시간의 절반 이상이 소요되었던 지하3층 구간의 경우 94.5초의 피난시간이 단축되어 48%가 넘는 시간단축 효과를 나타내었다.

축광유도타일을 설치함에 따른 피난자의 피난경로 분포는 그림 3에서 보듯이 지하 4층 출발지점에서 인접 계단까지의 경로의 경우 100% 축광유도타일이 설치되어 있는 방향으로 유도되는 것으로 나타났다.

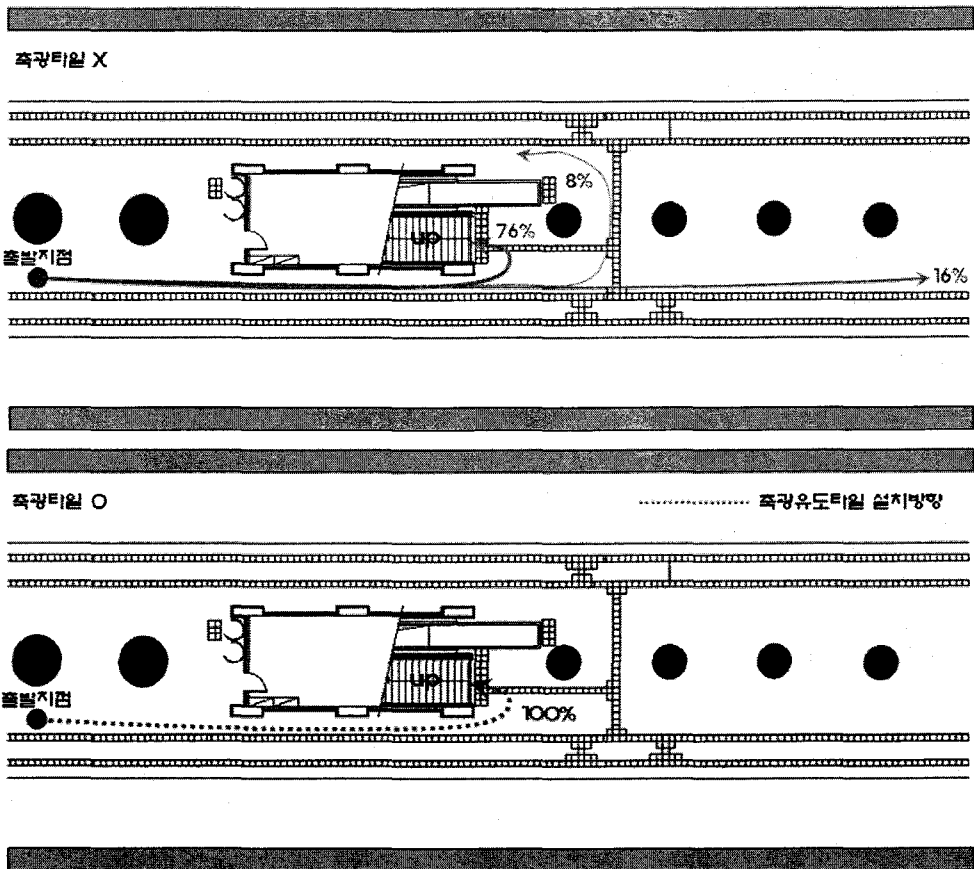


그림 3. 축광유도타일 설치에 따른 피난경로 분포 비교 (지하4층)

출구가 양쪽으로 분리되는 지하 1층의 경우 우측 출구 방향으로 축광유도타일이 설치되었고, 92%의 피난자가 축광유도타일이 설치되어 있는 방향으로 유도되었고 출구 선택의 방향은 100% 우측방향 이었다. V 지하공간에서 가장 분산되고 복잡한 피난경로를 형성하였던 곳 중 하나인 지하 3층 계단부의 경우 67%의 피험자가 축광유도타일이 설치되어 있는 방향과 일치하는 경로를 선택하여 일반적인 유도등(동일 방향 24%)에 비해 비상시 유도효과가 높음을 나타내었다.

5. 결론

화재시 재실자들의 피난안전을 확보하기 위한 가장 중요한 요소 중 하나는 유도 설비이다. 현재 다양한 유도설비 제품들이 출시되고 있으나 지난 2003년 2월 18일에 발생한 대구 지하철 화재사건을 통해 기존에 설치된 피난유도설비가 화재시 재실자들을 효과적으로 피난시키는 확실한 역할을 수행하지 못한 것으로 드러났다. 또한 피난유도설비 장치의 단일 성능 평가는 이루어 졌으나 실제 화재 상황을 연출하여 실제 피난 실험을 통한 성능평가는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 재실자의 피난안전도를 높이기 위해 해외에서 사용빈도가 높은 축광유도설비의 유도성능을 Full-Scale 실험을 통해 비교 분석하였다.

화재시 기존의 피난유도설비(통로 유도등, 피난구 유도등)에 의한 평균피난 시간은 426초로 나타났으며 이것은 화재로 인한 시야장애 조건이 없는 평상시의 피난시간인 112초 보다 3배 이상 시간차이를 나타내었다. 반면 축광유도설비(축광타일)를 60~90cm 간격으로 설치하였을 경우 기존의 비난유도설비에 의한 피난시간 보다 40%가량 단축된 297초의 평균피난시간을 나타내었다. 또한 피난자의 피난경로 또한 축광유도 타일을 설치한 방향으로 비교적 원활히 유도되는 것을 보여주었다.

따라서 비상시 심리적으로 불안한 재실자 뿐만 아니라 초기피난에 실패한 재실자의 피난안전도를 향상하기 위해 비상시 피난자의 시선방향과 가까운 바닥에 위치하고 연속적인 표식을 하는 형태의 유도설비의 도입을 적극 고려하여야 할 것이다.

감사의 글

“본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업인 「지하공간 환경개선 및 방재기술 연구사업」(03산학연 C03-01)에 의한 것임”

참고문헌

1. 홍원화, 전규엽, 대구지하철 화재시 피난자 행동유형 분석을 통한 지하공간 안전피난대책에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 2005.1, 제21권, 1호
2. 건축방재(2002), 이영재, 기문당
3. 전규엽, 홍원화, 모의실험을 통한 지하공간에서의 연령별 피난 행동 특성에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2005.10, 제25권, 1호
4. John Peponis, Craig Zimring, Yoon Kyung Choi, Finding the building in wayfinding, Environment and Behavior, 1990, pp555-591
5. Geir Jensen, Wayfinding in Heavy Smoke: Decisive Factors and Safety Products, Fire Safety 98, 1998
6. Brian Meacham, Factor affecting the perception of risk and their impact on human behaviour in fire, Arup Fire, 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire, 2001