

# 외국 지하공간시설의 조명기준 및 자연채광기법

김 세 동 <두원공업전문대학 교수/기술사>

## 1. 머리말

우리나라에서도 급속한 경제성장과 도심지의 집중 개발로 지하철의 건설이 확대되고 있으며, 최근 5~8호선의 개통으로 지하상가와 지하보도 등이 연계된 대규모 지하생활공간이 확대되고 있고, 지하공간의 용도도 다양화되고 있다.

그러나, 지하공간시설은 지상시설과 달리 밀폐된 공간이고, 대부분이 개구부가 작으며, 출입구가 한정되어 있는 점 등이 방재안전상 매우 불리한 조건을 가지고 있다. 또한, 순간 정전이나 작은 전기화재일 지라도 패닉(공포, 당황)현상이 발생되기 쉽고, 제한된 출입구로의 일시적인 쇄도로 2차적인 재해가 우려되며, 전기 화재와 같은 재해 발생시 위험성이 매우 높은 것으로 지적된다.

따라서, 지하생활공간의 규모와 용도, 건축구조 계획과 설비 구성 특성, 방재안전 계획 등을 고려한 안전하고 신뢰도가 높은 조명설비의 구성이 요구되며, 적극적인 자연채광기법의 도입이 절실하다.

본 고에서는 외국의 지하생활공간 시설을 중심으로 조명설비기준과 자연채광기법의 시설사례를 살펴보고자 한다.

## 2. 자연채광의 중요성

지하공간은 특성상 밀폐, 폐쇄된 공간의 이미지를 가지고 있기 때문에 태양광이 유입되기가 어렵다. 이와같이 지하공간에 있어서 가장 큰 문제중의 하나는 지하공간의 단조로움과 태양광이 없는 것이며, 이로 인하여 옥외의 자연환경 조건을 알 수가 없고, 또한 방향감각을 상실하게 될 뿐만 아니라 색채 감각도 둔화되고, 위치 인식의 분간도 어렵다. 이와같은 지하공간의 특성을 고려하여 쾌적한 환경의 생활 공간을 확보하기 위하여 많은 관심과 노력이 진행되고 있으며, 태양광을 지하공간으로 도입하는 자연채광기술이 주목되고 있다.

지하공간에서의 태양광의 유입은 심리적 측면에서는 안정감을 주고, 생리적인 측면에서는 혈액의 양과 헤모글로빈의 농도를 증가시키며, 말초 순환을 촉진하여 긴장의 부담을 경감시키는 등 인간에게 주는 효과는 매우 크다.

그렇지만, 태양광은 기상여건에 따라 변화가 크고 예측이 곤란하며, 직사광으로 인한 눈부심 및 복사열 등으로 생활공간의 조명광원으로는 이용하지 않았으나, 지하생활공간에 있어서 자연채광의 도입은 대단히 중요한 요소이며, 특히 정전이나 화재발생시에 자연채광에 의하여 최소한의 피난에 필요한 조명을 확보할 수 있는 방재상의 장점도 있다.

따라서, 최근에는 지하공간의 에너지 사용을 절감하고 효과적인 조명환경을 조성하기 위해서 자연채

광을 유도하기 위한 기술과 인공광 및 태양광을 적절히 조화시키기 위한 조명기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

### 3. 외국의 시설사례

#### 3.1 일본 川崎아젤리아 지하상가

##### 1) 지하상가 개요

川崎역앞에 위치한 아젤리아 지하상가시설은 일본 지하공간개발 관련 규정중 ‘地下街에 관한 基本方針’이 제정된 이후 최초로 적용된 대규모 지하공간이며, 지하 건축구조상 또는 설비적으로 방재, 안전면에서 관련 법적 규제를 완벽히 통과한 지하공간시설이다. 아젤리아 지하상가시설은 1986년 10월에 준공되었으며, 연바닥면적은 56,916[m<sup>2</sup>]이다. 지하 1층은 공공 지하보도, 점포(154개소), 방재센터를 포함하여 27,089[m<sup>2</sup>]이고, 지하 2층은 공공주차장(380대)과 기계실, 사무실 등을 포함하여 27,114[m<sup>2</sup>]이다.

본 지하상가시설의 구조적, 시설적 주요 특징은 다음과 같다.

##### ① 중앙광장의 설치

공공 지하보도의 모든 부분으로부터 50[m] 이내의 위치에 방화 구획된 방재상 유효한 광장을 설치한다. 광장의 천정은 천창(天窓)구조식으로 설치하고, 자연채광 및 배연이 가능하도록 하고 있다. 또한 지상으로 통하는 2개소 이상의 계단을 설치하고 있다.

##### ② 공공 지하보도의 안전계획

단순 명쾌한 동선(動線) 계획으로 하고, 모든 부분으로부터 30[m]이내의 위치에 지상으로 연결되는 직통계단을 설치하여 재해시에 피난을 용이하게 유도하도록 하고, 피난에 필요한 시간은 일본 건축센타 제정 ‘건축방재 계획 지침’에 준하여 계산하였으며, 총 피난시간을 210초 이하로 제한하고 있다.

##### ③ 점포의 안전계획

점포는 지하 1층에 한정하고, 바닥면적 200[m<sup>2</sup>] 이내마다 내화구조의 벽으로 구획하고, 보도·광장 등에 면(面)하는 부분은 방화, 방연성을 가지는 방화문 또는 방화샤터에 의하여 구획한다. 방화샤터

는 피난에 지장을 주지 않도록 2단 강하식으로 한다.

##### ④ 주차장의 안전계획

지하 2층에서는 지하 1층을 경유하지 아니하고 직접 지상으로 통하는 직통 피난계단을 설치한다.

##### ⑤ 방재센터의 설치

방재센터에는 각종 방재설비의 유효한 감시운전을 통하여 재해시 조기 발견과 방재활동을 신속, 정확하게 총괄하도록 하고, 또한 전기·기계설비를 집중 관리하는 중앙감시장치를 설치함으로써 운전, 보수 관리 업무를 위한 생력(省力)화에 기여하고 있다. 방재센터는 전용의 직통계단을 설치함으로써 재해시 소방대의 안전, 신속한 출입이 확보되도록 배려하고 있다.

#### 2) 조명설비기준 및 자연채광시설

##### 가) 조명설비기준

##### ① 조명기준과 사용램프

지하공간시설의 용도별 평균 조도는 공공 보도 500[*lx*], 중앙 광장 600[*lx*], 광장 400[*lx*], 주차장 100[*lx*], 전기실·기계실 100[*lx*], 기타실 500[*lx*]를 기준으로 하고 있다. 그리고, 공용 부분의 조명기구에는 에너지절약 및 보수 관리를 고려하여 광원은 형광램프를 사용하였고, 광장 부분에는 할로젠램프를 사용하고 있으며, 조명기구는 공공보도를 포함하여 하면개방형 기구를 주로 사용하고 있다.

공공보도, 광장, 주차장 등 공공부분의 전등은 방재센터로부터 시간 스케줄 제어에 의해 자동 점멸 가능하게 하고, 시간대에 따라 속음 점등제어에 대응 가능하도록 점멸 구분을 세분화하고 있는 등 에너지절약을 도모하고 있다.

##### ② 임대용 부하용량의 설계기준

본 지하상가의 임대용 점포·상가에 대한 부하용량은 용도에 따라 표 1과 같이 기준을 정하여 적용하였으며, 전등 부하용량은 물품판매점의 경우 200[VA/m<sup>2</sup>], 식료품점과 음식점의 경우 150[VA/m<sup>2</sup>]을 적용하였다.

##### ③ 조명용 전원의 수전방식

수전 방식은 공급신뢰도가 높은 2회선 루프 수전 방식을 채택하고 있으며, 사고발생시 정전으로 인한 영향 범위를 최소화 하도록 설계되었다. 그리고, 특

고측의 주 모션간에 모션 연락용 차단기(Tie breaker)로 인터록하여 보다 안전한 전원공급 계통을 채택하고 있다.

다시말해서, 하나의 변압기 뱅크측에서 이상이 발생하여 전원 공급이 불가능할 경우를 대비하여 모션 연락용 차단기로 연결, 다른 하나의 변압기 뱅크측으로 부터 전원공급이 가능하다.

표 1. 임대용 부하용량의 설계기준

항 목	물 품 판매점	식료품점	가스를 사용하는 음식점	가스를 사용하지 않는 음식점
전 동	200(VA/m <sup>2</sup> )	150(VA/m <sup>2</sup> )	150(VA/m <sup>2</sup> )	150(VA/m <sup>2</sup> )
동 력	-	60(W/m <sup>2</sup> )	60(W/m <sup>2</sup> )	800(W/m <sup>2</sup> )

④ 비상용조명설비 및 유도등설비

㉠ 비상용 조명설비

일본 건축기준법에 준하여 설치하고 있으며, 지하 1층 공공보도는 바닥면 조도 10룩스 이상, 기타 장소는 1룩스 이상(형광등은 2룩스 이상)으로 하고 있다. 비상용 조명기구(전원별치형과 전원내장형)를 설치장소에 따라서 사용하고, 비상용 부하에 있어서의 조명은 정상시 조도의 1/3로 하고 있다. 정전 시에는 정전직후부터 비상용 조명이 공급되기 까지 그 동안의 조명은 직류전원설비로 부터 공급되도록 하고 있다.

㉡ 유도등설비

비상용 조명설비외에 소방법에 준하여 유도등설비를 설치하고 있다. 유도등에는 피난구유도등 434개, 통로유도등 369개를 지하상가 전체의 일정한 위치에 설치하고 있다. 전원은 상용전원 외에 축전지에 의한 비상전원을 설치하고, 상용전원이 정전된 경우에는 자동적으로 비상전원으로 절체된다. 비상전원은 유도등설비에 20분간 유효하게 점등되는 용량을 확보하고 있다.

나) 톱라이트방식에 의한 자연채광시설

일본지역에 많이 적용되고 있는 자연채광방식은 천창구조식 또는 톱라이트(toplight) 조명방식으로 지붕에 설치한 돔(dome) 구조로 천공광(天空光)을 내장재의 반사에 의해서 실내로 받아들이는 구조이

며, 천창을 개폐할 수 있도록 하여 자연채광은 물론 자연환기가 가능하도록 하고 있다.(사진 1 참조)



사진 1. 천창구조식 중앙광장(자연환기가 가능)

따라서, 광장 및 보도조명은 자연광 조명과 인공조명이 병용하여 쾌적한 조명환경을 확보하고 있고, 정전시에도 태양광 조명에 의해서 지하공간의 안전을 확보하고 있다.

또한, 이와같이 천창구조식으로 설계함으로써 옥외의 날씨 상태 및 시간 개념을 인지할 수 있고, 지하공간이라는 마이너스적 이미지를 주지 않음으로써 지상과 마찬가지로의 환경을 조성할 수도 있다.

3.2 미국 미네소타대학의 지하공간센터

1) 지하공간의 개요

미네소타대학의 자원공학부는 연구시설의 95[%]가 지하공간에 시설되어 있고, 사무실과 강의실, 서점, 기타 각 연구시설 등으로 구성되어 있으며, 연결 통로도 지하를 이용하게끔 되어 있다. 현재 자원공학부에는 6개 학과에 교수진, 학생, 사무요원 등 약

500명이 이용하고 있다.

미네소타대학의 지하공간센터 개발 목적은 첫째, 자연경관을 보호하고, 기존 건축물의 보존을 위해서 지하에 건축하였으며, 둘째, 난방비 등의 에너지절약을 도모하고, 셋째, 동절기가 길고 또 외기온도가 -20[℃] 정도를 유지하기 때문에 지상도로의 이용이 곤란한 점 등을 들 수 있다.

### 2) 자연채광시설의 특징

지하 거주공간에서 쾌적한 조명환경을 확보하기 위해서는 최대한 자연채광이 가능하도록 건축구조적 배려가 요구되고 있으며, 미네소타대학의 지하공간센터에는 여러 종류의 자연채광 조명방식을 적용하고 있다.

#### ① 천창채광 조명방식

사진 2에서 보는 바와 같이 지하 통로 연결부분에 천정의 개구부(開口部)를 활용하여 천창(天窓)구조식으로 설계하여 자연채광이 가능하도록 함으로써 자연채광 조명과 인공조명을 병용하여 조명환경을 조성하고 있음은 물론이고, 특히 정전시에도 자연채광에 의하여 최소한의 피난에 필요한 조명을 확보할 수 있도록 하고 있다.



사진 2. 지하통로부분의 채광방식

사진 3은 윌리엄스 홀앞의 지하서점 통로부분에 천정구조를 천창으로 하여 자연채광이 가능하도록 배려하고 있다. 그리고 사진 4는 지하 7층에 이르는 비상계단 통로부분의 천정구조도 천창으로 하여 지하 7층 까지 자연채광이 가능하도록 함으로써 정전시에 비상조명이 없어도 피난에 필요한 최소한의 조

도를 확보할 수 있도록 하고 있다.



사진 3. 지하서점 통로의 채광방식



사진 4. 비상계단 부분의 채광방식

② 태양광추적식 반사장치에 의한 조명방식  
태양광추적식 반사장치는 태양의 궤도를 자동 추적하는 반사경에 의하여 태양광을 실내에 유입하는 것이다. 건물 옥상에 큐포라장치라 하는 태양광추적 시스템을 설치하고, 공조용 덕트를 통해서 지하 7층의 지하공간센터에 자연채광이 가능하도록 하고 있다.

사진 5는 태양광추적식 반사장치에 의한 조명방식의 개념도를 나타낸 것이며, 반사경은 태양의 위치를 광센서로 파악하여 구동모터에 의하여 자동적으로 태양을 향하도록 만들어졌으며, 모아진 빛은 실내 공간으로 이동하여 발광부를 통해 흩어진다.

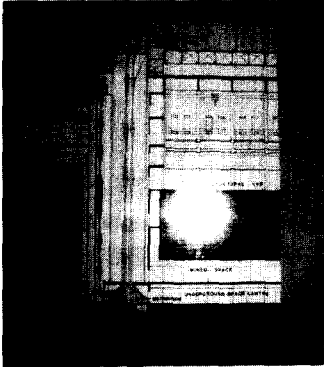


그림 5. 태양광추적식 반사장치에 의한 조명방식

### ③ 반사경을 이용한 조명방식

건물 상부의 정해진 각도에 배치된 거울을 이용하여 태양 직사광을 내벽에서 산란시키면서 도입하는 방식으로, 건물 옥상에 고정된 반사경을 설치하고, 지하 2, 3층의 대형 작업공간 및 통로에 자연채광이 가능하도록 하고 있다.(사진 6 참조)

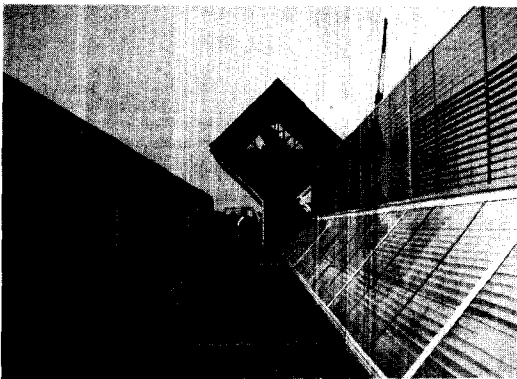


사진 6. 블록거울을 이용한 조명방식

### 3.3 캐나다 토론토시의 이튼지하공간센터

토론토에서 가장 큰 지하상가시설이며, 지하철과 지하보도, 지하쇼핑몰이 연계된 대규모 지하상가시설이다. 이튼센터의 지하공간시설은 양쪽에 지상 6층 건물이 있으며, 건물 옥상에 서로 천창으로 연결

된 구조이고, 지하 3층으로 되어 있다. 지하공간내에는 분수시설과 식물재배공간으로 넓은 공간을 조성하여 쾌적한 지하 거주환경을 연출하고 있다.(사진 7 참조)

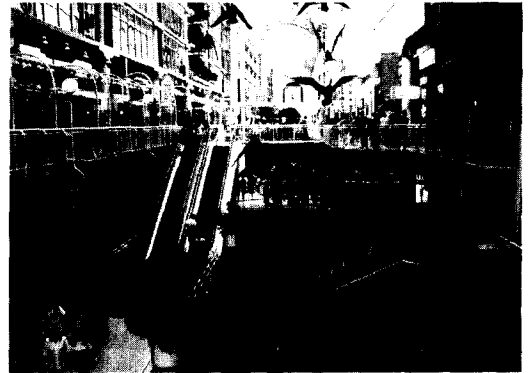


사진 7. 이튼센터의 자연채광방식

이튼센터 지하공간의 쇼핑몰은 바닥면적 52,000 [m<sup>2</sup>]이며, 300개 이상의 점포들로 형성되어 있다. 이튼센터의 주요 구조적, 시설적, 환경적 특징은 다음과 같다.

① 지하 네트워크에는 곳곳에 휴식공간과 녹지공간이 있고, 자연채광이 가능하도록 중앙광장을 설치하고 있다.

② 지하에 있어서의 큰 문제점중의 하나는 단조로움과 자연광이 없는 것이며, 이로 인해서 방향감각의 상실과 위치 인식이 매우 어려운 점이다. 이를 개선하기 위하여 아주 높은 천정구조를 만들고, 인테리어의 다양성을 추구하였다.

③ 지하공간시설의 중앙집중 감시제어가 가능하도록 시스템이 설치되어 있고, 주 컴퓨터에서 모든 지하공간시설의 운전상태 등을 파악할 수 있도록 하고 있다.

### 3.4 스웨덴 세아루광장의 지하상가시설

사진 8은 스톡홀름시 세아루광장의 전경과 지하상가를 나타낸 것이다. 사진에서 보는 바와 같이 지상에는 분수시설이 있고, 지하에는 지하상가가 형성되어 있는데, 분수시설의 천창를 이용하여 지하상가에 자연채광이 가능하도록 설계되어 있으며, 자연채광

과 인공조명을 병용하여 조명방식을 채택하고 있다.

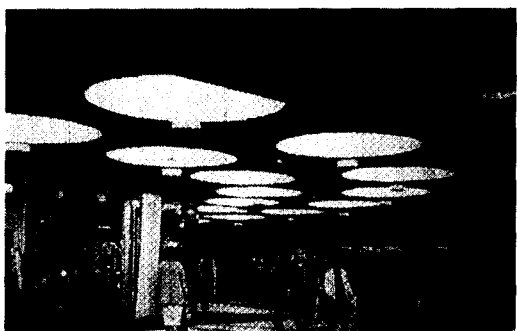
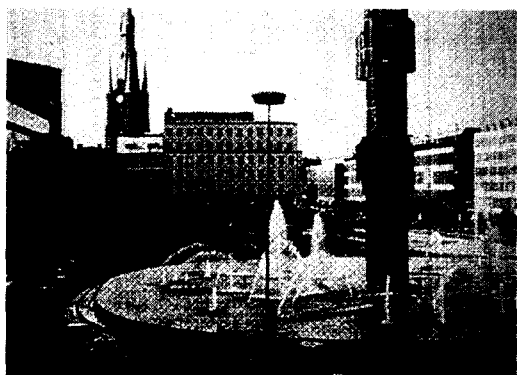


사진 8. 분수시설을 이용한 톱라이트 조명방식

#### 4. 맺음 말

최근들어 국내에서도 주거 및 생활공간으로서 지하공간의 활용이 증가하고 있는 추세이므로 이에 따른 조명의 중요도는 이루 말할 수 없다. 즉, 다양한 생활패턴에 의한 지하생활공간 이용의 증가는 필연

적이므로 지하공간에 대한 쾌적한 생활환경 조성을 위한 합리적인 조명환경이 필요하게 되었다.

태양광을 지하공간에 유입하는 기술에는 톱라이트(toplight) 조명방식, 채광덕트(lighting duct) 조명방식, 블록거울(block mirror) 조명방식, 태양광 자동추적장치에 의한 조명방식, 광섬유를 이용한 조명방식 등이 적용되고 있으며, 이처럼 지하공간의 조명환경을 개선하기 위한 여러 가지 방법이 제시되고 있으나 자연광만으로는 한계가 있으므로 인공조명과 병용한 조명기법의 개발이 요구된다.

우리나라의 지하상가시설은 도로구조상, 건축구조상 자연채광을 유도할 수 있는 시설은 없다. 그러나 지하의 마이너스적 이미지를 제거하면서 쾌적한 조명환경을 확보하고, 더욱이 비상사태시 자연채광에 의하여 최소한의 피난에 필요한 조명을 확보할 수 있기 때문에 자연채광을 고려한 조명설계가 필요하다. 아울러, 자연채광이 가능하지 않은 경우에는 조명기기의 선택시 자연광색을 연출하는 조명기기를 사용하도록 하는 것이 바람직하다.

#### ◇ 著 者 紹 介 ◇



김 세 동(金世東)  
1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸. 1986년 동대학원 졸. 1995. 3~97. 8 서울시립대 전자공학과 박사과정 수료. 1980~1984년 한국전력공사. 1984~1997년 한국건설기술연구원 수석연구원. 현재 두원공업전문대학 전기과 교수. 기술사. 당학회 편수위원.