

## 방폐장터널의 무전극형광램프 조명설계 및 시뮬레이션을 통한 적합성 검토

(A Study on the Lighting plan for the Tunnel of a Radioactive Waste Disposal Facility using Fluorescent Induction Lamps and the Design Feasibility Investigation using Simulation)

백승경\*

(Seong-Kyung Back)

### 요 약

조명은 공간을 비추는 기본적인 기능 외에 진보된 기술과 디자인으로 다양한 연출 효과와 함께 공간에 효율성을 좌우한다. 공간의 효율성에 적합한 조명설계는 공간의 입지적 여건과 램프 특성에 따라 설계되어질 때 가능해진다. 특히, 특수공간의 조명설계는 공간적 특수성을 감안하여 사전 분석과 검토가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 방폐장 터널의 공간적 특수성을 감안한 조명환경을 위하여 사전의 조명설계와 시뮬레이션을 통한 적합성 검토를 하고자 한다. 이에 무전극형광램프를 제안하며 방폐장 터널의 입지현황에 따라 구간별 조명설계 기준과 구성을 제시하고 이를 통한 조명설계를 바탕으로 시뮬레이션 분석을 하여 적합성 검토한다.

### Abstract

Besides its basic function of illuminating a space, lighting can greatly affect the efficiency of a space when an advanced technology and planning, together with the effects of various presentations, are applied to lighting. A lighting plan suitable for maximizing the efficiency of a space will only be made feasible by considering the location of a space and the characteristics of the lamps to be used. In particular, the lighting plan for a space with a special function requires prior investigation and analysis of that space. In this study, the feasibility of a lighting environment for the tunnel of a radioactive waste disposal facility is investigated via a prior lighting design and simulation, which take into account the spatial characteristics of the tunnel. For this study, the use of fluorescent induction lamp is suggested, and the standards of lighting plan and structure are followed depending on the location of each segment of the tunnel. Then, a simulation analysis is conducted to investigate the feasibility of the plan.

Key Words : Radioactive Waste Disposal Facility, Lighting Plan, Fluorescent Induction Lamp, Lighting Simulation

\* 주저자 : 홍익대학교 대학원 디자인공예학과 박사

E-mail : gardenback@hanmail.net

접수일자 : 2010년 3월 29일, 1차심사 : 2010년 4월 28일, 심사완료 : 2010년 5월 3일

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

빛은 광학적, 조형적 기능 뿐 만 아니라 실루엣을 연출하여 심미적으로 공간완성에 필수적인 환경 요소이다. 특히, 인공조명은 다양한 메커니즘을 통해 공간을 밝게 하는 기본적인 기능 외에 진보된 기술과 디자인으로 하나의 공간적 요소로써 연출효과와 다양한 기능을 발휘하여 능률적인 환경을 조성한다.

원자력분야의 조명은 일반공간과 달리 인간과 장소에 기능적 특수성을 감안한 기술력과 안전성 그리고 유지보수 등 기능성과 경제성, 심상적인 측면이 요구된다. 특히, 일반터널이 아닌 원자력 핵 폐기물 처리장인 방폐장 터널은 보안 및 작업, 안전을 위하여 24시간 운영되어지는 공간적 특성을 가지고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 방폐장터널의 공간적 특성을 감안한 조명환경을 위하여 설치되어지기 전의 조명설계와 시뮬레이션을 통한 적합성 검토를 하고자 한다. 이에 무전극램프를 제안하며 방폐장의 입지현황에 따른 터널의 조명설계 기준과 구성을 제시하고 무전극램프를 적용한 시뮬레이션을 통하여 조도 분석으로 적합성을 검토한다. 이는 원자력 폐기물 방폐장 터널에 관한 연구로 지금까지 전무한 공간의 새로운 접근으로 향후 수반되는 특수공간의 조명환경에 제반 연구로써 의의가 있다.

### 1.2 연구 방법 및 범위

연구 방법은 귀납법적 접근에 의한 문헌을 통하여 이론고찰과 내용구성 그리고 분석을 하여 결론을 도출하며 단계적인 연구 전개는 다음과 같다.

첫 번째, 이론 고찰단계는 조명설계를 위하여 공간적인 입지여건과 특성을 조사하고, 제안하고자 하는 무전극형광램프와 다른 램프의 특성 비교를 통하여 적용가능성을 서술한다.

두 번째, 내용구성 단계는 조명설계를 위한 터널의 구성과 각 구간별 조도기준을 서술한다.

세 번째, 분석 및 검토 단계는 전장의 기준과 구성을

바탕으로 각 구간별 조명설계와 시뮬레이션을 통한 조도 분석으로 적합성을 검토한다.

연구의 범위는 공간적, 내용적, 시간적 범위를 한정하며 공간적으로는 경주의 원자력폐기물 처리장인 방폐장 동굴 터널(이하 방폐장 터널)이고, 내용적 범위는 조명설계와 시뮬레이션을 통한 적정 조도 검토이며, 시간적 범위는 현재 건설중인 방폐장 터널의 향후 건설완공을 예측하는 사전연구로써 한정한다.

## 2. 방폐장 터널과 무전극형광램프

### 2.1 방폐장 터널의 입지현황

조명설계의 선행과정인 공간을 조사하고자 현장답사와 문헌연구를 하였다. 현장답사는 2009년 7월 27일부터 2일간 이루어졌으며 현장 관련자와의 질의응답과 관련 자료를 통하여 제시한다. 방폐장은 경상북도 경주시 양북면의 210만[m<sup>2</sup>] 면적의 부지로 31번 국도변과 남동해 해안가 사이에 위치한다. 현재 건설중인 방폐장은 지하에 인공동굴을 건설하여 중·저준위 방사성 폐기물을 동굴처분으로 폐기하는 방식으로, 30년 동안 원자력발전소와 병원 및 산업체에서 발생한 장갑, 의복, 기자재외 기타 방사선에 오염된 폐기물을 저장하는 총 80만 드럼 폐기물 처리를 목표로 건설되어지고 있다. 방폐장 터널은 건설되고 있는 방폐장의 일부 구간으로 지하 150[m]의 폐기물 저장고로 가는 중간 경로로 지상과 지하의 연결공간이다.

### 2.2 방폐장 터널의 공간특성

#### 2.2.1 기능적 특성

방폐장 터널은 주·야간 24시간 상시 이용과 1일 3회 정도의 차량이용이 적은 반면 중앙관제센터에서 차량이용이 없어도 완전소동이 아닌 CCTV로 지속적인 보완, 감시가 이루어져야 한다. 출입구는 운영터널과 건설터널 2개의 터널로 되어있고 지상에서 지하로 연결된 수직 비상용 출입구 외에는 폐기물 처리의 운영터널이 주 이동 통로이다.

2.2.2 공간적 특성

방폐장 터널은 총길이 1.415[m]로 넓이 7.2[m](차도 폭 4.2[m]), 높이 6.5[m]의 왕복 2차로 통행방식의

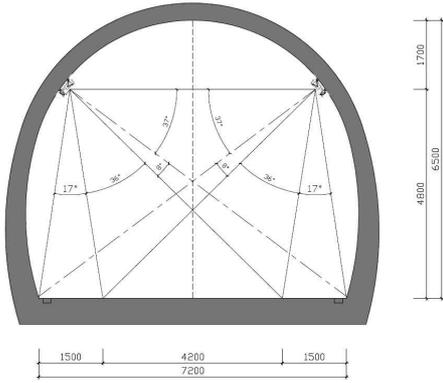


그림 1. 방폐장 터널 단면도(none scale)  
Fig. 1. Section plan of the tunnel

표 1. 방폐장 터널의 공간 구조  
Table 1. Space structure of the tunnel

구 분		내 용
설 계 속 도		40([km/h])
야 외 휘 도		1,500([cd/m <sup>2</sup> ])
교 통 량		5,000(대/일) 미만
터널길이([m])		1,415([m])
구 배		2([%])이상
통 행 방 식		왕복 2차로
터널 의 폭([m])		7.2([m])
차도 의 폭([m])		4.2([m])
등기구 설치 높이([m])		4.8([m])
터널내부 마감재	천 장	콘크리트
	벽	콘크리트
	바 닷	아스팔트 포장

터널 공간구조를 갖는다. 경사구배는 2[%]이상을 유지하고 있고 설계속도는 40[km/h]로 되어 있다. 주요 재료 마감은 바닥면의 아스팔트 포장과 벽과 천장면에 콘크리트로 마감되며 시각구조는 동측방향 방위로 이루어져 있다. 공간의 단면 및 구조 그리고 조명의 위치는 그림 1과 표 1 방폐장 터널의 공간구조를 참조한다.

2.3 무전극형광램프 특성 비교

본 장에서는 방폐장 터널에 적정램프를 제안하고자 램프별 특성비교를 통하여 무전극형광램프를 제안하고 공간 사례를 서술하여 적용가능성을 제시한다.

2.3.1 램프 특성 비교

터널 램프의 요구조건은 명시적 측면과 유지보수와 환경적 측면에서 검토 제안된다. 터널내 범용 되는 램프 중에서 메탈할라이드, 나트륨램프, 무전극형광램프와의 특성은 표 3을 참조로 서술한다[3].

명시적 측면에서 무전극형광램프는 백열등, 전극형광등, 메탈할라이드, 나트륨 램프 가운데 83[Ra] 이상의 고연색성과 고효율로 제시되어 운전자의 블랙 홀, 화이트 홀 현상을 최소화하고 안정된 면조명으로 유도성을 확보할 수 있다. 유지보수 측면에서 전자식안정기를 사용하는 무전극형광램프는 0.95이상의 고역률을 유지하여 약 20[%] 이상의 전력소비량의 에너지절감과 60,000시간 사용으로 장수명 램프로 제안된다. 환경적 측면에서 무전극형광램프는 필라멘트 전극이 없고 6[mg]이하의 저수은 사용으로 저탄소 실현과 주변에 최소화된 영향으로 친환경 램프로 제안된다.

2.3.2 공간사례 검토

무전극형광램프는 기존의 수은, 나트륨, 메탈할라이드, 방전등 램프가 적용할 수 있었던 터널, 지하차도의 터널 조명과 가로등, 보안등, 보도 육교, 지하보도의 도로조명과 체육관, 고천장 공간, 위험 공간의 실내조명 공간에 광범위하게 적용할 수 있다.

표 2. 무전극형광램프의 적용 사례  
Table 2. Application case of fluorescent induction lamp



표 3. 램프 특성 비교  
Table 3. Compare of lamp characteristics

항 목	무전극형광램프	메탈할라이드램프	나트륨램프
수 명hr	60,000 이상	9,000 이상	12,000 이상
연색성[Ra]	83이상(삼파장)	65	28(단파장)
색상 연출	부드럽고 자연스러움	차갑고 창백한 색상	노란색 단색으로 획일적 색상
점등성 (점등시간/ 재점등시간)	즉시점등 및 재 점등 가능 (0.01초/0.01초)	즉시점등 및 재 점등 불가 (8분이하/10분이하)	즉시점등 및 재 점등 불가 (8분이하/10분이하)
램프발열 [°C]	80~90 (내구성, 안정성, 효율증대)	300~400 (높은 열로 기구의 빠른 파손)	300~400 (높은 열로 기구의 빠른 파손)
화재/폭발 위험성	낮음	높음	높음
눈부심	면광원으로 잔상발생이 없어 눈부심이 없음	점광원으로 잔상발생이 있어 눈부심이 심함	점광원으로 잔상발생이 있어 눈부심이 심함
전압 변동에 따른 조도 변화	정전압회로 사용으로 조도 변동 없음	전압변동에 따라 수시로 조도 변동(램프수명감소)	전압변동에 따라 수시로 조도 변동(램프수명감소)
광속저하	느림	빠름	빠름
색상 균일도	균일	매우 불균일	불균일
투과율	보통	낮음	높음
해충 집중도	보통	높음	낮음
농작물 과성장	낮음	낮음	높음 (야간 소등 필요)

### 3. 방폐장터널의 조명설계기준과 구성

#### 3.1 조명설계 기준

방폐장 터널의 조명설계 기준은 유사 공간인 터널의 조명설계 기준 그리고 방폐장 터널의 공간 특성에 준한 유의사항에 관한 내용에 따라서 기본부 조명의 평균 노면 휘도, 평균조도 환산 계수, 터널 입구부의 노면 휘도, 설정되는 야외휘도, 야외휘도에 곱하는 계수, 보수율을 참조로 조명설계를 한다.

- 국토해양부 전기실무지침
- 한국산업규격 KS A 3703 터널조명 기준
- 한국산업규격 KS A 3011 조도 기준(원자력발전소)
- 한국산업규격 KS C 8013 교류 입력방전 램프용 전자식안정기
- 기타 관계 법령 및 문헌

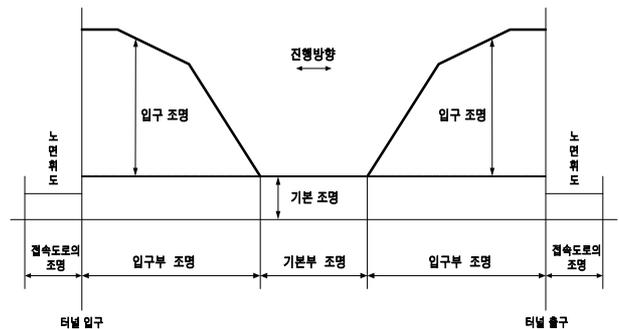


그림 2. 터널 조명의 구성  
Fig. 2. Composition of the tunnel lighting

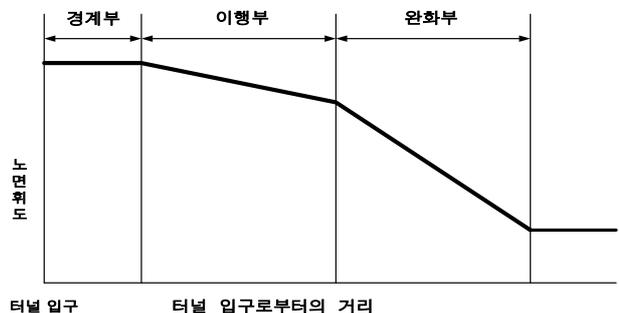


그림 3. 입구부 조명 구성  
Fig. 3. Lighting composition of the entrance area

### 3.2 조명설계구간 구성

#### 3.2.1 기능적 구성

터널의 조명은 터널 내 설치하는 조명과 터널 전후의 접속 공간에 설치하는 조명에 따라 구성된다. 터널 내에 설치하는 조명은 그 기능에 따라 기본 조명, 입구 조명 및 출구 조명으로 구성한다[4]. 그 내용은 그림 2 터널 조명의 구성을 참조한다.

#### 3.2.2 터널 내 조명의 구간적 구성

터널 내의 조명은 입구부 조명, 기본부 조명, 출구부 조명의 3개 구간으로 구성한다[4]. 또한 입구부 조명은 그림 3과 같이 터널입구부터 경계부, 이행부, 완화부로 나누어 거리에 따라 노면휘도가 다르게 조명을 구성 배치 계획한다.

### 3.3 구간별 설계기준

#### 3.3.1 기본부 조명

기본부 조명은 KS A 3011 조도기준에 있어 공장에 대한 적용기준의 원자력발전소 방사물처리 건물의 조도분류 E에 따라 조도범위 60-100-150([lx])에 따라 표준조도는 100([lx])를 기준으로 한다.

표 4. 입구부 조명의 평균 노면 조도  
Table 4. Average road surface illumination of entrance lighting

구분	평균 조도 계산	계산조도 ([lx])	기준조도 ([lx])
경계부	1,500×100×0.03×18	810	810
이행부1	1,500×86.25×0.03×18	698	700
완화부1	1,500×46.28×0.03×18	374	375
완화부2	1,500×19.15×0.03×18	155	155
완화부3	1,500×18.24×0.03×18	147	145
완화부4	1,500×9.74×0.03×18	78	80

#### 3.3.2 입구부 조명(출구부 조명-양측방향)

경계부의 노면휘도는 터널 입구부근의 운전자 시야 상황에 따라 정해지는 야외휘도의 연간 출현빈도를

고려하여 설정되는 값에 설계속도에 따라 정해지는 계수를 곱한 값으로 한다.

이행부 및 완화부의 노면휘도는 경계부의 노면휘도 값을 100[%]로 하여 터널 입구부터의 거리에 따라 감소시키고, 기본부 조명의 노면휘도 값에 접속하는 것으로 한다.

입구부 조명의 노면 휘도는 계절, 기후 및 시각에 따른 야외 휘도의 변동에 따라 조절하는 것이 바람직하다. 입구부 조명의 노면 휘도는 교통 상황에 따라 증감할 수 있다. 운전자의 시야상황에 따라 정해지는 야외 휘도의 연간 출현 빈도에 따라 설정되는 값으로 한다. 입구부 조명의 벽면 휘도는 그 위치에서 노면 휘도 값의 1.5배 이상의 값으로 하는 것이 바람직하다[4].

이상의 내용으로 입구부평균조도([lx])=야외휘도([cd/m²])×노면휘도저감율(%)×야외휘도에 곱하는 계수×조도 환산계수([lx/cd/m²]) 이며 종합하면 표 4 입구부 조명의 평균 노면 조도로 제시된다.

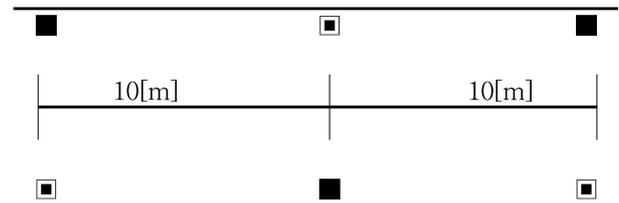
## 4. 방폐장터널의 조명설계와 시뮬레이션 검토

### 4.1 구간별 조명설계

구간별 조명설계는 휘도 분포를 고려하고 눈부심 현상을 일으키지 않는 범위에서 무전극램프150[W](12,000[lm])를 순차적 배열방식으로 하여 기본부 조명을 바탕(122[lx])으로 상시점등과 비상시 점등으로 설계하였다.

#### 4.1.1 기본부 조명

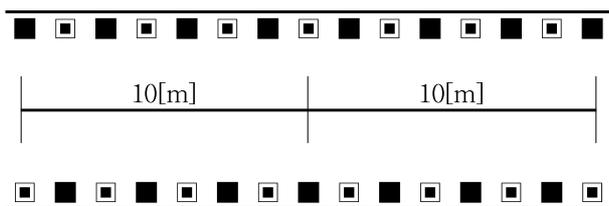
기본부 조명기구 간격은 각 10[m] 구간내 1개를 설치하였다. 기준조도 100[lx], 설계조도 122[lx]



\* ■ EN150W 상시점등 □ EN150W 비상시점등

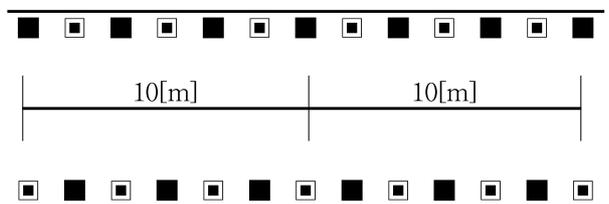
#### 4.1.2 입구부 조명-경계부

경계부 조명기구 간격은 각 10[m] 구간내 6개를 설치하였다. 기준조도 810[lx], 설계조도 857[lx]



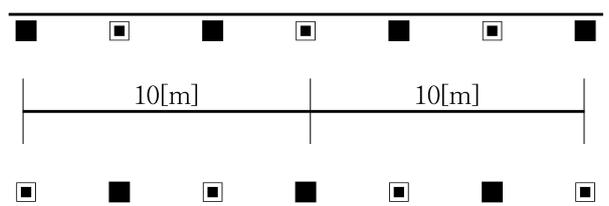
#### 4.1.3 입구부 조명-이행부

이행부 조명기구 간격은 각 10[m] 구간내 5개를 설치하였다. 기준조도 700[lx], 설계조도 734[lx]



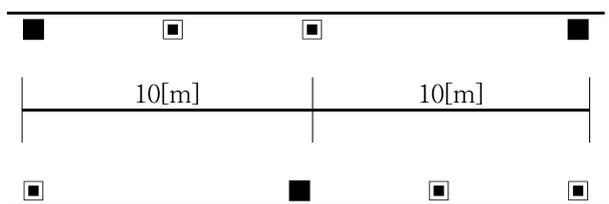
#### 4.1.4 입구부 조명-완화부 1단계

완화부 1단계 조명기구 간격은 각 10[m] 구간내 2개를 설치하였다. 기준조도 375[lx], 설계조도 386[lx]



#### 4.1.5 입구부 조명-완화부 2, 3단계

완화부 2단계 조명기구 간격은 각 10[m] 구간내 0.5개를 설치하였다. 기준조도 155[lx], 설계조도 183[lx]



이상의 각 구간별 거리와 기준과 설계조도, 설치되어 지는 거리와 램프수량 등의 조명설계는 표 5와 같다.

표 5. 구간별 조명설계  
Table 5. Lighting Plan of Section area

구 분	경계부	이행부	완화부			기본부
			1	2	3	
기준거리 ([m])	15	30	30	30	30	1.280
기준조도 ([lx])	810	700	375	155	145	100
설계조도 ([lx])	857	734	386	183	183	122
설치거리 ([m])	10×2 =20	10×3 =30	9.5×3 =28.5	10×3 =30	10×3 =30	10×127 =1.270
램프(EA)	28	36	18	9	9	256

## 4.2 조명 시뮬레이션을 통한 적합성 검토

### 4.2.1 시뮬레이션 프로그램

설계단계에서 이루어지는 각종 검토나 제안 등에 있어서 빛 환경을 예측하는 경우에는 컴퓨터를 이용한 3차원 해석이 효과적이다. 이러한 경우 조도분포 이외에 공간을 구성하는 면의 반사특성을 고려한 휘도 분포를 시뮬레이션 함으로써 빛 환경을 보다 정확하게 평가 할 수 있게 된다[5]. 따라서 조명설계의 적합성을 검토하고자 조명 시뮬레이션 프로그램인 상호반사분을 감안한 광속법의 RELUX을 적용하였다. 시뮬레이션에 의한 조도계산은 무전극램프의 ies 파일과 구간별 거리(x), 차도의 폭(y), 취부간격, 조명율과 보수율이 종합 연산하여 각 구간별 조도와 휘도의 칼라와 숫자에 의한 정량적인 값을 추출하였다.

- 조도면 높이[m] : 바닥기준 2
- 공간 중심 높이[m] : 바닥기준 4.45
- 보수율[%] : 0.65(1,500[m] 미만, 5000대 미만)
- 반사율[%] : 천장 25, 벽(평균반사율) 23, 바닥 10
- 등기구 및 램프 : SE-KWANG 150[w]/12000[lm]

### 4.2.2 구간별 조도 분석

구간별 조도는 표 6 구간별 조도분석을 참조로 기본부 조명은 1,280[lx]에 해당하는 구간으로 전체길이의 일부구간인 200[m] 구간에서 최소조도 : 78[lx], 최대

조도 : 167[lx], 평균조도 : 121[lx], 균제도 : 0.47- 0.64로 제시된다. 경계부 조명은 15[m]에 해당하는 구간으로 최소조도 : 627[lx], 최대조도 : 1,240[lx], 평균조도 : 978[lx], 균제도 : 0.51-0.64로 제시된다. 이행부 조명은 30[m]에 해당하는 구간으로 최소조도 : 742 [lx], 최대조도 : 1,200[lx], 평균조도 : 1,010[lx], 균제도 : 0.62-0.73으로 제시된다. 완화부 1 조명은 30[m]에 해

당하는 구간으로 최소조도 : 376[lx], 최대조도 : 1000[lx], 평균조도 : 600[lx], 균제도 : 0.38-0.63으로 제시된다. 완화부 2 조명은 30[m]에 해당하는 구간으로 최소조도 : 130[lx], 최대조도 : 481[lx], 평균조도 : 280[lx], 균제도 : 0.27-0.46으로 제시된다. 이상의 내용을 표 4와 비교하여 설계조도를 검토하면 기준조도가 모두 상회되므로 조명설계가 적합함으로 검토되었다.

표 6. 구간별 조도 분석

Table 6. Illumination analysis of section area

기본부 조도(lx)

y \ x	기본부 조도(lx)																								
	20		40		60		80		100		120		140		160		180		(단위 : [m])						
4.2	83	122	141	128	86	95	114	147	113	92	84	116	140	115	91	83	126	137	124	85	98	119	145	114	91
3.5	91	132	153	138	93	103	126	159	125	100	95	129	155	128	99	92	136	151	135	93	105	129	158	125	99
3.0	95	138	158	142	97	107	132	165	131	105	100	135	161	134	103	97	142	157	140	96	109	134	164	130	105
2.5	96	141	159	145	98	108	134	167	135	107	102	138	164	137	105	100	143	159	141	98	110	135	166	132	107
2.0	95	140	159	144	98	107	133	166	134	106	101	138	136	105	105	99	143	157	141	97	110	135	166	131	107
1.5	92	137	154	141	95	105	129	164	130	104	97	133	159	132	102	95	140	153	138	94	107	130	163	127	104
1.0	86	130	148	135	89	100	123	158	123	99	91	126	152	124	97	88	133	148	132	89	103	124	157	120	98
0.5	78	118	133	123	80	93	109	143	107	90	81	112	112	110	89	78	122	131	121	80	95	111	140	107	89

경계부 조도(lx)

y \ x	경계부 조도(lx)																							
	2		4		6		8		10		12		14 (단위 : [m])											
4.2	640	688	749	819	889	908	912	919	915	907	867	845	854	901	973	1030	1060	1070	1090	1120				
3.5	699	752	813	877	940	991	987	993	998	961	933	918	931	969	1030	1100	1140	1160	1170	1170				
3.0	731	788	848	909	967	1010	1050	1050	1030	990	967	958	970	1010	1060	1120	1200	1230	1220	1200				
2.5	746	804	865	924	978	1020	1050	1060	1030	1000	981	974	987	1020	1070	1130	1210	1240	1230	1210				
2.0	745	804	865	924	977	1020	1050	1060	1030	998	978	971	984	1020	1070	1130	1210	1230	1230	1210				
1.5	729	786	847	907	963	1010	1040	1040	1010	979	957	947	960	995	1050	1110	1190	1220	1220	1200				
1.0	694	748	810	875	934	979	984	988	978	946	917	902	914	954	1020	1060	1150	1160	1180	1170				
0.5	627	674	737	812	879	899	898	900	898	886	845	816	826	877	955	1010	1040	1060	1090	1110				

이행부 조도(lx)

y \ x	이행부 조도(lx)																								
	2.5		5.0		7.5		10.0		12.5		15.0		17.5		20.0		22.5		25.0		27.5 (단위 : [m])				
4.2	1050	998	1030	1090	1050	1010	956	852	830	903	964	991	1020	968	916	942	1010	981	953	899	800	775	832	876	895
3.5	1120	1080	1100	1150	1130	1090	1000	915	897	953	1040	1060	1080	1030	992	1010	1060	1050	1030	944	861	839	881	960	964
3.0	1160	1130	1140	1170	1190	1150	1030	949	932	980	1070	1130	1110	1060	1030	1050	1080	1110	1080	967	894	873	907	978	1020
2.5	1180	1150	1160	1180	1200	1150	1030	963	947	990	1070	1130	1120	1080	1050	1060	1100	1120	1080	976	907	886	917	985	1030
2.0	1180	1150	1160	1180	1190	1150	1030	960	945	988	1070	1130	1110	1080	1050	1060	1090	1110	1090	973	904	883	914	982	1030
1.5	1160	1130	1140	1170	1180	1130	1010	940	922	970	1050	1120	1100	1060	1030	1040	1080	1100	1070	957	883	861	895	965	1020
1.0	1120	1080	1090	1140	1120	1080	965	900	882	940	1030	1070	1080	1030	987	1010	1050	1050	1020	930	845	818	862	943	963
0.5	1050	983	1020	1090	1040	995	937	828	804	886	950	982	1020	965	904	936	1010	972	939	881	775	742	802	860	886

완화부 1 조도(lx)

y \ x	완화부 1 조도(lx)																								
	2.5		5.0		7.5		10.0		12.5		15.0		17.5		20.0		22.5		25.0		27.5 (단위 : [m])				
4.2	911	847	777	763	774	712	660	597	502	462	485	507	515	529	500	468	479	513	498	484	458	406	385	401	417
3.5	970	902	843	816	809	761	703	619	535	497	509	550	552	560	528	507	512	536	534	519	481	436	418	429	455
3.0	992	933	879	847	829	804	745	631	552	516	522	558	586	571	545	528	531	549	563	548	492	453	436	443	455
2.5	1000	947	896	861	838	808	749	635	559	523	527	560	588	576	554	538	540	555	565	551	497	460	444	450	469
2.0	1000	946	895	862	839	808	750	633	557	521	524	557	586	576	554	538	540	554	564	551	495	459	443	449	468
1.5	989	928	876	847	829	800	740	624	546	508	514	547	579	569	546	527	530	547	557	541	487	450	433	440	459
1.0	965	894	837	816	809	764	709	609	525	486	498	533	552	557	529	505	511	533	531	520	473	431	413	425	446
0.5	899	829	761	758	774	709	652	585	487	445	471	496	509	527	500	463	474	509	491	473	447	396	376	395	411

완화부 2 조도([lx])

y \ x	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5 (단위 : [m])														
4.2	417	417	386	347	332	328	303	289	268	231	219	238	251	247	236	209	188	196	222	233	238	226	190	170	169
3.5	451	448	411	378	357	344	325	308	279	246	236	251	272	265	252	222	211	211	234	249	257	238	206	187	185
3.0	479	458	425	394	370	353	340	320	279	250	243	258	279	282	260	234	221	225	244	265	271	243	213	193	188
2.5	481	462	431	401	376	356	339	316	272	247	244	259	280	284	266	245	234	237	252	269	273	244	213	191	184
2.0	481	462	431	401	376	355	334	308	263	240	239	256	277	285	269	251	243	245	257	271	273	243	210	184	174
1.5	475	456	423	393	369	349	328	298	252	229	230	251	273	283	268	253	246	248	258	270	270	238	202	173	161
1.0	451	444	409	376	356	340	310	283	242	216	217	242	267	270	263	248	241	243	253	258	260	231	191	159	146
0.5	413	416	384	343	331	327	289	261	234	201	199	227	247	248	246	233	221	226	239	237	233	218	175	142	130

### 5. 결 론

본 연구는 방폐장 터널의 조명환경을 위하여 공간특성에 따라 조명설계와 시뮬레이션을 통한 적정조도로 적합성 검토를 하였다. 적정조도 검토가 조명환경의 적합성을 검토하기에는 제반되는 유지관리 및 디밍등의 시스템 부분과 상관되어 종합 검토되어야 하나 연구의 범위에 따라 다음 네 가지의 결론을 도출하였다.

첫 번째, 터널 내 각 구간에서의 평균 조도는 기준조도 범주 안에 설계조도가 100[lx]이상 모두 구현되었으며, 이는 디밍 제어 실현시에 있어 최소조도와 최대조도를 모두 유연하게 적용할 수 있는 것으로 검토된다.

두 번째, 시뮬레이션에 의한 정량적 분석이 절대적 적용가능성으로는 다소 무리가 있을 수 있다. 예를 들면 균제도가 일정해도 경계부의 숫자상의 조도와 평균조도에서는 다소 차이가 생기므로 평균조도를 전체조도로 판단하기보다는 이를 기반으로 현장에서의 별도의 다각적인 검토에 의한 조율이 요구된다.

세 번째, 제안되는 무전극 램프 특성이 동일 범주의 방전등내에서 친환경과 에너지와 유지관리 측면과 연색성에서 우수하나 국내에서 적용사례가 아직 보편화되어있지 않으므로 램프의 형광물질의 열화에 의한 광속의 감속 효과 등 세부적인 부분을 검토해야 한다.

네 번째, 조명설계 적용기준을 선행사례가 미비하여 유사터널의 기준으로 하였으나 이후 방폐장 터널의 공간 특성과 조화된 별도의 기준마련이 요구된다.

본 연구는 방폐장 터널공간의 보다 적합한 조명환경을 위한 조명설계와 시뮬레이션의 검토로서 연구의 의의와 한계를 정하며, 향후 본 연구를 기초로 한 심화된 연구전개가 요구된다. 또한 본 연구가 사전 검토적인

부분에 해당되므로 조명램프와 등기구의 미적측면과 기술적, 유지보수 측면 그리고 공간의 마감재 등 다각적인 검토 후에 현장에서의 반영이 필요하다.

### References

- (1) 최경호 · 김춘년 · 김경식, 조명의 이해와 설계, 태영문화사, 2006, p.145.
- (2) 김용갑, 고효율 무전극 형광등 광원 기술개발(직관형 및 둥근형), 산업자원부, 2005, p.16.
- (3) 함중걸, 고효율 무전극형광등 시스템 개발에 관한 연구, 산업자원부, p.16.
- (4) 최홍규 외 7인, 조명설비 및 설계, 성안당, 2006, p.5-76.
- (5) 일본건축학회편저, 윤휴림역, 빛과 색의 환경디자인, 성안당, 2005, p.157.

### ◇ 저자소개 ◇



**백승경 (白承敬)**  
 1967년 4월 18일생. 현재 홍익대학교 부설 환경개발연구원 선임연구원. 2009년 홍익대학교 대학원 디자인공예학과 공간디자인 전공 미술학 박사.