



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

주시각도별 인지거리 측정을 통한
유도등 유효인지성 평가



2019년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

소 방 공 학 과

백 상 현

공 학 석 사 학 위 논 문

주시각도별 인지거리 측정을 통한
유도등 유효인지성 평가

지도교수 최 준 호

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2019년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

소 방 공 학 과

백 상 현

백상현의 공학석사 학위논문을 인준함.

2019년 2월 22일



위 원 장 공학박사 최 재 욱 

위 원 공학박사 이 치 영 

위 원 공학박사 최 준 호 

목 차

제 1 장. 서	론	1
1.1.	연구의 배경 및 목적	1
1.2.	연구의 범위 및 방법	5
1.3.	국내·외 선행연구 고찰	6
1.3.1.	국내 선행연구	6
1.3.2.	국외 선행연구	8
제 2 장. 인간의 인지·피난행동특성과 유도등 설치기준		10
2.1.	인간의 시각적 인지특성	10
2.1.1	주시 특성	10
2.1.2.	인지의 개념과 의미	12
2.1.3.	색과 픽토그램의 인지 특성	13
2.2.	연기 및 피난행동 특성	14
2.2.1.	연기의 정의와 특성	14
2.2.2.	가시거리별 피난행동특성	17
2.3.	유도등의 개요와 설치기준	19
2.3.1.	유도등 정의와 종류	19
2.3.2	국내외 유도등 설치기준	22

2.3.3. 국내외 화재사례를 통한 유도등의 연구 중요성	31
2.3.4. 유도등의 가시성확보영역(VCA) 이론적 분석	34

제 3 장. 유도등 주시각도별 인지거리 측정실험 37

3.1. 실험 시나리오와 개요	37
3.1.1. 실험 시나리오 설계	37
3.1.2. 실험 절차 및 방법	42
3.1.3. 연기발생 상황을 묘사하기 위한 불투명 안대 제작	45
3.2. 실험대상지의 개요와 참가자 특성	49
3.2.1. 실험대상지 개요	49
3.2.2. 실험환경동기화를 위한 조도측정	51
3.2.3. 참가자 특성과 분포	55

제 4 장. 유도등 종류, 연기농도별 유효인지영역 도출 및 가시성확보영역 비교 분석 56

4.1. 유도등 종류별 유효인지영역 도출 및 분석	56
4.1.1. 피난구유도등 유효인지영역 도출 및 분석	56
4.1.2. 복도통로유도등 유효인지영역 도출 및 분석	60
4.1.3. 거실통로유도등 유효인지영역 도출 및 분석	63
4.2. 유효인지영역과 가시성확보영역(VCA) 비교 분석	66
4.3. 연기농도별 거실통로유도등 유효인지영역 비교	71

4.4. 유도등 종류별 유효인지성 평가	75
4.4.1. 피난구유도등 유효인지성 평가	75
4.4.2. 복도통로유도등 유효인지성 평가	79
4.4.3. 거실통로유도등 유효인지성 평가	82
 제 5 장. 결 론	85
 참 고 문 헌	88
ABSTRACT	91



표 목 차

표 1-1. 시야제한이 없는 상황에서 피난구유도등 표시면 색상에 따른 평균 최대인지거리	3
표 2-1. 가시도에 영향을 미치는 요인	17
표 2-2. 감광계수에 따른 가시거리	18
표 2-3. 유도등 설치기준	22
표 2-4. 유도등 적응성	24
표 2-5. 유도등의 표시면의 크기 및 평균휘도	25
표 2-6. 안전유도표지와 관련된 원칙	27
표 2-7. 화살표의 형태 및 사용	27
표 3-1. 유도등 설치 위치	39
표 3-2. 실험 분류	40
표 3-3. 주시각도별 유도등의 모습	41
표 3-4. 실험 분류별 투과율	47
표 3-5. 일차·위치별 조도측정값	53
표 3-6. 실험 참가자 특성	55
표 4-1. 피난구유도등 주시각도별 평균인지거리(m)	57
표 4-2. 피난구유도등 주시각도별 최대인지거리 비교	59
표 4-3. 복도통로유도등 주시각도별 평균인지거리(m)	60
표 4-4. 복도통로유도등 주시각도별 최대인지거리 비교	62
표 4-5. 거실통로유도등 주시각도별 평균인지거리(m)	63
표 4-6. 거실통로유도등 주시각도별 최대인지거리 비교	65
표 4-7. 피난구유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역 비교	67
표 4-8. 복도통로유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역 비교	68
표 4-9. 거실통로유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역 비교	69
표 4-10. 투과율에 따른 주시각도별 인지거리	74
표 4-11. 피난구유도등 유효인지성 평가	78
표 4-12. 복도통로유도등 유효인지성 평가	81
표 4-13. 거실통로유도등 유효인지영역 평가	84

그 립 목 차

그림 1-1. 복도에서 바라본 유도등	2
그림 1-2. 출입문 부근에 설치된 유도등	2
그림 1-3. 현행 설치기준에 따른 유도등 인지영역	4
그림 2-1. 시야 범위	11
그림 2-2. 수평 수직 시야 범위	11
그림 2-3. 연기농도 측정	15
그림 2-4. 국내에서 사용되는 피난구유도등 제품의 종류	20
그림 2-5. 국내에서 사용되는 통로유도등 제품의 종류	20
그림 2-6. 국내에서 사용되는 객석통로유도등 제품의 종류	21
그림 2-7. 유도등의 형식승인 및 기술기준상에 나타나있는 시야각시험	26
그림 2-8. 국외에서 사용되는 다양한 유도등의 종류	30
그림 2-9. Enrico Ronchi 실험에서 사용된 유도등과 유도표지 및 벽면 픽토그램	31
그림 2-10. 유도등의 인지 여부와 도움 여부	32
그림 2-11. 생존자에게 가장 큰 도움을 준 방법	32
그림 2-12. 서면 노래주점 화재 현장 상황도	33
그림 2-13. 현행 가시영역(M1)과 이론을 통해 정의된 가시영역(M2) ..	34
그림 3-1. 실험에서 사용된 유도등의 종류	38
그림 3-2. 실험을 위해 제작·설치한 유도등 세트 전경	39
그림 3-3. 실험참가자와 유도등 사이의 주시각도 변화 조건	40
그림 3-4. 실험 참가자 접수 및 실험방법(모자이크)	42
그림 3-5. 실험에서 사용된 안내문	43
그림 3-6. 실물실험 모습(새로찍기)	44
그림 3-7. CASE D에 사용되는 PVC 비닐 1장의 투과율	46
그림 3-8. CASE E에 사용되는 PVC 비닐 2장의 투과율	46
그림 3-9. 실험에 사용한 불투명 안대	47
그림 3-10. 좌 PVC 1장 우 PVC 2장 시야 환경	48
그림 3-11. 복도에서 비상구를 바라본 모습	49

그림 3-12. 실험대상지 평면도(m)	50
그림 3-13. 조도측정점의 결정 방법	51
그림 3-14. 다수의 단위구역이 연속할 때 평균조도의 산출법	52
그림 3-15. 조도 측정 위치	53
그림 4-1. 주시각도에 따른 피난구유도등 최대인지거리	56
그림 4-2. 피난구유도등 유효인지영역	58
그림 4-3. 주시각도에 따른 복도통로유도등 최대인지거리	60
그림 4-4. 복도통로유도등 유효인지영역	61
그림 4-5. 주시각도에 따른 거실통로유도등 최대인지거리	63
그림 4-6. 거실통로유도등 유효인지영역	64
그림 4-7. 피난구유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역	67
그림 4-8. 복도통로유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역	68
그림 4-9. 거실통로유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역	69
그림 4-10. 불투명 안대(1장) 착용 시 주시각도별 최대인지거리 분석	71
그림 4-11. 불투명 안대(2장) 착용 시 주시각도별 최대인지거리 분석	72
그림 4-12. 주시각도×투과율변화에 따른 거실통로유도등 유효인지거리 분포	72
그림 4-13. 주시각도×투과율변화에 따른 거실통로유도등 유효인지영역 비교	73
그림 4-14. 투과율에 따른 주시각도별 인지거리	74
그림 4-15. 피난구유도등 형식승인기준과 유효인지거리 비교	76
그림 4-16. 피난구유도등 형식승인기준과 유효인지영역 비교	76
그림 4-17. 피난구유도등 유효인지성 평가	77
그림 4-18. 복도통로유도등 형식승인기준과 유효인지거리 비교	79
그림 4-19. 복도통로유도등 형식승인기준과 유효인지영역 비교	80
그림 4-20. 복도통로유도등 유효인지성 평가	81
그림 4-21. 거실통로유도등 형식승인기준과 유효인지영역 비교	82
그림 4-22. 거실통로유도등 형식승인기준과 유효인지영역 비교	83
그림 4-23. 거실통로유도등 유효인지영역 평가	84

제 1 장. 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적

점차 건축물의 높이가 높아지고 지하 공간이 활발하게 개발하여 대규모 다중이용시설과 주거시설이 활발하게 개발되면서 생활이 편리해지며 부족한 주거공간을 해소해주고는 있다. 하지만 지상과는 다르게 한정된 공간을 효율적으로 활용하기 위해 주어진 공간을 여러 구역으로 나누면서 내부구조가 복잡해졌다.¹⁾ 이런 복잡한 내부구조로 인해 피난이 필요한 상황에서 즉각적이며 올바른 피난방향을 선택하는데 큰 어려움이 발생하였다.

이에 따라 유도등, 유도표지 등 피난설비를 설치하여 피난방향 및 피난구의 위치를 제시함으로써 문제점을 해결하고자 하고 있다.

하지만 현행 화재안전기준에 따라 설치된 유도등은 <그림 1-1>, <그림 1-2>처럼 거주자들에 피난방향과 유도등 설치방향이 동일할수도 있어 재실자에게 유도등 표시면의 의미를 전달하기에는 어려움이 있다. 이는 화재를 통한 연기 발생 시 시계가 더 줄어들기 때문에 더 인지하기 어려울 것으로 예상한다.²⁾

1) 최준호, 진규엽, 홍원화, 피난실험을 통해 본 초고층 공동주택 거주자의 피난 행동 및 반응에 관한 연구, 대한건축학회 2008년도 학술발표대회 논문집, 계획계 제 28(1) pp.651-654, 2008

2) 오륜석, 최준호, 홍원화. 연기농도별 최대 가시거리에 따른 피난구 유도등의 인지성에 관한 연구. 한국화재소방학회 학술대회 논문집, pp.89-90, 2008



그림 1-1. 복도에서 바라본 유도등



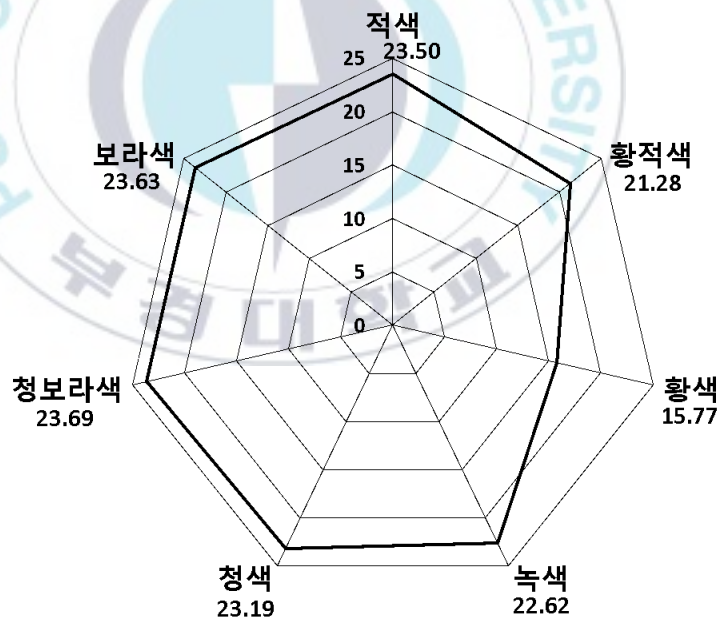
그림 1-2. 출입문 부근에 설치된 유도등

또한, 오륜석³⁾에 연구에 따르면 <그림 1-3> 현재 많이 설치되는 녹색 피난구유도등의 최대인지거리가 다음과 같이 평균 22.62 m로 나타났다. 이 결과는 피난구유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준에서 제시하는 상용전원 점등 시 직선거리 30 m에 위치에서 표시면을 쉽게 식별되어야 하는 소방청장이 정하는 기준⁴⁾과는 많은 차이가 있다.

표 1-1. 시야제한이 없는 상황에서 피난구유도등 표시면 색상에 따른 평균 최대인지거리

단위 : m	적색 Red	황적색 Orange	황색 Yellow	녹색 Green	청색 Blue	정보라색 Navy	보라색 Purple
6.25% 절사평균	23.50	21.28	15.77	22.62	23.19	23.69	23.63
표준편차	2.59	4.08	4.53	2.81	2.83	2.35	2.20

표시면
색상에
따른
인지거리



3) 오륜석, 연기농도와 최대가시거리 변화에 따른 피난구유도등의 표시면 색상별 인지성능평가, 부경대학교 대학원 공학석사 학위논문, 2015

4)소방청, 유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준, 2018

이처럼 현재 유도등은 인지거리 및 인지각도에 대한 조항없이 정형화된 위치와 보행거리로만 설치되고 있다. 이는 유도등 하나가 영향을 미치는 인지거리가 재실자의 위치와는 상관없이 모든 주시각도에서 일정하다고 보는 것이다. 이를 인지영역으로 표현하면 다음과 같이 표현된다.

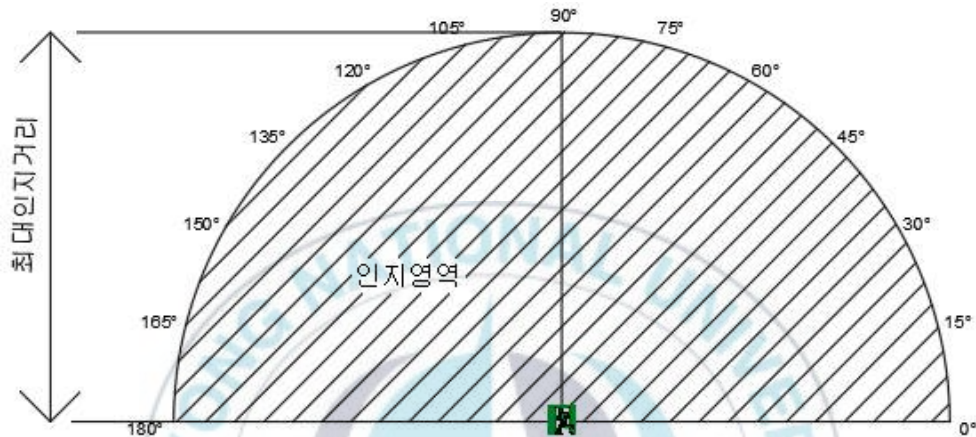


그림 1-3. 현행 설치기준에 따른 유도등 인지영역

하지만 실제로 정면에서는 최대인지거리에서 유도등을 인지할 수 있지만, 유도등의 측면에서는 유도등의 인지가 거의 불가능함으로 정면과 측면 사이 임의의 주시각도에서는 최대인지거리와 0 m 사이에 상응하는 인지거리를 가질 것으로 판단된다. 이같은 이유로 현행 유도등 설치기준으로는 언제, 어디서 발생할지 모르는 화재에 대해 다양한 주시각도에서 유도등을 인지하는 데는 어려움이 있을 것으로 판단된다.

그러므로 본 논문에서는 언제 어디에 있을지 모르는 재실자가 중심이 아닌 한번 설치되면 같은 자리에서 계속 작동하는 유도등을 중심으로 다양한 주시각도에서 재실자들에게 영향을 미칠 수 있는 유도등의 유효인지영역을 실험을 통해 도출하여 유효인지성능을 평가 및 새로운 설치기준을 제시하려고 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 유도등 종류별 주시각도에 따른 인지거리를 측정하고 이를 통해서 유효인지영역(하나의 유도등이 재실자들에게 유효하게 영향을 미치는 영역)을 도출하기 위해 현장 실험실험을 실시하였다. 실험에서는 기존의 『유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준』 제16조 (식별도 및 시야각시험³⁾)을 참조했으며, 식별도시험과 시야각시험을 함께 실시하여 다양한 주시각도에서 실험을 실시하였다.

실제 피난 상황과 유사한 환경을 설정하기 위해 교육·연구시설의 긴 복도에서 실험을 진행, 유도등 및 유도표지의 화재안전기준에 따라 소형 크기의 피난구유도등, 복도통로유도등, 그리고 거실통로유도등을 사용하였다. 해당 유도등은 유도등 주시각도에 따른 재실자의 인지거리를 확인하기 위한 실험이므로 유도등을 다양한 각도로 회전할 수 있도록 제작하였다.

실험참가자는 시작지점에서 출발하여 유도등에 표시면을 인지하고 지시하는 바에 따라 행동함으로써 유도등과 참가자 간에 주시각도별 인지거리를 측정하였으며, 3가지 유도등에 대한 주시각도별 인지거리 측정실험과 더불어 피난 시 주요고려사항인 연기농도에 따른 인지거리의 변화를 분석하기 위해 불투명 안대를 제작·사용하여 추가적으로 실험하였다.

실험을 통해 도출된 주시각도별 인지거리를 분석하여 피난구유도등, 복도통로유도등, 거실통로유도등의 유효인지영역을 도출하였으며 또한, 거실통로유도등의 연기농도에 따른 유효인지영역 변화를 비교하였다.

그리고 유효인지영역을 비교·평가하여 새로운 설치기준을 제안하였다.

1.3. 국내·외 선행연구 고찰

1.3.1. 국내 선행연구

대규모 다중이용시설과 지하 공간이 왕성하게 개발됨에 따라 복잡한 공간 내에서 신속하게 피난하기 위한 피난 설계가 중요해졌으며, 피난에 영향을 미치는 많은 요소 중 피난구 위치, 피난 방향 등의 정보를 제공하는 유도등에 관한 연구가 활발히 진행되어왔다.

김유식(2006)⁵⁾은 현재 건축구조물의 특수성으로 인하여 대형 참사로 발전 가능성이 크기 때문에 기존의 고정식 단방향 피난유도등이 아닌 화재감지기와 연동하여 중앙에서 통제가 가능한 지능형 유도 시스템을 통해 피난의 효율성과 안전을 확보하였다.

나옥정(2007)⁶⁾은 기존 피난유도장치와 새롭게 개발된 피난유도장치(축광유도타일, LED 피난유도 싸인, 복합유도설비)의 피난유도 성능을 비교 분석하여 지하 공간의 피난유도장치의 적정 기준제시의 기초자료를 제공하였다.

손종영(2013)⁷⁾은 지하 공간은 외부환경과 단절된 폐쇄적 공간임으로 피난을 하는데 있어 조명의 영향은 유도등 인지에 많은 영향을 미치는 것으로 판단하여 현장 실태조사 및 모의피난 실험을 실시하였다.

오륜석(2015)³⁾은 밝은 장소에서 연기가 발생하였을 때, 연기농도에 따라 피난구유도등의 인지 성능이 최대가 되는 표시면 색상을 제시하였다.

5) 김유식, 석동섭. 지능형 피난유도 시스템 개발에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 20(4), pp.131-134, 2006

6) 나옥정, 전규엽, 홍원화. 피난유도장치의 종류에 따른 피난유도성능 비교에 관한 연구. 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집, pp.249-252, 2007

7) 손종영, 이수호, 전규엽, 홍원화. 지하공간에서 배경휘도에 따른 유도등 인지 효과 분석. 대한건축학회 논문집 29(7), pp.281-288, 2013

서동구(2016)⁸⁾등 는 피험자가 피난유도설비의 위치를 파악하지 못하게 배치한 후, 피난 경로를 선택하도록 하는 피난유도설비 인지에 따른 경로선택 실험, 유도등 종류에 따른 인지측정실험, 그리고 피험자별 시야범위 측정실험을 통해 대공간 건축물에 피난유도설비 실효성 확인 및 피험자 시야범위에 대한 기초적 자료를 제공하였다.

위와 같이 유도등에 성능 및 시스템에서부터 법적 기준, 그리고 특정한 상황에서의 인지 여부를 통한 경로선택까지 다양한 방면에서 연구가 활발히 진행되어왔다.

그러나 유도등의 성능 및 재실자의 유도등 인지 여부에 관련된 선행연구는 많이 진행되고 있으나 유도등이 재실자에게 영향을 미치는 유효인지영역에 관한 연구는 아직 미흡하다.

따라서 본 논문에서는 주시각도별 인지거리 측정실험을 통해 유도등이 재실자에서 영향을 미치는 유효인지영역을 도출하여 유효인지성을 평가하고 이에 따라 새로운 유도등 설치기준을 제안하고자 한다.

8) 서동구, 황은경, 김종훈, 김운형, 대규모 전시공간에 있어서 피난유도설비 인지에 관한 실험적 연구. 한국방재학회 논문집, 16(6), pp.29-34, 2016

1.3.2. 국외 선행연구

Filippidis(2001,2006)⁹⁾¹⁰⁾는 실내 환경에서 표지판을 통해 피난 경로를 선택하는데 물리적 요인과 심리적 요인이 영향을 미치며, 유도등의 가시성을 결정하는 중요한 요소에는 간판의 위치, 간판의 크기, 내부 구성, 정보 품질, 조명 수준 (기호 및 환경 모두) 그리고 연기가 존재 여부, 환경 조건 (장애물 등)이 있다고 언급하였다. 그리고 물리적 요인과 심리적 요인 중 물리적 요인만을 도입한 가시성 확보 영역(Visibility Catchment Area, VCA)에 개념을 제시하였다. VCA는 buildingEXODUS에 도입된 빌딩의 거주자가 시각 신호를 볼 수 있는 물리적 범위로 VCA의 크기는 관련 법규 및 표준에서 표지판 가시성의 정의에 따라 계산되었다.

Xie(2007)¹¹⁾는 Filippidis가 제시한 VCA 이론과 실물실험에 결과를 비교 분석하였으며 추가적으로 NFPA와 BS 5499에서 제시하는 표지판 높이에 따른 최대시야거리를 비교하였다. 그 결과 VCA 이론과 유사하게 실물실험결과 역시 원형에 모양을 띠며 관찰 각도가 커짐에 따라 최대시야거리가 감소하는 최대가시영역을 도출하였다.

이처럼 국외에서는 표지판 가시성에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며 표지판에 가시성 즉, VCA을 피난 모델에 대입하여 건축물 내 재실자들의 피난 상황에서 출입구의 위치 및 피난 방향을 선택하는 데 영

9) L. Filippidis, E. R. Galea, S. Gwynne, P. J. Lawrence, Visibility catchment area of exits and signs. In: Conference Proceedings: Interflam 2001: 9th International Fire Science and Engineering Conference. Interscience Communications Ltd., Greenwich, London, UK, pp. 1529-1534, 2001

10) L. Filippidis. E. R. Galea, S. Gwynne, P. J. Lawrence, Representing the Influence of Signage on Evacuation Behavior within an Evacuation Model, 16(1), pp.37-73, 2006

11) H. Xie, L. Filippidis. S. Gwynne, E. R. Galea, D. Blackshields, P. J. Lawrence, Experimental Study and Theoretical Analysis of Signage Legibility Distances as a Function of Observation Angle, Pedestrian and Evacuation Dynamics 17(1):131-143, 2005

향을 미치고 있다.

따라서 본 논문에서는 VCA이론을 기반으로 한 Xie¹¹⁾의 실험을 참조하여 피난구유도등, 복도통로유도등, 거실통로유도등의 유효인지영역을 도출하여 유도등 유효인지성을 평가하고 유도등에 새로운 설치기준을 제시하고자 한다. 또한, 추가로 연기농도에 따른 유효인지영역의 변화를 비교 분석하였다.

여기서 사용되는 유효인지영역은 최대가시영역(VCA)과 유도등의 인지 여부를 판단하는 기준에 차이가 있다. 최대가시영역에 경우에는 인지 여부를 판단하기보다 유도등의 표시면의 지각 여부를 거리마다 질의응답을 통해서 측정하였다. 이는 ‘유도등 표시면이 다 보이는 사람’, ‘유도등 형태가 보이는 사람’ 등 보이는 기준은 사람마다 다를 수 있어서 인지 여부를 판단하기에는 부족하다. 반면 본 실험에서는 유도등에 표시면을 지각하고 생각을 통해서 행동하는 지점을 측정함으로써 표시면을 인지하였는지를 판단할 수 있다.

따라서 하나의 유도등이 재실자들에게 유효하게 영향을 미치는 영역, 유효인지영역이라는 개념을 사용하였다. 또한, 본 연구는 유도등에 유효 인지성을 평가하기 위한 연구로 주시각도의 변화에 따른 인지거리만을 분석하는 것에 초점을 두었다.

제 2 장. 인간의 인지·피난행동특성과 유도등 설치기준

2.1. 인간의 시각적 인지특성

2.1.1 주시 특성

시야란 우리가 어느 사물을 보았을 때 사물뿐만 아니라 환경까지 눈에 들어오게 되는데 이처럼 눈에 들어오는 모든 것을 시야라고 한다. 주로 시야는 원형의 모습을 띠지만 눈썹과 코 때문에 가려지는 부분이 있어 원형에서 약간 좁아진다. 따라서 <그림 2-1>과 같이 시야는 양쪽 눈으로 볼 수 있는 영역과 한쪽 눈만으로 보이는 영역으로 나뉘진다.¹²⁾

이러한 시야는 좌우를 볼 수 있는 수평 시야와 위아래를 볼 수 있는 수직 시야가 있다. 수평 시야는 한쪽 눈으로 볼 수 있는 시야가 156° 이며 양쪽 눈으로 볼 수 있는 시야는 124° 정도이며 수직 시야는 위로 55° 아래로 80° 정도이다. 시야는 기호, 색상, 문자 등 바라보는 사물이나 환경에 따라서 그 시야각은 조금씩 변화한다.¹³⁾¹⁴⁾

12) Edward T. Hall 저, 김광문 역, 보이지 않는 차원, 세진사, p. 100, 2001

13) 이해성, 시야 조건상으로 본 공간 넓이에 비례한 높이의 설정 방법, pp. 15, 1972

14) Stein. B. and J. S. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, Wiley, p.929, 1992

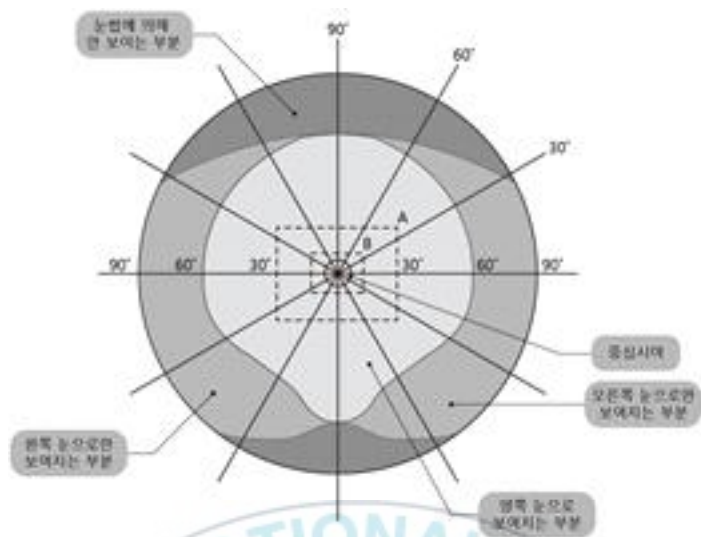


그림 2-1. 시야 범위

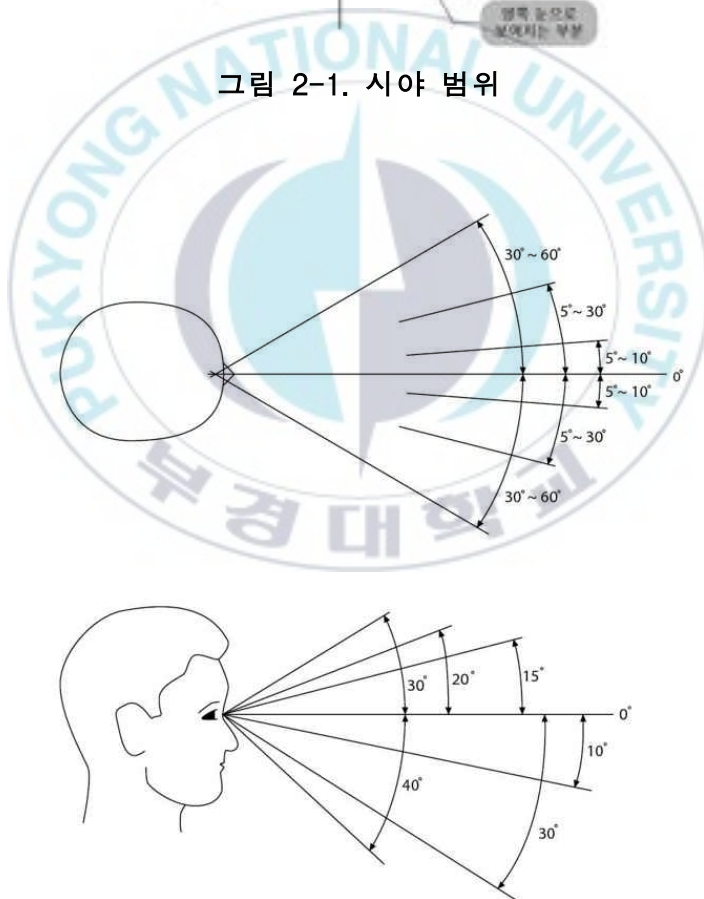


그림 2-2. 수평 수직 시야 범위

2.1.2. 인지의 개념과 의미

흔히 인지(Cognition)를 설명할 때는 지각(perception)과 함께 비교하며 설명을 하게 된다. 우리가 눈을 통해서 많은 것들을 보게 되는데 이때 눈에 들어오는 모든 것을 시야라고 한다면 우리는 이러한 시야들을 외부에서 들어오는 하나의 감각으로 두지 않고 자신에 경험이나 지식을 통해서 해석하거나 이해하려고 한다. 이 과정에 있어서 들어오는 감각에 의미를 부여하는 것을 지각이라고 한다. 인지는 들어온 감각을 논리적인 추론 또는 자신의 경험과 지식을 통해서 사고하는 것을 의미한다. 15)

건축물에 화재가 발생하였을 때 재실자들 비상구를 찾기 위해서 주변을 둘러보다 발광하는 유도등을 보았다면 이는 유도등을 지각한 것이다. 그러나 재실자가 유도등이 의미하는 바에 따라 이동하였다면 이는 유도등을 인지한 것이다. 여기서 재실자가 유도등을 인지한 경우 자신의 경험 또는 지식 그리고 본능을 통해서 유도등을 해석하여 행동에 임한 것이다.

15) 정원식, 인간의 인지, 교육과학사, p. 17, 2010

2.1.3. 색과 픽토그램의 인지 특성

유도등은 하얀 바탕에 녹색의 그림문자인 픽토그램으로 표시하여 의미를 전달하고 있다. 이런 의미를 잘 전달하고 이해하기 위해서는 픽토그램과 색의 인지 특성에 대해서 이해할 필요가 있다.

색은 중첩되는 물체 간의 경계를 결정하며 다양한 사물들 사이에서 물건을 찾아내는 기능인 지각적 분리 기능과 색을 보고 색이 가지고 있는 고유에 의미를 이해하고 반응하는 신호 기능으로 나누어진다. 이러한 기능들을 통해서 건축물의 많은 사물 중에 녹색의 유도등은 다른 사물들과 구분되어 지각되며 녹색 즉 안전한 구역으로 느끼게 된다.¹⁶⁾

픽토그램¹⁷⁾이란 사물에 형태를 묘사하여 표현하는 그림문자이다. 픽토그램의 인지적 특징으로 첫 번째, 문자와 함께 쓰여 이해도와 인지성을 증가시킨다. 문자와 함께 표현됨으로써 인종이나 언어에 구애받지 않고 정보를 전달할 수 있다. 둘째, 편견 없이 전달할 수 있다. 픽토그램의 이미지는 의미가 고정되어 있지 않기 때문에 보는 이로 하여금 다양한 해석이 가능하다. 셋째, 단순한 이미지이다. 픽토그램은 논리적으로 의미를 전달하기보다는 단순화된 특징을 강조하여 의미를 전달하는 것이다.

픽토그램의 인지적 특징을 고려해서 유도등은 단순한 이미지를 통해서 출입문의 위치 및 방향을 제시하고 있다. 하지만 픽토그램의 의미가 정형화되어 있지 않아 여러 가지 뜻으로 해석할 수 있어 장점이자 단점으로 여겨지고 있는 것도 사실이다. 따라서 유도등의 픽토그램에 관해서는 계속된 연구를 통해서 모두가 같은 의미로 해석할 수 있는 픽토그램을 개발해야 할 것으로 판단된다.

16) 박태욱, 공공환경에 있어서 조형요소의 시각적 인지특성에 관한 연구, 경희대학교 대학원 박사학위논문, 2012

17) 이원두, 효율적 정보전달을 위한 픽토그램 개발에 관한 연구 : 국내 음식점 외부 간판용 픽토그램 개발 사례를 중심으로, 한양대학교 대학원 석사학위논문, 2015

2.2. 연기 및 피난행동 특성

2.2.1. 연기의 정의 및 특성¹⁸⁾

(1) 연기의 정의와 특성

연기란 화재 시에 발생하는 열분해 물질 및 가연성가스, 연소 가스, 공기 등의 혼합 기체를 의미한다. 또한, NFPA 92A(2006)에서는 공중에 부유된 고체 및 액체 미립자와 어떤 물질이 열분해 또는 연소의 영향을 받을 때 발생하는 가스, 그 덩어리 속에 혼입되어 있거나 다른 방법으로 섞여 공기와 함께 구성된 연소 물질로 정의하고 있다.

연기는 독성가스와 고온에 노출되어 생명에 직접적인 위험을 주며 또한, 연기의 불명료도에 의한 가시도의 감소는 간접적인 위험이 될 수 있다. 우리의 눈은 물체 표면에서 반사되는 빛을 보는데 $0.3\ \mu\text{m}$ 이상의 입자를 가진 연기는 빛을 산란시켜 가시도를 저하시킨다. 이처럼 연기 입자의 성질 및 입자의 수, 크기에 따라서 빛의 소산 정도가 달라지며 소산 정도에 따라서 가시도에 영향을 미친다.

(2) 연기농도

연기의 위험성에 대한 설계 및 가시도는 연기농도에 좌우되며 시계를 감소시킬 정도의 연기농도는 재실자들의 피난을 방해하며 유독가스에 장시간 노출되며 생명을 위협하게 만든다. 연기농도는 연기 속에서의 투과량에 관한 광학적 농도인 감광 계수($1/\text{m}$)로 나타내며 연기농도(smoke concentration)의 의미로 C_s 라는 기호로 표현한다.

18) 이동명, '제연공학' pp.42-61, 2013, 성안당

Lambert-Beer의 법칙을 이용해서 C_s 를 정의할 수 있다.

$$C_s = \frac{1}{L} \log\left(\frac{I_0}{I_x}\right) \quad (\text{식 2-1})$$

여기서,

C_s = 감광계수(1/m)

I_0 = 연기가 없을 때 빛의 강도(lux)

I_x = 연기가 있을 때 빛의 강도(lux)

L = 빛이 통과하는 연기층의 두께(m)



<그림 2-12>과 같이 광원에서 내보낸 빛이 광전지까지 투과해 갈 때 빛의 강도를 측정함으로써 연기농도를 알 수 있다. 대기 중에 연기가 없을 때, 광원에서 보낸 빛의 강도와 광전지에서 수신한 빛의 강도가 같아지면서 $C_s=0$ 이 되며, 대기 중에 연기가 있을 때는 C_s 가 증가하게 된다.

(3) 연기밀도

연기밀도 역시 연기농도와 함께 가시도 저하에 영향을 줘 재실자의 피난을 방해하기 때문에 연기특성에 중요한 인자이다. 연기밀도에는 암흑도와 광학 밀도가 있다.

(가) 암흑도

암흑도는 연기에 의해 빛이 차단되는 정도를 나타내는 광선 차단성을 백분율로 나타낸 것을 의미한다.

$$S_x = 100(1 - \frac{I_x}{I_o}) \quad (\text{식 2-2})$$

여기서,

S_x = 암흑도(%)

I_o = 연기가 없을 때 빛의 강도(lux)

I_x = 연기가 있을 때 빛의 강도(lux)

(나) 광학 밀도

연기를 통과한 빛의 감소를 자연 대수 법칙에 따라 연기 속에 고체나 액체의 광학적인 밀도 $D_x(1/m)$ 를 나타낸 것이다.

$$D_x = \log(\frac{I_o}{I_x}) \quad (\text{식 2-3})$$

D_x = 광학밀도(1/m)

I_o = 연기가 없을 때 빛의 강도(lux)

I_x = 연기가 있을 때 빛의 강도(lux)

2.2.2. 가시거리별 피난행동특성

(1) 가시도

가시도란 흔히 물체를 인식할 수 있는 최대 한계 거리를 의미하며 연기의 특성, 주변 환경, 관찰자의 특성에 의존된다.

표 2-1. 가시도에 영향을 미치는 요인

가시도 요인	예시
연기의 특성	연기농도, 연기밀도, 연기의 색, 연기의 입자크기 등
주변 환경	목표물의 크기와 색, 목표물의 조도, 빛의 파장 등
관찰자의 특성	관찰자의 물리적 또는 정신적 상태, 개인의 명암순응 능력 등

화재 발생 시 재실자들은 유도등, 출입문, 창문 등을 통해서 피난을 시도하게 된다. 하지만 자욱한 연기는 피난의 큰 장애물이다. 따라서 우리는 건축물을 설계할 때 연기의 특성을 제어하고 주변 환경에 적합한 크기와 색, 조도를 설정하여 관찰자 모두가 피난할 수 있도록 가시도를 일정치 이상으로 유지되도록 해야 한다.

(2) 연기농도와 피난 한계

우리는 평소에 잘 알고 있는 건물 공간은 잘 알지 못하는 건물 공간보다 더 빠르게 피난 경로와 피난 방향을 선택하여 피난할 수 있지만, 연기 속에서는 두 경우 모두 어려워진다. 또 연기는 호흡에 지장을 줘서 생리적 영향과 심리적 불안을 일으킨다.

따라서 피난 한계가 되는 가시거리는 물리적인 연기농도에 따른 영향

뿐만 아니라 건물을 잘 알고 있는지와 같은 인적 요인도 포함된다.

하지만 인적 요인의 수준은 사람마다 달라서 정형화하기 어려우므로 피난 한계는 연기농도를 표현하는 감광계수(C_s)와 가시도의 관계를 통해 표현할 수 있다.

$$(a) \text{ 반사형 표시 및 문짝 : } L = \frac{2 \sim 4}{C_s} \text{ m} \quad (\text{식 2-4})$$

$$(b) \text{ 발광형 표시 및 주간의 창 : } L = \frac{5 \sim 10}{C_s} \text{ m} \quad (\text{식 2-5})$$

복도와 같은 피난로에서는 10 m의 가시도가 최소한 고려돼야 하며 초고층 건축물과 지하 공간에서는 출구를 쉽게 확인할 수 있도록 더 높은 기준의 가시도를 확보해야 한다. 神忠久¹⁹⁾는 감광계수와 가시거리가 <식 2-6>과 같이 일정하다는 관계를 통해서 가시거리에 따른 피난한계 상황을 <표 2-2>에 제시하였다.

$$C_s * L = \text{Constant} \quad (\text{식 2-6})$$

표 2-2. 감광계수에 따른 가시거리

감광계수(1/m)	가시거리(m)	상황
0.1	20-30	- 건물내부에 익숙치 못한 사람의 피난한계농도 - 연기감지기가 작동할 정도 농도
0.3	5	건물 내부에 익숙한 사람의 피난한계농도
0.5	3	어두침침함을 느낄 정도의 농도
1.0	1-2	거의 앞이 보이지 않을 정도의 농도
10	0.2-0.5	최성기 화재 때의 농도
30	-	화재실에서 연기가 분출할 때의 농도

19) 神忠久, 煙中の見透し距離について (I), 日本火災學會論文集, 1969

2.3. 유도등의 개요와 설치기준

2.3.1. 유도등 정의와 종류²⁰⁾

(1) 유도등의 정의

유도등이란 화재 시에 피난을 유도하기 위한 등으로서 정상상태에서는 상용전원에 따라 켜지고 상용전원이 정전되는 경우에는 비상전원으로 자동전환 되어 켜지는 등을 말하는 것으로 피난구의 위치 및 피난방향을 정확히 지시하는 것으로 화재 시 재실자의 신속한 피난유도를 목적으로 한다.

(2) 유도등의 종류

(가) 피난구유도등

피난구유도등이란 피난구 또는 피난 경로로 사용되는 출입구를 표시하여 피난을 유도하는 등을 말한다. 피난구유도등의 표시면은 녹색 바탕에 백색 문자로 사람이 뛰어가는 모습을 형상화한 픽토그램을 사용하고 있다. 픽토그램²¹⁾은 ‘그림문자’라고 하며, 사물이나 행위, 개념 등을 상징화된 그림문자로 나타내 그 의미 개념을 이해시키는 기호를 의미한다.

20) 소방청, 유도등 및 유도표지의 화재안전기준(NFSC303), 2017

21) 최준석. 또 하나의 언어, 픽토그램. 미술세계, 86-93, 2011



그림 2-4. 국내에서 사용되는 피난구유도등 제품의 종류

(나) 통로유도등

통로유도등이란 피난 통로가 되는 복도에 설치하는 통로 유도등으로서 피난구의 방향을 명시하는 것을 말한다. 통로유도등의 표시면은 백색 바탕에 녹색 문자로 화살표를 사용하고 있다. 통로유도등에는 피난 통로가 되는 복도에 설치하는 복도통로유도등, 거주, 집무, 작업, 집회, 오락 그 밖에 이와 유사한 목적을 위하여 사용되는 거실, 주차장 등 개방된 통로에 설치하는 거실통로유도등, 계단이나 경사로에 설치하는 계단통로유도등이 있다.



그림 2-5. 국내에서 사용되는 통로유도등 제품의 종류

(다) 객석유도등

객석유도등이란 객석의 통로, 바닥 또는 벽에 설치하는 유도등을 말한다.



그림 2-6. 국내에서 사용되는 객석통로유도등 제품의 종류

2.3.2 국내의 유도등 설치기준

(1) 국내 유도등 설치기준

(가) 유도등 설치기준

다음과 같이 현행 유도등 설치기준을 살펴보면 출입문 부근, 복도, 거실 등에 정형화된 위치와 유도등간에 보행거리로 설치하고 있으며, 유도등을 인지할 수 있는 주시각도, 인지거리에 관한 기준이 없다는 것을 알 수 있다.

표 2-3. 유도등 설치기준

종류	설치 위치
피난구유도등	① 피난구유도등은 다음 각호의 장소에 설치하여야 한다. 1. 옥내로부터 직접 지상으로 통하는 출입구 및 그 부속실의 출입구 2. 직통계단, 직통계단의 계단실 및 그 부속실의 출입구 3. 제1호 및 제2호에 따른 출입구에 이르는 복도 또는 통로로 통하는 출입구 4. 안전 구획 된 거실로 통하는 출입구 ② 피난구유도등은 피난구의 바닥으로부터 높이 1.5 m 이상으로서 출입구에 인접하도록 설치하여야 한다.
통로유도등	복도 복도통로유도등은 다음 각 목의 기준에 따라 설치할 것 가. 복도에 설치할 것 나. 구부러진 모퉁이 및 보행거리 20 m마다 설치할 것. 바닥으로부터 높이 1 m 이하의 위치에 설치할 것. 다만, 지하층 또는 무창층의 용도가 도매시장·소매시장·여객자동차터미널·지하역사 또는 지하상가인 경우에는 복도·통로 중앙부분의 바닥에 설치하여야 한다. 라. 바닥에 설치하는 통로유도등은 하중에 따라 파괴되지 아니하는 강도 의 것으로 할 것
	거실 거실통로유도등은 다음 각 목의 기준에 따라 설치할 것

		가. <u>거실의 통로에 설치할 것.</u> 다만, 거실의 통로가 벽체 등으로 구획된 경우에는 복도통로유도등을 설치하여야 한다. 나. <u>구부러진 모퉁이 및 보행거리 20 m마다 설치할 것.</u> 바닥으로부터 높이 1.5 m 이상의 위치에 설치할 것. 다만, 거실 통로에 기둥이 설치된 경우에는 기둥부분의 바닥으로부터 높이 1.5 m 이하의 위치에 설치할 수 있다
	계단	계단통로유도등은 다음 각 목의 기준에 따라 설치할 것 가. 각층의 경사로 참 또는 계단참마다(1개 층에 경사로 참 또는 계단참이 2 이상 있는 경우에는 2개의 계단참마다) 설치할 것 나. 바닥으로부터 높이 1 m 이하의 위치에 설치할 것
객석유도등		①객석유도등은 객석의 통로, 바닥 또는 에 설치하여야 한다. ② 객석내의 통로가 경사로 또는 수평로로 되어 있는 부분은 다음의 식에 따라 산출한 수(소수점 이하의 수는 1로 본다)의 유도등을 설치하여야 한다. 설치개수 = 객석의 통로의 직선부분의 길이(m)/4-1

(나) 특정소방대상물의 용도별 유도등

유도등의 적응성을 살펴보면 설치장소에 따라서 유도등에 크기만을 언급하고 있으며, 설치장소에 적합한 주시각도, 인지거리에 대한 기준은 없다.

표 2-4. 유도등 적응성

설치장소	유도등 종류
1. 공연장, 집회장(종교집회장 포함), 관람장, 운동시설	○ 대형피난구유도등 ○ 통로유도등 ○ 객석유도등
2. 유흥주점영업시설(『식품위생법 시행령』 제21조 제8호 ‘라’ 목의 유흥주점영업 중 손님이 춤을 출 수 있는 무대가 설치된 카바레, 나이트클럽 또는 그 밖에 이와 비슷한 영업시설만 해당한다).	○ 대형피난구유도등 ○ 통로유도등
3. 위락시설·판매시설·운수시설·『관광진흥법』 제3조 제1항 제2호에 따른 관광숙박시설·의료시설·장례식장·방송통신시설·전시장·지하상가·지하철역사	○ 대형피난구유도등 ○ 통로유도등
4. 숙박시설(제3호의 관광숙박업 외의 것을 말한다)·오피스텔	○ 중형피난구유도등 ○ 통로유도
5. 제1호부터 제3호까지 외의 건축물로서 지하 층·무창층 또는 11층 이상인 특정소방대상	
6. 제1호부터 제5호까지 외의 건축물로서 근린생활시설·노유자시설·업무시설·발전시설·종교시설(집회장 용도로 사용되는 부분 제외)·교육 연구시설·군사시설(국방·군사시설 제외)·기숙사·자동차정비공장·운전학원 및 정비 학원·다중이용업소·복합건축물·아파트	○ 소형 피 난 유 도 등 ○ 통로유도등
7. 그 밖의 것	○ 피 난 구 유 도 표 지 ○ 통로유도표지

(2) 유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준

서동구(2016)⁸⁾등의 연구는 피난유도설비의 크기가 증가할수록 인지도가 높아지며 손종영(2013)⁷⁾은 피난시에 주위의 높은 휘도는 유도등에 인지에 방해가 되므로 주위 휘도를 적절한 휘도로 규제할 필요가 있다고 언급하고 있다. 선행연구들 보면 알 수 있듯이 설치장소에 따라서 적합한 유도등의 크기와 휘도를 가지는 것은 중요하다.

유도등 형식승인 및 기술기준²²⁾ 제8조(표시면 및 조사면의 재질등)에 서는 유도등의 표시면은 쉽게 파손되거나 변형, 변질 또는 변색이 되지 않는 것으로 제작하며 종별(대형, 중형, 소형)에 따라서 가로 세로가 같은 정사각 형태의 유도등, 가로 세로가 다른 직사각 형태의 유도등으로 나누어서 표시면의 크기와 함께 조명의 밝기에 개념인 휘도 기준을 상용전원과 비상전원으로 구분하여 제시하고 있다.

표 2-5. 유도등의 표시면의 크기 및 평균휘도

종 별		1대1 표시면 (mm)	기타표시면		평균휘도(cd/m ²)	
			짧은변 (mm)	최소면적 (m ²)	상용점등시	비상점등시
피난구 유도등	대형	250이상	200이상	0.10	320이상 800미만	100이상
	중형	200이상	140이상	0.07	250이상 800미만	
	소형	100이상	110이상	0.036	150이상 800미만	
통로 유도등	대형	400이상	200이상	0.16	500이상 1000미만	150이상
	중형	200이상	110이상	0.036	350이상 1000미만	
	소형	130이상	85이상	0.022	300이상 1000미만	

22) 소방청, 유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준, 2018

제16조(식별도 및 시야각시험)에서는 ① 피난구유도등 및 거실통로유도등은 상용전원으로 등을 켜는 (평상사용 상태로 연결, 사용전압에 의하여 점등 후 주위조도를 10 lx에서 30 lx까지의 범위 내로 한다. 이하 이 조에서 같다) 경우에는 직선거리 30 m의 위치에서, 비상전원으로 등을 켜는 (비상전원에 의하여 유효 점등시간 동안 등을 켜 후 주위조도를 0 lx에서 1 lx까지의 범위 내로 한다. 이하 이 조에서 같다) 경우에는 직선거리 20 m의 위치에서 각기 보통시력(시력 1.0에서 1.2의 범위 내를 말한다.)으로 피난유도표시에 대한 식별이 가능하여야 한다.

② 복도통로유도등에 있어서 사용 전원으로 등을 켜면 직선거리 20 m의 위치에서, 비상전원으로 등을 켜면 직선거리 15 m의 위치에서 보통시력에 의하여 표시면의 화살표가 쉽게 식별되어야 한다.

③ 피난구유도등은 눈높이로부터 30 cm 위치에 설치하고 유도등 바로 밑으로부터 수평거리는 1 m 이상(표시면 긴 변의 길이 4배 이상으로 하고 이 거리가 1 m 미만이면 1 m로 한다) 떨어진 위치(그림에서 표시하는 위치)에서 제1항의 주위조도 및 시력 범위와 동일한 조건으로 확인하여 쉽게 식별되어야 한다.

통로유도등은 표시면 옆 방향에서도 볼 수 있도록 표시면을 외함으로부터 10 mm 이상 도출함으로 따로 시야각시험은 수행하지 않는다.

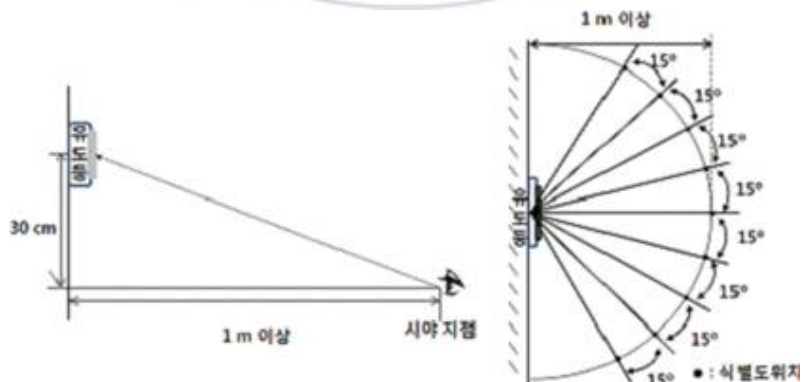


그림 2-7. 유도등의 형식승인 및 기술기준상에 나타나있는 시야각시험

(3) 국외 유도등 설치기준

(가) KS S ISO

국제적으로 계속해서 증가하는 무역, 여행 그리고 인력의 이동으로 인해 다양한 문화를 가진 사람들이 함께 모여 살아가고 있다. 이로 인해 안전정보전달을 모두가 이해할 수 있는 표준화된 의사전달방법으로 수립할 필요성이 증가하였다.

따라서 사고 예방, 화재 방지 및 비상 대피 시 안전과 건강에 영향을 주는 대상과 환경에 대하여 빠른 주의를 끌고 특정한 메시지를 빠르게 전달하기 위해서 안전표지의 식별색과 도안 원칙을 제정하였다.²³⁾²⁴⁾

표 2-6. 안전유도표지와 관련된 원칙

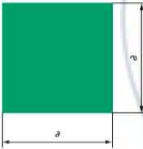
기하학적 형태	의미	안전색	대비색	그림 표지의 색
 정사각형	안전 조건	초록	하양	하양

표 2-7. 화살표의 형태 및 사용

형태	모양	화살 머리 각도	의미
유형 D		84~86°	사람들의 이동

23) 한국표준협회, 그래픽 심볼-안전색 및 안전 표지-제1부: 안전표지 및 안전 표시의 도안 원칙(KS S ISO 3864-1), 2016

24) 한국표준협회, 그래픽 심볼-안전색 및 안전 표지-제3부: 안전표지용 그래픽 심볼 디자인 원칙(KS S ISO 3864-3), 2017

위와 같은 시각 디자인과 도안 원칙을 통해서 사용환경, 배치, 설치와 유지보수 등에 대한 정보를 제공하는 안전유도시스템(Safety way guidance systems)을 만들 수 있다.²⁵⁾

◎ 안전유도시스템(SWGS)은 다음 요소를 고려하여야 한다.

- 피난 통로를 사용할 예상 인원수
- 빌딩에 거주하고 있는 사람들의 인구학적 특성
- 거주 지역에서 수행되는 활동 유형
- 피난 시작 전 예상 지연 시간
- 빌딩의 유형, 크기, 사용자(이용자)와 위치
- 피난 통로의 복잡성과 층수와 방향 변화의 혼동 가능성
- 당면하게 될 특정 위험
- 피난 통로의 사용이 필요한 특정 위험조건
- 평면 계획과 같은 현 비상 피난 통로의 특징
- 확산된 또는 증화된 연기의 존재, 지진, 장애물 또는 특정 불뼌
조건 존재 등과 같은 특정 위험조건 아래에서 피난을 돕기 위
한 SWGS 구성요소의 가능한 결합

◎ 안전유도시스템(SWGS) 디자인의 기본 원칙

○ 일반사항

- 연속성: 거주 구역 내로부터 대피구역까지 중단되지 않게 배치되
어야 한다.

25) 한국표준협회, 그래픽 심볼-조사방법-제2부:인지성 조사방법(KS S ISO 9186-2), 2014

－시각적 강화: 안전표지와 방향지시기는 정보의 일관성과 연속성을 충분히 제공하는 간격에 위치하여야 한다.

－위치: 낮은 위치는 30 m 이내의 거리에서 볼 수 있는 안내선과 관찰 거리가 5 m 이하인 방향지시기의 주된 위치이다. 높은 위치의 안전 표시와 방향지시기는 약 10~30 m의 중장거리 관찰 거리에서 시각적 강화를 보장하고 피난 통로 방향이 변하는 것이나 피난 통로의 중간과 최종 목적지를 나타내도록 해야 하며, 피난 통로를 따라서 모든 비상 출입구와 최종 출구에 설치되어야 한다.

－결정 지점에서의 혼돈 회피: 거주자에게 피난 시 불확실성과 혼돈을 초래할 수 있는 대안 통로를 제공하는 것을 피해야 한다.

－막다른 곳 및 방향이 바뀌는 곳: 막다른 지역에서는 거주자가 막다른 지역을 피하여 피난 통로 쪽으로 진행하도록 방향 표시의 횟수를 늘려야 한다.

○ 여러 가지 시각 구성요소를 사용한 배치 원칙

－피난 통로 표시: 높은 위치의 출구 표시는 인접한 지역 내의 거주자에게 피난 통로의 위치를 지시할 뿐만 아니라 다음 출구, 비상 출구, 안전 지역 또는 대피 지역으로의 방향을 지시하기 위하여 비상시에 사용하는 모든 출구와 피난 통로를 따라 필요한 곳에 제공되어야 한다. 관찰 거리 내에서 비상 출구 표시를 직접 볼 수 없는 경우 비상 출구로의 진행을 보조하기 위해서 일련의 출구 방향 표시를 제공하여야 한다. 중간 위치의 피난 통로 표시의 경우, 표시들 사이의 최대간격은 10 m이다.

－비상 출입구의 표시: 피난 통로 상에 있는 비상 출입구와 최종 비상 출입구는 표시하여야 한다

(나) NFPA 101

NFPA 101²⁶⁾ 인명안전기준에서는 피난 방향에서 보았을 때 채실자의 눈에 잘 띄는 곳에 유도등을 설치하도록 제시하고 있으며 국내와는 다르게 유도등의 크기, 색상, 디자인을 사용하여 건축물의 구조와 특성에 맞게 다양한 유도등을 사용하고 있다. 특히 유도등에 문자를 사용해서 유도등 표시면의 이해성을 증가시키고 있다.



그림 2-8. 국외에서 사용되는 다양한 유도등의 종류

26) United States Legal Document, NFPA(National Fire Protection Association) 101 Life Safety Code, 2006

2.3.3. 국내외 화재사례를 통한 유도등의 연구 중요성

(1) 몽블랑 터널 화재²⁷⁾

1999년 몽블랑 터널에서 발생한 화재는 약 53분 만에 진압되었지만 총 68명의 사상자가 발생한 화재사고이다. 터널의 특성상 화재로 인해 발생한 연기는 순식간에 터널 내부를 가득 채웠으며 이로 인해서 사상자에 대부분이 연기로 인한 질식사라 원인이 되었다. 프랑스에서 발표한 공식 보고서에 따르면 부실한 배기 시스템과 함께 충분하지 못한 탈출 경로를 원인으로 지적되었다.

이후에 터널 화재의 위험성을 인지한 많은 연구자는 터널 화재의 특징과 연기 유동 및 피난 행동에 관해서 연구를 시행하였다.

Miho Seike²⁸⁾는 연기가 채워진 터널에서 피난 속도를 측정하였으며 Enrico Ronchi²⁹⁾는 터널에서 화재 발생 시 연기 속에서 인간의 피난 행동과 다양한 유도사인의 인지성에 대한 연구를 실시하였다.

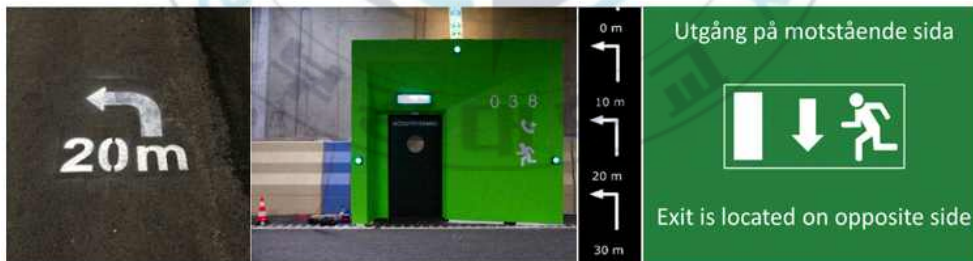


그림 2-9. Enrico Ronchi 실험에서 사용된 유도등과 유도표지 및 벽면 픽토그램

27) 이인근. 몽블랑 터널 화재에 대한 공식보고서 발간. 대한토목학회지, 47(9), pp.78-79. 1999

28) Miho Seike, Evacuation speed in full-scale darkened tunnel filled with smoke, Fire Safety Journal, Volume 91, pp.901-907, 2017

29) E. Ronchi, A tunnel evacuation experiment on movement speed and exit choice in smoke, Fire Safety Journal, Volume 97, pp.126-136, 2017

(2) 대구 지하철 화재³⁰⁾

2003년 대구 도시철도 1호선 중앙로역에서 방화로 인해 2개 편성 12량의 전동차가 모두 전소되었으며 193명의 사망자와 151명의 부상자를 낸 화재 참이다. 열차에서 지상까지는 건강안 성인남성 기준으로 약 3분 정도 소요되는 거리였지만 기관사의 적절치 못한 대응과 함께 순식간에 퍼진 연기는 지하 특성상 피난 방향과 같은 방향으로 퍼져나가면서 많은 사상자가 발생하였다.

홍원화(2005)³¹⁾는 생존자들을 대상으로 유도등의 인지 여부 및 생존에서 가장 큰 도움을 준 방법이 무엇인가 설문하였다. 그 결과 ‘빛’은 생존자들에서 피난 상황에 있어서 굉장히 중요한 요인이었다는 것을 알 수 있었다. 따라서 피난설비 중에서 빛을 사용하는 유도등은 피난 시에 굉장히 중요한 역할을 할 것으로 생각한다. 하지만 실상은 87%가 유도등을 인지하지 못했다. 이는 유도등의 설계나 픽토그램 또는 성능에 대해서 의심하고 연구의 필요성을 제시하고 있다.

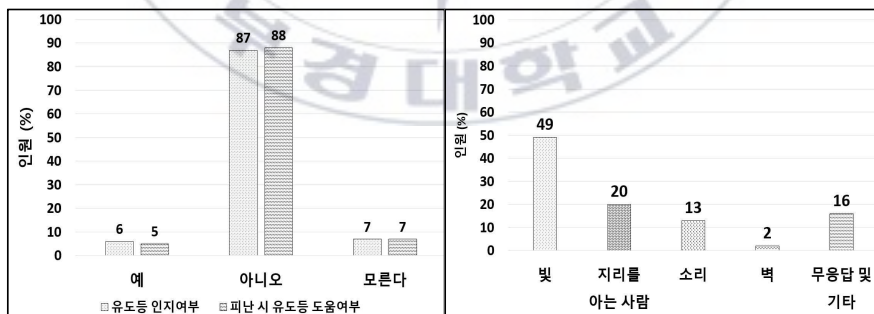


그림 2-10. 유도등의 인지
여부와 도움 여부

그림 2-11. 생존자에게 가장
큰 도움을 준 방법

30) 홍원화, 전규엽, “대구지하철화재 생존자 행동패턴과 피난로 설계시 적용방법 연구”, 화재소방학회 학술대회 논문집, pp.367-373, 2003

31) 홍원화, 전규엽, “대구지하철 화재시 피난자 행동유형 분석을 통한 지하공간 안전피난대책에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, pp.235-242, 2005

(3) 부산 서면 노래주점 화재³²⁾

2012년 서면 노래주점에서 전선에서 발생한 화재로 인하여 1시간 만에 약 9명의 사망자를 낸 화재사고이다. 화재는 관계자에 의해서 빠르게 인지되어 화재를 진압하려는 시도가 있었지만 많은 연소물에 의해서 진압에 실패하였다. 여기서 인명피해가 컸던 이유는 노래주점에 특성상 화재 발생 여부를 인지하는데 어려움이 컸으며 또한 불법적으로 개조된 내부는 복잡한 미로의 형태를 띠면서 피난하는데 어려움 요인으로 미쳤다.

이후 화재 발생 시 음향기기에 전원이 자동으로 꺼지면서 화재 상황을 인지하는 방법과 함께 피난안내도에 관한 연구도 활발히 이루어졌다.

김중하(2014)³³⁾는 피난안내도에 관한 국내외 법과 지침을 조사하고, 피난안내도의 문제점을 검토하여 표준화할 필요성을 제시하였으며 최준호(2017)³⁴⁾는 Eye-tracker를 이용하여 영화관에서 상영중인 대피안내영상의 주시특성에 대해서 연구하였다.



그림 2-12. 서면 노래주점 화재 현장 상황도

32) 김학찬, “불난 방문 여는 순간 ‘역류현상(backdraft)’에 불길 이 확”, 조선일보, 2012.05

2.3.4. 유도등의 가시성 확보영역(VCA) 이론적 분석³⁵⁾

정면에서는 최대가시거리에서 유도등을 볼 수 있지만, 유도등의 측면에서는 유도등을 보는것은 거의 불가능하다. 그에 따라 정면과 측면 사이 임의의 주시각도에서는 최대가시거리와 0 사이에 상응하는 가시거리를 가질 것으로 판단된다.

이에 Filippidis(2001,2006)⁹⁾는 두께가 없는 유도등을 해석하는 데는 관찰자와 유도등의 각도분리의 영향을 받는다고 제안하였다. 각도분리는 <그림 2-13>에서 관찰자가 유도등을 바라볼 때 관찰자와 유도등의 양 끝점 사이에 각도(ϕ)를 의미하며 유도등의 크기(l), 유도등의 중심에서 관찰자까지의 거리(d), 관측 각도(θ)에 따라 달라진다.

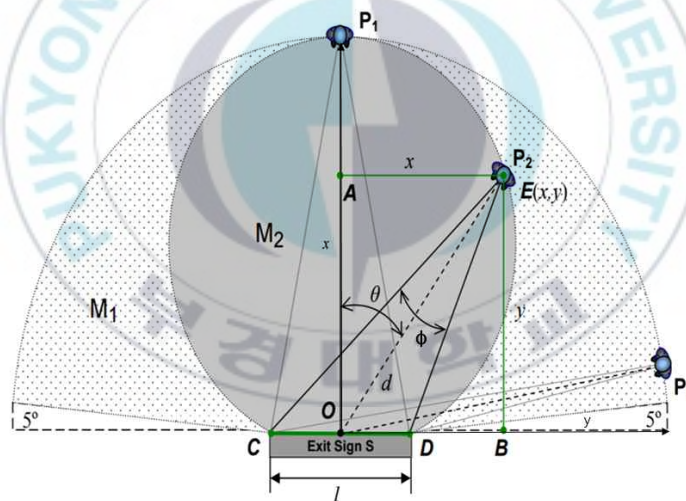


그림 2-13. 현행 가시영역(M1)과 이론을 통해 정의된 가시영역(M2)

-
- 33) 김종하, 고권현, 김상희. 다중이용업소 피난안내도 작성 가이드라인 수립을 위한 기초연구. 대한건축학회 논문집 - 계획계, 30(5), 65-76, 2014
- 34) 국민안전처, 피난심리를 기반으로 한 피난 시설 및 설계요소 최적화 개선연구 보고서, 2017
- 35) H. Xie, L. Filippidis, S. Gwynne, E. R. Galea, D. Blackshields and P. J. Lawrence, Signage Legibility Distances as a Function of Observation Angle, Journal of Fire Protection Engineering 17(1), pp.41-64, 2007

관찰자가 유도등의 중심으로부터 고정된 거리에서 일정한 크기의 유도등을 응시하는 경우, 관찰 각(θ)이 증가함에 따라 최대 관찰 각에 도달할 때까지 각도분리(ϕ)가 감소한다. 최대 관찰 각에서의 각도분리를 우리는 최소각도분리($\phi_{\min}$)라고 하며 유도등을 인지하기 위해서는 각도분리(ϕ)가 최소각도분리($\phi_{\min}$)보다 항상 크거나 같아야 한다. 따라서 일정한 크기의 유도등에 대해서 최소각도분리($\phi_{\min}$) 이상을 유지하기 위해서는 관측 각이 증가함에 따라 최대가시거리가 감소해야 한다.

위에서 사항들을 고려하여 유도등이 구역 내 특정 위치에서 볼 수 있는지를 판별하는 효율적인 방법은 각도와 최대가시거리로 형성되는 영역을 결정하는 것이다. 따라서 Filippidis는 다음과 같은 관계식을 도출하였다.

<그림 2-13>에 양 끝점이 $C(-\frac{l}{2}, 0)$, $D(\frac{l}{2}, 0)$, 중심이 $O(0, 0)$ 유도등이 있다. 관찰자는 임의에 점 $E(x, y)$ 에 위치 해있으며 관찰자와 유도등 사이 거리는 $\overline{OE}$ 로 <식 2-7>과 같다. 따라서 $\overline{DE}$ 는 <식 2-8>, $\overline{CE}$ 는 <식 2-9>로 정의된다.

$$(y_0 - y_1) = m(x_0 - x_1) \quad (\text{식 2-7})$$

$$m_1 = -y / (\frac{l}{2} - x) \quad (\text{식 2-8})$$

$$m_2 = y / (\frac{l}{2} + x) \quad (\text{식 2-9})$$

삼각함수 공식에 따라서 정리하면,

$$\tan(\phi) = \frac{m_1 - m_2}{1 + m_1 m_2} \quad (\text{식 2-10})$$

$$\tan(\phi) = \left(-\frac{y}{(l/2)-x}\right) - \left(\frac{y}{(l/2)+x}\right) / \left(1 + \left(-\frac{y}{(l/2)-x}\right)\left(\frac{y}{(l/2)+x}\right)\right)$$

$$= -\frac{yl}{(l/2)^2 - x^2 - y^2}$$

(식 2-11)

양변에 $\frac{(l/2)^2}{\tan^2(\phi)}$ 더하면,

$$(l/2)^2 + \frac{(l/2)^2}{\tan^2(\phi)} = x^2 + y^2 - 2\frac{y \cdot (l/2)}{\tan(\phi)} + \frac{(l/2)^2}{\tan^2(\phi)} \quad (\text{식 2-12})$$

양변을 간단히 정리하면 다음과 같이 정리된다.

$$\left(\frac{(l/2)}{\sin(\phi)}\right)^2 = x^2 + \left(y - \frac{(l/2)}{\tan(\phi)}\right)^2 \quad (\text{식 2-13})$$

원점 $(0, \frac{(l/2)}{\tan(\phi)})$ 이며 반지름 $r = \frac{(l/2)}{\sin(\phi)}$ 인 원의 관계식으로 정리된다.

이 원<그림 2-13> M_2 은 일정한 최소각도분리($\phi_{\min}$)을 가정하여 유도 등의 크기(1)에 따른 가시성확보영역(VCA)을 정의하였다. 또한, 이 관계식에서는 수직 성분(문자 높이)을 분해하는 능력은 수평 성분(문자 폭)을 분해하는 능력과 동등하다고 가정하였다.

따라서 이론적 관계식을 통해 유도등을 해석하는데 일정한 각도분리(ϕ)에서 각도(θ)가 증가함에 따라 최대가시거리가 감소한다는 것을 밝혔으며 또한 그 형태는 반원형이 아닌 원형의 형태를 띤다는 것을 알 수 있다.

제 3 장. 유도등 주시각도별 인지거리 측정실험

3.1. 실험 시나리오와 개요

유도등은 정확한 정보를 피난자에게 제공해야만 한다. 하지만 현행 화재안전기준에는 유도등에 인지거리 및 인지각도에 관한 규정이 없이 보행거리 및 형식승인기준에 따라 유도등 간에 보행거리로 설치되고 있다. 이러한 기준은 유도등을 다양한 위치, 다양한 각도로 바라봐야 하는 피난 과정에 있어서 인지하는 데 어려움이 있다. 또한, 현행 설치기준에는 연기농도에 따른 유도등의 인지 변화에 대해서는 언급하고 있지 않다. 유도등은 화재 전에 피난구의 위치를 알려주는 역할도 있지만, 그보다 중요한 역할은 화재 시에 피난구의 위치를 알려주는 것이다. 따라서 본 실험은 피난구유도등, 복도, 거실통로유도등의 주시각도별 인지거리를 측정하여 유도등이 정보를 제공할 수 있는 영역 즉, 유효인지영역을 도출하여 유효인지성을 평가하는 것뿐만 아니라 연기농도에 따른 유효인지영역을 변화를 비교하는 것을 목표로 한다.

3.1.1. 실험 시나리오 설계

국내 건축물에서 많이 사용되고 있는 유도등은 피난구유도등, 복도통로유도등, 거실통로유도등으로 총 3가지가 있다. 따라서 본 실험에서는 유도등에 규격, 유도등 설치 높이를 알아보기 위한 것이 아니라 유도등 하나가 정보를 제공할 수 있는 영역을 알아보기 위한 실험이므로 가장

많이 쓰이고 있는 3가지 유도등의 현 설치기준 및 형식승인기준에 따라 설치한 후 실험하였다.



그림 3-1. 실험에서 사용된 유도등의 종류

표 3-1. 유도등 설치 위치

	설치기준	설치 위치
피난구유도등	1.5 m 이상	바닥으로부터 2 m
복도통로유도등	1 m 이하	바닥으로부터 0.5 m
거실통로유도등	1.5 m 이상	바닥으로부터 2.3 m

실험의 편의성을 위해서 3가지의 유도등을 모두 설치하였으나, 실험에 서는 사용하지 않는 유도등은 가림막을 통해서 채실자의 실험에 영향을 미치지 않도록 했다.



그림 3-2. 실험을 위해 제작·설치한 유도등 세트 전경

실험은 유도등의 종류에 따라 분류하였으며 추가로 화재 시 발생하는 연기에 가장 영향을 많이 받는 거실통로유도등을 연기농도에 따른 유효 인지영역의 변화를 알아보기 위해서 사용하는 PVC 비닐의 개수에 따라서 D, E CASE로 분류하였다. 유도등 설치 후 실험참가자가 회전하면서 다양한 각도에서 유도등을 보는 방법이 가장 좋지만, 공간이 한정되어

있어 본 실험에서는 실험참가자와 유도등 간의 주시각도를 15, 30, 45, 60, 75, 90°로 분류해서 회전하며 인지거리를 측정하였다. 0° 경우에는 측면이기 때문에 인지거리가 0 m라고 가정하고 실험에서 제외했다.

표 3-2. 실험 분류

CASE	A	B	C	D	E
종류	피난구 유도등	복도통로 유도등	거실통로 유도등	거실통로유도등 + PVC 1장	거실통로유도등 + PVC 2장
주시 각도 (°)	15°	15°	15°	15°	15°
	30°	30°	30°	30°	30°
	45°	45°	45°	45°	45°
	60°	60°	60°	60°	60°
	75°	75°	75°	75°	75°
	90°	90°	90°	90°	90°

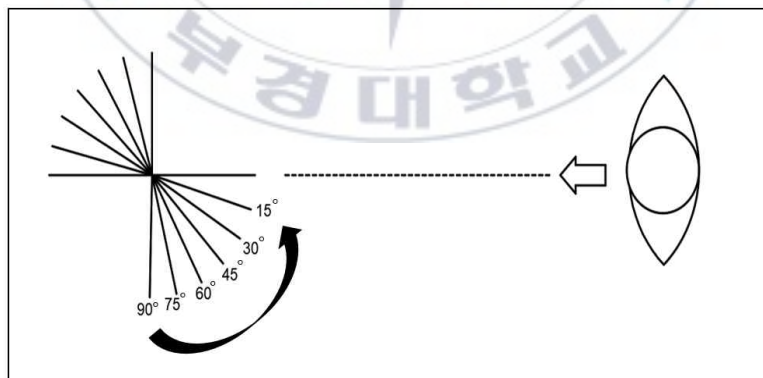


그림 3-3. 실험참가자와 유도등 사이의 주시각도 변화 조건

표 3-3. 주시각도별 유도등의 모습

15°	30°	45°
		
60°	75°	90°
		



3.1.2. 실험 절차 및 방법

실물실험은 다수가 자주 출입하는 소방시설법령상의 교육·연구시설에서 시행하였다. 모든 참가자는 유도등을 보지 못하도록 하였으며, 실험 후에도 다른 참가자에게 정보를 전달하는 것을 차단하기 위해 대기원과 실험참가자의 접촉을 차단한 상태에서 실험을 진행하였다.

① 실험참가자 모집

본 실험은 유도등 표시면을 인지하는 거리 측정실험이므로 시력에 따라 영향을 받을 수 있지만, 실제 피난이 필요한 순간에는 시력이 좋은 사람부터 나쁜 사람까지 다양하므로 따로 시력을 제한하지 않고 모집하였다.

② 실험 접수

실험참가자들의 신원을 확인한 후, 개인정보 제공 동의서를 작성하고 실험방법 숙지시켰다.



그림 3-4. 실험 참가자 접수 및 실험방법

③ 실험 진행

실험참가자는 30 m 떨어진 지점에서 설치된 유도등을 향해 걸어가다 유도등이 의미하는 바를 인지하고 그에 따른 적합한 행동을 취하도록 하였다. 그 행동이 행동지시사항과 일치할 때 인지하였다고 인정하고 유도등으로부터 실험참가자까지에 거리를 측정하였다. 이와 같은 방식으로 여러 주시각도에서 실험을 진행하였다.

1) 설치되어진 유도등을 향해 걸어가다, 유도등이 나타내는 행동지시사항을 정확히 인지하고 그에 따른 적합한 행동을 할 수 있을 때 멈춰서 그 행동을 합니다.

* 유도등의 행동지시사항 다음과 같습니다.

○ 왼쪽 화살표 -> 왼팔 옆으로 뻗기	○ 사람 모형 -> 만세
○ 오른쪽 화살표 -> 오른팔 옆으로 뻗기	○ exit -> 팔로 x(엑스표) 만들기

<예시>



왼팔위로->오른팔 밑으로



왼팔뻗고->오른팔뻗고



엑스x



왼팔 뻗기



왼팔뻗기->만세



만세



오른팔 뻗기

2) 행동이 정답일 시 멈춘 위치에서 거리 측정. 오답일 시 실험을 계속 진행합니다.
 3) 위와 같은 7가지에 유도등 중 무작위로 총 6번의 실험을 진행하게 됩니다.

<주의사항>

- * 유도등의 행동지시사항과 다르게 행동하는 경우에는 불이익을 받을 수 있으니 예상하거나 임의로 선택하지 말고 정확히 인지되는 곳에서 행동해주기 바랍니다.
- * 직선으로 걸어가며 고개 역시 직선을 유지해주시기 바랍니다.
- * 유도등은 다양한 각도 및 높이에 설치되어 있으니 유의하시기 바랍니다.

그림 3-5. 실험에서 사용된 안내문

④ 시력 측정

시력 측정을 통해 실험 참가자들의 특성을 파악



그림 3-6. 실물실험 모습

3.1.3. 연기발생 상황을 묘사하기 위한 불투명 안대 제작

본 실험에서는 유도등 종류별 유효인지영역을 도출하는 것과 더불어 피난 시 주요고려사항인 연기농도에 따른 유효인지영역의 변화를 분석하고자 한다. 따라서 실험대상지에 연기를 발생시켜 연기농도에 따라 구분하여 실험을 진행하는 것이 가장 좋은 방법이다. 하지만 실상 실험대상지의 규모가 크며 복도를 중심으로 양옆으로 거실이 있어 일정한 연기농도를 유지하는 데 큰 어려움이 따른다. 또한, 참가자가 참여하는 실험이므로 안전상의 문제가 있어 연기를 직접 발생시키지 못하였다.

따라서 연기농도를 일정하게 유지하기 위한 대안을 생각하다 연기 발생으로 인해 가장 크게 영향을 미치는 것은 투과율 감소이며, 투과율 감소는 최대가시거리에 영향을 미친다는 것을 알았다. 그러므로 실험에서는 전규엽, 홍원화가 2009년에 발명한 화재 피난실험 시 화재 피난 환경모사를 위한 불투명 안대³⁶⁾를 참고하여 불투명 안대를 제작하여 투과율을 일정치 이상으로 낮춰 화재 상황을 묘사하였다. 비록 안대 사용은 연기로 인한 호흡에 어려움, 심리적인 영향은 고려할 수 없지만, 일정한 투과율을 통해서 최대가시거리에 변화를 분석할 수 있으며 또한, 실험조건을 일정하게 유지할 수 있다.

전규엽, 홍원화의 불투명 안대는 비닐 소재의 빛의 차폐 효과를 이용한 것으로 투과율이 높을수록 차폐 효과가 작으며, 투과율이 낮을수록 차폐 효과가 큰 것을 의미한다. 이것은 연기 발생 시 부유물들로 인해 빛을 차단하여 투과율이 낮아지는 현상과 유사하다.

따라서 본 실험은 오륜석³⁾의 연구와 같이 교육시설 복도로 적외선이나 자외선보다는 가시광선 영역에서 실험이 진행되기 때문에

36) 전규엽, 홍원화, 화재 피난실험시의 화재피난환경 모사를 위한 불투명 안대, 공개번호 10-2009-0101781, 2009

300nm-800nm의 파장 영역에서 PVC 비닐의 평균 투과율을 측정하였다.

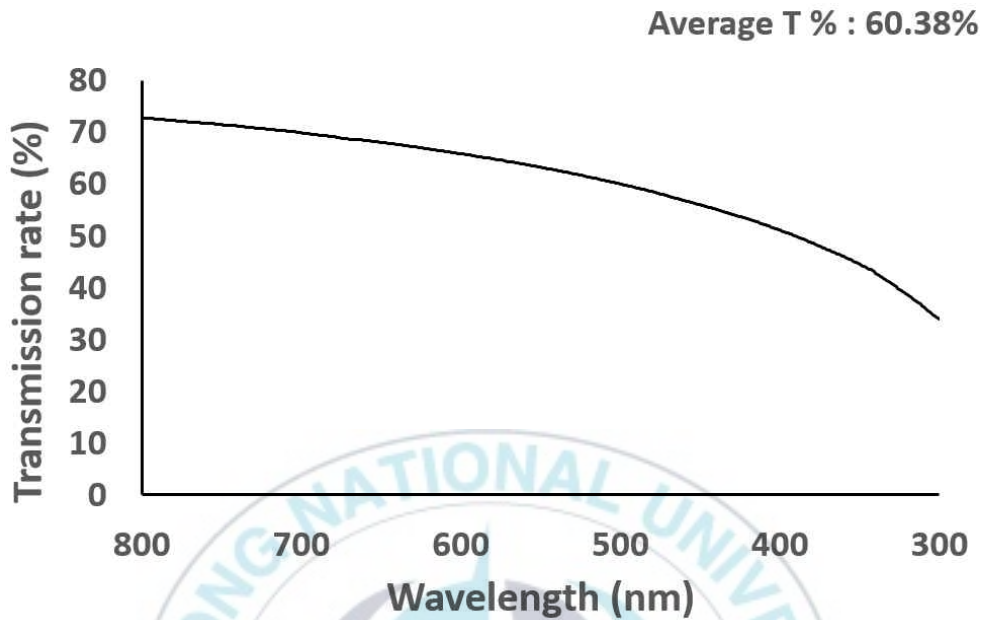


그림 3-7. CASE D에 사용되는 PVC 비닐 1장의 투과율

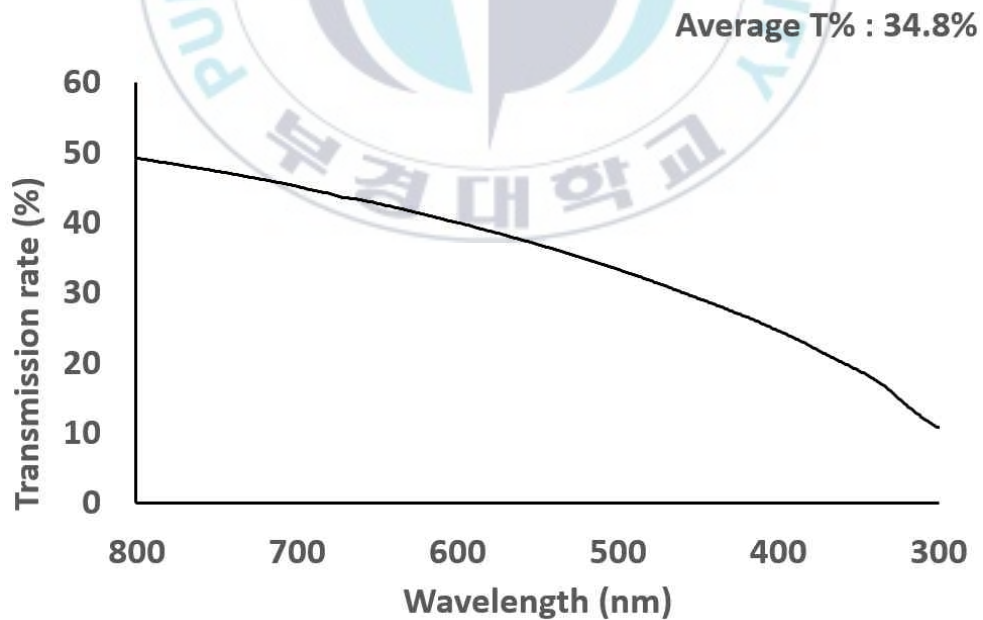


그림 3-8. CASE E에 사용되는 PVC 비닐 2장의 투과율

투과율 측정 결과 PVC 비닐을 1장 사용했을 때는 평균 투과율이 60.38%, 2장 34.8%로 나왔다. 따라서 앞서 실험 분류에서 CASE D는 평균투과율이 60.38%인 PVC 비닐 1장을 사용한 안대를 착용 후 실험하며, CASE E는 평균투과율이 34.8%인 PVC 비닐 2장을 겹쳐서 만든 안대를 착용 후 실험에 임한다.

표 3-4. 실험 분류별 투과율

CASE	PVC(장)	투과율(%)
CASE D 거실통로유도등 + PVC 1장	1장	60.38
CASE E 거실통로유도등 + PVC 2장	2장	34.8



그림 3-9. 실험에 사용한 불투명 안대



그림 3-10. 좌 PVC 1장 우 PVC 2장 시야 환경

비록 Lambert-Beer 법칙에 근거하여 연기농도와 투과율의 관계를 통해서 연기상황을 묘사하여 실험을 진행하였지만, 실제 연기 발생 시 언제, 어느 시점에 이 정도의 투과율을 가지는가에 대한 데이터가 부족하여 실제 연기상황과는 차이가 있을 수 있다. 따라서 본 실험 연기상황 시 가장 피난에 영향을 많이 미치는 투과율로 연기상황을 묘사하였다.

3.2. 실험대상지의 개요와 참가자 특성

3.2.1. 실험대상지 개요

실물실험에서 실험대상지를 선택하는 데 있어 중요한 조건들은 ‘그 장소가 얼마나 대표성을 가지는가?’, 그리고 ‘실험조건들을 통제할 수 있는가?’ 이다. 이 조건들을 고려한 결과 P 대학의 어느 건물 내 복도가 적합한 조건을 갖추고 있었다. P 대학의 어느 건물 내 복도는 교육 연구시설로써 복도를 기준으로 양옆에 거실이 있는 구조이며, 서편 복도 끝에 큰 창문이 하나뿐이어서 암막을 통해서 시간에 따른 조도 변화를 제어할 수 있다. 또한, 많은 학생이 이용하며 법적 기준을 모두 만족하여 실험대상지로 선정하였다.

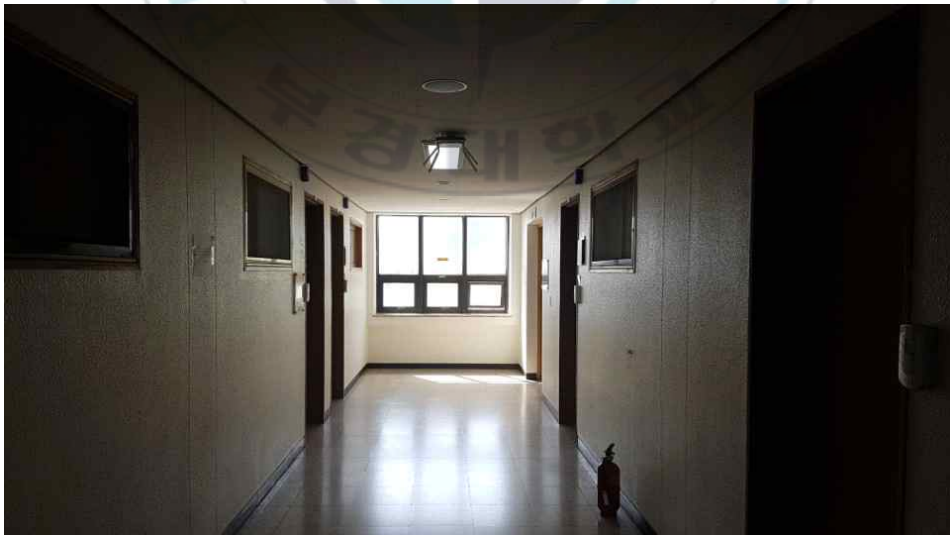


그림 3-11. 복도에서 비상구를 바라본 모습

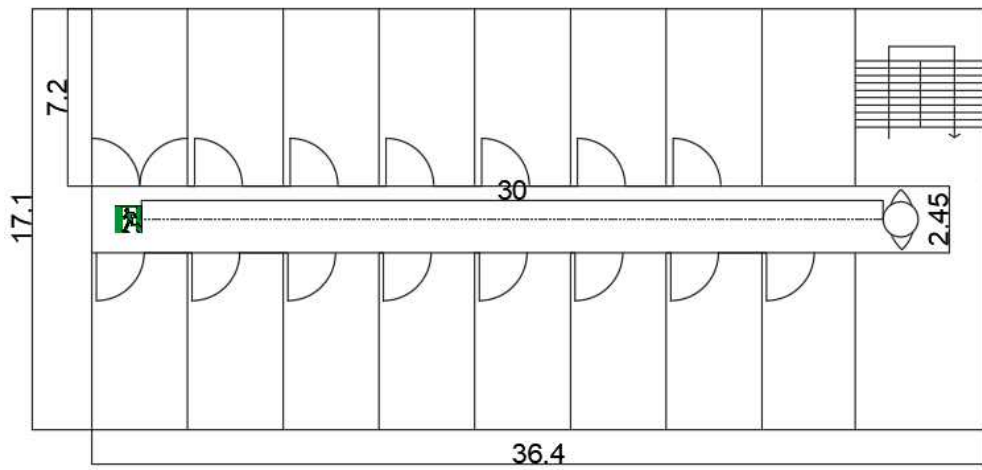


그림 3-12. 실험대상지 평면도(m)



3.2.2. 실험환경동기화를 위한 조도측정

총 4일동안 실험을 진행하였으므로 실험환경에 일정하게 유지하기 위해서 빛의 밝기를 측정하는 TES 1332A 조도계를 사용하였으며 KS C 7612: 1987(조도측정법)³⁷⁾에 의거하여 측정하였다.

조도측정법은 다음과 같다.

(1) 조도 측정점의 결정 방법

조도 측정에서 조도 측정면의 높이는, 특별한 지정이 없는 경우는, 마루위 80 ± 5 cm, 거실의 경우는 바닥위 40 ± 5 cm, 복도, 옥외인 경우는 마루면 또는 지면위 15 cm 이하로 한다. 다만, 실내에 책상, 작업대 등의 작업 대상면이 있을 경우는, 그 윗면 또는 윗면에서 5 cm 이내의 가상면으로 한다.

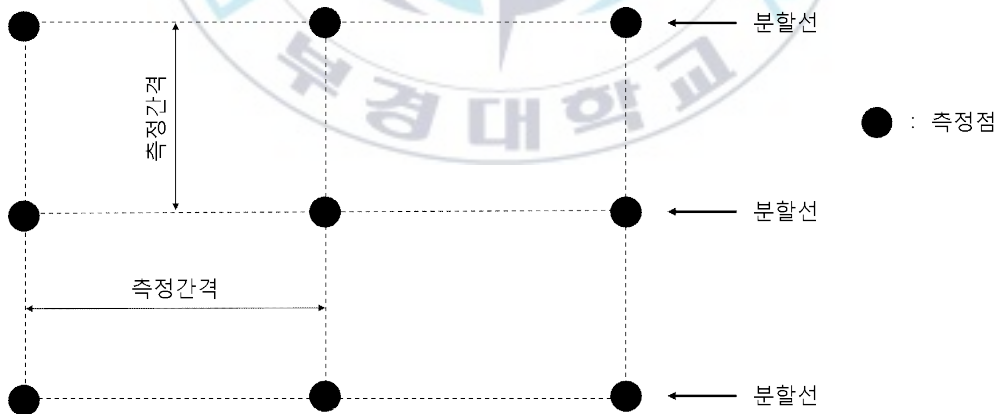


그림 3-13. 조도측정점의 결정 방법

37) KS C 7612 : 조도 측정 방법, 1987

측정점의 위치는 지정이 있을 경우에는 그것에 따른다. 지정이 없는 경우에는 조명 시설의 사용 목적에 따라 당사자간에서 측정 영역을 정하고, 정한 영역에 구석 구석까지 측정점을 배치하도록 결정한다. 측정점의 배치는 원칙적으로 측정 영역을 동등한 크기의 면적으로 분할하여 그림 1 과 같이 분할선 교점에 1 점씩 전체에서 10~50 점이 되도록 결정한다. 조도 측정 위치는, 조명 기구의 배광과 부착높이를 고려하여 조도 변화가 큰 방향이나 장소는 조도 측정 간격을 작게, 조도 변화가 작은 방향이나 장소에서는 조도 측정의 간격을 크게 정한다.

(2) 평균 조도의 산출법

단위 구역이 다수 연속하는 경우는 <그림 3-9>과 같이 각 지점을 모퉁이점, 변점, 내점으로 분류하여 평균 조도를 계산하여야 한다.



$$E = \frac{1}{4MN} \left(\sum E_{\square} + 2 \sum E_{\Delta} + 4 \sum E_{\circ} \right)$$

그림 3-14. 다수의 단위구역이 연속할 때 평균조도의 산출법

(3) 실험장소의 평균 조도 산출

평균 조도 산출법에 따라서 실험장소를 총 30개 점을 결정하여 측정하였다. 본 실험은 총 4일에 걸쳐서 실험하였으므로 동 시간대에 조도를 측정하였다.

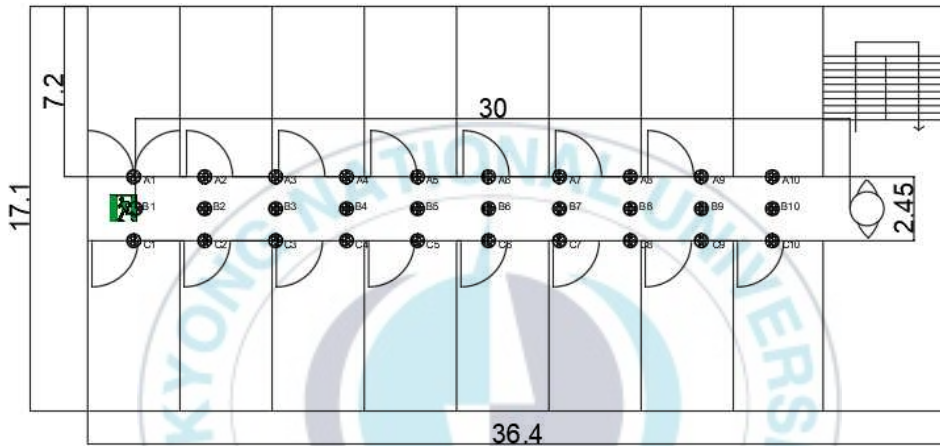


그림 3-15. 조도 측정 위치

일자	조도 측정값(lux)									
1일차	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
	250	173	29	93	137	38	204	70	171	136
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
	280	138	48	158	191	47	255	59	222	85
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
2일차	235	108	46	99	152	74	152	61	152	82
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
	199	94	39	118	143	75	174	74	130	100
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
	222	136	40	165	181	84	226	73	220	101
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	272	163	29	105	161	76	207	69	172	97

3일차	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
	194	163	42	122	142	67	217	76	193	94
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
	239	124	40	161	179	85	273	79	237	103
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
4일차	181	65	23	121	156	90	198	78	91	91
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
	242	175	36	88	166	34	156	84	170	132
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
	256	120	48	151	188	60	268	84	251	130
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	200	115	30	106	152	82	121	47	201	77

표 3-5. 일차·위치별 조도측정값

1일차

$$E = \frac{1}{(4 \times 2 \times 9) \times (703.5 + 4137.2 + 4475.6)} = 129.39lux \quad (\text{식 3-2})$$

2일차

$$E = \frac{1}{(4 \times 2 \times 9) \times (668.6 + 4304 + 4500)} = 131.56lux \quad (\text{식 3-3})$$

3일차

$$E = \frac{1}{(4 \times 2 \times 9) \times (560 + 4373.2 + 4712)} = 133.96lux \quad (\text{식 3-4})$$

4일차

$$E = \frac{1}{(4 \times 2 \times 9) \times (651 + 4098 + 4680)} = 130.96lux \quad (\text{식 3-5})$$

실험 4일간 기상이 좋지 않아 암막을 통해서 햇빛을 차단하였음에도
방마다 재실자에 유무에 따라서 창을 통해 빛이 새어 나와 차이가 발생
하였으나 전체 복도에 미치는 영향은 없어 유사한 조도가 측정되었으며
4일간의 평균 조도를 통해서 실험장소의 조도를 측정한 결과 131.47 lux
로 측정되었다.

3.2.3. 참가자 특성과 분포

본 실험은 유도등 표시면을 인지하는 거리측정 실험이므로 시력과 나이, 신장에 따라 영향을 받을 수 있지만, 실제 피난이 필요한 순간에는 시력이 좋은 사람부터 나쁜 사람, 남녀노소 상관없이 모두가 유도등을 인지하고 피난할 수 있어야 한다. 따라서 본 실험에서는 보행에 불편한 사람을 제외하고 따로 참가자 모집에 조건을 두지 않았다.

표 3-6. 실험 참가자 특성

		총원	남성	여성
인원		120	70	50
평균 나이	평균	24	24	23
	표준 편차	2.15	1.94	1.98
	최대	29	29	29
	최소	20	20	20
평균 시력	평균	좌 1.12	좌 1.17	좌 0.74
		우 1.15	우 1.69	우 1.08
	표준 편차	0.37	0.35	0.39
		0.35	0.36	0.37
	최대	좌 1.5	좌 1.5	좌 1.5
		우 1.5	우 1.5	우 1.5
	최소	좌 0.6	좌 0.5	좌 0.6
		우 0.2	우 0.5	우 0.2

제 4 장. 유도등 종류 연기농도별 유효인지영역 도출 및 가시성 확보영역 비교 분석

4.1. 유도등 종류별 유효인지영역 도출 및 분석

4.1.1. 피난구유도등 유효인지영역 도출 및 분석

(1) 피난구유도등 주시각도별 인지거리 측정

먼저 많이 쓰이고 있는 피난구유도등을 주시각도(x축)에 따라 인지거리(y축)를 측정하였으며 이를 분산형 그래프로 도식하였다.

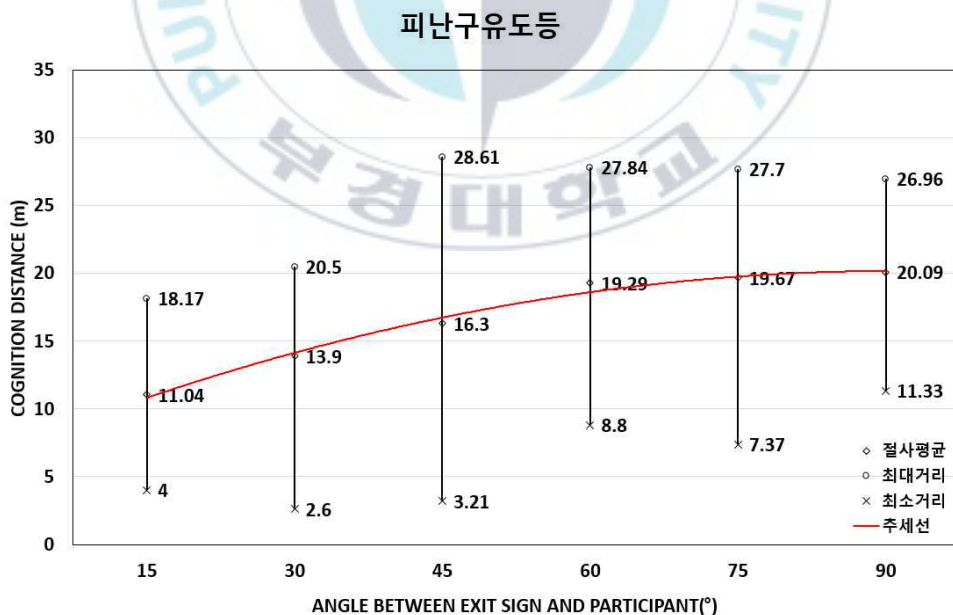


그림 4-1. 주시각도에 따른 피난구유도등 최대인지거리

그래프를 분석해보면 이상값이 존재함에 따라 실험결과의 오류를 제거하기 위하여 최대, 최소값을 제외하는 절사평균을 사용하여 표준편차와 함께 피난구유도등의 인지거리를 주시각도별 분석하였다.

표 4-1. 피난구유도등 주시각도별 평균인지거리(m)

	90°	75°	60°	45°	30°	15°
10% 절사평균 (m)	20.09	19.67	19.29	16.30	13.90	11.04
표준편차 (m)	4.34	5.79	5.22	6.76	4.68	4.17

앞서 2장에서 말한 가시성확보영역이론과 같이 유도등과 실험참가자 사이에 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리가 짧아지는 경향을 보였으며, 90°에서 60°까지는 큰 차이를 보이지 않으나 45°부터 차이를 보이며 15°에서는 약 9 m 차이가 발생했다.

(2) 피난구유도등 유효인지영역 도출 및 분석

본 실험에서 평균값을 통해서 주시각도별 최대인지거리에 변화를 분석하기에는 표본 수가 적으면 편차가 커서 어려움이 있다. 따라서 주시각도에 따라서 최대인지거리 변화를 한눈에 볼 수 있으며, 유효가시역역을 표현할 수 있는 추세선(y =인지거리, x =주시각도)을 도출하였다.

$$y = -0.0016x^2 + 0.2882x + 6.8136 \quad (\text{식 4-1})$$

그리고 <그림 4-2>와 같이 주시각도에 따른 최대인지거리 변화를 보기 좋게 유도등 중심으로 유효인지영역을 도식화하였다.

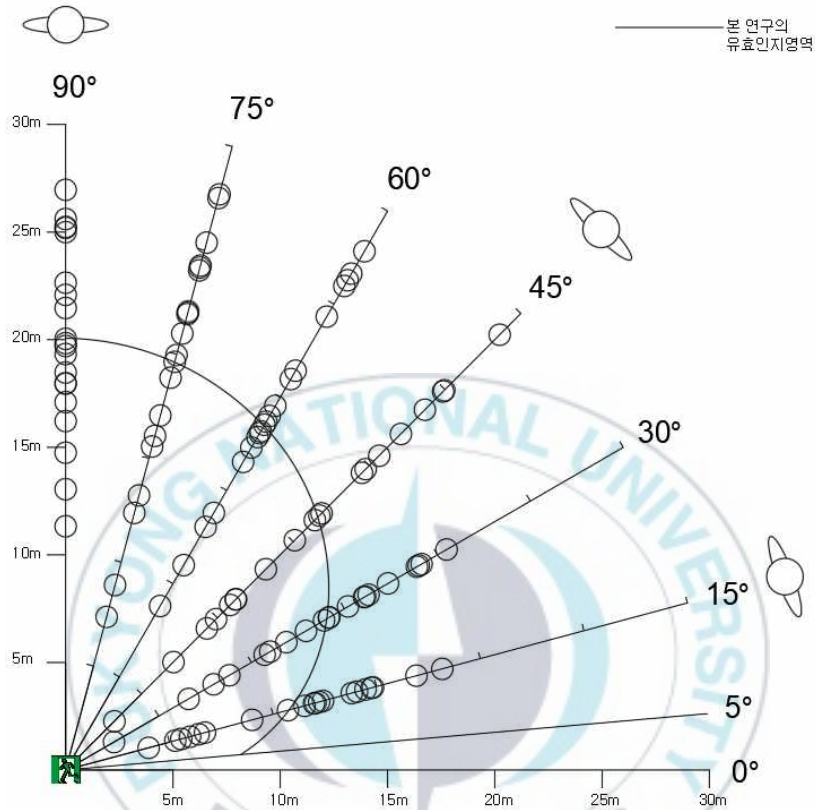


그림 4-2. 피난구유도등 유효인지영역

추세선을 통해서 유효인지영역을 도출한 결과 주시각도가 줄어듦에 따라 인지거리가 짧아지는 형태를 나타냈다. 여기서 0~5°는 유도등의 표시면을 인지할 수 없다고 생각하여 인지거리를 0으로 하였다.

<표 4-2>는 유도등을 정면에서 보는 90°를 기준으로 주시각도별 최대 인지거리 차이를 분석했다. 15°에서는 90°와 비교하면 인지거리가 9.29 m 줄었으며 이는 약 45% 감소하였다.

표 4-2. 피난구유도등 주시각도별 최대인지거리 비교

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
인지거리(m)	19.79	19.42	18.36	16.54	14.02	10.78
인지거리차(m)	-	-0.37	-1.44	-3.25	-5.77	-9.01
인지거리차이(%)	-	-0.18	-7.28	-16.42	-29.16	-45.53

※주시각이 90°일 때 인지거리를 기준으로 상호 비교한 값



4.1.2. 복도통로유도등 유효인지영역 도출 및 분석

(1) 복도통로유도등 주시각도별 인지거리 측정

통로유도등 중에 복도에서 사용하는 복도통로유도등을 주시각도에 따라 인지거리를 측정하여 분산형 그래프로 도식화하였다.

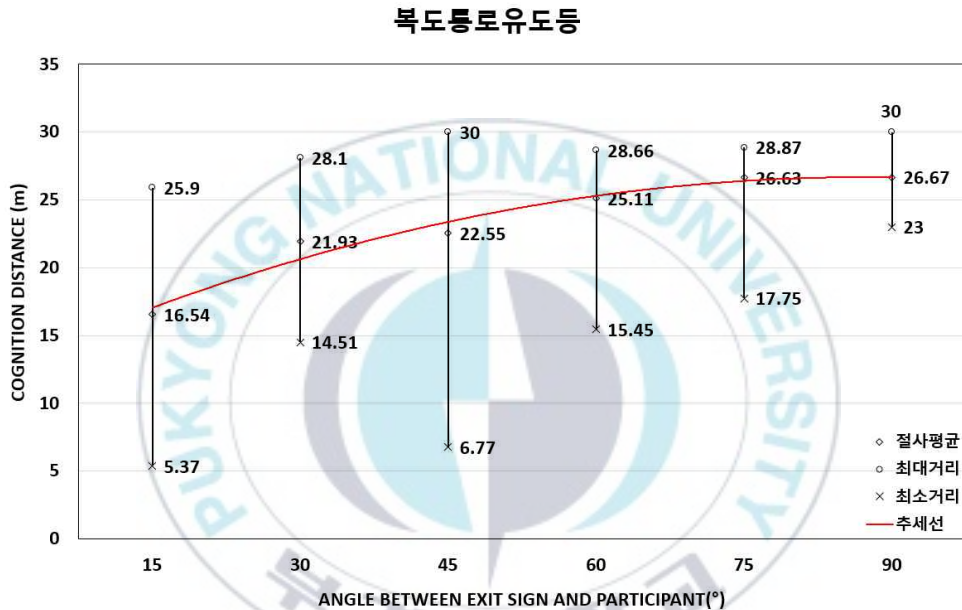


그림 4-3. 주시각도에 따른 복도통로유도등 최대인지거리

표 4-3. 복도통로유도등 주시각도별 평균인지거리(m)

	90°	75°	60°	45°	30°	15°
10% 절사평균 (m)	26.67	26.63	25.11	22.55	21.93	16.54
표준편차 (m)	2.12	3.24	3.81	6.19	4.38	6.27

복도통로유도등의 주시각도별 인지거리를 분석한 결과 피난구유도등과 같이 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리가 짧아지는 경향을 보였으며 90°에서 60°까지는 큰 차이를 보이지 않으며 30°부터 차이를 보이며 15°에서는 약 10 m 차이가 발생했다.

(2) 피난구유도등 유효인지영역 도출 및 분석

복도통로유도등 역시 주시각도에 따라서 최대인지거리 변화를 한눈에 볼 수 있으며, 유효인지영역을 표현할 수 있는 추세선을 도출하여 보기 쉽게 유도등 중심으로 주시각도에 따른 유효인지영역으로 도식화했다.

$$y = -0.0016x^2 + 0.2927x + 13.081 \quad (\text{식 4-2})$$

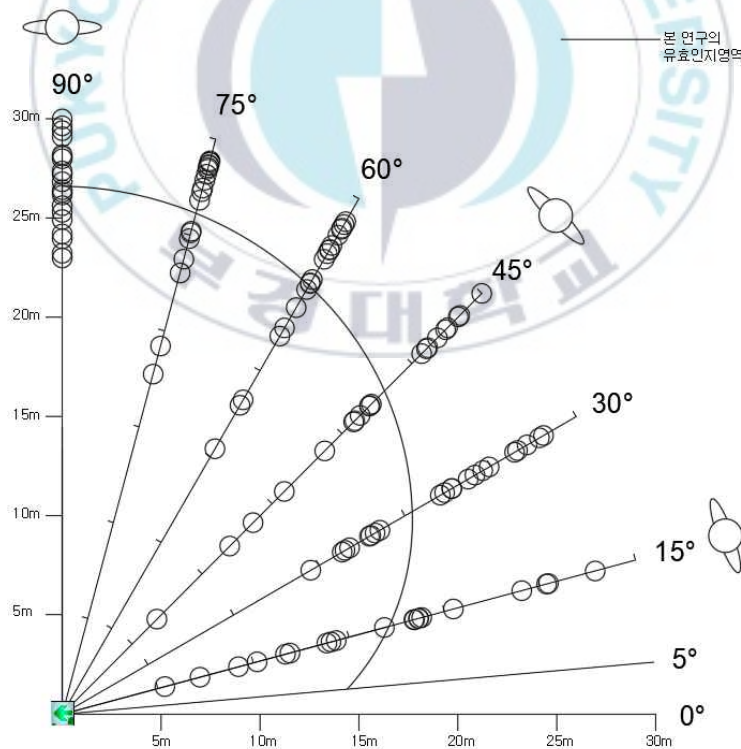


그림 4-4. 복도통로유도등 유효인지영역

추세선을 통해서 유효인지영역을 도출한 결과 주시각도가 줄어들에 따라 인지거리가 짧아지면서 반원에 가까운 형태를 나타냈다. <표 4-4>는 유도등을 정면에서 보는 90°를 기준으로 주시각도별 최대인지거리 차이를 분석했다. 15°에서는 90°와 비교해서 인지거리가 9.5 m 줄었으며 이는 약 36% 감소하였다.

표 4-4. 복도통로유도등 주시각도별 최대인지거리 비교

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
인지거리(m)	26.46	26.03	24.88	23.01	20.42	17.11
인지거리 차이(m)	-	-0.43	-1.58	-3.45	-6.04	-9.35
인지거리 차이(%)	-	-1.63	-5.97	-13.04	-22.83	-35.34

※주시각이 90°일 때 인지거리를 기준으로 상호 비교한 값

4.1.3. 거실통로유도등 유효인지영역 도출 및 분석

(1) 거실통로유도등 주시각도별 인지거리 측정

통로유도등 중에 거실에서 사용하는 거실통로유도등을 주시각도에 따라 인지거리를 측정하여 분산형 그래프로 도식화하였다.

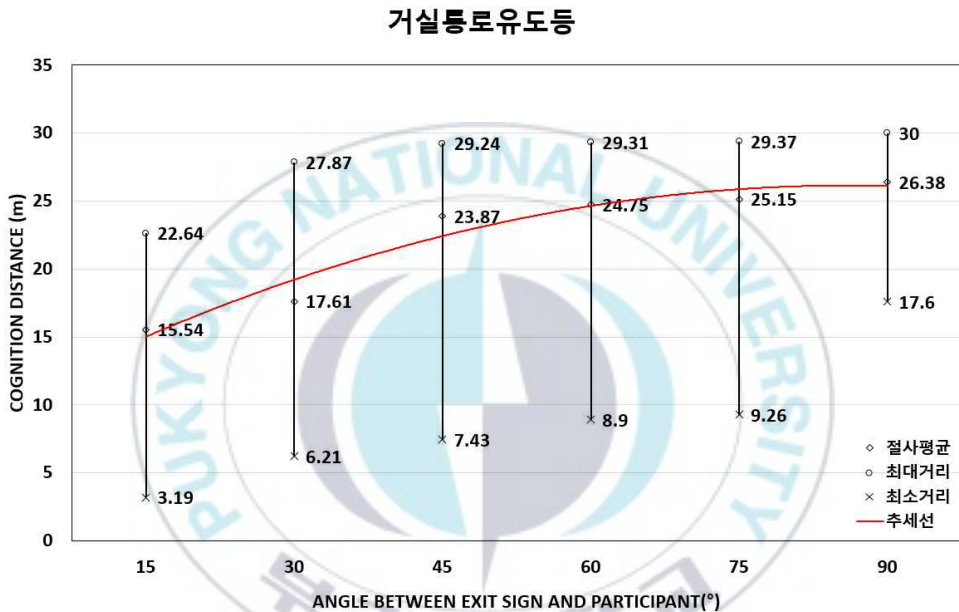


그림 4-5. 주시각도에 따른 거실통로유도등 최대인지거리

표 4-5. 거실통로유도등 주시각도별 평균인지거리(m)

	90°	75°	60°	45°	30°	15°
10% 절사평균 (m)	26.68	25.15	24.75	23.87	17.61	15.54
표준편차 (m)	3.65	4.84	6.03	5.97	6.57	5.61

거실통로유도등의 주시각도별 인지거리를 분석한 결과 복도통로유도등과 같이 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리가 짧아지는 경향을 보였으며 90°에서 45°까지는 큰 차이를 보이지 않으며 30°부터 차이를 보이며 15°에서는 약 11 m 차이가 발생했다.

(2) 피난구유도등 유효인지영역 도출 및 분석

복도통로유도등 역시 주시각도에 따라서 최대인지거리 변화를 한눈에 볼 수 있으며, 유효인지영역을 표현할 수 있는 추세선을 도출하여 보기 쉽게 유도등 중심으로 주시각도에 따른 유효인지영역으로 도식화했다.

$$y = -0.0019x^2 + 0.3459x + 10.167 \quad (\text{식 4-3})$$

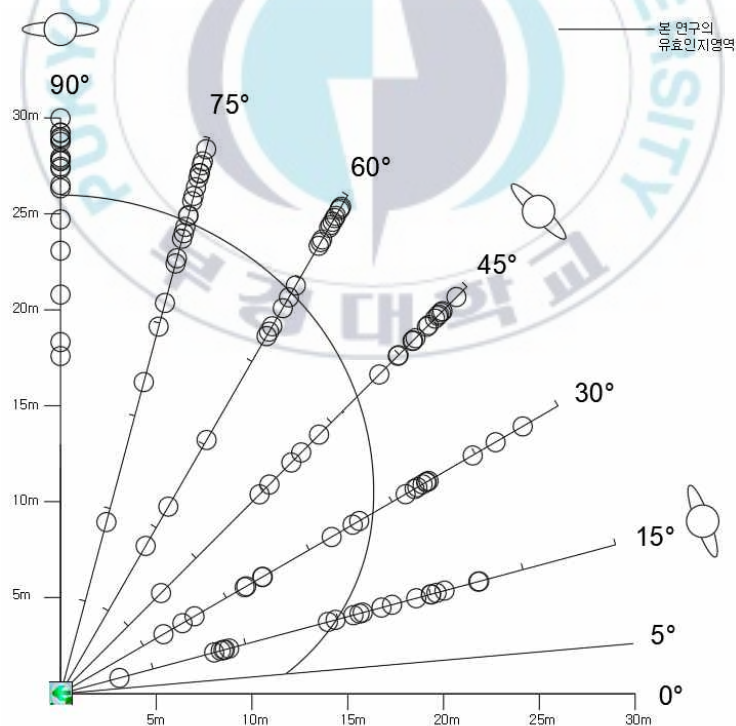


그림 4-6. 거실통로유도등 유효인지영역

추세선을 통해서 유효인지영역을 도출한 결과 주시각도가 줄어들에 따라 인지거리가 짧아지면서 반원의 형태를 나타냈다. <표 4-6>은 유도등을 정면에서 보는 90°를 기준으로 주시각도별 최대인지거리 차이를 분석했다. 15°에서는 90°와 비교해서 인지거리가 11.07 m 줄었으며 이는 약 43% 감소하였다.

표 4-6. 거실통로유도등 주시각도별 최대인지거리 비교

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
인지거리 (m)	26	25.49	24.12	21.91	18.84	14.93
인지거리 차이(m)	-	-0.49	-1.83	-4.02	-7.08	-10.98
인지거리 차이(%)	-	-1.89	-7.06	-15.52	-27.33	-42.38

※주시각이 90°일 때 인지거리를 기준으로 상호 비교한 값

4.2. 유효인지영역과 가시성확보영역(VCA) 비교 분석

Filippidis의 연구에 따르면 가시성확보영역이론에서 유도등을 보기 위해서는 각도분리(ϕ)가 최소각도분리($\phi_{\min}$)보다 항상 크거나 같아야 하며 일정한 크기의 유도등에 대해서 최소각도분리($\phi_{\min}$) 이상을 유지하기 위해서는 가시거리가 감소하게 되면서 완벽한 원의 형태를 띤다고 언급하고 있다.

따라서 본 연구는 Filippidis의 VCA영역을 서로 비교하기 위해서 최대 인지거리를 20.07 m로 같다고 가정하고 최소각도분리를 구해 가시성확보영역을 다음과 같이 도출하였다.

$$\left(\frac{l/2}{\sin(\phi)}\right)^2 = x^2 + \left(y - \frac{l/2}{\tan(\phi)}\right)^2 \quad (\text{식 4-4})$$

L은 유도등 표시면의 폭으로써 실험에서는 표시면의 폭이 130 mm인 소형유도등을 사용하였으며 ϕ 은 20.07 m 지점에서 최소각도분리를 측정한 결과 3.7° 가 나왔다. L과 ϕ 를 대입하면 원점(0, 10.05)이며 반지름 $r=10.07$ 인 원의 관계식으로 정리된다.

$$(10.07)^2 = x^2 + (y - 10.05)^2 \cdots \cdots \text{<피난구유도등>} \quad (\text{식 4-5})$$

다음과 같은 방법으로 복도통로유도등은 26.61 m, 거실통로유도등은 26 m 지점에서 최소각도분리를 구해서 관계식을 정리하였다.

$$(10.07)^2 = x^2 + (y - 10.05)^2 \cdots \cdots \text{〈피난구유도등〉} \quad (\text{식 4-5})$$

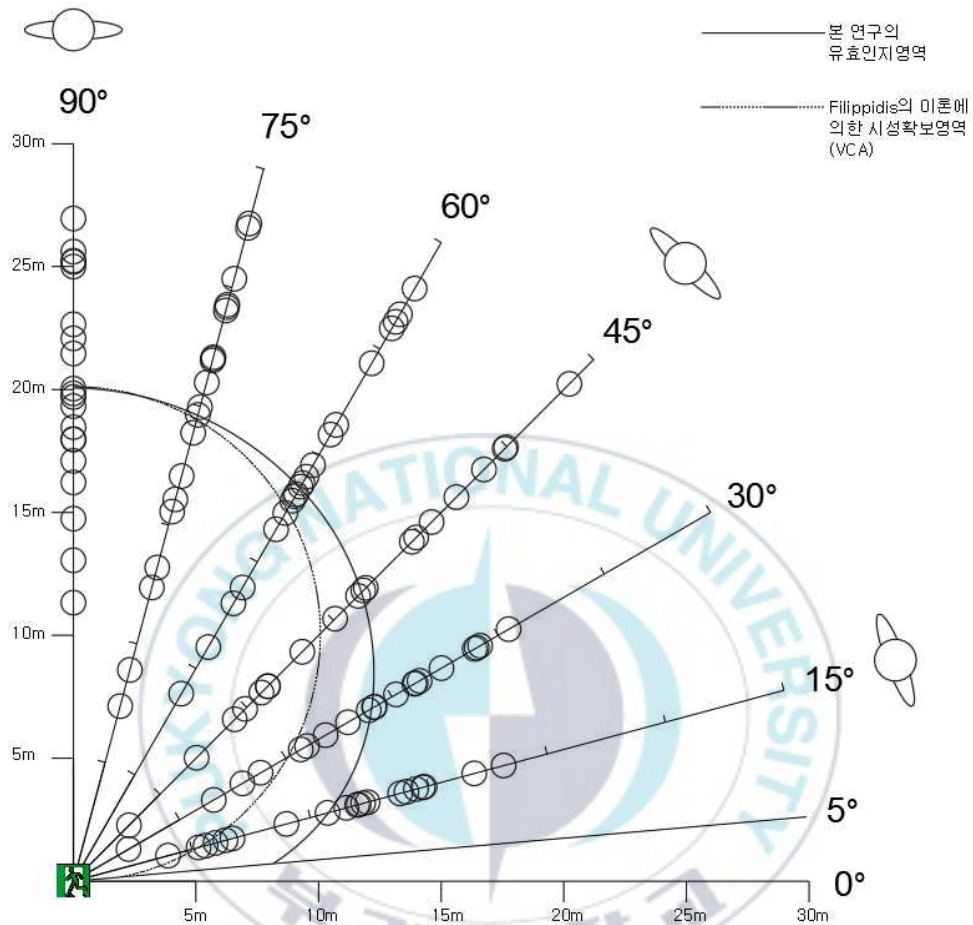


그림 4-7. 피난구유도등 유효인지영역 및 가시성 확보영역

표 4-7. 피난구유도등 유효인지영역 및 가시성 확보영역 비교

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
유효인지영역 (m)	19.79	19.42	18.36	16.54	14.02	10.78
가시성 확보영역 (m)	20.12	19.44	17.43	14.24	10.09	5.28
차이(m)	-0.33	-0.02	0.92	2.30	3.93	5.50

$$(13.31)^2 = x^2 + (y - 13.29) \cdots \cdots <\text{복도통로유도등}>$$

(식 4-6)

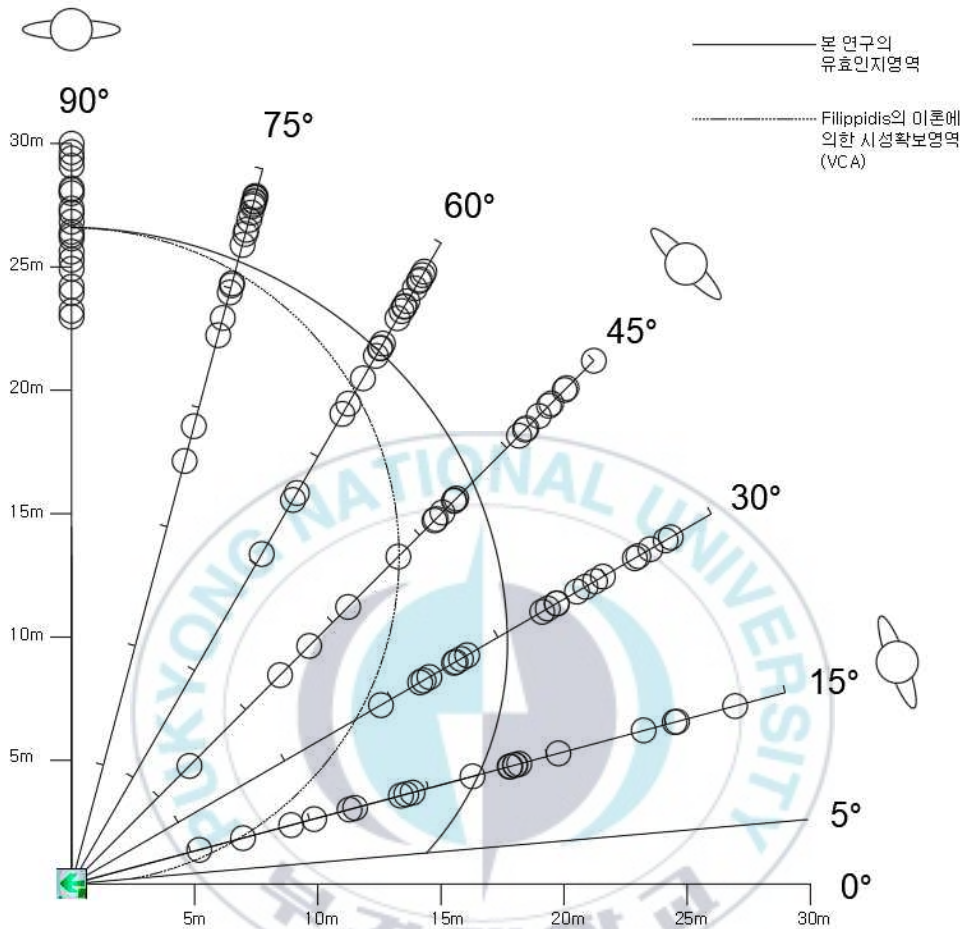


그림 4-8. 복도통로유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역

표 4-8. 복도통로유도등 유효인지영역 및 가시성확보영역 비교

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
유효인지영역 (m)	26.46	26.03	24.88	23.01	20.42	17.11
가시성확보영역 (m)	26.6	25.69	23.04	18.82	13.32	6.94
차이(m)	-0.14	0.34	1.84	4.19	7.1	10.17

$$(13.03)^2 = x^2 + (y - 13.01)^2 \cdots \cdots < \text{거실통로유도등} >$$

(식 4-7)

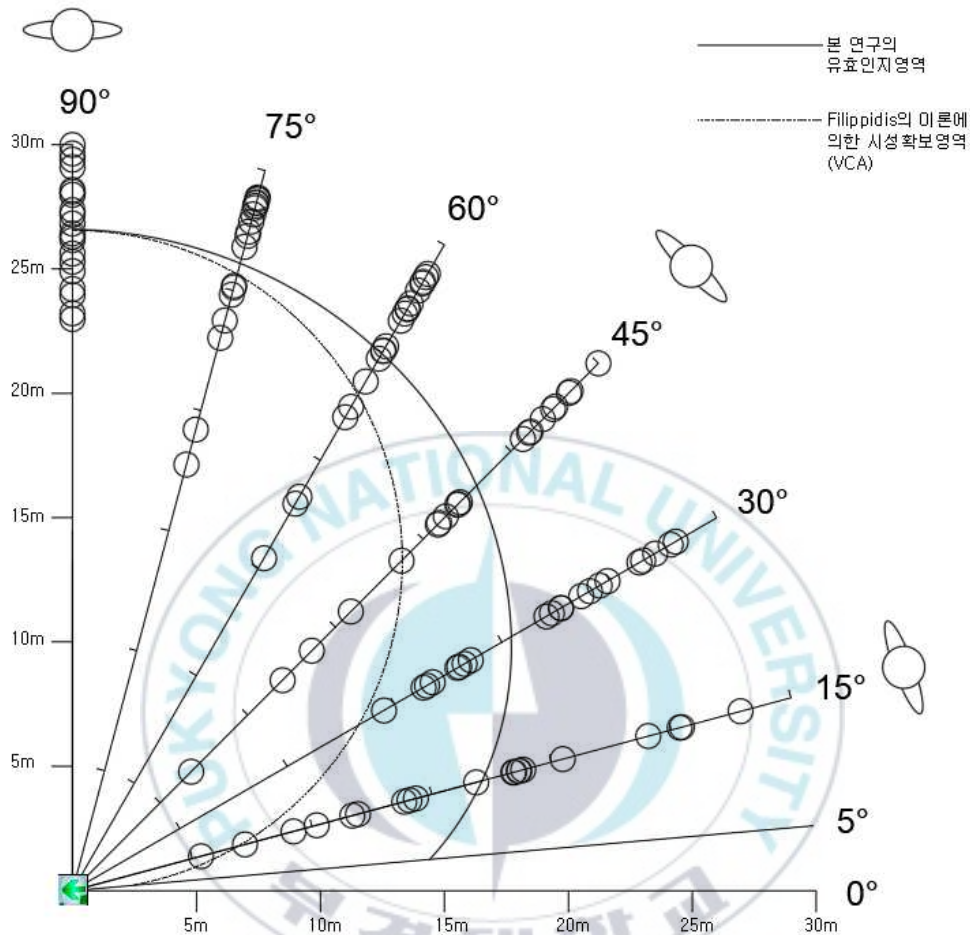
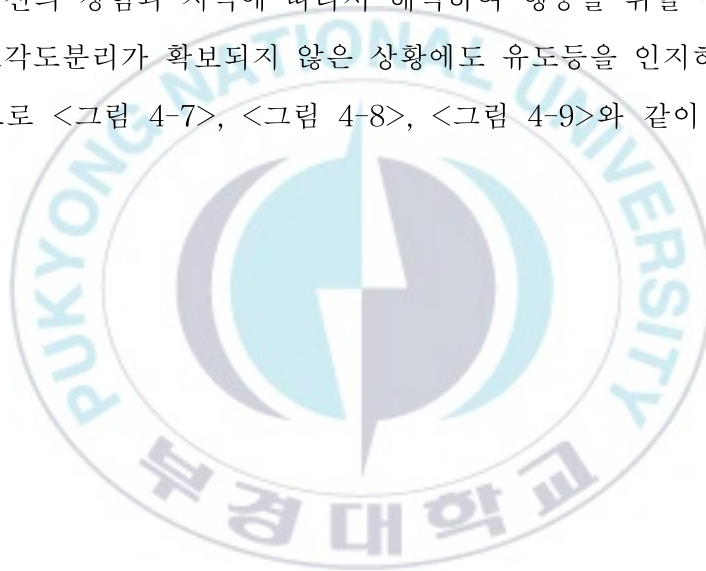


그림 4-9. 거실통로유도등 유효인지역 및 가시성 확보영역

표 4-9. 거실통로유도등 유효인지역 및 가시성 확보영역 비교

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
유효인지역 (m)	25.91	25.42	24.08	21.89	18.83	14.93
가시성 확보영역 (m)	26.03	25.15	22.25	18.42	13.04	6.8
차이(m)	-0.12	0.27	1.83	3.47	5.79	8.13

유효인지영역과 가시성확보영역을 비교 분석해보면 3가지 유도등 모두 주시각도가 커짐에 따라 점점 인지거리가 짧아지면서 유사한 실험결과가 나왔다. 하지만 90° ~ 75° 까지는 꽤 유사하여 차이가 거의 없던 인지거리가 60° 이하에서부터 1 m 이상 차이가 발생하더니 15° 에서는 최대 10 m까지 차이가 발생했다. 이 같은 결과는 유도등의 경우 표지판과 다르게 블록하여 작은 주시각도에서 더 인지거리가 더 길게 나올 수 있다. 또한, 지각과 인지에 차이에 의해서 발생한 차라고 볼 수 있다. 지각에 경우 ‘보이느냐’, ‘보이지 않느냐’에 문제지만 인지의 경우에는 잘 보이지 않아도 자신의 경험과 지식에 따라서 해석하여 행동을 취할 수 있다. 따라서 최소각도분리가 확보되지 않은 상황에도 유도등을 인지하고 행동할 수 있으므로 <그림 4-7>, <그림 4-8>, <그림 4-9>와 같이 결과가 도출되었다.



4.3. 연기농도별 거실통로유도등 유효인지영역 비교

화재 발생 시 고온의 대한 피해보다 연기로 인한 질식 및 시야 미확보가 더 위험하다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 고온에 연기는 벽을 타고 천장으로 올라가서 다시 점점 내려오면서 두꺼운 연기층을 이루게 되며 점차 시야를 방해하게 된다. 많은 유도등 중에서 천정에 설치하는 거실통로유도등은 연기층에 인해 가장 먼저 영향을 받게 된다. 따라서 본 실험에서는 거실통로유도등의 연기상황을 묘사하는 안대를 활용하여 연기농도에 따른 유효인지영역 실험을 진행하였다.

투과율이 60.38%, 34.8%인 연기상황 묘사 안대를 착용하여 실험 후 이를 분산형 그래프로 도식하였다.

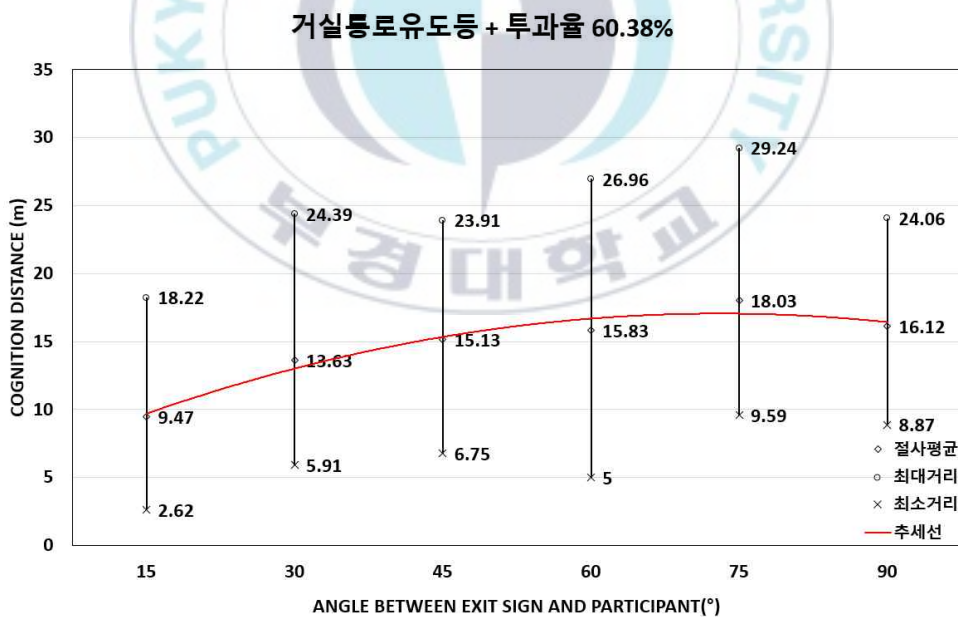


그림 4-10. 불투명 안대(1장) 착용 시 주시각도별 최대인지거리 분석

거실통로유도등 + 투과율 34.8%

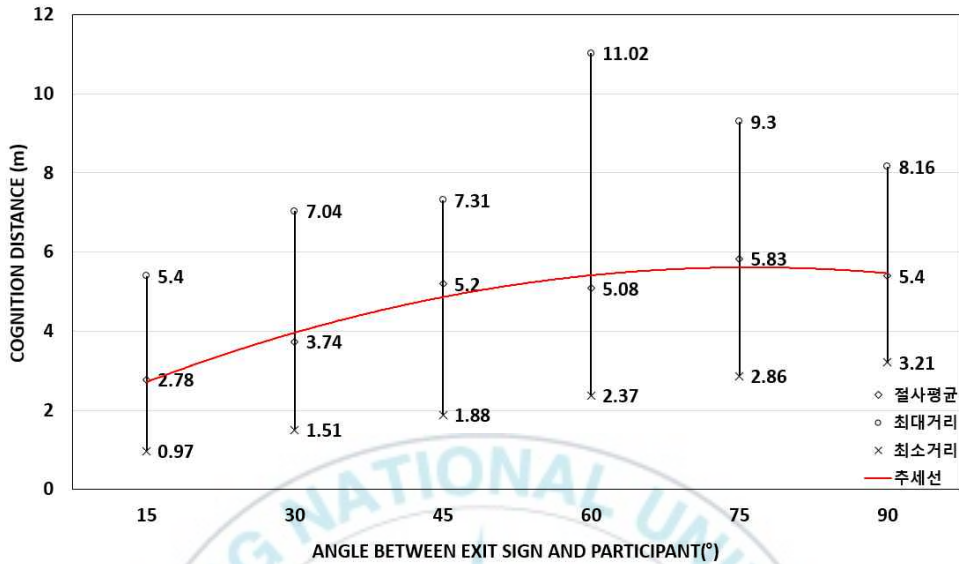


그림 4-11. 불투명 안대(2장) 착용 시 주시각도별 최대인지거리 분석

유효인지영역을 표현할 수 있는 추세선을 도출하여 <표 4-12>에 보기 쉽게 유도등을 중심으로 유효인지영역으로 도식화했다.

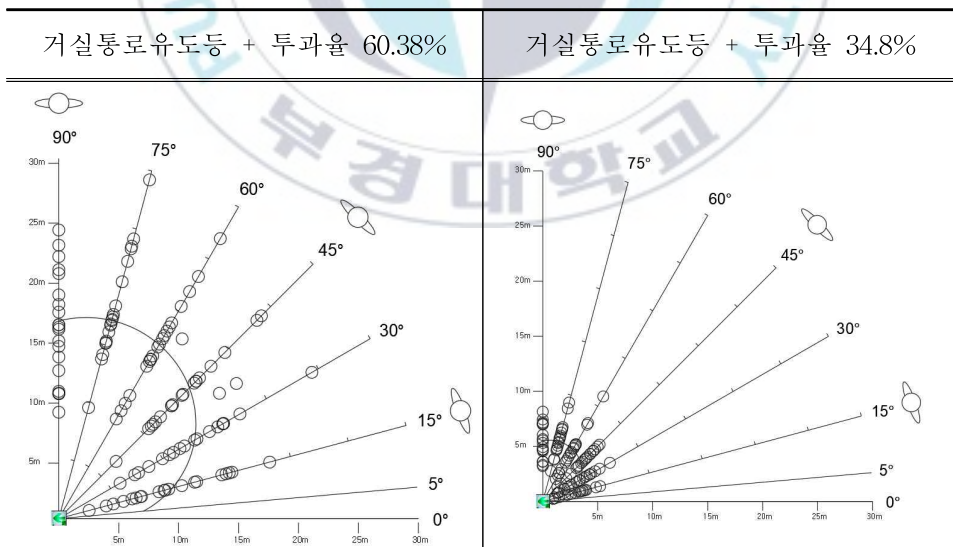


그림 4-12. 주시각도 X 투과율변화에 따른 거실통로유도등
유인지거리 분포

추세선을 통해서 유효인지영역을 도출한 결과, 투과율이 저하된 상태에서 연기의 영향이 없는 평상시와 같이 주시각도가 줄어듦에 따라 인지거리가 짧아지는 형태를 나타냈다.

연기농도에 따른 유효인지영역을 비교하기 위해서 <그림 4-13>에 아무런 제약이 없는 투과율 100% 상태의 거실통로유도등 유효인지영역과 함께 유도등 중심으로 주시각도에 따라 도식화하였다.

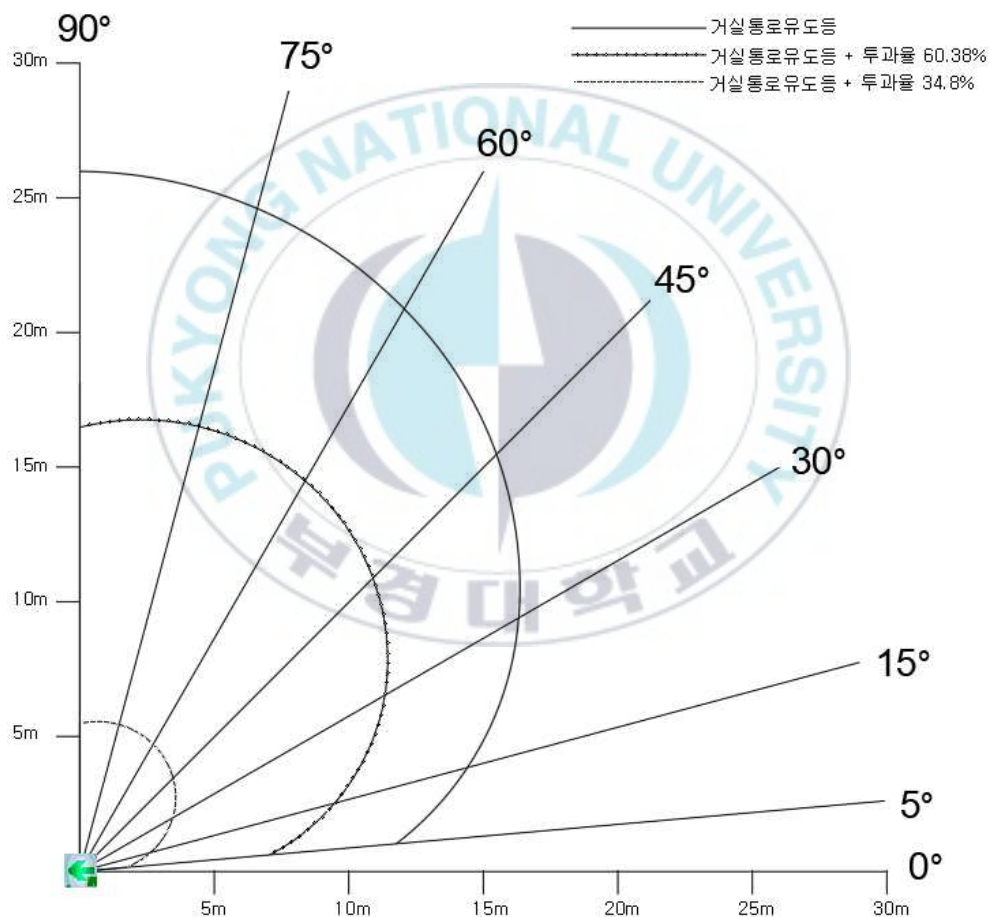


그림 4-13. 주시각도 X 투과율변화에 따른 거실통로유도등 유효인지영역 비교

아무런 제약이 없는 상태인 투과율 100%와 비교해 보면 90°의 경우 제약이 없는 상황에서는 25.91 m에서 거실통로유도등을 인지할 수 있었지만, 투과율이 60.38% 때는 16.25 m, 34.8%에서는 5.37 m가 돼야 인지할 수 있으므로 투과율이 낮아짐에 따라서 주시각도별 인지거리가 명확하게 짧아지는 것을 알 수 있었다.

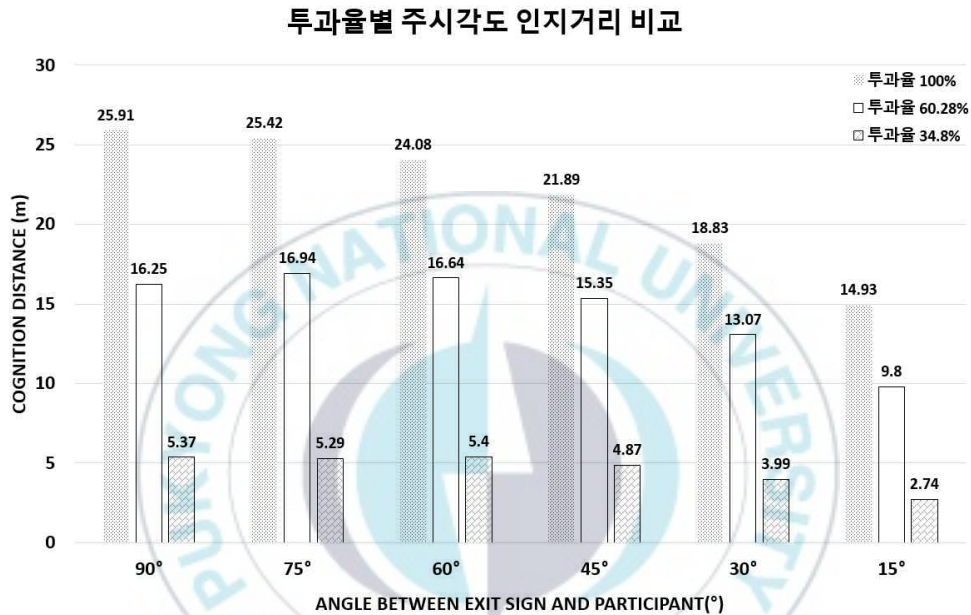


그림 4-14. 투과율에 따른 주시각도별 인지거리

표 4-10. 투과율에 따른 주시각도별 인지거리

주시각도	투과율 100%(m)	투과율 60.38%(m)	투과율 34.8%(m)
90°	25.91	16.25	5.37
75°	25.42	16.94	5.29
60°	24.08	16.64	5.40
45°	21.89	15.35	4.87
30°	18.83	13.07	3.99
15°	14.93	9.8	2.74

4.4. 유도등 종류별 유효인지성 평가

4.4.1. 피난구유도등 유효인지성 평가

주시각도별 인지거리를 측정한 후 추세선을 도출하여 피난구유도등 유효인지영역을 도식화한 결과, 주시각도에 따라서 인지거리가 달랐으며, 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리가 짧아지는 경향을 보였다. 현행 피난구유도등은 인지각도 및 인지거리에 대한 규정 없이 피난구 주변에 설치하고 있으며, 형식승인기준에서는 직선거리 30 m에서 식별할 수 있도록 하고 있다. 이것은 곧 피난구유도등 하나가 주시각도에 상관없이 30 m 내에 모든 재실자에게 영향을 미친다는 것을 뜻하기도 한다. 하지만 앞선 실험을 통해서 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리가 줄어든다는 것을 확인한 바 이는 현행 기준은 맞지 않는다.

따라서 이번 절에서는 피난구유도등의 현행 형식승인기준과 실험을 통한 유효인지영역을 비교 분석하여 피난구유도등의 유효인지성을 평가하였다.

<그림 4-15>는 형식승인기준과 추세선을 표현한 그래프이다. 파란 그래프는 형식승인기준을 뜻하는 것으로 어떤 주시각도에서도 인지거리가 30 m이므로 직선의 형태를 띠고 있다. 그에 비해 실험을 통해 도출한 추세선은 주시각도가 커짐에 따라서 인지거리가 길어지는 곡선의 형태를 띠고 있다.

피난구유도등

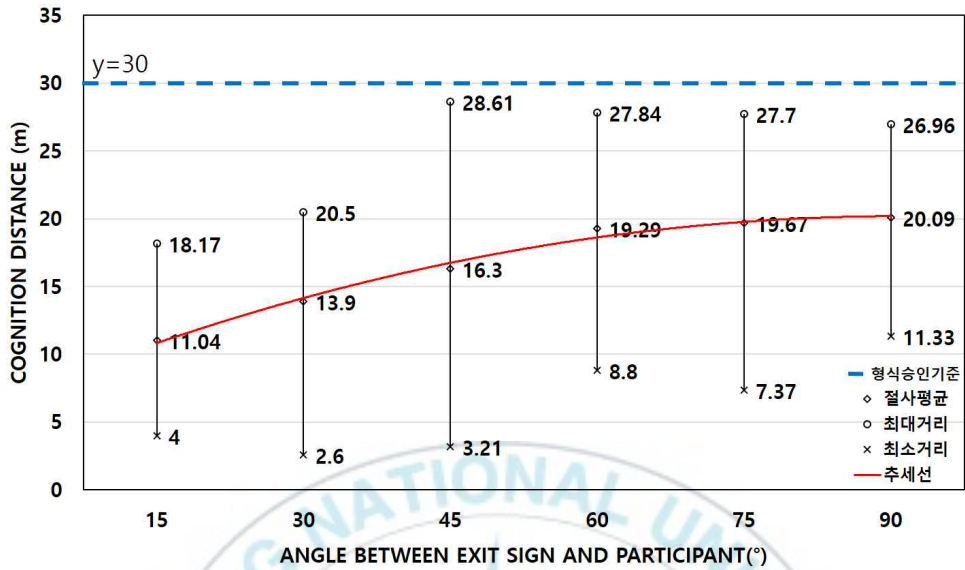


그림 4-15. 피난구유도등 형식승인기준과 유효인지거리 비교

현행 설치기준과 실험을 통한 유효인지영역의 차이를 주시각도에 따라 쉽게 확인하기 위해서 유도등을 중심으로 도식화하였다. 비록 본 실험에서는 0~90°까지만 실험하였지만 90~180°와 서로 대칭된다고 가정하고 도식화하였다.

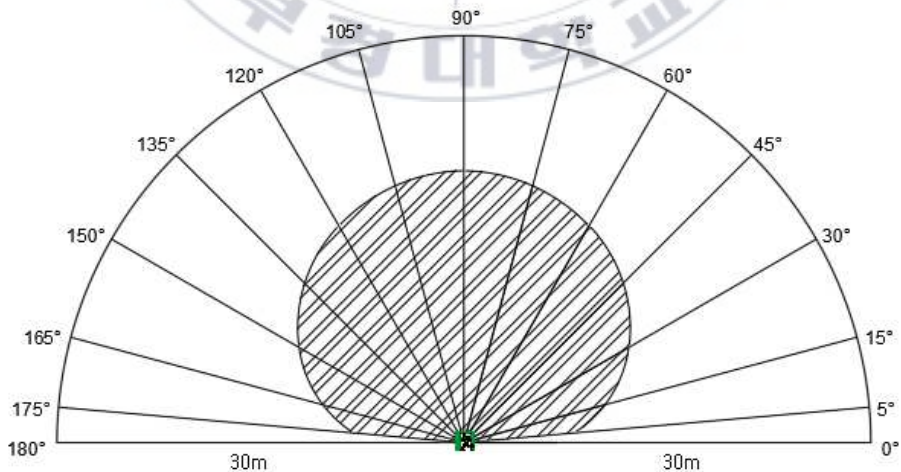


그림 4-16. 피난구유도등 형식승인기준과 유효인지영역 비교

<그림 4-16>을 보면 현행 형식승인기준과 빗금 친 실험을 통한 유효 인지영역은 서로 많은 차이가 있다는 것을 한눈에 알 수 있다. 이를 자세히 비교하기 위해 주시각도별로 인지거리 차이를 분석해보았다.

인지거리를 비교 분석한 결과 실험을 통한 인지거리가 모든 주시각도에 약 10 m 이상 차이가 났으며 주시각도가 작아짐에 따라 그 차이는 더 벌어지면서 15°에서는 약 20 m까지 차이가 발생하였으며, 64%에 인지거리 차를 보였다.

피난구유도등에 유효인지성을 평가한 결과 현행 형식승인기준 보다 모든 주시각도에서 짧은 인지거리를 보였으며 주시각도의 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

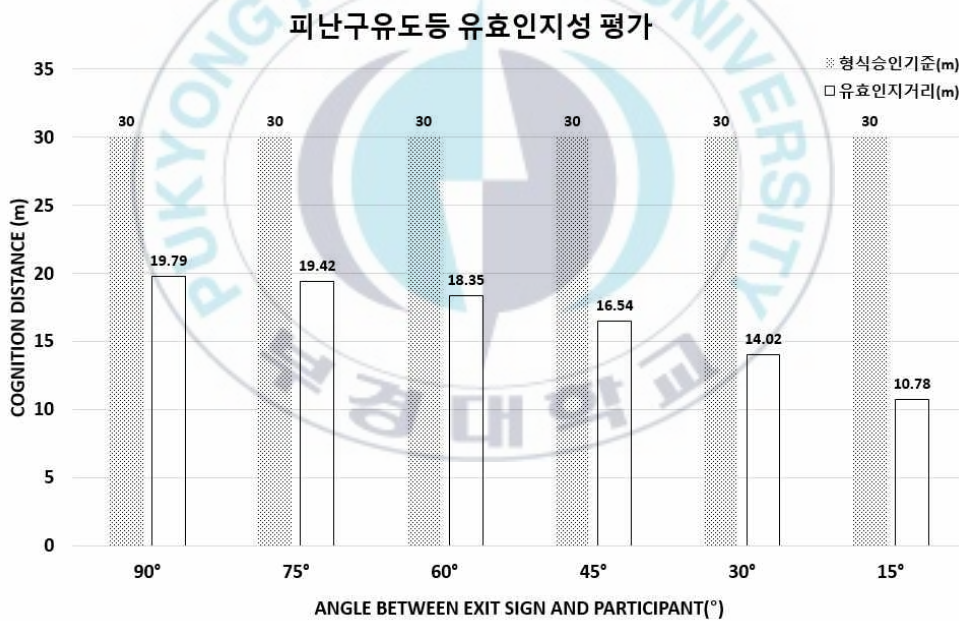


그림 4-17. 피난구유도등 유효인지성 평가

표 4-11. 피난구유도등 유효인지성 평가

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
(A) 형식승인기준 (m)	30	30	30	30	30	30
(B) 유효인지영역 (m)	19.79	19.42	18.35	16.54	14.02	10.78
(C) 인지거리 차(m)	10.21	10.58	11.65	13.46	15.98	19.22
(D) 인지거리 차(%)	34.03	35.27	38.83	44.87	53.27	64.07

※ 형식승인기준 값을 기준으로 상호 비교한 값 C=A-B(m), D=A-B(%)



4.4.2. 복도통로유도등 유효인지성 평가

본 연구에서는 실험을 통해 주시각도별 인지거리를 측정하여 추세선을 도출하여 복도통로유도등 유효인지영역을 도식화하였다. 그 결과 주시각도에 따라서 인지거리가 달랐으며, 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리가 짧아지는 경향을 보였다. 현행 형식승인기준에 따르면 복도통로유도등은 주시각도 및 인지거리에 대한 규정 없이 보행거리 20 m 내에 설치하고 있으며 20 m에서 쉽게 식별하여야 할 수 있어야 한다. 이것은 곧 복도통로유도등 하나가 주시각도에 상관없이 20 m 내에 모든 채실자에게 영향을 미친다는 것을 뜻하기도 한다. 따라서 이번 절에서는 복도통로유도등의 현행 설치기준 및 형식승인기준과 실험을 통한 유효인지영역을 비교 분석하여 복도통로유도등의 유효인지성을 평가하였다.



그림 4-18. 복도통로유도등 형식승인기준 및 유효인지거리 비교

현행 설치기준 및 형식승인기준과 실험을 통한 유효인지영역의 차이를 주시각도에 따라 쉽게 확인하기 위해서 유도등을 중심으로 도식화하였다. 비록 본 실험에서는 0-90°까지만 실험하였지만 90-180°와 서로 대칭된다고 가정하고 도식화하였다.

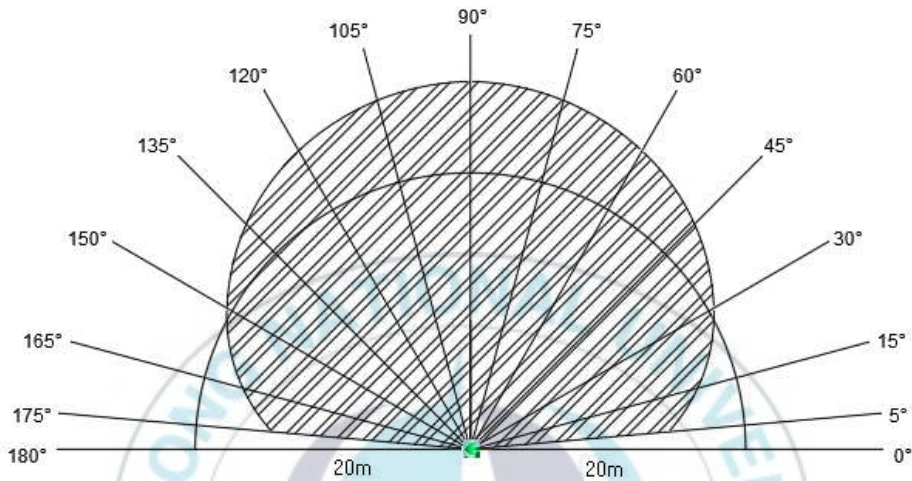


그림 4-19. 복도통로유도등 형식승인기준과 유효인지영역 비교

도식화된 그림을 비교해 보면 현행 형식승인기준보다 빗금 친 실험을 통한 유효인지영역이 앞서 본 피난구유도등과는 다르게 더 큰 것으로 도출되었다. 이를 자세히 비교하기 위해 주시각도별로 인지거리 차이를 분석해보았다. 인지거리를 비교 분석한 결과 최대인지거리가 90~30°까지는 실험을 통한 인지거리가 더 길었으며 90°에서는 약 6 m 더 길게 측정되었다. 하지만 15°부터는 실험을 통해 도출한 인지거리가 더 작아지면서 3 m에 차이를 나타내었다.

복도통로유도등의 유효인지성을 평가한 결과 큰 주시각도에서는 현행 형식승인기준보다 인지거리가 길었으나, 작은 주시각도에서는 현행 설치기준에 미치지 못하였다.

복도통로유도등 유효인지성 평가

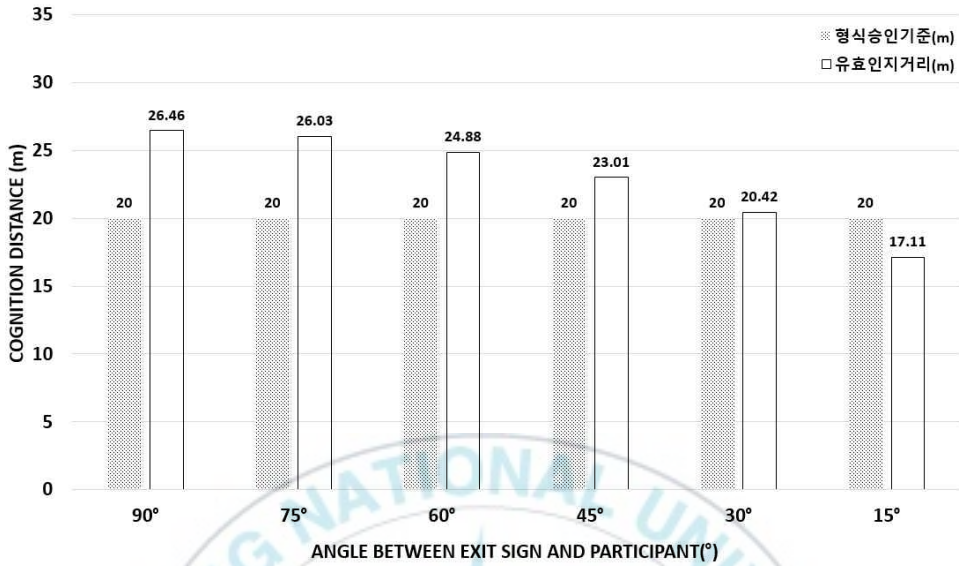


그림 4-20. 복도통로유도등 유효인지성 평가

표 4-12. 복도통로유도등 유효인지성 평가

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
(A) 형식승인기준 (m)	20	20	20	20	20	20
(B) 유효인지영역 (m)	26.46	26.03	24.88	23.01	20.42	17.11
(C) 인지거리 차(m)	-6.46	-6.03	-4.88	-3.01	-0.42	2.89
(D) 인지거리 차(%)	-32.3	-30.15	-24.4	-15.05	-2.1	14.45

※ 형식승인기준 값을 기준으로 상호 비교한 값 C=A-B(m), D=A-B(%)

4.4.3. 거실통로유도등 유효인지성 평가

앞서 우리는 실험을 통해 주시각도별 인지거리를 측정하여 추세선을 도출하여 거실통로유도등 유효인지영역을 도식화하였다. 그 결과 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리가 짧아지는 경향을 보였다. 현행 형식승인기준에 따르면 복도통로유도등은 주시각도 및 인지거리에 대한 규정 없이 보행거리 20 m 내에 설치하고 있으며 30 m에서 쉽게 식별하여야 할 수 있어야 한다. 이것은 곧 거실통로유도등 하나가 주시각도에 상관없이 30 m 내에 모든 채실자에게 영향을 미친다는 것을 뜻하기도 한다. 따라서 이번 절에서는 거실통로유도등의 현행 형식승인기준과 실험을 통한 유효인지영역을 비교 분석하여 거실통로유도등의 유효인지성을 평가하였다.

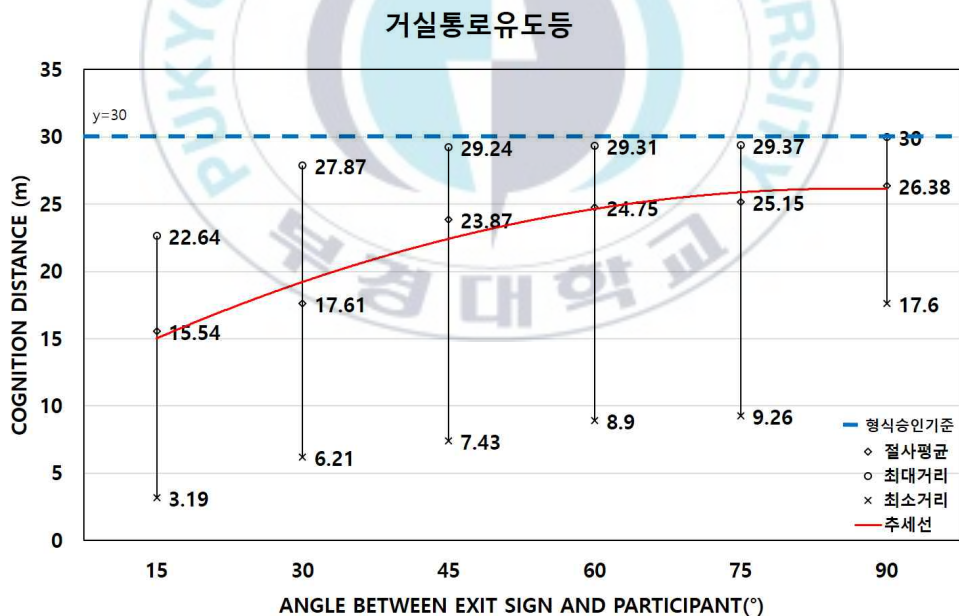


그림 4-21. 거실통로유도등 형식승인기준 및 유효인지거리 비교

현행 형식승인기준과 실험을 통한 유효인지영역의 차이를 주시각도에 따라 쉽게 확인하기 위해서 유도등을 중심으로 도식화하였다. 비록 본 실험에서는 0~90°까지만 실험하였지만 90~180°와 서로 대칭된다고 가정하고 도식화하였다.

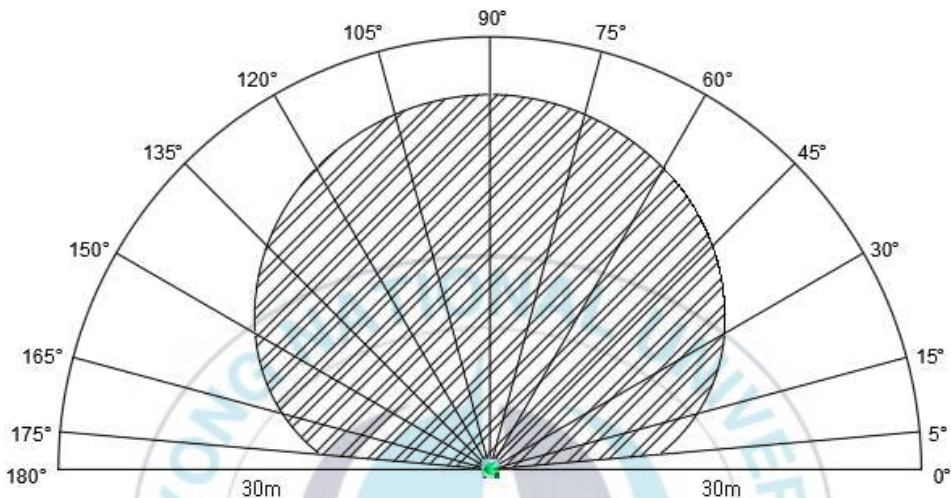


그림 4-22. 거실통로유도등 형식승인기준과 유효인지영역 비교

도식화된 그림을 비교해 보면 현행 형식승인기준과 빗금 친 실험을 통한 유효인지영역은 차이가 있다는 것을 한눈에 알 수 있다. 이를 자세히 비교하기 위해 주시각도별 인지거리 차이를 분석해보았다. 분석결과 90°에서는 4 m 차이를 보이며 큰 차이를 보이지 않았지만, 점차 주시각도가 작아짐에 따라서 그 차이가 증가했으며 15°에서는 15 m 차이로 실험을 통한 주시각도별 유효인지거리가 현행 설치기준보다 50% 짧게 나왔다

거실통로유도등의 유효인지성을 평가한 결과 현행 형식승인기준보다 모든 주시각도에서 짧은 인지거리를 보였으며 주시각도의 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

거실통로유도등 유효인지성 평가

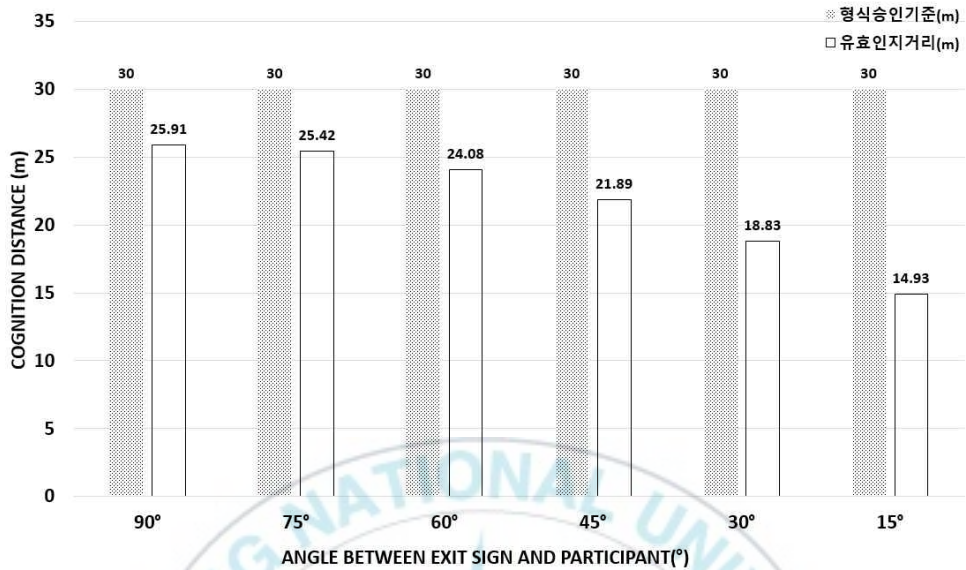


그림 4-23. 거실통로유도등 유효인지영역 평가

표 4-13. 거실통로유도등 유효인지영역 평가

주시각도	90°	75°	60°	45°	30°	15°
(A) 형식승인기준 (m)	30	30	30	30	30	30
(B) 유효인지영역 (m)	25.91	25.42	24.08	21.89	18.83	14.93
(C) 인지거리 차(m)	4.09	4.58	5.92	8.11	11.17	15.07
(D) 인지거리 차(%)	13.63	15.27	19.73	27.03	37.23	50.23

※ 형식승인기준 값을 기준으로 상호 비교한 값 C=A-B(m), D=A-B(%)

제 5 장. 결 론

본 연구에서는 정형화된 위치와 보행거리를 통해 설치하고 있는 현행 유도등 설치기준으로는 언제, 어디서 발생할지 모르는 화재에 대해 다양한 주시각도에서 유도등 표시면을 인지하는 데 어려움이 있을 것으로 판단되어, 현재 많이 쓰이는 피난구유도등, 복도통로유도등, 거실통로유도등의 주시각도에 따른 인지거리를 측정하고 분석하여 유도등 하나가 재실자들에게 유효하게 영향을 미치는 영역 즉, 유효인지역역을 도출하여 유효인지성을 평가하였다.

실험은 P 대학의 어느 건물 내 복도에서 이루어졌으며 교육연구시설에 따라 소형유도등을 사용하여 총 120명에 실험참가자들을 대상으로 실험하였으며 추가로 연기농도에 따른 유효인지영역의 변화를 알아보기 위해 연기상황을 묘사할 수 있는 불투명안대를 사용하여 실시하였다.

실험결과는 다음과 같다.

(1) 피난구유도등, 유효인지성 평가 결과 형식승인기준에 따라 직선거리 30 m에서 쉽게 식별 가능해야 하지만 실험결과 90°에서 최대인지거리인 약 19 m, 15°에서는 최소인지거리인 약 10 m를 보이며 기준에 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 또한, 재실자와 유도등 간의 주시각도가 작아짐에 따라 19 m, 15 m, 11 m, 10 m로 인지거리가 짧아지며 유효인지성은 더 감소하였다.

(2) 복도통로유도등 유효인지성 평가 결과 90~30°까지는 인지거리가 20 m 이상으로 설치기준 및 형식승인기준을 만족하였으나, 30° 미만 작은 주시각도에서는 기준에 미치지 못하였다. 복도통로유도등 역시도 재

실자와 유도등 간의 주시각도가 작아짐에 따라 26 m, 24 m, 20 m, 17 m로 인지거리가 짧아지며 유효인지성은 더 감소하였다.

(3) 거실통로유도등, 유효인지성 평가 결과 형식승인기준에 따라 직선 거리 30 m에서 쉽게 식별 가능해야 하지만 실험결과 90°에서 최대인지 거리인 약 25 m, 15°에서는 최소인지거리인 약 15 m를 보이며 기준에 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 또한, 채실자와 유도등 간의 주시각도가 작아짐에 따라 25 m, 21 m, 18 m, 14 m로 인지거리가 짧아지며 유효 인지성은 더 감소하였다.

(4) 연기농도에 따른 유효인지영역의 변화를 비교하기 위해 투과율을 제어하여 실험한 결과 투과율이 60.4%, 34.8% 감소함에 따라 모든 주시각도에서 인지거리가 짧아지며 더 작은 유효인지영역을 나타내었다.

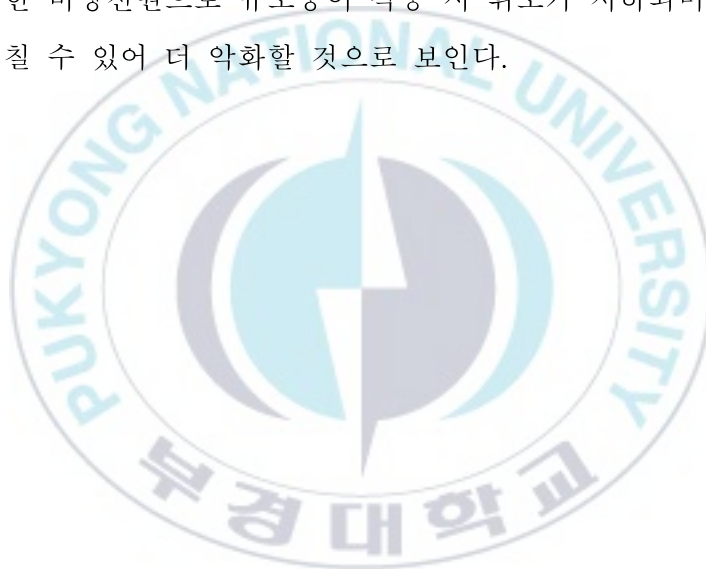
(5) 실험결과 실험에 사용된 세 가지 유도등 모두 주시각도가 작아짐에 따라 인지거리 짧아짐으로 채실자와 유도등 간의 주시각도가 유도등 유효인지성에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

이처럼 실험결과는 현행 유도등 설치기준 및 형식승인으로서는 다양한 상황 및 주시각도에서 유도등을 인지하는 데 어려움이 있으며, 연기농도에 따른 인지거리 감소에 대한 기준 및 방책은 부족하다는 것을 보여주고 있다.

따라서 본 연구를 바탕으로 유도등 설치기준을 음영 구역이 발생하지 않으며 주시각도에 따른 인지거리 변화를 적용할 수 있는 유효인지영역을 통한 새로운 설치기준을 제안하며, 추가적으로 연기농도에 따른 인지거리 저하를 고려한 새로운 유도등 또는 기준이 필요할 것으로 보인다.

하지만 본 실험은 층높이가 3 m인 교육시설에서 실험을 진행한 실험으로써 실험참가자의 인원이 부족하여 표준편차가 크게 발생하여 모든 상황에서 사용할 수 있는 정형화된 데이터로 보기에는 어려움이 있었다. 하지만 본 실험을 통해서 주시각도에 따라 유도등의 유효인지성이 영향을 받는다는 사실은 충분히 알 수 있다.

또한, 연기상황을 묘사한 안대는 투과율에 영향을 미칠 수 있지만, 피난자의 심리상태와 신체에 미치는 영향을 반영하지 못하는 한계가 있으며 실험에서는 소형 유도등만 사용하여 실험하였으며, 정전 및 화재 상황으로 인한 비상전원으로 유도등이 작동 시 휘도가 저하되며 더 어두워 영향을 미칠 수 있어 더 악화할 것으로 보인다.



참 고 문 헌

1. 최준호, 전규엽, 홍원화, 피난실험을 통해 본 초고층 공동주택 거주자의 피난 행동 및 반응에 관한 연구, 대한건축학회 2008년도 학술발표대회 논문집, 계획계 28(1) pp.651-654, 2008.
2. 오류석, 최준호, 홍원화. 연기농도별 최대 가시거리에 따른 피난구 유도등의 인지성에 관한 연구. 한국화재소방학회 학술대회 논문집, pp.89-90, 2008.
3. 오류석, 연기농도와 최대가시거리 변화에 따른 피난구유도등의 표시면 색상별 인지성능평가, 부경대학교 대학원 공학석사 학위논문, 2015.
4. 소방청, 유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준, 2018.
5. 김유식, 석동섭. 지능형 피난유도 시스템 개발에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 20(4), pp.131-134, 2006.
6. 나옥정, 전규엽, 홍원화. 피난유도장치의 종류에 따른 피난유도성능 비교에 관한 연구. 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집, pp.249-252, 2007.
7. 손중영, 이수호, 전규엽, 홍원화. 지하공간에서 배경휘도에 따른 유도등 인지효과 분석. 대한건축학회 논문집 29(7), pp.281-288, 2013.
8. 서동구, 황은경, 김종훈, 김운형, 대규모 전시공간에 있어서 피난유도설비 인지에 관한 실험적 연구. 한국방재학회 논문집, 16(6), pp.29-34, 2016.
9. L. Filippidis, E. R. Galea, S. Gwynne and P. J. Lawrence, Visibility catchment area of exits and signs. In: Conference Proceedings: Interflam 2001: 9th International Fire Science and Engineering Conference. Interscience Communications Ltd., Greenwich, London, UK, pp. 1529-1534, 2001.
10. L. Filippidis. E. R. Galea, S. Gwynne and P. J. Lawrence, Representing the Influence of Signage on Evacuation Behavior within an Evacuation Model, 16(1), pp.37-73, 2006.
11. H. Xie, L. Filippidis. S. Gwynne, E. R.. Galea, D. Blackshields and P. J. Lawrence, Experimental Study and Theoretical Analysis of Signage Legibility Distances as a Function of Observation Angle,

- Pedestrian and Evacuation Dynamics 17(1):131-143, 2005.
12. Edward T. Hall 저, 김광문 역, 보이지 않는 차원, 세진사, p. 100, 2001.
 13. 이해성, 시야 조건상으로 본 공간 넓이에 비례한 높이의 설정 방법, 건축, 16(6) pp. 15, 1972.
 14. B. Stein and J. S. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, Wiley, p.929, 1992.
 15. 정원식, 인간의 인지, 교육과학사, p. 17, 2010.
 16. 박태욱, 공공환경에 있어서 조형요소의 시각적 인지특성에 관한 연구, 경희대학교 대학원 박사학위논문, 2012.
 17. 이원두, 효율적 정보전달을 위한 픽토그램 개발에 관한 연구 : 국내 음식점 외부 간판용 픽토그램 개발 사례를 중심으로, 한양대학교 대학원 석사학위논문, 2015.
 18. 이동명, '제연공학' pp.42-61, 2013, 성안당.
 19. 神忠久, 煙中の見越し距離について (I), 日本火災學會論文集, 1969.
 20. 소방청, 유도등 및 유도표지의 화재안전기준(NFSC303), 2017.
 21. 최준석, 또 하나의 언어, 픽토그램. 미술세계, 86-93, 2011.
 22. 소방청, 유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준, 2018.
 23. 한국표준협회, 그래픽 심볼-안전색 및 안전 표지-제1부: 안전표지 및 안전 표시의 도안 원칙(KS S ISO 3864-1), 2016.
 24. 한국표준협회, 그래픽 심볼-안전색 및 안전 표지-제3부: 인진표지용 그래픽 심볼 디자인 원칙(KS S ISO 3864-3), 2017.
 25. 한국표준협회, 그래픽 심볼-조사방법-제2부: 인지성 조사방법(KS S ISO 9186-2), 2014.
 26. United States Legal Document, NFPA(National Fire Protection Association) 101 Life Safety Code, 2006.
 27. 이인근. 몽블랑 터널 화재에 대한 공식보고서 발간. 대한토목학회지, 47(9), pp.78-79. 1999.
 28. M. Seike, Evacuation speed in full-scale darkened tunnel filled with smoke, Fire Safety Journal, pp.901-907, 2017.
 29. E. Ronchi, A tunnel evacuation experiment on movement speed and exit choice in smoke, Fire Safety Journal, Volume 97, pp.126-136,

2017.

30. 홍원화, 전규엽, “대구지하철화재 생존자 행동패턴과 피난로 설계시 적용방법 연구”, 화재소방학회 학술대회 논문집, pp.367-373, 2003.
31. 홍원화, 전규엽, “대구지하철 화재시 피난자 행동유형 분석을 통한 지하공간 안전피난대책에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 21(1), pp.235-242, 2005.
32. 김학찬, “불난 방문 여는 순간 ‘역류현상(backdraft)’에 불길이 확”, 조선일보, 2012.05.
33. 김종하, 고권현, 김상희. 다중이용업소 피난안내도 작성 가이드라인 수립을 위한 기초연구. 대한건축학회 논문집 계획계, 30(5), 65-76, 2014.
34. 국민안전처, 피난심리를 기반으로 한 피난 시설 및 설계요소 최적화 개선연구 보고서, 2017.
35. H. Xie, L. Filippidis, S. Gwynne, E. R. Galea, D. Blackshields and P. J. Lawrence, Signage Legibility Distances as a Function of Observation Angle, Journal of Fire Protection Engineering 17(1), pp.41-64, 2007.
36. 전규엽, 홍원화, 화재 피난실험시의 화재피난환경 모사를 위한 불투명 안대, 공개번호 10-2009-0101781, 2009.
37. KS C 7612 : 조도 측정 방법, 1987.

An Evaluation of Emergency Exit Signs' Effectiveness through Cognitive Distance Measurement by Angles of View

Sang Hyun Baek

Department of Fire Protection Engineering, The Graduate School,

Pukyong National University

Abstract

In Korea, a exit sign is installed at a regular position and a walking distance regardless of the cognition angle and the cognition distance in the exit signs at various angles and positions.

Therefore, this study measured the cognition distance by the angle by the angle of each exit sign type, the validity of the exit sign is evaluated by deriving the effective cognition area (area where one exit signs influences the occupants effectively), and an eye for describing the smoke occurrence situation is further produced, region change.

As a result, the maximum cognition distance was 90° regardless of the type of exit signs. As the angle decreased, the minimum cognition distance at 15° was about 10 meters longer than the maximum cognition distance. Also, as the transmittance decreased, the area of validity also decreased.

Therefore, based on this experiment, we proposed a new installation criterion based on the effective cognition area that one of the exit signs can affect so that the shadow area does not occur.