

축광재료를 이용한 피난유도표지의 시인성에 관한 연구

허만성 † · 藤田晃弘 *

우송정보대학 소방안전관리과

*名城大學 理工學部 建設시스템工學科

The visibility of emergency exit signs using phosphorescent materials

Man-Sung Hur † · Akihiro Fujita *

Dept of Fire Safety Engineering, Woosong Information college †

Dept. of Civil Engineering, Meijo University *

Abstract

The optical characteristics and visibility of emergency exit signs made with phosphorescent materials have been studied and compared with conventional signs.

The phosphorescence of the materials meets standards as defined by JIS, and achieved a level of brightness recognizable by the human eye.

The visibility in the field of the signs using the phosphorescent materials was shown to be higher than that of currently employed materials.

It was confirmed that phosphorescent materials show excellent promise to improve the visibility of emergency exit signs.

1. 서론

최근 우리나라에서는 도시화나 라이프스타일의 다양화로 사람들은 주야를 불문하고 활동량이 증가하고 있다. 특히 야간에는 조명설비가 많기 때문에 주간과 같은 활동을 할 수 있게 되었다. 또 건축물은 대규모화, 심층화, 고층화하고 이용 형태도 복잡, 다양화하고 있다. 이러한 라이프 스타일과 건축물의 도시화 변화로 인해 화재 등의 재해가 한번이라도 발생하는 경우 다수의 인명 피해를 초래하는 대참사로 이어져 사회적 문제를 야기시키고 있다.

우리나라에서는 2003년 2월 18일 대구지하철 화재사건으로 약 200명이 사망했다. 이것

은 방재설비가 안전하게 설치되었다고 생각되었던 지하철에서 방화에 의한 화재가 발생하자 피난경로가 충분히 확보되지 않았던 것이 인명피해를 키웠던 것이다.

이것을 계기로 안전한 피난경로를 확보하기 위하여 필요한 것으로 피난설비의 중요성이 높아졌다. 그 대표적인 것으로 유도등이나 유도표지가 손꼽아 졌다. 그러나 유도표지는 유도등과는 달라 발광하는 것이 거의 없기 때문에 야간에 시인이 곤란하게 되어 사람들의 피난에 지장을 끼치는 경우가 있다고 생각되어 진다. 그러나 현재, 전국에 설치되어 있는 피난장소 표지의 대부분은 야간의 정전시 시인성면에서는 충분한 대응이 고려되어 있지 않은 것이 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 재해시 구조물내의 사람들을 신속하고 안전하게 피난시키기 위해 고기능의 축광재료를 이용한 피난유도표지의 광학특성 및 시인성에 대하여 육안평가시험 및 보행시험을 시행하였다.

2. 실험계요 및 방법

2.1 인광휘도 측정 시험

광원을 소등후 축광재료 자신이 발광하고 있을 때의 발광면의 휘도를 인광휘도로 본다. 이것은 재해발생시에 정전 등이 발생하여 광원이 점등되지 않을 경우를 상정하여 표1의 KS기준에 적합해야 한다. 또 갑자기 암흑이 되었을 경우에 인간이 시인할 수 있는 휘도는 10mcd/m²라고 하여 어둠에 순응하는 상태에서는 0.3mcd/m²라 한다.

표 1. KS Standard(JIS Z 9107 안전표지판)

시간	5분후	10분후	20분후	60분후
인광휘도(mcd/m ²)	110이상	50이상	24이상	7이상

인광휘도시험에 사용한 축광시트는 G-650시트, GLL-650시트, BG-650시트, BGL-650시트 4종류로 하였다. 여기서, G는 발광색이 Green, BG는 발광색이 Blue Green을 나타내고, L은 저조도 여기타입을 나타내고 숫자는 1m² 당 축광안료 혼입량(g)을 나타낸다.

그림 1은 인광휘도 시험에서 사용한 여기전의 축광시트를 나타내고, 그림 2는 여기후의 축광시트를 나타낸다.

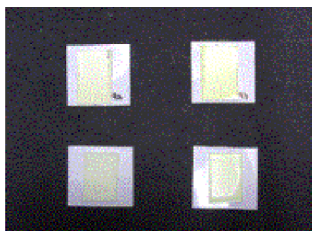


그림 1. 축광시트의 여기전

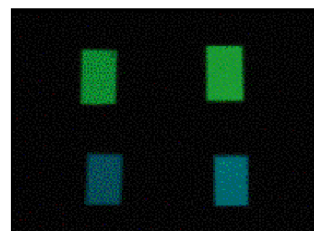


그림 2. 축광시트의 여기후

지금까지의 연구에서 축광표지가 높은 인광휘도는 가지고 있지만 환경조건이나 경과

시간에 의한 인광휘도가 크게 변화하는 것을 알았다. 또 피난유도표지로서 이용을 고려할 경우 실제로 인간의 시각 및 감각으로 평가해야 한다. 따라서 육안평가지험을 통하여 축광표지가 인간의 시각에 어떠한 영향을 미치는지 검토하였다. 즉, 인광휘도 시험결과에서 축광표지로 가장 적합하다고 생각하는 축광재료 GLL을 이용한 표지를 사용하였다.

본 연구에서 축광표지의 시인성 시험은 크게 나누어 아래의 3가지 시험에 의하여 평가하였다. 첫째, 발광하지 않는 일반표지와 축광표지를 비교하기 위하여 건강한 사람에게 시인성을 검토하였다. 둘째, 축광표지의 설치간격과 표지사이즈가 시인성에 미치는 영향을 건강한 사람에게 검토하였다. 셋째, 발광하지 않는 일반표지와 축광표지와 비교 그리고 축광표지의 설치간격과 표지 사이즈에 의한 시인성의 영향을 시각장애인에게 검토하였다.

건강한 사람에게 축광표지와 일반표지의 시인성을 비교하기 위한 시료는 축광표지 사이즈 75×150mm, 일반표지 75×150mm로 그림 3은 여기전의 축광표지이고, 그림 4는 여기 후의 축광표지를 나타낸다.

시험 장소는 나고야시 시영지하철역 구내에서 실시하였으며, 여기조건은 백색 형광등 130lx-1h, 환경조도는 0.011lx 이하, 평가시간은 직후, 5분후, 10분후, 20분 후, 30분 후, 45분 후, 60분 후에 실시하였으며, 평가거리는 5m, 10m, 15m, 20m에서 실시하고, 평가자는 건강한 남녀 16명(평균연령 33.6세, 평균시력 1.1)이었다.



그림 3. 축광표지의 여기전 상태

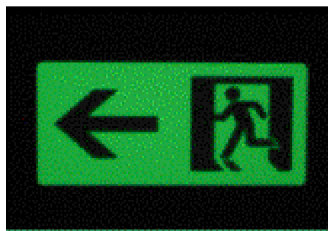


그림 4. 축광표지의 여기후 상태

건강한 사람이 축광표지의 설치간격과 표지 사이즈별 시인성을 시험하기 위한 시료 사이즈는 50×100mm, 75×150mm, 100×200mm이었다.

시험 장소는 메이조대학 11호관 504 특별실에서 실시하였으며, 여기조건은 백색 형광등 25lx-15min, 환경조도는 0.011lx 이하, 평가시간은 10분후, 30분 후, 60분 후에 실시하였으며, 설치간격은 1m, 2m, 3m, 5m(4레인 설치, 각 레인 길이는 15m), 세운 위치는 3m 폭 통로 중앙, 평가자는 건강한 남녀 15명(평균연령 27.6세, 평균시력 1.0)이었다. 여기서 여기 조건이 다른 실험과 틀린 이유는 시인성 시험에서 ISO에 있는 최저 여기조건(25lx-15min)에서 간격 몇 미터까지 인식 가능한가를 알아보기 위함이다.

시각장애인의 축광표지와 일반표지의 시인성 비교를 위한 시료는 축광표지 사이즈 50×100mm, 75×150mm, 100×200mm, 일반표지 100×200mm 이었다.

시험 장소는 건강인과 같은 장소인 메이조대학 11호관 504 특별실에서 실시하였으며, 여기조건은 백색 형광등 200lx-200min, 환경조도는 0.31lx 이하, 평가시간은 10분후, 30분 후, 60분 후에 실시하였으며, 설치간격은 1m, 3m, 세운 위치는 3m 폭 통로 중앙, 평가자

는 장애인 등급 1~5급의 시각장애인 7명(평균연령 42세, 평균시력 0.18)이었다. 환경조도 0.3lx는 실험실의 실측치로 이 조도에서는 평가점에 영향이 전혀 없다고 사료된다.

2.2 실험 방법

인광휘도의 측정은 JIS Z 9107 안전표지판에 규정하는 방법으로 행하였다. 우선 측광시트를 온도 23±2℃, 상대습도 50±15%의 암실에서 48시간이상 빛을 차단한 상태에서 보관했다. 그 후 상용광원 형광램프 D65에서 200룩스(lx)의 조도에서 20분간 조사하고 조사를 멈춘 후 5분후, 10분후, 20분후 및 60분후의 인광휘도를 측정하였다. 휘도측정은 그림 5와 같이 측광시트에서 1m의 거리에서 수평에서 45도 각도로부터 측정하였다. 사용된 휘도계는 미놀타 LS-100을 사용하였고, 조도계는 미놀타 T-10을 사용하였다.

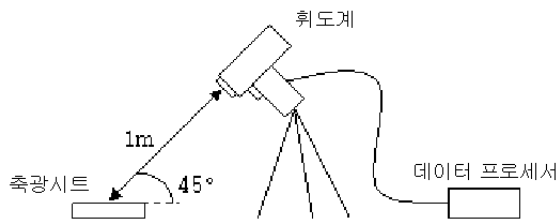


그림 5. 측정 개요도

건강한 사람의 측광표지와 일반표지의 시인성 비교 실험 방법은 지정된 위치에서 5m, 10m, 15m, 20m 앞의 기둥(바닥 위 300mm)에 위치한 2종류의 피난유도표지의 시인성에 대하여 평가를 시행하였다. 표지의 시인평가는 측광표지를 피난유도에 이용하는 경우는 우선 빛나는 것에 유도성을 갖게하여 그 방향에 가깝게 표지를 인식하면 되기 때문에 5단계 평가를 행하였으며, 평가점과 평가항목은 표2에 나타내었다.

표 2. 평가항목 및 평가점

평가점	평가항목
5	순간적으로 표지의 디자인(화살표 방향)이 확실히 인식됨
4	순간적으로 표지의 유무는 인식되지만 디자인은 인식안됨
3	눈으로 응시하면 인식의 유무가 인식됨
2	눈으로 응시하면 희미하게 발광하고 있음의 인식됨
1	전혀 보이지 않음

피험자는 육안평가시험에 앞서 시각의 암흑 순응을 고려하여 암흑중에서 5분간 암흑 순응시킨 후 각 레인의 지정된 위치에서 1m, 2m, 3m, 5m 간격의 벽면에(바닥 위 300mm) 설치한 측광표지의 각 표지 사이즈 100×200mm, 75×150mm, 50×100mm 에 대하여 시인성 평가를 행하였다. 이 때 육안안광시험 방법은 표지의 시인에 대하여 표 3에 나타난 것처럼 5단계 평가로 평가를 행하였다.

표 3. 평가항목 및 평가점

평가점	평가항목
5	2개 앞의 화살표 방향이 시인됨
4	1개 앞의 화살표 방향이 시인됨
3	무슨 문자가 쓰여져 있는 것인지를 안다.
2	표지의 존재를 안다.
1	아무것도 시인할 수 없다.

시각장애인의 측광표지와 일반표지의 시인성 비교를 위한 시험 방법은 지정된 위치에서 1m, 3m 간격의 벽면에(바닥 위 300mm) 설치한 2종류의 피난유도표지의 시인성에 대하여 5단계 평가를 행하였으며, 이 때 평가항목과 평가점은 표 4와 같다.

표 4. 평가항목 및 평가점

평가점	평가항목
5	2개 앞 표지의 발광을 안다
4	1개 앞 표지의 발광을 희미하게 안다
3	1개 앞 표지의 발광을 안다
2	1개 앞 표지의 발광을 희미하게 안다
1	아무것도 시인 안됨

3. 실험결과 및 분석

휘도 측정 시험결과에서 G-650, GLL-650, BG-650, BGL-650의 인광휘도를 표5에 나타냈다. 또 경과시간과 GLL-650의 인광휘도의 관계를 그림2에 나타내었다.

표 5. 인광휘도 측정결과

경과시간(분)	G-650	GLL-650	BG-650	BGL-650
5	333	721	281	255
10	196	376	189	177
20	114	186	105	109
60	36	53	35	37

이 결과 G-650, GLL-650, BG-650, BGL-650의 인광휘도 모두가 JIS의 규정치를 만족하는 것으로 나타냈다. 또 인간이 시인할 수 있는 일반적인 최저휘도도 만족하는 결과를 나타냈다. 인광휘도는 10분후에 GLL-650 > G-650 > BGL-650 > BG-650의 순으로 높음을 나타냈다. 그러나 60분 후에 G-650, BG-650, BGL-650의 인광휘도는 거의 같은 값이 되었다. 이것으로 인해 4종류의 측광시트 모두 1시간후에도 측광표지를 확인할 수 있다고 사료된다.

그림 6은 건강한 사람이 측광표지와 일반표지의 시인성 비교시험을 위한 소등전 육안 평가 시험상태를 나타내고, 그림 7은 소등 후 육안평가 시험상태를 나타낸다.



그림 6. 소등전 육안평가 시험상태

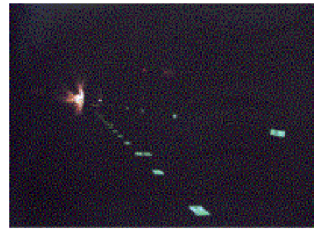


그림 7. 소등후 육안평가 시험상태

그림 8은 건강한 사람이 기둥에 설치된 축광표지 및 일반표지의 시인성 시험결과를 경과시간과 평가점의 관계를 나타낸다.

축광표지는 소등 후 10분간은 평가거리 15m에서도 충분히 시인성을 갖고 있음을 알았다. 더욱이 소등 후 60분 후에도 평가거리 5m의 근거리에서는 충분히 시인되는 결과를 나타내었다. 또 일반표지는 암흑시에는 전혀 시인되지 않았다.

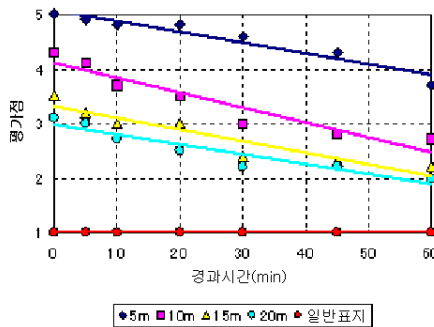


그림 8. 경과시간과 시인성 평가의 관계

그림 9는 건강한 사람이 축광표지의 설치간격, 표지사이즈별 시인성 시험을 위한 소등 전 육안평가 시험상태를 나타내고, 그림 10은 소등 후 육안평가 시험상태를 나타낸다.



그림 9. 소등전 육안평가 시험상황



그림 10. 소등후 육안평가 시험상황

그림 11은 건강한 사람이 기둥에 설치된 축광표지의 시인성 시험결과에서 설치간격, 표지 사이즈의 차이에 의한 시인성의 영향에 대하여 설치간격과 평가점의 관계를 표준 사이즈별로 나타내었다. 어떠한 사이즈에서도 설치간격 3m 이내이면 표지의 존재를 확인할

수 있었다. 더욱이 설치간격 1m에서 표준 사이즈 50×100mm는 소등후 60분후에도 충분히 시인할 수 있는 결과를 나타냈다.

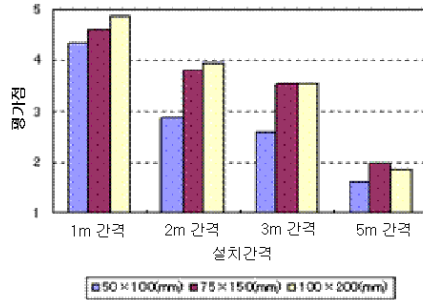


그림 11. 설치간격과 시인성 평가점의 관계

그림 12는 시각장애인의 촉광표지와 일반표지의 시인성 비교를 위한 소등전 육안평가 시험상태를 나타내고, 그림 13은 소등 후 육안평가 시험상태를 나타낸다.



그림 12. 소등전 육안평가 시험상황



그림 13. 소등후 육안평가 시험상황

그림 14는 시각장애인에 의한 벽면에 설치한 촉광표지 및 일반표지의 시인성 시험결과에서 경과시간과 평가점의 관계를 표지 사이즈, 설치간격별로 나타냈다.

설치간격 3m에서 조사정지 60분 후에도 발광을 확인할 수 있었다. 더욱이 설치간격 1m에서는 표지 사이즈 50×100mm에서 조사정지 60분후에도 시인되는 결과를 나타내었다. 반면에 일반표지는 암흑에서는 전혀 시인되지 않았다.

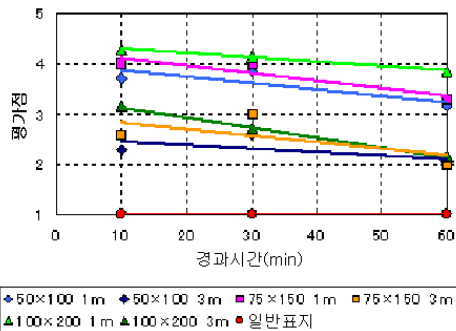


그림 14. 경과시간과 시인성평가의 관계

4. 결론

축광표지를 이용한 축광재료의 종류에 따라 인광(잔광)특성에 따른 시험결과와 GLL-650을 이용한 시인성시험을 행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 각 축광시트오 JIS Z 9107 안전표지판에 규정되어 있는 인광휘도를 상회하는 것으로 나타났다.
- 2) 상용 광원 형광램프 D65의 200lx의 조도에서는 인광휘도는 GLL-650이 제일 높고, GLL-650>G-650>BGL-650>BG-650의 순으로 높음을 나타내었다.
- 3) 일반 표지와 축광표지의 시인성의 비교에서는 당연히 일반표지는 암흑에서 전혀 시인되지 않아, 축광표지는 높은 시인성이 있음을 알았다.
- 4) 건강한 사람은 사이즈 75×150mm의 축광표지는 백색 형광등의 130lx의 빛으로 조사한 경우, 10분 후 15m에서, 60분 후 5m의 거리에서 시인되었다.
- 5) 피난유도를 위해서는 표지가 연속하여 시인되어야 하지만, 백색형광등 25lx라는 저조도의 빛으로 조사한 경우, 건강한 사람은 50×100mm 이상의 사이즈의 축광표지는 설치간격 3m에서 연속적으로 시인되었다.
- 6) 시각장애인은 건강한 사람보다 시인성이 떨어진다고 생각하지만, 백색형광등 200lx의 빛으로 조사한 50×100mm 사이즈의 축광표지는 설치간격 1m에서 60분 후에도 충분히 연속 시인되었다. 이상의 결과 시인성은 축광표지의 인광휘도가 높을 수록, 또 표지 사이즈가 틀수록 좋아, 축광재료를 1m²에 650g을 함유하는 축광시트를 이용한 것은 여하튼 건강한 사람 및 시각장애인에게 축광표지가 피난유도하는데 매우 유효성이 높다고 말 할 수 있다.

참고문헌

1. 허만성 (2006), “피난을 돕는 축광표지의 설치기준 구축”, 한국화재소방학회 추계학술대회, pp.52-57.
2. 허만성 (2006), 藤田晃弘, 鏡味伸也, Mark I Jones, “축광세라믹스를 이용한 피난유도 표지의 시인성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 춘계학술대회, pp.134-138.
3. 허만성 (2005), “건물화재의 정전시 축광유도표지가 피난에 미치는 영향”, 한국화재소방학회 논문지, Vol. 19. No. 4, pp.69-74.
4. 藤田晃弘, 허만성 (2005), “축광세라믹스의 광학적 특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol. 19. No. 4, pp.42-46.
5. 尾藤翔, 堀部潤, 藤田晃弘 (2006), “階段の安全昇降に関する研究”, 土木學會中部支部平成17年度 研究發表會講演概要集, IV-24, pp.325~326.
6. 村山義彦 (2004), “新しい蓄光性材料の進展”, 無彦機, マテリアル學會, J. S. Inorganic Material, 11, pp.439-443.