

A-10

축광세라믹스의 광학적 특성에 관한 연구

藤田晃弘 † , 鏡味伸也 † , 허만성 * , Mark I Jones * *

名城大學 理工學部 建設시스템工學科 †

우송공업대학 소방안전관리과 *

* * University of Auckland * *

Optical characteristics of phosphorescent materials with water-based ceramics

Akihiro Fujita † · Shinya Kagami † · Man-Sung Hur * · Mark I Jones * *

Dept. of Civil Engineering, Meijo University †

Dept. of Fire Safety Engineering, Woosong Technical College *

Dept. of Chemical and Materials Engineering, University of Auckland * *

1. 서 론

현재, 피난유도표지는 태양광과 형광등의 빛 에너지를 축적해 두었다가 어두운 곳에서 인광하는 광기능성 재료인 무기 축광안료를 염화비닐 등의 수지 재료에 개어 만든 시트를 이용하고 있다. 이 피난유도표지는 인광휘도가 높고, 잔광성이 길기 때문에 정전시의 피난유도에 적당한 재료이나 화재시 연소와 더불어 유독가스의 발생이 문제가 되었다.

국내에서는 대구지하철 화재사고를 교훈삼아 화재시나 정전이 될 경우 어둠 속에서 1 시간 정도 빛을 낼 수 있는 축광피난유도시스템이 제안되었으나,¹⁾ 설치해야하는 규정이 없는 관계로 일부의 지하철역에만 설치되어 있는 실정이다.

일본에서는 지하철역사에 대한 소방용 설비와 방화관리 체제가 강화되었고,²⁾ 축광안료나 축광유도표지에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.^{3,4,5,6)}

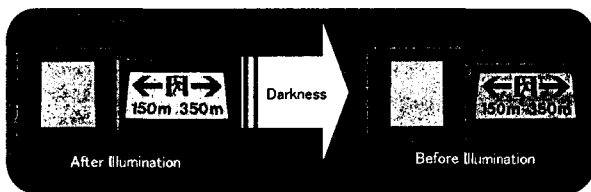
따라서 본 연구는 무기 축광안료와 내열성, 내구성, 내후성이 우수한 세라믹스 코팅제의 복합재료를 이용한 축광세라믹스를 축광피난유도표지로서 이용할 목적으로 새로운 축광세라믹스를 연구 개발하였다. 연구 개발된 축광세라믹스는 유독가스의 발생이 전혀 없고, 고휘도, 장잔광성을 함께 가진 재료로 이 축광세라믹스의 광학적 특성에 대하여 논하고자 한다.

2. 축광세라믹스의 구조

Fig. 1은 축광세라믹스의 구조를 나타내는 것으로 축광세라믹스는 기본 재료 위에 초벌칠, 중간칠, 마무리 칠의 3층 구조로 되어 있다. Fig. 2의 (a)는 인광전의 사진을 나타내고, (b)는 인광 중의 상태를 나타내는 사진이다.

초벌칠	백색 시리카계 도료
중간칠	축광세라믹스
마무리칠	투명 시리카계 도료

Fig. 1. Structure of the ceramic composite.



(a) before illumination (b) after illumination
Fig. 2. Pictures before and after illumination.

초벌칠은 기본 재료의 표면을 백색으로 해서 광 반사율을 높이고, 축광안료의 인광을 향상시켰으며 그 위에 백색 시리카계 도료를 도포하였다.

중간 칠은 축광안료를 혼합한 실리콘, 지르코늄(Zirconia)을 주성분으로 한 축광세라믹스를 도포하였다. 세라믹스 코팅제에 축광안료를 혼합할 경우, 축광안료의 비중이 크기 때문에 균일하게 도포될 수 없으므로, 침강 방지제를 넣어서 축광안료가 균일하게 분포되게 하였다.

마무리 칠은 축광세라믹스의 마모와 열화, 오염을 방지하기 위하여 빛의 투과성이 뛰어난 톱코트 시리카계 도료를 도포하였다.

시험체는 기재(基材)로 알루미늄판(크기, 100mm X 100mm)을 사용하고 에어 스프레이로 도포해서 만들었다.

3. 인광휘도 측정방법

인광휘도 측정 방법은 시험체를 24시간 암실에 안치해 두고 빛을 차단한 후 상용 광원 형광램프(D65)를 200lx의 조도로 설정한 방에서 시험체에 빛을 20분간 조사하였다. 조사

정지 후, 휘도계(미놀타LS-100)를 수평 방향에서 45도의 각도로 1m 떨어져 측정을 행하였다.

Table 1은 일본의 안전표지판(JIS Z 9107)의 규격치를 나타낸다.

Table 1. JIS Standard(JIS Z 9107)

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

4. 인광휘도 측정 결과

4.1 중간칠 도포횟수

Table 2는 도포횟수와 도막두께와의 관계를 나타내는 것으로 도포횟수를 증가시키면 도막두께도 두꺼워지는 경향을 보여 주었다.

Table 2. Relationship between number of coating and thickness of membrane

도포횟수	1회	2회	3회	7회	10회
도막두께(mm)	0.19	0.38	0.56	1.21	1.83

Fig. 3은 세라믹스 코팅제에 축광안료를 50% 혼합한 중간칠을 1, 2, 3, 7, 10회 도포한 시험체의 도포횟수와 인광휘도의 관계를 나타낸다.

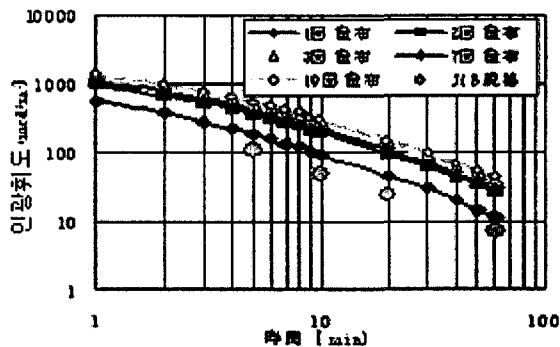


Fig. 3. Relationship between number of coating applications and phosphorescent luminance.

Fig. 3에서 인광휘도는 1회 도포로써 JIS 규격치를 만족하였다. 1회에서 3회까지는 도포횟수가 증가함에 따라 인광휘도값이 증가되는 경향을 보이고, 3회 도포의 인광휘도값

이 5분 후에 최고값 487 mcd/m²를 보이고, 그 이상의 도포횟수는 3회 도포와 거의 같은 값을 나타내었다. 1회 도포에 비교해서 3회 도포는 시험체에 중간철이 균등하게 도포 되어져 얼룩이 없이 균등하게 인광되었다.

4.2 축광안료 혼입률

Fig. 4는 세라믹 코팅제의 중량에 대해 축광안료를 10, 20, 30, 50, 80% 혼입한 시험체의 인광휘도에 대해 측정한 결과를 나타낸다. 이때 도포횟수는 3회이었다. 여기서 인광휘도는 축광안료 혼입률 20%이상으로 JIS 규격치를 만족했다. 축광안료의 혼입율이 증대하면 비례하여 인광휘도도 증가하는 경향을 보였다. 그러나 축광안료 혼입율 50%에서 인광휘도값이 최고치 1248 mcd/m²를 나타내었고 축광안료 혼입율 80%가 되면 오히려 축광안료 혼입율 20%의 값과 동등한 값으로 저하되었다. 이것은 축광안료의 혼입율이 높게 되면 점성이 증가해 스프레이 내에서 축광안료가 뭉쳐 축광세라믹 속에 축광안료가 적어지게 되기 때문에 인광휘도값이 떨어진 것으로 사료된다.

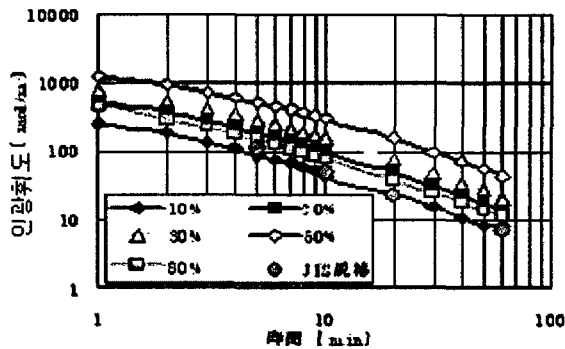


Fig. 4. Relationship between pigment concentration and phosphorescent luminance.

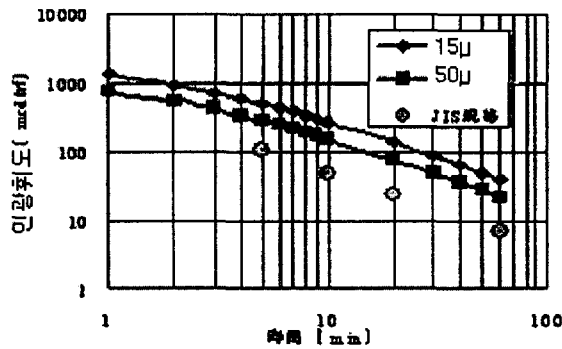


Fig. 5. Luminance for coatings with different pigment particle size.

4.3 축광안료 입자의 직경

Fig. 5는 입자 직경이 15 μ , 50 μ 의 축광안료를 혼입한 시험체의 인광휘도 결과를 나타내는 것으로 입자의 직경이 큰 축광안료는 여기(勵起)에너지가 증가해 인광휘도값이 높아짐을 알 수가 있었다. 이때 도포횟수는 3회이고 축광안료 혼입율은 30%이었다. 여기서 인광휘도는 직경15 μ , 50 μ 모두 JIS 규격치를 만족했으나 50 μ 의 값과 비교해서 15 μ 의 쪽이 약 1.7배 높은 인광휘도값을 나타내었다. 그 원인은 축광안료의 사용량이 1m²당 동중량이기 때문에 도포한 시험체의 표면적에 접하는 축광안료의 차에 의한 것이라고 사료된다.

4.4 마무리칠에 의한 영향

Fig. 6은 마무리칠의 도포 유무와 인광휘도와의 관계를 나타낸다. 이때 도포횟수는 3회이고, 축광안료 혼입율은 50%, 축광안료의 입경은 15 μ 이었다. 마무리칠의 도포가 축광세라믹스의 빛 투과를 방해해서 인광휘도 저하가 된다고 생각되지만 여기서 인광휘도는 마무리칠의 유무에 관계없이 동등한 결과치를 보이고 있다. 따라서 마무리칠의 도포에 의해 인광휘도 저하가 되지 않음은 물론 축광세라믹스의 표면 보호를 목적으로 마무리칠을 도포하는 것이 효과가 있다고 말할 수 있다.

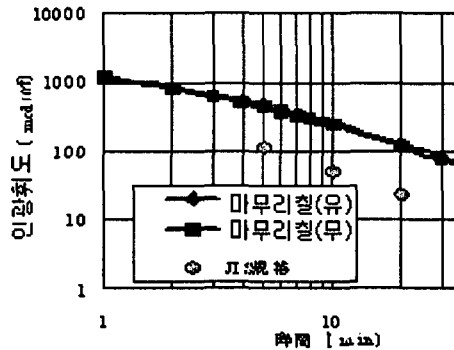


Fig. 6. Luminance of samples with and without top coatings.

4.5 축광 세라믹스의 내후성(耐候性)

Fig. 7은 축광세라믹스의 내후성에 대해 옥내에 1, 2, 3, 4개월간 설치한 시험체의 인광휘도 측정 결과를 나타낸 것이다. 이 때, 도포횟수는 3회, 축광안료 혼입률 30%, 축광안료의 입자 직경은 15 μ 이었다.

Fig. 7에서 4개월 후의 인광휘도는 작성 직후와 동등한 값을 나타내었다. 축광세라믹스는 작성 후 4개월이 경과해도 열화되지 않는 것을 알았다. 앞으로 옥외에 설치한 경우에 대해서도 축광세라믹스의 열화 상태를 검증할 필요가 있다고 사료된다.

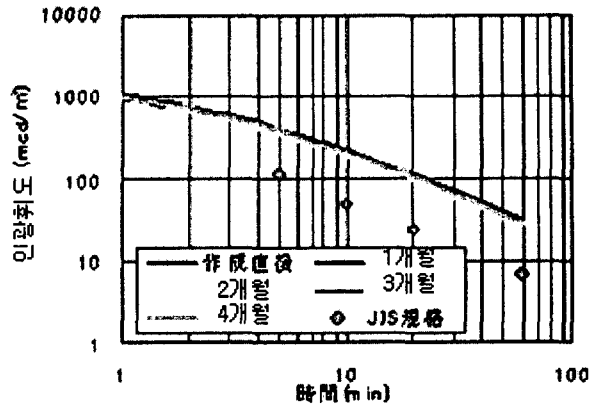


Fig. 7. Luminance of materials stored indoors for the different lengths of time.

5. 채도(彩度)

5.1 채도 측정 방법

채도 측정방법은 시험체(도포횟수 3회, 축광안료 혼입률 30%, 축광안료의 입자 직경은 15μ 인 축광세라믹스와 일반적으로 사용되고 있는 염화비닐제의 피난유도표지, 바닥용 축광타일)를 24시간 암실에 안치하고, 빛을 차단한다. 그 후 상용 광원 형광램프(D65)를 200lx의 조도에 설정한 방에서 시험체에 빛을 20분간 조사한다. 조사 정지 후, 색채 색차계(미놀타 CR-310)를 연직방향으로 시험체에 설치하고 축광 부분의 채도 측정을 행한다.

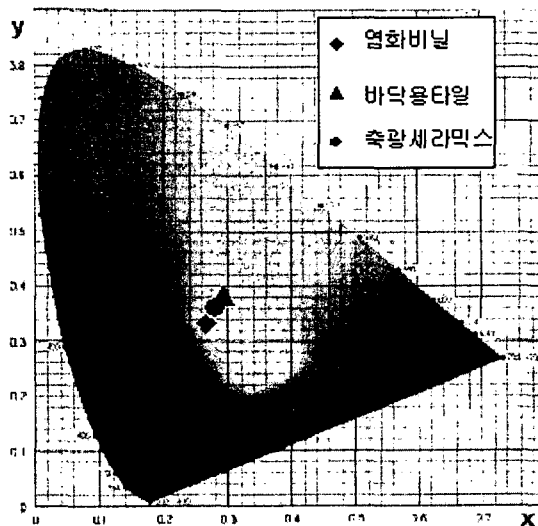


Fig. 8. Spectral chromaticity coordinates.

5.2 채도 측정 결과

Fig. 8은 축광세라믹스, 염화비닐제의 피난유도 표지, 바닥용 축광타일의 채도 측정의 결과를 나타낸다. Fig. 8에서 축광세라믹스의 채도는 다른 피난유도용 표지의 채도와 거의 동등한 값을 나타내었다. 그 때문에 축광세라믹스는 피난유도용 표지로서 상당히 훌륭하고 높은 시인성(視認性)이 있다고 사료된다.

6. 결 론

축광세라믹스 시험체에 축광안료 혼입률 변화에 따른 인광휘도의 변화를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 축광안료 혼입률과 인광휘도의 관계는 혼입률에 비례해서 인광휘도는 증대하였다. 20% 이상 혼입한 시험체는 JIS의 안전표지판 규정값을 만족하였다. 50% 혼입한 시험체는 규정값보다 10배나 높은 결과치를 얻을 수 있었다.

둘째, 축광세라믹스의 도포횟수와 인광휘도의 관계는 도포횟수에 비례해서 인광휘도는 증대하였다. 그러나 도포횟수가 4회 이상이 되면 인광휘도의 상승은 나타나지 않았다.

이상의 결론에서 축광세라믹스는 사용할 재료가 모두 무기재료이고, 광학적으로도 축광피난유도표지로서 충분히 이용할 수 있는 재료라고 생각된다. 상온에서 금속판 위에 도포해서 사용할 경우 혹은 타일에 실크 인쇄해서 저온에서 소성할 수도 있고, 다용도로 이용 가능한 재료라고 할 수 있다.

참고문헌

1. (주)오빌테크, “화재로 인한 연기발생 상황에서 축광피난유도시스템 제안”, 대구 Fire EXPO '05 기술세미나, pp.5-20(2005).
2. 東京消防廳, “東京消防廳における地下驛舎 に対する安全對策の推進”, 豫防時報221, pp.47-48(2005).
3. 東京消防廳, “地下驛舎における避難口 明示物及び避難方向明示物の基準の方検討委員會 報告書”, pp.9-12(平成17年).
4. 木全正憲, 中村健一, 藤田晃弘, “發光避難 誘導標式に關する 基礎的研究”, 土木學會 中部 支部, pp401-402(2004).
5. 上嶋一生, 早川誘亮, 藤田晃弘, 金坂香里, “蓄光避難誘導標式の視認性に關する研究”, 土木學會中部支部, pp403-404(2004).
6. 上嶋一生, 藤田晃弘, 村山秀彦, 金坂香里, “蓄光避難誘導標式の視認性に關する研究”, 日本建築學會講演會研究發表(2004).